

# ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนเพาะปลูกพืชไร้ดิน แบบทำความเย็นด้วยวิธีการระเหยของน้ำร่วมกับการสเปรย์ละอองน้ำ แบบอัตโนมัติ โดยใช้ระบบควบคุมเชิงตรรกะแบบโปรแกรมได้



## PLC-Based Automatic Control System of Temperature and Relative Humidity in Soilless Culture Greenhouse with an Evaporative Cooling System and Fogging System



สมภาร น้าหอมจันทร์ และ อติกร เสรีพัฒนานนท์

### บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการออกแบบสร้างระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนเพาะปลูกพืชไร้ดิน แบบการทำความเย็นด้วยวิธีการระเหยของน้ำ ร่วมกับการสเปรย์ละอองน้ำ แบบอัตโนมัติ ซึ่งใช้ PLC เป็นอุปกรณ์ควบคุม โดยรับสัญญาณอะนาลอกจากเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ผ่านอุปกรณ์รับสัญญาณอะนาลอกเพื่อให้ PLC ประมวลผล และใช้ดิจิทัลโวลต์มิเตอร์แสดงค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนที่หน้าตู้ควบคุม ระบบควบคุมที่ออกแบบสร้างสามารถทำงานได้ทั้งแบบการควบคุมด้วยมือ และแบบอัตโนมัติ ผลการทดสอบพบว่า ระบบควบคุมอัตโนมัติสามารถเริ่มและหยุดการทำงานได้ตามเวลาที่กำหนดไว้ และสามารถสั่งให้ระบบการทำความเย็นด้วยวิธีการระเหยของน้ำและระบบสเปรย์ละอองน้ำ ทำงานตามเงื่อนไขอุณหภูมิและเวลาที่กำหนดไว้ เพื่อรักษาให้อุณหภูมิภายในโรงเรือนไม่เกิน 30 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่แนะนำสำหรับการปลูกพืชไร้ดินในโรงเรือน โดยอุณหภูมิภายในโรงเรือนเฉลี่ย 30.45 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนเฉลี่ย 80.54 เปอร์เซ็นต์ ระบบสเปรย์ละอองน้ำทำงานเฉลี่ย 10 นาทีต่อวัน ระบบการทำความเย็นด้วยวิธีการระเหยของน้ำทำงานเฉลี่ย 6.37 ชั่วโมงต่อวัน ซึ่งจำนวนชั่วโมงการทำงานของระบบทำความเย็นด้วยวิธีการระเหยของน้ำขึ้นอยู่กับสภาพอากาศภายนอก เป็นการลดการใช้พลังงานไฟฟ้า น้ำ และคนงานได้ สามารถนำไปใช้ควบคุมการทำงานของโรงเรือนเพาะปลูกสำหรับบ้านพักอาศัยได้เป็นอย่างดี

**คำสำคัญ:** ระบบควบคุมอัตโนมัติ การปลูกพืชไร้ดิน โรงเรือนเพาะปลูก พีแอลซี

### Abstract

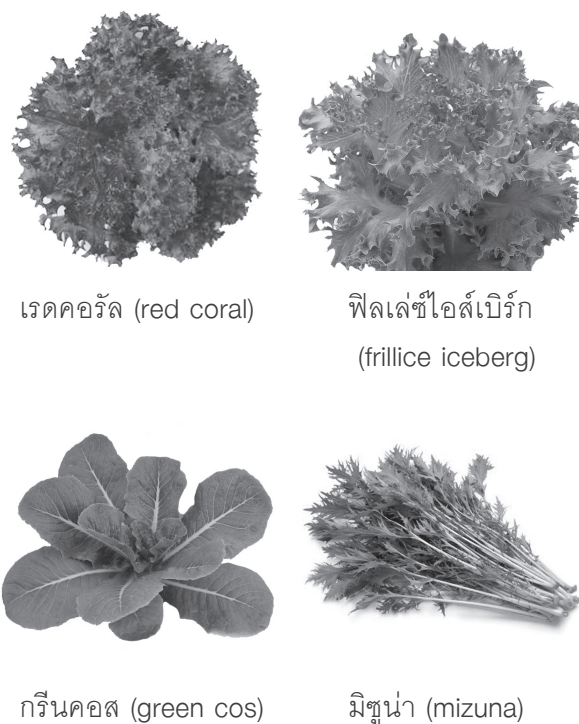
This paper presents the design and construction of PLC-based automatic control System of temperature and relative humidity in soilless culture greenhouse with an evaporative cooling system and fogging system. In this paper , we use programmable logic control for controller, an analog input device for receive analog signals from temperature and relative humidity sensor to processing in PLC, and use 2 digital voltmeters to displays the temperatures relative humidity in the greenhouse at the front of the control cabinet. The control system can be controlled with both manual control and automatic

control. The test result show the control system can automatically start and stop run as scheduled and can command the evaporative cooling system and fogging system run in the conditions of temperature and time specified to maintain the temperature in the greenhouse less than 30 degrees celsius that are the recommended temperature for soilless culture in the greenhouses, the average temperature in the greenhouse of 30.45 degrees celsius, the average relative humidity in the greenhouse of 80.54 percent, fogging system average run of 10 minutes per day and evaporative cooling system average run of 6.37 hours per day. The running hours of the evaporative cooling system is based on the weather outside greenhouse. This will reduce electric power consumption, water and labor as well as for the control of greenhouse for the home as well.

**Keywords:** automatic control system, soilless culture, greenhouse, PLC

## ความนำ

ปัจจุบันคนไทยหันมาใส่ใจดูแลรักษาสุขภาพมากขึ้น การบริโภคผักผลไม้เป็นปัจจัยสำคัญปัจจัยหนึ่งที่ช่วยเสริมสร้างสุขภาพร่างกายให้แข็งแรง ซึ่งผักปลอดสารพิษเป็นตัวเลือกหนึ่งที่มีความนิยมจากผู้บริโภคมากขึ้นเรื่อยๆ สำหรับผักปลอดสารพิษที่จำหน่ายอยู่ตามท้องตลาดในปัจจุบันมีหลายชนิด ได้แก่ ผักกาดหอม และผักกาดแก้ว รวมถึงผักเมืองหนาวประเภทผักสลัด เช่น Green Oak, Red Oak, Red Coral, Butter Head, Cos และ Iceberg เป็นต้น ภาพตัวอย่างพันธุ์ผักสลัดแสดงดังภาพ 1



ภาพ 1 ลักษณะพันธุ์ผักสลัด

ที่มา. จาก ลักษณะพันธุ์ผักสลัด. โดย phukethydro, ค้นจาก [www.phukethydro.com](http://www.phukethydro.com)

การปลูกผักปลอดสารพิษและผักเมืองหนาวโดยมากจะปลูกในบริเวณภาคเหนือของประเทศ ด้วยข้อจำกัดทางด้านดินฟ้าอากาศและอุณหภูมิ ทำให้ผลผลิตที่ได้ไม่สม่ำเสมอตลอดทั้งปี ส่งผลต่อปริมาณและคุณภาพที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภค จึงต้องมีการนำเข้าจากต่างประเทศ ซึ่งเป็นสาเหตุให้

ผักปลอดสารพิษจะมีราคาค่อนข้างสูง บางชนิดมีราคาสูงถึงกิโลกรัมละ 300 บาท บางชนิดจำหน่ายเป็นต้นในราคาสูงถึงต้นละ 25 บาท เมื่อเทียบกับผักไทยที่ปลูกด้วยวิธีปกติทั่วไป ซึ่งมีราคาประมาณกิโลกรัมละ 5-30 บาท

แต่เนื่องด้วยสภาวะโลกร้อนในปัจจุบัน เป็นสาเหตุให้สภาพ ดิน ฟ้า อากาศ แปรปรวนเป็นอย่างมาก อีกทั้งยังเกิดมหาอุทกภัยในปี พ.ศ. 2554 ทำให้เกิดผลกระทบต่อผลิตผลทางการเกษตรอย่างมาก ซึ่งในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา ประเทศไทยได้นำเทคโนโลยีทำให้สามารถปลูกผักเมืองหนาวได้แม้ในพื้นที่ที่มีอากาศร้อน อุณหภูมิสูงก็ตามเข้ามาใช้ โดยใช้เทคนิคที่เรียกว่า ไฮโดรโปนิคส์ (Hydroponics) มาช่วยในการปลูก ซึ่งนอกจากจะช่วยให้สามารถปลูกผักเมืองหนาวในเขตภาคกลางหรือในพื้นที่ที่อากาศร้อนได้แล้ว ยังได้ผลผลิตที่ดีและสม่ำเสมอไม่ขึ้นกับฤดูกาล สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้เร็วขึ้น อีกทั้งผักที่ได้ยังเป็นผักปลอดสารพิษอีกด้วย

การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินอธิบายได้ตามลักษณะระบบหรือวิธีการปลูกได้ 2 วิธีการ (ดิเรก ทองอร่าม: 2550) ดังนี้

1. ซับสเตรท คัลเจอร์ (Substrate Culture) เป็นการปลูกพืชบนดินโดยไม่ใช้ดินเป็นวัสดุปลูก แต่เป็นการปลูกพืชลงบนวัสดุปลูกชนิดต่าง ๆ ที่เป็นได้ทั้งอินทรีย์สารและอนินทรีย์สาร โดยพืชสามารถเจริญเติบโตบนวัสดุปลูกจากการได้รับสารละลายธาตุอาหารพืชที่มีน้ำผสมกับปุ๋ยหรือสารเคมีที่มีธาตุต่าง ๆ ที่พืชต้องการ (Nutrient solution) จากรากพืช

2. ไฮโดรโปนิคส์ (Hydroponics) เป็นการปลูกพืชที่ไม่ใช้วัสดุปลูก (Nonsubstance หรือ Water Culture) คือ การทำการปลูกพืชลงบนสารละลายธาตุอาหารพืช โดยให้รากพืชสัมผัสกับสารละลายธาตุอาหารโดยตรงนั่นเอง การปลูกพืชลักษณะนี้ต้องทำการควบคุมอุณหภูมิของสารละลายธาตุอาหารพืชให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืช

การปลูกพืชในโรงเรือนที่สามารถควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ให้มีสภาวะพอเหมาะแก่

การเจริญเติบโตของพืชพันธุ์ได้จะทำให้สามารถเพาะปลูกพืช ผัก ผลไม้ได้อย่างมีคุณภาพและมีปริมาณตามที่ต้องการ เนื่องด้วยผักไฮโดรโปนิคส์มีอายุเฉลี่ย 45 วัน ทั้งนี้ผู้ปลูกสามารถประมาณปริมาณสำหรับบริโภคและสำหรับจำหน่ายได้อย่างแน่นอนและจำนวนรอบการปลูกสูงกว่าการปลูกพืชแบบใช้ดิน อีกทั้งยังใช้พื้นที่น้อยกว่าอีกด้วย การปลูกผักในระบบไฮโดรโปนิคส์นั้นสิ่งที่จะต้องพิจารณา คือ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือน การนำระบบควบคุมอัตโนมัติเข้ามาใช้จะทำให้ ลดการใช้กำลังคน น้ำ และกระแสไฟฟ้า ซึ่งจะเป็นการประหยัดพลังงานที่ใช้ในโรงเรือนได้

## แนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

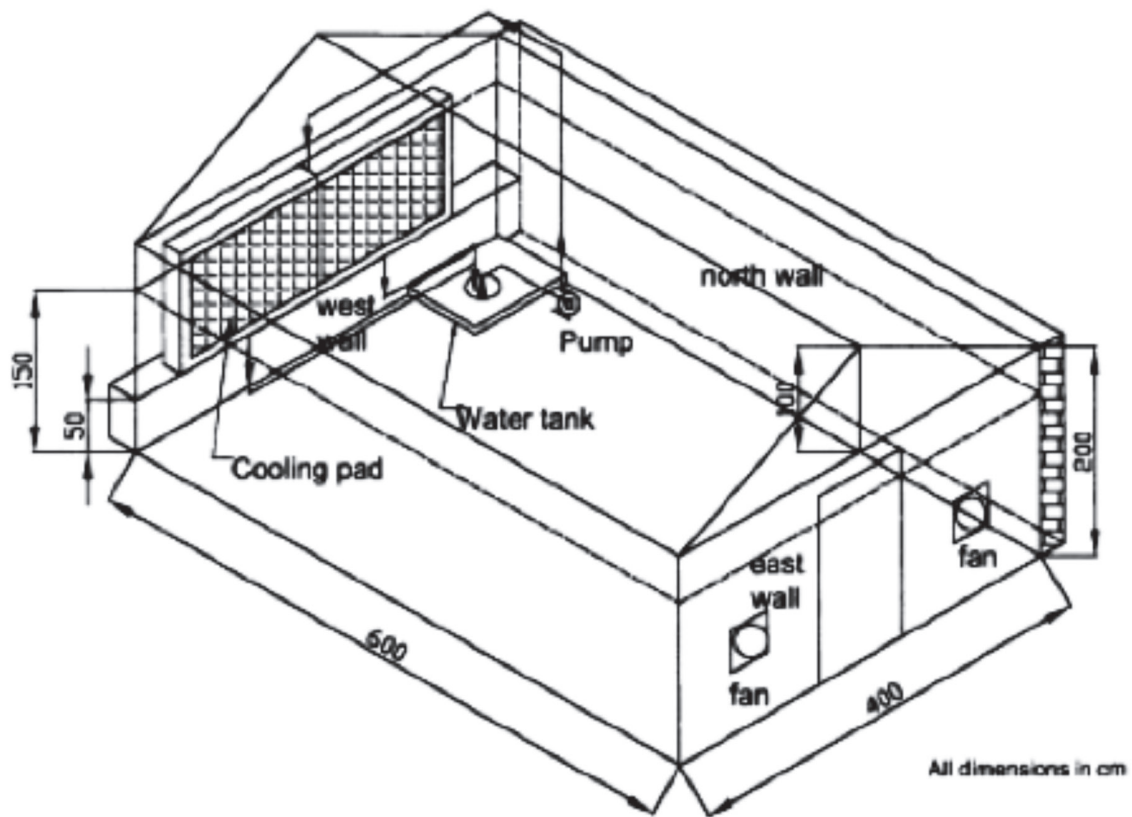
การปลูกพืชไร้ดินในระบบไฮโดรโปนิคส์ แบบ Nutrient Film Technique (NFT) ในโรงเรือนเพาะปลูกระบบปิด จะต้องควบคุมให้มีอุณหภูมิ 25-35 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 60-80 % อุณหภูมิภายในโรงปลูก 18-30 °C (ดิเรก ทองอร่าม, 2550; นพดล เรียบเลิศศิริ, 2553; โสระยา รุ่งรังสี, 2544; อาณัฐ ตันโช, 2552) การควบคุมดังกล่าวมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ผลผลิตที่คงที่ จึงต้องนำระบบควบคุมอัตโนมัติเข้ามาช่วยเพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้า และน้ำในการปลูกผักในโรงเรือน อีกทั้งลดการใช้แรงงานคนอีกด้วย ตัวอย่างโรงเรือนแบบ Evaporative Cooling System (Dilip Jain and Gopal Nath Tiwari: 2002) แสดงดังภาพ 2 การสเปรย์ละอองน้ำเพิ่มในโรงเรือนในช่วงเวลากลางวันจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ได้ดียิ่งขึ้น (A. Arbel, M. Barak and A. Shklyar: 2003) ภาพแสดงการติดตั้งหัวฉีดสเปรย์ละอองน้ำร่วมกับระบบ Evaporative Cooling System แสดงดังภาพ 3

## วัตถุประสงค์การวิจัย

จากข้อมูลข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะออกแบบสร้างระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนเพาะปลูกพืชไร้ดิน แบบทำความเย็นด้วยวิธีการระเหยของน้ำ (Evaporative Cooling System)

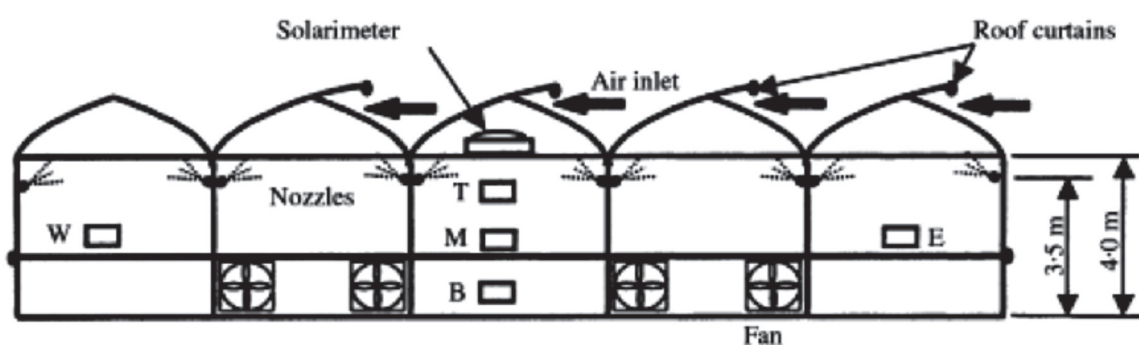
ร่วมกับการสเปรย์ละอองน้ำ (Fogging System หรือ Sprinkler) แบบอัตโนมัติ โดยใช้ PLC ในการควบคุม

การทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้สำหรับเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์และลดอุณหภูมิในโรงเรือนระบบปิด



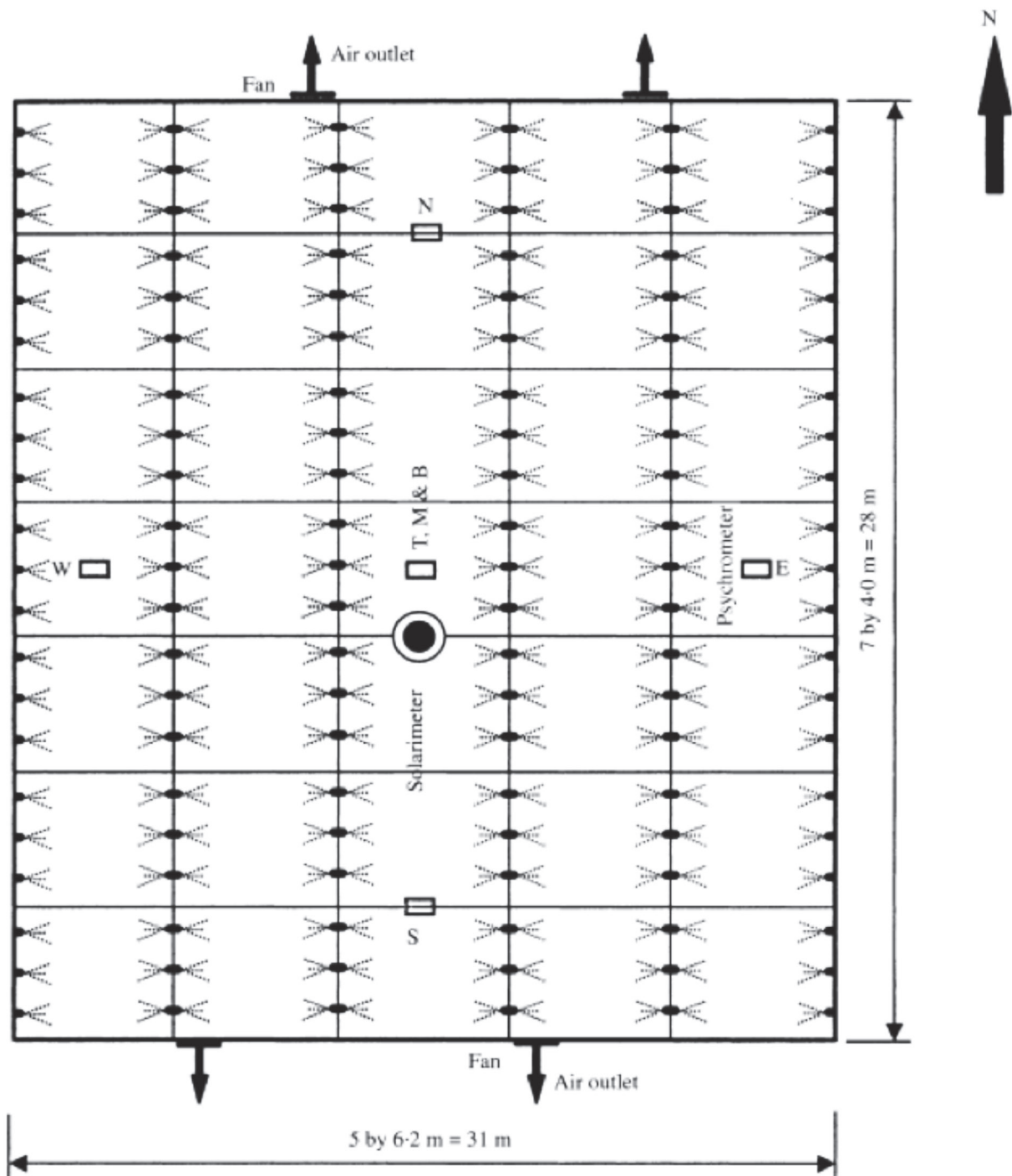
ภาพ 2 ภาพ Isometric ของโรงเรือนแบบ Evaporative Cooling System

Note. from Modeling and optimal design of evaporative cooling system in controlled environment greenhouse, (2002), by Dilip Jain & Tiwari, J. N., *Biosystems Engineering*, 84(1), 45-55.



ภาพ 3 การติดตั้งหัวฉีดสเปรย์ละอองน้ำร่วมกับระบบ Evaporative Cooling System

Note. from Combination of Forced Ventilation and Fogging Systems for Cooling Greenhouses. (2003), by Arbel, M. A., Barak, A. & Shklyar, A. *Biosystems Engineering*, 84(1), 45-55.



ภาพ 3 (ต่อ)

### ข้อกำหนดของการออกแบบ

ข้อกำหนดในการออกแบบสร้างระบบควบคุม อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนเพาะปลูกพืช ไร่ดิน แบบทำความเย็นด้วยวิธีการระเหยของน้ำร่วมกับการสเปรย์ละอองน้ำ แบบอัตโนมัติ โดยใช้ PLC มีดังนี้

1. ใช้ PLC เป็นอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนให้ไม่เกิน 30 องศาเซลเซียส โดยรับสัญญาณอะนาลอกของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนจากเซ็นเซอร์ ส่งไปประมวลผลใน PLC และสั่งให้อุปกรณ์ต่างๆ ทำงานตามที่กำหนด และสามารถเลือกโหมดการทำงานได้

ทั้งแบบควบคุมด้วยมือ (Manual) และแบบควบคุมอัตโนมัติ (Automatic)

2. ระบบทำความเย็นด้วยวิธีการระเหยของน้ำ ประกอบด้วย พัดลมระบายอากาศ พิกัด 220 V, 50 Hz, 370 W จำนวน 1 เครื่อง สำหรับลดอุณหภูมิและเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือน พัดลมระบายอากาศขนาดเล็ก 220 V, 50 Hz, 28 W จำนวน 2 เครื่อง สำหรับระบายอากาศในโรงเรือนขณะที่พัดลมระบายอากาศขนาดใหญ่หยุดการทำงาน (ทำงานสลับกัน) ปั๊มน้ำของ Cooling Pad พิกัด 220 V, 50 Hz, 60 W จำนวน 1 เครื่อง โดยสามารถสั่งให้ทำงานได้อัตโนมัติในกรณีที่อุณหภูมิสูงกว่า 30 องศาเซลเซียส

3. ระบบสเปรย์ละอองน้ำ คือ ปั๊มน้ำ พิกัด 220 V, 50 Hz, 180 W จำนวน 1 เครื่อง สำหรับช่วยระบบทำความเย็นด้วยวิธีการระเหยของน้ำลดอุณหภูมิและเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือน โดยสามารถสั่งให้ทำงานเป็นช่วงเวลาตามที่กำหนด และทำงานอัตโนมัติในกรณีที่อุณหภูมิสูงกว่า 33 องศาเซลเซียส

### ข้อกำหนดของการทดสอบ

การทดสอบเก็บผลระบบควบคุมที่ออกแบบสร้างแล้วเสร็จ จะทำการเก็บผลโดยใช้อุปกรณ์เก็บข้อมูล (Data Acquisition; DAQ) ที่สามารถรับสัญญาณแรงดันจากเซ็นเซอร์อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ทั้งภายในและภายนอกโรงเรือน และการทำงานของระบบทำความเย็นด้วยวิธีการระเหยของน้ำและระบบสเปรย์ละอองน้ำ โดยทำการทดสอบเก็บผล 2 สัปดาห์ บันทึกค่าต่างๆ ทุก 1 วินาที เพื่อให้สามารถพิจารณาประสิทธิผลของระบบควบคุม เปรียบเทียบอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ระหว่างภายในโรงเรือนและภายนอกโรงเรือน และการทำงานของระบบทำความเย็นด้วยวิธีการระเหยของน้ำและระบบสเปรย์ละอองน้ำ ได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

### การออกแบบโปรแกรมการควบคุม

จากข้อกำหนดข้างต้น สามารถจำแนกกลุ่มอุปกรณ์ได้ดังนี้

#### อุปกรณ์อินพุต

- Push Button Switch จำนวน 6 ตัว ได้แก่ ON/OFF ระบบควบคุม ON/OFF ระบบ Evaporative Cooling System และ ON/OFF Fogging System หรือระบบสเปรย์ละอองน้ำ หรือสปริงเกอร์

- Selector Switch จำนวน 1 ตัว สำหรับเลือกโหมดการทำงาน Manual/Automatic

- Temperature and Relative Humidity Sensor ยี่ห้อ PRIMUS รุ่น HM-004-00 พิกัดอินพุต 0-100 °C, 0-100 % เอาท์พุต 0-10 Vdc จำนวน 1 ตัวสำหรับรับค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือน

#### อุปกรณ์เอาท์พุต

- Evaporative Cooling System

- Sprinkler System

หมายเหตุ: เอาท์พุตของ PLC ไม่สามารถขับ Evaporative Cooling System และ Sprinkler System ได้โดยตรง จึงใช้เอาท์พุตของ PLC ไปขับ Relay และ Magnetic Contractor เพื่อให้สามารถสั่งการให้ Evaporative Cooling System และ Sprinkler System ทำงานได้

#### อุปกรณ์ควบคุม

- PLC ยี่ห้อ OMRON รุ่น CPM2A-20CDR-D โดยมี 20 I/O แบ่งเป็น 12 อินพุต และ 8 เอาท์พุต ซึ่งเพียงพอต่อจำนวนอินพุตและเอาท์พุตที่ต้องการควบคุม

- Analog Input ยี่ห้อ OMRON รุ่น CPM1A-MAD01 พิกัดอินพุต 10 Vdc โดยมี อะนาลอกอินพุต

จำนวน 2 ช่อง ซึ่งเพียงพอต่ออินพุตที่ต้องการจะรับค่า คือ อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ เพื่อป้อนให้แก่ PLC สำหรับประมวลผล

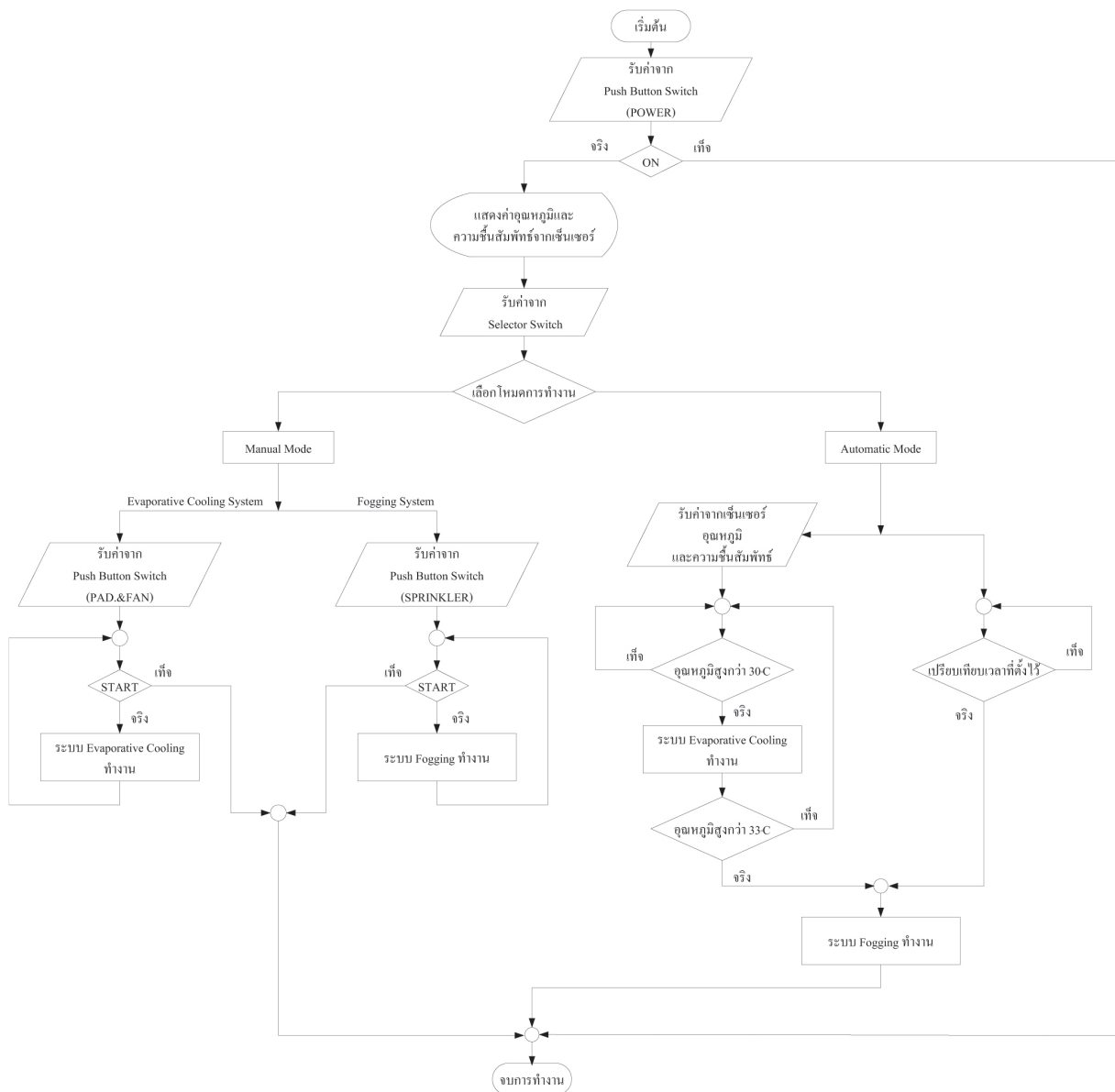
อุปกรณ์แสดงผล

- Pilot Lamp จำนวน 3 หลอด สำหรับแสดงสถานะการทำงานของระบบควบคุม การทำงานของ

Evaporative Cooling System และการทำงานของ Sprinkler System

- DC Volt Meter พิกัด 0-10 V<sub>dc</sub> จำนวน 2 ตัว สำหรับแสดงค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือน

จากข้อกำหนดและอุปกรณ์จะสามารถเขียนแผนผังการทำงานของระบบควบคุมได้ดังภาพ 4

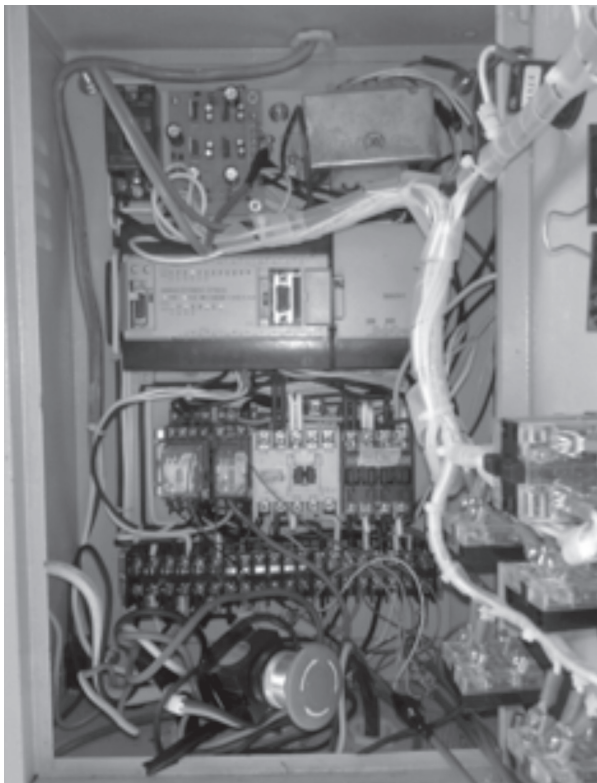


ภาพ 4 แผนผังการทำงานของระบบควบคุม

จากแผนผังการทำงานของระบบควบคุม จะสามารถเขียนโปรแกรมควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนเพาะปลูกแบบอัตโนมัติควบคุมด้วย PLC ได้ โดย Ladder Diagram ศึกษาได้จาก รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ (ธนากร น้ำหอมจันทร์ และ อติกร เสรีพัฒนานนท์: 2556)

### การออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์ในตู้ควบคุม

จากข้อกำหนดและอุปกรณ์ที่ใช้ในการออกแบบ สร้างระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนเพาะปลูกพืชไร้ดิน แบบทำความเย็น ด้วยวิธีการระเหยของน้ำร่วมกับการสเปรย์ละอองน้ำแบบอัตโนมัติ โดยใช้ PLC ในการติดตั้งอุปกรณ์ในตู้ควบคุมจะต้องคำนึงถึงขนาดของอุปกรณ์ที่จะติดตั้งในตู้ควบคุม จากขนาดของอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ โดยเลือกใช้ตู้ควบคุมขนาดมาตรฐาน MS1 ขนาด 30 × 45 × 17 เซนติเมตร โดยมีลักษณะการจัดวางและการติดตั้งอุปกรณ์ในตู้ควบคุม แสดงดังภาพที่ 5 และ 6



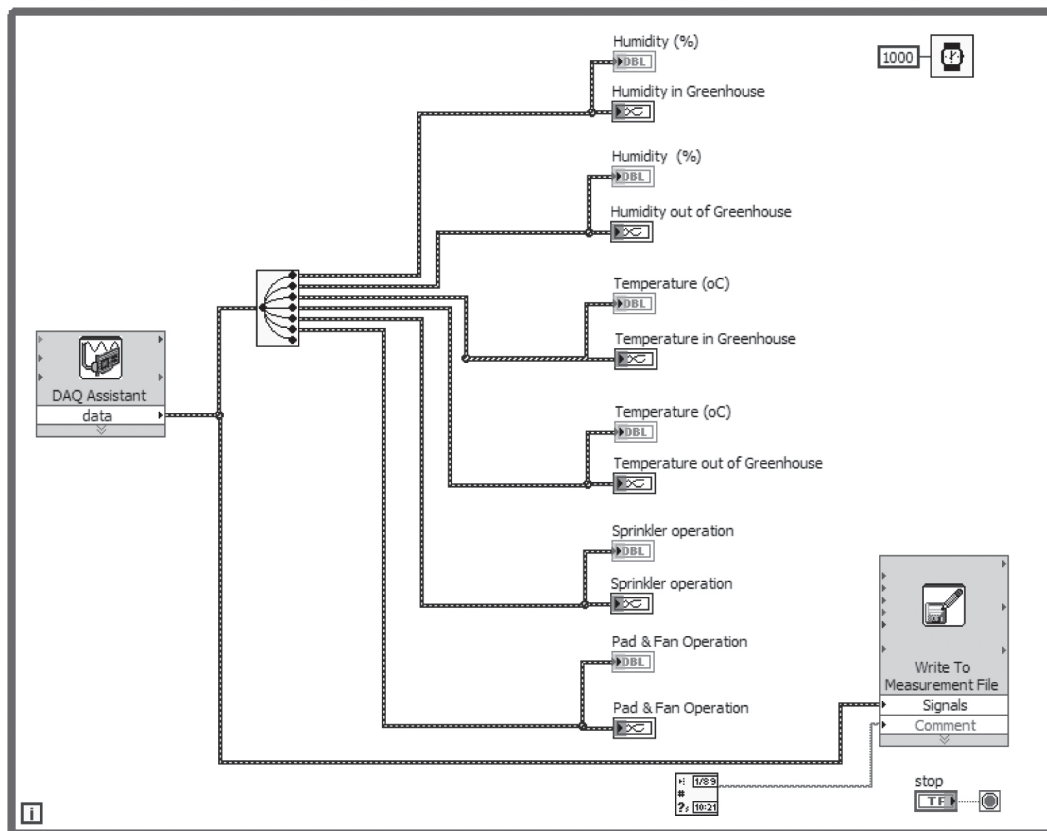
ภาพ 5 การติดตั้งอุปกรณ์ภายในตู้ควบคุม



ภาพ 6 การติดตั้งอุปกรณ์ภายนอกตู้ควบคุม

### การออกแบบระบบวัด

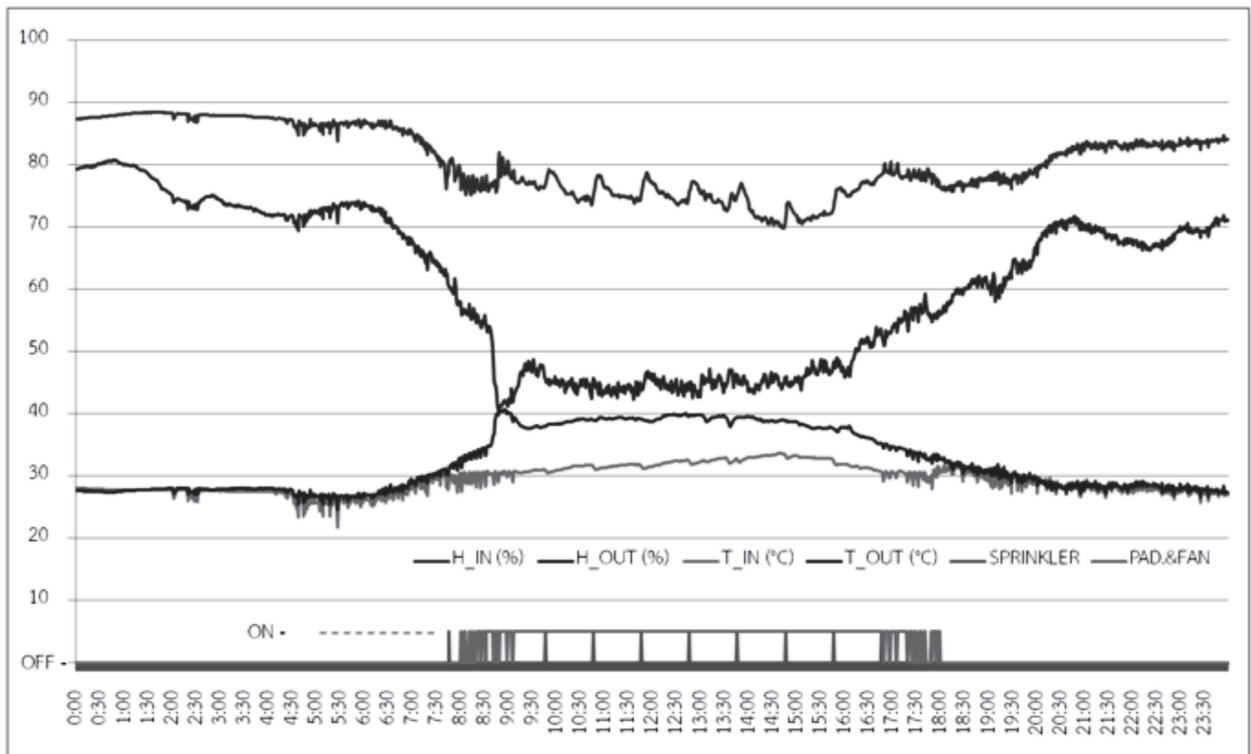
ระบบวัดของงานวิจัยนี้ใช้อุปกรณ์เก็บข้อมูล LabVIEW รุ่น NI-USB 6008 ใช้งานเป็น monitoring ในการวัดและค่าต่าง ๆ เช่น อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ทั้งภายในและภายนอกโรงเรือนรวมถึงการทำงานของ Evaporative Cooling System และ Fogging System และบันทึกค่าเป็นไฟล์ข้อมูล โดยทดสอบเก็บผล 2 สัปดาห์ บันทึกค่าต่าง ๆ ทุก 1 วินาที เพื่อให้สามารถพิจารณาประสิทธิภาพผลของระบบควบคุม สามารถเปรียบเทียบอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ระหว่างภายในโรงเรือน และภายนอกโรงเรือน และการทำงานของระบบ Evaporative Cooling System และ Fogging System ได้ชัดเจนยิ่งขึ้น Block Diagram ของระบบวัดที่เขียนบนโปรแกรม LabVIEW แสดงดังภาพที่ 7 และ Front Panel ของระบบวัดที่เขียนบนโปรแกรม LabVIEW แสดงดังภาพ 8



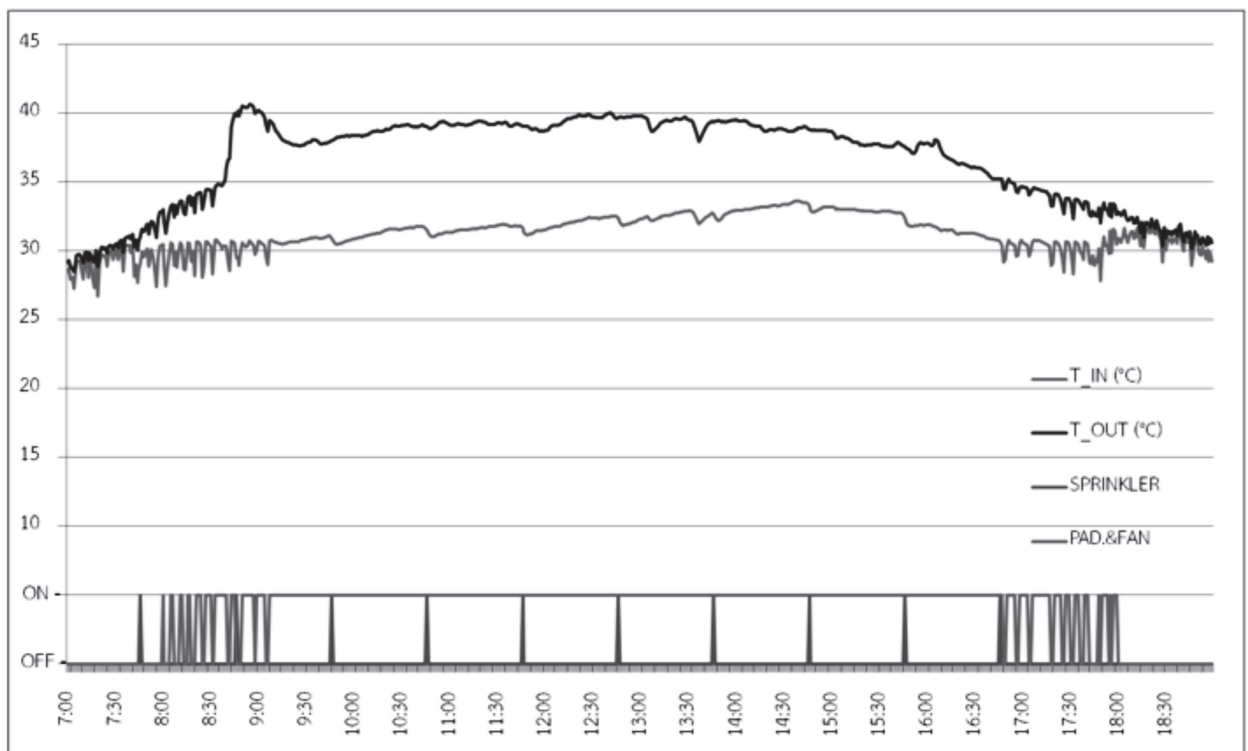
ภาพ 7 Block Diagram ของระบบวัดที่เขียนบนโปรแกรม LabVIEW



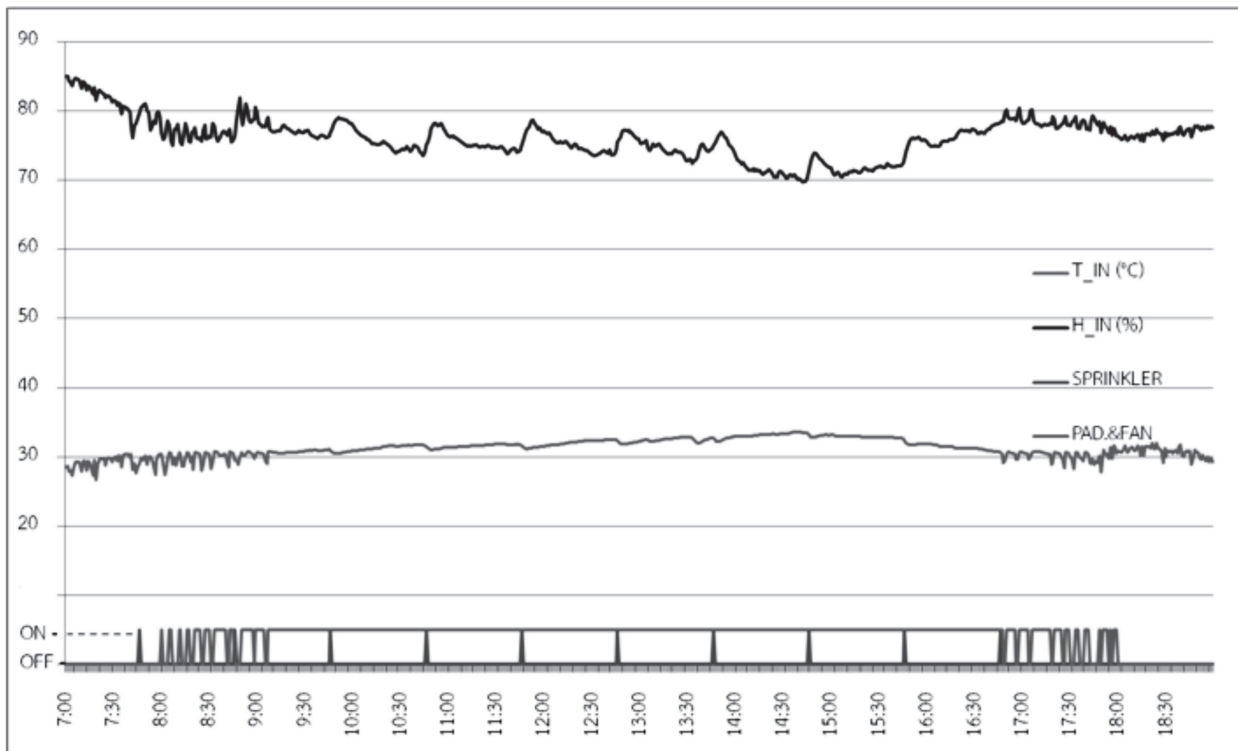
ภาพ 8 Front Panel ของระบบวัดที่เขียนบนโปรแกรม LabVIEW



ภาพ 9 ผลการทดสอบระบบควบคุมที่ออกแบบสร้างใน 1 วัน ของวันที่ 9 มิถุนายน พ.ศ. 2556



ภาพ 10 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในและภายนอกโรงเรือนและการทำงานของระบบ ในช่วงเวลา 07.00-19.00 น. ของวันที่ 9 มิถุนายน พ.ศ. 2556



ภาพ 11 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนและการทำงานของระบบ ในช่วงเวลา 07.00-19.00 น. ของวันที่ 9 มิถุนายน พ.ศ. 2556

จากภาพ 9-11

H\_IN (%) คือ ความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือน หน่วยเป็น %

H\_OUT (%) คือ ความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกโรงเรือน หน่วยเป็น %

T\_IN (°C) คือ อุณหภูมิภายในโรงเรือน หน่วยเป็น °C

T\_OUT (°C) คือ อุณหภูมิภายนอกโรงเรือน หน่วยเป็น °C

SPRINKLER คือ การทำงานของระบบ Fogging System

PAD.&FAN คือ การทำงานของระบบ Evaporative Cooling System

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือน เพาะปลูกพืชไร้ดิน แบบทำความเย็นด้วยวิธีการระเหยของน้ำร่วมกับการสเปรย์ละอองน้ำ แบบอัตโนมัติ โดยใช้ PLC ตลอด 2 สัปดาห์ โดยภาพที่ 9 -11 เป็นกราฟตัวอย่างที่ทำการบันทึกผลใน 1 วัน (วันที่ 9 มิถุนายน 2556) สำหรับค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์การทำงานของระบบทำความเย็นด้วยวิธีการระเหยของน้ำและระบบสเปรย์ละอองน้ำ เฉลี่ยใน 1 วัน ในช่วงเวลา 08.00-18.00 น. ตลอด 2 สัปดาห์ที่ทำการทดสอบเก็บผล แสดงดังตารางที่ 1

## ตาราง 1

ผลการทดสอบเก็บผลอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ และการทำงานของระบบทำความเย็นด้วยวิธีการระเหยของน้ำและระบบสปริงเกอร์ของน้ำ

| วัน/เดือน/ปี | ข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา |        |                            |                         | ผลการทดสอบ (นอกโรงเรือน) |                     |                      |                     | ผลการทดสอบ (ในโรงเรือน) |                     |                      |       |                              |                                |
|--------------|---------------------------|--------|----------------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------|----------------------|---------------------|-------------------------|---------------------|----------------------|-------|------------------------------|--------------------------------|
|              | อุณหภูมิ                  |        | ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย (%) | ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย (มม.) | อุณหภูมิ                 |                     | ความชื้นสัมพัทธ์ (%) |                     | อุณหภูมิ                |                     | ความชื้นสัมพัทธ์ (%) |       | SPRIKLER<br>ทำงาน<br>(นาทีก) | PAD.&FAN<br>ทำงาน<br>(ชั่วโมง) |
|              | (°C)                      |        |                            |                         | (°C)                     |                     |                      |                     | (°C)                    |                     |                      |       |                              |                                |
|              | สูงสุด                    | ต่ำสุด |                            |                         | เฉลี่ย 24 ชั่วโมง        | เฉลี่ย 12 ชั่วโมง** | เฉลี่ย 24 ชั่วโมง    | เฉลี่ย 12 ชั่วโมง** | เฉลี่ย 24 ชั่วโมง       | เฉลี่ย 12 ชั่วโมง** |                      |       |                              |                                |
|              |                           |        |                            |                         |                          |                     |                      |                     |                         |                     |                      |       |                              |                                |
| 30 พ.ค. 56   | 37.0                      | 27.5   | ไม่มีข้อมูล                | ไม่มีข้อมูล             | 31.06                    | 33.36               | 66.61                | 59.54               | 29.49                   | 30.31               | 83.89                | 81.45 | 10.00                        | 5.07                           |
| 31 พ.ค. 56   | 33.6                      | 26.4   | ไม่มีข้อมูล                | ไม่มีข้อมูล             | 30.04                    | 32.79               | 68.33                | 59.82               | 28.85                   | 30.17               | 83.73                | 80.23 | 10.00                        | 4.57                           |
| 1 มิ.ย. 56   | 37.0                      | 25.0   | 70.5                       | 0                       | 31.58                    | 36.13               | 63.92                | 48.77               | 29.06                   | 30.59               | 81.93                | 76.72 | 10.00                        | 8.38                           |
| 2 มิ.ย. 56   | 37.0                      | 24.5   | 72.0                       | 0                       | 29.99                    | 32.66               | 69.61                | 62.56               | 28.94                   | 30.34               | 84.59                | 81.38 | 10.00                        | 6.00                           |
| 3 มิ.ย. 56   | 36.0                      | 24.9   | 80.2                       | 0.1                     | 30.11                    | 33.08               | 70.67                | 62.66               | 28.92                   | 30.47               | 84.72                | 81.23 | 10.00                        | 6.55                           |
| 4 มิ.ย. 56   | 36.0                      | 25.6   | 83.0                       | 2.2                     | 30.28                    | 32.75               | 70.68                | 63.02               | 29.21                   | 30.40               | 84.90                | 81.35 | 10.00                        | 6.38                           |
| 5 มิ.ย. 56   | 33.8                      | 25.2   | 85.5                       | 5.4                     | 28.36                    | 30.51               | 76.21                | 70.39               | 28.30                   | 29.73               | 86.65                | 83.82 | 10.00                        | 4.00                           |
| 6 มิ.ย. 56   | 33.5                      | 23.6   | 88.9                       | 23.9                    | 29.53                    | 32.53               | 72.22                | 62.88               | 28.59                   | 30.27               | 85.46                | 81.26 | 10.00                        | 5.30                           |
| 7 มิ.ย. 56   | 34.0                      | 24.0   | 84.1                       | 12.8                    | 30.54                    | 33.65               | 70.27                | 60.48               | 29.12                   | 30.51               | 84.84                | 81.19 | 10.00                        | 6.77                           |
| 8 มิ.ย. 56   | 35.6                      | 24.2   | 69.8                       | 0                       | 31.74                    | 35.79               | 65.14                | 52.73               | 29.41                   | 30.95               | 82.80                | 78.55 | 10.00                        | 9.80                           |
| 9 มิ.ย. 56   | 38.5                      | 24.2   | 62.6                       | 0                       | 32.27                    | 36.58               | 60.67                | 49.72               | 29.40                   | 31.26               | 80.56                | 76.11 | 10.00                        | 9.13                           |
| 10 มิ.ย. 56  | 36.0                      | 26.8   | 71.8                       | 1.4                     | 30.92                    | 34.56               | 66.80                | 55.98               | 28.88                   | 30.45               | 82.86                | 79.34 | 10.00                        | 5.50                           |
| 11 มิ.ย. 56  | 35.0                      | 25.0   | 83.2                       | 18.8                    | 30.15                    | 33.09               | 72.79                | 64.40               | 29.33                   | 30.77               | 85.41                | 82.19 | 10.00                        | 6.63                           |
| 12 มิ.ย. 56  | 32.5                      | 24.8   | 84.1                       | 5.6                     | 28.97                    | 31.42               | 74.86                | 67.40               | 28.63                   | 29.99               | 85.97                | 82.69 | 10.00                        | 5.05                           |

ที่มา. จาก กรมอุตุนิยมวิทยา, โดย สถานี สกษ. ปทุมธานี, ค้นจาก <http://www.tmd.go.th/>

\*\* ช่วงเวลา 07.00-19.00 น.

## ผลการวิจัย

ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนเพาะปลูกพืชไร้ดินแบบระบบทำความเย็นด้วยวิธีการระเหยของน้ำรวมกับการสปริงเกอร์ของน้ำแบบอัตโนมัติ โดยใช้ PLC OMRON รุ่น CPM2A-20CDR-D เป็นอุปกรณ์ควบคุม ซึ่งรับค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ จากเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ยี่ห้อ PRIMUS รุ่น HM-004-00 ใช้ Analog Input ยี่ห้อ OMRON รุ่น CPM1A-MAD01

สำหรับรับสัญญาณอะนาลอกจากจากเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์เพื่อส่งให้กับ PLC ประมวลผล และใช้ดิจิทัลวอลท์มิเตอร์แสดงค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนที่หน้าตู้ควบคุม

ระบบควบคุมที่ออกแบบสร้างสามารถทำงานได้ทั้งแบบการควบคุมด้วยมือ (Manual) และแบบอัตโนมัติ (Automatic) โดยแบบควบคุมด้วยมือสามารถเปิด/ปิดการทำงานของระบบทำความเย็นด้วยวิธีการระเหยของน้ำ ซึ่งประกอบด้วย พัดลมระบายอากาศพัด 220 V,

50 Hz, 370 W จำนวน 1 เครื่อง พัดลมระบายอากาศ ขนาดเล็ก 220 V, 50 Hz, 28 W จำนวน 2 เครื่อง และ ปั้มน้ำ พัก 220 V, 50 Hz, 60 W จำนวน 1 เครื่อง และระบบสเปรย์ละอองน้ำ คือ ปั้มน้ำพัก 220 V, 50 Hz, 180 W จำนวน 1 เครื่อง ได้ตามต้องการ โดยมี Pilot Lamp จำนวน 3 หลอด สำหรับแสดงสถานะ การทำงานของระบบควบคุมอัตโนมัติ การทำงาน ของระบบทำความเย็นด้วยวิธีการระเหยของน้ำและ การทำงานของระบบสเปรย์ละอองน้ำ สำหรับการ ควบคุมแบบอัตโนมัติ ระบบควบคุมจะสั่งการ ให้ระบบทำความเย็นด้วยวิธีการระเหยของน้ำทำงาน เมื่ออุณหภูมิภายในโรงเรือนสูงกว่า 30 องศาเซลเซียส และเมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 33 องศาเซลเซียส ระบบ ควบคุมจะสั่งการให้ระบบสเปรย์ละอองน้ำทำงาน ร่วมกับระบบทำความเย็นด้วยวิธีการระเหยของน้ำและ จะสั่งให้ระบบสเปรย์ละอองน้ำทำงานตามเวลาที่กำหนด เช่น ทำงานทุกชั่วโมง ชั่วโมงละ 5 นาที โดยการควบคุม แบบอัตโนมัติจะสั่งการให้ระบบทำความเย็นด้วยวิธีการ ระเหยของน้ำและระบบสเปรย์ละอองน้ำทำงานในช่วง เวลา 07.00-18.00 น. ของทุกวัน ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ เมื่อไม่มีระบบควบคุมอัตโนมัติจะส่งผลให้อุณหภูมิ ภายในโรงเรือนจะสูงกว่า 30 °C ซึ่งอุณหภูมิดังกล่าว จะส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืชไร้ดินที่ปลูกใน โรงเรือน

จากผลการทดสอบเก็บผลอุณหภูมิและ ความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนเปรียบเทียบกับภายนอก โรงเรือนและการทำงานของระบบทำความเย็นด้วย วิธีการระเหยของน้ำ (PAD.&FAN) และระบบสเปรย์ ละอองน้ำ (SPRINKLER) เมื่อติดตั้งระบบควบคุม อัตโนมัติ อธิบายได้ดังนี้

ระบบควบคุมอัตโนมัติสามารถเริ่มและหยุด การทำงานได้ตามที่กำหนดไว้ซึ่งช่วงเวลา 08.00-17.00 น. เป็นช่วงเวลาที่อุณหภูมิภายในโรงเรือนสูงกว่า 30 °C โดยการทำงานแบบอัตโนมัติจะเริ่มทำงานที่เวลา 07.00 น. และหยุดการทำงานที่เวลา 18.00 น. อีกทั้ง ทำการสเปรย์ละอองน้ำได้ตามเวลาที่กำหนดเพื่อช่วย ลดอุณหภูมิในโรงเรือน

ระบบควบคุมอัตโนมัติจะสั่งการให้ ระบบ ทำความเย็นด้วยวิธีการระเหยของน้ำทำงานเมื่อ อุณหภูมิภายในโรงเรือนสูงกว่า 30 °C และเมื่ออุณหภูมิ ภายในโรงเรือนสูงกว่า 33 °C ระบบควบคุมอัตโนมัติ จะสั่งการให้ระบบสเปรย์ละอองน้ำร่วมทำงานด้วย เพื่อช่วยลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนอยู่ในช่วงที่กำหนด และเมื่ออุณหภูมิภายในโรงเรือนต่ำกว่า 30 °C ระบบ ทำความเย็นด้วยวิธีการระเหยของน้ำและระบบสเปรย์ ละอองน้ำจะไม่ทำงาน และจะหยุดทำงานในช่วงเวลา 18.00 น. ถึง 07.00 น. ของวันต่อไปซึ่งเป็นช่วงที่ อุณหภูมิเฉลี่ยต่ำกว่า 30 °C

จากการทำงานของระบบควบคุมอัตโนมัติและ ผลการทดสอบเก็บผล สามารถสรุปได้ดังนี้ ระบบควบคุม อัตโนมัติสามารถเริ่มและหยุดการทำงานได้ตามเวลาที่ กำหนดไว้ และสามารถสั่งการให้ระบบทำความเย็น ด้วยวิธีการระเหยของน้ำและระบบสเปรย์ละอองน้ำ ทำงานตามเงื่อนไขอุณหภูมิและเวลาที่กำหนดไว้ เพื่อ รักษาให้อุณหภูมิภายในโรงเรือนไม่เกิน 30 °C ซึ่งเป็น อุณหภูมิที่แนะนำสำหรับการปลูกพืชไร้ดินในโรงเรือน ซึ่งจะเป็นการลดใช้พลังงานไฟฟ้า น้ำ และคนงานได้ อีกทั้งเหมาะสำหรับการควบคุมการทำงานของโรงเรือน เพาะปลูกสำหรับบ้านพักอาศัยได้เป็นอย่างดี

## การอภิปรายผล

จากการทดสอบเก็บผล ตลอด 2 สัปดาห์ เพื่อประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบควบคุม อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนเพาะปลูกพืช ไร้ดิน แบบทำความเย็นด้วยวิธีการระเหยของน้ำร่วมกับ การสเปรย์ละอองน้ำ แบบอัตโนมัติ โดยใช้ PLC ระบบ ควบคุมอัตโนมัติที่ออกแบบสร้างขึ้นสามารถทำงาน ได้ตรงตามเงื่อนไขที่ออกแบบทั้งการทำงานตามเวลาที่ กำหนดและรักษาอุณหภูมิภายในโรงเรือนไม่ให้เกิน 30 องศาเซลเซียส โดยการสั่งให้ระบบทำความเย็น ด้วยวิธีการระเหยของน้ำและ ระบบสเปรย์ละอองน้ำ ทำงานตามเงื่อนไข

ผลจากการทดสอบ 2 สัปดาห์ พบว่า อุณหภูมิภายในโรงเรือนเฉลี่ย 30.45 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนเฉลี่ย 80.54 เปอร์เซ็นต์ ระบบสเปร์ยละอองน้ำทำงานเฉลี่ย 10 นาทีต่อวัน ระบบทำความเย็นด้วยวิธีการระเหยของน้ำทำงานเฉลี่ย 6.37 ชั่วโมงต่อวัน ซึ่งจำนวนชั่วโมงการทำงานของระบบทำความเย็นด้วยวิธีการระเหยของน้ำจะขึ้นอยู่กับสภาพอากาศภายนอกเป็นสำคัญ

## กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการส่งเสริมและสนับสนุนทุนวิจัยจาก โครงการ “Undergraduate Research Project” เรื่อง ต้นแบบโรงเรือนปลูกผักไฮโดรโปนิคส์แบบอัตโนมัติสำหรับบ้านพักอาศัย จากมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย ประจำปีการศึกษา 2555 ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์ และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้ และขอขอบพระคุณ รศ.ดร.ปิติเขต สุรักษา และ รศ.ดิเรก ทองอร่าม ที่กรุณาพิจารณาข้อเสนอโครงการวิจัยและให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัยนี้

## เอกสารอ้างอิง

- ดิเรก ทองอร่าม. (2550). *การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน: หลักการจัดการการผลิตและเทคโนโลยีการผลิตเชิงธุรกิจในประเทศไทย* (ฉบับปรับปรุงใหม่พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพมหานคร: พิมพ์ดีการพิมพ์
- ณรงค์ ต้นชีวะวงศ์. (2542). *ระบบ PLC*. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ ส.ส.ท. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- ธนากร น้ำหอมจันทร์ และ อติกร เสรีพัฒนานนท์. (2556). *ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนเพาะปลูกพืชไร้ดินแบบ Evaporative Cooling System ร่วมกับการสเปร์ยละอองน้ำ แบบอัตโนมัติ โดยใช้ PLC*. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ ทุนวิจัยมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย ประจำปีการศึกษา 2555
- ธีรศิลป์ ทุมวิภาต และ สุภาพร จำปาทอง. (2545). *เรียนรู้ PLC ขั้นต้นด้วยตัวเอง*. กรุงเทพมหานคร: บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน)
- นพดล เรียบเลิศหิรัญ. (2553). *การปลูกพืชไร้ดิน* (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพมหานคร: สุวีริยาสาส์น.
- รุ่งโรจน์ สงวนวัฒนา. (มปป). *เอกสารประกอบการสอนรายวิชาคอมพิวเตอร์ในงานอุตสาหกรรม. คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร*
- โสระยา ร่วมรังสี. (2544). *การผลิตพืชสวนแบบไม่ใช้ดิน*. กรุงเทพมหานคร: โอเดียนสโตร์.
- อานัฐ ตันโช. (2552). *คู่มือการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน*. เชียงใหม่: ทริโอ แอดเวอร์ไทซิง แอนด์ มีเดีย
- Arbel, A. Barak, M. & Shklyar, A. (2003). Combination of Forced Ventilation and Fogging Systems for Cooling Greenhouses. *Biosystems Engineering*. 84(1), pp. 45-55.
- Dilip Jain & Tiwari, G. N. (2002). Modeling and optimal design of evaporative cooling system in controlled environment greenhouse. *Energy Conversion and Management*. 43. 2235-2250.
- Omron. SYSMAC CPM2A Programmable Controllers OPERATION MANUAL.pdf