

การควบคุมทิศทางของแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์
โดยการระบุตำแหน่งดวงอาทิตย์และการตรวจวัดความเข้มแสงอาทิตย์
Solar Tracking Systems Using Sun's Position and Solar Intensity Measurements

ภาณุวัฒน์ เนือยทอง พัทธีพร มงคลวัฒนากุล เพ็ญพร ศิริลัทพพร ผศ.ดร.เกรียงไกร อัสวามาศบันลือ
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Panuwat Nuaythong, Patchareeporn Mhongkolwatthanakul, Penporn Sirilatthaporn, Dr.Kriengkrai Assawamartbunlue*
Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University

*Email: kriengkrai.a@ku.ac.th

บทคัดย่อ

การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด นอกจากจะขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพในการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานในรูปที่ต้องการของแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์แล้ว ยังขึ้นอยู่กับทิศทางที่แสงอาทิตย์ตกกระทบแผงรับพลังงานซึ่งสัมพันธ์กับความเข้มของแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนแผงรับพลังงานด้วย ซึ่งโดยส่วนใหญ่แล้วประสิทธิภาพของแผงรับพลังงานจะแปรเปลี่ยนไปตามมุมที่แสงอาทิตย์ตกกระทบแผงรับพลังงาน และจะสูงสุดเมื่อแสงอาทิตย์อยู่ในแนวตั้งฉากกับแผงรับพลังงานเพราะจะได้ความเข้มของแสงอาทิตย์สูงสุด อย่างไรก็ตาม การที่ดวงอาทิตย์เคลื่อนที่อยู่ตลอดเวลา ทำให้มุมที่แสงอาทิตย์ตกกระทบกับแผงรับพลังงานเปลี่ยนไปถ้าการติดตั้งเป็นแบบติดตั้งอยู่กับที่ การวิจัยนี้ได้ทำการพัฒนาระบบควบคุมทิศทางของแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ขึ้นมา 2 วิธี คือ 1.การควบคุมโดยระบุตำแหน่งของดวงอาทิตย์และ 2.การควบคุมโดยใช้ความเข้มของแสงอาทิตย์กล่าวคือแผงรับพลังงานจะหมุนไปที่ที่มีความเข้มของแสงอาทิตย์มากที่สุด

ระบบควบคุมจะทำการคำนวณตำแหน่งดวงอาทิตย์ตามเวลาหรือหาตำแหน่งที่มีความเข้มแสงอาทิตย์สูงสุดแล้วส่งสัญญาณไปที่มอเตอร์เพื่อหมุนแผงรับพลังงานไปยังตำแหน่งที่ต้องการ ในการทดสอบระบบควบคุมทั้งสองวิธี แผงรับพลังงานแบบเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าได้ถูกนำมาใช้ มอเตอร์ควบคุมทิศทาง 2 ตัวถูกติดตั้งเข้ากับตัวแผงเพื่อให้สามารถเคลื่อนที่ได้ใน 2 แนวแกน จากการทดสอบพบว่า เมื่อเปรียบเทียบกับแผงรับพลังงานที่ตั้งอยู่กับที่ในแนว 14 องศาได้แล้ว การควบคุมแบบระบุตำแหน่งดวงอาทิตย์จะทำให้ได้ค่าความต่างศักย์ที่แผงรับพลังงานเพิ่มขึ้น 14.77% ในขณะที่การควบคุมแบบตรวจวัดความเข้มแสงทำให้ค่าความต่างศักย์มีค่าเพิ่มขึ้นถึง 20.38% และเมื่อเปรียบเทียบการควบคุมทั้งสองแบบจะพบว่าการควบคุมโดยใช้ความเข้มแสงเป็นหลักจะทำให้ค่าความต่างศักย์ที่ได้จากแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์มีค่ามากกว่าการควบคุมแบบระบุตำแหน่งดวงอาทิตย์

Abstract

One of several factors that affects on the amount of useful energy from a solar collector is the solar incident angle, i.e., the angle between the normal to the surface and a line collinear with the sun's rays, by which the solar flux on the collector is depend on. The collector can obtain the maximum energy if the sun rays are perpendicular to the collector surface. For fixed collectors, the sun's motion changes the incident angle on the collector surface and therefore reduces the collector efficiency. In this research, two solar tracking systems are developed. One uses the concept of sun's position to activate the actuator by which the collector is always perpendicular to the sun rays. The other concept uses the maximum solar intensity to activate the actuator by which the collector will rotate to a point where the solar intensity is maximum.

Solar cells and a micro-controller with 4-inputs and 2-outputs are used in experiments. Two stepper motors are mounted on the solar panel for north-south and east-west axis. The tracking systems determine the sun's position or locate the maximum intensity point, and then send signal to rotate the panel to such location. Four light dependent resistances (LDR) are modified to sense the maximum intensity point. In comparison with a 14° tilted angle, south-facing fixed collector, the tracking system using sun's position provides more voltage by 14.77% while the tracking system using maximum solar intensity provides more voltage by 20.38%. Compared between two tracking systems, one using maximum solar intensity provides more voltage.

1. บทนำ

จากวิกฤตการณ์พลังงานในปัจจุบัน ทำให้แนวคิดการนำพลังงานประเภทอื่นมาทดแทนมีมากขึ้น พลังงานทดแทนที่มีศักยภาพมากที่สุดชนิดหนึ่งคือพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งสามารถแปลงเป็นพลังงานไฟฟ้าหรือพลังงานความร้อนก็ได้ แผงรับพลังงานแสงอาทิตย์เป็นอุปกรณ์ชิ้นแรกที่จะรับพลังงานแสงอาทิตย์มาแปลงเป็นพลังงานในรูปแบบอื่นที่ต้องการ ประสิทธิภาพของการแปลงพลังงานนอกจากจะขึ้นอยู่กับการออกแบบและการเลือกวัสดุที่เหมาะสมแล้ว ทิศทางของแสงที่ตกกระทบบนแผงก็เป็นอีกตัวแปรหนึ่งที่สำคัญ ซึ่งโดยส่วนใหญ่แล้วจะถูกออกแบบให้มีประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อแสงตกกระทบบนแผงตั้งฉากกับแผงรับพลังงาน อีกทั้งคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ทำแผงก็ขึ้นอยู่กับทิศทางของแสงเช่นกัน ไม่ว่าจะเป็นคุณสมบัติการดูดซับ การสะท้อนและการทะลุผ่านของแสง

ปัจจุบันการติดตั้งแผงรับพลังงานนิยมใช้การวางแผงไว้อยู่กับที่ โดยหันหน้าไปทางทิศใดทิศหนึ่ง และเอียงจากแนวนอนที่ค่าๆหนึ่ง ซึ่งคาดว่า ณ ตำแหน่งดังกล่าวจะทำให้สามารถรับพลังงานเฉลี่ยได้สูงสุดตลอดทั้งปี เนื่องจากมีราคาถูก อุปกรณ์น้อยและมีค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาต่ำ อย่างไรก็ตาม การที่โลกหมุนรอบตัวเองและหมุนรอบดวงอาทิตย์ตลอดเวลา ทำให้มุมของแสงที่ตกกระทบบนแผงรับพลังงานไม่อยู่ในแนวตั้งฉาก ส่งผลให้พลังงานที่ได้ลดน้อยลง ซึ่งถ้าพิจารณาในรายละเอียดแล้วจะพบว่ามุมตกกระทบบนแผงมีผลกับพลังงานที่ได้อย่างมาก อาทิเช่นแผงรับพลังงานที่เคลือบด้วยสีดำนี้อาจมีประสิทธิภาพการดูดซับพลังงานจะมีค่าเท่ากับ 0.96 ถ้ามุมตกกระทบบนแผงอยู่ในช่วง 0-30 องศา จะมีค่า 0.93 ที่มุมระหว่าง 40-50 องศา และจะมีค่า 0.66 ที่มุมระหว่าง 80-90 องศา ซึ่งจะเห็นได้ว่าความสามารถในการดูดซับพลังงานลดน้อยลง

ดังนั้นเอง การควบคุมให้แสงตกกระทบบนแผงตั้งฉากกับแผงรับพลังงานเป็นสิ่งสำคัญ ในโครงการวิจัยนี้ได้ทำการพัฒนาระบบควบคุมแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ขึ้นมา 2 แบบด้วยกัน โดยแบบแรกเป็นการควบคุมให้แผงรับพลังงานแสงอาทิตย์หมุนตามตำแหน่งของดวงอาทิตย์ และแบบที่สองเป็นการควบคุมให้แผงรับพลังงานแสงอาทิตย์หมุนไปในทิศที่มีความเข้มข้นแสงสูงสุด โดยพัฒนาเครื่องมือวัดที่ใช้ LDR เป็นอุปกรณ์ในการตรวจจับ แผงรับพลังงานจะถูกขับเคลื่อนโดยมอเตอร์ซึ่งถูกควบคุมโดย Micro-controller การทดสอบระบบควบคุมทั้งสองแบบจะทำโดยเปรียบเทียบกับแผงรับพลังงานที่ตั้งอยู่กับที่ในแนว 14° ได้โดยใช้แผงรับพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับผลิตกระแสไฟฟ้าเป็นตัวทดสอบ ค่าที่จะนำมาเปรียบเทียบคือค่าความต่างศักย์ของไฟฟ้าที่แผงผลิตได้ ซึ่งจะแปรเปลี่ยนไปตามความเข้มของแสงที่แผงได้รับ โดยจะทำการวัดค่าแบบชั่วขณะทุกชั่วโมง

2. การตรวจเอกสาร

ระบบควบคุมทิศทางของแผงรับพลังงานเป็นอุปกรณ์ที่จัดสร้างขึ้นเพื่อทำหน้าที่หมุนแผงรับพลังงานให้ตั้งฉากกับทิศทางของรังสีอาทิตย์ตลอดเวลาเพราะประสิทธิภาพของแผงและคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ทำแผงจะสูงที่สุด การหมุนแผงรับพลังงานโดยปกติจะมีอยู่ 3 แบบคือหมุนตามแกนเหนือใต้ หมุนตามแกนตะวันออกตะวันตก และหมุน

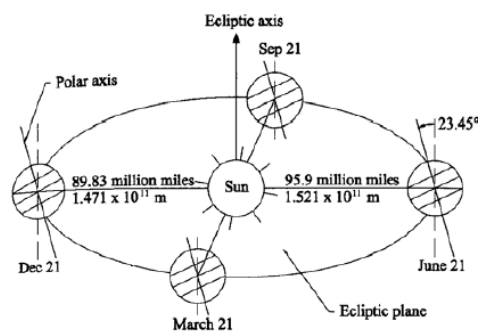
ได้ทั้งสองแนวแกน ระบบควบคุมที่หมุนแกนตามแนวเหนือใต้ที่มีการติดตั้งที่มุมเอียงของแผงที่เหมาะสมสามารถรับพลังงานแสงอาทิตย์ได้มากกว่า 96% ในบริเวณที่มีค่าละติจูดสูงในฤดูหนาว [1]

ระบบควบคุมส่วนใหญ่ใช้มอเตอร์ในการขับเคลื่อน ขึ้นอยู่กับว่าการขับเคลื่อนนั้นใช้แหล่งจ่ายไฟจากภายนอกหรือจากตัวแผงรับพลังงานเองซึ่งจะต้องมีการเผื่อขนาดของแผงที่ใหญ่ขึ้น ในส่วนของการหาตำแหน่งทิศทางของแสงอาทิตย์จะใช้ตัวเซลล์แสงอาทิตย์เป็นตัวหาทิศทางซึ่งจะต้องมีการออกแบบพิเศษเฉพาะ นอกจากนั้นยังมีการนำตัวหาทิศทางของแสงที่มีความไวต่อรังสีอัลตราไวโอเลตมาใช้แทน ซึ่งจะตรวจวัดปริมาณของรังสีแทนการวัดปริมาณความเข้มข้นของรังสีซึ่งวัดได้ยากกว่า แต่อุปกรณ์ชนิดนี้จะมีราคาแพงกว่า ในการนำมาใช้จะต้องคำนึงว่าปริมาณพลังงานที่ได้รับเพิ่มขึ้นมากกว่าจำนวนเงินที่จ่ายเพิ่มหรือไม่ [2]

นอกจากการขับเคลื่อนโดยการใช้อุปกรณ์แล้ว ยังมีการขับเคลื่อนที่อาศัยคุณสมบัติของของเหลวและแรงโน้มถ่วง ซึ่งจะอาศัยหลักการเคลื่อนที่ของของเหลวจากรางด้านหนึ่งไปยังอีกรางด้านหนึ่งทำให้เกิดแรงหมุนเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก การเคลื่อนที่ของของเหลวเกิดจากการดูดซับพลังงานแสงอาทิตย์ของของเหลวที่รางด้านหนึ่ง ทำให้ของเหลวมีอุณหภูมิสูงขึ้นและเกิดการขยายตัวไปยังรางอีกด้านหนึ่งซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่า จนกระทั่งมีน้ำหนักมากพอที่จะหมุนแผงรับพลังงานไปยังทิศที่ต้องการเพื่อให้เกิดความสมดุลของระหว่งน้ำหนักทั้งสองด้าน การควบคุมแบบนี้โดยปกติจะหมุนได้เพียงหนึ่งแนวแกนเท่านั้นซึ่งปกติจะเป็นแนวแกนเหนือใต้ [3][4]

3. การออกแบบระบบควบคุม

การออกแบบระบบควบคุมในโครงการวิจัยนี้อาศัยหลักการพื้นฐานทางวิศวกรรมศาสตร์หลายอย่างด้วยกัน สิ่งที่เป็นหัวใจหลักของการพัฒนาประกอบไปด้วยหัวข้อต่อไปนี้

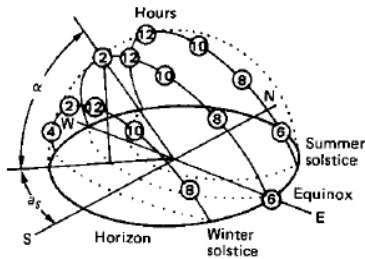


รูปที่ 1 วงโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์

3.1 การเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์

โลกหมุนรอบดวงอาทิตย์หนึ่งรอบใช้เวลา 365.25 วัน โดยมีลักษณะวงโคจรเป็นรูปวงรีดังแสดงในรูปที่ 1 ในขณะที่โลกหมุนรอบดวงอาทิตย์ โลกก็หมุนรอบตัวเองโดยใช้เวลา 24 ชั่วโมงต่อหนึ่งรอบ แกนหมุนของโลกรอบตัวเองจะเอียงทำมุม 23.5° กับระนาบวงรีที่โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์ จากปรากฏการณ์ธรรมชาตินี้เอง ทำให้แสงจากดวงอาทิตย์ที่ตกบนพื้นโลก ณ จุดใดจุดหนึ่งเปลี่ยนแปลงไปตลอดเวลา

การระบุตำแหน่งของดวงอาทิตย์จากจุดใดจุดหนึ่งบนพื้นโลก จะสมมติว่าโลกอยู่หนึ่งกับที่ และดวงอาทิตย์หมุนรอบโลก ซึ่งจะทำให้สามารถมองเห็นดวงอาทิตย์ดังแสดงในรูปที่ 2 ตำแหน่งของดวงอาทิตย์เทียบกับจุดใด ๆ จะสามารถระบุได้โดยใช้มุมสองมุมคือมุมอาซิมุท (a_s) และมุมอัลติจูด (α) มุมอาซิมุทเป็นมุมที่วัดบนระนาบแนวนอนซึ่งวัดระหว่างทิศใต้กับเส้นที่ลากในแนวตั้งจากดวงอาทิตย์ถึงระนาบในแนวนอน จะมีค่าเป็นบวกเมื่อวัดไปทางทิศตะวันตกและลบเมื่อวัดไปทางทิศตะวันออก ส่วนมุมอัลติจูดเป็นมุมที่วัดจากแนวระนาบขึ้นไปถึงจุดศูนย์กลางของดวงอาทิตย์



รูปที่ 2 ตำแหน่งของดวงอาทิตย์บนเส้นละติจูด 40° เหนือ

มุมทั้งสองมุมสามารถคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$\sin(\alpha) = \sin(L)\sin(\delta_s) + \cos(L)\cos(\delta_s)\cos(h_s) \quad (1)$$

$$\sin(a_s) = \frac{\cos(\delta_s)\sin(h_s)}{\cos(\alpha)} \quad (2)$$

โดยที่ L คือค่าเส้นละติจูดของตำแหน่งอ้างอิง h_s คือค่าองศาชั่วโมง (solar hour angle) วัดจากตำแหน่งของดวงอาทิตย์เป็นหลัก โดยให้ h_s มีค่าเป็นศูนย์เมื่อดวงอาทิตย์อยู่ในตำแหน่งสูงสุดของแต่ละวันเรียกตำแหน่งนี้ว่า “เวลาที่เที่ยงตามเวลาดวงอาทิตย์” (solar noon) และจะเพิ่มขึ้น 15° ทุกหนึ่งชั่วโมงจากตำแหน่งนี้ จะมีค่าเป็นบวกเมื่อเพิ่มขึ้นไปทางทิศตะวันตกหรือช่วงบ่าย และเป็นลบเมื่อย้อนหลังไปทางทิศตะวันออกหรือช่วงเช้า กล่าวคือ ณ เวลา 13:00น. h_s มีค่าเท่ากับ 15° เวลา 10:00น. h_s มีค่าเท่ากับ -30° ส่วน δ_s คือค่ามุมเอียงดวงอาทิตย์ (solar declination angle) เป็นมุมที่วัดระหว่างเส้นที่เชื่อมจุดศูนย์กลางของโลกและดวงอาทิตย์กับระนาบวงโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์สามารถคำนวณได้จาก

$$\delta_s = 23.45^\circ \sin\left[\frac{360 \times (284 + n)}{365}\right] \quad (3)$$

โดยที่ n คือจำนวนวันในหนึ่งปี เช่นวันที่ 1 กุมภาพันธ์ จะมีค่า $n=32$ เป็นต้น สมการข้างต้นเป็นสมการที่ใช้เวลาตามดวงอาทิตย์เป็นหลักในการคำนวณหาตำแหน่งของดวงอาทิตย์อ้างอิงกับเวลาท้องถิ่นจะต้องทำการเปลี่ยนเวลาท้องถิ่นให้เป็นเวลาตามดวงอาทิตย์เสียก่อน ซึ่งสามารถคำนวณโดยใช้สมการ

$$\text{solar time} = LST + ET + (l_{st} - l_{local}) \times 4 \text{ min/degree} \quad (4)$$

LST คือเวลาตามเวลาท้องถิ่น l_{st} คือค่าลองจิจูดมาตรฐานสำหรับกำหนดเวลาท้องถิ่นของจุดอ้างอิง l_{local} คือค่าลองจิจูดของจุดอ้างอิง และ ET คือค่า Equation of Time ใช้สำหรับชดเชยความเร็วในการหมุนรอบดวงอาทิตย์ของโลกที่ไม่คงที่ซึ่งสามารถประมาณได้จาก

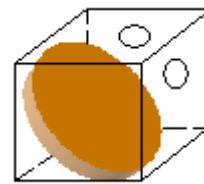
$$ET = 9.87 \sin(2B) - 7.53 \cos(B) - 1.5 \sin(B) \quad (5)$$

$$B = \frac{360 \times (n - 81)}{364} \quad (6)$$

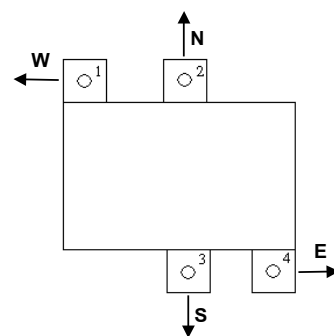
การคำนวณตำแหน่งดวงอาทิตย์โดยละเอียดสามารถศึกษาเพิ่มเติมได้จากหนังสือวิศวกรรมรังสีอาทิตย์พื้นฐานทั่วไป [1]

3.2. การวัดความเข้มแสงอาทิตย์

จุดประสงค์หนึ่งของโครงการนี้คือการพัฒนาเครื่องมือวัดความเข้มแสงอาทิตย์ที่มีราคาถูก สามารถหาซื้อชิ้นส่วนและจัดสร้างได้ง่าย และมีความแม่นยำในระดับดี แทนการซื้อเครื่องมือวัดที่มีความแม่นยำสูงแต่มีราคาแพงเกินไป ชิ้นส่วนหลักในเครื่องมือวัดที่ทำการพัฒนาขึ้นคือ Light Dependent Resistor (LDR) ซึ่งมีค่าความต้านทานแปรเปลี่ยนไปตามปริมาณแสงที่ตกกระทบ โดยปกติ LDR จะมีค่าความต้านทานสูงในที่มืดและจะลดลงตามปริมาณความเข้มแสงที่ตกกระทบ LDR จะถูกบรรจุไว้ในกล่องสี่เหลี่ยมทึบที่เจาะรูไว้ 2 รูตรงกลางบนด้านที่ติดกัน LDR จะถูกวางไว้ทำมุม 45° ดังแสดงไว้ในรูปที่ 3 ค่าความต้านทานของ LDR จะแปรเปลี่ยนไปตามปริมาณแสงที่ได้รับผ่านรู 2 รูนี้ กล่องสี่เหลี่ยมทึบถูกนำมาใช้เพื่อกำหนดทิศทางของแสงที่จะเข้ามาและควบคุมการตอบสนองของ LDR ถ้าดวงอาทิตย์อยู่ในตำแหน่งแนวเดียวกันกับรูที่เจาะไว้หรืออยู่ในแนวตั้งฉากกับพื้นผิวที่เจาะรูไว้ จะทำให้มีแสงส่องเข้ามาภายในมากที่สุด ซึ่งเป็นทิศที่มีความเข้มแสงมากที่สุด หรืออีกนัยหนึ่งเป็นการกำหนดมุม Solid Angle ของ LDR ที่จะมองเห็นดวงอาทิตย์นั่นเอง



รูปที่ 3 การติดตั้ง LDR ในกล่องสี่เหลี่ยมทึบเจาะรู



รูปที่ 4 การติดตั้งเครื่องมือวัดความเข้มแสงอาทิตย์ลงบนแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์

ในการติดตั้งเครื่องมือวัดความเข้มแสงลงบนแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ จะใช้เครื่องมือวัดดังแสดงในรูปที่ 3 ทั้งสิ้น 4 ตัวติดตั้งบนโครงด้านนอกของแผงรับพลังงาน โดยวางให้รูด้านใดด้านหนึ่งของเครื่องมือวัดหันหน้าไปยังทิศใดทิศหนึ่ง ดังนั้นเครื่องมือวัด 4 ตัวก็จะหันหน้าไปทางทิศเหนือ ใต้ ตะวันออกและตะวันตก รวมเป็น 4 ทิศด้วยกัน

ส่วนอีกหนึ่งรูที่เหลืจะวางให้แสงที่ส่องผ่านเข้ามาอยู่ในแนวตั้งฉากกับแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ แสดงดังรูปที่ 4

3.3. ระบบควบคุม

การควบคุมทิศทางของแผงรับพลังงานให้หมุนไปยังทิศทางการที่ต้องการตามที่คำนวณได้จากหลักการทั้งสองแบบ จะอาศัยระบบควบคุมแบบ Micro-controller สมการในการคำนวณและตรรกะในการควบคุมมอเตอร์จะถูกเขียนขึ้นเป็นโปรแกรมภาษา C ซึ่งจะถูกเปลี่ยนเป็นภาษาเครื่องอีกครั้งหนึ่งก่อนบันทึกลงหน่วยความจำของ Micro-controller ในการควบคุมแผงรับพลังงาน ผู้ใช้จะต้องเลือกการควบคุมแบบใดแบบหนึ่ง ตัว Micro-controller จะคำนวณทิศทางของดวงอาทิตย์หรือหาทิศทางที่มีความเข้มแสงสูงสุด ตามสมการและอุปกรณ์ในหัวข้อ 3 และ 4 ตามลำดับ แล้วส่งสัญญาณไปยังมอเตอร์ 2 ตัวเพื่อหมุนแผงไปยังทิศที่ต้องการ มอเตอร์ตัวที่หนึ่งจะหมุนแผงในทิศเหนือได้ ส่วนอีกตัวจะหมุนในทิศตะวันออกและตะวันตก ทำให้แผงรับพลังงานหมุนได้ทั้งสองแนวแกนหรือ 3 มิติ นั่นเอง

ในการควบคุมแบบอาศัยตำแหน่งของดวงอาทิตย์ ตัวควบคุมจะทำการคำนวณตำแหน่งของดวงอาทิตย์ให้ตลอดเวลาตามวันและเวลาท้องถิ่น แต่จะส่งสัญญาณไปที่มอเตอร์ก็ต่อเมื่อต้องหมุนมอเตอร์มากกว่าหรือเท่ากับ 1.8° เนื่องจากเป็นข้อจำกัดของ Stepper Motor ที่จัดทำมา สัญญาณสูงหนึ่งลูกสัญญาณ (pulse) จะหมุนมอเตอร์ไป 1.8° ซึ่งจะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในช่วงเวลาที่จะต้องหมุน $0^\circ - 1.7^\circ$ ความคลาดเคลื่อนนี้สามารถลดลงได้ถ้าใช้มอเตอร์ที่มีความละเอียดสูงหรือเปลี่ยนประเภทมอเตอร์ที่มีการเคลื่อนที่แบบต่อเนื่อง เช่นมอเตอร์ AC หรือ DC แต่ก็จะทำให้การจัดสร้าง Micro-controller มีความยุ่งยากและราคาแพง

การควบคุมแบบอาศัยความเข้มแสง ตัวควบคุมจะทำงานโดยการอ่านค่าความต้านทานของ LDR แต่ละตัวแล้วทำการเปรียบเทียบค่าความต้านทานดังกล่าว สัญญาณควบคุมจากตัวควบคุมจะถูกส่งไปยังมอเตอร์ทั้งสองตัวเพื่อที่จะหมุนแผงรับพลังงานไปยังทิศที่มีค่าความต้านทานต่ำที่สุดเพราะเป็นทิศที่มีความเข้มแสงมากที่สุด การหมุนของแผงจะหยุดลงก็ต่อเมื่อค่าความต้านทานของ LDR ทั้ง 4 ตัวมีค่าเท่ากันและต่ำที่สุดซึ่งจะหมายความว่าแผงรับพลังงานหันหน้าตั้งฉากกับทิศทางของความเข้มแสงสูงสุดแล้วนั่นเอง เพื่อป้องกันไม่ให้แผงรับพลังงานตอบสนองกับแสงมากเกินไป ในกรณีที่มีเมฆหรือเงาไม้บังดวงอาทิตย์เป็นช่วงเวลาสั้นๆ ตัวควบคุมจะถูกตั้งให้มีการหน่วงเวลาเล็กน้อยก่อนที่จะส่งสัญญาณไปมอเตอร์ขับเคลื่อนเพื่อให้แน่ใจว่าแสงมีการเปลี่ยนแปลงทิศทางแล้วจริง

4. การทดลองระบบควบคุม

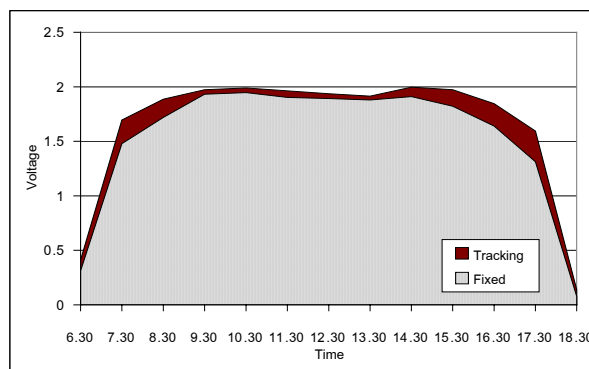
ในการทดสอบการควบคุมทิศทางของแผงรับพลังงาน แผงรับพลังงานประเภทแปลงเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ถูกนำมาใช้ ประกอบด้วยเซลล์แสงอาทิตย์จำนวน 4 เซลล์วางอยู่บนแผงเดียวกัน แต่ละเซลล์ผลิตไฟฟ้าได้ที่ความต่างศักย์ 0.5 โวลต์ นำมาต่อแบบอนุกรมซึ่งกันและกันทำให้สามารถผลิตไฟฟ้าได้ที่ความต่างศักย์ 2 โวลต์ แผงรับพลังงานจะถูกควบคุมโดย Stepper Motor 2 ตัวทำให้สามารถหมุนแผง

ได้รอบทิศทาง ซึ่งจะถูกต้องเข้ากับ Micro-controller ที่จัดสร้างขึ้นที่มีช่องสัญญาณเข้าแบบอนาล็อก 4 ช่อง แบบดิจิทัล 2 ช่องและช่องสัญญาณออกแบบดิจิทัล 2 ช่องซึ่งสามารถส่งสัญญาณแบบลูกคลื่นได้ (pulse) พร้อมทั้งติดตั้งวงจรนาฬิกาบอกเวลาท้องถิ่นเพื่อใช้ในการคำนวณตำแหน่งของดวงอาทิตย์เทียบกับเวลาท้องถิ่นของสถานที่ติดตั้งแผงรับพลังงาน

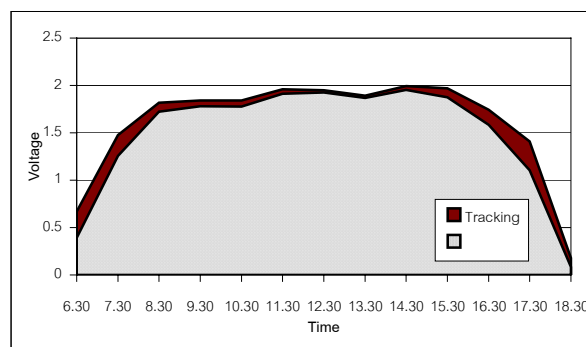
การเก็บข้อมูลพลังงานที่ได้จากแผงรับพลังงานจะใช้วิธีการวัดค่าความต่างศักย์แทนการวัดค่าพลังงานโดยตรงเนื่องจากความสะดวกในการจัดหาและติดตั้งอุปกรณ์ที่สามารถบันทึกข้อมูลได้ตลอดเวลา ซึ่งทั้งสองค่าจะเปลี่ยนแปลงไปตามความเข้มแสงที่ตกกระทบลงบนแผง การทดสอบทำในเดือนมกราคม ซึ่งเป็นเดือนที่คาดว่าจะมีเมฆบนท้องฟ้าค่อนข้างน้อย โดยเก็บข้อมูลตั้งแต่เช้าจรดเย็นเป็นระยะเวลา 5 วันติดกัน รายละเอียดการทดสอบสามารถดูได้จาก [5] ผลของการทดสอบระบบควบคุมทั้งสองแบบจะนำมาเปรียบเทียบกับแผงรับพลังงานที่ติดตั้งอยู่กับที่หันหน้าไปทางทิศใต้โดยแผงมีมุมเอียง 14° จากแนวระนาบ

5. ผลการทดลอง

ผลการทดลองระบบควบคุมทั้งสองแบบแสดงดังกราฟรูปที่ 5 และ 6 เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความต่างศักย์ที่ได้จากแผงรับพลังงานที่ติดตั้งอยู่กับที่ จะเห็นได้ว่าแผงที่ติดตั้งระบบควบคุมทิศทางสามารถให้ค่าความต่างศักย์ที่มากกว่าหรือให้พลังงานที่มากกว่าโดยเฉพาะในช่วงเช้าและช่วงเย็นของแต่ละวัน แต่ในช่วงกลางวันจะให้ค่าที่ใกล้เคียงกัน



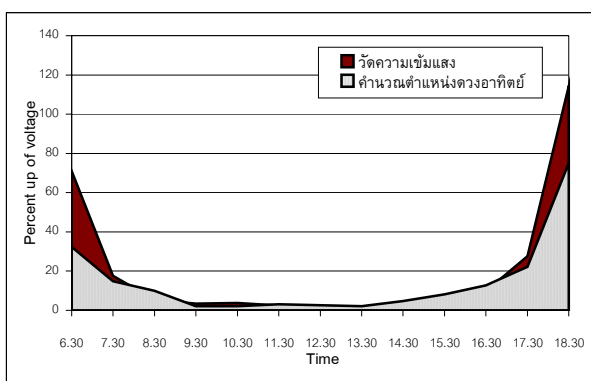
รูปที่ 5 การเปรียบเทียบค่าความต่างศักย์เฉลี่ยระหว่างแผงที่ติดตั้งอยู่กับที่กับแผงที่ถูกควบคุมโดยตำแหน่งของดวงอาทิตย์



รูปที่ 6 การเปรียบเทียบค่าความต่างศักย์เฉลี่ยระหว่างแผงที่ติดตั้งอยู่กับที่กับแผงที่ถูกควบคุมโดยความเข้มของรังสีอาทิตย์

การติดตั้งแผงรับพลังงานแบบอยู่กับที่หรือหันหน้าหาทิศใต้ตลอดเวลา ทำให้แผงรับพลังงานไม่สามารถรับรังสีแสงอาทิตย์ในแนวตั้งฉากกับแผงได้ในช่วงเช้าและช่วงเย็น ซึ่งดวงอาทิตย์อยู่เอียงไปทางทิศตะวันออกและตะวันตก ส่งผลให้สูญเสียพลังงานบางส่วนในช่วงเวลานี้ ในขณะที่แผงที่สามารถหมุนได้สามารถปรับมุมของแผงให้ตั้งฉากกับทิศทางของรังสีแสงอาทิตย์ตลอดเวลา ในช่วงเวลากลางวันเนื่องจากดวงอาทิตย์อยู่ในตำแหน่งที่สูง ทำให้แนวของรังสีแสงอาทิตย์อยู่ในแนวตั้งฉากกับแผง ไม่ว่าจะเป็นระบบควบคุมทิศทางของแผงหรือไม่ก็ตาม

ในส่วนของการเปรียบเทียบระหว่างแผงรับพลังงานที่อาศัยตำแหน่งของดวงอาทิตย์และความเข้มแสงดังแสดงในรูปที่ 7 จะเห็นได้ว่าแผงที่ใช้การควบคุมแบบความเข้มแสงอาทิตย์เป็นหลักจะได้พลังงานที่สูงกว่าในช่วงเช้าและช่วงเย็น เพราะแผงจะหมุนไปทิศที่มีความเข้มแสงสูงสุดซึ่งไม่จำเป็นจะตรงเป็นแนวเดียวกับดวงอาทิตย์เสมอไป รังสีอาทิตย์ที่ตกลงแผงรับพลังงานจะประกอบไปด้วยรังสี 3 ประเภทคือรังสีตรง รังสีกระจายและรังสีสะท้อนจากบริเวณข้างเคียง ในกรณีที่ท้องฟ้ามีเมฆมาก ปริมาณรังสีกระจายและรังสีสะท้อนจะสูงซึ่งระบบควบคุมจะหมุนแผงไปยังทิศที่มีความเข้มแสงสูงสุด อย่างไรก็ตามการควบคุมนี้มอเตอร์จะทำงานมากกว่าเนื่องจากจะต้องคอยหมุนตัวแผงรับพลังงานตลอดเวลาเพราะมีการตอบสนองต่อความเข้มแสงที่ไวมาก



รูปที่ 7 การเปรียบเทียบค่าความต่างศักย์เฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นระหว่างแผงที่ถูกควบคุมโดยตำแหน่งของดวงอาทิตย์และโดยความเข้มของรังสีอาทิตย์

6.สรุปผลการทดลอง

เมื่อเปรียบเทียบค่าความต่างศักย์กับแผงรับพลังงานที่อยู่กับที่ การควบคุมการเคลื่อนที่ของแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ให้หมุนตามตำแหน่งของดวงอาทิตย์ จะได้ค่าความต่างศักย์เฉลี่ยเพิ่มขึ้นประมาณ 14.77% ส่วนการควบคุมการเคลื่อนที่ของแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ให้หมุนตามความเข้มแสงค่าความต่างศักย์เฉลี่ยเพิ่มขึ้นประมาณ 20.38% เมื่อเปรียบเทียบการควบคุมทั้งสองแบบพบว่าค่าความต่างศักย์เฉลี่ยที่ได้จากการควบคุมการเคลื่อนที่ของแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้เครื่องตรวจจับความเข้มแสงจะมีค่ามากกว่าการใช้เครื่องตรวจจับตำแหน่งดวงอาทิตย์อยู่ถึง 37.98%

จากการวิจัยนี้จะเห็นได้ว่าระบบควบคุมและเครื่องมือวัดความเข้มแสงที่ได้พัฒนาขึ้นสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการรับพลังงานของแผงรับพลังงาน อย่างไรก็ตาม ยังมีจุดที่สามารถพัฒนาต่อไปเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบควบคุม อาทิเช่น การเปลี่ยนมอเตอร์จาก Stepper Motor เป็นมอเตอร์ที่สามารถหมุนอย่างต่อเนื่อง เพื่อลดความคลาดเคลื่อนจากการหมุนที่เป็นจะต้องขยับอย่างน้อย 1.8° ของ Stepper Motor การพัฒนา Micro-controller ที่ใช้ในการควบคุมมอเตอร์ที่สามารถหมุนอย่างต่อเนื่องซึ่งจำเป็นต้องมี Feedback Loop เพื่อใช้ในการตรวจสอบตำแหน่งที่แผงรับพลังงานหมุนไปว่าตรงตามที่ต้องการหรือไม่ การออกแบบแผงรับพลังงานที่มีตุ้มถ่วงน้ำหนักเพื่อใช้ในการรักษาสมดุล ทำให้ไม่จำเป็นต้องใช้มอเตอร์ที่มีกำลังมากในการขับเคลื่อนถึงแม้ว่าจะเป็นแผงขนาดใหญ่ การปรับปรุงตรรกะในการควบคุมแบบใช้ความเข้มแสงเพื่อไม่ให้แผงรับพลังงานขยับตัวอยู่ตลอดเวลา ซึ่งอาจจะนำระบบ Neural Network มาประยุกต์ใช้เพื่อจดจำปริมาณของแสงในแต่ละทิศทางที่หมุนผ่าน เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

- [1] D.Yogi Goswami, Frank Kreith, and Jan F.Kreider, Principles of Solar Engineering, 2nd Edition, Taylor & Francis, Philadelphia, PA, 2000.
- [2] Northern Arizona Wind & Sun, Inc. "Maximum Power Point Tracker", www.windsun.com, 1998.
- [3] Poulek Solar Co. Ltd., "PV Systems And Components", www.solar-trackers.com, 1994.
- [4] Small Power Systems Co. Ltd., "General tracking information", www.pacificsites.com, 1998.
- [5] พัชรพร มงคลวัฒนากุล และเพ็ญพร ศิริสิทธิ์พร "การเปรียบเทียบพลังงานที่ได้จากแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้เครื่องควบคุมทิศทางของแผงแบบตรวจจับตำแหน่งดวงอาทิตย์และตรวจจับความเข้มของแสง" โครงการวิศวกรรมเครื่องกล วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 2548