

ระบบควบคุมโซลาร์ตามตะวันแบบ DIY DIY Solar Tracking System Controllers

ยุทธนา สรวลสรณ์¹ และ วราวรรณ สรวลสรณ์²

¹ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร yutthna.s@rmutp.ac.th

² บริษัททรูคอร์ปอเรชั่น จำกัด nong@gmx.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการพัฒนาแบบโซลาร์ตามตะวันหลายรูปแบบ โดยใช้การสร้างชุดแผงโซลาร์เซลล์ที่มีขนาดแตกต่างกัน 3 ชุด ชุดควบคุมการขับเคลื่อนแผงโซลาร์เซลล์แบบอัตโนมัติ 4 ชุด ที่มีความที่แตกต่างกัน ชุดเซ็นเซอร์รับแสง 2 ชุด โดยการเลือกวัสดุนำมาใช้ประกอบวงจรจากการสุ่มค่าและการเลือกค่าที่ใกล้เคียงกัน และตัวขับเคลื่อนแผงโซลาร์เซลล์ที่สร้างเอง (DIY : Do It Yourself) ซึ่งใช้แรงเคลื่อนไฟฟ้า 5 โวลต์ ถูกนำมาใช้ในระบบโซลาร์ตามตะวันที่น่าสนใจเพื่อศึกษาการทำงานและนำไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์จริง ผลการศึกษาแสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการทำงานร่วมกันของระบบโซลาร์ตามตะวันที่น่าสนใจ รวมไปถึงผลการใช้พลังงานที่ค่าน้อยของตัวขับเคลื่อนที่สร้างเอง แต่อย่างไรก็ตามยังพบว่าในบางชุดควบคุมมีเสถียรภาพไม่ดีพอที่สภาวะอุณหภูมิสูง

คำสำคัญ: โซลาร์ตามตะวัน ตัวขับเคลื่อนแบบ DIY

Abstract

This research presents the development of multi-forms solar tracking system by using three different sizes of solar panel. Four different sets of automatic solar panel drive controllers, two different sets of light sensors by selecting materials to assemble the circuit from random values and selecting the values that are close to the other, and DIY (Do It Yourself) actuator which uses a voltage of 5 volts were used in the proposed solar tracking system in order to studying the workflow and applied to actual situation. The results of the study demonstrated the interoperability potential of the proposed solar tracking system. Including the low energy consumption effect of self-made drives. However, it was also found that some control units had poor stability at high temperature conditions. **Keywords:** Solar tracking, DIY actuator

1. บทนำ

ทุกวันนี้การขาดแคลนพลังงานเป็นปัญหาที่โลกต้องเผชิญ และมลพิษจากกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงฟอสซิล ถ่านหินและก๊าซธรรมชาติ ได้มีการวิจัยและสำรวจเพื่อค้นหาแหล่งพลังงานทางเลือก แหล่งพลังงานทดแทน ได้แก่ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานนิวเคลียร์ และพลังงานลม พลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานทดแทนที่มีประสิทธิภาพแหล่งหนึ่งจากอีกหลายแหล่งพลังงานทดแทนอื่น ที่

มนุษยชาติสามารถนำมาใช้ได้ถาวรและยังคงไม่มีวันหมดสิ้น เป็นแหล่งพลังงานที่สะอาดซึ่งสามารถก่อให้เกิดมลพิษต่อสภาพอากาศได้น้อยที่สุด การใช้งานจากพลังงานแสงอาทิตย์นี้ สามารถนำมาใช้ในลักษณะของการผลิตพลังงานไฟฟ้าอีกทั้งนำไปใช้ในรูปแบบของพลังงานความร้อน การผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงนี้ ถูกผลิตครั้งแรกในปี ค.ศ. 1883 โดยชาร์ลส ฟรีตส์ (Charles Fritts) [1] โดยอาศัยวิธีการที่เรียกว่า โฟโวลตาอิก (Photovoltaic หรือ Solar Photovoltaic) คือการแปลงพลังงานแสงอาทิตย์ไปสู่พลังงานไฟฟ้าโดยตรง โดยใช้อุปกรณ์ที่มีชื่อว่า แผงเซลล์แสงอาทิตย์หรือแผงโซลาร์เซลล์ (Solar Cell) โดยไม่พึ่งสารตกค้างใด ๆ ที่สามารถก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมได้ จึงเชื่อกันว่าเป็นแหล่งพลังงานที่มนุษย์สามารถใช้งานได้ เพื่อนำมาแทนที่การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากถ่านหินและก๊าซธรรมชาติ ในหลายพื้นที่ที่การให้บริการด้านไฟฟ้ายังเข้าไม่ถึง ไม่ว่าจะเป็นบนภูเขา หรือพื้นที่ชนบท ดังนั้นแผงเซลล์แสงอาทิตย์จึงมีความจำเป็นในพื้นที่ห่างไกลจากระบบสายส่งกำลังไฟฟ้า

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พลังงานแสงอาทิตย์ที่นำมาใช้ให้เกิดประสิทธิภาพนั้น จำเป็นต้องอาศัยเครื่องมือ อุปกรณ์ และวิธีการต่าง ๆ เพื่อให้เป็นประโยชน์สูงสุด

2.1 แผงโซลาร์เซลล์

การทำงานของโซลาร์เซลล์เป็นขบวนการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นกระแสไฟฟ้าโดยตรง [2] โดยเมื่อมีแสงซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและมีพลังงาน ตกกระทบกับสารกึ่งตัวนำจะเกิดการถ่ายเทพลังงานระหว่างกัน พลังงานจากแสงจะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้า ขึ้นในสารกึ่งตัวนำจึงสามารถต่อกระแสไฟฟ้าดังกล่าวไปใช้งาน

2.2 การขับเคลื่อนแผงโซลาร์เซลล์

เพื่อให้การรับแสงจากดวงอาทิตย์ได้ตลอดเวลา จำเป็นต้องมีการขับเคลื่อนแผงโซลาร์เซลล์ไปตามแสงของดวงอาทิตย์เรียกว่า โซลาร์ตามตะวัน (Solar Tracking) [3] โดยมีการปรับหมุน 2 แบบ คือ แบบ 1 แกน เพื่อปรับทิศทางของแผงโซลาร์เซลล์ตามทิศตะวันออกและตะวันตก เป็นการปรับทิศทางตามวัน ส่วนอีกแบบเป็นแบบ 2 แกน ที่เพิ่มการปรับทิศทางของแผงโซลาร์เซลล์ในทิศเหนือและทิศใต้เป็นการปรับทิศทางตามฤดูกาล

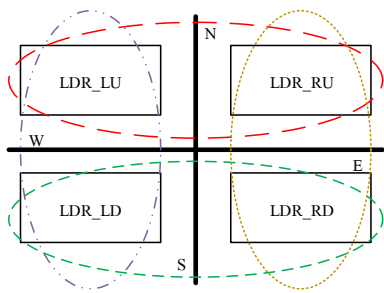
2.2.1 การปรับหมุนแบบ 2 แกน

ในการปรับหมุนแกนของแผงโซลาร์เซลล์ แบบ 2 แกนนั้นจะทำให้

ได้ประสิทธิภาพสูงกว่าแบบ 1 แกน เนื่องจากแผงโซลาร์เซลล์จะตั้งฉากกับแสงที่ลงมากกระทบกับพื้นผิวหน้าของแผง โดยเทคนิคในการปรับแกนมี 2 รูปแบบ แบบที่ 1 ใช้ตัวขับเคลื่อนแบบเชิงเส้น (Linear Actuator) 2 ชุด เพื่อใช้ในการปรับตามทิศตะวันออกและทิศตะวันตกสำหรับ 1 ชุด และอีกชุดเพื่อใช้ในการปรับตามทิศเหนือและทิศใต้ ส่วนแบบที่ 2 ใช้ตัวขับเคลื่อนแบบเชิงเส้น 1 ชุด เพื่อปรับมุมก้มเงยและใช้ตัวขับเคลื่อนแบบหมุน (Rotary Actuator) เพื่อปรับหมุนฐาน

2.3 การตรวจวัดแสง

ในการตรวจวัดแสงนั้นใช้ LDR (Light Dependent Resistor) จำนวน 4 ตัว ทำหน้าที่เป็นเซ็นเซอร์แสงเพื่อใช้ในการกำหนดตำแหน่งของแผงโซลาร์เซลล์ โดยทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของการรับแสงจาก LDR แต่ละตัว จากรูปที่ 1 กำหนดให้ LDR_LU และ LDR_RU อยู่ด้านทางทิศเหนือ ให้ LDR_LD และ LDR_RD อยู่ด้านทางทิศใต้ ให้ LDR_LU และ LDR_LD อยู่ด้านทางทิศตะวันตก ให้ LDR_RU และ LDR_RD อยู่ด้านทางทิศตะวันออก ตัวอย่างเช่น หากมีความแตกต่างของแสงระหว่างกลุ่มทางด้านขวา (LDR_RU และ LDR_RD) โดยมีความสว่างมากกว่ากลุ่มทางด้านซ้าย (LDR_LU และ LDR_LD) ก็จะสั่งให้มีการขับเคลื่อนให้แผงโซลาร์เซลล์หันไปทางขวาตามแสงที่มีค่ามากเพื่อให้ LDR ทุกตัวรับแสงได้เท่ากัน



รูปที่ 1 การกำหนดตำแหน่ง LDR

บทความวิจัยและวารสารมากมายที่ได้ศึกษาและนำเสนอถึงพลังงานจากแสงอาทิตย์เพื่อมาใช้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีการพัฒนาไม่ว่าจะเป็นกระบวนการหรือเครื่องมือเพื่อยกระดับให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

สมภพ ผดุงพันธ์ [4] นำเสนอเครื่องขับเคลื่อนแผงโซลาร์เซลล์ตามแสงอาทิตย์อัตโนมัติ วิธีการที่ใช้คือการขับเคลื่อนแบบ 2 แกน และมีชุดควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ใช้เบอร์ PIC16F877 ของบริษัท Microchip ทำการเปรียบเทียบกับแบบคงที่ ซึ่งได้ผลความแตกต่างที่ดีกว่าของค่าเฉลี่ยแรงดัน 13 %

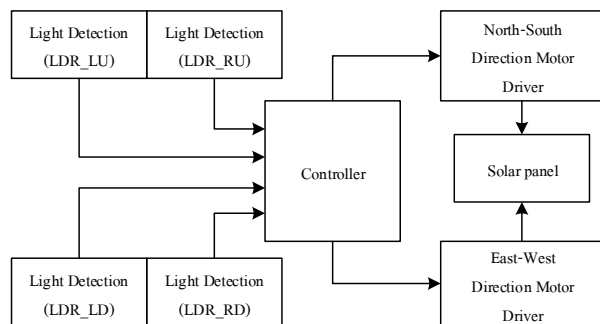
V. Mohanapriya [5] เสนองานวิจัยเรื่อง Implementation of Dual Axis Solar Tracking System ใช้การขับเคลื่อนแบบ 2 แกน และมีชุดควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino และเซ็นเซอร์รับแสงด้วย LDR 4 ตัว ทำการเปรียบเทียบแบบคงที่กับการหมุนแกนเดียว ซึ่งผลการ

ทดสอบด้านพลังงานที่ดีกว่า 6-7 % และเปรียบเทียบแบบคงที่กับการหมุน 2 แกน ซึ่งผลการทดสอบด้านพลังงานที่ดีกว่า 30-40 %

งานปริญญานิพนธ์ของ Bruce Helsen [6] ในปี ค.ศ. 2016 เรื่อง Solar Tracker Control Software ใช้การขับเคลื่อนแบบ 2 แกน และมีชุดควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino MEGA 2560 และเซ็นเซอร์รับแสงด้วย LDR 4 ตัว โดยผลการดำเนินงานนั้นได้ส่งข้อมูลพลังงานเข้าสู่ระบบคลาวด์คอมพิวเตอร์ (Cloud Computing System)

3. การดำเนินงาน

โครงสร้างระบบควบคุมโซลาร์ตามตะวันแบบ DIY ดังแสดงในรูปที่ 2 โดยทำการอ่านค่าแสงจาก LDR ทั้ง 4 ตัวแล้วส่งให้ ADC (Analog to Digital Converter) ที่ชุด Controller เพื่อทำการเปรียบเทียบค่า และสั่งการขับเคลื่อนทิศทางของแผงโซลาร์เซลล์ในลักษณะทิศเหนือ-ทิศใต้ หรือ/และ ทิศตะวันออก-ทิศตะวันตก



รูปที่ 2 โครงสร้างระบบควบคุมโซลาร์ตามตะวันแบบ DIY

ในขั้นตอนการดำเนินงานได้ออกแบบและสร้างชุดโซลาร์หมุนตามตะวันโดยการสร้างชุดแผงโซลาร์เซลล์จำนวน 3 ชุด เพื่อนำมาใช้ในการทดสอบการขับเคลื่อน โดยมีขนาดและน้ำหนักดังนี้ ชุดที่ 1 ในรูปที่ 3(ก) ขนาด 10 วัตต์ มีน้ำหนัก 1.2 กิโลกรัม ชุดที่ 2 ในรูปที่ 3(ข) ขนาด 20 วัตต์ มีน้ำหนัก 2.1 กิโลกรัม และชุดที่ 3 ในรูปที่ 3(ค) ขนาด 30 วัตต์ มีน้ำหนัก 3.2 กิโลกรัม ส่วนในรูปที่ 3(ง) แสดงให้เห็นด้านข้างของชุดที่ 1 ที่ได้สร้างและทดสอบความสามารถในการขับเคลื่อนแผงโซลาร์เซลล์ จากการทดลองสร้างตัวขับเคลื่อน (Actuator) เองเป็นการทำ DIY (Do it Yourself) ของตัวขับเคลื่อนในชุดแผงโซลาร์เซลล์สำหรับชุดที่ 1 และชุดที่ 2 เท่านั้น ส่วนในชุดที่ 3 ใช้ตัวขับเคลื่อนจากโรงงาน



(ก) ชุดที่ 1



(ข) ชุดที่ 2

รูปที่ 3 แผงโซลาร์เซลล์หมุนตามตะวันชุดต่าง ๆ



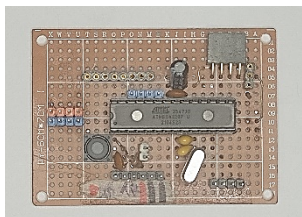
(ก) ชุดที่ 3



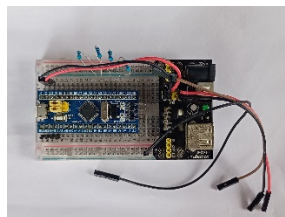
(ง) ด้านข้างของชุดที่ 1

รูปที่ 3 แผงโซลาร์เซลล์หมุนตามตะวันชุดต่าง ๆ (ต่อ)

ขั้นตอนในการออกแบบและสร้างชุดควบคุมการขับเคลื่อนแผงโซลาร์เซลล์แบบอัตโนมัติจำนวน 4 ชุด ในรูปที่ 4(ก) คือชุดควบคุมชนิด Arduino Uno DIY ในรูปที่ 4(ข) เป็นชุดควบคุมที่ใช้บอร์ด STM32 ซึ่งทั้ง 2 ชุดนั้นมีอินเทอร์เฟซของ I/O มาพร้อมอยู่แล้ว ในรูปที่ 4(ค) เป็นชุดควบคุมที่นำเอาบอร์ด ESP8266 มาใช้ซึ่งมีอินเทอร์เฟซของอินพุตไม่เพียงพอต่อการรับค่าสัญญาณจากเซ็นเซอร์รับแสงจึงจำเป็นต้องต่ออุปกรณ์รับค่าสัญญาณเพิ่ม ส่วนในรูปที่ 4(ง) บอร์ด ATtiny85 ที่ไม่มีอินเทอร์เฟซ I/O มาพร้อมดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องต่อพ่วงกับบอร์ด I/O เพิ่มเพื่อให้สามารถรับสัญญาณได้



(ก)



(ข)



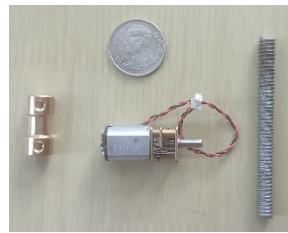
(ค)



(ง)

รูปที่ 4 ชุดควบคุมการเคลื่อนที่ของแผงโซลาร์เซลล์

การออกแบบและประกอบตัวขับเคลื่อนแผงโซลาร์เซลล์ โดยใช้มอเตอร์ที่มีขนาดเล็กสามารถใช้แรงเคลื่อนไฟฟ้าขนาด 5 โวลต์ เพื่อเป็นแหล่งจ่ายพลังงานให้กับมอเตอร์ได้ แสดงในรูปที่ 5(ก) ชุดประกอบเป็นตัวขับเคลื่อนแผงโซลาร์เซลล์แบบเชิงเส้น (Linear Actuator) ดังแสดงในรูปที่ 5(ข)



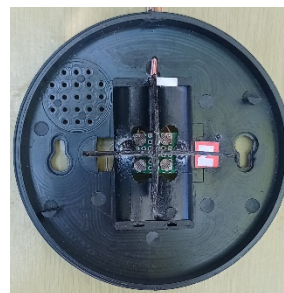
(ก)



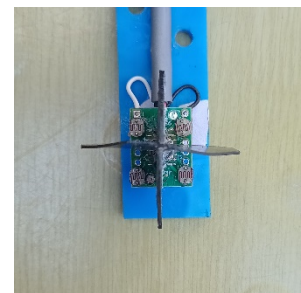
(ข)

รูปที่ 5 ตัวขับเคลื่อนแผงโซลาร์เซลล์แบบ DIY

การออกแบบการใช้ LDR จำนวน 4 ตัว เพื่อประกอบเป็นชุดเซ็นเซอร์รับแสงโดยการคัดเลือกค่าความต้านทานของ LDR ที่มีค่าใกล้เคียงกันมากที่สุดแสดงในรูปที่ 6(ก) และอีกชุดทำการเลือกที่มีค่าความต้านทานแตกต่างกันแบบสุ่มจากรุ่นเดียวกัน แสดงในรูปที่ 6(ข)



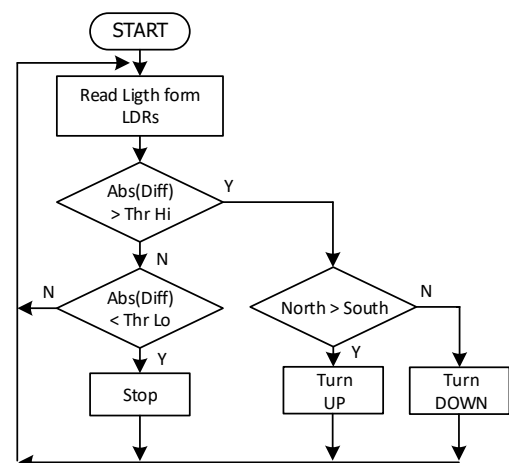
(ก) ชุด LDR ที่เลือกแบบค่าใกล้เคียง



(ข) ชุด LDR ที่เลือกแบบสุ่ม

รูปที่ 6 ชุดเซ็นเซอร์รับแสง

การเปรียบเทียบการรับค่าแสงของ LDR ทั้ง 4 ตัว ที่ส่งผลการรับค่าไปยังภาค ADC ใน Controller ที่มีค่าระดับขนาด 1024 โดยตั้งค่าเทรชโฮลด์ (Threshold) ทางด้านค่าบนและค่าล่างเอาไว้ เมื่อค่าของ LDR จากรูปที่ 1 โดยนำค่าเฉลี่ยของ LDR_LU กับ LDR_RU เปรียบเทียบกับ LDR_LD กับ LDR_RD ถ้าค่าที่มีความแตกต่างกันมากกว่าค่าเทรชโฮลด์ค่าบน ก็จะทำการเปรียบเทียบกันระหว่างการหมุนไปทางทิศเหนือหรือทิศใต้ครั้งดังแสดงในรูปที่ 7 ซึ่งในการหมุนทางทิศตะวันออก-ทิศตะวันตกก็ใช้หลักการเดียวกัน



รูปที่ 7 การเปรียบเทียบค่าของชุดเซ็นเซอร์รับแสง

4. อภิปราย

การทดสอบการขับเคลื่อนแผงโซลาร์เซลล์ในชุดต่าง ๆ โดยการนำเอาชุดควบคุมการขับเคลื่อนแต่ละชุด ไปขับเคลื่อนแผงโซลาร์เซลล์ เริ่มจากการนำเอาแผงโซลาร์เซลล์ชุดที่ 1 แสดงในรูปที่ 3(ก) ซึ่งใช้ตัวขับเคลื่อนที่สร้างขึ้นเองโดยใช้แรงเคลื่อนไฟฟ้า 5 โวลต์ มาเชื่อมต่อกับชุดควบคุมชุดที่ 1 แสดงในรูปที่ 4(ก) พร้อมกับชุดเซ็นเซอร์รับแสงแสดงในรูปที่ 6(ก) และได้ทำการปรับค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ จากการทดสอบพบว่าแผงโซลาร์เซลล์สามารถหมุนไปตามแสงของดวงอาทิตย์เป็นมุมตั้งฉากได้ตลอด หลังจากนั้นได้เปลี่ยนชุดควบคุมเป็นชุดที่ 2 แสดงในรูปที่ 4(ข) และได้ทำการปรับค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ เพื่อให้ได้ผลเหมือนกันกับการทดสอบก่อนหน้านี้ โดยการทดสอบขั้นตอนการทดสอบก็ยังคงทดสอบกับแผงโซลาร์เซลล์เป็นชุดที่ 3 แสดงในรูปที่ 3(ค) ซึ่งใช้ตัวขับเคลื่อนที่มาจากโรงงานที่มีแรงเคลื่อนไฟฟ้าขนาด 12 โวลต์ เป็นแหล่งจ่าย เพื่อเปรียบเทียบการใช้พลังงานของการหมุนตามแสงอาทิตย์ได้ ดังแสดงในตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่าชุดที่ 1 และ ชุดที่ 2 ที่ใช้ตัวขับเคลื่อนที่สร้างขึ้นเองนั้นใช้แรงเคลื่อนไฟฟ้า และกระแสต่ำกว่าชุดที่ 3 ที่ใช้ตัวขับเคลื่อนจากโรงงาน

ตารางที่ 1 ผลการใช้พลังงานของชุดแผงโซลาร์ต่าง ๆ

ชุดแผงโซลาร์เซลล์	สำหรับตัวขับเคลื่อน	
	แรงเคลื่อนไฟฟ้า	กระแสไฟฟ้า
ชุดที่ 1	5 โวลต์	60 mA
ชุดที่ 2	5 โวลต์	60 mA
ชุดที่ 3	12 โวลต์	700 mA

โดยผลการเปรียบเทียบค่า LDR จากชุดเซ็นเซอร์รับแสงที่ส่งค่าไปยังภาค ADC ใน Controller มีค่าขนาด 1024 ระดับ จากการทดลองในขั้นตอนแรกได้แสดงในรูปที่ 8

InterruptCounter 0	count 0.00	ลม 0.00 km/h	WindMaxlimit: 9
O-ทำงาน	LDR AVERAGE_ALL = 956		
LdrA0 944	LdrA1 961	LdrA2 973	LdrA3 948
East_West	0	1447 1418	1 0
North_South Stop motor 1	1	1424 1434	0 1

รูปที่ 8 การเปรียบเทียบค่าของชุดเซ็นเซอร์รับแสง

ขั้นตอนสุดท้ายได้ทดสอบในการใช้ชุดเซ็นเซอร์รับแสงดังแสดงในรูปที่ 6(ข) ซึ่งเป็นชุดที่มีการเลือกใช้ LDR แบบสุ่มโดยค่าของ LDR นั้นมีค่าแตกต่างกัน ผลปรากฏว่าเมื่อแสงจากดวงอาทิตย์มีแสงที่ลดลงทำให้การหมุนของแผงโซลาร์เซลล์นั้นเคลื่อนไปมากตามการตรวจจับแสงที่เกิดจากการใช้ LDR ที่มีค่าแตกต่างกันนั่นเอง แทนที่จะหยุดนิ่ง

5. สรุป

จากการทดสอบของระบบโซลาร์ตามตะวันแบบ DIY โดยดำเนินการในหลายรูปแบบที่ได้นำเสนอในข้างต้น โดยการเปรียบเทียบกันของรูปแบบทั้งหมด พบว่าสามารถทำงานได้ใกล้เคียงกันในทุกรูปแบบของการทดสอบการตามตะวัน ไม่ว่าจะเป็นชุดขับเคลื่อนที่สร้างเองที่อาศัยแรงเคลื่อนไฟฟ้าเพียง 5 โวลต์ ซึ่งสามารถใช้พลังงานที่ต่ำในการขับเคลื่อนแผงโซลาร์เซลล์ แต่ผลการทดสอบระยะยาวปรากฏว่ามีบางชุดควบคุมการขับเคลื่อนแผงโซลาร์เซลล์ไม่สามารถทนต่ออุณหภูมิที่สูง ได้แก่ ชุดควบคุม ESP8266 และ ชุดควบคุม ATtiny85 ในอนาคตจะได้ทำการทดสอบการวัดแรงลมเพื่อสั่งให้แผงโซลาร์เซลล์นั้นหมุนไปอยู่ท่าระนาบกับพื้นซึ่งเป็นท่าจอด เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดกับแผงโซลาร์เซลล์ในกรณีที่เกิดพายุหรือลมกระโชกอย่างรุนแรง

เอกสารอ้างอิง

- [1] “พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานสะอาด พลังงานทางเลือก,” <https://www.tpe-trading.com/solar-energy/> [สืบค้นเมื่อ มิถุนายน 2564]
- [2] “การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์,” <http://webkc.dede.go.th/testmax/node/4535> [สืบค้นเมื่อ มิถุนายน 2564]
- [3] G. Prinsloo, R. Dobson, “Solar Tracking,” ISBN 978-0-620-61576-1, pp 1-542., 2015
- [4] สมภพ ผดุงพันธ์, “เครื่องขับเคลื่อนแผงโซลาร์เซลล์ตามแสงอาทิตย์อัตโนมัติ,” วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์., ปีที่ 7 ฉบับที่ 1. 2558
- [5] V. Mohanapriya, V. Manimegalai, V. Praveenkumar and P. Sakthivel “Implementation of Dual Axis Solar Tracking System,” IOP Conference Series Materials Science and Engineering 1084(1):012073, March 2021.
- [6] B. Helsen, “Solar Tracker Control Software,” <https://www.instructables.com/Dual-Axis-300W-IOT-Solar-Tracker/> [สืบค้นเมื่อ กุมภาพันธ์ 2564]



นายยุทธนา สรวลสรณ์ สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร งานวิจัยด้านเครือข่ายคอมพิวเตอร์ และมีความสนใจด้านพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก



นายวราวรรณ สรวลสรณ์ บริษัททรูคอร์ปอเรชั่น จำกัด งานวิจัยด้านเทคโนโลยีโทรคมนาคม ระบบควบคุม ด้านพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก