

การควบคุมระบบติดตามดวงอาทิตย์ด้วยมอเตอร์เดี่ยวแกนคู่โดยใช้ฟัซซี่ลอจิก

Sun Tracking System Control with Single Motor Dual Axial by Using Fuzzy Logic

ธนัญญ์ ปะกีนาง (Thananat Pakinunhng)* ดร.สุภัทรา ปลื้มกมล (Dr.Suphattra Pleumkamol)**

บทคัดย่อ

การติดตามทิศทางดวงอาทิตย์ของแผงโซลาร์เซลล์ แบบเดิมมีสองชนิดคือชนิดมอเตอร์เดี่ยวปรับการหมุนแบบแกนเดี่ยว (SMSA) ซึ่งควบคุมการทำงานง่าย ให้ประสิทธิภาพค่อนข้างต่ำและชนิดมอเตอร์คู่ปรับการหมุนแบบแกนคู่ (DMDA) ควบคุมการทำงานค่อนข้างยาก ให้ประสิทธิภาพค่อนข้างสูงและราคาแพงกว่า

งานวิจัยนี้จึงได้พัฒนา และสร้างระบบติดตามดวงอาทิตย์ ขึ้นมาเพื่อใช้เองภายในประเทศ โดยออกแบบวิธีติดตามและตรวจจับทิศทางของดวงอาทิตย์ให้ทำงานแบบอัตโนมัติ ด้วยการนำระบบควบคุมแบบฟัซซี่มาผสมผสานกับระบบกลไกชนิดมอเตอร์เดี่ยวแบบแกนคู่ (SMDA) ทำให้ไม่ต้องใช้อุปกรณ์เซนเซอร์ แต่มีความทันสมัย ใช้งานง่าย ราคาถูกและมีความยืดหยุ่นปรับตัวเองได้ ข้อมูลอินพุตที่ใช้คือตำแหน่งลองจิจูดและละติจูด ณ.วันที่และเวลา ที่สอดคล้องกันเท่านั้น จากผลการทดลองพบว่าระบบ SMDA ด้วยระบบฟัซซี่นี้ ให้ประสิทธิภาพได้ใกล้เคียงกับแบบ DMDA ประมาณ 23.30% แต่ราคาถูกกว่าและควบคุมง่ายกว่า

ABSTRACT

Generally, there are two type of solar solar photovoltaic cell operating sun tracking systems; single motor single axial (SMSA) which contributes case control but low effectiveness. And dual motor dual axial (DMDA) which is more difficult to control but can achieve higher efficiency and can be more expensive.

This particular work aimed to create and develop the sun tracking systems for using intranationally. We designed the automatically sun tracking and positioning system by using the combination of fuzzy logic control and single motor dual axial system (SMDA). The creation required no sensors with modern, easy to use, uncostly, and flexible. The input data using in this system were the concordantly longitude and latitude at the precise data and time. The result suggested the SMDA with fuzzy logic system provided comparatively effectiveness that of DMDA about 23.30% with less price and easier control

คำสำคัญ: มอเตอร์เดี่ยวแกนเดี่ยว มอเตอร์เดี่ยวแกนคู่ มอเตอร์คู่แกนคู่

Keywords: SMSA, SMDA, DMDA

** นักศึกษา หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทนำ

พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานที่มีศักยภาพมาก แต่ยังไม่มีการใช้ประโยชน์ให้แสงโซลาร์เซลล์สามารถดึงพลังงานแสงอาทิตย์มาเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดได้ เนื่องจาก หนึ่งอุณหภูมิใช้งานของแสงโซลาร์เซลล์สูงเกิน 25°C และสอง ไม่สามารถควบคุมทิศทางการหมุนของแสงโซลาร์เซลล์ให้หมุนติดตามดวงอาทิตย์ (ศุภชัย, 2551) ได้อย่างแม่นยำและเที่ยงตรง ซึ่งการลดอุณหภูมิของแสงโซลาร์เซลล์ลง (นิคม, 2551) ส่งผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพที่จะได้รับเพิ่มขึ้นอย่างมาก ดังนั้นงานวิจัยส่วนใหญ่จึงมุ่งเน้นไปที่วิธีการควบคุมทิศทางของแสงโซลาร์เซลล์เพื่อติดตามทิศทางของดวงอาทิตย์ โดยจะทำการปรับระบบควบคุมการหมุนของแสงโซลาร์เซลล์ได้เป็น 2 ชนิด คือหนึ่งระบบติดตามดวงอาทิตย์ชนิดมอเตอร์เดี่ยวปรับการหมุนแบบแกนเดียว(SMSA) ดังรูปที่ 1 และสองระบบติดตามดวงอาทิตย์ชนิดมอเตอร์คู่ปรับการหมุนแบบแกนคู่(DMDA) ดังรูปที่ 2



รูปที่ 1 ระบบติดตามดวงอาทิตย์ ชนิดมอเตอร์เดี่ยวปรับการหมุนแบบแกนเดียว(SMSA)

(จาก <http://www.cleantick.com/uploads/pages/pic/1302866243.png>)

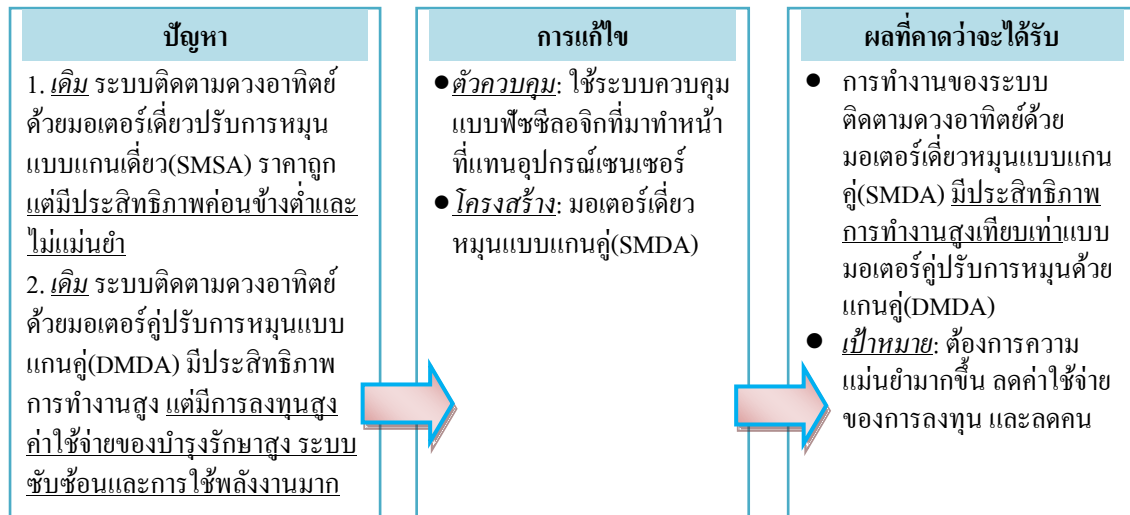


รูปที่ 2 ระบบติดตามดวงอาทิตย์ ชนิดมอเตอร์คู่ปรับการหมุนแบบแกนคู่(DMDA)

(จาก <https://pvpmc.sandia.gov/wp-content/uploads/2012/05/SNL-2-axis-TrackerB1.jpg>)

จากการศึกษาวิธีการปรับระบบติดตามดวงอาทิตย์โดยเปรียบเทียบกับแบบไม่มีการปรับการหมุน(ปกติ) พบว่า ชนิดมอเตอร์คู่ปรับการหมุนแบบแกนคู่เพิ่มประสิทธิภาพได้สูงสุด 33% (Dipti, 2013) ส่วนชนิดมอเตอร์เดี่ยวปรับการหมุนแบบแกนเดียวเพิ่มประสิทธิภาพได้ 21% (Emre, 2016) ซึ่งทั้งสองชนิดนี้ควบคุมด้วยระบบพีซีลอจิกสามารถปรับการหมุนได้ผลลัพธ์ที่มีความรวดเร็วและแม่นยำสูง เมื่อวิเคราะห์ข้อดีและข้อเสียพบว่าชนิดมอเตอร์คู่ปรับการหมุนแบบแกนคู่ มีความแม่นยำสูงกว่า สามารถปรับการหมุนของแสงโซลาร์เซลล์ได้ตรงตามทิศทางของแสงอาทิตย์ แต่ค่าใช้จ่ายของการลงทุนเพิ่มขึ้นเป็น 30,000 บาทต่อแผง (Adrian, 2010) ซึ่งถือว่าสูงมาก และส่งผลให้ค่าใช้จ่ายของการบำรุงรักษาและการใช้พลังงานในการขับเคลื่อนขยับเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย ส่วนชนิดมอเตอร์เดี่ยวปรับการหมุนแบบแกนเดียวมีการลงทุนที่ถูกลง 15,000 บาท แต่ไม่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพได้สูงเทียบเท่า งานวิจัยนี้จึงได้มีแนวความคิดที่จะพัฒนาและสร้างระบบติดตามดวงอาทิตย์แนวใหม่ ขึ้นมาใช้เองภายในประเทศที่มีความทันสมัย ใช้งานง่าย มีความ

เที่ยงตรง แม่นยำมากขึ้น ราคาถูกและมีความยืดหยุ่นปรับตัวเองได้มาปฏิบัติหน้าที่แทนมนุษย์ โดยนำเทคโนโลยีขั้นสูง เช่นระบบควบคุมแบบฟัซซีลอจิกมาผสมผสานกับการทำงานระบบติดตามชนิดมอเตอร์เดี่ยวแบบแกนคู่(SMDA) ด้วยการออกแบบวิธีการติดตามและตรวจจับทิศทางของแสงอาทิตย์แนวใหม่ที่ทำให้ไม่ต้องใช้อุปกรณ์เซนเซอร์ (Fazlur, 2014) เพื่อการติดตามแต่อย่างใด ซึ่งจะเป็นการลดค่าใช้จ่ายแต่เพิ่มประสิทธิภาพการทำงานให้แม่นยำสูงขึ้น โดยเพียงแต่ป้อนข้อมูลอินพุตที่ประกอบด้วยตำแหน่งลองจิจูดและละติจูด ณ.วันที่และเวลา ที่สอดคล้องกันเท่านั้น (Ibrahim, 2008) โดยแสดงปัญหา แนวทางแก้ไขและผลที่คาดว่าจะได้รับ ดังรูปที่ 3



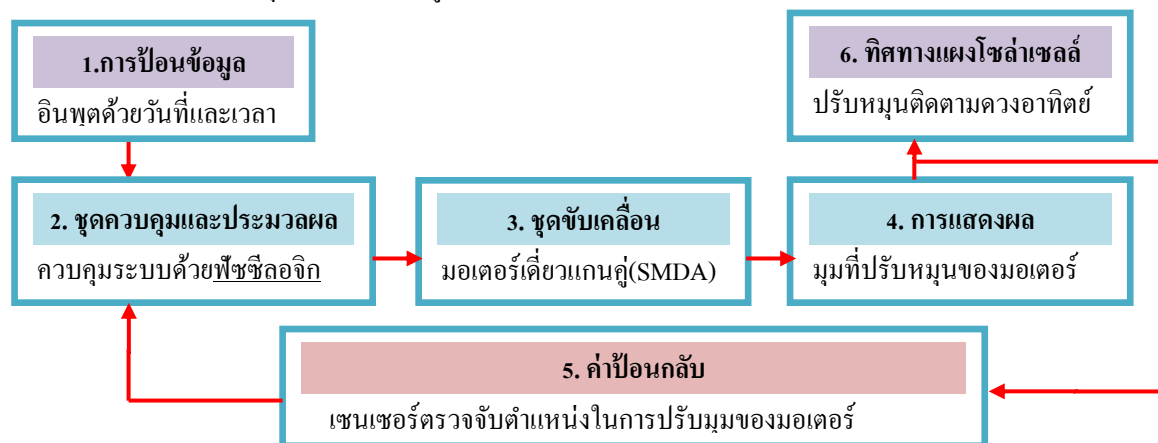
รูปที่ 3 แสดงปัญหา แนวทางการแก้ไขและผลที่คาดว่าจะได้รับ

วัตถุประสงค์การวิจัย

การศึกษาค้นคว้านี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการออกแบบกลไกการทำงานและวิธีการควบคุมระบบติดตามดวงอาทิตย์มอเตอร์เดี่ยวปรับการหมุนแบบแกนคู่โดยใช้ฟัซซีลอจิก

วิธีการวิจัย

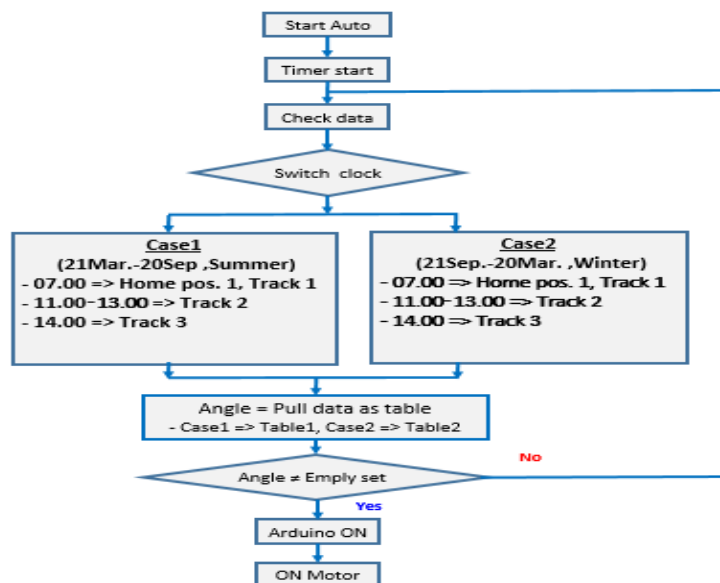
จากแนวความคิดของระบบติดตามดวงอาทิตย์ด้วยมอเตอร์เดี่ยวปรับการหมุนแบบแกนคู่(SMDA) ได้มีการออกแบบกลไกและวิธีควบคุมการทำงาน ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 การออกแบบกลไกการทำงานและวิธีการควบคุมระบบด้วยฟัซซีลอจิก

จากรูปที่ 4 จะแบ่งขั้นตอนการทำงานของระบบออกเป็น 6 ส่วน ซึ่งประกอบไปด้วย

1. การป้อนข้อมูล(อินพุต): ป้อนข้อมูลอินพุตที่ประกอบด้วยละติจูด ลองติจูด วันที่และเวลา
2. ชุดควบคุมและประมวลผล: จะรับข้อมูลอินพุตและค่าป้อนกลับ เพื่อให้สั่งมอเตอร์หมุน โดยควบคุมการทำงานด้วยใช้พีซีลอจิก ซึ่งจะสั่งการไปยังแผงควบคุมมอเตอร์ เพื่อปรับการหมุนไปยังตำแหน่งที่ต้องการ ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 Flow chart การควบคุมการทำงานด้วยพีซีลอจิก

จากรูปที่ 5 การทำงานของระบบติดตามดวงอาทิตย์ด้วยมอเตอร์เดี่ยวแกนคู่ (SMDA) เมื่อทำการสตาร์ทจะมีชุดคำสั่ง Timer start เพื่อทำการตรวจสอบวันที่และเดือน ในทุกๆ 1 วินาที เมื่อเป็นไปตามเงื่อนไขของชุดคำสั่ง Switch clock ระบบจะทำงานโดยสั่งให้ Arduino ON ทำงาน โดยจะมีการปรับมุมการหมุนตามช่วงเวลา 7.00 น. 11.00 น. และ 14.00 น. ของทุกวัน

3. ชุดขับเคลื่อน: จะใช้มอเตอร์เป็นตัวขับเคลื่อนเพื่อปรับการหมุนติดตามดวงอาทิตย์ ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 กลไกปรับการหมุนของระบบระบบติดตามดวงอาทิตย์ด้วยมอเตอร์เดี่ยวปรับการหมุนแบบแกนคู่(SMDA)

จากรูปที่ 6 การปรับมุมสาย(γ_p) จะใช้เฟืองตัวที่ 2 (เฟืองตาม) หมุนตามเฟืองตัวที่ 1 (เฟืองขับ) เพื่อปรับมุมการหมุนติดตามดวงอาทิตย์ให้เคลื่อนที่โดยการหมุนจากทิศตะวันออกไปทิศตะวันตก ส่วนการปรับมุมเอียง(β) จะมีงานหมุนและคันชักเชื่อมติดกับเฟืองขับของมอเตอร์(เฟืองตัวที่ 1) เพื่อปรับแสงโซลาร์เซลล์ให้เอียงขึ้นในช่วงเวลาเช้าและเอียงลงในช่วงเวลาบ่ายตามทิศทางของแสงอาทิตย์

4. การแสดงผล (เอาท์พุท) : มุมที่ปรับได้จริงของมอเตอร์
5. ค่าป้อนกลับ : จะใช้การตรวจจับด้วยเวลาในการปรับมุมการหมุนของมอเตอร์ และส่งข้อมูลกลับไปยังชุดประมวลผล
6. ทิศทางของแรงแซลล์เซลล์ : ปรับการหมุนติดตามดวงอาทิตย์

การออกแบบการทำงานของระบบติดตามดวงอาทิตย์ด้วยมอเตอร์เดี่ยวแกนคู่

โดยการคำนวณโดยการป้อนละติจูด(Lt), ลองจิจูด(Lg), วันที่ในรอบปี(Jd) และเวลา(Tlocal) โดยมีสมการคำนวณ(Anusorn, n.d.) เพื่อหามุมสาย(Yp) และมุมเอียง(β) จากนั้นนำค่าเฉลี่ยทั้งปีที่ได้ไปออกแบบการปรับการหมุนติดตามดวงอาทิตย์

$$\text{สมการที่ 1 เพื่อหาค่ามุมเอียง}(\beta) = \sin^{-1}(\sin Lt \sin D + \cos Lt \cos D \cos W) \quad (\text{สมการที่ 1})$$

$$\text{สมการที่ 2 เพื่อหาค่ามุมสาย}(Yp) = \sin^{-1}\left(\frac{\cos D \sin W}{\cos \beta}\right) \quad (\text{สมการที่ 2})$$

ต้องการทราบค่าคำตอบของสมการที่ 1 และสมการที่ 2 ต้องทราบค่า D และ W ก่อนจากสมการด้านล่างนี้

$$D = 23.45 \times \sin\left(360 \times \left(\frac{Jd + 284}{365}\right)\right) \quad (\text{สมการที่ 3})$$

$$W = (T_s - 12)/12 \quad (\text{สมการที่ 4})$$

$$\text{เมื่อ } T_s = T_{\text{local}} - T_{\text{Lg}} + E_{\text{qt}} \quad (\text{สมการที่ 5})$$

$$E_{\text{qt}} = 9.87 \sin 2B - 7.53 \cos B - 1.5 \sin B \quad (\text{สมการที่ 6})$$

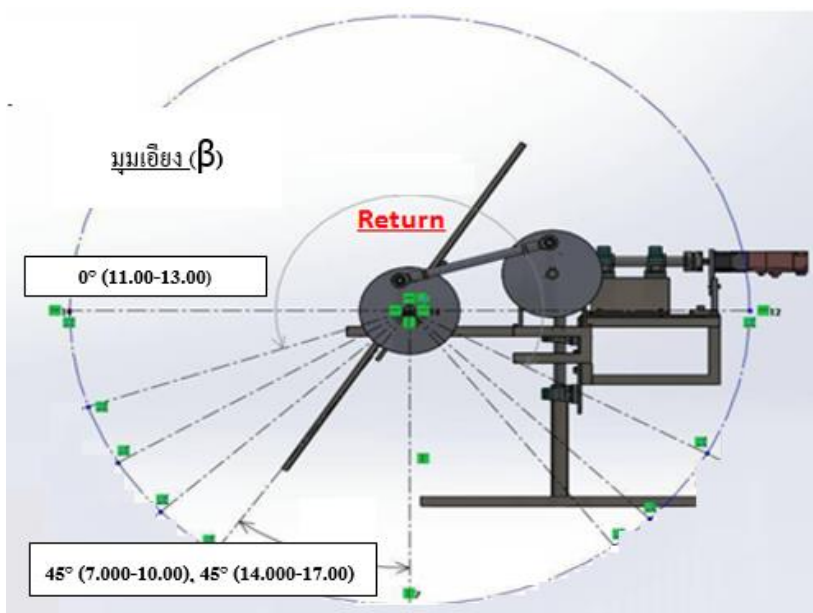
$$B = 360 \times (J_d - 81) / 364 \quad (\text{สมการที่ 7})$$

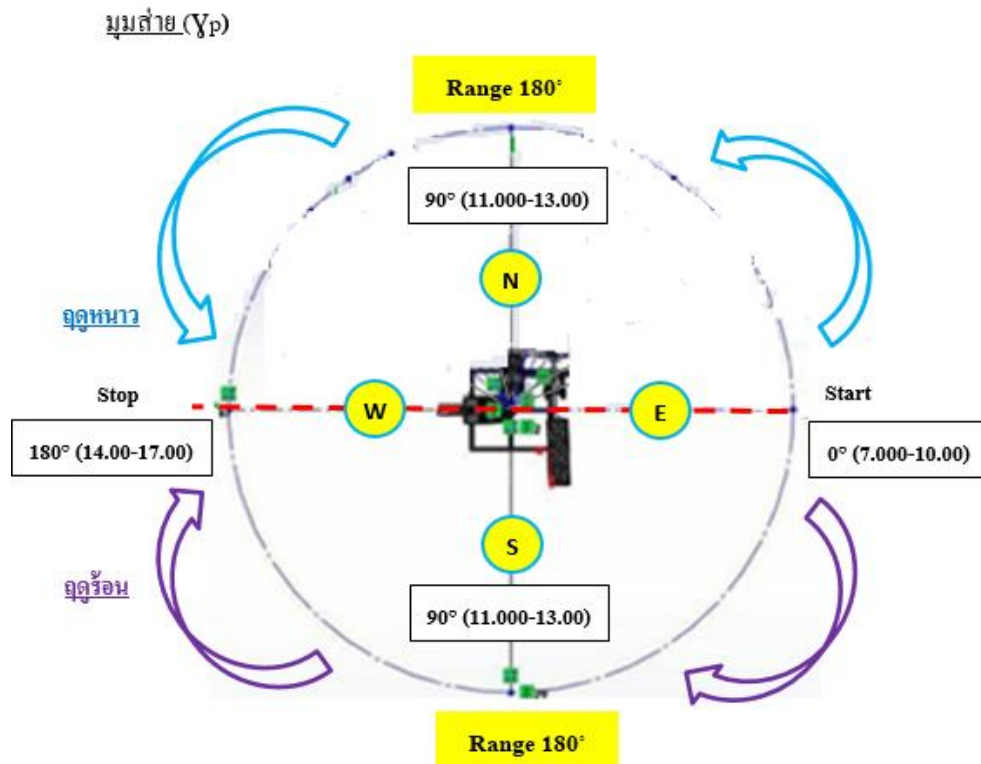
ดังนั้นเมื่ออินพุตวันที่ในรอบปี(Jd) เวลา(T local) พร้อมทั้งทราบละติจูด(Lt) และลองจิจูด(Lg) ที่ใช้ในการทดลองก็จะทราบมุมเอียง(β) ได้และมุมสาย(Yp) ในช่วงเวลานั้นได้ จากนั้นนำไปหาค่าเฉลี่ยทั้งปีที่ได้เพื่อออกแบบการปรับการหมุนติดตามดวงอาทิตย์ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การควบคุมการทำงานของระบบติดตามดวงอาทิตย์ด้วยมอเตอร์เดี่ยวแกนคู่

Lt	Lg	Jd	Time	แบบ DMDA (เก่า)		แบบ SMDA (ใหม่)						Remark
				มุมสาย (yp)	มุมเอียง (β)	มุมสาย (yp)			มุมเอียง (β)			
						มุมที่ปรับหมุน (°)	คลาดเคลื่อน (°)	ระยะปรับหมุน (°)	มุมที่ปรับหมุน (°)	คลาดเคลื่อน (°)	ระยะปรับหมุน (°)	
15.72	103.23	1-365	7.00	13.87	76.77	0	13.87	Start point	45	31.77	Start point	Track 1
			8.00	16.32	62.98	0	16.32	-	45	17.98	-	-
			9.00	20.93	49.53	0	20.93	-	45	4.53	-	-
			10.00	28.94	36.83	0	28.94	-	45	8.17	-	-
			11.00	43.41	25.77	90	46.59	90.00	0	25.77	45.00	Track 2
			12.00	79.90	18.74	90	10.10	-	0	18.74	-	-
			13.00	135.64	24.23	90	45.64	-	0	24.23	-	-
			14.00	151.58	35.35	180	28.42	90.00	45	9.65	45.00	Track 3
			15.00	158.89	48.12	180	21.11	-	45	3.12	-	-
			16.00	163.39	61.59	180	16.61	-	45	16.59	-	-
			17.00	160.15	75.08	180	19.85	-	45	30.08	-	-
Average					-	24.40		-	17.33			

จากตารางที่ 1 คำนวณค่าเฉลี่ยของทิศทางของดวงอาทิตย์ในมุมเอียง(β) และมุมสาย(Y_p) ซึ่งแบบ DMDA คือการปรับการหมุนติดตามตรงตามทิศทางดวงอาทิตย์ และ SMDA คืองานที่การออกแบบใหม่ โดยต้องการให้มีความสมมาตรกันในการปรับการหมุนทั้งในช่วงฤดูร้อน 21 มีนาคม - 21 สิงหาคม และในช่วงฤดูหนาว 22 สิงหาคม - 20 มีนาคม ซึ่งในมุมเอียง(β) ช่วงเช้าปรับแผงโซลาร์เซลล์ให้เอียงขึ้นในช่วงเวลาเช้า และเอียงลงในช่วงเวลาบ่ายตามทิศทางของแสงอาทิตย์ ดังรูปที่ 7 ส่วนในมุมสาย(Y_p) จะหมุนติดตามดวงอาทิตย์จากทิศตะวันออกไปจนถึงทิศตะวันตกในรอบวัน ดังรูปที่ 8 ซึ่งการทำงานจะมีการปรับการหมุน 3 ครั้งในรอบวัน ทั้งในฤดูร้อนและฤดูหนาว โดยครั้งที่ 1 อยู่ในช่วงเวลา 07.00-10.00 น. ครั้งที่ 2 อยู่ในช่วงเวลา 11.00-13.00 น. ครั้งที่ 3 อยู่ในช่วงเวลา 14.00-17.00 น.

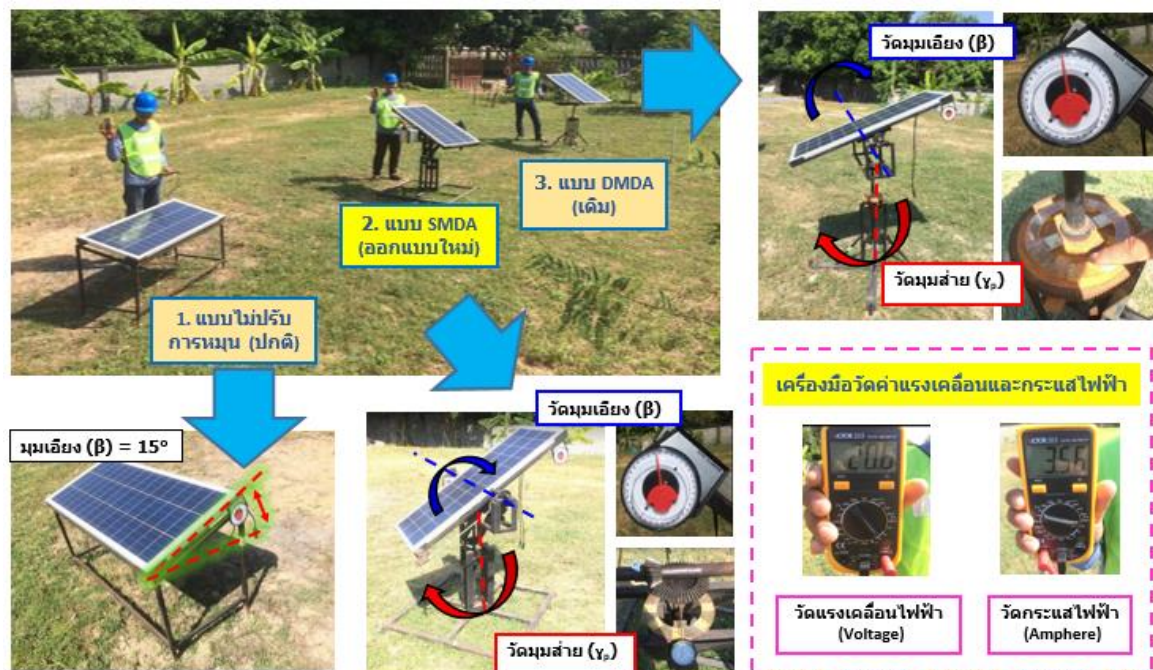

 รูปที่ 7 การปรับการหมุนติดตามดวงอาทิตย์ในมุมเอียง(β)



รูปที่ 8 การปรับการหมุนติดตามดวงอาทิตย์ในมุมสาย(Y_p)

ขั้นตอนการทดลอง

การปรับการหมุนของระบบติดตามดวงอาทิตย์ด้วยมอเตอร์เดี่ยวแกนคู่(SMDA)โดยปรับการหมุนตามทิศทางที่ออกแบบไว้แล้วทดสอบหาค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้เพื่อเปรียบเทียบกับระบบติดตามดวงอาทิตย์ด้วยมอเตอร์คู่แกนคู่(DMDA) และแบบไม่ปรับการหมุน(ปกติ) ดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 การปรับการหมุนแผงโซลาร์เซลล์ติดตามดวงอาทิตย์และตรวจวัดค่าพลังงานทางไฟฟ้า

จากรูปที่ 9 ได้ทำการแบ่งขั้นตอนการทดลองโดยตรวจวัดค่าตามช่วงเวลาที่ยกแบบไว้และให้ทำพร้อมกันทั้ง 3 เครื่อง เมื่อวัดค่าแล้วให้คำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับแบบไม่ปรับการหมุน(ปกติ)

1. การเตรียมโครงสร้างระบบติดตามดวงอาทิตย์แบบไม่ปรับการหมุน(ปกติ) ปรับแผงโซลาร์เซลล์เอียง 15° โดยให้หันหน้าไปทางทิศใต้ จากนั้นตรวจวัดและบันทึกค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้า(Voltage) และกระแสไฟฟ้า(Ampere)
2. การเตรียมโครงสร้างระบบติดตามดวงอาทิตย์ด้วยมอเตอร์เดี่ยวแกนคู่(SMDA) จากนั้นทำการปรับมุมเอียง(β) และมุมสาย(γ_p) จากนั้นตรวจวัดและบันทึกค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้า(Voltage) และกระแสไฟฟ้า(Ampere)
3. การเตรียมโครงสร้างระบบติดตามดวงอาทิตย์ด้วยมอเตอร์คู่แกนคู่(DMDA)) จากนั้นทำการปรับมุมเอียง(β) และมุมสาย(γ_p) จากนั้นตรวจวัดและบันทึกค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้า(Voltage) และกระแสไฟฟ้า(Ampere)

ผลการวิจัย

หลังจากตรวจวัดตามวิธีการทดลองแล้วบันทึกค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้า(Voltage) และกระแสไฟฟ้า(Ampere) โดยจะนำค่าทั้งสองนี้ไปคำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้า(Power) และกำลังไฟฟารวมในรอบวัน(Total Power) ซึ่งสามารถคำนวณค่ากำลังที่เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับแบบ ไม่ปรับการหมุน(ปกติ) และแบบ DMDA(แบบเก่า)

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้า

เวลา	① แบบFix (แบบปกติ)			② แบบมอเตอร์เดี่ยวแกนคู่ SMDA(New)			③ แบบมอเตอร์คู่แกนคู่ DMDA(Old)		
	Voltage(V)	Current(A)	Power(W)	Voltage(V)	Current(A)	Power(W)	Voltage(V)	Current(A)	Power(W)
7.00	20.04	0.78	15.61	20.28	1.27	25.76	20.28	1.12	22.71
8.00	20.04	1.74	34.87	20.42	2.68	54.73	20.41	2.84	57.96
9.00	19.95	2.79	55.66	20.30	3.85	78.16	20.36	4.08	83.07
10.00	20.19	3.81	76.92	20.29	4.02	81.57	20.11	4.39	88.28
11.00	20.17	4.51	90.97	20.29	4.73	95.97	20.16	4.57	92.13
12.00	20.10	4.35	87.44	20.20	4.44	89.69	20.14	4.57	92.04
13.00	19.95	4.06	81.00	20.17	4.07	82.09	20.14	4.64	93.45
14.00	20.08	3.68	73.89	20.21	4.55	91.96	20.21	4.54	91.75
15.00	20.10	2.32	46.63	20.27	3.60	72.97	20.26	3.58	72.53
16.00	19.64	1.15	22.59	19.92	2.14	42.63	19.78	2.21	43.71
17.00	18.60	0.30	5.58	19.14	0.70	13.40	18.98	0.72	13.67
กำลังไฟฟ้าสะสมในรอบวัน			591.15	-	-	728.91	-	-	751.31
กำลังไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นในรอบวัน			-	-	-	23.30%	-	-	27.09%

จากตารางที่ 2 พบว่ากำลังไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นมากที่สุดคือแบบการปรับการหมุนติดตามตรงตามทิศทางดวงอาทิตย์แบบ DMDA(Old) มีค่าเฉลี่ยกำลังไฟฟ้าสะสมในรอบวันเพิ่มขึ้น 27.09% ส่วนแบบ SMDA(New) คือระบบมอเตอร์เดี่ยวแกนคู่ที่ออกแบบใหม่ มีค่าเฉลี่ยกำลังไฟฟ้าสะสมในรอบวันเพิ่มขึ้น 23.30% เมื่อเปรียบเทียบกับแบบไม่ปรับการหมุน(ปกติ)

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

จากผลการทดลองพบว่าระบบติดตามดวงอาทิตย์ด้วยมอเตอร์เดี่ยวแบบแกนคู่โดยใช้ฟิชซิลอจิก ที่ออกแบบใหม่นี้ มีประสิทธิภาพการทำงานของแผงโซลาร์เซลล์เพิ่มขึ้น 23.26% ซึ่งเทียบเท่ากับชนิดมอเตอร์คู่ปรับการหมุนแบบแกนคู่(DMDA) ในช่วงประมาณ 21-33% โดยการทดลองนี้ดำเนินการจากวันที่ 21ก.ย. – 30 พ.ย. (3 เดือน) ซึ่งอยู่ในช่วงฤดูฝนทำให้ผลที่ได้ออกมาไม่แตกต่างกันมาก จึงต้องเพิ่มระยะเวลาให้ครอบคลุมฤดูร้อนด้วยจะเห็นผลชัดเจนมากกว่านี้เพื่อพิสูจน์ค่าที่ออกแบบในการปรับการหมุนว่าใช้งานได้จริงได้ และระบบที่ออกแบบขึ้นใหม่นี้สามารถลดค่าใช้จ่ายของการลงทุนลงด้วย ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของการลงทุนเทียบกับการเพิ่มประสิทธิภาพของโซลาร์เซลล์

ลำดับที่	รายละเอียด	② SMDA (New)	③ DMDA (Old)
1	การเพิ่มประสิทธิภาพของโซลาร์เซลล์ (%)	23.30%	27.09%
2	การลงทุน (บาท)	฿15,000	฿30,000
การลงทุน(บาท)/การเพิ่มประสิทธิภาพของโซลาร์เซลล์		฿643.78	฿1,107.42

จากตารางที่ 3 พบว่าแบบ SMDA(New) และแบบ DMDA(Old) มีค่าใช้จ่ายของการลงทุนเทียบกับการเพิ่มประสิทธิภาพของโซลาร์เซลล์ ประมาณ 643.78 บาท และ 1,107.42 บาท ซึ่งแบบ SMDA(New) ที่สร้างขึ้นใหม่นี้ยังสามารถลดต้นทุนลงได้ 463.64 บาทเมื่อเทียบกับเพิ่มขึ้นของประสิทธิภาพของโซลาร์เซลล์

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ คณะจารย์และภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้ความอนุเคราะห์ให้คำปรึกษา เงินทุนสนับสนุน ตลอดจนสถานที่ใช้สำหรับสร้างเครื่องเพื่อทำการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

ศุภชัย กวินวุฒิกุล. ระบบควบคุมแผงโซลาร์เซลล์ให้เคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาครุศาสตรเครื่องกลมหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี; 2551

นิคม ผึ้งคำ. การเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยระบบหล่อเย็น. วารสารมหาบัณฑิตทักษิณ 2551;

11(2): กรกฎาคม-ธันวาคม

Deepthi.S. Comparison of efficiencies of single-axis tracking system and dual-axis tracking system with fixed mount.

International journal of engineering science and innovation technology; 2013. p. 425-430

Dipti.B. Fuzzy control based solar tracker using arduino. International journal of engineering science and innovation Technology; 2013.

Adrian.C. Azimuth-Altitude dual axis solar tracker. Worcester polytechnic institute; 2010.

Emre.K. A comparison of fuzzy logic and PID controller for a single-axis solar. Renewables : Wind, Water, and Solar; 2016.

Ibrahim.R. Solar position algorithm for solar radiation application.. NREL/TP-560-34302; 2008.

Fazlur K. Design and implementation of a sensorless dual axis solar tracking system based on solar chart algorithm using arduino. First national conference on renewable; 2014.

Anusorn C. Energy Management in Building, Khon kaen University

John A, William A. Solar Engineering of Thermal Processes. Fourth Edition; 2013

Available from: <http://www.cleantick.com/uploads/pages/pic/1302866243.png>

Available from: <https://pvpmc.sandia.gov/wp-content/uploads/2012/05/SNL-2-axis-TrackerB1.jpg>