

ระบบเฝ้าตรวจวัดและควบคุมอุณหภูมิความชื้นสำหรับโรงเรือน
เพาะเห็ดขอนขาว



สันติรัฐ ไชยบุญเรือง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงานทดแทน

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้

พ.ศ. 2561

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้

ระบบเฝ้าตรวจวัดและควบคุมอุณหภูมิความชื้นสำหรับโรงเรียน

เพาะเห็ดขอนขาว

สันติรัฐ ไชยบุญเรือง

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงานทดแทน

พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธงชัย มณีชูเกตุ)

วันที่ 22 เดือน ต.ค. พ.ศ. 61

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(รองศาสตราจารย์ ดร.นัฐพร ไชยญาติ)

วันที่ 22 เดือน ต.ค. พ.ศ. 61

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(อาจารย์ ดร.สุลักษณ์ มงคล)

วันที่ 22 เดือน ต.ค. พ.ศ. 61

ประธานอาจารย์ประจำหลักสูตร

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนศ ไชยชนะ)

วันที่ 22 เดือน ต.ค. พ.ศ. 61

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 22 เดือน ต.ค. พ.ศ. 61

ชื่อเรื่อง	ระบบเฝ้าตรวจวัดและควบคุมอุณหภูมิความชื้นสำหรับโรงเรือนเพาะเห็ดขอนขาว
ชื่อผู้เขียน	นายสันติรัฐ ไชยบุญเรือง
ชื่อปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงานทดแทน
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธงชัย มณีชูเกตุ

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อสร้างระบบเฝ้าตรวจวัดสภาพอากาศและควบคุมอุณหภูมิความชื้นสัมพัทธ์สำหรับโรงเรือนเพาะเห็ดซึ่งระบบมีการควบคุม 2 แบบ ได้แก่ การควบคุมแบบเปิดปิด และการควบคุมแบบพีไอดี ทำการทดสอบในโรงเรือนจำลองขนาดกว้าง 2 m ยาว 2 m สูง 1.8 m และมีระบบควบคุมสภาพอากาศอยู่ 3 ระบบ คือ ระบบควบคุมความร้อนด้วยเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ ระบบควบคุมความเย็นด้วยแผ่นระเหยน้ำ และระบบควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ด้วยเครื่องพ่นหมอกแบบอัลตราโซนิก ระบบที่ทำการออกแบบสามารถแสดงผลรวมถึงดาวน์โหลดข้อมูลผ่านเว็บไซต์และแอปพลิเคชัน โดยมีการกำหนดสภาพอากาศภายในโรงเรือนเพาะเห็ดมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 25°C ถึง 30°C และความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วง 70 % ถึง 90 %

จากผลการศึกษาพบว่าระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สามารถควบคุมให้อยู่ในช่วงที่กำหนดได้ มีการถ่ายโอนข้อมูลระหว่างชุดตรวจวัดกับเว็บไซต์แบบเวลาจริงพร้อมกับการบันทึกข้อมูลลงบนฐานข้อมูลใช้เวลาเฉลี่ย 22 วินาที และการถ่ายโอนข้อมูลผ่านแอปพลิเคชันใช้เวลาเฉลี่ย 3 วินาที พร้อมบันทึกข้อมูลลงฐานข้อมูลทุก ๆ 5 นาที เมื่อระบบทำงานตลอด 24 ชั่วโมง จะมีอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าทั้งหมด 1.7 kWh/day คิดค่าไฟฟ้าเท่ากับ 178.5 baht/month

คำหลัก: ระบบเฝ้าตรวจวัดแบบไร้สาย, ระบบควบคุมแบบพีไอดี, โรงเรือนเพาะเห็ด

Title	THE TEMPERATURE, HUMIDITY MONITORING AND CONTROL SYSTEM FOR LENTINUS SQUARROSULUS MONT GREENHOUSE
Author	Mr. Santirat Chaiboonrueng
Degree	Master of Engineering in Renewable Energy Engineering
Advisory Committee Chairperson	Assistant Professor Dr. Thongchai Maneechukate

ABSTRACT

The objective of this research was building the environment of monitoring and controller temperature and relative humidity for mushroom greenhouse. The system consisted of two part, On/Off Control. and PID Control. The control system consisted of three systems. The heating control system by solar water heat, the cooling control system by cooling pad and the increase relative humidity control system by Ultrasonic humidifier. The condition of controlling mushroom greenhouse has a temperature range of 25-35 °C and relative humidity of 70-90 %

The results of research showed the temperature and relative humidity control system can condition control of environment rang in. The data transfer between wireless sensor network and website takes on averages 22 seconds as well as recording data in hosts database. Data transfer using mobile application averages 3 seconds with recording data in database every 5 min Electricity power consumption in 24 hours is 1.7 kWh/day, electricity cost being 178.5 baht/month.

Keyword: Wireless Sensor Network, PID Control, Mushroom Greenhouse

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิรินุช จินดารักษ์ ซึ่งได้ให้เกียรติเป็นประธาน กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ตลอดจนให้คำแนะนำในการแก้ไขวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ธงชัย มณีชูเกตุ ที่ได้รับเป็นประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาให้ความรู้ คำแนะนำต่างๆ และคำปรึกษาตลอดจนให้ความดูแลและเอาใจใส่จนวิทยานิพนธ์นี้เสร็จสมบูรณ์ ลุล่วงสำเร็จไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.นัฐพร ไชยญาติ และอาจารย์ ดร.สุลักษณ์ มงคล ซึ่งให้เกียรติเป็นที่ปรึกษาร่วมในการทำวิทยานิพนธ์ให้คำแนะนำต่างๆ ที่เป็นประโยชน์รวมถึงตรวจแก้ไขรูปเล่มวิทยานิพนธ์นี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ทุกท่านรวมถึงบุคลากรวิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่พร้อมให้คำแนะนำหลายๆ ด้านและเป็นกำลังใจจนทำให้สำเร็จการศึกษาไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ให้ทุนอุดหนุนการทำวิทยานิพนธ์ ใน “โครงการผลิตและพัฒนาศักยภาพบัณฑิตทางด้านพลังงานทดแทน ในกลุ่มประเทศอาเซียนในระดับบัณฑิตศึกษา”

ท้ายที่สุดนี้ ขอกราบขอบคุณบิดานายทรงศักดิ์ ไชยบุญเรือง มารดานางยุพิน ไชยบุญเรือง ญาติพี่น้องและเพื่อนๆ ที่คอยให้ความช่วยเหลือสนับสนุน พร้อมทั้งคำแนะนำ และเป็นกำลังใจจนทำให้สำเร็จการศึกษาไปได้ด้วยดี

สันติรัฐ ไชยบุญเรือง

ตุลาคม 2561

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(4)
ABSTRACT	(5)
กิตติกรรมประกาศ	(6)
สารบัญ	(7)
สารบัญตาราง	(9)
สารบัญภาพ	(10)
สารบัญภาพผนวก	(11)
สัญลักษณ์และตัวห้อย	(14)
บทที่ 1 บทนำ	1
ความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	1
ขอบเขตของการวิจัย	1
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและการตรวจเอกสาร	4
โรงเรือน	4
ปัจจัยสภาพอากาศภายในโรงเรือนเพาะเห็ด	6
ระบบควบคุมสภาพอากาศภายในโรงเรือนเพาะเห็ด	6
ไมโครคอนโทรลเลอร์	8
ระบบเครือข่าย	9
ระบบควบคุม	10
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	20
แนวคิดและสมมุติฐานในการวิจัย	25
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการวิจัย	26
การออกแบบโรงเรือนเพาะเห็ด	26
การออกแบบระบบทำความเย็น	26
การออกแบบระบบทำความร้อน	29
การออกแบบระบบทำความชื้น	31

	หน้า
เครื่องมือวัดและบันทึกข้อมูล	32
วิธีการดำเนินงานวิจัย	32
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดสอบ	52
ผลการศึกษาแหล่งจ่ายอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์	52
ผลการศึกษาการแสดงข้อมูลระบบเฝ้าตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์	57
ผลการศึกษากระบวนการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์	62
ระยะเวลาในการคืนทุน	66
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	67
สรุปผลการทดลอง	67
ข้อเสนอแนะ	68
บรรณานุกรม	69
ภาคผนวก	71
ภาคผนวก ก ตัวอย่างการออกแบบโรงเรือนเพาะเห็ดและระบบควบคุม	72
ภาคผนวก ข เผยแพร่ผลงานวิจัย	81
ภาคผนวก ค ประวัติผู้วิจัย	105

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	คุณสมบัติของระบบควบคุม	14
2	สมบัติของระบบทำความเย็นแบบระเหยโดยใช้พัดลม ร่วมกับแผ่นระเหยน้ำ	28
3	คุณสมบัติของระบบทำความร้อนด้วยเครื่องทำน้ำร้อนพลังงาน แสงอาทิตย์	30
4	สมบัติของระบบทำความชื้น	31
5	รายละเอียดของเครื่องมือวัด	32
6	รายละเอียดการติดตั้งอุปกรณ์ของระบบ	50
7	แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์	53
8	การหาค่าความร้อนและประสิทธิภาพของระบบ	57
9	การใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลา	65
10	การเปรียบเทียบขนาดโรงเรือนทั่วไปกับโรงเรือนจำลอง	66

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	โรงเรือนบ่มก้อนเห็ด	5
2	โรงเรือนสำหรับเพาะก้อนเห็ด	5
3	ระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดไหลเวียนแบบบังคับ	7
4	การทำความเย็นแบบระเหยตรง	7
5	เครื่องทำหมอกแบบอัลตราโซนิก	8
6	ไดอะแกรมระบบควบคุมแบบป้อนกลับ	11
7	การต่อระบบแบบป้อนกลับ	12
8	ผลตอบสนองของระบบแบบขั้นบันไดหนึ่งหน่วย	12
9	วงจรมอเตอร์ไฟตรง	15
10	ไดอะแกรมของระบบมอเตอร์ไฟตรง	17
11	แผนภาพระบบเปิด	19
12	แผนภาพระบบปิด	19
13	ส่วนประกอบของเซิร์ฟเวอร์ภาคสนามรุ่นที่ 3	20
14	การดูข้อมูลผ่านเว็บไซต์	21
15	เซิร์ฟเวอร์ภาคสนามที่ถูกพัฒนา	22
16	ไดอะแกรมโรงเพาะเห็ดควบคุมความชื้นและอุณหภูมิด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์	22
17	ตู้ควบคุม	23
18	ไดอะแกรมโรงเพาะเห็ดควบคุมความชื้นและอุณหภูมิด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์	23
19	แผนผังทำงานของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ประยุกต์ใช้กับโรงเรือน	24
20	หลักการทำงานของระบบ	25
21	โรงเรือนเพาะเห็ดที่ใช้ในการทดสอบ	26
22	ระบบการทำความเย็นแบบระเหยตรง	27
23	ระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์	29
24	เครื่องพ่นหมอกอัลตราโซนิก	31

ภาพที่		หน้า
25	โมดูลส่งสัญญาณแบบไร้สาย	32
26	การดำเนินงานวิจัย	32
27	วิธีการทดสอบผลิตน้ำร้อน	33
28	วิธีการทดสอบระบบทำความร้อนภายในโรงเรือน	33
29	การทดสอบการทำความเย็นภายในโรงเรือน	34
30	วิธีการทดสอบการทำความเย็นภายในโรงเรือน	34
31	การทดสอบเครื่องพ่นหมอก	35
32	การทดสอบการเพิ่มความชื้นในอากาศ	35
33	ตัวอย่างหน้าจอสำหรับล็อกอินเพื่อเข้าใช้งานผ่านเว็บไซต์	36
34	ตัวอย่างหน้าจอแสดงข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นทั้งภายในและภายนอกโรงเรือน	37
35	ตัวอย่างหน้าจอแสดงปุ่มควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในโรงเรือนต้นแบบ	37
36	บล็อกไดอะแกรมจุดตรวจวัดอุณหภูมิ และความชื้นแบบไร้สาย	38
37	วงจรเซ็นเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นแบบไร้สาย	38
38	ชุดตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้น	39
39	หลักการทำงานของระบบเฝ้าตรวจวัด	39
40	การออกแบบวงจรควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าแบบไร้สาย	40
41	วงจรควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าแบบไร้สาย	40
42	แผนผังการทำงานของระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น	41
43	บล็อกไดอะแกรมการทำงานของระบบควบคุม	41
44	ไดอะแกรมระบบควบคุมแบบไร้สาย	42
45	บล็อกไดอะแกรมควบคุมความเร็วมอเตอร์ด้วย PID	43
46	การทำงานของระบบควบคุมอัตโนมัติ	43
47	แผนภาพของวงจรควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์	44
48	วงจรควบคุมแบบ PID Control	44
49	บล็อกไดอะแกรมของ Transfer Function ที่นำไปจำลอง	46
50	กราฟที่ได้จากการจำลองโมเดลทางคณิตศาสตร์ด้วย Simulink ในโปรแกรม MATLAB	46
51	PID Tuning	47
52	ค่า Kp, Ki, Kd เบื้องต้นก่อนจะนำไปทดสอบ	47

ภาพที่		หน้า
53	ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมระบบควบคุม	48
54	กล่องควบคุมที่ใช้งานจริง	49
55	การติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ ในระบบ	49
56	ข้อมูลอุณหภูมิความชื้นภายในและภายนอกโรงเรือนเพาะเห็ดตลอด 24 ชั่วโมง	53
57	อุณหภูมิของน้ำร้อนภายในถังเก็บ	54
58	การเพิ่มอุณหภูมิในช่วงเวลาตอนกลางคืน	54
59	การลดอุณหภูมิอากาศในโรงเรือนด้วยแผ่นระเหยน้ำ	55
60	การทดสอบระบบอัลตราโซนิก	56
61	ผลเปรียบเทียบการทดสอบทั้ง 3 ระบบ	56
62	ตัวอย่างหน้าจอแสดงผลข้อมูลผ่านทางเว็บไซต์	57
63	ตัวอย่างหน้าจอแสดงผลข้อมูลแอปพลิเคชัน	57
64	ตัวอย่างหน้าจอแสดงผลหน้าจอตาวนิโหลดข้อมูลผ่านทางเว็บไซต์	58
65	ตัวอย่างหน้าจอแสดงผลหน้าจอตาวนิโหลดข้อมูลผ่านแอปพลิเคชัน	58
66	รศมีการติดต่อสื่อสารกันระหว่างจุดของอุปกรณ์ตรวจวัดกับอุปกรณ์กระจายสัญญาณ	59
67	ผลการทดลองกับคำสั่ง ping	60
68	หน้าจอแสดงการควบคุมผ่านเว็บไซต์	60
69	หน้าจอแสดงการควบคุมผ่านแอปพลิเคชัน	61
70	การจำลองโมเดลคณิตศาสตร์ Critical-Damping	62
71	ผลลัพธ์สุดท้ายที่ได้จากการจำลองโมเดลคณิตศาสตร์	63
72	ผลการควบคุมแบบเปิดปิด	64
73	การควบคุมแบบพีไอดี	65

สารบัญภาพผนวก

ภาพผนวกที่		หน้า
1	การออกแบบโรงเรือนเพาะเห็ดและระบบควบคุมด้วยโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์	72
2	ชุดอุปกรณ์สำหรับป้อนอุณหภูมิ	73
3	กล่องฟันทมอก	73
4	โรงเรือนเพาะเห็ดพร้อมระบบที่ใช้ในการทดสอบ	74
5	ทดสอบการฟันทมอกแบบอัลตราโซนิก	74
6	การเขียนบล็อกไดอะแกรมในโปรแกรม Simulink	75
7	กราฟแสดงผลการตอบสนองจากการจำลองโมเดลคณิตศาสตร์	75
8	PID Tuning Under-Damped	76
9	PID Tuning Critical-Damping	76
10	ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองโมเดลคณิตศาสตร์	77
11	แผนผังการทำงานของระบบควบคุมแบบพีไอดี	78
12	ทดสอบวงจรควบคุมแบบพีไอดี	79
13	ตรวจวัดสัญญาณ PWM สำหรับควบคุมความเร็วรอบของพัดลม	79

สัญลักษณ์และตัวห้อย

สัญลักษณ์	ความหมาย
K_p	ค่าอัตราขยายของตัวควบคุมแบบ P
K_i	ค่าคงที่ทางเวลาในการอินทิเกรตสัญญาณของตัวควบคุมแบบ I
K_d	ค่าคงที่ทางเวลาในการดิฟเฟอเรนเชียล สัญญาณของตัวควบคุมแบบ D
$(MC_p)_s$	ผลคูณของมวลและความร้อนจำเพาะของของไหลในถัง
V_a	แรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับขดลวดอเมเจอร์ (armature voltage)
R	ความต้านทานของขดลวด (winding resistance)
L	ความเหนี่ยวนำที่ขดลวด (winding inductance)
T	แรงบิดเหนี่ยวนำ (Induced Torque)
T_d	แรงบิดของภาระ (Load Torque)
I	กระแสไฟฟ้าของขดลวดอเมเจอร์ (armature current)
J	โมเมนต์เฉื่อย (Moment of Inertia)
K_b	ค่าคงที่แรงดันไฟฟ้าย้อนกลับ (Back emf constant)
K_m	ค่าคงที่แรงบิด (Torque constant)
K_f	ความหน่วงทางแมคคานิค (mechanical damper)
V_{emf}	แรงเคลื่อนไฟฟ้า (emf voltage)
T_w	อุณหภูมิน้ำ
ตัวห้อย	
coll	ตัวเก็บรังสีอาทิตย์
a	อุณหภูมิอากาศแวดล้อม
fo	ของไหลออกจากตัวเก็บรังสีอาทิตย์
fi	ของไหลเข้าตัวเก็บรังสีอาทิตย์

บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันการควบคุมสภาพแวดล้อมอากาศที่เหมาะสมกับการเพาะเห็ดเป็นอีกสิ่งหนึ่งที่เกษตรกรควรให้ความสำคัญ ได้แก่การควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น อากาศ และแสงสว่าง โดยเฉพาะอุณหภูมิกับความชื้นในอากาศเป็นสิ่งที่ส่งผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตของเห็ดแต่ละชนิดนับตั้งแต่การรอกของสปอร์ การเจริญเติบโตของเส้นใยไปจนกระทั่งการสร้างดอกเห็ดแต่สภาพอากาศในปัจจุบันนั้นมีความแปรปรวนไม่ตรงตามฤดูกาลทำให้สภาวะไม่เหมาะสมกับเห็ดที่เพาะ ซึ่งในการเพาะเห็ดของเกษตรกรส่วนใหญ่จะมีการเพาะเห็ดตามฤดูกาลแต่การเพาะปลูกนั้นยังมีปัญหาในเรื่องอุณหภูมิภายในโรงเรือนสูงเกินความต้องการของเห็ดจะทำให้มีผลต่อการเจริญเติบโตของเห็ดโดยตรง หากเห็ดมีความชื้นต่ำจะต้องมีการควบคุมโดยการรดน้ำเพื่อเพิ่มความชื้นให้กับเห็ด การเพิ่มความชื้นในอากาศบริเวณที่เพาะเห็ดควรใช้น้ำสะอาดที่มีสภาพเป็นกลาง เช่น น้ำฝน น้ำบาดาล หรือบ่อซึม ถ้าเป็นน้ำประปาควรทิ้งน้ำไว้ในภาชนะ 2-3 วัน เพื่อให้คลอรีนระเหยออกไปก่อนที่จะนำไปใช้รดเห็ด การระบายอากาศที่ดีภายในโรงเรือนเพาะเห็ดจะช่วยให้การเจริญเติบโตของเส้นใยและการพัฒนาเป็นดอกเห็ดอย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากหากมีการสะสมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากเกินไป อาจจะทำให้เกิดการหยุดการเจริญเติบโตของเส้นใยทำให้ดอกเห็ดฝ่อหรือเน่าได้ ส่วนความเร็วลมในโรงเรือนจะส่งผลต่ออุณหภูมิและความชื้นของอากาศภายในโรงเรือนเพาะเห็ดโดยตรงเพราะการกระจายตัวของลมภายในโรงเรือนจะทำให้การเปิดดอกเห็ดออกใกล้เคียงกันทั้งโรง จึงจำเป็นต้องมีการออกแบบระบบการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในอากาศให้เหมาะสม ในการเพาะเห็ดส่วนใหญ่จะใช้หม้อต้มไอน้ำเข้ามาช่วยในการเพิ่มอุณหภูมิและความชื้นในอากาศ แต่การใช้หม้อต้มไอน้ำจะใช้แก๊สหุงต้ม หรือฟืนในการเป็นเชื้อเพลิง เชื้อเพลิงที่กล่าวมาข้างต้นหากใช้กับโรงเรือนเพาะขนาดใหญ่จะทำให้ต้นทุนการผลิตสูงและนอกจากนี้การควบคุมสภาวะอากาศภายในโรงเรือนเพาะเห็ดให้คงที่ยังเป็นสิ่งที่ทำได้ยาก

ในงานวิจัยนี้ให้ความสำคัญในเรื่องของอุณหภูมิและความชื้น ดังนั้นจึงได้คิดที่จะนำเทคโนโลยีทางด้านพลังงานทดแทนเข้ามาประยุกต์ใช้กับโรงเรือนเพาะเห็ดของเกษตรกร โดยการนำเทคโนโลยีทำความร้อนด้วยระบบพลังงานแสงอาทิตย์ในกรณีศึกษานี้จะใช้ ระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Hot Water System) มาใช้งาน เพื่อใช้ทำน้ำร้อนในเวลากลางวันแล้วนำมาใช้งานในตอนกลางคืน หรือในกรณีที่อุณหภูมิในโรงเรือนเพาะเห็ดลดลงกว่าอุณหภูมิที่เห็ดต้องการ และมีการเพิ่มความชื้นโดยการนำเครื่องพ่นหมอกแบบอัลตราโซนิก (Ultrasonic Foggy) มาใช้งานเพื่อทำ

ให้ประหยัดน้ำได้มากกว่าแบบเดิม นอกจากนี้ยังมีการใช้ระบบฝ้าตรวจวัด และควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นในโรงเรือนเพาะเห็ด ซึ่งระบบจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Micro Controller) และเซ็นเซอร์ (Sensor) ในการฝ้าตรวจวัดและควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ภายในโรงเรือนเพาะเห็ด เช่น พัดลมระบายอากาศ เครื่องพ่นหมอก และปั้มน้ำ เพื่อควบคุมสภาพอากาศภายในโรงเรือนเพาะเห็ดขอนขาวให้อุณหภูมิอยู่ในช่วง 25-35 °C และความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วง 70-90 %RH ในการ ฝ้าตรวจวัด และควบคุมนี้จะมีหน้าจอแสดงผลแบบเว็บไซต์โดยเข้าที่เว็บเบราว์เซอร์มีการเข้าดูผ่าน เครือข่ายแบบไร้สาย (Wireless Network) ทำให้มีการใช้งานที่สะดวกยิ่งขึ้นซึ่งการเชื่อมต่อกับระบบ จะสามารถใช้กับอุปกรณ์ประเภทอัจฉริยะ (Smart Device) และเข้าดูได้โดยไม่ต้องติดตั้งโปรแกรมลง บนเครื่องเช่น สมาร์ทโฟน แท็บเล็ต และคอมพิวเตอร์

การพัฒนาระบบที่กล่าวมานี้สามารถนำไปใช้กับโรงเรือนเพาะเห็ดขอนขาวและสามารถลด ต้นทุนในเรื่องการใช้เชื้อเพลิงในการทำความร้อนในโรงเรือนได้ในระยะยาว อีกทั้งจะใช้ควบคุม อุณหภูมิ และความชื้นภายในโรงเรือนเพาะเห็ดขอนขาวให้เหมาะสมได้ตลอดทุกช่วงฤดูกาล จะทำให้ สามารถทำการเพาะเห็ดขอนขาวนอกฤดูได้ และจำหน่ายได้ราคาสูงกว่าการเพาะตามฤดูกาล

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการพัฒนาระบบควบคุมความชื้น และอุณหภูมิให้ เหมาะสมกับช่วงการเจริญเติบโตของเห็ดขอนขาว
2. เพื่อศึกษาการใช้ระบบน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์และเครื่องพ่นหมอกสำหรับควบคุม อุณหภูมิ และความชื้นภายในโรงเรือนเพาะเห็ดขอนขาว

ขอบเขตของการวิจัย

1. ออกแบบและสร้างระบบฝ้าตรวจวัด ควบคุม อุณหภูมิและความชื้น โดยการนำระบบทำ น้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์และเครื่องพ่นหมอกมาประยุกต์ใช้งาน
2. กำหนดตัวแปรที่ใช้ในการทดสอบควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนเพาะ เห็ด ซึ่งมีขนาดกว้าง 2 m ยาว 2 m สูง 1.8 m จั้วสูง 0.7 m วัสดุคลุมโรงเรือนใช้พอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ (Low Density Polyethylene, LDPE) เพื่อหาอัลกอลิทม์สำหรับออกแบบระบบควบคุม
3. ทดสอบระบบควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนเพาะเห็ดโดยมีระบบทำ น้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ และเครื่องพ่นหมอก
4. หาอัตราการใช้พลังงานหลังการปรับปรุงระบบ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ระบบเฝ้าตรวจวัด ควบคุมอุณหภูมิ และความชื้น ภายในโรงเรือนเพาะเห็ดด้วยระบบเครือข่ายแบบไร้สาย
2. ได้แนวทางเบื้องต้นในการประยุกต์ระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเครื่องพ่นหมอกมาใช้ในโรงเรือนเพาะเห็ด



บทที่ 2

ทฤษฎีและตรวจเอกสาร

ในการดำเนินงานทำวิจัยเรื่องระบบเฝ้าตรวจวัด และควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ สำหรับโรงเรือนเพาะเห็ดขอนขาวได้ศึกษารวบรวมทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยใช้เป็นแนวทาง ในการวางแผนการทดลอง ประกอบด้วยโรงเรือนเพาะเห็ด ปัจจัยสภาพอากาศในโรงเพาะเห็ด ระบบ ควบคุมสภาพอากาศในโรงเพาะเห็ด ไมโครคอนโทรลเลอร์ ระบบเครือข่าย และระบบควบคุม

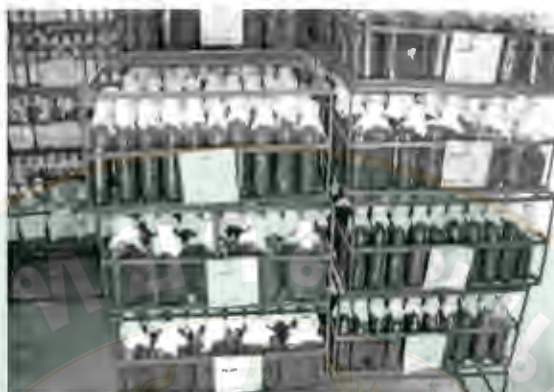
โรงเรือนเพาะเห็ด (Mushroom Greenhouse)

โรงเรือนเพาะเห็ดถือว่าเป็นสิ่งสำคัญในการเพาะเห็ดทุกชนิดเช่น เห็ดนางฟ้า นางรม เห็ดฟาง เห็ดหอม เห็ดโคนญี่ปุ่น เห็ดหูหนู เป็นต้น เนื่องจากโรงเรือนเพาะเห็ดเป็นสถานที่ควบคุมความชื้น อุณหภูมิ และแสงแดด ที่จำลองจากธรรมชาติ อีกทั้งเป็นสถานที่บ่มเพาะเส้นใยให้เจริญเติบโตเป็น ดอกเห็ดที่มีคุณภาพ (กรมวิชาการเกษตร, 2553) ซึ่งโดยมาตรฐานทั่วไปแล้วโรงเรือนเพาะเห็ดควรมี ขนาด $4 \times 6 \text{ m}^2$ ขึ้นอยู่กับปริมาณการผลิต และพื้นที่สำหรับสร้างส่วนระยะความสูงของโรงเรือน หาก มุงด้วยใบลาน ใบจาก หรือตับคา จะอยู่ประมาณ 3 m และไม่แนะนำให้มุงด้วยสังกะสีในโรงเรือน เพาะเห็ดทั่วไป ยกเว้นโรงเรือนเพาะเห็ดฟาง เพราะต้องการอุณหภูมิในการสร้างดอกเห็ดที่สูง ส่วน วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างโรงเรือนเพาะเห็ด ให้เน้นใช้วัสดุที่หาได้ในท้องถิ่นเพื่อความสะดวกและ เป็นการใช้วัสดุในท้องถิ่นให้เกิดประโยชน์มากที่สุด และที่สำคัญในการสร้างโรงเรือนเพาะเห็ด ให้ ตรวจสอบทิศทางลมให้ดีและหันหน้าไปทางทิศเหนือหรือทิศใต้ เพราะจะทำให้อากาศถ่ายเทผ่าน โรงเรือนได้ดี ทำให้สามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นได้ง่าย ส่งผลทำให้เส้นใยเห็ดเจริญเติบโตได้ดี เห็ดออกสม่ำเสมอ ดอกเห็ดสมบูรณ์ การปลูกพืชแบบบังคับจะทำให้ต้นไม่มีการเจริญเติบโตที่รวดเร็ว โดยทั่วไปแล้วโรงเรือนเพาะเห็ดจะมีอยู่ 2 แบบ ได้แก่

1. โรงเรือนบ่มก้อนเห็ด

มีสองลักษณะคือโรงเรือนบ่มก้อนและโรงเรือนเพาะเห็ดรวมอยู่ที่เดียวกัน กล่าวคือ กรณีแรก สำหรับโรงเรือนเพาะเห็ดที่สร้างแบบมาตรฐานทั่วไปเมื่อสร้างเสร็จใหม่ๆ จะใช้เป็นโรงบ่มก้อนเห็ด ก่อน เพื่อให้เส้นใยเห็ดเจริญในถุงเพาะระยะหนึ่ง และเมื่อเส้นใยเจริญเต็มก่อนเชื้อเห็ดแล้วก็จะเปลี่ยน

จากโรงเรือนบ่มก่อนทำเป็นโรงเรือนเพาะเปิดดอกเห็ดต่อ โดยการปรับปรุงโรงเรือนให้มีแสงเพียงเล็กน้อย (กรมวิชาการเกษตร, 2558)

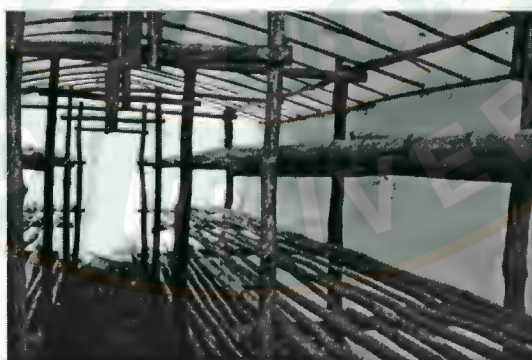


ภาพที่ 1 โรงเรือนบ่มก่อนเห็ด

ที่มา: กรมวิชาการเกษตร, 2558

2. โรงเรือนสำหรับเพาะเห็ด

ควรเป็นโรงเรือนที่สะอาด ไม่สะสมโรค ป้องกันแดดลมและฝนเป็นอย่างดี สามารถรักษาความชื้นมีอากาศถ่ายเทเป็นอย่างดีและควรทำการหว่านปูนขาวเป็นระยะ ๆ ทั้งนี้ก็เพื่อผลผลิตเห็ดที่มีคุณภาพ (กรมวิชาการเกษตร, 2558)



ภาพที่ 2 โรงเรือนสำหรับเพาะเห็ด

ที่มา: กรมวิชาการเกษตร, 2558

ปัจจัยสภาพอากาศภายในโรงเรือนเพาะเห็ด (The Environment Factor of Mush Greenhouse)

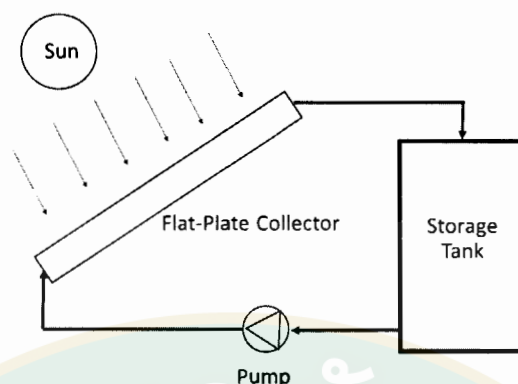
เห็ดเป็นราชนิดหนึ่งมีการเจริญเติบโตเริ่มมาจากเส้นใยของเห็ดราที่รวมตัวเป็นกลุ่มก้อนในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม คือ ในที่มีอาหาร ความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิในอากาศที่เหมาะสม โดยสถานที่ส่วนใหญ่จะต้องมีลักษณะ เป็นที่โล่งแจ้งอากาศถ่ายเทได้สะดวก ไม่มีน้ำท่วมขังหรือเปียกชื้นมาก เกินไป มีระบบระบายน้ำที่ดี ไม่เป็นเชื้อรา และถ้าหากเป็นพื้นที่เคยเพาะเห็ดมาก่อนควรมี การทำความสะอาดบริเวณนั้นให้สะอาดก่อนเพาะเห็ดครั้งต่อไป สภาพอากาศมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของเห็ด โดยมีปัจจัยที่มีผลต่อการเพาะเห็ดของรา ได้แก่ อุณหภูมิ คือ อัตราส่วนของพลังงานจลน์ของโมเลกุลต่อจำนวนโมเลกุลเห็ดจะเจริญเติบโตได้ดีในช่วงอุณหภูมิ 25-35 °C หากอุณหภูมิต่ำกว่าหรือสูงกว่าจะทำให้เส้นใยเจริญเติบโตได้ไม่สมบูรณ์ ความชื้นสัมพัทธ์ คือ หน่วยวัดที่ใช้ในการวัดระดับความชื้นในอากาศเป็นอัตราส่วนของปริมาณไอน้ำในอากาศเทียบกับปริมาณไอน้ำที่ที่อากาศสามารถที่จะรองรับได้ เห็ดจะต้องการความชื้นสัมพัทธ์ 70-90 %RH จะทำให้เห็ดไม่แห้งจนเกินไป ความเร็วลม คือ การเคลื่อนไหวของอากาศ ควรมีการถ่ายเทของอากาศภายในโรงเรือนที่ตีอากาศไม่เข้ามากจนเกินไปเพราะจะทำให้หน้าก้อนเห็ดแห้ง อากาศภายในโรงเรือนมีการถ่ายเทให้เหมาะสม และแสง แสงไม่ควรมีมากจนเกินไปและมีตจนเกินไปจะทำให้เห็ดชืด

ระบบควบคุมสภาพอากาศภายในโรงเรือนเพาะเห็ด (Environment Control System for Mushroom Greenhouse)

การควบคุมสภาพอากาศภายในโรงเรือนเป็นการควบคุมสภาวะอากาศให้ตรงหรือใกล้เคียงกับสภาวะอากาศที่เหมาะสมกับเห็ดแต่ละชนิดที่จะนำมาเพาะปลูกภายในโรงเรือน ในงานวิจัยนี้ประกอบไปด้วย 3 ส่วนได้แก่ ระบบให้ความร้อน ระบบทำความเย็น และระบบเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์

1. ระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Water Heating System)

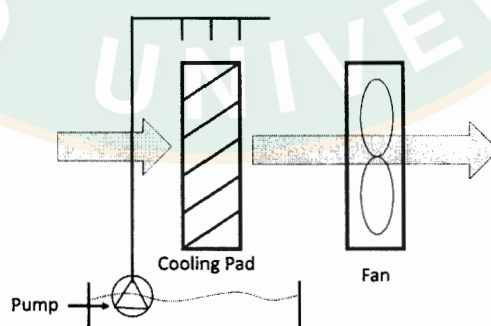
จะใช้ระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดไหลเวียนแบบบังคับ (Active Solar Water Heating System) ระบบนี้จะประกอบด้วยปั๊มหมุนเวียนน้ำ (Circulate Water Pump) ทำหน้าที่ปั๊มน้ำผ่านแผงเก็บรังสีอาทิตย์เพื่อรับความร้อนจากรังสีอาทิตย์ ถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำในถังเก็บน้ำร้อน (Storage Tank) ซึ่งหุ้มฉนวนอย่างดี ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดไหลเวียนแบบบังคับ

2. การทำความเย็นแบบระเหยโดยตรง (Direct Evaporative Cooling)

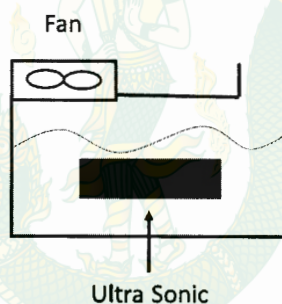
การทำความเย็นแบบระเหยโดยตรง เป็นกระบวนการทำความเย็นแบบระเหยประเภทหนึ่ง เป็นกระบวนการที่น้ำระเหยกลายเป็นไอน้ำ ไปผสมกับอากาศที่มีอุณหภูมิสูงและความชื้นต่ำจะทำให้ได้อากาศที่มีอุณหภูมิต่ำและความชื้นสูง โดยทั่วไปการทำความเย็นแบบระเหยจะนิยมใช้แผ่นระเหยน้ำ โดยมีอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบประกอบด้วย แผ่นระเหยน้ำ พัดลมดูดอากาศ และระบบจ่ายน้ำ มีหลักการทำงานคือ อากาศภายนอกจะถูกดูดเข้ามาผ่านแผ่นระเหยน้ำ โดยใช้พัดลมดูดอากาศที่ติดตั้งข้างหน้าแผ่นระเหยน้ำ และปั้มน้ำสูบน้ำเลี้ยงแผ่นระเหยน้ำให้เปียกชื้นตลอดเวลา ซึ่งอากาศภายนอกที่มีอุณหภูมิสูงและความชื้นสัมพัทธ์ต่ำจะแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำ และน้ำเกิดการระเหยเป็นไอ เมื่อได้รับความร้อนที่เท่ากับค่าความร้อนแฝงในการกลายเป็นไอน้ำและไอน้ำที่ได้จะปะปนในอากาศ ทำให้ได้อากาศที่มีอุณหภูมิต่ำลงและความชื้นสัมพัทธ์สูง ระบบทำความเย็นแบบระเหยโดยตรงแสดงในภาพที่ 2 (นิรันดร์, 2546)



ภาพที่ 4 การทำความเย็นแบบระเหยโดยตรง (Direct Evaporative Cooling)

3. การเพิ่มความชื้นด้วยเครื่องพ่นหมอกอัลตราโซนิก (Ultra Sonic Humidifier)

เครื่องทำความชื้น (Ultrasonic Humidifier) คือ เครื่องพ่นละอองหมอกที่มีละอองขนาดเล็ก สามารถเพิ่มความชื้นในอากาศได้มากถึง 99 %RH ซึ่งเมื่ออากาศเริ่มอิ่มตัวแล้ว 100 %RH ที่อุณหภูมิ ต่ำ จุดไอน้ำอิ่มตัว (Dew Point) ละอองจะไม่สลายไป อากาศไม่สามารถรับไอน้ำได้อีกก็จะเป็นหมอก สีขาวเต็มพื้นที่ การสร้างหมอกจากหัวอัลตราโซนิกด้วยความถี่สูง ทำให้น้ำกลายเป็นละอองน้ำขนาดเล็ก ทำให้ผสมกับอากาศได้ดี ซึ่งถ้าใช้ปรับความชื้นในโรงเรือนละอองหมอกไม่ตกลงพื้นเร็วเหมือน การสเปรย์น้ำที่มีขนาดละอองใหญ่กว่ามาก และไม่ทำให้พืชเสียหายมีการเพิ่มความชื้นเพื่อช่วยรักษา ความสดของเห็ดและผลไม้ด้วย (TimBrown, 2004) โดยทั่วไปการเก็บรักษาผักและผลไม้หลังการ เก็บเกี่ยวให้คง คลื่นอัลตราโซนิกคือคลื่นเสียงที่มีความถี่สูงเกินกว่าที่มนุษย์จะได้ยิน โดยปกติแล้วค่า ว่าอัลตราโซนิกจึงมักจะหมายถึงคลื่นเสียงที่มีความถี่สูงกว่า 40 kHz ขึ้นไป อุปกรณ์ที่ใช้ประกอบไปด้วยพัดลมและเครื่องอัลตราโซนิก ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 เครื่องทำหมอกแบบอัลตราโซนิก

ไมโครคอนโทรลเลอร์
(Micro Controller)

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Micro Controller) คือ หน่วยควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ภายในระบบซึ่งมีขนาดเล็ก ซึ่งมีโครงสร้างโดยทั่วไปแบ่งออกได้เป็น 5 ส่วน ดังต่อไปนี้

1. หน่วยประมวลผล (CPU: Central Processing Unit)
2. หน่วยความจำ (Memory) แบ่งได้ 2 ส่วน คือ ความจำหลัก และความจำรอง
3. พอร์ต หรือส่วนติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก แบ่งได้ 2 ส่วน คือ พอร์ตอินพุต และเอาต์พุต

4. ช่องทางสัญญาณ หรือบัส (BUS) คือ เส้นทางในการแลกเปลี่ยนสัญญาณข้อมูลระหว่าง หน่วยประมวลผล หน่วยความจำ และพอร์ต อยู่ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ แบ่งได้เป็นบัสข้อมูล (Data Bus) บัสแอดเดรส (Address Bus) และบัสควบคุม (Control Bus).

5. วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา เป็นวงจรสำหรับกำหนดจังหวะของสัญญาณความถี่ โดยจะขึ้นอยู่กับ การกำหนดจังหวะหากสัญญาณนาฬิกามีความถี่สูง จะส่งผลทำให้ความเร็วในการประมวลผลสูงตามไปด้วย Arduino เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ที่มีการพัฒนาแบบ Open Source คือ มีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้าน Hardware และ Software บอร์ด Arduino ถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ เหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นศึกษา

ระบบเครือข่าย (The Network)

แลนไร้สาย หรือ ไวเลสแลน คือ เทคโนโลยีที่เชื่อมต่ออุปกรณ์ตั้งแต่สองตัวขึ้นไปเข้าด้วยกัน โดยใช้วิธีการกระจายแบบไร้สาย โดยปกติแล้ว จะมีการเชื่อมต่อผ่านทาง Access Point เพื่อเข้าไปยังโลกอินเทอร์เน็ต แลนไร้สายทำให้ผู้ใช้สามารถนำพาหรือเคลื่อนย้ายคอมพิวเตอร์ไปยังพื้นที่ใดก็ได้ที่มีสัญญาณของแลนไร้สาย และยังสามารถเชื่อมต่อกับเครือข่ายได้ตามปกติ แลนไร้สาย (Wireless LAN) เป็นเทคโนโลยีสื่อสารเครือข่ายคอมพิวเตอร์มาตรฐาน IEEE802.11 ที่เชื่อมโยงคอมพิวเตอร์เข้าด้วยกันเป็นเครือข่ายภายในพื้นที่แบบไร้สาย โดยใช้คลื่นความถี่วิทยุในการสื่อสารกัน การสื่อสารแบบแลนไร้สายมีทั้งแบบเชื่อมต่อระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ด้วยกัน และเชื่อมต่อระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านอุปกรณ์กระจายสัญญาณที่ชื่อว่าแอคเซสพอยต์การแสดงผลข้อมูลในรูปแบบของเว็บไซต์โดยผ่านการส่งข้อมูลแบบไร้สายด้วยอุปกรณ์กระจายสัญญาณไวไฟ (Wi-Fi) ในคลื่นความถี่ 2.4 GHz ความเร็วในการรับส่งข้อมูลสูงสุด 54 Mbps สื่อสารได้ในระยะไกลและต้องใช้อำนาจไฟฟ้าในปริมาณมากเนื่องจากเป็นอุปกรณ์ขนาดใหญ่ (Yasunori, 2006) ไวเลส (Wireless) คือ ไม่มีสายทำงานเช่นเดียวกับแลนปกติที่เชื่อมต่อกันระหว่างคอมพิวเตอร์ด้วยสายสัญญาณ เช่น สาย UTP และ ไวเลส ใช้การเชื่อมต่อที่ไม่มีมีสายแลน (LAN) คือระบบที่เชื่อมโยงคอมพิวเตอร์มีคุณสมบัติตามมาตรฐาน IEEE 802.3 นิยมใช้ใน ระบบแลนภายในบ้าน บริษัทหรือองค์กร มหาวิทยาลัย เป็นต้น มาตรฐานความเร็วของแลนไร้สายความเร็วที่ใช้ในการสื่อสารกันหรือเชื่อมต่อกัน มีมาตรฐานรองรับ เช่น IEEE 802.11a, b และ g ซึ่งแต่ละมาตรฐานใช้กำหนดความเร็วดังนี้

สำหรับมาตรฐาน IEEE 802.11a มีความเร็วสูงสุดที่ 54 Mbps ที่ความถี่ย่าน 5 GHz

สำหรับมาตรฐาน IEEE 802.11b มีความเร็วสูงสุดที่ 11 Mbps ที่ความถี่ย่าน 2.4 GHz

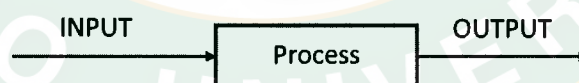
สำหรับมาตรฐาน IEEE 802.11g มีความเร็วสูงสุดที่ 54 Mbps ที่ความถี่ย่าน 2.4 GHz

สำหรับมาตรฐาน IEEE 802.11n มีความเร็วสูงสุดที่ 150 Mbps ที่ความถี่ย่าน 2.4/5 GHz

ในประเทศไทยอนุญาตให้ใช้ความถี่ 2 ย่านความถี่ ได้แก่ (2400-2500) MHz และ (5150-5350) MHz , (5470-5850) MHz เป็นความถี่อนุญาตให้ใช้เสรี (ISM band) อุปกรณ์ทุกตัวที่สามารถเชื่อมต่อเข้ากับตัวกลางไร้สายในเครือข่ายได้จะถูกเรียกว่า สถานี สถานีทุกสถานีจะใช้ตัวควบคุมระบบติดต่อประสานเครือข่ายไร้สาย (Wireless Network Interface Controller: WNIC) สถานีไร้สายแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ เครื่องแม่ (Router) และ เครื่องลูกข่าย (Access Point (AP)) ที่ส่วนใหญ่ใช้เราเตอร์สำหรับเครือข่ายไร้สาย โดยจะมีการรับและส่งคลื่นความถี่ไร้สายเพื่อให้อุปกรณ์สามารถสื่อสารกันได้ เครื่องลูกข่ายแบบไร้สายมีได้หลายแบบเช่นแล็ปท็อป อุปกรณ์ช่วยเหลือแบบดิจิทัล โทรศัพท์ หรือสมาร์ทโฟน เป็นต้น รวมถึงคอมพิวเตอร์แบบตั้งโต๊ะ และเวิร์คสเตชัน ที่มีอุปกรณ์เชื่อมต่อกับระบบไร้สายมีการประยุกต์ใช้เครือข่ายไร้สายกับระบบควบคุมโรงงานมีการสื่อสารด้วยความถี่คลื่นวิทยุที่ความถี่ 433 GHz ซึ่งมีความเร็วในการรับส่งไม่มากนักประมาณ 240 kbps และมีรัศมีระยะการรับส่งได้ไกลสุด 55 m (ณัฐพล, 2549)

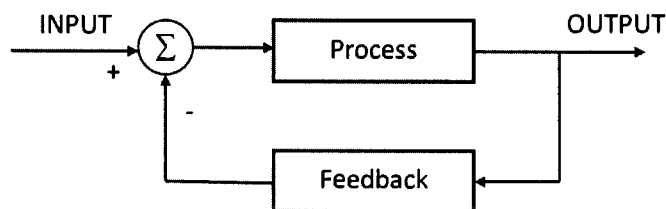
ระบบควบคุม (Control System)

ระบบควบคุมแบบวงเปิด (Open Loop Control System) เป็นระบบควบคุมที่ไม่มีการนำเอาต์พุตการป้อนกลับมาเปรียบเทียบกับอินพุตจึงง่ายต่อการสร้างและประหยัด แต่ค่าเอาต์พุตจะไม่มีผลต่อการควบคุมขบวนการของระบบดังแสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 แผนภาพระบบเปิด

ระบบควบคุมแบบวงปิด (Close Loop Control System) เป็นระบบควบคุมที่มีการป้อนกลับ (Feedback) โดยนำเอาเอาต์พุตมาเปรียบเทียบกับสัญญาณอินพุต ความแตกต่างที่เกิดขึ้นจะถือเป็นความผิดพลาด เพื่อเอาสัญญาณนี้ป้อนเข้าระบบแล้วตัวควบคุมจะนำไปสร้างสัญญาณควบคุมใหม่ เพื่อลดความผิดพลาดที่เกิดขึ้นกับระบบ ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 แผนภาพระบบปิด

การควบคุมแบบวงปิดที่ใช้ในงานวิจัยนี้สามารถแบ่งได้ 2 ส่วนดังนี้

1. การควบคุมแบบเปิดปิด (On/Off Control)

ระบบควบคุมคือ กระบวนการ (Process) ที่ใช้ในการควบคุมเอาต์พุตของกระบวนการที่เราต้องการควบคุม ตัวอย่างเช่น เครื่องปรับอากาศจะมีกระบวนการที่ใช้ปรับความเย็นของเครื่องปรับอากาศเพื่อควบคุมอุณหภูมิของห้องคงที่ในช่วงที่ผู้ใช้ต้องการชนิดของระบบควบคุมสามารถแบ่งได้ดังนี้

1.1 Static or Dynamic Systems ระบบคงตัวคือ ระบบที่สัญญาณออกที่เวลา t_1 ขึ้นกับสัญญาณเข้าที่เวลา t_1 เท่านั้น และไม่ขึ้นกับสัญญาณเข้าในอดีตหรือในภายหน้าอาจเรียกว่าเป็นระบบไม่มีความจำ (Zero-Memory) เช่น วงจรตัวต้านทาน (Resistive Network) ถ้าสัญญาณออกขึ้นกับ สัญญาณเข้าในอดีตจะเรียกว่าระบบพลวัต และมีความจำ (Memory) ระบบที่ประกอบด้วยส่วนประกอบซึ่งสามารถเก็บพลังงานได้ เรียกว่า ระบบพลวัต

1.2 Continuous-Time or Discrete-Time Systems ระบบเวลาแบบต่อเนื่อง (Continuous-Time System) อธิบายได้ด้วย สมการเชิงอนุพันธ์ คือสัญญาณเข้า และสัญญาณออกมีค่าทุกเวลา ไม่ใช่แค่เฉพาะในช่วงเวลาบางช่วง เนื่องจากเวลาเป็นสิ่งที่ต่อเนื่องกัน ส่วนใหญ่ระบบกายภาพเป็นระบบเวลาต่อเนื่องอย่างไรก็ตามเหตุการณ์ที่สนใจ อาจเกิดในแต่ละช่วงของเวลา ถ้าสัญญาณเข้า และสัญญาณออกไม่เปลี่ยนแปลงในระหว่างช่วงเวลาอาจวิเคราะห์ระบบเป็นระบบเวลาไม่ต่อเนื่อง (Discrete Time System) และมีแบบจำลองของระบบเป็นสมการผลต่างสืบเนื่อง (Difference Equation)

1.3 Linear or Non-Linear Systems ระบบเชิงเส้นอธิบายได้ด้วยสมการเชิงอนุพันธ์ของสัญญาณเข้าและสัญญาณออกมีกำลังหนึ่งเท่านั้นและที่สำคัญที่สุดคือ ระบบเป็นไปตามทฤษฎีของการทับซ้อน (Superposition Theorem) นั่นคือถ้า

$y_1(t)$ เป็นสัญญาณออก เนื่องจากสัญญาณเข้า $r_1(t)$

$y_2(t)$ เป็นสัญญาณออก เนื่องจากสัญญาณเข้า $r_2(t)$

สัญญาณออกที่เกิดจากสัญญาณ $r_1(t)$ และ $r_2(t)$ รวมกันมีค่าเท่ากับสัญญาณออก เนื่องจากสัญญาณเข้า $r_1(t)+r_2(t)$ เนื่องจากภาวะไม่เชิงเส้นอาจเกิดขึ้นได้หลายวิธี และไม่สามารถอธิบายด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพียงอย่างเดียว นอกจากนั้น ทฤษฎีของการทับซ้อน จะใช้กับ ระบบไม่เชิงเส้นไม่ได้ ภาวะไม่เชิงเส้นอาจทำให้เกิดผลหลายอย่างกับระบบ รวมถึงการแกว่งแบบกระตุ้นตัวเอง (Self-Excited Oscillation) แต่บางครั้งภาวะไม่เชิงเส้นถูกนำมาใช้ในระบบควบคุมเช่น การควบคุมแบบเปิดปิด (ON/OFF Control) ระบบจะเป็นเชิงเส้นถ้าส่วนประกอบในระบบไม่เปลี่ยนลักษณะสมบัติไปตามขนาดของสัญญาณเข้าอย่างไรก็ตามความเป็นเชิงเส้นเป็นการประมาณเท่านั้น เนื่องจากส่วนประกอบจะเปลี่ยนลักษณะถ้าสัญญาณเข้าใหญ่มาก ดังนั้นเมื่อพูดถึงระบบเชิงเส้นหมายถึงที่ขนาดปกติของสัญญาณ

1.4 Lumped or Distributed Parameters ระบบแบบพารามิเตอร์เป็นกลุ่มก้อน (Lumped Parameters) อธิบายได้ด้วยสมการอนุพันธ์ธรรมดาเงื่อนไขข้อนี้เป็นจริง ถ้าขนาดของระบบเล็กเมื่อเทียบกับความยาวคลื่น (Wave Length) ของความถี่ที่สำคัญต่อระบบระบบแบบพารามิเตอร์กระจาย (Distributed Parameters) แสดงโดยสมการอนุพันธ์ย่อยที่มีเวลาและพิกัดอวกาศ (Space Coordinates) เป็นตัวแปรอิสระตัวแปรที่สำคัญของระบบกระจายไปทั่วอวกาศและขึ้นกับเวลาและพิกัดอวกาศ (Space Coordinates) ในระบบใหญ่ ๆ แบบจำลองของระบบอาจประกอบด้วย พารามิเตอร์กลุ่มก้อนและพารามิเตอร์กระจาย ในเวลาเดียวกัน เช่น ระบบไฟฟ้ากำลัง (Power system) ระบบโทรศัพท์ (Telephone system) ระบบสื่อสาร (Communication System) ซึ่งเครื่องมือที่สถานีเป็นแบบพารามิเตอร์กลุ่มก้อน แต่การติดต่อระหว่างสถานีเป็นแบบพารามิเตอร์กระจาย การวิเคราะห์ระบบสามารถแยกทำเป็นคนละระบบได้

1.5 Time-Varying or Time-Invariant Systems ระบบที่มีรูปแบบซึ่งเขียนได้ด้วยสมการอนุพันธ์และมีสัมประสิทธิ์เป็นค่าคงตัวไม่แปรตามเวลา (Time Invariant) ระบบแบบคงที่ เกิดขึ้นเมื่อส่วนประกอบของระบบ และรูปแบบการต่อส่วนประกอบไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลา ดังนั้นระบบที่ไม่ขึ้นกับสิ่งแวดล้อมอาจพิจารณาว่าเป็นแบบคงที่ได้ ส่วนระบบที่มีพารามิเตอร์ของสมการอนุพันธ์แปรตามเวลาเรียกว่า ระบบแปรตามเวลาตัวอย่างของระบบที่แปรตามเวลาได้แก่ ระบบควบคุมของเครื่องบิน ซึ่งพารามิเตอร์มีค่าแตกต่างกันมากที่ระดับน้ำทะเลและที่ความสูง 40,000 ft

1.6 Deterministic or Stochastic Systems ระบบดีเทอร์มินิสติก คือ ระบบที่พารามิเตอร์และสัญญาณเข้ามีค่าแน่นอน (ไม่สุ่ม) ส่วนระบบสโตคาสติกคือระบบที่มีลักษณะของความสุ่ม (Randomness) ในพารามิเตอร์หรือสัญญาณเข้าระบบควบคุม (Control System)

2. การควบคุมแบบพีไอดี (PID Control)

การควบคุมแบบพีไอดี คือ เป็นระบบควบคุมแบบป้อนกลับที่ใช้กันอย่างกว้างขวาง ซึ่งค่าที่นำไปใช้ในการคำนวณเป็นค่าความผิดพลาดที่หามาจากความแตกต่างของตัวแปรในกระบวนการและค่าที่ต้องการ ตัวควบคุมจะพยายามลดค่าผิดพลาดให้เหลือน้อยที่สุดด้วยการปรับค่าสัญญาณขาเข้าของกระบวนการ ค่าตัวแปรของพีไอดีที่ใช้จะปรับเปลี่ยนตามธรรมชาติของระบบโดยมีการแบ่งตามการควบคุมดังนี้

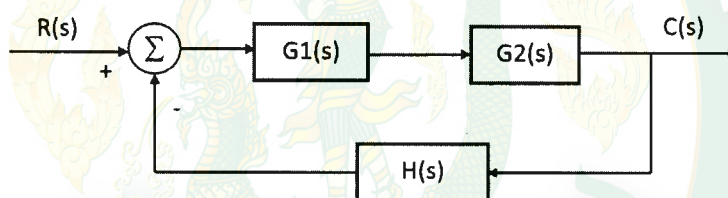
2.1 การวิเคราะห์ระบบควบคุม

ระบบควบคุมป้อนกลับ (Feedback Control System) โดยทั่วไปจะมีการต่อระบบควบคุม ดังแสดงตามผังโดอะแกรมในรูปที่ 1 ซึ่งในผังของระบบจะประกอบด้วย 3 ส่วน คือ

2.1.1 ชุดควบคุม (Controller) ใช้ $G1(s)$ แทนสมการของระบบ

2.1.2 ระบบงาน (Plant) ใช้ $G2(s)$ แทนสมการของระบบ

2.1.3 ชุดตรวจจับ (Sensor) ใช้ $H(s)$ แทนสมการของระบบ



ภาพที่ 8 โดอะแกรมระบบควบคุมแบบป้อนกลับ

จากภาพที่ 8 เป็นการต่อระบบโดยนำชุดควบคุมมาต่อแบบอนุกรมกับระบบงาน โดยมีสัญญาณ $R(s)$ เป็นอินพุตของระบบ และมีสัญญาณ $C(s)$ เป็นเอาต์พุตของระบบ สัญญาณอินพุตจะถูกป้อนเข้าชุดควบคุม เพื่อส่งสัญญาณไปทำการควบคุมระบบงาน และชุดตรวจจับจะรับสัญญาณเอาต์พุตจากระบบงานมาทำการปรับอัตราขยาย เพื่อนำไปหักล้างกับสัญญาณอินพุต สำหรับควบคุมให้ระบบงานมีการทำงานได้อย่างต่อเนื่องและคงที่ต่อไป

การวิเคราะห์สมการเพื่อหาฟังก์ชันโอนย้าย (Transfer Function) ระหว่างเอาต์พุตและอินพุตของระบบ จากผังโดอะแกรม เมื่อนำบล็อก $G1(s)$ มาต่ออนุกรมกับบล็อก $G2(s)$ จะเป็นการนำค่าเกนของทั้งสองคูณกัน ดังนั้นสามารถเขียนสมการ ได้เป็น

เมื่อนำสัญญาณเอาต์พุต $C(s)$ เทากับเกนของระบบ คูณด้วยอินพุต ดังนั้นจะได้

$$C(s) = G(s) \cdot E(s)$$

เมื่อ

$$E(s) = R(s) - H(s) \cdot C(s)$$

$$C(s) = G(s) \cdot [R(s) - H(s) \cdot C(s)]$$

$$C(s) = G(s) \cdot R(s) - G(s) \cdot H(s) \cdot C(s)$$

$$C(s) + G(s) \cdot H(s) \cdot C(s) = G(s) \cdot R(s)$$

$$C(s) [1 + G(s) \cdot H(s)] = G(s) \cdot R(s)$$

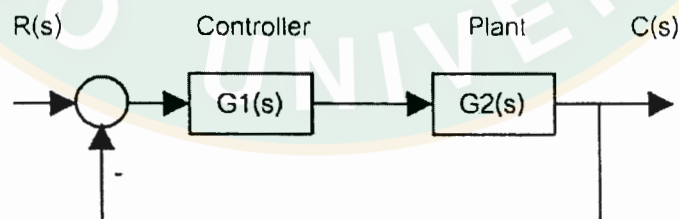
$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{G(s)}{[1 + G(s) \cdot H(s)]}$$

สมการที่ 1

สมการที่ 1 เรียกว่า สมการฟังก์ชันโอนย้าย (Transfer Function) ของระบบ ซึ่งเป็นการส่งผ่านสัญญาณจากอินพุตของระบบไปสู่เอาต์พุตของระบบ เมื่อทำการกำหนดให้ชุดตรวจจับ $H(s)$ มีค่าเกนเป็น 1 (Unity Feedback) จากผังไดอะแกรมในรูปที่ 1 สามารถเขียนใหม่ ได้ดังรูปที่ 9 และสามารถเขียนสมการฟังก์ชันโอนย้ายได้ใหม่ ดังสมการที่ (2)

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{G(s)}{1 + G(s)} = \frac{G1(s) \cdot G2(s)}{[1 + G1(s) \cdot G2(s)]}$$

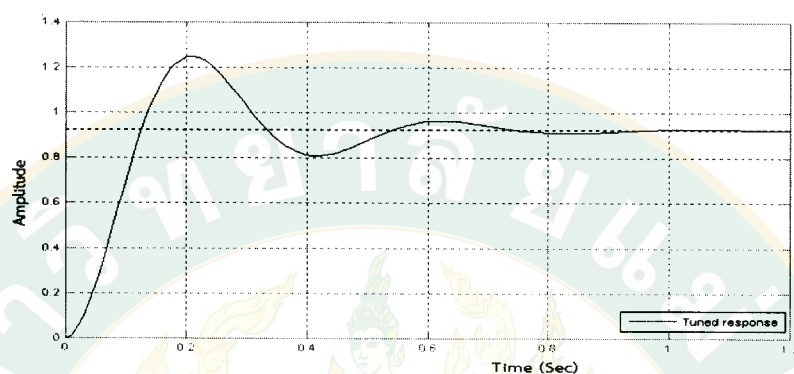
สมการที่ 2



ภาพที่ 9 การต่อระบบควบคุมป้อนกลับ

2.2. การหาผลตอบสนองของระบบ

ในระบบควบคุมทั่วไป เราสามารถหาผลตอบสนองของระบบได้โดยป้อนสัญญาณอินพุต $r(t)$ ที่เป็นสัญญาณแบบขั้นบันได 1 หน่วย (Unit Step Function) และพิจารณาผลของสัญญาณเอาต์พุต $c(t)$ ที่ได้ ซึ่งลักษณะทั่วไปของผลตอบสนองของระบบ (Unit Step Response) แสดงดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 ผลตอบสนองของระบบแบบขั้นบันไดหนึ่งหน่วย

การพิจารณาถึงคุณสมบัติของผลตอบสนอง สามารถพิจารณาได้จากช่วงเวลาต่าง ๆ ซึ่งค่าของช่วงเวลาต่าง ๆ ที่นิยมนำไปออกแบบหรือนำไปพิจารณาถึงคุณภาพของระบบ มีดังนี้

2.2.1 Rise Time (t_r) คือ ช่วงเวลาที่ระบบทำงานในช่วงเริ่มต้น โดยคิดที่ช่วงเวลาตั้งแต่ 10 ถึง 90 % (0.1 – 0.9 V) ถ้า Rise Time มีค่าน้อยระบบทำงานได้เร็วในช่วงแรก

2.2.2 Setting Time (t_s) คือ ช่วงเวลาก่อนที่สัญญาณจะเริ่มเข้าสู่สภาวะคงที่ (Steady State) ปกติจะวัดจากระดับ $\pm 2\%$ ถึง $\pm 5\%$ ของค่า Steady State จากรูปที่ 3 เมื่อค่า Steady State มีค่าเท่ากับสัญญาณอินพุต คือ 1 ดังนั้นเมื่อทำการวัดที่ระดับ $\pm 2\%$ จะได้ค่าแรงดันเอาต์พุตอยู่ที่ระดับ 0.98 – 1.02 V ถ้าค่า Setting Time มีค่าน้อย แสดงว่าระบบจะเข้าสู่สภาวะทำงานคงที่เร็วขึ้น

2.2.3 Steady State Error (e_{ss}) เป็นค่าความผิดพลาดจากผลต่างระหว่างแรงดันอินพุตและแรงดันเอาต์พุต ซึ่งสามารถคำนวณได้โดย

$$e_{ss} = r(t) - c(t)$$

สมการที่ 3

เมื่อ $r(t)$ คือ แรงดันอินพุต
 $c(t)$ คือ แรงดันเอาต์พุต

2.2.4. Maximum Overshoot (M_p) เป็นค่าของผลตอบสนองที่แกว่งขึ้นสูงกว่าระดับอินพุตในช่วงเริ่มทำงาน ถ้าค่า M_p มีค่ามาก จะทำให้ระบบทำงานแกว่งหรือกระเพื่อม และจะส่งผลให้ช่วงเวลา Setting Time นานขึ้น แต่ค่า M_p ที่มีค่ามาก ก็จะมีผลดี คือ จะทำให้ระดับของ Steady State Error ลดลงได้

2.3 คุณสมบัติของระบบควบคุม

ระบบควบคุมโดยทั่วไป สามารถแบ่งคุณสมบัติของระบบได้เป็น 4 แบบ สามารถสรุปรายละเอียดได้ดังนี้

2.3.1 ระบบควบคุมแบบ P (P Controller) จะมีคุณสมบัติ ลดค่า Rise Time (t_r) ทำให้ระบบทำงานเร็วขึ้นในช่วงแรก เพิ่ม Over Shoot (M_p) ทำให้ระบบแกว่งในช่วงเริ่มต้น แต่ส่งผลให้ค่า Steady State Error ลดลง

2.3.2 ระบบควบคุมแบบ PD (PD Controller) จะมีคุณสมบัติ ลด Over Shoot (M_p) ทำให้ระบบมีการแกว่งน้อยลงในช่วงเริ่มต้น ลด Setting Time (t_s) ทำให้ระบบทำงานถึงจุดคงที่ (Steady State)

2.3.3 ระบบควบคุมแบบ PI (PI Controller) จะมีคุณสมบัติ ลดค่า Rise Time (t_r) ทำให้ระบบทำงานเร็วขึ้นในช่วงแรกกำจัดค่า Steady

ระบบควบคุมแบบพีไอดี (PID Controller) เป็นการนำคุณสมบัติของระบบควบคุมทั้ง 3 แบบ คือ P, PD และ PI มารวมกัน โดยสามารถกำหนดค่าเกณฑ์ทั้ง 3 แบบ ได้อย่างอิสระทำให้สามารถออกแบบระบบควบคุมให้เป็นไปตามที่ต้องการได้ โดยทำการปรับค่าเกณฑ์ทั้ง 3 แบบ และนำมาพิจารณาผลตอบสนองที่ได้ เมื่อปรับค่าเกณฑ์ได้ผลตอบสนองตามต้องการแล้ว จึงนำค่าที่ได้ไปติดตั้งหรือออกแบบเป็นวงจรให้งานต่อไป

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของระบบควบคุม

ระบบควบคุม	Rise Time (t_r)	Maximum Overshoot (M_p)	Setting Time (t_s)	Steady State Error (e_{ss})
แบบ P	ลด	เพิ่ม	เปลี่ยนแปลงน้อย	ลด
แบบ I	ลด	เพิ่ม	เพิ่ม	กำจัด
แบบ D	เปลี่ยนแปลงน้อย	ลด	ลด	เปลี่ยนแปลงน้อย

สามารถเขียนฟังก์ชันโอนย้าย (Transfer Function) ของระบบควบคุมแบบ PID ได้ดังนี้

$$\text{Transfer Function} = K_p + \frac{K_I}{s} + K_D s = \frac{K_D s^2 + K_p s + K_I}{s} \quad \text{สมการที่ 4}$$

เมื่อ

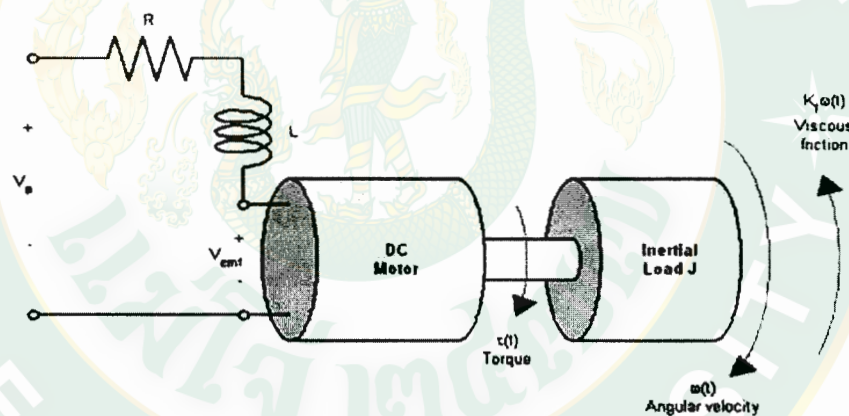
K_p ค่าอัตราขยายของตัวควบคุมแบบ P

K_I ค่าคงที่ทางเวลาในการอินทิเกรตสัญญาณของตัวควบคุมแบบ I

K_D ค่าคงที่ทางเวลาในการดิฟเฟอเรนเชียลสัญญาณของตัวควบคุมแบบ D

3. การวิเคราะห์ระบบมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟตรง (DC Motor) สามารถเขียนเป็นวงจรที่ประกอบไปด้วยโครงสร้างทั้งทางด้านไฟฟ้าและทางกล ได้ดังภาพที่ 11 โดยสามารถแยกโครงสร้างได้ตามสัญลักษณ์ ดังนี้



ภาพที่ 11 วงจรของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor Circuit)

สมการทางไฟฟ้า (Electric Equation)

$$V_a = Ri + L \frac{di}{dt} + V_{emf}$$

สมการที่ 5

สมการทางเครื่องจักรกล (Machine Equation)

$$V_{emf} = K_b \omega$$

สมการที่ 6

$$T = K_m i$$

สมการที่ 7

สมการทางกล (Mechanical Equation)

$$T = T_d + J \frac{d\omega}{dt} + K_f \omega$$

สมการที่ 8

ทำการแปลงลาปลาซสมการ 5 ถึง 8 จะได้ความสัมพันธ์ดังนี้

จากสมการที่ 5

$$V_a(s) - V_{emf}(s) = (Ls + R)I(s)$$

จะได้

$$I(s) = \frac{V_a(s) - V_{emf}(s)}{(Ls + R)}$$

สมการที่ 9

จากสมการที่ 7

$$T(s) = K_m \times I(s)$$

สมการที่ 10

เมื่อแทนสมการที่ 9 ใน สมการที่ 10 จะได้

$$T(s) = K_m \times \frac{V_a(s) - V_{emf}(s)}{(Ls + R)}$$

สมการที่ 11

จากสมการที่ 8

$$T(s) = T_d(s) + (J.s + K_f) \omega(s)$$

จะได้

$$\omega(s) = \frac{T(s) - T_d(s)}{(J.s + K_f)}$$

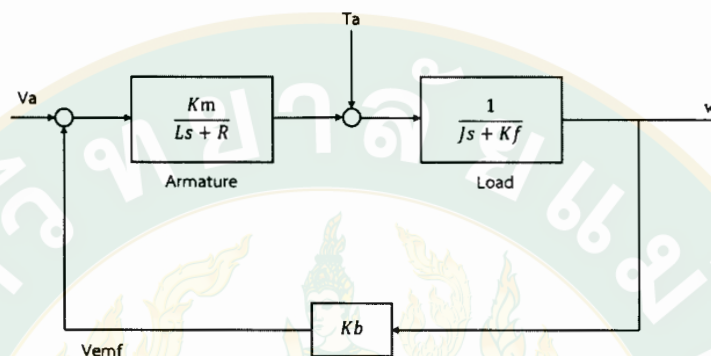
สมการที่ 12

จากสมการที่ 6

$$V_{emf}(s) = K_b \times \omega(s)$$

สมการที่ 13

สามารถแทนค่าระบบในรูปของฟังก์ชันโอนย้ายได้ ดังภาพที่ 12



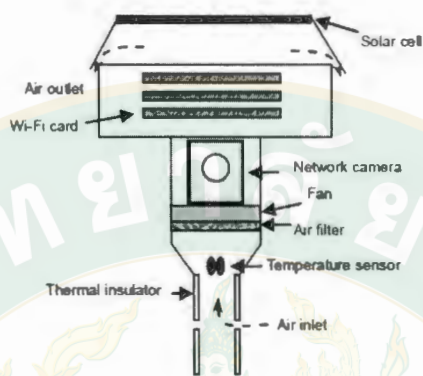
ภาพที่ 12 ไดอะแกรมของระบบมอเตอร์ไฟตรง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการดำเนินการทำวิจัยได้ทำการศึกษารวบรวมข้อมูลและทฤษฎีต่าง ๆ ที่มีความเกี่ยวข้องกับงานวิจัย รวมถึงการศึกษาจากงานวิจัยที่เคยทำการศึกษาในเรื่องที่ใกล้เคียงและเกี่ยวข้องกับงานวิจัยที่จะทำ โดยใช้เป็นแนวทางในการวางแผนการทดลอง เนื่องจากในการทำโรงเรือนต้นแบบสำหรับการเพาะเห็ดที่มีระบบเฝ้าตรวจวัดและควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นนั้นจำเป็นต้องมีหลักการและทฤษฎีในการรองรับสมมติฐานและดูแนวโน้มความเป็นไปได้ในการทำงานวิจัย เพื่อลดปัญหาที่จะเกิดขึ้นระหว่างการดำเนินงาน โดยได้ทำการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

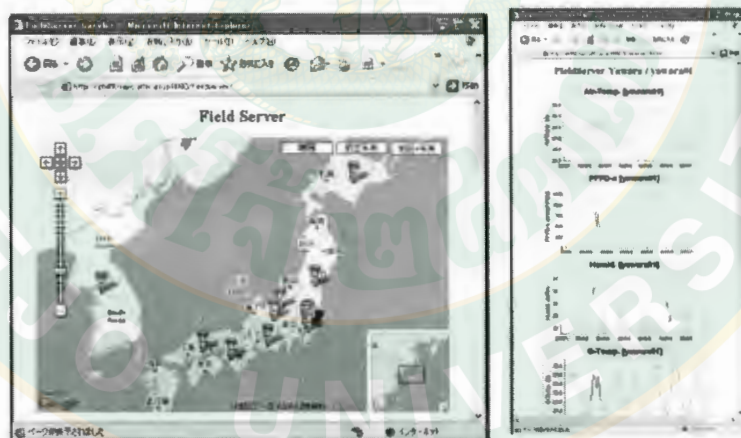
(Masayuki H. et al., 2006) ศึกษาเรื่อง Field Server Projects มีการพัฒนาต้นแบบอุปกรณ์เก็บข้อมูลดังภาพที่ 13 และมีการแสดงผลข้อมูลผ่านเว็บไซต์ดังภาพที่ 14 ซึ่งมีการสร้างอุปกรณ์ต่อไปนี้ รุ่นที่ 1 ตัวอุปกรณ์ Field Server มีความสามารถในการเก็บข้อมูล อุณหภูมิ ความชื้น ความเร็วลม และมีการเชื่อมต่อระบบแบบไร้สายไปยังระบบเครือข่าย และมีเว็บเพจเป็นตัวแสดงผลข้อมูล นอกจากการเก็บข้อมูลแบบตัวเลขแล้วยังมีการติดกล้องเว็บแคมเพื่อแสดงผลแบบภาพเคลื่อนไหว รุ่นที่ 2 Field Server ได้ถูกพัฒนาเรื่องเครือข่ายของกล้องเพื่อความสะดวกในการเฝ้าติดตามมาก ขึ้นสามารถดูภาพเคลื่อนไหวที่ได้จากกล้องบนหน้าเว็บไซต์ได้ รุ่นที่ 3 ได้มีการพัฒนา

กล่องจากกล่องเว็บแคม เป็นกล่องไอพีแคม และตัวกล่องเองสามารถหมุนเพื่อปรับ เปลี่ยน มุมมองได้ การรับข้อมูลที่ได้จาก Field Server แต่ละรุ่นเป็นการรับส่งข้อมูลแบบ Realtime ไปแสดงผลบนหน้าเว็บไซต์



ภาพที่ 13 ส่วนประกอบของเซิร์ฟเวอร์ภาคสนามรุ่นที่ 3 (Field Server)

ที่มา: Masayuki H. et al., 2006



ภาพที่ 14 การดูข้อมูลผ่านเว็บไซต์ (Web Site)

ที่มา: Masayuki H. et al., 2006

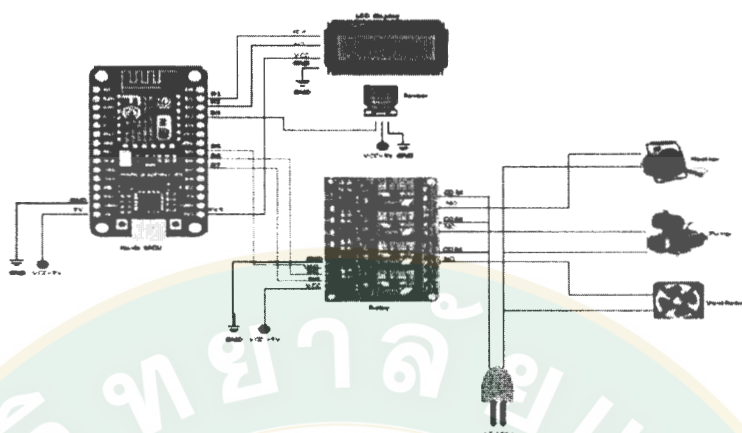
(Hideo Y. et al., 2007) ศึกษาเรื่อง Architecture of the Advanced Field Servers มีการรับส่งข้อมูลที่ได้จากเซิร์ฟเวอร์ภาคสนาม (Field Server) ไปยังเว็บเซิร์ฟเวอร์โดยใช้ โปรโตคอล HTTP ไปยัง PC Clone ที่ทำหน้าที่เป็น Server มีระบบปฏิบัติการเป็นลินุกซ์ แล้วมีหน้าเว็บเพจ (Web Page) เป็น Interface ในการแสดงผลข้อมูลที่ได้จากเซิร์ฟเวอร์ภาคสนาม ตัวเซิร์ฟเวอร์ภาคสนามเองสามารถกระจายสัญญาณอินเทอร์เน็ตในตัวได้ ที่เรียกกันทั่วไปว่า WIFI Hotspot นอกจากนี้การเชื่อมต่อระหว่างเซิร์ฟเวอร์ภาคสนามยังเป็นการเชื่อมต่อแบบ Star คือ Field Server แต่ละตัวทำหน้าที่เป็น Repeater แต่ตัวเซิร์ฟเวอร์ภาคสนามดังภาพที่ 15 ไม่สามารถแสดงผลของ Image Processing ได้เนื่องจากการรับส่งข้อมูลบนอินเทอร์เน็ตยังมีการจำกัด Band Width ซึ่งไม่สามารถส่งข้อมูลที่มีขนาดใหญ่ได้



ภาพที่ 15 เซิร์ฟเวอร์ภาคสนามที่ถูกพัฒนา

ที่มา: Hideo Y. et al., 2007

(วีรศักดิ์ และคณะ, 2561) ศึกษาเรื่อง การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีที่ควบคุมฟาร์มอัจฉริยะ ในโรงเรือนเพาะเห็ดนางฟ้า ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เข้ามาช่วยในการจัดการระบบควบคุมภายในโรงเรือนเพาะเห็ดนางฟ้าโดยวิธี การควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในโรงเรือนเช่น ปั๊มน้ำ และพัดลมระบายอากาศ ผลที่ได้คือสามารถควบคุมอุปกรณ์ได้เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดคือไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถควบคุมความชื้นให้อยู่ระหว่าง 80-85 %RH และสามารถควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ระหว่าง 28-30 °C มีการทำงานตามไดอะแกรมในภาพที่ 16



ภาพที่ 16 ไดอะแกรมโรงเพาะเห็ดควบคุมความชื้นและอุณหภูมิด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

ที่มา: วีรศักดิ์ และคณะ, 2561

(ศุภวุฒิ และคณะ, 2557) ศึกษาเรื่องการพัฒนากระบวนการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเห็ดในโรงเรือนเพาะเห็ดบ้านทุ่งบ่อแป้น ตำบลปายางคง อำเภอห้วยฉัตร จังหวัดลำปาง ผู้วิจัยได้ทำการศึกษารวบรวมเอกสาร และอุปกรณ์ที่ใช้ในโครงการวิจัย การออกแบบและสร้างชุดควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์แบบอัตโนมัติดังภาพที่ 17 เพื่อเพิ่มผลผลิตและคุณภาพ ของเห็ด ในการออกแบบตัวควบคุมอุณหภูมิกับความชื้น ได้พิจารณาถึงความง่ายในการออกแบบ และการนำไปใช้งานได้อย่างหลากหลาย จึงออกแบบให้ระบบใช้คอนโทรลเลอร์ที่สามารถเขียนโปรแกรมได้เร็วโดยใช้ภาษาขั้นสูง รวมถึงการมีไลบรารี อุปกรณ์เชื่อมต่อต่าง ๆ ที่มีอยู่มากมาย โดยได้เลือกใช้ ADU842 นำมาใช้งานร่วมกับตัวเซนเซอร์ SHT15 ที่สามารถวัดอุณหภูมิและความชื้นได้ภายในตัวเดียวกันในส่วนของการควบคุมโหลดที่เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ให้เปิดหรือปิดตามเงื่อนไขที่เกิดขึ้น จะทำผ่านสวิตช์ที่เป็น AC จำนวน 4 ช่องโดยใช้ตัวอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ประเภทไตรแอค (Triac) และที่เป็น DC จำนวน 2 ช่องโดยใช้สวิตช์ ผลที่ได้สามารถเพิ่มปริมาณผลผลิตเห็ดเฉลี่ย 10.1 kg ดังแผนภูมิเส้นในภาพที่ 18 ต่อการเก็บผลผลิตเห็ด 1 ครั้ง



ภาพที่ 17 ตู้ควบคุม

ที่มา: ศุภาวุฒิ และคณะ, 2557



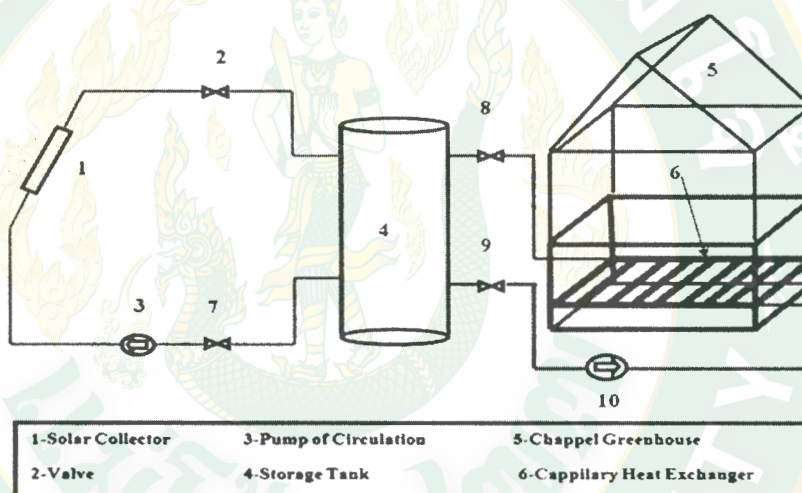
ภาพที่ 18 แผนภูมิเส้นการเปรียบเทียบปริมาณผลผลิตเมล็ดที่ได้จากโรงเพาะเมล็ด

ที่มา: ศุภาวุฒิ และคณะ, 2557

(จาทูพงศ์ และคณะ, 2550) ศึกษาเรื่อง ระบบทำน้ำร้อนด้วยตัวเก็บรังสีอาทิตย์สำหรับล้างแบบ Clean In Place ของศูนย์ ใช้น้ำมันดิบ ได้มีการออกแบบระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ มีถังเก็บน้ำร้อนแบบมีฉนวนหุ้มขนาด 360 L ปรับอัตราการไหลของน้ำแบบบังคับที่ 1 L/min

รับรังสีอาทิตย์เป็นเวลา 8 hr ที่ 43.5 MJ สามารถเพิ่มอุณหภูมิน้ำในถังได้ถึง 30 °C จากอุณหภูมิ น้ำในถัง 23 °C เพิ่มขึ้นเป็น 53.3 °C คลาดเคลื่อนไปจากทฤษฎี 1.3%

(Attar I. et al., 2007) ศึกษาเรื่อง Parametric and Numerical Study of Solar System for Heating a Greenhouse Equipped with a Buried Exchanger เป็นการจำลอง ประเมินค่าประสิทธิภาพของระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ใช้กับโรงเรือนปลูกมะเขือเทศ แผงรับค่ารังสีอาทิตย์ขนาด 4 m² ถังเก็บน้ำร้อนอุณหภูมิขนาด 200 L และนำท่อ P.E. ขนาดเล็กวางท่อ โดยฝังไว้ใต้โรงเรือนเพื่อใช้แลกเปลี่ยนความร้อนภายในโรงเรือน วิธีนี้จะสามารถเพิ่มอุณหภูมิอากาศภายในโรงเรือนได้ 5 °C จะมีผังการทำงานดังภาพที่ 19



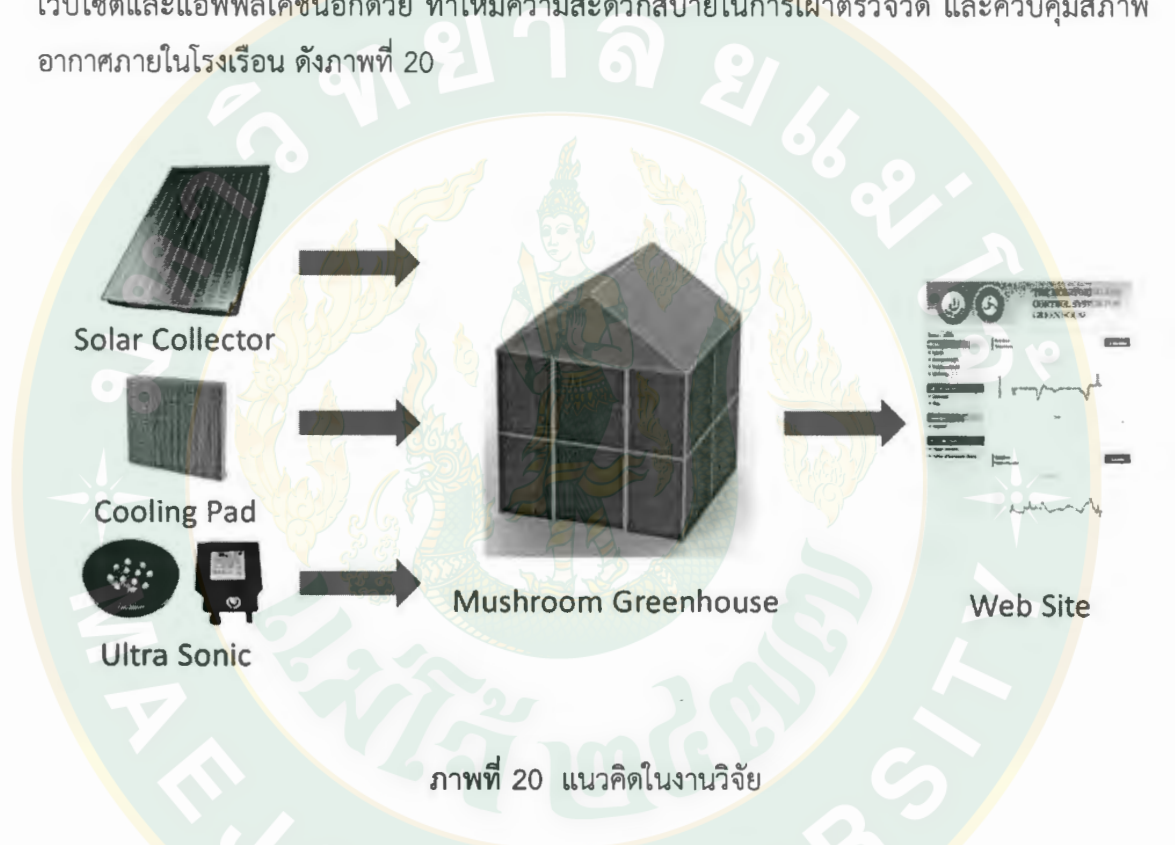
ภาพที่ 19 แผนผังทำงานของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ประยุกต์ใช้กับโรงเรือน

ที่มา: Attar I. et al., 2007

(Syed Ali Asad Rizvi et al, 2012) มีการใช้ระบบควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ผ่านเว็บไซต์สำหรับโรงงานพ่นสี เป็นการควบคุมและเฝ้าตรวจวัดจากเซ็นเซอร์แบบเวลาจริงโดยมีการเชื่อมต่อผ่านเครือข่ายท้องถิ่น (LAN) มีการติดต่อสื่อสารผ่านระบบโดยใช้ RS-485 ในการสื่อสารของข้อมูลและบันทึกข้อมูลลงบนฐานข้อมูล (MySQL) ภายในโรงงานพ่น ในระบบนี้สามารถควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ขณะเริ่มต้นที่ 45 %RH ให้อยู่ในช่วง 55 %RH ได้โดยควบคุมจากหน้าเว็บไซต์

แนวคิดและสมมุติฐานในการวิจัย

งานวิจัยเรื่องระบบเฝ้าตรวจวัดและควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์สำหรับโรงเรือนเพาะเห็ดขอนขาว เป็นงานวิจัยเพื่อการนำเทคโนโลยีทางพลังงานทดแทนมาประยุกต์ใช้กับการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือน ในงานวิจัยได้นำระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ และแผ่นระเหยน้ำร่วมกับเครื่องพ่นหมอกแบบอัลตราโซนิกมาใช้งาน อีกทั้งมีการแสดงผลผ่านทางเว็บไซต์และแอปพลิเคชันอีกด้วย ทำให้มีความสะดวกสบายในการเฝ้าตรวจวัด และควบคุมสภาพอากาศภายในโรงเรือน ดังภาพที่ 20



ภาพที่ 20 แนวคิดในงานวิจัย

จากภาพที่ 20 เป็นการทำงานที่จะนำมาใช้ในงานวิจัยมีการทำงานดังนี้ ระบบจะมีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศภายในโรงเรือน แล้วนำข้อมูลมาแสดงผ่านทางเว็บไซต์ แหล่งจ่ายอุณหภูมิได้จากตัวเก็บค่ารังสีอาทิตย์เพื่อเพิ่มอุณหภูมิ และแผ่นระเหยน้ำเพื่อลดอุณหภูมิซึ่งมีการใช้งานร่วมกับเครื่องพ่นหมอกแบบอัลตราโซนิกเพื่อเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

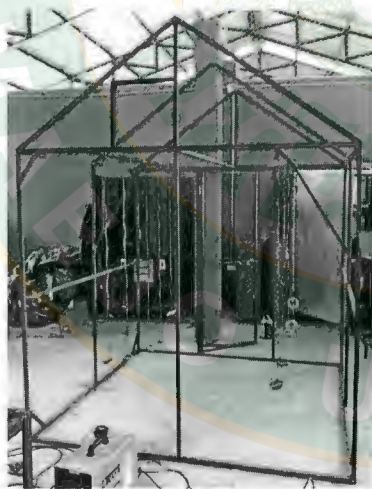
อุปกรณ์และวิธีการวิจัยเป็นแบบแผนสำหรับการดำเนินงานวิจัยเพื่อให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์และขอบเขตที่ได้กำหนดไว้

อุปกรณ์สำหรับงานวิจัย

อุปกรณ์ที่ใช้ในขั้นตอนดำเนินงานสำหรับออกแบบและสร้างของระบบเฝ้าตรวจวัดและควบคุมอุณหภูมิความชื้นสัมพัทธ์

1. การออกแบบโรงเรือนเพาะเห็ด

สำหรับโรงเรือนเพาะเห็ดต้นแบบที่ใช้ในการทดสอบโรงเรือนหน้าจั่วทำจากเหล็กมีขนาดกว้าง 2 m ยาว 2 m สูง 1.8 m จั่วสูง 0.7 m คลุมด้วยพลาสติกโพลีเอทิลีนสีดำทึบ มีช่องอากาศเข้าและออกขนาด 0.09 m² สามารถบรรจุเห็ดได้ประมาณ 1,000 ก้อน ดังภาพที่ 21



(ก) โครงสร้างโรงเรือน



(ข) โรงเรือนเพาะเห็ดต้นแบบ

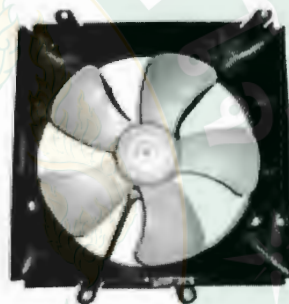
ภาพที่ 21 โรงเรือนเพาะเห็ดที่ใช้ในการทดสอบ

2 การออกแบบระบบทำความเย็น

ระบบทำความเย็นทำการออกแบบระบบโดยใช้พัดลมร่วมกับแผ่นระเหยน้ำ หรือ Fan-pad system ประกอบด้วย แผ่นระเหยน้ำ พัดลมดูดอากาศด้วยระบบหมุนเวียนน้ำ และระบบจ่ายลม ดังแสดงในภาพที่ 22 และรายละเอียดของอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบดังแสดงในตารางที่ 2 กระบวนการทำงานของระบบ เริ่มจากปั้มน้ำจะสูบน้ำจากถังน้ำซึ่งมีบายนพลาสพาสวาล์วควบคุมอัตราการไหลผ่านแผ่นระเหยน้ำจนชุ่ม และมีพัดลมดูดอากาศจากแวลวล้อมที่มีอุณหภูมิสูงและความชื้นสัมพัทธ์ต่ำผ่านแผ่นระเหยน้ำ จะได้อากาศเย็นและความชื้นสัมพัทธ์สูงเข้าไปในโรงเรือนทดสอบผ่านทางอุโมงค์ลมซึ่งมีวาล์วปีกผีเสื้อสำหรับควบคุมอัตราการไหลอากาศ และใช้ในการควบคุมความเร็วอากาศที่ไหลผ่านแผ่นระเหยน้ำได้



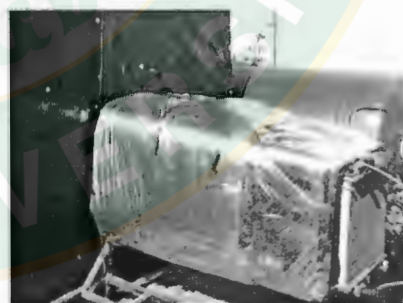
(ก) แผ่นระเหยน้ำ (Cooling Pad)



(ข) พัดลมดูดอากาศ



(ค) ปั้มน้ำ (Water Pump)



(ง) อุโมงค์ลม

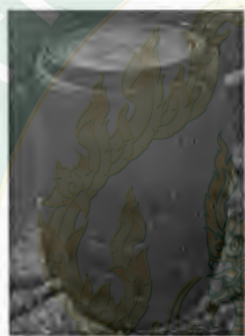
ภาพที่ 22 ระบบการทำความเย็นแบบระเหยโดยตรง

ตารางที่ 2 สมบัติของระบบทำความเย็นแบบระเหยโดยใช้พัดลมร่วมกับแผ่นระเหยน้ำ

อุปกรณ์	รายละเอียด	ค่า
แผ่นระเหยน้ำ	แผ่นระเหยน้ำ	ชนิดเซลลูโลส
	มุมเอียงของแผ่นระเหยน้ำ (°)	45
	ความหนา (m)	0.15
	ความกว้าง (m)	0.35
	ความยาว (m)	0.35
	พื้นที่หน้าตัด (m ²)	0.1225
พัดลมดูดอากาศ (ยี่ห้อ VENZ รุ่น IF-12)	ขนาดใบพัด (inch)	12
	กำลังไฟฟ้าพัดลม (W)	65
	ช่วงความเร็วอากาศ (m/s)	0.59
	อัตราการไหลของพัดลม (m ³ /min)	30
ระบบหมุนเวียนน้ำ	กำลังไฟฟ้าของปั้มน้ำ (W)	35
	ปริมาตรถังเก็บน้ำ (L)	20
	อัตราการไหลของน้ำ (L/min)	6
	เฮดของปั้มน้ำ (m)	0.5
อุโมงค์ลม	ความยาวของท่อจ่ายลม (m)	1
	จ่ายลม (m/s)	2-3
	ความหนาฉนวนใยแก้ว (inch)	2

3 การออกแบบระบบทำความร้อน

ออกแบบโดยใช้ระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งประกอบไปด้วย ถังเก็บน้ำร้อนเพื่อเก็บน้ำร้อนจากตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ (ภาพที่ 23 (ก)) ป้อนน้ำร้อนสำหรับทำน้ำวนระหว่างตัวเก็บรังสีอาทิตย์กับน้ำในถังเก็บน้ำ (ภาพที่ 23 (ข)) และตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นเรียบขนาด 2.16 m^2 (ภาพที่ 23 (ค)) ดังแสดงในภาพที่ 23 หลักการทำงานของระบบคือ ตัวเก็บรังสีอาทิตย์จะทำหน้าที่แลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำที่ผ่านท่อภายในตัวเก็บรังสีอาทิตย์กับค่ารังสีอาทิตย์ โดยมีปั้มน้ำร้อนทำหน้าที่หมุนเวียนน้ำในระบบและจะใช้หม้อน้ำรถยนต์เป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำกับอากาศ (ภาพที่ 23 (ง)) โดยใช้ชุดอุปกรณ์เดียวกันกับระบบทำความเย็นแบบระเหย ซึ่งมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 3



(ก) ถังเก็บน้ำร้อน



(ข) ปั้มน้ำร้อน



(ค) ตัวเก็บรังสีอาทิตย์



(ง) หม้อน้ำรถยนต์(ข)

ภาพที่ 23 ระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

ตารางที่ 3 สมบัติของระบบทำความร้อนด้วยระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

อุปกรณ์	รายละเอียด	ค่า
ถังน้ำเก็บน้ำร้อน	ความกว้าง (m)	0.55
	ความยาว (m)	1.2
	ความหนา (m)	0.05
ปั้มน้ำร้อน	ปริมาตรถัง (L)	120
	อัตราการไหลของปั้มน้ำ (L/min)	6
	เฮดของปั้มน้ำ (m)	0.5
	กำลังไฟฟ้าของปั้มน้ำ (W)	6
	เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ (inch)	0.5
หม้อน้ำรถยนต์	ความกว้าง (inch)	12
	ความยาว (inch)	12
	ความหนา (inch)	1.5
	พื้นที่หน้าตัด (inch ²)	144
ตัวเก็บรังสีอาทิตย์	ความกว้าง (m)	1
	ความยาว (m)	2
	ความหนา (inch)	4

4. การออกแบบระบบทำความร้อน

ออกแบบโดยใช้การพ่นหมอกละเอียดแบบอัลตราโซนิกซึ่งประกอบไปด้วย กล่องพ่นหมอก (ภาพที่ 24 (ก)) และเครื่องพ่นหมอกอัลตราโซนิก (ภาพที่ 24 (ข))



(ก) กล่องพ่นหมอก



(ข) เครื่องอัลตราโซนิก

ภาพที่ 24 เครื่องพ่นหมอกอัลตราโซนิก

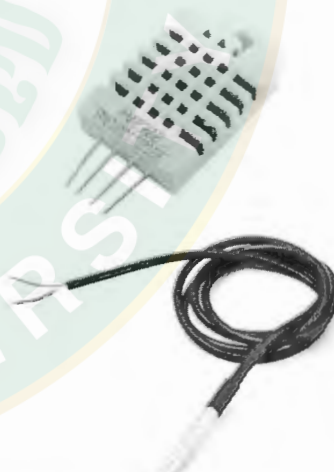
ตารางที่ 4 สมบัติของระบบทำความชื้น

อุปกรณ์	รายละเอียด	ค่า
เครื่องพ่นหมอก (Ultrasonic Fogger)	ความถี่ (MHz)	1.7
	จำนวนหัวพ่น	12
	กำลังไฟ (W)	300
	ขนาด (inch)	6
	การใช้น้ำ (L/hr)	5

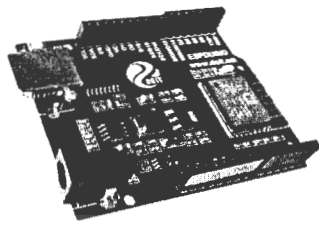
เครื่องมือวัดและบันทึกข้อมูล

เครื่องมือตรวจวัดและบันทึกข้อมูลในงานวิจัยนี้สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4

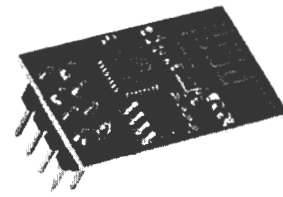
ตารางที่ 5 รายละเอียดเครื่องมือวัด

เครื่องมือวัด	รายละเอียด	ภาพเครื่องมือวัด
อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ (Temperature and Relative Humidity)	อุณหภูมิ (0-100 °C) ความชื้น (0-99.99 %) การตอบสนอง (2,000 ms)	
เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิในน้ำ (Temperature Water Sensor)	อุณหภูมิ (0-150 °C)	

เครื่องมือตรวจวัดในงานวิจัยนี้จะใช้การตรวจวัดแบบไร้สายในการอ่านค่าอุณหภูมิและความชื้นจึงมีการเพิ่มอุปกรณ์ส่งสัญญาณแบบไร้สายเพื่อใช้ติดตั้งกับชุดเซ็นเซอร์ดังภาพที่ 25



(ก) ESPDuino

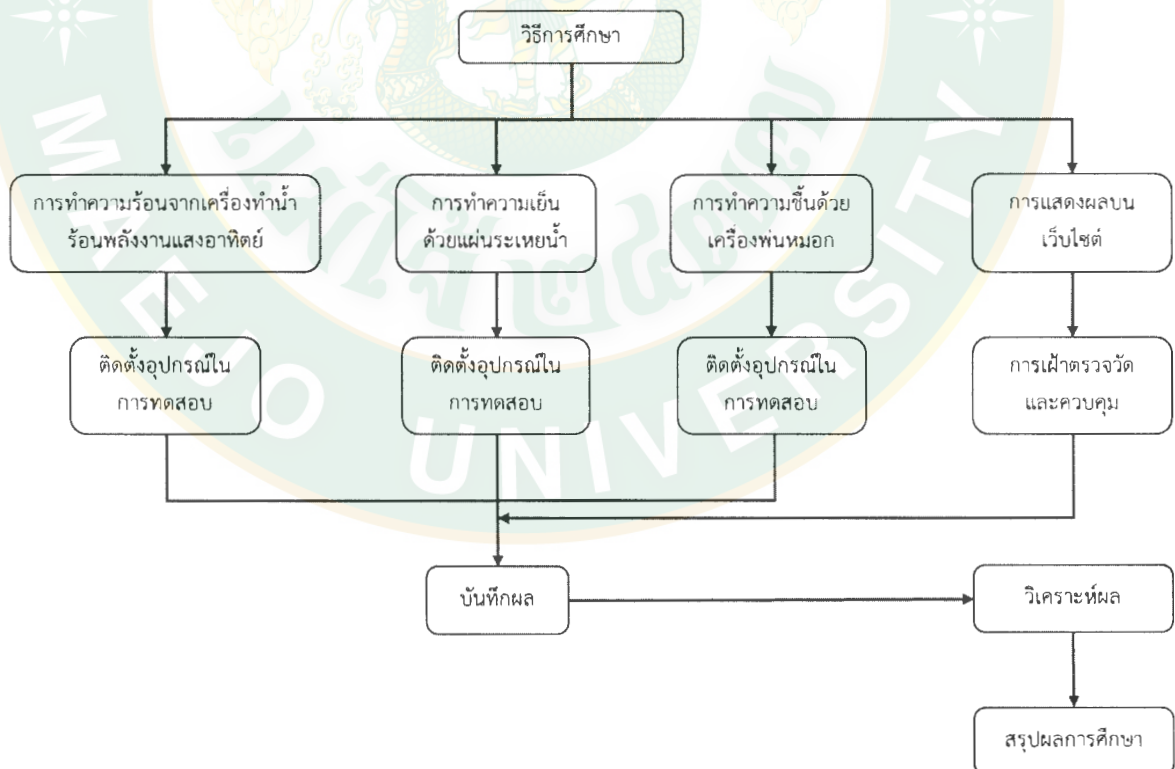


(ข) ESP8266

ภาพที่ 25 โมดูลส่งสัญญาณแบบไร้สาย

วิธีดำเนินงานวิจัย

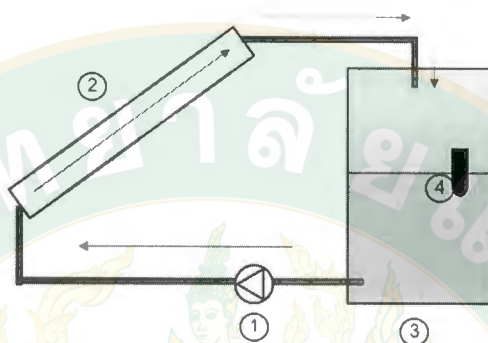
วิธีการดำเนินงานวิจัยเป็นการวางแผนและขั้นตอนการทำการระบบเฝ้าตรวจวัดและควบคุม อุณหภูมิ ความชื้นให้เป็นไปตามสมมุติฐาน วัตถุประสงค์ และขอบเขตของงานวิจัย โดยมีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังภาพที่ 26



ภาพที่ 26 การดำเนินงานวิจัย

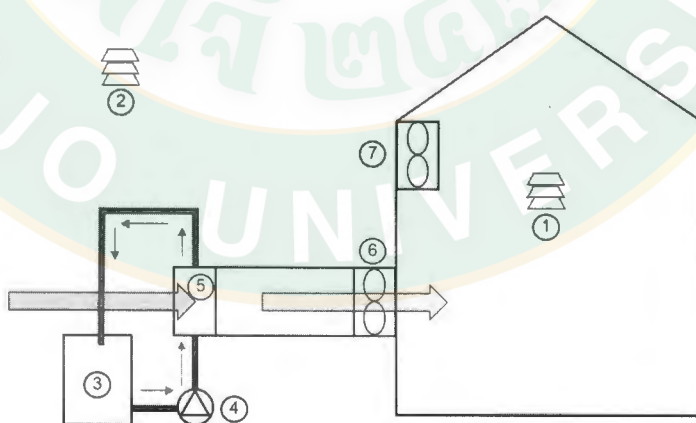
1. การศึกษาการทำความร้อนจากเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

การศึกษาการทำความร้อนจากเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ ได้ศึกษาช่วงเวลาในการทำน้ำร้อนจากแสงอาทิตย์ในตอนกลางวันแล้วนำมาใช้ทำลมนร้อนในตอนกลางคืน (ภาพที่ 27) เพื่อเพิ่มอุณหภูมิภายในโรงเรือนเพาะเห็ดให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมกับเห็ดขอนขาว คือ 25-35 °C



ภาพที่ 27 วิธีการทดสอบผลิตน้ำร้อน

จากภาพที่ 27 เป็นการทดสอบการทำน้ำร้อนในตอนกลางวันเพื่อดูพฤติกรรมการทำน้ำร้อนสูงสุดที่สามารถทำได้ในช่วงเวลาตั้งแต่มีแสงอาทิตย์ในตอนเช้าจนถึงตอนเย็นที่แสงใกล้หมดโดยมีปั๊มน้ำ (หมายเลข 1) ดูดน้ำจากถังน้ำ (หมายเลข 3) วนผ่านตัวเก็บรังสีอาทิตย์ (หมายเลข 2) และมีเซ็นเซอร์ตรวจวัดน้ำร้อนภายในถังน้ำ (หมายเลข 4)



ภาพที่ 28 วิธีการทดสอบระบบทำความร้อนภายในโรงเรือน

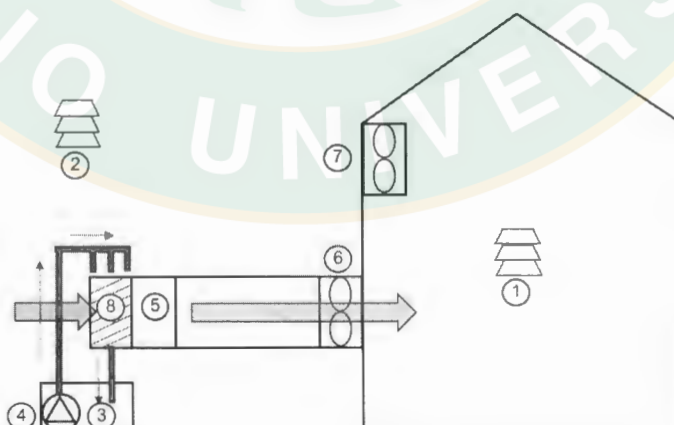
จากภาพที่ 28 เป็นการทดสอบการเพิ่มอุณหภูมิภายในโรงเรือนในตอนกลางคืนโดยใช้น้ำร้อนจากการสะสมความร้อนของน้ำในตอนกลางวัน แล้วนำมาแลกเปลี่ยนกับอากาศด้วยการใช้พัดลม (หมายเลข 6) ดูดลมผ่านหม้อน้ำ (หมายเลข 5) ที่มีการวนน้ำด้วยปั๊ม (หมายเลข 4) ซึ่งดูดน้ำจากถังน้ำร้อน (หมายเลข 3) จะทำให้เกิดลมร้อนในกรณีที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าที่เกษตรกรต้องการ และมีจุดตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นทั้งภายในและภายนอกโรงเรือน (หมายเลข 1 กับ 2)

2. การศึกษาการทำความเย็นจากแผ่นระเหยน้ำ

การศึกษาการทำความเย็นจากแผ่นระเหยน้ำเป็นการลดอุณหภูมิภายในโรงเรือน โดยการใช้ปั๊มทำระบบน้ำวนผ่านแผ่นระเหยน้ำแล้วใช้พัดลมดูดอากาศผ่านแผ่นระเหยเพื่อนำลมเย็นเข้าสู่ภายในโรงเรือน



ภาพที่ 29 การทดสอบการทำความเย็นภายในโรงเรือน

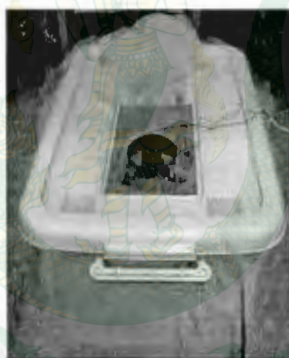


ภาพที่ 30 วิธีการทดสอบระบบทำความเย็นภายในโรงเรือน

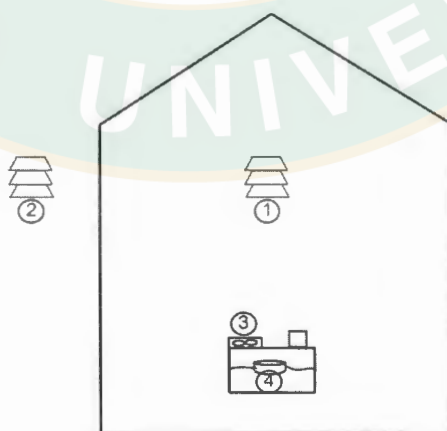
จากภาพที่ 30 เป็นการทดสอบการลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนในตอนกลางวันโดยนำน้ำเย็นจากถังน้ำ (หมายเลข 3) มาวนผ่านแผ่นระเหยน้ำ (หมายเลข 8) มีการวนน้ำด้วยปั๊ม (หมายเลข 4) แล้วใช้พัดลม (หมายเลข 6) ดูดลมผ่านแผ่นระเหย จะทำให้เกิดลมเย็นในกรณีที่มีอุณหภูมิสูงกว่าที่พืชต้องการ และมีจุดตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นทั้งภายในและภายนอกโรงเรือน (หมายเลข 1 กับ 2)

3. การศึกษาการทำความชื้นจากเครื่องพ่นหมอกแบบอัลตราโซนิก

การศึกษาการทำความชื้นจากเครื่องพ่นหมอกแบบอัลตราโซนิก เป็นการพ่นหมอกละเอียดเพื่อเพิ่มความชื้นในอากาศภายในโรงเรือนเพาะเห็ดโดยมีการพ่นละอองน้ำที่มีขนาดเล็กที่เกิดจากเครื่องอัลตราโซนิกจำนวน 12 หัว แล้วใช้พัดลมเป่าอากาศพร้อมกับละอองหมอกซึ่งมีการติดตั้งอยู่ภายในโรงเรือนดังภาพที่ 31



ภาพที่ 31 การทดสอบเครื่องพ่นหมอก



ภาพที่ 32 การทดสอบการเพิ่มความชื้นในอากาศ

จากภาพที่ 32 การทดสอบการเพิ่มความชื้นในอากาศภายในโรงเรือนเพาะเห็ดด้วยเครื่องอัลตราโซนิก (หมายเลข 4) โดยมีพัดลม (หมายเลข 3) เป่าละอองหมอกเพื่อเพิ่มความชื้นในอากาศแล้วมีการวัดค่าความชื้นในอากาศทั้งภายในและภายนอกโรงเรือน (หมายเลข 1 กับ 2)

4. การศึกษาการแสดงผลระบบเฝ้าตรวจวัดและควบคุมผ่านเว็บไซต์

การศึกษาการแสดงผลระบบเฝ้าตรวจวัดและควบคุมผ่านเว็บไซต์แบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนคือ ส่วนของหน้าจอแสดงผล และวงจรการทำงานของระบบ

4.1 หน้าจอแสดงผลระบบเฝ้าตรวจวัดและควบคุมผ่านเว็บไซต์

ระบบเฝ้าตรวจวัด และควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านเว็บไซต์จะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ ส่วนของหน้าจอล็อกอิน หน้าจอรระบบเฝ้าตรวจวัด และหน้าจอรระบบควบคุม ตามลำดับ ซึ่งการใช้งานทั้งหมดจะเป็นการใช้งานแบบเวลาจริง โดยมีเมนูต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

4.1.1. เมนูการดูกราฟอุณหภูมิและกราฟความชื้นสัมพัทธ์ทั้งภายในและภายนอกโรงเรือน

4.1.2. เมนูการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ภายในโรงเรือนซึ่งเป็นการควบคุมแบบกึ่งอัตโนมัติ (Semi-Auto) ผู้ใช้งานสามารถควบคุมด้วยตนเองโดยการเปิด-ปิดอุปกรณ์ที่ต้องการได้ และสามารถเปิดการควบคุมแบบอัตโนมัติเพื่อให้ระบบควบคุมทำงานตามโปรแกรมที่ตั้งไว้ได้

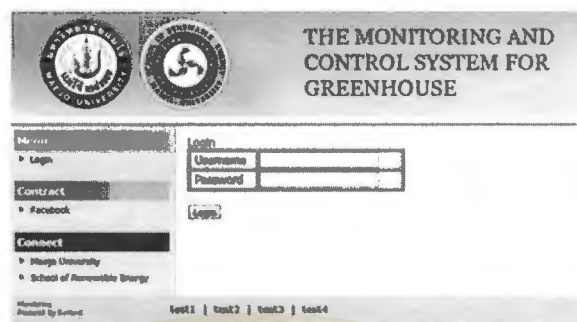
4.1.3. เมื่อดาวนโหลดข้อมูลซึ่งเป็นการดาวนโหลดข้อมูล (Export Data) ของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่เก็บจากเซ็นเซอร์ที่ทำการตรวจวัดเป็นรูปแบบของไฟล์ CSV

4.1.4. เมนูเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ (E-Book) เพื่อรับข่าวสาร และดาวนโหลดเอกสารต่าง ๆ ได้

ส่วนที่ 1 หน้าจอล็อกอิน ซึ่งการเข้าสู่ระบบขั้นตอนแรกต้องทำการล็อกอินเข้าสู่ระบบก่อนจึงจะเข้าใช้งานผ่านเว็บไซต์ได้ โดยมีสิทธิ์การเข้าใช้งานทั้งหมดอยู่ 2 สิทธิ์ คือ สิทธิ์ของผู้ดูแลระบบและสิทธิ์ผู้ใช้งานทั่วไปดังภาพที่ 33

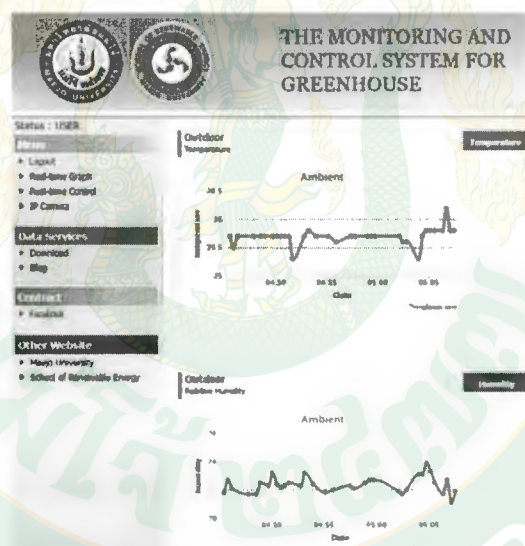
สิทธิ์ผู้ดูแลระบบ จะสามารถใช้เมนูต่าง ๆ ทั้งหมดของเว็บไซต์ได้

สิทธิ์ผู้ใช้งานทั่วไป จะสามารถใช้เมนูบางเมนูได้เพียงเท่านั้นคือเมนูที่ 1 และ 4



ภาพที่ 33 ตัวอย่างหน้าจอสำหรับล็อกอินเพื่อเข้าใช้งานผ่านเว็บไซต์

ส่วนที่ 2 หน้าจอร์บบเฝ้าตรวจวัด เป็นการแสดงกราฟอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ทั้งภายในและภายนอกโรงเรือนแบบเวลาจริง ดังภาพที่ 34



ภาพที่ 34 ตัวอย่างหน้าจอแสดงข้อมูลอุณหภูมิและความชื้น ทั้งภายในและภายนอกโรงเรือน

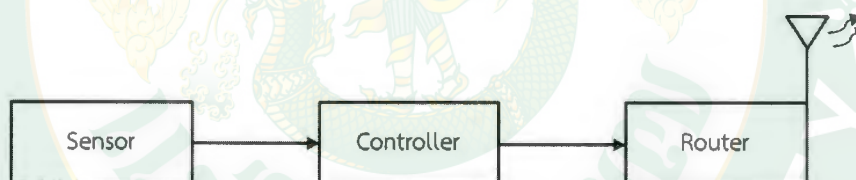
ส่วนที่ 3 หน้าจอร์บบควบคุม เป็นหน้าจอสำหรับการเข้าควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ภายในโรงเรือนประกอบไปด้วย ชื่ออุปกรณ์ สถานะของอุปกรณ์และปุ่มเปิดปิดอุปกรณ์ ดังภาพที่ 35



ภาพที่ 35 ตัวอย่างหน้าจอแสดงปุ่มควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในโรงเรือนต้นแบบ

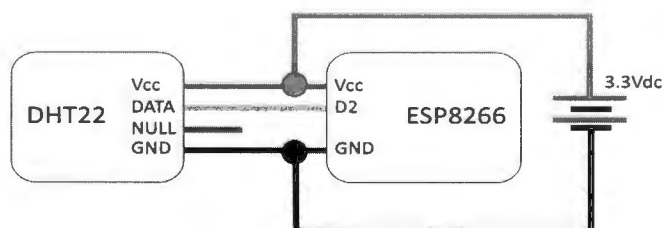
4.2 วงจรการทำงานระบบเฝ้าตรวจวัดและควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ

4.2.1 วงจรการทำงานของระบบเฝ้าตรวจวัด



ภาพที่ 36 บล็อกไดอะแกรมจุดตรวจวัดอุณหภูมิ และความชื้นแบบไร้สาย

จากภาพที่ 36 เป็นบล็อกไดอะแกรมจุดตรวจวัดอุณหภูมิ และความชื้นแบบไร้สาย ซึ่งมีการอ่านค่าจากเซ็นเซอร์แล้วมีการส่งข้อมูลไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อประมวลผลเมื่อถึงเวลาที่กำหนดจะมีการส่งข้อมูลไปยังเว็บไซต์ผ่านอุปกรณ์กระจายสัญญาณอินเทอร์เน็ต



ภาพที่ 37 วงจรเซ็นเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นแบบไร้สาย

จากภาพที่ 37 วงจรของเซ็นเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นในอากาศมีการส่งข้อมูลแบบไร้สายด้วยคลื่น 2.4 GHz ซึ่งเป็นย่านความถี่ไวไฟที่ใช้ทั่วไป มีส่วนประกอบดังนี้ เซ็นเซอร์ DHT22 เป็นอุปกรณ์อ่านค่าอุณหภูมิและความชื้น มีการส่งข้อมูลไปยังโมดูลไวไฟ ESP8266 ผ่านทางช่อง D2 และใช้ไฟฟ้าที่ 3.3 V_{dc}



(ก) ชุดเฝ้าตรวจวัดอุณหภูมิ และความชื้น

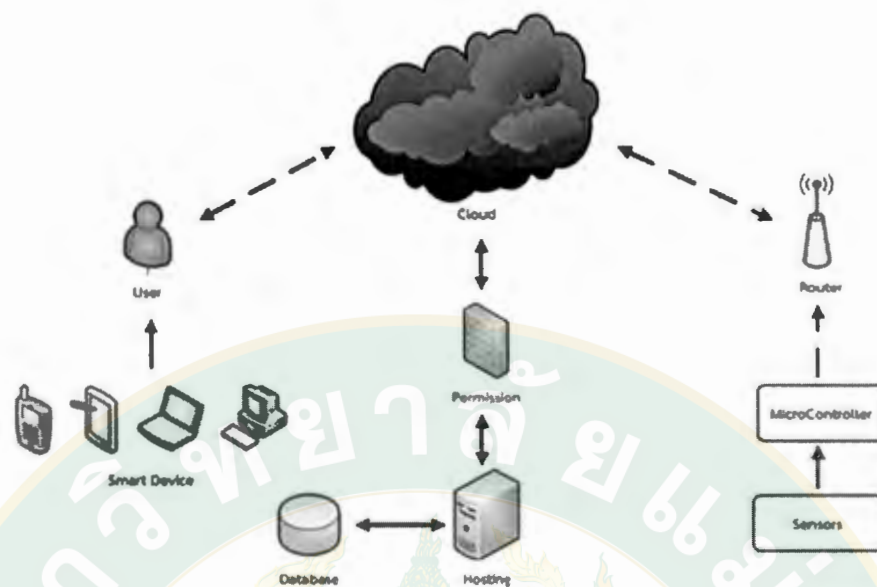


(ข) วงจรอ่านค่าที่วัดได้จากเซ็นเซอร์



(ค) วงจรตรวจวัด

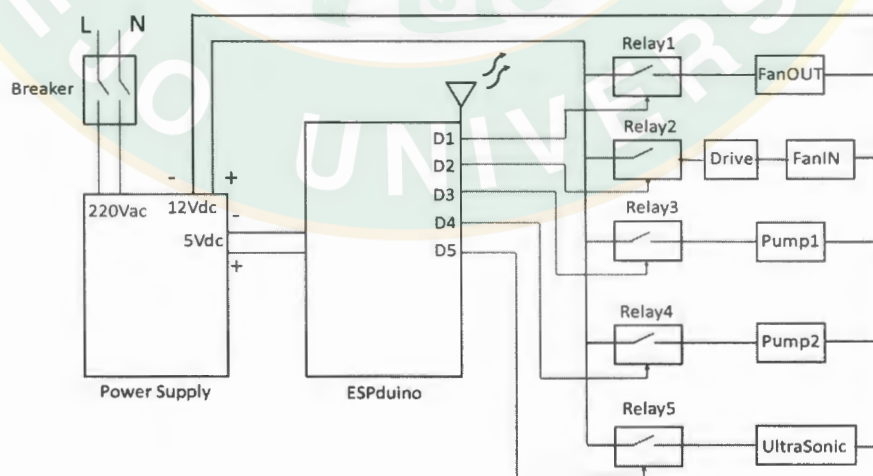
ภาพที่ 38 ชุดตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้น



ภาพที่ 39 หลักการทำงานของระบบเฝ้าตรวจวัด

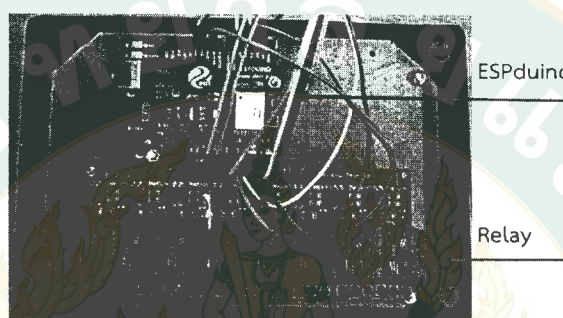
จากภาพที่ 39 แสดงการออกแบบระบบเฝ้าตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นแบบไร้สาย ทำการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดทั้งภายในและภายนอกโรงเรือน ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงเว็บไซต์ได้จากอุปกรณ์อัจฉริยะโดยจะต้องทำการล็อกอินก่อนเข้าใช้งานทุกครั้ง และเซ็นเซอร์จะส่งข้อมูลเข้าไปประมวลผลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์แล้วส่งข้อมูลขึ้นไปยังเว็บไซต์ผ่านตัวกระจายสัญญาณ

4.2.2 วงจรการทำงานของระบบควบคุมแบบไร้สาย

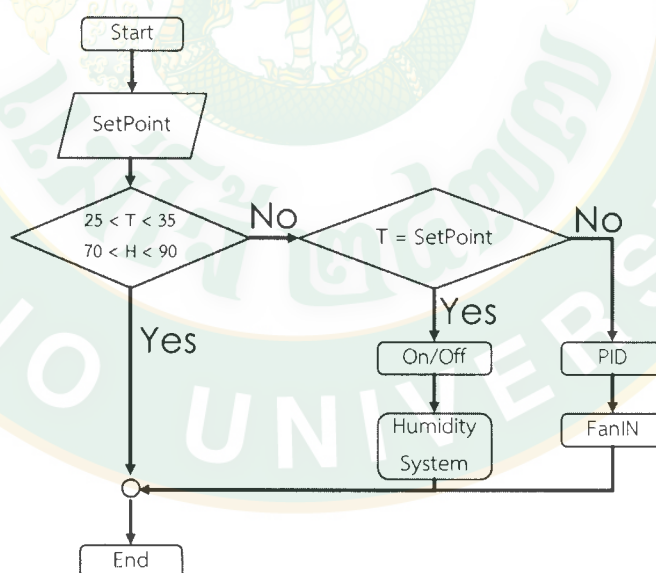


ภาพที่ 40 การออกแบบวงจรควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าแบบไร้สาย

จากภาพที่ 40 เป็นการออกแบบวงจรสำหรับการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าแบบไร้สายโดยมีส่วนประกอบดังนี้ แหล่งจ่ายไฟฟ้า (Power Supply) ซึ่งทำหน้าที่แปลงไฟฟ้า 220 V_{ac} เป็น 12 V_{dc} และ 5 V_{dc} โดยสั่งการเปิดปิดอุปกรณ์จากไมโครคอนโทรลเลอร์ (ESPduino) ที่มีโมดูลไวไฟอยู่ในตัว และมีรีเลย์ (Relay) ใช้ควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังนี้ พัดลมดูดอากาศ 2 ตัว ปั้มน้ำ 2 ตัว และเครื่องพ่นหมอกแบบอัลตราโซนิก 1 ตัว



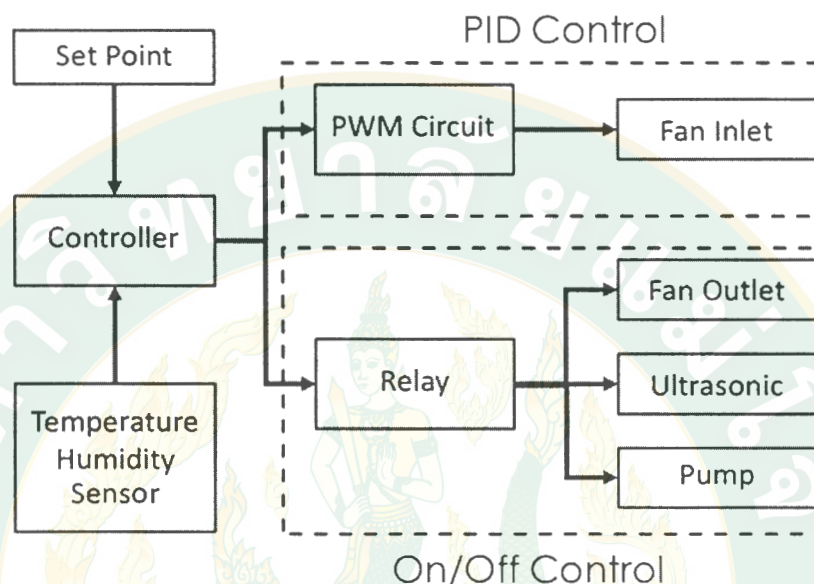
ภาพที่ 41 วงจรควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าแบบไร้สาย



ภาพที่ 42 แผนผังการทำงานของระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์

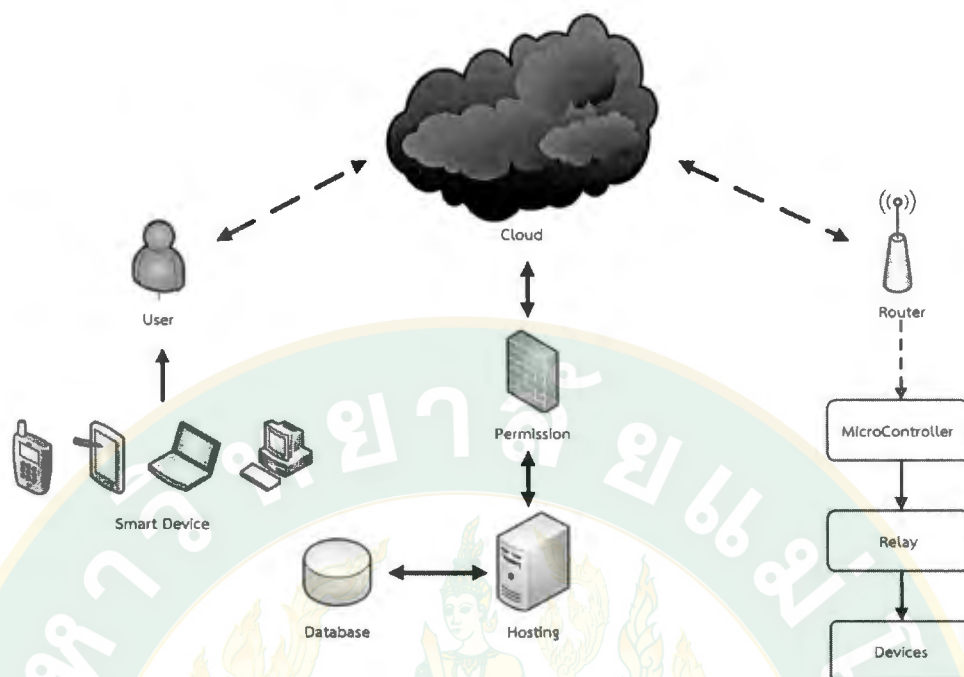
ภาพที่ 42 แผนผังการทำงานของระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ โดยมีการควบคุมอุณหภูมิอยู่ในช่วง 25-35 °C และความชื้นอยู่ในช่วง 70-90 %RH หากเงื่อนไขไม่ตรง

ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการเช็คเงื่อนไขอุณหภูมิอีกครั้งหากเงื่อนไขไม่ตรงจะให้ระบบควบคุมแบบพีไอดีทำงาน หากเงื่อนไขตรงตามที่กำหนด ระบบเปิดปิดก็จะทำงานและให้ระบบเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ทำงานตามเงื่อนไขที่กำหนด



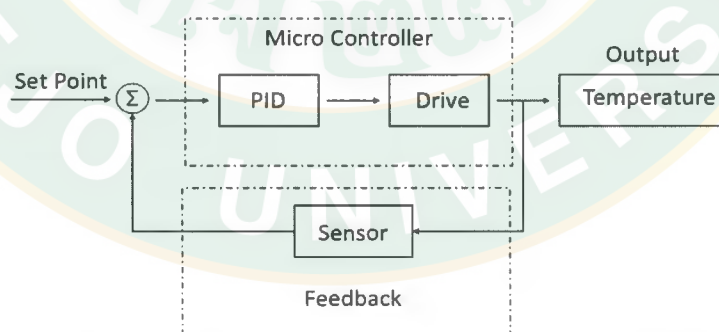
ภาพที่ 43 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของระบบควบคุม

จากภาพที่ 43 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของระบบควบคุมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งมีการอ่านค่าอุณหภูมิและความชื้นจากเซ็นเซอร์แล้วนำมาประมวลผลเพื่อควบคุมรีเลย์ในการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าคือ พัดลมดูดอากาศออก อัลตราโซนิก และปั้มน้ำ ส่วนพัดลมดูดอากาศเข้าจะต้องมีวงจรควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ด้วย PWM เพื่อควบคุมความเร็วของพัดลมตามอุณหภูมิในระบบมีผังการทำงาน ดังภาพที่ 44



ภาพที่ 44 ไดอะแกรมระบบควบคุมแบบไร้สาย

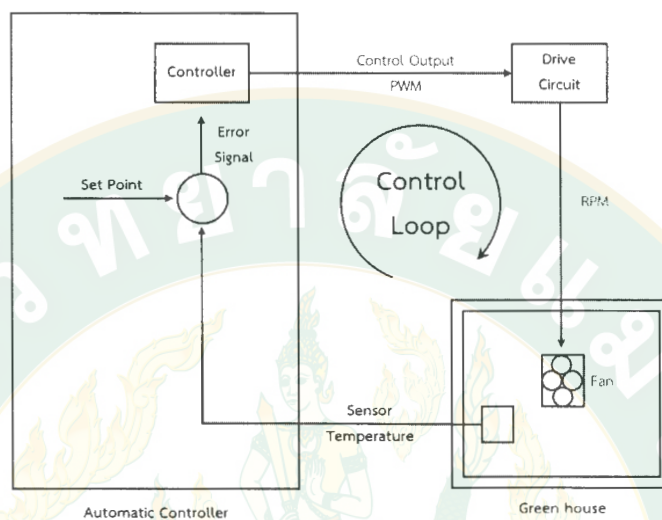
จากภาพที่ 44 แสดงการออกแบบระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นแบบไร้สาย มีการควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ ผ่านเว็บไซต์โดยมีการเข้าถึงข้อมูลด้วยสมาร์ทโฟน หรือคอมพิวเตอร์ได้ ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์จะมีการเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตในคลื่นความถี่ที่ใช้ทั่วไป มีทำการควบคุมอุปกรณ์ผ่านรีเลย์และเว็บไซต์ยังมีการบันทึกข้อมูลลงบนฐานข้อมูลเพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์



ภาพที่ 45 บล็อกไดอะแกรมควบคุมความเร็วมอเตอร์ด้วยพีไอดี

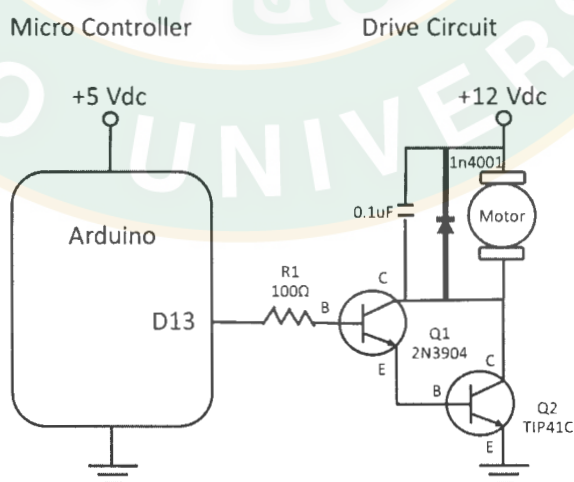
จากภาพที่ 45 บล็อกไดอะแกรมการควบคุมความเร็วมอเตอร์ด้วยพีไอดี เป็นการควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์มีการทำงานดังนี้ ทำการกำหนดค่าอุณหภูมิตามต้องการเพื่อให้

ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานตามเงื่อนไขซึ่งประกอบไปด้วยคำสั่งการควบคุมแบบพีไอดีเพื่อสั่งควบคุมการหมุนของมอเตอร์ด้วยการอ่านค่าอุณหภูมิจากเซ็นเซอร์ โดยส่งผ่านชุดวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์อีกทีตามการทำงานดังภาพที่ 46



ภาพที่ 46 การทำงานของระบบควบคุมพีไอดี

จากภาพที่ 46 เป็นการทำงานของระบบควบคุมพีไอดี โดยเริ่มจากการอ่านค่าอุณหภูมิจากเซ็นเซอร์ แล้วประมวลผลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ แล้วส่งสัญญาณควบคุมไปยังวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์เพื่อให้มอเตอร์พัดลมหมุนตามเงื่อนไขที่กำหนด



ภาพที่ 47 แผนภาพของวงจรควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์

จากภาพที่ 47 เป็นแผนภาพของวงจรควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ เพื่อควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์พัดลมโดยมีไมโครคอนโทรลเลอร์ใช้ในการประมวลผลคำสั่งเพื่อสั่งการทำงานของชุดวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์



ภาพที่ 48 วงจรควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์พัดลม

จากภาพที่ 48 เป็นวงจรปรับสัญญาณ (Duty Cycle) ใช้สำหรับควบคุมความเร็วรอบของพัดลมโดยใช้การควบคุมแบบควบคุมพีไอดีทำให้พัดลมมีการเพิ่ม-ลดความเร็วรอบตามคำสั่งจากไมโครคอนโทรลเลอร์

การจำลองการควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง แบบพีไอดีด้วยโปรแกรม MATLAB

การควบคุมแบบ พีไอดี ได้มีการเขียนโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการสร้างเงื่อนไขการทำงานและถ่ายโอนชุดคำสั่งต่าง ๆ ลงในไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อใช้ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ โดยมีขั้นตอนการเขียนโปรแกรมหลัก ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ทำการหา Transfer Function และนำไปจำลองโมเดลทางคณิตศาสตร์ด้วยโปรแกรม MATLAB ซึ่งมีฟังก์ชัน Simulink เพื่อดูเส้นกราฟแนวโน้มการควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์

สมการ Transfer Function

$$\text{Transfer Function} = \frac{K}{(JxL)s^2 + [(JxR)(Lxb)s] + [(bxR) + K^2]}$$

สมการที่ 14

รายละเอียดพารามิเตอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจากผู้ผลิตมีดังนี้

$$J = 0.01$$

$$K = 0.01$$

$$R = 1$$

$$L = 0.5$$

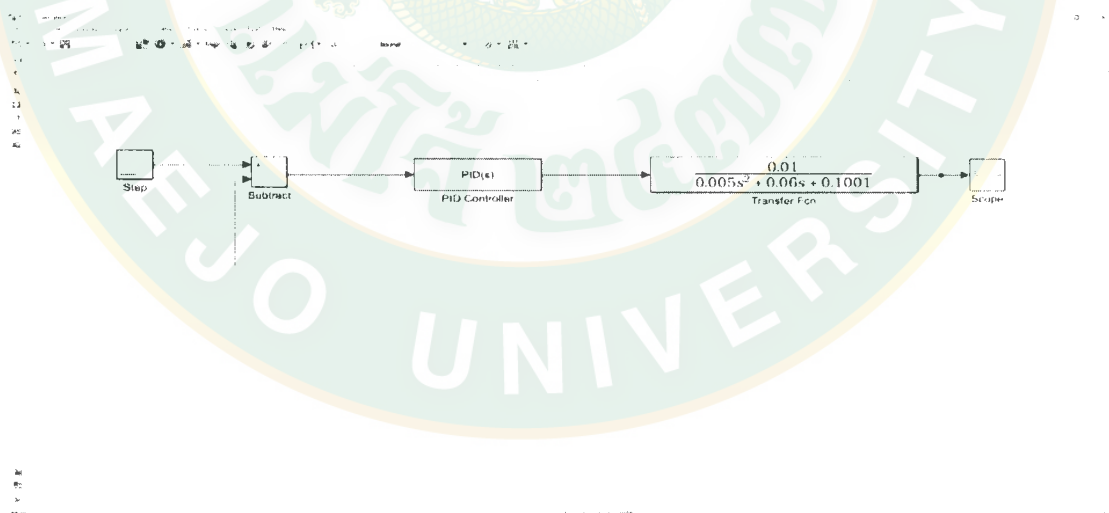
$$b = 0.1$$

จะได้ฟังก์ชันการถ่ายโอน ดังนี้

$$\text{Transfer Function} = \frac{0.01}{0.005s^2 + 0.06s + 0.1001} \quad \text{สมการที่ 15}$$

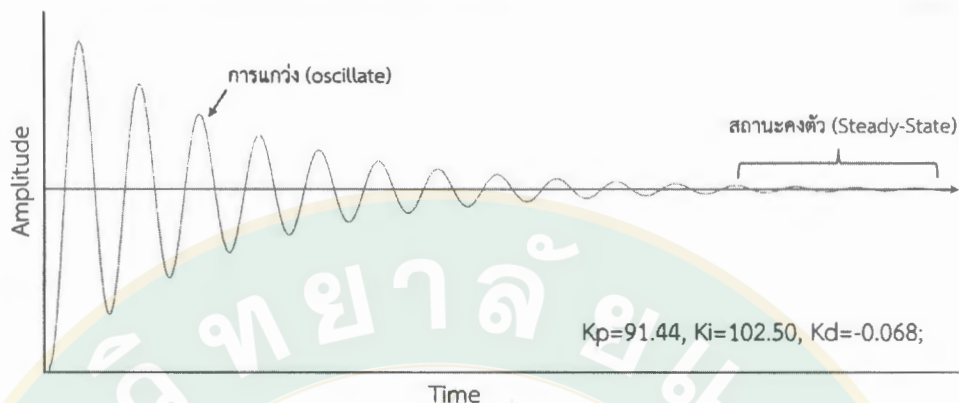
เมื่อหาค่าจากสมการ Transfer Function ได้แล้วแล้วต้อนำสมการที่ได้ไปเขียนโปรแกรมแบบบล็อกใน Simulink เพื่อวิเคราะห์กราฟเพื่อหาค่าที่เหมาะสมกับระบบ

ขั้นตอนที่ 2 จากระบบควบคุมแบบวงปิดใช้ Simulink ของโปรแกรม MATLAB ในการเขียนบล็อกการทำงาน ดังภาพที่ 49



ภาพที่ 49 การทำงานของ Transfer Function ในโปรแกรมสำหรับจำลองหาค่า K_p , K_i และ K_d

ทำการรันโปรแกรมแล้วจะได้แสดงผล ดังภาพที่ 50

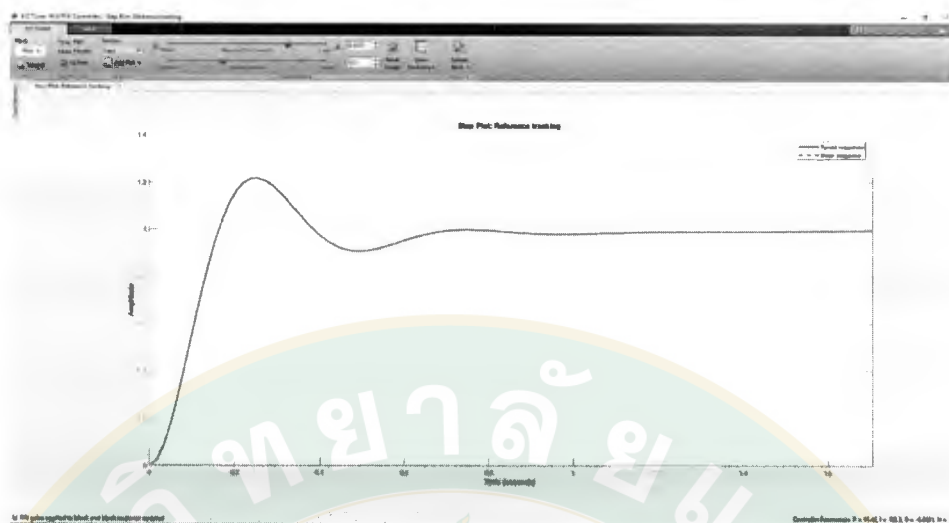


ภาพที่ 50 กราฟที่ได้จากการจำลองโมเดลทางคณิตศาสตร์ด้วย Simulink ในโปรแกรม MATLAB

จากภาพที่ 50 จะพบว่าผลตอบสนองเอาต์พุตของระบบ ช่วงเริ่มต้นระบบมีการแกว่ง (Oscillate) ค่อนข้างสูงดังนั้นจึงทำการปรับแต่ง (Tuning) การตอบสนองของระบบ ดังภาพที่ 51

ค่าเดิมก่อนการปรับแต่ง $K_p = 91$ $K_i = 102$ และ $K_d = 0.088$ (ภาพที่ 51) ทำการปรับแต่ง โดยกดปุ่ม Tuning แล้วปรับแต่งผลตอบสนองเอาต์พุตของระบบตามต้องการ ดังภาพที่ 52

ภาพที่ 51 ค่า K_p , K_i และ K_d ครั้งแรกของระบบก่อนการปรับแต่ง



ภาพที่ 52 ผลการตอบสนองเอาต์พุตของพีไอดีที่ได้จากการจำลอง

ขั้นตอนที่ 3 เมื่อได้ค่า K_p , K_i และ K_d ที่ต้องใช้ในการเขียนโปรแกรมควบคุมด้วยโปรแกรม ArduinoIDE มีการเขียนโปรแกรมสำหรับการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าในระบบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ดังต่อไปนี้

```
PID_DHT_TEMP_FAN_4 | Arduino 1.8.4
File Edit Sketch Tools Help

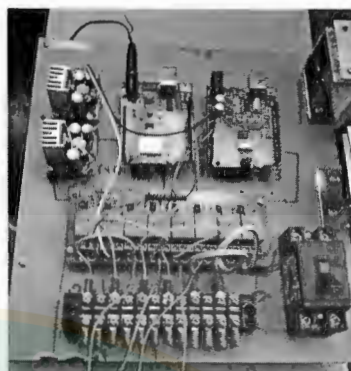
PID_DHT_TEMP_FAN_4.h
#include <PID_v1.h>
#include "DHT.h"
#define DHTPIN 2

// #define PIN_INPUT 0
#define PIN_OUTPUT 3
#define DHITYPE DHT22

// Define Variables we'll be connecting to
double Setpoint, Input, Output;

// Define the aggressive and conservative Tuning Parameters
double consKp=21.08, consKi=44.14, consKd=0.40; //matlab
//PID myPID(&Input, &Output, &Setpoint, consKp, consKi, consKd, DIRECT);
PID myPID(&Input, &Output, &Setpoint, consKp, consKi, consKd, REVERSE);
DHT dht(DHTPIN, DHITYPE);
void setup()
{
  Serial.begin(115200);
  // initialize the variables we're linked to
  // Input = analogRead(PIN_INPUT);
  Input = dht.readTemperature();
  myPID.SetOutputLimits(0,255);
  Setpoint = 30;
}
```

ภาพที่ 53 ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมระบบควบคุม



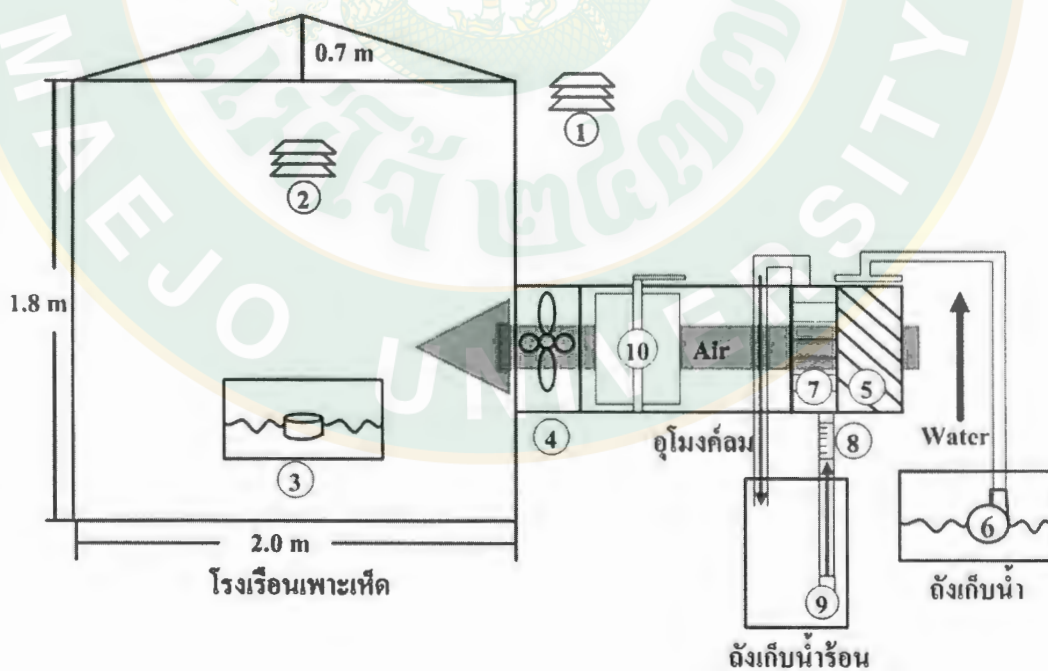
(ก) ด้านหน้ากล่องควบคุม

(ข) แผงวงจรกล่องควบคุม

ภาพที่ 54 กล่องควบคุมที่ใช้งานจริง

จากภาพที่ 54 เป็นกล่องควบคุมหลักที่ใช้ในการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายใน โรงเรือนเพาะเห็ดที่ใช้งานจริงซึ่งถูกติดตั้งไว้ข้างๆ โรงเรือนเพื่อให้สะดวกต่อการใช้งาน

5. การติดตั้งอุปกรณ์



ภาพที่ 55 การติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบ

ตารางที่ 6 รายละเอียดการติดตั้งอุปกรณ์ของระบบ

ตำแหน่ง	รายละเอียด
จุดที่ 1	อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกโรงเรียน (อากาศแวดล้อม)
จุดที่ 2	อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรียน
จุดที่ 3	อุปกรณ์เพิ่มความชื้นสัมพัทธ์แบบอัลตราโซนิก
จุดที่ 4	พัดลมดูดอากาศของอุโมงค์ลม
จุดที่ 5	แผ่นระเหยน้ำ
จุดที่ 6	ปั๊มน้ำสำหรับวนน้ำของแผ่นระเหยน้ำ
จุดที่ 7	หม้อน้ำรถยนต์
จุดที่ 8	มิเตอร์วัดอัตราการไหลของน้ำ
จุดที่ 9	ปั๊มน้ำร้อนจากถังเก็บน้ำร้อน
จุดที่ 10	วาล์วปีกผีเสื้อ

การทำงานของระบบ จากภาพที่ 55 จะมีหลักการทำงาน แบ่งได้ 3 ส่วน ดังนี้
ส่วนที่ 1 ระบบทำความร้อน

จะมีเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ผลิตน้ำร้อนในช่วงเวลากลางวัน แล้วเก็บน้ำร้อนไว้ในถังเก็บน้ำร้อน เมื่อระบบทำงาน ปั๊มน้ำ หมายเลข 9 จะทำการวนน้ำร้อนระหว่างน้ำในถังเก็บน้ำร้อน กับหม้อน้ำรถยนต์ หมายเลข 7 แล้วมีพัดลมดูดอากาศ หมายเลข 4 จะทำการดูดอากาศผ่านหม้อน้ำเพื่อให้ได้ลมร้อนเข้าสู่ภายในโรงเรียน

ส่วนที่ 2 ระบบทำความเย็น

เมื่อระบบทำงาน ปั๊มน้ำ หมายเลข 6 จะทำการวนน้ำอุณหภูมิปกติผ่านแผ่นระเหยน้ำ หมายเลข 5 แล้วมีพัดลมดูดอากาศ หมายเลข 4 จะทำการดูดอากาศผ่านแผ่นระเหยน้ำเพื่อให้ได้ลมเย็นเข้าสู่ภายในโรงเรียน

ส่วนที่ 3 ระบบเพิ่มความชื้น

เมื่อระบบทำงานเครื่องพ่นหมอกแบบอัลตราโซนิก หมายเลข 3 ที่ติดตั้งภายในโรงเรียนจะทำงานโดยการปล่อยหมอกละเอียด เพื่อเพิ่มความชื้นภายในโรงเรียน

6. การทดสอบระบบ

ในการทดสอบการเฝ้าตรวจวัดและควบคุมอุณหภูมิความชื้นภายในโรงเรือนนั้น มีเงื่อนไขในการทดสอบช่วงของอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสมกับเห็ดขอนขาวคือ 25-35 °C และ 70-90 %RH โดยมีขั้นตอนการทดสอบระบบทั้งหมดสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ทดสอบแหล่งจ่ายอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์

ส่วนที่ 2 ทดสอบระบบเฝ้าตรวจวัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และการเก็บข้อมูล แบบไร้สาย

ส่วนที่ 3 ทดสอบระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์

7. วิเคราะห์ผล

ในการวิเคราะห์ผลที่ได้จากการทดสอบระบบที่ใช้ในโรงเรือนต้นแบบจะวิเคราะห์ออกเป็น 3 ส่วน คือ วิเคราะห์ในส่วนของแหล่งจ่าย การเฝ้าตรวจวัด และการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือน

7.1 แหล่งจ่ายอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์

การวิเคราะห์แหล่งจ่ายอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ เพื่อหาความสามารถในการทำงานของระบบที่ทดสอบ

7.2 การเฝ้าตรวจวัดอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์

การวิเคราะห์ผลของระบบเฝ้าตรวจวัดเป็นการทดสอบระยะทางกับการตอบสนองของจุดตรวจวัดที่อ่านค่าจากเซ็นเซอร์ และอุปกรณ์กระจายสัญญาณ

7.3 การควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์

การวิเคราะห์ผลระบบควบคุมอุณหภูมิ แบ่งได้เป็น 2 ส่วน คือ การเพิ่มอุณหภูมิ และการลดอุณหภูมิ

8. สรุปผลการทดสอบ

ในการสรุปผลการทดสอบนั้นจะเป็นการวิเคราะห์ความสามารถของตัวระบบควบคุมว่าสามารถทำอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ได้ตามช่วงที่เห็ดขอนขาวต้องการได้หรือไม่

บทที่ 4

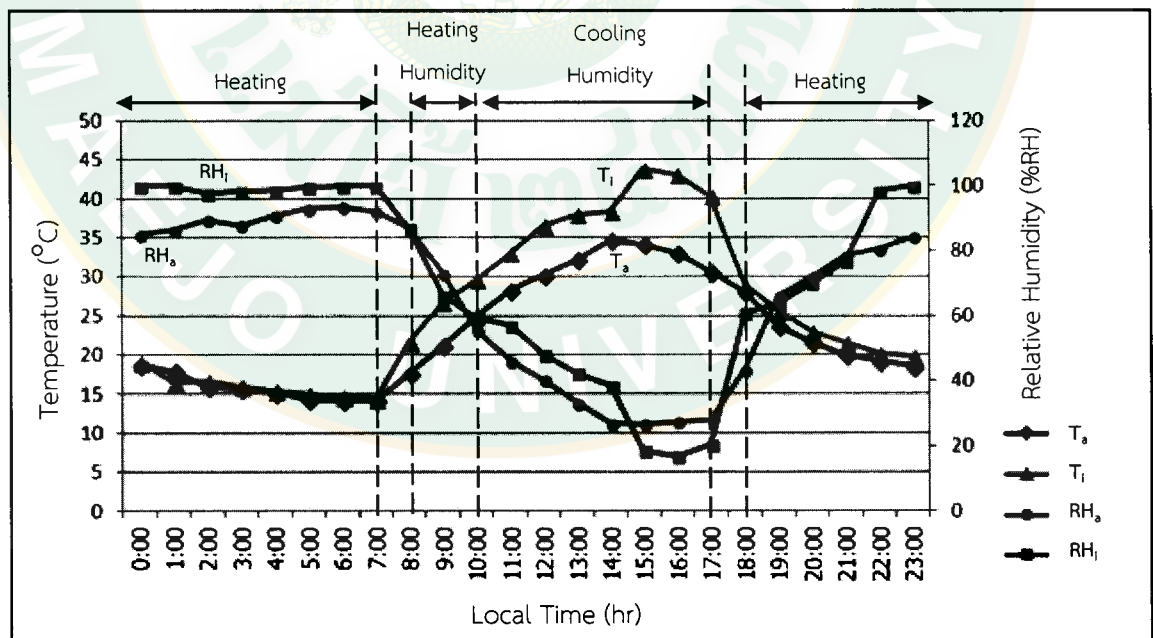
ผลการวิจัยและวิจารณ์

การผลการศึกษาระบบเฝ้าตรวจวัดและควบคุมอุณหภูมิความชื้นสำหรับโรงเรือนเพาะเห็ด
ขอนขาว จุดประสงค์เพื่อหาช่วงเวลาและวิธีการควบคุมสภาพอากาศภายในโรงเรือนเพาะเห็ดที่
เหมาะสม โดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่

1. ผลการศึกษาแหล่งจ่ายอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์
 2. ผลการศึกษาการแสดงข้อมูลระบบเฝ้าตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์
 3. ผลการศึกษาระบบการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์
- ซึ่งในแต่ละส่วนสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

ผลการศึกษาแหล่งจ่ายอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์

การทดลองเก็บข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ขณะที่ยังไม่มีระบบควบคุมระบบทั้ง
ภายในและภายนอกโรงเรือนเพาะเห็ด



ภาพที่ 56 ข้อมูลอุณหภูมิความชื้นภายในและภายนอกโรงเรือนเพาะเห็ดตลอด 24 hr

จากภาพที่ 56 เป็นพฤติกรรมของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในและนอกโรงเรือนเพาะเห็ดตลอดระยะเวลา 24 hr พบว่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนเพาะเห็ดในช่วงตั้งแต่ 18.00 น.-7.00 น. อุณหภูมิอากาศมีค่าเริ่มต่ำลงกว่าที่เห็ดต้องการจาก 29°C ลดลงจนเหลือ 14°C และความชื้นสัมพัทธ์ เพิ่มขึ้นจาก 60 %RH เป็น 99 %RH ซึ่งเป็นเวลาตอนเย็นจนถึงตอนเช้า โดยอุณหภูมิจะมีค่าต่ำที่สุดและความชื้นสัมพัทธ์มีค่าสูงที่สุดในเวลาช่วงกลางคืน ซึ่งในเวลาตอนกลางวัน แสงแดดจะทำให้อุณหภูมิจะค่อยๆ สูงเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ และความชื้นสัมพัทธ์จะค่อยๆ ลดต่ำลงเรื่อยๆ ตั้งแต่ตอนมีแสงแดดตั้งแต่เวลา 8.00 น.-18.00 น. โดยอุณหภูมิจะมีค่าสูงที่สุดและความชื้นสัมพัทธ์ต่ำที่สุดในช่วงตอนบ่ายจากข้อมูลกราฟจะเห็นได้ว่าอุณหภูมิจะแปรผกผันโดยตรงกับความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนเพาะเห็ดและอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์จะได้รับอิทธิพลจากภายนอกโรงเรือนโดยตรง ซึ่งในการเพาะเห็ดจะมีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตที่ $25-30^{\circ}\text{C}$ และความชื้นสัมพัทธ์ 70-90 %RH ตามลำดับ ดังนั้นจึงมีการแบ่งช่วงเวลาในการควบคุมทั้งหมดเป็น 4 ช่วงเวลา ตามตารางที่ 7

ตารางที่ 7 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในตลอดทั้งวัน

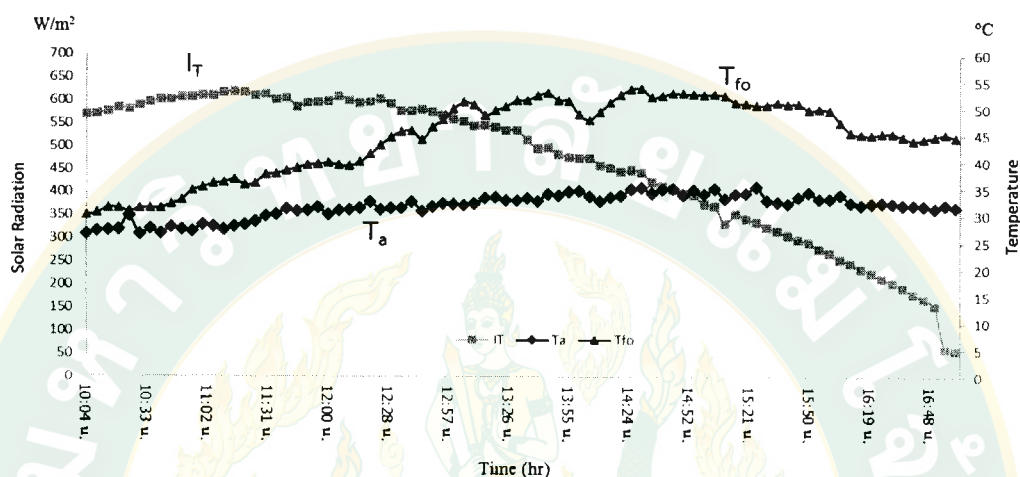
เวลา	อุณหภูมิ	ความชื้น	หมายเหตุ
07.00 น. – 14.00 น.	ค่อยๆ สูง	ค่อยๆ ต่ำ	เนื่องจากตอนเช้าพระอาทิตย์ขึ้นเริ่มมีแสง
14.00 น. – 15.00 น.	สูงที่สุด	ต่ำที่สุด	เนื่องจากช่วงบ่ายเป็นช่วงที่แสงมากที่สุด
15.00 น. – 18.00 น.	ค่อยๆ ลด	ค่อยๆ เพิ่ม	เนื่องจากตอนเย็นแสงลดลง
18.00 น. – 07.00 น.	ต่ำ	สูง	เนื่องจากช่วงค่ำไม่มีแสง

การเพิ่มอุณหภูมิด้วยเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

ในการทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำร้อนที่ไหลผ่านหม้อน้ำกับอากาศที่พัดลมทำการดูดอากาศผ่านหม้อน้ำเพื่อให้อากาศร้อนเข้าไปยังในโรงเรือนในช่วงกลางคืน ในการควบคุมจะทำการควบคุมอุณหภูมิโดยการนำน้ำร้อนที่ได้จากเครื่องผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์มาผ่านหม้อน้ำเพื่อที่จะได้ลมร้อนเข้าสู่ภายในโรงเรือนเพาะเห็ด ในกรณีที่ภายในโรงเรือนเพาะเห็ดมีอุณหภูมิที่ต่ำกว่าเห็ดต้องการ

1.1. การทำน้ำร้อนด้วยเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

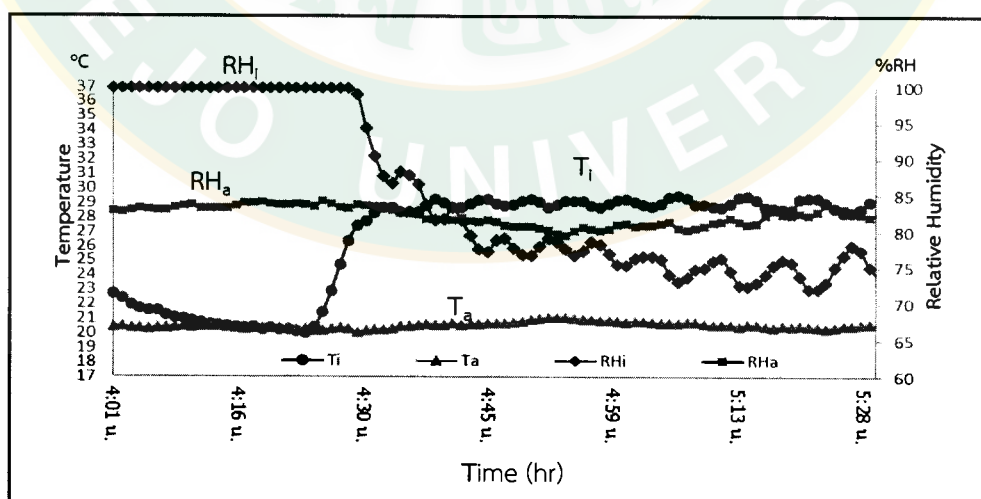
ในการศึกษาการทำน้ำร้อนด้วยเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ มีการดำเนินการในช่วงเวลา ตั้งแต่เวลา 10.00-17.00 น. โดยใช้น้ำ 100 L พบว่าตลอดช่วงที่ทำการทดสอบ อุณหภูมิของน้ำเริ่มต้นที่ 28 °C และเมื่อสิ้นสุดการทดสอบได้อุณหภูมิของน้ำได้ 44.55°C ดังภาพที่ 57



ภาพที่ 57 อุณหภูมิของน้ำร้อนภายในถังเก็บ

1.2. การทดสอบการเพิ่มอุณหภูมิภายในโรงเรือนเพาะเห็ด

การทดสอบจะใช้น้ำร้อนที่ได้จากเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์มาทำลมร้อนเพื่อป้อนเข้าสู่โรงเรือนเพาะเห็ดโดยการทดสอบ ณ เวลา 4.00 น.-5.30 น. เพื่อดูระยะเวลาการทำงานของระบบ

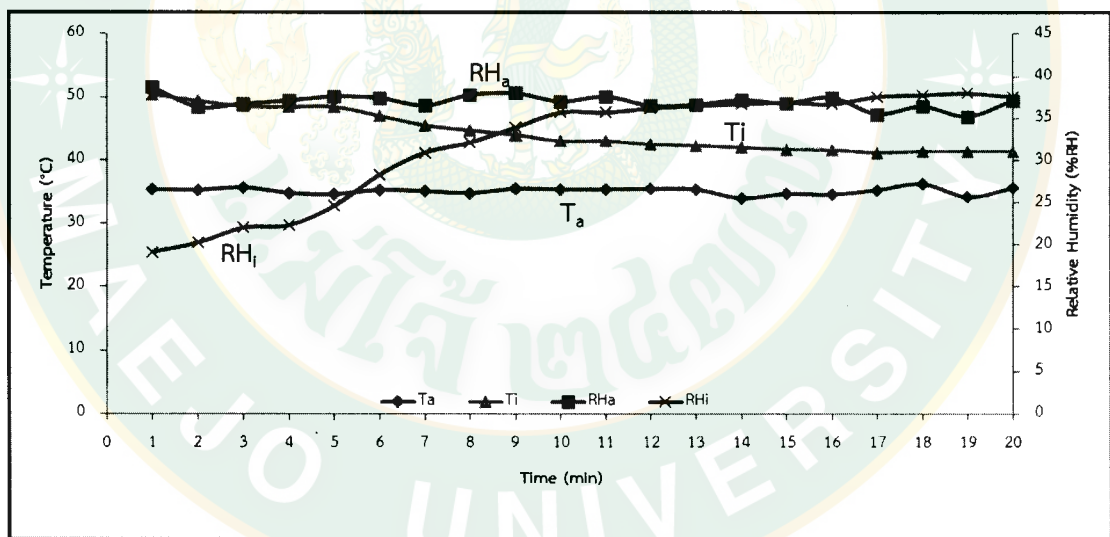


ภาพที่ 58 การเพิ่มอุณหภูมิในช่วงเวลาตอนกลางคืน

จากภาพที่ 58 เป็นกราฟแสดงผลของการทดสอบระบบเพิ่มอุณหภูมิภายในโรงเรือนเพาะเห็ด จากกราฟข้อมูลจะเห็นได้ว่าขณะที่อุณหภูมิภายในโรงเรือนเพาะเห็ดลดต่ำลงในตอนกลางคืน เมื่อมีการป้อนความร้อนเข้าสู่โรงเรือนเพาะเห็ดอุณหภูมิภายในโรงเรือนเพาะเห็ด (T_i) จะค่อยๆสูงขึ้นจาก 21 °C จนถึงอุณหภูมิที่กำหนด 31 °C จะใช้เวลาประมาณ 5 นาที แสดงให้เห็นว่าระบบทำความร้อนสามารถควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในช่วงที่ต้องการได้ และความชื้นสัมพัทธ์ (RH_i) จะมีค่าลดลงเนื่องจากการเพิ่มความร้อนป้อนเข้าสู่ระบบจาก 95 %RH ลดลงเหลือ 60 %RH อย่างรวดเร็ว

การลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนเพาะเห็ดด้วยแผ่นระเหยน้ำ

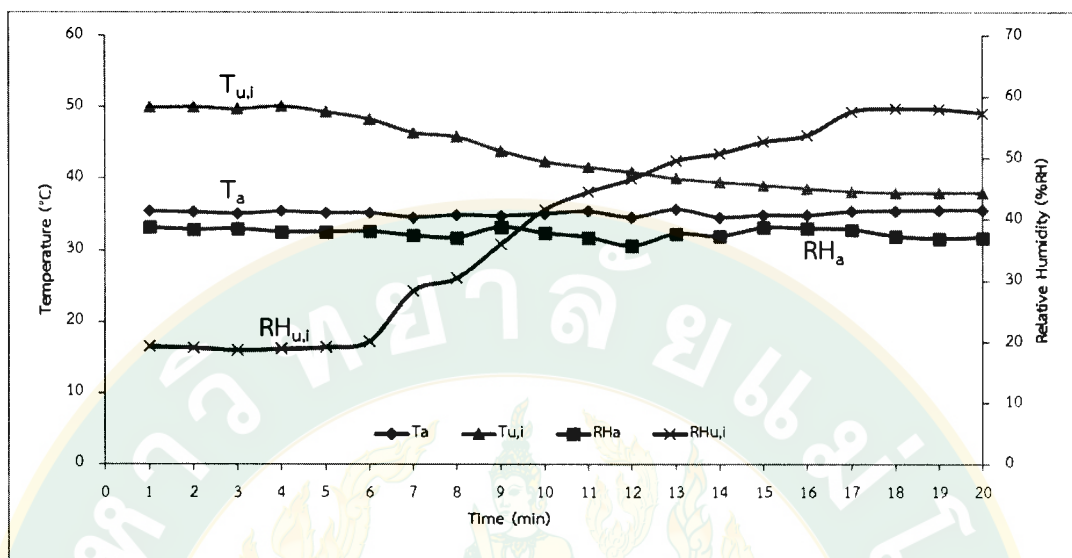
ในการลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนเพาะเห็ดด้วยแผ่นระเหยน้ำ ใช้วิธีการการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างอากาศที่ดูดผ่านแผ่นระเหยน้ำที่มีการติดตั้งปั้มน้ำในการวนน้ำเย็นเพื่อให้ได้อากาศเย็นป้อนเข้าสู่ภายในโรงเรือนเพาะเห็ดในกรณีภายในโรงเรือนเพาะเห็ดมีอุณหภูมิสูงเกินกว่าที่เห็ดต้องการในตอนกลางวัน ดังภาพที่ 59



ภาพที่ 59 การลดอุณหภูมิอากาศในโรงเรือนด้วยแผ่นระเหยน้ำ

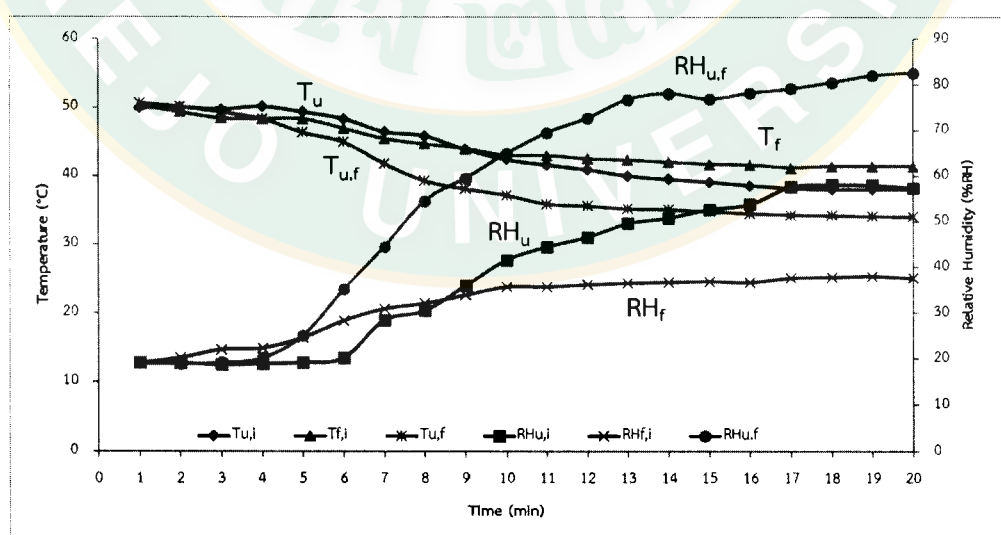
จากภาพที่ 59 เป็นกราฟแสดงการลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนเพาะเห็ดโดยใช้แผ่นระเหยน้ำ จากกราฟข้อมูลจะเห็นได้ว่าภายในโรงเรือนมีอุณหภูมิสูงถึง 50 °C แต่ระบบสามารถลดอุณหภูมิให้เหลือมากที่สุดเพียง 43 °C เท่านั้น (T_i) แต่ความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มสูงขึ้นจาก 25 %RH เป็น 37 %RH (RH_i) จะพบว่าอุณหภูมิสามารถลดลงได้ถึง 7 °C และความชื้นสัมพัทธ์สามารถเพิ่มได้มากถึง 17 %RH

การเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ด้วยการพ่นหมอกแบบอัลตราโซนิก



ภาพที่ 60 การทดสอบระบบอัลตราโซนิก

จากภาพที่ 60 เป็นกราฟการทดสอบระบบพ่นหมอกด้วยอัลตราโซนิก พบว่าสามารถเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์จาก 20 %RH เพิ่มเป็น 60 %RH (เส้นกราฟ $RH_{u,i}$) และทำให้สามารถลดอุณหภูมิจาก 50 °C ลดลงเท่ากับ 38 °C (เส้นกราฟ $T_{u,i}$) จะพบว่าความชื้นสัมพัทธ์สามารถเพิ่มได้มากถึง 40 %RH และอุณหภูมิสามารถลดลงได้ถึง 12 °C จากค่าเริ่มต้น



ภาพที่ 61 ผลเปรียบเทียบการทดสอบทั้ง 3 ระบบ

จากภาพที่ 61 แสดงผลการทดสอบในการเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ และการลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนเพาะเห็ดของการทดสอบทั้ง 3 กรณี พบว่าระบบพ่นหมอกด้วยอัลตราโซนิคร่วมกับแผ่นระเหยน้ำสามารถเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ (เส้นกราฟ $T_{u,f}$) ให้อยู่ในช่วง 70-90 %RH และลดอุณหภูมิ (เส้นกราฟ $RH_{u,f}$) ไม่เกิน 35°C ซึ่งยังอยู่ในช่วงอุณหภูมิที่เห็ดต้องการ อีก 2 กรณี ไม่สามารถทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิอยู่ในช่วงที่เห็ดต้องการได้

Time	IT	Ta	Tfi	Tfo	Ts	Tfi (°C)	Tfo (°C)	Itc (w/m2)	Qcol (W)	η (%)	Ts dt	ItAcddt (MJ)	Qs (MJ)
10.00	561.30	25.30	26.60	30.19	29.28	26.60	31.97	24.57	971.01	80.09	34.95	4.36	3.50
11.00	611.50	28.40	30.96	35.34	37.72	34.95	40.49	57.47	1002.31	75.88	43.57	4.76	3.61
12.00	598.05	30.20	31.52	40.55	46.07	43.57	48.57	97.85	904.93	70.05	51.35	4.65	3.26
13.00	560.15	32.20	32.29	41.93	53.49	51.35	55.64	131.29	775.86	64.12	58.02	4.36	2.79
14.00	475.35	34.70	33.79	40.98	59.63	58.02	61.24	153.70	581.90	56.67	63.02	3.70	2.09
15.00	375.50	34.10	34.70	44.73	63.98	63.02	64.93	184.23	346.03	42.66	66.00	2.92	1.25
16.00	269.55	33.30	33.91	41.68	66.33	66.00	66.66	203.64	119.23	20.48	67.02	2.10	0.43
17.00	104.20	31.60	31.84	36.68	66.47	67.02	65.91	215.00	-200.45	-89.06	65.30	0.81	-0.72
average	444.45	31.23	31.93	39.01	52.87	51.32	54.43	133.47	562.60	-	SUM	27.65	16.20
η daily (%)	58.60												

ภาพที่ 62 ตัวอย่างการคำนวณหาประสิทธิภาพการทำน้ำร้อนในช่วงเวลาที่ทำกรทดสอบ

จากภาพที่ 62 เป็นการคำนวณหาประสิทธิภาพการทำน้ำร้อนด้วยเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ในตลอดระยะเวลาที่ทำกรทดสอบ สามารถทำน้ำร้อนเฉลี่ยทั้งวันได้ 52.87 °C โดยมีค่ารังสีอาทิตย์เฉลี่ย 444.45 W/m² และค่าประสิทธิภาพในการทำน้ำร้อนตลอดทั้งวันได้ 58.6 %

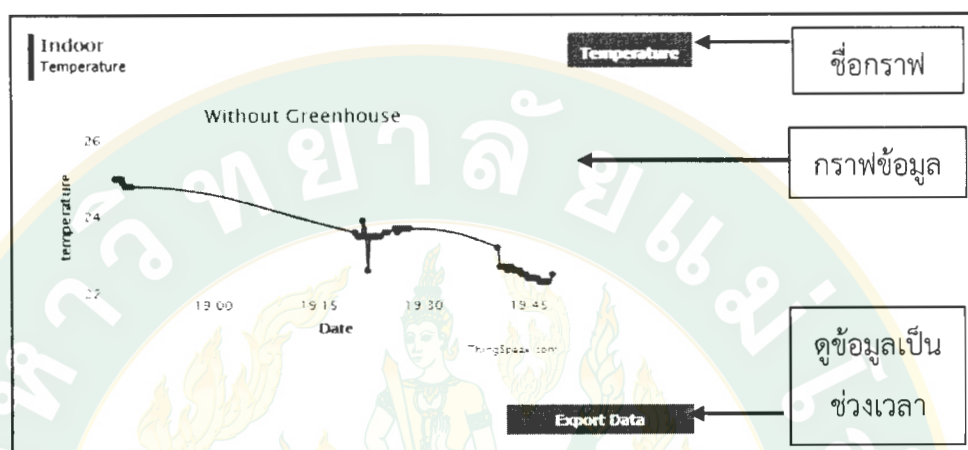
ตารางที่ 8 การหาค่าความร้อนและประสิทธิภาพของระบบ

พลังงานความร้อน	Q(MJ)	η (%)	ชั่วโมงการทำงาน (hr)
รังสีอาทิตย์	22.79	-	7
ตัวเก็บรังสีอาทิตย์	10.24	45	7
โรงเรือน	5.44	53.12	3

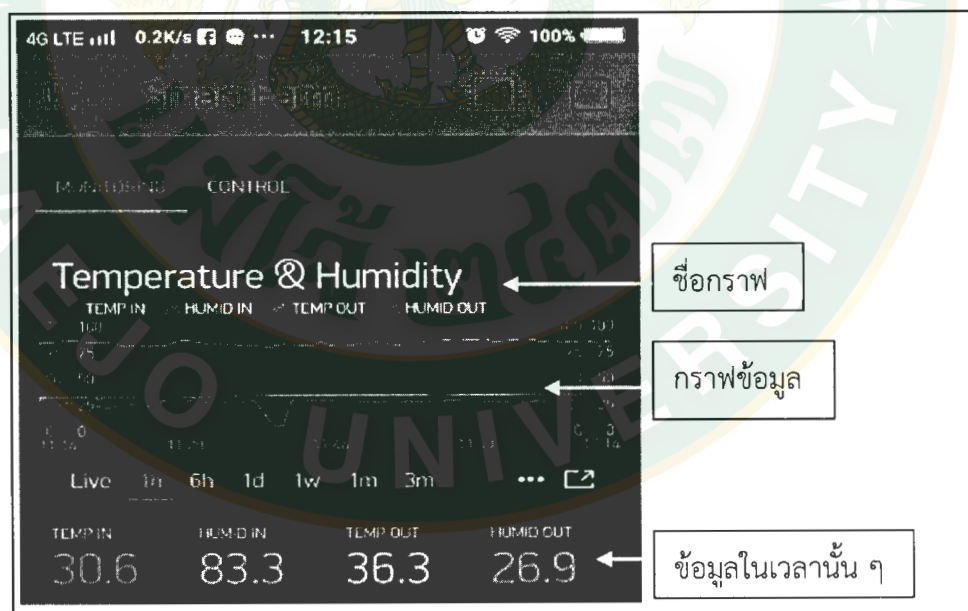
จากตารางที่ 9 พบว่าปริมาณการใช้ความร้อนจากน้ำร้อนได้เพียง 3 hr ไม่เพียงพอต่อการนำไปใช้ตลอดทั้งคืนประมาณ 11 hr ซึ่งคิดเป็นพลังงานที่ต้องใช้งานเป็น 16.06 MJ ดังนั้นจำเป็นต้องเพิ่มปริมาณถึงน้ำร้อนเป็นถึงขนาด 200 L และใช้เก็บรังสีอาทิตย์ขนาด 2.16 m² จำนวน 2 แผง (ภาคผนวก ก (80))

ผลการศึกษาระบบเฝ้าตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์

ในการศึกษาระบบเฝ้าตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ มีจุดประสงค์เพื่อแสดงข้อมูลและเก็บข้อมูลผ่านเว็บไซต์ในแบบเวลาจริง ดังนี้

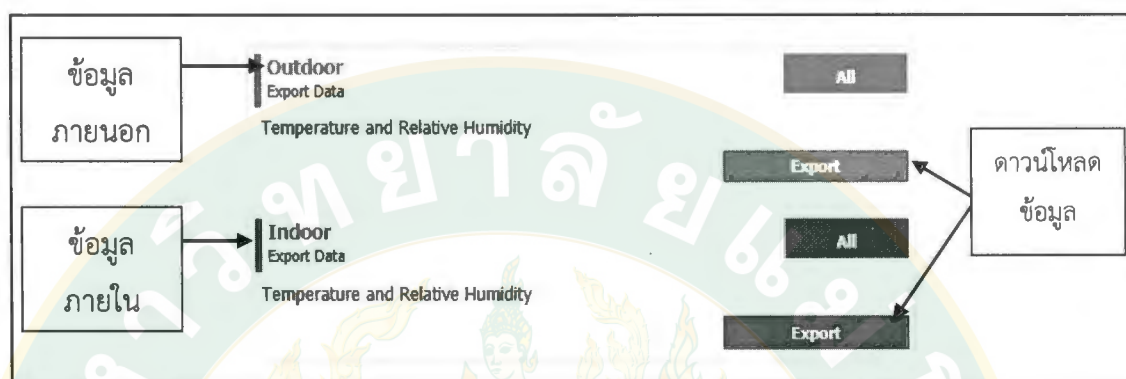


ภาพที่ 63 ตัวอย่างหน้าจอแสดงผลข้อมูลผ่านทางเว็บไซต์

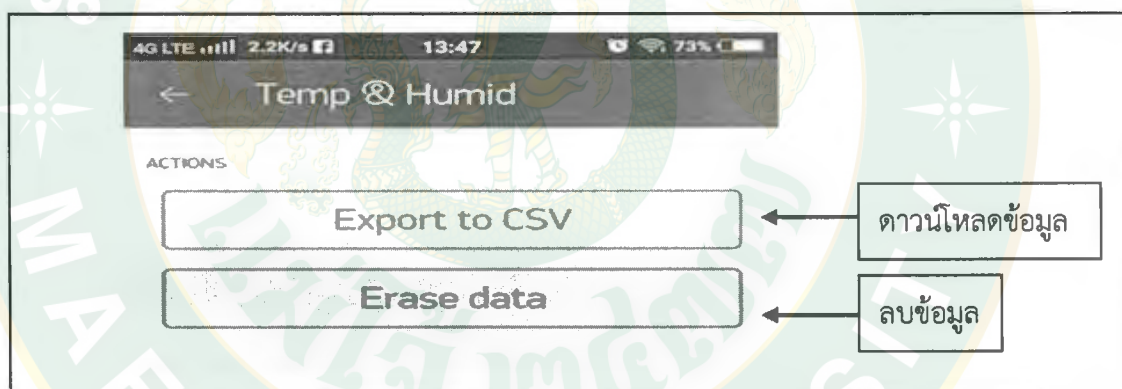


ภาพที่ 64 ตัวอย่างหน้าจอแสดงผลข้อมูลแอปพลิเคชัน

จากภาพที่ 63 และ 64 เป็นการแสดงกราฟข้อมูลแบบเวลาจริงผ่านทางเว็บไซต์และแอปพลิเคชัน มีการตอบสนองของข้อมูลระหว่างจุดตรวจวัดกับหน้าเว็บไซต์พร้อมการบันทึกข้อมูลลงฐานข้อมูลโดยใช้เวลา 22-25 s ในส่วนของแอปพลิเคชันจะมีการตอบสนองของข้อมูลทุก 10 s แต่จะมีการบันทึกข้อมูลลงฐานข้อมูลทุก ๆ 5 min



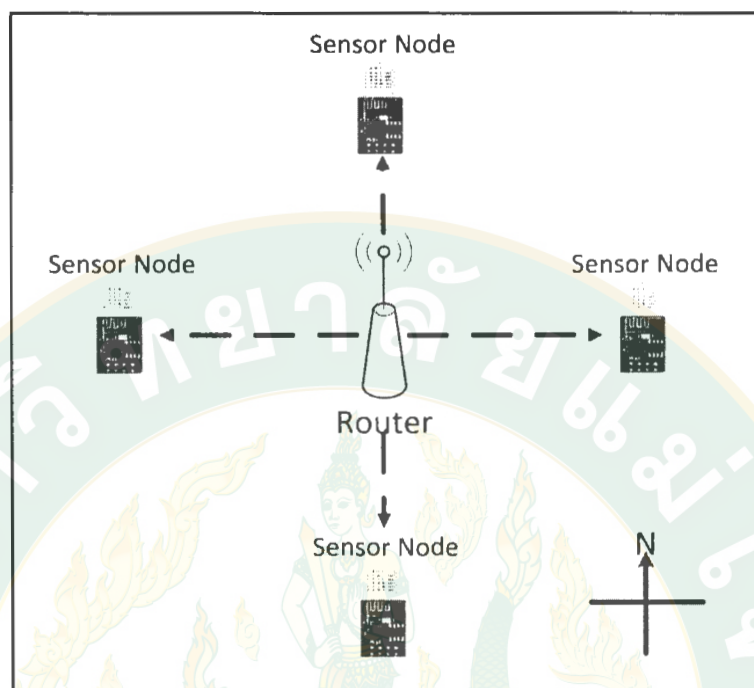
ภาพที่ 65 ตัวอย่างหน้าจอแสดงผลหน้าจอดาวน์โหลดข้อมูลผ่านเว็บไซต์



ภาพที่ 66 ตัวอย่างหน้าจอแสดงผลหน้าจอดาวน์โหลดข้อมูลผ่านแอปพลิเคชัน

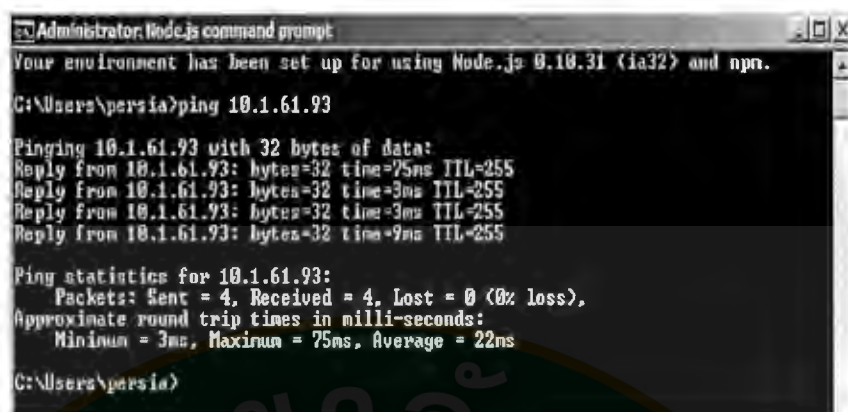
จากภาพที่ 65 และ 66 เป็นหน้าจอดาวน์โหลดข้อมูลด้วยปุ่ม Export ผ่านเว็บไซต์ และแอปพลิเคชันรูปแบบของไฟล์ข้อมูลจะเป็นนามสกุล .CSV ซึ่งสามารถเปิดได้จากโปรแกรม MS EXCEL เพื่อให้การวิเคราะห์ข้อมูลทำได้ง่ายขึ้นในส่วน of เว็บไซต์จะเป็นการดาวน์โหลดไฟล์ลงไว้ในอุปกรณ์นั้น ๆ แล้วในส่วน of แอปพลิเคชันจะเป็นการส่งไฟล์เข้าไปในเมล์ที่ทำการระบุไว้

ระยะของเซ็นเซอร์ที่สามารถรับส่งข้อมูลไปยังเว็บไซต์หรือแอปพลิเคชัน



ภาพที่ 67 รัศมีการติดต่อสื่อสารกันระหว่างจุดของอุปกรณ์ตรวจวัดกับอุปกรณ์กระจายสัญญาณ

จากภาพที่ 67 เป็นการทดสอบระบบได้ทำการเปลี่ยนตำแหน่งของอุปกรณ์ตรวจวัดห่างจากอุปกรณ์กระจายสัญญาณของทั้ง 4 ทิศ ครึ่งละ 20 m จนครบ 100 m แล้วจึงเปลี่ยนระยะห่างด้วยการเพิ่มครึ่งละ 1 m ทั้งนี้ทำการทดสอบกับคำสั่งมาตรฐานการตอบสนองของอุปกรณ์ไร้สายภายในระบบเครือข่ายด้วยคำสั่ง ping ซึ่งเป็นคำสั่งที่ใช้ในการทดสอบเวลาของการรับส่งข้อมูลใน 4 แพ็คเก็ตต่อ 1 ครั้งของการ ping 1 แพ็คเก็ตมีข้อมูลจำนวน 32 byte แล้วบันทึกข้อมูลเวลาไปและกลับระหว่างอุปกรณ์ดังกล่าวใช้เวลาเฉลี่ย 22 ms ในระยะที่ทดสอบเฉลี่ย 100 m ดังภาพที่ 64 แบนด์วิธของช่องสัญญาณในการรับส่งข้อมูลจริงที่ได้จากการตรวจวัดแต่ละตัวที่ไปปรากฏบนเว็บไซต์ค่านี้เรียกว่าค่า Latency จะพบว่าข้อมูลจริงที่จุดอุปกรณ์ตรวจวัดส่งข้อมูลทั้งตัวอักษร สัญลักษณ์ ค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์รวมแล้วเท่ากับ 2.2 kb และเวลาตอบสนอง (Latency) เฉลี่ยของจุดอุปกรณ์ตรวจวัด มีค่าเท่ากับ 6.54 s อุปกรณ์ตรวจวัดใช้กำลังงานไฟฟ้าขณะปฏิบัติงาน เฉลี่ยเท่ากับ 254 mW



```

Administrator: Node.js command prompt
Your environment has been set up for using Node.js 0.10.31 (ia32) and npm.

C:\Users\persia>ping 10.1.61.93

Pinging 10.1.61.93 with 32 bytes of data:
Reply from 10.1.61.93: bytes=32 time=75ms TTL=255
Reply from 10.1.61.93: bytes=32 time=3ms TTL=255
Reply from 10.1.61.93: bytes=32 time=3ms TTL=255
Reply from 10.1.61.93: bytes=32 time=9ms TTL=255

Ping statistics for 10.1.61.93:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 3ms, Maximum = 75ms, Average = 22ms

C:\Users\persia>

```

ภาพที่ 68 ผลการทดลองกับคำสั่ง ping

การควบคุมอุณหภูมิความชื้นสัมพัทธ์ผ่านเว็บไซต์และแอปพลิเคชัน

ในการควบคุมจะทำการควบคุมระบบต่าง ๆ ที่ใช้การควบคุมสภาพอากาศภายในโรงเรือนเพาะเห็ด โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้สะดวกต่อการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในระบบ



ภาพที่ 69 หน้าจอแสดงการควบคุมผ่านเว็บไซต์

จากภาพที่ 69 เป็นหน้าจอแสดงผลการควบคุมผ่านเว็บไซต์สำหรับควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในโรงเรือนเพาะเห็ดโดยหน้าจอแสดงผลประกอบด้วย ซีออุปกรณ์ที่จะทำการควบคุมปั๊มเปิดปิดการทำงาน และสถานะการทำงาน

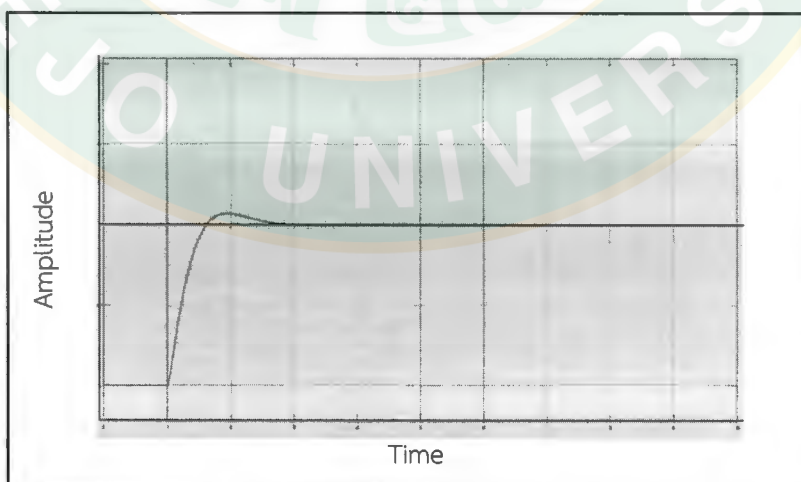


ภาพที่ 70 หน้าจอแสดงการควบคุมผ่านแอปพลิเคชัน

จากภาพที่ 70 เป็นหน้าจอแสดงผลการควบคุมผ่านแอปพลิเคชันสำหรับควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในโรงเรือนเพาะเห็ด สำหรับหน้าจอแสดงผลจะมีการควบคุมแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ปั๊มเปิดปิดสำหรับควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ส่วนที่ 2 ปั๊มสไลด์เป็นปั๊มสำหรับควบคุมความเร็วรอบของพัดลม และส่วนที่ 3 ปั๊มตั้งเวลา (Timer) สำหรับตั้งเวลาการทำงานของอุปกรณ์

ผลการศึกษาระบบการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์

การศึกษาโมเดลทางคณิตศาสตร์สำหรับการควบคุมแบบพีไอดีด้วยโปรแกรม MATLAB



ภาพที่ 71 การจำลองโมเดลคณิตศาสตร์ Critical-Damping

จากภาพที่ 71 เป็นผลการตอบสนองของมอเตอร์ที่ใช้ระบบควบคุมแบบพีไอดีจากสมการคณิตศาสตร์ เมื่อใช้ค่า $K_p = 21.08$ $K_i = 44.14$ และ $K_d = 0.40$ จะพบว่าผลตอบสนองของเอาต์พุตสามารถลดการ Overshoot ในช่วงแรกได้

Block Parameters: PID Controller

PID Controller

This block implements continuous- and discrete-time PID control algorithms and includes advanced features such as anti-windup, external reset, and signal tracking. You can tune the PID gains automatically using the 'Tune...' button (requires Simulink Control Design).

Controller: PID Form: Parallel

Time domain:

☒ Continuous-time

☐ Discrete-time

Main PID Advanced Data Types State Attributes

Controller parameters

Source: internal

Proportional (P): 21.08

Integral (I): 44.14

Derivative (D): 0.4

Filter coefficient (N): 0.2

Initial conditions

Source: internal

Integrator: 0

Filter: 0

External reset: none

☐ Ignore reset when linearizing

☒ Enable zero-crossing detection

Tune...

Compensator formula

$$P + I \frac{1}{s} + D \frac{N}{1 + N \frac{1}{s}}$$

OK Cancel Help Apply

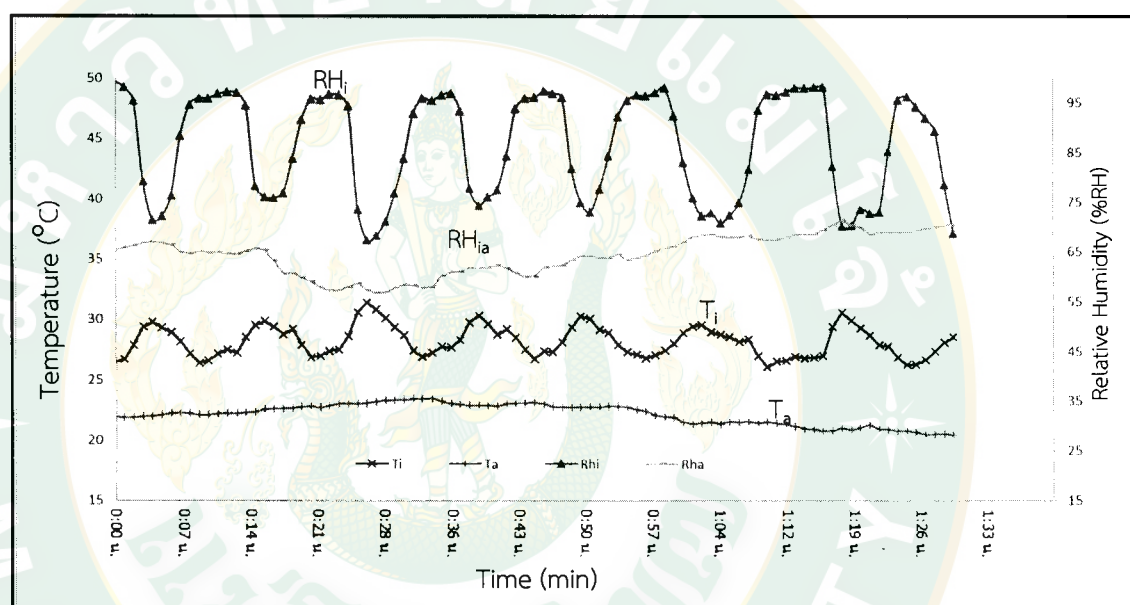
ภาพที่ 72 ผลลัพธ์สุดท้ายที่ได้จากการจำลองโมเดลคณิตศาสตร์

จากภาพที่ 72 เป็นค่าพารามิเตอร์ค่าที่ได้จากการปรับแต่งตามที่ต้องการเพื่อลดการ Overshoot ในตอนเริ่มซึ่งได้ค่าดังนี้ $K_p = 21.08$, $K_i = 44.14$ และ $K_d = 0.4$

การแสดงผลระบบควบคุมอุณหภูมิความชื้นสัมพัทธ์

เป็นการทำหน้าจอบันทึกผลของระบบที่ใช้ในโรงเรือนเพาะเห็ดแบบออนไลน์เพื่อการแสดงข้อมูลระบบเฝ้าตรวจวัดและสถานะการทำงานของระบบ การควบคุมสามารถแบ่งได้ 2 แบบ คือการทดสอบอุณหภูมิแบบเปิดปิด (On/Off Control) และการควบคุมแบบพีไอดี (PID Control)

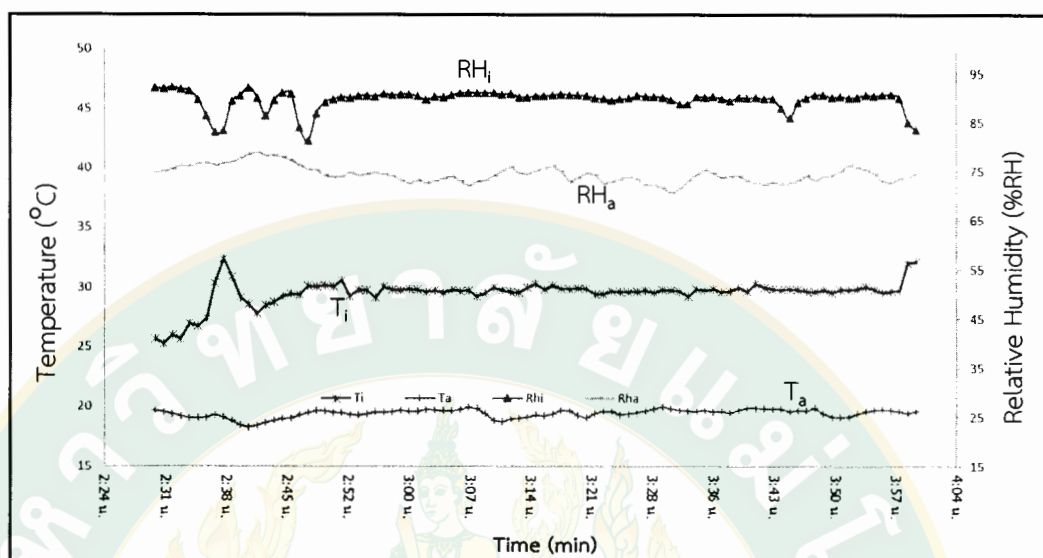
1. การควบคุมแบบเปิดปิด (On/Off Control)



ภาพที่ 73 ผลการควบคุมแบบเปิดปิด

จากภาพที่ 73 เป็นกราฟแสดงผลการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าแบบเปิดปิด โดยกำหนดอุณหภูมิให้อยู่ในช่วง 25-30 °C และความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วง 70-95 %RH จะเห็นได้ว่าการเพิ่มอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นภายในโรงเรือนจะแปรผกผันต่อความชื้นสัมพัทธ์ทำให้ความชื้นสัมพัทธ์นั้นลดต่ำลงเนื่องจากระบบควบคุมแบบเปิดปิดนั้นจะทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้าในระบบเพิ่มอุณหภูมิและระบบเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์นั้นทำงานตามเงื่อนไขที่กำหนดทำให้มีการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าตามค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่เซ็นเซอร์อ่านค่าได้ ตลอดระยะเวลาในช่วงที่มีการทดสอบ

2. การควบคุมแบบพีไอดี (PID Control)



ภาพที่ 74 การควบคุมแบบพีไอดี

อัตราการใช้พลังงานของระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์

จากการทดสอบการทำงานของระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือน เพาะเห็ดสามารถแบ่งช่วงเวลาที่ทดสอบโดยเปรียบเทียบระบบก่อนการปรับปรุง (ใช้ฮีตเตอร์ 3,000 W) และระบบหลังการปรับปรุง (ใช้ระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์) ได้ดังนี้

ตารางที่ 9 การใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลา

ช่วงเวลา	ระบบ	เวลาการทำงาน (hr)		พลังงานไฟฟ้า (Wh)	
		ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
08.00น.-10.00น.	เพิ่มความร้อน	0.5	1	1,500	342
	เพิ่มความชื้น				
10.00น.-17.00น.	ลดความร้อน	3.5	3.5	875	1,197
	เพิ่มความชื้น				
18.00น.-07.00น.	เพิ่มความร้อน	5	5	15,000	210
	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่อวัน			19,125	1,749

การคืนทุน

ตารางที่ 10 การเปรียบเทียบขนาดโรงเรือนทั่วไปกับโรงเรือนจำลอง

เปรียบเทียบ	โรงเรือนทั่วไป	โรงเรือนจำลอง
ขนาด กxยxส (m ³)	4x6x2.5	2x2x2.5
จำนวนก้อนเห็ด (ก้อน)	2,400	1,000
ผลผลิต (kg/month)	180	75

ตารางที่ 11 ระยะเวลาการคืนทุน

ค่าใช้จ่าย	รายจ่าย (bath/year)	รายได้ (bath/year)
ก้อนเห็ด	16,000	-
อุปกรณ์	10,000	-
ค่าไฟฟ้า	2,142	-
ราคาขาย	-	114,000
ระยะเวลาคืนทุน (year)	0.25	

จากตารางที่ 11 คิระยะเวลาคืนทุนดังนี้ ราคาก้อนเชื้อเห็ด 1 ก้อนๆ ละ 8 bath ราคาขายในฤดูโลกรั่มละ 80 bath นอกฤดูโลกรั่มละ 110 bath 1 year จะทำการเพาะ 8 month จะไม่นิยมทำการเพาะก้อนเชื้อเห็ดในช่วงฤดูฝน (4 month) คิระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 0.25 year

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองของการศึกษาระบบเฝ้าตรวจวัดและควบคุมอุณหภูมิความชื้นสำหรับโรงเรือนเพาะเห็ดขอนขาว แบ่งเป็น 3 ส่วน คือ แหล่งจ่ายอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ การแสดงข้อมูลระบบเฝ้าตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ และระบบการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ สามารถสรุปผลตามหัวข้อดังกล่าวได้ดังนี้

1. แหล่งจ่ายอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์

1.1 การเพิ่มอุณหภูมิจากการทดสอบระบบเพิ่มความร้อนจากระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งใช้ทำน้ำร้อนในตอนกลางวันสามารถทำน้ำร้อนได้ประมาณ 52.84°C คิดประสิทธิภาพระบบได้ 63.06 % และนำน้ำร้อนไปใช้ในช่วงที่อุณหภูมิต่ำทำให้เหมาะสมกับช่วงของอุณหภูมิที่เหมาะสมกับเห็ดเป็นระยะเวลา 2-3 hr

1.2 การลดอุณหภูมิจากการทดสอบระบบทำความเย็นด้วยแผ่นระเหยน้ำซึ่งนำมาใช้ในเวลาที่อุณหภูมิภายในโรงเรือนสูงสามารถลดอุณหภูมิให้อยู่ในช่วง $25-35^{\circ}\text{C}$ ซึ่งเหมาะสมกับช่วงเห็ดต้องการได้

1.3 การเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์จากการทดสอบระบบเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ด้วยระบบพ่นหมอกแบบอัลตราโซนิกสามารถทำความชื้นสัมพัทธ์ให้เหมาะสมกับเห็ดในช่วง 70-90 %RH

2. การแสดงข้อมูลระบบเฝ้าตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์

2.1 การแสดงผลผ่านทางเว็บไซต์และแอปพลิเคชันจากการทดลองการรับส่งข้อมูลจะมีการตอบสนองระหว่างอุปกรณ์ตรวจวัดกับหน้าแสดงผลของเว็บไซต์ซึ่งมีการแสดงข้อมูลผ่านกราฟพร้อมกับการบันทึกข้อมูลลงบนฐานข้อมูลจะใช้เวลาเฉลี่ย 22 s แต่ในส่วนของแอปพลิเคชันจะใช้เวลาในการตอบสนองใช้เวลาเฉลี่ยเพียง 3 s พร้อมกับการบันทึกข้อมูลลงบนฐานข้อมูลทุกๆ 5 min ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า การใช้งานผ่านแอปพลิเคชันมีการตอบสนองที่เร็วกว่าหน้าเว็บไซต์

2.2 ระยะทางการตอบสนองระหว่างจุดตรวจวัดจากการทดลองในการหาระยะทางโดยใช้คลื่นความถี่ในย่าน 2.4 GHz ระหว่างอุปกรณ์กระจายสัญญาณ (Router) กับอุปกรณ์ตรวจวัดไร้สาย (Wireless Sensor) พบว่าระยะทางสูงสุดที่สามารถรับส่งข้อมูลได้ไม่เกิน 100 m ในพื้นที่โล่งกว้างไม่มีสิ่งกีดขวางถ้าหากมีสิ่งกีดขวางระยะทางก็จะลดลง

3. ระบบการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์

3.1 การควบคุมแบบเปิดปิด จากการทดสอบระบบควบคุมจะได้ผลดังนี้ การทดสอบระบบควบคุมแบบเปิดปิด ระบบสามารถควบคุมอุณหภูมิในช่วง 25-35 °C และความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วง 70-95 %RH ซึ่งอยู่ในเงื่อนไขที่กำหนดแต่ระบบยังมีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์จะไม่คงที่

3.2 การควบคุมแบบพีไอดีสำหรับการทดสอบแบบพีไอดี ที่มีการควบคุมอุณหภูมิแบบคงที่ 30 °C แต่ความชื้นสัมพัทธ์จะอยู่ในช่วง 70-90 %RH ในการทดลองพบว่าระบบสามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้ นอกจากนั้นสามารถควบคุมให้ความชื้นสัมพัทธ์คงที่อยู่ที่ 90 %RH ซึ่งเป็นช่วงสภาพอากาศที่เหมาะสมกับการเพาะเห็ดขอนขาว

การทดสอบระบบในเวลา 24 hr พลังงานไฟฟ้าที่ใช้กับระบบควบคุมทั้งหมดเท่ากับ 1.7 kWh/day สามารถคิดค่าไฟฟ้าเท่ากับ 178.5 bath/month และใช้ระยะเวลาคืนทุน 0.25 year

ข้อเสนอแนะ

แนวทางในการศึกษาระบบเฝ้าตรวจวัดและควบคุมอุณหภูมิความชื้นสำหรับโรงเรือนเพาะเห็ดขอนขาว ดังนี้

1. ควรศึกษาระบบการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นของเห็ดที่เหมาะสมในการควบคุมสภาพอากาศแต่ละฤดูกาล
2. ในการสร้างโรงเรือนจริงควรคำนวณหาการใช้ตัวเก็บรังสีอาทิตย์และขนาดถังน้ำร้อนให้เพียงพอต่อการใช้งาน

บรรณานุกรม

- กรมวิชาการเกษตร. 2553. **เห็ดฟางและเทคโนโลยีการผลิตในโรงเรือน**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- กรมวิชาการเกษตร. 2558. **การเพาะเห็ดเบื้องต้น**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- จตุพงศ์ วาฤทธิ์, สมเกียรติ จตุรงค์ล้ำเลิศ, ชานนท์ เวียนทอง, อานนท์ สุจริต และณัฐภูมิ ดุษฎี. 2550. ระบบทำน้ำร้อนด้วยตัวเก็บรังสีอาทิตย์สำหรับการล้างแบบ Cleaning In Place ของศูนย์รับน้ำนมดิบ. วารสารวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 30(4), 623-632.
- ณัฐภูมิ ขวัญแก้ว. 2549. **การประยุกต์ใช้เครือข่ายตรวจจับไร้สายกับระบบควบคุมโรงเรือน**. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- นิรันดร์ หันไชยงวา. 2546. **การศึกษาความเป็นไปได้ และความสิ้นเปลืองพลังงาน ในการทำความเย็นแบบระเหยในโรงเรือนเพาะเห็ดหอม**. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- ศุภวุฒิ ผากา, สันติ วงศ์ใหญ่ และอดิสร ถมยา. 2557. **การพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเห็ดในโรงเพาะเห็ดบ้านทุ่งบ่อแป้น ตำบลปายangk อำเภอน้ำหนาว จังหวัดลำปาง**. ลำปาง: คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
- Andrei V., Alexander P., Ruslan K. & Andrey K. 2016. Using the IEEE 802.11 Family of Standards for Communication Between Robotic Systems. **Advances in Intelligent Systems Research**, 4(5), 153-157.
- Harafuji, M., Yoichi, H., Haoming, H., Fukatsu, T., TanaKa, K., Kiura, T., Fuikui, K. & Ninomiya, S. 2007. Architecture of the Advanced Field Server. **SICE Annual Conference**, 13(8), 230-233.
- Hugang L. & Shuangxi W. 2015. Technology and Studies for Greenhouse Cooling. **World Journal of Engineering and Technology**, 3(25), 73-77.

IEEE 802 LAN/MAN Standards Committee. 2013. **IEEE 802 Working Groups and Study Groups**. (IEEE 802 Standard). IEEE Standards Association.

Kanda, K., Ishii, T., Kameoka, T., Saitoh, K. & Sugano, R. 2011. Field Monitoring System Using Agri-Server. **SICE Annual Conference**, Tokyo, Japan.

Syed Ali Asad R., Sham S., Farah H. & Ashab M. 2012. Humidity Control with Integrative Web Monitoring: A Cost-Optimal Solution for Printing Industries. **International Conference on Frontiers of Information Technology**, 10, 209-214.

Tim, B., Janet, E.L. & Stephen, J. 2004. Humidification of chilled fruit and vegetables on retail display using an ultrasonic fogging system with water/air ozonation. **International Journal of Refrigeration**, 27(13), 862-868.

Yasunori, S., Takanobu, S., Kin-ichi, K., Katsuharu, S., Masayuki, H., Tokihiro, F., Ryoichi, Y., Setsuo, T., Kazuhiko, Y., Sumio, W., Fumitoshi, K., Takuyu, K. & Takaharu, K. 2006. Field Server Monitoring System for Construction of IT Farming and Agri-tourism. **SICE-ICASE International Joint Conference**, 6(5), 4848-4851.





การออกแบบโรงเรือนด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์



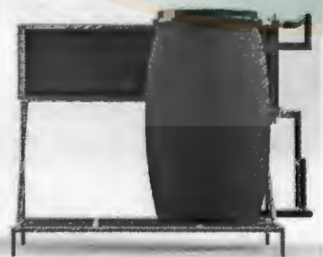
ภาพผนวกที่ 1 การออกแบบโรงเรือนเพาะเห็ดและระบบควบคุมด้วยโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์

จากภาพผนวกที่ 1 เป็นการออกแบบโรงเรือนเพาะเห็ดและระบบที่ใช้ในการควบคุมสภาพอากาศภายในโรงเรือนด้วยคอมพิวเตอร์ก่อนที่จะทำการสร้างโรงเรือนจริง

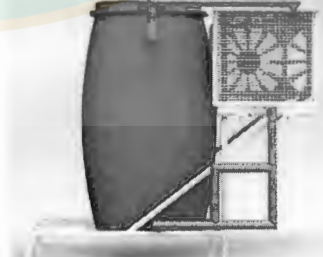
ส่วนประกอบของระบบควบคุมสภาพอากาศภายในโรงเรือนเพาะเห็ดประกอบด้วย ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ มีการออกแบบดังนี้

1. ระบบควบคุมความอุณหภูมิ

สำหรับการควบคุมอุณหภูมิจะทำการเพิ่ม-ลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนเพาะเห็ดให้เหมาะสมกับความต้องการของเห็ด



(ก) ด้านข้าง



(ข) ด้านหน้า



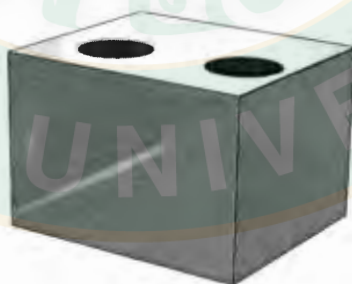
(ค) ด้านหลัง

ภาพผนวกที่ 2 ชุดอุปกรณ์สำหรับป้อนอุณหภูมิ

จากภาพผนวกที่ 2 เป็นชุดอุปกรณ์ที่ออกแบบด้วยโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ซึ่งประกอบไปด้วยถังเก็บน้ำร้อนที่ได้จากเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ พัดลมสำหรับดูดลมร้อนเพื่อป้อนเข้าสู่ภายในโรงเรือน หม้อน้ำที่ใช้ในการวนน้ำร้อน และแผ่นระเหยน้ำสำหรับการลดอุณหภูมิภายในโรงเรือน

2. ระบบควบคุมความชื้นสัมพัทธ์

สำหรับการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์นั้นจะใช้ชุดพ่นหมอกแบบอัลตราโซนิกในการผลิตหมอกละเอียดเพื่อทำให้เกิดความชื้นภายในโรงเรือนมีการออกแบบ ดังภาพที่ 3



ภาพผนวกที่ 3 กล่องพ่นหมอก

เมื่อทำการออกแบบด้วยโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์แล้วจะดำเนินการสร้าง
โรงเรือนเพาะเห็ดพร้อมกับระบบเพิ่ม-ลดอุณหภูมิ ดังภาพผนวกที่ 4



ภาพผนวกที่ 4 โรงเรือนเพาะเห็ดพร้อมระบบที่ใช้ในการทดสอบ

การทดสอบระบบเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ก่อนนำไปใช้จริงในโรงเรือนเพื่อดูการ
ทำงานของชุดพ่นหมอก ดังภาพผนวกที่ 5

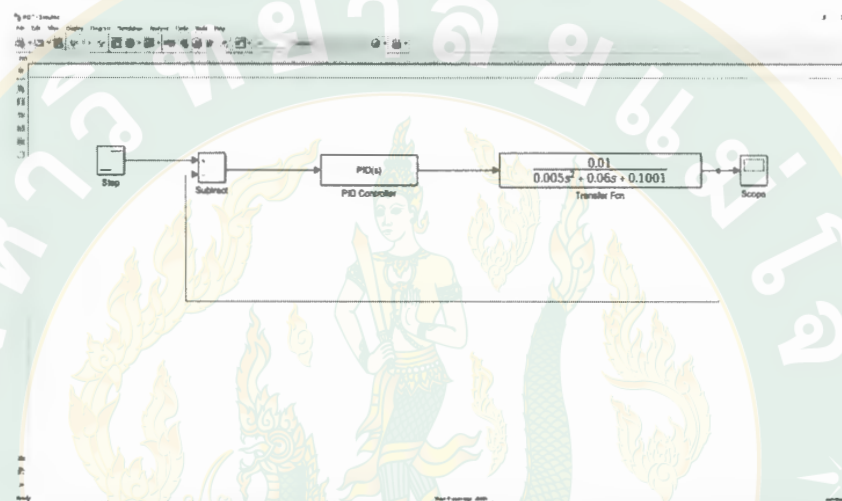


ภาพผนวกที่ 5 ทดสอบการพ่นหมอกแบบอัลตราโซนิก

การปรับสมการทางคณิตศาสตร์สำหรับการจำลองโมเดลคณิตศาสตร์

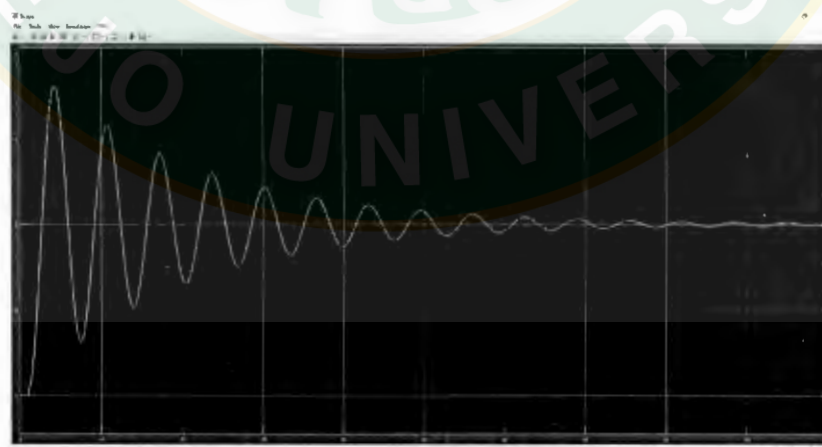
การปรับค่าพารามิเตอร์สำหรับการจำลองการควบคุมรอบของมอเตอร์ด้วยระบบควบคุมแบบฟีดแบ็กแบ่งเป็น 4 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 เขียนบล็อกไดอะแกรมสำหรับการจำลองสมการ ดังภาพผนวกที่ 6



ภาพผนวกที่ 6 การเขียนบล็อกไดอะแกรมในโปรแกรม Simulink

ขั้นตอนที่ 2 ผลที่ได้จากค่า transfer function ที่นำมาใส่บล็อกไดอะแกรม ดังภาพผนวกที่ 7

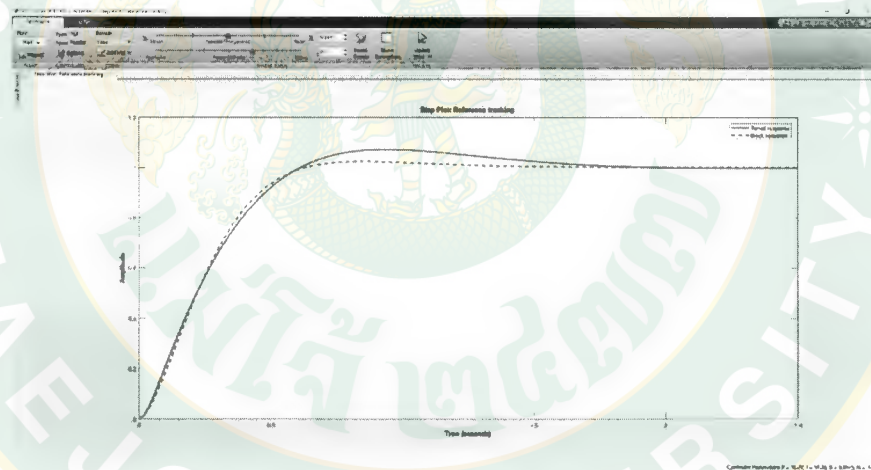


ภาพผนวกที่ 7 กราฟแสดงผลการตอบสนองจากการจำลองโมเดลคณิตศาสตร์

ขั้นตอนที่ 3 ทำการปรับค่าให้เหมาะสม ดังภาพผนวกที่ 8 และ 9



ภาพผนวกที่ 8 PID Tuning Under-Damped



ภาพผนวกที่ 9 PID Tuning Critical-Damping

ขั้นตอนที่ 4 นำค่าพารามิเตอร์ Kp, Ki, Kd ที่ได้จากการจำลองโมเดลคณิตศาสตร์นำไปเขียนโปรแกรมต่อไป ดังภาพผนวกที่ 10

Block Parameters: PID Controller

PID Controller

This block implements continuous- and discrete-time PID control algorithms and includes advanced features such as anti-windup, external reset, and signal tracking. You can tune the PID gains automatically using the "Tune..." button (requires Simulink Control Design).

Controller: PID Form: Parallel

Time domain:

☒ Continuous-time

☐ Discrete-time

Main PID Advanced Data Types State Attributes

Controller parameters

Source: Internal

Proportional (P): 21.08

Integral (I): 44.14

Derivative (D): 0.4

Filter coefficient (N): 0.2

Compensator formula

$$P + I \frac{1}{s} + D \frac{N}{1 + N \frac{1}{s}}$$

Tune...

Initial conditions

Source: Internal

Integrator: 0

Filter: 0

External reset: none

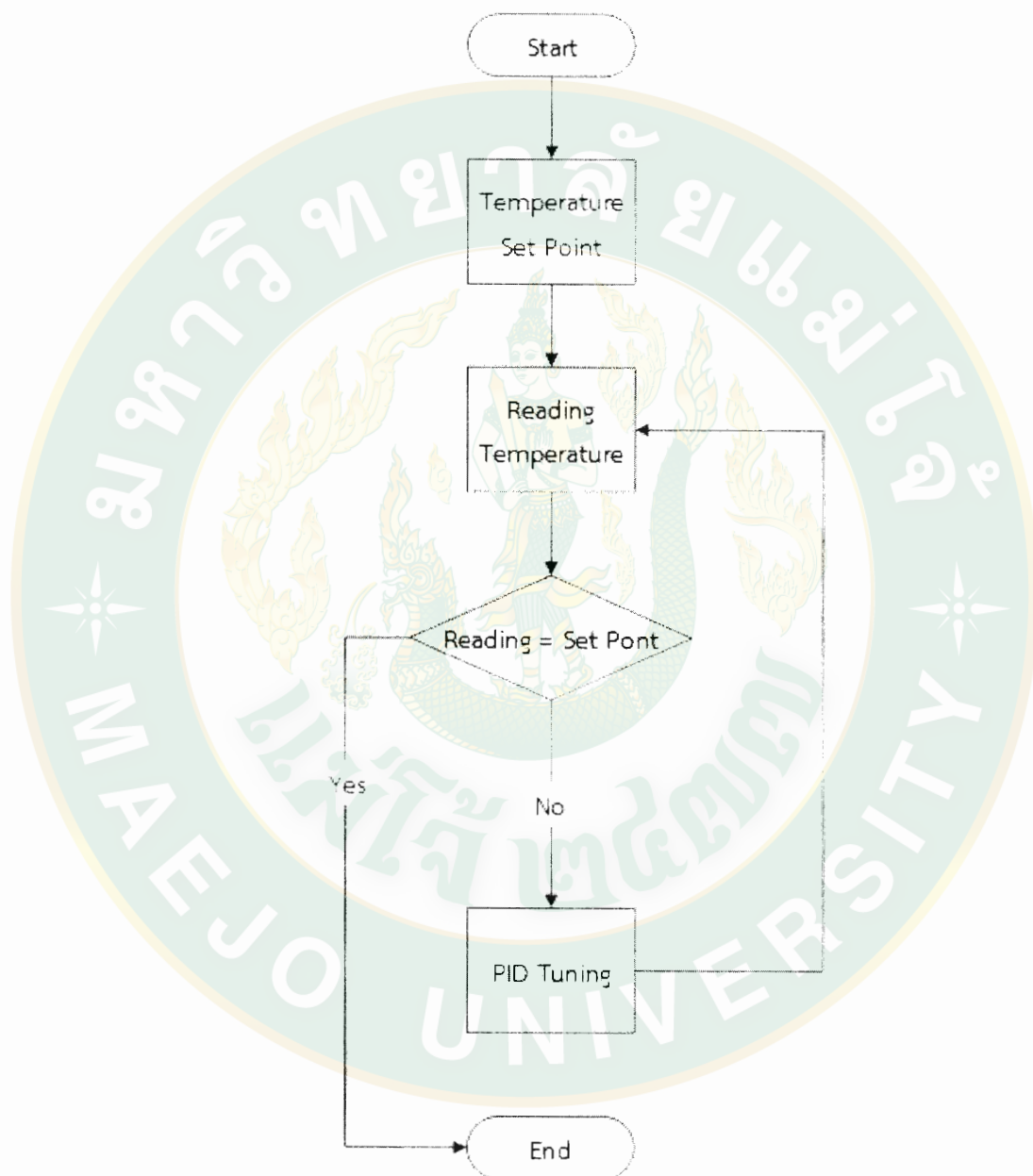
☐ Ignore reset when linearizing

☒ Enable zero-crossing detection

OK Cancel Help Apply

ภาพผนวกที่ 10 ผลลัพธ์ที่หาได้จากการจำลองโมเดลคณิตศาสตร์

เมื่อฮาร์ดแวร์ได้ติดตั้งในไมโครคอนโทรลเลอร์แล้วทำการทดสอบการควบคุมความเร็วรอบของพัดลมด้วยการอ่านค่าจากเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิในอากาศดังภาพที่ 83 แล้วทำการทดสอบจริงดังภาพที่ 84 และใช้ออสซิลโลสโคปวัดสัญญาณของการควบคุมดังภาพที่ 85



ภาพผนวกที่ 10 แผนผังการทำงานของระบบควบคุมแบบพีไอดี

การคำนวณค่าพลังงานความร้อนที่ใช้ในโรงเรือนต้นแบบ

การคำนวณค่าพลังงานความร้อนที่ใช้ในระบบ

1. หาค่าพลังงานความร้อนที่ใช้ในโรงเรือน

$$Q_{coll} = \frac{100 \text{ kg} \times 4187 \text{ J} \times 3.29 \text{ K}}{\text{kg.K}} = 10.14 \text{ MJ}$$

$$Q_{load} = \frac{100 \text{ kg} \times 4187 \text{ J} \times 13 \text{ K}}{\text{kg.K}} = 5.44 \text{ MJ}$$

$$\eta_{coll} = \frac{10.14 \text{ MJ}}{418.47 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \times 2.16 \text{ m}^2} \times 100 \%$$

$$\text{Time} = \frac{5.44 \text{ MJ}}{\text{hr}} = \frac{10.14 \text{ MJ}}{7 \text{ hr}} = 3.72 \text{ hr}$$

2. หาค่าพลังงานความร้อนในการใช้งานตลอดทั้งคืนเป็นเวลา 11 hr

$$Q_{load} = \frac{5.44 \text{ MJ}}{3.72 \text{ hr}} = \frac{\text{MJ}}{11 \text{ hr}} = 16.08 \text{ MJ}$$

3. หาปริมาณการใช้น้ำร้อน

$$M \text{ kg} = \frac{16.08 \text{ MJ}}{4187 \text{ kg.K/K} \times 24 \text{ K}} = 160.06 \text{ kg}$$

เทียบปริมาณน้ำ 1 kg = 1 L ที่ความดันบรรยากาศ

จะใช้ถึงน้ำขนาด 200 L จำนวน 1 ถัง

4. หาจำนวนแผงตัวเก็บรังสีอาทิตย์

$$A_c = \frac{16.06 \text{ MJ}}{418.47 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \times 0.449 \times (7 \times 3600) \text{ s}} = 3.39 \text{ m}^2$$

ตัวเก็บรังสีอาทิตย์มีขนาด 2.16 m² จึงใช้จำนวน 2 แผง

หมายเหตุ : จากการคำนวณสรุปได้ว่า โรงเรือนจำลองขนาด 2x2x2.5 m² จะใช้น้ำถึงน้ำร้อนขนาด

200 L จำนวน 1 ถัง และใช้ตัวเก็บรังสีอาทิตย์ขนาด 2.16 m² จำนวน 2 แผง



การเผยแพร่งานวิจัยทั้งหมดมีสองเรื่องดังนี้

1. การเผยแพร่ผลงานวิจัยในการประชุมวิชาการ

เผยแพร่ผลงานวิจัยในหัวข้อ เรื่อง ระบบเครือข่ายตรวจวัดไร้สายกำลังงานไฟฟ้าต่ำแบบง่าย สำหรับเฝ้าตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 12 ระหว่างวันที่ 8-10 มิถุนายน 2559 ณ โรงแรมวังจันทร์วิเวอร์วิว จังหวัดพิษณุโลก

2. การเผยแพร่ผลงานวิจัยจากการตีพิมพ์บทความวิจัย

ตีพิมพ์บทความวิจัยในหัวข้อ เรื่อง ระบบเฝ้าตรวจวัดและควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ผ่านเว็บไซต์ในโรงเรือนเพาะเห็ด การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 13 ระหว่างวันที่ 31 พฤษภาคม - 2 มิถุนายน 2560 ณ โรงแรมดิเอ็มเพลส จังหวัดเชียงใหม่

สันติรัฐ ไชยบุญเรือง ณัฐวุฒ เป็งเรือนชุม และธงชัย มณีชูเกตุ
ระบบเครือข่ายตรวจวัดไร้สายกำลังงานไฟฟ้าต่ำแบบง่าย
สำหรับเฝ้าตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์

การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 12 ระหว่างวันที่ 8-10 มิถุนายน
2559 ณ โรงแรมวังจันทร์วิเวอร์วิว จังหวัดพิษณุโลก



การประชุมวิชาการ
เครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย

Conference on Energy Network of Thailand (E-NETT)

ครั้งที่
12
12th

วันที่ 8-10 มิถุนายน 2559
ณ โรงแรมวังจันทร์ริเวอร์วิว จังหวัดพิษณุโลก

ดำเนินการจัดประชุมโดย
มหาวิทยาลัยนเรศวร ร่วมกับ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

อุตสาหกรรมพลังงาน เพื่ออนาคตประเทศไทย

การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 12
12th Conference on Energy Network of Thailand (C-nett12th)

บรรณาธิการ	รองศาสตราจารย์ ดร.คณิต วัฒนวิเชียร	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
	รองศาสตราจารย์ ดร.สืบศักดิ์ หวังโพธิ์พานิช	สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิรัชย์ โธณินทร์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐวุฒิ สุขุม	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีระชัย บงการณ	มหาวิทยาลัยนเรศวร
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เมธาย มณีวรรณ	มหาวิทยาลัยนเรศวร
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศรัณุ จินดารักษ์	มหาวิทยาลัยนเรศวร
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นันทิ เกตุจ้อย	มหาวิทยาลัยนเรศวร
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คณเดช ตั้งตระกูลพงษ์	มหาวิทยาลัยนเรศวร
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิทธิพงษ์ เหมพิทักษ์	มหาวิทยาลัยนเรศวร

ISBN 978 616 7902 78 4

พิมพ์ครั้งที่ 1 มิถุนายน 2559 จำนวน 500 แผ่น

ออกแบบและจัดทำโดย

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร เลขที่ 99 หมู่ 9 ตำบลท่าโพธิ์
อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000
โทรศัพท์ 0 5596 3552-3, 0 5596 3555, โทรสาร 0 5596 3552

จัดพิมพ์ที่

JVM-Net Co., Ltd.
เลขที่ 86 อ. คลองข่อย อ. คลองข่อย จ. นครราชสีมา รหัสไปรษณีย์ 30180
แขวงสะพานสูง เขตสะพานสูง กรุงเทพฯ 10240
โทรศัพท์ 087 480 5252 , 087 480 5355, โทรสาร 02 372 3501

ดำเนินการจัดงานประชุมโดย

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร เลขที่ 99 หมู่ 9 ตำบลท่าโพธิ์
อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000
โทรศัพท์ 0 5596 3552-3, 0 5596 3555, โทรสาร 0 5596 3552
www.c-nett.org

ENETT12-RE-108	การพัฒนาสมรรถนะของแอปพลิเคชันสำหรับวัดสเปกตรัมอินฟราเรดของ LED	1180
ENETT12-RE-116	ปัจจัยการผลิตและปริมาณการใช้พลังงานสำหรับการผลิตอาหารในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย	1185
ENETT12-RE-118	การศึกษาศักยภาพการผลิตไฟฟ้าโคจรวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ กรณีศึกษา กิจการของน้ำสุรอนันท์กำแพง จังหวัดเชียงใหม่	1194
ENETT12-RE-144	ความยั่งยืนของการระดมทุนของครัวเรือน	1202
ENETT12-RE-159	การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชผ่านกระบวนการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน โดยใช้ตัวเร่งดินสอพอง	1206
ENETT12-RE-164	การสังเคราะห์ไฮโดรคาร์บอนเหลวด้วยกระบวนการฟิชเชอร์โทรปส์ โดยเครื่องปฏิกรณ์แบบเบดนิ่งขนาดลิตร	1211
ENETT12-RE-184	ระบบเครือข่ายตรวจวัดไร้อายุการใช้งานไฟฟ้าแบบง่ายสำหรับเฝ้าตรวจวัดอุณหภูมิ และพลังงานในพืช	1216
ENETT12-RE-226	การศึกษาศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจากส่วนประกอบความร้อนของเครื่องปรับอากาศ	1222
ENETT12-RE-236	คุณสมบัติและศักยภาพของแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพภาคใต้ของประเทศไทย	1228
ENETT12-RE-237	อุปกรณ์ตรวจวัดสัญญาณภายนอกไร้สายขนาด 8 ช่องสัญญาณแบบง่ายและ แสดงผลด้วยสัญญาณ	1235
ENETT12-RE-238	การศึกษาและออกแบบระบบเครื่องตรวจจับและเตือนภัยน้ำท่วมผ่านระบบอินเทอร์เน็ต ด้วยตัว รับของสถานีวิทยุขนาดเล็ก	1241
ENETT12-RE-242	ความเป็นไปได้ของการใช้ไบโอดีเซลเป็นพลังงานทดแทนในประเทศอินโดนีเซีย	1245
ENETT12-RE-247	ความยืดหยุ่นของการจัดหาพลังงานไฟฟ้าภาคใต้ของประเทศไทย 2593 วิสัยทัศน์พลังงานยั่งยืนของระบบพลังงาน	1253
ENETT12-RE-270	การทดสอบเสถียรภาพส่วนประกอบระบบท่อจ่ายน้ำเร็วของเครื่องขับเคลื่อน	1259
ENETT12-RE-278	การสำรวจแหล่งความร้อนใต้พิภพโดยวิธีการทางธรณีฟิสิกส์	1263
ENETT12-RE-292	การศึกษาการกักเก็บแก๊ส Oxy-Hydrogen จากสถานะออกซิเจนที่ไวต่ออุณหภูมิ	1269

สาขาประสิทธิภาพพลังงานและเทคโนโลยีพลังงาน (Energy Efficiency and Energy Technology: EE&T)

ENRTT12-ET-2	การศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาแก๊สประสิทธิภาพสูงโดยการไหลแบบหมุนวน ..	1275
ENETT12-ET-7	การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของการใช้พลังงานของระบบไดนาโมประสิทธิภาพสูง ของมอเตอร์ไฟฟ้ากังหันลมขนาดเล็ก บ้านทุ่งบ่อเป็น อ.พิจิตร จ.ลำปาง	1283
ENETT12-ET-10	การออกแบบระบบการยับยั้งเชื้อ E. coli ในน้ำดื่มด้วยอนุภาคนาโนไฟฟ้า	1289
ENETT12-EE-14	การศึกษาและเปรียบเทียบการลดความร้อนของอากาศด้วยผ้าม่านและฉนวนของแบบจำลองระบบ ทำ ความเย็นแบบรวมศูนย์	1298
ENETT12-ET-15	การอนุรักษ์พลังงานในเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนโดยการเพิ่มประสิทธิภาพ การระบายความร้อนของ คอมเพรสเซอร์	1307
ENETT12-ET-21	การพัฒนาแบบจำลองเชิงสถิติสำหรับคำนวณค่าสเปกตรัมรังสีดวงอาทิตย์ โดยใช้ข้อมูลความเข้มรังสีรวมและรังสีกระจายจากพื้นดิน	1316



ENETT12-RE-184

ระบบเครือข่ายตรวจวัดไร้สายกำลังงานไฟฟ้าต่ำแบบง่ายสำหรับเฝ้าตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์

A Simple and Low-Power Consumption Wireless Sensor Network System for the Monitoring Temperature and Relative Humidity System

สันติรัฐ ไชยบุญเรือง¹, ณัฐวุฒิ เป็งเรือนชุม¹ และธงชัย มณีนุเกตุ²

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์, วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 63 หมู่ 4 ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ รหัสไปรษณีย์ 50290

² วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 63 หมู่ 4 ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ รหัสไปรษณีย์ 50290
E-mail: santirai_per@hotmail.com โทรศัพท์ 098-0070461

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการนำเสนอระบบการเฝ้าตรวจวัดอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์โดยใช้เครือข่ายตรวจวัดแบบไร้สาย (WSN) และจุดอุปกรณ์ตรวจวัด (sensor node) ประกอบด้วย 2 ส่วนคืออุปกรณ์ตรวจวัด (sensor) และอุปกรณ์ควบคุมแบบไร้สาย ส่วนของอุปกรณ์ตรวจวัดใช้โมดูล DHT22 ในการตรวจวัดค่าอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสำหรับอุปกรณ์ควบคุมแบบไร้สายใช้โมดูล ESP8266 โดยทำหน้าที่รับส่งข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นจากอุปกรณ์ตรวจวัด แล้วนำมาประมวลผลเพื่อส่งข้อมูลไปยังระบบอุปกรณ์เครือข่ายในรูปแบบของสัญญาณไร้สาย จากการทดสอบระบบเครือข่ายประกอบด้วยจุดอุปกรณ์ตรวจวัด 8 จุด วงจรแต่ละจุดตรวจวัดมีขนาดเล็กกระทัดรัดและใช้กำลังงานไฟฟ้าต่ำเท่ากับ 254 mW ขณะทำงานปกติ โดยติดตั้งสื่อสารข้อมูลแบบไร้สายกับอุปกรณ์กระจายสัญญาณ (router) ความถี่ 2.4 GHz อุปกรณ์ทั้งหมดสามารถติดตั้งสื่อสารกันได้ภายในรัศมีเครือข่ายไม่เกิน 100 m ข้อมูลของอุณหภูมิและความชื้นอยู่ในรูปแบบของเว็บไซต์ (web site) ที่ถูกบรรจุอยู่ใน ESP8266 อุปกรณ์สื่อสารอัจฉริยะเช่น โทรศัพท์มือถือ (smart phone) แท็บเล็ต และคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก เมื่อเข้ามาอยู่ในบริเวณพื้นที่ให้บริการของเครือข่ายไร้สายจะสามารถเข้าถึงข้อมูลผ่านหน้าเว็บไซต์ได้ทันที จากการทดสอบความเร็วของการสื่อสารแบบไร้สายจะได้เวลาในการตอบสนองการรับส่งข้อมูลขณะดำเนินการ ping ข้อมูลระหว่างอุปกรณ์กระจายสัญญาณกับจุดอุปกรณ์ตรวจวัดได้เวลาเฉลี่ย 22 ms ที่ระยะทาง 100 m และค่าเวลาของการตอบสนองระหว่างจุดตรวจวัดกับอุปกรณ์อัจฉริยะ (latency) ได้เวลาไม่เกิน 565 ms เมื่อทดสอบในบริเวณที่โล่ง อุปกรณ์นี้เหมาะสมกับการใช้ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นในอากาศสามารถส่งข้อมูลแบบไร้สายในระยะไกล ผลการทดสอบอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอุปกรณ์ตรวจวัดจำนวน 1 จุด พบว่ามีความเป็นเชิงเส้นสูงโดยกราฟอุณหภูมิมีค่า $R^2=0.9964$ และกราฟความชื้นสัมพัทธ์ได้ $R^2=0.9817$

คำสำคัญ: เครือข่ายตรวจวัดไร้สาย, จุดตรวจวัด, อุปกรณ์ควบคุมแบบไร้สาย, ระบบเครือข่ายไร้สาย

Abstract

In this paper we presented about the monitoring temperature and relative humidity system using wireless sensor network (WSN). Consists of sensor node has 2 part are sensor and wireless microcontroller. The sensor is used DHT22 module to read temperature and relative humidity in environment, the wireless microcontroller using ESP8266 module to process the information from sensor and transmission to wireless network. Result of sensor node is small circuit and low power consumption is 254 mW in working. The frequency of information transfer between sensor node and router is 2.4 GHz. There are not connecting more than 100 m of radius. Report on web site interface in local network is programmed in memory chip of ESP8266 module. The users can access information by smart device such as smart phone, tablet and laptop in area of service. The time respond used ping command by command prompt program. Between sensor node and router, the average of time respond is 22 ms in area of distance 100 m and latency not more than 565 ms for outdoor. The sensor node which is appropriate for the operation with monitoring temperature and relative humidity in environment, the linearity of temperature and relative humidity are $R^2 = 0.9964$ and 0.9817 respectively.

Keywords: Wireless Sensor Networks, Sensor Node, Wireless Microcontroller, Wireless Network System

1216



คณะวิทยาศาสตร์ ร่วมกับ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
"อุทยานพลังงาน เพื่ออนาคตประเทศไทย"

1. บทนำ

เทคโนโลยีแบบไร้สายถือว่ามีความเหมาะสมมากในปัจจุบัน เนื่องจากทำให้การติดต่อสื่อสารระหว่างอุปกรณ์มีความสะดวกมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งระบบเทคโนโลยีอัจฉริยะทั้งหลายได้พัฒนาจนทำให้ทุกคนสามารถเข้าถึงข้อมูลต่างๆ ได้โดยง่าย สำหรับเทคโนโลยีระบบเฝ้าตรวจวัดอัจฉริยะนั้นในหลายๆ การได้ให้ความสำคัญเป็นอย่างมาก เช่น ระบบเฝ้าตรวจวัดในอุตสาหกรรมการผลิตกระแสไฟฟ้า ฟาร์มอัจฉริยะ (smart farm) ระบบควบคุมอัตโนมัติ เป็นต้น แนวโน้มในการพัฒนาจะอยู่ในรูปแบบของอุปกรณ์ตรวจวัดแบบไร้สายเป็นจำนวนมาก ดังนั้นในระบบที่มีการตรวจวัดค่าปริมาณทางไฟฟ้าและทางกายภาพที่ต้องการการตรวจวัดจำนวนมากหลายจุดและมีจำนวนมาก อุปกรณ์ตรวจวัดในแต่ละจุดจึงจำเป็นต้องใช้เป็นการใช้สายเป็นทางเลือกที่เหมาะสม บนข้อจำกัดของอุปกรณ์ตรวจวัดแบบใช้สายนั้นจะพบว่า มีความไม่สะดวกในการติดตั้ง ราคาต่อหน่วยสูงและใช้พื้นที่ในการเดินสายนำสัญญาณมาก จากการตรวจสอบบทความที่ตีพิมพ์และได้มีการนำเสนอ อุปกรณ์ตรวจวัดแบบไร้สายทั้งที่อยู่ในรูปแบบไร้สายที่เน้นเครือข่าย และเน้นเครือข่ายไร้สาย มีดังนี้

ในปีพ.ศ. 2549 ณัฐวุฒิ ขวัญแก้ว ได้มีการประยุกต์ใช้เครือข่ายไร้สายกับระบบควบคุมโรงเรือนมีการสื่อสารด้วยความถี่คลื่นวิทยุย่านความถี่ 433 GHz ซึ่งมีความเร็วในการรับส่งไม่มากนักประมาณ 240 kbps และมีรัศมีระยะการรับส่งได้ไกลสุด 55 m [1]

ในปีพ.ศ. 2006 Yasunori และคณะ ได้ทำระบบตรวจวัดสภาพแวดล้อมสำหรับโครงสร้างของระบบเพาะปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์ และเกษตรเชิงท่องเที่ยวโดยมีการเฝ้าตรวจวัดเช่น อุณหภูมิ ความชื้น และแสงเป็นต้น มีการแสดงข้อมูลในรูปแบบของเว็บไซต์โดยผ่านการส่งข้อมูลแบบไร้สายด้วยอุปกรณ์กระจายสัญญาณไวไฟ (Wi-Fi) ในคลื่นความถี่ 2.4 GHz ความเร็วในการรับส่งข้อมูลสูงสุด 54 Mbps สื่อสารได้ในระยะไกลและต้องใช้กำลังไฟฟ้าในปริมาณมากเนื่องจากเป็นอุปกรณ์ขนาดใหญ่ [2]

ต่อมาในปีพ.ศ. 2007 Masayuki H. และคณะ ได้มีการออกแบบอุปกรณ์เก็บข้อมูลภาคสนาม (field server) ขึ้นมาเพื่อใช้ในการตรวจวัดสภาพอากาศภายในพื้นที่ทำการเกษตร มีการเชื่อมต่อเพื่อเข้าถึงข้อมูลแบบไร้สาย และแสดงผลในรูปแบบของเว็บไซต์ซึ่งทำให้สะดวกต่อการใช้งานเป็นอย่างมาก และมีการส่งสัญญาณได้ในระยะไกล แต่อุปกรณ์ตรวจวัดสภาพอากาศยังมีความต้องการกำลังไฟฟ้าที่มาก [3]

เมื่อเร็ว ๆ นี้ในปีพ.ศ. 2011 Kanda K. และคณะ ได้มีการศึกษาแบบเฝ้าตรวจวัดภาคสนามโดยใช้ Argis-Survey โดย

ภายในระบบจะมีสถานีตรวจวัดสภาพแวดล้อมต่างๆ (weather station) มีการส่งข้อมูลแบบไร้สายไปยังเซิร์ฟเวอร์ใน ระยะ 150 m โดยอาศัยอุปกรณ์ Zigbee คลื่นความถี่ 2.4 GHz มีความเร็วของการรับส่งข้อมูลสูงสุด 5 Mbps เป็นอุปกรณ์ไร้สายในงานวิจัย [4]

จากการศึกษางานวิจัยต่างๆ พบว่า การใช้เครือข่ายตรวจวัดแบบไร้สายส่วนมากจะใช้อุปกรณ์ Zigbee ในการส่งข้อมูลแบบไร้สาย โดยระบบนี้ใช้การติดต่อสื่อสารตามมาตรฐาน IEEE 802.15.4 ซึ่งความเร็วในการส่งข้อมูลสูงสุดไม่เกิน 4 Mbps อุปกรณ์นี้ใช้กำลังไฟฟ้าต่ำและยังมีความเหมาะสมสำหรับงานวิจัย [2] ที่ใช้อุปกรณ์กระจายสัญญาณไวไฟ (Wi-Fi) ในการรับส่งข้อมูลมีข้อดีคือสามารถสื่อสารในระยะไกลได้ถึง 150-300 m แต่ราคาอุปกรณ์และการใช้กำลังไฟฟ้าสูง

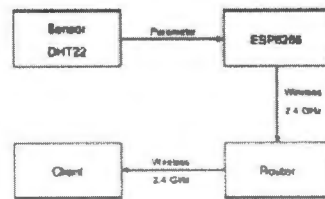
ในบทความนี้เป็นงานนำเสนอเทคโนโลยีแบบไร้สายมาประยุกต์ใช้กับเครื่องมือตรวจวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ โดยนำไมโครคอนโทรลเลอร์แบบไร้สายที่มีขนาดเล็กและใช้กำลังงานไฟฟ้าต่ำ โดยมีการเข้าถึงข้อมูลแบบเครือข่ายไร้สาย และแสดงผลในรูปแบบของเว็บไซต์แบบง่ายด้วยเหตุที่ตัวอุปกรณ์มีขนาดเล็ก ข้อดีคือสะดวกต่อการติดตั้งพื้นที่ในการติดตั้งน้อย ใช้พลังงานต่ำและราคาถูก โดยแต่ละจุดตรวจวัด (sensor node) ใช้อุปกรณ์ควบคุมไร้สายโมดูล ESP8266 ซึ่งมีขนาดเล็กใช้กำลังงานไฟฟ้าต่ำ การติดต่อสื่อสารแบบไร้สายใช้ตามมาตรฐาน IEEE 802.11 b/g/n [5] ความเร็วการส่งข้อมูลได้สูงสุด 54 Mbps และส่งข้อมูลได้ในระยะไกล

2. หลักการที่นำเสนอ

2.1 การทำงานของระบบ

การทำงานของระบบจะประกอบไปด้วย 3 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 อุปกรณ์ตรวจวัดสำหรับส่งค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ DHT22 ส่วนที่ 2 เป็นอุปกรณ์ควบคุมแบบไร้สายในบทความนี้ใช้โมดูล ESP8266 เป็นตัวประมวลผลและรับ-ส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ตรวจวัดกับอุปกรณ์กระจายสัญญาณแบบไร้สายมีกำลังการส่ง 20 dBm มีหน่วยความจำ 1 MB ส่วนที่ 3 อุปกรณ์กระจายสัญญาณแบบไร้สาย (Router) ทำหน้าที่กำหนดหมายเลขไอพี (IP Address) ให้กับอุปกรณ์ที่เข้ามาเชื่อมต่อแบบไดนามิก (Dynamic Host Configuration Protocol, DHCP) เพื่อให้ได้การเข้าถึงข้อมูลผ่านเว็บไซต์



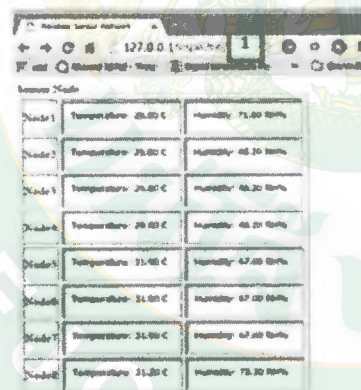


รูปที่ 1 แผนผังการทำงานของระบบ

จากรูปที่ 1 หลักการทำงานของระบบเริ่มจากอ่านค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ด้วย DHT22 ในรูปแบบแวนด้าให้ค่าแล้วติดต่อสื่อสารกับ ESP8266 ตามมาตรฐาน I²C แล้ว ESP8266 จะทำการประมวลผลข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ แยกแยะบนเว็บไซต์ที่ออกแบบและบรรจุเข้าไปในไมโครคอนโทรลเลอร์ไว้เรียบร้อยแล้ว หลังจากนั้นจึงส่งข้อมูลไปยังอุปกรณ์กระจายสัญญาณ ในรูปแบบของสัญญาณไร้สาย ตัวกระจายสัญญาณจะทำหน้าที่รับส่งข้อมูลระหว่าง ESP8266 และอุปกรณ์ (client) ที่จะเข้ามาดูข้อมูลในบริเวณพื้นที่ให้บริการด้วยคลื่นความถี่ 2.4 GHz

2.2 การแสดงผลข้อมูล

การแสดงผลข้อมูลจะเป็นการแสดงผลบนเว็บไซต์ไม่จำเป็นต้ององแอพลิเคชันบนอุปกรณ์อัจฉริยะ (smart device) เนื่องจากอุปกรณ์มีหลากหลายชนิดเช่น โทรศัพท์มือถือ แท็บเล็ต ไมโครคอมพิวเตอร์โมดูลในอุปกรณ์เหล่านี้จึงสามารถเข้าถึงข้อมูลได้โดยสะดวกผ่านเว็บไซต์ที่ให้บริการในพื้นที่



รูปที่ 2 หน้าจอแสดงผลข้อมูลบนเว็บไซต์

จากรูปที่ 2 เป็นหน้าจอแสดงผลที่อยู่ในรูปแบบของเว็บไซต์แบบง่ายมีการเรียกดูข้อมูลโดยการเรียกดูผ่านเว็บเบราว์เซอร์ดังนี้ กรอบที่ 1 พิมพ์ URL 127.0.0.1/esp8266ตาม

หมายเลขไอพีที่อุปกรณ์กระจายสัญญาณแบบไร้สายกำหนดให้กับ ESP8266 เพื่อดูข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์

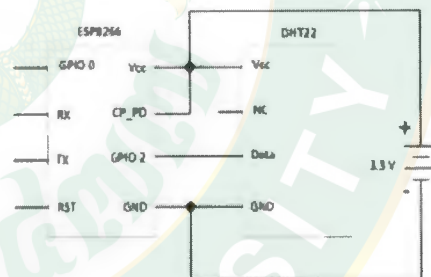
2.3 ระบบเครือข่าย (Network System)

ระบบเครือข่ายจะเป็นการเชื่อมต่อแบบ Star เนื่องจากใช้อุปกรณ์กระจายสัญญาณเป็นตัวกำหนดหมายเลขไอพีให้กับผู้เข้ามาใช้งานและเป็นตัวกลางในการใช้รับข้อมูลจากจุดตรวจวัดแบบไร้สาย (sensor node) ในย่านความถี่ 2.4 GHz



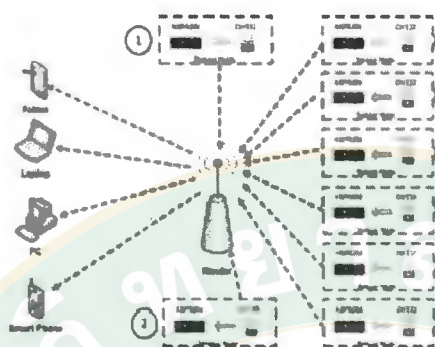
รูปที่ 3 การรับส่งข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจวัด

จากรูปที่ 3 จุดตรวจวัดอุปกรณ์ไร้สาย 1 จุดประกอบไปด้วยโมดูล ESP8266 และ DHT22 เป็นการส่งข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจวัดไปยัง ESP8266 โดย DHT22 จะทำการตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ จากนั้นจะทำการส่งข้อมูลที่ได้อีก ESP8266 เพื่อทำการประมวลผลโดยมีการแปลงค่าสัญญาณจากเซ็นเซอร์ที่อยู่ในรูปแบบของแรงดันไฟฟ้าให้อยู่ในรูปแบบของอุณหภูมิและความชื้น แล้วจัดข้อมูลการแสดงผลให้อยู่ในรูปแบบของเว็บไซต์แบบง่ายดังรูปที่ 2 สำหรับวงจรจุดอุปกรณ์ตรวจวัดแสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 วงจรจุดอุปกรณ์ตรวจวัด (sensor node)



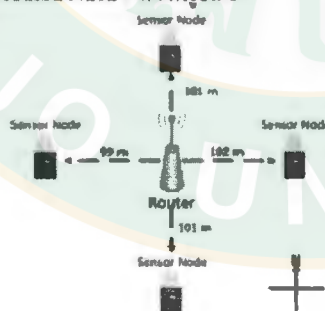


รูปที่ 5 แผนผังระบบเครือข่ายไร้สายที่นำเสน

จากรูปที่ 5 แสดงการเชื่อมต่อระบบเครือข่ายระหว่างอุปกรณ์อิสระกับจุดตรวจวัดจำนวน 8 จุด โดยมีอุปกรณ์กระจายสัญญาณเป็นสื่อกลางของการรับส่งข้อมูล จะเห็นว่าอุปกรณ์กระจายสัญญาณ 1 ตัว สามารถรับข้อมูลจากจุดตรวจวัดได้หลายจุด และส่งข้อมูลไปยังอุปกรณ์อิสระได้หลายอุปกรณ์ในเวลาเดียวกัน สำหรับบทความนี้ได้ทำการทดสอบกับอุปกรณ์ตรวจวัดจำนวน 8 จุดเท่านั้น

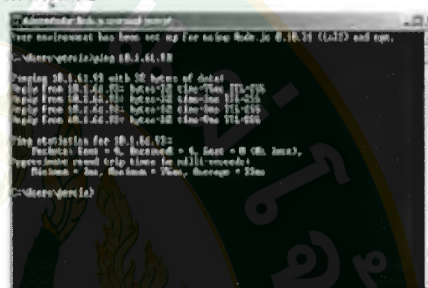
3. ผลการทดลอง

ผลการทดลองระบบเครือข่ายแบบไร้สายจำนวน 8 จุด พบว่าอุปกรณ์ตรวจวัดใช้กำลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 254 mW ต่อจุด โดยมีแหล่งจ่ายพลังงานเป็นแบตเตอรี่ขนาดเล็ก 3.3 V และกระแสไฟฟ้าขณะปฏิบัติงานเท่ากับ 75 mA ทำการทดสอบวัดการรับส่งข้อมูลไร้สายระหว่างจุดตรวจวัดกับอุปกรณ์กระจายสัญญาณ ทั้งนี้อุปกรณ์กระจายสัญญาณใช้รุ่น WRT54G ของบริษัท Linksys โดยมีกระทำการทดสอบวัดโดยรอบเป็นจำนวน 4 ทิศ ดังรูปที่ 6



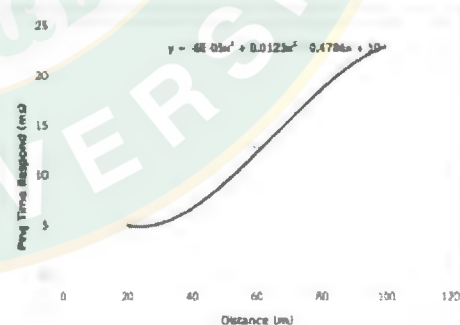
รูปที่ 6 ทิศการทดสอบวัดการรับส่งข้อมูลระหว่างจุดของอุปกรณ์ตรวจวัดกับอุปกรณ์กระจายสัญญาณ

การทดสอบระบบได้ทำการเปลี่ยนตำแหน่งของอุปกรณ์ตรวจวัดห่างจากอุปกรณ์กระจายสัญญาณของทั้ง 4 ทิศ ครั้งละ 20 m จนครบ 100m แล้วจึงเปลี่ยนระยะห่างด้วยการเพิ่มครั้งละ 1 m ทั้งนี้ทำการทดสอบกับค่าส่งมาตรฐานการตอบสนองของอุปกรณ์ไร้สายภายในระบบเครือข่ายด้วยคำสั่ง ping ซึ่งเป็นคำสั่งที่ใช้ในการทดสอบเวลาของการรับส่งข้อมูลใน 4 แยก เกจ คือ 1 ครั้งของการ ping 1 แยกเกจมีข้อมูลจำนวน 32 byte แล้วบันทึกข้อมูลเวลาไปและกลับระหว่างอุปกรณ์ดังกล่าวได้เวลาเฉลี่ย 22 ms ในระยะทางที่ทดสอบเฉลี่ย 100 m ดังรูปที่ 8



รูปที่ 7 ผลการทดสอบกับคำสั่ง ping ระหว่างคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊กกับจุดอุปกรณ์ตรวจวัดที่ระยะ 100 m

จากรูปที่ 7 ผลการทดลองของการส่งสัญญาณสื่อสารในระยะ 100 m ด้วยคำสั่ง ping จาก Command Prompt จะเห็นได้ว่าระบบตรวจวัดยังสามารถติดต่อสื่อสารรับ-ส่งข้อมูลมายังตัวอุปกรณ์กระจายสัญญาณแบบไร้สายได้ ความเร็วในการส่งข้อมูลไปหาจุดตรวจวัดแล้วส่งข้อมูลกลับมายังอุปกรณ์กระจายสัญญาณแบบไร้สายขนาด 32 byte 4 แยกเกจ ได้เวลาเฉลี่ยเท่ากับ 22 ms



รูปที่ 8 เวลาการตอบสนองต่อระยะทางที่ได้จากการ ping

Queueing	13.00 ms
Stalled	0
Request sent	0
Waiting (TTFB)	3.500 ms
Content Download	214.00 ms
Explanation	544.00 ms

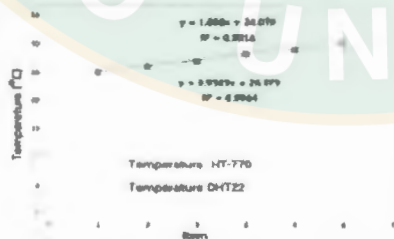
รูปที่ 9 ตัวอย่างจุดตรวจวัด 1 จุด ของช่องสัญญาณ (latency)

จากรูปที่ 9 แสดงให้เห็นตัวอย่างของช่องสัญญาณในการรับส่งข้อมูลจริงที่ได้จากการตรวจวัดแต่ละตัวที่ไปปรากฏบนเว็บไซต์ค่าเวลาในการรับส่งข้อมูลนี้เรียกว่าค่า latency จะพบว่าข้อมูลจริงที่จุดอุปกรณ์ตรวจวัดส่งข้อมูลทั้งตัวอักษร สัญญาณลักษณะ ค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์รวมแล้วเท่ากับ 155 B และเวลาตอบสนอง (latency) เฉลี่ยของจุดอุปกรณ์ตรวจวัดทั้ง 8 จุด มีค่าเท่ากับ 565 ms แสดงได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยเวลาตอบสนองของจุดอุปกรณ์ตรวจวัดทั้ง 8 จุด

จุดตรวจวัด	ขนาด (B)	เวลา (ms)
1	155	524.75
2	155	544.00
3	155	459.75
4	155	496.50
5	155	558.50
6	155	608.75
7	155	824.75
8	155	507.25
ค่าเฉลี่ย		565

ผลการทดสอบอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศจำนวนหนึ่งตัว ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบโดยใช้เครื่องกำเนิดความร้อนไฟฟ้าและเครื่องกำเนิดไอน้ำอุณหภูมิที่สามารปรับค่าอุณหภูมิและความชื้นได้ภายในห้องปริมาตรปิดขนาด $3.6 \times 3.6 \times 2.3 \text{ m}^3$ และสอบเทียบอุปกรณ์ที่นำเสนอง (DHT22) กับเครื่องมือวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์มาตรฐาน รุ่น HT-700 ของบริษัท Digicon



รูปที่ 10 ผลการสอบเทียบอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ



รูปที่ 11 ผลการสอบเทียบอุปกรณ์ตรวจวัดความชื้นที่อุณหภูมิห้องเริ่มที่ 27 °C

จากการที่อุณหภูมิรูปที่ 10 และกราฟความชื้นรูปที่ 11 ของอุปกรณ์ที่นำเสนอ โดยมีค่าความเป็นเชิงเส้นของกราฟอุณหภูมิได้ $R^2=0.9964$ และกราฟความชื้นได้ $R^2=0.9817$



รูปที่ 12 อุปกรณ์จริงของจุดอุปกรณ์ตรวจวัด 1 จุดเมื่อเปรียบเทียบกับขนาดของเหรียญ 10 บาทประเทศไทย

4. สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองระบบเครือข่ายตรวจวัดแบบไร้สายพบว่าจุดอุปกรณ์ตรวจวัดไร้สาย (sensor node) มีขนาดเล็ก กระทัดรัดราคาต้นทุนต่ำ และจากการออกแบบระบบเฝ้าตรวจวัดกับจุดอุปกรณ์ตรวจวัดทั้ง 8 จุด สามารถรับส่งข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ได้ตามที่ออกแบบไว้ โดยมีค่าเวลาของการตอบสนองจากคำสั่ง ping เฉลี่ยเท่ากับ 22 ms และค่า latency ของจุดอุปกรณ์ตรวจวัดทั้ง 8 กับอุปกรณ์อัจฉริยะที่เข้าถึงเข้าถึงตัวข้อมูลบนเว็บไซต์เท่ากับ 565 ms นอกจากนี้แล้วจุดอุปกรณ์ตรวจวัดใช้กำลังงานไฟฟ้าขณะปฏิบัติงาน เฉลี่ยเท่ากับ 254 mW ระบบเครือข่ายดังกล่าวจึงเป็นระบบเฝ้าตรวจวัดแบบไร้สายขนาดเล็กใช้สำหรับเป็น



อุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศที่มีความสะดวกต่อการติดตั้งและมีราคาถูกอีกด้วย เหมาะสมกับงานที่ต้องใช้จำนวนอุปกรณ์ตรวจวัดที่ต้องการตรวจวัดหลายๆจุดเป็นจำนวนมาก และอุปกรณ์ที่นำเสนอสอบเทียบกับเครื่องมือวัด Humidity Meter รุ่น HT-700 ของบริษัท Digicon จะพบว่าให้ความเป็นเชิงเส้นสูง

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยได้รับทุนอุดหนุนใบโครงการผลิตและพัฒนาศักยภาพบัณฑิตทางด้านพลังงานทดแทน ในกลุ่มประเทศอาเซียนในระดับบัณฑิตศึกษาวิทยาลัยพลังงานทดแทนมหาวิทยาลัยแม่โจ้ จึงขอขอบคุณมา ณ ที่นี้

7. เอกสารอ้างอิง

[1] ญัตติ ขวัญแก้ว (2549). การประยุกต์ใช้เครือข่ายตรวจจับไร้สายกับระบบควบคุมโรงเรือน, การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

[2] Yasunori, S., Takanobu, S., Kin-ichi, K., Katsuharu, S., Masayuki, H., Tokihiro, F., Kyoichi, Y., Setsuo, T., Kazuhiko, Y., Sumio, W., Fumitoshi, K., Takuyu, K. and Takaharu, K. (2006). Field Server Monitoring System for Construction of IT Farming and Agri-tourism, SICE-ICASE Intermation Joint Conference 2006, Busan, Korea

[3] Harafuji, M., Yokchi, H., Haoming, H., Fukatsu, T., Tanaka, K., Kura, T., Fuikui, K. and Ninomiya, S. (2007). Architecture of the Advanced Field Server, SICE Annual Conference 2007, Kagawa University, Japan.

[4] Kanda, K., Ishii, T., Kameoka, T., Saitoh, K. and Sugano, R. (2011). Field Monitoring System Using Agri-Server, SICE Annual Conference 2011, Tokyo, Japan.

[5] IEEE 802 LAN/MAN Standards Committee. (2013). IEEE 802 Working Groups and Study Groups, IEEE. <http://www.ieee802.org>, access on 10/04/2016



การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 12 12th Conference on Energy Network of Thailand

วันที่ 8 - 10 มิถุนายน 2559 ณ โรงแรมวังจันทน์วิเวอร์วิว จังหวัดพิษณุโลก

คณะวิทยาศาสตร์ และวิทยาลัยพลังงาน มหาวิทยาลัยนเรศวร
ร่วมกับ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

เกียรติบัตรฉบับนี้ให้ไว้เพื่อแสดงว่า

สันทิรัฐ ไชยบุญเรือง วิศวกรรม เป็นเรือนชุม และรัชชัย มณีชูเกตุ

เป็นผู้นำเสนอบทความแบบบรรยาย เรื่อง

"ระบบเครือข่ายตรวจวัดโรตัสการพลังงานไฟฟ้าแบบรายสำหรับเฝ้าตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์"

ศาสตราจารย์ ดร.สันทิรัฐ ใจนายบ
อธิการบดีมหาวิทยาลัยนเรศวร



สันติรัฐ สุกษณา มงคล ขวโรจน์ ใจสิน และธงชัย มณีชูเกตุ
ระบบเฝ้าตรวจวัดและควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ผ่านเว็บไซต์ในโรงเรือนเพาะเห็ด

การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 13
ระหว่างวันที่ 31 พฤษภาคม - 2 มิถุนายน 2560 ณ โรงแรมดิเอ็มเพลส จังหวัดเชียงใหม่



E-NETT 13TH

การประชุมวิชาการ

เครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 13

13TH CONFERENCE ON ENERGY NETWORK OF THAILAND

“ Sustainable Energy Development for Community and Innovation ”

31 พ.ค. - 2 มิ.ย. 2560 ณ โรงแรม ดิอีมเพรส เชียงใหม่



**MAEJO
GO ECO
UNIVERSITY**

STC
State Trading Company of Thailand

cristalla
TCC Super Island

SCB
ไทยพาณิชย์

จัดการประชุมโดย วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ร่วมกับ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

www.e-nett.org

Enett13.mju@gmail.com

053 875590

fax 053 875590

บรรณาธิการ

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพล คุชกุ์
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิรัช โรยรินรินทร์
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญยัง ปลั่งกลาง
4. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริบุษ จินดารักษ์
5. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธเนศ ไชยชนะ
6. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาย มณีวรรณ
7. ดร.นิกราน หอมดวง
8. อ.กิตติกร สาธุจิตต์
9. นายชัมพล ชวาวักษ์
10. นางสาวรุ่งตะวัน บันทะวงศ์

พิมพ์ครั้งที่ 1

25 พฤษภาคม 2560 จำนวน 400 แผ่น

ออกแบบและจัดทำโดย

วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ดำเนินการจัดงานประชุมโดย

วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

MAEJO
GO ECO
UNIVERSITY

	ประเภทหัวข้อ	
ENETT13-CE-181	การตรวจทานกับหลังคาแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้การประมวลผลภาพ	386-391
ENETT13-CE-194	ระบบเฝ้าตรวจวัดและควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ผ่านเว็บไซต์ในโรงเรียนพะเยา	392-397
ENETT13-CE-198	การวิเคราะห์และจำลองชุดควบคุมการประจุไฟฟ้าแบบสมาร์ตสำหรับแบตเตอรี่ในระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์	398-402
ENETT13-CE-199	การจำลองการทำงานของวงจรอินเวอร์เตอร์แบบวัดจลจลลารระดับสำหรับระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์โดยใช้การมอดูเลตแบบ PD-PWM และ PS-PWM	403-408
ENETT13-CE-202	วิธีการลดการสูญเสียจากการสวิตช์ของตัวโรตอร์แสดงระดับชนิดทิศทางเดียวแบบเคลือบพื้นฐานวิธีการมอดูเลตเชิงสเปซเวกเตอร์	409-414
ENETT13-CE-204	วิธีการใช้สัญญาณเซ็นเซอร์แบบไม่ต่อเนื่องบนฐานการมอดูเลตเชิงสเปซเวกเตอร์ เพื่อลดการสูญเสียจากการสวิตช์ของสวิตช์กำลังสำหรับอินเวอร์เตอร์สามระดับชนิดครึ่งจุดนิวทริล	415-420
ENETT13-CE-210	ระบบระบายความร้อน สำหรับ RGB แอลอีดีกำลังงานสูงด้วยการใช้เทอร์โมอิเล็กทริกกับระบบระบายความร้อนด้วยน้ำแบบวงปิด	421-426
ENETT13-CE-211	อุปกรณ์ตรวจสอบสมรรถนะการทำความร้อนเบื้องต้นโดยพิจารณาคุณสมบัติของสารทำความเย็น ชนิด R22 ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน และชนิด R134a ของเครื่องปรับอากาศในรถยนต์	427-432
ENETT13-CE-214	การวิเคราะห์สัญญาณเวลาที่เครื่องรับสัญญาณ GNSS กับสัญญาณดาวเทียม	433-438
ENETT13-CE-229	การออกแบบและสร้างอินเวอร์เตอร์รูปคลื่นไซน์ความถี่สูงโดยใช้เทคนิคฮิลบ์-ฮิลบ์สำหรับวงจรส่งกำลังไฟฟ้าไร้สาย	439-447
ENETT13-CE-230	การวิเคราะห์จุดกำลังงานสูงสุดของระบบส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงระยะส่ง	448-452
ENETT13-CE-231	ต้นแบบเครื่องวัดค่าความต้านทานการต่อดินแบบเคลื่อนที่ด้วยบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino	453-458
ENETT13-CE-245	วงจรแปลงผันกำลังงานไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสตรงแบบเรโซแนนซ์อนุกรมโดยใช้การต่อหม้อแปลงไฟฟ้าแบบอนุกรมต้านทุติยภูมิ	459-463
ENETT13-CE-246	เครื่องทำความเย็นแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์แบบเคลื่อนที่ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino	464-468
ENETT13-CE-262	การเปรียบเทียบสมรรถนะไดโอดเคลือบและฟลายอิงคาปาซิเตอร์	469-473

ระบบเฝ้าตรวจวัดและควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ผ่านเว็บไซต์ในโรงเรือนเพาะเห็ด Web Monitoring and Control Temperature and Relative Humidity System in Mushroom Greenhouse

สันติรัฐ ไชยบุญเรือง¹, สุสัณณภา มงคล, ขาวโรจน์ ใจสิน และ ธงชัย มณีชูภาค

¹วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 63 หมู่ 4 ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ รหัสไปรษณีย์ 50290

¹E-mail: santhar_peng@hotmail.com, Tel.098-0070461

บทคัดย่อ

ในบทความนี้นำเสนอระบบเฝ้าตรวจวัดและควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ผ่านเว็บไซต์ที่เหมาะสมกับโรงเรือนเพาะเห็ด ด้วยระบบพ่นหมอกแบบอัลตราโซนิกร่วมกับแผ่นระเหยน้ำประกอบไปด้วย การควบคุมการเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์และลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนเพาะเห็ดในช่วงเวลาที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำที่สุดและอุณหภูมิสูงที่สุดผลการทดลองผ่านทางหน้าเว็บไซต์แบบเวลาจริง ให้อุณหภูมิอยู่ในช่วง 25-35 °C และความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วง 70-90 %RH เป็นสภาวะของอากาศที่เหมาะสมกับเห็ด ผลการทดสอบพบว่า การตอบสนองระหว่างการส่งคำสั่งเปิด/ปิดอุปกรณ์ผ่านหน้าเว็บไซต์และไมโครคอนโทรลเลอร์มีเวลาการตอบสนองในระยะเวลา 10 วินาที อุปกรณ์จึงจะทำงานตามคำสั่ง หน้าเว็บไซต์จะแสดงผลข้อมูลทุกๆ 20 วินาที จากเซ็นเซอร์ที่ตรวจวัดและข้อมูลจะถูกบันทึกลงบนฐานข้อมูลแล้วยังสามารถดึงข้อมูลจากหน้าเว็บไซต์ซึ่งเป็นไฟล์ CSV เพื่อเอาข้อมูลออกมาวิเคราะห์บนอุปกรณ์อัจฉริยะได้ และในการเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนด้วยระบบพ่นหมอกอัลตราโซนิกร่วมกับแผ่นระเหยน้ำสามารถเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์จาก 20 %RH เพิ่มขึ้นเป็น 80 %RH และสามารถลดอุณหภูมิจาก 50 °C ลดเหลือ 35 °C

คำหลัก: ระบบเพิ่มความชื้นด้วยอัลตราโซนิก, ระบบเฝ้าตรวจวัดและควบคุมผ่านอินเทอร์เน็ต

Abstract

This paper presents a web monitoring and control system which will monitor the increase of relative humidity and the decrease of temperature in a mushroom greenhouse that uses ultrasonic humidifier with fan pad system. The system will work on controlling relative humidity and temperature in the greenhouse. This is a real-time control and monitoring system which works on low relative humidity and high temperature data that are shown on a monitoring web page. The appropriate weather condition of mushroom is like, the temperature lies in between 25-35 °C and relative humidity in between 70-90 %. Time response between the web page and microcontroller for device controlling is 10 seconds, while the web monitoring system can record relative humidity and temperature data from a node sensor at every 20 seconds. The recorded data from this real-time web database can be exported as CSV file to any compatible smart devices. A real-time test identifies in this research that, the relative humidity of system to be increased from 20% to 80% and temperature to be decreased from 50 °C to 35 °C.

Keywords: Ultrasonic humidifier, web monitors control system,

1. บทนำ

การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนมีผลต่อการเจริญเติบโตของเห็ด สภาพอากาศที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเห็ดของชาวจะเป็นสภาวะที่อบอุ่น คือ อุณหภูมิจะต้องอยู่ในช่วง 25-35 °C และความชื้นสัมพัทธ์จะต้องอยู่ในช่วง 70-90 %RH การเพิ่มความชื้นโดยทั่วไปจะใช้การพ่นน้ำหรือน้ำในและนอกโรงเรือน ในปัจจุบันเริ่มมีการนำเทคโนโลยีอัลตราโซนิกมาใช้ในการเพิ่มความชื้น

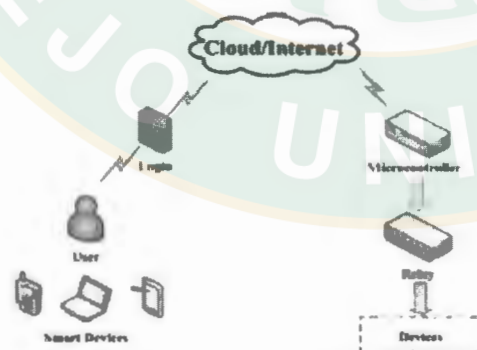
มากขึ้นเพราะละอองน้ำที่ผลิตจากเครื่องอัลตราโซนิกนั้นมีความละเอียดเล็กมากเมื่อเทียบกับละอองน้ำที่ได้จากหัวพ่นหมอกแบบสเปรย์ซึ่งมีความใกล้เคียงกับหมอกธรรมชาติทำให้การรวมตัวของละอองหมอกกับไอน้ำในอากาศได้เร็วเป็นผลให้ความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นได้อย่างรวดเร็ว ในปี ค.ศ.2004 Tim Brown และคณะ [1] มีการเพิ่มความชื้นเพื่อช่วยรักษาความสดของผักและผลไม้ด้วยระบบพ่นหมอกแบบอัลตราโซนิก โดยทั่วไปการเก็บรักษาผักและผลไม้หลังการเก็บเกี่ยวได้คง

สภาพความสดด้วยการใช้ความเย็นนั้นจะทำให้ผักและผลไม้ น้ำหนักจะลดลงมากกว่า 50% ของน้ำหนักรวมภายในระยะเวลา 7 วันด้วยเหตุนี้จึงมีการใช้เทคนิคด้วยวิธีการเพิ่มความชื้นมาเพื่อเพิ่มน้ำหนักและผลไม้นี้เพื่อช่วยลดการสูญเสียความชื้นภายในผักและผลไม้ วิธีการนี้สามารถลดการสูญเสียน้ำหนักของผักและผลไม้ได้น้อยลงและขึ้นอยู่กับชนิดของพืช ต่อมาในปี ค.ศ. 2012 Syed Ali Asad Rizvi และคณะ [2] มีการใช้ระบบควบคุมความชื้นผ่านเว็บไซต์สำหรับโรงงานพืชน้ำ เป็น การควบคุมและเฝ้าตรวจวัดจากเซ็นเซอร์แบบเวลาจริงโดยมี การเชื่อมต่อผ่านเครือข่ายท้องถิ่น (LAN) มีการติดต่อสื่อสารผ่านระบบโคอีซี RS-485 ในการสื่อสารของข้อมูลและบันทึก ข้อมูลลงบนฐานข้อมูล (MySQL) ภายในโรงงานพืชน้ำ ในระบบนี้ สามารถควบคุมความชื้นขณะเริ่มต้นที่ 45 %RH ให้อยู่ในช่วง 55 %RH ได้โดยควบคุมจากหน้าเว็บไซต์ อย่างไรก็ตามจากการ สืบค้นและตรวจสอบการเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ด้วยอัลตรา โซนิคกับโรงเรือนเพาะเห็ดยังคงตรวจสอบไม่พบบทความวิจัย ทางด้านนี้ สำหรับบทความนี้ได้นำเสนอระบบควบคุมภูมิและ เพิ่มความชื้นสัมพัทธ์โดยใช้วิธีการพ่นหมอกแบบอัลตราโซนิกร่วมกับแผ่นระเหย (Fan Pad System) เพื่อเพิ่มความชื้น สัมพัทธ์ภายในโรงเรือนเพาะเห็ด โดยมีการควบคุมแบบ ระยะไกลผ่านหน้าเว็บไซต์ได้ ทำให้ง่ายต่อการเข้าใช้งานระบบ มีการตอบสนองแบบเวลาจริง (Real-time) และสามารถเข้า หน้าเว็บไซต์ได้จากเว็บเบราว์เซอร์ ซึ่งมีการติดตั้งอยู่แล้วใน สมาร์ทโฟน แท็บเล็ต หรือคอมพิวเตอร์ทั่วไป

2. หลักการนำเสนอ

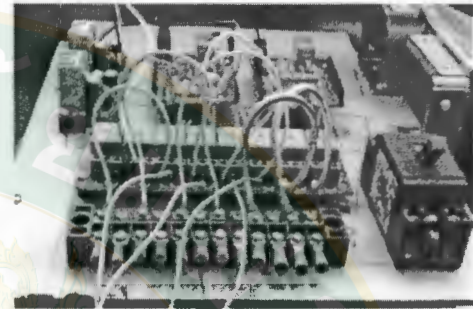
ระบบจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ 1. การควบคุมด้วยมือ (Manual Control) ผ่านหน้าเว็บไซต์เพื่อควบคุมอุปกรณ์ ไฟฟ้าของระบบ 2. ระบบเฝ้าตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้น สัมพัทธ์แบบไร้สาย

ส่วนที่ 1 ระบบควบคุมด้วยมือ(Manual Control)ผ่านเว็บไซต์



รูปที่ 1 แผนผังระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านเว็บไซต์

จากรูปที่ 1 แผนผังระบบควบคุมระยะไกลเป็นการเข้า ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆภายในโรงเรือนเพาะเห็ดผ่านทาง เว็บไซต์ ซึ่งสามารถเข้าด้วยอุปกรณ์อัจฉริยะได้ เช่น สมาร์ท โฟน แท็บเล็ต และคอมพิวเตอร์ เป็นต้น

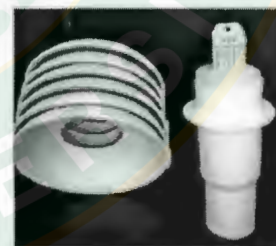


รูปที่ 2 ระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านเว็บไซต์

จากรูปที่ 2 เป็นระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านหน้า เว็บไซต์และใช้การควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าภายใน โรงเรือนด้วยรีเลย์ซึ่งมีการส่งการผ่านโมดูลคอนโทรลเลอร์ ใน บทความนี้จะใช้ ESPDUNO ในการส่งการเพราะมีโมดูล ไวไฟในตัว เป็นตระกูลเดียวกับ ESP8266 มีคลื่นความถี่ 2.4 GHz ตามมาตรฐาน IEEE 802.11 [4] ที่ใช้สำหรับการเชื่อมต่อ กับอุปกรณ์ที่ให้บริการอินเทอร์เน็ตทั่วไป

ส่วนที่ 2 ระบบเฝ้าตรวจวัด

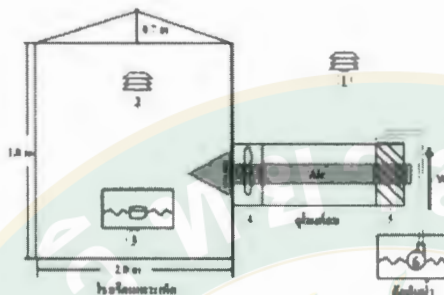
การเฝ้าตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์จะทำการ ตรวจวัดทั้งภายในและภายนอกโรงเรือนเพาะเห็ด



รูปที่ 3 เซ็นเซอร์ที่ใช้วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์

จากรูปที่ 3 ใช้เซ็นเซอร์ DHT22 ในการตรวจวัด อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์พร้อมกับบันทึกข้อมูลลงบน ฐานข้อมูลที่อยู่บนเว็บไซต์

2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย



รูปที่ 4 อุปกรณ์ในการทดสอบระบบ

จากรูปที่ 4 เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบระบบ ซึ่งมีการบันทึกข้อมูลลงบนฐานข้อมูลบนเว็บไซต์ที่ภายนอกและภายในโรงเรือนเพาะเห็ดในหมายเลขที่ 1 และ 2 ตามลำดับ การเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนเพาะเห็ดจะใช้ระบบพ่นหมอกอัลตราโซนิก หมายเลขที่ 3 และแผ่นระเหยน้ำ หมายเลข 5 ซึ่งการเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์โดยใช้แผ่นระเหยน้ำจะประกอบไปด้วยพัดลมดูดอากาศเข้าสู่โรงเรือนเพาะเห็ด หมายเลข 4 และปั๊มน้ำสำหรับหาระบบน้ำวนเพื่อทำให้แผ่นระเหยน้ำเปียกชื้นตลอดเวลาที่ทดสอบ หมายเลข 6

2.2 วิธีการวิจัย

การทดสอบระบบเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนจะทำการทดสอบในช่วงเดือนมีนาคม พ.ศ.2560 ในช่วงเวลา 13.00 น. - 15.00 น. ซึ่งภายในโรงเรือนจะมีอุณหภูมิสูงสุดและมีความชื้นสัมพัทธ์น้อยที่สุด ดังตารางที่ 1 ขนาดของโรงเรือนที่ใช้ในการทดสอบมีขนาด 1.8 m x 2 m x 2 m จั้วสูง 0.7 m เท่ากับ 9.4 m³ หุ้มด้วยพลาสติก พี.อี.ความหนาแน่นต่ำสีดำ ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 โรงเรือนเพาะเห็ด

ตารางที่ 1 สภาพอากาศที่เริ่มต้นทำการทดสอบ

รายการ	ในโรงเรือน	นอกโรงเรือน
อุณหภูมิ (°C)	40-50	30-37
ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	18-20	35-40

กรณีที่ 1 ทดสอบการเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ด้วยระบบพ่นหมอก
 - การทดสอบในกรณีนี้จะเป็นการทดสอบกับระบบพ่นหมอกโดยใช้เครื่องอัลตราโซนิกสามารถทำลายของหมอกที่ใกล้เคียงกับหมอกธรรมชาติดังรูปที่ 6
 - การทดสอบจะทำได้โดยเปิดระบบไปเรื่อยๆจนความชื้นสัมพัทธ์เข้าสู่สภาวะคงที่จึงจะหยุดระบบ



รูปที่ 6 เครื่องพ่นหมอกด้วยอัลตราโซนิก
(Ultrasonic Humidifier)

กรณีที่ 2 ทดสอบเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์โดยแผ่นระเหยน้ำ [3]

- การทดสอบในกรณีนี้จะเป็นการทดสอบกับแผ่นระเหยน้ำโดยมีปั๊มน้ำขนาดเล็กติดตั้งเพื่อทำระบบน้ำหยดให้แผ่นระเหยน้ำเปิดอยู่ตลอดเวลาที่ทำการทดสอบดังรูปที่ 7
- การทดสอบจะทำได้เปิดระบบไปเรื่อยๆจนความชื้นสัมพัทธ์เข้าสู่ภาวะคงที่จึงจะหยุดระบบ



รูปที่ 7 แผ่นระเหยน้ำ (Fan Pad System)

กรณีที่ 3 ทดสอบการเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์โดยแผ่นระเหยน้ำร่วมกับระบบพ่นหมอก

- การทดสอบในกรณีนี้จะเป็นการทดสอบด้วยระบบพ่นหมอกร่วมกับแผ่นระเหยน้ำ
- การทดสอบจะทำได้เปิดระบบไปเรื่อยๆจนความชื้นสัมพัทธ์เข้าสู่ภาวะคงที่จึงจะหยุดระบบ

3. ผลการทดลอง



รูปที่ 8 หน้าจอแสดงผลการควบคุมผ่านเว็บไซต์

จากรูปที่ 8 เป็นหน้าจอแสดงผลการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านหน้าเว็บไซต์ ประกอบด้วยปุ่มเปิด-ปิดอุปกรณ์และแสดงสถานะ การเปิด-ปิดของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ทำการควบคุม ในขณะเวลานั้นๆ มีการตอบสนองระหว่างหน้าเว็บไซต์กับอุปกรณ์ที่ต้องการควบคุมในเวลา 10 วินาที



รูปที่ 9 หน้าจอแสดงผลผลการเฝ้าตรวจวัดผ่านเว็บไซต์

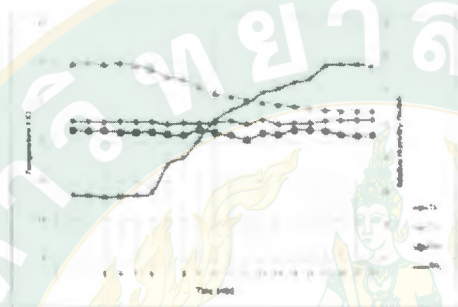
จากรูปที่ 9 เป็นหน้าจอแสดงผลอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ภายในและภายนอกโรงเรือนเพาะเห็ด ผ่านหน้าเว็บไซต์ซึ่งเป็นการแสดงกราฟแบบเวลาจริง พร้อมดาวน์โหลดไฟล์ .CSV เพื่อเอาข้อมูลออกมาวิเคราะห์ได้ทั้งนี้ข้อมูลของอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์จะถูกแสดงผลทุกๆ 20 วินาที



รูปที่ 10 การทดสอบระบบ

จากรูปที่ 10 เป็นการทดสอบระบบพ่นหมอกด้วยอัลตราโซนิก เพื่อเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนเพาะเห็ด โดยระบบดังกล่าวสามารถสร้างละอองหมอกละเอียดสีขาวซึ่งมีความใกล้เคียงกับละอองหมอกในธรรมชาติ

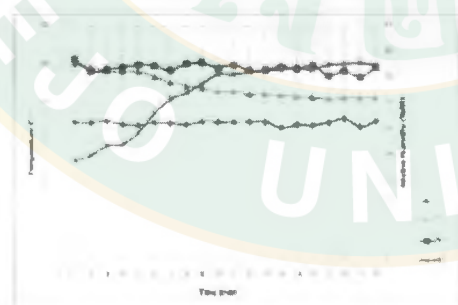
3.1 การเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ด้วยระบบพ่นหมอกแบบอัลตราโซนิกเพื่อช่วยเห็ดขาว



รูปที่ 11 กราฟทดสอบระบบพ่นหมอกด้วยแบบอัลตราโซนิก

จากรูปที่ 11 เป็นกราฟการทดสอบระบบพ่นหมอกด้วยอัลตราโซนิก พบว่าสามารถเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ และลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนเพาะเห็ด ความชื้นสัมพัทธ์จาก 20 %RH เพิ่มขึ้นเป็น 60 %RH (เส้นกราฟ RHw) และอุณหภูมิจาก 50 °C ลดลงเท่ากับ 38 °C (เส้นกราฟ Tw) จะพบว่าความชื้นสัมพัทธ์สามารถเพิ่มได้มากถึง 40 %RH และอุณหภูมิสามารถลดลงได้ถึง 12 °C จากค่าเริ่มต้น

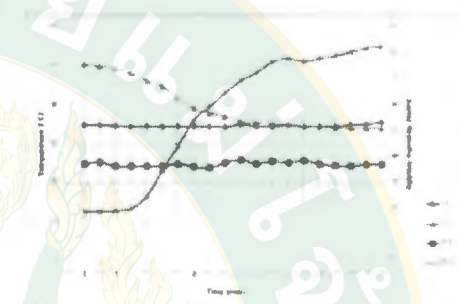
3.2 การเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ด้วยแผ่นระเหยน้ำเพื่อช่วยเห็ดขาว



รูปที่ 12 กราฟทดสอบแผ่นระเหยน้ำ

จากรูปที่ 12 กราฟการทดสอบแผ่นระเหยน้ำ พบว่าสามารถเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ และลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนเพาะเห็ด ความชื้นสัมพัทธ์จาก 20 %RH เพิ่มขึ้นเป็น 37 %RH (เส้นกราฟ RHf) และอุณหภูมิจาก 50 °C ลดลงเท่ากับ 43 °C (เส้นกราฟ Tf) จะพบว่าความชื้นสัมพัทธ์สามารถเพิ่มได้มากถึง 17 %RH และอุณหภูมิสามารถลดลงได้ถึง 7 °C จากค่าเริ่มต้น

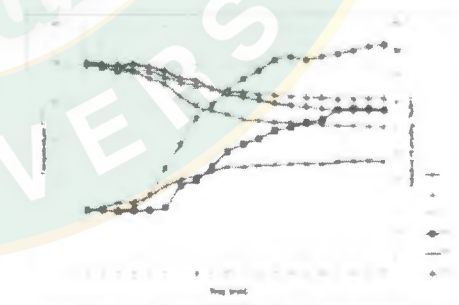
3.3 การเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ด้วยการใช้แผ่นระเหยน้ำร่วมกับระบบพ่นหมอกแบบอัลตราโซนิก



รูปที่ 13 กราฟการทดสอบแผ่นระเหยน้ำกับระบบอัลตราโซนิก

จากรูปที่ 13 กราฟการทดสอบแผ่นระเหยน้ำร่วมกับระบบอัลตราโซนิก พบว่าความชื้นสัมพัทธ์จาก 20 %RH เพิ่มขึ้นเป็น 80 %RH (เส้นกราฟ RHw,f) และอุณหภูมิจาก 50 °C ลดลงเท่ากับ 35 °C (เส้นกราฟ Tw,f) จะพบว่าความชื้นสัมพัทธ์สามารถเพิ่มได้มากถึง 60 %RH และอุณหภูมิสามารถลดลงได้ถึง 15 °C จากค่าความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิเริ่มต้น

3.4 แสดงผลการทดสอบของทั้ง 3 กรณี



รูปที่ 14 กราฟแสดงผลการทดสอบทั้ง 3 กรณี

จากรูปที่ 14 เป็นกราฟแสดงผลการทดสอบในการเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ และการลดอุณหภูมิของการทดสอบทั้ง 3 กรณี พบว่าระบบพ่นหมอกด้วยอัลตราโซนิกร่วมกับแผ่นระเหยน้ำสามารถเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ (เส้นกราฟ $Tu, \%$) และลดอุณหภูมิ (เส้นกราฟ $RH, \%$) ได้ตามที่เห็นต้องการ

Communication Between Robotic Systems. *Advances in Intelligent Systems Research*, Vol.133, pp. 153-157.

4. สรุปผลการทดลอง

จากการทดสอบการควบคุมระบบเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ผ่านหน้าเว็บไซด์จะตอบสนองหลังจากทำการควบคุมผ่านหน้าเว็บไซด์ไปแล้ว 10 วินาที และข้อมูลจากระบบเฝ้าตรวจวัดสำหรับโรงเรือนเพาะเห็ด จะแสดงผลข้อมูลบนเว็บไซด์ทุกๆ 20 วินาที ได้ตามที่ออกแบบไว้และสามารถควบคุมได้ทั้งอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสสลับและกระแสตรง สำหรับระบบควบคุมภายในโรงเรือนในช่วงเวลาที่มีความชื้นสัมพัทธ์น้อยที่สุด และอุณหภูมิสูงที่สุด ระหว่างการใช้ระบบพ่นหมอกแบบอัลตราโซนิกร่วมกับแผ่นระเหยน้ำสามารถเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ได้สูงสุดถึง 60 %RH และลดอุณหภูมิลงได้ 15 °C ภายในช่วงระยะเวลา 15 นาที ซึ่งอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วงที่เห็นต้องการ

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยได้รับทุนอุดหนุนในโครงการผลิตและพัฒนาทรัพยากรบัณฑิตทางด้านพลังงานทดแทน ในกลุ่มประเทศอาเซียนในระดับบัณฑิตศึกษาวิทยาลัยพลังงานทดแทนมหาวิทยาลัยแม่โจ้ จึงขอขอบคุณ มา ณ ที่นี้

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Tim, B., Janet, E.L. and Stephen, J. (2004). Humidification of chilled fruit and vegetables on retail display using an ultrasonic fogging system with water/air ozonation. *International Journal of Refrigeration*, Vol. 27(8-13), April 2004, pp.862-868.
- [2] Syed Ali Asad R., Sham S., Farah H. and Ashab M. (2012). Humidity Control with Interactive Web Monitoring : A Cost-Optimal Solution for Printing Industries. *International Conference on Frontiers of Information Technology*, Vol. 10, pp.209-214.
- [3] Hugang L. and Shuang W. (2015). Technology and Studies for Greenhouse Cooling. *World Journal of Engineering and Technology*, Vol.3(22-25), August 2015, pp. 73-77.
- [4] Andrei V., Alexander P., Ruslan K. and Andrey K. (2016). Using the IEEE 802.11 Family of Standards for



การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 13

(13th Conference On Energy Network of Thailand (E-NETT 13th))

ขอมอบเกียรติบัตรนี้เพื่อแสดงว่า

สันติรัฐ ไชยบุญเรือง สลักขณา มงคล ขวโรจน์ ใจสิน และ ธงชัย มณีชูเกตุ

ได้เข้าร่วมนำเสนอผลงานวิจัย "ภาคบรรยาย"

ระบบเฝ้าตรวจวัดและควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ผ่านเว็บไซต์ในโรงเรือนเพาะเห็ด

ระหว่างวันที่ 31 พฤษภาคม – 2 มิถุนายน พ.ศ. 2560

๓/ (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐภูมิ ตุษฎี)
ประธานคณะกรรมการจัดงานฯ

๐๘๖ (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จำเนียร ยศราช)
อธิการบดีมหาวิทยาลัยแม่โจ้



ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-นามสกุล นายสันติรัฐ ไชยบุญเรือง
 เกิดเมื่อ 17 มกราคม 2534
 ประวัติการศึกษา พ.ศ. 2553 ปริญญาตรี สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์
 คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่
 พ.ศ. 2550 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนเทิงวิทยาคม อำเภอน้ำเตาะ
 จังหวัดเชียงราย
 อีเมล santirat_per@hotmail.com

