

การประยุกต์ใช้อินเทอร์เน็ตออฟติงร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์ กรณีศึกษา : ระบบรดน้ำอัตโนมัติ

กฤติกร แก้ววงศ์ศรี, หทัยรัตน์ บุญเนตร*, กิตติศักดิ์ ทวีสินโสภณ, สิทธิศักดิ์ ไรจยะยะ,
วิรุฬห์ จินเดิม, สิทธิกร ดำเกาะ

สาขาเทคโนโลยีวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ตรัง

*Corresponding author email: Hathairat.b@rmutsv.ac.th

ได้รับบทความ: 18 พฤศจิกายน 2565

ได้รับบทความแก้ไข: 13 มกราคม 2566

ยอมรับตีพิมพ์: 1 กุมภาพันธ์ 2566

บทคัดย่อ

ระบบรดน้ำอัตโนมัติ มีวัตถุประสงค์เพื่อนำความรู้ทางด้านอินเทอร์เน็ตออฟติง (Internet of thing, IoT) และเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้จากการเรียนในชั้นเรียนมาบูรณาการให้เกิดเป็นองค์ความรู้ โดยใช้ NodeMCU เป็นตัวไมโครคอนโทรเลอร์ รับค่าจากเซ็นเซอร์วัดความชื้นภายในดินทุก ๆ 10 นาที และกำหนดให้ปั้มน้ำทำงานหากความชื้นในดินต่ำกว่า 20% จนกระทั่งความชื้นในดินมากกว่า 30% ปั้มน้ำจึงจะหยุดทำงาน และแสดงค่าความชื้นและสถานะการทำงานผ่านแอปพลิเคชัน Blynk

คำสำคัญ: ระบบรดน้ำอัตโนมัติ / อินเทอร์เน็ตออฟติง / IoT / NodeMCU

Application of Internet of Things and Solar Energy Case Study: Automatic Watering System

Kriddikorn Kaewwongsri, Hatairat Boonnat*, Kittisak Thaweessinsopha,
Sittisak Rojchaya, wirun jeendem, sitthikorn domkoa

Computer technology Program, Faculty of Engineering and Technology
Rajamangala University of Technology Srivijaya, Trang

*Corresponding author email: Hathairat.b@rmutsv.ac.th

Received: 18 November 2022

Revised: 13 January 2023

Accepted: 1 February 2023

Abstract

The purpose of the automatic watering system is to apply the knowledge of the Internet of things (IoT) and solar cells obtained from the classroom to increase the practical experience. There are NodeMCU as microcontroller, the microcontroller will obtain soil moisture from sensor every 10 minutes. The water pump will operate If moisture is below 20% and will stop when moisture is over than 30%. The moisture and work status can be monitor via Blynk application.

Keywords: Automatic watering / Internet of things / IoT / NodeMCU

บทนำ

อินเทอร์เน็ตของสิ่ง (Internet of Things) หรือ IoT [1] คือ "อินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง" หมายถึง การที่อุปกรณ์ต่างๆ สิ่งต่างๆ ได้ถูกเชื่อมโยงทุกอย่างเข้าสู่โลกอินเทอร์เน็ต ทำให้มนุษย์สามารถสั่งการควบคุมการใช้งานอุปกรณ์ต่างๆ ผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เช่น การเปิด-ปิด อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า รถยนต์ โทรศัพท์มือถือ เครื่องมือสื่อสาร เครื่องมือทางการแพทย์ อาคาร บ้านเรือน เครื่องใช้ในชีวิตประจำวันต่างๆ ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เป็นต้น

เพื่อเป็นการเรียนรู้การทำงานของระบบ IoT ที่ได้จากในชั้นเรียนมาบูรณาการให้เกิดเป็นองค์ความรู้โดยการปฏิบัติจริง ผู้จัดทำได้ทำการศึกษางานที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติม ได้แก่

1. อินเทอร์เน็ตของสิ่ง การรดน้ำในแปลงผักซีพร้อมแจ้งเตือนผ่านไลน์แอปพลิเคชัน [2] งานวิจัยนี้ได้มีจุดมุ่งหมายเพื่อประยุกต์ใช้ระบบอินเทอร์เน็ตของสิ่งในการรดน้ำในแปลงผักซีพร้อมการแจ้งเตือนผ่านไลน์ Line Notify การทำงานได้แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ การทำงานในสภาพอากาศปกติและในสภาพอากาศที่มีฝนตก ในสภาพอากาศปกติระบบจะมีตารางการทำงานวันละ 3 ครั้ง แต่ละครั้งทำงานได้ตั้งแต่ 1-60 นาที และในสภาพอากาศที่มีฝนตกโดยทราบได้จากสภาพความชื้นสัมพัทธ์มีค่าตั้งแต่ 90% ขึ้นไป โดยให้รดน้ำเป็นเวลา 20 นาที หลังจากฝนหยุดตกไปแล้ว 30 นาที

2. ระบบรดน้ำกระเทียมอัตโนมัติด้วยพลังงานแสงอาทิตย์และควบคุมผ่านสมาร์ตโฟน [3] โดยประยุกต์ใช้ NodeMCU ESP8266 เป็นตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) และใช้แอปพลิเคชัน Blynk เป็นระบบสั่งการผ่านสมาร์ตโฟน ผลการทดสอบพบว่า ระบบรดน้ำกระเทียมโดยระบบควบคุมสามารถช่วยลดต้นทุนในการผลิตและประหยัดเวลา ทำให้เกษตรกรสามารถวางแผนควบคุมการผลิต และเก็บเกี่ยวได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วัสดุและวิธีการ

การพัฒนากระเบื้องรดน้ำอัตโนมัติ มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างระบบที่สามารถตรวจสอบและวัดความชื้นในดินได้อย่าง real time และสามารถทำการรดน้ำได้เองอัตโนมัติ ตัวระบบได้แบ่งการพัฒนาออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่

1.การออกแบบทางด้านอุปกรณ์ (Hardware)

ใช้หลักการเขียนโปรแกรมบนไมโครคอนโทรลเลอร์ เมื่อค่าความชื้นที่วัดได้มีค่าต่ำกว่า 20% อุปกรณ์ที่ใช้มีดังนี้

1.1 NodeMCU [4]



ภาพที่ 1 NodeMCU

NodeMCU เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ต้องเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานด้วยภาษา C โดยตัวบอร์ดประกอบไปด้วย ชิพ ESP8266 (ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สามารถเชื่อมต่อ WiFi ได้) พอร์ต microUSB สำหรับจ่ายไฟและอัปโหลดโปรแกรม ชิพสำหรับอัปโหลดโปรแกรมผ่านสาย USB ชิพแปลงแรงดันไฟฟ้า และขาสำหรับเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอก (GPIO)

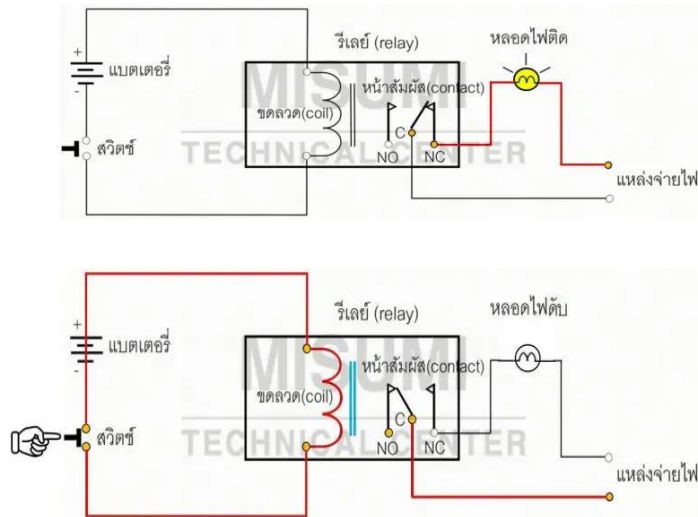
1.2 Relay

รีเลย์ (relay) คือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ตัด-ต่อวงจร โดยใช้แม่เหล็กไฟฟ้า รีเลย์มีส่วนประกอบที่สำคัญด้วยกัน 2 คือ ขดลวดเหนี่ยวนำ (coil) และส่วนของหน้าสัมผัส (contact) เมื่อมีการจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับขดลวดเหนี่ยวนำจะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กเหนี่ยวนำหน้าสัมผัสให้ติดกันกลายเป็นวงจรปิด รีเลย์มีจุดต่อที่สำคัญอยู่ 3 จุด ได้แก่ จุดต่อ NC, NO, C

จุดต่อ NC (Normal Close) หมายถึง ปกติปิด หากยังไม่จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้ขดลวดเหนี่ยวนำหน้าสัมผัสจะติดกัน หรือ ลักษณะเป็นวงจรปิด

จุดต่อ NO (Normal Open) หมายถึง ปกติเปิด หากยังไม่จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้ขดลวดเหนี่ยวนำหน้าสัมผัสจะไม่ติดกัน หรือ ที่เรียกว่าวงจรเปิด

จุดต่อ C (common) คือจุดร่วมที่ต่อมาจากแหล่งจ่ายไฟฟ้า

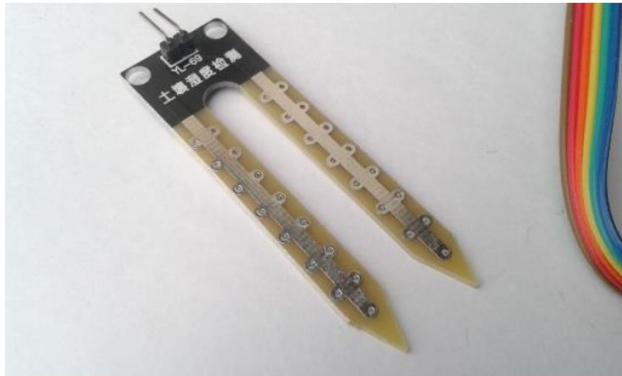


ภาพที่ 2 ตัวอย่างการทำงานของรีเลย์ ที่ต่อกับหลอดไฟ 1 หลอด
(ที่มารูปภาพ : <https://misumitechnical.com/technical/electrical/relay-working-principles/>)

จากภาพที่ 2 (บน) ในสภาวะปกติที่ไม่มีการกดสวิทช์ แบตเตอรี่ไม่จ่ายไฟให้ขดลวด ทำให้ไม่เกิดการเหนี่ยวนำหน้าสัมผัสจึงอยู่ในสภาวะปกติปิด (NC) ไฟติด ในทางกลับกัน ภาพที่ 2 (ล่าง) เมื่อกดสวิทช์แบตเตอรี่จ่ายไฟให้ขดลวดทำให้เกิดการเหนี่ยวนำส่งผลให้หน้าสัมผัส (contact) เปลี่ยนสถานะเป็นสภาวะปกติเปิด (NO) ทำให้ไฟดับ

1.3 Soil Moisture Sensor

หลักการทำงานของเซ็นเซอร์วัดความชื้นในดินนั้นจะต้องนำเอาแท่งอิเล็กโทรดปักลงไปในพื้นที่ที่ต้องการวัดหลักการ คือ วัดค่าความต้านทานระหว่างอิเล็กโทรด 2 ด้าน ดังภาพที่ 3 ในกรณีที่อ่านค่าความต้านทานได้น้อยก็แปลว่ามีความชื้นในดินมากหรือดินชุ่มชื้น แต่ในกรณีที่อ่านค่าความต้านทานได้มากแปลว่ามีความชื้นในดินน้อยหรือดินแห้ง



ภาพที่ 3 แผงอิเล็กทรอนิกส์วัดความชื้นในดิน

1.4 เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell) [5]

โซลาร์เซลล์ หรือ เซลล์แสงอาทิตย์ หรือ เซลล์โฟโตโวลตาอิก (Photovoltaic cell) คือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำชนิดพิเศษ ที่มีคุณสมบัติในการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโซลาร์เซลล์นั้นจะเป็นไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current, DC) ซึ่งสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ทันที รวมทั้งสามารถเก็บไว้ในแบตเตอรี่เพื่อใช้งานภายหลังได้



ภาพที่ 4 เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell)

(ที่มารูปภาพ : <https://www.klcbright.com/solarcellpanel-mono-poly-thinfilm.php>)

1.5 โซลาร์ชาร์จเจอร์ (Solar Charge Controller) [6]

โซลาร์ชาร์จเจอร์ คือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่ควบคุมการชาร์จไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์เข้าสู่แบตเตอรี่ ทำหน้าที่คอยจ่ายกระแสไฟเมื่อแรงดันแบตเตอรี่อยู่ในระดับที่ต่ำ และจะทำการตัดการจ่ายกระแสไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์ที่จะไปประจุอยู่ในแบตเตอรี่เมื่อแบตเตอรี่มีแรงดันอยู่ในระดับที่สูงเพื่อป้องกันการ Over Charge ซึ่งจะทำให้แบตเตอรี่เกิดความเสียหายและเสื่อมอายุการใช้งานลงอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ในเวลากลางคืนโซลาร์ชาร์จเจอร์ยังเป็นอุปกรณ์ช่วยป้องกันไม่ให้ไฟจากแบตเตอรี่ย้อนกลับไปยังตัวแผงโซลาร์เซลล์จนอาจทำให้ตัวแผงโซลาร์เซลล์ได้รับความเสียหายได้



ภาพที่ 5 โซลาร์ชาร์จเจอร์

1.6 การทำงานทางด้านอุปกรณ์

การประกอบชุดวงจรภายในตู้ ประกอบไปด้วยชุดวงจรทั้งหมด 2 ชุด ชุดที่ 1 (ภาพที่ 6) เป็นชุดโซลาร์เซลล์ ทำหน้าที่ เปิด-ปิด หลอดไฟ กับน้ำด้วยมือ (Manual) และ ชุดที่ 2 (ภาพที่ 7) เป็นชุดควบคุมระบบผ่านสมาร์โฟน เป็นชุดสั่ง เปิด-ปิด หลอดไฟ น้ำ วัดอุณหภูมิ และความชื้นในดิน



ภาพที่ 6 ชุดควบคุมโซล่าเซลล์

ชุดที่ 1 ภายในตู้ของโซล่าเซลล์ประกอบไปด้วยเบรกเกอร์กระแสตรงจำนวน 3 ตัว และโซล่าชาร์จเจอร์ โดยเบรกเกอร์ตัวที่ 1 คือแรงดันไฟฟ้าที่มาจากโซล่าเซลล์ทำหน้าที่ตัดต่อกระแสไฟฟ้าแล้ววิ่งเข้าโซล่าชาร์จเจอร์ วิ่งผ่านโซล่าชาร์จเจอร์มาเข้าที่เบรกเกอร์และเข้าสู่แบตเตอรี่เพื่อทำการชาร์จ ส่วนเบรกเกอร์ตัวที่ 2 ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ เปิด - ปิด หลอดไฟ ส่วนเบรกเกอร์ตัวที่ 3 เบรกเกอร์น้ำ



ภาพที่ 7 ชุดควบคุมระบบผ่านสมาร์โฟน

ชุดที่ 2 ภายในตู้ประกอบไปด้วย เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ เซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน และโมดูลรีเลย์ โดยมี NodeMCU ทำหน้าที่อ่านขึ้นในดินทุกๆ 10 นาที ถ้าความชื้นในดินที่วัดได้มีค่าต่ำกว่า 20% NodeMCU จะส่ง logic 1 ให้กับ relay ที่ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ควบคุมปั้มน้ำ ทำให้ปั้มน้ำทำงานรดน้ำแปลงผัก

2.การออกแบบทางด้านโปรแกรม (Software)

2.1 Arduino IDE [7]

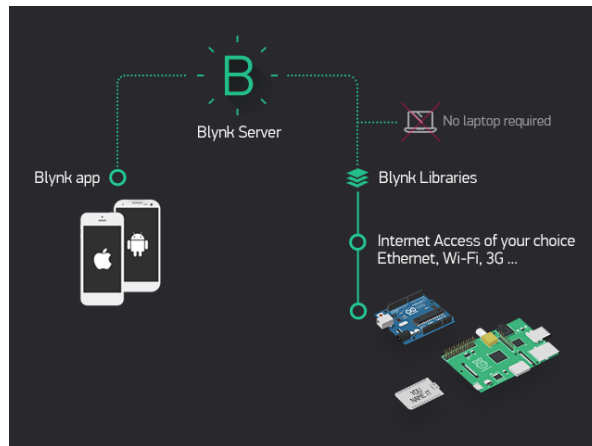
Arduino IDE เป็นโปรแกรมที่ใช้สำหรับการเขียนโปรแกรมควบคุมและสามารถทำการแปลงไฟล์ดังกล่าวเพื่อนำไปอัปโหลดลงยังบอร์ดต่างๆได้ เช่น เป็น Arduino, Esp8266, Esp32, Nodemcu และอื่นๆอีกมากมาย



ภาพที่ 8 โปรแกรม Arduino IDE

2.2 Blynk [8]

Blynk คือ Application สำเร็จรูปสำหรับงาน IOT มีความน่าสนใจคือการเขียนโปรแกรมที่ง่าย โดยผู้ที่ไม่ต้องเขียน App ขึ้นมาเอง สามารถใช้งานได้อย่าง Real time สามารถเชื่อมต่อ Device ต่างๆเข้ากับ Internet ได้อย่างง่ายดายไม่ว่าจะเป็น Arduino, Esp8266, Esp32, Nodemcu, Raspberry Pi เพื่อนำข้อมูลต่างๆมาแสดงบน Application บนมือถือ รองรับในระบบ IOS และ Android

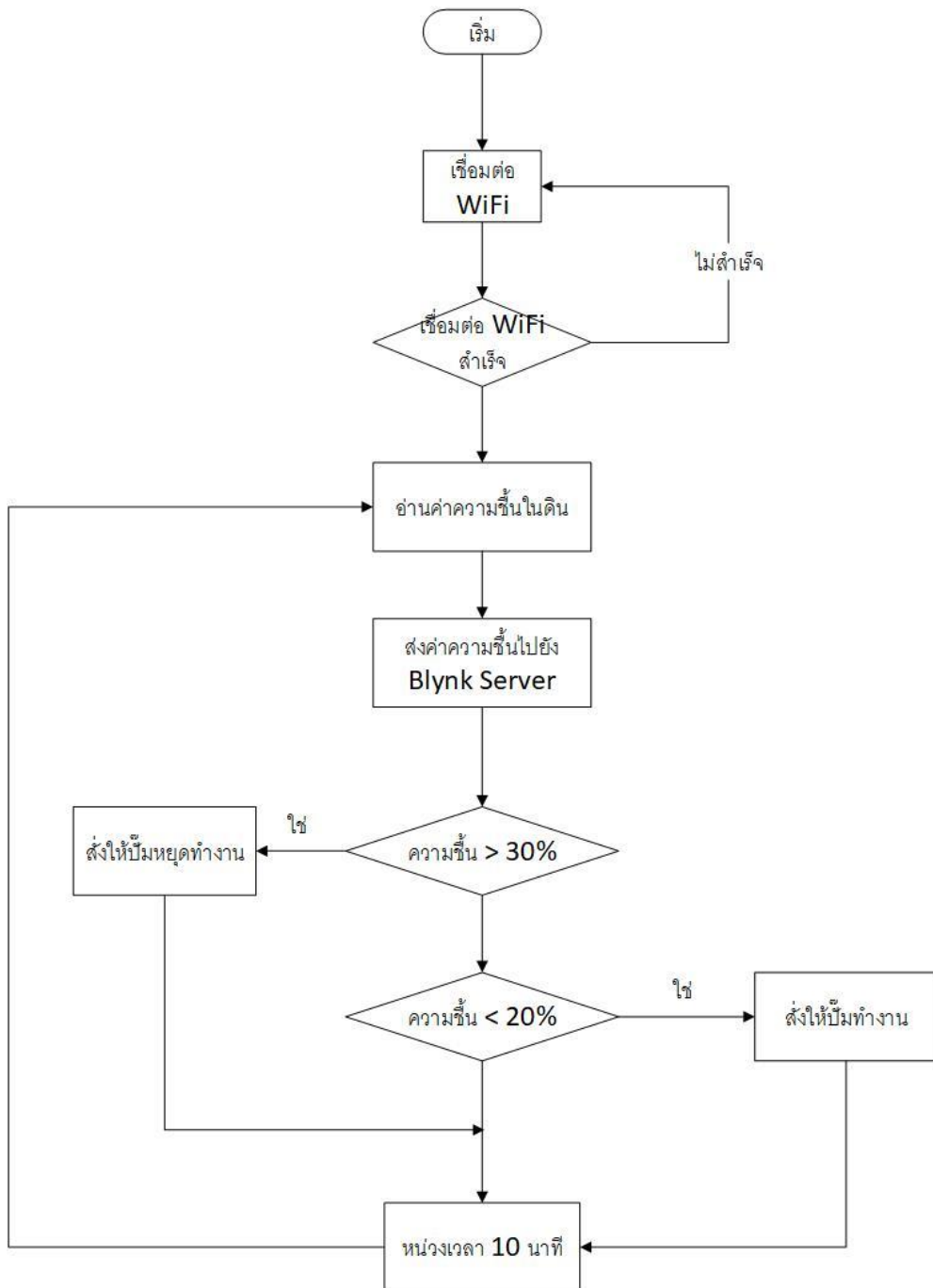


ภาพที่ 9 ลักษณะการทำงานของ Blynk

1.6 การทำงานทางด้านโปรแกรม



ภาพที่ 10 หน้าจอแอปพลิเคชัน Blynk ที่ใช้ควบคุมการทำงาน



ภาพที่ 11 ผังการทำงานของระบบรดน้ำอัตโนมัติ

ผลการศึกษา

จากการทดสอบระบบที่ออกแบบไว้ตามภาพที่ 11 ระบบสามารถทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้ จากการทดสอบระบบโดยการทดสอบวัดค่าความชื้นในดินช่วงเช้าตั้งแต่ 08.00น. - 16.00น. เป็นระยะเวลา 13 วัน พบว่ามีสองกรณีที่เกิดขึ้น ได้แก่ กรณีวันที่สภาพอากาศปกติและในกรณีวันที่ฝนตก ดังนั้นในหัวข้อผลการศึกษา ผู้วิจัยจึงขอเลือกนำเสนอผลการทดสอบกรณีละหนึ่งวันเพื่อเป็นกรณีตัวอย่าง ดังแสดงในตารางที่ 1 และตารางที่ 2 ตามลำดับ

ตารางที่ 1 ผลการทดลองการวัดค่าความชื้นในดิน ในกรณีสภาพอากาศปกติ

เวลา	ค่าที่ความชื้นในดิน (%)	การแจ้งเตือน
08.00 น.	30	-
08.10 น.	27	-
08.20 น.	26	-
08.30 น.	26	-
08.40 น.	25	-
08.50 น.	25	-
09.00 น.	22	-
09.10 น.	22	-
09.20 น.	22	-
09.30 น.	22	-
09.40 น.	24	-
09.50 น.	27	-
10.00 น.	22	-
10.10 น.	21	-
10.20 น.	22	-
10.30 น.	21	-
10.40 น.	22	-
10.50 น.	21	-
11.00 น.	20	-
11.10 น.	19	ความชื้นต่ำ เปิดปั๊มน้ำ
11.20 น.	21	ปั๊มน้ำทำงาน

เวลา	ค่าที่ความชื้นในดิน (%)	การแจ้งเตือน
11.30 น.	22	ปั้มน้ำทำงาน
11.40 น.	23	ปั้มน้ำทำงาน
11.50 น.	22	ปั้มน้ำทำงาน
12.00 น.	26	ปั้มน้ำทำงาน
12.10 น.	23	ปั้มน้ำทำงาน
12.20 น.	27	ปั้มน้ำทำงาน
12.30 น.	26	ปั้มน้ำทำงาน
12.40 น.	27	ปั้มน้ำทำงาน
12.50 น.	28	ปั้มน้ำทำงาน
13.00 น.	30	ปั้มน้ำทำงาน
13.10 น.	31	ความชื้นถึงระดับที่กำหนด ปิดปั้มน้ำ
13.20 น.	32	-
13.30 น.	30	-
13.40 น.	30	-
13.50 น.	33	-
14.00 น.	26	-
14.10 น.	25	-
14.20 น.	25	-
14.30 น.	22	-
14.40 น.	22	-
14.50 น.	22	-
15.00 น.	22	-
15.10 น.	22	-
15.20 น.	21	-
15.30 น.	31	-
15.40 น.	33	-
15.50 น.	35	-
16.00 น.	50	-

ตารางที่ 2 ผลการทดลองการวัดค่าความชื้นในดิน ในกรณีที่มีฝนตกทั้งวัน

เวลา	ค่าที่ความชื้นในดิน (%)	การแจ้งเตือน
08.00 น.	89	-
08.10 น.	85	-
08.20 น.	86	-
08.30 น.	86	-
08.40 น.	85	-
08.50 น.	85	-
09.00 น.	82	-
09.10 น.	82	-
09.20 น.	75	-
09.30 น.	72	-
09.40 น.	64	-
09.50 น.	61	-
10.00 น.	54	-
10.10 น.	51	-
10.20 น.	51	-
10.30 น.	50	-
10.40 น.	48	-
10.50 น.	45	-
11.00 น.	41	-
11.10 น.	41	-
11.20 น.	43	-
11.30 น.	43	-
11.40 น.	42	-
11.50 น.	41	-
12.00 น.	40	-
12.10 น.	40	-
12.20 น.	39	-
12.30 น.	37	-
12.40 น.	40	-

เวลา	ค่าที่ความชื้นในดิน (%)	การแจ้งเตือน
12.50 น.	40	-
13.00 น.	35	-
13.10 น.	35	-
13.20 น.	34	-
13.30 น.	34	-
13.40 น.	33	-
13.50 น.	32	-
14.00 น.	32	-
14.10 น.	31	-
14.20 น.	32	-
14.30 น.	25	-
14.40 น.	26	-
14.50 น.	24	-
15.00 น.	22	-
15.10 น.	25	-
15.20 น.	29	-
15.30 น.	35	-
15.40 น.	39	-
15.50 น.	40	-
16.00 น.	37	-

วิจารณ์และสรุป

การประยุกต์ใช้อินเตอร์เน็ตออฟติงร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์ กรณีศึกษา : ระบบรดน้ำอัตโนมัติ มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาและเรียนรู้การทำงานแบบ IoT ร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์ โดยใช้ NodeMCU เป็นตัวควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติโดยขึ้นอยู่กับความชื้นที่วัดได้ และสามารถสั่งการ ปิด-เปิด การรดน้ำผ่านสมาร์โฟนได้โดยใช้แอปพลิเคชัน Blynk เป็นตัวควบคุมในฝั่งสมาร์โฟน จากการศึกษาศึกษาพบว่า ระบบรดน้ำสามารถทำงานแบบอัตโนมัติได้ตรงตามความชื้นที่ตั้งไว้ คือ ต่ำกว่า 20% ให้ทำการรดน้ำ จนกระทั่งความชื้นได้ถึง 30% แล้วจึงหยุด อย่างไรก็ตามในการทดลองยังพบอุปสรรคอยู่บ้างเล็กน้อย อย่างเช่นความชื้นที่วัดได้จากแปลงผัก ซึ่งขึ้นอยู่กับตำแหน่งและความลึกของเซ็นเซอร์ที่ปัก

ไวบนแปลงผัก และประเด็นเรื่องของการใช้พลังงานแสงอาทิตย์หากไม่มีแสงแดด อย่างเช่น ในช่วงกลางคืนหรือช่วงหน้าฝนที่ไม่มีแสงแดดติดต่อกัน 3 - 4 วัน ทำให้พลังงานที่เก็บไว้ในแบตเตอรี่หมด แต่อย่างไรก็ตามปัญหาเรื่องแสงอาทิตย์ทางคณะผู้จัดทำมีความเห็นว่าไม่ใช่ประเด็นใหญ่มากนักเนื่องจากช่วงเวลากลางคืนหรือช่วงหน้าฝนก็ไม่มีควมจำเป็นที่จะต้องรดน้ำอยู่แล้ว

เอกสารอ้างอิง

1. เจษฎา ขจรฤทธิ์, ปิยนุช ชัยพรแก้ว, หนึ่งฤทัย เอ็งฉ้วน. การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี Internet of Things ในการควบคุมระบบส่องสว่างสำหรับบ้านอัจฉริยะ. วารสารวิชาการและเทคโนโลยีสารสนเทศ ปีที่ 7, ฉบับที่ 1. ม.ค.-มิ.ย. 2560; 1-11.
2. สกฤต คำนวนชัย และ ชม กัมปาน, “อินเทอร์เน็ตออฟติงการรดน้ำในแปลงผักซีฟร้อมแจ้งเตือนผ่านไลน์แอปพลิเคชัน”,วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม : เทพสตรี I-TECH, ปีที่ 12, ฉบับที่ 1, หน้า 89-101 (2560)
3. อาทิตยา แน่นแน่น, เอกราช พรนราห์สติกุล, ณัฐกิตติ์ จินา และ สัณณมา พันธุ์แพง, “ระบบรดน้ำกระเทียมอัตโนมัติด้วยพลังงานแสงอาทิตย์และควบคุมผ่านสมาร์ตโฟน”, รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและนวัตกรรม (มหาวิทยาลัยแม่โจ้) ครั้งที่ 1, 28 กุมภาพันธ์ 2563, 774-781.
4. บล็อกของ PoundXI. NodeMCU คืออะไร [อินเทอร์เน็ต]. 2565 [เข้าถึงเมื่อ 11 พฤษภาคม 2565]. เข้าถึงได้จาก: <https://poundxi.com/nodemcu-คืออะไร>
5. ชชาติชาย โสบุญ, สรจาร์ วรณชัย, สุพัตรา สัมภาวะคุปต์, ณัฐพงษ์ ประพฤติ, สุรัช ฌสงขลา. การศึกษาเชิงเปรียบเทียบการเพิ่มประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์. การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 9, 8-10 พฤษภาคม 2556; 1092- 1097.
6. อุปกรณ์สำหรับโซล่าเซลล์ [อินเทอร์เน็ต]. 2565 [เข้าถึงเมื่อ 11 พฤษภาคม 2565]. เข้าถึงได้จาก:<https://www.solarhub.co.th/solar-information/solar-component/302-charge-controller>
7. Software | Arduino [อินเทอร์เน็ต]. 2565 [เข้าถึงเมื่อ 11 พฤษภาคม 2565]. เข้าถึงได้จาก: <https://www.arduino.cc/en/software>
8. Blynk Server By iot-cm.com [อินเทอร์เน็ต]. 2565 [เข้าถึงเมื่อ 11 พฤษภาคม 2565]. เข้าถึงได้จาก: <https://blynk.iot-cm.com/>