

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

พลังงานไฟฟ้าถือได้ว่าเป็นมีความสำคัญและความจำเป็นอย่างยิ่งในการดำเนินชีวิตประจำวันของมนุษย์ แต่การผลิตพลังงานไฟฟ้านั้นต้องใช้ทรัพยากรทางธรรมชาติสำหรับขับเคลื่อนกำลังของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า การผลิตพลังงานไฟฟ้าต้นทุนการผลิตนับได้ว่าเป็นสิ่งที่ต้องคำนึงถึงเป็นอันดับแรก มนุษย์จึงเริ่มมองหาแหล่งพลังงานทดแทนที่ได้จากธรรมชาติซึ่งผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ด้วยต้นทุนต่ำ เช่น พลังงานน้ำ พลังงานลม และพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นต้น ซึ่งเป็นพลังงานที่สะอาด ปราศจากมลพิษ และเป็นพลังงานที่มีศักยภาพสูง ได้มีการสร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าด้วยพลังงานลม พลังงานน้ำขึ้นมา แต่ทั้งสองระบบนี้จำเป็นต้องส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าไปสู่ภาคประชาชนผู้ใช้ไฟฟ้าด้วยสายไฟฟ้า ดังนั้นพลังงานแสงอาทิตย์จึงถูกมองว่าหากจะผลิตพลังงานไฟฟ้านั้น เป็นการลงทุนต่ำที่สุดและเหมาะสมกับบางพื้นที่ที่สายส่งไม่อาจไปถึงได้ ดังนั้นจึงมีการคิดค้นและสร้างสิ่งประดิษฐ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ ที่เรียกว่า “เซลล์แสงอาทิตย์” เพื่อเปลี่ยนความเข้มของแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรงจัดเป็นแหล่งพลังงานทดแทนที่สะอาดและไม่สร้างมลภาวะใดๆ และถูกใช้กันอย่างแพร่หลายในหลายๆ พื้นที่ของประเทศในปัจจุบัน

การติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ที่พบส่วนใหญ่ มักจะเป็นแบบระบบติดตั้งเอียงกับแนวแกนเส้นขอบฟ้า เป็นมุม 15 องศา ของพื้นโลก ซึ่งพบว่า การติดตั้งด้วยระบบนี้ทำให้การผลิตพลังงานไฟฟ้านั้น ไม่อาจผลิตได้อย่างเต็มประสิทธิภาพตลอดทั้งวัน ด้วยเหตุนี้ นักวิจัยจึงได้คิดค้นและสร้างการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ที่สามารถเคลื่อนที่ติดตามตำแหน่งดวงอาทิตย์ ซึ่งปรากฏว่าแผงโซลาร์เซลล์นั้นสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพตลอดทั้งวัน ดังนั้นระบบควบคุมแผงโซลาร์เซลล์เคลื่อนที่ติดตามตำแหน่งของดวงอาทิตย์แบบ 1 แกน จึงถือกำเนิดขึ้น

การควบคุมแผงโซลาร์เซลล์ที่มีระบบควบคุมการเคลื่อนที่ติดตามตำแหน่งของดวงอาทิตย์แบบ 1 แกน หรือ 2 แกน ส่วนใหญ่แล้วจะควบคุมเป็นชุดๆ ไป ถ้าหากว่าบริเวณที่ต้องการทำการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์เป็นจำนวนมาก ใช้พื้นที่บริเวณเดียวกัน หรือมักเรียกกันว่าทุ่งโซลาร์เซลล์ จะใช้ชุดควบคุมมากตามไปด้วย ทำให้สิ้นเปลืองงบประมาณในการสร้าง และเพิ่มประสิทธิภาพได้ไม่มากนักไม่เป็นที่น่าพอใจ

ด้วยสาเหตุที่กล่าวมานั้น ผู้วิจัยจึงมุ่งคิดค้นวิจัยเพื่อผลิตระบบควบคุมจำนวนหนึ่งชุด ที่สามารถควบคุมแผงโซลาร์เซลล์ได้มากกว่าหนึ่งแผงให้เคลื่อนที่ติดตามตำแหน่งดวงอาทิตย์ ด้วย

ไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งผู้วิจัยเห็นว่าระบบควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น มีความยืดหยุ่นสูงมากในการใช้งาน มีความแม่นยำในการควบคุมเชื่อถือได้ อีกทั้งราคาถูกสามารถทำงานได้ต่อเนื่องเป็นเวลานานๆ ไมโครคอนโทรลเลอร์มีหลายบริษัทที่ผลิตออกมา เช่น Atmel, MicroChip ฯลฯ แต่การวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ET-EASY MEGA1280 (Duino Mega) มีข้อดีด้านความเร็วในการประมวลผล มีความง่ายในการเข้าถึงคำสั่งและฟังก์ชัน

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ออกแบบสร้างและทดสอบชุดควบคุมการเคลื่อนที่ของแผงโซลาร์เซลล์ตามดวงอาทิตย์ที่สามารถควบคุมได้มากกว่าหนึ่งแผง ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. ระบบจะทำหน้าที่ควบคุมแผงโซลาร์เซลล์ในการติดตามดวงอาทิตย์โดยอัตโนมัติ แบบเคลื่อนที่ได้ 2 แกน
2. ใช้ความเข้มของแสงดวงอาทิตย์ ในการประมวลผลและควบคุม
3. แผงโซลาร์เซลล์จะเคลื่อนที่ปรับตำแหน่งหาดวงอาทิตย์
4. แผงโซลาร์เซลล์ทั้งหมดจะเคลื่อนที่ไปพร้อมกัน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ระบบชุดควบคุมการเคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์ของแผงโซลาร์เซลล์ ที่สามารถควบคุมแผงได้มากกว่าหนึ่งแผง และแผงโซลาร์เซลล์ทำงานอย่างเต็มประสิทธิภาพ ตลอดทั้งวัน
2. การผลิตไฟฟ้าที่ได้จากระบบโซลาร์เซลล์เคลื่อนที่ได้ 2 แกนตามดวงอาทิตย์สำหรับใช้ควบคุมแผงโซลาร์เซลล์มากกว่าหนึ่งแผงมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นจนเป็นที่น่าพอใจ

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การออกแบบสร้างและทดสอบระบบโซลาร์เซลล์เคลื่อนที่ได้ 2 แกนตามดวงอาทิตย์สำหรับใช้ควบคุมแผงโซลาร์เซลล์มากกว่าหนึ่งแผง ระบบจะติดตามและควบคุมให้แผงโซลาร์เซลล์เคลื่อนที่ติดตามดวงอาทิตย์ไปตลอดทั้งวัน ตั้งแต่แผงโซลาร์เซลล์เริ่มรับความเข้มแสงในตอนเช้า และหมุนกลับไปยังตำแหน่งเริ่มต้นอีกครั้งเมื่อสุดทางทิศตะวันตก ในแต่ละฤดูตำแหน่งการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์จะเปลี่ยนไประบบติดตามก็จะควบคุมให้แผงโซลาร์เซลล์ให้หมุนตามดวงอาทิตย์ได้เช่นกัน ดังนั้นวิทยานิพนธ์นี้มุ่งเน้นการออกแบบสร้างและทดสอบระบบโซลาร์เซลล์เคลื่อนที่ได้ 2 แกนตามดวงอาทิตย์สำหรับใช้ควบคุมแผงโซลาร์เซลล์มากกว่าหนึ่งแผง และเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบติดตามดวงอาทิตย์ และระบบที่ติดตั้งอยู่กับที่

2.1 เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar cell)

2.1.1 ข้อมูลทั่วไปของเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar cell)

พลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นโลก บนพื้นที่ 1 ตารางเมตร โดยเฉลี่ยจะมีพลังงาน ประมาณ 4-5 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อวัน (สถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2546) ซึ่งหมายความว่าในวันหนึ่งๆ บนพื้นที่เพียง 1 ตารางเมตร จะมีพลังงานแสงอาทิตย์ตกกระทบถึง 1,000 วัตต์ เป็นเวลานานถึง 4-5 ชั่วโมง ดังนั้นหากสามารถแปลงพลังงานแสงอาทิตย์ดังกล่าวเป็นพลังงานไฟฟ้า เพื่อนำมาใช้งานได้ก็จะสามารถประหยัดพลังงานจากธรรมชาติ ดังนั้น การแสวงหาแหล่งพลังงานทดแทนนับเป็นสิ่งสำคัญ ในขณะที่โลกกำลังเผชิญกับปัญหาวิกฤติทางด้านพลังงาน ปัจจุบันด้วยเทคโนโลยีที่พัฒนาอย่างต่อเนื่อง จึงมีการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้งานอย่างจริงจัง เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell) เป็นสิ่งประดิษฐ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างจากสารกึ่งตัวนำ ซึ่งสามารถเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ (หรือแสงจากหลอดแสงสว่าง) ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรง และไฟฟ้าที่ได้นั้นจะเป็นไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current) จัดว่าเป็นแหล่งพลังงานทดแทนชนิดหนึ่ง (Renewable Energy) สะอาดและไม่สร้างมลภาวะใดๆ

เซลล์แสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพในการแปลงพลังงานเท่ากับร้อยละ 15 ซึ่งหมายความว่า เซลล์แสงอาทิตย์ที่มีพื้นที่ 1 ตารางเมตร ซึ่งรับพลังงานจากแสงอาทิตย์ 1,000 วัตต์ จะสามารถผลิต พลังงานไฟฟ้าได้ 150 วัตต์หรือเฉลี่ย 600 – 750 วัตต์ต่อชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อวัน (สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ, 2543)

2.1.2 ประวัติความเป็นมาของเซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์ถูกสร้างขึ้นมาครั้งแรกในปี ค.ศ.1954 (พ.ศ. 2497) โดย แชปปีน (Chapin) ฟูลเลอร์ (Fuller) และเพียร์สัน (Pearson) แห่งเบลล์เทเลโฟน (Bell Telephone) โดยทั้ง 3 ท่านนี้ได้ค้นพบเทคโนโลยีการสร้างรอยต่อ พี-เอ็น (P-N) แบบใหม่ โดยวิธีการแพร่สารเข้าไปใน ผลึกของซิลิกอน จนได้เซลล์แสงอาทิตย์อันแรกของโลก ซึ่งมีประสิทธิภาพเพียง 6% ซึ่งปัจจุบันนี้ เซลล์แสงอาทิตย์ได้ถูกพัฒนาขึ้นจนมีประสิทธิภาพสูงกว่า 15% แล้ว ในระยะแรกเซลล์แสงอาทิตย์ส่วนใหญ่จะใช้สำหรับโครงการด้านอวกาศ ดาวเทียม หรือยานอวกาศที่ส่งจากพื้น โลกโคจรในอวกาศ ก็ใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานไฟฟ้า ต่อมาจึงได้มีการนำเอาแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้บนพื้นโลกเช่นในปัจจุบันนี้ เซลล์แสงอาทิตย์ในยุคแรกๆ ส่วนใหญ่จะมีสีดำแต่ในปัจจุบันนี้ได้มีการพัฒนาให้เซลล์แสงอาทิตย์มีสีต่างๆ กันไป เช่น แดง น้ำเงิน เขียว ทอง เป็นต้น เพื่อความสวยงาม (กองพัฒนาทดแทน ฝ่ายพัฒนาพลังงานทดแทน การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2550)

2.1.3 ประเภทของเซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์ที่นิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบันจะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ

2.1.3.1 กลุ่มเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำประเภทซิลิกอน จะแบ่งตามลักษณะของผลึกที่เกิดขึ้น คือ

- 1) แบบที่เป็น รูปผลึก (Crystal) แบ่งออกเป็น 2 ชนิด
 - ก) ชนิดผลึกเดี่ยวซิลิกอน (Single Crystalline Silicon Solar Cell)
 - ข) ชนิดผลึกรวมซิลิกอน (Poly Crystalline Silicon Solar Cell)
- 2) แบบที่ไม่เป็นรูปผลึก (Amorphous) คือ ชนิดฟิล์มบางอะมอร์ฟัสซิลิกอน (Amorphous Silicon Solar Cell) ได้แก่ เซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ในเครื่องคิดเลข ซึ่งมีลักษณะสีม่วง น้ำตาล มีความบางเบา ราคาถูก ผลิตให้เป็นพื้นที่เล็กไปจนถึงใหญ่หลายตารางเมตร ได้ใช้ธาตุซิลิกอนเช่นกัน แต่เคลือบให้เป็นฟิล์มบางเพียง 0.5 ไมครอน หรือ 0.0005 มิลลิเมตรเท่านั้น

2.1.3.2 กลุ่มเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารประกอบที่ไม่ใช่ซิลิกอน ซึ่งประเภทนี้จะเป็นเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพสูงถึง 25 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไปแต่มีราคาสูงมากไม่นิยมนำมาใช้ บนพื้นโลก จึงใช้งานสำหรับดาวเทียมและระบบรวมแสงเป็นส่วนใหญ่ แต่การพัฒนาขบวนการผลิตสมัยใหม่จะทำให้มีราคาถูกลงและนำมาใช้มากขึ้นในอนาคต ซึ่งในปัจจุบันมีการนำมาใช้เพียง 7 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณที่ใช้ทั้งหมด (LEONICS CO.,LTD., 2556)



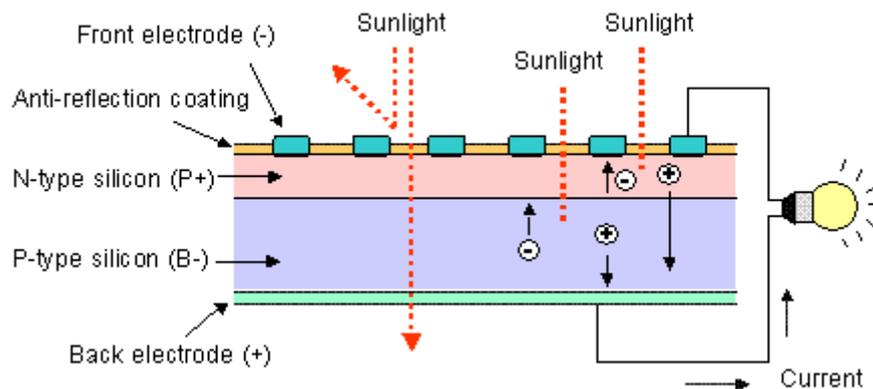
Crystalline Silicon Solar Cells Polycrystalline Silicon Solar Cells Amorphous Silicon Solar Cell

รูปที่ 2.1 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดต่างๆ

ที่มา : LEONICS CO.,LTD.,2556

2.1.4 หลักการทำงานและการใช้งานทั่วไปของเซลล์แสงอาทิตย์

โครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้กันแพร่หลายที่สุด ได้แก่เซลล์แสงอาทิตย์ของสารกึ่งตัวนำซิลิคอน (สถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2546) ซึ่งถลุงได้จากควอตซ์หรือทราย ซึ่งเป็นวัสดุกึ่งตัวนำที่ราคาถูกที่สุด และมีมากที่สุดบนพื้นโลกเซลล์แสงอาทิตย์หนึ่งแผ่นอาจมีรูปร่างเป็นแผ่นวงกลม (เส้นผ่าศูนย์กลาง 5 นิ้ว) หรือแผ่นสี่เหลี่ยมจัตุรัส (ด้านละ 5 นิ้ว) มีความหนา 200-400 ไมครอน (ประมาณ 0.2-0.4 มิลลิเมตร) โดยจะต้องนำมาผ่านกระบวนการแพร่ซึมสารเจือปนในเตาอุณหภูมิสูง (ประมาณ 1,000 องศาเซลเซียส) เพื่อสร้างรอยต่อพีเอ็นด้านหลังเป็นผิวสัมผัสโลหะเต็มหน้า ส่วนด้านหน้าที่รับแสงจะมีลักษณะเป็นลายเส้นคล้ายก้างปลา



รูปที่ 2.2 การทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์

ที่มา : การไฟฟ้าฝ่ายผลิต (EGAT)

เมื่อมีแสงอาทิตย์ตกกระทบเซลล์แสงอาทิตย์ เกิดการสร้างพาหะนำไฟฟ้าประจุลบและบวกขึ้น โครงสร้างรอยต่อเอ็นของสารกึ่งตัวนำ จะทำหน้าที่สร้างสนามไฟฟ้าภายในเซลล์ เพื่อแยกพาหะไฟฟ้าชนิดลบ (อิเล็กตรอน) ให้ไหลไปที่ขั้วลบและทำให้พาหะนำไฟฟ้าชนิดบวก (โฮล) ไหลไปที่ขั้วบวก ด้วยเหตุนี้ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขึ้นที่ขั้วทั้งสองเซลล์แสงอาทิตย์ ที่มีขายในท้องตลาดจะถูกออกแบบให้อยู่ในกรอบอลูมิเนียมเคลือบสีเคลือบผิวซึ่งเรียกว่า แผง หรือ มอดูล เซลล์แสงอาทิตย์ 1 มอดูล จะให้กระแสไฟฟ้าลัดวงจรประมาณ 3 แอมแปร์ และให้แรงดันไฟฟ้า วงจรเปิดประมาณ 0.5 โวลต์ ถ้าต้องการให้ได้กระแสไฟฟ้ามากๆ ก็ทำได้โดยการนำเซลล์มาต่อ ขนานกันหรือถ้าต้องการให้ได้แรงดันไฟฟ้าสูงขึ้น ก็สามารถทำได้โดยนำเซลล์มาต่ออนุกรมกัน

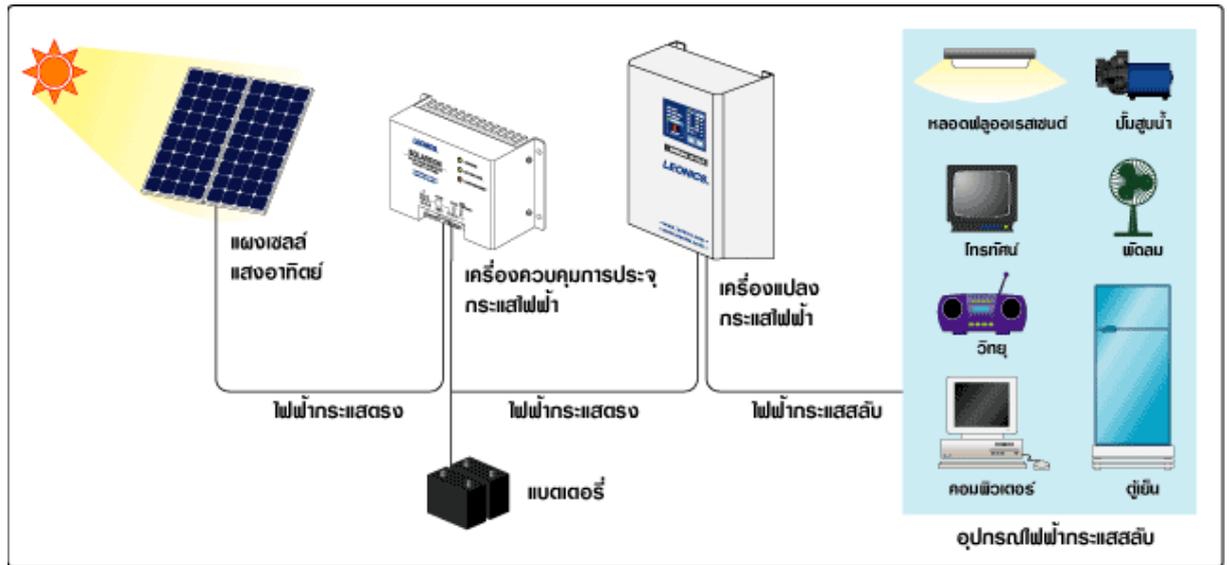
เนื่องจากกระแสไฟฟ้าที่ไหลออกจากเซลล์แสงอาทิตย์เป็นชนิดกระแสตรง ดังนั้นถ้าต้องการจ่ายไฟฟ้าให้เครื่องใช้ไฟฟ้ากระแสตรง เช่น หลอดแสงสว่างกระแสตรงสามารถต่อเซลล์แสงอาทิตย์กับเครื่องใช้ไฟฟ้ากระแสตรงได้โดยตรงแต่ถ้าหากต้องการจ่ายไฟฟ้าให้เครื่องใช้ไฟฟ้า กระแสสลับในเวลากลางวัน เช่น ตู้เย็น เครื่องปรับอากาศ ในระบบจะต้องต่อเซลล์แสงอาทิตย์เข้ากับ อินเวอร์เตอร์ (Inverter) ซึ่งเป็นอุปกรณ์แปลงไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นกระแสสลับก่อน

ถ้าหากต้องการใช้ไฟฟ้าในเวลากลางคืน จะต้องมีแบตเตอรี่ ซึ่งจะเก็บ ประจุไฟฟ้า และจ่ายกระแสไฟฟ้าในรูปไฟฟ้ากระแสตรงเพิ่มเข้ามาในระบบด้วย โดยใช้กล่องควบคุมการประจุไฟฟ้า ซึ่งทำหน้าที่เลือกที่จะส่งกระแสไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ไปยังอินเวอร์เตอร์เพื่อจ่ายให้อุปกรณ์ไฟฟ้าหรือส่งไปเก็บประจุไฟฟ้ายังแบตเตอรี่ซึ่งในเวลากลางคืนจะทำหน้าที่ตัดเซลล์แสงอาทิตย์ออกจากระบบและต่อแบตเตอรี่ไปยังอินเวอร์เตอร์เพื่อจ่ายให้อุปกรณ์ไฟฟ้า

อินเวอร์เตอร์เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับแปลงไฟฟ้ากระแสตรง ให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับในการแปลงดังกล่าวจะมีการสูญเสียเกิดขึ้นเสมอโดยทั่วไปประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์มีค่าประมาณร้อยละ 85-90 หมายความว่า ถ้าต้องการไฟฟ้า 85-90 วัตต์ เราควรเลือกใช้อินเวอร์เตอร์ ขนาด 100 วัตต์ เป็นต้น ในการใช้งานควรติดตั้งอินเวอร์เตอร์ในที่ร่มอุณหภูมิไม่เกิน 40 องศาเซลเซียส ความชื้นไม่เกินร้อยละ 60 อากาศระบายได้ดี ไม่มีสัตว์ เช่น หนู งู มารบกวนและมีพื้นที่ให้บำรุงรักษาได้เพียงพอ สถานที่ติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ควรเป็นที่โล่ง ไม่มีเงามาบังเซลล์แสงอาทิตย์ ไม่อยู่ใกล้สถานที่เกิดฝุ่น อาจอยู่บนพื้นดินหรือบนหลังคาบ้านก็ได้ ควรวางให้แผงเซลล์มีความลาดเอียงประมาณ 10-15 องศา จากระดับแนวนอนและหันหน้าไปทางทิศใต้ การวางแผงเซลล์ให้มีความลาดดังกล่าวจะช่วยให้เซลล์รับแสงอาทิตย์ได้มากที่สุด และช่วยระบายน้ำฝนได้รวดเร็ว (สถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2546)

2.1.5 อุปกรณ์สำคัญของระบบการผลิตกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์จะเป็นไฟฟ้ากระแสตรง จึงนำกระแสไฟฟ้าไปใช้ได้เฉพาะกับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรงเท่านั้น หากต้องการนำไปใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับหรือเก็บสะสมพลังงานไว้ใช้ต่อไป จะต้องใช้ร่วมกับอุปกรณ์อื่นๆ อีกโดยรวมเข้าเป็นระบบที่ผลิตกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์อุปกรณ์สำคัญๆ มีดังนี้



รูปที่ 2.3 อุปกรณ์สำคัญของระบบการผลิตกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

ที่มา : LEONICS CO.,LTD.,2556

2.1.5.1 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Module) ทำหน้าที่เปลี่ยนความเข้มแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า ซึ่งเป็นไฟฟ้ากระแสตรงและมีหน่วยเป็นวัตต์ (Watt) มีการนำแผงเซลล์แสงอาทิตย์หลายๆ เซลล์มาต่อกันเป็นแถวหรือเป็นชุด (Solar Array) เพื่อให้ได้พลังงานไฟฟ้าใช้งานตามที่ต้องการ โดยการต่อกันแบบขนานจะเพิ่มกระแสไฟฟ้า และการต่อกันแบบอนุกรมจะเพิ่มแรงดันไฟฟ้า หากสถานที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ที่ติดตั้งแตกต่างกัน ก็จะมีผลให้ปริมาณของค่าเฉลี่ยพลังงานสูงสุดในหนึ่งวันไม่เท่ากันด้วย รวมถึงอุณหภูมิก็มีผลต่อการผลิตพลังงานไฟฟ้า หากอุณหภูมิก็มีผลต่อการผลิตพลังงานไฟฟ้า หากอุณหภูมิสูงขึ้นการผลิตพลังงานไฟฟ้าจะลดลง

2.1.5.2 เครื่องควบคุมการประจุ (Charge Controller) ทำหน้าที่ประจุกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์เข้าสู่แบตเตอรี่ และควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้าให้มีปริมาณเหมาะสมกับแบตเตอรี่เพื่อยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ รวมถึงการจ่ายกระแสไฟฟ้าออกจากแบตเตอรี่ด้วย ดังนั้นการทำงานของเครื่องควบคุมการประจุ คือ เมื่อประจุกระแสไฟฟ้าเข้าสู่แบตเตอรี่จนเต็มแล้ว จะหยุด

หรือลดการประจุกระแสไฟฟ้า (และมักจะมีคุณสมบัติในการตัดการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้ากรณีแรงดันของแบตเตอรี่ลดลงด้วย) ระบบพลังงานแสงอาทิตย์จะใช้เครื่องควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้าในกรณีที่มีการเก็บพลังงานไฟฟ้าไว้ในแบตเตอรี่ เท่านั้น

2.1.5.3 แบตเตอรี่ (Battery) ทำหน้าที่เป็นตัวเก็บพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไว้ใช้เวลาที่ต้องการ เช่น เวลาที่ไม่มีแสงอาทิตย์เวลากลางคืนหรือนำไปประยุกต์ใช้งานอื่นๆ

2.1.5.4 เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter) ทำหน้าที่แปลงพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) เพื่อให้สามารถใช้ได้กับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสสลับ

2.1.5.5 ระบบป้องกันฟ้าผ่า (Lightning Protection) ทำหน้าที่ป้องกันความเสียหายที่เกิดกับอุปกรณ์ไฟฟ้าเมื่อฟ้าผ่าหรือเกิดการเหนี่ยวนำทำให้ความต่างศักย์สูง ในระบบทั่วไปมักไม่ใช้อุปกรณ์นี้จะใช้สำหรับระบบขนาดใหญ่และมีความสำคัญเท่านั้น รวมถึงต้องมีระบบสายดินที่มีประสิทธิภาพด้วย

2.1.6 ลักษณะเด่นของเซลล์แสงอาทิตย์

1. ใช้พลังงานจากธรรมชาติ คือ แสงอาทิตย์ ซึ่งสะอาดและบริสุทธิ์ไม่ก่อปฏิกิริยา ที่จะทำให้เกิดแก๊สเรือนกระจกเป็นพิษ
2. เป็นการนำพลังงานจากแหล่งธรรมชาติมาใช้อย่างคุ้มค่าและไม่มีวันหมดไปจากโลกนี้
3. ผลิตไฟฟ้าได้แม้มีแสงแดดอ่อนหรือมีเมฆ
4. สามารถผลิตเป็นแผงขนาดต่างๆ ได้ง่ายทำให้สามารถผลิตได้ในปริมาณมากๆ
5. ประสิทธิภาพคงที่ ไม่ขึ้นกับขนาด อายุการใช้งานยืนยาว
6. มีการบำรุงรักษาน้อยมากและใช้งานแบบอัตโนมัติได้ง่าย
7. ช่วยลดปัญหาการสะสมของก๊าซต่างๆ ในบรรยากาศ
8. มีน้ำหนักเบา ติดตั้งง่าย เคลื่อนย้ายสะดวกและรวดเร็ว

2.1.7 สมบัติและตัวแปรที่สำคัญของเซลล์แสงอาทิตย์

ตัวแปรที่สำคัญที่มีส่วนทำให้เซลล์แสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพการทำงานในแต่ละพื้นที่ต่างกันและมีความสำคัญในการพิจารณานำไปใช้ในแต่ละพื้นที่ตลอดจนการนำไปคำนวณระบบ หรือคำนวณจำนวนแผงแสงอาทิตย์ที่ต้องใช้ในแต่ละพื้นที่มีดังนี้

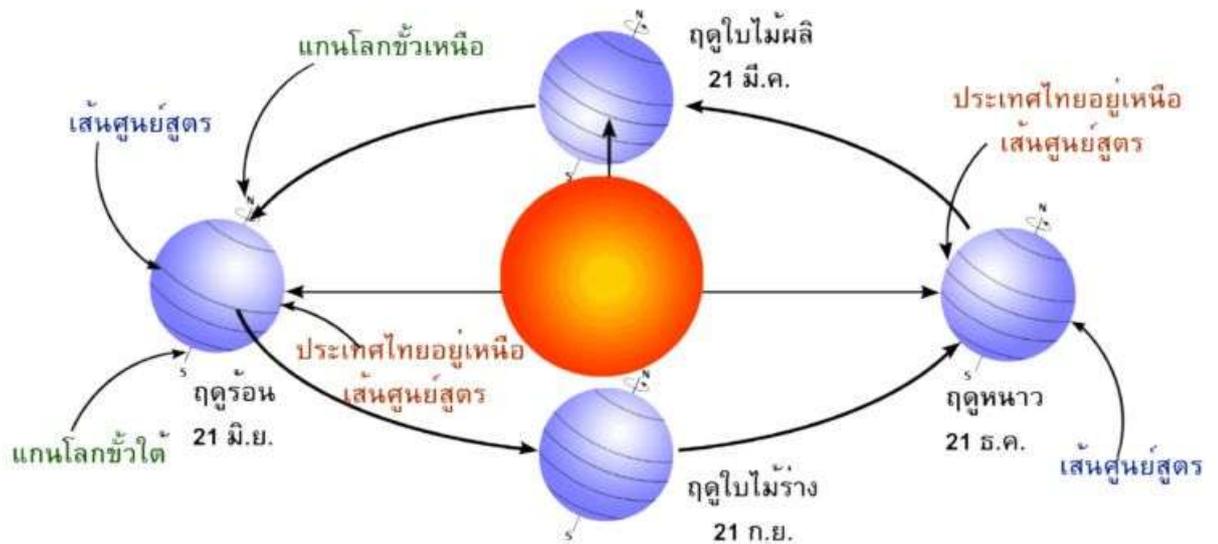
2.1.7.1 ความเข้มของแสง

กระแสไฟ (Current) จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มของแสง หมายความว่าเมื่อความเข้มของแสงสูงกระแสที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ก็จะสูงขึ้น ในขณะที่แรงดันไฟฟ้าหรือ โวลต์แทบจะไม่แปรไปตามความเข้มของแสงมากนัก ความเข้มของแสงที่ใช้วัดเป็นมาตรฐานคือ ความเข้ม ของแสงที่วัดบนพื้นโลกในสภาพอากาศปลอดโปร่งปราศจากเมฆหมอกและวันที่ระดับน้ำทะเลในรูปที่แสงอาทิตย์ตั้งฉากกับพื้นโลก ซึ่งความเข้มของแสงจะมีค่าเท่ากับ 100 mW ต่อตารางเซนติเมตรหรือ 1,000 W ต่อตารางเมตร ซึ่งมีค่าเท่ากับ AM 1.5 (Air Mass 1.5) และถ้าแสงอาทิตย์ทำมุม 60 องศา กับพื้นโลก ความเข้มของแสงจะมีค่าเท่ากับประมาณ 75 mW ต่อตารางเซนติเมตร หรือ 750 W ต่อตารางเมตร (กองพัฒนาทดแทน ฝ่ายพัฒนาพลังงานทดแทน การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2550)

2.1.7.2 อุณหภูมิ

กระแสไฟ (Current) จะไม่แปรตามอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปในขณะที่แรงดันไฟฟ้า (Voltage) จะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วทุกๆ 1 องศาที่เพิ่มขึ้น จะทำให้แรงดันไฟฟ้าลดลง 0.5 เปอร์เซ็นต์ และในกรณีของแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาตรฐานที่ใช้กำหนด ประสิทธิภาพของแผงแสงอาทิตย์ คือ ณ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เช่น กำหนดไว้ว่าแผงแสงอาทิตย์มีแรงดัน ไฟฟ้าที่วงจรเปิด (Open Circuit Voltage หรือ V องศาเซลเซียส) ที่ 21 V ณ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ก็จะหมายความว่า แรงดันไฟฟ้าที่จะได้จากแผงแสงอาทิตย์เมื่อยังไม่ได้ต่อกับอุปกรณ์ไฟฟ้า ณ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จะเท่ากับ 21 V ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 25 องศาเซลเซียส เช่น อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส จะทำให้แรงดันไฟฟ้าของแผงแสงอาทิตย์ลดลง 2.5 เปอร์เซ็นต์ (0.5 เปอร์เซ็นต์ x 5 องศาเซลเซียส) สรุปได้ว่า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น แรงดันไฟฟ้าก็จะลดลง ซึ่งมีผลทำให้กำลังไฟฟ้าสูงสุดของแผงแสงอาทิตย์ลดลงด้วย

2.2 ทฤษฎีการโคจรของโลกเบื้องต้น



รูปที่ 2.4 วงโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์

ที่มา : บริษัท เฟล็กซีแพลน ดีไซน์, 2556

จากรูปที่ 2.4 โลกมีการโคจร 2 ลักษณะ คือ หมุนรอบตัวเองในลักษณะที่ทวนเข็มนาฬิกาด้วยอัตราความเร็ว 1 รอบต่อวัน (15 องศาต่อชั่วโมง) ทำให้โลกเห็นดวงอาทิตย์เคลื่อนที่จากทิศตะวันออกไปทิศตะวันตกด้วยอัตราความเร็ว 15 องศาต่อชั่วโมงเช่นกันและหมุนรอบดวงอาทิตย์เป็นวงรีในลักษณะทวนเข็มนาฬิกาด้วยอัตราความเร็ว 1 รอบต่อปี โดยแกนของโลกจะเอียงเป็นมุม 23.5 องศา กับแนววงโคจรทำให้ตำแหน่งต่างๆ บนพื้นโลกที่อยู่บนเส้นรุ้งต่างกันจะได้รับพลังงานแสงอาทิตย์ไม่เท่ากันในแต่ละวัน

2.2.1 ตำแหน่งของดวงอาทิตย์

สามารถอธิบายความสัมพันธ์ทางเรขาคณิตระหว่างระนาบการหมุนของโลกที่เวลาใดๆ กับตำแหน่งของดวงอาทิตย์ซึ่งกำหนดโดยมุมอะซิมุตดวงอาทิตย์ (γ_s) และมุมอัลติจูดดวงอาทิตย์ (α_s) ได้โดยใช้มุมต่างๆ ในการหา ดังนี้

1) ละติจูด (Latitude, ϕ) คือ มุมที่อยู่ทางทิศเหนือหรือทางทิศใต้ของเส้นศูนย์สูตร เมื่อวัดไปทางทิศเหนือกำหนดให้มีความเป็นบวกและเป็นลบเมื่อวัดไปทางทิศใต้ ละติจูดมีค่าอยู่ระหว่าง -90° ถึง 90°

2) มุมชั่วโมง (Hour Angle, ω) คือ มุมที่แทนตำแหน่งของดวงอาทิตย์จากเมอริเดียนท้องถิ่นไปทางตะวันออกหรือทางตะวันตก มีค่าเป็นลบในช่วงเวลาก่อนเที่ยงสุริยะ และเป็นบวกหลังเที่ยงสุริยะ โดยมีค่า 15° ต่อหนึ่งชั่วโมง

3) มุมเดคลิเนชัน (Declination Angle, δ) คือ มุมระหว่างแนวเส้นแวงอาทิตย์เมื่อเที่ยงสุริยะกับระนาบศูนย์สูตร กำหนดให้มีค่าเป็นบวกเมื่อวัดไปทางทิศเหนือ และมีค่าเป็นลบเมื่อวัดไปทางทิศใต้ มุมเดคลิเนชันมีค่าเปลี่ยนไปทุกวันระหว่าง -23.45° ถึง 23.45° สามารถคำนวณได้จาก

$$\delta = 23.45 \sin\left[360 \frac{284 + n}{365}\right]$$

4) มุมอัลติจูดดวงอาทิตย์ (Solar Altitude Angle, α_s) คือ มุมระหว่างพื้นราบกับแนวเส้นแวงดวงอาทิตย์ มุมอัลติจูดดวงอาทิตย์ที่เวลาใดๆ สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\sin \alpha_s = \cos \phi \cos \delta \cos \omega + \sin \phi \sin \delta$$

5) มุมอะซิมูทดวงอาทิตย์ (Solar Azimuth Angle, γ_s) คือ มุมระหว่างระนาบแนวตั้งของดวงอาทิตย์และระนาบของเมอริเดียนท้องถิ่น โดยกำหนดให้วัดจากทิศใต้ของระนาบแนวตั้งดวงอาทิตย์ไปทางตะวันตกมีค่าเป็นบวก วัดไปทางตะวันออกมีค่าเป็นลบ และมีค่าเป็นศูนย์ที่ทิศใต้ มุมอะซิมูท ดวงอาทิตย์มีค่าอยู่ในช่วง -180° ถึง 180° สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\sin \gamma_s = \frac{\cos \delta \sin \omega}{\cos \alpha_s}$$

2.3 พลังงานแสงอาทิตย์

พลังงานของดวงอาทิตย์ได้จากปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์โดยการรวมตัวของไฮโดรเจน เป็นฮีเลียม (สี่โปรตรอนรวมเป็นหนึ่งนิวเคลียสฮีเลียม) ให้พลังงานในรูปแบบการแผ่รังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าหลายช่วงคลื่น ตั้งแต่เอ็กซ์เรย์ อัลตราไวโอเล็ต แสงสว่าง และคลื่นความร้อน

2.3.1 การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์

1. การใช้เครื่องมือแลกเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานรูปอื่นและใช้ได้ทันที ได้แก่ เครื่องต้มน้ำร้อน (Solar Water Heater) เครื่องทำความเย็น (Solar Refrigerator) เครื่องกลั่นน้ำ (Solar

Distilled) เครื่องอบแห้ง (Solar Dryer) เครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Photovoltaic Cell) เครื่องสูบน้ำ (Solar Pump) และอื่นๆ

2. การใช้โดยทางอ้อม

กระบวนการนี้ได้ใช้กรรมวิธีหลายด้านต่อเนื่องกันแล้ว จึงเปลี่ยนสภาพไปเป็นพลังงานรูปอื่นๆ ได้แก่

- กังหันลม (Wind Turbine) เครื่องมือนี้อาศัยพลังงานลมอันเกิดจากอิทธิพลของแสงอาทิตย์ เครื่องมือนี้ใช้ในการสูบน้ำ การกำเนิดกระแสไฟฟ้า หรือขับเคลื่อนเครื่องยนต์ เป็นต้น
- กระบวนการสังเคราะห์แสง (Photosynthesis) เป็นกระบวนการที่ต้องอาศัยพลังงานแสงอาทิตย์โดยตรง ทำการผลิตชีวมวล (Biomass) ของพืชในพืชบางชนิด
- OTEC (Ocean Thermal Energy Conversion) เป็นกระบวนการที่อาศัยความแตกต่างของอุณหภูมิน้ำทะเลกับระดับความลึกต่างๆ กัน เพื่อเดินเครื่องกลและนำพลังงานที่ได้ไปใช้ประโยชน์ เช่น การผลิตพลังงานกระแสไฟฟ้า

2.4 รังสีแสงอาทิตย์

เนื่องจากบรรยากาศโลกประกอบด้วยก๊าซต่างๆ เช่น ไอน้ำ ฝุ่น และอนุภาคอื่นๆ อีกจำนวนมากมายจึงทำให้รังสีที่เกิดจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์บางส่วน ถูกดูดกลืนกระจายและมีการทึบทางเบี่ยงเบนไป จึงเหลือรังสีปริมาณหนึ่งมาถึงผิวโลก ดังนั้น การแผ่รังสีมาที่ผิวโลกจึงมีหลายลักษณะเนื่องจากผ่านบรรยากาศของโลกซึ่งแบ่งออกได้ดังนี้

2.4.1 รังสีตรง (Beam Radiation or Direct Radiation)

รังสีที่มาจากดวงอาทิตย์โดยตรงและตกลงบนผิวรับแสง มีทิศทางแน่นอนที่เวลาหนึ่งเวลาใด ทิศทางของรังสีตรงอยู่ในแนวตั้งฉากแสงอาทิตย์

2.4.2 รังสีกระจาย (Diffuse or Scattered Radiation)

เป็นรังสีที่ได้รับจาก ดวงอาทิตย์ โดยการสะท้อน ตลอดจนการกระจายของแสงเมื่อผ่านบรรยากาศ ทิศทางของการตกกระทบของรังสีกระจายที่จุดใดจุดหนึ่งย่อมไม่แน่นอน เราจึงไม่สามารถรวมรังสีกระจายรังสีเหล่านี้ให้อยู่ที่จุดเดียวได้ ผลรวมของรังสีตรงและรังสีกระจายเรียกว่า “รังสีรวม”

2.4.3 รังสีรวม (Total Radiation or Global Radiation)

รังสีรวมนี้จะมีค่าแตกต่างกันไปตามส่วนต่างๆ ของโลกและแต่ละค่าจะเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา สำหรับประเทศไทยค่าเฉลี่ยสูงสุดต่อวันของค่ารังสีรวมมีค่าประมาณ 20 MJ/m และโดยมากอยู่

ในช่วงฤดูร้อนและค่าเฉลี่ยต่ำสุดต่อวันมีค่าประมาณ 15 MJ/m^2 ในช่วงหน้าฝน ส่วนค่ารังสีกระจายมีค่าเฉลี่ยต่อวันประมาณ 8.4 MJ/m^2

2.4.4 มุมตกกระทบของรังสีตรงกับแผงโซลาร์เซลล์ (Incidence Angle, θ)

มุมตกกระทบของรังสีตรงกับแผงโซลาร์เซลล์ คือ มุมระหว่างแนวลำแสงอาทิตย์บนพื้นผิว กับแนวตั้งฉากของพื้นผิว ความสัมพันธ์ระหว่างมุมตกกระทบและมุมอื่นๆสามารถคำนวณได้จาก

$$\cos\theta = \sin\delta \sin\phi \cos\beta - \sin\delta \cos\phi \sin\beta \cos\gamma + \cos\delta \cos\phi \cos\beta \cos\omega + \cos\delta \sin\phi \sin\beta \cos\gamma \cos\omega + \cos\delta \sin\beta \sin\gamma \sin\omega$$

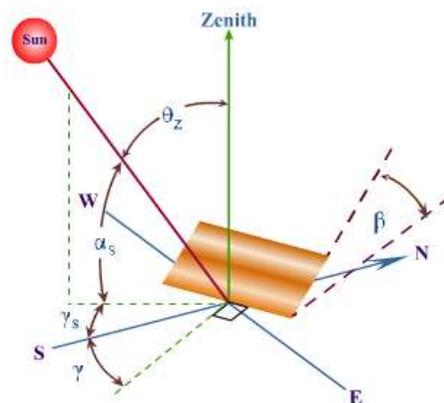
เมื่อ δ คือ มุมเดคลิเนชัน (Declination Angle)

ϕ คือ ละติจูด (Latitude)

β คือ มุมเอียง (Slope) มุมระหว่างพื้นผิวของระนาบรับแสงกับแนวระดับ มีค่าอยู่ระหว่าง 0° ถึง 180°

γ คือ มุมอะซิมูทพื้นดิน (Surface Azimuth Angle) มุมระหว่างทิศใต้กับทิศทางการหันหน้าของแผงรับแสง มีค่าอยู่ในช่วง -180° ถึง 180° โดยเป็นศูนย์เมื่อหันไปทางทิศใต้ เป็นบวกเมื่อหันไปทางทิศตะวันตก และเป็นลบเมื่อหันไปทางตะวันออก

ω คือ มุมชั่วโมง (Hour Angle)



รูปที่ 2.5 มุมต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับมุมตกกระทบของรังสีตรง

ที่มา : ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

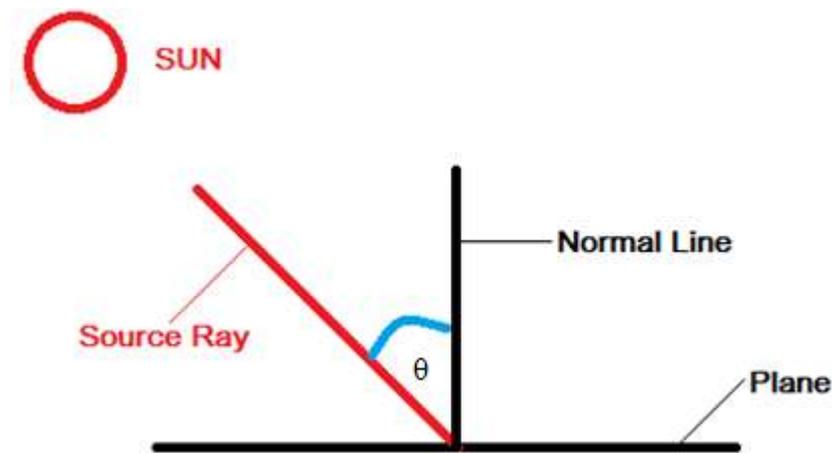
2.4.5 ความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบกับพื้นผิวระนาบ

แสงของดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบกับพื้นผิวระนาบเซลล์แสงอาทิตย์ที่เกิดค่ามุม โดยสามารถคำนวณหาค่าความเข้มแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบได้จากสมการ

$$I = K \cdot \cos\theta$$

เมื่อ I คือ ค่าความเข้มแสงของดวงอาทิตย์
 K คือ ค่าคงที่
 θ คือ ค่ามุมของแสงที่ตกกระทบ

จากสมการดังกล่าวจะสังเกตได้ว่าความเข้มแสงมีค่ามากที่สุดที่ค่ามุมเท่ากับศูนย์ ($\cos 0 = 1$) ซึ่งหมายถึง รังสีของดวงอาทิตย์ที่แนวเส้นปกติ (Normal Line)



รูปที่ 2.6 รังสีที่กระทบกับพื้นผิวระนาบ

2.5 ระบบควบคุมการติดตามดวงอาทิตย์

ระบบควบคุมการติดตามดวงอาทิตย์ จะมีตำแหน่งหรือทิศทางของดวงอาทิตย์เป็นตัวควบคุมทิศทางของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ระบบจะมีการตรวจจับทิศทางของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับทิศทางจริงของดวงอาทิตย์ตลอดเวลา เมื่อมีความแตกต่างของทิศทางทั้งสองเกิดขึ้น ตัวเปรียบเทียบทิศทางจะส่งสัญญาณออกไปควบคุมให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์หมุนไปตามทิศทางของดวงอาทิตย์ เพื่อลดความแตกต่างของทิศทางทั้งสอง ความผิดพลาดในการติดตามดวงอาทิตย์ของระบบนั้นจะขึ้นอยู่กับความไวของตัวเปรียบเทียบทิศทางของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ กับทิศทางจริงของดวงอาทิตย์ (เกียรติศักดิ์ ผ่องใสฤทธิรงค์, ชัยชาญ ภูผาเรือง, 2527)

2.6 โครงสร้างของระบบติดตามดวงอาทิตย์

ระบบควบคุมการติดตามดวงอาทิตย์จะประกอบไปด้วยส่วนต่างๆ ที่สำคัญดังนี้คือ

1. ระบบตรวจจับและเปรียบเทียบทิศทาง

2. ระบบควบคุมชุดโซลาร์
3. ระบบต้นกำลังขับเคลื่อนแผงเซลล์

2.6.1 ระบบตรวจจับและเปรียบเทียบทิศทาง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับทิศทางของดวงอาทิตย์ และแผงเซลล์โดยทั่วไป จะเป็นอุปกรณ์ที่มีความไวต่อแสง เช่น Photovoltaic device, Photoconductive device เป็นต้น สำหรับการเปรียบเทียบทิศทางจะอาศัยความเข้มของแสงที่ตกกระทบอุปกรณ์ไวแสงซึ่งทำได้สองวิธีคือ

1. การวางอุปกรณ์ไวแสงให้มีทิศต่างกัน
2. การบังให้เกิดเงา

2.6.2 ระบบควบคุม

ระบบควบคุมจะทำหน้าที่รับสัญญาณจากตัวเปรียบเทียบทิศทาง เพื่อใช้ในการควบคุมให้ตัวต้นกำลังขับเคลื่อนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ไปอยู่ในตำแหน่งที่ทำให้ระนาบแผงเซลล์แสงอาทิตย์หันไปในทิศทางของดวงอาทิตย์ ระบบควบคุมจะประกอบไปด้วย

1. หน่วยรับสัญญาณ จะทำหน้าที่รับสัญญาณจากตัวเปรียบเทียบ
2. หน่วยขยายและปรับปรุงสัญญาณ อาจจะทำหน้าที่เพียงขยายสัญญาณ ที่ได้รับเข้ามาหรืออาจมีการปรับปรุงสัญญาณ
3. หน่วยขยายกำลัง จะทำหน้าที่ขยายกระแสและแรงดัน เพื่อให้มีกำลังเพียงพอสำหรับการขับเคลื่อนกำลัง
4. หน่วยควบคุมทิศทาง จะทำหน้าที่ควบคุมทิศทางการขับเคลื่อนของตัวต้นกำลังโดยอาศัยข้อมูลจากตัวเปรียบเทียบทิศทาง

2.6.3 ระบบต้นกำลังขับเคลื่อนแผงโซลาร์เซลล์

ระบบต้นกำลังขับเคลื่อนแผงเซลล์จะทำหน้าที่ขับเคลื่อนแผงโซลาร์เซลล์ โดยได้รับการควบคุมจากระบบควบคุม ซึ่งระบบต้นกำลังขับเคลื่อนแผงเซลล์ประกอบไปด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า และเฟืองโดยมอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้โดยทั่วไป จะใช้มอเตอร์กระแสตรง เนื่องจากควบคุมความเร็วได้ง่ายเหมาะกับแหล่งพลังงานที่มี คือกระแสไฟตรงจากแบตเตอรี่

2.7 ตัวต้านทานไวแสงหรือแอลดีอาร์(LDR)

ตัวต้านทานไวแสง (Light Independent Resistor) หรือเรียกสั้นๆ ว่า LDR ทำมาจากสารแคดเมียมซัลไฟด์ (CdS) หรือแคดเมียมซีลีไนด์ (CdSe) ซึ่งเป็นสารประกอบชนิดกึ่งตัวนำมาจากบนแผ่นเซรามิกที่ใช้เป็นฐานรอง แล้วต่อขาจากสารที่ฉาบเอาไว้ ออกมาคัง โครงสร้างในรูปที่ 2.5



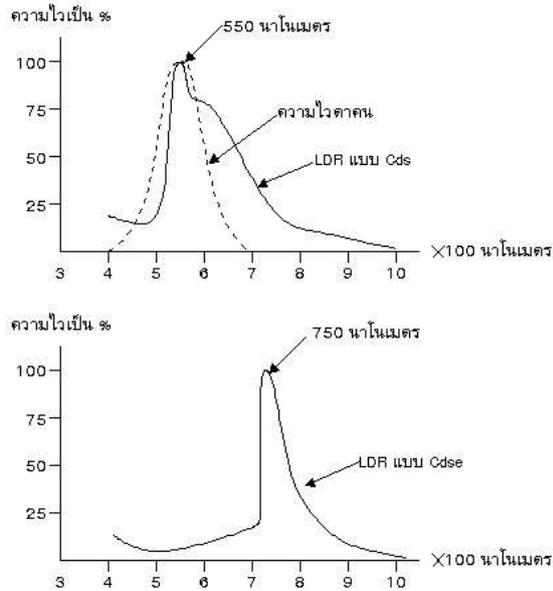
รูปที่ 2.7 ส่วนประกอบของตัวต้านทานไวแสง

ที่มา : บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด(มหาชน) , 2556

รูปร่างของ LDR จะเห็นได้ในรูปที่ 1 ส่วนที่ขดเป็นแนวเล็กๆ สีดำที่ทำหน้าที่เป็นตัวต้านทานไวแสง และแนวสีดำนั้นจะแบ่งพื้นที่ออกเป็น 2 ข้าง ซึ่งถ้าดูของจริงจะเห็นว่าออกสีทอง นั่นเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ทำหน้าที่สัมผัสกับตัวต้านทานไวแสง เป็นที่สำหรับต่อขาออกมาภายนอก หรือเรียกว่าอิเล็กโทรดที่เหลืก็จะเป็นฐานเซรามิกและอุปกรณ์สำหรับห่อหุ้มซึ่งมีได้หลายแบบ

2.7.1 คุณสมบัติทางแสง

LDR ไวต่อแสงในช่วงคลื่น 400-1,000 นาโนเมตร (1 นาโนเมตร = 10^{-9} เมตร) ซึ่งครอบคลุมช่วงคลื่นที่ไวต่อตาคน (400-700 นาโนเมตร) นั่นคือ LDR ไวต่อแสงอาทิตย์ และแสงจากหลอดไส้ หรือหลอดเรืองแสง และยังไวต่อแสงอินฟราเรดที่ตามองไม่เห็นอีกด้วย (ช่วงคลื่นตั้งแต่ 700 นาโนเมตรขึ้นไป) (โปรแกรมวิชาอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม, 2549)



รูปที่ 2.8 ความไวต่อแสงของ LDR ที่ความยาวคลื่นต่างๆ
ที่มา : บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด(มหาชน) ,2556

2.7.2 สมบัติทางไฟฟ้า

อัตราส่วนของความต้านทาน LDR ขณะที่ไม่มีความสว่างกับในขณะที่มีความสว่างจะมีค่าต่างกัน 100, 1,000, 10,000 เท่า แล้วแต่แบบหรือรุ่นความต้านทานในขณะไม่มีความสว่างจะอยู่ในช่วงตั้งแต่ 0.5 MW ขึ้นไป และความต้านทานขณะที่มีความสว่างจะอยู่ในช่วงตั้งแต่ 10 kW ลงมาทนแรงดันสูงสุดได้มากกว่า 100 โวลต์และทนกำลังไฟได้ประมาณ 50 mW

2.7.3 การวัดความต้านทานของ LDR

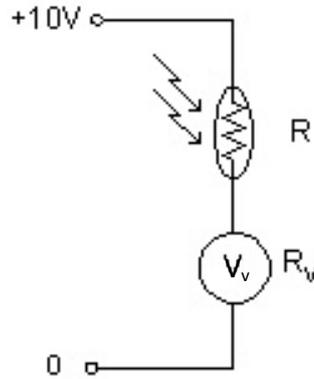
เนื่องจาก LDR ทนกำลังไฟฟ้าได้เพียงประมาณ 50 mW ดังนั้นถ้าเราใช้โอห์มมิเตอร์ วัดความต้านทานของ LDR อาจทำความเสียหายให้กับ LDR ได้ เราอาจวัดความต้านทานของ LDR ได้โดยอ้อมดังนี้

โดยอาศัยวงจรแบ่งแรงดัน เราได้ความสัมพันธ์ระหว่าง V และ V/V_v ดังนี้

$$V_v = (R_v/R + R_v) \cdot V$$

ดังนั้นค่า R จึงเป็น $R = R_v \{ (V/V_v) - 1 \}$

เราสามารถนำหลักการนี้วัดความต้านทานของ LDR ได้ โดยการต่อ LDR อนุกรมกับโวลต์มิเตอร์ แล้วต่อกับแหล่งจ่ายไฟ ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 การวัดความต้านทานของ LDR

ความต้านทาน R จะหาได้จาก

$$R = R_v \left\{ \frac{V}{V_v} - 1 \right\}$$

โดยที่ V = 10 โวลต์

V_v = แรงดันที่อ่านได้จากโวลต์มิเตอร์

R_v = ความต้านทานของโวลต์มิเตอร์

2.8 สเต็ปมอเตอร์

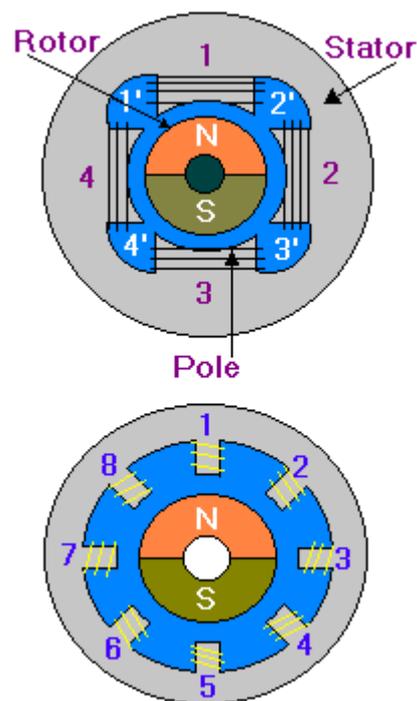
Step Motor เป็นมอเตอร์ที่มีลักษณะเมื่อป้อนไฟฟ้าให้กับมอเตอร์ทำให้หมุนเพียงเล็กน้อยตามเส้นรอบวงและหยุด ซึ่งต่างจากมอเตอร์ทั่วไปที่จะหมุนทันทีและตลอดเวลาเมื่อป้อนแรงดันไฟฟ้าข้อดีสามารถกำหนดตำแหน่งของการหมุนด้วยตัวเลข (องศาหรือระยะทาง) ได้อย่างละเอียดโดยใช้คอมพิวเตอร์หรือไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นเครื่องกำหนดและจัดเก็บตัวเลข



รูปที่ 2.10 สเต็ปมอเตอร์

2.8.1 โครงสร้างของสเต็ปมอเตอร์

โครงสร้างของขั้วแม่เหล็กบนสเตเตอร์ ทำมาจากแผ่นเหล็กวงแหวนที่มีซี่ยื่นออกมาประกบกันเป็นชั้นๆ โดยที่แต่ละชั้นนั้นจะมีคอยล์ (ขดลวด) พันสวมอยู่ เมื่อมีการป้อนกระแสผ่านคอยล์ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic) ดังรูปด้านล่างนี้ จะแสดงถึงองค์ประกอบที่กล่าวมา



รูปที่ 2.11 ส่วนประกอบต่างๆ ของสเต็ปมอเตอร์

ที่มา : <http://www.thaiio.com/Hardware/stepmotor.htm>

ในที่นี้ซึ่งถ้าเพิ่มจำนวนของขั้วแม่เหล็กมากขึ้น จะเพิ่มจำนวนของสเต็ปต่อวงจรรอบมากขึ้นตามด้วยตามรูปด้านบน

ลักษณะการนำไปใช้งาน สเต็ปมอเตอร์ ใช้งานลักษณะ ระบบเปิด (Open Loop System) คือ สเต็ปมอเตอร์สามารถทำงานได้โดยไม่ต้องมีการ ป้อนค่าพารามิเตอร์กลับมา (Feed back) แต่ทุกวิธีที่ต้องการกำหนดตำแหน่งที่แน่นอนนั้น จะต้องป้อนกลับไปยังระบบและตัวบอก ตำแหน่งว่าถูกต้องหรือผิดพลาดให้รับทราบ ดังเช่นวิธีที่ใช้กับสเต็ปมอเตอร์ คือนำลิมิตสวิทช์ ติดตามตำแหน่งที่จะตรวจจับ เมื่อสเต็ปมอเตอร์ เริ่มหมุนแล้วหมุนไปจนถึงตำแหน่งของสวิทช์ตรวจจับสัญญาณ สวิทช์ทำงานก็จะป้อนกลับไปสู่ระบบ ซึ่งก็จะทำให้รู้การทำงานของสเต็ปมอเตอร์ตลอด ตัววงจรไมโครคอนโทรลเลอร์เองจะมีจุดอ้างอิง ไว้ให้เริ่มต้นการทำงานและอ้างอิงตำแหน่งได้ถูกต้อง

การพันขดลวดบนสเตเตอร์ของสเต็ปมอเตอร์ ด้วยกัน 2 วิธี คือ แบบ ไบโพลาร์ (Bipolar) กับแบบ ยูนิโพลาร์ (Unipolar)

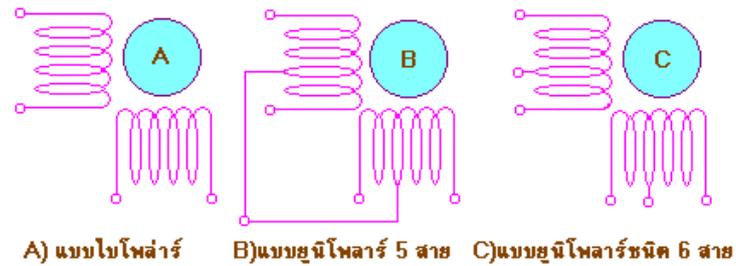
แบบ ไบโพลาร์ (Bipolar)

จะมีการพันขดลวดหนึ่งขด (จะกี่รอบก็แล้วแต่ สเต็ปใช้งาน) ในแต่ละขั้วแม่เหล็กของสเตเตอร์ โดยขั้วแม่เหล็กที่เกิดขึ้น ที่สเตเตอร์จะถูกกำหนดโดยทิศทางของการไหลของกระแสไฟฟ้า ซึ่งสามารถทำให้เกิดขั้วแม่เหล็กในทิศทางตรงกันข้ามได้เพียง การกลับทิศทางของการไหลในกระแสไฟฟ้า โดยมาจากการควบคุมของวงจรสวิทช์ซึ่งให้กลับขั้วไฟฟ้า

แบบ ยูนิโพลาร์ (Unipolar)

แบบนี้มี 2 ขด บนแต่ละขั้วแม่เหล็กของสเต็ปมอเตอร์ ทำให้แต่ละขดลวดเกิดขั้วแม่เหล็กในทิศทางตรงกันข้าม การกลับทิศทางขั้วแม่เหล็กทำได้โดยใช้วงจรสวิทช์ซึ่งให้สลับหนึ่งไปยังอีกขั้วหนึ่งแทนกัน

พื้นฐานการสวิทช์จากรูปที่ 2.9 วงจรการจ่ายไฟให้กับสเต็ปมอเตอร์การพันขดลวดทั้ง 2 แบบ ถ้าแบบยูนิโพลาร์จะทำให้เกิดแรงบิดน้อยกว่าแบบไบโพลาร์ กรณีการนำไปใช้งานให้สังเกตจาก สายไฟที่ต่อมาจากตัวสเต็ปมอเตอร์ ถ้าเป็นแบบไบโพลาร์จะมี 4 สาย ส่วนเป็นแบบยูนิโพลาร์จะมี 5 สาย หรือ 6 สาย

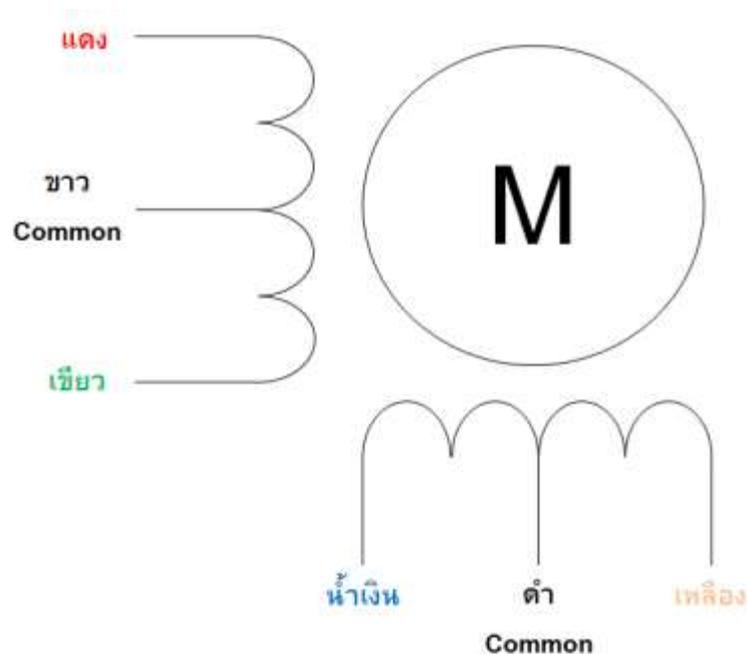


รูปที่ 2.12 การพันขดลวดของสเต็ปมอเตอร์

ที่มา : <http://www.thaiio.com/Hardware/stepmoter.htm>

การหาสายเฟสและสาย Common

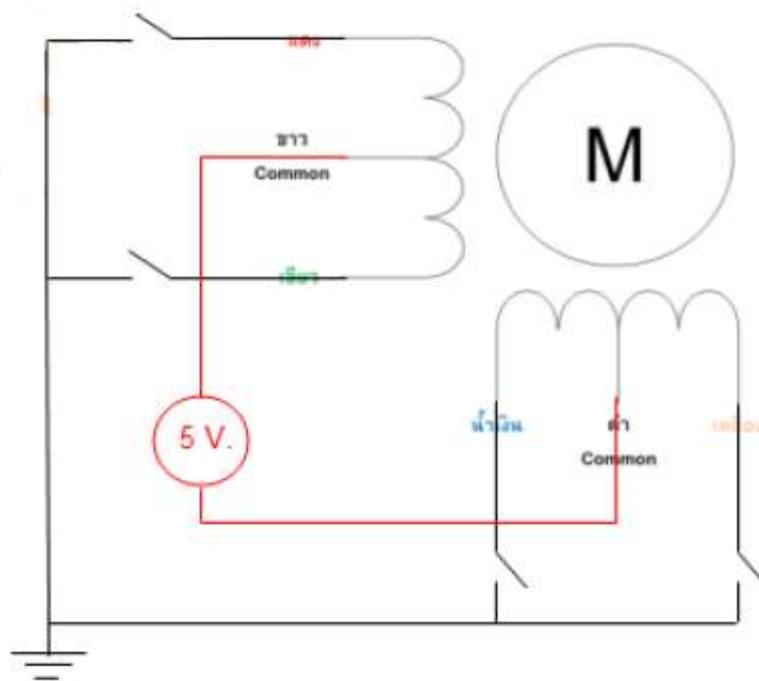
ก่อนอื่นจะต้องหาสายเฟสและสายคอมมอนของมอเตอร์ก่อน โดยทำการวัดค่าความต้านทานจับคู่แต่ละสาย ถ้าหากว่าเข้าคู่เฟสกับคอมมอน จะได้ค่าความต้านทานค่าน้อย หากวัดคู่ขาเฟสกับเฟส ค่าความต้านทานจะสูงมาก ดำเนินการวัดโดยจับคู่ทีละคู่ไปเรื่อยๆ และเนื่องจากรุ่นนี้เป็นมอเตอร์แบบ 6 สาย มีสายคอมมอน 2 เส้น เพราะมีขดลวด 2 ชุด ถ้าหากจับคู่ไม่ถูกชุดขดลวด ค่าความต้านทานที่ได้ก็จะมีค่าสูงมากเช่นกัน



รูปที่ 2.13 การหาสายเฟสและสาย Common (1)

ที่มา : Synergy Electronic Supply Co., LTD

เมื่อหาสายเฟสกับสายคอมมอนได้แล้ว ต้องนำสายเฟสมาหาลำดับเฟส โดยต่อสายคอมมอนทั้ง 2 เส้นเข้ากับแหล่งจ่ายไฟ 5V และต่อสายเฟสเข้ากับ Ground โดยคั่นกลางด้วยสวิตช์ แล้วทดลองกดสวิตช์ไล่ไปที่ละเฟส ถ้าหากลำดับถูกต้อง มอเตอร์จะขยับเป็นเสต็ปๆ ไปในทิศทางเดียวกัน ถ้าหากพบมอเตอร์ขยับคนละทิศก็สลับลำดับการกดสวิตช์ไปเรื่อย จนพบลำดับที่ถูกต้อง



รูปที่ 2.14 การหาสายเฟสและสาย Common(2)

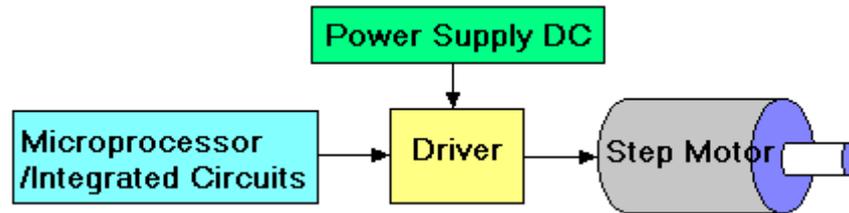
ที่มา : Synergy Electronic Supply Co., LTD

2.8.2 พื้นฐานของระบบควบคุมสเต็ปมอเตอร์

โดยแนวทางสเต็ปมอเตอร์เป็นอุปกรณ์จำพวกเชิงกลทางไฟฟ้า โดยมีรูปของไบนารี โวลต์เตทเป็น Input และการเคลื่อนที่แบบเชิงมุมเป็น Output หรือว่าหมุนทีละสเต็ปซึ่งอยู่ระหว่าง 0.1 - 30 องศา อยู่ที่โครงสร้างของสเต็ปมอเตอร์ โดยตามสัญญาณพัลส์ที่จ่ายให้กับขดสเตเตอร์ทำให้เกิดแรงผลักแก่โรเตอร์หมุนไป สเต็ปมอเตอร์มีขดลวดหลายชุดในที่นี้เราเรียกว่า Phase (เฟส) ดังนั้นสัญญาณที่ต่อเนื่องเป็น Sequence (ซีควีน) ลักษณะของ Binary (ไบนารี) ซึ่งจะต้องไปผ่านวงจร Driver (ไดรเวอร์) ก็จะทำให้โรเตอร์หมุนไปอย่างต่อเนื่อง

การควบคุมและสั่งงานให้สเต็ปมอเตอร์ทำงานไปที่ละสเต็ป สามารถทำได้โดยการจ่ายกำลังไฟไปยังขดลวดในแต่ละขดบนสเตเตอร์ โดยการป้อนจะทำในลักษณะเป็นลำดับหรือเรียกว่า ซีควีนเวียลใน

รูปที่ถูกต้อง ซึ่งจะได้แบบ เป็น 3 รูปแบบ คือ ฟูลสเตป 1 เฟส (1 phase) แบบฟูลสเตป 2 เฟส (2 phase) และแบบครึ่งสเต็ป (half step) ทั้ง 3 แบบนี้ก็จะมมีข้อดีและข้อเสียต่างกันไป



รูปที่ 2.15 การควบคุมสเต็ปมอเตอร์

ที่มา : <http://www.thaiio.com/Hardware/stepmotor.htm>

1) การกระตุ้นเฟส แบบฟูลสเต็ปมอเตอร์ (Full Step Motor) ยังสามารถแบ่งการกระตุ้นเฟสออกได้ เป็นอีก 2 วิธีด้วยกันคือ

1.1) การกระตุ้นเฟสแบบฟูลสเตป 1 เฟส (Single-Phase Driver) หรือแบบเวฟ จะเป็นการป้อนกระแสไฟให้กับขดลวดของมอเตอร์ทีละขด โดยจะป้อนกระแสเรียงตามลำดับกันไป ดังนั้นกระแสที่ไหลในขดลวด จะทำการไหลในทิศทางเดียวกันทุกขด ลักษณะเช่นนี้ จึงทำให้แรงขับของมอเตอร์มีน้อย

ตารางที่ 2.1 การกระตุ้นเฟสแบบฟูลสเตป 1 เฟส

Step No.	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4
1	ON			
2		ON		
3			ON	
4				ON
5	ON			
6		ON		

1.2) การกระตุ้นเฟสแบบฟูลสเตป 2 เฟส (Two-Phase Driver) เป็นการป้อนกระแสให้กับขดลวด 2 ขด ของมอเตอร์พร้อมๆกันไป และจะกระตุ้นเรียงถัดกันไป เช่นเดียวกับแบบหนึ่งเฟส ดังนั้นการกระตุ้นแบบนี้จึงต้องใช้กำลังไฟมากขึ้น และจะทำให้มีแรงบิดของมอเตอร์มากกว่าการกระตุ้นแบบ 1 เฟส

ตารางที่ 2.2 การกระตุ้นเฟสแบบฟูลสเตป 2 เฟส

Step No.	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4
1	ON	ON		
2		ON	ON	
3			ON	ON
4	ON			ON
5	ON	ON		
6		ON	ON	

2) การกระตุ้นเฟส แบบครึ่งสเตป (Half Step Motor) หรือ One-Two Phase Driver คือการกระตุ้นเฟสแบบฟูลสเตป 1 เฟส และ 2 เฟส เรียงลำดับกันไป แรงบิดที่ได้จากการกระตุ้นเฟสแบบนี้จะมีเพิ่มมากขึ้น เพราะช่วงของสเต็ปมีระยะสั้นลง ในการกระตุ้นแบบนี้ เราจะต้องมีการกระตุ้นที่เฟสถึง 2 ครั้ง จึงจะได้ระยะของ สเต็ปเท่ากับการกระตุ้นเพียงครั้งเดียว ของแบบฟูลสเต็ป 2 แบบแรก ความละเอียดของการหมุนตำแหน่งองศาต่อสเต็ป ก็เป็นสองเท่าของแบบแรก ความถูกต้องของตำแหน่งที่กำหนดจึงมีมากขึ้น

ตารางที่ 2.3 การกระตุ้นเฟสแบบครึ่งสเตป

Step No.	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4
1	ON			
2	ON	ON		
3		ON		
4		ON	ON	
5			ON	
6			ON	ON
7				ON
8	ON			ON
9	ON			
10	ON	ON		

2.8.2.1 ตัวควบคุมสเตปมอเตอร์ STK 672



รูปที่ 2.16 ตัวควบคุมสเตปมอเตอร์ STK 672

ที่มา : ร้านแสงตะวัน

ไอซี STK 672 ใช้เป็นตัวควบคุมสเตปมอเตอร์ การต่อเข้ากับสเตปมอเตอร์มีดังนี้

0V ต่อเข้ากับไฟเลี้ยงขั้วลบ

12-24V ต่อเข้ากับไฟเลี้ยงขั้วบวก

COM ต่อเข้ากับสายคอมมอนของสเตปมอเตอร์

A+ ต่อเข้ากับสายเฟสที่ 1 ของสเตปมอเตอร์

A- ต่อเข้ากับสายเฟสที่ 3 ของสเตปมอเตอร์

B+ ต่อเข้ากับสายเฟสที่ 2 ของสเตปมอเตอร์

B- ต่อเข้ากับสายเฟสที่ 4 ของสเตปมอเตอร์

GND ต่อเข้ากับกราวด์ของไมโครคอนโทรลเลอร์

CW/CCW ต่อเข้ากับ Digital Output ของไมโครคอนโทรลเลอร์ ใช้ในการกำหนดทิศทางการหมุนของสเตปมอเตอร์ โดยการทำงาน คือ

Low - สเตปมอเตอร์หมุนในทิศตามเข็มนาฬิกา

High - สเตปมอเตอร์หมุนในทิศทวนเข็มนาฬิกา

CLOCK ต่อเข้ากับ Digital Output ของไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นตัวจ่ายสัญญาณพัลส์ให้

OUT - ไม่ได้ใช้งาน

ไอซีในการควบคุมมอเตอร์ โดยพัลส์ต้องมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

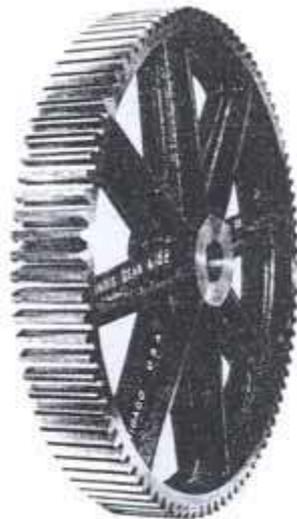
- ความถี่ของพัลส์ 0-50 kHz
- ช่วงเวลาที่วัดจากขอบหน้าของพัลส์จนถึงขอบหลัง (Pulse width) ของพัลส์ต้อง มากกว่า 10 μ s
- อัตราส่วนระหว่าง pulse width กับคาบเวลา(T) ต้องอยู่ระหว่าง 40 to 60%

2.9 การส่งกำลังด้วยเฟือง

การส่งกำลังด้วยเฟืองมีข้อดี คือ ไม่มีการลื่นไถล มีอัตราทดที่แน่นอน แต่มีข้อเสีย คือ ไม่มีการยืดหยุ่น ทำให้เกิดเสียงดัง ในกรณีที่ใช้ความเร็วรอบสูง ระยะห่างในการส่งกำลังระหว่างจุดศูนย์กลางเพลาทิ้งสอง จะน้อยกว่าการส่งกำลังด้วยสายพาน เฟืองที่นิยมใช้ในการส่งกำลัง ในงานเครื่องมือกลต่างๆไป คือ

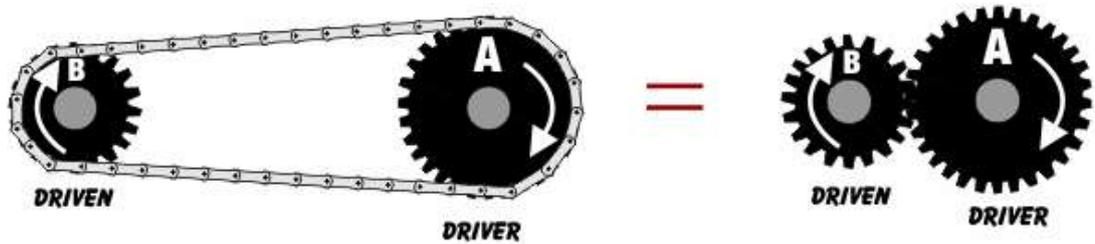
2.9.1 เฟืองตรง (Spur Gear)

เป็นเฟืองที่นิยมใช้กันมาก ในงานเครื่องมือกล เป็นเฟืองที่ผลิตง่าย ราคาถูก ส่งกำลังแบบแกนเพลานานกันได้อย่างเดียว



รูปที่ 2.17 เฟืองตรง

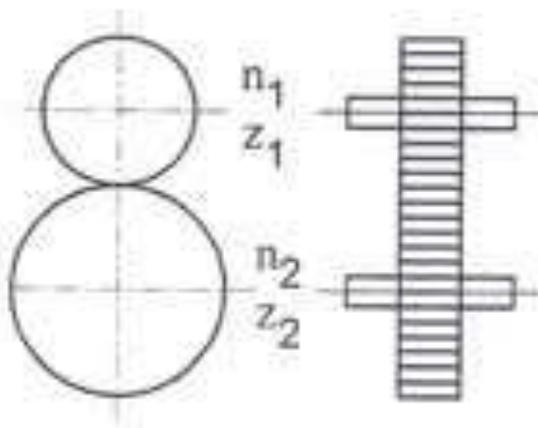
ที่มา : สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา



รูปที่ 2.18 ลักษณะการส่งกำลังของเฟืองตรง
ที่มา : สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

2.9.2 อัตราทดจากการส่งกำลังด้วยเฟืองตรง

การส่งกำลังด้วยเฟืองตรง มีทั้งการส่งกำลังแบบอัตราทดชั้นเดียว



รูปที่ 2.19 การส่งกำลังด้วยอัตราทดชั้นเดียว
ที่มา : สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1}$$

z_1 = จำนวนฟันเฟืองขับ (ฟัน)

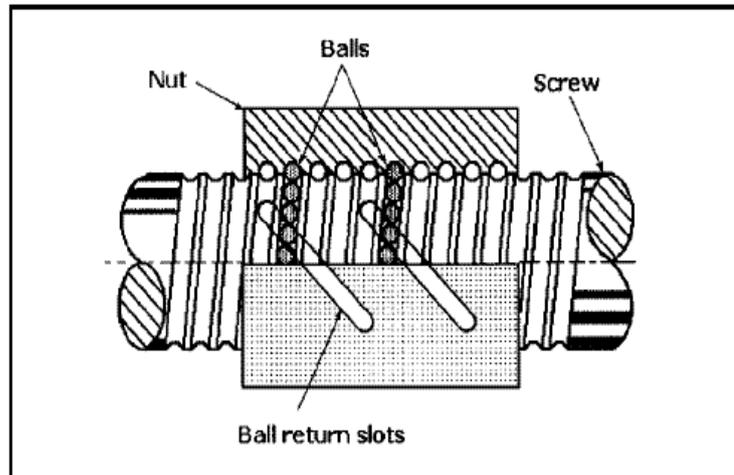
z_2 = จำนวนฟันเฟืองตาม (ฟัน)

n_1 = ความเร็วรอบของล้อขับ (รอบ/นาที)

n_2 = ความเร็วรอบของล้อตาม (รอบ/นาที)

2.10 บอลสกรู

เป็นอุปกรณ์ส่งกำลังในเครื่องจักรที่ต้องการความเร็วการทำงานสูง ภายในจะมีคัลบลูกปืนและผิวของเพลลาที่ต่อเข้า จะทำการเซาะร่องให้ลูกปืนที่บรรจุในตัว Ball Screw เคลื่อนที่ไปได้



รูปที่ 2.20 บอลสกรู

ที่มา : สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

ข้อดีของ Ball Screw มีดังนี้

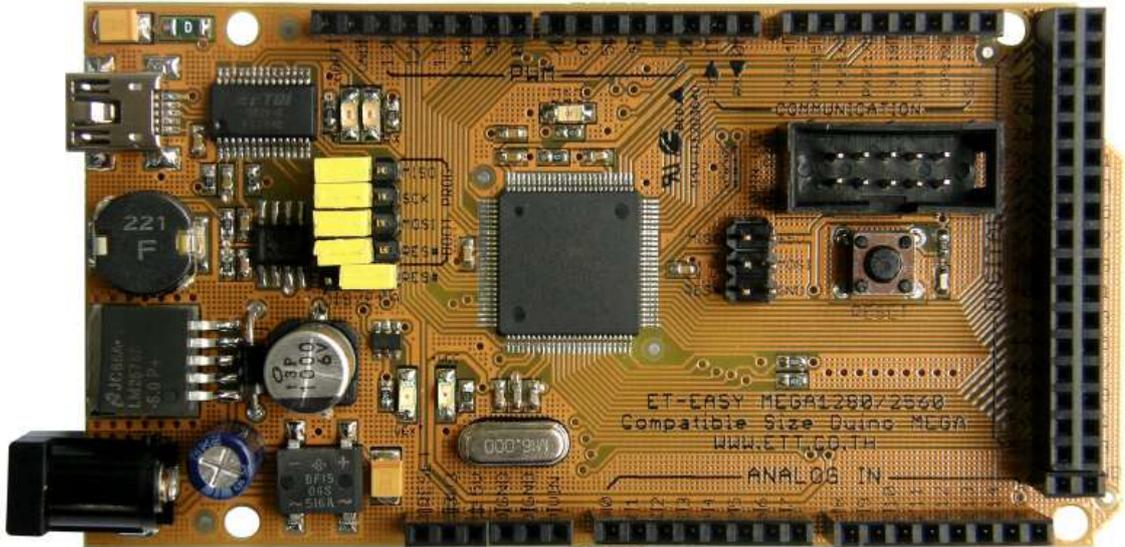
1. มีประสิทธิภาพในการส่งกำลังสูงกว่า 90%
2. ทราบอายุการใช้งานที่แน่นอน
3. เคลื่อนที่ได้นุ่มนวล
4. มีผลกระทบทางความร้อนน้อย
5. มีขนาดเล็กกว่าแบบอื่นๆ เมื่อเทียบภาระน้ำหนักกระทำที่เท่ากัน

ข้อเสียของ Ball Screw มีดังนี้

1. มีความซับซ้อนมากกว่าแบบอื่นๆ
2. ต้องการการหล่อลื่นสูง

2.11 ไมโครคอนโทรลเลอร์ ET-EASY MEGA1280 (Duino Mega)

และการทำงาน



รูปที่ 2.21 ET-EASY MEGA1280 (Duino Mega)

ที่มา : บริษัท อีทีที จำกัด, คู่มือการใช้งาน

2.11.1 โครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ ET-EASY MEGA1280 (Duino Mega)

จากการที่ Arduino ที่เป็น โครงการพัฒนาระบบ MCU ของ AVR แบบ Open Source ได้รับการแนะนำเผยแพร่ออกมาสู่สาธารณะ ซึ่งได้รับความนิยมกันอย่างแพร่หลายจากผู้คนทั่วโลก ภายในระยะเวลาอันรวดเร็ว ทางด้านของ Software ก็มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ซึ่งในขณะนี้ (สิงหาคม 2552) โปรแกรมของ Arduino ได้รับการปรับปรุงเป็น Version “arduino-0016” แล้ว โดยทางด้าน Hardware เองก็ได้มีการพัฒนาปรับปรุงอย่างต่อเนื่องควบคู่กันไปด้วยเช่นเดียวกัน ซึ่งจากเดิมที่มีการพัฒนาโปรแกรมให้รองรับกับการใช้งานได้กับชิพ MCU รุ่นเล็ก 28 ขา อย่าง ATMEGA8/ATMEGA88/ATMEGA168/ATMEGA328 สำหรับเป็นจุดเริ่มต้นให้ผู้สนใจได้ใช้เป็นเครื่องมือและอุปกรณ์ในการศึกษาทดลองเรียนรู้ ตลอดจนนำไปประยุกต์ใช้งานกันนั้น มาถึงวันนี้ขนาดของทรัพยากรต่างๆ รวมทั้งขนาดของหน่วยความจำ สำหรับเขียนโปรแกรม ที่มีอยู่ในชิพ AVR รุ่นเล็กที่มีอยู่ เริ่มไม่เพียงพอต่อการประยุกต์ใช้งานในงานบางประเภทแล้ว ทาง Arduino เอง จึงได้ทำการพัฒนาให้ Arduino สามารถรองรับการใช้งานขนาดใหญ่ขึ้นอีก โดยปรับปรุงโปรแกรมให้ใช้กับชิพ AVR รุ่นใหญ่ขึ้น เพื่อให้มีจำนวน I/O ทั้ง Digital, Analog, PWM, UART และ ขนาด

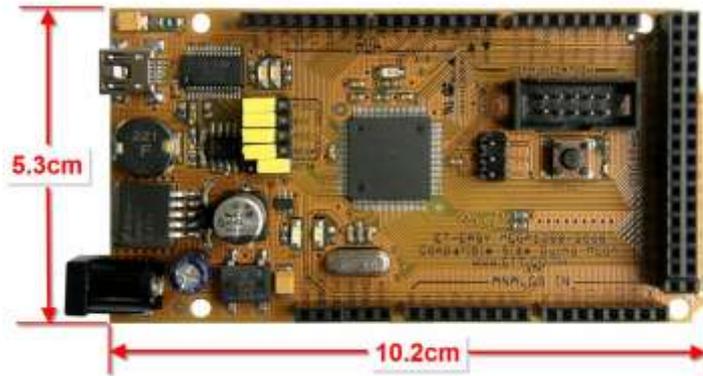
หน่วยความจำเพิ่มมากขึ้นกว่าเดิม แต่ก็ยังคงใช้แนวทางในการพัฒนาโปรแกรม แบบเดียวกันกับรุ่นเล็กทุกประการ โดยได้เลือกใช้ชิพ AVR เบอร์ ATMEGA1280 และออกแบบพัฒนา Hardware บอร์ดขึ้นมารองรับ โดยใช้รหัสชื่อรุ่นว่า “Arduino Mega” ออกวางจำหน่าย และได้มีการเผยแพร่รายละเอียดทาง Hardware ต่างๆให้ผู้สนใจนำไปพัฒนาต่อยอดกันตัวเอง แต่เนื่องจากชิพดังกล่าวมีโครงสร้างตัวถังเป็นแบบ SMD จึงทำให้เป็นอุปสรรคสำหรับผู้ใช้งานจำนวนมากไม่น้อย ในการที่จะผลิตหรือสร้างบอร์ดขึ้นใช้งานเอง ทาง อีทีที จึงได้นำ ATMEGA1280 มาพัฒนาเป็นบอร์ด โดยให้มีโครงสร้างการทำงานเช่นเดียวกันกับ Arduino Mega ขึ้นมา โดยใช้ชื่อว่า **”ET-EASY MEGA1280”** โดยได้ออกแบบให้มีการจัดสรร Pin I/O ต่างๆ รวมทั้งขนาดให้ตรงตามมาตรฐานของบอร์ด **“Arduino Mega”** เพียงแต่ได้มีการปรับปรุงข้อจำกัดบางอย่างให้ดีขึ้นกว่า Arduino Mega รุ่นมาตรฐาน เพื่อเพิ่มความสะดวกกับผู้ใช้งานมากยิ่งขึ้น

2.11.2 สมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ ET-EASY MEGA1280

คุณสมบัติต่างๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ **ET-EASY MEGA1280** สามารถสรุปได้ดังนี้

- ใช้ ATMEGA1280 เป็น MCU ประจำบอร์ด Run ความถี่ 16MHz จาก Crystal Oscillator
- 128KByte Flash (สงวนไว้ 4KByte สำหรับ Bootloader) / 8KByte SRAM / 4KByte EEPROM
- รองรับการพัฒนาโปรแกรมด้วยภาษา C++ ของ Arduino ตามแบบ Arduino Mega ได้ 100%
- ใช้ USB Bridge ของ FTDI เบอร์ FT232RL พร้อม Over Current Protection สำหรับติดต่อสื่อสารและ Download Code จากคอมพิวเตอร์ให้บอร์ด พร้อม Jumper สำหรับปรับใช้งานบอร์ดเป็นการ Program Bootloader ให้กับ MCU จากพอร์ต USB ในบอร์ดตัวเอง โดยไม่ต้องใช้เครื่องโปรแกรม AVRISP จากภายนอก
- 54 Pin Digital I/O โดยมี 14Pin สามารถโปรแกรมหน้าที่เป็น PWM ได้
- 16 Pin Analog Input (ADC ขนาด 10 บิต 16 ช่อง)
- 4 UART(Hardware Serial Port) แบบ TTL Logic
- ขนาดของ PCB บอร์ด และ ตำแหน่ง Pin Connector ต่างๆ ตรงกันกับ Arduino Mega ทั้งหมด ทำให้สามารถนำไปติดตั้งใช้งานร่วมกับบอร์ด Shield แบบต่างๆที่มีการผลิตขึ้นมาใช้งานร่วมกับบอร์ด Arduino Mega ได้ทั้งหมด โดยบอร์ดมีขนาด PCB Size 5.3cm x 10.2cm
- มีหัว Header 10Pin IDE ของ 8 บิต Digital I/O(D22...D29) สำหรับเชื่อมต่อกับ LCD หรือ บอร์ด I/O แบบต่างๆ ของ อีทีที เพิ่มความสะดวกในการใช้งาน
- รองรับการใช้งานกับ External Supply ทั้งแบบ AC และ DC ขนาด 7-20V โดยเลือกใช้ Regulate แบบ Switching ขนาด 1A (LM2575-5V) ลดปัญหาเรื่องความร้อนเมื่อมีการใช้กระแสสูงๆ สามารถ

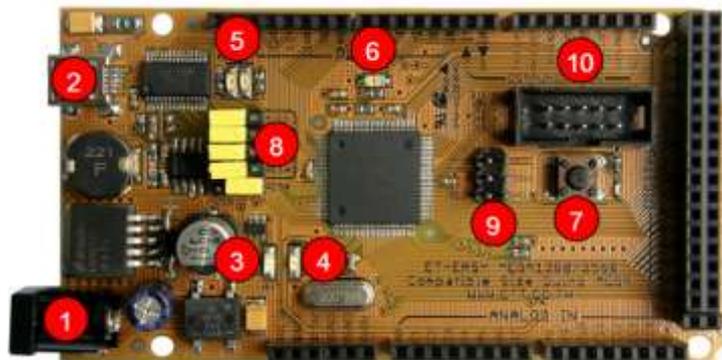
ใช้แหล่งจ่ายจากพอร์ต USB ได้ในกรณีใช้กระแสไม่เกิน 500mA โดยมีวงจรเลือกแหล่งจ่ายอัตโนมัติ โดยจะตัดการใช้ไฟเลี้ยงจาก USB โดยอัตโนมัติ เมื่อมีการต่อแหล่งจ่ายจากภายนอกให้บอร์ด



รูปที่ 2.22 ขนาด ET-EASY MEGA1280 (Duino Mega)

ที่มา : บริษัท อีทีที จำกัด, คู่มือการใช้งาน

2.11.3 โครงสร้างบอร์ด ET-EASY MEGA1280 (Duino Mega)



รูปที่ 2.23 โครงสร้าง ET-EASY MEGA1280 (Duino Mega)

ที่มา : บริษัท อีทีที จำกัด, คู่มือการใช้งาน

- หมายเลข 1 คือ ขั้วต่อแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงจากภายนอก สามารถใช้ได้กับแหล่งจ่ายทั้งแบบ AC และ DC พร้อมวงจร Bridge Rectifier และ Regulate แบบ Switching ช่วยลดความร้อนของ IC Regulate เมื่อมีการดึงกระแสมากๆ ได้เป็นอย่างดี สามารถใช้กับแรงดัน Input 7-20V
- หมายเลข 2 เป็นขั้วต่อ USB สำหรับติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ PC โดยใช้ FT232RL เป็น USB Bridge ในการเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์ PC และ MCU ในบอร์ด และยังสามารถใช้ไฟจาก พอร์ต USB เป็นแหล่งจ่ายให้กับบอร์ดได้ด้วย โดยจะมี Poly Fuse ขนาด 500mA สำหรับ

ป้องกันการดึงกระแสเกินจากพอร์ต USB ด้วย และที่พิเศษ คือ มีวงจรสำหรับตรวจสอบแหล่งจ่าย เพื่อสลับการใช้งานแหล่งจ่ายจาก USB ไปเป็น External Supply ได้เอง โดยอัตโนมัติ โดยเมื่อไม่ได้ต่อ External Supply บอร์ดจะใช้ไฟจากพอร์ต USB เป็นแหล่งจ่ายในการทำงาน แต่เมื่อมีการต่อ External Supply วงจรจะสลับไปใช้แหล่งจ่ายจาก External Supply เองโดยอัตโนมัติ

o **LED +VCC** ใช้แสดงสถานะเมื่อมีการจ่ายไฟให้กับบอร์ด

o **LED VEXT** ใช้แสดงสถานะเมื่อมีการจ่ายไฟจาก External Supply

- หมายเลข 3 เป็น LED VEXT ใช้แสดงสถานะเมื่อมีการจ่ายไฟเลี้ยงจาก External Supply

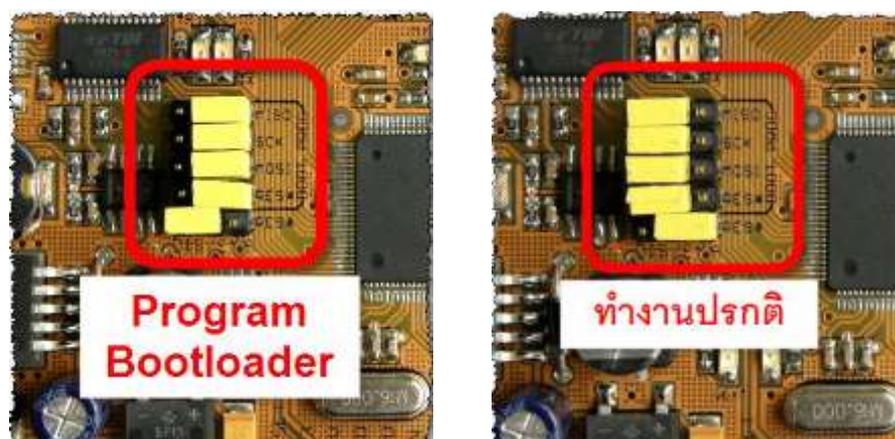
- หมายเลข 4 เป็น LED +VCC ใช้แสดงสถานะของแหล่งจ่ายไฟเลี้ยง (+VCC) ของบอร์ด โดยเมื่อบอร์ดใช้แหล่งจ่ายจาก External Supply จะแสดงสถานะโดยการให้ LED VEXT และ LED +VCC ติดสว่างพร้อมกันทั้งคู่ แต่ถ้าบอร์ดใช้แหล่งจ่ายจากพอร์ต USB จะแสดงสถานะโดยการให้ LED +VCC ติดสว่างเพียงดวงเดียว

- หมายเลข 5 เป็น LED แสดงสถานะของ RX และ TX ใช้สำหรับแสดงการรับส่งข้อมูลระหว่างบอร์ด ET-EASY MEGA1280 กับคอมพิวเตอร์ PC ผ่านทางพอร์ต USB

- หมายเลข 6 เป็น LED D13 ใช้สำหรับแสดงการทำงานของ Bootloader และ ใช้ทดสอบการทำงานของบอร์ดจากการควบคุมของ Pin Digital-13 ทำงานด้วย Logic “1” และ หยุดทำงานด้วย Logic “0”

- หมายเลข 7 เป็นสวิทช์ Reset ใช้สำหรับตั้ง Reset การทำงานของบอร์ด

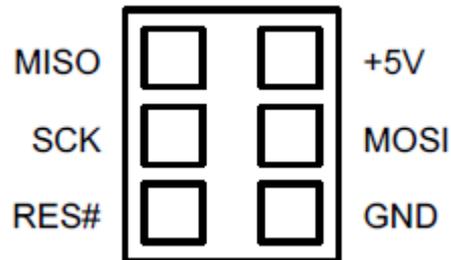
- หมายเลข 8 เป็นชุด Jumper สำหรับเลือก การ Program Bootloader ผ่าน USB Port และการใช้งานตามปกติ



รูปที่ 2.24 Jumper สำหรับเลือกวิธีการโปรแกรม

ที่มา : บริษัท อีทีที จำกัด, คู่มือการใช้งาน

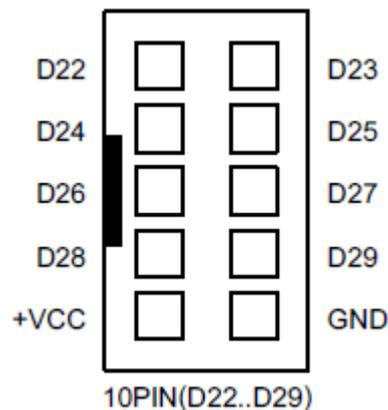
- หมายเลข 9 เป็นขั้วต่อ AVRISP ใช้สำหรับ Download Code ให้กับ MCU โดยขั้วต่อ AVRISP นี้จะสามารถใช้งานได้กับเครื่องโปรแกรมทุกรุ่นที่รองรับการใช้งานกับ ATMEGA1280 และใช้ขั้วต่อตรงตามมาตรฐาน AVRISP ดังรูปที่ 2.25



รูปที่ 2.25 ขั้วต่อ AVRISP ใช้สำหรับ Download Code

ที่มา : บริษัท อีทีที จำกัด, คู่มือการใช้งาน

- หมายเลข 10 เป็นขั้วต่อสัญญาณจาก D[22..29] สำหรับเชื่อมต่อกับบอร์ด I/O ของ อีทีที รวมทั้งจอแสดงผล LCD โดยใช้ร่วมกับ 10PIN LCD หรือ ET-CONV SPI TO LCD

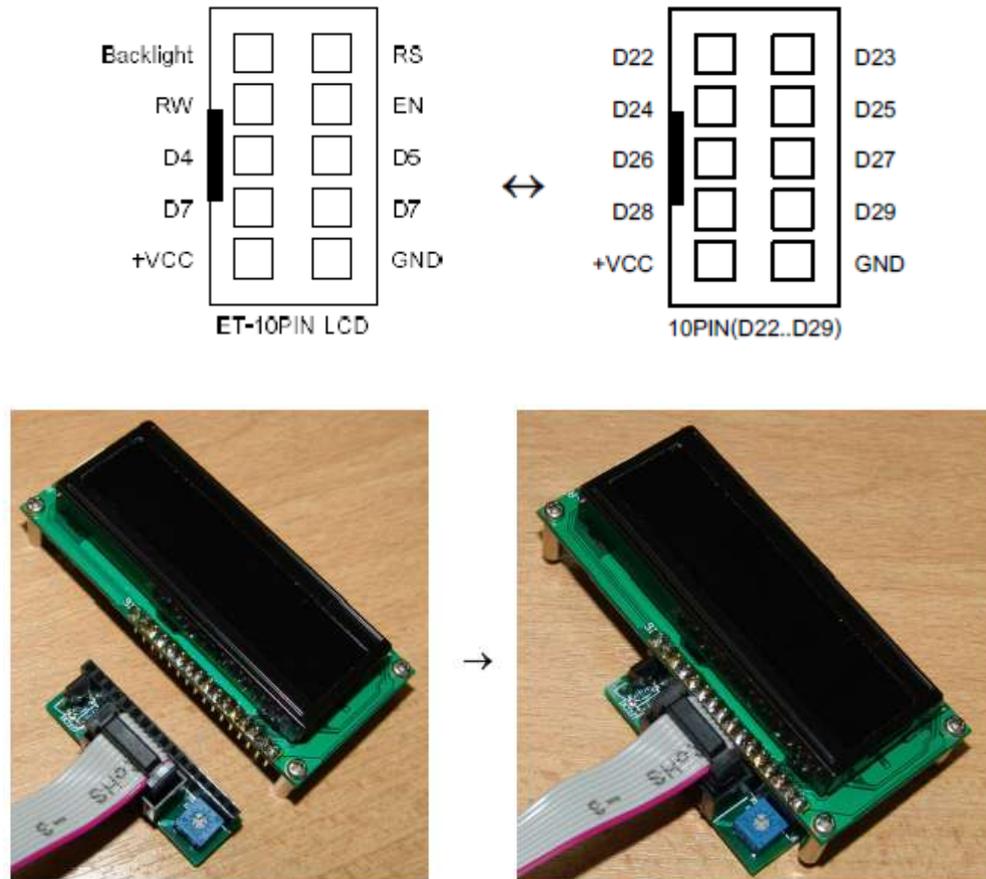


รูปที่ 2.26 ขั้วต่อสัญญาณสำหรับเชื่อมต่อกับจอแสดงผล LCD

ที่มา : บริษัท อีทีที จำกัด, คู่มือการใช้งาน

โดยในกรณีที่ต้องการนำขั้วต่อ 10PIN ไปเชื่อมต่อเพื่อใช้ควบคุมการแสดงผลของ LCD นั้น เพื่อความสะดวกในการใช้งาน ขอแนะนำให้จัดหาชุด ET-10PIN CLCD (ET-CONV 10 TO LCD) มาเป็นตัวกลางในการเชื่อมต่อระหว่าง ขั้ว IDE 10PIN ของบอร์ด ET-EASY MEGA1280 ดังตัวอย่างโดยเมื่อนำ LCD มาติดตั้งเข้ากับชุด ET-10PIN CLCD เรียบร้อยแล้ว จะทำให้สามารถเชื่อมต่อสายสัญญาณ

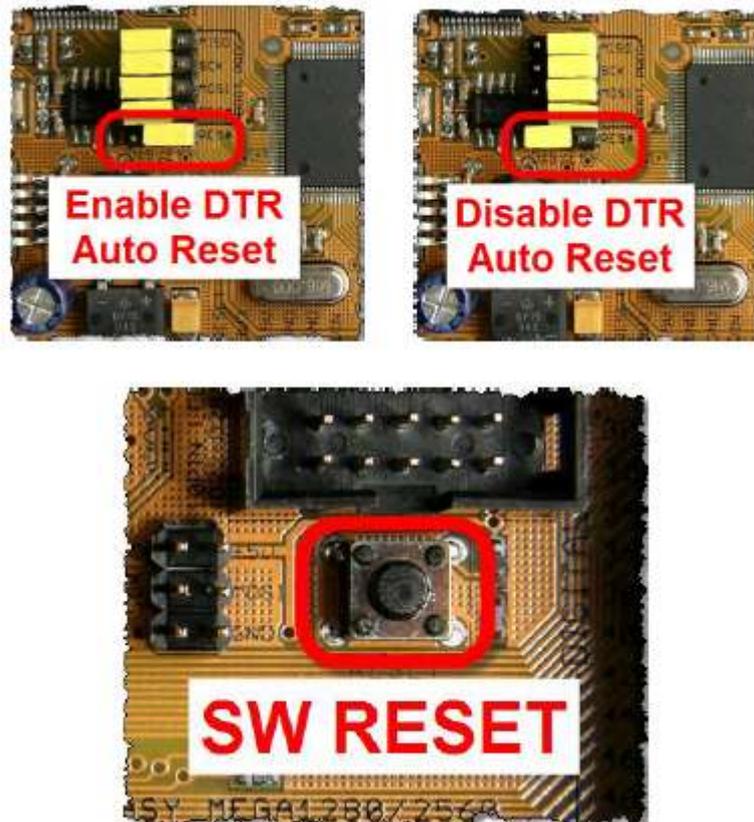
ระหว่างขั้ว ET-10PIN CLCD กับ 10PIN ได้โดยง่าย โดยใช้การเชื่อมต่อผ่านทางสายแพร 10PIN ได้ทันทีดังตัวอย่าง



รูปที่ 2.27 ตัวอย่างการเชื่อมต่อกับจอแสดงผล LCD
ที่มา : บริษัท อีทีที จำกัด, คู่มือการใช้งาน

2.11.4 สมบัติของสัญญาณต่างๆ ของบอร์ด ET-EASY MEGA1280

- **RESET#** เป็นสัญญาณ Input Logic Reset ของ MCU เมื่อเป็น Logic Low จะทำให้ MCU อยู่ในสภาวะรีเซ็ต เมื่อเป็น Logic High จะทำให้ MCU อยู่ในสภาวะทำงานตามปกติ โดยสัญญาณ RESET# นี้จะถูกควบคุมจาก 2 แหล่ง คือ จาก สวิตช์ RESET ภายในบอร์ด และจากสัญญาณ DTR ของ FT232RL ถ้ามีการเลือก Enable Jumper ของ Auto Reset จาก DTR ไว้



รูปที่ 2.28 สวิตรีเซต

ที่มา : บริษัท อีทีที จำกัด, คู่มือการใช้งาน

- **+3V3** เป็นแหล่งจ่ายไฟขนาด +3.3V ที่ได้จากวงจร Regulate ภายในของ FT232RL สามารถจ่ายกระแสได้สูงสุด 50 mA ซึ่งเมื่อต้องการนำแหล่งจ่าย +3.3 V นี้ไปใช้งานเป็นแหล่งจ่ายให้กับอุปกรณ์ต่างๆ ต้องระมัดระวังเรื่องการดึงกระแสของโหลดด้วย ถ้าโหลดมีการดึงกระแสมากกว่า 50 mA อาจทำให้ FT232RL เกิดความเสียหายได้
- **+VIN** เป็นไฟ DC ที่รับมาจาก Jack VIN(External Supply) แต่ผ่านการ Rectifier และ Filter เป็นDC แล้ว มีขนาดแรงดันเฉลี่ยตามขนาดแรงดันที่ป้อนให้กับบอร์ดทาง Jack VIN
- **+5V** เป็นจุดต่อแหล่งจ่ายไฟของบอร์ดออกไปใช้งาน ซึ่งมาจากแหล่งกำเนิด 2 แหล่ง คือ จากพอร์ต USB และจาก External Supply ซึ่งถ้าต่อแหล่งจ่ายให้บอร์ดจาก External Supply ผ่านทาง JackVIN แหล่งจ่าย +5V นี้จะมาจาก Switching Regulate (LM2575-5V) สามารถจ่ายกระแสได้สูงสุดถึง 1A แต่ถ้าใช้แหล่งจ่ายจากพอร์ต USB แหล่งจ่าย +5V นี้จะมาจากพอร์ต USB โดยตรงโดยจะมีฟิวส์ แบบ Poly ขนาด 500 mA ต่อป้องกันการดึงกระแสเกินเพื่อป้องกันความเสียหายของพอร์ต USB โดยจะจ่ายกระแสได้สูงสุดไม่เกิน 500mA ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติในการจ่ายกระแสของพอร์ต

USB และการ Configure ค่าให้กับ FT232RL ด้วย

- **A0-A15** เป็นขาสัญญาณ Analog Input แบบ ADC มีขนาดความละเอียด 10 บิต มี 16 Pin สามารถรับแรงดัน Analog Input ได้ 0-5 VDC
- **D0-D53** เป็นขาสัญญาณ Digital Input/Output แบบ TTL มีทั้งหมด 54 Pin สามารถใช้ทำหน้าที่เป็น Input หรือ Output ตามการกำหนดจากโปรแกรม โดยมีบาง Pin สามารถกำหนดหน้าที่ใช้งานเป็นฟังก์ชันพิเศษต่างๆเพิ่มเติมได้อีก
 - **D0-D1** ถูกสงวนไว้ใช้ทำหน้าที่เป็นพอร์ตสื่อสารอนุกรม RS232 (UART0) โดยได้ทำการเชื่อมต่อกับ USB Bridge ของ FT232RL เพื่อใช้ Upload Code ให้กับบอร์ด และยังสามารถใช้ทดลองติดต่อสื่อสารรับส่งข้อมูลระหว่างบอร์ดกับคอมพิวเตอร์ PC ได้ด้วย
 - **D2-D13** สามารถ โปรแกรมหน้าที่เป็น PWM ขนาด 8 บิต มี 14 Pin ได้
 - **D14** สามารถ โปรแกรมหน้าที่เป็น TX3 สำหรับ ส่งข้อมูลของ UART3 ได้ด้วย
 - **D15** สามารถ โปรแกรมหน้าที่เป็น RX3 สำหรับ รับข้อมูลให้กับ UART3 ได้ด้วย
 - **D16** สามารถ โปรแกรมหน้าที่เป็น TX2 สำหรับ ส่งข้อมูลของ UART2 ได้ด้วย
 - **D17** สามารถ โปรแกรมหน้าที่เป็น RX2 สำหรับ รับข้อมูลให้กับ UART2 ได้ด้วย
 - **D18** สามารถ โปรแกรมหน้าที่เป็น TX1 สำหรับ ส่งข้อมูลของ UART1 ได้ด้วย
 - **D19** สามารถ โปรแกรมหน้าที่เป็น RX1 สำหรับ รับข้อมูลให้กับ UART1 ได้ด้วย
 - **D20** สามารถ โปรแกรมหน้าที่เป็น SDA ของ I2C Bus สำหรับใช้สื่อสารกับ I2C ได้ด้วย
 - **D21** สามารถ โปรแกรมหน้าที่เป็น SCL ของ I2C Bus สำหรับใช้สื่อสารกับ I2C ได้ด้วย
- **AREF** เป็นสัญญาณ Analog Reference จากภายนอกที่ต้องการป้อนให้กับ MCU ซึ่งตามปกติแล้ว ATMEGA1280 สามารถโปรแกรมให้เลือกใช้แรงดันอ้างอิงจากภายในได้อยู่แล้ว โดยสามารถเลือกเป็น 1.1V หรือ 2.56V หรือ AVCC(+5V) โดยไม่จำเป็นต้องป้อนแรงดันอ้างอิงจากภายนอกให้กับบอร์ดอีก แต่ถ้าต้องการแรงดันอ้างอิงที่มีความแตกต่างจากที่กล่าวมาแล้ว ก็สามารถป้อนเป็นแรงดันอ้างอิงจากภายนอกผ่านทางขา AREF นี้เข้าไปเองได้ระหว่าง 0-5V

2.12 ซอฟต์แวร์ที่เกี่ยวข้องกับการใช้งาน การพัฒนาและประยุกต์ใช้งาน

1) Arduino 0023

เป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้สำหรับ

- 1) เขียนซอสโค้ด
- 2) Compile ซอสโค้ด
- 3) โปรแกรมซอสโค้ดลง MCU ของไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านทาง Port USB

```

motor | Arduino 0023
File Edit Sketch Tools Help

motor

void setup()
{
  pinMode(11, OUTPUT);
  pinMode(12, OUTPUT);
}

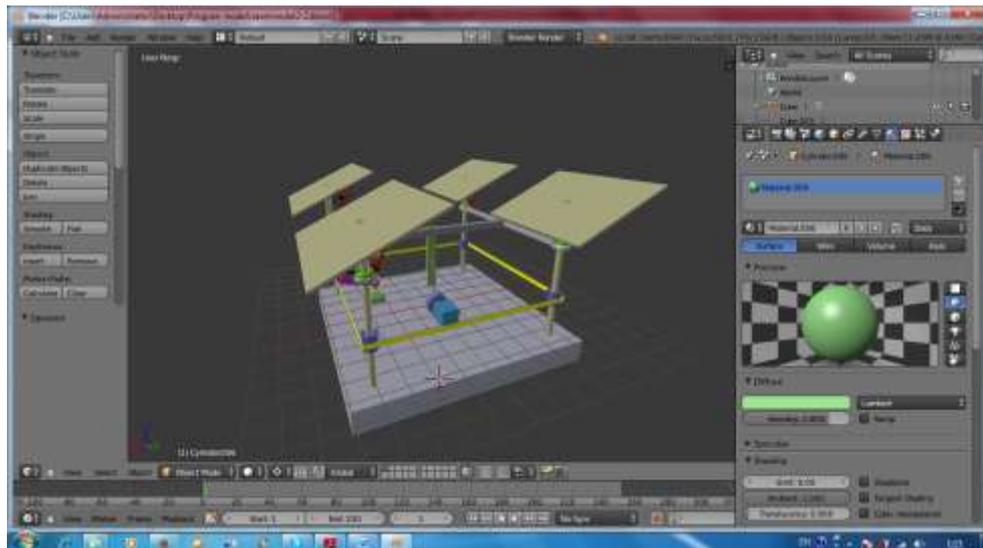
void loop()
{
  for(int x = 0;x<20000;x++)
  {
    digitalWrite(11, LOW);
    digitalWrite(12, HIGH);
    delayMicroseconds(200); // Approximately 10% duty cycle @ 50Hz
    //delay(1000);
    digitalWrite(12, LOW);
    //delay(4000);
    delayMicroseconds(420);
  }
  delay(3000);
  for(int x = 0;x<20000;x++)
  {
    digitalWrite(11, HIGH);
    digitalWrite(12, HIGH);
    delayMicroseconds(200); // Approximately 10% duty cycle @ 50Hz
    //delay(1000);
    digitalWrite(12, LOW);
    //delay(4000);
    delayMicroseconds(420);
  }
}

```

รูปที่ 2.29 ตัวอย่างโปรแกรม Arduino 0023

2) Blender

เป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้สำหรับออกแบบโครงสร้าง



รูปที่ 2.30 ตัวอย่างโปรแกรม Blender

2.13 รายงานการค้นคว้า การศึกษาและการวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.13.1 งานปริทัศน์ระบบติดตามดวงอาทิตย์

ผู้ทำการวิจัย : Hossein Mousazadeh, Alireza Keyhani,, Arzhang Javadi, Hossein Mobli, Karen Abrinia และ Ahmad Sharifi

สถานที่ทำการวิจัย : ไม่ปรากฏ

รายละเอียดงานวิจัย : ได้ทำการปริทัศน์ระบบติดตามดวงอาทิตย์ โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 แบบ

2.13.1.1 การศึกษาประเภทของระบบ Solar tracking แบ่งหลักๆได้ 2 ชนิด

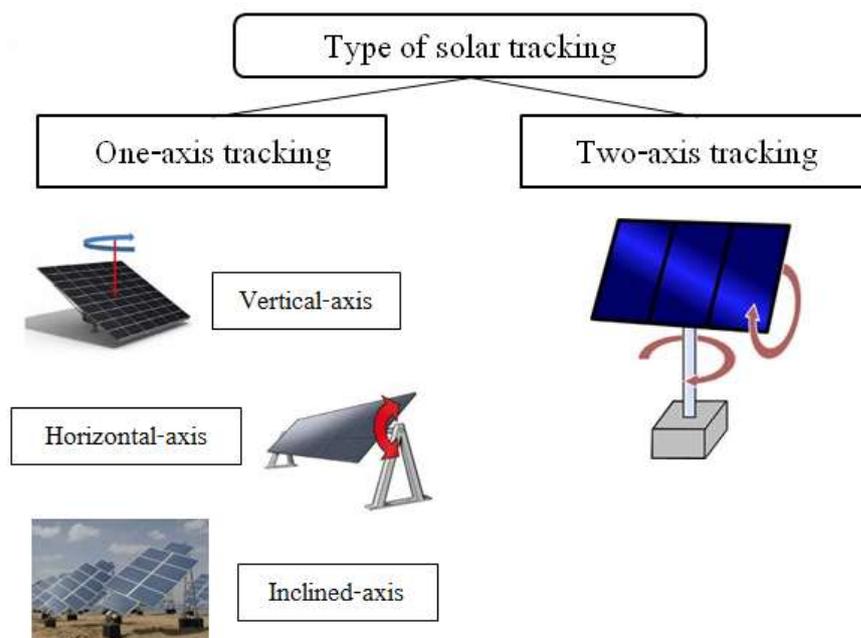
1) ประเภทที่สามารถหมุนได้ 1 แกน สามารถแบ่งย่อยได้ 3 ลักษณะ

1.1) vertical-axis คือ ระบบที่แกนตั้งเป็นตัวหมุน

1.2) Horizontal-axis คือ ระบบที่แกนนอนเป็นตัวหมุน

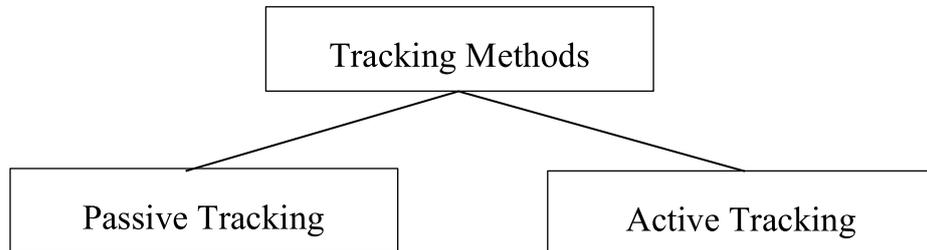
1.3) Inclined-axis คือ ระบบที่แกนหนึ่งจะกำหนดองศาความเอียงเอาไว้ ส่วนอีกแกนจะเป็นตัวหมุนแผงโซลาร์เซลล์ให้เคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์

2) ประเภทที่สามารถหมุนได้ 2 แกน คือ ระบบที่สามารถหมุนได้ทั้งสองแกนทั้งแกนตั้งและแกนนอน



รูปที่ 2.31 แผนผังแสดงประเภทของระบบ Solar Tracking

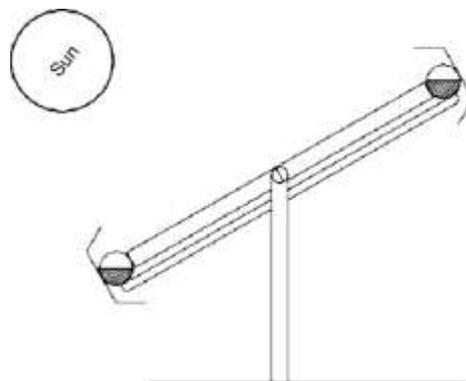
2.13.1.2 การศึกษาประเภทการทำงานของระบบ Solar tracking



รูปที่ 2.32 แผนผังแสดงประเภทการทำงานของระบบ Solar Tracking

จากรูปที่ 2.32 แบบประเภทการทำงานของระบบ Solar tracking แบ่งได้ 2 แบบ คือ

1) Passive Tracking คือ ระบบที่ไม่ต้องอาศัยปัจจัยภายนอกในการทำงาน เช่น การใช้ประโยชน์จากการขยายตัวของความร้อนในสสาร การทำงานแบบ Passive ส่วนใหญ่จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ทำให้ระบบนี้มีประสิทธิภาพต่ำที่อุณหภูมิต่ำ



รูปที่ 2.33 ตัวอย่างของระบบ Passive Solar Tracking

จากรูปที่ 2.33 หลักการทำงานคือ นี่เป็นแผงโซลาร์เซลล์ที่ปลายทั้งสองฝั่งจะติดตั้งแท่งบรรจุของเหลวไว้ภายใน เมื่อแท่งทั้งสองฝั่งได้รับปริมาณแสงอาทิตย์ที่ไม่เท่ากัน จะทำให้แท่งฝั่งหนึ่งมีความดันเพิ่มมากขึ้นทำให้ของเหลวในแท่งที่มีความดันมากกว่าไหลไปสู่แท่งที่มีความดันที่น้อยกว่าทำให้แท่งที่มีความดันน้อยกว่ามีน้ำหนักเพิ่มขึ้น ทำให้แผงโซลาร์เซลล์สามารถเคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์ได้

2) Active Tracking คือ ระบบที่ต้องอาศัยปัจจัยภายนอกในการทำงาน ส่วนใหญ่จะใช้การเขียนโปรแกรมสั่งให้ระบบทำงาน การเขียนโปรแกรมสามารถทำได้หลายวิธีเช่น การใช้

- **Microprocessor + Sensor** คือ การใช้ Microprocessor เป็นตัวออกคำสั่งให้มอเตอร์หมุนแผงโซลาร์เซลล์ โดยใช้ Sensor เป็นตัวตรวจจับทิศทางของแสงอาทิตย์

- **Date + Time** คือ การทำให้เวลาให้แผงโซลาร์เซลล์เคลื่อนที่ตามวันและเวลาที่เรากำหนด

- **Microprocessor + Sensor + Date + Time** คือ การทำงานร่วมกันระหว่างสองระบบด้านบน

2.13.1.3 ประโยชน์ที่ได้รับจากระบบติดตามดวงอาทิตย์

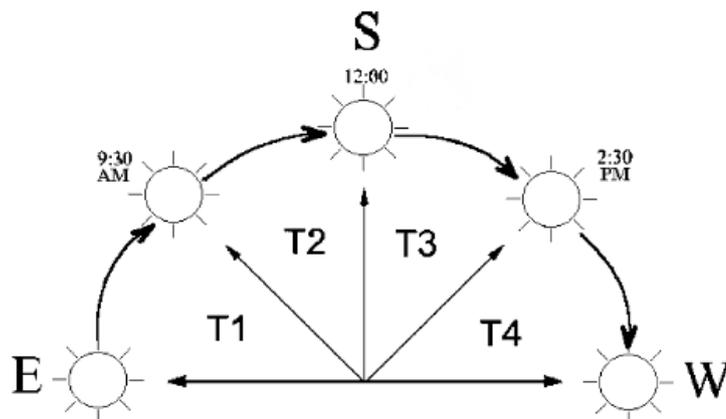
- 1) ศึกษาเรียนรู้ประเภทและหลักการทำงานของระบบติดตามดวงอาทิตย์แบบต่างๆ
- 2) สามารถนำเอาสิ่งที่ศึกษาไปใช้ในการออกแบบระบบติดตามดวงอาทิตย์งานวิจัย

2.13.2 ระบบติดตามดวงอาทิตย์แบบ 2 แกนควบคุมโดยใช้ PLC

ผู้ทำการวิจัย : Salah Abdallah และ Salem Nijmeh

สถานที่ทำการวิจัย : ประเทศจอร์แดน

รายละเอียดงานวิจัย : หลักการคือ จะแบ่งช่วงเวลากลางวันเป็น 4 ช่วงในหนึ่งวันแต่ละช่วงก็จะมีเวลาเท่าๆ กัน แล้วนำมาคำนวณว่าในแต่ละช่วงเวลาแผงโซลาร์จะต้องเคลื่อนที่ไปที่องศาตามรูปที่ 2.30 และควบคุมโดยใช้ PLC ทำการทดลอง และวัดค่ารังสีแสงอาทิตย์เทียบกับระบบที่กำหนดไว้ที่ 32 องศาละติจูด



รูปที่ 2.34 การทำงานของระบบติดตามดวงอาทิตย์แบบ 2 แกนควบคุมโดยใช้ PLC

ที่มา : Salah Abdallah, Salem Nijme

ผลการทดลอง

ตารางที่ 2.4 การทดลองวัดค่ารังสีแสงอาทิตย์(MJ/m²)

Date of day	2-axis tracking	Fix@ 32 latitude	%Gain
07/05/2011	41.266	27.746	48.73
10/05/2001	27.49	20.73	32.61
11/05/2001	34.534	23.661	45.95
12/05/2001	36.057	26.11	38.09
Average	34.83675	24.56175	41.34

จากตารางที่ 2.4 ผลปรากฏว่าระบบติดตามดวงอาทิตย์แบบ 2 แกนสามารถรับรังสีแสงอาทิตย์ได้ 34.83675 MJ/m² ส่วนระบบติดตั้งคงที่ที่มุม 32 องศาละติจูด สามารถรับรังสีแสงอาทิตย์ได้ 24.56175 MJ/m² ซึ่งระบบติดตามดวงอาทิตย์แบบ 2 แกนมีประสิทธิภาพมากกว่า 41.34%

2.13.3 การเปรียบเทียบการผลิตไฟฟ้าของระบบติดตามดวงอาทิตย์แบบ 2 แกนกับ ระบบติดตั้งคงที่ที่มุม 52.46 องศาละติจูด

ผู้ทำการวิจัย : Ahmet Senpinar และ Mehmet Cebeci

สถานที่ทำการวิจัย : เมือง Elazig ประเทศตุรกี

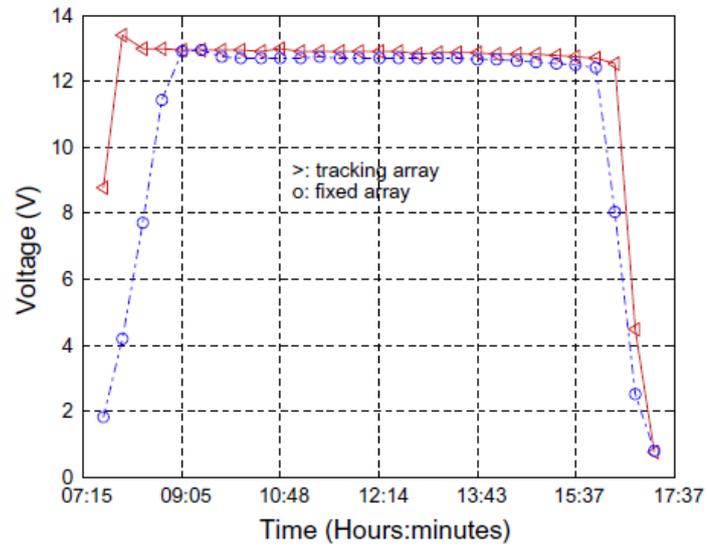
รายละเอียดงานวิจัย : วันที่ทำการทดลอง 27 ตุลาคม 2012 ซึ่งป็นวันที่มีแสงแดดดี กับ 28 ตุลาคม 2012 ซึ่งป็นวันที่มีแสงแดดผสมกับมีเมฆ และเปรียบเทียบการผลิตไฟฟ้าของระบบติดตามดวงอาทิตย์แบบ 2 แกนกับ ระบบ ติดตั้งคงที่ที่มุม 52.46 องศาละติจูด



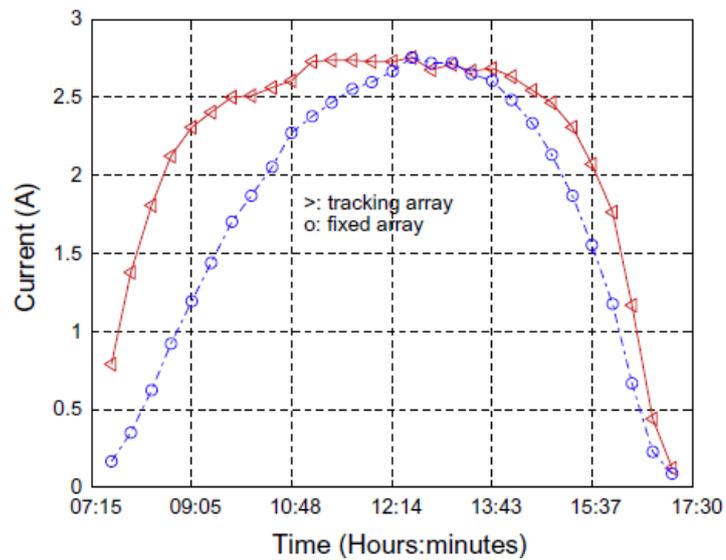
รูปที่ 2.35 ระบบติดตามดวงอาทิตย์และระบบติดตั้งคงที่ที่ใช้ในการทดลองที่เมือง Elazig

ที่มา : Ahmet Senpinar , Mehmet Cebeci

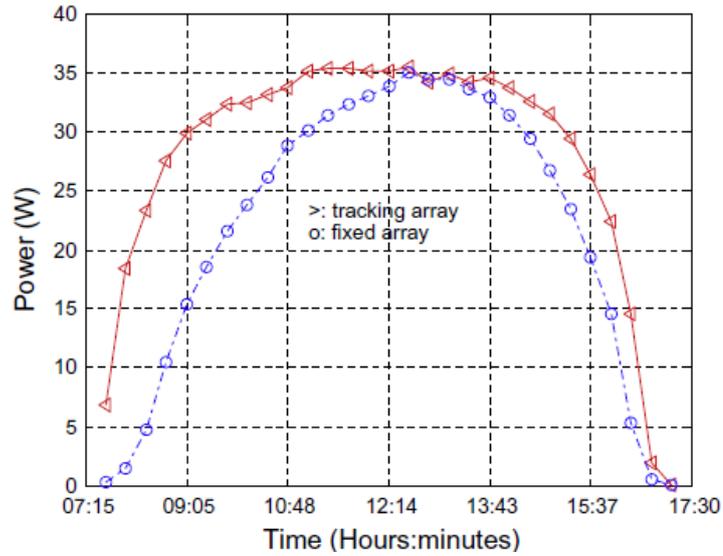
ผลการทดลอง 27 ตุลาคม 2012 ซึ่งป็นวันที่มีแสงแดดดี



รูปที่ 2.36 กราฟเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าในวันที่มีแสงแดดดี
ที่มา : Ahmet Senpinar, Mehmet Cebeci

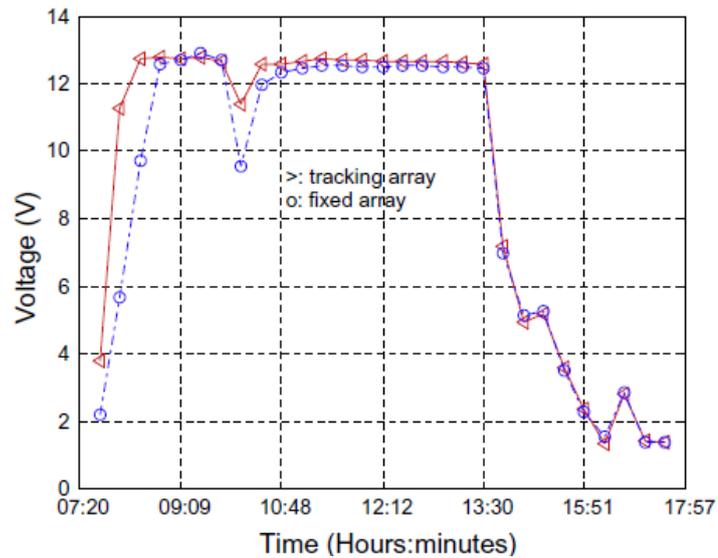


รูปที่ 2.37 กราฟเปรียบเทียบกระแสไฟฟ้าในวันที่มีแสงแดดดี
ที่มา : Ahmet Senpinar, Mehmet Cebeci

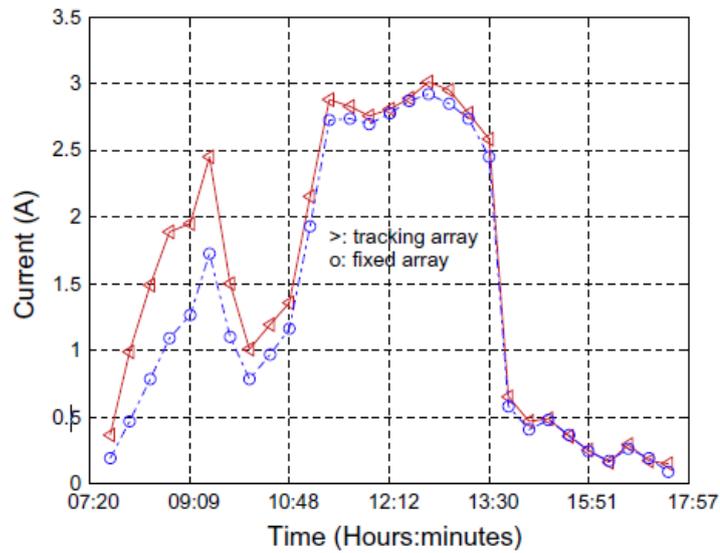


รูปที่ 2.38 กราฟเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าในวันที่มีแสงแดดดี
ที่มา : Ahmet Sempinar, Mehmet Cebeci

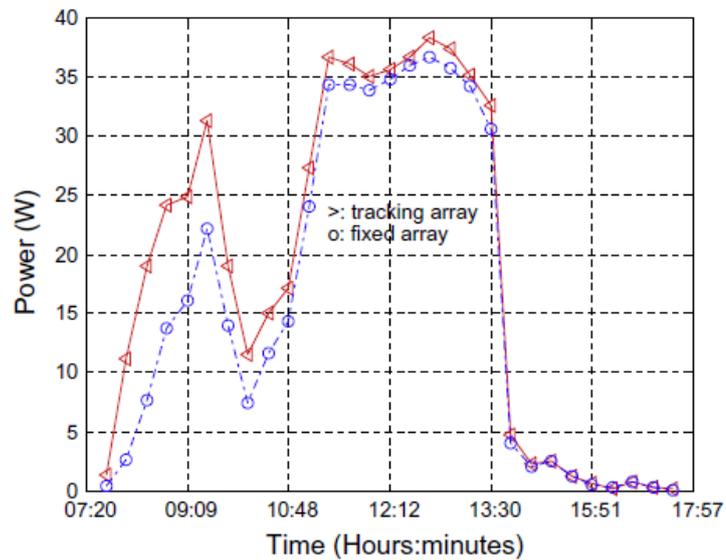
ผลการทดลอง 28 ตุลาคม 2012 ซึ่งเป็นวันที่มีแสงแดดผสมกับมีเมฆ



รูปที่ 2.39 กราฟเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าในวันที่มีแสงแดดผสมกับมีเมฆ
ที่มา : Ahmet Sempinar, Mehmet Cebeci



รูปที่ 2.40 กราฟเปรียบเทียบกระแสไฟฟ้าในวันที่มีแสงแดดผสมกับมีเมฆ
ที่มา : Ahmet Senpınar, Mehmet Cebeci



รูปที่ 2.41 กราฟเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าในวันที่มีแสงแดดผสมกับมีเมฆ
ที่มา : Ahmet Senpınar, Mehmet Cebeci

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่ากราฟเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าของทั้ง 2 ระบบ ในทั้ง 2 วันมีค่าที่ไม่แตกต่างกันมาก แต่ค่ากระแสไฟฟ้าของระบบติดตามดวงอาทิตย์แบบ 2 แกนมีค่ามากกว่า จึงทำให้กำลังไฟฟ้าของระบบติดตามดวงอาทิตย์แบบ 2 แกนมีค่ามากกว่า ระบบติดตั้งคงที่ที่มุม 52.46 องศา

ละติจูด จึงสามารถสรุปได้ว่า ความเข้มแสงอาทิตย์ไม่มีผลต่อแรงดันไฟฟ้าแต่มีผลกระทบต่อกระแสไฟฟ้า จึงทำกำลังไฟฟ้าแปรผันตามกระแสไฟฟ้า และจากการทดลองระบบติดตามดวงอาทิตย์แบบ 2 แกน สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้มากกว่าระบบติดตั้งคงที่ที่มุม 52.46 องศาละติจูด 13.25% และในวันที่มีเมฆจะเห็นช่วงเวลาระมาณ 10:30 น. ที่กำลังไฟฟ้าลดต่ำลง เป็นผลมาจากสภาพอากาศในช่วงนั้นมีเมฆมาบังดวงอาทิตย์จึงทำให้ผลิตกำลังไฟฟ้าได้น้อย

2.13.4 การเปรียบเทียบการผลิตไฟฟ้าของระบบติดตามดวงอาทิตย์แบบ 2 แกนกับ ระบบติดตั้งคงที่ที่มุม 28 องศาละติจูด

ผู้ทำการวิจัย : Rustu Eke และ Ali Senturk

สถานที่ทำการวิจัย : เมือง Mugla ประเทศตุรกี

รายละเอียดงานวิจัย : เวลาที่ทำการทดลอง เมษายน 2010 จนถึง มีนาคม 2011 เป็นระยะเวลา 1 ปี และเปรียบเทียบการผลิตไฟฟ้าของระบบติดตามดวงอาทิตย์แบบ 2 แกนกับ ระบบ ติดตั้งคงที่ที่มุม 28 องศาละติจูด



รูปที่ 2.42 ระบบติดตามดวงอาทิตย์ที่ใช้ในการทดลองที่เมือง Mugla

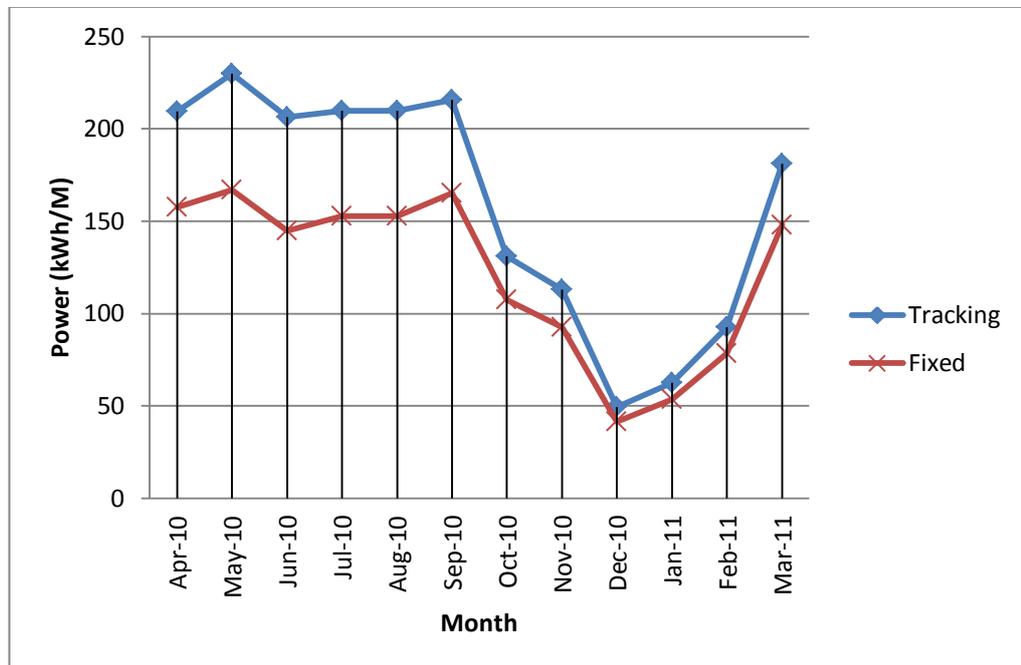
ที่มา : Rustu Eke, Ali Senturk

ตารางที่ 2.5 ตารางเปรียบเทียบการผลิตไฟฟ้าของ 2 ระบบในเวลา 1 ปี ที่เมือง Mugla (kWh/M)

Month	Fixed (kWh/month)	Tracking (kWh/month)
April-2010	157.65	209.32
May-2010	166.80	229.90

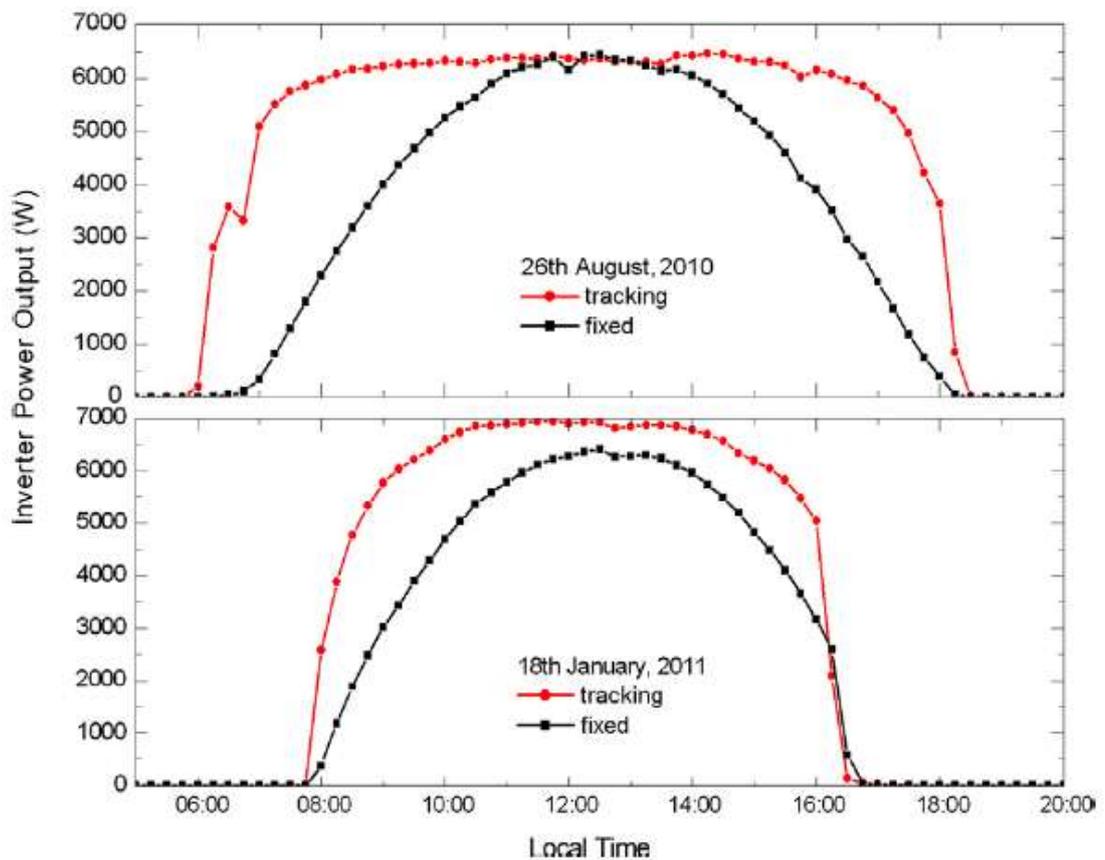
ตารางที่ 2.5 (ต่อ) ตารางเปรียบเทียบการผลิตไฟฟ้าของ 2 ระบบในเวลา 1 ปี ที่เมือง Mugla (kWh/M)

Month	Fixed (kWh/month)	Tracking (kWh/month)
June-2010	144.80	206.26
July-2010	152.67	209.92
August-2010	152.67	209.92
September-2010	165.16	215.63
October-2010	107.61	131.12
November-2010	92.48	113.10
December-2010	41.45	49.40
January-2011	53.49	62.56
February-2011	78.29	92.50
March-2011	147.75	181.11



รูปที่ 2.43 กราฟเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ในเวลา 1 ปี

จากกราฟจะเห็นได้ว่าเส้นกราฟมีลักษณะที่ใกล้เคียงกันมาก คือ จะผลิตไฟฟ้าได้มากในช่วงเดือนเมษายน-2010 ถึง กันยายน-2010 และจะค่อยๆ ลดต่ำลงมาตั้งแต่เดือนตุลาคม-2010 และต่ำที่สุดที่เดือนธันวาคม-2010 จากนั้นจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นอีกครั้งในเดือนมกราคม-2011 และสรุปได้ว่าระบบติดตามดวงอาทิตย์สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากกว่าระบบติดตั้งคงที่ 30.97% ต่อปี ทั้งนี้ที่ผลการทดลองออกมาในลักษณะนี้ เป็นผลมาจากฤดูกาลของประเทศ ซึ่งในช่วงที่ผลิตไฟฟ้าได้มาก คือ อยู่ในฤดูร้อน ส่วนช่วงที่ผลิตไฟฟ้าได้น้อยจะอยู่ในฤดูหนาว ซึ่งทางผู้วิจัยดังกล่าวได้แสดงผลการทดลองการผลิตไฟฟ้าภายในหนึ่งวัน เพื่อให้เห็นความแตกต่างของการผลิตไฟฟ้าของทั้งสองฤดู ไว้ดังรูปที่ 2.44



รูปที่ 2.44 กราฟเปรียบเทียบการผลิตไฟฟ้าของทั้ง 2 ระบบในฤดูร้อนและฤดูหนาว

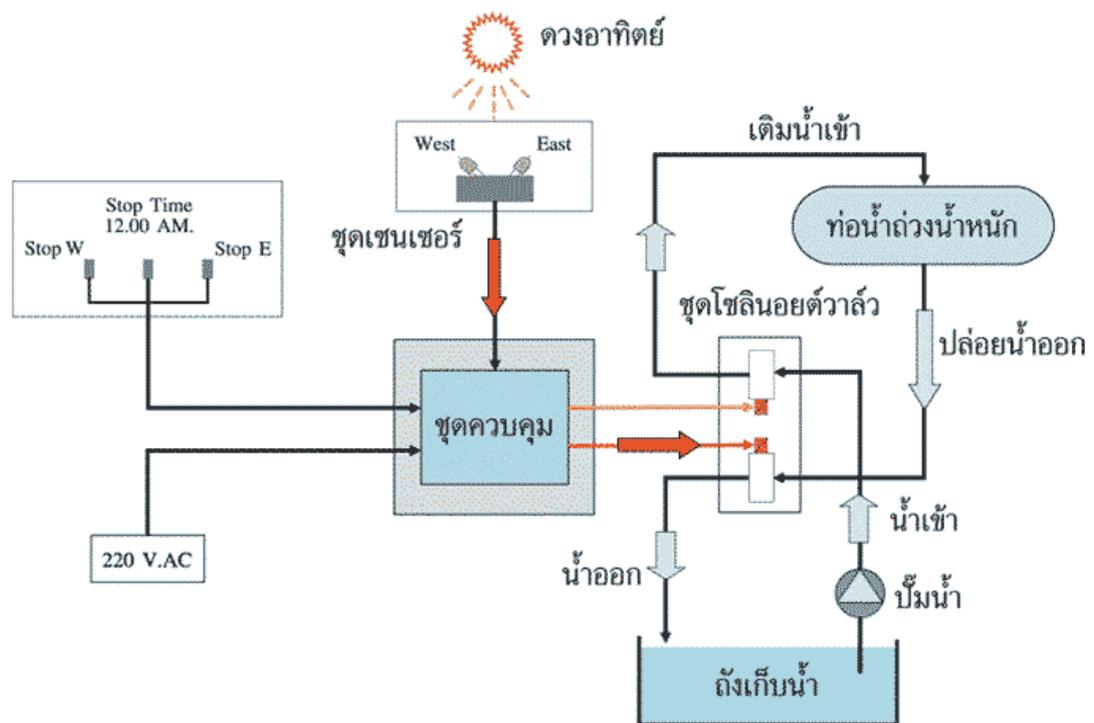
ที่มา : Rustu Eke, Ali Senturk

จากกราฟเป็นผลการทดลองการผลิตไฟฟ้าภายในหนึ่งวัน ของทั้งสองฤดู ซึ่งในวันที่ 26 สิงหาคม 2010 จะเป็นช่วงฤดูร้อน แต่ในวันที่ 18 มกราคม 2011 จะเป็นช่วงฤดูหนาว จะสังเกตได้ว่าในช่วงฤดูร้อนระบบติดตามดวงอาทิตย์สามารถผลิตไฟฟ้าได้ตั้งแต่เวลา 6:00 น. ถึง 18:00 น. ในขณะที่ระบบติดตั้งคงที่ที่สามารถผลิตไฟฟ้าได้ตั้งแต่เวลา 7:00 น. ถึง 18:00 น. แต่ในช่วงฤดูหนาวทั้ง 2 ระบบ

สามารถผลิตไฟฟ้าได้ตั้งแต่เวลา 8:00 น. ถึง 18:00 น. ซึ่งจะเห็นได้ว่าในฤดูร้อนสามารถผลิตไฟฟ้าได้มากกว่าฤดูหนาวอย่างชัดเจน

2.13.5 ระบบติดตามดวงอาทิตย์แบบถ่วงน้ำหนัก

ระบบติดตามดวงอาทิตย์แบบถ่วงน้ำหนัก (Solar Weighted racking System) (กองพัฒนาพลังงานทดแทน ฝ่ายพัฒนาพลังงานทดแทน การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2550)



รูปที่ 2.45 ระบบติดตามดวงอาทิตย์แบบถ่วงน้ำหนัก

ที่มา : กองพัฒนาพลังงานทดแทน ฝ่ายพัฒนาพลังงานทดแทน
การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ ไม่ว่าจะใช้ในรูปความร้อนหรือผลิตไฟฟ้า เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุดนั้น จำเป็นต้องอาศัยระบบติดตามดวงอาทิตย์ เพื่อเพิ่มพลังงานที่ได้รับจากดวงอาทิตย์ได้เต็มที่ตลอดทั้งวัน ด้วยเหตุนี้กองพัฒนาพลังลมและแสงอาทิตย์ ฝ่ายพัฒนาพลังงานทดแทน การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ซึ่งเป็นหน่วยงานรับผิดชอบด้านพลังงานทดแทนได้ตระหนักถึงความสำคัญดังกล่าว จึงได้ออกแบบสร้างต้นแบบระบบติดตามดวงอาทิตย์แบบถ่วงน้ำหนักที่ต้นทุนต่ำใช้อุปกรณ์ที่มีจำหน่ายอยู่ทั่วไป เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดในการนำเซลล์แสงอาทิตย์ไปใช้งาน

2.13.5.1 ส่วนประกอบของระบบติดตามดวงอาทิตย์

- 1) ชุดโครงขาตั้งแบบปรับมุมได้
- 2) ชุดโครงรองรับแผง
- 3) ชุดถ่วงน้ำหนัก ช้าย – ขวา (สำหรับการติดตามดวงอาทิตย์)
- 4) ชุดถ่วงน้ำหนักเพื่อรักษาสมดุล
- 5) ชุดเซนเซอร์พร้อมวงจรควบคุม

2.13.5.2 หลักการทำงาน

ระบบติดตามดวงอาทิตย์แบบถ่วงน้ำหนัก ถูกออกแบบให้ทำงานตามดวงอาทิตย์แบบแกนเดียว (E-W) โดยจะจับอุปกรณ์รับแสงอาทิตย์ให้เคลื่อนที่ โดยใช้หลักการถ่วงน้ำหนัก โดยใช้ปริมาณน้ำเป็นตัวถ่วงให้เกิดการเคลื่อนที่ไปทางซ้าย หรือ ทางขวา โดยอาศัยปั้มน้ำขนาดเล็ก จำนวน 2 ตัว ทำหน้าที่สลับกัน สำหรับถ่วงน้ำหนักไป-มาก การสั่งให้ปั้มน้ำทำงานจะใช้ชุดเซนเซอร์พร้อมชุดควบคุมปั้มน้ำ ชุดเซนเซอร์จะประกอบด้วย หลอด LED จำนวน 4 หลอด ทำหน้าที่เซนเซอร์ความเข้มของแสงอาทิตย์ กล่าวคือ เมื่อหลอด LED ได้รับแสงอาทิตย์จะเกิดไฟฟ้ากระแสตรงและแรงดันไฟฟ้าขึ้นในวงจร ซึ่งจะมีค่าเปลี่ยนแปลงตามค่าความเข้มของแสงอาทิตย์ ส่วนชุดควบคุม ประกอบด้วยแผงวงจรสำหรับสั่งให้ปั้มน้ำทำงานและใช้ Limit Switch สำหรับหยุดการติดตามดวงอาทิตย์เมื่อเคลื่อนที่ถึงตำแหน่งสุดท้ายที่ได้ออกแบบไว้มีตัวหน่วงน้ำหนัก เพื่อรักษาสมดุลช่วยลดการแกว่งของแผงที่เกิดจากลมพัด

2.13.5.3 ประโยชน์ที่ได้รับจากระบบติดตามดวงอาทิตย์

โดยเปรียบเทียบกับระบบปกติที่ไม่มีระบบติดตามดวงอาทิตย์ เพื่อให้เห็นความแตกต่างที่เกิดขึ้นในกรณีที่น่าระบบติดตามดวงอาทิตย์ไปใช้งาน

1. ระบบติดตามดวงอาทิตย์ที่ออกแบบไว้นี้ สามารถติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาดแผงละ 75 วัตต์ได้ 6 แผง รวมกำลังผลิต 450 วัตต์ ไฟฟ้าที่ผลิตได้สามารถนำไปใช้กับปั้มน้ำ (ไฟฟ้า) เพื่อสูบน้ำไปเก็บไว้ในถังพักใช้ในการเกษตรต่อไป
2. ได้รับพลังงานไฟฟ้าสุทธิที่ผลิตได้เพิ่มขึ้น
3. ในกรณีกลับกันสามารถลดจำนวนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ลงได้ประมาณ 90 วัตต์ ต่อชุด

2.13.3 เครื่องหันแผงรับแสงแดดให้ติดตามตำแหน่งดวงอาทิตย์

2.13.3.1 ส่วนประกอบของโครงสร้างและหลักการทำงานของ sensor (LDR) และ DC Motor

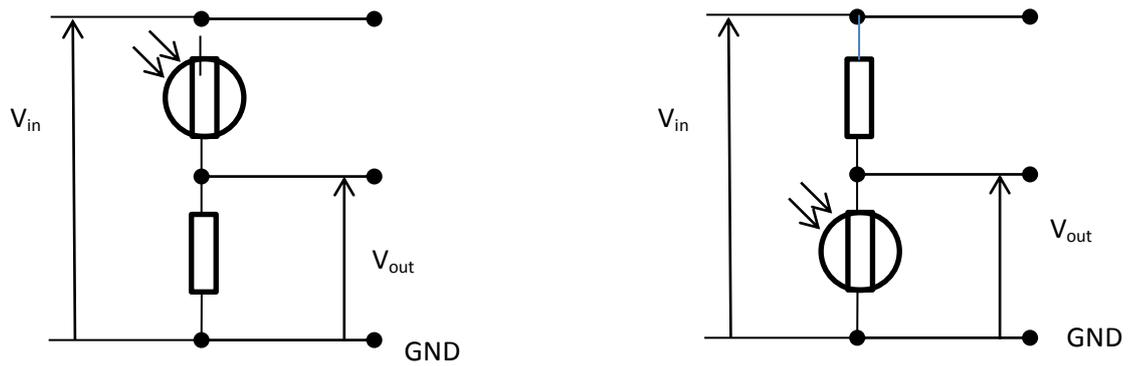
เมื่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้รับแสง จะทำหน้าที่เปลี่ยนปริมาณความเข้มแสงเป็นความต่างศักย์ทางไฟฟ้า ซึ่งเราสามารถนำเอาค่าความต่างศักย์ทางไฟฟ้านำไปใช้ประโยชน์ได้หลายด้าน เช่น การนำไปต่อเป็นแหล่งจ่ายพลังงานให้แก่โหลดโดยตรง แต่การต่อวิธีนี้จะมีข้อเสียในเรื่องของพลังงานที่ผลิตออกมาได้จะมีการแปรผันตามความเข้มของแสงที่รับเข้ามา ทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์มีการจ่ายแรงดันไฟฟ้าและกระแสไม่คงที่ ไม่มีเสถียรภาพ มีการเปลี่ยนแปลงค่าตามความเข้มของแสงที่รับเข้ามาตลอดเวลา ซึ่งอาจจะไม่เหมาะในการที่จะนำไปเป็นแหล่งจ่ายพลังงานให้กับโหลดบางประเภทที่ต้องการแรงดันไฟฟ้าและกระแสที่ค่อนข้างคงที่ จึงได้มีการนำเอาเบตเตอร์มาเก็บสะสมพลังงานที่รับเข้ามาเอาไว้ และสามารถนำเอาพลังงานของเบตเตอร์ที่เก็บสะสมเอาไว้ นำมาใช้ประโยชน์ได้ซึ่งจะเป็นแหล่งจ่ายพลังงานที่มีเสถียรภาพมากกว่าการจ่ายแรงดันและกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์โดยตรง และข้อดีอีกอย่างหนึ่งคือ สามารถเก็บพลังงานไฟฟ้าสะสมไว้เพื่อที่จะนำไปใช้ในตอนที่มืด โดยที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ไม่สามารถที่จะผลิตแรงดันและกระแสไฟฟ้าได้ นอกจากนี้ยังสามารถใช้เบตเตอร์เป็นแหล่งจ่ายให้กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้ด้วย

2.13.3.2 แนวคิดเกี่ยวกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์

จากการทดลองที่ผ่านมา การที่จะทำให้แผง SOLAR CELL สามารถจ่ายพลังงานออกมาได้อย่างมีประสิทธิภาพขึ้นนั้น ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง แต่ปัจจัยที่สำคัญที่สุด คือ มุมที่แสงตกกระทบผิวของแผง SOLAR CELL แล้วทำให้เกิดความเข้มสูงสุด ภายในหนึ่งวันดวงอาทิตย์จะมีการโคจรรอบโลกทิศทางการให้แสงของดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบต่อแผง SOLAR CELL มีทิศทางที่ต่างกันทำให้แผง SOLAR CELL ได้รับปริมาณความเข้มแสงที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งการที่จะทำให้แผง SOLAR CELL สามารถรับปริมาณความเข้มแสงมากที่สุดได้นั้นแสงมากระทบแผง SOLAR CELL อยู่ในแนวตั้งฉากกับระนาบของแผง SOLAR CELL ดังนั้นจึงต้องมีระบบควบคุมแผง SOLAR CELL ให้มีระนาบตั้งฉากกับแสงที่มากระทบตลอดเวลา

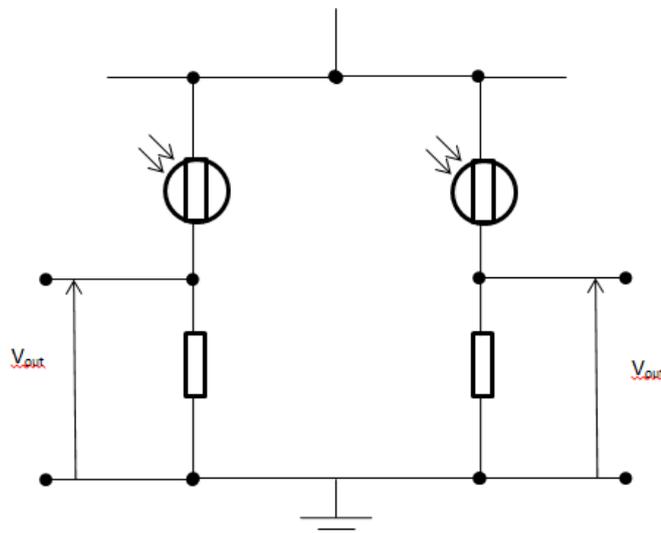
2.13.3.3 การออกแบบวงจรแปลงความเข้มของแสงเป็นแรงดันไฟฟ้า

หลักการทำงานของวงจรนี้คือ การรับปริมาณความเข้มของแสงสว่างเข้ามาแล้วทำการแปลงเป็นแรงดันไฟฟ้า โดยถ้าความเข้มของแสงสว่างมากก็จะให้ค่าแรงดันไฟฟ้าออกมามาก แต่ถ้าค่าความเข้มของแสงสว่างมีปริมาณน้อย ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้ออกมาก็มีค่าน้อยลงตามไปด้วย โดยมีวงจรแปลงความเข้มของแสงสว่างเป็นแรงดันไฟฟ้า ขึ้นอยู่กับการนำไปใช้ดังรูปต่อไปนี้



รูปที่ 2.46 วงจรเปลี่ยนความเข้มแสงเป็นแรงดัน

จากรูป จะใช้ตัว LDR ซึ่งเป็นตัวต้านทานที่แปรค่าได้ตามความเข้มของแสงสว่าง ซึ่งถ้ามีความเข้มของแสงสว่างมาก ค่าความต้านทานของ LDR จะมีค่าน้อย แต่ถ้าความเข้มของแสงสว่างน้อย ค่าความต้านทานของตัว LDR จะมีค่ามาก จากหลักการนี้ จึงนำเอาค่าของความต้านทานของตัว LDR ที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานได้ตามความเข้มของแสงสว่าง มาเป็นตัวจำกัดกระแสที่จะไหลผ่าน ตัวต้านทานปรับค่าได้ ซึ่งถ้ามีความเข้มของแสงสว่างมากจะทำให้ค่าความต้านทานของตัว LDR มีค่าความต้านทานน้อย จึงมีค่ากระแสไหลผ่านตัวต้านทานปรับค่าได้เพิ่มขึ้น เกิดแรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน (V_o) มากขึ้น ในทางตรงกันข้ามถ้าค่าความเข้มแสงมีปริมาณน้อยค่าความต้านทานของตัว LDR จะมีค่าความต้านทานมาก ทำให้กระแสไหลผ่านความต้านทานปรับค่าได้ลดน้อยลงทำให้แรงดันตกคร่อมตัวต้านทานปรับค่าได้ (V_o) มีค่าน้อยลง เมื่อนำหลักการที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นนำมาใช้ในวงจรความเข้มแสงเป็นแรงดัน ไฟฟ้าของเครื่องควบคุมการเคลื่อนที่ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ซึ่งใช้ LDR 2 ตัว ซึ่งสามารถเขียนได้ดังรูปที่ 2.47



รูปที่ 2.47 วงจรตรวจจับความเข้มแสง

จากรูปที่ 2.47 จะนำ Vout 1 และ Vout 2 เข้าสู่ระบบการควบคุม โดยที่โครงการนี้มีการนำเอา Output จากการต่อดังรูปทั้งหมด 4 ชุด ด้วยกัน เพื่อควบคุมการเคลื่อนที่ของ DC Motor ต่อไป

2.14 คำจำกัดความ

เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar cell) หมายถึง กระบวนการผลิตไฟฟ้าจากการตกกระทบของแสงบนวัตถุที่มีความสามารถในการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรง

ระบบติดตามดวงอาทิตย์ (Solar Tracking) หมายถึง ระบบที่ควบคุมการทำงานการติดตามดวงอาทิตย์ของแผงโซลาร์เซลล์

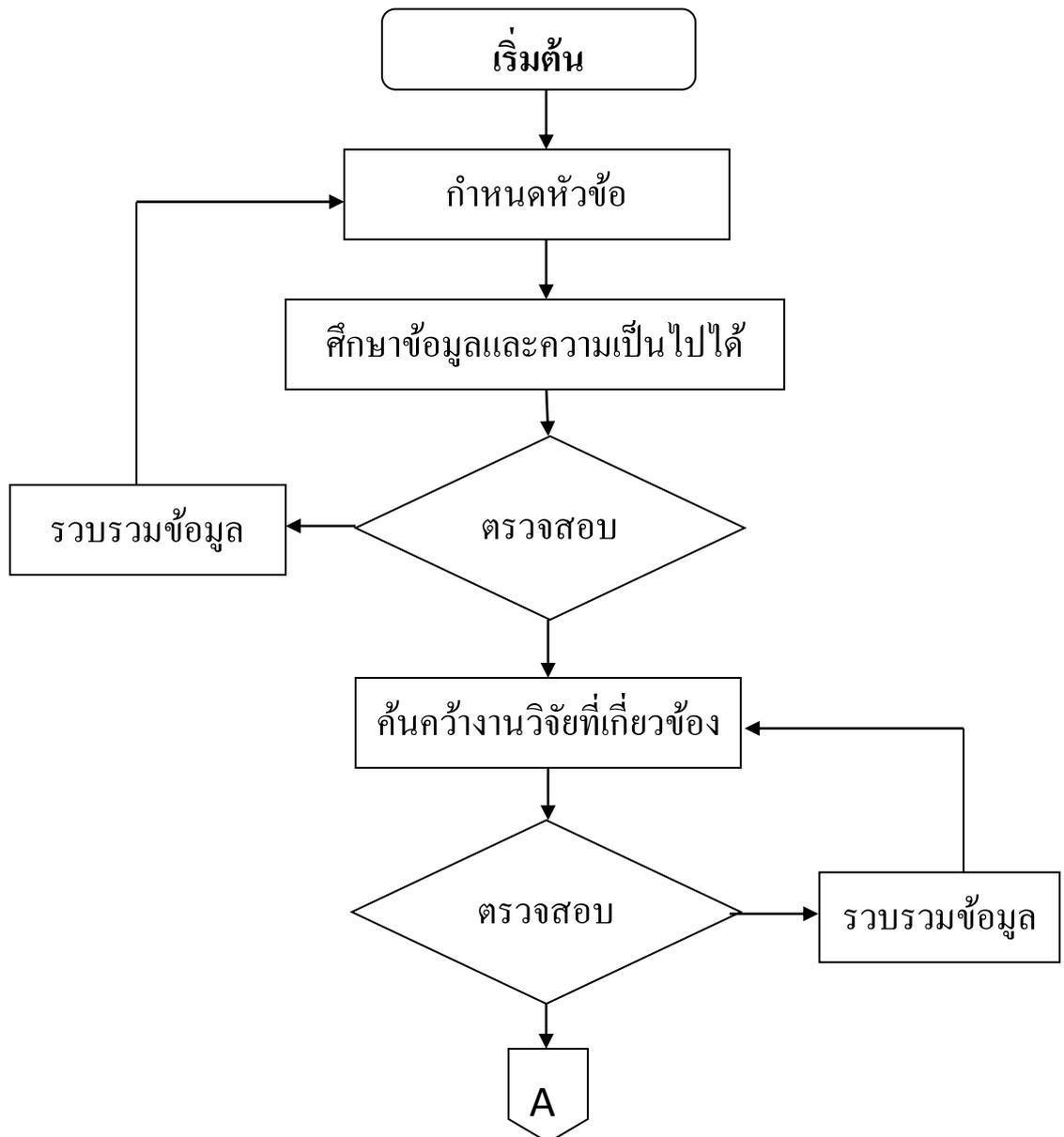
ตัวต้านทานไวแสง (LDR) หมายถึง อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดหนึ่งซึ่งมีความไวต่อแสงและเปลี่ยนแปลงการทำงานตามปริมาณความเข้มของแสง

สเตปมอเตอร์ (STEP MOTOR) หมายถึง อุปกรณ์ไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล

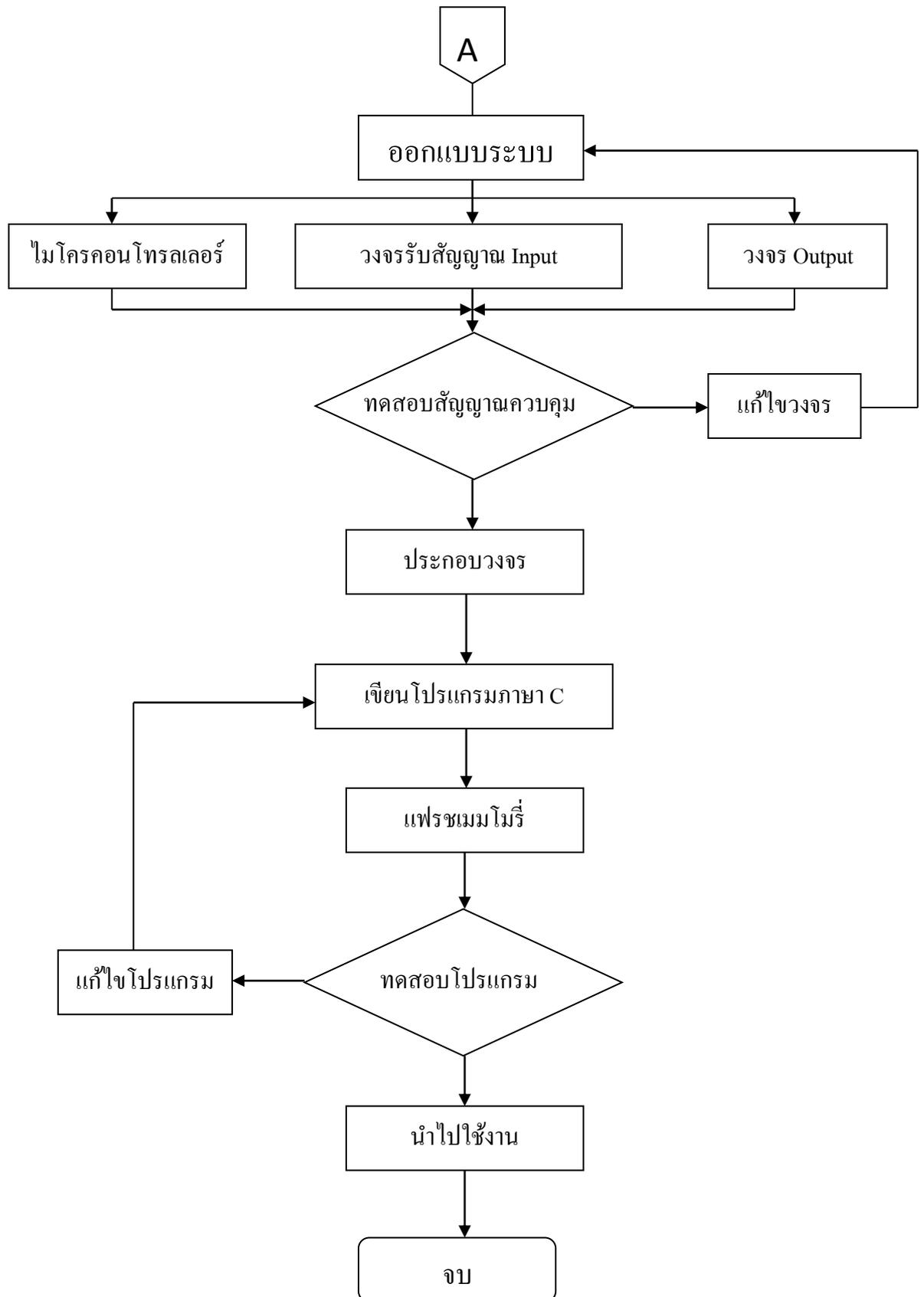
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ เป็นการศึกษาวิจัยเชิงวิศวกรรม เพื่อออกแบบสร้างและพัฒนาระบบโซลาร์เซลล์เคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์ โดยใช้ชุดควบคุม 1 ตัวต่อแผงโซลาร์เซลล์ 4 แผง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ และทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้ากับระบบโซลาร์เซลล์ติดตั้งคงที่มุม 15 องศา กับแนวเส้นขอบฟ้า โดยสามารถแสดงขั้นตอนและวิธีการดำเนินการดังรูป ต่อไปนี้

3.1 ขั้นตอนดำเนินการศึกษาวิจัย



รูปที่ 3.1 แผนผังแสดงขั้นตอนการดำเนินงาน



รูปที่ 3.1(ต่อ) แผนผังแสดงขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

3.2 การศึกษาข้อมูลเบื้องต้น

ในการจัดทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ระบบโซลาร์เซลล์เคลื่อนที่ได้ 2 แกนตามดวงอาทิตย์สำหรับใช้ควบคุมแผงโซลาร์เซลล์มากกว่าหนึ่งแผง” นี้ ขั้นตอนแรกของการดำเนินการสร้าง คือ การศึกษาข้อมูลเพื่อเป็นประโยชน์ในการออกแบบสร้าง และทดสอบความสามารถในการทำงานของระบบ โดยมีข้อมูลเบื้องต้นที่จะศึกษาดังนี้

3.2.1 ชุดติดตามดวงอาทิตย์แบบอัตโนมัติประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก 3 ส่วน คือ

1. ชุดส่งกำลัง
2. ชุดรับแสงอาทิตย์
3. ชุดประมวลผลและควบคุมการเคลื่อนที่

3.2.2 การออกแบบชุดติดตามดวงอาทิตย์จะต้องพิจารณาเงื่อนไขหลัก 2 ประการ

3.2.2.1 เงื่อนไขธรรมชาติ ได้แก่

- 1) ดวงอาทิตย์มีการเคลื่อนที่ตลอดทั้งวัน ดังนั้นแผงโซลาร์เซลล์จะถูกบังคับให้หมุนไปตามการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ในทุกทิศทาง
- 2) ดวงอาทิตย์ปรากฏเฉพาะเวลากลางวัน แผงโซลาร์เซลล์จะเคลื่อนที่ติดตามดวงอาทิตย์ได้เฉพาะเวลากลางวันเท่านั้น

3.2.2.2 เงื่อนไขบังคับ ได้แก่

- 1) แผงโซลาร์เซลล์จะไม่เคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์ทุกองศา แต่จะแบ่งช่วงของการเคลื่อนที่เพื่อไม่ให้มอเตอร์ทำงานตลอดเวลา และลดพลังงานที่ใช้กับมอเตอร์
- 2) แผงโซลาร์เซลล์ต้องเคลื่อนที่ไปพร้อมกัน
- 2) แผงโซลาร์เซลล์ต้องเคลื่อนที่ได้สองแกน

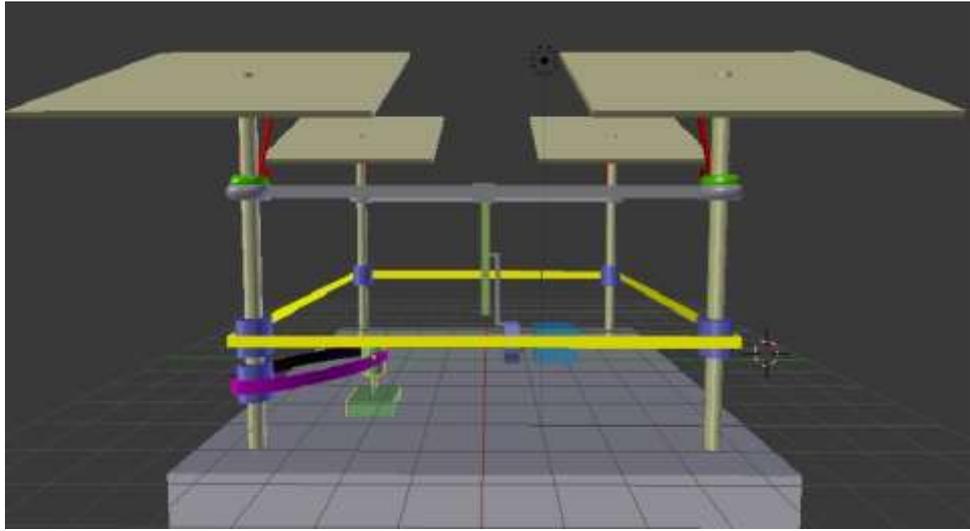
3.3 การออกแบบและสร้างเครื่องมือในการวิจัย

จากการพิจารณาข้อกำหนดและเงื่อนไขต่างๆ แล้ว จึงพิจารณาการออกแบบในส่วนต่างๆ ของระบบโซลาร์เซลล์เคลื่อนที่ได้ 2 แกนตามดวงอาทิตย์สำหรับใช้ควบคุมแผงโซลาร์เซลล์มากกว่าหนึ่งแผง ซึ่งสามารถแบ่งส่วนในการออกแบบได้ 3 ส่วน และมีขั้นตอนการดำเนินงานดังต่อไปนี้

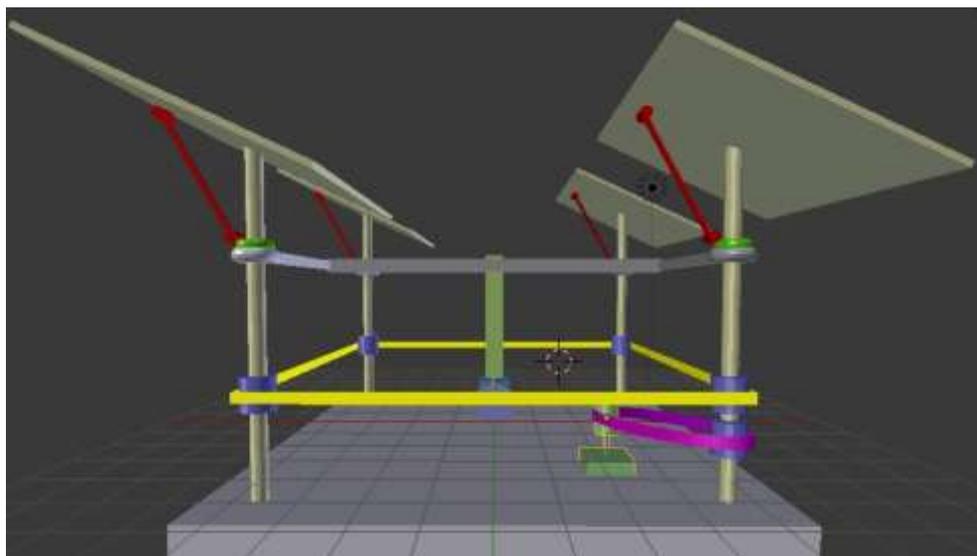
3.3.1 การออกแบบชุดส่งกำลัง

การออกแบบชุดส่งกำลังเป็นส่วนที่สำคัญที่ต้องออกแบบเป็นอันดับแรก โดยเป็นส่วนที่ออกแบบว่าจะให้ระบบเคลื่อนที่ในลักษณะใด และใช้อุปกรณ์อะไรบ้างในการสร้างระบบ

3.3.1.1 ออกแบบโครงสร้างการเคลื่อนที่แบบ 3 มิติ โดยใช้โปรแกรม Blender



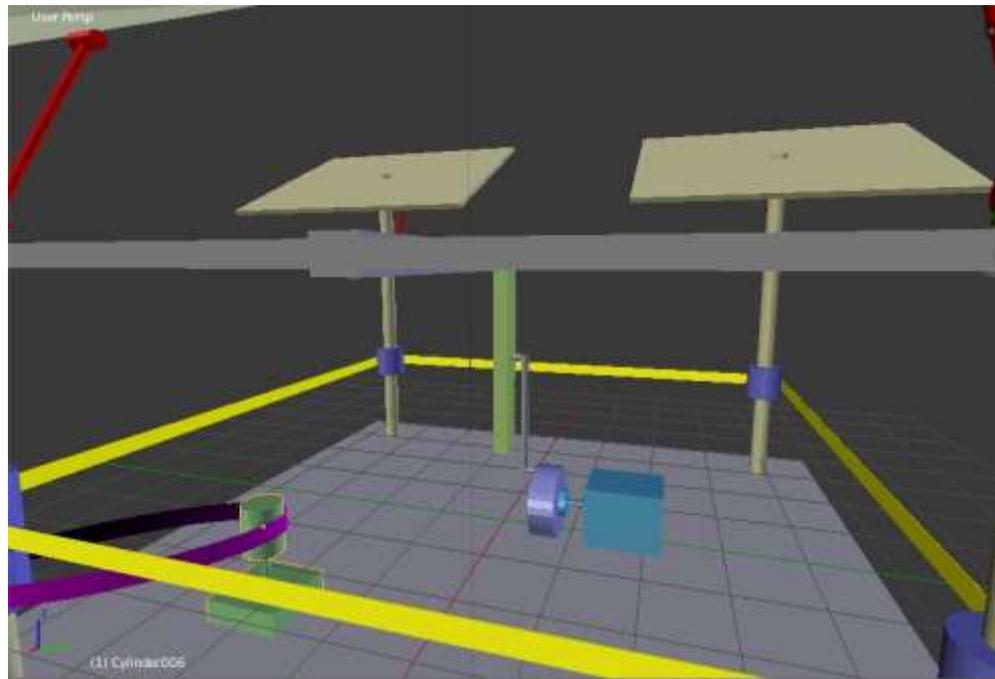
รูปที่ 3.2 การออกแบบโครงสร้างด้านหน้า



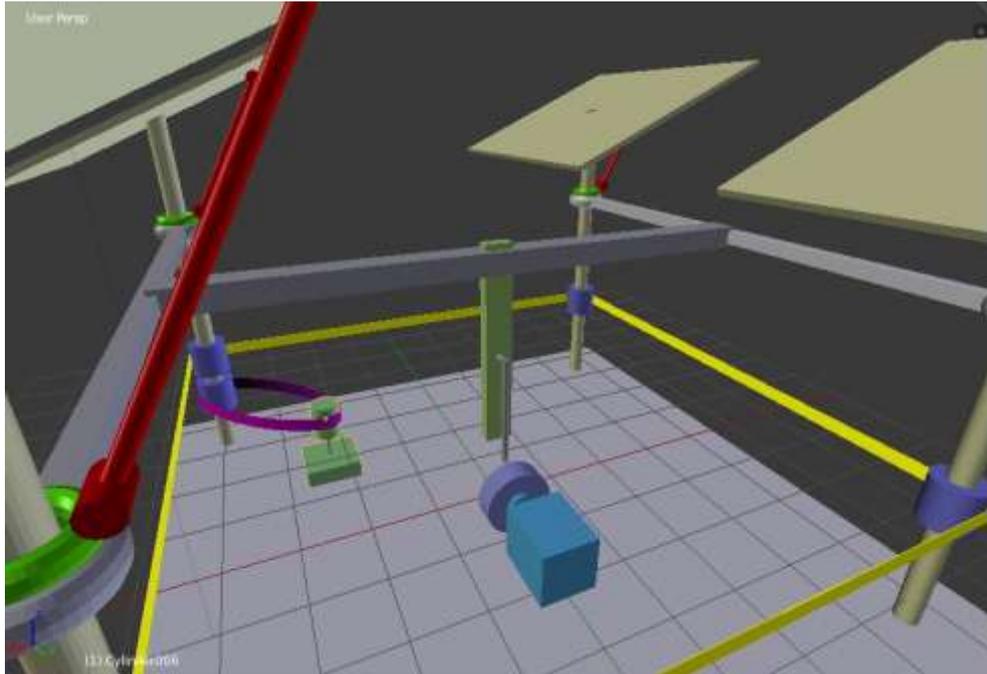
รูปที่ 3.3 การออกแบบโครงสร้างด้านข้าง



รูปที่ 3.4 การออกแบบโครงสร้างด้านบน



รูปที่ 3.5 การออกแบบการวางมอเตอร์แกนนอน



รูปที่ 3.6 การออกแบบการวางมอเตอร์แกนตั้ง

จากรูปที่ 3.2, 3.3, 3.4, 3.5 และ 3.6 จะอธิบายการเคลื่อนที่ของแผงโซลาร์เซลล์ คือ แผงและเสาจะวางอยู่ในลักษณะสี่เหลี่ยม โดยแผงจะมีการเคลื่อนที่ 2 ลักษณะคือ

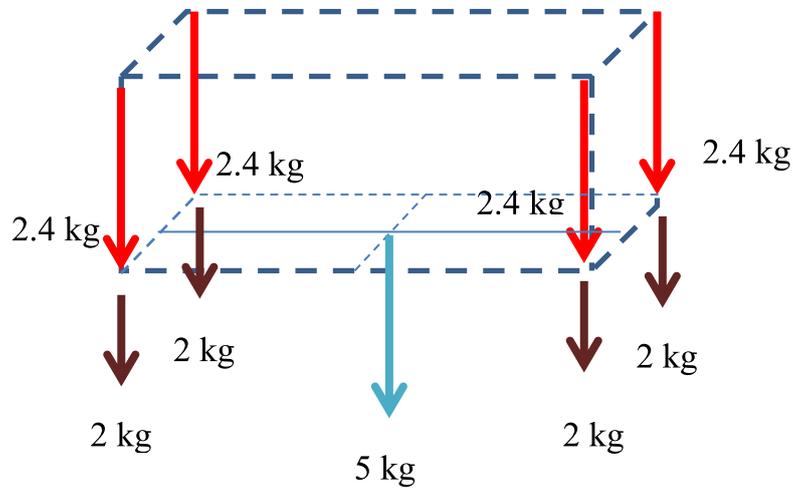
1) การเคลื่อนที่ตามแนวแกนตั้ง จะเคลื่อนที่โดยมีมอเตอร์สี่เหลี่ยมเป็นต้นกำลัง ส่งกำลังผ่านโซลาร์เซลล์และเฟืองสีน้ำเงิน เมื่อเสาที่ติดกับตำแหน่งมอเตอร์เริ่มหมุนก็จะทำให้เสาอื่นๆหมุนตามไปด้วย เพราะมีการส่งกำลังผ่านโซลาร์เซลล์ที่ล้อมอยู่

2) การเคลื่อนที่ตามแนวแกนนอน หลักการเคลื่อนที่อาศัยการยกตัวขึ้นลงของคานสี่เทา คือ เมื่อคานสี่เทาถูกยกขึ้น คานสีแดงที่สามารถให้ตัวได้ก็จะบีบเข้าหาเสา และจะทำให้แผงโซลาร์เซลล์เอียงไปมาได้ตามแนวแกนนอน

ส่วนที่เป็นสี่เหลี่ยมที่มีคานสีแดงเชื่อมติดไว้อยู่คือ ลูกปืนสามารถหมุนได้รอบ เพื่อเวลาหมุนตามแนวแกนตั้ง จะทำให้คานสีแดงสามารถหมุนตามแผงโซลาร์เซลล์ได้

3.3.1.2 การคำนวณหาแรงบิดของมอเตอร์

1) แรงในการหมุนแฉงในแนวแกนนอน



รูปที่ 3.7 แรงที่กระทำที่ใช้ในการคำนวณแรงบิดของบอลสกรู

2.4 kg คือ น้ำหนักแฉงโซลาร์เซลล์

5 kg คือ น้ำหนักแกนเหล็ก

2 kg คือ แรงต้านการเคลื่อนที่

$$\text{น้ำหนักรวม} = (4 \times 2.4) + 5 + (4 \times 2) = 22.6 \text{ kg}$$

สูตรคำนวณแรงบิดของบอลสกรู

$$T_{up} = \frac{FL}{2\pi e} = 0.177FL$$

$$T_{bd} = \frac{FLe}{2\pi} = 0.143FL$$

T_{up} คือ แรงบิดในการเคลื่อนที่ขึ้น

T_{bd} คือ แรงบิดในการเคลื่อนที่ลง

F คือ แรงหรือน้ำหนักทั้งหมดบนบอลสกรู

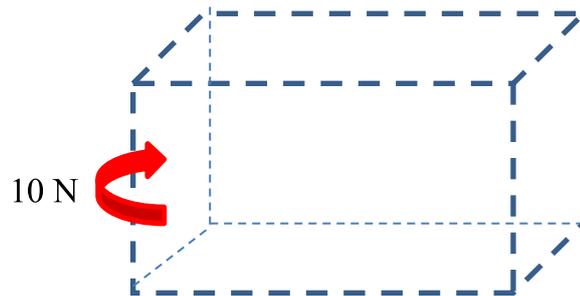
L คือ ระยะลึก

e คือ ประสิทธิภาพของบอลสกรู

แทนค่า

$$\begin{aligned} T_{up} &= 0.177*(66.1386 \text{ lb})*(0.2 \text{ in}) \\ &= 2.3213 \text{ lb*in} \\ &= 0.2645 \text{ N*m} \end{aligned}$$

2) แรงในการหมุนแผงในแนวแกนตั้ง



รูปที่ 3.8 แรงที่กระทำที่ใช้ในการคำนวณแรงบิดของมอเตอร์แกนตั้ง

สูตรคำนวณแรงบิด

$$T = F*r$$

T คือ แรงบิด

F คือ แรงต้านการเคลื่อนที่

r คือ ระยะห่างจากจุดหมุน

แทนค่า

$$\begin{aligned} T &= (10 \text{ N})*(0.04\text{m}) \\ &= 0.4 \text{ N*m} \end{aligned}$$

จากการคำนวณหาแรงบิดของมอเตอร์ จึงสามารถเลือกมอเตอร์ได้เป็น



step syn 103h7124-1011

มีแรงบิด 0.98 N*m

3.3.1.3 การประกอบโครงสร้าง

วัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้ในการออกแบบ :

- 1) สเต็ปมอเตอร์ 2 ตัว
- 2) ชุดเฟืองเกียร์ 8 ตัว
- 3) บอลสกรู 1 อัน
- 4) โซ่ส่งกำลัง 5 เมตร
- 5) ลูกปืนนอน 5 ตัว
- 6) ลูกปืนตั้ง 8 ตัว

วิธีการดำเนินการ :

- 1) สร้างโครงสร้างตามแบบที่ได้ออกแบบไว้
- 2) ประกอบโครงสร้างและชิ้นส่วนต่างๆ เข้าด้วยกัน
- 4) นำมอเตอร์ต่อเข้ากับเฟืองขับ
- 5) ต่อเฟืองขับเข้ากับเฟืองตามเพื่อส่งกำลังผ่านโซ่



รูปที่ 3.9 โครงสร้างของระบบ



รูปที่ 3.10 โครงสร้างของระบบเมื่อติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์และมอเตอร์

จากรูปที่ 3.9 และ 3.10 จะเห็นได้ว่าลักษณะโครงสร้างคล้ายกับที่ออกแบบ 3 มิติไว้ แต่จะแตกต่างกับตรงส่วนที่ใช้ยกคานที่ใช้เอียงแผงโซลาร์เซลล์ในแนวแกนนอน ในการใช้งานจริงผู้วิจัยได้เลือกใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า บอลสกรู เนื่องจากบอลสกรูมีการช่วยผ่อนแรงที่ดีกว่าและติดตั้งได้สะดวก



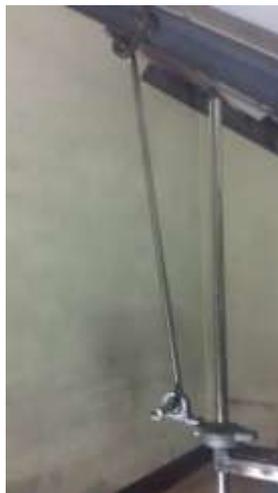
รูปที่ 3.11 มอเตอร์ควบคุมการหมุนแกนตั้ง

จากรูปที่ 3.11 แสดงการติดตั้งมอเตอร์ควบคุมการหมุนแกนตั้ง ลักษณะการทำงานได้อธิบายในหัวข้อที่ 3.3.1.1



รูปที่ 3.12 มอเตอร์ควบคุมการหมุนแกนนอน

จากรูปที่ 3.12 แสดงการติดตั้งมอเตอร์ควบคุมการหมุนแกนนอน ลักษณะการทำงาน คือ เมื่อมอเตอร์ซึ่งเป็นอุปกรณ์ต้นกำลังหมุนและส่งกำลังผ่านโซ่ไปทีเพื่อตามทีติดอยู่กับบอลสกรู จากนั้นบอลสกรูจะทำหน้าเปลี่ยนการเคลื่อนที่แบบหมุนให้กลายเป็นการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง ทำให้สามารถยกหรือลดระดับของคานเหล็กตรงกลางได้



รูปที่ 3.13 คานที่เอียงแผงโซลาร์เซลล์

จากรูปที่ 3.13 แสดงการติดตั้งคานที่เอียงแฉงโซลาร์เซลล์ ลักษณะการทำงาน คือ เมื่อคานเหล็กตรงกลางยกตัวสูงขึ้น คานที่เอียงแฉงโซลาร์เซลล์ก็จะดันให้แผงโซลาร์เซลล์หมุนในทิศตามเข็มนาฬิกาตามรูป แต่ถ้าคานเหล็กตรงกลางลดตัวต่ำลง คานที่เอียงแฉงโซลาร์เซลล์ก็จะดึงให้แผงโซลาร์เซลล์หมุนในทิศทวนเข็มนาฬิกาตามรูป และจากรูปจะเห็นได้ว่ามีลูกปืนนอนที่สามารถหมุนได้รอบทิศทางติดไว้อยู่ด้วย เนื่องจากมีจุดประสงค์เพื่อให้คานที่เอียงแฉงโซลาร์เซลล์สามารถหมุนตามการเคลื่อนที่ในแนวแกนตั้งได้ ไม่ทำให้เกิดการขัดข้องของการเคลื่อนที่ระหว่างการเคลื่อนที่ทั้ง 2 แกน

3.3.2 การออกแบบชุดรับแสงอาทิตย์

การออกแบบในขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการออกแบบชุดรับแสง เพื่อเปลี่ยนเป็นสัญญาณอนาล็อกและนำไปประมวลผลหาองศาของแสงอาทิตย์ในสวนชุดประมวลผลและควบคุมการเคลื่อนที่ โดยใช้หลักการการออกแบบวงจรแปลงความเข้มของแสงเป็นแรงดันไฟฟ้า ในหัวข้อที่

2.13.2.3 การออกแบบชุดรับแสงมีด้วยกัน 2 ส่วน

3.3.2.1 การออกแบบวงจรชุดรับแสงแกนนอน

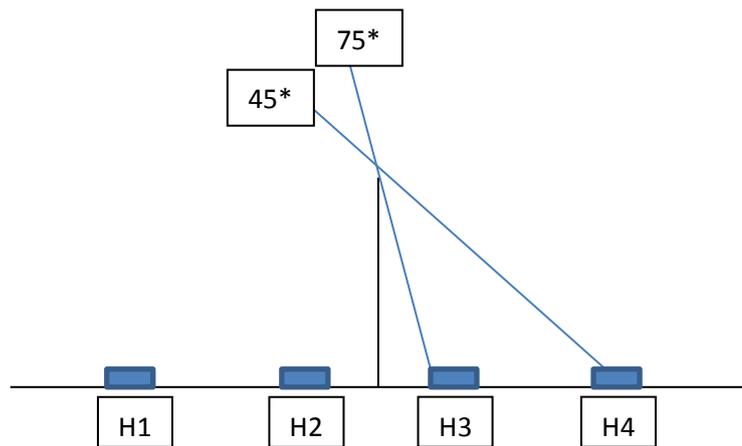
โดยหลักการออกแบบจะวางตัวต้านทางไวแสง (LDR) ไว้สองฝั่งฝั่งละ 2 ตัวและมีแผงกันตรงกลางเพื่อทำให้เกิดเงา

วัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้ในการออกแบบ :

- 1) LDR 4 ตัว
- 2) ตัวต้านทางปรับค่าได้ 10 กิโลโอมห์ 4 ตัว

วิธีการดำเนินการ :

- 1) ออกแบบวงจรรับสัญญาณ
- 2) ประกอบวงจรรับสัญญาณ



รูปที่ 3.14 การออกแบบส่วนรับแสงแนวนอน

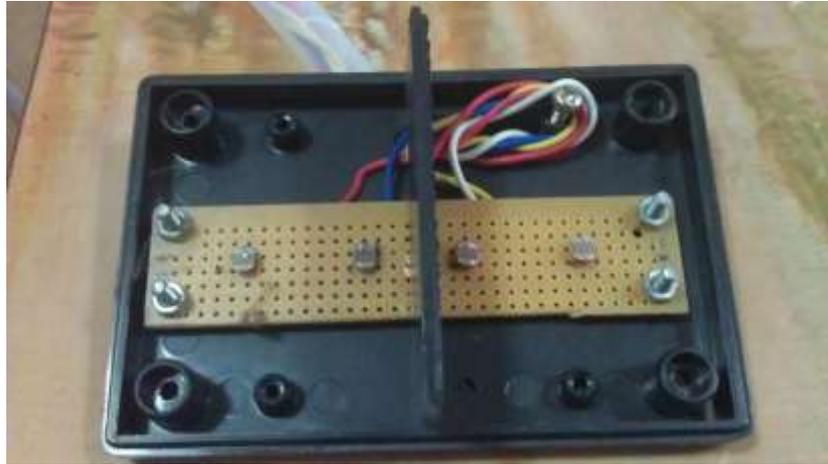
ตารางที่ 3.1 การทำงานของเซนเซอร์แนวแกนนอน

H1	H2	H3	H4	ตำแหน่งของแผง
off	off	off	off	ไม่ทำงาน
on	on	off	off	30*
on	on	off	on	60*
on	on	on	on	90*
on	off	on	on	120*
off	off	on	on	150*

จากรูปที่ 3.14 และตารางที่ 3.1 ได้อธิบายการทำงานของส่วนรับแสงแนวนอน สามารถแบ่งได้เป็น 6 กรณี คือ

- 1) เมื่อ H1, H2, H3, H4 มีค่า off คือ ไม่มีแสง จะไม่มีการเคลื่อนที่เกิดขึ้น
- 2) เมื่อ H1, H2 มีค่า on แต่ H3, H4 มีค่า off แสดงว่าแสงอยู่ในช่วง 0-45 องศา
ก็จะกำหนดให้แผงโซลาร์เซลล์อยู่ที่ตำแหน่ง 30 องศา
- 3) เมื่อ H1, H2, H4 มีค่า on แต่ H3 มีค่า off แสดงว่าแสงอยู่ในช่วง 45-75 องศา
ก็จะกำหนดให้แผงโซลาร์เซลล์อยู่ที่ตำแหน่ง 60 องศา
- 4) เมื่อ H1, H2, H3, H4 มีค่า on แสดงว่าแสงอยู่ในช่วง 75-105 องศา
ก็จะกำหนดให้แผงโซลาร์เซลล์อยู่ที่ตำแหน่ง 90 องศา
- 5) เมื่อ H3, H4, H1 มีค่า on แต่ H2 มีค่า off แสดงว่าแสงอยู่ในช่วง 105-135 องศา
ก็จะกำหนดให้แผงโซลาร์เซลล์อยู่ที่ตำแหน่ง 120 องศา

6) เมื่อ H3, H4 มีค่า on แต่ H1, H2 มีค่า off แสดงว่าแสงอยู่ในช่วง 135-180 องศา ก็จะกำหนดให้แผงโซลาร์เซลล์อยู่ที่ตำแหน่ง 150 องศา



รูปที่ 3.15 ส่วนรับแสงแนวนอน

3.3.2.2 การออกแบบวงจรชุดรับแสงแนวนอน

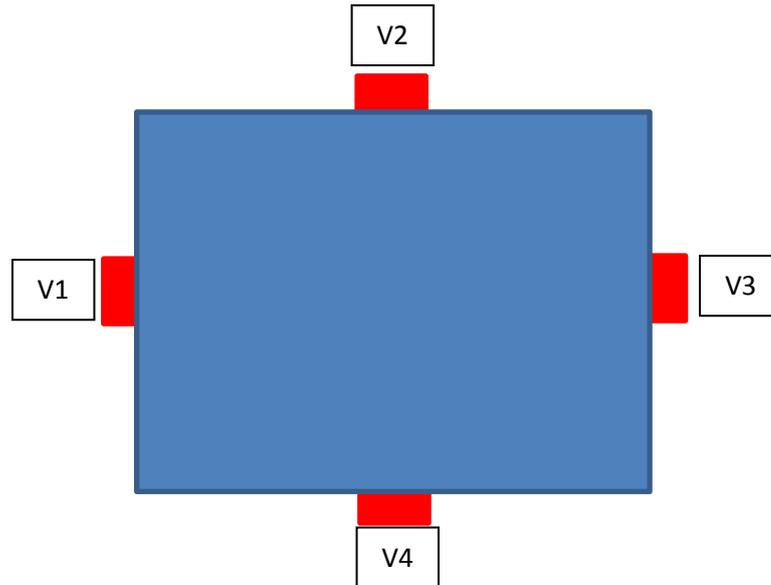
โดยหลักการออกแบบจะวางตัวต้านทางไวแสง (LDR) ไว้ทั้ง 4 ด้านของกล่องสี่เหลี่ยมเมื่อมีด้านใด โคนแสง LDR ก็จะมีค่าความต้านทานต่ำ ส่วนนั่งตรงข้ามที่ไม่โดนแสง LDR ก็จะมีค่าความต้านทานสูง

วัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้ในการออกแบบ :

- 1) LDR 4 ตัว
- 2) ตัวต้านทางปรับค่าได้ 10 กิโลโอมห์ 4 ตัว

วิธีการดำเนินการ :

- 1) ออกแบบวงจรรับสัญญาณ
- 2) ประกอบวงจรรับสัญญาณ



รูปที่ 3.16 การออกแบบส่วนรับแสงแนวตั้ง

ตารางที่ 3.2 การทำงานของเซนเซอร์แนวแกนตั้ง

V1	V2	V3	V4	ตำแหน่งของแผง
off	off	off	off	ไม่ทำงาน
on	off	off	off	0*
on	on	off	off	45*
off	on	off	off	90*
off	on	on	off	135*
off	off	on	off	0*
off	off	on	on	45*
off	off	off	on	90*
on	off	off	on	135*
on	on	on	on	ไม่ทำงาน

จากรูปที่ 3.16 และ ตารางที่ 3.2 ได้อธิบายการทำงานของส่วนรับแสงแนวแกนตั้ง สามารถแบ่งได้เป็น 10 กรณี คือ

- 1) เมื่อ V1, V2, V3, V4 มีค่า off คือ ไม่มีแสง จะไม่มีการเคลื่อนที่เกิดขึ้น
- 2) เมื่อ V1 มีค่า on แต่ V2, V3, V4 มีค่า off แสดงว่าแสงอยู่ในช่วง -22.5-22.5 องศา

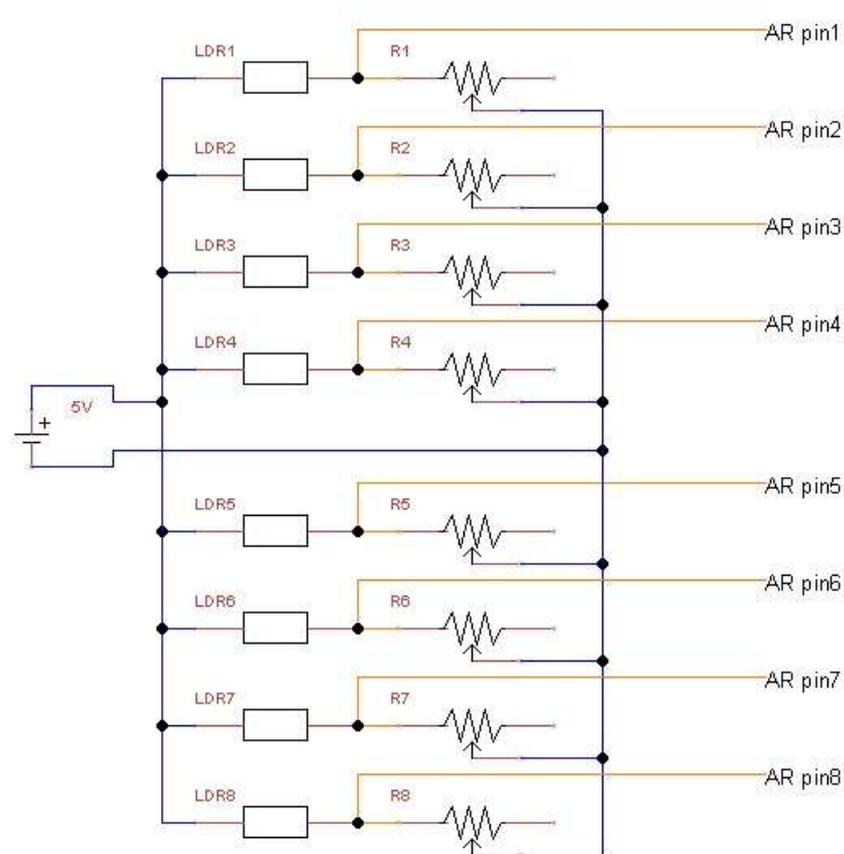
ก็จะกำหนดให้แผงโซลาร์เซลล์อยู่ที่ตำแหน่ง 0 องศา

- 3) เมื่อ V1, V2 มีค่า on แต่ V3, V4 มีค่า off แสดงว่าแสงอยู่ในช่วง 22.5-67.5 องศา ก็จะกำหนดให้แผงโซลาร์เซลล์อยู่ที่ตำแหน่ง 45 องศา
- 4) เมื่อ V2 มีค่า on แต่ V1, V3, V4 มีค่า off แสดงว่าแสงอยู่ในช่วง 67.5-112.5 องศา ก็จะกำหนดให้แผงโซลาร์เซลล์อยู่ที่ตำแหน่ง 90 องศา
- 5) เมื่อ V2, V3 มีค่า on แต่ V1, V4 มีค่า off แสดงว่าแสงอยู่ในช่วง 112.5-157.5 องศา ก็จะกำหนดให้แผงโซลาร์เซลล์อยู่ที่ตำแหน่ง 135 องศา
- 6) เมื่อ V3 มีค่า on แต่ V1, V2, V4 มีค่า off แสดงว่าแสงอยู่ในช่วง 157.5-202.5 องศา ก็จะกำหนดให้แผงโซลาร์เซลล์อยู่ที่ตำแหน่ง 180 องศา
- 7) เมื่อ V3, V4 มีค่า on แต่ V1, V2 มีค่า off แสดงว่าแสงอยู่ในช่วง 202.5-247.5 องศา ก็จะกำหนดให้แผงโซลาร์เซลล์อยู่ที่ตำแหน่ง 45 องศา
- 8) เมื่อ V4 มีค่า on แต่ V1, V2, V3 มีค่า off แสดงว่าแสงอยู่ในช่วง 247.5-292.5 องศา ก็จะกำหนดให้แผงโซลาร์เซลล์อยู่ที่ตำแหน่ง 90 องศา
- 9) เมื่อ V1, V4 มีค่า on แต่ V2, V3 มีค่า off แสดงว่าแสงอยู่ในช่วง 292.5-337.5 องศา ก็จะกำหนดให้แผงโซลาร์เซลล์อยู่ที่ตำแหน่ง 135 องศา
- 10) เมื่อ V1, V2, V3, V4 มีค่า on แสดงว่าแสงอาจจะอยู่ในแนวตั้งฉากกับพื้นโลก ก็จะไม่มีเกิดการเคลื่อนที่ที่เกิดขึ้น

จากทั้งหมด 10 กรณี จะเห็นได้ว่ามีกรณีที่ 6, 7, 8 และ 9 มีการกำหนดตำแหน่งที่ซ้ำกับกรณีที่ 2, 3, 4 และ 5 ตามลำดับ เพราะตัวอย่างเช่นในกรณีที่ 6 แสงมาจาก 180 องศา กับกรณีที่ 2 ที่แสงมาจาก 0 องศา จะสังเกตได้ว่า 0 องศา กับ 180 องศา อยู่ในระนาบเดียวกับแต่อยู่คนละทิศทาง จึงสามารถใช้การเคลื่อนที่ในแนวแกนอนปรับให้อยู่ในทิศทางที่แสงมาได้



รูปที่ 3.17 ส่วนรับแสงแนวตั้ง



รูปที่ 3.18 การออกแบบวงจรชุดรับแสง

จากรูปที่ 3.18 แสดงวงจรทั้งหมดของส่วนรับแสง โดยที่ LDR1-4 เป็นของส่วนรับแสงแนวตั้ง และ LDR5-8 เป็นของส่วนรับแสงแนวนอน ส่วน AR pin1-8 ต่อเข้ากับ Analog input ของไมโครคอนโทรลเลอร์ พินที่ 1-8 เพื่อนำไปประมวลผล และส่วนที่เป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้า 5V นั้นนำมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ เพราะมีแหล่งจ่ายไฟฟ้าภายในตัว แล้วสาเหตุที่ต้องนำตัวต้านทานปรับค่าได้ R1-8 มาต่อเข้ากับวงจร เนื่องจากว่าตัวต้านทานไวแสง (LDR) ถึงแม้ว่าจะมีสเปกที่เหมือนกันและผลิตจากแหล่งเดียวกัน แต่ LDR จะมีค่าความต้านทานขณะที่ถูกแสงกับไม่ถูกแสงมีความแตกต่างกันไม่เท่ากันทุกตัว ฉะนั้นจึงต้องนำตัวต้านทานปรับค่าได้ R1-8 มาต่อเพื่อให้ค่าความต้านทานของ LDR มีค่าใกล้เคียงกัน เพื่อความสะดวกในการประมวลผล

3.3.3 ชุดประมวลผลและควบคุมการเคลื่อนที่

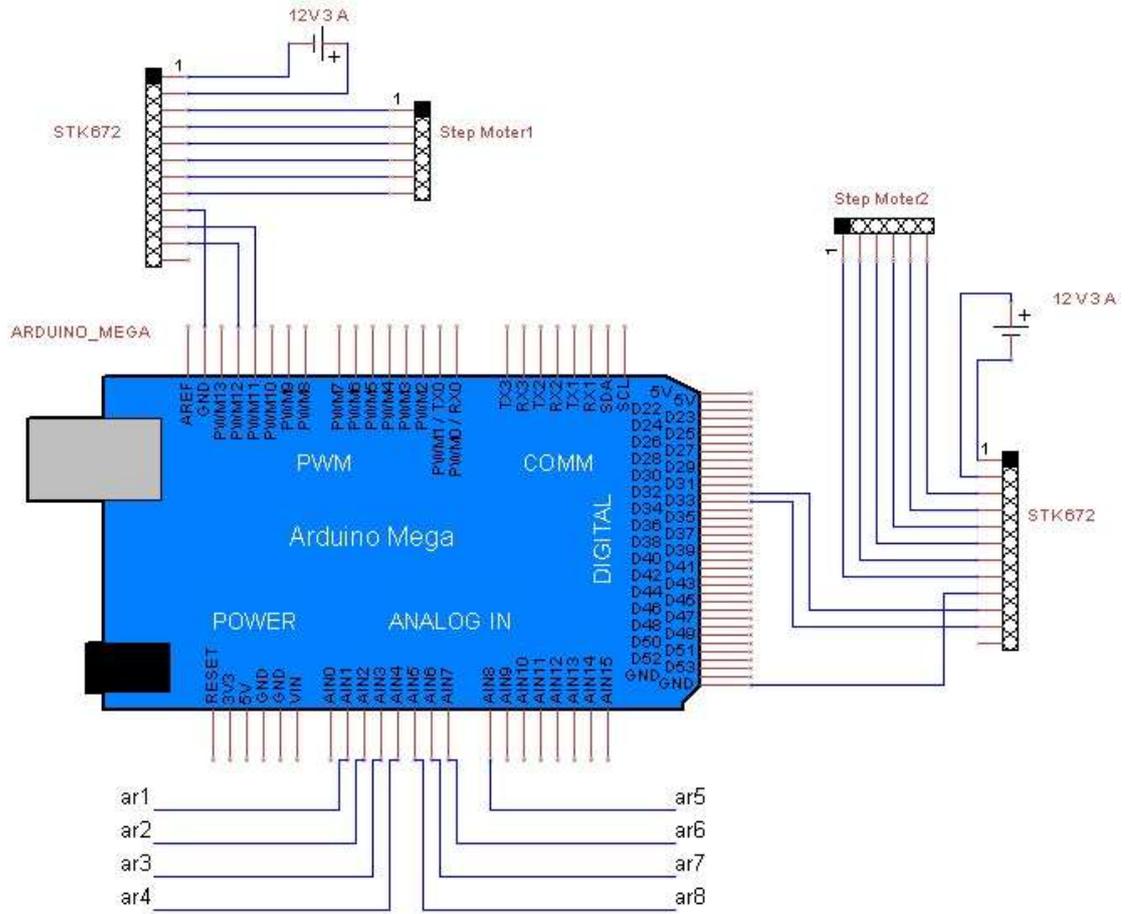
การออกแบบในขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการออกแบบชุดประมวลผลและควบคุมการเคลื่อนที่เพื่อใช้รับสัญญาณนาฬิกาจากชุดรับแสงและทำการประมวลผลก่อนทำการส่งคำสั่งไปยังชุดควบคุมมอเตอร์ เพื่อทำควบคุมตำแหน่งของแผง

วัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้ในการออกแบบ :

- 1) ไมโครคอนโทรลเลอร์ ET-EASY MEGA1280 (Duino Mega) 1 ตัว
- 2) IC STK672-080 2 ตัว

วิธีการดำเนินการ :

- 1) เขียนซอสโค้ดโดยใช้ภาษา C โดยใช้โปรแกรม Arduino 0023
- 2) Compile ซอสโค้ด โดยใช้โปรแกรม Arduino 0023
- 3) โปรแกรมซอสโค้ดเข้าสู่ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ET-EASY MEGA1280 (Duino Mega) โดยใช้โปรแกรม Arduino 0023
- 4) ทำการเชื่อมโยงสายสัญญาณระหว่างบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์กับส่วนรับแสง
- 5) ทำการเชื่อมโยงสายสัญญาณระหว่างบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์กับ IC STK672-080 ทั้ง 2 ตัวที่ใช้ควบคุมมอเตอร์
- 6) ทำการเชื่อมโยงสายสัญญาณระหว่าง IC STK672-080 ทั้ง 2 ตัว กับมอเตอร์
- 7) ทดสอบการทำงานของมอเตอร์

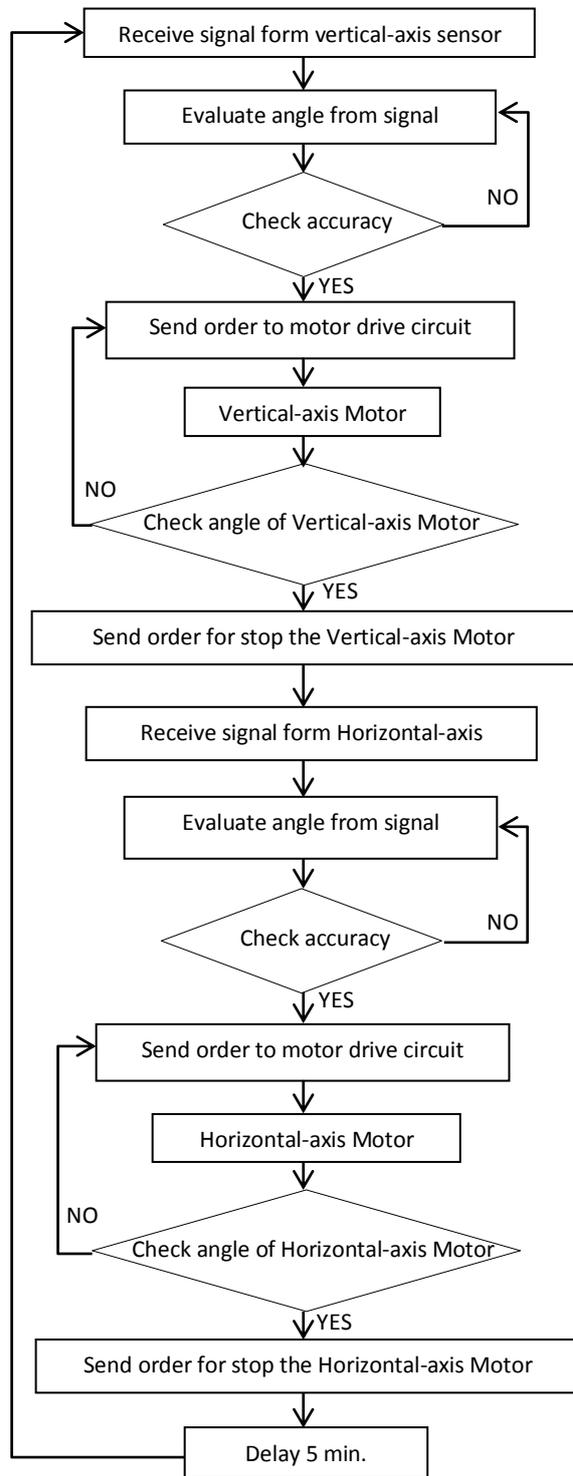


รูปที่ 3.19 การออกแบบวงจรชุดควบคุม



รูปที่ 3.20 วงจรชุดควบคุม

ขั้นตอนการปฏิบัติการของโปรแกรม

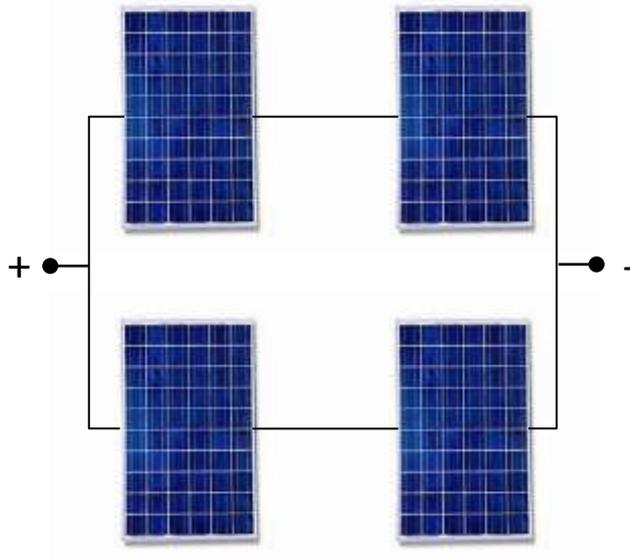


รูปที่ 3.21 ขั้นตอนการปฏิบัติการของโปรแกรม

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.4.1 การออกแบบระบบวงจรของแผงโซลาร์เซลล์

ในการออกแบบส่วนนี้ผู้วิจัยได้ออกแบบการต่อวงจรของแผงโซลาร์เซลล์ไว้เป็นแบบผสม คืออนุกรมและขนาน เพื่อเพิ่มแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า ทำให้สะดวกในการบันทึกผลด้วยดิจิตอลมัลติมิเตอร์ การต่อวงจรมีลักษณะดังรูปที่ 3.22



รูปที่ 3.22 วงจรของแผงโซลาร์เซลล์ที่ใช้ในการทดลอง

3.4.1 การออกแบบระบบเก็บข้อมูล

ในส่วนของระบบเก็บข้อมูลนั้น ผู้วิจัยได้ใช้ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ เพื่อใช้ในการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าเพื่อเก็บข้อมูล

วัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูล :

- 1) ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ จำนวน 1 ตัว

วิธีการดำเนินการ :

- 1) ใช้ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ วัดแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า

3.4.2 การเก็บข้อมูล

ใช้ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ เพื่อใช้ในการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า แล้วบันทึกข้อมูลด้วยโปรแกรม Excel ทุกๆ 15 นาที ตั้งแต่เวลา 8 : 00 น. จนถึงเวลา 18 : 00 น.

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลด้วยคิจิตอลมัลติมิเตอร์ ซึ่งบันทึกข้อมูลใน โปรแกรม Excel เพื่อเป็นการแปรผลข้อมูลที่เก็บมาได้ ผู้วิจัยได้เลือกใช้กราฟเส้นสำหรับแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้า, กระแสไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าที่เวลาต่างๆ ตลอดทั้งวัน ข้อมูลที่เก็บมีระยะเวลาห่างกัน 15 นาที และวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของทั้ง 2 ระบบ

3.6 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิเคราะห์ข้อมูลนั้น เนื่องการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงวิศวกรรมเน้นการสร้างและออกแบบระบบติดตามดวงอาทิตย์อัตโนมัติ เพื่อศึกษาด้านการผลิตพลังงานไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ในแต่ละระบบ ดังนั้นสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล จึงไม่จำเป็นต้องใช้สถิติที่ซับซ้อนนัก ผู้วิจัยเลือกใช้การหาค่ากลางหรือค่าเฉลี่ยของข้อมูล เพื่ออธิบายคุณลักษณะของการผลิตพลังงานไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ที่ติดตั้งทั้ง 2 แบบ

การหาค่าเฉลี่ย (Mean) โดยใช้สูตร

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n}$$

โดยที่

\bar{X}	=	ค่าเฉลี่ยของข้อมูลทั้งหมด
x	=	ข้อมูลแรงดันไฟฟ้า ทุก 15 นาที
n	=	จำนวนครั้งในการเก็บข้อมูลตลอดวัน

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

จากกระบวนการออกแบบระบบโซลาร์เซลล์เคลื่อนที่ได้ 2 แกนตามดวงอาทิตย์สำหรับใช้ควบคุมแผงโซลาร์เซลล์มากกว่าหนึ่งแผงนั้น ผู้วิจัยได้ทำการวัดค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้า เพื่อนำมาวิเคราะห์และเปรียบเทียบประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้ากับระบบติดตั้งแบบกำหนดองศาองที่ 15 องศา ผลที่ได้จากการศึกษามีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 วิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพของทั้ง 2 ระบบ

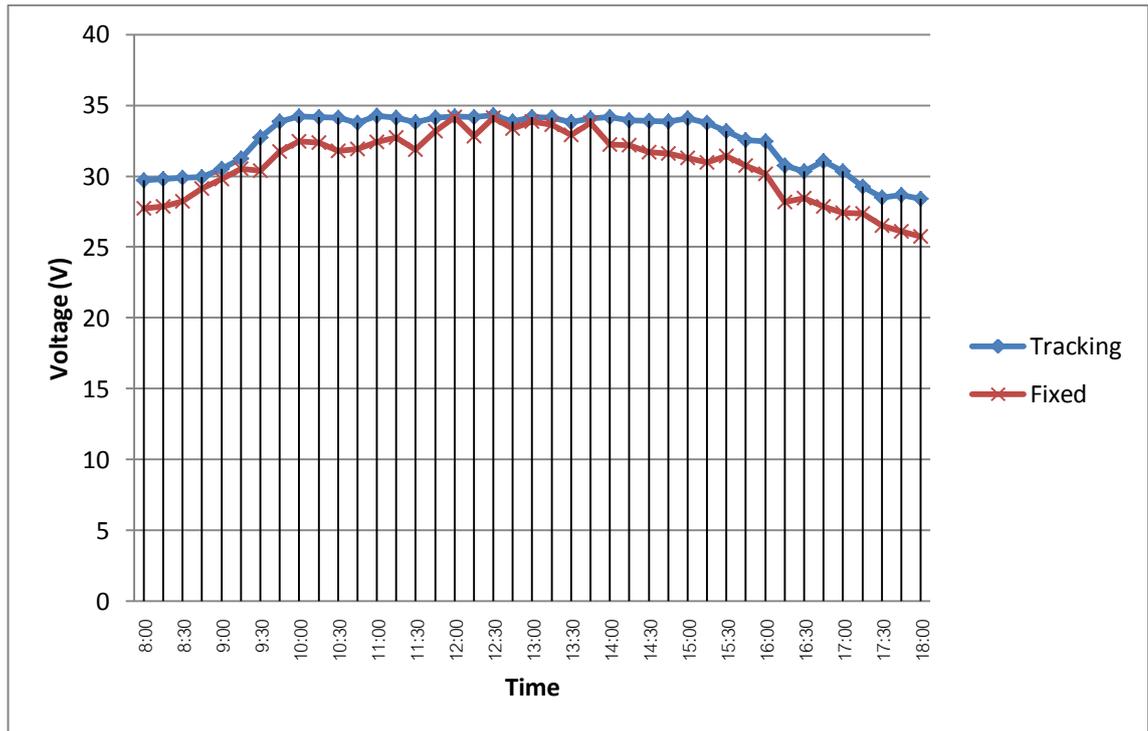
ผู้ทำการวิจัยได้ออกแบบการทดลองนี้เพื่อจุดประสงค์ที่จะศึกษาประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของทั้ง 2 ระบบ ในสภาพแวดล้อมที่เหมือนกัน โดยนำข้อมูลของทั้ง 2 ระบบมาทำการเปรียบเทียบกัน โดยบันทึกผลทุกๆ 15 นาที ตั้งแต่เวลา 8 : 00 น. จนถึงเวลา 18 : 00 น.

ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้าของทั้ง 2 ระบบ (V)

เวลา	ระบบติดตามดวงอาทิตย์ 2 แกน (V)	ระบบติดตั้งคงที่มุม 15 องศา (V)
8:00	29.73	27.72
8:15	29.82	27.86
8:30	29.87	28.22
8:45	29.93	29.14
9:00	30.51	29.78
9:15	31.25	30.5
9:30	32.74	30.38
9:45	33.84	31.72
10:00	34.21	32.44
10:15	34.18	32.36
10:30	34.15	31.8
10:45	33.79	31.94
11:00	34.27	32.42
11:15	34.14	32.74
11:30	33.82	31.86

ตารางที่ 4.1 (ต่อ) เปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้าของทั้ง 2 ระบบ

เวลา	ระบบติดตามดวงอาทิตย์ 2 แกน (V)	ระบบติดตั้งคงที่มุม 15 องศา (V)
11:45	34.11	33.16
12:00	34.22	34.16
12:15	34.17	32.82
12:30	34.29	34.12
12:45	33.84	33.38
13:00	34.16	33.88
13:15	34.12	33.64
13:30	33.83	32.9
13:45	34.08	33.76
14:00	34.19	32.24
14:15	33.93	32.18
14:30	33.9	31.7
14:45	33.87	31.62
15:00	34.08	31.28
15:15	33.78	30.96
15:30	33.17	31.42
15:45	32.56	30.74
16:00	32.48	30.16
16:15	30.74	28.2
16:30	30.36	28.44
16:45	31.05	27.86
17:00	30.32	27.4
17:15	29.28	27.38
17:30	28.48	26.52
17:45	28.69	26.1
18:00	28.41	25.76



รูปที่ 4.1 กราฟเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้าของระบบทั้ง 2 ระบบ

จากกราฟวิเคราะห์ได้ว่า

แรงดันไฟฟ้าสูงสุด

ระบบติดตามดวงอาทิตย์ 2 แกน 34.29 โวลต์

ระบบติดตั้งคงที่มุม 15 องศา 34.16 โวลต์

แรงดันไฟฟ้าต่ำสุด

ระบบติดตามดวงอาทิตย์ 2 แกน 28.41 โวลต์

ระบบติดตั้งคงที่มุม 15 องศา 25.76 โวลต์

แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ย

ระบบติดตามดวงอาทิตย์ 2 แกน 32.44 โวลต์

ระบบติดตั้งคงที่มุม 15 องศา 30.76 โวลต์

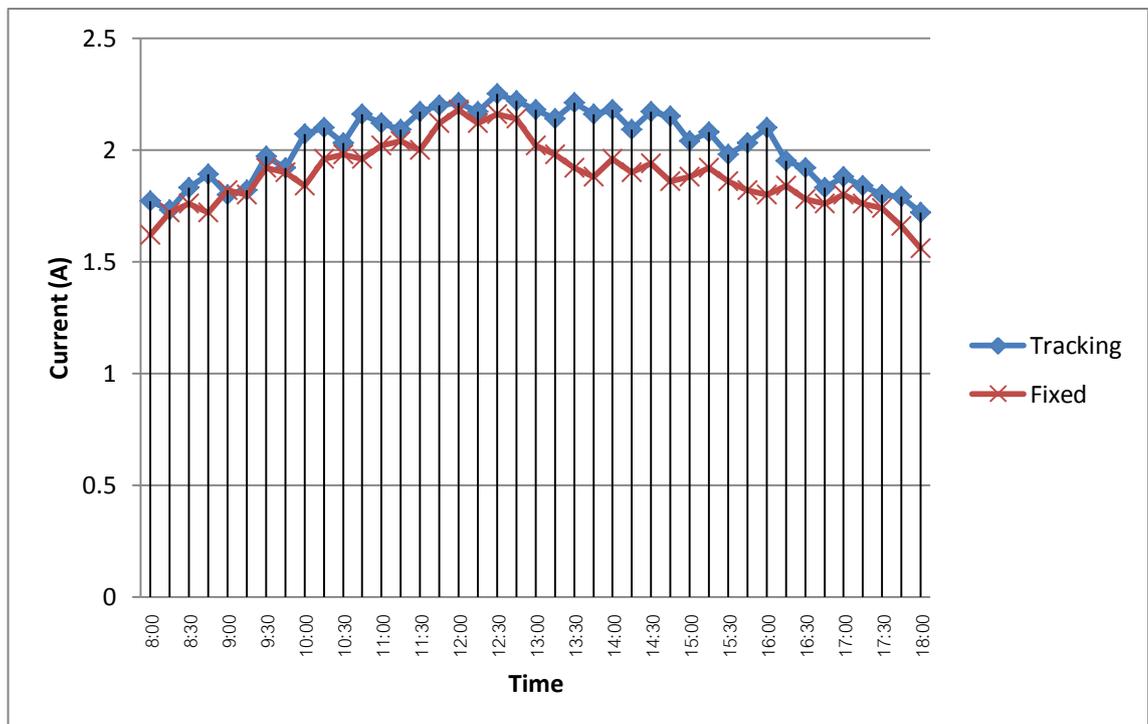
จากกราฟเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้า จะสังเกตได้ว่าค่าแรงดันไฟฟ้าของทั้ง 2 ระบบมีค่าที่ใกล้เคียงกันในทุกช่วงเวลา เพราะค่าความเข้มแสงไม่มีผลโดยตรงต่อค่าแรงดันไฟฟ้า แต่ปัจจัยที่มีผลต่อค่าแรงดันไฟฟ้า คือ อุณหภูมิ แต่เนื่องจากทำการทดลองในสภาพแวดล้อมที่เหมือนกัน จึงทำให้แรงดันไฟฟ้ามียุทธค่าใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 4.2 เปรียบเทียบค่ากระแสไฟฟ้าของทั้ง 2 ระบบ (A)

เวลา	ระบบติดตามดวงอาทิตย์ 2 แกน(A)	ระบบติดตั้งคงที่มุม 15 องศา(A)
8:00	1.77	1.62
8:15	1.73	1.72
8:30	1.83	1.76
8:45	1.89	1.72
9:00	1.8	1.82
9:15	1.82	1.8
9:30	1.97	1.92
9:45	1.92	1.9
10:00	2.07	1.84
10:15	2.1	1.96
10:30	2.03	1.98
10:45	2.16	1.96
11:00	2.12	2.02
11:15	2.09	2.04
11:30	2.17	2
11:45	2.2	2.12
12:00	2.21	2.18
12:15	2.17	2.12
12:30	2.25	2.16
12:45	2.22	2.14
13:00	2.18	2.02
13:15	2.14	1.98
13:30	2.21	1.92
13:45	2.16	1.88
14:00	2.18	1.96
14:15	2.09	1.9
14:30	2.17	1.94
14:45	2.15	1.86

ตารางที่ 4.2 (ต่อ) เปรียบเทียบค่ากระแสไฟฟ้าของทั้ง 2 ระบบ

เวลา	ระบบติดตามดวงอาทิตย์ 2 แกน (A)	ระบบติดตั้งคงที่มุม 15 องศา (A)
15:00	2.04	1.88
15:15	2.08	1.92
15:30	1.98	1.86
15:45	2.03	1.82
16:00	2.1	1.8
16:15	1.95	1.84
16:30	1.92	1.78
16:45	1.83	1.76
17:00	1.88	1.8
17:15	1.84	1.76
17:30	1.8	1.74
17:45	1.79	1.66
18:00	1.72	1.56



รูปที่ 4.10 กราฟเปรียบเทียบค่ากระแสไฟฟ้าของระบบทั้ง 2 ระบบ

จากกราฟวิเคราะห์ได้ว่า

กระแสไฟฟ้าสูงสุด

ระบบติดตามดวงอาทิตย์ 2 แกน	2.25	แอมป์
ระบบติดตั้งคงที่มุม 15 องศา	2.18	แอมป์

กระแสไฟฟ้าต่ำสุด

ระบบติดตามดวงอาทิตย์ 2 แกน	1.72	แอมป์
ระบบติดตั้งคงที่มุม 15 องศา	1.56	แอมป์

กระแสไฟฟ้าเฉลี่ย

ระบบติดตามดวงอาทิตย์ 2 แกน	2.02	แอมป์
ระบบติดตั้งคงที่มุม 15 องศา	1.88	แอมป์

จากกราฟเปรียบเทียบค่ากระแสไฟฟ้าจะสังเกตได้ว่าช่วงเวลาดังแต่ 8:00-11:30 น. ค่าความเข้มแสงที่ตกลงบนระบบติดตามดวงอาทิตย์มีค่ามากกว่าระบบติดตั้งคงที่เพียงเล็กน้อย ซึ่งสังเกตได้จากค่าผลิตกระแสไฟฟ้าของระบบติดตามดวงอาทิตย์มีค่ามากกว่าระบบติดตั้งคงที่แต่มีค่าที่มากกว่าไม่มากนัก แต่ตั้งแต่ 11:45-12:45 น. ทั้ง 2 ระบบมีค่าผลิตกระแสไฟฟ้าที่ใกล้เคียงกันมาก เนื่องจากว่าตำแหน่งของดวงอาทิตย์มีผลทำให้มุมของระบบติดตามดวงอาทิตย์ใกล้เคียงกับระบบติดตั้งคงที่ ทำให้ทั้ง 2 ระบบได้รับความเข้มแสงที่ใกล้เคียงกัน แต่หลังจากนั้นเวลา 13:00-18.00 น. ค่าผลิตกระแสไฟฟ้าของระบบติดตามดวงอาทิตย์มีค่ามากกว่าอย่างเห็นได้ชัดเจน เพราะว่าการติดตามดวงอาทิตย์มีเคลื่อนที่แผงโซลาร์เซลล์ให้สามารถรับความเข้มแสงได้มากกว่าระบบติดตั้งคงที่

ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าของทั้ง 2 ระบบ (W)

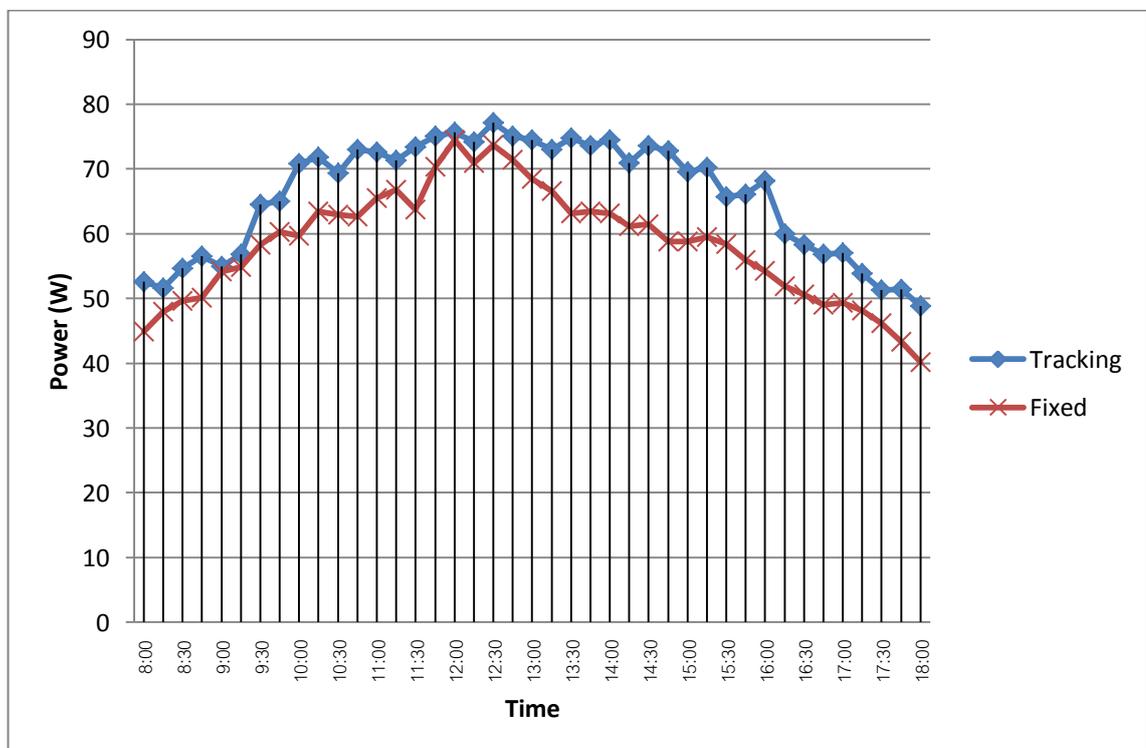
เวลา	ระบบติดตามดวงอาทิตย์ 2 แกน (W)	ระบบติดตั้งคงที่มุม 15 องศา (W)
8:00	52.6221	44.9064
8:15	51.5886	47.9192
8:30	54.6621	49.6672
8:45	56.5677	50.1208
9:00	54.918	54.1996
9:15	56.875	54.9
9:30	64.4978	58.3296

ตารางที่ 4.3 (ต่อ) เปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าของทั้ง 2 ระบบ (W)

เวลา	ระบบติดตามดวงอาทิตย์ 2 แกน (W)	ระบบติดตั้งคงที่มุม 15 องศา (W)
9:45	64.9728	60.268
10:00	70.8147	59.6896
10:15	71.778	63.4256
10:30	69.3245	62.964
10:45	72.9864	62.6024
11:00	72.6524	65.4884
11:15	71.3526	66.7896
11:30	73.3894	63.72
11:45	75.042	70.2992
12:00	75.6262	74.4688
12:15	74.1489	70.922
12:30	77.1525	73.6993
12:45	75.1248	71.4332
13:00	74.4688	68.4376
13:15	73.0168	66.6072
13:30	74.7643	63.168
13:45	73.6128	63.4688
14:00	74.5342	63.1904
14:15	70.9137	61.142
14:30	73.563	61.498
14:45	72.8205	58.8232
15:00	69.5232	58.8064
15:15	70.2624	59.4432
15:30	65.6766	58.4412
15:45	66.0968	55.9468
16:00	68.208	54.288
16:15	59.943	51.888
16:30	58.2912	50.6232

ตารางที่ 4.3 (ต่อ) เปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าของทั้ง 2 ระบบ (W)

เวลา	ระบบติดตามดวงอาทิตย์ 2 แกน (W)	ระบบติดตั้งคงที่มุม 15 องศา (W)
16:45	56.8215	49.0336
17:00	57.0016	49.32
17:15	53.8752	48.1888
17:30	51.264	46.1448
17:45	51.3551	43.326
18:00	48.8652	40.1856



รูปที่ 4.11 เปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าของระบบทั้ง 2 ระบบ

จากกราฟวิเคราะห์ได้ว่า

กำลังไฟฟ้าสูงสุด

ระบบติดตามดวงอาทิตย์ 2 แกน 77.15 วัตต์

ระบบติดตั้งคงที่มุม 15 องศา 74.46 วัตต์

กำลังไฟฟ้าต่ำสุด

ระบบติดตามดวงอาทิตย์ 2 แกน	48.86	วัตต์
ระบบติดตั้งคงที่มุม 15 องศา	40.18	วัตต์

กำลังไฟฟ้าน้อย

ระบบติดตามดวงอาทิตย์ 2 แกน	65.74	วัตต์
ระบบติดตั้งคงที่มุม 15 องศา	58.43	วัตต์

จากกราฟเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าจะสังเกตได้ว่าช่วงเวลาตั้งแต่ 8:00-11:30 น. ระบบติดตามดวงอาทิตย์มีค่าการผลิตกำลังไฟฟ้ามากกว่าระบบติดตั้งคงที่ และตั้งแต่ 11:45-12:45 น. ทั้ง 2 ระบบมีค่าผลิตกระแสไฟฟ้าที่ใกล้เคียงกันมาก แต่หลังจากนั้นเวลา 13:00-18.00 น. ค่าผลิตกระแสไฟฟ้าของระบบติดตามดวงอาทิตย์มีค่ากลับมามากกว่าระบบติดตั้งคงที่อีกครั้ง จากสูตร $P=IV$ และเนื่องจากค่าแรงดันไฟฟ้า (V) มีค่าใกล้เคียงกับ จึงทำให้กำลังไฟฟ้า (P) แปรผันตามกระแสไฟฟ้า (I) จึงทำให้กราฟของการผลิตกำลังไฟฟ้ามีลักษณะคล้ายกับกราฟของการผลิตกระแสไฟฟ้า

และจากกราฟเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าสรุปได้ว่าระบบติดตามดวงอาทิตย์สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้มากกว่าระบบติดตั้งคงที่ 12.51%

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ

การออกแบบระบบโซลาร์เซลล์เคลื่อนที่ได้ 2 แคนตามดวงอาทิตย์สำหรับใช้ควบคุมแผงโซลาร์เซลล์มากกว่าหนึ่งแผงจำเป็นต้องมีการศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อประกอบการสร้างระบบ ซึ่งในการทดลองนั้นได้แบ่งขั้นตอนการดำเนินงานตามรายละเอียด ดังที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 3 ซึ่งในการศึกษาได้แบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน คือ 1) การศึกษาข้อมูลเบื้องต้น 2) การออกแบบระบบโซลาร์เซลล์เคลื่อนที่ได้ 2 แคนตามดวงอาทิตย์สำหรับใช้ควบคุมแผงโซลาร์เซลล์มากกว่าหนึ่งแผง 3) การสร้างระบบโซลาร์เซลล์เคลื่อนที่ได้ 2 แคนตามดวงอาทิตย์สำหรับใช้ควบคุมแผงโซลาร์เซลล์มากกว่าหนึ่งแผง 4) ทดสอบการใช้งานของระบบโซลาร์เซลล์เคลื่อนที่ได้ 2 แคนตามดวงอาทิตย์สำหรับใช้ควบคุมแผงโซลาร์เซลล์มากกว่าหนึ่งแผง 5) สรุปผลและวิเคราะห์ผลของระบบโซลาร์เซลล์เคลื่อนที่ได้ 2 แคนตามดวงอาทิตย์สำหรับใช้ควบคุมแผงโซลาร์เซลล์มากกว่าหนึ่งแผง

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 ผลการออกแบบระบบโซลาร์เซลล์เคลื่อนที่ได้ 2 แคนตามดวงอาทิตย์สำหรับใช้ควบคุมแผงโซลาร์เซลล์มากกว่าหนึ่งแผง

จากการออกแบบระบบโซลาร์เซลล์เคลื่อนที่ได้ 2 แคนตามดวงอาทิตย์สำหรับใช้ควบคุมแผงโซลาร์เซลล์มากกว่าหนึ่งแผง ทั้ง 3 ส่วน ได้ผลดังต่อไปนี้

1. การออกแบบชุดส่งกำลัง
 - 1) ออกแบบโครงสร้างการเคลื่อนที่
 - 2) การคำนวณหาแรงบิดของมอเตอร์ในชุดส่งกำลัง
 - 3) ระบบขับนำแผงโซลาร์เซลล์ เลือกลำโพงสเต็ปมอเตอร์เพราะสามารถควบคุมตำแหน่งและความเร็วรอบได้ง่าย
2. การออกแบบชุดรับแสง
 - 1) ศึกษาการทำงานของ LDR และการส่งข้อมูลต่อไปยังชุดควบคุม
 - 2) ออกแบบชุดรับแสง โดยใช้ LDR 8 ตัวในการตรวจจับรังสีแสงอาทิตย์
3. การออกแบบชุดควบคุม
 - 1) เลือกลำโพงไมโครคอนโทรลเลอร์ ET-EASY MEGA1280 (Duino Mega) ในการประมวลผลและสั่งการ
 - 2) ใช้ภาษา C ในการเขียนโปรแกรม

- 3) ใช้โปรแกรม Arduino 0023 ในการเขียนซอสโค้ด, ตรวจสอบความถูกต้องของซอสโค้ด และโปรแกรมซอสโค้ดลง MCU ของไมโครคอนโทรลเลอร์
- 4) เลือกใช้ ไอซี STK672 ในการควบคุมสเต็ปมอเตอร์

5.1.2 ผลการสร้างระบบโซลาร์เซลล์เคลื่อนที่ได้ 2 แกนตามดวงอาทิตย์สำหรับใช้ควบคุมแผงโซลาร์เซลล์มากกว่าหนึ่งแผง

จากผลการออกแบบระบบโซลาร์เซลล์เคลื่อนที่ได้ 2 แกนตามดวงอาทิตย์สำหรับใช้ควบคุมแผงโซลาร์เซลล์มากกว่าหนึ่งแผง ในข้อที่ 5.1.1 นั้นสามารถนำมาสร้างระบบโซลาร์เซลล์เคลื่อนที่ได้ 2 แกนตามดวงอาทิตย์สำหรับใช้ควบคุมแผงโซลาร์เซลล์มากกว่าหนึ่งแผงและสามารถทำงานได้จริง

5.1.3 ผลการทดสอบการใช้งานระบบโซลาร์เซลล์เคลื่อนที่ได้ 2 แกนตามดวงอาทิตย์สำหรับใช้ควบคุมแผงโซลาร์เซลล์มากกว่าหนึ่งแผง

จากการทดลองและเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้าระบบโซลาร์เซลล์เคลื่อนที่ได้ 2 แกนตามดวงอาทิตย์สำหรับใช้ควบคุมแผงโซลาร์เซลล์มากกว่าหนึ่งแผง และระบบติดตั้งคงที่มุม 15 องศา ในสภาพแวดล้อมปกติ ผลการศึกษา ค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้า ตลอดทั้งวันของทั้ง 2 ระบบได้ดังนี้

แรงดันไฟฟ้าสูงสุด

ระบบติดตามดวงอาทิตย์ 2 แกน	34.29	โวลท์
ระบบติดตั้งคงที่มุม 15 องศา	34.16	โวลท์

แรงดันไฟฟ้าต่ำสุด

ระบบติดตามดวงอาทิตย์ 2 แกน	28.41	โวลท์
ระบบติดตั้งคงที่มุม 15 องศา	25.76	โวลท์

แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ย

ระบบติดตามดวงอาทิตย์ 2 แกน	32.44	โวลท์
ระบบติดตั้งคงที่มุม 15 องศา	30.76	โวลท์

กระแสไฟฟ้าสูงสุด

ระบบติดตามดวงอาทิตย์ 2 แกน	2.25	แอมป์
ระบบติดตั้งคงที่มุม 15 องศา	2.18	แอมป์

กระแสไฟฟ้าต่ำสุด

ระบบติดตามดวงอาทิตย์ 2 แกน	1.72	แอมป์
ระบบติดตั้งคงที่มุม 15 องศา	1.56	แอมป์

กระแสไฟฟ้าเฉลี่ย

ระบบติดตามดวงอาทิตย์ 2 แกน	2.02	แอมป์
ระบบติดตั้งคงที่มุม 15 องศา	1.88	แอมป์

กำลังไฟฟ้าสูงสุด

ระบบติดตามดวงอาทิตย์ 2 แกน	77.15	วัตต์
ระบบติดตั้งคงที่มุม 15 องศา	74.46	วัตต์

กำลังไฟฟ้าต่ำสุด

ระบบติดตามดวงอาทิตย์ 2 แกน	48.86	วัตต์
ระบบติดตั้งคงที่มุม 15 องศา	40.18	วัตต์

กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย

ระบบติดตามดวงอาทิตย์ 2 แกน	65.74	วัตต์
ระบบติดตั้งคงที่มุม 15 องศา	58.43	วัตต์

จากผลการทดลองพบว่าค่าการผลิตกำลังไฟฟ้าระบบ โซลาร์เซลล์เคลื่อนที่ได้ 2 แกนตามดวงอาทิตย์ สำหรับใช้ควบคุมแผงโซลาร์เซลล์มากกว่าหนึ่งแผง มีค่ามากกว่าเมื่อเทียบกับระบบติดตั้งคงที่มุม 15 องศา 12.51%

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ในการทำชิ้นส่วนบางชิ้นจำเป็นต้องใช้เครื่องมือ เช่น เลื่อยกล เครื่องเจาะ เครื่องเชื่อมโลหะ และ เครื่องเจียรในโลหะ เนื่องจากความไม่ชำนาญและความเหนียวล้าของผู้วิจัย ทำให้บางชิ้นส่วนเกิดความไม่เที่ยงตรงเล็กน้อย

2. ระบบไม่สามารถกักน้ำได้เวลาฝ่นตก ฉะนั้นระบบควรจะสามารถในการกักน้ำได้เวลาฝนตกเพื่อความสะดวกในการใช้งาน

เอกสารอ้างอิง

1. Abdallah S., Nijmeh S., 2004, “Two axes sun tracking system with PLC control”, **Energy Conversion and Management**, Vol. 45, pp.1931-1939.
2. Ahmet, S., Mehmet C., 2012, “Evaluation of power output for fixed and two-axis tracking PV arrays”, **Applied Energy**, Vol. 92, pp.677-685.
3. Clifford M.J., Eastwood D., 2004, “Design of a novel passive solar tracker”, **Solar Energy**, Vol. 77, pp.269-280.
4. John A.D., William A.B., 2006, “Direction of Beam Radiation”, **Solar Engineering of thermal processes**, Third edition., John Wiley & Sons, Inc., pp.12-20
5. Mousazadeh H., Keyhani A., Javadi A., Mobli H., Abrinia K., Sharifi A., 2009, “A review of principle and sun-tracking methods for maximizing solar systems output”, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Vol. 13, pp.1800-1818.
6. Rustu E., Ali S., 2012, “Performance comparison of a double-axis sun tracking versus fixed PV system”, **Solar Energy**, Vol. 86, pp.2665-2672.
7. Soteris A.K., 1996, “Design and construction of a one-axis sun-tracking”, **Solar Energy**, Vol. 57, pp.465-469.
8. Wentzell, Timothy H., 2004, “Torque and Ball Screws”, Machine design, Thomson Learning, Inc., pp.403-405

9. Yingxue Y., Yeguang H., Shengdong G., Gang Y., Jinguang D., 2014, “A multipurpose dual-axis solar tracker with two tracking strategies”, **Renewable Energy**, Vol. 72, pp.88-98.
10. กฤษณพงศ์ กิริติกร, “รังสีดวงอาทิตย์”, เอกสารประกอบการเรียนการสอนวิชาโซลาร์เซลล์, สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
11. ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, **การแผ่รังสีความร้อน**, [online], Available : <http://mte.kmutt.ac.th/elearning/Thermal%20Radiation/11-0.htm> [2556, สิงหาคม 2]
12. ฝ่ายพลังงานทดแทน การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.), 2550, **ระบบติดตามดวงอาทิตย์แบบถ่วงน้ำหนัก**, [online], Available : <http://bidding.egat.co.th/> [2556, กรกฎาคม 5]
13. บริษัท อีทีที จำกัด, 2556, **คู่มือการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ด้วย Arduino**
14. บริษัทลีโอนิก จำกัด, **ความรู้ด้านพลังงานแสงอาทิตย์**, [online], Available : <http://www.leonics.co.th.> [2556, สิงหาคม 15]
15. ร้านแสงตะวัน, **ความรู้ด้านสเตปมอเตอร์และบอลสกรู** [online], Available : http://www.sangtawan.org/news_detail.asp?news_id=7&lng=th [2556, กันยายน 9]
16. เว็บไซต์ไทยไอโอ, **ความรู้ด้านสเตปมอเตอร์**, [online], Available : <http://www.thaiio.com/Hardware/stepmoter.htm> [2556, กันยายน 9]
17. ไชนเนอร์จี อิเล็กทรอนิกส์ จำกัด , **คู่มือการใช้งานสเตปมอเตอร์**, [online], Available : <http://www.synes.co.th> [2556, กันยายน 10]

18. บริษัท ซีอีดียูเคชั่น จำกัด (มหาชน), 2556, **LDR ตัวต้านทานไวแสง**, [online], Available : http://electronics.se-ed.com/contents/041s060/041s060_p01.asp [2556, สิงหาคม 27]

19. สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา, **การส่งกำลังด้วยสะพานและเฟือง**, [online], Available : <https://www.scribd.com/doc/237006181> [2556, กันยายน 12]

ภาคผนวก ก.

รูปภาพที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย

Polycrystalline Solar panel	CE
Model	XG-20
Maximum power:	20W
Output tolerance	± 5%
Maximum power voltage:	17.5V
Maximum power current:	1.14A
Open circuit voltage:	21.5V
Short circuit current:	1.35A
Maximum system voltage	1000V
Dimension(L*W*D):	552*352*25mm
Weight: 2.4kg	MADE IN CHINA

รูปที่ ก.1 สมบัติของแผงโซลาร์เซลล์



รูปที่ ก.2 วัสดุอุปกรณ์



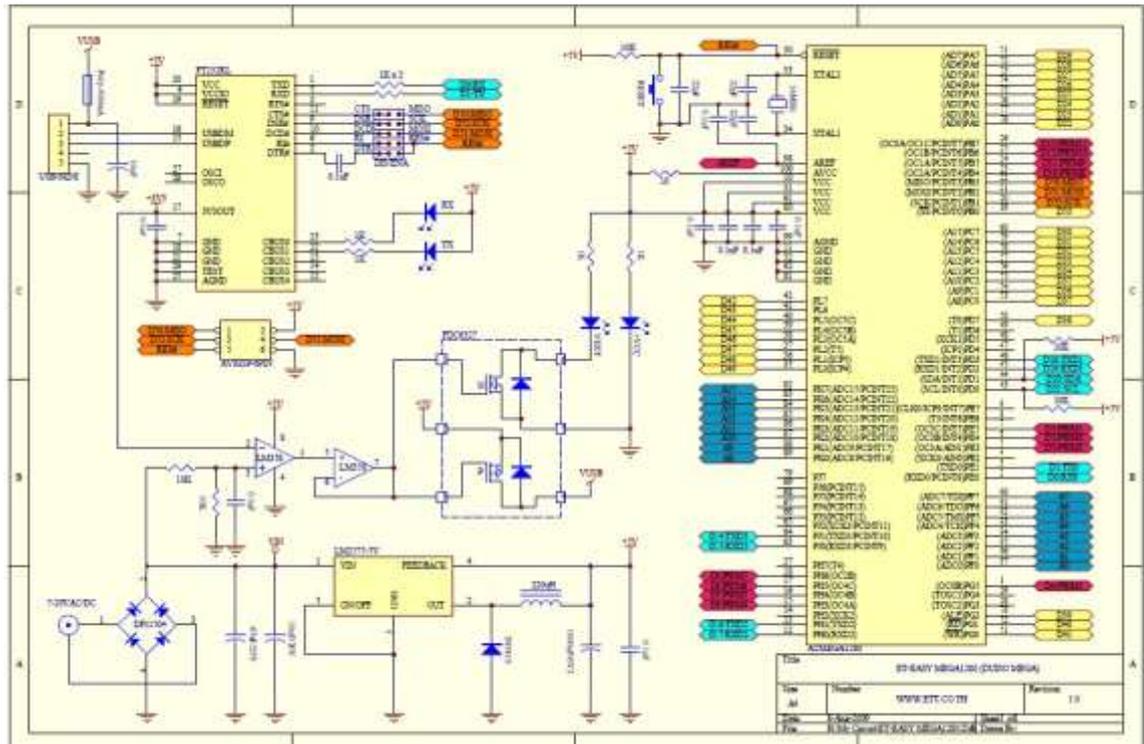
รูปที่ ก.3 ประกอบโครงสร้าง



รูปที่ ก.4 ระบบโซลาร์เซลล์เคลื่อนที่ได้ 2 แกนสำหรับใช้ควบคุมแผงโซลาร์เซลล์มากกว่าหนึ่งแผง

ภาคผนวก ข.

วงจรภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ ET-EASY MEGA1280 (Duino Mega)



รูปที่ ข.1 วงจรภายในไมโครคอนโทรเลอร์ ET-EASY MEGA1280 (Duino Mega)

ภาคผนวก ก.

โปรแกรมควบคุม (Source Code)

โปรแกรมควบคุม(Source Code)

```
/**Solar Tracking System for Multiple Solar Cells-arrays**/
```

```
int v1 = 0;
```

```
int v2 = 0;
```

```
int v3 = 0;
```

```
int v4 = 0;
```

```
int mv = 0;
```

```
int mv1 = 3;
```

```
int dv = 0;
```

```
int dvx = 0;
```

```
int N = 1;
```

```
int r1 = 0;
```

```
int rv = 0;
```

```
int cv1 = 0;
```

```
int cv2 = 0;
```

```
int cv3 = 0;
```

```
////////////////////////////////////
```

```
int h1 = 0;
```

```
int h2 = 0;
```

```
int h3 = 0;
```

```
int h4 = 0;
```

```
int mh = 0;
```

```
int mh1 = 3;
```

```
int dh = 0;
int dhx = 0;

int ch1 = 0;
int ch2 = 0;
int ch3 = 0;

int M = 1;
int r2 = 0;
int rh = 0;

void setup()
{
  Serial.begin(9600); // setup serial
  analogReference(DEFAULT);
  pinMode(11, OUTPUT);
  pinMode(12, OUTPUT);
  pinMode(31, OUTPUT);
  pinMode(32, OUTPUT);
}

void loop()
{
  BEGIN:
  while(N<=3)
  {
    v1 = analogRead(1); // read the input pin
    v2 = analogRead(2);
    v3 = analogRead(3);
    v4 = analogRead(3);
```

```
//Serial.println(v1);
//Serial.println(v2);
//Serial.println(v3);
//Serial.println(v4);

// find angle V
if(v2>=500 && v1<=200 && v3<=200 && v4<=200)
{
    dv = 0;
    mv = 1;
}
else if(v2>=500 && v1>=500 && v3<=200 && v4<=200)
{
    dv = 45;
    mv = 2;
}
else if(v1>=500 && v2<=200 && v3<=200 && v4<=200)
{
    dv = 90;
    mv = 3;
}
else if(v1>=500 && v4>=500 && v3<=200 && v2<=200)
{
    dv = 135;
    mv = 4;
}
else if(v4>=500 && v2<=200 && v3<=200 && v1<=200)
{
    dv = 180;
    mv = 1;
}
else if(v4>=500 && v3>=500 && v2<=200 && v1<=200)
```

```
{
    dv = 225;
    mv = 2;
}
else if(v3>=500 && v4<=200 && v2<=200 && v1<=200)
{
    dv = 270;
    mv = 3;
}
else if(v3>=500 && v4>=500 && v2<=200 && v1<=200)
{
    dv = 315;
    mv = 4;
}
else
{
    goto BEGINH;
}

switch(N)
{
    case 1: cv1 = dv;
        //Serial.print("check =");
        //Serial.println(chk1);
        break;
    case 2: cv2 = dv;
        //Serial.print("check =");
        //Serial.println(chk2);
        break;
    case 3: cv3 = dv;
        //Serial.println("check =");
        //Serial.println(chk3);
```

```
        break;

    default: N = 1;
        goto BEGIN;
    }
    //delay(2000); //5s
    N++;
}

if(cv1==cv2 && cv2==cv3)
{
    goto CHECKDATAV;
}
else
{
    N = 1;
    goto BEGIN;
}

CHECKDATAV:
if(mv1!=mv)
{
    N = 1;
    goto SENDOUTV;
}
else
{
    N = 1;
    goto BEGINH;
}

SENDOUTV:
```

```

if(mv1>mv)
{
    digitalWrite(11, HIGH);
}
else
{
    digitalWrite(11, LOW);
}
r1=abs(mv1-mv);
while(rv<=r1);
{
    for(int x = 0;x<1000;x++)
    {

        digitalWrite(12, HIGH);
        delayMicroseconds(250);
        //delay(1000);
        digitalWrite(12, LOW);
        //delay(4000);
        delayMicroseconds(250);
    }
    rv++;
}
mv1=mv;
////////////////////////////////////

BEGINH:
while(M<=3)
{
    h1 = analogRead(5); // read the input pin
    h2 = analogRead(6);
    h3 = analogRead(7);

```

```
h4 = analogRead(9);
//Serial.println(h1);
//Serial.println(h2);
//Serial.println(h3);
//Serial.println(h4);

// find angle V
if(h1<=200 && h2<=200 && h3>=500 && h4>=500)
{
    dh = 30;
    mh = 1;
}
else if(h1>=500 && h2<=200 && h3>=500 && h4>=500)
{
    dv = 60;
    mh = 2;
}
else if(h1>=500 && h2>=500 && h3>=500 && h4>=500)
{
    dh = 90;
    mh = 3;
}
else if(h1>=500 && h2>=500 && h3<=200 && h4>=500)
{
    dh = 120;
    mh = 4;
}
else if(h1>=500 && h2>=500 && h3<=200 && h4<=200)
{
    dh = 150;
    mh = 5;
}
```

```
else
{
    goto BEGIN;
}

switch(M)
{
    case 1: ch1 = dh;
        //Serial.print("check =");
        //Serial.println(chk1);
        break;
    case 2: ch2 = dh;
        //Serial.print("check =");
        //Serial.println(chk2);
        break;
    case 3: ch3 = dh;
        //Serial.println("check =");
        //Serial.println(chk3);
        break;

    default: M = 1;
        goto BEGIN;
}

//delay(2000); //5s
M++;
}

if(ch1==ch2 && ch2==ch3)
{
    goto CHECKDATAH;
}

else
{
```

```
M = 1;
goto BEGINH;
}
```

CHECKDATAH:

```
if(mh1!=mh)
{
M = 1;
goto SENDOUTH;
}
else
{
M = 1;
goto BEGIN;
}
```

SENDOUTH:

```
if(mh1>mh)
{
digitalWrite(31, HIGH);
}
else
{
digitalWrite(31, LOW);
}
r2=abs(mh1-mh);
while(rh<=r2);
{
for(int x = 0;x<1100;x++)
{
digitalWrite(32, HIGH);
delayMicroseconds(250);
```


ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นายราชรัฐ ยี่ตัน
วัน เดือน ปีเกิด	18 เมษายน 2532
ประวัติการศึกษา	
ระดับปริญญาตรี	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พ.ศ. 2551-2554
ระดับปริญญาโท	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี พ.ศ. 2556
ประวัติการทำงาน	ฝ่ายวิจัยและพัฒนา บริษัท แอมอีซีเวย์ อินเทลลิเจนเทคโนโลยี จำกัด พ.ศ. 2554-2555
ผลงานที่ได้รับการตีพิมพ์	Yeeton, R., Mungkung, N. and Kasayapanand N., 2013, “Experimental Design of 2-Axis Solar Tracking System”, The Japan-Thailand-Lao P.D.R. joint friendship international conference on applied and mechanical engineering 2013. (JTL-AEME 2013),, August 31-September 1, Twin Tower Hotel, pp.275-278