

การออกแบบระบบควบคุมสภาพแวดล้อมสำหรับโรงเรือนปลูกกล้วยา



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2565

DESIGNING ENVIRONMENT CONTROL SYSTEM FOR CANNABIS
CULTIVATION GREENHOUSE



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Degree of Master of Engineering in Mechatronic Engineering
Suranaree University of Technology
Academic Year 2022

การออกแบบระบบควบคุมสภาพแวดล้อมสำหรับโรงเรือนปลูกกล้วยา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



(รศ. ดร.กานต์ เกิดชื่น)

ประธานกรรมการ



(ผศ. ดร.อุเทน ลีตัน)

กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)



(รศ. ดร.จิระพล ศรีเสรีวงษ์)

กรรมการ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



(รศ. ดร.ฉัตรชัย โชติษฐียงกุล)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและประกันคุณภาพ



(รศ. ดร.พรศิริ จงกล)

คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

คงศักดิ์ สิงห์ตัน : การออกแบบระบบควบคุมสภาพแวดล้อมสำหรับโรงเรือน
ปลูกกัญชา (DESIGNING ENVIRONMENT CONTROL SYSTEM FOR CANNABIS
CULTIVATION GREENHOUSE) อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุเทน ลีตัน,
79 หน้า.

คำสำคัญ: ระบบควบคุม/สภาพแวดล้อม/โรงเรือน

งานวิจัยนี้นำเสนอการออกแบบ และระบบควบคุมสภาพแวดล้อมสำหรับโรงเรือนปลูกกัญชา โดยควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ภายใต้แสงจากหลอดไฟ LED ระบบสเปร์รดินน้ำ และระบบดูดอากาศจากพัดลม โดยงานนี้จะเน้นการทดสอบระบบ และฟังก์ชันการทำงานให้เป็นตามที่ออกแบบไว้ให้ และสอดคล้องกับการเจริญเติบโตของกัญชา โดยไม่ได้ทำการปลูกกัญชาในโรงเรือนจริง ในการทดสอบสมรรถนะของระบบใช้การเก็บข้อมูลทุก ๆ รายชั่วโมง เป็นเวลา 1 สัปดาห์ ทั้งอุณหภูมิ ความชื้น จากเซนเซอร์ที่เป็นสัญญาณขาเข้า ให้แก่ระบบของไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อที่จะไปสั่งการ ภาควิชาออก คือ มอเตอร์ปั๊มน้ำสเปร์ มอเตอร์พัดลมดูดอากาศ และการให้ความร้อนจากแสงหลอด ไฟฟ้า LED ให้ตรงกับช่วงอายุการเจริญเติบโตของพืชกัญชา คือ อุณหภูมิ 20 °C ถึง 30 °C ความชื้น สัมพัทธ์ 60 % ถึง 80 % ระบบที่สร้างขึ้น เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ เกี่ยวกับการปลูกกัญชาภาค ครัวเรือน หรือเกษตรกรที่สนใจ และมีใบอนุญาตการปลูก อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายนอก โรงเรือน พบว่า ได้ค่าเฉลี่ย 24.242 °C, 70.887 % ส่วนภายในโรงเรือน พบว่า ได้ค่าเฉลี่ย 24.677 °C, 77.668 % แสดงว่า เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด ระบบควบคุมมีความน่าเชื่อถือ

สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์
ปีการศึกษา 2565

ลายมือชื่อนักศึกษา คงศักดิ์
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา U

KAJORNSAK SINGHAN : DESIGNING ENVIRONMENT CONTROL SYSTEM FOR
CANNABIS CULTIVATION GREENHOUSE. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. UTHEN
LEETON, Ph.D., 79 PP.

Keywords: Control systems/Environmental/Greenhouses

This research presents the design and environmental control systems for cannabis greenhouses with temperature control relative humidity Under the light of the LED lamp spray system and the air extraction system from the fan This work will focus on system testing. and functionality to be as designed and consistent with the growth of cannabis without actually growing cannabis in a greenhouse to test the system's performance, data was collected hourly for one week, including temperature, humidity, from the input sensor. to the system of the microcontroller in order to command the outgoing sector is the spray pump motor. exhaust fan motor and the heat from the LED light to match the growing period of the cannabis plant is temperature 20 °C to 30 °C, relative humidity 60 % to 80 %. to take advantage About household cannabis cultivation or interested farmers and have a cultivation license The temperature and relative humidity outside the house were found to be an average of 24.242 °C, 70.887%, while the inside of the house was found to be an average of 24.677 °C, 77.668%, indicating that the specified conditions were met. The control system is reliable.

School of Mechatronic Engineering
Academic Year 2022

Student's Signature



Advisor's Signature



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี เนื่องจากได้รับความช่วยเหลืออย่างยิ่ง ทั้งด้านวิชาการและด้านการดำเนินงานวิจัย จากบุคคลและกลุ่มบุคคลต่าง ๆ ได้แก่

ขอขอบคุณ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยนครพนม ที่ได้มอบทุนในการศึกษา และคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำช่วยเหลือมา

ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุเทน ลีตัน ซึ่งเป็นที่ปรึกษาของวิทยานิพนธ์ ที่ได้เสียสละเวลาให้คำแนะนำ และความคิดเห็นที่เป็นประโยชน์เกี่ยวกับแนวทางการทำวิจัย การปรับปรุงและนำเสนองาน ทำให้ผู้จัดทำได้ข้อมูลที่ครบถ้วนและสามารถนำมาใช้วิเคราะห์วางแผน รวมทั้งแผนงานต่าง ๆ และสรุปข้อมูลได้อย่างถูกต้อง ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างมาก

อนึ่ง ผู้จัดทำหวังว่า งานวิจัยนี้จะมีประโยชน์อยู่ไม่น้อย จึงขอมอบส่วนดี ทั้งหมดนี้ให้แก่เหล่าคณาจารย์ จนทำให้ผลงานวิจัยเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่เกี่ยวข้อง สำหรับข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นนั้น ผู้จัดทำรับผิดชอบและพร้อมนำไปปรับปรุงและยินดีที่จะรับฟังคำแนะนำจากทุกท่านที่ได้เข้ามาศึกษา เพื่อเป็นประโยชน์ในการพัฒนาต่อไป

ศจรศักดิ์ สิงห์พันธุ์



สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย).....	ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ).....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	ญ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
2 ปรัชญาวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 บทนำ.....	4
2.2 โปรแกรมเมเบิลอจิกคอลโทรลเลอร์.....	4
2.3 แมกเนติกคอนแทกเตอร์.....	7
2.4 เซอร์กิตเบรกเกอร์.....	11
2.5 รีเลย์.....	15
2.6 เซนเซอร์ตรวจจับอุณหภูมิ.....	18
2.7 เซ็นเซอร์วัดความชื้น.....	21
2.8 ไดโอดเปล่งแสง LED	24
2.9 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง.....	27
2.10 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ.....	34
2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	38

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3 วิธีการดำเนินงานวิจัย.....	42
3.1 บทนำ.....	42
3.2 ฮาร์ดแวร์ (Hardware).....	45
3.3 ซอฟต์แวร์ (Software).....	49
4 ผลการศึกษาและการวิเคราะห์ผล.....	54
4.1 บทนำ.....	54
4.2 ผลการวิเคราะห์การทำงานของโปรแกรม PLC ในการควบคุม สภาพแวดล้อมสำหรับโรงเรือนปลูกกล้วยา.....	54
4.3 สรุปผลการวิเคราะห์.....	63
5 บทสรุป.....	69
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	69
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	72
รายการอ้างอิง.....	73
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก. บทความที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่.....	76
ภาคผนวก ข. การออกแบบระบบควบคุมสภาพแวดล้อมสำหรับโรงเรือนปลูกกล้วยา.....	78
ประวัติผู้เขียน.....	85

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 การทดสอบเก็บค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ด้วยวิธีการระบบ สเปรย์ละอองน้ำและหลอดไฟ LED.....	54
4.2 ผลการทดสอบเก็บค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ด้วยวิธีการระบบ สเปรย์ละอองน้ำและหลอดไฟ LED.....	56
4.3 การทดสอบเก็บค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ด้วยวิธีการ ระบบสเปรย์ละอองน้ำและหลอดไฟ LED.....	57
4.4 การทดสอบเก็บค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ด้วยวิธีการระบบ สเปรย์ละอองน้ำและหลอดไฟ LED.....	58
4.5 การทดสอบเก็บค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ด้วยวิธีการ ระบบสเปรย์ละอองน้ำและหลอดไฟ LED.....	60
4.6 การทดสอบเก็บค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ด้วยวิธีการระบบสเปรย์ ละอองน้ำและหลอดไฟ LED.....	61
4.7 การทดสอบเก็บค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ด้วยวิธีการระบบสเปรย์ ละอองน้ำและหลอดไฟ LED.....	62

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	ส่วนประกอบของ PLC.....	5
2.2	โครงสร้างภายในของแมกเนติกคอนแทคเตอร์.....	8
2.3	คอนแทคเตอร์ขณะทำงานและขณะปกติ.....	9
2.4	Miniature Circuit breakers.....	12
2.5	RCCB, RCBO 2Pole และ RCBO 1 Pole.....	13
2.6	MCCB (Molded Case Circuit Breakers).....	14
2.7	ACB (Air Circuit Breakers).....	14
2.8	รูปร่างและสัญลักษณ์รีเลย์.....	15
2.9	การต่อวงจรรีเลย์.....	16
2.10	วงจรเปลี่ยนสัญญาณอะนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล.....	19
2.11	Thermistor Circuit and Output.....	20
2.12	โครงสร้างภายในของ Capacitive Humidity Sensor และกราฟสถานะ Dew Point.....	22
2.13	โครงสร้างภายในของ Resistive Humidity Sensor.....	23
2.14	หลอดแอลอีดีประเภทต่าง ๆ.....	25
2.15	หลอด LED ขนาดเล็กมาก.....	26
2.16	หลอด LED กำลังสูง.....	26
2.17	แผงระบายความร้อนแบบต่าง ๆ.....	27
2.18	โครงมอเตอร์.....	28
2.19	ขั้วแม่เหล็ก.....	29
2.20	อาร์เมเจอร์ ขดลวดที่พันอยู่ในร่องเรียบร้อยแล้วพร้อมด้วยคอมมิวเตเตอร์.....	29
2.21	ลักษณะคอมมิวเตเตอร์.....	30
2.22	แปลงถ่านสำหรับมอเตอร์.....	30
2.23	ฝาครอบมอเตอร์.....	31
2.24	แปรงหรือปลอกทองเหลือง.....	31

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.25	ขดลวดสนามแม่เหล็ก 32
2.26	ขดลวดอาร์เมเจอร์ 32
2.27	หลักการทำงานของมอเตอร์กระแสตรง..... 33
2.28	การเปรียบเทียบพฤติกรรมของมอเตอร์ไฟฟ้าและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 34
2.29	สเปคิฟิเคชันมอเตอร์ 35
2.30	ซีดเด็คโพลมอเตอร์ 36
2.31	รีฟลักซ์มอเตอร์..... 36
2.32	ยูนิเวอร์แซลมอเตอร์..... 37
2.33	คาปาซิเตอร์สตาร์ทมอเตอร์ 37
2.34	คาปาซิเตอร์ที่ใช้กับมอเตอร์คาปาซิเตอร์รัน 38
2.35	มอเตอร์คาปาซิเตอร์สตาร์ทและรัน..... 38
3.1	ขั้นตอนการดำเนินงาน..... 43
3.2	โครงสร้างและโรงเรือนแบบปิด (Indoor)..... 45
3.3	เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์..... 46
3.4	หลอดไฟ LED..... 46
3.5	โคมไฟ..... 47
3.6	ลักษณะปั้มน้ำแรงดันสูงและหัวพ่นสเปร์ 47
3.7	พัดลมดูดอากาศ..... 48
3.8	วงจรการทำงานของระบบควบคุมด้วย PLC..... 48
3.9	เซอร์กิตเบรกเกอร์ 49
3.10	ฟิวส์ขนาด 10 A 49
3.11	Programmable Logic Controller ; PLC..... 50
3.12	แมคเนติกคอนแทกเตอร์ 51
3.13	แหล่งจ่ายไฟ 51
3.14	จอภาพแสดงผล..... 52
3.15	ลักษณะรีเลย์ 52
3.16	การควบคุมสภาพแวดล้อมในโรงเรือน 53
4.1	ความสัมพันธ์อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในและนอกโรงเรือน..... 64
4.2	ความสัมพันธ์อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในและนอกโรงเรือน..... 64

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.3	ความสัมพันธ์อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในและนอกโรงเรือน..... 65
4.4	ความสัมพันธ์อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในและนอกโรงเรือน..... 66
4.5	ความสัมพันธ์อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในและนอกโรงเรือน..... 66
4.6	ความสัมพันธ์อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในและนอกโรงเรือน..... 67
4.7	ความสัมพันธ์อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในและนอกโรงเรือน..... 68
5.1	การเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิต่ำสุด..... 69
5.2	การเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิสูงสุด..... 70
5.3	การเปรียบเทียบค่าความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุด..... 71
5.4	การเปรียบเทียบค่าความชื้นสัมพัทธ์สูงสุด..... 71

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

T	=	อุณหภูมิ (Temperature)
R	=	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Resistance)
A, B, C	=	ค่าสัมประสิทธิ์ ของ Steinhart-Hart (Steinhart-Hart Coefficients)
F	=	แรงที่เกิดขึ้นที่ขดลวดตัวนำ (The at force occur on the conductor winding)
B	=	ความหนาแน่นของสนามแม่เหล็ก (Magnetic field density)
I	=	กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดตัวนำ (Electric current flowing through the conductor winding)
L	=	ความยาวของตัวนำในสนามแม่เหล็ก (The length of the conductor in the magnetic field)
%RH	=	ค่าความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity)
Ns	=	ความเร็วเชิงโคโรนัส
F	=	ความถี่
P	=	ขั้วแม่เหล็ก

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจ และสังคมแห่งชาติ. (2560) ประเด็นยุทธศาสตร์การพัฒนาประเทศ มีเป้าหมายการพัฒนาหลักในภาคเกษตร ที่ช้ากว่าภาคเศรษฐกิจอื่น ๆ ผลผลิตต่ำเนื่องจากการรองรับเทคโนโลยีต่ำ ในขณะที่คุณภาพดินเสื่อมโทรม การใช้ที่ดินอย่างไม่เหมาะสม และการจัดการน้ำไม่เป็นระบบ ภาคเกษตรต้องเผชิญ กับความผันผวนของสภาพอากาศ และราคาสินค้าโภคภัณฑ์โดยไม่มีกำบังความเสี่ยงที่เหมาะสม การให้ความช่วยเหลือจากรัฐ ในรูปแบบของเงินอุดหนุนที่ไม่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มประสิทธิภาพ ถือเป็นภาระงบประมาณที่สูงอย่างต่อเนื่อง

สนับสนุนการวิจัย และพัฒนา การปรับตัว และขยายการพัฒนาเทคโนโลยีเชิงกลยุทธ์ ที่มีความสำคัญในการเสริมสร้างความแข็งแกร่งให้ กับภาคการผลิต และการบริการที่มีอยู่ และขยายไปสู่ความชาญฉลาดโดยใช้เทคโนโลยีขั้นสูง และการบูรณาการเทคโนโลยี เช่น อาหาร การเกษตร และเทคโนโลยีชีวภาพ อุปกรณ์อัจฉริยะ หุ่นยนต์ และระบบกลไกที่ควบคุมด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์ ดิจิทัล เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตที่เชื่อมต่อและใช้งานอุปกรณ์ ปัญญาประดิษฐ์ และเทคโนโลยีฝังตัวมูลค่าสูง

ชนิษฐา ตันติศิรินทร และคณะ. (2563) พระราชบัญญัติยาเสพติดให้โทษ (ฉบับที่ 7) พ.ศ. 2562 ซึ่งมีผลบังคับใช้เมื่อวันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2562 ได้เปิดโอกาสให้นักศึกษาไปใช้ในการศึกษาทางการแพทย์และการวิจัยได้ ส่งผลให้กลุ่มผู้ประกอบการวิชาชีพ การเกษตรจดทะเบียนเป็นวิสาหกิจชุมชนวิสาหกิจเพื่อสังคมหรือสหกรณ์การเกษตรที่ดำเนินงานภายใต้ความร่วมมือ และกำกับดูแลของหน่วยงานราชการ สามารถขอใบอนุญาตปลูกกัญชาได้ ดังนั้นเพื่อให้นโยบายการพัฒนากัญชา ทางทางการแพทย์ของไทย เกิดประโยชน์สูงสุด โดยส่งเสริมให้ภาคการเกษตร มีส่วนร่วมในการปลูกกัญชาอย่างถูกกฎหมาย และเป็นไปตามมาตรฐานคุณภาพที่กระทรวงสาธารณสุขประกาศกำหนด ใบ-ราก-ก้านกัญชา ไม่ใช่ยาประเภท ๕ กัญชาบางชนิดสามารถนำไปใช้เป็นอาชีพเสริมได้ สร้างรายได้ให้กับเกษตรกร

ในอดีต ผลผลิตทางการเกษตร เช่น พืชผัก ไม้ผล ไม้ประดับ ส่วนใหญ่มักจะปลูกในที่โล่งตามสภาพแวดล้อมในท้องถิ่น ทำให้ปริมาณ และคุณภาพของผลผลิตไม่คงที่ เนื่องจากไม่สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมให้เพียงพอ กับความต้องการของพืชแต่ละชนิดได้ อีกทั้งโรค และแมลงศัตรูพืช

ได้รับความเสียหายอย่างกว้างขวางจากโรครระบาด และแมลงศัตรูพืชที่สามารถแพร่กระจายได้โดยทางอากาศ พบว่าการปลูกกล้วยชานอกฤดูให้ผลผลิตต่ำ เนื่องจากการควบคุมสภาพแวดล้อมต่าง ๆ เช่น อุณหภูมิและความชื้น น้ำประปา การสังเคราะห์แสงจากดวงอาทิตย์ ไม่เหมาะสมในแต่ละฤดูปลูก

ดังนั้น ในการแก้ปัญหาดังกล่าว จึงได้มีการพัฒนาการปลูกพืช ในโรงเรือน เพื่อป้องกันโรค และแมลงศัตรูพืช สามารถปรับสภาพแวดล้อมให้เหมาะสม กับความต้องการของพืชนั้น ๆ ผู้วิจัยสนใจศึกษาและออกแบบ ระบบควบคุมสิ่งแวดล้อม สำหรับโรงเรือนกล้วยชาน โดยควบคุมอุณหภูมิความชื้นในอากาศ แสงประดิษฐ์จากหลอดไฟ LED โดยใช้ระบบสเปรย์น้ำ และระบบดูดอากาศออกจากพัดลม เพื่อทดสอบระบบ และการทำงานตามเงื่อนไข ที่จำเป็นสำหรับการเติบโตของกล้วยชาน ทดสอบประสิทธิภาพของระบบ รวบรวมข้อมูลอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์จากเซ็นเซอร์ ที่เป็นสัญญาณ INPUT ไปยังระบบของ MICROCONTROLLER ในการสั่งงานภาค OUTPUT คือมอเตอร์ปั๊มสเปรย์ มอเตอร์พัดลมดูดอากาศ และระบบทำความร้อนด้วยไฟ LED

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

- 1) เพื่อศึกษาการออกแบบระบบ ควบคุมสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมในโรงเรือนปลูกกล้วยชาน
- 2) ออกแบบ และสร้างระบบควบคุมสิ่งแวดล้อมในโรงเรือนปลูกกล้วยชาน
- 3) เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของระบบ ควบคุมสิ่งแวดล้อมสำหรับการเพาะปลูกกล้วยชาน

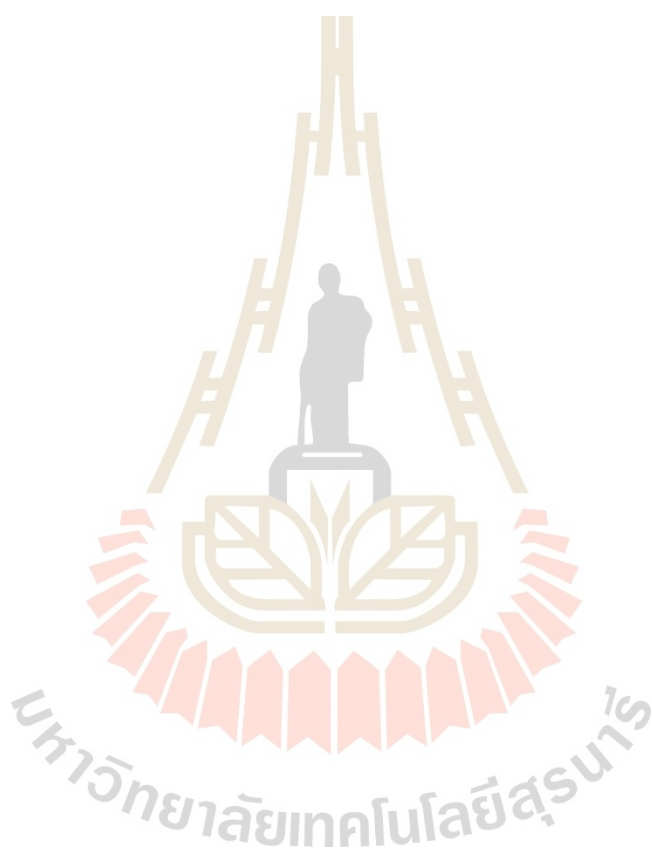
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

- 1) ออกแบบระบบควบคุมสิ่งแวดล้อม สำหรับการเพาะปลูกกล้วยชานอัตโนมัติ ในโรงเรือนโดยรับสัญญาณตามเงื่อนไข ผ่านเซ็นเซอร์อุณหภูมิ และเซ็นเซอร์ความชื้นสัมพัทธ์
- 2) ระบบควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์อย่างเหมาะสม โดยใช้ ปั๊มน้ำ พัดลมดูดอากาศ และไฟส่องสว่างจากหลอดไฟ LED พร้อมโปรแกรม MICROCONTROLLER

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) รับระบบควบคุม สภาพแวดล้อมที่เหมาะสม สำหรับการเพาะปลูกกล้วยชานอัตโนมัติ
- 2) เกษตรกรสามารถช่วยเพิ่มผลผลิตของกล้วยชาน ที่ต้องการสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม เพื่อให้เติบโตได้ในพื้นที่ต่าง ๆ
- 3) ใช้ระบบที่พัฒนาขึ้น เพื่ออำนวยความสะดวก และลดภาระของเกษตรกรในการปลูกกล้วยชาน
- 4) เกษตรกรสามารถจัดการ กับพืชผลทางการเกษตร และเพิ่มมูลค่าให้กับผลผลิตของตนได้

5) สามารถส่งเสริมการสร้างงาน สร้างรายได้ ให้กับชุมชน และเกษตรกรในชนบทอัน
เนื่องมาจากผลกระทบของโควิด-19



บทที่ 2

ปรัทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ

ภาคการเกษตรเป็นปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณของผลผลิต การควบคุมสภาพแวดล้อมในโรงเรือนให้มีความเหมาะสมต่อความต้องการของพืช ในปัจจุบันได้มีการออกแบบระบบ การควบคุมสภาพแวดล้อมในโรงเรือนหลากหลายประเภท เพื่อตอบสนองลักษณะของพืช และเพิ่มประสิทธิภาพระบบควบคุมสภาพแวดล้อมให้มีความคุ้มค่ามากที่สุด ด้วยเหตุนี้ในงานวิจัย จึงได้ออกแบบ และสร้างระบบควบคุมสภาพแวดล้อมในโรงเรือนปลูกกล้วยชาด้วย PLC ประกอบด้วยอุปกรณ์หลักอยู่ด้วยกัน 3 ส่วนคือ (1) ระบบควบคุม (Control cytem) ได้แก่ โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอลโทรลเลอร์ (PLC) แมกเนติกคอนแทกเตอร์ (Magnatic contactor) เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker) และรีเลย์ (Relay) (2) อุปกรณ์ด้านอินพุต ได้แก่ เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ และเซนเซอร์วัดความชื้นสัมพัทธ์ (Temperature sensor and a relative Humidity sensor) และ (3) อุปกรณ์ด้านเอาต์พุต ได้แก่ หลอดไฟ LED (Light Emitting Diode) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current Motors : DC. Motors) และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating Current Motors : AC. Motors)

2.2 โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอลโทรลเลอร์ (PLC)

SIAM-AUTOMATION. (2565) กล่าวว่า โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอลโทรลเลอร์ (Programmable logic Control : PLC) เป็นอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของเครื่องจักร การทำงานเป็นแบบลอจิก หรือแบบซีแควรันซ์ คือ เปิด-ปิด (On-Off) หรือ “0” “1” เท่านั้น ภายในไมโครโปรเซสเซอร์เป็นสมองสั่งการที่สำคัญ PLC มีส่วนที่เป็นอินพุต และเอาต์พุตที่สามารถต่อออกไป ใช้งานได้ทันที เช่น เซนเซอร์ (Sensor) หรือ สวิตช์ (Switch) จะเชื่อมต่อเข้ากับอินพุต ส่วนเอาต์พุตใช้ต่อออกไปควบคุม การทำงานของอุปกรณ์ สามารถสร้างวงจร หรือการควบคุมได้โดยการป้อนเป็นโปรแกรมคำสั่งเข้าไป บน PLC สามารถใช้งานร่วมกับอุปกรณ์อื่น ๆ เช่น เครื่องอ่านบาร์โค้ด เครื่องพิมพ์ ปัจจุบัน PLC จะใช้งานแบบเดี่ยว (Stand alone) และสามารถเชื่อมต่อ PLC หลายตัวเข้าด้วยกัน (Network) เพื่อควบคุมการทำงานของระบบให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น การใช้ PLC มีความยืดหยุ่นสูง โรงงานอุตสาหกรรมจึงเปลี่ยนมาใช้ PLC มากขึ้น

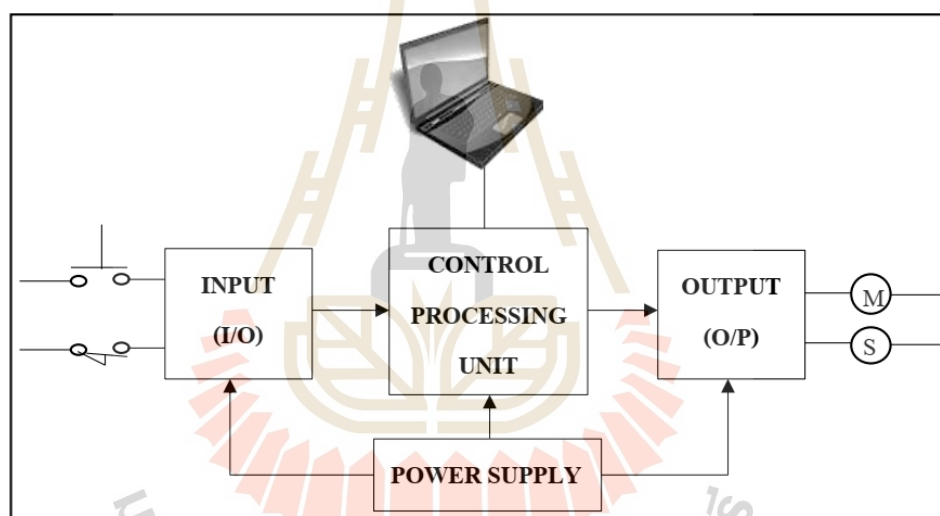
การใช้ PLC ควบคุมเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ต่าง ๆ ในโรงงานอุตสาหกรรมมีข้อได้เปรียบมากกว่าการใช้ระบบของรีเลย์ (Relay) ที่ต้องเดินสายไฟฟ้า หรือที่เรียกว่า Hard- Wired เมื่อมีความ

จำเป็นต้องเปลี่ยนกระบวนการผลิต หรือสั่งงานใหม่ ต้องเดินสายไฟฟ้าใหม่ เสียเวลาและมีค่าใช้จ่ายสูง เมื่อเปลี่ยนมาใช้ PLC เมื่อเปลี่ยนกระบวนการผลิต หรือลำดับการทำงานใหม่ สามารถทำได้โดยเปลี่ยนโปรแกรมเท่านั้น PLC ใช้ระบบโซลิตสเตต มีความน่าเชื่อถือมากกว่าระบบเดิม กินกระแสไฟฟ้าน้อยกว่า และสะดวกกว่าเมื่อต้องการขยายขอบเขตการทำงานของเครื่องจักร

2.2.1 ส่วนประกอบของ PLC

ส่วนประกอบหลักของ โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (PLC) แบ่งออกได้ 3 ส่วน ดังรูปที่ 2.1

- 1) ส่วนหน่วยประมวลผลกลาง (Control Processing Unit : CPU)
- 2) ส่วนอินพุต/เอาต์พุต (Input Output : I/O)
- 3) ส่วนอุปกรณ์โปรแกรม (Programming device)



รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบของ PLC

2.2.2 ความสามารถของ PLC

นวกัณฑ์ อุทัยรัตน์ และ ไวกจน์ ศรีธัญ. (2562). กล่าวว่า ความสามารถในการควบคุมการทำงานของโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (PLC) แบ่งออกได้ 3 ลักษณะดังนี้

- 1) งานที่ทำตามลำดับก่อนหลัง (Sequence control)
 1. การทำงานของ Relay
 2. การทำงานของ Timer counter
 3. การทำงานของ Printed Circuit Board (P.C.B. Card)

4. การทำงานในระบบกึ่งอัตโนมัติ อัตโนมัติ และงานที่เป็นกระบวนการของเครื่องจักรกลต่าง ๆ

2) งานควบคุมสมัยใหม่ (Sophisticated control)

1. การทำงานทางตรรกะ
2. การควบคุมแบบอนาล็อก (Analog control)
3. การควบคุม P.I.D. (Proportional-Integral-Derivation)
4. การควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ (Servo-motor control)
5. การควบคุมความเร็วมอเตอร์ (Stepper-motor)
5. การจัดการข้อมูล (Information handling)

3) การควบคุมเกี่ยวกับงานอำนวยการ (Supervisory control)

1. งานสัญญาณเตือน (Alarm) และ การตรวจสอบกระบวนการ (Process monitoring)

2. การวิเคราะห์ และตรวจสอบ (Fault Diagnostic and monitoring)
3. งานต่อร่วมกับคอมพิวเตอร์
4. Printer/ASCII interfacing
5. งานควบคุมอัตโนมัติโรงงานอุตสาหกรรม (Factory automation

networking)

6. LAN (Local Area Network)
7. WAN (Wide Area Network)
8. FA., FMS. และ CIM.

2.2.3 การติดตั้งโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (PLC)

การพิจารณาถึงองค์ประกอบต่าง ๆ ในการติดตั้งโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ มีดังนี้

1) ข้อพิจารณาก่อนติดตั้ง PLC

1. พื้นที่การติดตั้งมีเพียงพอหรือไม่
2. การเผื่อเพื่อขยายในอนาคต
3. การซ่อมบำรุงรักษา
4. อุณหภูมิที่เกิดขึ้นจากเครื่องจักร
5. วิธีป้องกันจากสภาพแวดล้อมที่ไม่ปลอดภัย

2) สภาพแวดล้อม หรือสถานที่ไม่ควรติดตั้ง PLC

1. แสงแดดส่องถึงโดยตรง
2. อุณหภูมิต่ำกว่า 0 °C และสูงกว่า 55 °C
3. ฝุ่นละออง หรือไอเกลือ
4. ความชื้นมากเกินไป
5. ก๊าซที่มีคุณสมบัติกัดกร่อน หรือติดไฟได้ง่าย
6. การสั่นสะเทือนมากเกินไป

2.2.4 การออกแบบกล่องตู้ควบคุมสำหรับ PLC

การออกแบบตู้ระบบควบคุม PLC มีลักษณะดังนี้

- 1) มีการป้องกันไม่ให้ PLC เสียหายจากการใช้งานหรือจากส่วนอื่น ๆ เช่น สิ่งปนเปื้อนในอากาศ หรือจากสิ่งแวดล้อม อาทิ ฝุ่นผง ความชื้น ก๊าซที่มีฤทธิ์กัดกร่อน และน้ำมัน
- 2) มีขนาดใหญ่เพียงพอ และสะดวกต่อการเดินสายไฟต่าง ๆ
- 3) ต้องติดตั้งตู้ PLC ห่างจากแผงควบคุมไฟฟ้าแรงสูงอย่างน้อย 8 นิ้ว
- 4) มีสายดิน
- 5) แยกออกจากการติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูง
- 6) แยกการติดตั้งกับอุปกรณ์ที่มีความร้อนสูง เช่น ฮีทเตอร์ (Heater) ตัวต้านทาน (Resistor) ขนาดใหญ่ และหม้อแปลง (Transformer)
- 7) ไม่ควรติดตั้ง PLC อยู่บนเพดาน และ อยู่กับพื้น
- 8) ถ้ามีอุณหภูมิสูงกว่า 60 °C ให้ติดตั้งพัดลมระบายความร้อน

2.3 แมกเนติกคอนแทกเตอร์ (Magnetic Contactor)

อวยพร โสภณสฤกษ์สุข. (2552) กล่าวว่า แมกเนติกคอนแทกเตอร์ เป็นอุปกรณ์ตัดต่อวงจรไฟฟ้า เพื่อเปิด และปิดหน้าสัมผัส (Contact) โดยอาศัยอำนาจแม่เหล็กไฟฟ้า ช่วยในการตัดต่อวงจรไฟฟ้า เช่น การทำงานของวงจรควบคุมมอเตอร์ วงจรของเครื่องปรับอากาศ หรือใช้ในการควบคุมเครื่องจักรกลต่าง ๆ โดยแมกเนติกคอนแทกเตอร์ มีส่วนประกอบหลักที่สำคัญ ได้แก่ แกนเหล็ก (Core), ขดลวด (Coil), หน้าสัมผัส (Contact) และสปริง (Spring)

2.3.1 หลักการทำงานแมกเนติกคอนแทกเตอร์

เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวด (Coil) จะเกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ดึงแกนเหล็กทั้งสองเคลื่อนที่มาติดกัน ทำให้หน้าสัมผัสเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่ง หน้าสัมผัสหลัก (Main contact) จะเปิดวงจรอยู่ ปกติเปิด (Normally Open : NO) พอขดลวด หรือคอล์ย ถูกจ่ายกระแสไฟฟ้า หน้าสัมผัสปิดวงจร (on) พอหยุดจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวดแรงดัน สปริงจะดันแกนเหล็กเคลื่อนที่

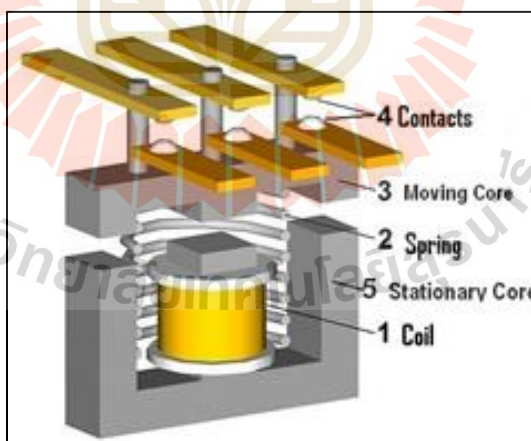
ให้เคลื่อนที่ออกแล้วกลับไปสู่ตำแหน่งเดิม ทำให้หน้าสัมผัสเปลี่ยนตำแหน่งกลับไปเหมือนเดิม คือ เปิด วงจร (off) นั่นเอง หน้าสัมผัสช่วย (Aux contact) จะมีทั้งหน้าสัมผัสชนิด NO หรือ NC (ปกติปิด Normally Close : NC) ในตัวเดียวกัน

2.3.2 ส่วนประกอบของแมกเนติกคอนแทกเตอร์

แมกเนติกคอนแทกเตอร์ เรียกสั้น ๆ ว่า คอนแทกเตอร์ (Contactor) หรือแมกเนติก (Magnetic) ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ตัด และต่อวงจรเหมือนกับสวิตช์ธรรมดาทั่วไป โดยอาศัยอำนาจแม่เหล็กไฟฟ้า ช่วยดึงให้หน้าคอนแทก ต่อวงจรที่มีกระแสไฟฟ้าที่ค่อนข้างสูง ประมาณ 30-300 แอมแปร์ (Ampere) เพื่อจ่ายให้กับโหลด ส่วนประกอบและโครงสร้างเหมือนกับรีเลย์แต่มีขนาดใหญ่กว่า ซึ่งอาจมีอุปกรณ์ช่วยในการดับ อาร์ค (Arc) ที่หน้าสัมผัสเพิ่มเข้าไปอีก แมกเนติกคอนแทกเตอร์ ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

1) ส่วนอยู่กับที่ (Stationary part) คือ ขากลางของแกนเหล็กจะมีขดลวดพันอยู่บนสลักที่สวมไว้ ขดลวดจะเป็นตัวสร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้า จะมีขดลวดทองแดงเส้นใหญ่ต่อลัดวงจรไว้เป็นรูปวงแหวน (Shaded Ring) ที่ขาคั่ว E ทั้งสองขาซึ่งจะฝังอยู่ที่ผิวหน้าของแกน ทั้งนี้ จะเป็นการช่วยลดการสั่นสะเทือนของแกนอันเนื่องมาจากไฟฟ้ากระแสสลับ

2) ส่วนเคลื่อนที่ (Moving part) มีตัวคอนแทกที่ยึดติดไว้กับโครงสร้างของแมกเนติกคอนแทกเตอร์ ดังรูปที่ 2.2



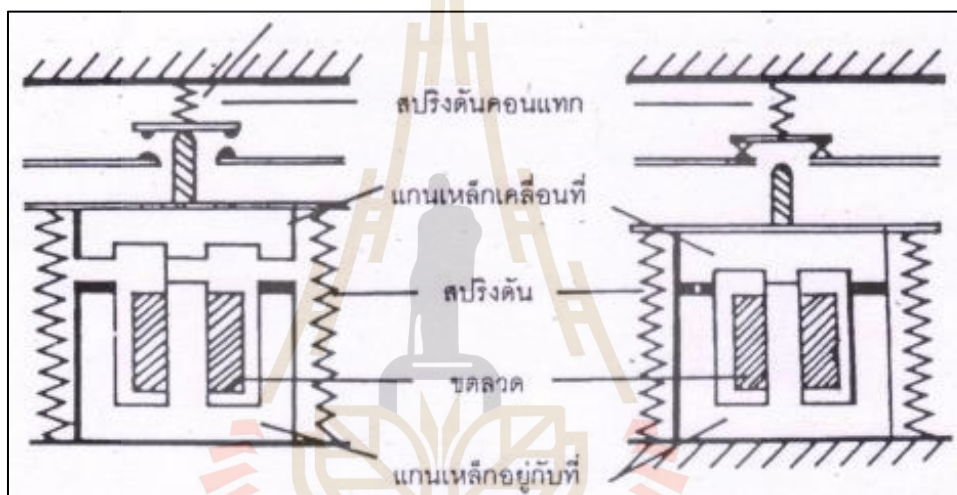
รูปที่ 2.2 โครงสร้างภายในของแมกเนติกคอนแทกเตอร์

ที่มา : ภาพแมกเนติกคอนแทกเตอร์ <https://www.aballtechno.com/article>

(30/มิถุนายน/2565)

การทำงานของแมกเนติกคอนแทคเตอร์ ในตำแหน่ง OFF ซึ่งอยู่ในสภาวะปกติ สปริงที่ขาทั้งสองข้างของแกนเหล็กจะดันแกนเหล็กทั้งสองชุดให้ห่างออกจากกันทำให้คอนแทคเตอร์บางตัวต่อวงจรของจุดสัมผัสถึงกัน คอนแทคชุดนี้จะเป็น คอนแทค ปกติปิด และคอนแทคบางตัวไม่ได้ต่ออยู่กับจุดสัมผัส เรียกว่า คอนแทค ปกติเปิด ดังรูปที่ 2.3 (ก)

เมื่อได้รับพลังงานไฟฟ้าขดลวดขากลางของแกนเหล็กจะสร้างสนามแม่เหล็ก อำนาจแม่เหล็กจะมีแรงมากกว่าสปริง และดึงให้แกนเหล็กชุดที่เคลื่อนที่ เคลื่อนที่ลงมาตำแหน่งคอนแทค ปกติปิดจะเปิดวงจรจุดสัมผัสออก คอนแทคปกติเปิดจะต่อวงจร ดังรูปที่ 2.3 (ข) และ เมื่อไม่จ่ายกระแสไฟฟ้าให้ขดลวด คอนแทคทั้งสองชุดจะกลับไปอยู่ในสภาวะเดิม ดังรูปที่ 2.3 (ก) อีกครั้งหนึ่ง



(ก) ณะปกติ

(ข) ณะทำงาน

รูปที่ 2.3 คอนแทคเตอร์ขณะทำงานและขณะปกติ

2.3.3 ชนิดและขนาดของคอนแทคเตอร์

ชนิดและขนาดของคอนแทคเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ แบ่งออกได้ตามลักษณะการใช้งาน และตามลักษณะของโหลด (Load) ได้ 4 ชนิด คือ

1) AC1 คือ คอนแทคเตอร์ที่มีความเหมาะสมสำหรับงานกับโหลดที่เป็นความต้านทาน นั้นหมายถึงในวงจรที่มีค่าขดลวด หรืออินดักทีฟ (Inductive : X_L) น้อยมาก

2) AC2 คือ คอนแทคเตอร์ที่มีความเหมาะสมสำหรับงานกับโหลดที่เป็นมอเตอร์สปลิตเฟส (Split phase motor)

3) AC3 คือ คอนแทคเตอร์ที่มีความเหมาะสมสำหรับงานกับการสตาร์ท และหยุด โหลด ที่เป็นมอเตอร์แบบกรงกระรอก (Squirrel cage motor)

4) AC4 คือ คอนแทคเตอร์ที่มีความเหมาะสมสำหรับงานกับโหลดที่สตาร์ท หรือ หยุดวงจร Jogging การกลับทางหมุนของมอเตอร์ที่มีโรเตอร์แบบกรงกระรอก ขนาดของคอนแทคเตอร์จะเรียกเป็น Size0, Size1, Size2, Size3.... ตัวเลขที่มีค่ามากแสดงถึงขนาดของคอนแทคเตอร์ที่ใหญ่ คือใช้กับโหลดที่มีกระแสมาก การนำไปใช้งานให้พิจารณาเลือกขนาดของคอนแทคเตอร์ให้เหมาะสมกับงาน หรือมอเตอร์ โดยพิจารณาที่อัตรากระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าของมอเตอร์กับ อัตราการทำงานองกระแสไฟฟ้า และแรงดันไฟฟ้าของคอนแทคเตอร์ ส่วนของมอเตอร์จะต้องต่ำกว่า อัตราทำงานองกระแสไฟฟ้าของคอนแทคเตอร์ที่แรงดันไฟฟ้าเท่ากัน คอนแทคเตอร์ขนาดหนึ่งใช้ได้กับมอเตอร์ที่มีกิโลวัตต์ (KW) ต่างกัน เช่น คอนแทคเตอร์ Size 1 ที่มีอัตรากระแสไฟฟ้า (Rated Current) 16 แอมแปร์ ที่ 380 โวลต์ สามารถใช้ได้กับมอเตอร์ขนาด 4 กิโลวัตต์ 220 โวลต์ ซึ่งมีอัตรากระแสไฟฟ้า 15 แอมแปร์ และใช้กับมอเตอร์ขนาด 7.5 กิโลวัตต์ 380 โวลต์ อัตรากระแสไฟฟ้า 15 แอมแปร์ การเลือกคอนแทคเตอร์ให้เหมาะสมกับงานควรพิจารณาข้อมูลทางเทคนิคของคอนแทคเตอร์ จากบริษัทผู้ผลิตใช้เป็นการประกอบด้วย สิ่งที่ต้องพิจารณาให้เหมาะสมกับงานนั้น ได้แก่ สถานที่ใช้งานว่ามีการใช้งานบ่อยครั้งมากหรือไม่ ลักษณะของโหลด (Lode) และการใช้งาน แรงดันไฟฟ้า (Voltage : V) ความถี่ (Frecquency : Hz) และการป้องกันจากการสัมผัส รวมทั้งความคงทนทางกล และทางไฟฟ้า

2.3.4 ข้อเปรียบเทียบการใช้แมกเนติกคอนแทคเตอร์กับสวิตช์กำลัง

การเปรียบเทียบการใช้งานระหว่างแมกเนติกคอนแทคเตอร์กับสวิตช์กำลัง สามารถ จำแนกออกได้ดังนี้

1) สะดวกต่อการควบคุม และใช้ร่วมกับอุปกรณ์อื่น ๆ ได้ เช่น Flow Switch, Floast Switch และ Limit Switch ในการควบคุมวงจร เช่น วงจรลิฟท์สามารถควบคุมการทำงานให้หยุดได้เองเมื่อลิฟท์วิ่งถึงชั้นที่ต้องการ

2) เมื่อเปรียบเทียบกับ การควบคุมด้วยมือ การใช้แมกเนติกคอนแทคเตอร์จะ ประหยัดกว่า เพราะว่าวิธีการควบคุมด้วยมือต้องใช้สายไฟฟ้าวางจรกำลังเดินจากแหล่งจ่ายไปยังจุด ควบคุม แล้วจึงจะเดินสายไฟฟ้าไปยังโหลดที่ควบคุม แต่ถ้าควบคุมการทำงานด้วยแมกเนติก คอนแทคเตอร์จะเดินสายไฟฟ้าวางจรกำลังจากแหล่งจ่ายไฟไปยังโหลดโดยตรง ส่วนสายไฟที่เดินไปยัง จุดควบคุมเป็นสายไฟของวงจรควบคุมขนาดเล็กทำให้ประหยัดต้นทุนลง

3) การตัดต่อวงจรควบคุมที่มีกระแสไฟฟ้าสูงจะให้ความปลอดภัยแก่ผู้ควบคุม เช่น การสตาร์ทมอเตอร์ตัวใหญ่ ๆ จะเกิดการอาร์คขึ้นที่หน้าสัมผัส และสามารถใช้กระแสไฟฟ้าจำนวนน้อย ๆ ไปควบคุมคอยล์ของแมกเนติกคอนแทคเตอร์ทำให้เกิดการตัดต่อในวงจรกำลังแทนการสับสวิทช์กำลังด้วยมือโดยตรง และจุดควบคุมสามารถย้ายไปอยู่ให้ห่างจากวงจรกำลังได้

2.3.3 ข้อดีของแมกเนติกคอนแทคเตอร์

- 1) สามารถตัดต่อวงจรที่มีกระแสไฟฟ้าได้สูงตั้งแต่ 30-400 แอมแปร์
- 2) มีความปลอดภัยต่อผู้ควบคุม
- 3) สามารถใช้ร่วมกับอุปกรณ์ Switch เช่น Temperature, Pressure และปรับแต่งการควบคุมให้เป็นแบบกึ่งอัตโนมัติได้

2.4 เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker)

ปี.กริม เทรดิง คอร์ปอเรชั่น จำกัด. (2565) กล่าวว่า เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker) เป็นอุปกรณ์ที่ทำงานเปิดและปิดวงจรไฟฟ้าแบบไม่อัตโนมัติ แต่เปิดวงจรได้อัตโนมัติ ถ้ามีกระแสไหลผ่านเกินกว่าค่าที่กำหนด โดยป้องกันไม่ให้อุปกรณ์ที่ต่อกับเซอร์กิตเบรกเกอร์นั้น เสียหายจากกระแสที่เกินกำหนด แบ่งได้หลายชนิด

2.4.1 หลักการทำงานของเซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker)

การทำงานเมื่อมีกระแสในวงจรเกินพิกัดที่รับได้หน้าสัมผัสของเซอร์กิตเบรกเกอร์จะเปิดวงจร โดยมีหลักการทำงานดังนี้

1) Thermal Trip การทำงานจะมีโครงสร้างภายในประกอบด้วย แผ่นโลหะไบเมทัล (Bimetal) 2 แผ่น ทำจากโลหะต่างชนิดกัน มีสัมประสิทธิ์ความร้อนไม่เท่ากัน เมื่อมีกระแสไหลผ่านโลหะไบเมทัลจะทำให้โลหะไบเมทัล เกิดการโก่งตัวปลดอุปกรณ์ทางกลไกทำให้เกิดวงจรเรียกว่า เกิดการทริป (trip)

2) Magnetic Trip การทำงานอาศัยอำนาจสนามแม่เหล็ก เมื่อบางวงจรเกิดกระแสลัดวงจรหรือกระแสเกินทำให้เกิดสนามแม่เหล็กความเข้มสูงปลดอุปกรณ์ทางกลไก ทำให้เกิดการตัดวงจรหรือเปิดวงจร การทำงานแบบนี้จะตัดวงจรได้เร็วกว่าแบบ Thermal Trip

3) Thermal-Magnetic Trip เมื่อมีกระแสในวงจรเกินค่าพิกัด หน้าสัมผัสของเซอร์กิตเบรกเกอร์จะเปิดวงจร โดยอาศัยความร้อนและการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กช่วยในการปลดกลไกหน้าสัมผัสให้เปิดวงจร

4) Solid State Trip หรือ Electronic Trip การทำงานได้นำวงจรอิเล็กทรอนิกส์มาใช้ร่วมกับเซอร์กิตเบรกเกอร์ สามารถปรับค่ากระแสทริปให้ทำงานในย่านต่าง ๆ ได้ โครงสร้างจะมีหม้อแปลงกระแส (Current Transformer : CT) ทำหน้าที่แปลงกระแสให้ต่ำลง และมี

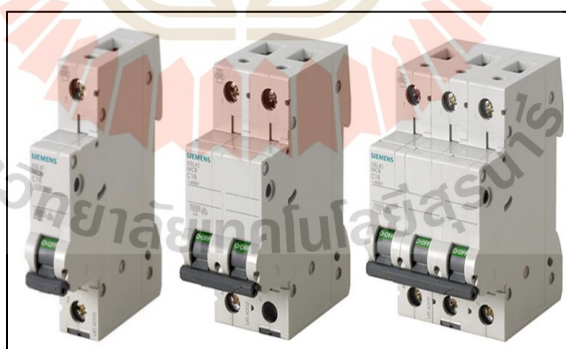
ไมโครโพรเซสเซอร์ทำหน้าที่วิเคราะห์กระแส หากกระแสมีค่าเกินกว่าที่กำหนดไว้จะสั่งการให้ปลดวงจรออก

2.4.2 ประเภทของเซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker)

1) Miniature Circuit Breakers (MCBs) เป็นเบรกเกอร์ขนาดเล็กใช้ในห้องพักอาคารทั่วไป ติดตั้งเป็นอุปกรณ์ป้องกันร่วมกับตู้โหลดเซ็นเตอร์ (Load center) หรือตู้คอนซูมเมอร์ยูนิต (Consumer unit) มีพิกัดกระแสลัดวงจรต่ำ เบรกเกอร์ชนิดนี้ไม่สามารถปรับตั้งค่ากระแสตัดวงจรได้ และส่วนใหญ่อาศัยกลไกการปลดวงจรในรูปแบบ Thermal และ Magnetic สำหรับการเลือก MCB ในตู้คอนซูมเมอร์ยูนิต สามารถติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันนี้อยู่ 2 จุด ได้แก่ อุปกรณ์ป้องกันเมนหรือเมนเบรกเกอร์ และ วงจรย่อย ซึ่งที่จุดเมนเบรกเกอร์นั้นต้องเลือกค่ากระแสจากโหลดทั้งหมด โดยส่วนใหญ่อยู่ที่ประมาณ 100 A สำหรับที่วงจรย่อยกระแสที่เลือกขึ้นอยู่กับโหลดแต่ละจุดที่ใช้งาน เช่น โหลดแสงสว่าง, โหลดเต้ารับ, โหลดเครื่องทำความเย็น และ โหลดเครื่องทำน้ำอุ่น เป็นต้น ดังรูปที่ 2.4 โดยหลักต้องคำนึงถึงการเลือกใช้งานได้แก่ จำนวนขั้ว (Pole), ค่า In, ค่า Icu, และ มาตรฐานต่าง ๆ เป็นต้น โดยที่

In คือ กระแสพิกัด ขนาดกระแสใช้งานสูงสุด ที่เบรกเกอร์ทนได้และสภาพแวดล้อมปกติ

Icu คือ ขนาดกระแสลัดวงจรสูงสุด ที่เบรกเกอร์ทนและตัดวงจรได้โดยไม่เกิดความเสียหายขึ้นกับตัวเบรกเกอร์ แสดงในหน่วย kA RMS



รูปที่ 2.4 Miniature Circuit Breakers

ที่มา : Miniature Circuit Breakers (MCBs). <https://bgrimmtrading.com/contact/>
(20/สิงหาคม/2565)

2) Residual Current Devices (RCDs) เครื่องตัดไฟฟ้าอัตโนมัติ ที่ตัดกระแสไฟฟ้าภายในระยะเวลาที่กำหนด เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลเข้าและออกมีค่าไม่เท่ากัน คือ กระแสไฟฟ้าบางส่วนที่รั่วไหลจากเครื่องใช้ไฟฟ้าลงดิน หรือกระแสไฟฟ้าวัดผ่านคนที่เป็นสัมผัสอุปกรณ์ที่มีไฟรั่วอยู่ ขณะใช้งานปกติจะไม่มีกระแสไฟฟ้าวัด ดังนั้น เครื่องตัดไฟรั่วจะไม่ทำงาน ส่วนมากจะติดตั้งในตู้คอนซูมเมอร์ยูนิตในบ้านพักอาศัย มีชื่อเรียก เช่น เครื่องตัดวงจรกระแสเหลือ (RCD, RCBO, RCCB) หรือเครื่องตัดกระแสไฟฟ้ารั่วลงดิน (ELCB, GFCI) นำไปใช้งานร่วมกับเซอร์กิตเบรกเกอร์ ประเภทอื่น ๆ ได้แก่ เบรกเกอร์ลูกลอย MCB หรือ เบรกเกอร์ MCCB แต่ที่มีการใช้งานมากมี 3 ประเภท ได้แก่ RCCB (Residual Current Circuit Breakers), RCBO (Residual Current Circuit Breakers with Overload protection) และ ELCB (Earth Leakage Circuit Breaker) ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 RCCB, RCBO 2Pole และ RCBO 1 Pole

ที่มา : Residual Current Devices (RCDs). <https://bgrimmtrading.com/contact/>
(20/สิงหาคม/2565)

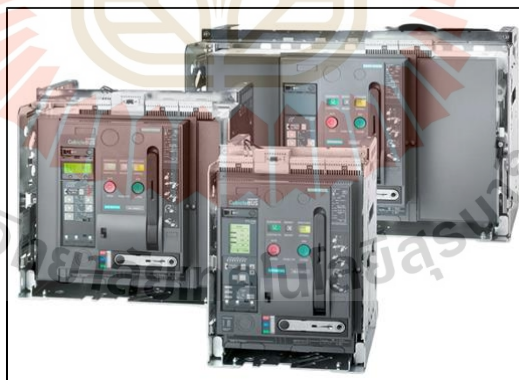
3) Moulded Case Circuit Breakers (MCCB) เป็นเบรกเกอร์ที่ถือได้ว่าเป็นที่นิยมสำหรับการใช้งานในโรงงานอุตสาหกรรม และอาคารขนาดใหญ่ ทนกระแสลัดวงจร หรือค่า kA และรองรับกระแสที่สูงกว่าเบรกเกอร์ลูกลอย (MCB) แต่น้อยกว่าเบรกเกอร์ประเภท ACB ขนาดกระแสจะมีตั้งแต่หลักสิบบจนถึงหลักพันแอมแปร์ ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 MCCB (Molded Case Circuit Breakers)

ที่มา : ภาพ Moulded Case Circuit Breakers (MCCB). <https://bgrimmtrading.com/contact/>
(20/สิงหาคม/2565)

4) Air Circuit Breakers (ACB) เป็นเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ใช้ป้องกันสายเมน นิยมใช้กับงานแรงดันสูง ๆ (HVAC) โครงสร้างทั่วไปทำด้วยเหล็กมีช่องดับอาร์ก (Arcing chamber) ใหญ่ และแข็งแรงรับกระแสลัดวงจรจำนวนมากได้ มีหลักการทำงานโดยใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในการตรวจจับ และวิเคราะห์กระแสเพื่อสั่งปลดวงจร ดังรูปที่ 2.7

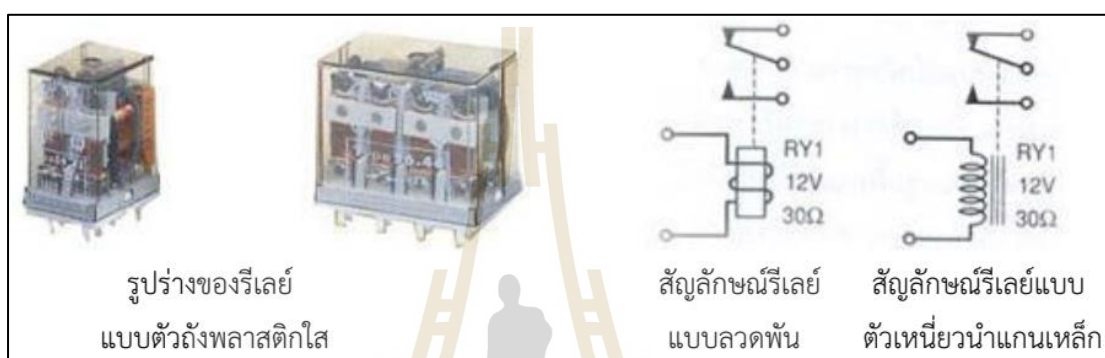


รูปที่ 2.7 ACB (Air Circuit Breakers)

ที่มา : ภาพ ACB (Air Circuit Breakers) <https://bgrimmtrading.com/types-of-circuit-breakers/> (30/มิถุนายน/2565)

2.5 รีเลย์ (Relay)

ปณิณพงศ์ วันจันทร์, และคณะ. (2562) กล่าวว่า รีเลย์ (Relay) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ (Switch) โดยเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้า (Electric power) ให้เป็นพลังงานแม่เหล็ก (Magnetic energy) เพื่อใช้ควบคุมหน้าสัมผัสของคอนแทค (Contactor) โดยการป้อนกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวด ปิดหรือเปิด (NO or OFF) หน้าสัมผัสคล้ายกับสวิตช์ไฟฟ้า สามารถนำรีเลย์ไปประยุกต์ใช้ในการควบคุมระบบไฟฟ้าและวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ดังรูปที่ 2.8



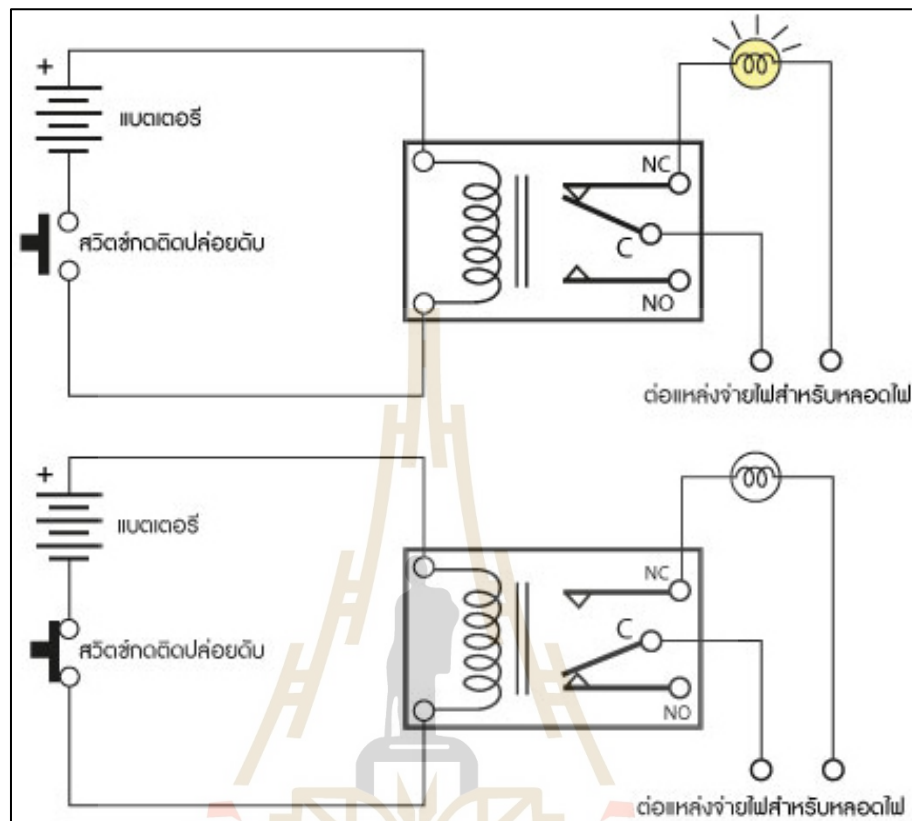
รูปที่ 2.8 รูปร่างและสัญลักษณ์รีเลย์

2.5.1 ส่วนประกอบที่สำคัญของรีเลย์

รีเลย์ (Relay) มีส่วนประกอบ และหน้าสัมผัสต่าง ๆ เพื่อนำไปควบคุมโหลดหรืออุปกรณ์ทางไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ดังรูปที่ 2.9

- 1) ขดลวด (Coil) ทำหน้าที่รับแรงดันไฟฟ้าจากวงจรตัวควบคุม (Controller) เพื่อเหนี่ยวนำกระแสไฟฟ้าให้เปลี่ยนเป็นพลังงานแม่เหล็กดึงดูดหน้าสัมผัส (Contact) ให้เปลี่ยนตำแหน่ง
- 2) หน้าสัมผัส (Contact) ทำหน้าที่เหมือนสวิตช์ กำหนดทิศทางการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ที่เราต้องการ
- 3) จุดต่อ NC (Normal Close) คือ หน้าสัมผัสปกติปิด ถึงแม้จะยังไม่จ่ายไฟให้กับขดลวดเหนี่ยวนำก็ตาม หน้าสัมผัสของรีเลย์จะยังคงติดกันอยู่ โดยทั่วไปจะต่อจุดนี้เข้ากับอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการให้ทำงานตลอดเวลา
- 4) จุดต่อ NO (Normal Open) คือ หน้าสัมผัสปกติเปิด ถึงแม้จะยังไม่จ่ายไฟให้กับขดลวดเหนี่ยวนำ หน้าสัมผัสของรีเลย์จะไม่ติดกัน โดยทั่วไปจะต่อจุดนี้เข้ากับอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการควบคุมการเปิด-ปิด เช่น ไฟถนน ไฟสนามหน้าบ้าน เป็นต้น

5) จุดต่อ C (Common) คือ จุดร่วมที่ต่อมาจากแหล่งจ่ายไฟ



รูปที่ 2.9 การต่อวงจรรีเลย์

2.5.2 ประเภทของรีเลย์

รีเลย์ คือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ การทำงานคล้ายกับโซลินอยด์ (Solenoid) หรือขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnet coil) รีเลย์นำไปใช้เพื่อการควบคุมวงจรไฟฟ้า สามารถแบ่งออกตามประเภทการใช้งาน ดังนี้

- 1) รีเลย์กระแส (Current relay) คือ รีเลย์ที่ทำงานโดยใช้กระแสไฟฟ้ามี่ทั้งชนิดกระแสขาด (Under current) และกระแสเกิน (Over current)
- 2) รีเลย์แรงดัน (Voltage relay) คือ รีเลย์ที่ทำงานโดยใช้แรงดันไฟฟ้ามี่ทั้งชนิดแรงดันขาด (Under voltage) และแรงดันเกิน (Over voltage)
- 3) รีเลย์ช่วย (Auxiliary relay) คือ รีเลย์ที่เวลาใช้งานต้องประกอบเข้ากับรีเลย์ชนิดอื่น ๆ ถึงจะทำงานได้

4) รีเลย์กำลัง (Power relay) คือ รีเลย์ที่รวมเอาคุณสมบัติต่าง ๆ ของรีเลย์กระแส (Current relay) และรีเลย์แรงดัน (Voltage relay) เข้าด้วยกัน

5) รีเลย์เวลา (Time relay) คือ รีเลย์ที่ทำงานโดยใช้เวลาเข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่งมีอยู่ด้วยกัน 4 แบบ ได้แก่

1. รีเลย์กระแสเกินชนิดเวลาผกผันกับกระแส (Inverse time over current relay) คือ เวลาทำงานเป็นส่วนกลับกับกระแส

2. รีเลย์กระแสเกินชนิดทำงานทันที (Instantaneous over current relay) คือ ทำงานทันทีเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านมากเกินไปที่กำหนดตั้งเอาไว้

3. รีเลย์แบบดีฟิไนต์ไทม์เล็ก (Definite time lag relay) คือ รีเลย์ เวลาทำงานไม่ขึ้นกับค่าความมากน้อยของกระแสไฟฟ้าหรือค่าทางไฟฟ้าอื่น ๆ ที่ทำให้เกิดการทำงานขึ้น

4. รีเลย์แบบอินเวอร์สดีฟิไนต์มินิมั่มไทม์เล็ก (Inverse definite minimum time lag relay) คือ รีเลย์ที่ทำงานโดยรวมเอาคุณสมบัติต่าง ๆ ของเวลาผกผันกับกระแส (Current) และแบบดีฟิไนต์ไทม์เล็ก (Definite time lag) เข้าด้วยกัน

6) รีเลย์กระแสต่าง (Differential relay) คือ รีเลย์ที่ทำงานโดยอาศัยผลต่างของกระแสไฟฟ้า

7) รีเลย์มีทิศทาง (Directional relay) คือ รีเลย์ที่ทำงานเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผิดทิศทาง มีอยู่ 2 แบบ ได้แก่ แบบรีเลย์กำลังมีทิศทาง (Directional power relay) และแบบรีเลย์กระแสมีทิศทาง (Directional current relay)

8) รีเลย์ระยะทาง (Distance relay) มีด้วยกัน ดังนี้

1) รีแอกแตนซ์รีเลย์ (Reactance relay)

2) โมห์รีเลย์ (Mho relay)

3. โอห์มรีเลย์ (Ohm relay)

4. โพลารไรซ์โมห์รีเลย์ (Polarized mho relay)

5) ออฟเซตโมห์รีเลย์ (Off set relay)

9) รีเลย์อุณหภูมิ (Temperature relay) คือ รีเลย์ที่ทำงานตามค่าอุณหภูมิที่ตั้งเอาไว้

10) รีเลย์ความถี่ (Frequency relay) คือ รีเลย์ที่ทำงานเมื่อค่าของความถี่ในระบบต่ำกว่าหรือมากกว่าที่ตั้งเอาไว้

11) บุคโฮลซ์รีเลย์ (Buchholz's relay) คือ รีเลย์ที่ทำงานด้วยก๊าซ ใช้งานร่วมกับหม้อแปลงไฟฟ้าที่แช่อยู่ในน้ำมัน เมื่อเกิด ฟอลต์ (Fault) ขึ้น หม้อแปลงจะทำให้ น้ำมันแตกตัว และเกิดก๊าซขึ้นไปดันหน้าสัมผัสของรีเลย์ ทำให้รีเลย์ทำงานได้

2.5.3 หน้าที่ของรีเลย์

เกียรติศักดิ์ อยู่ดี. (2558) รีเลย์ (Relay) กล่าวว่า รีเลย์ เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ตรวจสอบสภาวะการทำงานในระบบกำลังไฟฟ้าอยู่ตลอดเวลา หากระบบทำงานผิดปกติ รีเลย์จะสั่งการให้ตัดส่วนที่ลัดวงจร หรือส่วนที่ระบบทำงานผิดปกติออกทันที โดยเซอร์กิตเบรกเกอร์จะเป็นตัวที่ตัดส่วนที่เกิด ฟอลต์ (Fault) ออกจากระบบ

2.5.4 ประโยชน์ของรีเลย์

- 1) ทำให้ระบบส่งกำลัง (powertrain) มีเสถียรภาพ (Stability) สูง โดยจะตัด (OFF) วงจรเฉพาะส่วนที่เกิดผิดปกติออกเท่านั้น เป็นการลดความเสียหายให้กับระบบน้อยที่สุด
- 2) ลดค่าใช้จ่าย (Cost reduction) ในการซ่อมบำรุงรักษา
- 3) ลดความเสียหาย (Damage reduction) ไม่ให้เกิดการลุกลามไปยังอุปกรณ์ตัวอื่น ๆ
- 4) ทำให้ระบบไฟฟ้าไม่ดับทั้งระบบ เมื่อเกิด ฟอลต์ (Fault) ขึ้นในระบบ

2.5.5 คุณสมบัติของรีเลย์

- 1) ต้องมีความไว (Sensitivity) คือ ความสามารถในการตรวจพบสิ่งที่ผิดปกติเพียงเล็กน้อยได้
- 2) มีความเร็วในการทำงาน (Speed) คือ ความสามารถทำงานได้รวดเร็ว ไม่ทำให้เกิดความเสียหายแก่อุปกรณ์ และไม่กระทบกระเทือนต่อระบบไฟฟ้า โดยทั่วไปเวลาที่ใช้ในการตัดวงจรจะขึ้นอยู่กับระดับของแรงดันของระบบไฟฟ้า เช่น
 1. ระบบ 6-10 KV จะต้องตัดวงจรภายในเวลา 1.5-3.0 วินาที
 2. ระบบ 100-220 KV จะต้องตัดวงจรภายในเวลา 0.15-0.3 วินาที
 3. ระบบ 300-500 KV จะต้องตัดวงจรภายในเวลา 0.1-0.12 วินาที

2.6 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ (Temperature Sensor)

ณัฐพล มีพงษ์ และภัทรศักดิ์ ชุมหมะณีวัฒน์ (2510) กล่าวว่า การวัดอุณหภูมิใช้รูปแบบการเปลี่ยนแปลงระดับแรงดันไฟฟ้า จากสัญญาณอนาล็อกเป็น สัญญาณดิจิตอล โดยสัมพันธ์กับอุณหภูมิ มีฟังก์ชันอยู่ด้วยกัน 3 รูปแบบ คือ

2.6.1 เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouples)

เป็นอุปกรณ์ใช้วัดอุณหภูมิสามารถเก็บอุณหภูมิได้ 273 องศาเคลวิน (Kelvin : K) วัสดุที่ใช้ทำต้องเป็นวัสดุที่มีคุณภาพถึงจะทำให้ ระดับแรงดันไฟฟ้าที่ได้มีความถูกต้องสูง ปัญหาของเทอร์โมคัปเปิล ที่ทำให้ยากต่อการใช้งาน มีดังนี้

1) จุดอ้างอิงอยู่ที่อุณหภูมิ 273 องศาเซลวิน (จุดเยือกแข็งของน้ำ) เป็นจุดสามสถานะยากต่อการปรับแต่งให้เป็นจุดอ้างอิง

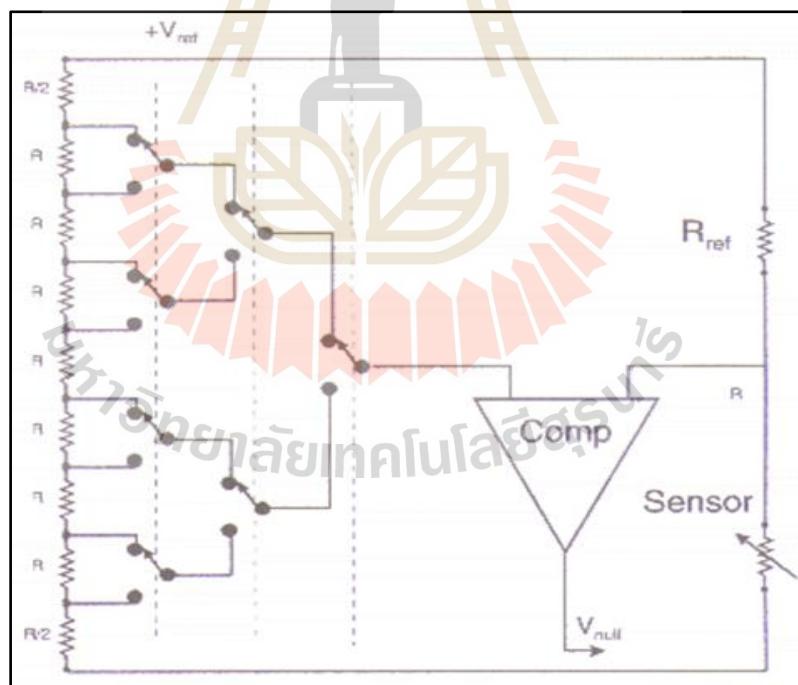
2) ผลของระดับแรงดันไฟฟ้าที่เทอร์โมคัปเปิล วัดได้จะอยู่ในหน่วย มิลลิโวลต์ (mV) แต่ถ้าจะวัดเป็นหน่วย ไมโครโวลต์ (μV) ต้องใช้กระบวนการแปลงสัญญาณให้เป็นอนาล็อก แล้วแปลงกลับให้เป็นสัญญาณดิจิทัล

3) วัสดุในการสร้างต้องมีคุณภาพสูง

4) ค่าที่วัดได้ไม่เป็นเส้นตรง ต้องใช้การประมาณค่าผลลัพธ์ทำให้ไม่สะดวกต่อการใช้งาน

2.6.2 รีซิสแตนซ์เทอร์โมมิเตอร์ (Resistance thermometers)

เป็นเซนเซอร์ที่สามารถลดข้อเสียของเทอร์โมคัปเปิลได้ และสามารถปรับแต่งจุดอ้างอิงที่ใดก็ได้ ข้อเสียคือ จุดอ้างอิงไม่ได้มาตรฐาน ถ้าต้องการวัดค่าการเปลี่ยนแปลงเล็ก ๆ ของความต้านทานที่มีค่ามาก ๆ ต้องวัดค่าที่อยู่ในช่วงเล็ก ๆ และปัญหาของวัสดุที่นำมาผลิต เพราะภายในวงจรต้องระวังค่าความต้านทานบางอย่าง ดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 วงจรเปลี่ยนสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล

ที่มา : ภาพวงจรเปลี่ยนสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล <http://www.9engineer.com/>

(10/พฤษภาคม/2556)

จากรูปที่ 2.10 แสดงให้เห็นว่ารูปแบบพิเศษของการเปลี่ยนจากสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล สามารถทำงานเหมือนกับวงจรไฟฟ้าแบบบริดจ์ (Bridge) เป็นการวัดค่าความต้านทานได้โดยตรง สังเกตได้ว่าระดับแรงดันไฟฟ้าอ้างอิงไม่จำเป็นสำหรับวงจรนี้ ในขณะที่วงจร Comparator และ Ladder ต้องใช้ระดับแรงดันทางไฟฟ้าอ้างอิงนี้

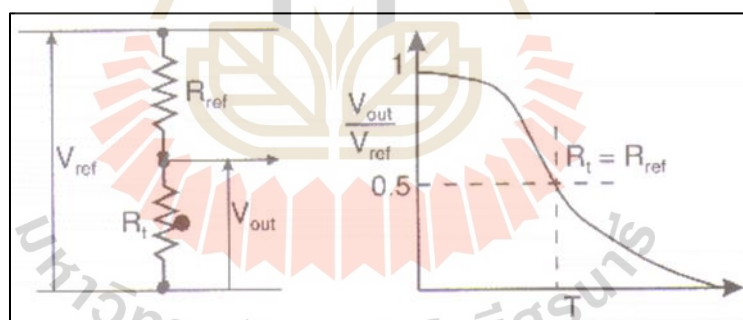
2.6.3 เทอร์มิเตอร์ (Thermistor)

ค่าความต้านทานของเทอร์มิเตอร์จะมีความไวต่อการวัดอุณหภูมิมาก ข้อดี คือ มีสัญญาณกว้างไม่ต้องการอ้างอิง ข้อเสีย คือ ค่าที่ได้ไม่ถูกต้อง ค่าความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับความต้านทานเป็นความสัมพันธ์แบบไม่เชิงเส้น โดยการเพิ่มเทอร์มิเตอร์ลงไปในวงจร ดังรูปที่ 2.11

$$\frac{1}{T} = A + B \ln(R) + C(\ln(R))^3 \quad (2.1)$$

เมื่อ

- T คือ อุณหภูมิ มีหน่วยเป็น เคลวิน (k)
 R คือ ความต้านทาน มีหน่วยเป็น โอห์ม (Ω)
 A, B, C คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของ Steinhart-Hart



รูปที่ 2.11 Thermistor Circuit and Output

ที่มา : ภาพ Thermistor Circuit and Output <http://www.9engineer.com/>

(10/พฤษภาคม/2556)

จากวงจรในรูปที่ 2.11 เป็นการวัดได้ผลที่ดี ถ้า R_t มีค่าอยู่ในย่านใกล้เคียงกับ R_{ref} และจะค่อย ๆ ลง สำหรับ R ที่มีค่าห่างออกไป ปกติการใช้งานให้วงจรมีการตอบสนองอยู่ในช่วงกลาง ๆ การหาค่าที่แท้จริงที่วัดได้ต้องแปลงมาจากปริมาณทางไฟฟ้า การใช้งานเทอร์มิสเตอร์จึงต้องวัดเพื่อหา

ตารางเปรียบเทียบค่าตัวต่อตัว แต่อย่างไรก็ตามยังมีเทอร์มิสเตอร์เฉพาะบางแบบที่ถูกออกแบบมาให้สามารถแทนกันได้ทำให้การใช้งานสะดวกขึ้นมาก

เซนเซอร์ ปกติมักจะมีการทำงานที่ไม่เป็นเชิงเส้น แต่ในการใช้งานจะสะดวกกว่าถ้าผลลัพธ์ที่ได้เป็นปริมาณที่มีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง ดังนั้นมีวิธีในการแก้ปัญหา คือ

1. Analytic Equation ความสัมพันธ์ในลักษณะที่ไม่เป็นเส้นตรง สามารถเขียนให้อยู่ในรูปของสมการ การแปลงค่าที่ได้ก็จะง่าย เช่น การหาค่าพลังงานความร้อนขึ้นกับยกกำลังสองของความต่างศักย์ที่คล่อมตัวมัน

2. Look-Up Table เป็นวิธีที่ดีและรวดเร็ว ถ้าระบบมีส่วนเก็บข้อมูลที่เพียงพอสามารถจัดการกับข้อมูลแบบที่ไม่เป็นเส้นตรงที่ไม่สามารถหาเป็นสมการได้ วิธีนี้จะยุ่งยากในการหาตารางเปรียบเทียบ และต้องการที่เก็บข้อมูลมากในกรณีที่ต้องการได้ผลลัพธ์ที่ละเอียดขึ้น

3. Piece-Wise Linearisation วิธีนี้เหมาะสำหรับระบบไม่เป็นเส้นตรงขนาดเล็ก จะแบ่งช่วงให้เป็นช่วงเล็ก ๆ พอประมาณในช่วงนั้น ๆ มีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง ข้อดี คือ ไม่ต้องใช้ที่เก็บข้อมูล และเร็วกว่าวิธีทั้ง 2 ข้างต้น

2.7 เซ็นเซอร์วัดความชื้น (Humidity Sensor)

เซ็นเซอร์วัดความชื้น (Humidity Sensor) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับวัดค่าความชื้น โดยความชื้นนี้มาจากความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity หรือ RH) คือ “อัตราส่วนของปริมาณไอน้ำที่มีอยู่จริงในอากาศต่อปริมาณไอน้ำที่ทำให้อากาศอิ่มตัว ณ อุณหภูมิเดียวกัน” หรือ “อัตราส่วนของความดันไอน้ำที่มีอยู่จริงต่อความดันไอน้ำอิ่มตัว” ค่าความชื้นสัมพัทธ์แสดงในรูปของร้อยละ (%) มีหน่วยเป็น %RH

$$\%RH = \left(\frac{\text{ปริมาณไอน้ำที่อยู่ในอากาศ}}{\text{ปริมาณไอน้ำที่ทำให้อากาศอิ่มตัว}} \right) \times 100\% \quad (2.2)$$

หรือ

$$\%RH = \left(\frac{\text{ความดันไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศ}}{\text{ความดันไอน้ำของอากาศอิ่มตัว}} \right) \times 100\% \quad (2.3)$$

นอกจากการบอกค่าความชื้นสัมพัทธ์แล้ว ยังมีค่าความชื้นในรูปต่าง ๆ เช่น

ความชื้นสมบูรณ์ (Absolute Humidity) : เป็นอัตราส่วนระหว่างมวลของไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศต่อ 1 หน่วยปริมาตรของอากาศ มีหน่วยเป็น กรัม/ลูกบาศก์เมตร

ความชื้นจำเพาะ (Specific Humidity) : เป็นอัตราส่วนระหว่างมวลของไอน้ำที่มีอากาศต่อมวลของอากาศแห้งหรือมวลอากาศเพียงอย่างเดียว มีหน่วยเป็น กรัมไอน้ำ/กรัมอากาศแห้ง

2.7.1 หลักการทำงานของ Humidity Sensor

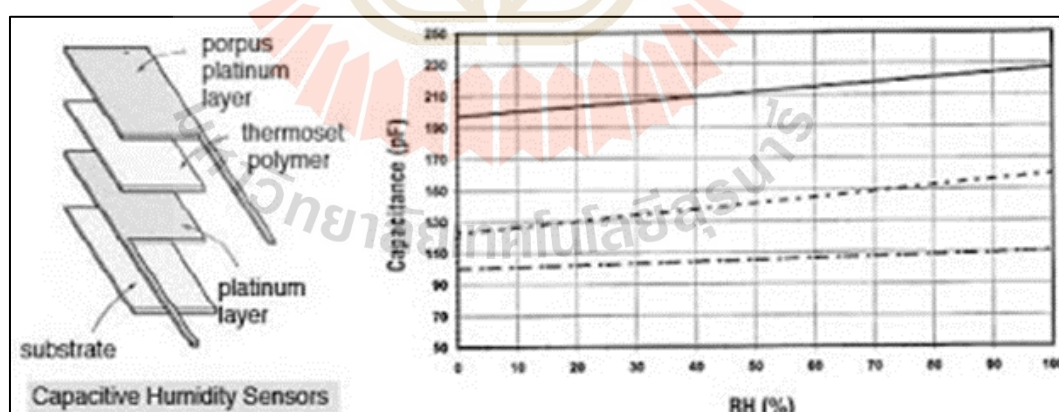
Humidity sensor สามารถวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ได้ในช่วง 10-90 %RH เซ็นเซอร์วัดความชื้นหรือเครื่องวัดความชื้นที่มีใช้กันในงานอุตสาหกรรมมีหลักการด้วยกัน 3 แบบ คือ

1) Capacitive humidity sensor

มีโครงสร้างภายในประกอบไปด้วยชั้นฐานแผ่นฟิล์มบาง ทำมาจากโพลีเมอร์หรือเมทัลออกไซด์ (Metal Oxide) ถูกวางอยู่ระหว่างอิเล็กโทรดทั้งสอง โดยจะถูกเคลือบด้วยอิเล็กโทรดโลหะแบบมีรูพรุน เพื่อป้องกันฝุ่นละอองและปัญหาจากแสงแดด โดยค่าความชื้นเกิดการผันผวนของค่าความต้านทานที่สารตัวนำ (Substrate)

ข้อเสีย ของเซนเซอร์แบบคาปาซิทีฟ เริ่มจากความผิดพลาด 2%RH ในช่วงการเปลี่ยนแปลงค่าความชื้น 5% ถึง 95%RH และยังถูกจำกัดความสามารถของระยะระหว่างชั้นส่วนตรวจจับความชื้นกับวงจรแปลงสัญญาณ

คุณสมบัติที่สำคัญของเซนเซอร์แบบค่าความจุ คือ Dew Point เนื่องจากเกิดการเปลี่ยนแปลงสัญญาณกับค่าความชื้น แม้จะเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย และ ค่า Drift ต่ำ ถือว่าเป็นข้อดี แต่ถ้าค่าความชื้นที่เปลี่ยนไปต่ำกว่าระดับที่กำหนดแล้ว เซนเซอร์ก็จะเริ่มทำงานไม่เป็นเชิงเส้น ดังรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.12 โครงสร้างภายในของ Capacitive Humidity Sensor และกราฟสถานะ Dew Point

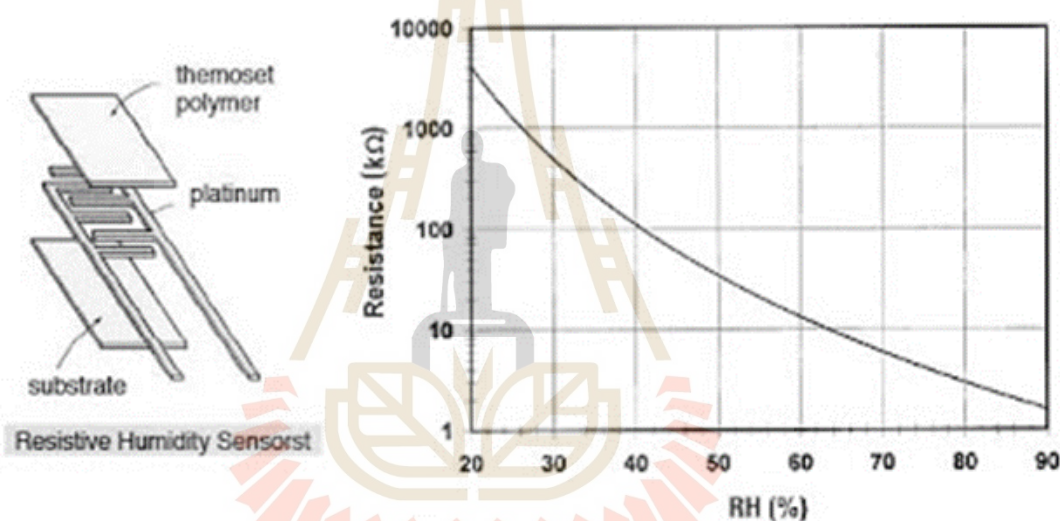
ที่มา : ภาพ โครงสร้าง Capacitive Humidity Sensor และกราฟสถานะ Dew Point :

https://www.ponpe.com/tech/426-humidit_-sensor.html

(10/พฤษภาคม/2556)

2) Resistive humidity sensor

โครงสร้างประกอบด้วย อิเล็กโตรดโลหะ 2 ส่วน วางอยู่บนฐาน (Substrate) โดยตัวฐานจะถูกเคลือบด้วยเกลือ (Salt) หรือโพลีเมอร์ (Conductive Polymer) เซนเซอร์ความชื้นจะใช้วัดการเปลี่ยนแปลงค่าอิมพีแดนซ์ทางไฟฟ้า ตัวกลางดูดความชื้น (Hygroscopic Medium) ค่าอิมพีแดนซ์ที่เปลี่ยนไปจะแปรผันกับค่าความชื้นในลักษณะของกราฟ เอกซ์โปเนนเชียลกลับด้าน การทำงาน คือ ดูดซับไอน้ำ และไอออนที่แตกตัว ทำให้ค่าความนำไฟฟ้าของตัวกลางเพิ่มขึ้น โดยช่วงเวลาการตอบสนองอยู่ในช่วง 10 ถึง 30 วินาที สำหรับการเปลี่ยนแปลงในช่วง 63% โดยย่านของอิมพีแดนซ์ที่เปลี่ยนแปลงของเซนเซอร์แปรเปลี่ยน 1 kW ถึง 100 mW ดังรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.13 โครงสร้างภายในของ Resistive Humidity Sensor

ที่มา: https://www.ponpe.com/tech/426-humidit_-sensor.html

เมื่อความต้านทานเปลี่ยนตามการเปลี่ยนของความชื้นเป็นผลให้ เกิดกระแสไฟฟ้าไหลในวงจร กระแสไฟนี้จะถูกแปลงเป็นสัญญาณแรงดันกระแสตรง ส่งผ่านไปยังวงจรขยายย่านวัด วงจรขยายแรงดัน วงจรปรับเชิงเส้น และวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล

ข้อดีของเซนเซอร์แบบ Resistive คือการสับเปลี่ยนได้ (Interchangeability) โดยการสอบเทียบด้วยการปรับค่าความต้านทาน ทำให้ความชื้นเปลี่ยนแปลงไปไม่เกิน $\pm 2\%RH$

3) Thermal conductivity humidity sensor

เป็นเซนเซอร์ที่ใช้วัดความชื้นสัมบูรณ์ (Absolute humidity) อาศัยการคำนวณความแตกต่างระหว่างค่าการนำความร้อนของอากาศแห้ง (Thermal conductivity) กับการนำความ

ร้อนของอากาศที่มีไอน้ำอยู่ เมื่ออากาศหรือก๊าซแห้ง มีความสามารถที่จะรับความจุความร้อนสูงกว่า เช่น สภาวะอากาศในทะเลทราย ซึ่งจะร้อนจัดในกลางวัน แต่พอลงคืนอากาศจะลดลงอย่างรวดเร็ว เกิดจากสภาวะบรรยากาศแห้ง เมื่อเปรียบเทียบกับ อากาศที่มีความชื้นจะไม่เย็นลงอย่างรวดเร็วในตอนกลางคืน เพราะความร้อนยังแฝงอยู่ในไอน้ำของชั้นบรรยากาศ

2.7.2 เซนเซอร์แบบ Thermal Conductivity

เซนเซอร์แบบ Thermal Conductivity หรือเรียกว่าเซนเซอร์ความชื้นสมบูรณ์ (Absolute Humidity Sensor) ประกอบด้วยเทอร์มิสเตอร์ 2 ตัว ต่อกันในวงจรบริดจ์ โดยเทอร์มิสเตอร์ตัวหนึ่งบรรจุอยู่ในแคปซูลที่มีก๊าซไนโตรเจน และอีกตัวถูกวางอยู่ในบรรยากาศ กระแสไฟฟ้าจะถูกส่งผ่านเทอร์มิสเตอร์ทั้งสอง ทำให้เกิดความร้อนสูงขึ้นในตัวเทอร์มิสเตอร์มากกว่า 200 °C และความร้อนที่ออกจากเทอร์มิสเตอร์ในแคปซูลจะมากกว่าเทอร์มิสเตอร์ที่อยู่ในบรรยากาศ ความแตกต่างของอุณหภูมิเทอร์มิสเตอร์ทั้งสองนี้ การนำความร้อนของไอน้ำเทียบกับไนโตรเจนแห้ง เป็นสัดส่วนโดยตรงกับความชื้นสมบูรณ์

เซนเซอร์แบบความชื้นสมบูรณ์มีความทนทานสูง และทำงานในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูงถึง 300 °C ยังทนต่อไอระเหยสารเคมี จากคุณสมบัติที่ดีของวัสดุโครงสร้าง ที่ไม่มีปฏิกิริยาทางสารเคมี เช่น แก้ว สารกึ่งตัวนำ ที่ใช้สร้างเทอร์มิสเตอร์ พลาสติกทนอุณหภูมิสูง หรืออะลูมิเนียมทั่วไปจะใช้เซนเซอร์แบบความชื้นสมบูรณ์ในงานอุตสาหกรรมอบผ้าทั้งแบบที่ใช้ไมโครเวฟ หรือแบบที่ใช้ไอน้ำ อุตสาหกรรมอบไม้ อุตสาหกรรมผลิตกระดาษ และการผลิตสารเคมีต่าง ๆ

2.7.3 การเลือกใช้เซนเซอร์วัดค่าความชื้น (Humidity sensor) ได้แก่

- 1) ความแม่นยำ (Accuracy)
- 2) ความสามารถในการวัดซ้ำ (Repeatability)
- 3) เสถียรภาพ ในช่วงเวลายาว ๆ (Stability)
- 4) ความสามารถในการ ชดเชย (Condensation)
- 5) ความทนทานต่อ สารเคมี
- 6) ขนาด และรูปตัวถังของเซนเซอร์ (Size & Package)
- 7) ความคุ้มค่า (Cost)

2.8 ไดโอดเปล่งแสง (Light Emitting Diode : LED)

ชาญวิทย์ ตั้งสิริวรกุล. (2551) เทคโนโลยีด้านการออกแบบการส่องสว่าง มีการแข่งขันกันอย่างแพร่หลาย เพื่อให้เกิดการใช้งานอย่างคุ้มค่า ไดโอดเปล่งแสง (Light-emitting diodes, LED) เป็นสิ่งประดิษฐ์หนึ่งที่ได้ถูกพัฒนาขึ้นมาอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะแอลอีดีกำลังสูง (High power LED) ที่มีความสามารถเทียบเท่ากับ หลอดฟลูออโรเรสเซนต์ และหลอดไฟชนิดอื่น ๆ ได้แก่ ทางด้าน

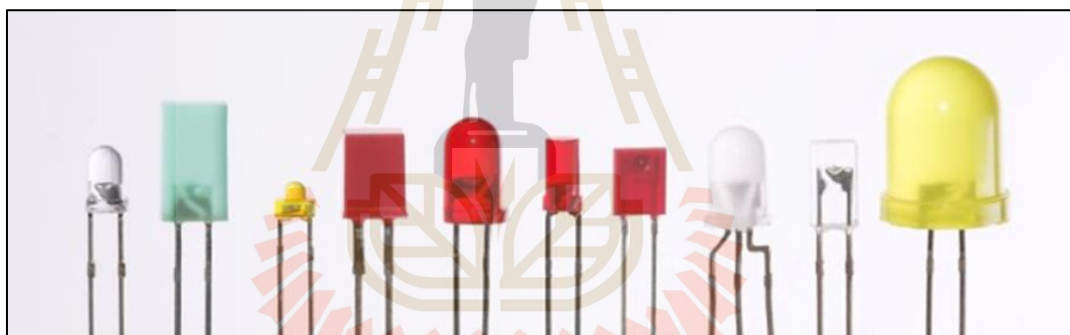
ประสิทธิภาพ ฟลักซ์สองสวาง และยังมี ข้อดี คือ ไมก่อให้เกิดรังสีอัลตราไวโอเล็ต (Ultra Violet : UV) อายุการใช้งานที่ยาวนาน ความร้อนของลำแสงน้อย และมีขนาดเล็กเมื่อเทียบกับหลอดไฟชนิดอื่น ๆ การใช้งาน ได้แก่ วงการแพทย์ ยานยนต์ สัญญาณไฟจราจร ไฟแสดงตัวเลข Seven Segment นาฬิกาดิจิตอล และคอมพิวเตอร์ แอลอีดีกำลังสูงเป็นเทคโนโลยีใหม่ที่ช่วยประหยัดพลังงานได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ แอลอีดียังมีสีสนที่สวยงามสมจริง

2.8.1 หลักการทำงานของ LED

ไดโอด (Diode) คือ อุปกรณ์ที่ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ทางเดียว เป็นอุปกรณ์พื้นฐานที่สำคัญในวงจรอิเล็กทรอนิกส์และวงจรไฟฟ้า เพื่อทำหน้าที่บังคับทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า ไดโอดโดยทั่วไปแล้วไม่เปล่งแสงออกมา

2.8.2 ประเภทของ LED จำแนกออกได้ดังนี้

1) LED แบบดั้งเดิม มีกำลังวัตต์น้อย ขนาด รูปร่าง หรือสีขึ้นอยู่กับพลาสติกที่ใช้ทำเปลือกหุ้ม ใช้ทำไฟสัญญาณในวงจร ดังรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.14 หลอดแอลอีดีประเภทต่าง ๆ

2) LED ขนาดเล็กมาก ใช้เทคโนโลยีการเชื่อมเม็ด LED ติดกับแผงวงจร เรียกว่า Surface Mounting Technology (SMT) เป็นวิธีการประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ และ semiconductor ขนาดเล็ก หรือเรียกแอลอีดี Surface Mounting Device LED ; SMD LED ดังรูปที่ 2.21



รูปที่ 2.15 หลอด LED ขนาดเล็กมาก

3) LED กำลังสูง (Hi-Power LED) เป็นชนิดที่ให้กำลังสูง มีความสว่างมาก กระแสขับสูงถึง 100 mA บางรุ่นต้องการกระแสขับถึง 1 A ต้องมีการระบายความร้อน ถ้าระบายความร้อนไม่ดีทำให้พัง หรือเสียหายในไม่ช้า ส่วนใหญ่จะใช้ทำอุปกรณ์ให้แสงสว่าง มาทดแทนหลอดไฟที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ดังรูปที่ 2.22



CREE XMA Series COB Bridgelux Vero Series COB

รูปที่ 2.16 หลอด LED กำลังสูง

2.8.3 การระบายความร้อน ไดโอดเปล่งแสง หรือ LED แบบทั่ว ๆ ไปจะเปล่งแสง มีความร้อนเกิดขึ้นน้อยมากจนใช้มือเปล่าสัมผัสได้ แต่ใน LED กำลังสูง ให้แสงสว่างมาก ๆ มีความร้อนเกิดขึ้นมาก การออกแบบระบบระบายความร้อนจึงมีความสำคัญต่ออุปกรณ์ แผงระบายความร้อน หรือ เรียกว่าฮีทซิงค์ (Heat Sink) ทำมาจากอลูมิเนียม มีคุณสมบัติ คือ หลอมขึ้นรูปได้ง่าย น้ำหนักเบา และพาความร้อนได้ดี ดังรูปที่ 2.23



รูปที่ 2.17 แผงระบายความร้อนแบบต่าง ๆ

2.8.4 ข้อดีของหลอด LED

ข้อดีของหลอด LED มีดังนี้

1. ให้ความสว่างมากกว่าหลอดไส้
2. แสงสว่างส่องแบบมีทิศทางชัดเจน
3. ทนทานต่อการใช้งานได้ยาวนาน
4. เสื่อมสภาพช้า แสงไฟลดลงน้อยตลอดอายุการใช้งาน
5. เปิดไฟแล้วสว่างทันที
6. ไม่ปล่อยรังสี UV
7. ไม่แผ่รังสีความร้อน
8. ไม่มีสารปรอท
9. ทนต่อแรงสั่นสะเทือน

2.9 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current Motors : DC. Motors)

วีรยุทธ เต็มสวัสดิ์ และจักรกฤษณ์ จันทศิริ. (2562) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC. Motors) เป็นอุปกรณ์แปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล ลักษณะคล้ายกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง คือ อาร์เมเจอร์ (Armature) ขั้วสนามแม่เหล็ก (Magnetic core) และแปรงถ่าน (Brush) ที่ทำงานร่วมกันกับคอมมิวเตเตอร์ (Commutator) เพื่อเปลี่ยนเส้นทางกระแสไฟฟ้าให้เป็นเส้นตรงตลอดเวลา มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงมีอยู่ 3 แบบ ซึ่งในแต่ละแบบมีส่วนประกอบและหลักการทำงานคล้ายกัน แต่จะมีลักษณะที่แตกต่างกันที่ขนาดแรงม้าและการต่อขดลวด (Winding)

2.9.1 ส่วนประกอบและโครงสร้างมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

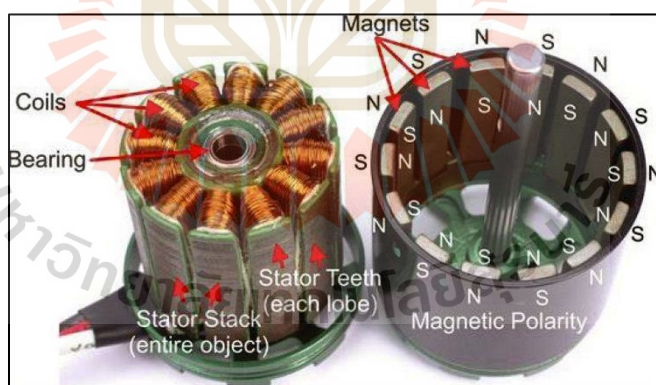
1) โครง (Frame) ทำมาจากเหล็กหล่อหรือเหล็กเหนียว เป็นส่วนที่ใช้สำหรับยึดขั้วสนามแม่เหล็กและเชื่อมต่อวงจร ให้อาร์เมเจอร์หมุนผลัดกันเส้นแรงแม่เหล็ก ให้ขั้วสนามแม่เหล็กตรง

แน่นอยู่กับส่วนโค้งภายในสลักเกลียว ดังรูปที่ 2.24 แต่มอเตอร์บางแบบจะหล่อขั้วสนามแม่เหล็กเป็นเนื้อแผ่นเดียวกันกับโครง



รูปที่ 2.18 โครงมอเตอร์

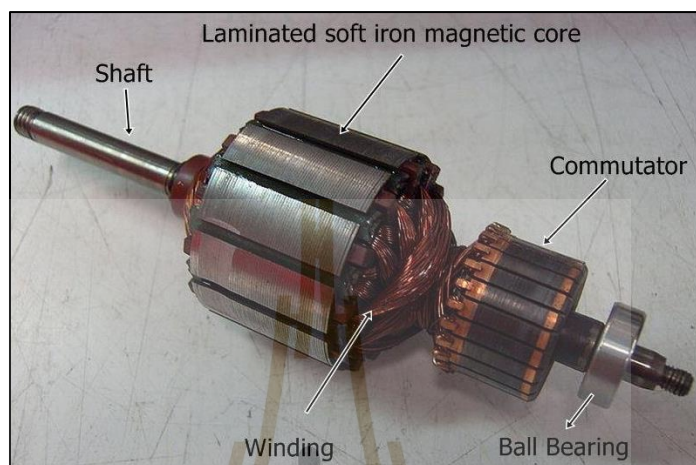
2) ขั้วแม่เหล็ก (Pole Shoes) ทำมาจากเหล็กหล่อ หรือเหล็กอ่อนเหนียว ทำเป็นแผ่นบาง ๆ มีขนาดประมาณ 0.025 นิ้ว อบและอบน้ำยา แล้วนำมาอัดกันหลาย ๆ แผ่นเป็นปึก (Laminated sheet steel) เพื่อสร้างเป็นขั้วแม่เหล็ก ติดกันอยู่ภายในโครงเหล็ก ขั้วสนามแม่เหล็กเป็นตัวที่ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้น เมื่อมีกระแสไหลผ่านขดลวดที่พันรอบขั้ว (Pole) ดังรูปที่ 2.25



รูปที่ 2.19 ขั้วแม่เหล็ก

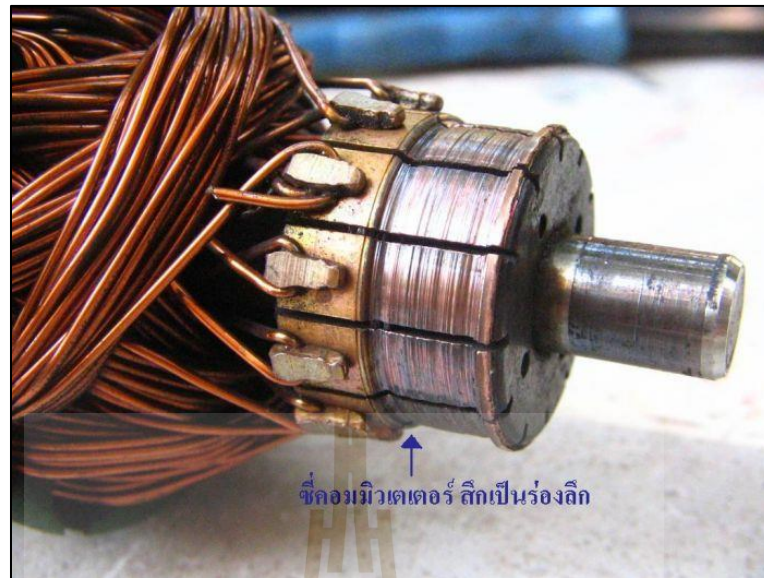
3) อาร์เมเจอร์ (Armature) ประกอบขึ้นด้วยแผ่นเหล็กบาง ๆ ฉาบด้วยฉนวน แล้วอัดซ้อนเข้าด้วยกันเหมือนกับขั้วสนามแม่เหล็ก มีความหนาเท่ากับขนาดของขั้ว ตัดเป็นวงกลมหลาย ๆ แผ่น เจาะรูตรงกลางสวมเข้ากับเพลลา หรือท่อนเหล็กเป็นรูปทรงกระบอก ดังรูปที่ 2.26 อาร์เมเจอร์จะมีร่องสลิต (Slot) ขนาดรองเท่า ๆ กัน เป็นทางยาวสำหรับพันขดลวด เรียกว่า ขดลวด

เหนี่ยวนำกระแสไฟฟ้า ปลายของขดลวดทุก ๆ ปลายจะเชื่อมต่อไปยังช่องซี่ของ คอมมิวเตเตอร์ (Commutator) และที่แกนเหล็กอาร์เมเจอร์จะเจาะรูไว้ เพื่อช่วยระบายความร้อน เนื่องมาจากการสูญเสียอาร์เมเจอร์



รูปที่ 2.20 อาร์เมเจอร์ ขดลวดที่พันอยู่ในร่องเรียบร้อยแล้วพร้อมด้วยคอมมิวเตเตอร์

4) คอมมิวเตเตอร์ (Commutator) ประกอบด้วยทองแดง เรียงเป็นรูปวงแหวนสวมติดอยู่กับปลายเพลลาของอาร์เมเจอร์ ระหว่างช่องเรียงของแผ่นทองแดง คอมมิวเตเตอร์จะมีฉนวนสอดแทรกไว้ เพื่อป้องกันกระแสไฟระหว่างช่องไม่ให้ผ่านถึงกัน ทำมาจาก ไมก้า (mica) คอมมิวเตเตอร์เป็นตัวนำกระแสเข้าไปยังขดลวดของอาร์เมเจอร์ที่พันรอบแกน และเชื่อมต่อกับปลายซี่ของขดลวดอาร์เมเจอร์ การหมุนของอาร์เมเจอร์กับคอมมิวเตเตอร์จะหมุนรวมกันไป และเป็นตัวที่สัมผัสกับแปรงถ่าน ดังรูปที่ 2.27



รูปที่ 2.21 ลักษณะคอมมิวเตเตอร์

5) แปรงถ่าน (Brush) เป็นส่วนผสมของคาร์บอนแกรไฟท์ (Carbongraphite)อัดเป็นรูปแท่งสี่เหลี่ยม มีสายเกลียวทองแดง ปลายข้างหนึ่งอยู่ในเนื้อของแปรงถ่าน และปลายอีกข้างหนึ่งโผล่ออกมาจากเนื้อถ่านไว้สำหรับติดต่อกับช่องยึดแปรงถ่าน ทำหน้าที่เชื่อมไฟจากคอมมิวเตเตอร์ไปยังวงจรภายนอก

6) ช่องยึดจับเกาะแปรงถ่าน มีช่องไว้เพื่อยึดตัวแปรง หรือสปริงกดบังคับให้แปรงถ่านมีการยึดหยุ่นตัวได้ตามสมควร ระหว่างที่คอมมิวเตเตอร์หมุนไปพร้อมกับอาร์เมเจอร์ ดังรูปที่ 2.28



รูปที่ 2.22 แปรงถ่านสำหรับมอเตอร์

2.9.7) ฝาครอบ (End plate) ประกอบขึ้นด้วยเหล็กหล่อ หรือเหล็กเหนียว ทำหน้าที่บังคับให้อาร์เมเจอร์หมุนอยู่ตรงกลาง ในแนวเส้นแรงแม่เหล็ก และแนวศูนย์กลางของตัวมอเตอร์ ด้านในมีปลอกทองเหลือง หรือ ตลับลูกปืน รองรับเพลลาของอาร์เมเจอร์ ดังรูปที่ 2.29



รูปที่ 2.23 ฝาครอบมอเตอร์

8) แบริ่ง (Bearing) หรือ ปลอกทองเหลือง เป็นที่รองรับเพลลาติดกับฝาครอบ (Bearing or Bush) ด้านในมีแหวนน้ำมันและปลอกทองเหลือง ทำหน้าที่บังคับให้อาร์เมเจอร์หมุนอยู่ตรงกลาง ในแนวเส้นแรงแม่เหล็ก และแนวศูนย์กลางของมอเตอร์ ช่วยรองรับการเสียดสี ไม่ให้เกิดความร้อน ทำให้ปลอกทองเหลือง หรือตลับลูกปืนแบริ่งเกิดการสึกหรอ ชำรุด อันเนื่องมาจากลูกปืนภายในตลับแตกเป็นต้นเหตุที่ทำให้มอเตอร์ ทำงานบกพร่อง และมีเสียงดังผิดปกติ ดังรูปที่ 2.30



รูปที่ 2.24 แบริ่งหรือปลอกทองเหลือง

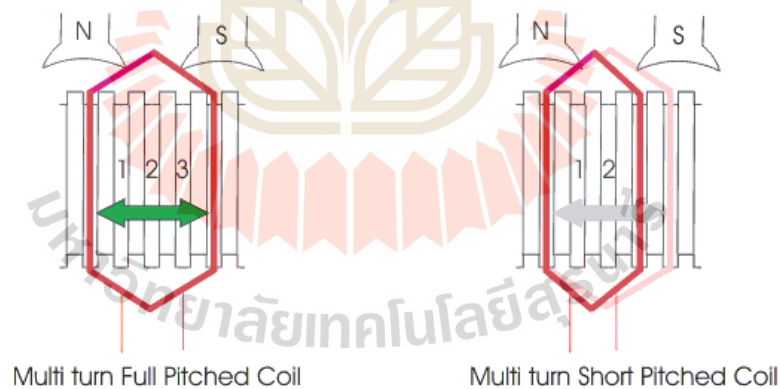
9) ขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field coil) ประกอบด้วยเหล็กแผ่นบาง ๆ เป็นส่วนประกอบของขั้วสนามแม่เหล็ก ดังรูปที่ 2.31 พันด้วยผ้าดิบบางเป็นฉนวนโดยรอบ สวมกับขั้วสนามแม่เหล็กที่มอเตอร์ ลวดตัวนำพันไว้รอบขั้วแม่เหล็ก ทำหน้าที่สร้างเส้นแรงแม่เหล็ก ได้แก่

1. ขดลวดชั้นท์ฟิลด์ พันด้วยลวดเส้นเล็ก ความต้านทานจะสูง
2. ขดลวดซีรีส์ฟิลด์ พันด้วยลวดเส้นโต ความต้านทานจะต่ำ



รูปที่ 2.25 ขดลวดสนามแม่เหล็ก

10) ขดลวดอาร์เมเจอร์ (Armature Winding) เป็นขดลวดที่พันลงในช่องของแกนเหล็กอาร์เมเจอร์ มีลักษณะการพันเป็นแบบแลพ และแบบเวฟ โดยปลายขดลวดอาร์เมเจอร์จะถูกนำไปต่อเข้ากับซีคอมมิวเตเตอร์ ดังรูปที่ 2.32



รูปที่ 2.26 ขดลวดอาร์เมเจอร์

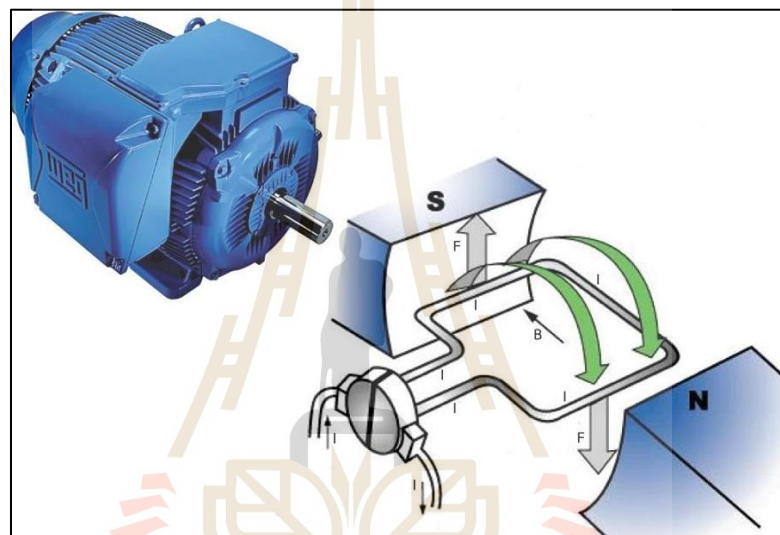
2.9.2 หลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง คือ เครื่องกลที่ใช้ในการแปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล เรียกว่ามอเตอร์กระแสตรง เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดตัวนำ ซึ่งวางอยู่ในสนามแม่เหล็ก จะมีแรงเกิดขึ้นที่ขดลวดตัวนำ ทำให้ขดลวดตัวนำเกิดการเคลื่อนที่ ดังรูปที่ 2.33 ขนาดของแรงที่เกิดขึ้นหาได้จากสมการ

$$F = BIL \quad \text{นิวตัน (N)} \quad (2.4)$$

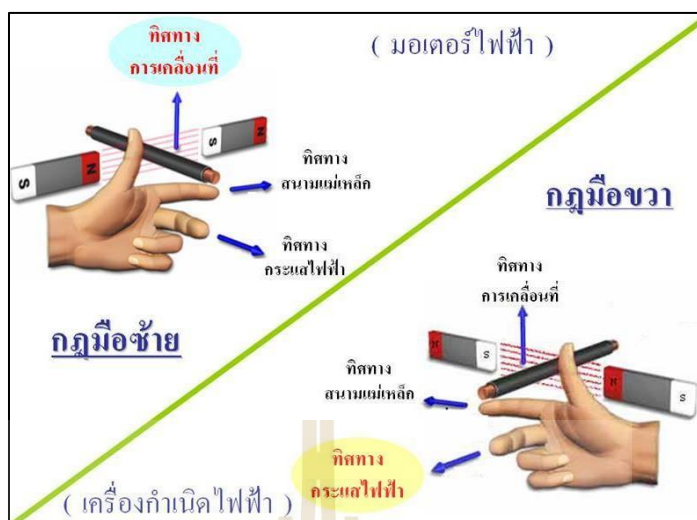
เมื่อ

- F คือ แรงที่เกิดขึ้นที่ขดลวดตัวนำ มีหน่วยเป็น นิวตัน (N)
 B คือ ความหนาแน่นของสนามแม่เหล็ก มีหน่วยเป็น เทสลา (T) หรือ (Wb/m²)
 I คือ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดตัวนำ มีหน่วยเป็น แอมแปร์ (A)
 L คือ ความยาวของตัวนำในสนามแม่เหล็ก มีหน่วยเป็น เมตร (m)



รูปที่ 2.27 หลักการทำงานของมอเตอร์กระแสตรง

การหาทิศทางของแรง เกิดขึ้นที่ขดลวดตัวนำ โดยใช้กฎมือซ้ายของเฟลมมิ่ง ซึ่งใช้หาทิศทางการหมุนของมอเตอร์ ดังรูปที่ 2.34 การใช้กฎมือซ้ายของเฟลมมิ่ง หรือกฎมือซ้ายของมอเตอร์ไฟฟ้า เปรียบเทียบกับการใช้กฎมือขวาของเฟลมมิ่ง หรือกฎมือขวาของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เพื่อใช้หาทิศทางของแรงเคลื่อนไฟฟ้าต่อต้านในมอเตอร์



รูปที่ 2.28 การเปรียบเทียบพฤติกรรมของมอเตอร์ไฟฟ้าและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

2.9.3 ประเภทของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง สามารถแบ่งออกได้ 4 แบบ คือ

1) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบแยกวงจรกระตุ้นสนามแม่เหล็ก (Separately excited DC. Motors) ใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง จำนวน 2 ชุด จ่ายให้ขดลวดฟิลด์ และขดลวดอาร์เมเจอร์ จึงไม่นิยมใช้กัน

2) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบชั๊นท์ (DC. Shunt motors)

3) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบซีรี่ส์ (DC. Series motors)

4) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบคอมพาวด์ (DC. Compound motors)

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบชั๊นท์ แบบซีรี่ส์ และแบบคอมพาวด์ เป็นมอเตอร์ที่ใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงเพียงชุดเดียว จึงเป็นที่นิยมใช้กัน

2.10 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating Current Motor : AC. Motors)

มนตรี เปรมเจริญ. (2559) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC. Motors) แบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่ อินดักชันมอเตอร์ (Induction Motors) และ ซิงโครนัสมอเตอร์ (Synchronous Motors) ใช้งานอย่างแพร่หลาย บ้านพักอาศัยไปจนถึงโรงงานอุตสาหกรรม เพราะมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับทำงานที่ความเร็ว (Speed) คงที่ เป็นส่วนใหญ่

2.10.1 หลักการทำงานของอินดักชั่นมอเตอร์

ณรงค์ ขอนตะวัน. (2556) เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวดสเตเตอร์ เกิดสนามแม่เหล็กหมุน (revolving field or rotating field) ขึ้น ความเร็ว ของสนามแม่เหล็กหมุน ขึ้นอยู่กับจำนวนขั้วแม่เหล็ก สเตเตอร์ ขึ้นอยู่กับความถี่ของไฟฟ้า ที่ป้อนให้ขดลวดมอเตอร์ ความเร็ว ของสนามแม่เหล็กหมุนจะแปรผันโดยตรงกับความถี่ แต่จะแปรผันเป็นส่วนกลับกับจำนวนขั้วแม่เหล็ก ของมอเตอร์ ความเร็วของสนามแม่เหล็กหมุน เรียกว่า ความเร็วซิงโครนัส (Synchronous speed : N_s) หาได้จากสามการ

$$N_s = \frac{120f}{P} \quad (2.5)$$

เมื่อ	N_s	คือ ความเร็วซิงโครนัส	หน่วยเป็น รอบต่อนาที (rpm)
	F	คือ ความถี่	หน่วยเป็น รอบต่อวินาที (Hz)
	P	คือ จำนวนขั้วแม่เหล็ก	หน่วยเป็น ขั้ว (Pole)

2.10.2 มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (Induction Motors)

มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ คือ เครื่องกลไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล ในการเปลี่ยน พลังงานไฟฟ้าไม่ได้นำเข้าสู่วอเตอร์ของมอเตอร์โดยตรง แต่จะได้รับการเหนี่ยวนำ (Induction) มีส่วนประกอบเบื้องต้น คือ ส่วนอยู่กับที่ (Stator) ส่วนเคลื่อนที่ (Rotor) ฝาครอบ (End Plate) และขดลวด (Stator Winding) มีขนาดตั้งแต่เล็ก ๆ ไปจนถึงหลายร้อยแอมป์ มอเตอร์ ประเภทเหนี่ยวนำเป็นมอเตอร์ชนิด 1 เฟส (Single Phase) แบ่งออกได้ 5 ชนิด ได้แก่

1) สปลิตเฟสมอเตอร์ (Split Phase Motors) หรือ อินดักชั่นมอเตอร์ (Induction motors) เป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิดเฟสเดียว มีขนาดแอมป์ (Horse Power : HP) ตั้งแต่ 1/4 แอมป์, 1/3 แอมป์, 1/2 แอมป์ จะมีขนาดไม่เกิน 1 แอมป์ นิยมนำมาใช้งานมากในตู้เย็น เครื่องซักผ้า และเครื่องสูบน้ำขนาดเล็ก เป็นต้น ดังรูปที่ 2.35



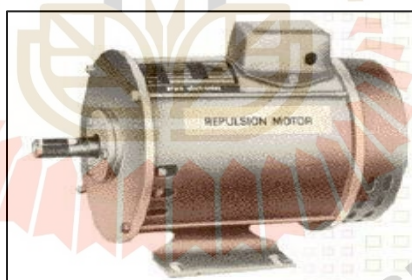
รูปที่ 2.29 สปลิตเฟสมอเตอร์

2) เซ็ดเด็คโพลมอเตอร์ (Shaded Pole Motors) เป็นมอเตอร์ขนาดเล็กที่สุด มีแรงบิดเริ่มหมุนต่ำมาก นำไปใช้งานกับเครื่องใช้ไฟฟ้า เช่น ไดร์เป่าผม พัดลมขนาดเล็ก ดังรูปที่ 2.36



รูปที่ 2.30 เซ็ดเด็คโพลมอเตอร์

3) รีพัลชั่นมอเตอร์ (Repulsion Motors) เป็นมอเตอร์ที่มีขดลวดโรเตอร์ (Rotor) ต่อเข้ากับคอมมิวเตเตอร์ และมีแปรงถ่านเป็นตัวต่อลัดวงจร ให้สามารถปรับความเร็ว และแรงบิดได้ มีขดลวดพันอยู่ในร่องชุดเดียว เหมือนกับขดลวดรีนของสปลิทเฟสมอเตอร์ เรียกว่า ขดลวดเมน (Main winding) ต่อกับแหล่งจ่ายไฟโดยตรง แรงบิดเริ่มหมุนสูง ความเร็วคงที่ มีขนาด 0.37-7.5 กิโลวัตต์ (10 แรงม้า) ใช้กับงาน ปั่นคอมเพลสเซอร์ ปั่นลม ปั้มน้ำขนาดใหญ่ ดังรูปที่ 2.37



รูปที่ 2.31 รีพัลชั่นมอเตอร์

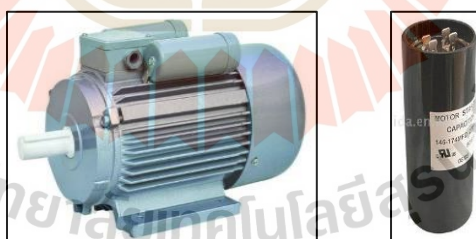
4) ยูนิเวอร์แซลมอเตอร์ (Universal Motors) เป็นมอเตอร์ขนาดเล็ก มีขนาดกำลังไฟฟ้าตั้งแต่ 1/200 แรงม้า ถึง 1/30 แรงม้า สามารถใช้กับไฟฟ้ากระแสตรง และไฟฟ้ากระแสสลับ ชนิด 1 เฟส มีคุณสมบัติ ให้แรงบิดเริ่มหมุนสูง ปรับความเร็วได้ วงจรลดแรงดัน และวงจรควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ นิยมนำไปใช้เป็นตัวขับเคลื่อนเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน เช่น เครื่องอบ และ เครื่องผสมอาหาร มัดโกนหนวดไฟฟ้า เครื่องนวดไฟฟ้า มอเตอร์จักรเย็บผ้า และสว่านไฟฟ้า เป็นต้น ดังรูปที่ 2.38



รูปที่ 2.32 ยูนิเวอร์แซลมอเตอร์

5) คาปาซิเตอร์มอเตอร์ (Capacitor Motors) เป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส มีลักษณะคล้ายกับสปลิทเฟสมอเตอร์ แต่จะแตกต่างกันตรงที่มี ตัวคาปาซิเตอร์ต่อเพิ่มเข้ามา ทำให้มีคุณสมบัติพิเศษ คือ แรงบิดขณะสตาร์ทสูง เพราะใช้กระแสขณะสตาร์ทนั่นเอง มีขนาดตั้งแต่ 1/20 แรงม้า ถึง 10 แรงม้า นิยมใช้งาน ปั่นน้ำ เครื่องอัดลม ตู้แช่ และ ตู้เย็น แบ่งออกได้ 3 ชนิด คือ

1. มอเตอร์คาปาซิเตอร์สตาร์ท (Capacitor Start Motors) โครงสร้างทั่วไปเหมือนกับสปลิทเฟสมอเตอร์ แต่ขดลวดสตาร์ทจะพันด้วยขดลวดขนาดใหญ่ กว่าสปลิทเฟสมอเตอร์ และพันจำนวนรอบมากขึ้น กว่าขดลวดชุดรัน แล้วต่อตัวคาปาซิเตอร์ (ชนิดอิเล็กโทรไลต์) อนุกรมเข้าไปในวงจรขดลวดสตาร์ท มีสวิตช์แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง ตัดตัวคาปาซิเตอร์ และขดลวดสตาร์ทออกจากวงจร ดังรูปที่ 2.39



รูปที่ 2.33 คาปาซิเตอร์สตาร์ทมอเตอร์

2. มอเตอร์คาปาซิเตอร์รัน (Capacitor Run Motors) โครงสร้างทั่วไปเหมือนกับคาปาซิเตอร์สตาร์ท ไม่มีสวิตช์แรงเหวี่ยง ตัวคาปาซิเตอร์จะต่ออยู่ในวงจรตลอดเวลา ทำให้ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ (Power Factor : PF) ดีขึ้น คาปาซิเตอร์ต้องต่อถาวรอยู่ขณะทำงาน มอเตอร์คาปาซิเตอร์ใช้งานกับ คาปาซิเตอร์ประเภทน้ำมัน หรือกระดาษฉาบโลหะ ดังรูปที่ 2.40



รูปที่ 2.34 คาปาซิเตอร์ที่ใช้กับมอเตอร์คาปาซิเตอร์รัน

3. มอเตอร์คาปาซิเตอร์สตาร์ทและรัน (Capacitor Start and Run Motor) โครงสร้างที่ใช้คาปาซิเตอร์จำนวน 2 ตัว คือ คาปาซิเตอร์สตาร์ท และคาปาซิเตอร์รัน ซึ่งคาปาซิเตอร์สตาร์ทจะต่ออนุกรมอยู่กับสวิตช์แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง หรือ เรียกว่า เซ็นติฟูกัลสวิตช์ (Centrifugal Switch) ส่วนคาปาซิเตอร์รันจะต่ออยู่กับวงจรตลอดเวลา คาปาซิเตอร์ทั้งสองจะต่อขนานกัน ซึ่งค่าของคาปาซิเตอร์ทั้งสองจะมีค่าแตกต่างกัน ดังรูปที่ 2.41



รูปที่ 2.35 มอเตอร์คาปาซิเตอร์สตาร์ทและรัน

2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในปี พ.ศ. 2565 ไกรสร รวยป้อม และ ร้อยทิศ ญาติเจริญ [3] ได้ศึกษาเกี่ยวกับ การประยุกต์ใช้พลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ในการควบคุมความชื้นอัตโนมัติในโรงเพาะเห็ด เพื่อทดสอบระบบพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ และระบบควบคุมความชื้นอัตโนมัติ ใช้ระบบพ่นหมอก 2 ตำแหน่ง (on-off) รับสัญญาณจากหัววัดความชื้นแบบ IC ส่งสัญญาณมายังชุดควบคุมความชื้นผ่านรีเลย์ ใช้แหล่งพลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์ โดยการตั้งค่าควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเพาะเห็ดไม่ให้ต่ำกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ พบว่า โรงเรือนควบคุมความชื้นอัตโนมัติมีความชื้นโดยเฉลี่ย เท่ากับ 80.70 เปอร์เซ็นต์ และพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ มีกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้

ในปี พ.ศ. 2555 เกริกชัย ทองหนู, พนาลี ชีวภิกษาการ, ชिरดา ยงสถิตศักดิ์, และ สุพัตรา พุฒเนาวรัตน์ [4] ได้ศึกษาเกี่ยวกับ การพัฒนาต้นแบบระบบเซนเซอร์เว็บเชิงความหมายสำหรับข้อมูลบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมในเขตลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา เพื่อศึกษาเทคนิคและมาตรฐานการสร้างระบบรวบรวมข้อมูลเชิงความหมาย และการพัฒนาต้นแบบระบบเซนเซอร์เว็บเชิงความหมายสำหรับข้อมูลจัดการสิ่งแวดล้อมในเขตลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา แบ่งออกเป็น 3 ระยะ พบว่า ระบบ SOS ของ 52°North มีความเหมาะสม เป็นเครื่องมือในการพัฒนาต้นแบบ สามารถใช้ได้ทั้ง 4 รูปแบบ ขึ้นอยู่กับความพร้อมของระบบจ่ายไฟ และการเชื่อมต่อกับระบบอินเทอร์เน็ตที่จุดติดตั้งเซนเซอร์

ในปี พ.ศ. 2554 นิรวิทย์ สุวัฒน์, ศราวุฒิ แสงสว่าง, ชีโนรส ละออวรรณ, ญัฐปภัสร บัญดา, ภูษิต พรหมศรีแก้ว, นรานันท์ ขามณี, ญัฐพันธ์ สงวนศักดิ์บาร์มี และ พีรพงศ์ หนูช่วย [15] ได้ศึกษาเกี่ยวกับ เครื่องตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้น เพื่อควบคุมกระบวนการ และเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ ให้มีประสิทธิภาพ และคงที่ พบว่า เครื่องมือวัดอุณหภูมิ และความชื้นมีค่าไม่คงที่ ทำให้เครื่องมือเกิดความผิดพลาดส่งผลให้เกิดความเสียหาย ดังนั้นการทำให้อุณหภูมิ และความชื้น ในห้องปฏิบัติการคงที่ มีค่าที่ถูกต้องแม่นยำ ผู้วิจัยได้ทดสอบภายในห้องปฏิบัติการ โดยทำการประกอบติดตั้งเครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้น โดยใช้ไฟขนาด 110-220 VAC \pm 10%, 50/60 Hz หรือ 12 VDC ควบคุมอุณหภูมิที่ช่วง $-20^{\circ}\text{C} \sim 80^{\circ}\text{C}$ ควบคุมความชื้นที่ช่วง 00 %RH \sim 100 %RH ความถูกต้องอยู่ที่ $\pm 1^{\circ}\text{C}$ และ 0.1 %RH โดยเปรียบเทียบกับอุณหภูมิห้อง 28-31 $^{\circ}\text{C}$ และอุณหภูมิห้องปฏิบัติการ 15-25 $^{\circ}\text{C}$ ทำการเก็บข้อมูลเป็นเวลา 30 วัน พบว่า ค่าที่ได้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

ในปี พ.ศ. 2557 ธนากร น้ำหอมจันทร์ และอดิกร เสรีพัฒนานนท์ [13] ได้ศึกษาเกี่ยวกับ ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนเพาะปลูกพืชไร่ดิน แบบทำความเย็นด้วยวิธีการระเหยของน้ำ ร่วมกับการสเปร์ยละอองน้ำแบบอัตโนมัติ โดยใช้ระบบควบคุมเชิงตรรกะแบบโปรแกรม ใช้การควบคุมด้วยโปรแกรมลอจิกคอนโทรลเลอร์ อุปกรณ์อินพุตเป็นแบบอะนาล็อก รับสัญญาณจากเซนเซอร์อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ไปประมวลผลใน PLC และใช้โวลต์มิเตอร์แบบดิจิตอล 2 ตัว แสดงอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในเรือนกระจกของตู้ควบคุม สามารถควบคุมได้ทั้งแบบแมนนวล และแบบควบคุมอัตโนมัติ พบว่า ระบบควบคุมอุณหภูมิเฉลี่ยในโรงเรือนเรือนกระจก 30.45 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยร้อยละ 80.54 ระบบพ่นหมอกเฉลี่ย 10 นาทีต่อวัน และระบบทำความเย็นแบบระเหยเฉลี่ย 6.37 ชั่วโมงต่อวัน ซึ่งชั่วโมงการทำงานของระบบทำความเย็นแบบระเหยขึ้นอยู่กับสภาพอากาศภายนอกเรือนกระจก ซึ่งจะช่วยลดการใช้ไฟฟ้า น้ำ และแรงงานตลอดจนการควบคุมเรือนกระจกสำหรับบ้านพักอาศัยได้เช่นกัน

ในปี พ.ศ. 2562 วีระชาติ จริตงาม และ ภิญญ์ ชุมมณี [25] ได้ศึกษาเกี่ยวกับ ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นแบบอัตโนมัติ ผานแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือ ในโรงเรือนเพาะเห็ด เชื่อมต่อกับแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือ แบบสมารทโฟน เพื่อความสะดวกสบายในการทำงาน

และประสิทธิภาพในการทำงาน พบว่า ค่าเฉลี่ยโรงเรือนมีอุณหภูมิ 25.22 °C ความชื้น 80.02 % สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าจากเครื่องป่นน้ำพริกหมอก และพัดลมระบายอากาศ โดยใช้ไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์

ในปี พ.ศ. 2562 ปัทมพันธ์ อิศรานนทกุล และชานาญ รักพงษ์ [19] ได้ศึกษาเกี่ยวกับ ระบบควบคุมการให้น้ำให้น้ำเห็ดนางฟ้าภูฐานแบบพ่นหมอกด้วยระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เพื่อสร้าง และศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของระบบ ให้น้ำเห็ดนางฟ้าภูฐาน ผ่านแอปพลิเคชัน 3 ฟังก์ชัน คือ สามารถสั่งเปิด และปิดน้ำแบบเมฆวน และแบบอัตโนมัติ จากเซนเซอร์ DHT22 พบว่า ระบบที่สร้างขึ้นสามารถควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นแบบอัตโนมัติ ได้อย่างถูกต้อง และแม่นยำ

ในปี พ.ศ. 2562 ภายรัฐ เจริญราษฎร์, อาทิตย์ พวงสมบัติ และ ชวโรจน์ ใจสิน [2] ได้ศึกษาเกี่ยวกับ การพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นในโรงเรือนเพาะเห็ด โดยอาศัยเซนเซอร์ตรวจวัดอากาศร่วมกับระบบพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งได้ออกแบบ ติดตั้ง และทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์กับฟาร์มเห็ด พบว่า ช่วงเดือนสิงหาคมถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2559 โรงเรือนควบคุมอัตโนมัติ และโรงเรือนที่ไม่มีการควบคุมให้ปริมาณผลผลิตใกล้เคียงกัน โดยแตกต่างกันแค่ 0.67 % เนื่องจากเป็นช่วงฤดูฝนทำให้ความชื้นในโรงเรือนสูงอยู่เสมอ ช่วงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2559 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2560 ปริมาณผลผลิตของทั้งสองโรงเรือนจะน้อยกว่าในช่วงฤดูฝน โดยโรงเรือนควบคุมอัตโนมัติ จะให้ผลผลิตที่มากกว่าประมาณ 14.72 % ซึ่งเป็นข้อดีที่จะทำให้เกษตรกรลดการหยุดการเพาะเห็ดในหน้าแล้งเนื่องจากปัญหาผลผลิตต่ำ

ในปี พ.ศ. 2565 กรินทร์ โกสิยานุรักษ์ และ พงศ์พัฒน์ สิงห์ศรี [1] ได้ศึกษาเกี่ยวกับ การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี พีแอลซีเน็กซ์ ในการควบคุมหุ่นยนต์อุตสาหกรรม พบว่า เทคโนโลยี พีแอลซีเน็กซ์เป็นเทคโนโลยีใหม่ของบริษัทฟินิกคอนแทรก จากประเทศเยอรมนี ประกอบด้วยฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์ที่ช่วยสร้างงานบนอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง เพื่อการทำงานอุตสาหกรรมในกรณีศึกษานี้ ใช้โปรแกรมพีแอลซีเน็กซ์ เอ็นจีเนีย ในเวอร์ชัน 201.5 LTS เป็นฟรีแวร์ ในการเชื่อมต่อ ตั้งค่าตัวควบคุมและอุปกรณ์ต่อพ่วง พัฒนาชุดคำสั่งและสร้างหน้าจอสั่งงานผ่านหน้าจอแสดงผล จากการทำงานโดยโยกสวิตช์บนการฝึกอบรม และชุดการเรียนรู้ การฝึกอบรมใช้เทคโนโลยี พีแอลซีเน็กซ์ พบว่า หุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ได้ถูกต้อง และสามารถสั่งการทำงานผ่านคอมพิวเตอร์ แล็ปท็อป แท็บเล็ต หรือ สมาร์ทโฟน ได้

ในปี พ.ศ. 2564 ปรีดา นาเทเวศร์ [18] ได้ศึกษาเกี่ยวกับ อิทธิพลของคุณภาพแสงเทียมต่อ ค่าดัชนีการสังเคราะห์แสง และผลผลิตดอกแห้งของกัญชาในระบบปลูกพืชแบบกึ่งปิด ได้วิจัยเกี่ยวกับ ดอกของกัญชาเพศเมียซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่ถูกนำไปใช้ประโยชน์ทางการแพทย์ ในดอกกัญชามีการสร้างสารสำคัญมากกว่าร้อยละ 90 รวมถึง แคนนาบินอล เทอปีน และฟลาโวนอยด์ การปลูกพืชภายใต้แสงเทียม ระบบมีประสิทธิภาพ การควบคุมสภาพแวดล้อม การปลูกกัญชาให้มีคุณภาพ ในระบบ

โรงเรือนแบบปิด ได้ศึกษาคุณภาพของแสงเทียม คือ หลอด แอลอีดี (LED) ชนิด 3200K, 6500K และ 3200K:6500K (1:1) นำมาทดสอบกับต้นกัญชาเพศเมีย ความเข้มแสง 400 $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ เป็นระยะเวลา 90 วันหลังย้ายปลูก พบว่า การให้คุณภาพแสงเทียมแบบ 3200:6500K (1:1) มีผลทำให้ค่าทางสรีรวิทยา ในด้านปฏิกิริยาของแสง (ค่า F_v/F_m และ ค่า Φ_{PSII}) และปฏิกิริยาของคาร์บอนไดออกไซด์ ค่าอัตราการสังเคราะห์แสง อัตราการคายระเหยของน้ำ และอัตราการนำไหลของปากใบ จำนวนปากใบ ด้านล่างแผ่นใบ ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้ง เอ และ บี สูงกว่าในต้นที่ปลูกภายใต้คุณภาพแสงอื่น และไม่พบความแตกต่างของน้ำหนักดอกแห้งระหว่างชนิดของแสงที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้



บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 บทนำ

การวิจัยครั้งนี้ได้ออกแบบและสร้างระบบควบคุมสภาพแวดล้อมในโรงเรือนปลูกกล้วยา ด้วยวิธีการสเปรย์ละอองน้ำ โดยมีข้อกำหนดใช้โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (Programmable Logic Controller) ในการควบคุมดังนี้

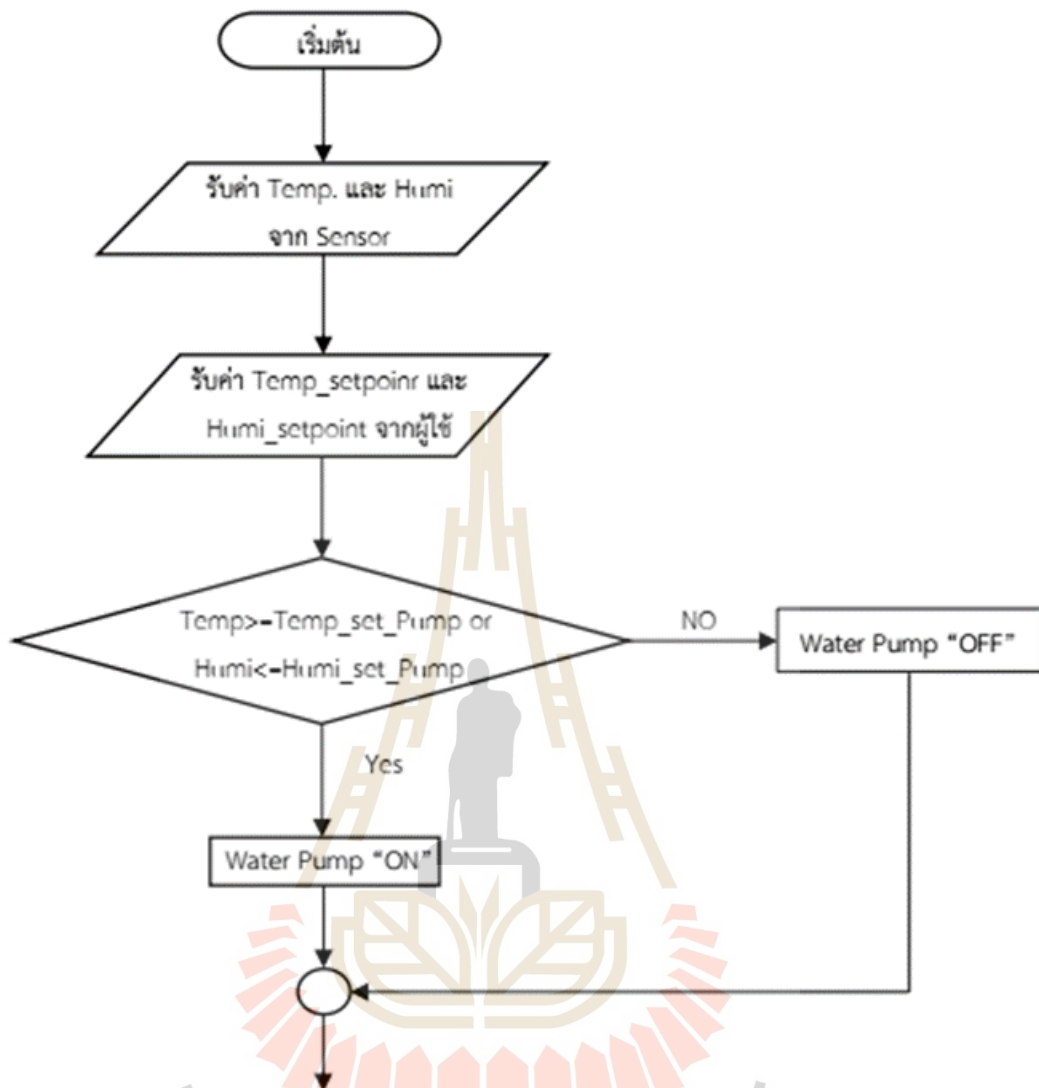
1) ใช้ Programmable Logic Control ; PLC เป็นอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ (Temperature Sensor : T) และความชื้นสัมพัทธ์ (Humidity Sensor : HR) โรงเรือนไม่ให้เกิน 30 °C โดยรับสัญญาณ Analog Signal โรงเรือนจากเซ็นเซอร์ (Sensor) ส่งไปประมวลผล (Process) PLC สั่งให้อุปกรณ์ทำงาน และสามารถเลือกโหมด (Mode) การทำงานได้ทั้งแบบควบคุมด้วยมือ (Manual) และควบคุมอัตโนมัติ (Automatic control)

2) การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ (Temperature and relative humidity control) ประกอบด้วย พัดลมดูดอากาศ (Fan) ทำงานเมื่ออุณหภูมิที่สูงกว่า 30 °C และความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่า 80 % ส่วน และหลอดไฟ LED (Light Emitting Diode) ทำงานเมื่ออุณหภูมิต่ำกว่า 20 °C สามารถสั่งให้ทำงานโดยอัตโนมัติ

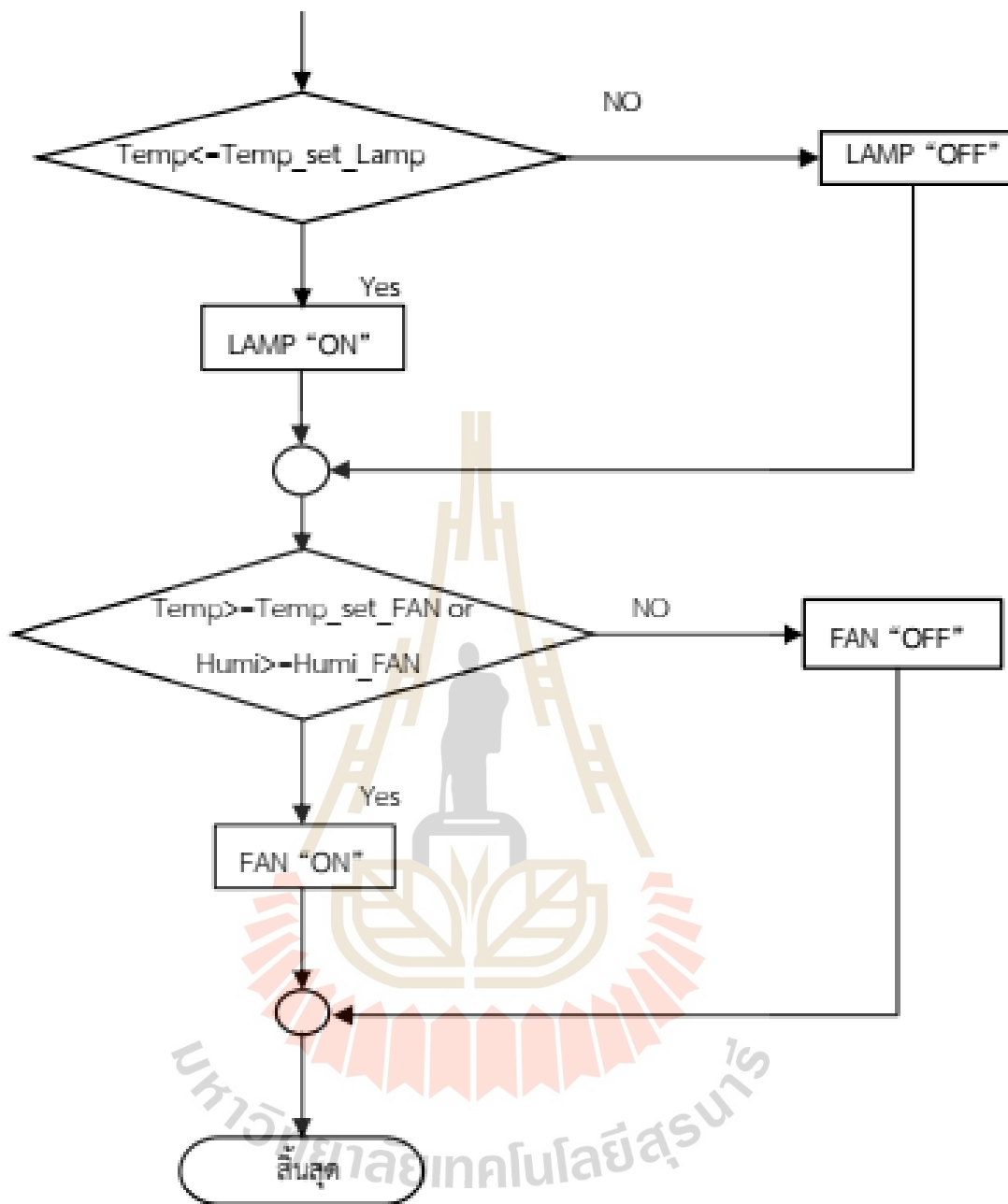
3) ระบบสเปรย์ละอองน้ำ (Mist Spray System) คือ ปั๊มน้ำ (Pump) สำหรับช่วยลดอุณหภูมิและเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือน สามารถสั่งให้ทำงานโดยอัตโนมัติ ในกรณีที่อุณหภูมิสูงกว่า 30 °C และความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่า 60 %

4) โรงเรือน (Greenhouse) พื้นที่ใช้ในการทดลองเป็น Model โรงเรือนปลูกกล้วยา ระบบปิด ขนาด 1 ตารางเมตร (m²) ภายในโรงเรือนติดตั้งพัดลมดูดอากาศ หัวพ่นสเปรย์ เซ็นเซอร์ และหลอดไฟ LED เพื่อควบคุมสภาพแวดล้อม

ทดสอบเก็บผลระบบควบคุมที่ออกแบบและสร้างแล้วเสร็จ จะทำการเก็บผลโดยใช้ (Data Acquisition; DAQ) ที่รับสัญญาณแรงดันจากเซ็นเซอร์ทั้งภายในและภายนอกโรงเรือน การทำงานของหลอดไฟ LED อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ และระบบสเปรย์ละอองน้ำ เก็บผล 1 สัปดาห์ บันทึกค่าทุก 1 ชั่วโมง ระบบควบคุมเปรียบเทียบอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์โรงเรือน ระบบสเปรย์ละอองน้ำ หลอดไฟ LED และพัดลมดูดอากาศได้ชัดเจนยิ่งขึ้น จากข้อกำหนดและอุปกรณ์จะสามารถเขียนขั้นตอนการทำงานของระบบควบคุมได้ ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน



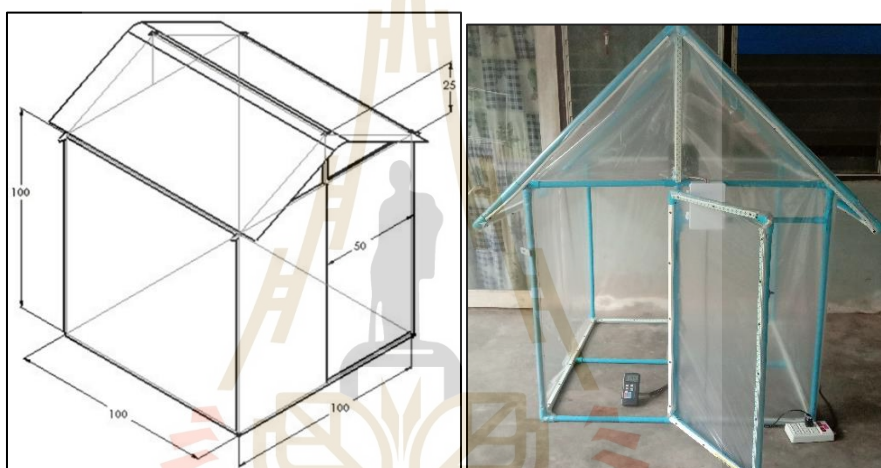
รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน (ต่อ)

การออกแบบระบบควบคุมสภาพแวดล้อมในโรงเรือนสามารถแบ่งออกตามข้อกำหนดข้างต้นได้ 2 ส่วนใหญ่ ๆ ด้วยกัน ส่วนที่ 1 ด้านฮาร์ดแวร์ (Hardware) ได้แก่ โรงเรือนแบบปิด, อุปกรณ์ด้านอินพุต (Input Device) อุปกรณ์ด้านเอาต์พุต (Output Device) ระบบควบคุม (Control System) และส่วนที่ 2 ด้านซอฟต์แวร์ (Software) ใช้ภาษา Ladder เขียนลงในโปรแกรม Wecon PLC Editor ใช้กับไมโครคอนโทรลเลอร์

3.2 ฮาร์ดแวร์ (Hardware)

เป็นอุปกรณ์ที่เลือกใช้และออกแบบสร้างขึ้นมาเพื่อให้ทำงานตามเงื่อนไขของโปรแกรมด้านซอฟต์แวร์ ได้แก่

3.2.1 โรงเรือน (Greenhouse) ผู้วิจัยได้เลือกโรงเรือนระบบแบบปิด (Indoor) พื้นที่ขนาด 1 ตารางเมตร (m^2) ใช้พลาสติกคลุมโรงเรือน ที่ความหนา 0.05 มิลลิเมตร ความกว้าง 1 เมตร และความยาว 1 เมตร สีชา (Tea Color) ภายในโรงเรือนติดตั้งพัดลมดูดอากาศ หัวฟ่นสเปร์ละอองน้ำ เซนเซอร์ และหลอดไฟ LED เพื่อเป็นโมดูลทดสอบสมรรถนะการควบคุมสภาพแวดล้อม ดังรูปที่ 3.2 (ก) และ (ข)



(ก) โครงสร้างโรงเรือน

(ข) โรงเรือน

รูปที่ 3.2 โครงสร้างและโรงเรือนแบบปิด (Indoor)

3.2.2 อุปกรณ์ด้านอินพุต (Input Device) ประกอบไปด้วย เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ผู้วิจัยเลือกใช้ Temperature Sensor (T) รุ่น DK-3002-WS-N01 ซึ่งมีย่านวัดอุณหภูมิได้ที่อินพุต (Input) 40-80 ($^{\circ}C$) และเซนเซอร์วัดความชื้นสัมพัทธ์ (RH) รุ่น RS485 มีย่านตรวจวัดที่อินพุต 0-100 % ซึ่งประกอบอยู่ในกล่องเป็นชุดเดียวกันเพื่อทำหน้าที่วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือน ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์

3.2.3 อุปกรณ์ด้านเอาต์พุต (Output Device) สามารถแยกออกตามการใช้งานได้ ดังนี้

1) หลอดไฟ LED (Light Emitting Diode) เลือกใช้หลอดไฟชนิด LED แบบ กระเปาะ (Bulb) ขั้วหลอด E27 เป็นขั้วหลอดเกลียว ยี่ห้อ GATA รุ่น movo ll ที่พิกัดแรงดันไฟฟ้า (Voltage : V) 220-240 โวลต์ (VAC) ความถี่ (Frequency : f) 50 เฮิร์ตซ์ (Hz) กำลังไฟฟ้า (Power) 10 วัตต์ (Watt : W) ให้อุณหภูมิ (Temperature) -20 (°C) ถึง 40 (°C) ซึ่งมีเหมาะสมกับการนำไปใช้งานที่ควบคุมอุณหภูมิภายในโรงเรือน ต่ำกว่า 20 (°C) และสูงกว่า 30 (°C) ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 หลอดไฟ LED

2) โคมไฟ (Lamp) เลือกใช้โคมไฟแบบ Down Light ยี่ห้อ EILON Downlight รุ่น TD-01 ใช้กับแรงดันไฟฟ้า 220-240 โวลต์ (V) ความถี่ 50/60 เฮิร์ตซ์ (Hz) และกำลังไฟฟ้าได้ 60 วัตต์ (W) ขนาด 4 นิ้ว ใช้กับขั้วหลอด E27 สำหรับใช้ในการช่วยสะท้อนแสงส่องสว่างร่วมกับหลอดไฟ LED ขนาดกำลังไฟฟ้า 10 โวลต์ (W) ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 โคมไฟ

3) ปั๊มน้ำ (Pump) เลือกใช้ปั๊มน้ำยี่ห้อ Colandas รุ่น P-150 แรงดันไฟฟ้า กระแสตรงขนาด 24 โวลต์ (VDC) กระแส 0.26 แอมแปร์ (A) ความดัน (Pressure Setting) 120 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (Pounds per Square inch : PSi) อัตราการไหล (Open Flow) 1.82 ลิตร ต่อนาที (Liter Per Minute : LPM) และหัวพ่นสเปรย์ละอองน้ำขนาด 100 ไมครอน (Micron) ทำงานเมื่ออุณหภูมิสูงเกิน 30 ($^{\circ}$ C) ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่า 60 % หยุดทำงานเมื่ออุณหภูมิต่ำกว่า 20 ($^{\circ}$ C) ความชื้นสัมพัทธ์สูงถึง 80 % จำนวน 1 ชุด ดังรูปที่ 3.6 (ก) และ (ข)



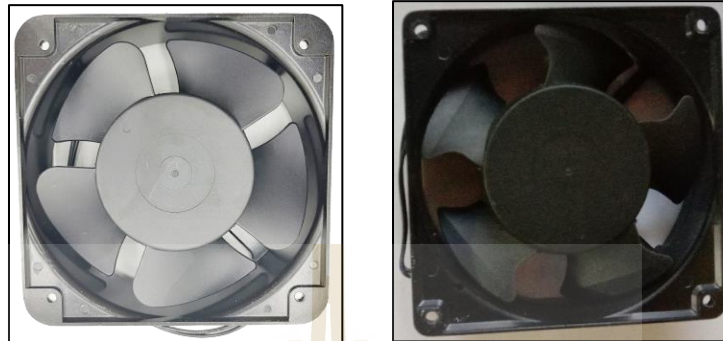
(ก) ปั๊มน้ำ

(ข) หัวพ่นสเปรย์ละอองน้ำ

รูปที่ 3.6 ลักษณะปั๊มน้ำแรงดันสูงและหัวพ่นสเปรย์

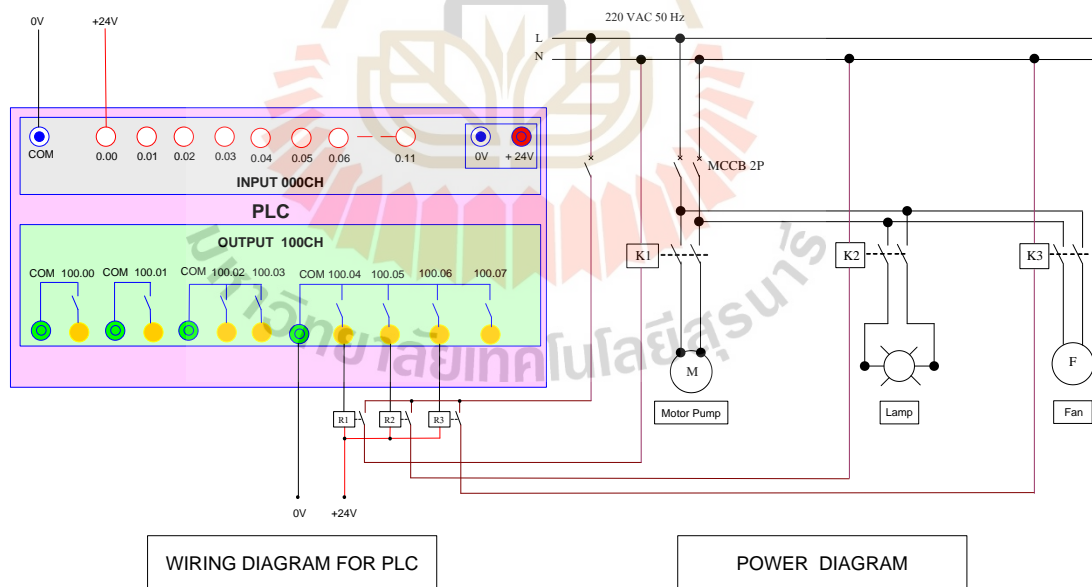
4) พัดลมดูดอากาศ (Fan) เลือกใช้ยี่ห้อ SUNON รุ่น DP200A ขนาด 6 นิ้ว ที่พิกัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220-240 โวลต์ (VAC) ความถี่ 50/60 Hz และกระแสไฟฟ้า 0.14 A

ทำงานเมื่ออุณหภูมิสูงเกิน 30 องศาเซลเซียส ($^{\circ}\text{C}$) และหยุดทำงานเมื่ออุณหภูมิลดลง 20 องศาเซลเซียส ($^{\circ}\text{C}$) ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 พัดลมดูดอากาศ

5. ระบบควบคุม (Control System) ทำหน้าที่ควบคุมสภาพแวดล้อมในโรงเรือน เพื่อให้อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์เป็นไปตามเงื่อนไขที่ได้ออกแบบไว้ในโปรแกรม PLC ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 วงจรการทำงานของระบบควบคุมด้วย PLC

3.3 ซอฟต์แวร์ (Software)

ผู้วิจัยได้เลือกใช้อุปกรณ์จากการออกแบบขึ้นมาเพื่อควบคุมการทำงานและแสดงผล ได้แก่

3.3.1 เซอร์คิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker; CB) เป็นชนิด 2 ขั้ว (Pole) ยี่ห้อ Liket รุ่น DZ47-63C16 ที่พิกัดแรงดันไฟฟ้า 400 VAC กระแส 6000 A จำนวน 2 ตัว ดังรูปที่ 3.9 เพื่อทำหน้าที่ควบคุมการเปิด-ปิดวงจรแรงดันไฟฟ้าให้กับระบบควบคุมโดยผ่าน ฟิวส์จำนวน 2 ตัว



รูปที่ 3.9 เซอร์คิตเบรกเกอร์

3.3.2 ฟิวส์ (Fuse) เลือกใช้ฟิวส์ ยี่ห้อ BF รุ่น RT18M-32 ชนิด 1 ขั้ว (Pole) ที่พิกัดแรงดันไฟฟ้า 600 โวลต์ (V) กระแส 32 แอมแปร์ (A) จำนวน 2 ตัว ดังรูปที่ 3.12 (ก) และ (ข) ตัวที่ 1 ทำหน้าที่จ่ายแรงดันไฟฟ้า (L220, 1/L1) ให้กับแมกเนติกคอนแทคเตอร์, (L220, 13R2) ให้กับรีเลย์ (RY2, 14R3) และรีเลย์ (RY3) ส่วนฟิวส์ตัวที่ 2 ทำหน้าที่จ่ายแรงดันไฟฟ้า (L220, 13R1) ให้กับรีเลย์ (RY1) ร่วมกับแหล่งจ่ายไฟ (Power Supply) และ PLC



(ก) ฟิวส์



(ข) ครอบฟิวส์

รูปที่ 3.10 ฟิวส์ขนาด 10 A

3.3.3 โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (Programmable Logic Control : PLC)
 เลือกใช้ยี่ห้อ WECON รุ่น Lx3v-0806MR ที่แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 85 – 264 โวลต์ (V) ความถี่ 50/60 (เฮิรตซ์) (Hz) และกำลังไฟฟ้า 20 วัตต์ (W) โดยมี 12 I/O แบ่งเป็น 7 Input และ 5 Output ดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.11 Programmable Logic Controller ; PLC

หมายเหตุ : เอาท์พุต (Output) ของ PLC ไม่สามารถขับ ป้อนน้ำ พัดลม และหลอดไฟ LED ได้โดยตรง จึงใช้ Relay และ Magnetic Contractor เพื่อให้สามารถสั่งการให้ ป้อนน้ำ พัดลม และหลอดไฟ LED ทำงานได้

3.3.4 แมคเนติกคอนแทกเตอร์ (Magnetic Contractor) เลือกใช้ยี่ห้อ Misubishi รุ่น S-T20 ที่พิกัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 400 โวลต์ (V) กระแส 6000 แอมแปร์ (A) ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานเปิด-ปิดแรงดันไฟฟ้า L220 V/(2/T1), N220/(6/T2) ให้กับพัดลมดูดอากาศ ดังรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.12 แมคเนติกคอนแทกเตอร์

3.3.5 แหล่งจ่ายไฟ (Supply) เลือกใช้ Supply ยี่ห้อ DAMPER รุ่น S-75-24 มี แรงดันไฟฟ้าด้าน INPUT : 110-120 โวลต์ (VAC) และ 220-240 โวลต์ (VAC) ความถี่ 50-60 เฮิรตซ์ (Hz) แรงดันไฟฟ้าด้าน OUTPUT : 24 โวลต์ (V) กระแส 3 แอมแปร์(A) ดังรูปที่ 3.15 ทำหน้าที่จ่าย แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (DCV) ขนาด + V24 ให้กับ 14R1/R1, 14R2/R2, 14R3/R3 และจ่าย แรงดันไฟฟ้า +V24/P24 ให้กับ จอภาพแสดงผล



รูปที่ 3.13 แหล่งจ่ายไฟ

3.3.6 จอภาพแสดงผล (Monitoring) เลือกใช้จอภาพแสดงผลแบบ Touch screen ยี่ห้อ WECON รุ่น PI3070ie แรงดันไฟฟ้าด้าน INPUT : 24 โวลต์ (VDC) กระแส 0.5 แอมแปร์ (A) ทำหน้าที่สำหรับแสดงผลการทำงานของระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ สเปรย์ละอองน้ำ และหลอดไฟ LED ดังรูปที่ 3.16



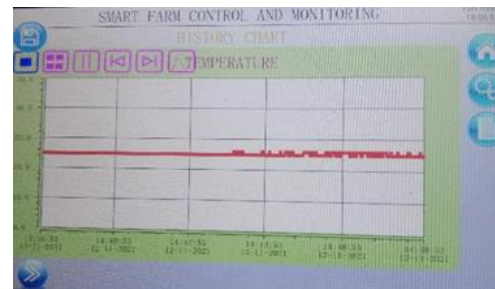
รูปที่ 3.14 จอภาพแสดงผล

3.3.7 รีเลย์ (Relay) เลือกใช้รีเลย์ยี่ห้อ OMRON รุ่น MY2N-GS มีพิกัดแรงดันไฟฟ้า กระแสสลับ 24 โวลต์ (VAC) และ Maximum 7 แอมแปร์ (A), 30 โวลต์ (VDC) / 7 แอมแปร์ (A) , 250 โวลต์ (VAC) ทำหน้าที่ปิด-เปิด (L220/GND) ให้กับหลอดไฟ LED และปั้มน้ำ ตามคำสั่งของโปรแกรม ดังรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.15 ลักษณะรีเลย์

3.3.8 ซอฟต์แวร์ (Fobwave) เป็นระบบปฏิบัติการทำงานของอุปกรณ์ด้าน I/P ที่รับข้อมูลในรูปแบบสัญญาณ Analog จากเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์มาประมวลผลเพื่อสั่งงานให้อุปกรณ์ด้าน O/P ทำงานหรือแสดงผลออกมาตามโปรแกรมที่เขียนไว้ ดังรูปที่ 3.18



(ก) แสดงสถานะการควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ

(ข) แสดงกราฟสถานะการทำงานแบบเรียลไทม์

รูปที่ 3.16 การควบคุมสภาพแวดล้อมในโรงเรือน



บทที่ 4

ผลการศึกษา และการวิเคราะห์

4.1 บทนำ

วิธีการวิจัย ได้นำเสนอผลลัพธ์ของระบบควบคุมสภาพแวดล้อมสำหรับโรงเรือนปลูกกล้วยา ทั้งนี้โรงเรือนที่ใช้ทดสอบคือสถานที่ภายใต้อาคาร ทำให้อุณหภูมิของอากาศภายในโรงเรือนไม่สูง เมื่อเทียบกับโรงเรือนที่อยู่กลางแจ้ง เงื่อนไขในการทดสอบ คือ อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในโรงเรือนต้องมีค่าไม่เกิน 30 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 80 % ตามลำดับ โดยมีการเก็บบันทึกค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในโรงเรือนทุก ๆ รายชั่วโมง เป็นเวลา 1 สัปดาห์ เพื่อทดสอบสมรรถนะการทำงานของระบบ

4.2 ผลการวิเคราะห์การทำงานของโปรแกรม PLC ในการควบคุมอุณหภูมิสำหรับโรงเรือนปลูกกล้วยา

ตารางที่ 4.1 การทดสอบเก็บค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ด้วยวิธีการระบบสเปร์ยละอองน้ำและหลอดไฟ LED

ลำดับ ที่	เวลา (ชม.)	ผลการทดสอบ (ภายนอกโรงเรือน)		ผลการทดสอบ (ภายในโรงเรือน)		สถานะการทำงาน		
		อุณหภูมิ (°C)	ความชื้น สัมพัทธ์เฉลี่ย (%)	อุณหภูมิ (°C)	ความชื้น สัมพัทธ์เฉลี่ย (%)	Light LED	PUMP	FAN
1	07.00	22.1	71.4	20.3	86.3	X	X	/
2	08.00	24.3	77.1	21.7	80.4	X	X	/
3	09.00	24.8	74.2	23.7	75.3	X	X	/
4	10.00	25.9	65.5	23.8	72.5	X	X	X
5	11.00	27.2	64.3	24.9	71.6	X	X	X
6	12.00	27.7	53.3	25.6	63.8	X	X	X
7	13.00	26.4	59.2	26.0	63.1	X	/	X
8	14.00	26.5	60.0	26.2	63.7	X	/	X
9	15.00	26.4	59.6	25.0	72.2	X	X	X
10	16.00	25.6	63.2	25.2	68.7	X	X	X

ตารางที่ 4.1 การทดสอบเก็บค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ด้วยวิธีการระบบสเปรย์ละอองน้ำ และหลอดไฟ LED (ต่อ)

ลำดับ ที่	เวลา (ชม.)	ผลการทดสอบ (ภายนอกโรงเรือน)		ผลการทดสอบ (ภายในโรงเรือน)		สถานะการทำงาน		
		อุณหภูมิ (°C)	ความชื้น สัมพัทธ์เฉลี่ย (%)	อุณหภูมิ (°C)	ความชื้น สัมพัทธ์เฉลี่ย (%)	Light LED	PUMP	FAN
11	17.00	24.5	64.3	24.3	70.3	X	X	X
12	18.00	23.8	66.6	23.3	74.3	X	X	X
13	19.00	23.3	69.1	23.1	75.3	X	X	X
14	20.00	23.0	70.0	22.6	77.2	X	X	X
15	21.00	22.3	72.8	21.7	78.9	X	X	X
16	22.00	21.8	75.5	21.7	78.6	X	X	X
17	23.00	21.6	74.9	21.4	79.8	X	X	X
18	24.00	21.2	75.5	20.9	81.4	X	X	/
19	01.00	20.4	77.5	20.2	83.1	X	X	/
20	02.00	19.5	88.7	19.9	83.5	/	X	/
21	03.00	19.9	88.1	20.1	84.8	/	X	/
22	04.00	20.2	80.2	20.3	85.7	X	X	/
23	05.00	20.2	77.6	20.3	85.8	X	X	/
24	06.00	20.5	77.8	20.2	86.5	X	X	/
ค่าเฉลี่ย		23.295	71.1	22.6	76.783			

ข้อมูล : กรมอุตุนิยมวิทยาจังหวัดนครพนม ณ วันที่ 11 พฤศจิกายน 2564 อุณหภูมิ (Temperature; T) 30/17 (°C) และความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity; RH) 88 %

จากตารางที่ 4.1 การทดสอบเก็บค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์โรงเรือนปลูกกล้วยชาด้วยระบบ PLC พบว่า ไฟ LED ทำงานที่อุณหภูมิ 19.9-20.1 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 83.5-84.8 % ป้อนน้ำทำงานอุณหภูมิ 26.0-26.2 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 63.1-63.7 % และพัดลมทำงานที่อุณหภูมิ 19.9-23.7 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 80.4-86.5 % ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกโรงเรือน 23.295 °C / 71.1 % และภายในโรงเรือน 22.6 °C / 76.783 % เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ คือ อุณหภูมิอยู่ในช่วง 20-30 °C และความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วง 60-80 %

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบเก็บค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ด้วยวิธีการระบบสเปรย์ละอองน้ำ และหลอดไฟ LED

ลำดับ ที่	เวลา (ชม.)	ผลการทดสอบ (ภายนอกโรงเรือน)		ผลการทดสอบ (ภายในโรงเรือน)		สถานะการทำงาน		
		อุณหภูมิ (°C)	ความชื้น สัมพัทธ์ เฉลี่ย (%)	อุณหภูมิ (°C)	ความชื้น สัมพัทธ์ เฉลี่ย (%)	Light LED	PUMP	FAN
1	07.00	20.8	77.4	20.7	87.5	/	X	/
2	08.00	22.1	78.2	21.6	81.9	/	X	/
3	09.00	23.0	69.4	22.8	73.0	X	X	/
4	10.00	23.7	66.8	23.8	66.7	X	X	/
5	11.00	27.4	50.1	28.4	50.4	X	/	/
6	12.00	28.7	49.4	30.0	48.8	X	/	X
7	13.00	30.2	48.1	34.4	48.5	X	/	X
8	14.00	30.5	47.5	30.1	47.9	X	/	X
9	15.00	27.7	50.4	28.2	54.5	X	/	X
10	16.00	26.2	60.5	26.1	60.4	X	/	X
11	17.00	25.3	69.3	25.1	75.4	X	/	X
12	18.00	24.8	69.2	25.0	75.6	X	X	X
13	19.00	24.5	70.0	24.7	79.5	X	X	X
14	20.00	23.8	75.8	23.5	80.6	X	X	X
15	21.00	23.4	73.6	23.1	78.4	X	X	X
16	22.00	22.9	74.3	22.7	79.0	X	X	X
17	23.00	22.7	74.5	22.7	81.2	X	X	X
18	24.00	21.8	79.7	21.6	83.2	X	X	X
19	01.00	21.6	81.2	21.5	84.9	X	X	X
20	02.00	21.4	81.1	21.3	85.3	X	X	X
21	03.00	21.2	82.4	21.2	85.6	X	X	X
22	04.00	20.1	83.6	20.1	86.0	X	X	/
23	05.00	19.3	84.2	20.3	86.4	/	X	/
24	06.00	18.2	87.5	20.0	90.8	/	X	/
ค่าเฉลี่ย		23.80417	70.175	24.12083	73.8125			

ข้อมูล : กรมอุตุนิยมวิทยาจังหวัดนครพนม ณ วันที่ 12 พฤศจิกายน 2564 อุณหภูมิ 30/18 (°C) และ ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity; RH) 87 %

จากตารางที่ 4.2 การทดสอบเก็บค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์โรงเรือนปลูกกล้วยชาด้วยระบบ PLC พบว่า ไฟ LED ทำงานที่อุณหภูมิ 20.0-21.6 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 81.9-90.8 % ป้อนน้ำทำงานอุณหภูมิ 25.1-30.1 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 47.9-75.4 % และพัดลมทำงานที่อุณหภูมิ 20.0-28.4 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 48.8-90.8 % ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกโรงเรือน 23.804 °C / 70.175 % และภายในโรงเรือน 24.12 °C / 73.812 % เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้คือ อุณหภูมิอยู่ในช่วง 20-30 °C และความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วง 60-80 %

ตารางที่ 4.3 การทดสอบเก็บค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ด้วยวิธีการระบบสเปรย์ละอองน้ำและหลอดไฟ LED

ลำดับ ที่	เวลา (ชม.)	ผลการทดสอบ (ภายนอกโรงเรือน)		ผลการทดสอบ (ภายในโรงเรือน)		สถานะการทำงาน		
		อุณหภูมิ (°C)	ความชื้น สัมพัทธ์ เฉลี่ย (%)	อุณหภูมิ (°C)	ความชื้น สัมพัทธ์ เฉลี่ย (%)	Light LED	PUMP	FAN
1	07.00	19.3	84.4	20.8	96.4	/	X	/
2	08.00	21.5	81.4	22.5	91.4	/	X	/
3	09.00	25.1	69.7	26.1	79.7	/	X	/
4	10.00	25.7	69.2	26.7	79.2	/	X	/
5	11.00	26.1	60.5	27.1	70.5	/	X	/
6	12.00	28.1	49.7	29.1	59.7	/	X	/
7	13.00	29.5	48.1	30.5	58.1	X	/	X
8	14.00	29.0	48.5	30.0	58.5	X	/	X
9	15.00	28.4	49.5	29.4	59.5	X	/	X
10	16.00	27.2	50.7	28.2	60.7	X	/	X
11	17.00	25.6	69.3	26.6	79.3	X	/	X
12	18.00	24.7	79.5	25.7	89.5	X	/	X
13	19.00	23.4	73.6	24.4	83.6	X	/	X
14	20.00	21.9	81.2	22.9	88.2	X	/	X
15	21.00	21.5	81.5	22.5	89.5	X	/	X
16	22.00	21.2	81.9	22.2	89.9	X	/	X
17	23.00	20.4	77.1	21.4	87.1	X	/	X
18	24.00	19.1	84.8	20.1	87.8	/	X	/
19	01.00	18.6	86.4	19.6	88.4	/	X	/
20	02.00	18.1	87.1	19.1	88.1	/	X	/
21	03.00	19.4	84.6	20.4	94.6	/	X	/
22	04.00	19.5	84.4	20.5	94.4	/	X	/
23	05.00	19.8	84.1	20.8	94.1	/	X	/
24	06.00	20.2	77.4	21.2	87.4	/	X	/
ค่าเฉลี่ย		23.054	72.691	24.075	81.483			

ข้อมูล : กรมอุตุนิยมวิทยาจังหวัดนครพนม ณ วันที่ 13 พฤศจิกายน 2564 อุณหภูมิ 29/18 ($^{\circ}\text{C}$) และ ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity; RH) 87 %

จากตารางที่ 4.3 การทดสอบเก็บค่าค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์โรงเรือนปลูกกล้วยชาด้วยระบบ PLC พบว่า ไฟ LED ทำงานที่อุณหภูมิ 19.1-29.1 $^{\circ}\text{C}$ ความชื้นสัมพัทธ์ 59.7-94.6 % ป้อนน้ำทำงานอุณหภูมิ 21.4-30.5 $^{\circ}\text{C}$ ความชื้นสัมพัทธ์ 58.1-89.9 % และพัดลมทำงานที่อุณหภูมิ 19.1-29.1 $^{\circ}\text{C}$ ความชื้นสัมพัทธ์ 59.7-96.4 % ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกโรงเรือน 23.054 $^{\circ}\text{C}$ / 72.691 % และภายในโรงเรือน 24.075 $^{\circ}\text{C}$ เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้คือ อุณหภูมิอยู่ในช่วง 20-30 $^{\circ}\text{C}$ และความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วง 60-80 % ส่วนความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยภายในโรงเรือนมีค่า มากขึ้น กว่าค่าที่กำหนดไว้ คือ 81.483 % ตั้งแต่ช่วงเวลา 18.00-08.00 น. เนื่องจากโรงเรือนมีอุณหภูมิ ต่ำลง

ตารางที่ 4.4 การทดสอบเก็บค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ด้วยวิธีระบบสเปร์ยละอองน้ำและหลอดไฟ LED

ลำดับ ที่	เวลา (ชม.)	ผลการทดสอบ (ภายนอกโรงเรือน)		ผลการทดสอบ (ภายในโรงเรือน)		สถานะการทำงาน		
		อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)	ความชื้น สัมพัทธ์ เฉลี่ย (%)	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)	ความชื้น สัมพัทธ์ เฉลี่ย (%)	Light LED	PUMP	FAN
1	07.00	21.5	21.3	21.4	84.3	/	X	/
2	08.00	22.1	78.2	21.6	81.9	/	X	/
3	09.00	23.0	69.4	22.8	73.0	/	X	/
4	10.00	23.7	66.8	23.8	66.7	/	X	/
5	11.00	27.4	50.1	28.4	50.4	/	/	/
6	12.00	28.7	49.4	30.0	48.8	X	/	X
7	13.00	30.2	48.1	32.4	48.5	X	/	X
8	14.00	30.5	47.5	30.1	47.9	X	/	X
9	15.00	27.7	50.4	28.2	54.5	X	/	X
10	16.00	26.2	60.5	26.1	60.4	X	/	X
11	17.00	25.3	69.3	25.1	75.4	X	/	X
12	18.00	24.8	69.2	25.0	75.6	X	/	X
13	19.00	24.5	70.0	24.7	79.5	X	/	X
14	20.00	23.8	75.8	23.5	80.6	X	X	X
15	21.00	23.4	73.6	23.1	78.4	X	X	X

ตารางที่ 4.4 การทดสอบเก็บค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ด้วยวิธีระบบสเปรย์ละอองน้ำและหลอดไฟ LED (ต่อ)

ลำดับ ที่	เวลา (ชม.)	ผลการทดสอบ (ภายนอกโรงเรือน)		ผลการทดสอบ (ภายในโรงเรือน)		สถานะการทำงาน		
		อุณหภูมิ (°C)	ความชื้น สัมพัทธ์ เฉลี่ย (%)	อุณหภูมิ (°C)	ความชื้น สัมพัทธ์ เฉลี่ย (%)	Light LED	PUMP	FAN
16	22.00	22.9	74.3	22.7	79.0	X	X	X
17	23.00	22.7	74.5	22.7	81.2	X	X	X
18	24.00	21.8	79.7	21.6	83.2	X	X	X
19	01.00	21.6	81.2	21.5	84.9	X	X	X
20	02.00	21.4	81.1	21.3	85.3	X	X	X
21	03.00	21.2	82.4	21.2	85.6	X	X	X
22	04.00	20.1	86.6	20.1	87.0	/	X	/
23	05.00	19.3	87.2	20.3	86.4	/	X	/
24	06.00	20.5	84.7	21.4	85.3	/	X	/
ค่าเฉลี่ย		24.295	66.336	24.422	72.368			

ข้อมูล : กรมอุตุนิยมวิทยาจังหวัดนครพนม ณ วันที่ 14 พฤศจิกายน 2564 อุณหภูมิ 30/18 (°C) และความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity; RH) 87 %

จากตารางที่ 4.4 การทดสอบเก็บค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์โรงเรือนปลูกกัญชาด้วยระบบ PLC พบว่า ไฟ LED ทำงานที่อุณหภูมิ 20.1-32.4 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 50.4-87.0 % ป้อนน้ำทำงานอุณหภูมิ 24.7-32.4 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 47.9-79.5 % และพัดลมทำงานที่อุณหภูมิ 20.1-28.4 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 50.4-87.0 % ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกโรงเรือน 24.295 °C / 66.336 % และภายในโรงเรือน 24.422 °C / 72.368 % เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้คือ อุณหภูมิอยู่ในช่วง 20-30 °C และความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วง 60-80 %

ตารางที่ 4.5 การทดสอบเก็บค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ด้วยวิธีการระบบสเปรย์ละอองน้ำและหลอดไฟ LED

ลำดับ ที่	เวลา (ชม.)	ผลการทดสอบ (ภายนอกโรงเรือน)		ผลการทดสอบ (ภายในโรงเรือน)		สถานะการทำงาน		
		อุณหภูมิ (°C)	ความชื้น สัมพัทธ์ เฉลี่ย (%)	อุณหภูมิ (°C)	ความชื้น สัมพัทธ์ เฉลี่ย (%)	Light LED	PUMP	FAN
1	07.00	21.1	85.9	22.8	95.7	/	X	/
2	08.00	24.2	81.8	25.5	91.6	/	X	/
3	09.00	27.1	54.9	28.4	64.7	/	X	/
4	10.00	29.3	52.8	30.7	62.6	X	X	X
5	11.00	30.4	50.7	32.5	60.5	X	X	X
6	12.00	31.0	49.8	33.2	59.6	X	/	X
7	13.00	31.1	49.4	32.9	59.2	X	/	X
8	14.00	30.5	50.2	31.8	60.1	X	/	X
9	15.00	29.5	52.4	30.4	62.2	X	/	X
10	16.00	26.8	67.7	27.9	77.5	X	/	X
11	17.00	25.9	74.1	26.2	84.0	X	X	/
12	18.00	25.3	74.5	26.4	84.3	X	X	/
13	19.00	24.5	81.4	25.8	91.2	X	X	/
14	20.00	24.8	81.1	25.3	91.0	X	X	/
15	21.00	23.7	81.2	24.2	91.0	X	X	/
16	22.00	22.4	81.5	23.5	91.3	X	X	/
17	23.00	21.4	85.4	22.7	95.2	X	X	/
18	24.00	21.1	86.2	21.0	97.3	X	X	/
19	01.00	20.0	86.4	21.4	97.3	X	X	/
20	02.00	20.1	86.2	21.9	97.0	X	X	/
21	03.00	21.2	85.8	22.5	95.6	X	X	/
22	04.00	21.8	85.1	22.6	95.0	X	X	/
23	05.00	22.0	81.9	23.2	91.7	X	X	/
24	06.00	22.1	81.6	22.9	91.5	X	X	/
ค่าเฉลี่ย		24.887	72.833	26.07	82.795			

ข้อมูล : กรมอุตุนิยมวิทยาจังหวัดนครพนม ณ วันที่ 15 พฤศจิกายน 2564 อุณหภูมิ 31/20 (°C) และความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity; RH) 86 %

จากตารางที่ 4.5 การทดสอบเก็บค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์โรงเรือนปลูกกล้วยชาด้วยระบบ PLC พบว่า ไฟ LED ทำงานที่อุณหภูมิ 22.8-28.4 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 64.7-59.7 % ป้อนน้ำทำงานอุณหภูมิ 27.9-33.2 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 59.2-77.5 % และพัดลมทำงานที่อุณหภูมิ

21.0-26.4 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 64.7-97.3 % ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกโรงเรือน 24.887 °C / 72.833 % และภายในโรงเรือน 26.07 °C เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้คือ อุณหภูมิอยู่ในช่วง 20-30 °C และความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วง 60-80 % ส่วนความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยภายในโรงเรือนมีค่า **มากขึ้น** กว่าค่าที่กำหนดไว้ คือ 82.795 % ตั้งแต่ช่วงเวลา 17.00-08.00 น. เนื่องจากโรงเรือนมีอุณหภูมิ **ต่ำลง**

ตารางที่ 4.6 การทดสอบเก็บค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ด้วยวิธีการระบบสเปร์ยละอองน้ำและหลอดไฟ LED

ลำดับ ที่	เวลา (ชม.)	ผลการทดสอบ (ภายนอกโรงเรือน)		ผลการทดสอบ (ภายในโรงเรือน)		สถานะการทำงาน		
		อุณหภูมิ (°C)	ความชื้น สัมพัทธ์ เฉลี่ย (%)	อุณหภูมิ (°C)	ความชื้น สัมพัทธ์ เฉลี่ย (%)	Light LED	PUMP	FAN
1	07.00	22.4	81.3	23.4	91.3	/	X	/
2	08.00	24.2	81.8	25.5	91.0	/	X	/
3	09.00	27.1	54.9	28.4	64.7	/	X	/
4	10.00	29.3	52.8	30.7	62.6	/	X	/
5	11.00	30.4	50.7	32.5	60.5	X	/	X
6	12.00	31.0	49.8	33.2	59.6	X	/	X
7	13.00	31.1	49.4	32.9	59.2	X	/	X
8	14.00	30.5	50.2	31.8	60.1	X	/	X
9	15.00	29.5	52.4	30.4	62.2	X	/	X
10	16.00	26.8	67.7	27.9	77.5	X	/	X
11	17.00	25.9	74.1	26.2	84.0	X	/	/
12	18.00	25.3	74.5	26.4	84.3	X	/	/
13	19.00	24.5	81.4	25.8	91.2	X	/	/
14	20.00	24.8	81.1	25.3	91.0	X	/	/
15	21.00	23.7	81.2	24.2	91.0	X	/	/
16	22.00	22.4	81.5	23.5	91.3	X	/	/
17	23.00	21.4	85.4	22.7	95.2	X	/	/
18	24.00	20.0	86.5	21.0	97.3	X	/	/
19	01.00	20.0	86.5	21.4	97.3	X	/	/
20	02.00	20.1	86.2	21.9	97.0	X	/	/
21	03.00	21.2	85.8	22.5	95.6	X	/	/
22	04.00	21.8	85.1	22.6	95.0	X	/	/
23	05.00	22.0	81.9	23.2	91.7	X	/	/
24	06.00	22.5	82.5	22.3	82.2	X	X	/
ค่าเฉลี่ย		24.912	72.695	26.073	82.2			

ข้อมูล : กรมอุตุนิยมวิทยาจังหวัดนครพนม ณ วันที่ 16 พฤศจิกายน 2564 อุณหภูมิ 31/20 (°C) และความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity; RH) 86 %

จากตารางที่ 4.6 การทดสอบเก็บค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนปลูกกล้วยชาติด้วยระบบ PLC พบว่า ไฟ LED ทำงานที่อุณหภูมิ 23.4-30.7 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 62.6-91.3 % ป้อนน้ำทำงานอุณหภูมิ 21.0-33.2 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 59.2-97.3 % และพัดลมทำงานที่อุณหภูมิ 21.0-30.7 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 62.6-97.3 % ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกโรงเรือน 24.912 °C / 72.695 % และภายในโรงเรือน 26.073 °C เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้คือ อุณหภูมิอยู่ในช่วง 20-30 °C และความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วง 60-80 % ส่วนความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยภายในโรงเรือนมีค่า **มากขึ้น** กว่าค่าที่กำหนดไว้ คือ 82.2 % ตั้งแต่ช่วงเวลา 17.00-08.00 น. เนื่องจากโรงเรือนมีอุณหภูมิ **ต่ำลง**

ตารางที่ 4.7 การทดสอบเก็บค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ด้วยวิธีการระบบสเปรย์ละอองน้ำและหลอดไฟ LED

ลำดับที่	เวลา (ชม.)	ผลการทดสอบ (ภายนอกโรงเรือน)		ผลการทดสอบ (ภายในโรงเรือน)		สถานะการทำงาน		
		อุณหภูมิ (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย (%)	อุณหภูมิ (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย (%)	Light LED	PUMP	FAN
1	07.00	22.3	80.1	22.1	78.4	X	X	/
2	08.00	23.4	75.2	23.3	73.5	X	X	/
3	09.00	26.7	71.3	26.2	65.8	X	X	/
4	10.00	28.6	53.4	28.9	63.1	X	x	/
5	11.00	30.3	49.0	31.2	58.9	X	/	X
6	12.00	31.8	48.7	31.9	58.1	X	/	X
7	13.00	32.0	46.2	31.8	56.8	X	/	X
8	14.00	31.6	48.4	31.5	49.2	X	/	X
9	15.00	30.5	49.1	30.3	50.0	X	/	X
10	16.00	29.4	53.8	29.1	52.9	X	/	/
11	17.00	28.7	59.5	28.6	53.5	X	/	/
12	18.00	27.8	63.5	27.4	53.9	X	/	/
13	19.00	26.3	72.5	26.2	59.1	X	/	/
14	20.00	24.3	77.4	24.2	78.8	X	/	/
15	21.00	23.0	70.3	22.9	79.4	X	/	/
16	22.00	23.1	79.8	23.0	71.0	X	/	/
17	23.00	22.8	81.4	22.7	72.8	X	/	/
18	24.00	22.4	82.2	22.4	77.5	X	/	/

ตารางที่ 4.7 การทดสอบเก็บค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ด้วยวิธีการระบบสเปร์ยละอองน้ำและหลอดไฟ LED (ต่อ)

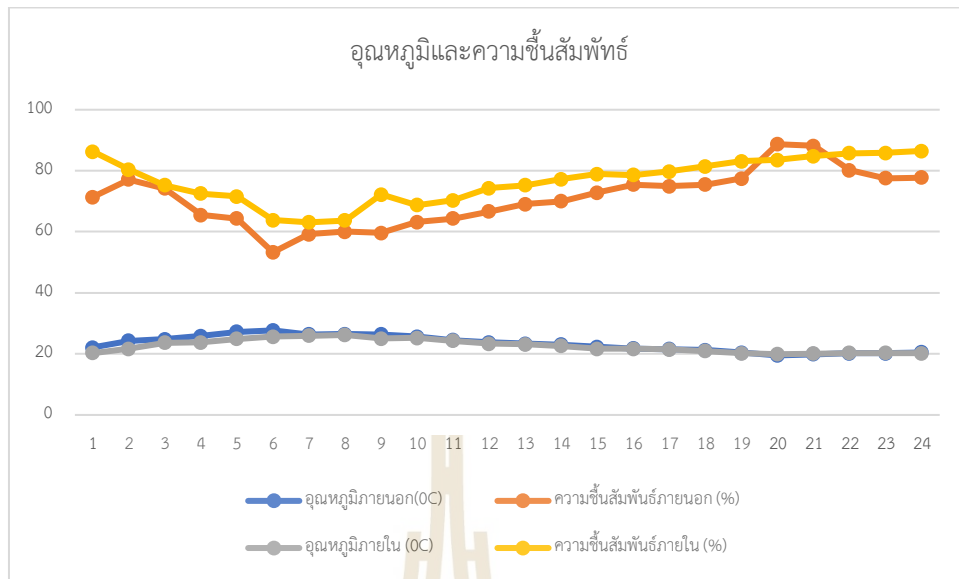
ลำดับ ที่	เวลา (ชม.)	ผลการทดสอบ (ภายนอกโรงเรือน)		ผลการทดสอบ (ภายในโรงเรือน)		สถานะการทำงาน		
		อุณหภูมิ (°C)	ความชื้น สัมพัทธ์เฉลี่ย (%)	อุณหภูมิ (°C)	ความชื้น สัมพัทธ์เฉลี่ย (%)	Light LED	PUMP	FAN
19	01.00	21.2	85.8	21.2	85.5	X	X	/
20	02.00	21.5	85.2	21.5	85.3	X	X	/
21	03.00	21.5	85.2	21.3	85.5	X	X	/
22	04.00	21.2	85.7	21.0	85.2	X	X	/
23	05.00	20.6	87.9	20.5	88.9	/	X	/
24	06.00	19.8	88.5	19.4	88.4	/	X	/
ค่าเฉลี่ย		25.45	70	25.358	69.645			

ข้อมูล : กรมอุตุนิยมวิทยาจังหวัดนครพนม ณ วันที่ 17 พฤศจิกายน 2564 อุณหภูมิ (Temperature; T) 32/21 (°C) และความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity; RH) 85 %

จากตารางที่ 4.7 การทดสอบเก็บค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์โรงเรือนปลูกกล้วยชาด้วยระบบ PLC พบว่า ไฟ LED ทำงานที่อุณหภูมิ 19.4-20.5 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 88.4-88.9 % ป้อนน้ำทำงานอุณหภูมิ 22.4-31.9 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 49.2-77.5 % และพัดลมทำงานที่อุณหภูมิ 19.4-29.1 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 49.2-88.9 % ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกโรงเรือน 25.45 °C / 70 % และภายในโรงเรือน 25.358 °C / 69.654 % เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ คือ อุณหภูมิอยู่ในช่วง 20-30 °C และความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วง 60-80 %

4.3 สรุปผลการวิเคราะห์

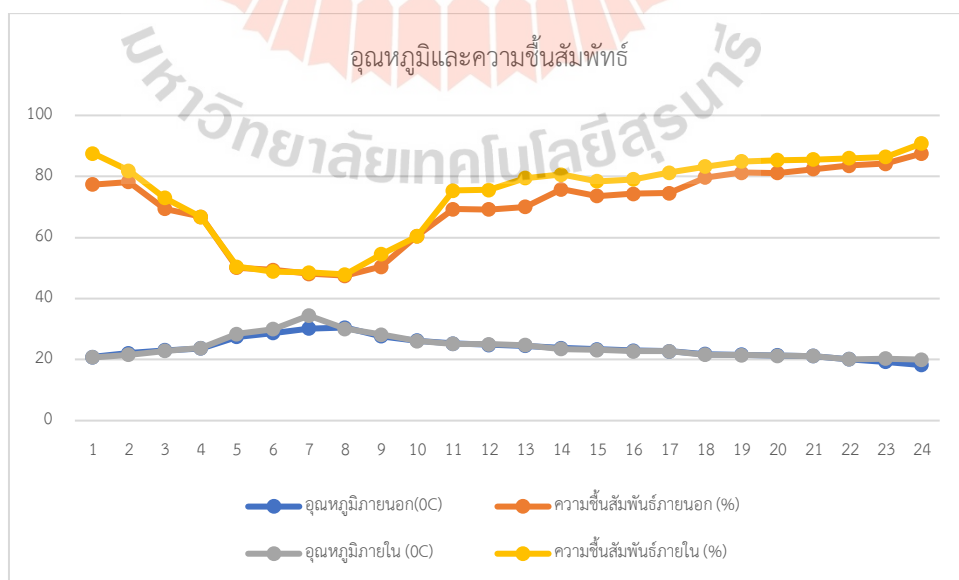
จากผลการทดสอบสมรรถนะ การออกแบบระบบควบคุม สภาพแวดล้อมในโรงเรือน ปลูกกล้วยชาด้วย PLC เพื่อทดสอบระบบการทำงานของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ ผ่านระบบควบคุมไมโครโปรเซสเซอร์ สั่งการให้ไฟ LED ป้อนสเปร์ยละอองน้ำ และพัดลมให้ทำงานตามเงื่อนไขของโปรแกรม ดังกราฟที่ 4.1-4.7



รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในและนอกโรงเรียน

จากรูปที่ 4.1 พบว่า อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกโรงเรียน อุณหภูมิวัดได้สูงสุด 27.7 °C ณ เวลา 12.00 น. ต่ำสุดวัดได้ 19.5 °C ณ เวลา 03.00 น. ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดวัดได้ 88.7 % ณ เวลา 03.00 น. ต่ำสุดวัดได้ 53.3 % ณ เวลา 12.00 น.

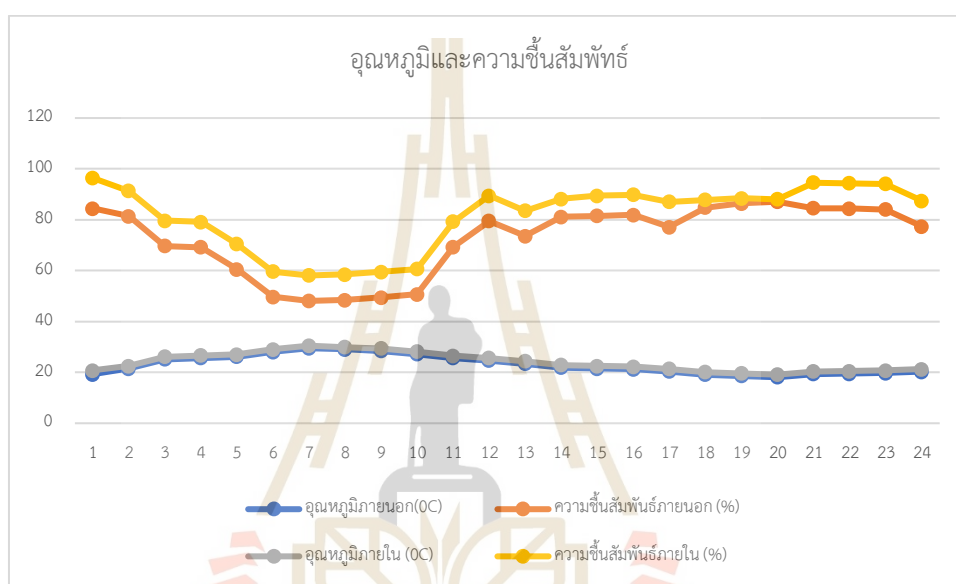
อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรียน อุณหภูมิวัดได้สูงสุด 26.2 °C ณ เวลา 14.00 น. ต่ำสุดวัดได้ 19.9 °C ณ เวลา 03.00 น. ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดวัดได้ 86.3 % ณ เวลา 07.00 น. ต่ำสุดวัดได้ 63.1 % ณ เวลา 13.00 น.



รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในและนอกโรงเรียน

จากรูปที่ 4.2 พบว่า อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกโรงเรียนอุณหภูมิมวัดได้สูงสุด 30.5 °C ณ เวลา 14.00 น. ต่ำสุดวัดได้ 18.2 °C ณ เวลา 06.00 น. ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดวัดได้ 87.5 % ณ เวลา 06.00 น. ต่ำสุดวัดได้ 47.5 % ณ เวลา 14.00 น.

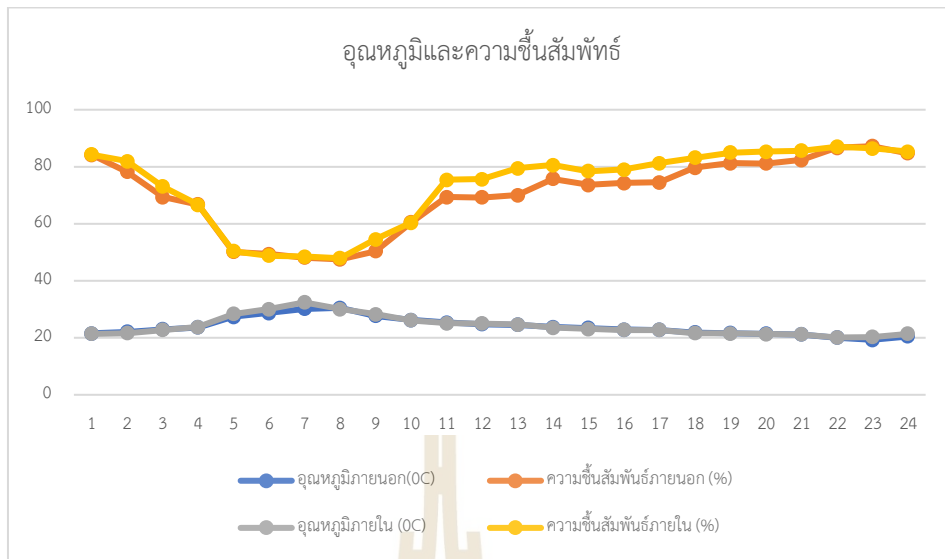
อุณหภูมิจและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรียน อุณหภูมิมวัดได้สูงสุด 34.4 °C ณ เวลา 13.00 น. ต่ำสุดวัดได้ 20.0 °C ณ เวลา 06.00 น. ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดวัดได้ 34.4 % ณ เวลา 13.00 น. ต่ำสุดวัดได้ 47.9 % ณ เวลา 14.00 น.



รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์อุณหภูมิจและความชื้นสัมพัทธ์ภายในและนอกโรงเรียน

จากรูปที่ 4.3 พบว่า อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกโรงเรียน อุณหภูมิมวัดได้สูงสุด 29.5 °C ณ เวลา 13.00 น. ต่ำสุดวัดได้ 18.1 °C ณ เวลา 02.00 น. ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดวัดได้ 87.1 % ณ เวลา 02.00 น. ต่ำสุดวัดได้ 48.1 % ณ เวลา 13.00 น.

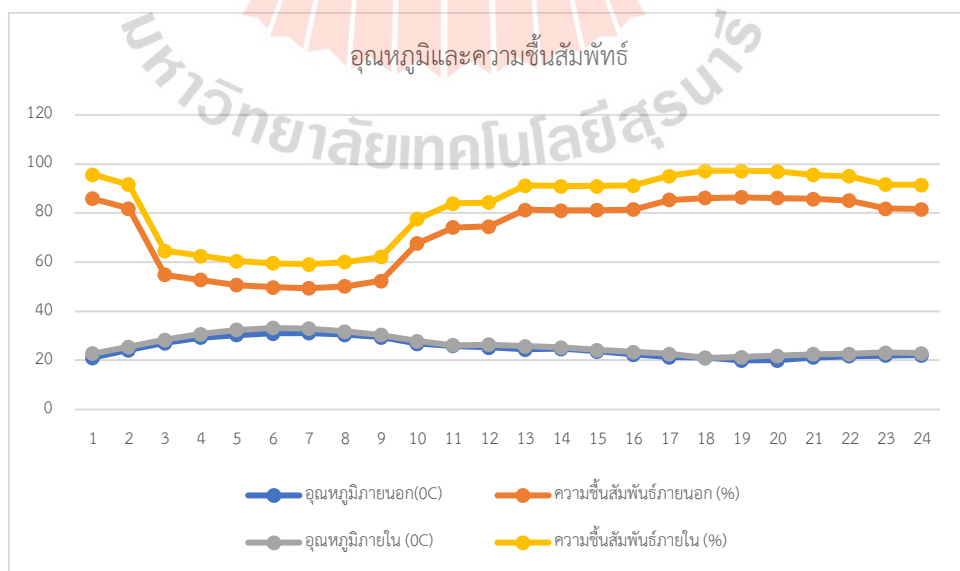
อุณหภูมิจและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรียน อุณหภูมิมวัดได้สูงสุด 30.5 °C ณ เวลา 13.00 น. ต่ำสุดวัดได้ 19.1 °C ณ เวลา 02.00 น. ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดวัดได้ 96.4 % ณ เวลา 07.00 น. ต่ำสุดวัดได้ 58.1 % ณ เวลา 13.00 น.



รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในและนอกโรงเรียน

จากรูปที่ 4.4 พบว่า อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกโรงเรียน อุณหภูมิวัดได้สูงสุด 30.5 °C ณ เวลา 14.00 น. ต่ำสุดวัดได้ 19.3 °C ณ เวลา 05.00 น. ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดวัดได้ 87.2 % ณ เวลา 05.00 น. ต่ำสุดวัดได้ 47.5 % ณ เวลา 14.00 น.

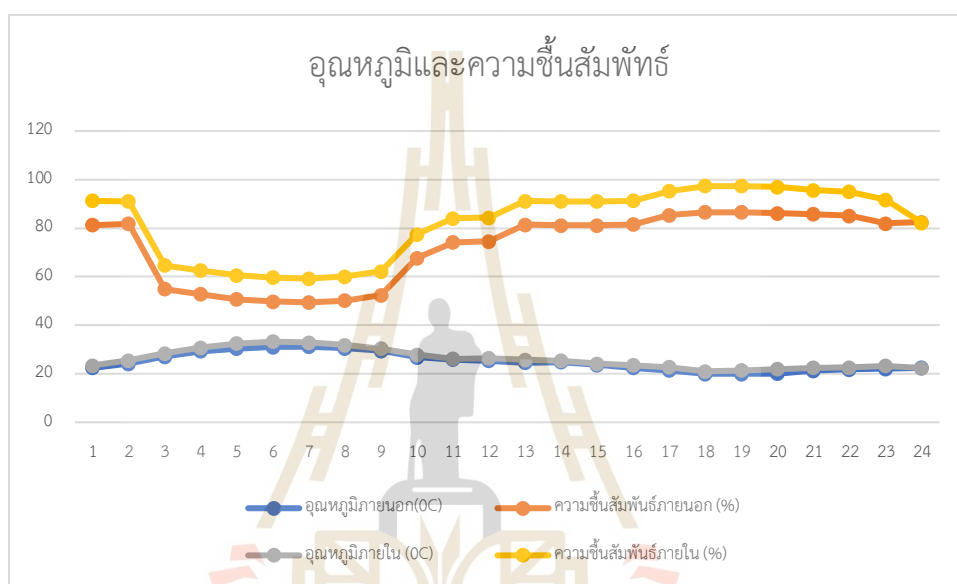
อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรียน อุณหภูมิวัดได้สูงสุด 32.4 °C ณ เวลา 13.00 น. ต่ำสุดวัดได้ 20.1 °C ณ เวลา 04.00 น. ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดวัดได้ 87.0 % ณ เวลา 04.00 น. ต่ำสุดวัดได้ 47.9 % ณ เวลา 14.00 น.



รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในและนอกโรงเรียน

จากรูปที่ 4.5 พบว่า อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกโรงเรียน อุณหภูมิวัดได้สูงสุด 31.1 °C ณ เวลา 13.00 น. ต่ำสุดวัดได้ 20.0 °C ณ เวลา 01.00 น. ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดวัดได้ 86.4 % ณ เวลา 01.00 น. ต่ำสุดวัดได้ 49.4 % ณ เวลา 13.00 น.

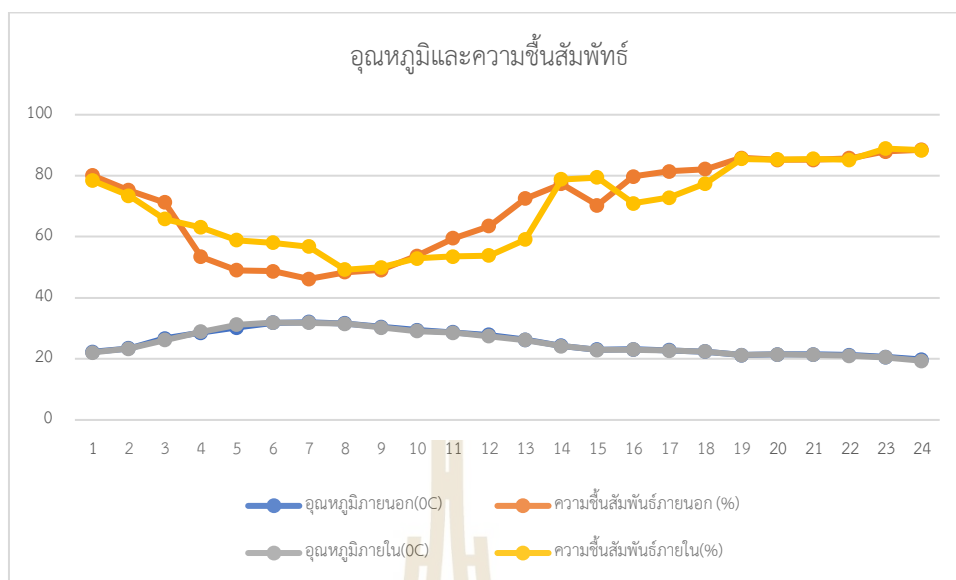
อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรียน อุณหภูมิวัดได้สูงสุด 33.2 °C ณ เวลา 12.00 น. ต่ำสุดวัดได้ 21.0 °C ณ เวลา 24.00 น. ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดวัดได้ 97.0 % ณ เวลา 24.00-01.00 น. ต่ำสุดวัดได้ 59.2 % ณ เวลา 13.00 น.



รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในและนอกโรงเรียน

จากรูปที่ 4.6 พบว่า อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกโรงเรียน อุณหภูมิวัดได้สูงสุด 31.1 °C ณ เวลา 13.00 น. ต่ำสุดวัดได้ 20.0 °C ณ เวลา 24.00-01.00 น. ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดวัดได้ 86.5 % ณ เวลา 24.00-01.00 น. ต่ำสุดวัดได้ 49.4 % ณ เวลา 13.00 น.

อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรียน อุณหภูมิวัดได้สูงสุด 33.2 °C ณ เวลา 12.00 น. ต่ำสุดวัดได้ 21.0 °C ณ เวลา 24.00 น. ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดวัดได้ 97.3 % ณ เวลา 24.00-01.00 น. ต่ำสุดวัดได้ 59.2 % ณ เวลา 13.00 น.



รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในและนอกโรงเรียน

จากตารางที่ 4.7 พบว่า อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกโรงเรียน อุณหภูมิวัดได้สูงสุด 32.0°C ณ เวลา 13.00 น. ต่ำสุดวัดได้ 19.8°C ณ เวลา 06.00 น. ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดวัดได้ 88.5% ณ เวลา 06.00 น. ต่ำสุดวัดได้ 46.2% ณ เวลา 13.00 น.

อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรียน อุณหภูมิวัดได้สูงสุด 31.9°C ณ เวลา 12.00 น. ต่ำสุดวัดได้ 19.4°C ณ เวลา 06.00 น. ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดวัดได้ 88.9% ณ เวลา 05.00 น. ต่ำสุดวัดได้ 49.2% ณ เวลา 14.00 น.

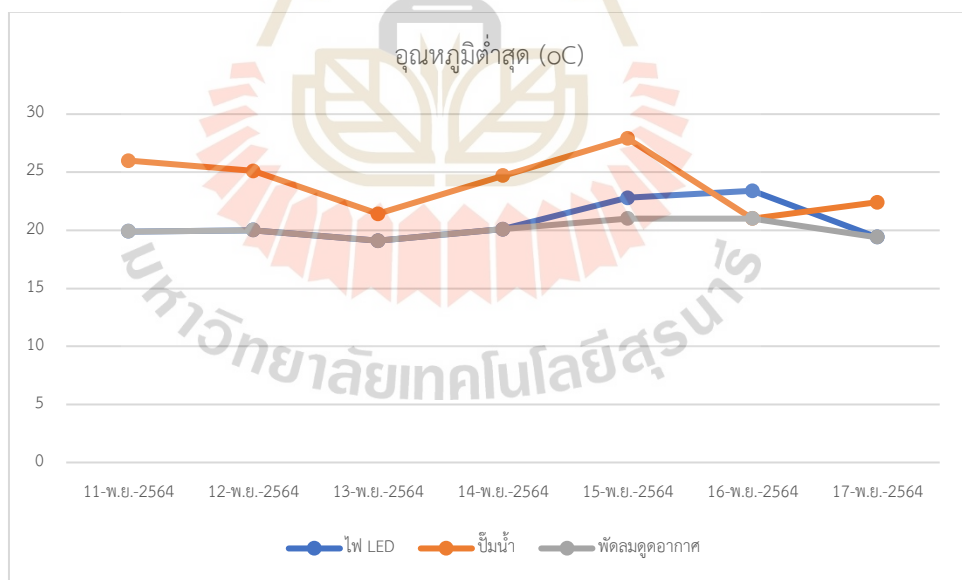
สรุปได้ว่า จากกราฟที่ 4.1 ถึง 4.7 ค่าอุณหภูมิและค่าความชื้นสัมพัทธ์ภายในและภายนอกโรงเรียนที่ระยะเวลาที่มีค่าใกล้เคียงกันแสดงว่าการออกแบบระบบควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรียนปลูกักัญชาด้วย PLC มีความเชื่อถือได้

บทที่ 5

บทสรุป

5.1 สรุปผลงานวิจัย

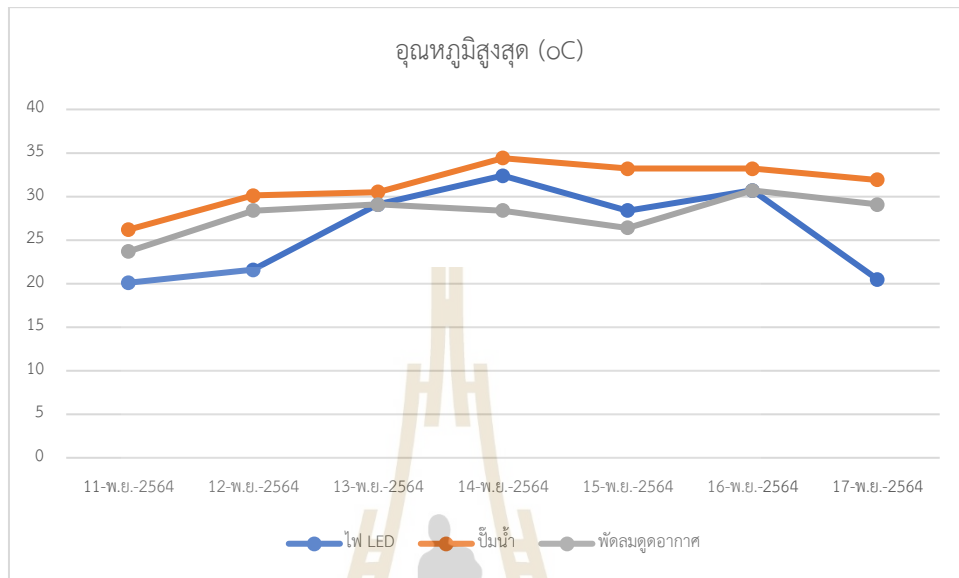
จากการทดลองตลอด 7 วัน สมรรถนะการทำงานของ ระบบควบคุมสภาพแวดล้อมใน โรงเรือนปลูกกล้วยชาติด้วย PLC สามารถทำงาน ตรงตามเงื่อนไขที่กำหนด รักษาอุณหภูมิอยู่ในช่วง 20-30 °C และความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วง 60-80 % ซึ่งมีตัวแปรที่สำคัญโปรแกรม PLC ด้านอินพุต คือ เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ บ้อนสัญญาณ Analog ให้กับ PLC ด้านเอาต์พุต ได้แก่ พัดลมดูดอากาศ ทำงานในกรณีอุณหภูมิมีค่าสูงกว่า 30 °C ความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 80 % ปั๊มสร้างสเปรละอองน้ำทำงานในกรณีอุณหภูมิสูงเกินกว่า 30 °C ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่า 60 % และไฟ LED ทำงานเมื่ออุณหภูมิต่ำกว่า 20 °C และความชื้นสัมพัทธ์สูงเกิน 80 % ส่วนผลการทดลองได้ทำการเก็บผลทุก ๆ ชั่วโมง ในระยะเวลาหนึ่งสัปดาห์ ได้ข้อสรุปดังกราฟต่อไปนี้



รูปที่ 5.1 การเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิต่ำสุด

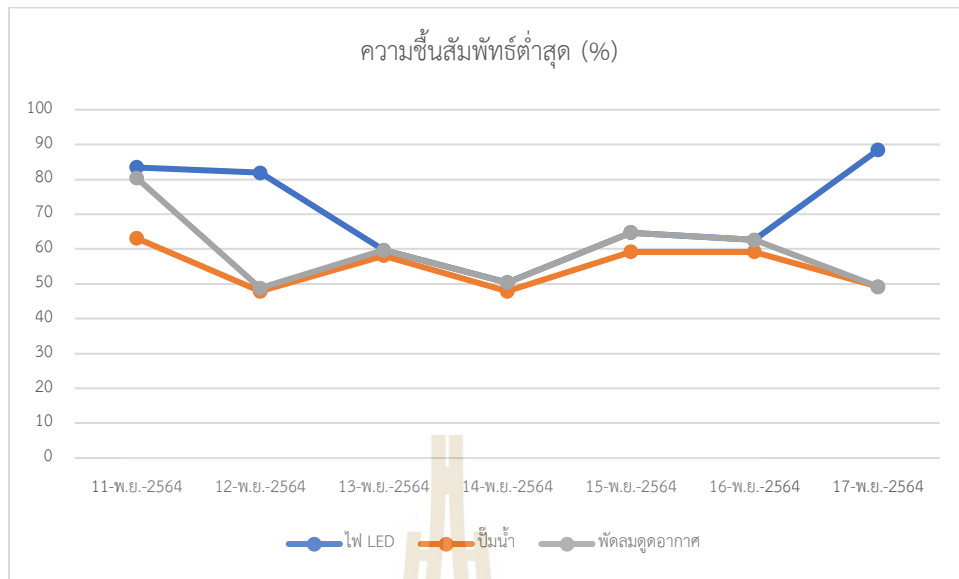
จากรูปที่ 5.1 ผลการเปรียบเทียบช่วงอุณหภูมิต่ำสุด และค่าเฉลี่ย ระหว่าง ไฟ LED ปั๊มสเปรละอองน้ำ และพัดลมดูดอากาศ พบว่า 19.1 °C, 20.671, 21 °C, 21.071 และ 19.1 °C, 20.071

ตามลำดับ ค่าอุณหภูมิมากที่สุด คือ ป้อนน้ำ 21 °C, 21.071 รองลงมา คือ ไฟ LED คือ 19.1 °C, 20.671 และน้อยสุด คือ พัดลมดูดอากาศ 19.1 °C, 20.071



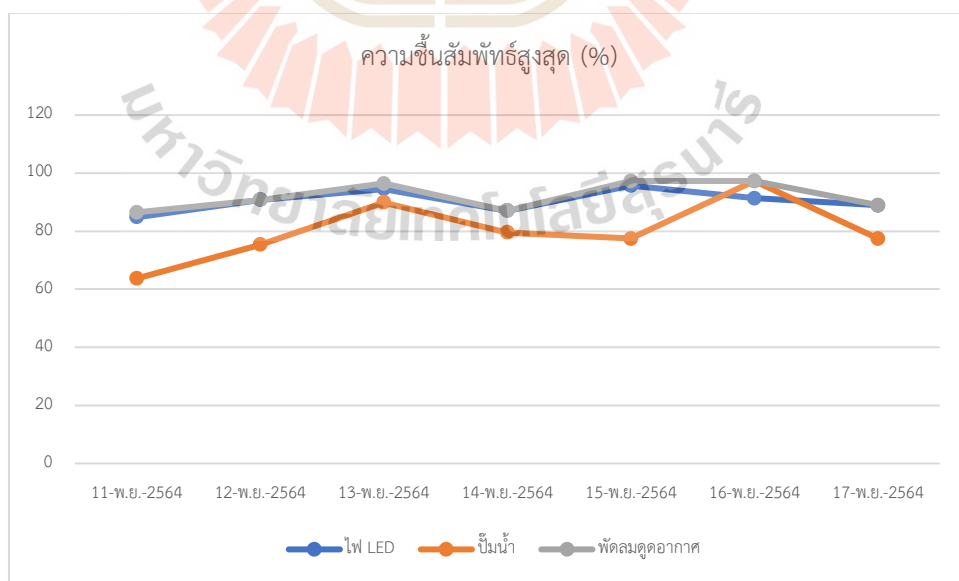
รูปที่ 5.2 การเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิสูงสุด

จากรูปที่ 5.2 ผลการเปรียบเทียบช่วงอุณหภูมิสูงสุด และค่าเฉลี่ย ระหว่างไฟ LED, ป้อนน้ำ ละอองน้ำ และพัดลมดูดอากาศได้ 20.1 °C, 26.114, 26.2 °C, 31.357 และ 23.7 °C, 27.971 ตามลำดับ พบว่า ค่าอุณหภูมิมากที่สุด คือ ป้อนน้ำ 26.2 °C, 31.357 รองลงมา คือ พัดลมดูดอากาศ 23.7 °C, 27.971 และน้อยที่สุด คือ ไฟ LED 20.1 °C, 26.114



รูปที่ 5.3 การเปรียบเทียบค่าความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุด

จากรูปที่ 5.3 ผลการเปรียบเทียบช่วงความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุด และค่าเฉลี่ย ระหว่างไฟ LED, ปิมน้ำ และพัดลมดูดอากาศได้ 50.4 %, 70.171, 47.9 %, 54.942 และ 48.8 %, 59.4 ตามลำดับ พบว่า ค่าความชื้นสัมพัทธ์มากที่สุด คือ ไฟ LED 50.4 %, 70.171 รองลงมา คือ พัดลมดูดอากาศ 48.8 %, 59.4 และน้อยที่สุด คือ ปิมน้ำ 47.9 %, 54.942



รูปที่ 5.4 การเปรียบเทียบค่าความชื้นสัมพัทธ์สูงสุด

จากรูปที่ 5.4 ผลการเปรียบเทียบความชื้นสัมพัทธ์สูงสุด และค่าเฉลี่ย ระหว่างไฟ LED, ปืมสเปอร์ละอองน้ำ และพัดลมดูดอากาศได้ 84.8 %, 90.442, 63.7 %, 80.114 และ 86.5 %, 92.028 ตามลำดับ พบว่า ค่าความชื้นสัมพัทธ์มากที่สุด คือ พัดลมดูดอากาศ 86.5 %, 92.028 รองลงมา คือ ไฟ LED 84.8 %, 90.442 และน้อยที่สุด คือ ปืมสเปอร์ละอองน้ำ 63.7 %, 80.114

5.2 ข้อเสนอแนะ

- 1) ถ้าเกษตรกรผู้ปลูกัญญา ใช้งานระบบควบคุมสภาพแวดล้อมในโรงเรือน แบบอัตโนมัติ นอกจากประหยัดค่าจ้างแรงงานในการดูแลโรงเรือน ยังสามารถเพิ่มผลผลิต และเพาะปลูกได้ทุกพื้นที่ หรือตลอดทั้งปี ทำให้มีรายได้มากขึ้น และยั่งยืน
- 2) ควรจะดำเนินการวิจัย และพัฒนาระบบที่รองรับหลายเซนเซอร์ ในหนึ่งโรงเรือน และวิเคราะห์ถึงจำนวนเซนเซอร์ที่เหมาะสมต่อโรงเรือน ที่มีพื้นที่ขนาดแตกต่างกัน
- 3) ควรมีการวิเคราะห์ ความคุ้มค่า เปรียบเทียบ กับค่าจ้างการใช้แรงงานคน



รายการอ้างอิง

- [1] กรินทร์ โกสิยานุรักษ์ และ พงศ์พัฒน์ สิงห์ศรี. 2565. การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีพีแอลซีเน้กซ์ในการควบคุมหุ่นยนต์อุตสาหกรรม. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า. 14 (1) : 241-244.
- [2] กายรัฐ เจริญราษฎร์ อาทิตย์ พวงสมบัติ และ ชวโรจน์ ใจสิน. 2562. การพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือนเพาะเห็ด โดยอาศัยเซนเซอร์ตรวจวัดอากาศร่วมกับระบบพลังงานแสงอาทิตย์. วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 6 (1) : 1-12.
- [3] ไกรสร รวยป้อม และ ร้อยทิศ ญาติเจริญ. 2565. การประยุกต์ใช้พลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์. วารสารวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติ. 8 (1) : 58 - 68
- [4] เกริกชัย ทองหนู, พนาลี ชิวกิตาการ, ธิรดา ยงสถิตศักดิ์, และ สุพัตรา พุฒเนาวรัตน์. 2555. ในรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์.สถานวิจัยสารสนเทศภูมิศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม ณ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 5-6.
- [5] เกียรติศักดิ์ อยู่ดี. 2558. ชุดทดลองวงจรกลับทางหมุนมอเตอร์. ปริญญาานิพนธ์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- [6] ขนิษฐา ตันติศิรินทร, กรพินธุ์ ณ ระนอง, ศิริพร ฉวานนท, วิภา เต็งอภิชาติ, และกัญญารัตน์ เหล่าปิยะสกุล. 2563. คู่มือการขอรับอนุญาตปลูกกัญชา : คู่มือการขอรับอนุญาตปลูกกัญชา สำหรับเกษตรกร. นนทบุรี : กองควบคุมวัตถุเสพติดสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข.
- [7] โครงสร้าง Capacitive Humidity Sensor และกราฟสถานะ Dew Point. (ออนไลน์). สืบค้นจาก : <https://www.ponpe.com/> [10 พฤษภาคม 2556]
- [8] ชาญวิทย์ ตั้งสิริวรกุล. (2551). การศึกษาสมรรถนะการออกแบบสองสวางโดยใช้แอลอีดีกำลังสูง. ในรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 4-5.
- [9] เซอร์กิตเบรกเกอร์. (ออนไลน์). 2565. สืบค้นจาก : <https://bgrimmtrading.com/types-of-circuit-breakers/> [30 มิถุนายน 2565]
- [10] เซอร์กิตเบรกเกอร์. (ออนไลน์). 2565. สืบค้นจาก : <https://bgrimmtrading.com/contact/> [30 มิถุนายน 2565]

- [11] ณรงค์ ขอนตะวัน. 2556. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ. ใน หลักการทำงานของอินดักชันมอเตอร์. 21-22. นนทบุรี : ศูนย์ส่งเสริมอาชีพ.
- [12] ณัฐพล มีพงษ์ และภัทรศักดิ์ ชุณหะมณีวัฒน์. 2510. เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ. (ออนไลน์). สืบค้นจาก : www.cpe.ku. [12/สิงหาคม/2565]
- [13] ธนากร น้ำหอมจันทร์ และ อติกร เสรีพัฒนานนท์. 2557. ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนเพาะปลูกพืชไร้ดินแบบทำความเย็นด้วยวิธีการระเหยของน้ำร่วมกับการสเปรย์ละอองน้ำแบบอัตโนมัติ โดยใช้ระบบควบคุมเชิงตรรกะแบบโปรแกรมได้. วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 8 (1) : 98-111.
- [14] นวภัทร์ อุทัยรัตน์ และ ไหวพจน์ ศรีธัญ. (2562). ความหมายและคุณลักษณะของโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอลลโทรลเลอร์. ใน การโปรแกรมและควบคุมไฟฟ้า. 19-22. กรุงเทพฯ : บริษัทวังอักษร.
- [15] นิรวิทย์ สุวพัฒน์, ศราวุฒิ แสงสว่าง, ชีโนรส ละอองวรรณ, ณัฐปภัสร บัญดา, ภูษิต พรหมศรีแก้ว, นรณันท์ ขามณี, ณัฐพันธ์ สงวนศักดิ์บาร์มี และ พิรพงศ์ หนูช่วย. 2564. เครื่องตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้น. การประชุมวิชาการเสนอมผลงานวิจัยระดับชาติ ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม. 4 (1) : 192-197.
- [16] บริษัท คมพ์พัชร จำกัด. 2565. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับหลอด LED (ออนไลน์). สืบค้นจาก : <https://www.ledinfinite.com/> [30 มิถุนายน 2565]
- [17] บริษัท บี.กริม เทรดดิ้ง คอร์เปอเรชั่น จำกัด. 2565. เซอร์กิตเบรกเกอร์ (ออนไลน์). สืบค้นจาก : <https://bgrimmtrading.com/types-of-circuit-breakers/> [30 มิถุนายน 2565]
- [18] ปรีดา นาเทเวศร์. 2564. อิทธิพลของคุณภาพแสงเทียมต่อค่าดัชนีการสังเคราะห์แสงและผลผลิตดอกแห้งของกัญชาในระบบปลูกพืชแบบกึ่งปิด. วารสารเกษตรศาสตร์ขอนแก่น. 1 (1) : 348-354.
- [19] ปัทมพันธ์ อิศรานนทกุล และ ชำนาญ รักรพงษ์. 2562. ระบบควบคุมการให้น้ำเห็ดนางฟ้าภูฐานแบบพ่นหมอกด้วยระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์. วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 9 (1) : 1-8.
- [20] ปณณพงศ์ วันจันทร์, ณรงค์ศักดิ์ ทองชื่นจิตร, ปวีศร ตะคุณนะ, อนุชาติ พิมพา, บดินทร์ ดวงใจ, ประเมษ จิตจักร, ณัฐพล ดอนสุวรรณ, และสุชาครีย์ สุรินทร์. 2562. ระบบควบคุมไฟฟ้าอาคารอัจฉริยะ. ใน ปริญญาานิพนธ์ ณ โรงเรียนอิเล็กทรอนิกส์ กองวิทยาการ กรมอิเล็กทรอนิกส์ทหารเรือ. 50-51.

- [21] มนตรี เปรมเจริญ. 2559. การศึกษาความเป็นไปได้ทางเทคนิคในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ในงานระบบประปาของอาคารขนาดใหญ่ : กรณีศึกษาอาคารขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในจังหวัดนครปฐม. ใน รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ ณ มหาวิทยาลัยศิลปากร. 8-13.
- [22] แมกเนติกคอนแทกเตอร์. (ออนไลน์). 2565. สืบค้นจาก : <https://www.aballtechno.com/> [30 มิถุนายน 2565]
- [23] วงจรเปลี่ยนสัญญาณอะนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล. (ออนไลน์). สืบค้นจาก : <http://www.9engineer.com/> [10 พฤษภาคม 2566]
- [24] วีรยุทธ เต็มสวัสดิ์ และจักรกฤษณ์ จันทศิริ. 2562. การพัฒนารถสามล้อไฟฟ้าเพื่อคนพิการทางขา. ใน รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม. 22-39.
- [25] วีระชาติ จริตงาม และ ภิญโญ ชุมมณี. 2562. ระบบควบคุมการให้น้ำให้ต้นนางฟ้าฐานแบบพ่นหมอกด้วยระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์. 50 (3) (พิเศษ) : 352-355.
- [26] สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. 2560. ใน แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 พ.ศ. (2560-2564). 11-22. กรุงเทพฯ : สำนักนายกรัฐมนตรี.
- [27] สมพร เรื่องสินชัยวานิช. 2554. การจำลองระบบ Intelligent-Bus (i-bus) ในระบบควบคุมแสงสว่าง. ใน รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ ณ มหาวิทยาลัยนเรศวร. 18-20.
- [28] อวยพร โสภณสฤษฏ์สุข. 2552. เครื่องผลิตไบโอดีเซลต้นแบบที่มีกระบวนการแยกกลีเซอรินโดยอาศัยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางแบบต่อเนื่อง. ใน รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ. 11-22.
- [29] SIAM-AUTOMATION. 2565. โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (ออนไลน์). สืบค้นจาก : <http://www.siam-automation.com/> [24 เมษายน 2566]
- [30] Thermistor Circuit and Output. (ออนไลน์). สืบค้นจาก : <http://www.9engineer.com/> [10 พฤษภาคม 2566]



ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

บทความที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายชื่อบทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

Kajornsak Singhan , Uthen Leeton , Jeerepong Srivichai and Noppalith Promlung “Real-Time LED Light Characterization System for the Cultivation of Plants in Closed Greenhouses”

Donjaroennon, S. Chainarong, U. Leeton, “THE STRATEGY OF ENERGY MANAGEMENT SYSTEM FOR INDUSTRIAL LOAD BY SOLAR ENERGY USING HOMER SOFTWARE”
SUT International Virtual Conference on Science and Technology,





ภาคผนวก ข

การออกแบบระบบควบคุมสภาพแวดล้อมสำหรับโรงเรือนปลูกกล้วยา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

โค้ดของไมโครคอนโทรลเลอร์ (PLC)

'Connect PLC and HMI

'@W_HDW10 = @W_D1002 'PLC sent to HMI (TEMP)

'@W_HDW12 = @W_D1000 'PLC sent to HMI (HUMI)

'@B_M0 = @B_HDX0.0 'FAN

'@B_M1 = @B_HDX1.0 'lamp

'@B_M2 = @B_HDX2.0 'Spray water pump

@W_HDW110 = @W_HDW10/10 'Temp to show in bar

@W_HDW112 = @W_HDW12/10 'Humi to show in bar

dim temp, humi as floating

temp = ReadAddr("@W_HDW10")

humi = ReadAddr("@W_HDW12")

'WATER PUMP LOOP

=====

dim temp_setpoint_pump_on, temp_setpoint_pump_off, humi_setpoint_pump_on,
humi_setpoint_pump_off as floating

temp_setpoint_pump_on = ReadAddr("@W_HDW50")

temp_setpoint_pump_off = ReadAddr("@W_HDW51")

humi_setpoint_pump_on = ReadAddr("@W_HDW52")

humi_setpoint_pump_off = ReadAddr("@W_HDW53")

if (temp >= temp_setpoint_pump_on) or (humi <= humi_setpoint_pump_on) and
(@B_HDX30.0 = 1) then '@B_HDX30.0 is confirm setpoint automation (humi <=
humi_setpoint_pump_on) or

@B_HDX2.0 = 1 'Spray water pump is ON

endif

```

if (temp <= temp_setpoint_pump_off) and (humi >= humi_setpoint_pump_off) and
(@B_HDX30.0 = 1) then '@B_HDX30.0 is confirm setpoint automation (humi >
humi_setpoint_pump_off)

```

```

@B_HDX2.0 = 0 'Spray water pump is OFF

```

```

endif

```

```

'=====

```

```

'LAMP

```

```

LOOP=====

```

```

dim temp_setpoint_lamp_on, temp_setpoint_lamp_off as floating

```

```

temp_setpoint_lamp_on = ReadAddr("@W_HDW60")

```

```

temp_setpoint_lamp_off = ReadAddr("@W_HDW61")

```

```

if (temp <= temp_setpoint_lamp_on) and (@B_HDX30.0 = 1) then '@B_HDX30.0 is
confirm setpoint automation (humi <= humi_setpoint_pump_on) or

```

```

@B_HDX1.0 = 1 'lamp is ON

```

```

endif

```

```

if (temp >= temp_setpoint_lamp_off) and (@B_HDX30.0 = 1) then '@B_HDX30.0 is
confirm setpoint automation (humi > humi_setpoint_pump_off)

```

```

@B_HDX1.0 = 0 'lamp is OFF

```

```

endif

```

```

'=====

```

```

'FAN

```

```

LOOP=====

```

```

dim temp_setpoint_fan_on, temp_setpoint_fan_off, humi_setpoint_fan_on,

```

```

humi_setpoint_fan_off as floating

```

```

temp_setpoint_fan_on = ReadAddr("@W_HDW70")

```

```

temp_setpoint_fan_off = ReadAddr("@W_HDW71")

```

```

humi_setpoint_fan_on = ReadAddr("@W_HDW72")

```

```

humi_setpoint_fan_off = ReadAddr("@W_HDW73")

```

```

if (temp >= temp_setpoint_fan_on) or (humi >= humi_setpoint_fan_on) and
(@B_HDX30.0 = 1) then '@B_HDX30.0 is confirm setpoint automation (humi <=
humi_setpoint_pump_on) or

```

```

@B_HDX0.0 = 1 'FAN is ON

```

```

endif

```

```

if (temp <= temp_setpoint_fan_off) and (humi <= humi_setpoint_fan_off) and
(@B_HDX30.0 = 1) then '@B_HDX30.0 is confirm setpoint automation (humi >
humi_setpoint_pump_off)

```

```

@B_HDX0.0 = 0 'FAN is OFF

```

```

endif

```

```

'-----

```

```

'RESET-----

```

```

if @B_HDX32.0 = 1 then

```

```

@B_HDX0.0 = 0 'FAN

```

```

@B_HDX1.0 = 0 'LAMP

```

```

@B_HDX2.0 = 0 'PUMP

```

```

@B_HDX30.0 = 0 'Confirm PB

```

```

endif

```

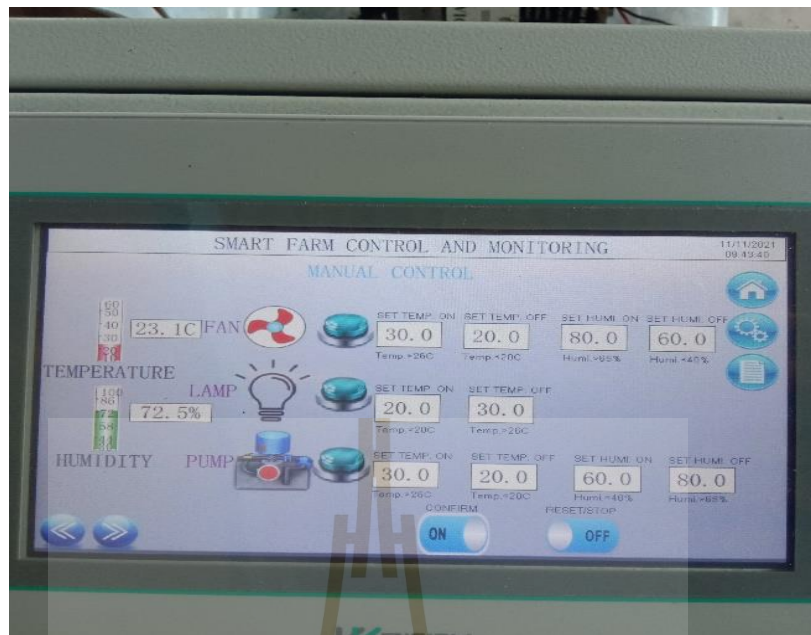
```

'-----

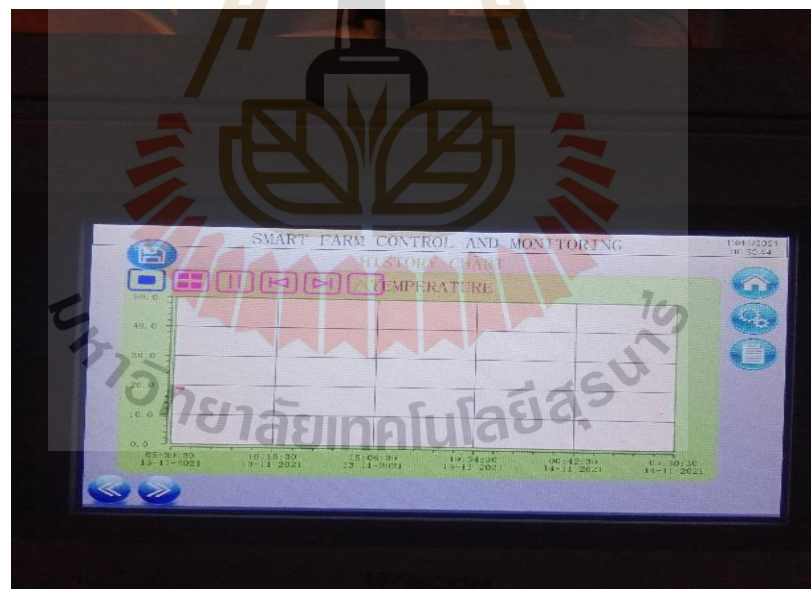
```



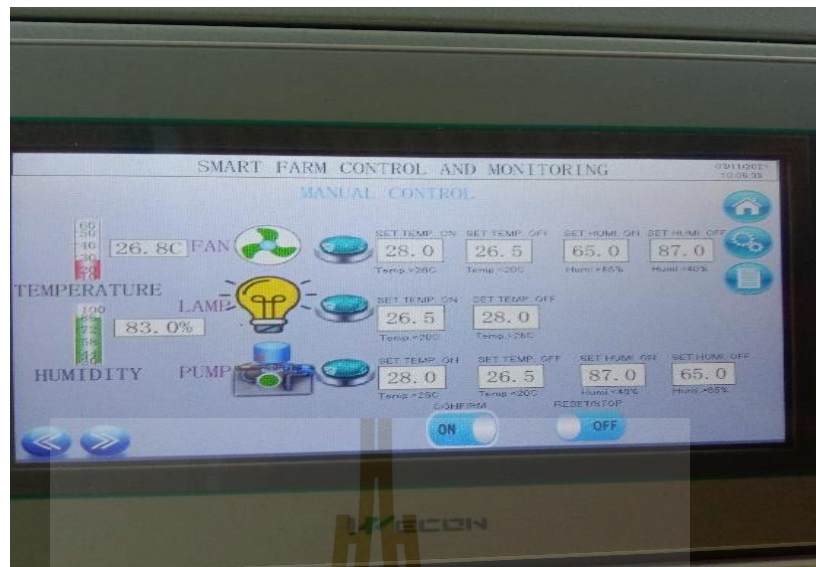
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



1. การออกแบบระบบควบคุม



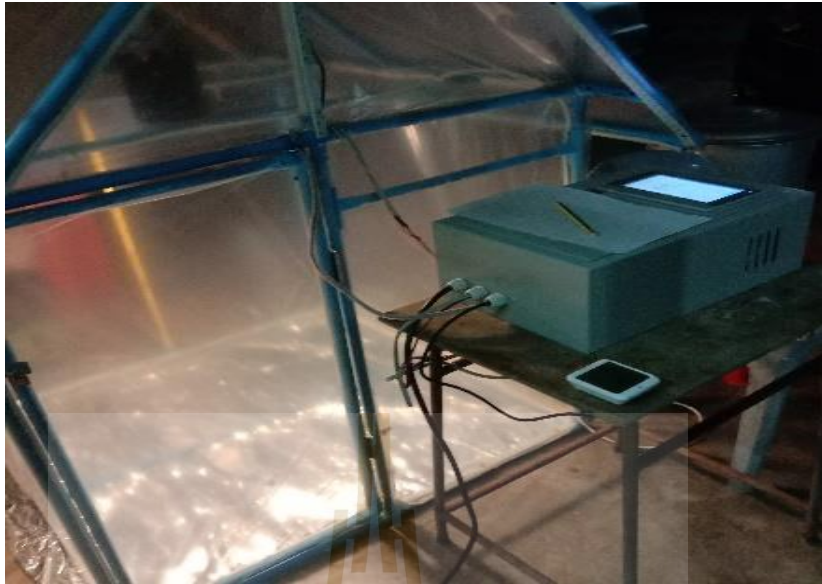
2. ซอฟต์แวร์การออกแบบระบบควบคุม



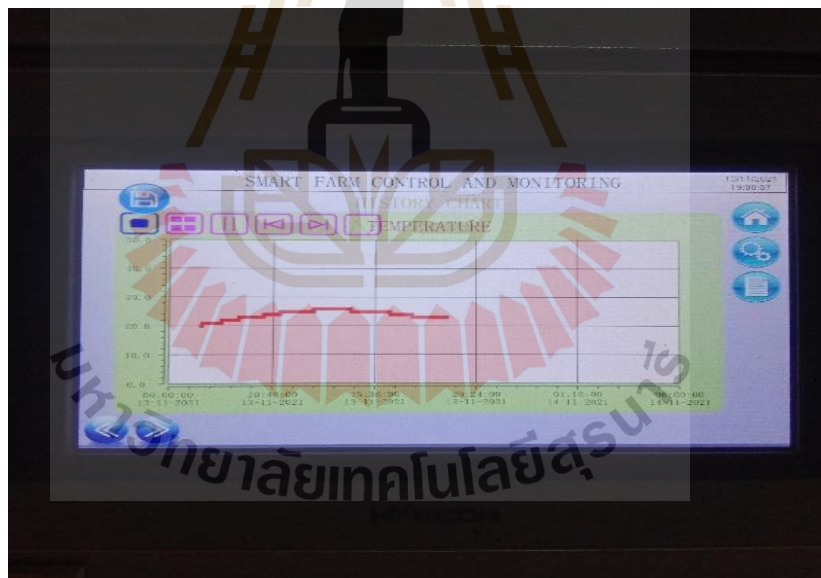
3. การตั้งค่าระบบควบคุม



4. สถานะระบบการทำงานของหลอดไฟ LED



5. สถานะระบบการทำงานของสเปร์พ่นน้ำ



6. กราฟแสดงข้อมูลของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์

ประวัติผู้เขียน

ชื่อผู้วิจัย	นายจรัสศักดิ์ สิงห์นัต
วัน เดือน ปีเกิด	5 สิงหาคม พ.ศ. 2514
วุฒิการศึกษา	วศ.บ. วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ค.ม. ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและนวัตกรรมการจัดการ เรียนรู้
ที่อยู่ปัจจุบัน	23 หมู่ 2 ตำบลพอกน้อย อำเภอพรรณานิคม จังหวัดสกลนคร 47220
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยนครพนม 214 หมู่ 12 ตำบลหนองญาติ อำเภอเมืองนครพนม จังหวัดนครพนม 48000

