การออกแบบและสร้างระบบไอโอทีสำหรับปลูกผักแบบอัตโนมัติที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

The Design and Construction of Automatic the IoT System for Growing Vegetable Controlled by Microcontroller

ชัยพร อัดโดดดร[1] และ นิติคม อริยพิมพ์[2]

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ[1]

199/19 ถ.มิตรภาพ ต.ในเมือง อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40000

E-mail: nitikom.ari@neu.ac.th[2]

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการออกแบบและสร้างระบบไอโอทีสำหรับปลูกผักแบบอัตโนมัติที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งผักเป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมที่สำคัญของประเทศไทย สำหรับให้อาหารแก่ผู้คน สร้างงานให้กับชุมชนในชนบท และสร้างรายได้เพื่อการพัฒนาเศรษฐกิจภายในประเทศ อย่างไรก็ตามในปัจจุบันอุตสาหกรรมผักในประเทศไทยไม่สามารถตอบสนองความต้องการได้เนื่องจากการขาดแคลนคนงานในฟาร์ม บทความนี้จึงนำเสนอระบบปลูกผักแบบอัตโนมัติที่ใช้ระบบไอโอที ซึ่งเป็นการปฏิวัติการปลูกผักโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารที่เกิดขึ้นใหม่สู่ไร่นา ระบบได้รับการพัฒนาโดยใช้แบบจำลองปั๊มพ่นละอองน้ำ สามารถตรวจสอบความชื้นในดิน อุณหภูมิของสภาพแวดล้อมในการปลูก สามารถควบคุมการทำงานได้ทั้งแบบอัตโนมัติและควบคุมการทำงานผ่านสมาร์ทโฟน และมีระบบแจ้งเตือนกระแสไฟฟ้าขัดข้องด้วย จากการทดสอบ จะพบว่า การทำงานของปั๊มพ่นละอองน้ำเมื่อมีความชื้นน้อยกว่าหรือเท่ากับ 60% ปั๊มพ่นละอองน้ำจะทำงาน แต่ถ้าความชื้นมากกว่าหรือเท่ากับ 70% ปั๊มพ่นละอองน้ำจะหยุดทำงาน โดยทำการทดสอบเป็นจำนวน 20 ครั้ง ผลปรากฏว่าทำงานได้ตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ ส่วนการทำงานของปั๊มพ่นละอองน้ำเมื่อสั่งการผ่านสมาร์ทโฟนทำการสั่งการ เปิด-ปิด ผ่านสมาร์ทโฟนเป็นจำนวน 20 ครั้ง ผลปรากฏว่าเมื่อกดเปิดทำงานทุกครั้ง ปั๊มน้ำก็จะทำงาน และเมื่อกดหยุดการทำงานทุกครั้ง ปั๊มน้ำก็จะไม่ทำงาน ซึ่งเป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ และจากการทดสอบการเจริญเติบโตของผักสลัดจำนวน 45 ต้นแสดงให้เห็นว่าผักสลัดสามารถให้ผลผลิตได้อย่างดี โดยจะคำนวณจากความยาวของใบผักสลัดและสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ ทำให้ระบบสามารถช่วยให้เกษตรกรได้ปริมาณและคุณภาพของผักเพิ่มขึ้น และดูแลให้มีสต๊อกเพียงพอกับท้องตลาดอีกด้วย

Abstract

This paper presents the design and construction of automatic the IoT system for growing vegetables controlled by microcontroller which vegetables are one of the important industries in Thailand for give food to people, create jobs for rural communities and generate income for domestic economic development.

However, the vegetable industry in Thailand is currently unable to meet demand due to the shortage of farm workers. This article therefore presents an automated vegetable growing system that uses IoT. This is a revolution in growing vegetable by using information and communication technology that is emerging to the farm. The system was developed using a spray pump model can check soil moisture temperature of the growing environment. It can be controlled both automatically and controlled via a smartphone and there is a power failure alarm system as well. From the test, it was found that the spray pump works when the humidity is less than or equal to 60%, the spray pump works but if the humidity is greater than or equal to 70%, the spray pump will stop working by doing the test for 20 times, the results show that it works according to the specified conditions as for the operation of the spray pump. When ordered via a smartphone, make the command is turned on and off via a smartphone for 20 times, the result appears that when you press it, it works every time, the water pump will work, when pressed to stop working every time, the water pump will not work which is in accordance with the specified conditions and the growth test of 45 lettuce plants showed that the lettuce was able to produce good yields. It is calculated based on the length of the lettuce leaves and the yield can be harvested. This allows the system to help farmers to increase the quantity and quality of vegetables and to ensure that there is enough stock for the market as well.

1. บทนำ

การผลิตผักในประเทศไทยไม่สามารถตอบสนองความต้องการของตลาดในปัจจุบันได้ สาเหตุหลักมาจากการขาดแคลนแรงงานในฟาร์ม สองปัจจัยที่ทำให้เกิดกรณีดังกล่าวคือ 1) เยาวชนในพื้นที่ไม่ต้องการให้มือสกปรกด้วยงานเกษตร 2) เกษตรกรในปัจจุบันส่วนใหญ่อยู่ใน “ประชากรสูงอายุ” ช่วงที่ 65 ขึ้นไปกำหนดโดยองค์การอนามัยโลก (WHO) เพื่อแก้ปัญหานี้ รัฐบาลจึงตัดสินใจนำเข้าผักจากประเทศอื่นๆ เช่น จีน อย่างไรก็ตามการพึ่งพาสินค้านำเข้ามีความสัมพันธ์กับอีกประเด็นหนึ่งคือความมั่นคงทางอาหาร ในขณะที่การพึ่งพาการนำเข้าอาจทำให้ประเทศมีความเสี่ยงในช่วงที่เศรษฐกิจตกต่ำ อีกทางเลือกหนึ่งในการแก้ปัญหานี้คือ จ้างคนงานต่างชาติ ซึ่งยังไม่ใช่วิธีแก้ปัญหาที่เหมาะสม เพราะการจ้างแรงงานต่างชาติในการเกษตรอาจเป็นภาระสำหรับเกษตรกรรายย่อย-กลาง เพื่อลดปัญหาเหล่านี้ที่เกษตรกรและชุมชนเผชิญอยู่ นักวิจัยได้แนะนำการทำฟาร์มอัจฉริยะ คือ การรวมกันของข้อมูลและการสื่อสารไปยังเครื่องจักร อุปกรณ์ และเซ็นเซอร์สำหรับใช้ในระบบการผลิตทางการเกษตร เทคโนโลยีสมัยใหม่นี้ได้รับความนิยมในหลายประเทศ เนื่องจากมีการใช้งานที่ดินน้อยที่สุด ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ การจัดหาอาหารเพื่อสุขภาพ ความมั่นคงด้านอาหารที่ดีขึ้น และการลด

ความต้องการน้ำ ดังนั้น ในงานวิจัยนี้จึงได้เสนอและพัฒนาระบบการทำฟาร์มอัจฉริยะ เพื่อแก้ปัญหาที่ระบุไว้ก่อนหน้านี้ โดยเทคโนโลยีสมัยใหม่นี้ คือ Internet of Things (IoT) [1,2] ซึ่งพัฒนามาจากเทคโนโลยีการระบุตัวตนด้วยคลื่นวิทยุ หรือ Radio-frequency Identification (RFID) โดยพัฒนาเป็นเทคโนโลยีที่เชื่อมต่อระหว่างวัตถุ สิ่งของหรือโครงสร้างทางกายภาพเข้ากับโครงสร้างด้านดิจิทัลหรือระบบอินเทอร์เน็ตผ่านเซ็นเซอร์ เพื่อให้เกิดการสื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างผู้ใช้งานและวัตถุในเครือข่าย กล่าวคือ ผู้ใช้งานสามารถสั่งการควบคุมการใช้งานวัตถุ สิ่งของในเครือข่ายผ่านระบบอินเทอร์เน็ตได้ เป็นเทคโนโลยีที่เกิดขึ้นใหม่และขณะนี้กำลังเปลี่ยนแปลงวิธีการต่างๆ โดยสิ้นเชิงในอุตสาหกรรม Internet of Things เป็นเครือข่ายยักษ์ที่เชื่อมโยงสิ่งต่าง ๆ ด้วยความสัมพันธ์ระหว่างคน และอุปกรณ์ต่างๆ Internet of Things ถูกกำหนดให้เป็น "โครงสร้างพื้นฐานของสังคมสารสนเทศ" ช่วยให้สามารถตรวจจับหรือควบคุมวัตถุจากระยะไกลผ่านเครือข่ายที่มีอยู่ได้ สร้างโอกาสในการรวมโลกทางกายภาพเข้ากับระบบคอมพิวเตอร์โดยตรง คุณภาพของผักมีผลกระทบอย่างมากต่อสภาพแวดล้อมระหว่างการปลูก การเก็บรักษาหลังการเก็บเกี่ยว ดังนั้น จึงเป็นเรื่องสำคัญที่จะต้องเก็บไว้ในระบบนิเวศที่เหมาะสม โดยใช้แบบจำลองปั๊มพ่นละอองน้ำสามารถตรวจสอบความชื้นในดิน อุณหภูมิของสภาพแวดล้อมในการปลูก สามารถควบคุมการทำงานได้ทั้งแบบอัตโนมัติและควบคุมการทำงานผ่านสมาร์ทโฟน และมีระบบแจ้งเตือนกระแสไฟฟ้าขัดข้องด้วย

2. ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 ปัจจัยที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของผัก

ผักเป็นสิ่งชีวิตเหมือนกับมนุษย์และสัตว์ จึงต้องการอาหารสำหรับการเจริญเติบโต การเจริญเติบโตของผัก หมายถึง การเพิ่มขนาดและความสูงของผัก สังเกตได้จากการเพิ่มขนาด หรือเพิ่มความสูงของผัก หรือการเพิ่มจำนวนใบ เป็นต้น โดยมีปัจจัยที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของผัก ได้แก่ แสงแดด ดิน น้ำหรือความชื้น อากาศและอุณหภูมิ ดังนี้

2.1.1 **แสงแดด** เป็นปัจจัยสำคัญต่อการเจริญเติบโต เพราะแสงกระตุ้นการเจริญของปลายยอดและปลายราก ผักแต่ละชนิดต้องการแสงแดดต่างกัน แสงเป็นปัจจัยในการสร้างอาหารของผักในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง คลอโรฟิลล์ในผักทำหน้าที่ดูดพลังงานจากแสงแดดนำมาสังเคราะห์ด้วยแสง ได้เป็นน้ำตาลกลูโคส ซึ่งผักจะเก็บในรูปของแป้งและแก๊สออกซิเจน การปลูกผักในที่มีแสงไม่เพียงพอจึงทำให้ผักเจริญเติบโตช้า

2.1.2 **ดิน** อาหารของผักอยู่ในดิน ปริมาณแร่ธาตุอาหารในดินมาจากซากพืชซากสัตว์ที่ผสมอยู่ มีผลต่อการเจริญเติบโตของผัก รวมถึงความเป็นกรด-เบสของดิน ความเค็ม และความพรุนของดิน ในดินมีแร่ธาตุที่สำคัญต่อผัก คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม

2.1.3 **น้ำหรือความชื้น** ผักใช้น้ำเป็นวัตถุดิบในการสังเคราะห์ด้วยแสง น้ำช่วยละลายแร่ธาตุในดิน ช่วยให้รากผักดูดและลำเลียงแร่ธาตุและสารอาหารภายในลำต้น และช่วยปรับอุณหภูมิ ทำให้กระบวนการต่าง ๆ

ดำเนินไปได้ นอกจากนี้น้ำยังให้ธาตุออกซิเจนและธาตุไฮโดรเจนแก่ผักด้วย ถ้าผักขาดน้ำก็จะเหี่ยวเฉา

2.1.4 **อากาศและอุณหภูมิ** ผักมีการหายใจเหมือนคนและสัตว์ ผักหายใจทั้งเวลากลางวันและกลางคืน การหายใจของผักต้องการใช้แก๊สออกซิเจน และคายแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาตลอดเวลา เช่นเดียวกันกับมนุษย์และสัตว์ ส่วนในเวลากลางวันผักสามารถสร้างอาหารได้โดยกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ผักจะใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มาสร้างอาหาร และคายแก๊สออกซิเจน และไอน้ำออกมาทางปากใบ

2.2 อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things)

Internet of Things (IoT) [3,4] พัฒนามาจากเทคโนโลยีการระบุตัวตนด้วยคลื่นวิทยุ หรือ Radio-frequency Identification (RFID) โดยพัฒนาเป็นเทคโนโลยีที่เชื่อมต่อระหว่างวัตถุสิ่งของ หรือโครงสร้างทางกายภาพเข้ากับโครงสร้างด้านดิจิทัล หรือระบบอินเทอร์เน็ตผ่านเซ็นเซอร์ เพื่อให้เกิดการสื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างผู้ใช้งานและวัตถุในเครือข่าย กล่าวคือ ผู้ใช้งานสามารถสั่งการควบคุมการใช้งานวัตถุสิ่งของในเครือข่ายผ่านระบบอินเทอร์เน็ตได้ เช่น การเปิด-ปิด เครื่องใช้ไฟฟ้าผ่าน Smart Phone [5] ในปัจจุบันวัตถุสิ่งของที่สามารถเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตได้นั้น ไม่ได้จำกัดเฉพาะ Smart Phone, Tablet หรือคอมพิวเตอร์ แต่ยังรวมถึงอุปกรณ์ไฮเทคที่ได้รับการติดตั้งสมองกล เช่น Smart Watch, Smart Glass หรืออุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน เช่น เครื่องปรับอากาศ ระบบไฟส่องสว่าง เป็นต้น ซึ่งเทคโนโลยี IoT ถูกนำมาประยุกต์ใช้เข้ากับวิถีชีวิตประจำวันของมนุษย์ จนถึงกระบวนการทำงานในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น Smart Home หรือการเชื่อมต่ออุปกรณ์ในบ้านเข้าด้วยกัน และสั่งการจากส่วนกลาง และ Industrial Internet หรือการเชื่อมต่อระบบการผลิตในโรงงานเข้าด้วยกัน และควบคุมสั่งการจากส่วนกลาง โดยการใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยี IoT มีแนวโน้มในเชิงจำนวนและความหลากหลายมากขึ้น มีการคาดการณ์จากบริษัทด้านเทคโนโลยีสารสนเทศว่าจำนวนวัตถุที่สามารถเชื่อมต่อกับระบบ IoT มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจเป็นจำนวนถึง 50,000 ล้านชิ้นภายในปี 2020 ทั้งนี้ส่วนประกอบของเทคโนโลยี IoT แบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก ดังนี้

2.2.1 **ส่วนรับข้อมูล** คือ ส่วนที่ช่วยให้อุปกรณ์ IoT รับรู้ข้อมูลจากสภาพแวดล้อมภายนอก เช่น เซ็นเซอร์ และ แอคทิเวเตอร์ (Activator)

2.2.2 **ส่วนสื่อสาร** คือ ส่วนที่ช่วยให้อุปกรณ์ IoT มีความสามารถในการสื่อสาร เป็นส่วนที่มีการเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ต โดยเทคโนโลยีที่กำลังได้รับความนิยม คือ สมองกลฝังตัวที่ติดไว้กับวัตถุ ซึ่งเป็นอุปกรณ์เชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ต มีหน้าที่รับข้อมูลความเปลี่ยนแปลงที่เกี่ยวข้องจากเซ็นเซอร์แล้วส่งข้อมูลนี้ผ่านอินเทอร์เน็ตเพื่อเชื่อมต่อเข้ากับระบบควบคุมและประเมินผลส่วนกลาง ทั้งนี้จุดเด่นของสมองกลฝังตัว คือ การส่งข้อมูลแบบ Real Time อย่างแม่นยำ

2.2.3 **ส่วนประมวลผลข้อมูล** คือ ส่วนที่ช่วยให้อุปกรณ์ IoT มีความสามารถในการประมวลผลข้อมูลที่ได้รับ นับเป็นส่วนที่ทำให้เกิดกระบวนการทำงานในเทคโนโลยี IoT เช่น เทคโนโลยีการประมวลผลแบบคลาวด์ (Cloud Computing)

2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (NodeMCU)

NodeMCU [5,6] คือ แพลตฟอร์มหนึ่งที่ใช้ช่วยในการสร้างโปรเจค Internet of Things ที่ประกอบไปด้วย Development Kit (ตัวบอร์ด) และ Firmware (Software บนบอร์ด) ที่เป็น open source สามารถเขียนโปรแกรมด้วยภาษา Lau ได้ ทำให้ใช้งานได้ง่ายขึ้น มาพร้อมกับโมดูล WiFi (ESP8266) ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญในการใช้เชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตนั่นเอง ตัวโมดูล ESP8266 นั้นมีอยู่ด้วยกันหลายรุ่นมาก ตั้งแต่เวอร์ชันแรกที่เป็น ESP-01 ไล่ไปเรื่อยๆ จนปัจจุบันมีถึง ESP-12 แล้ว และที่ฝังอยู่ใน NodeMCU version แรกนั้นก็เป็น ESP-12 แต่ใน version 2 นั้นจะใช้เป็น ESP-12E แทน ซึ่งการใช้งานโดยรวมก็ไม่แตกต่างกันมากนัก NodeMCU นั้นมีลักษณะคล้ายกับ Arduino ตรงที่มีพอร์ต Input Output buil in มาในตัว สามารถเขียนโปรแกรมคอนโทรลอุปกรณ์ I/O ได้โดยไม่ต้องผ่านอุปกรณ์อื่นๆ และเมื่อไม่นานมานี้ก็มีนักพัฒนาที่สามารถทำให้ Arduino IDE ใช้งานร่วมกับ Node MCU ได้ จึงทำให้ใช้ภาษา C/C++ ในการเขียนโปรแกรมได้ ทำให้เราสามารถใช้งานมันได้หลากหลายมากยิ่งขึ้น NodeMCU ตัวนี้สามารถทำอะไรได้หลายอย่างมากโดยเฉพาะเรื่องที่เกี่ยวข้องกับ IoT ไม่ว่าจะเป็นการทำ Web Server ขนาดเล็ก การควบคุมการเปิดปิดไฟผ่าน WiFi และอื่นๆ อีกมากมาย

3. การออกแบบและสร้างระบบไอโอทีสำหรับปลูกผักแบบอัตโนมัติ

3.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงาน

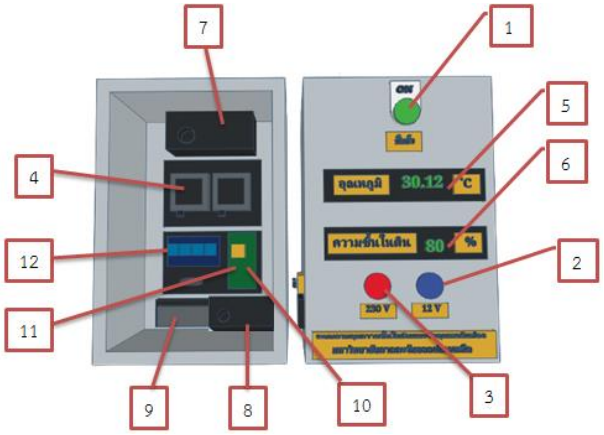
รูปที่ 1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานระบบไอโอทีสำหรับปลูกผักแบบอัตโนมัติ

จากบล็อกไดอะแกรมการทำงานในรูปที่ 1 อาศัยการประยุกต์ใช้โมดูลเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและเซ็นเซอร์วัดความชื้นร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ (โนดเอ็มซียู) เพื่อควบคุมความชื้นในการรดน้ำผักโดยมีวงจรแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ หนึ่งตัว ใช้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่หนึ่ง เพื่อใช้ในการตรวจจับค่าความชื้นและวัดค่าอุณหภูมิ โดยแสดงผลออกทางจอแสดงผลเจ็ดส่วน และทำการส่งคำสั่งให้กับรีเลย์เพื่อสั่งการปั๊มน้ำ และยังสามารถสั่งการผ่านสมาร์ทโฟนได้อีกด้วย และมีวงจรแปลงแรงดันไฟฟ้า

กระแสสลับเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์ อีกหนึ่งตัว ใช้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่สอง เพื่อใช้ในการตรวจวัดค่ากระแสไฟฟ้า ค่าแรงดันไฟฟ้า และค่ากำลังไฟฟ้าในระบบ และมีปั๊มน้ำแรงดัน 12 โวลต์ 8 บาร์ 60 วัตต์ สำหรับพ่นละอองน้ำ และมีถังเก็บน้ำบรรจุได้ 100 ลิตร มีสวิตช์ลูกลอยเป็นตัวตรวจจับปริมาณน้ำในถัง และยังมีระบบแจ้งเตือนเมื่อมีกระแสไฟฟ้าขัดข้องในระบบอีกด้วย

3.2 การออกแบบตู้คอนโทรล

โครงสร้างและอุปกรณ์ของตู้คอนโทรลระบบปลูกผักแบบอัตโนมัติ



รูปที่ 2 ตู้คอนโทรลระบบปลูกผักแบบอัตโนมัติ

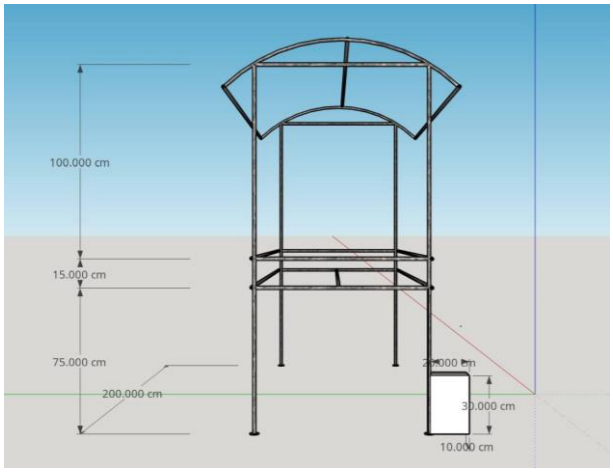
1) ไฟแสดงสถานการณ์ทำงานของปั๊มน้ำ
2) ไฟแสดงสถานการณ์ทำงานของไฟ 12 โวลต์
3) ไฟแสดงสถานการณ์ทำงานของไฟ 230 โวลต์
4) ระบบประมวลผลด้วยโนดเอ็มซียู 2 ตัว
5) จอแสดงผลเจ็ดส่วนแสดงค่าอุณหภูมิ
6) จอแสดงผลเจ็ดส่วนแสดงค่าความชื้น
7) แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์
8) แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์
9) แบตเตอรี่สำรองขนาด 5 โวลต์
10) อุปกรณ์ตรวจวัดแรงดันไฟฟ้า
11) อุปกรณ์ตรวจวัดกระแสไฟฟ้า
12) รีเลย์ควบคุมปั๊มน้ำ

3.3 การออกแบบโรงเรือนปลูกผักจำลอง

3.3.1 โครงสร้างโรงเรือนปลูกผักจำลอง

- มีขนาดความกว้าง 150 เซนติเมตร
- มีขนาดความยาว 200 เซนติเมตร
- มีขนาดความสูง 200 เซนติเมตร

3.3.2 อุปกรณ์ที่ติดตั้งภายในโรงเรือนปลูกผักจำลอง



รูปที่ 3 โครงสร้างโรงเรือนปลูกผักแบบอัตโนมัติ

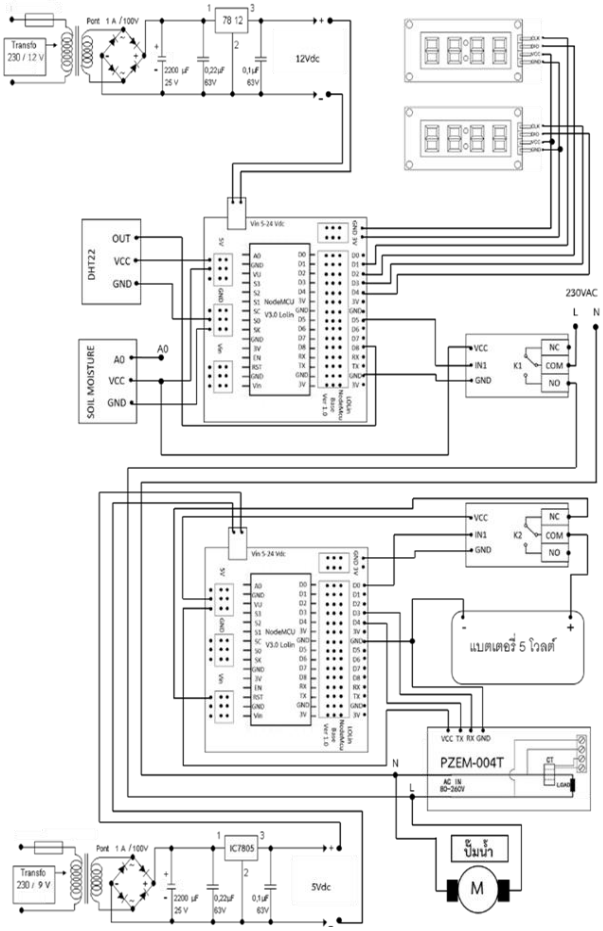
- มอเตอร์ปั๊มน้ำ 220 โวลต์
- ถังเก็บน้ำขนาด 100 ลิตร
- ท่อลำเรียงน้ำ
- หัวฉีดน้ำสำหรับพ่นละอองน้ำ
- ตู้คอนโทรล

3.4 การออกแบบกระบวนการทำงาน

การทำงานของวงจรรวมการสั่งงานควบคุมตู้คอนโทรลจะเป็นการสั่งงานบนสมาร์ทโฟนผ่านแอพพลิเคชั่น เมื่อมีการกดปุ่มสั่งงานบนหน้าจอโทรศัพท์จะเป็นการรับส่งของมูลผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์โนดเอ็มซียู สั่งให้อุปกรณ์ไฟฟ้าปั๊มน้ำทำงานได้ และยังสามารถตั้งโปรแกรมการทำงานแบบอัตโนมัติได้เป็นการตั้งให้รักษาความชื้นที่ 60-70 เปอร์เซ็นต์ ถ้าความชื้นต่ำกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ ปั๊มน้ำจะเริ่มทำงาน เพื่อรักษาความชื้นภายในโรงเรือนให้มีค่าตามที่ตั้งไว้ และเมื่อความชื้นกลับมาสู่ปกติที่ 70 เปอร์เซ็นต์ ปั๊มน้ำก็จะหยุดการทำงานอัตโนมัติ มีอุปกรณ์ตรวจวัดแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า เพื่อตรวจสอบว่า ปั๊มน้ำนั้นทำงานจริงหรือไม่ โดยส่งค่ามาแสดงบนจอสมาร์ทโฟนผ่านแอพพลิเคชั่น การทำงานนี้จะทำให้เราทราบได้ถึงสถานการณ์ทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในโรงเรือนได้ นอกจากนั้นตู้คอนโทรลยังมีไฟแสดงสถานะของการทำงานและอุปกรณ์ป้องกันไฟฟ้าลัดวงจรอีกด้วย

3.5 วงจรควบคุมการทำงาน

จากวงจรเริ่มจากส่วนแรก คือ วงจรแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง โดยใช้วงจรเรียงกระแส 2 วงจร โดยวงจรแรกมีหม้อแปลงทำหน้าที่แปลงแรงดันจากแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 230 โวลต์ ให้เหลือแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 12 โวลต์ ต่อมาไดโอดที่ต่อแบบบริดจ์จะทำหน้าที่แปลงแรงดันจากแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงและใช้คาปาซิเตอร์ 2200 ไมโครฟารัด 25 โวลต์ กรองสัญญาณให้เรียบยิ่งขึ้น และผ่านไปยังไอซีเบอร์ 7812 ทำหน้าที่รักษาระดับแรงดันไฟฟ้าให้ใกล้เคียงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ และใช้คาปาซิเตอร์อีกหนึ่งตัว 0.1 ไมโครฟารัด 63 โวลต์ ทางด้านเอาต์พุตเพื่อกรองสัญญาณอีกรอบ



รูปที่ 4 วงจรควบคุมการทำงานโรงเรือนปลูกผักแบบอัตโนมัติ

เมื่อได้ไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ ส่งไปเป็นแหล่งจ่ายให้กับบอร์ด NodeMCU ESP8266 บอร์ดที่หนึ่ง อุปกรณ์ที่ต่อกับบอร์ด NodeMCU ESP8266 บอร์ดที่หนึ่ง ส่วนที่เป็นอินพุต คือ อุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นในดิน และอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ ส่วนของเอาต์พุตประกอบด้วยจอแสดงผล 7 ส่วน 2 จอแสดงค่าความชื้นในดินและค่าอุณหภูมิ และรีเลย์ 5 โวลต์ 2 ตัว ควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำ วงจรเรียงกระแสบอร์ดที่

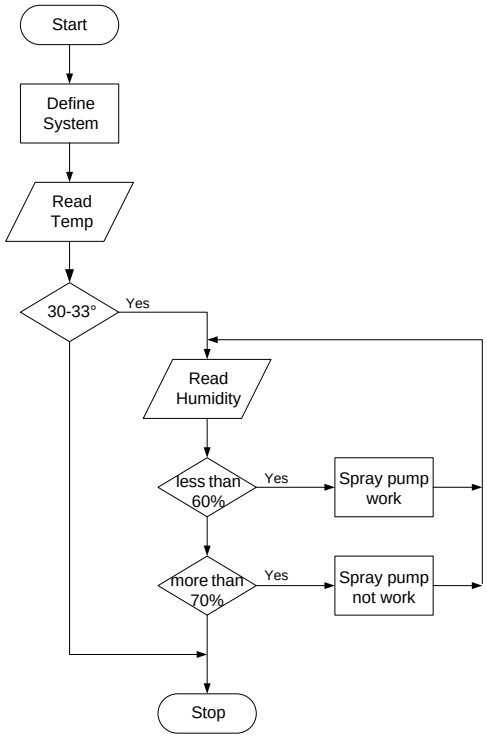
สองมีหม้อแปลงทำหน้าที่แปลงแรงดันจากแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 230 โวลต์ ให้เหลือแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 9 โวลต์ ต่อมาไดโอดที่ต่อแบบบริดจ์จะทำหน้าที่แปลงแรงดันจากแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงและใช้คาปาซิเตอร์ 470 ไมโครฟารัด 50 โวลต์ กรองสัญญาณให้เรียบยิ่งขึ้นและผ่านไปยังไอซีเบอร์ 7805 ทำหน้าที่รักษาระดับแรงดันไฟฟ้าให้ใกล้เคียงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์ ทางด้านเอาต์พุตเพื่อกรองสัญญาณอีกรอบเมื่อได้ไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์ ส่งไปเป็นแหล่งจ่ายให้กับบอร์ด NodeMCU ESP8266 บอร์ดที่สอง อุปกรณ์ที่ต่อกับบอร์ด Node MCU ESP8266 บอร์ดที่สอง เป็นอุปกรณ์ตรวจวัดค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า โมดูลที่ใช้คือ PZEM-004T โดยโมดูลนี้จะตรวจวัดค่าแรงดันไฟฟ้าได้สูงสุด 260 โวลต์กระแสสลับ 50 เฮิรตซ์ พร้อมกับมีอุปกรณ์ตรวจวัดกระแสไฟฟ้าสูงสุดได้ 100 แอมป์ ต่อกับโมดูลนี้ด้วย และส่งค่าเป็นค่าอนาล็อกกลับไปที่บอร์ด NodeMCU ESP8266 บอร์ดที่สอง

3.6 อุปกรณ์และความสัมพันธ์ของระบบปลูกผักแบบอัตโนมัติ

รูปที่ 5 อุปกรณ์และความสัมพันธ์ของระบบปลูกผักแบบอัตโนมัติ

จากความสัมพันธ์ดังแสดงในรูปที่ 5 อุปกรณ์ที่เป็นตัวประมวลผลหลัก คือ บอร์ด NodeMCU ESP8266 ที่เชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตเป็นอุปกรณ์ที่รับค่าอินพุตจากอุปกรณ์ตรวจวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสไฟฟ้า อุปกรณ์ตรวจวัดค่าค่าอุณหภูมิและความชื้นเข้ามาประมวลผลที่บอร์ด ส่วนด้านเอาต์พุตจะมีส่วนที่หนึ่ง คือ จอแสดงผลเจ็ดส่วนที่จะแสดงค่าอุณหภูมิและความชื้น ส่วนที่สอง คือ การแสดงผลความชื้นและอุณหภูมิผ่านสมาร์ทโฟน ส่วนที่สาม คือ รีเลย์ที่ใช้ในการตัดต่อปั๊มน้ำ สามารถสั่งงานผ่านแอพพลิเคชั่นได้

3.7 โปรแกรมควบคุมการทำงาน



รูปที่ 6 โปรแกรมควบคุมการทำงาน

จากรูปที่ 6 เป็นการแสดงโปรแกรมควบคุมการทำงานของปั๊มพ่นละอองน้ำ โดยเมื่อมีความชื้น

น้อยกว่าหรือเท่ากับ 60% ปั๊มพ่นละอองน้ำจะทำงาน แต่ถ้าความชื้นมากกว่าหรือเท่ากับ 70% ปั๊มพ่นละอองน้ำจะหยุดทำงาน ที่อุณหภูมิ 30-33°

4. ผลการทดสอบ

4.1 การทดสอบวงจรตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้น

รูปที่ 7 การทำงานของจอแสดงผลอุณหภูมิและความชื้น

จากตารางที่ 1 การทำงานของอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้น โดยการทดสอบจำนวน 20 ครั้ง การทำงานของอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นได้ตามเงื่อนไขของโปรแกรมที่กำหนดไว้

ตารางที่ 1 การทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับอุณหภูมิและความชื้น

ครั้งที่	อุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้น	
	อุณหภูมิ (^{o}C)	ความชื้น (%)
1	24	75
2	26	74
3	27	73
4	28	72
5	30	71
6	31	69
7	32	67
8	32	66
9	33	64
10	33	64
11	33	62
12	32	61
13	31	60
14	30	59
15	30	57
16	29	78
17	29	76
18	28	75
19	27	73
20	27	72

4.2 การทดสอบการหาอุณหภูมิและค่าความคลาดเคลื่อนของอุณหภูมิ

ตารางที่ 2 การทดสอบการหาอุณหภูมิและค่าความคลาดเคลื่อนของอุณหภูมิ

ครั้งที่	เวลา	อุณหภูมิของเทอร์โมมิเตอร์ (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิที่วัดได้ (องศาเซลเซียส)	ค่าความคลาดเคลื่อน (เปอร์เซ็นต์)
1	06:00	24.50	24	2.04
2	07:00	26.90	26	3.46
3	08:00	27.70	27	2.52
4	09:00	28.50	28	1.75
5	10:00	29.40	30	2.04
6	11:00	30.50	31	1.64
7	12.00	32.50	32	1.53
8	13.00	32.20	32	0.62
9	14.00	33.20	33	0.60
10	15.00	34.00	33	2.94
11	16.00	33.40	33	1.97
12	17.00	31.90	32	0.31
13	18.00	32.00	31	3.12
14	19.00	30.50	30	1.64
15	20.00	30.50	30	1.64
16	21.00	29.60	29	2.02
17	22.00	29.50	29	1.69
18	23.00	28.60	28	2.09
19	24.00	28.00	27	3.57
20	01.00	27.35	27	1.28

จากตารางที่ 2 เป็นการทดสอบหาค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นในอุปกรณ์วัดอุณหภูมิที่นำมาใช้ โดยนำมาเปรียบเทียบกับอุณหภูมิที่ได้จากเทอร์โมมิเตอร์ในเวลาเดียวกันเป็นจำนวน 20 ครั้ง ผลปรากฏว่า ค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้ ไม่เกิน +/- 5 % ซึ่งถือว่ายอมรับได้

4.3 การทดสอบการหาความชื้นและค่าความคลาดเคลื่อนของความชื้น

ตารางที่ 3 การทดสอบการหาค่าความชื้นและค่าความคลาดเคลื่อนของความชื้น

ครั้งที่	เวลา	ความชื้นของไฮโกรมิเตอร์ (เปอร์เซ็นต์)	ความชื้นที่วัดได้ (เปอร์เซ็นต์)	ค่าความคลาดเคลื่อน (เปอร์เซ็นต์)
1	06:00	69.50	69.00	0.72
2	07:00	67.40	67.00	0.59
3	08:00	63.60	63.00	0.94
4	09:00	61.20	61.00	0.33
5	10:00	59.35	59.00	0.59
6	11:00	77.45	77.00	0.58
7	12.00	75.32	75.00	0.42
8	13.00	73.45	73.00	0.61
9	14.00	65.21	65.00	0.32
10	15.00	61.65	61.00	1.05
11	16.00	58.10	58.00	0.17
12	17.00	81.02	80.00	1.26
13	18.00	72.64	72.00	0.88
14	19.00	72.30	72.00	0.41
15	20.00	71.20	71.00	0.28
16	21.00	70.21	70.00	0.88
17	22.00	69.42	69.00	0.30
18	23.00	69.42	69.00	0.60
19	24.00	69.35	69.00	0.50
20	01.00	68.45	68.00	0.66

จากตารางที่ 3 เป็นการทดสอบหาค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นในอุปกรณ์วัดค่าความชื้น

ที่นำมาใช้ โดยนำมาเปรียบเทียบกับความชื้นที่ได้จากไฮโกรมิเตอร์ในเวลาเดียวกันและจุดเดียวกันเป็นจำนวน 20 ครั้ง ผลปรากฏว่า ค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้ ไม่เกิน +/- 5 % ซึ่งถือว่ายอมรับได้

4.4 การทดสอบการทำงานของปั๊มพ่นละอองน้ำตามโปรแกรมที่ตั้งไว้

ตารางที่ 4 การทำงานของปั๊มพ่นละอองน้ำตามโปรแกรมที่ตั้งไว้

ครั้งที่	เวลา	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ความชื้น (เปอร์เซ็นต์)	หัวพ่นละอองน้ำ
1	06:00	24	69	ไม่ทำงาน
2	07:00	26	67	ไม่ทำงาน
3	08:00	27	63	ไม่ทำงาน
4	09:00	28	61	ไม่ทำงาน
5	10:00	30	59	ทำงาน
6	11:00	31	77	ไม่ทำงาน
7	12.00	32	75	ไม่ทำงาน
8	13.00	32	73	ไม่ทำงาน
9	14.00	33	65	ไม่ทำงาน
10	15.00	33	61	ไม่ทำงาน
11	16.00	33	58	ทำงาน
12	17.00	32	80	ไม่ทำงาน
13	18.00	31	72	ไม่ทำงาน
14	19.00	30	72	ไม่ทำงาน
15	20.00	30	71	ไม่ทำงาน
16	21.00	29	70	ไม่ทำงาน
17	22.00	29	69	ไม่ทำงาน
18	23.00	28	69	ไม่ทำงาน
19	24.00	27	69	ไม่ทำงาน
20	01.00	27	68	ไม่ทำงาน

จากตารางที่ 4 เป็นการแสดงการทำงานของปั๊มพ่นละอองน้ำ โดยการทดสอบปั๊มพ่นละอองน้ำได้ทำงานตามเงื่อนไขของโปรแกรม เมื่อมีความชื้นน้อยกว่าหรือเท่ากับ 60% ปั๊มพ่นละอองน้ำจะทำงาน แต่ถ้าความชื้นมากกว่าหรือเท่ากับ 70% ปั๊มพ่นละอองน้ำจะหยุดทำงาน โดยทำการทดลองเป็นจำนวน 20 ครั้ง ผลปรากฏว่าทำงานได้ตามเงื่อนไขของโปรแกรมที่กำหนดไว้

4.5 การทดสอบการทำงานของปั๊มพ่นละอองน้ำด้วยสมาร์ทโฟนผ่านแอพพลิเคชั่น Blynk

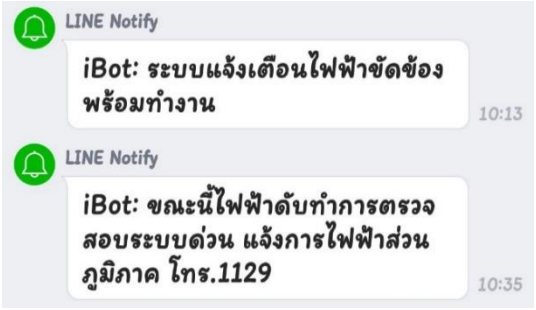
รูปที่ 8 หน้าจอแอพพลิเคชั่นที่ใช้ในการเปิด-ปิดการทำงานของปั๊มน้ำ

ตารางที่ 5 การทำงานของปั๊มพ่นละอองน้ำเมื่อสั่งการผ่านสมาร์ทโฟน

ครั้งที่	กดปุ่มเปิดการทำงาน	กดปุ่มปิดการทำงาน	ปั๊มน้ำ
1	✓		ทำงาน
2		✓	ไม่ทำงาน
3	✓		ทำงาน
4		✓	ไม่ทำงาน
5	✓		ทำงาน
6		✓	ไม่ทำงาน
7	✓		ทำงาน
8		✓	ไม่ทำงาน
9	✓		ทำงาน
10		✓	ไม่ทำงาน
11	✓		ทำงาน
12		✓	ไม่ทำงาน
13	✓		ทำงาน
14		✓	ไม่ทำงาน
15	✓		ทำงาน
16		✓	ไม่ทำงาน
17	✓		ทำงาน
18		✓	ไม่ทำงาน
19	✓		ทำงาน
20		✓	ไม่ทำงาน

จากตารางที่ 5 การทำงานของปั๊มพ่นละอองน้ำเมื่อสั่งการผ่านสมาร์ทโฟน ทำการสั่งการ เปิด-ปิด ผ่านสมาร์ทโฟนเป็นจำนวน 20 ครั้ง ผลปรากฏว่าเมื่อกดเปิดทำงานทุกครั้ง ปั๊มน้ำก็จะทำงาน และเมื่อกดหยุดการทำงานทุกครั้ง ปั๊มน้ำก็จะไม่ทำงาน ซึ่งเป็นไปตามเงื่อนไขการทำงานที่กำหนดไว้

4.6 การทดสอบการทำงานของระบบแจ้งเตือนกระแสไฟฟ้าขัดข้อง



รูปที่ 9 การแจ้งเตือนกระแสไฟฟ้าขัดข้องผ่านแอพพลิเคชั่นไลน์

ตารางที่ 6 การทดสอบการทำงานของระบบแจ้งเตือนกระแสไฟฟ้าขัดข้อง

ครั้งที่	เสียบปลั๊ก	ถอดปลั๊ก	การแจ้งเตือน	ข้อความแจ้งเตือน
1	✓		ทำงาน	ระบบแจ้งเตือนไฟฟ้าขัดข้องพร้อมทำงาน
2		✓	ทำงาน	ขณะนี้ไฟฟ้าดับทำการตรวจสอบระบบด่วน
3	✓		ทำงาน	ระบบแจ้งเตือนไฟฟ้าขัดข้องพร้อมทำงาน
4		✓	ทำงาน	ขณะนี้ไฟฟ้าดับทำการตรวจสอบระบบด่วน
5	✓		ทำงาน	ระบบแจ้งเตือนไฟฟ้าขัดข้องพร้อมทำงาน
6		✓	ทำงาน	ขณะนี้ไฟฟ้าดับทำการตรวจสอบระบบด่วน
7	✓		ทำงาน	ระบบแจ้งเตือนไฟฟ้าขัดข้องพร้อมทำงาน
8		✓	ทำงาน	ขณะนี้ไฟฟ้าดับทำการตรวจสอบระบบด่วน
9	✓		ทำงาน	ระบบแจ้งเตือนไฟฟ้าขัดข้องพร้อมทำงาน
10		✓	ทำงาน	ขณะนี้ไฟฟ้าดับทำการตรวจสอบระบบด่วน
11	✓		ทำงาน	ระบบแจ้งเตือนไฟฟ้าขัดข้องพร้อมทำงาน

ครั้งที่	เสียบปลั๊ก	ถอดปลั๊ก	การแจ้งเตือน	ข้อความแจ้งเตือน
12		✓	ทำงาน	ขณะนี้ไฟฟ้าดับทำการตรวจสอบระบบด่วน
13	✓		ทำงาน	ระบบแจ้งเตือนไฟฟ้าขัดข้องพร้อมทำงาน
14		✓	ทำงาน	ขณะนี้ไฟฟ้าดับทำการตรวจสอบระบบด่วน
15	✓		ทำงาน	ระบบแจ้งเตือนไฟฟ้าขัดข้องพร้อมทำงาน
16		✓	ทำงาน	ขณะนี้ไฟฟ้าดับทำการตรวจสอบระบบด่วน
17	✓		ทำงาน	ระบบแจ้งเตือนไฟฟ้าขัดข้องพร้อมทำงาน
18		✓	ทำงาน	ขณะนี้ไฟฟ้าดับทำการตรวจสอบระบบด่วน
19	✓		ทำงาน	ระบบแจ้งเตือนไฟฟ้าขัดข้องพร้อมทำงาน
20		✓	ทำงาน	ขณะนี้ไฟฟ้าดับทำการตรวจสอบระบบด่วน

จากตารางที่ 6 เมื่อทำการเสียบปลั๊กในทุกๆ ครั้ง ระบบจะมีการแจ้งเตือนว่า“ระบบแจ้งเตือนไฟฟ้าขัดข้องพร้อมทำงาน”และเมื่อมีการถอดปลั๊กในทุกๆ ครั้ง จะทำให้ระบบจะทำให้มีการแจ้งเตือนว่า “ขณะนี้ไฟฟ้าดับทำการตรวจสอบระบบด่วน” ซึ่งเป็นไปตามเงื่อนไขการทำงานที่ได้กำหนดไว้

4.7 การทดสอบการเจริญเติบโตของผักสลัด จำนวน 45 ต้น

รูปที่ 10 การทดสอบการเจริญเติบโตของผักสลัด

รูปที่ 11 ผักสลัดเจริญเติบโตในสัปดาห์ที่ 1

รูปที่ 12 ผักสลัดเจริญเติบโตในสัปดาห์ที่ 5

ตารางที่ 7 การเจริญเติบโตของผักสลัดจำนวน 45 ต้น

สัปดาห์	ความยาวของผักสลัด (ซม.)	ประสิทธิภาพการเจริญเติบโต (เปอร์เซ็นต์)
1	3.00	20.00
2	6.20	41.33
3	9.50	63.33
4	12.00	80.00
5	15.00	100.00

จากตาราง 7 เป็นการทดสอบการเจริญเติบโตของผักสลัด โดยการทดสอบจะแสดงให้เห็นว่าผักสลัดสามารถให้ผลผลิตได้อย่างดี โดยจะคำนวณจากความยาวของใบผักสลัดและสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้

5. ข้อเสนอแนะ

5.1 ถ้าอยู่ในสถานที่ที่ไม่มีสัญญาณ WiFi ก็สามารถต่อยอดโดยใส่ซิมการ์ดโทรศัพท์ได้

5.2 สามารถนำไปต่อยอดโดยใช้กับระบบพลังงานแสงอาทิตย์ได้ ในสถานที่ที่ห่างไกลจากระบบไฟฟ้า

5.3 การรักษาความชื้นภายในโรงเรือน หรือเลือกสถานที่ตั้งโรงเรือน ไม่ควรจัดตั้งโรงเรือนในสถานที่อยู่กลางแจ้งหรือโดนแสงแดดมากจนเกินไป

5.4 ความชื้นที่ผักสลัดเจริญเติบโตได้ดี จะอยู่ที่ความชื้น 60-70 %

5.5 ผักสลัดจะเจริญเติบโตได้ดี ควรใส่ปุ๋ยที่เหมาะสมด้วย

6. บทสรุป

จากการทดสอบระบบปลูกผักแบบอัตโนมัติด้วยระบบไอโอที ระบบมีการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นแล้ว ส่งค่าที่ไปประมวลผลโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ NodeMCU ESP8266 เพื่อควบคุมให้ปั๊มพ่นละอองน้ำให้ทำงาน หลังจากนั้นก็จะแสดงผลบนจอแสดงผลเจ็ดส่วน ทำให้วัดค่าอุณหภูมิและค่าความชื้นได้ตามที่กำหนดไว้ สามารถรักษาความชื้นไม่ให้ต่ำกว่า 60 และไม่ให้เกิน 70 พร้อมควบคุมให้ปั๊มน้ำทำงาน มีการแสดงผลอุณหภูมิความชื้น ผ่านหน้าจอแสดงผลเจ็ดส่วน ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือนมีขนาดความกว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 200 เซนติเมตร สูง 200 เซนติเมตร มีการวิเคราะห์ผลการเจริญเติบโตของผักสลัดแบบอัตโนมัติ เมื่อความชื้นน้อยกว่า 60% ปั๊มพ่นละอองน้ำจะทำงานเพื่อเพิ่มความชื้น ถ้าความชื้นมากกว่าหรือเท่ากับ 70% ปั๊มพ่นละอองน้ำจะหยุดทำงาน หัวพ่นละอองน้ำจะทำงานโดยฉีดเพื่อรักษาความชื้นภายในโรงเรือนได้ตามเงื่อนไขหรือขอบเขตที่กำหนดไว้ ซึ่งแต่ละช่วงเวลาอุณหภูมิและสภาพอากาศก็แตกต่างกันออกไป ลดเวลาการทำงานของคน การใช้แรงงานคน เพิ่มคุณภาพในการผลิตผักอีกด้วย และก่อให้เกิดการสื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างผู้ใช้งานและวัตถุในเครือข่าย กล่าวคือผู้ใช้งานสามารถสั่งการควบคุมการใช้งานวัตถุ สิ่งของในเครือข่ายผ่านระบบอินเทอร์เน็ตได้ เปลี่ยนฟาร์มผักธรรมดาให้กลายเป็นฟาร์มผักอัจฉริยะ ทำให้ช่วยอำนวยความสะดวก สบาย และลดขั้นตอนบางอย่างในชีวิตประจำวันของเราได้เป็นอย่างมาก ส่วนการคำนวณจุดคุ้มทุน โดยซื้อเมล็ด ซองละ 20 บาทจำนวน 300-500 เมล็ด และค่าทำโรงเรือน 3,000 บาท ซึ่งผักสลัด 7-9 ต้นจะเก็บได้น้ำหนัก 1 กิโลกรัม หากสามารถหาตลาดขายปลีกได้เอง โดยเอาผักมาวางขายทำเป็นถุงละ 1 กิโลกรัม ราคาถุงละ 120 บาท หรือถ้าขายส่งจะขายที่กิโลกรัมละ 100 บาท ดังนั้น ผักสลัดรอบแรกทั้งรุ่นจะเก็บได้ประมาณ 5 กิโลกรัม เป็นเงิน 600

บาท ถ้าคิดในลักษณะนี้หมายความว่าจะต้องผักสลัดถึงรุ่นที่ 5 ถึงจะได้ต้นทุนค่าลงทุนทั้งหมด ซึ่งยังไม่เรียกว่ากำไรเพราะต้องคิดค่าแรง ค่าน้ำ โดยปกติแล้วแต่ละรุ่นจะออกห่างกันประมาณ 35-40 วัน นั่นหมายความว่ารุ่นที่ 6 จึงจะเป็นกำไร

เอกสารอ้างอิง

[1] ธีระชัย หลำเนียม (2559), การออกแบบและประยุกต์สวนอัจฉริยะบนระบบไอโอที, วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ปีการศึกษา 2559.

[2] S.A.Khumkar and Committee (2018), IoT Based Monitoring and Control for Vegetables and Fruits Storage, IJARIIE-ISSN(O)-2395-4396, vol. 4, issue 2, 2018.

[3] Rajermani Thinakaran and Committee (2020), SMART VERTICAL FARMING USING IoT, INTI JOURNAL eISSN:2600-7320, vol. 2020:049.

[4] Nitin Kothari and Committee (2019), Design and Implementation of IoT based Smart Horticultural Crop Real Time Monitoring System, International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering, vol. 8, issue 8, August 2019.

[5] พิพัฒน์ ดุรงค์ดำรงชัย และชัยพร อัดโดดดร (2020), แบบจำลองระบบไอโอทีสำหรับฟาร์มไก่อัตโนมัติที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์, Journal of Energy and Environment Technology, ISSN 2392-5701, JEET 2020; 7(2): 73-86.

[6] Nikorn KAEWPREAK and Committee, IoTs Smart Vertical Hydroponics with Microcontroller, Thailand Institute of Scientific and Technological Research (TISTR).