

การประจุแบตเตอรี่ด้วยการติดตามดวงอาทิตย์แบบ 2 แกนแบบอัตโนมัติ

ปรีชา หมาไม้^{1*} นำพร ปัญญาใหญ่² และ ภาสวรรณ วัชรดำรงศักดิ์³

บทคัดย่อ

แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้งานติดตั้งอยู่กับที่หรือแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีการติดตามดวงอาทิตย์แบบหนึ่งแกนในแนวอัลติจูดอาจไม่สามารถจับเก็บพลังงานได้เต็มที่และประสบปัญหาช่วงการเปลี่ยนฤดูกาลซึ่งดวงอาทิตย์มีการเปลี่ยนวงโคจรแนวอะซิมูทงานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอระบบเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีการเคลื่อนที่ตามตำแหน่งดวงอาทิตย์ครอบคลุมทั้งแนวอัลติจูดและแนวอะซิมูท โดยวิธีการตรวจวัดค่าความเข้มของแสงจากเซ็นเซอร์แบบตัวต้านทานแปรค่าตามแสง (LDR) วางจำนวน 4 จุดที่ขอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้ง 4 ด้านตรงจุดกึ่งกลาง โดยวางลักษณะตรงข้ามกันเพื่อเปรียบเทียบค่าความเข้มแสงติดตั้งในท่อยางสีดำซึ่งสามารถติดตามดวงอาทิตย์ในลักษณะเป็นช่วงได้ โดยช่วงของการติดตามสามารถกำหนดได้จากความถี่ของการติดตั้งตัวต้านทานแปรค่าตามแสงในท่อยางสีดำ ค่าความเข้มแสงที่ได้จะถูกป้อนให้กับชุดควบคุม ที่ใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ PIC16F877-20P เพื่อทำการประมวลผลสัญญาณผ่านชุดควบคุมสั่งให้มอเตอร์กระแสตรงทำงานหมุนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้ง 2 แนวแกน ไปยังจุดที่มีความเข้มแสงสูงสุด โดยทดสอบหาผลตอบสนองทางเวลาของการเคลื่อน พบว่ามีการตอบสนองทางเวลาเฉลี่ยอยู่ที่ 11.7 องศา ต่อวินาที การทดสอบระบบการประจุที่มีการติดตามดวงอาทิตย์โดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 12 โวลต์กำลังไฟฟ้าสูงสุด 120 วัตต์กับแบตเตอรี่ประจุพลังงานแรงดัน 12 โวลต์ 120 แอมแปร์- ชั่วโมง พบว่าเซลล์แสงอาทิตย์แบบที่มีตัวจับการเคลื่อนที่สองแกน สามารถเก็บพลังงานได้มากกว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งอยู่กับที่ 21.27 วัตต์ คิดเป็นร้อยละ 17.72

คำสำคัญ: การติดตามดวงอาทิตย์แบบ 2 แกน, การประจุแบตเตอรี่

(การประชุมวิชาการ การวิจัยภาคปฏิบัติและการพัฒนา ครั้งที่ 1 เชียงใหม่)

¹ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ดาก

² คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยแม่โจ้

³ สถาบันวิจัยและพัฒนา, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

* ผู้ติดต่อ, อีเมล: nung_honda@hotmail.com รับเมื่อ 1 สิงหาคม 2554 ตอบรับเมื่อ 7 ธันวาคม 2554

Battery charging by an automatic dual-axis solar tracking system

Preecha Mahamai^{1,*}, Numpon Panyoyai² and Passawat Watcharadumrongsak³

Abstract

Solar panels with fixed installation or single-axis solar trackers which can track only the sun altitude may not be able to store the energy efficiently, especially when the sun azimuth angle changes from season to season. The aim of this research is to design an azimuth-altitude dual axis tracker. The light intensity of the sun is measured by 4 light dependent resistors (LDR), mounted on each edge of the solar panel at the centre position. The tracking range can be set up from the depths of the variable resistors which are installed in black, rubber tubes. The measured light intensity is sent to the microcontroller PIC16F877-20P for controlling the DC motors and rotating the solar panel to the point where the maximum light intensity is. From the experimental results, it was found that the average response time of the tracker was 11.7 degrees per second. By using a 12-volt, 120-watt solar panel with a 12-volt, 120 ampere-hour battery, it was found that the energy stored by the developed solar tracker increased by 21.27 watts, or equivalently to 17.72 percent, in comparison to a solar panel with fixed installation.

Keywords: Dual-axis solar tracking system, Battery charging, Light dependent resistors

(selected from 1st Symposium on Hands-on Research and Development, Chiang Mai)

¹ Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna.

² Faculty of Engineering and Agro-Industry, Maejo University.

³ Research Institute Rajamangala University of Technology Lanna.

* Corresponding author, E-mail: nung_honda@hotmail.com Received 1 August 2011; Accepted 7 December 20

1. บทนำ

เทคนิคและวิธีการสร้างระบบติดตามดวงอาทิตย์ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถเคลื่อนที่ตามตำแหน่งดวงอาทิตย์และสามารถจัดเก็บพลังงานได้อย่างเต็มที่มีประสิทธิภาพ พัฒนามาอย่างต่อเนื่อง โดยสามารถจำแนกตามวิธีการที่ใช้ในการติดตาม ได้อยู่ 4 ลักษณะ [1] คือ ระบบติดตามดวงอาทิตย์แบบเชิงกลหรือถ่วงน้ำหนักวิธีการควบคุมลักษณะนี้จะอาศัยการเปลี่ยนแปลงของของเหลวในท่อที่ยึดติดกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทำงานร่วมกับตัวตรวจวัดความเข้มแสงเมื่อความเข้มแสงเปลี่ยนไปบีบจะทำการสูบของเหลวออกและปล่อยของเหลวเข้าตามค่าของความเข้มแสงน้ำหนักของของเหลวที่ถ่ายเทไปมาจะทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์เคลื่อนที่ไปในแนวอติจตุตคเปรียบเสมือนกับเคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์ ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในการเคลื่อนที่ และการบำรุงรักษาน้อย เมื่อเทียบกับระบบอื่นแต่ระบบ มีความแม่นยำค่อนข้างต่ำ [2] แบบที่สองระบบติดตามดวงอาทิตย์ควบคุมด้วยวงจรอนาล็อกเป็นแบบควบคุมการติดตามด้วยอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ที่เป็นอนาล็อกในการควบคุมการทำงานร่วมกับอุปกรณ์ตรวจวัดระดับความเข้มแสง เช่น โฟโอดีไดโอด โฟโอดีทรานซิสเตอร์หรือ ตัวต้านทานแปรค่าตามแสง โดยจะรับค่าแรงดันจากอุปกรณ์ตรวจวัดระดับความเข้มแสงมาเข้าสู่เปรียบเทียบแรงดัน โดยใช้ออปแอมป์อาศัยการเปลี่ยนสถานะทางคานเอาต์พุตที่ได้ไปควบคุมการเคลื่อนที่ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ การติดตามตำแหน่งดวงอาทิตย์ลักษณะนี้ไม่มีความซับซ้อนของวงจรควบคุมและสามารถปรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้ได้ตั้งฉากกับแสงที่มากกระทบ แต่ อุปกรณ์ตรวจวัดแสงมีความไวต่อแสงมากทำให้ระบบติดตามดวงอาทิตย์ทำงานตลอดเวลา แม้ว่าความแตกต่างระดับความเข้มแสงเพียงเล็กน้อย ทำให้หน้าสัมผัสสรีเลย์เกิดการอาร์ค [3-6] แบบที่สามระบบติดตามดวงอาทิตย์ควบคุมด้วยวงจรดิจิทัลเป็นระบบที่ทำงานร่วมกับตัวตรวจวัดระดับความเข้มของแสงระบบจะถูกออกแบบให้สัญญาณจากตัวตรวจวัดความเข้มแสงมีลักษณะเป็นดิจิทัลป้อนให้ระบบควบคุมที่เป็นวงจรดิจิทัลโดยตรงอาศัยการเปลี่ยนสถานะคานเอาต์พุตไปควบคุมการเคลื่อนที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์

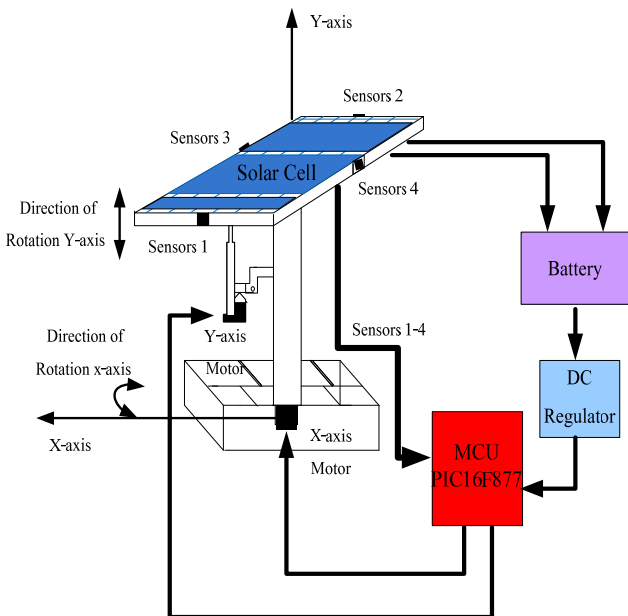
ระบบควบคุมลักษณะนี้มีความแม่นยำสูง ใช้วงจรดิจิทัลพื้นฐานทำให้สามารถสร้างวงจรได้ง่าย แต่การควบคุมลักษณะนี้จะเกิดการผิดพลาดได้ง่าย ในกรณีที่แสงมีความเข้มไม่มากพอที่จะทำให้สภาวะของลอจิกเกิดการเปลี่ยนแปลง [7] และสิ่งสำคัญถ้าจะปรับปรุงระบบให้ดีขึ้นจะต้องออกแบบวงจรควบคุมใหม่ แบบที่สี่ ระบบติดตามดวงอาทิตย์แบบควบคุมด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ทำงานร่วมกับอุปกรณ์ตรวจวัดความเข้มแสงซึ่งจะมีทั้งการควบคุมแบบแกนเดียวและแบบสองแกนการควบคุมลักษณะนี้คือเปลี่ยนค่าความเข้มแสงในรูปสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัลด้วยไมโครโปรเซสเซอร์แล้วทำการประมวลผลตามฟังก์ชันที่เขียนไว้หากมีความแตกต่างของความเข้มแสงจากตัวตรวจวัดแสงก็จะสั่งการให้ชุดควบคุมเคลื่อนที่ตามตำแหน่งดวงอาทิตย์ข้อดีของการควบคุมลักษณะนี้คือมีความเที่ยงตรงสูงและการปรับปรุงแก้ไขทำได้ง่ายแต่มีข้อเสียกรณีการควบคุมแบบสองแกนคือการวางตัวตรวจวัดความเข้มแสงใกล้กันทำให้เกิดปัญหาความแตกต่างความเข้มแสง [8,9]

งานวิจัยนี้จึงได้เสนอการสร้างระบบติดตามดวงอาทิตย์ที่ใช้ตัวตรวจวัดความเข้มแสงทำงานร่วมกับไมโครโปรเซสเซอร์โดยใช้เทคนิควิธีการวางตัวตรวจวัดความเข้มแสงไว้ตรงขอบกึ่งกลางของแผงเซลล์จำนวน 4 จุด ทั้ง 4 ด้านซึ่งจะลดปัญหาความแตกต่างของความเข้มแสงกรณีวางตัวตรวจวัดความเข้มแสงใกล้กัน โดยการเปรียบเทียบแสงจะใช้การเปรียบเทียบกับตัวที่อยู่ตรงกันข้ามเพื่อควบคุมการเคลื่อนที่ของแต่ละแนวแกนทั้งแนวอติจตุตค(x-axis) และแนวอะซิมุท(y-axis) ข้อได้เปรียบของระบบติดตามดวงอาทิตย์ลักษณะนี้คือเมื่อความเข้มแสงจากเซ็นเซอร์แต่ละคู่มีค่าใกล้เคียงกันแต่ไม่เกินค่าอ้างอิงที่กำหนดไว้ภายในโปรแกรมระบบจะไม่ทำงานเพื่อป้องกันรีเลย์ทำงานตลอดเวลา ป้องกันการอาร์คของหน้าสัมผัสและเป็นการนำเทคโนโลยีระบบควบคุมขนาดเล็ก ไปใช้งานจริงสำหรับการควบคุมภาคสนาม

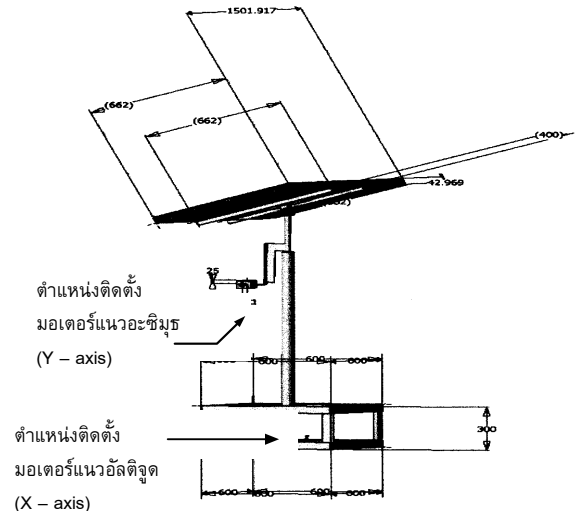
2. วิธีการวิจัย

2.1 หลักการควบคุมและโครงสร้างระบบติดตามดวงอาทิตย์

ระบบติดตามดวงอาทิตย์ที่สร้างขึ้นอาศัยหลักการตามรังสีตรงของแสงอาทิตย์ที่มากกระทบ โดยตัวตรวจจับความเข้มแสงจะถูกติดตั้งอยู่ที่ขอบของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ตรงจุดกึ่งกลางทั้ง 4 ด้าน อุปกรณ์ตรวจจับความเข้มแสงสร้างจากตัวต้านทานแปรค่าตามแสงติดตั้งอยู่ในท่อสี่ค่าความเข้มแสงที่ได้ซึ่งเป็นสัญญาณอนาล็อกจะถูกเปลี่ยนเป็นสัญญาณดิจิทัลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์แล้วทำการประมวลผลตามผังงานในรูปของโปรแกรมที่บรรจุไว้ในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ หากมีความแตกต่างของความเข้มแสงไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณออกทางด้านเอาต์พุตเพื่อควบคุมมอเตอร์กระแสตรงเพื่อทำการขับเคลื่อนชุดติดตามตำแหน่งดวงอาทิตย์ทั้งในแนวแกน x และแนวแกน y แสดงดังรูปที่ 1 การออกแบบระบบติดตามดวงอาทิตย์จะแยกเป็น 3 ส่วนคือ ส่วนตรวจจับความเข้มของแสงอาทิตย์ ส่วนรองรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และ ส่วนขับเคลื่อนชุดติดตามตำแหน่งดวงอาทิตย์แสดงดังรูปที่ 2



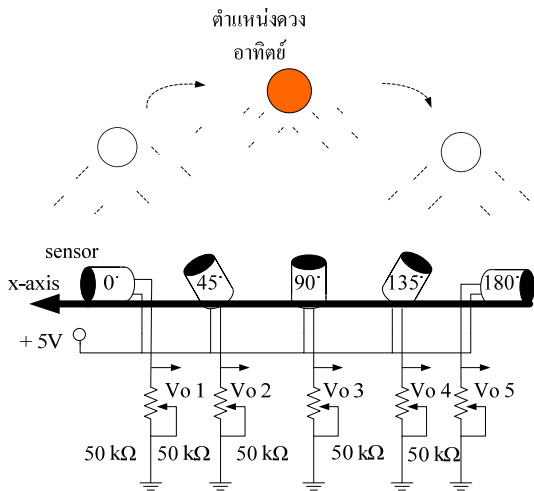
รูปที่ 1 ระบบติดตามดวงอาทิตย์ที่นำเสนอ



รูปที่ 2 โครงสร้างของส่วนรองรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์

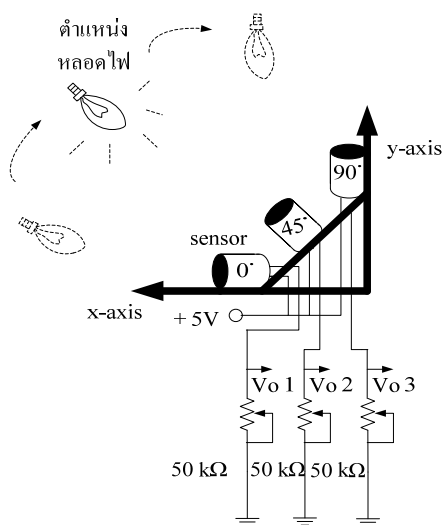
2.2 อุปกรณ์ตรวจจับความเข้มแสงอาทิตย์

งานวิจัยนี้เลือกใช้ตัวต้านทานแปรค่าตามแสงเป็นอุปกรณ์ตรวจจับความเข้มแสงเนื่องจากใช้งานง่ายและราคาถูกโดยติดตั้งอยู่ในท่อสี่ค่าลึกลึก 10 มิลลิเมตรเพื่อให้เกิดการบังเงาของแสงโดยความลึกของการติดตั้งจะเป็นตัวกำหนดความไวในการตรวจจับความเข้มของแสงอาทิตย์ โดยมีหลักการคือเมื่อดวงอาทิตย์อยู่ในตำแหน่งแนวตั้งจากกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ตัวต้านทานแปรค่าตามแสงจะถูกกำหนดให้เป็นสถานะ “High” และเมื่อดวงอาทิตย์เคลื่อนที่ไปจากตำแหน่งเดิมจะทำให้เกิดการบังเงาจากการติดตั้งอยู่ในท่อเมื่อตัวต้านทานแปรค่าตามแสงที่เกิดการบังเงาจะถูกกำหนดให้เป็นสถานะ “Low” โดยทดสอบการติดตามตำแหน่งดวงอาทิตย์ของตัวต้านทานแปรค่าตามแสงในแนวแกน x ใช้วิธีการวางตัวต้านทานแปรค่าตามแสงที่ตำแหน่ง 0 องศา, 45 องศา, 90 องศา, 135 องศา และ 180 องศาตามลำดับโดยแต่ละจุดให้ทำมุมต่างกัน 45 องศา เพื่อหาจุดความเข้มแสงสูงสุดในแต่ละเวลา ซึ่งตัวต้านทานแปรค่าตามแสงแต่ละตำแหน่งจะต่ออยู่กับตัวต้านทานปรับค่าได้ขนาด 50 k Ω ทุกตำแหน่งแยกกันอย่างไร้สาระ โดยมีแหล่งจ่ายไฟตรงขนาด 5 โวลต์จ่ายให้กับวงจรเพื่อเปลี่ยนค่าความเข้มแสงจากตัวต้านทานแปรค่าตามแสงให้เป็นแรงดันไฟตรงแสดงในรูปที่ 3



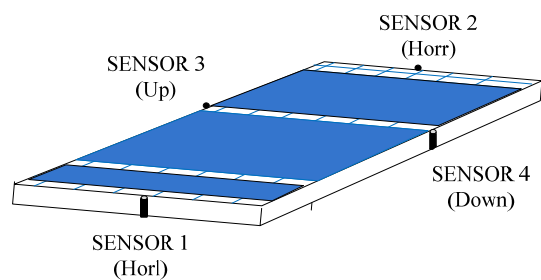
รูปที่ 3 การทดสอบการติดตามดวงอาทิตย์ในแนวแกน x

ส่วนทดสอบการติดตามตำแหน่งดวงอาทิตย์ของตัวด้านทานแปรค่าตามแสงในแนวแกน y ใช้วิธีการวางตัวด้านทานแปรค่าตามแสงที่ตำแหน่ง 0 องศา, 45 องศา และ 90 องศา แสงที่ใช้ทดสอบแทนความสว่างของแสงอาทิตย์จะใช้หลอดไฟไส้ขนาด 100 วัตต์จำนวน 2 หลอดซึ่งมีความสว่างเพียงพอต่อการเปลี่ยนค่าความต้านทานของตัวด้านทานแปรค่าตามแสง ซึ่งตัวด้านทานแปรค่าตามแสงแต่ละตำแหน่งจะต่ออยู่กับตัวด้านทานปรับค่าได้ขนาด 50 kΩ ทุกตำแหน่งแยกกันอย่างอิสระเช่นเดียวกัน แสดงดังรูปที่ 4

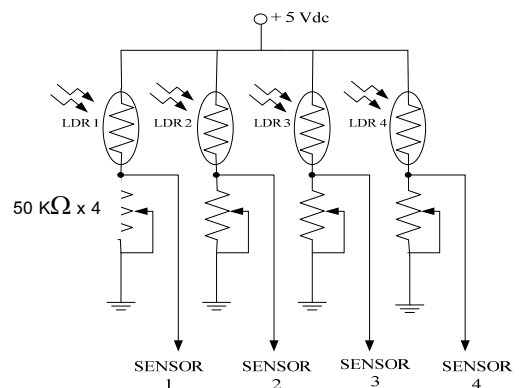


รูปที่ 4 การทดสอบการติดตามดวงอาทิตย์ในแนวแกน y

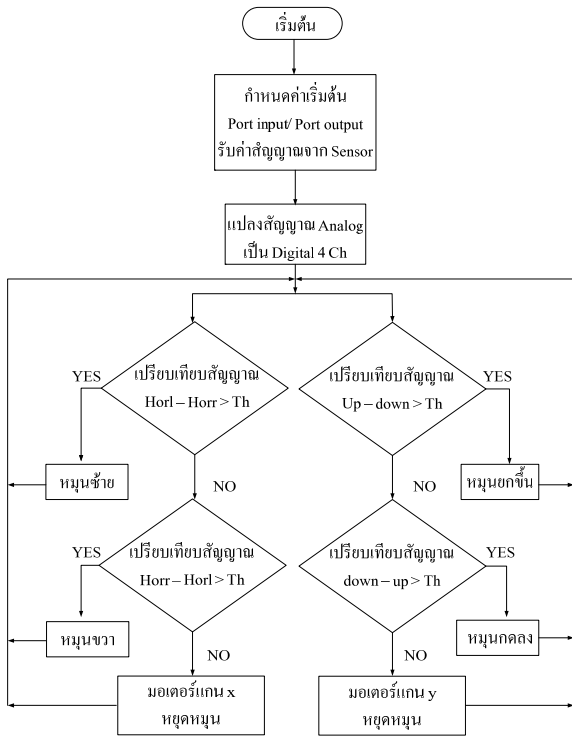
ก่อนการทดสอบตัวด้านทานปรับค่าได้จะปรับค่าความต้านทานไว้ที่ 10 kΩ ทุกตัว จากการทดสอบพบว่าตัวตรวจจับแสงที่วางตำแหน่งใกล้กัน ณ ตำแหน่งดวงอาทิตย์หรือหลอดไฟมีค่าความเข้มแสงสูงสุดแรงดันไฟตรงที่ได้จะมีค่ามากกว่า 2.5 โวลต์ทั้งในแนวแกน x และแนวแกน y ซึ่งเป็นสถานะ “High” ทั้งคู่ จึงเกิดปัญหาความต่างของความเข้มแสงจึงต้องมีการปรับค่าของตัวด้านทานปรับค่าได้เพื่อให้เกิดความแตกต่างของระดับแรงดันไฟตรงหรือสถานะลอจิกที่จะส่งไปยังชุดควบคุมด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ โดยสถานะ “high” ให้มีระดับแรงดันไฟตรงเท่ากับ 2.5 โวลต์ และสถานะ “low” ให้มีระดับแรงดันไฟตรงต่ำกว่า 2.5 โวลต์ งานวิจัยนี้จะใช้การติดตั้งตัวตรวจวัดความเข้มแสงไว้ตรงขอบของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ตรงจุดกึ่งกลางดังรูปที่ 5 และรูปที่ 6 โดยจะส่งค่าสัญญาณที่อ่านได้ให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการประมวลผลตามผังงานโปรแกรมที่เขียนไว้ ดังรูปที่ 7



รูปที่ 5 การติดตั้งตัวตรวจวัดความเข้มแสงอาทิตย์



รูปที่ 6 วงจรตรวจวัดความเข้มแสงอาทิตย์



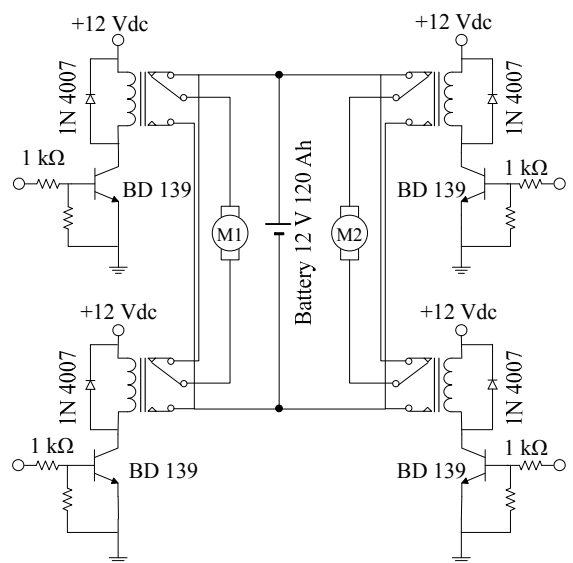
รูปที่ 7 ฟังงานขั้นตอนการทำงาน โปรแกรม

ฟังงานส่วนโปรแกรมควบคุมในรูปที่ 5 อธิบายการทำงานได้เริ่มจากตัวตรวจวัดความเข้มแสงทั้ง 4 จุดที่ติดตั้งบนขอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ส่งสัญญาณความเข้มแสงที่เป็นสัญญาณอนาล็อกผ่านตัวต้านทานปรับค่าได้มายังภาคอินพุทของไมโครคอนโทรลเลอร์และทำการประมวลผลแปลงสัญญาณจากอนาล็อกให้เป็นสัญญาณดิจิทัลในระดับบิตทำการเปรียบเทียบบิตของสัญญาณความเข้มแสงโดยที่ Sensor 1 และ Sensor 2 จะเปรียบเทียบในแนว ฮอริซอนทัล(x-axis)หรือ Horizontal ส่วน Sensor 3 และ Sensor 4 จะเปรียบเทียบในแนว อะซิมุท(y-axis) หรือ Vertical และเปรียบเทียบกับค่าอ้างอิงโดยงานวิจัยนี้จะใช้ค่าที่เหมาะสมเท่ากับ 0.5 โวลต์เพื่อให้เกิดความแตกต่างของความเข้มแสงที่ชัดเจนจากการทดสอบในหัวข้อที่ผ่านมาถ้าความเข้มแสงของ Sensor 1 – ความเข้มแสงของ Sensor 2 มีค่ามากกว่าค่าอ้างอิงไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณให้มอเตอร์กระแสตรงหมุนแนวแกน x ไปทางซ้าย และถ้าความเข้มแสงของ Sensor 2 – ความเข้มแสงของ Sensor 1 มีค่ามากกว่าค่าอ้างอิงไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณให้มอเตอร์กระแสตรง

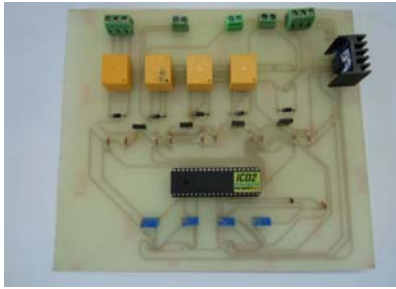
หมุนแนวแกน x ไปทางขวา แต่ถ้าผลต่างความเข้มแสงทั้งสองตัวมีค่าน้อยกว่าค่าอ้างอิงก็ไม่มีคำสั่งงานหมุนมอเตอร์ในแนวแกน x ในทำนองเดียวกันถ้าความเข้มแสงของ Sensor 3- ความเข้มแสงของ Sensor 4 มีค่ามากกว่าค่าอ้างอิงไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณให้มอเตอร์กระแสตรงหมุนแนวแกน y ดิ่งลง และถ้าความเข้มแสงของ Sensor 4 – ความเข้มแสงของ Sensor 3 มีค่ามากกว่าค่าอ้างอิงไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณให้มอเตอร์กระแสตรงหมุนแนวแกน y ยกขึ้น แต่ถ้าผลต่างความเข้มแสงทั้งสองตัวมีค่าน้อยกว่าค่าอ้างอิงก็ไม่มีคำสั่งงานหมุนมอเตอร์ในแนวแกน y

2.3 วงจรขับมอเตอร์

ส่วนขับเคลื่อนของระบบติดตามดวงอาทิตย์จะใช้มอเตอร์กระแสตรงเป็นต้นกำลังทั้งสองแนวแกน ในแนวแกน x จะใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 12 โวลต์มีการทรอบด้วยเกียร์เฮดที่ความเร็วรอบ 15 รอบต่อนาทีขนาดเพล่า 6 มิลลิเมตร ส่วนการขับเคลื่อนในแนวแกน y จะใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบกระบอก(motor actuator) เกียร์ขาดขนาด 12 โวลต์เช่นเดียวกัน โดยวงจรถักขับเคลื่อนแนวแกน x และแนวแกน y จะใช้วงจรถักเคลื่อนดังรูปที่ 8 และชุดควบคุมดัง รูปที่ 9



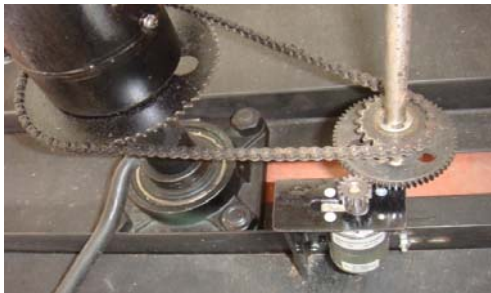
รูปที่ 8 วงจรถักมอเตอร์ของระบบติดตามดวงอาทิตย์



รูปที่ 9 ชุดควบคุมระบบติดตามดวงอาทิตย์ที่นำเสนอ

2.4 โครงสร้างทางกลของระบบติดตามดวงอาทิตย์

โครงสร้างของระบบติดตามดวงอาทิตย์ ส่วนเคลื่อนที่แนวแกน x จะใช้ท่อโลหะเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้วยึดติดกับเพลากลางพร้อมฐานเพลายึดติดกับตลับลูกปืนเฟืองโซ่ใช้มอเตอร์เป็นตัวขับโดยมีเฟืองอัตราทดที่ 1:2 ยึดติดกับเฟืองโซ่อีกชั้นดังรูปที่ 10(ก) ส่วนเคลื่อนที่แนวอะซิมุทจะใช้มอเตอร์กระแสตรงแบบกระบอกเกียร์หวดในปลายยึดติดกับโครงเหล็กส่วนรองรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับตั้งหรือยกส่วนรองรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ดังรูปที่ 10(ข) ส่วนโครงสร้างที่สมบูรณ์แสดงดังรูปที่ 11



(ก)



(ข)

รูปที่ 10 โครงสร้างระบบติดตามดวงอาทิตย์



รูปที่ 11 โครงสร้างระบบติดตามดวงอาทิตย์ที่สมบูรณ์

3. ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ผล

การทดสอบระบบติดตามดวงอาทิตย์จะแยกการทดสอบไว้สองส่วนคือผลการตอบสนองทางเวลาและความสามารถในการจัดเก็บพลังงาน โดยเปรียบเทียบกับระบบที่ติดตั้งอยู่กับที่

3.1 การทดสอบผลตอบสนองทางเวลา

การทดสอบการติดตามดวงอาทิตย์แสงที่ใช้ทดสอบแทนความสว่างของแสงอาทิตย์ในงานวิจัยนี้จะใช้หลอดไฟไส้ขนาด 100 วัตต์จำนวน 2 หลอดหรือใช้มากกว่าความสว่างของหลอดไฟขนาด 200 วัตต์ซึ่งมีความสว่างเพียงพอต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงของตัวตรวจวัดแสงไม่ควรใช้น้อยกว่า การทดสอบโดยวางหลอดไฟที่ตำแหน่ง 30 องศา, 45 องศา, 60 องศา, 75 องศา และ 90 องศาตามลำดับ เพื่อดูผลการปรับเปลี่ยนตำแหน่งการติดตามแสงไฟขณะมีการเคลื่อนที่และหยุดตามมุมที่ทำการทดสอบ ผลการทดสอบดังตารางที่ 1 พบว่าระบบสามารถติดตามตำแหน่งของดวงอาทิตย์ได้ ผลการตอบสนองทางเวลาวัดด้วยวิธีการจับเวลาการปรับเปลี่ยนตำแหน่งการติดตามแสงเฉลี่ยอยู่ที่ 11.7 องศาต่อวินาที

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบผลตอบแทนทางเวลา

ตำแหน่งหลอดไฟ (องศา)	ผลตอบแทน (วินาที)
30	0.8
45	2.2
60	3.45
75	4.7
90	5.92

3.2 การประจุพลังงานของระบบติดตามดวงอาทิตย์

ตารางที่ 2 พารามิเตอร์ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์รุ่น SP120

Parameter	Value
Maximum System Open Circuit Voltage	600 V
Maximum Power	120 W
Short Circuit Current	7.45 A
Rated Current	7 A
Open Circuit Voltage	21.7 V
Rated Voltage	17.28 V

พารามิเตอร์การทดสอบจะใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีขนาดผลิตกำลังไฟฟ้า 12 โวลต์ กำลังไฟฟ้าสูงสุด 120 วัตต์ อัตราแรงดัน 17.28 โวลต์ อัตรากระแส 7 แอมแปร์ แสดงดังตารางที่ 2 แบตเตอรี่ที่ใช้ประจุพลังงานขนาด 120 แอมแปร์-ชั่วโมงมีการทดสอบคุณลักษณะสำคัญคือปริมาณการประจุพลังงานแบตเตอรี่ เวลาที่ใช้ทดสอบระหว่างช่วงเวลา 8.00 - 18.00 น. ของวันที่ 6 พฤษภาคม 2553 ภายใต้อากาศที่ห้องฟ้าโปร่ง มีเมฆเป็นบางเวลาแล้วมีลมพัดเบาบาง การวัดอุณหภูมิใช้ดิจิตอลเทอร์โมมิเตอร์รุ่น TMO-Digi Thermo (WT3) เริ่มทดสอบโดยการประจุแบตเตอรี่เมื่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มี

การเคลื่อนที่ตามตำแหน่งดวงอาทิตย์โดยบันทึกผลทุกๆหนึ่งชั่วโมง ผลการทดสอบที่ได้ดังตารางที่ 3 พบว่าระบบประจุพลังงานจะได้รับพลังงานสูงสุด 110.78 วัตต์ที่เวลา 13.00 น. ทั้งนี้เนื่องมาจากระบบติดตามดวงอาทิตย์ได้เคลื่อนตำแหน่งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไปยังตำแหน่งที่มีความเข้มแสงสูงสุด กำลังไฟฟ้าโดยเฉลี่ยทั้งวันที่ประจุได้ ตั้งแต่เวลา 8.00 - 18.00 น. เท่ากับ 94.08 วัตต์

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีการติดตามดวงอาทิตย์

เวลา (h)	อุณหภูมิ (°C)	แรงดัน (V)	กระแส (A)	กำลังไฟฟ้า (W)
08.00	32	17.50	4.59	80.33
09.00	33	18.22	5.12	93.29
10.00	34.5	18.65	5.40	100.71
11.00	35.3	18.94	5.63	106.63
12.00	36	19.12	5.74	109.74
13.00	38	19.20	5.77	110.78
14.00	37.8	19.15	5.75	110.11
15.00	37	18.15	5.09	92.38
16.00	35	18.00	5.01	90.18
17.00	33.2	17.55	4.61	80.91
18.00	32	16.53	3.62	59.84
เฉลี่ย	34.9	18.35	5.17	94.08

3.3 การประจุพลังงานของระบบที่ติดตั้งอยู่กับที่

การทดสอบระบบติดตั้งอยู่กับที่หรือระบบอ้างอิงโดยวางแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทำมุม 15-30 องศาทางทิศใต้ทดสอบคุณลักษณะสำคัญคือปริมาณการประจุพลังงานแบตเตอรี่ เวลาที่ใช้ทดสอบระหว่างช่วงเวลา 8.00 - 18.00 น. ของวันที่ 6 พฤษภาคม 2553 ภายใต้อากาศที่ห้องฟ้าโปร่ง มีเมฆเป็นบางเวลาแล้วมีลมพัดเบาบาง โดยทำการทดสอบพร้อมกับระบบที่มีการติดตามดวงอาทิตย์และทำการบันทึกผลทุกๆหนึ่งชั่วโมง ผลการทดสอบที่ได้ดังตารางที่ 4 พบว่าระบบประจุพลังงานจะได้รับพลังงานสูงสุดที่เวลา 13.00 น.เช่นเดียวกัน กำลังไฟฟ้าที่

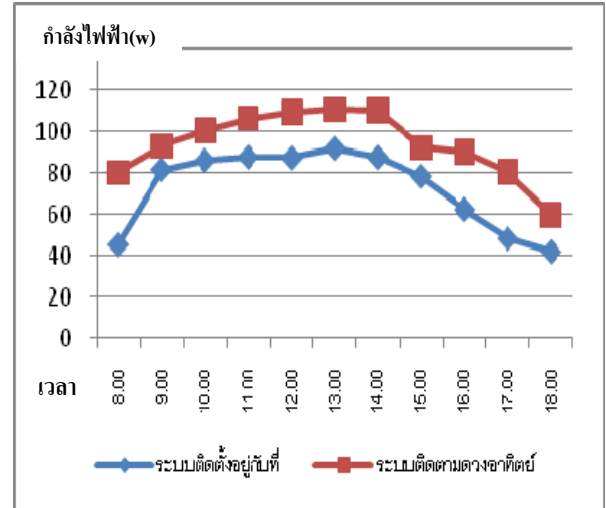
จัดเก็บได้เท่ากับ 92.23 วัตต์จะเห็นได้ว่าจุดที่ได้รับพลังงานสูงสุดที่เวลาเดียวกันระบบติดตั้งอยู่กับที่จะได้รับพลังงานที่น้อยกว่าระบบที่มีการติดตามดวงอาทิตย์ทั้งนี้เนื่องมาจากว่าตำแหน่งดวงอาทิตย์ ณ เวลานั้นที่เปลี่ยนแปลงระบบติดตั้งอยู่กับที่ไม่สามารถรับพลังงานที่จุดความเข้มแสงสูงสุดได้ กำลังไฟฟ้าโดยเฉลี่ยที่ประจุได้ทั้งวันตั้งแต่เวลา 8.00 น.- 18.00 น. เท่ากับ 72.81 วัตต์

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งอยู่กับที่

เวลา (h)	อุณหภูมิ (°C)	แรงดัน (V)	กระแส (A)	กำลังไฟฟ้า (W)
8.00	32	14.12	3.22	45.47
9.00	33	17.69	4.63	81.90
10.00	34.5	17.80	4.85	86.33
11.00	35.3	17.92	4.91	87.98
12.00	36	17.90	4.89	87.53
13.00	38	18.21	5.12	92.23
14.00	37.8	17.91	4.90	87.85
15.00	37	17.40	4.52	78.65
16.00	35	16.87	3.71	62.58
17.00	33.2	14.48	3.34	48.36
18.00	32	13.56	3.10	42.03
เฉลี่ย	34.9	16.71	4.29	72.81

จากการทดสอบการทำงานของระบบติดตามดวงอาทิตย์ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมที่นำเสนอ สามารถติดตามดวงอาทิตย์ได้ตามการออกแบบ จากการทดสอบการประจุพลังงานในช่วงเวลา 8.00 – 18.00 น. พบว่าระบบประจุพลังงานแบบติดตั้งอยู่กับที่สามารถประจุกำลังไฟฟ้าได้เฉลี่ย 72.81 วัตต์ส่วนระบบประจุแบบมีการติดตามดวงอาทิตย์สามารถประจุกำลังไฟฟ้าได้เฉลี่ย 94.08 วัตต์ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าระบบที่มีการติดตามดวงอาทิตย์จะสามารถเก็บพลังงานได้มากกว่า 21.27 วัตต์ ดังกราฟของกำลังงานไฟฟ้าแสดงในรูปที่ 10 เป็นผลมาจากระบบที่มีการติดตามดวงอาทิตย์เคลื่อนตำแหน่งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้ได้รับ

ความเข้มแสงอาทิตย์ที่จุดสูงสุดตลอดเวลา สอดคล้องกับทฤษฎีที่ว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะรับพลังงานได้สูงสุดเมื่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทำมุมตั้งฉากกับดวงอาทิตย์



รูปที่ 12 กราฟแสดงการเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้า

ระบบติดตามดวงอาทิตย์ที่สร้างขึ้นมีโครงสร้างประกอบด้วย มอเตอร์ควบคุมแกน y มอเตอร์ควบคุมแกน x และส่วนรองรับแผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถวางแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 12 โวลต์ 120 วัตต์ ได้จำนวน 2 แผง โดยมีค่าใช้จ่ายรวมประมาณ 6,000 บาทโดยที่ขณะทำงาน มอเตอร์ควบคุมแกน y ใช้พลังงาน 3.78 วัตต์ มอเตอร์ควบคุมแกน x ใช้พลังงาน 1.2 วัตต์หากโดยตลอดทั้งวันมีการเคลื่อนที่แนวแกน x จำนวน 9 ครั้งจะใช้พลังงานทั้งสิ้น 10.8 วัตต์ ส่วนมอเตอร์ควบคุมแกน y จะทำงานเมื่อมีการเปลี่ยนฤดูกาลเท่านั้นผลการทดสอบประจุพลังงานของระบบติดตามดวงอาทิตย์เปรียบเทียบกับระบบติดตั้งอยู่กับที่จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 12 โวลต์ 120 วัตต์จำนวน 1 แผงสามารถจัดเก็บพลังงานได้เพิ่มขึ้น 21.27 วัตต์ หากพิจารณาถึงระบบแล้วมีความคุ้มค่าเนื่องจากลดค่า อุปกรณ์ไฟฟ้าส่วนเพิ่มเติมกินกำลังไฟฟ้าน้อยประกอบกับอายุการใช้งานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ยาวนาน 20 – 25 ปี ระบบนี้เหมาะสำหรับระบบการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ในครัวเรือนขนาดเล็กไม่เหมาะที่จะนำไปใช้กับระบบขนาดใหญ่เนื่องจากว่ามีความยุ่งยากในการออกแบบระบบและเสียค่าใช้จ่ายสูง

4. สรุปผลการวิจัย

ระบบติดตามดวงอาทิตย์แบบ 2 แกน โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมในงานวิจัยนี้สามารถติดตามดวงอาทิตย์ได้ตามการออกแบบ สอดคล้องกับทฤษฎีแม้ว่าระบบการติดตามจะให้ผลตอบแทนเวลาที่ค่อนข้างช้าเฉลี่ย 11.7 องศาต่อวินาที การทดสอบการประจุพลังงานด้วยแบตเตอรี่ภายใต้สภาวะภูมิอากาศเดียวกันโดยใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 12 โวลต์ 120 วัตต์ แบตเตอรี่สำหรับใช้ประจุขนาด 12 โวลต์ 120 แอมแปร์ – ชั่วโมง พบว่าระบบประจุแบบติดตั้งอยู่กับที่สามารถประจุกำลังไฟฟ้าได้เฉลี่ย 72.81 วัตต์คิดเป็นร้อยละ 60.67 ส่วนระบบประจุแบบมีการติดตามดวงอาทิตย์สามารถประจุกำลังไฟฟ้าได้เฉลี่ย 94.08 วัตต์คิดเป็นร้อยละ 76.85 โดยเทียบจากกำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ผลิตได้ จึงสรุปได้ว่าระบบประจุแบตเตอรี่แบบมีการติดตามดวงอาทิตย์สามารถจัดเก็บพลังงานได้มากกว่าระบบที่ติดตั้งอยู่กับที่ 21.27 วัตต์คิดเป็นร้อยละ 17.72 ทั้งนี้เป็นผลมาจากระบบที่มีการติดตามดวงอาทิตย์มีการเคลื่อนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้ได้รับความเข้มแสงอาทิตย์ที่จุดสูงสุดตลอดเวลา การทดสอบระบบประจุแบตเตอรี่ในงานวิจัยนี้ใช้เวลาทดสอบเพียง 1 วันเท่านั้น ตัวเลขจากการวิจัยอาจจะมีการเปลี่ยนแปลงหากใช้เวลาในการทดสอบที่ยาวนานขึ้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศและช่วงของฤดูกาลด้วย

5. เอกสารอ้างอิง

- [1] M. Phil and A.K. Mandel, “ Microprocessor base automatic sun tracker”, IEE Proceedings-A, 1991.
- [2] http://www2.egat.co.th/re/egat_pv/egatpv_silinthorn/tracking_silinthorn.html. 25 October 2554
- [3] H.W. Woolf, “On the Computation of Solar Evaluation Angles and the Determination of Sunrise and Sunset Times”, National Aeronautics and Space Administration Report, USA, 1968.
- [4] L. Guanhuai, S. Xinchun, F. Chao, and Z. Guoliang, “Design and implementation of a novel MPPT controller based on sun tracking technology”, IEEE Transection on, 2009.
- [5] A. A. Khalil, M.El-Singaby, “ Position control of sun tracking system”, IEEE proceedings, 2004.
- [6] G. Yizho, C. Jian zhong, L. Wei, and T. Yaobin, “A system modeling method for optimization of a single axis solar tracker”, International Conference on Computer Application and System Modeling”, 2010.
- [7] S. Cheng, P. Chao, H. Hongkun, T. Qiangian, and X. Wei, “An improved design of photo-voltaic solar tracking system base on FPGA”, International conference on artificial intelligence and system computer intelligence, 2010.
- [8] L. Hung-ching, and S. Lung, “ Fuzzy system control design with application to solar panel active dual-axis sun tracker system”, IEEE international conference on, 2010, pp. 1878-1883.
- [9] A. Catalin, “The design and optimization of a photovoltaic tracking mechanism”, POWERENG’09 international conference on, 2009, pp. 436-441.