

ชุดสาธิตการทำงานของระบบติดตามแสงดวงอาทิตย์
SOLAR TRACKING SYSTEM DEMONSTRATION SET



นายคุณรัช มโนรมณ์ รหัส 54363637
นายสุวรรณ ปานเงิน รหัส 54364344

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ..... 20 ก.ค. 2557
เลขทะเบียน..... 16919779
เลขเรียกหนังสือ..... ปร,
มหาวิทยาลัยนเรศวร ๑๑๓

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีการศึกษา 2557



ใบรับรองปริญญาโท

ชื่อหัวข้อโครงการ ชุคสาริการทำงานของระบบคิดตามแสงดวงอาทิตย์
ผู้ดำเนินโครงการ นายคมชัช มโนรมณ์ รหัส 54363637
นายสุวรรณ ปานเงิน รหัส 54364344
ที่ปรึกษาโครงการ ดร. สราวุฒิ วัฒนวงค์พิทักษ์
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา 2557

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม อนุมัติให้ปริญญาโทฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาคตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

.....ที่ปรึกษาโครงการ
(ดร. สราวุฒิ วัฒนวงค์พิทักษ์)

.....กรรมการ
(ดร. มุขิตา สงฆ์จันทร์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นิพัทธ์ จันทรมินทร์)

ชื่อหัวข้อโครงการ	ชุดสาธิตการทำงานของระบบติดตามแสงดวงอาทิตย์	
ผู้ดำเนินโครงการ	นายคุณรัช มโนรมณ์	รหัส 54363637
	นายสุวรรณ ปานเงิน	รหัส 54364344
ที่ปรึกษาโครงการ	ดร. สราวุฒิ วัฒนวงศ์พิทักษ์	
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า	
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์	
ปีการศึกษา	2557	

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้นำเสนอการพัฒนาาระบบติดตามแสงอาทิตย์เพื่อให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ตั้งฉากกับลำแสงจากดวงอาทิตย์ โดยระบบติดตามแสงอาทิตย์สามารถเคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์ได้สองแกนได้อย่างอัตโนมัติ โดยใช้ตัวต้านทานไวแสง (Light dependent resistor) เป็นตัวหาทิศทางของแสงอาทิตย์ที่มีค่าความเข้มแสงสูงสุดในแต่ละช่วงเวลา ส่วนประมวลผลและส่วนควบคุมการทำงานของระบบ โดยใช้ชุดวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino และในการทดสอบประสิทธิภาพของชุดสาธิตนี้ โดยการเปรียบเทียบกำลังเอาต์พุตที่ได้จากชุดสาธิตการทำงานของระบบติดตามแสงดวงอาทิตย์ (Solar tracking system demonstration set) กับกำลังเอาต์พุตที่ได้รับจากระบบติดตามดวงอาทิตย์โดยปรับแผงโซลาร์เซลล์ด้วยมือตามทฤษฎีการโคจรของดวงอาทิตย์และระบบที่มีการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์แบบอยู่กับที่ นอกจากนี้ ชุดสาธิตนี้ยังสามารถถูกนำไปเป็นเครื่องต้นแบบในการพัฒนาระบบติดตามดวงอาทิตย์ที่มีขนาดใหญ่ได้

Project title Solar Tracking System Demonstration Set

Name Mr. Khanathat Manorom ID. 54363637

 Mr. Suwan Pangern ID. 54364344

Project advisor Mr. Sarawut Wattanawongpitak, Ph.D.

Major Electrical Engineering

Department Electrical and Computer Engineering

Academic year 2014

.....

Abstract

This thesis presents a development of solar tracking system to obtain a position perpendicular to the sun beam. The solar tracking system can automatically track the sunlight with 2-axis. Light dependent resistor (LDR) is used for finding the direction's sunlight acquiring maximum sunlight's intensity in each period of time. An arduino microcontroller is applied for processing and controlling in the solar tracking system. To demonstrate its efficiency, the solar tracking system demonstration set is compared with a manual tracking system according to the theory of the sun's orbit and a fixed solar system. In addition, this demonstration set can be developed further to be a prototype for large solar tracking systems.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับเรื่องการทำงานของระบบติดตามแสงดวงอาทิตย์ ซึ่งจะไม่มีความสำเร็จไปได้ถ้าไม่ได้รับความช่วยเหลือจากบุคคลดังต่อไปนี้

ขอขอบพระคุณ ดร. สราวุฒิ วัฒนวงศ์พิทักษ์ อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ผู้เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการที่ได้ให้ความรู้ให้คำแนะนำและให้ความช่วยเหลือแก่คณะผู้จัดทำเป็นอย่างดียิ่งตลอดมา

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยนเรศวรทุกท่านที่ได้ให้ความรู้และให้คำสั่งสอนจนคณะผู้จัดทำมีความรู้ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการจัดทำโครงการในครั้งนี้

และที่สำคัญที่สุดขอขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ได้เลี้ยงดูและอบรมสั่งสอนแก่คณะผู้จัดทำจนทำให้คณะผู้จัดทำทุกคนมีวันนี้ได้ ซึ่งเป็นพระคุณอันหาที่เปรียบไม่ได้

ทำนี่ยังคณะผู้จัดทำใคร่ขอขอบพระคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวนามมา ณ ที่นี้ ที่มีส่วนร่วมในการให้ข้อมูล เป็นที่ปรึกษาในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ คณะผู้จัดทำจึงขอขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้

นายคณธัช มโนรมณ์

นายสุวรรณ ปานเงิน

สารบัญ

	หน้า
ใบรับรองปริญญาโท	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ซ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของ โครงการงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์ของ โครงการงาน	1
1.3 ขอบเขตของ โครงการงาน	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการงาน	3
1.6 งบประมาณ	3
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 การ โจรของควงอาทิตย์	4
2.2 เซลล์แสงอาทิตย์	5
2.3 ตัวต้านทานไวแสง	7
2.4 ชุดวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์	10
2.5 ชุดวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์สตีปีจิ่ง	10
2.6 ชุดวงจรตัวแปลงไฟกระแสตรง	11
2.7 แหล่งจ่ายไฟกระแสตรง	12
2.8 มอเตอร์สตีปีจิ่ง	12
2.9 เครื่องควบคุมการอัดประจุ	14
2.10 แบตเตอรี่ 12 โวลต์ 5.4 แอมป์ชั่วโมง	16

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 การออกแบบสร้างชุดสาธิตการทำงานของระบบติดตามแสงดวงอาทิตย์.....	17
3.1 การออกแบบโครงสร้างทางกล.....	18
3.2 การออกแบบโครงสร้างทางไฟฟ้า.....	19
3.2.1 การติดตั้งตัวต้านทานไวแสง.....	19
3.2.2 ทดสอบชุดควบคุมของระบบติดตามแสงดวงอาทิตย์.....	21
3.2.3 การประกอบชุดสาธิตการทำงานของระบบติดตามแสงดวงอาทิตย์.....	21
บทที่ 4 ผลการทดลอง.....	25
4.1 ขั้นตอนการทดลอง.....	25
4.2 การเปรียบเทียบค่ากำลังเอาต์พุตจากการปรับตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์.....	26
4.3 ผลกระทบของมุมตกกระทบของแสงอาทิตย์กับระนาบแผงเซลล์แสงอาทิตย์.....	31
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ.....	34
5.1 สรุปการทดลอง.....	34
5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข.....	35
5.3 ข้อเสนอแนะในการพัฒนา.....	36
เอกสารอ้างอิง.....	37
ภาคผนวก ก รายละเอียดข้อมูลตัวจับมอดูเตอร์สเต็ปป์ TB6560.....	38
ภาคผนวก ข รายละเอียดข้อมูลของ ATmega328.....	42
ประวัติผู้ดำเนินโครงการ.....	49

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 การกระตุ้นแบบเต็มขั้น 1 เฟส	13
2.2 การกระตุ้นแบบเต็มขั้น 2 เฟส	13
2.3 การกระตุ้นแบบครึ่งขั้น 2 เฟส	14
3.1 ข้อดีและข้อเสียของการติดตั้งตัวต้านทานไวแสงแบบจากบังเงาและพีระมิด	20
4.1 ผลการทดลอง กรณีที่ 1 ตั้งให้แสงเซลล์แสงอาทิตย์หันหน้าไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ และทำมุมกับพื้นระนาบ 15 องศา	27
4.2 ผลการทดลอง กรณีที่ 2 มีการปรับระนาบของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้ตั้งฉากกับ ลำแสงจากดวงอาทิตย์โดยอาศัยทฤษฎีการโคจรของดวงอาทิตย์	28
4.3 ผลการทดลอง กรณีที่ 3 มีการปรับระนาบของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้ตั้งฉากกับ ลำแสงจากดวงอาทิตย์โดยใช้ชุดสาริตการทำงานจากระบบติดตามแสงดวงอาทิตย์	30
4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างมุมตกกระทบจากแสงอาทิตย์และแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ต่อกำลังไฟฟ้าเอาต์พุตที่เวลาเดียวกัน 12.30 น. วันที่ 12 พฤษภาคม 2558	32
ก.1 สำหรับการปรับตั้งค่าขั้น สามารถปรับตั้งให้เข้ากับตัวมอเตอร์สตีปปีง	40
ข.1 ขาการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino nano ATmega 328P	44

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 การโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์	5
2.2 การแปลงพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า	6
2.3 แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกเดี่ยวขนาด 5 วัตต์	6
2.4 ตัวอย่างตัวต้านทานไวแสง	8
2.5 โครงสร้างของตัวต้านทานไวแสง	8
2.6 กราฟแสดงความไวของตัวต้านทานไวแสงที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ	8
2.7 การใช้ตัวต้านทานไวแสงเป็นส่วนประกอบของวงจรมอเตอร์วัดแสงอย่างง่าย	9
2.8 วงจรแบ่งแรงดัน	9
2.9 ชุดวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino nano ATmega 328P สำเร็จรูป	10
2.10 ชุดวงจรขับมอเตอร์สเต็ปป์	11
2.11 ชุดวงจรตัวแปลงไฟกระแสตรง	11
2.12 แหล่งจ่ายไฟ 12 โวลต์ 5 แอมป์ 60 วัตต์	12
2.13 มอเตอร์สเต็ปป์ Sanyo Denki 103-775-0611	14
2.14 เครื่องควบคุมการอัดประจุรุ่น Stellar Solar 10 แอมป์	15
2.15 แบตเตอรี่ 12 โวลต์ 5.4 กระแสต่อชั่วโมง	16
3.1 ขั้นตอนการทำงานของระบบติดตามแสงดวงอาทิตย์	17
3.2 แสดงทิศทางการหมุนทั้ง 2 แกนเพื่อบังคับแผงเซลล์แสงอาทิตย์	18
3.3 โครงสร้างของชุดสาริตการทำงานจากระบบติดตามแสงดวงอาทิตย์	18
3.4 โครงสร้างของชุดสาริตการทำงานจากระบบติดตามแสงดวงอาทิตย์ด้านข้าง	19
3.5 การติดตั้งตัวต้านทานไวแสง การบังเงาของฉากกันและมุมรับแสง	19
3.6 การบังเงาของฉากกัน	20
3.7 การทดสอบชุดควบคุมของระบบติดตามแสงดวงอาทิตย์	21
3.8 การประกอบ โครงสร้างชุดสาริตการทำงานจากระบบติดตามแสงดวงอาทิตย์	22
3.9 การต่อระบบอัดประจุและโหลดเข้ากับแผงเซลล์แสงอาทิตย์	22
3.10 ชุดสาริตการทำงานจากระบบติดตามแสงดวงอาทิตย์	23
3.11 แผนผังการทำงานของระบบติดตามแสงดวงอาทิตย์	24

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.1 แนวขอบด้านข้างและมุมมองของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยอาศัยทฤษฎีการเคลื่อนของดวงอาทิตย์.....	26
4.2 การวัดและบันทึกค่ากำลังเอาต์พุต กรณีที่ 1 ตั้งให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์หันหน้าไป ทางทิศตะวันออกเฉียงใต้และทำมุมกับพื้นระนาบ 15 องศา.....	26
4.3 การวัดและบันทึกค่ากำลังเอาต์พุต กรณีที่ 2 โดยปรับระนาบของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ให้ตั้งฉากกับลำแสงจากดวงอาทิตย์ โดยอาศัยทฤษฎีการ โคจรของดวงอาทิตย์.....	28
4.4 การวัดและบันทึกค่ากำลังเอาต์พุต กรณีที่ 3 ปรับระนาบของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้ตั้ง ฉากกับลำแสงจากดวงอาทิตย์ โดยใช้ชุดสาริตการทำงานของระบบติดตามแสงดวงอาทิตย์.....	29
4.5 การเปรียบเทียบค่ากำลังเอาต์พุตของ กรณีที่ 1 ตั้งให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์หันหน้าไปทาง ทิศตะวันออกเฉียงใต้และทำมุมกับพื้นระนาบ 15 องศา กรณีที่ 2 มีการปรับระนาบของ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้ตั้งฉากกับลำแสงจากดวงอาทิตย์โดยอาศัยทฤษฎีการ โคจรของ ดวงอาทิตย์และกรณีที่ 3 มีการปรับระนาบของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้ตั้งฉากกับลำแสงจาก ดวงอาทิตย์โดยใช้ชุดสาริตการทำงานของระบบติดตามแสงดวงอาทิตย์.....	31
4.6 แสดงมุมการทดสอบค่ากำลังเอาต์พุต.....	32
4.7 แสดงค่ากำลังเอาต์พุตของการทดลองวัดค่าที่ตำแหน่งต่างๆ เวลา 12.30 น.....	33

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ

ในการแปลงพลังงานแสงอาทิตย์มาผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้าโดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar cell) เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุดนั้น จำเป็นต้องอาศัยระบบติดตามแสงดวงอาทิตย์ เพื่อเพิ่มพลังงานที่ได้รับจากดวงอาทิตย์ได้เต็มที่ตลอดทั้งวัน โดยตรง ซึ่งโดยทั่วไป ในการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้นจะติดตั้งเป็นแบบอยู่กับที่ จึงทำให้การรับพลังงานจากดวงอาทิตย์ได้ไม่ตลอดเวลาในช่วงที่มีแสงอาทิตย์ ดังนั้น โครงการนี้ได้ทำการศึกษาาระบบติดตามแสงอาทิตย์เพื่อให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถรับพลังงานจากดวงอาทิตย์ได้ตลอดเวลาในช่วงที่มีแสงอาทิตย์และได้รับพลังงานในปริมาณที่สูงขึ้น โดยสร้างชุดสาธิตระบบติดตามดวงอาทิตย์ขึ้นเพื่อเปรียบเทียบพลังงานที่ได้รับจากแสงอาทิตย์ระหว่างระบบติดตามดวงอาทิตย์กับระบบที่มีการติดตั้งแบบอยู่กับที่

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. สร้างชุดสาธิตการทำงานของระบบติดตามดวงอาทิตย์ที่สามารถแสดงปริมาณแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์
2. ทดสอบมอเตอร์สเต็ปปีง (Stepping motor) โดยใช้ชุดวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino nano ATmega 328P สำเร็จรูป
3. เปรียบเทียบปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ได้รับระหว่างแบบติดตั้งอยู่กับที่กับแบบติดตามดวงอาทิตย์

1.3 ขอบเขตของโครงการงาน

1. สร้างชุดสาธิตการทำงานจากระบบติดตามแสงดวงอาทิตย์
2. แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ขนาด 5 วัตต์ ชนิดผลึกเดี่ยว ขนาด 290 มิลลิเมตร × 205 มิลลิเมตร × 25 มิลลิเมตร
3. ใช้ตัวต้านทานไวแสงเป็นตัวรับรู้ตรวจวัดความเข้มของแสงดวงอาทิตย์
4. ใช้ชุดวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino nano ATmega 328P ในการควบคุมการทำงานของมอเตอร์สตีปิ้งในแนวแกน X และแกน Y

1.4 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน

รายละเอียด	พ.ศ. 2557					พ.ศ. 2558			
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.
1. ศึกษาค้นหาหาข้อมูลเกี่ยวกับการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์									
2. ออกแบบกลไกในการทำงานและวงจรควบคุมการทำงานของมอเตอร์แผงเซลล์แสงอาทิตย์									
3. จัดเตรียมวัสดุและอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในโครงการงาน									
4. เชื่อมต่ออุปกรณ์ทั้งหมดเข้าด้วยกัน									
5. ทดสอบการทำงานของระบบควบคุมและปรับปรุงแก้ไข									
6. วิเคราะห์และสรุปผล									

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการ

1. ได้ชุดสาริการทำงานจากระบบติดตามแสงดวงอาทิตย์
2. สามารถนำผลที่ได้จากการเปรียบเทียบระหว่างติดตั้งแบบอยู่กับที่กับแบบระบบติดตามแสงดวงอาทิตย์ ไปช่วยตัดสินใจในการเลือกใช้แนวทางปฏิบัติ

1.6 งบประมาณ

1. ค่าอุปกรณ์ทางไฟฟ้า	
1.1 แผงเซลล์แสงอาทิตย์	600 บาท
1.2 ตัวต้านทานไวแสง	80 บาท
1.3 ชุดวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino nano	700 บาท
1.4 ชุดวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์สเต็ปป์	500 บาท
1.5 ชุดวงจรตัวแปลงไฟกระแสตรง	120 บาท
1.6 แหล่งจ่ายไฟกระแสตรง 12 โวลต์ 5 แอมป์ 60 วัตต์	450 บาท
1.7 มอเตอร์สเต็ปป์	2,200 บาท
1.8 เครื่องควบคุมการอัดประจุ	400 บาท
1.9 แบตเตอรี่ 5.4 แอมป์ชั่วโมง, 12 โวลต์	300 บาท
2. ค่าอุปกรณ์ทางกล	
2.1 แผ่นอะคริลิกหนา 5 มิลลิเมตร	250 บาท
2.2 แกนเหล็กยึดโครงสร้าง	100 บาท
2.3 เฟืองโซ่	270 บาท
3. ค่าถ่ายเอกสารและเช่าเล่มปริญญาบัตร	500 บาท
รวมเป็นเงินทั้งสิ้น (หกพันสี่ร้อยเจ็ดสิบบาทถ้วน)	<u>6,470 บาท</u>

หมายเหตุ: ถัวเฉลี่ยทุกรายการ

บทที่ 2

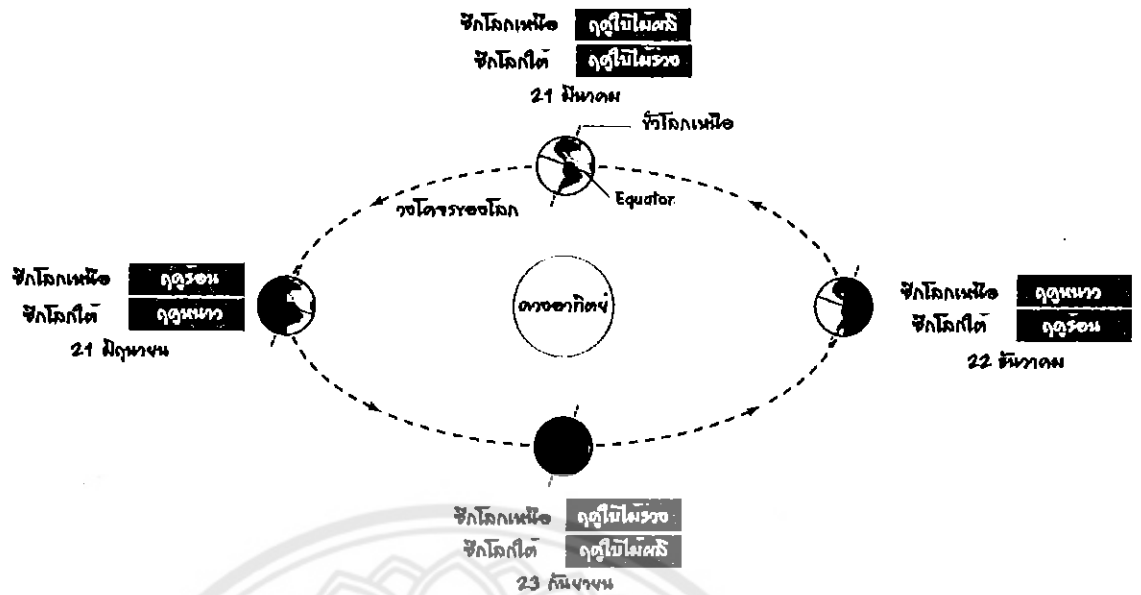
หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในการสร้างชุดสาธิตการทำงานจากระบบติดตามแสงดวงอาทิตย์ จำเป็นต้องศึกษาหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการสร้างชุดสาธิตการทำงานจากระบบติดตามแสงดวงอาทิตย์ ดังนี้

1. การโคจรของดวงอาทิตย์
2. แผงเซลล์แสงอาทิตย์
3. ตัวต้านทานไวแสง
4. ชุดวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์
5. ชุดวงจรขับมอเตอร์สเต็ปป์
6. ชุดวงจรตัวแปลงไฟกระแสตรง
7. แหล่งจ่ายไฟกระแสตรง
8. มอเตอร์สเต็ปป์
9. เครื่องควบคุมการอัดประจุ
10. แบตเตอรี่ 12 โวลต์ 5.4 แอมป์ชั่วโมง

2.1 การโคจรของดวงอาทิตย์

ดวงอาทิตย์เป็นดาวฤกษ์ที่สำคัญที่เป็นแหล่งให้แสงสว่างและพลังงาน อยู่ห่างจากโลกมากแต่ก็ให้โลกอบอุ่นได้ การเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตบนโลกขึ้นอยู่กับรังสีจากดวงอาทิตย์เป็นสำคัญแกนโลกเอียงทำมุม 23.30 องศาที่ระนาบวงโคจรของดวงอาทิตย์ทำให้สภาพอากาศมีการเปลี่ยนแปลงเกิดฤดูกาลที่เหมาะสมขึ้น ความร้อนทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของกระแสอากาศและของน้ำในมหาสมุทร ภูมิภาคอากาศจะแตกต่างกันไปตามส่วนต่างๆของโลก บริเวณที่ร้อนที่สุดของโลกได้แก่บริเวณที่อยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตร ซึ่งหันหน้าเข้าหาดวงอาทิตย์ทุกวัน แต่ในเวลากลางคืนอากาศจะเย็นลงเล็กน้อย ส่วนบริเวณที่หนาวที่สุดของโลกได้แก่ บริเวณที่อยู่รอบๆ ขั้วโลกเหนือและขั้วโลกใต้ ซึ่งไม่เคยรับแสงอาทิตย์โดยตรงแม้เป็นเวลาเที่ยงวันก็ตาม ดังนั้นบริเวณใกล้เส้นศูนย์สูตรจึงเป็นเขตที่มีภูมิอากาศร้อนและมีฝนตกชุก ในแต่ละวันจะมีอากาศร้อนและความกดอากาศโดยทั่วไปต่ำ ความร้อนจากแสงแดดทำให้น้ำระเหยอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดเมฆและมีฝนตกในตอนบ่ายส่วนบริเวณที่อยู่ห่างจากเส้นศูนย์สูตรทั้งเหนือและใต้จะมีอากาศร้อนดังรูปที่ 2.1

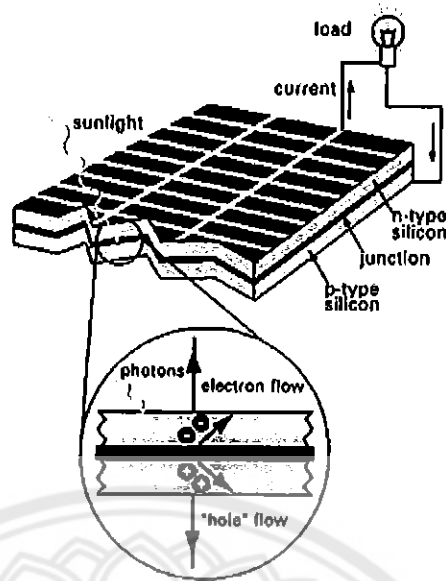


รูปที่ 2.1 การ โคจรของ โลกรอบดวงอาทิตย์ [1]

เนื่องจากแกนของโลกเอียง 23.30 องศา จากเส้นตั้งกับระนาบการโคจร และการเอียงจะชี้เป็นทางเดียวกันเสมอ จะทำให้ภาพที่ปรากฏบนท้องฟ้า ณ ตำแหน่งหนึ่งเปลี่ยนไปอย่างต่อเนื่องตลอดปีและจะกลับมาเหมือนเดิมอีกครั้งเมื่อโลกกลับมาถึงตำแหน่งเดิมในวงโคจรสำหรับปรากฏการณ์ดวงอาทิตย์เที่ยงวัน ในวันที่ 22 ธันวาคม แสงอาทิตย์จะส่องแสงตั้งฉากที่เส้นทรอปิกออฟแคปริคอร์น หรือ 23.30 องศาใต้ หรือ วันเริ่มต้นฤดูหนาวในซีกโลกเหนือ หรือ วันเริ่มต้นฤดูร้อนในซีกโลกใต้สำหรับประเทศไทยจะสังเกตเห็นดวงอาทิตย์ขึ้นทางทิศตะวันออกเฉียงใต้และตกทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ [1]

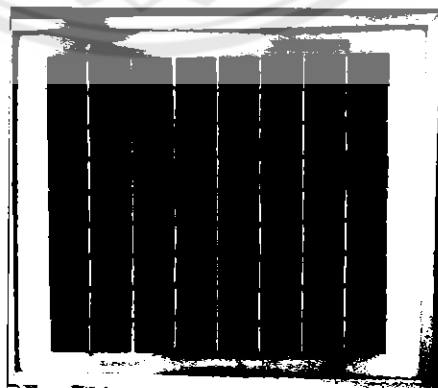
2.2 เซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell) เป็นอุปกรณ์ที่สามารถเปลี่ยนพลังงานจากแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า ถูกสร้างขึ้นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1954 โดยแชปปีน (Chapin) ฟูลเลอร์ (Fuller) และเพียร์สัน (Pearson) ซึ่งได้ค้นพบเทคโนโลยีการสร้างรอยต่อ P-N ของผลึกซิลิคอนจนได้เซลล์แสงอาทิตย์ขึ้นมาเป็นครั้งแรกในโลก มีประสิทธิภาพเพียง 6 เปอร์เซ็นต์ ต่อมามีการวิจัยและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพสูงกว่า 15 เปอร์เซ็นต์ โดยในระยะเริ่มต้น ได้นำเซลล์แสงอาทิตย์ไปใช้งานในการผลิตพลังงานไฟฟ้าทางด้านอวกาศดาวเทียมระบบสื่อสารต่างๆ จนในปัจจุบันมีการผลิตใช้งานอย่างแพร่หลายเนื่องจากความต้องการการผลิตไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยีสะอาดที่เพิ่มสูงขึ้นและการพัฒนาเทคโนโลยีส่งผลให้เซลล์แสงอาทิตย์มีราคาถูกลงและประสิทธิภาพสูงขึ้น



รูปที่ 2.2 การแปลงพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า [2]

เซลล์แสงอาทิตย์ทำจากซิลิคอนซึ่งเป็นวัสดุเช่นเดียวกับทรานซิสเตอร์และวงจรรวม (Integrated circuit: IC) ดังรูปที่ 2.2 โดยผลึกซิลิคอนจะถูกทำให้ไม่บริสุทธิ์ (Dope) โดยการเติมธาตุในกลุ่ม 3 และ 5 ของตารางธาตุ ซึ่งจะได้ผลึกซิลิคอนสารกึ่งตัวนำชนิดพีและชนิดเอ็นตามลำดับที่มีคุณสมบัติทางไฟฟ้าต่างกัน เมื่อนำมาต่อเชื่อมกันด้วยกรรมวิธีการแพร่สารระหว่างผลึกทำให้ระหว่างรอยต่อมีสถานะที่เป็นกลาง (Depletion region) ผลึกซิลิคอนจะวางซ้อนกันเป็นชั้นบาง (Layer) เมื่อมีแสงซึ่งมีอนุภาคโฟตอน (Photon) มาตกกระทบแผ่นชั้นซิลิคอน เนื่องจากความไม่สมดุลของประจุระหว่างชั้นเซลล์ ถ้ามีการต่อเชื่อมขั้วไฟฟ้าออกไปก็จะเกิดความต่างศักย์ไฟฟ้าขึ้นที่ขั้วไฟฟ้านั้น เมื่อนำมาต่อเชื่อมกันเป็นวงจรไฟฟ้าก็จะเกิดการถ่ายเทอิเล็กตรอนระหว่างขั้วเกิดมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านวงจรทำให้เกิดพลังงานไฟฟ้าขึ้นมาได้ [2]



รูปที่ 2.3 แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกเดี่ยวขนาด 5 วัตต์

จากรูปที่ 2.3 แสดงแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกเดี่ยว (Mono crystalline) ซึ่งชนิดนี้จะให้ประสิทธิภาพการผลิตกระแสไฟฟ้าต่อพื้นที่สูงถึง 15 เปอร์เซ็นต์ แผ่นเซลล์จะมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาดและรูปร่างของเซลล์จะขึ้นอยู่กับบริษัทผู้ผลิต

รายละเอียดและคุณลักษณะของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 5 วัตต์

1. เซลล์เชื่อมต่อกันทั้งหมด 36 เซลล์
2. กำลังไฟฟ้าสูงสุด 5 วัตต์ (W_p)
3. ขนาดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 290 มิลลิเมตร \times 205 มิลลิเมตร \times 25 มิลลิเมตร
4. น้ำหนักของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ประมาณ 0.9 กิโลกรัม
5. ช่วงระยะแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิด 21.00 ± 0.50 โวลต์ (V_{oc})
6. ช่วงระยะแรงดันไฟฟ้าที่เหมาะสม 18.00 ± 0.50 โวลต์ (V_m)
7. ช่วงระยะกระแสไฟฟ้า 0.33 ± 0.50 แอมป์ (I_{sc})
8. ช่วงระยะกระแสที่เหมาะสม 0.29 ± 0.50 แอมป์ (I_m)

สัมประสิทธิ์อุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 5 วัตต์

1. อุณหภูมิช่วงระยะกระแสไฟฟ้า $+0.08$ เปอร์เซ็นต์ต่อเคลวิน (I_{sc})
2. อุณหภูมิช่วงระยะแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิด $+0.35$ เปอร์เซ็นต์ต่อเคลวิน (V_{oc})
3. อุณหภูมิช่วงระยะกำลังไฟฟ้าสูง $+0.50$ เปอร์เซ็นต์ต่อเคลวิน (W_p)

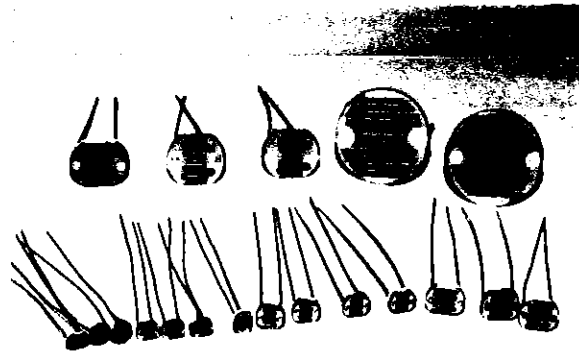
ข้อจำกัดสูงสุดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 5 วัตต์

1. เกี่ยวกับอุณหภูมิ -40 to $+85$ องศาเซลเซียส
2. อุณหภูมิในการเก็บแผงเซลล์แสงอาทิตย์ -40 to $+85$ องศาเซลเซียส

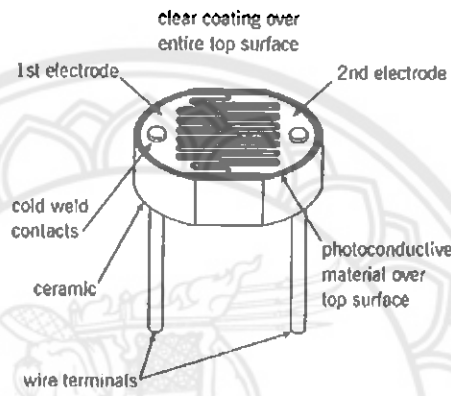
สภาพผ่านการทดสอบมาตรฐานการฉายรังสี 1,000 ต่อวัตต์ต่อตารางเมตร อุณหภูมิของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 25 องศาเซลเซียส

2.3 ตัวต้านทานไวแสง

ตัวต้านทานไวแสง (Light independent resistor) หรือเรียกสั้นๆว่า แอลดีอาร์ (LDR) แสดงดังรูปที่ 2.4 ตัวต้านทานไวแสงทำมาจากสารแคดเมียมซัลไฟด์ (Cds) หรือแคดเมียมซีลีไนด์ (Cdse) ซึ่งเป็นสารประกอบชนิดกึ่งตัวนำมาฉาบบนแผ่นเซรามิกที่ใช้เป็นฐานรองแล้วต่อขาจากสารที่ฉาบเอาไว้ ออกมาดังรูปที่ 2.5



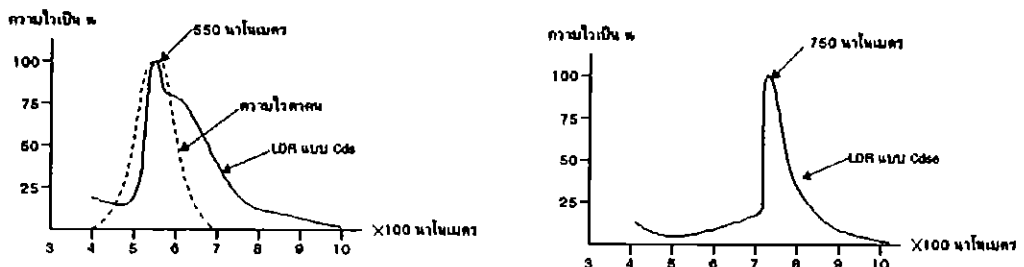
รูปที่ 2.4 ตัวอย่างตัวต้านทานไวแสง [3]



รูปที่ 2.5 โครงสร้างของตัวต้านทานไวแสง [3]

2.3.1 คุณสมบัติทางแสง

ตัวต้านทานไวแสงไวต่อแสงในช่วงคลื่น 400-1000 นาโนเมตร (1 นาโนเมตร เท่ากับ 10^{-9} เมตร) ซึ่งครอบคลุมช่วงคลื่นที่ไวต่อตาคคน (400-700 นาโนเมตร) นั่นคือตัวต้านทานไวแสงไวต่อแสงอาทิตย์ และแสงจากหลอดไส้หรือหลอดเรืองแสง และยังไวต่อแสงอินฟราเรดที่ตามองไม่เห็นอีกด้วย (ช่วงคลื่นตั้งแต่ 700 นาโนเมตรขึ้นไป) ดังรูปที่ 2.6 ตัวต้านทานไวแสงชนิด Cds และ Cdse มีความไวต่อความยาวคลื่นที่แตกต่างกัน



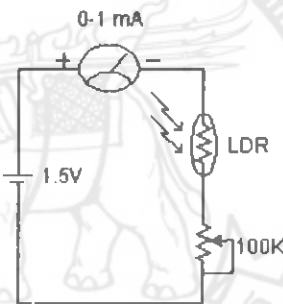
รูปที่ 2.6 กราฟแสดงความไวของตัวต้านทานไวแสงที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ [3]

2.3.2 คุณสมบัติทางไฟฟ้า

อัตราส่วนของความต้านทานไวแสงขณะที่ไม่มีแสงกับในขณะที่มีแสงอาจมีค่าต่างกัน 100, 1,000, 10,000 เท่า แล้วแต่แบบหรือรุ่น ความต้านทานกำลังไฟฟ้าในขณะที่ไม่มีแสงจะอยู่ในช่วงตั้งแต่ 0.5 มิลลิวัตต์ ขึ้นไป และความต้านทานขณะที่มีแสงจะอยู่ในช่วงตั้งแต่ 10 กิโลวัตต์ ลงมาจนแรงดันสูงสุดได้มากกว่า 100 โวลต์ และทนกำลังไฟได้ประมาณ 50 มิลลิวัตต์

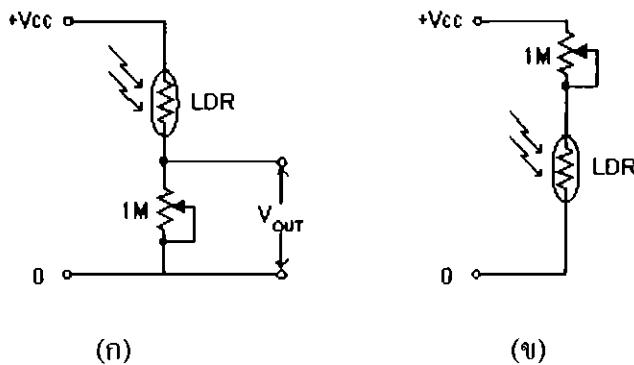
2.3.3 การนำตัวต้านทานไวแสงไปใช้งาน

จากหลักการที่ว่าเมื่อมีแสงสว่างมาตกที่ตัวต้านทานไวแสงกระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทานไวแสงจะสูง เนื่องจากมีความต้านทานต่ำ และเมื่อไม่มีแสงความต้านทานของตัวต้านทานไวแสงมีค่าสูง ทำให้กระแสไหลได้น้อย จึงอาจนำตัวต้านทานไวแสงไปเป็นส่วนประกอบของเครื่องวัดความเข้มแสงได้ ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 การใช้ตัวต้านทานไวแสงเป็นส่วนประกอบของวงจรมิเตอร์วัดแสงอย่างง่าย [3]

นอกจากนี้ยังสามารถใช้ตัวต้านทานไวแสงในวงจรควบคุมด้วยแสงได้โดยใช้ตัวต้านทานไวแสงและความต้านทานปรับค่าได้ 1 มิลลิวัตต์ เป็นวงจรแบ่งแรงดันตามรูปที่ 2.8(ก) ซึ่งแรงดันเอาต์พุต (V_{out}) จะมีใกล้เคียงกับแรงดันที่ป้อน (V_{cc}) เมื่อมีแสงมาตกกระทบและจะมีค่าน้อยเมื่อไม่มีแสงมาตกกระทบ ส่วนรูปที่ 2.8(ข) เป็นแบบตรงกันข้าม คือ เมื่อมีแสงมาตกกระทบ จะได้แรงดันเอาต์พุตที่มีค่าต่ำ และจะมีค่าสูงเมื่อไม่มีแสงมาตกกระทบ [3]

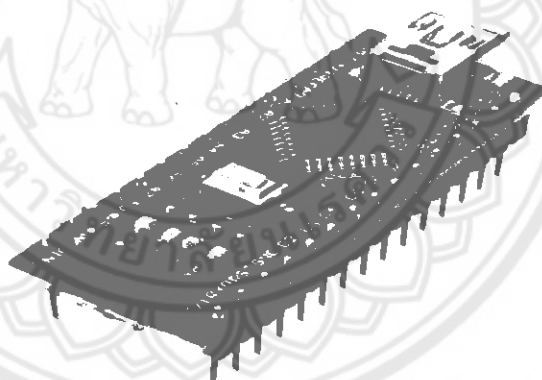


รูปที่ 2.8 วงจรแบ่งแรงดัน [3]

2.4 ชุดวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

ชุดวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino nano ATmega 328P คือแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์สำเร็จรูป ที่รวมเอาตัวไมโครคอนโทรลเลอร์และอุปกรณ์อื่นๆที่จำเป็น มาในแผงวงจรเดียว ทำให้ผู้ใช้สามารถนำไปพัฒนาต่อได้ง่าย สามารถใช้งานแผงวงจร Arduino กับคอมพิวเตอร์ได้ โดยที่ไม่ต้องสร้างวงจรที่ซับซ้อนหรือการติดตั้งโปรแกรมที่ยุ่งยาก โดยทาง Arduino และบริษัทที่เกี่ยวข้อง ได้ผลิตแผงวงจรสำเร็จรูปออกมาหลายรุ่น หลายขนาด โดยแต่ละรุ่นมีข้อดีแตกต่างกันออกไป

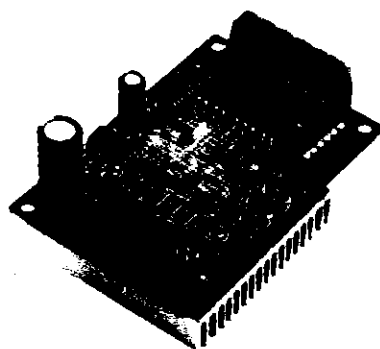
ในโครงงานนี้ได้เลือกใช้ Arduino nano ซึ่งเป็นรุ่นที่มีขนาดเล็ก เหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการเริ่มต้นเขียนโปรแกรมบนไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อศึกษาหรือเพื่อนำมาประยุกต์ใช้สร้างงานต่างๆ ได้ โดยแผงวงจร Arduino nano มีขนาดเพียง 1.8 เซนติเมตร \times 4.8 เซนติเมตร ซึ่งถือว่าขนาดเล็กมาก เมื่อเทียบกับแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์อื่น บนแผงวงจร Arduino nano นั้นมีวงจรสำหรับปรับแรงดันไฟฟ้าให้เหมาะสมกับตัวมันเอง ด้วยการเสียบสาย USB เข้ากับ Arduino nano และต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ แผงวงจรจะพร้อมใช้งานได้ทันที [4] ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 ชุดวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino nano ATmega 328P สำเร็จรูป [4]

2.5 ชุดวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์สเต็ปป์

ชุดวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์สเต็ปป์ใช้ในการขับเคลื่อนมอเตอร์สเต็ปป์ แผงวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์สเต็ปป์ด้วยไอซีหมายเลข TB6560 ซึ่งสามารถขับเคลื่อนกระแสได้สูงถึง 3 แอมป์ ทำงานกับแหล่งจ่ายไฟตั้งแต่ 10 ถึง 35 โวลต์ ควบคุมความเร็วได้สูงสุด 1/16 ชั้น [5] ดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 ชุดวงจรขับมอเตอร์สเต็ปป์

ที่มา: <http://www.circuitshops.com/index.php?lite=article&qid=42201606>

2.6 ชุดวงจรแปลงไฟกระแสตรง

วงจรแปลงไฟกระแสตรงใช้สำหรับลดแรงดันไฟฟ้า โดยสามารถรับแรงดันไฟฟ้าตั้งแต่ 4 โวลต์ ถึง 40 โวลต์ เลือกปรับลดได้ตั้งแต่ 1.5 โวลต์ ถึง 35 โวลต์ กระแสใช้งานปกติ 2 แอมป์ โดยใช้หลักการสวิตซิง ควบคุมด้วยไอซีหมายเลข LM2596S ดังรูปที่ 2.11 สามารถตั้งค่าแรงดันไฟฟ้าขาออกตามต้องการได้ ด้วยการปรับค่า R-Trim port หลังจากตั้งค่าแล้ววงจรจะทำการปรับแรงดันไฟฟ้าเอาท์พุทให้คงที่อัตโนมัติแม้แรงดันอินพุทจะเปลี่ยนแปลงก็ตาม และไม่สามารถเพิ่มแรงดันไฟฟ้าให้สูงกว่าแหล่งจ่ายได้ [6]

คุณสมบัติของตัวแปลงไฟกระแสตรง LM2596S [4-40 โวลต์] 2 แอมป์ 20 วัตต์

แรงดันไฟฟ้าอินพุท 4 โวลต์ ถึง 40 โวลต์

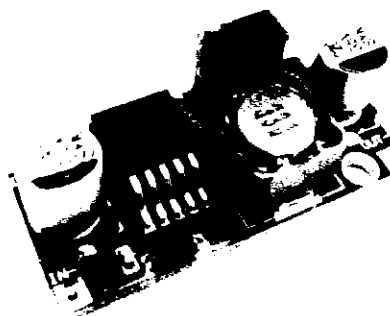
แรงดันไฟฟ้าเอาท์พุท 1.5 โวลต์ ถึง 35 โวลต์

พิกัดกระแสเอาท์พุท 2 แอมป์

กำลังไฟฟ้าเอาท์พุท 20 วัตต์

กระแสเอาท์พุทสูงสุด 3 แอมป์

ขนาด 20 มิลลิเมตร × 40 มิลลิเมตร × 15 มิลลิเมตร

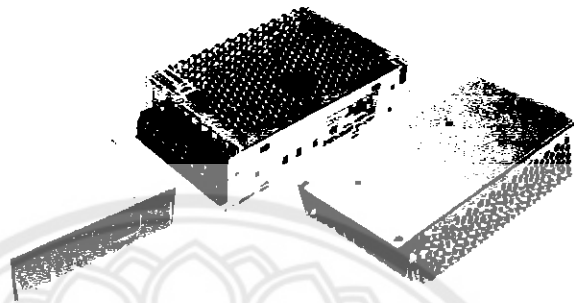


รูปที่ 2.11 ชุดวงจรแปลงไฟกระแสตรง

ที่มา: <http://www.thaiconverter.com/product/2/dc-step-down-lm2596s>

2.7 แหล่งจ่ายไฟกระแสตรง

จากรูปที่ 2.12 แหล่งจ่ายไฟกระแสตรงทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟฟ้าขนาด 100 ถึง 240 โวลต์ เป็น 12 โวลต์ เพื่อจ่ายให้กับแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ไปขับมอเตอร์โดยมีคุณลักษณะ [7] ดังนี้



รูปที่ 2.12 แหล่งจ่ายไฟ 12 โวลต์ 5 แอมป์ 60 วัตต์ [7]

แรงดันไฟฟ้าขาเข้า	100-240 โวลต์
แรงดันไฟฟ้าขาออก	12 โวลต์
กระแสไฟฟ้าขาออก	0-5 แอมป์ 60 วัตต์
วัสดุ	อลูมิเนียม
อุณหภูมิการใช้งาน	0-40 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิในการเก็บ	-20-60 องศาเซลเซียส

2.8 มอเตอร์สเต็ปป์

มอเตอร์สเต็ปป์ (Stepping motor) เป็นมอเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับใช้ในงานควบคุมการหมุน ที่ต้องการตำแหน่งและทิศทางที่แน่นอน โดยการทำงานของมอเตอร์สเต็ปป์จะขับเคลื่อนทีละขั้น ขั้นละ 0.9 1.8 5 7.5 15 หรือ 50 องศา ซึ่งขึ้นอยู่กับคุณสมบัติแต่ละชนิดของมอเตอร์สเต็ปป์ตัวนั้นๆ มอเตอร์สเต็ปป์จะแตกต่างจากมอเตอร์กระแสตรง (DC motor) ทั่วไป โดยการทำงานของมอเตอร์กระแสตรงจะหมุนไปแบบต่อเนื่อง ไม่สามารถหมุนเป็นแบบขั้น ได้ดังนั้นในการนำไปกำหนดตำแหน่งจึงควบคุมได้ยากกว่า แต่ในส่วนใหญ่เราจะใช้มอเตอร์สเต็ปป์มาทำการควบคุมโดยใช้วิธีในระบบดิจิทัล เช่น เครื่องพิมพ์ (Printer) พล็อตเตอร์ (X-Y Plotter)

2.8.1 ข้อดีของมอเตอร์สแต็ปปีงเมื่อเปรียบเทียบกับมอเตอร์กระแสตรง

- การควบคุม ไม่ต้องอาศัยตัวตรวจจับการหมุน
- ไม่ต้องใช้แปรงถ่าน ดังนั้นจึงทำให้ไม่มีส่วนที่จะต้องสึกหรอ และปัญหาของการสปาร์กที่เกิดจากหน้าสัมผัสของแปรงถ่านแหวนตัวนำในโรเตอร์ที่ทำให้เกิดสัญญาณรบกวน
- การควบคุมโดยทางวงจรดิจิทัลหรือไมโครโปรเซสเซอร์ ทำได้ง่ายและสะดวกในการควบคุมมอเตอร์สแต็ปปีงเพื่อที่จะให้ทำการหมุน วิธีการควบคุมกระแสไฟที่จ่ายให้กับขดลวดสเตเตอร์ (Stator) ในแต่ละเฟสของมอเตอร์สแต็ปปีง อย่างเป็นลำดับที่แน่นอน ถ้าต้องการให้กระแสไหลในเฟสใดๆ ก็จะทำให้สถานะของเฟสนั้นๆ เป็นสถานะลอจิก "1" และในการกระตุ้นเฟสของมอเตอร์สแต็ปปีงมีอยู่ด้วยกัน 2 แบบคือแสดงดังรูปที่ 2.13

1. การกระตุ้นเฟสแบบเต็มขั้นมอเตอร์สามารถแบ่งการกระตุ้นเฟสออกได้ 2 วิธี ดังนี้

1.1 การกระตุ้นเฟสแบบเต็มขั้น 1 เฟส หรือแบบเวฟ แสดงดังตารางที่ 2.1 จะเป็นการป้อนกระแสไฟให้กับขดลวด ของมอเตอร์สแต็ปปีงทีละขด โดยจะป้อนกระแสเรียงตามลำดับกันไป ดังนั้นกระแส ที่ไหลในขดลวด จะทำการไหลในทิศทางเดียวกันทุกขด ลักษณะเช่นนี้จึงทำให้แรงขับของมอเตอร์สแต็ปปีงมีน้อย

ตารางที่ 2.1 การกระตุ้นแบบเต็มขั้น 1 เฟส [8]

ขั้นที่	เฟสที่ 1	เฟสที่ 2	เฟสที่ 3	เฟสที่ 4
1	1	0	0	0
2	0	1	0	0
3	0	0	1	0
4	0	0	0	1

1.2 การกระตุ้นเฟสแบบเต็มขั้น 2 เฟส แสดงดังตารางที่ 2.2 เป็นการป้อนกระแสให้กับขดลวด 2 ขด ของมอเตอร์สแต็ปปีงพร้อมๆกัน ไป และจะกระตุ้นเรียงถัดกันไปเช่นเดียวกับแบบหนึ่งเฟส ดังนั้นการกระตุ้นแบบนี้จึงต้องใช้กำลังไฟมากขึ้น และจะทำให้มีแรงบิดของมอเตอร์มากกว่าการกระตุ้นแบบ 1 เฟส

ตารางที่ 2.2 การกระตุ้นแบบเต็มขั้น 2 เฟส [8]

ขั้นที่	เฟสที่ 1	เฟสที่ 2	เฟสที่ 3	เฟสที่ 4
1	1	1	0	0
2	0	1	1	0
3	0	0	1	1
4	1	0	0	1

2. การกระตุ้นเฟสแบบครึ่งขั้น คือการกระตุ้นเฟสแบบเต็มขั้น 1 เฟส และ 2 เฟส เรียงลำดับกันไป แสดงดังตารางที่ 2.3 แรงแบบที่ได้จากการกระตุ้นเฟสแบบนี้จะมีเพิ่มมากขึ้น เพราะช่วงของขั้นมีระยะสั้นลง ในการกระตุ้นแบบนี้ เราจะต้องมีการกระตุ้นที่เฟสถึง 2 ครั้ง จึงจะได้ระยะของขั้นเท่ากับการกระตุ้น เพียงครั้งเดียว ของแบบเต็มขั้น 2 แบบแรก ความละเอียดของการหมุน ตำแหน่งองศาต่อขั้น เป็นสองเท่าของแบบแรก ความถูกต้องของตำแหน่งที่กำหนดจึงมีมากขึ้น [8]

ตารางที่ 2.3 การกระตุ้นแบบครึ่งขั้น 2 เฟส [8]

ขั้นที่	เฟสที่ 1	เฟสที่ 2	เฟสที่ 3	เฟสที่ 4
1	1	0	0	0
2	1	1	0	0
3	0	1	0	0
4	0	1	1	0
5	0	0	1	0
6	0	0	1	1
7	0	0	0	1
8	1	0	0	1

ในโครงการนี้เลือกใช้มอเตอร์สเต็ปยี่ห้อ Sanyo Denki 103-775-0611 8 องศาต่อขั้น
 ดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 มอเตอร์สเต็ปยี่ห้อ Sanyo Denki 103-775-0611

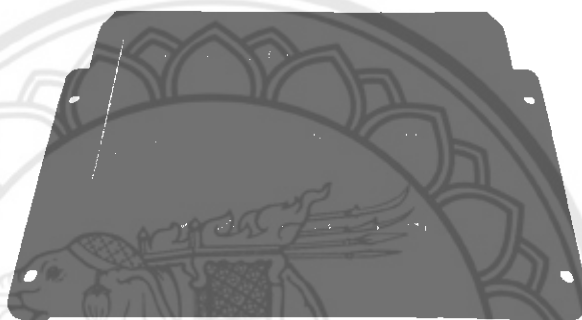
ที่มา: <http://www.sportslinkup.com/shop/0-Stepping-motor-30-bin.html>

2.9 เครื่องควบคุมการอัดประจุ

เครื่องควบคุมการอัดประจุ (Solar charger) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ประจุไฟฟ้าที่ได้รับจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาประจุให้กับแบตเตอรี่ ซึ่งการประจุนี้นี้ต้องไม่ให้มีการประจุมากเกินไป ซึ่งมีผลทำให้แบตเตอรี่ร้อนจัด ทำให้เสื่อมสภาพเร็วและเมื่อแบตเตอรี่มีประจุเต็มแล้วต้องตัดการอัดประจุทันทีที่กระแสไฟฟ้าที่อัดประจุแบตเตอรี่เป็น ไฟฟ้ากระแสตรงที่มีรูปสัญญาณเป็นและมี

แรงเคลื่อนไฟฟ้าสูงกว่าแบตเตอรี่ประมาณ 15 ถึง 20 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากมีค่าตัวแปรที่มาจากเกี่ยวข้องกับ ในกระบวนการอัดประจุแบตเตอรี่ได้แก่อุณหภูมิของแบตเตอรี่ความไม่คงที่ของกระแสไฟฟ้าจาก แหล่งจ่ายที่ป้อนให้โดยเฉพาะจากแหล่งพลังงานทดแทน เช่น จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จากกังหัน ลมหรือจากแหล่งพลังงานทดแทนอื่นๆ จึงต้องใช้อุปกรณ์ประมวลผลไมโครคอนโทรลเลอร์ มาทำ การประมวลผลและควบคุมการทำงานวงจรอัดประจุประจุและใช้วงจรพีดับเบิลยูเอ็ม (PWM) มา สร้างรูปสัญญาณไฟฟ้าเพื่อให้การประจุแบตเตอรี่ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด [9]

ในโครงการนี้ใช้เครื่องควบคุมการอัดประจुरूน Stellar Solar 10 แอมป์ แสดงดังรูปที่ 2.14 ออกแบบให้ใช้กับแบตเตอรี่ 12 โวลต์ พิกัดสูงสุด 10 แอมป์ และจ่ายกำลังไฟฟ้าสูงสุด 40 วัตต์



รูปที่ 2.14 เครื่องควบคุมการอัดประจुरूน Stellar Solar 10 แอมป์

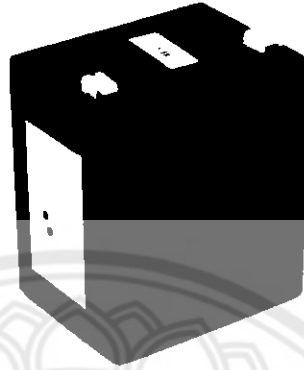
ที่มา: <http://www.outdoorbits.com/stellar-solar-10a-regulator-p-2474.html>

คุณลักษณะของเครื่องควบคุมการอัดประจุ

1. เครื่องควบคุมการอัดประจุควบคุมการทำงานด้วยระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ ประสิทธิภาพสูง
2. โหมดการทำงานหลากหลาย การควบคุมหลอดไฟให้ทำงานเวลากลางคืน การตั้งเวลา และการทำงานแบบปกติ
3. ป้องกันโหลดเกินและการลัดวงจร
4. ควบคุมประสิทธิภาพการอัดประจุด้วยหลักการพีดับเบิลยูเอ็ม
5. เครื่องควบคุมการอัดประจुरूนตัวแสดงผล 7 ส่วน แสดงสถานะการทำงาน
6. ฟังก์ชันชดเชยอุณหภูมิ
7. ช่วงอุณหภูมิการทำงานกว้าง ระหว่าง -35 องศาเซลเซียส ถึง 50 องศาเซลเซียส

2.10 แบตเตอรี่ 12 โวลต์ 5.4 แอมป์ชั่วโมง

ในโครงการนี้ใช้แบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ 5.4 แอมป์ชั่วโมงเพื่อเก็บประจุไฟฟ้าที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ แสดงดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 แบตเตอรี่ 12 โวลต์ 5.4 แอมป์ชั่วโมง

ที่มา: <http://www.priceza.com/Etech-Batt.-9.0ah,-12v>

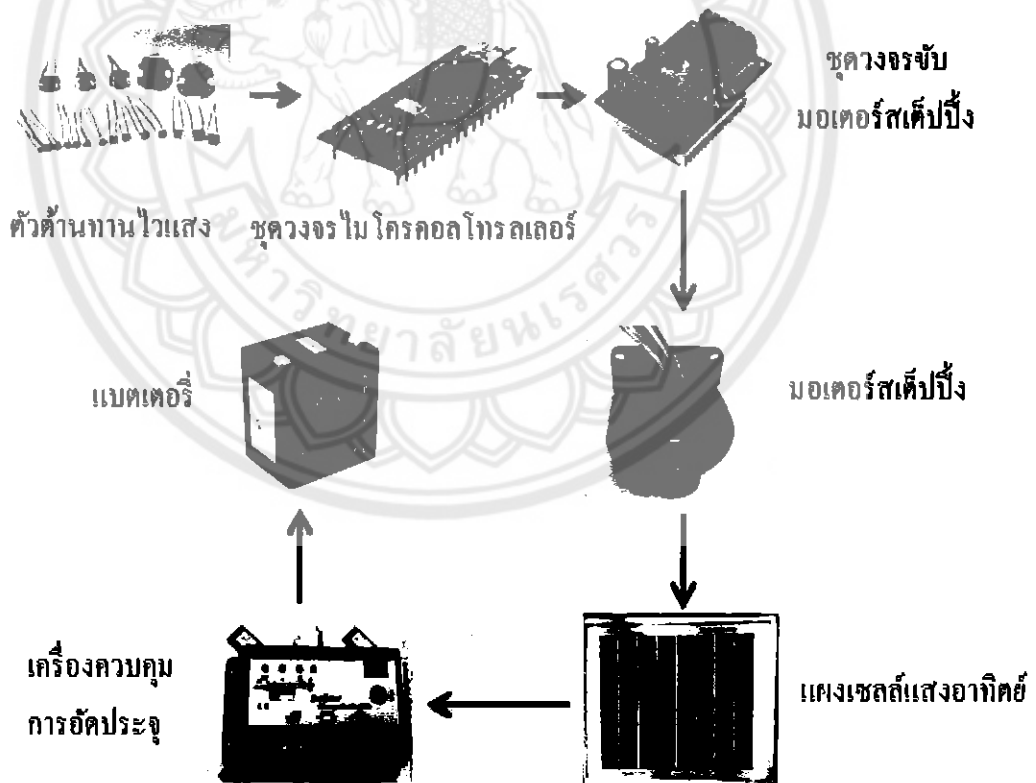
แบตเตอรี่ที่ใช้ในระบบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อใช้จัดเก็บพลังงานไฟฟ้ามีการพัฒนาให้มีความเหมาะสมในการใช้งาน โดยจะออกแบบให้สามารถจัดเก็บประจุได้มากๆ และจ่ายกระแสไฟฟ้าได้นานๆ ยิ่งขึ้นที่เรียกว่าเป็นแบบคายประจุต่อเนื่อง โดยการออกแบบให้แผ่นธาตุตะกั่วมีความหนาเป็นพิเศษเป็นผลทำให้ค่าความต้านทานภายในสูงสามารถจัดเก็บประจุไฟฟ้าได้สูงแต่จะจ่ายกระแสออกมาได้ไม่สูงมากนักซึ่งไม่เหมาะกับการใช้งานที่ต้องการกระแสไฟฟ้าสูงๆ ในระยะเวลาสั้นๆ เช่น การใช้กับรถยนต์แบตเตอรี่แบบคายประจุต่อเนื่อง จะเหมาะสำหรับรถไฟฟ้ารถยกของ เครื่องสำรองไฟ หรือการเก็บพลังงานสำรองจากแหล่งพลังงานทดแทนต่างๆ รวมทั้งพลังงานจากแสงอาทิตย์ด้วยแบตเตอรี่แบบคายประจุต่อเนื่อง นี้จะมีราคาขนาดและน้ำหนักที่ต่างกับแบตเตอรี่รถยนต์ มากถึงแม้ว่ากำลังวัตต์ต่อชั่วโมงหรือความจุของกระแสไฟฟ้าจะเท่ากันก็ตาม

นอกจากนี้ในการใช้งานแบตเตอรี่ต่างๆ ให้ทนทานจะต้องทราบข้อจำกัดทางด้านอุณหภูมิ และระดับความลึกในการคายประจุ ในระหว่างการทำงานด้วยซึ่งจะมีผลต่อประสิทธิภาพและอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ และการใช้งานแบตเตอรี่จนพลังงานไฟฟ้าหมดจะเป็นผลทำให้อายุการใช้งานของแบตเตอรี่สั้นลงอย่างมากๆ ดังนั้นการใช้งานแบตเตอรี่จึงไม่ควรใช้ประจุไฟฟ้าให้มีระดับต่ำกว่า 60 เปอร์เซ็นต์และควรเก็บไว้ในที่อากาศเย็นปกติอุณหภูมิไม่เกิน 25 องศาเซลเซียส ในส่วนการประจุไฟฟ้าจะต้องไม่ประจุกระแสไฟฟ้าที่สูงเกินไปจะทำให้แบตเตอรี่ร้อนจัดทำให้เสื่อมสภาพเร็วยิ่งขึ้น [10]

บทที่ 3

การออกแบบสร้างชุดสาธิตการทำงานของระบบติดตามแสงดวงอาทิตย์

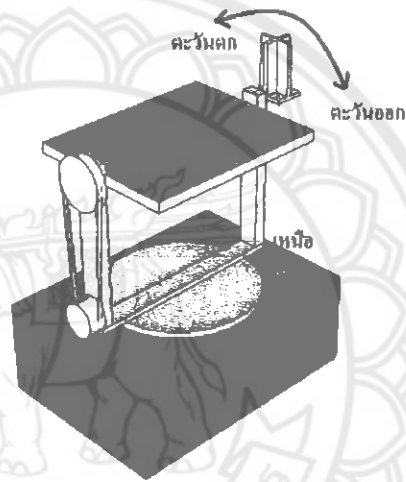
ขั้นตอนการทำงานของระบบติดตามแสงดวงอาทิตย์ เริ่มต้นจากตัวต้านทานไวแสงทำหน้าที่ตรวจหาตำแหน่งที่มีค่าความเข้มแสงจากดวงอาทิตย์สูงสุดส่งค่าไปประมวลผลโดยใช้ ชุดวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino nano ATmega 328P สำเร็จรูปแล้วส่งไปยังชุดวงจรขับมอเตอร์สเต็ปिंग TB6560 3 แอมป์ 35 โวลต์ สำเร็จรูปไปยังมอเตอร์สเต็ปिंग จะถูกสั่งให้หมุนทั้ง 2 แกนไปหาดำแหน่งที่มีค่าความเข้มแสงสูงสุดเพื่อให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้รับแสงดวงอาทิตย์ที่สูงสุดเมื่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์อยู่ในตำแหน่งที่มีค่าความเข้มแสงสูงสุด เปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าส่งให้เครื่องควบคุมการอัดประจุที่ควบคุมการทำงานด้วยระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ขยายแรงดันและกระแสไปอัดประจุแบตเตอรี่ แบตเตอรี่สามารถจัดเก็บประจุไฟฟ้าได้และจ่ายกระแสไฟฟ้าให้แก่โหลดต่างๆดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการทำงานของระบบติดตามแสงดวงอาทิตย์

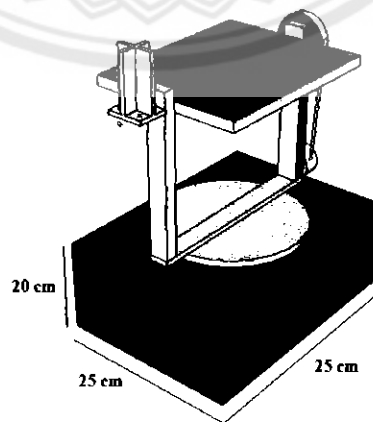
3.1 การออกแบบโครงสร้างทางกล

การออกแบบโครงสร้างทางกลสำหรับระบบติดตามแสงดวงอาทิตย์ (Solar tracking systems) เป็นการออกแบบเพื่อใช้กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบ 2 แกน โดยแกนที่ 1 จะใช้บังคับให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์หมุนตามการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์จากทิศตะวันออกไปยังทิศตะวันตกโดยมีพิสัยการหมุนสูงสุด 180 องศา ส่วนแกนที่ 2 จะใช้บังคับให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์หมุนหาตำแหน่งของดวงอาทิตย์จากทิศเหนือไปยังทิศใต้โดยมีพิสัยการหมุนสูงสุด 180 องศา วัสดุที่ใช้คือ อะคริลิก ขนาด 5 มิลลิเมตร เป็นส่วนของโครงสร้างหลักและใช้แกนเหล็กเสริมด้านในของฐานด้านล่างเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของชิ้นงานดังรูปที่ 3.2



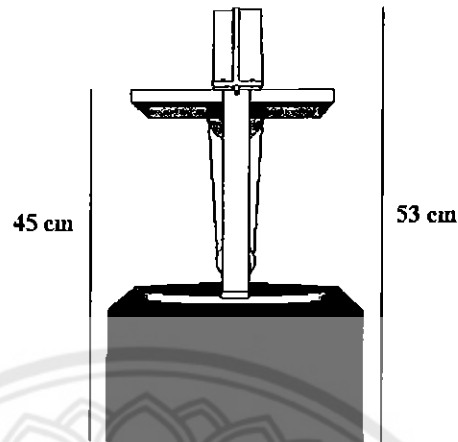
รูปที่ 3.2 ทิศทางการหมุนทั้ง 2 แกนเพื่อบังคับแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ขนาดของชิ้นงานตัวฐานออกแบบให้มีขนาดกว้าง 25 เซนติเมตร ยาว 25 เซนติเมตร สูง 20 เซนติเมตร ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 โครงสร้างของชุดสาธิตการทำงานของระบบติดตามแสงดวงอาทิตย์

ขนาดความสูงของชิ้นงานจากฐานถึงฉากบังแสงดวงอาทิตย์ 53 เซนติเมตรและขนาดความสูงของชิ้นงานจากฐานถึงแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 45 เซนติเมตรดังรูปที่ 3.4

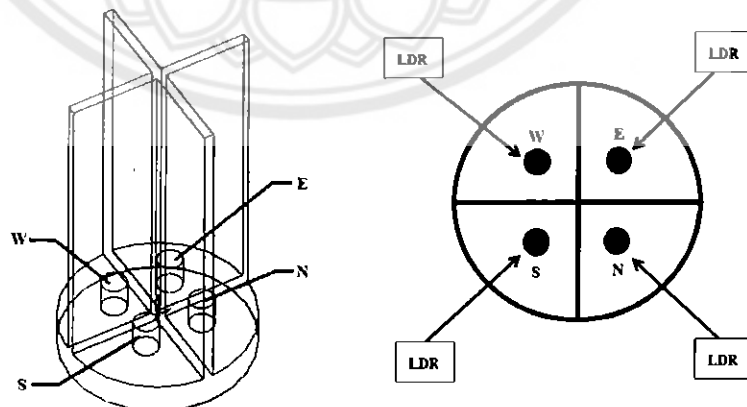


รูปที่ 3.4 โครงสร้างของชุดสาธิตการทำงานของระบบติดตามแสงดวงอาทิตย์ด้านข้าง

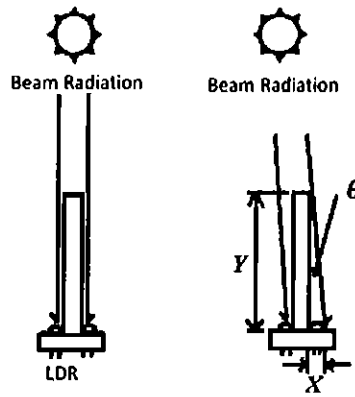
3.2 การออกแบบโครงสร้างทางไฟฟ้า

3.2.1 การติดตั้งตัวต้านทานไวแสง

ตำแหน่งการวางตัวต้านทานไวแสง สำหรับใช้ในการตรวจหาตำแหน่งของดวงอาทิตย์ เพื่อหมุนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไปยังตำแหน่งที่มีความเข้มแสงมากที่สุด แสดงดังรูปที่ 3.5 เลือกใช้การติดตั้งแบบฉากบังเงา ดังรูปที่ 3.6 และมีการเปรียบเทียบข้อดีกับข้อเสียระหว่างฉากบังเงากับพีระมิด แสดงดังตารางที่ 3.1



รูปที่ 3.5 การติดตั้งตัวต้านทานไวแสง การบังเงาของฉากกันและมุมรับแสง




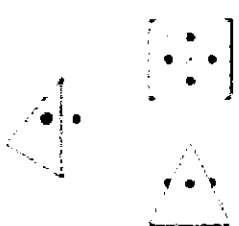
รูปที่ 3.6 การบังเงาของฉากรักัน [11]

ความสูงของฉากรักัน (Y) หาได้จากสมการต่อไปนี้

$$Y = \frac{X}{\tan \theta} \tag{3.1}$$

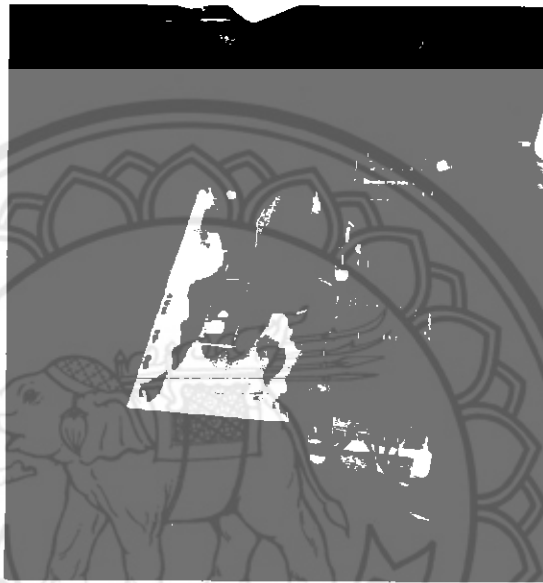
เมื่อ X คือ ระยะจากฉากรักันจนถึงขอบของตัวต้านทานไวแสง
 θ คือ มุมที่ควงอาทิตย์เคลื่อนที่จากแนวเดิมที่ทำให้เกิดเงา

ตารางที่ 3.1 ข้อดีและข้อเสียของการติดตั้งตัวต้านทานไวแสงแบบฉากบังเงาและพีระมิด

แบบ	ข้อดี	ข้อเสีย
ฉากบังเงา 	1. มีการบังเงาของแสงอย่างชัดเจน 2. ติดตั้งตัวต้านทานไวแสงได้ง่าย	1. ใช้ตัวต้านทานไวแสงหลายตัว 2. มีความไม่ต่อเนื่องของความเข้มแสง
พีระมิด 	1. ขนาดเล็กกะทัดรัด 2. มีความต่อเนื่องของความเข้มแสง	1. ติดตั้งตัวต้านทานไวแสงกับโครงสร้างยาก 2. การบังเงาของแสงไม่ชัดเจน 3. ใช้ตัวต้านทานไวแสงหลายตัว 4. มีความแตกต่างของตัวต้านทานไวแสงในการรับแสงไม่มาก

3.2.2 ทดสอบชุดควบคุมของระบบติดตามแสงดวงอาทิตย์

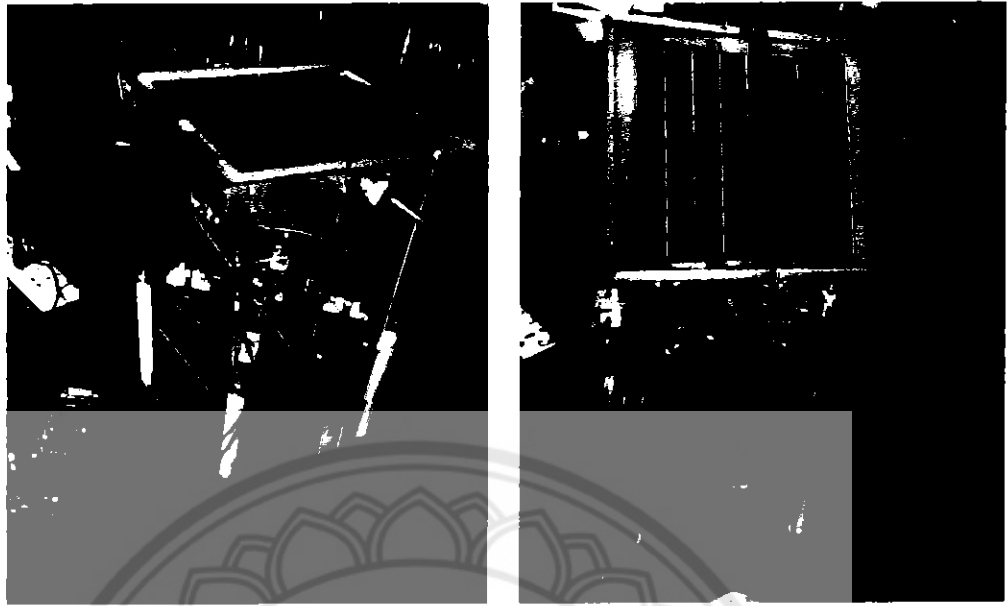
การทดสอบชุดควบคุมระบบติดตามแสงดวงอาทิตย์ โดยรับค่าจากตัวต้านทานไวแสงทั้ง 4 ตัวที่ติดตั้งอยู่กับฉากบังแสงมาประมวลผล โดยใช้ชุดวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino nano ATmega 328P สำเร็จรูปแล้ว ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino nano ATmega 328P จะสั่งการไปยังชุดวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์สเต็ปป์ เพื่อขับเคลื่อนมอเตอร์สเต็ปป์ให้หมุนไปยังตำแหน่งที่ต้องการดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 การทดสอบชุดควบคุมของระบบติดตามแสงดวงอาทิตย์

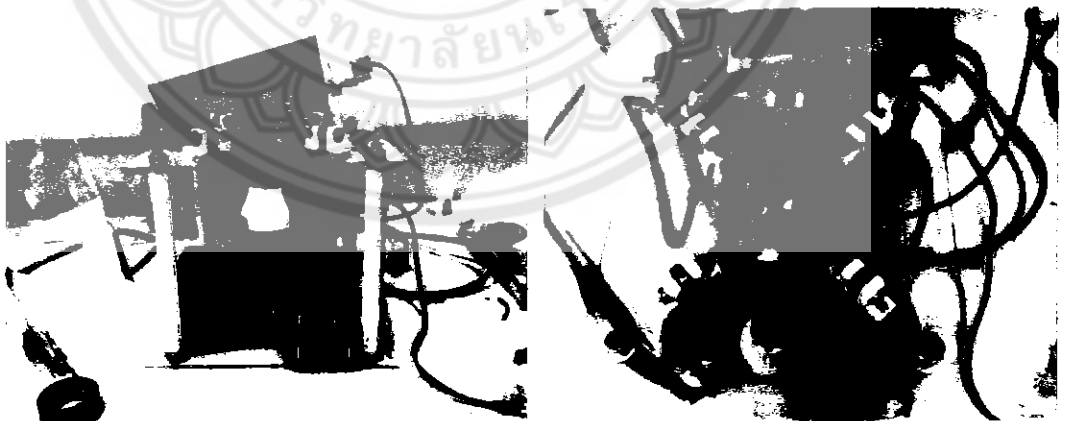
3.2.3 การประกอบชุดสถิติการทำงานของระบบติดตามแสงดวงอาทิตย์

การประกอบชุดสถิติการทำงานของระบบติดตามแสงดวงอาทิตย์เมื่อทำการประกอบชิ้นส่วนทางกลเข้าด้วยกันทั้งหมดแล้วนำเอาชุดควบคุมมาติดตั้งเข้ากับ โครงสร้างทางกลโดยติดตั้งมอเตอร์สเต็ปป์เป็น 2 แกน ในส่วนของแกนที่ 1 ติดตั้งมอเตอร์สเต็ปป์โดยใช้เฟืองโซเพื่อทดแรงบิดของมอเตอร์สเต็ปป์ ให้บังคับแผงเซลล์แสงอาทิตย์หมุนไปทางทิศตะวันออกและทิศตะวันตก ในส่วนของแกนที่ 2 ติดตั้งมอเตอร์สเต็ปป์ให้ติดกับตัวฐาน ณ จุดกึ่งกลางของฐานเพื่อบังคับให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์หมุนไปทางทิศเหนือและทิศใต้ดังรูปที่ 3.8



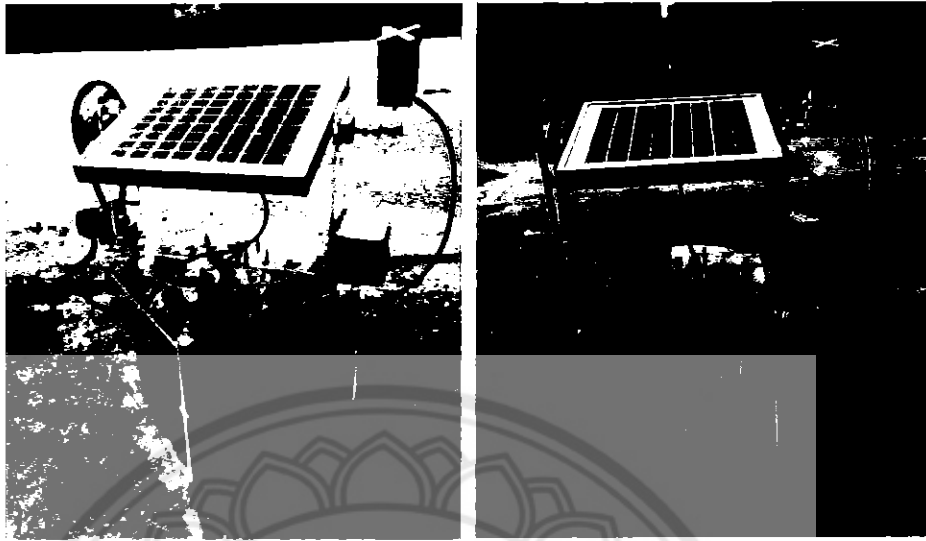
รูปที่ 3.8 การประกอบโครงสร้างชุดสาธิตการทำงานของระบบติดตามแสงดวงอาทิตย์

การต่อหลอดแสงสว่างเข้ากับระบบของแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยจะรับกำลังไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาต่อเข้ากับเครื่องควบคุมการอัดประจุเพื่ออัดประจุแบตเตอรี่ ซึ่งแบตเตอรี่เก็บประจุไฟฟ้าเอาไว้จ่ายหลอดแสงสว่างต่อไป จากวงจรการต่อจะแบ่งเป็น 2 โหมคการทำงานคือ โหมคที่ 1 ใช้อัดประจุแบตเตอรี่แล้วจ่ายไฟให้แก่หลอดแสงสว่าง ส่วนโหมคที่ 2 แสดงดังรูปที่ 3.9 ใช้กำลังไฟฟ้าจ่ายให้กับหลอดแสงสว่างโดยตรง



รูปที่ 3.9 การต่อระบบอัดประจุและหลอดเข้ากับแผงเซลล์แสงอาทิตย์

เมื่อประกอบอุปกรณ์ทุกส่วนแล้วได้ชุดสาริการทำงานของระบบติดตามแสงดวงอาทิตย์
 ดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 ชุดสาริการทำงานของระบบติดตามแสงดวงอาทิตย์

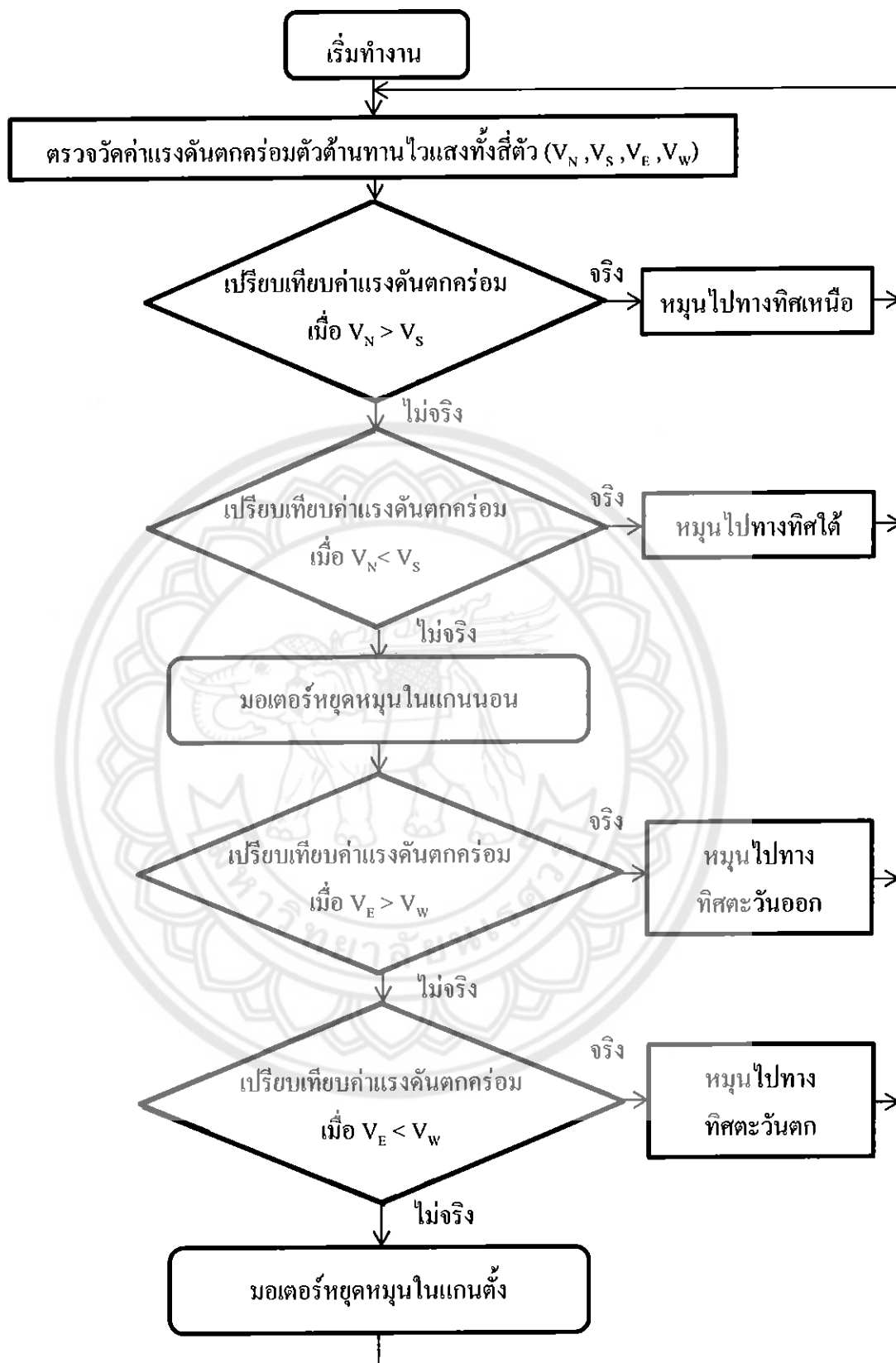
การทำงานของระบบติดตามแสงอาทิตย์เมื่อเริ่มทำงานชุดสาริการทำงานของระบบติดตามแสงดวงอาทิตย์ ตรวจวัดค่าแรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน 1V แสงซึ่งตรวจวัดแบ่งเป็นสองแกน โดยแกนนอนคือทิศเหนือถึงทิศใต้และแกนตั้งคือทิศตะวันออกถึงทิศตะวันตกส่งค่าให้โปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการเปรียบเทียบค่าที่รับเข้ามา ดังนี้

- แกนแนวนอนคือรับค่าความเข้มแสงจากทิศเหนือถึงทิศใต้รับค่าความเข้มแสงมาทำการเปรียบเทียบทิศเหนือมากกว่าทิศใต้เป็นจริงจะสั่งให้มอเตอร์หมุนไปทางทิศเหนือ

- ได้ตำแหน่งที่ต้องการมอเตอร์จะหยุดหมุนแล้ววนลูกลับไปปรับค่าใหม่มาตรวจสอบ แต่ถ้าไม่เป็นจริงคือค่าความเข้มแสงของทิศเหนือน้อยกว่าทิศใต้จะสั่งให้มอเตอร์หมุนไปทางทิศใต้ได้ตำแหน่งที่ต้องการมอเตอร์จะหยุดหมุนแล้ววนลูกลับไปปรับค่าใหม่มาตรวจสอบ

- แต่ถ้าไม่เป็นจริงทั้งสองกรณีคือค่าความเข้มแสงของทิศเหนือเท่ากับทิศใต้มอเตอร์จะหยุดหมุนในแกนนอนแล้วไปทำการเปรียบเทียบค่าของ แกนแนวตั้งคือรับค่าความเข้มแสงจากทิศตะวันออกถึงทิศตะวันตกรับค่าความเข้มแสงมาทำการเปรียบเทียบทิศตะวันออกมากกว่าทิศตะวันตกเป็นจริงจะสั่งให้มอเตอร์หมุนไปทางทิศตะวันออกได้ตำแหน่งที่ต้องการมอเตอร์จะหยุดหมุนแล้ววนลูกลับไปปรับค่าใหม่มาตรวจสอบ

- แต่ถ้าไม่เป็นจริงจะไปคือค่าความเข้มแสงของทิศตะวันออกน้อยกว่าทิศตะวันตกจะสั่งให้มอเตอร์หมุนไปทางทิศตะวันตกแล้ววนลูกลับไปปรับค่าใหม่มาตรวจสอบ แต่ถ้าไม่เป็นจริงทั้งสองกรณีคือค่าความเข้มแสงของทิศตะวันออกเท่ากับทิศตะวันตกมอเตอร์จะหยุดหมุนในแกนตั้งแล้ววนลูกลับไปปรับค่าใหม่มาตรวจสอบดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 แผนผังการทำงานของระบบติดตามแสงดวงอาทิตย์

บทที่ 4

ผลการทดสอบ

การทดสอบประสิทธิภาพของชุดสาธิตการทำงานจากระบบติดตามแสงดวงอาทิตย์ ที่สร้างขึ้นได้มีการออกแบบการทดลอง โดยการเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าเอาต์พุตจากวิธีการติดตามแสงดวงอาทิตย์แบบอัตโนมัติกับวิธีติดตั้งอยู่กับที่และวิธีปรับมุมการรับแสงดวงอาทิตย์ด้วยมือตามทฤษฎีการโคจรของดวงอาทิตย์ นอกจากนี้ยังทดสอบตัวแปรที่มีผลต่อกำลังไฟฟ้าเอาต์พุต ได้แก่ ค่าความเข้มแสง อุณหภูมิรอบข้างและมุมที่วัดจากพื้นราบที่ทำให้แผงโซลาร์เซลล์ตั้งฉากกับลำแสงจากดวงอาทิตย์

4.1 ขั้นตอนการทดลอง

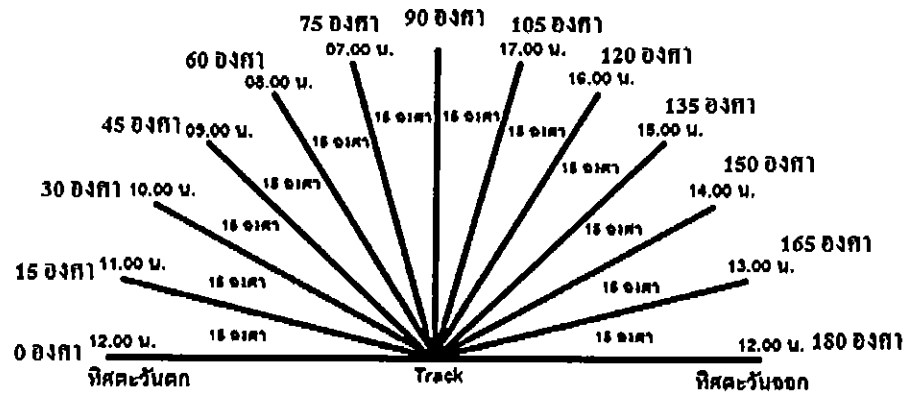
จากทฤษฎีการโคจรของดวงอาทิตย์ นำมาทำการทดลองวัดค่ากำลังไฟฟ้าเอาต์พุต จากการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบอยู่กับที่โดยตั้งมุมเอียงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์จากพื้นราบเป็นมุม 15 องศา เปรียบเทียบกับแบบหมุนตามแสง โดยปรับระนาบของแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยอาศัยทฤษฎีการโคจรของดวงอาทิตย์และเปรียบเทียบกับการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบหมุนตามแสงดวงอาทิตย์ โดยใช้ชุดสาธิตการทำงานจากระบบติดตามแสงดวงอาทิตย์ ทำการทดลองวัดค่า ณ วันที่ 12 พฤษภาคม พ.ศ. 2558 ตั้งแต่เวลา 07.00 น. ถึง 17.00 น.

การศึกษาเปรียบเทียบค่ากำลังเอาต์พุตที่ได้จากการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในแบบอยู่กับที่ แบบปรับตามทิศการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ และติดตามแสงดวงอาทิตย์ แบ่งได้เป็น 3 กรณี

กรณีที่ 1 ตั้งให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์หันหน้าไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้และทำมุมกับพื้นราบ 15 องศา

กรณีที่ 2 มีการปรับระนาบของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้ตั้งฉากกับลำแสงจากดวงอาทิตย์ โดยอาศัยทฤษฎีการโคจรของดวงอาทิตย์ดังรูปที่ 4.1

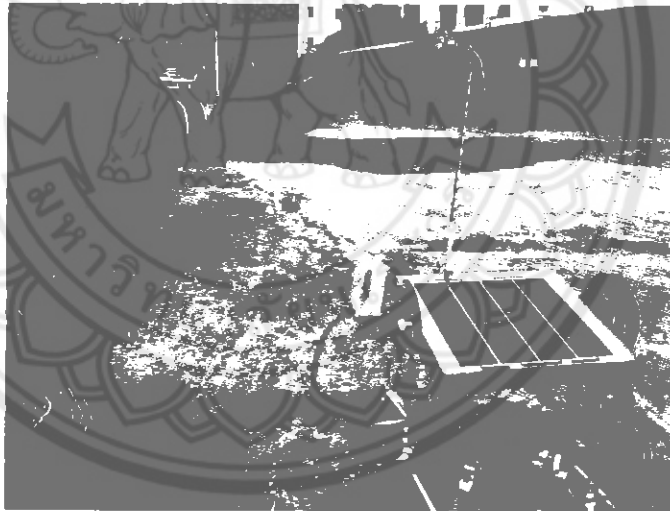
กรณีที่ 3 มีการปรับระนาบของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้ตั้งฉากกับลำแสงจากดวงอาทิตย์ โดยใช้ชุดสาธิตการทำงานจากระบบติดตามแสงดวงอาทิตย์



รูปที่ 4.1 แนวขอบด้านข้างและมุมมองสาขาของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยอาศัยทฤษฎีการโคจรของดวงอาทิตย์ที่เวลาต่างๆ

4.2 การเปรียบเทียบค่ากำลังเอาต์พุตจากการปรับตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์

กรณีที่ 1 แสดงการวัดและบันทึกค่ากำลังเอาต์พุต โดยตั้งให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์หันหน้าไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้และทำมุมกับพื้นราบ 15 องศา ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 การวัดและบันทึกค่ากำลังเอาต์พุต กรณีที่ 1 ตั้งให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์หันหน้าไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้และทำมุมกับพื้นราบ 15 องศา

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลอง กรณีที่ 1 ตั้งให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์หันหน้าไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้และทำมุมกับพื้นราบ 15 องศา

เวลา (นาฬิกา)	E (ลักซ์)	T (องศา- เซลเซียส)	V _{DC} (โวลต์)	I _{DC} (แอมป์)	P _{Fix} = VI (วัตต์)
7:00 AM	12990	33	8.41	0.034	0.286
8:00 AM	40200	33.5	10.47	0.12	1.256
9:00 AM	81300	35.5	12.54	0.227	2.846
10:00 AM	99400	35.5	13.09	0.28	3.665
11:00 AM	106100	36	13.81	0.304	4.198
12:00 PM	105500	38	13.87	0.316	4.383
1:00 PM	104300	38.5	13.59	0.294	3.995
2:00 PM	82400	41	12.42	0.238	2.956
3:00 PM	55600	40	11.42	0.173	1.975
4:00 PM	31200	38.5	9.89	0.101	0.998
5:00 PM	9200	38	7.87	0.028	0.22

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าจากการปรับระนาบของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ตามกรณีที่ 1 ให้ระนาบของแผงเซลล์แสงอาทิตย์อยู่กับที่ 15 องศา กับพื้นดินในทางทิศตะวันออกเฉียงใต้และทำการวัดค่าแรงดัน กระแส ความเข้มแสง อุณหภูมิในอากาศ และทำการคำนวณหาค่ากำลังเอาต์พุตที่เวลาต่างๆ

จากการทดลองพบว่าที่การปรับระนาบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ตามกรณีที่ 1 เนื่องจากดวงอาทิตย์โคจรจากทิศตะวันออกเฉียงตะวันตกจะทำให้ได้รับความเข้มแสงจากดวงอาทิตย์ที่สูงที่สุดได้ไม่ตลอดช่วงเวลาที่เข้มแสงจากดวงอาทิตย์ ช่วงเช้าจะได้รับค่ากำลังเอาต์พุต 12.251 วัตต์ ช่วงบ่าย 10.144 วัตต์ ซึ่งช่วงเช้าได้ค่ามากกว่าอาจเนื่องมาจากการวางตำแหน่งและมุมเอียงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทำให้แสงดวงอาทิตย์ไม่สม่ำเสมอตลอดทั้งวัน จึงส่งผลให้ค่ากำลังเอาต์พุตที่ได้ออกมา น้อยในช่วงบ่าย

อย่างไรก็ตามในเรื่องของการวางตำแหน่งและมุมของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้ได้กำลังไฟฟ้าเอาต์พุตตลอดทั้งวันขึ้นอยู่กับตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ เช่น บริเวณพื้นที่จังหวัดปทุมธานี มุมที่เหมาะสมคือ 17 องศา บริเวณ ลำปาง คือ 22 องศา ทางทิศใต้

กรณีที่ 2 แสดงการวัดและบันทึกค่ากำลังเอาต์พุต โดยปรับระนาบของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้ตั้งฉากกับลำแสงจากดวงอาทิตย์ โดยอาศัยทฤษฎีการโคจรของดวงอาทิตย์ ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 การวัดและบันทึกค่ากำลังเอาต์พุต กรณีที่ 2 โดยปรับระนาบของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้ตั้งฉากกับลำแสงจากดวงอาทิตย์ โดยอาศัยทฤษฎีการโคจรของดวงอาทิตย์

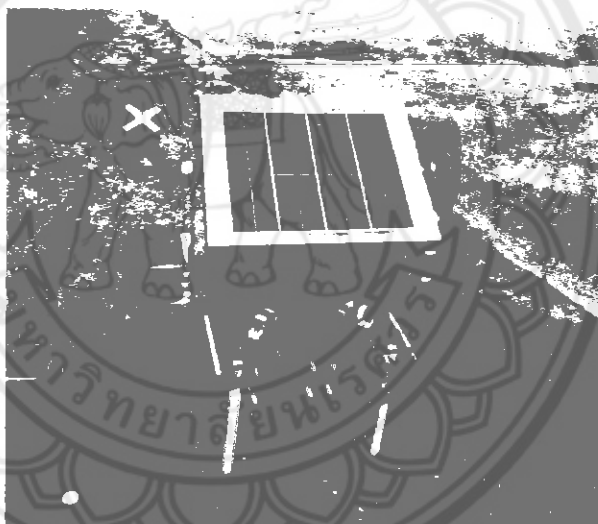
ตารางที่ 4.2 ผลการทดลอง กรณีที่ 2 มีการปรับระนาบของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้ตั้งฉากกับลำแสงจากดวงอาทิตย์โดยอาศัยทฤษฎีการโคจรของดวงอาทิตย์

เวลา (นาฬิกา)	E (วัตต์)	T (องศา- เซลเซียส)	มุม (องศา)	V _{DC} (โวลต์)	I _{DC} (แอมป์)	P _{Track} =VI (วัตต์)
7:00 AM	19640	33	75	9.26	0.059	0.546
8:00 AM	60500	33.5	60	11.75	0.178	2.091
9:00 AM	93000	35.5	45	13.34	0.261	3.482
10:00 AM	102500	35.5	30	13.27	0.282	3.742
11:00 AM	106100	36	15	13.81	0.304	4.198
12:00 PM	105900	38	0	14.14	0.317	4.482
1:00 PM	105400	38.5	165	13.91	0.315	4.381
2:00 PM	105400	41	150	13.43	0.299	4.015
3:00 PM	96400	40	135	13.28	0.274	3.638
4:00 PM	86900	38.5	120	12.91	0.256	3.305
5:00 PM	51200	38	105	11.36	0.157	1.783

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าจากการปรับระนาบของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ตามกรณีที่ 2 ทำการปรับระนาบของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้ตั้งฉากกับลำแสงจากดวงอาทิตย์โดยอาศัยทฤษฎีการโคจรของดวงอาทิตย์ ทำการวัดค่าแรงดัน กระแส ความเข้มแสง อุณหภูมิในอากาศ มุมที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์กับพื้นดินและทำการคำนวณหาค่ากำลังเอาต์พุตที่เวลาต่างๆ

จากการทดลองพบว่าการปรับระนาบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ตามกรณีที่ 2 จะทำให้ได้รับความเข้มแสงจากดวงอาทิตย์ที่สูงสุดได้ตลอดช่วงเวลาที่มิแสงจากดวงอาทิตย์ เนื่องจากมีการปรับระนาบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ตามตำแหน่งการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ จึงส่งผลให้ค่ากำลังเอาต์พุตที่ได้มีค่ามาก

กรณีที่ 3 แสดงการวัดและบันทึกค่ากำลังไฟฟ้าเอาต์พุต โดยการปรับระนาบของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้ตั้งฉากกับลำแสงจากดวงอาทิตย์ โดยใช้ชุดสาริตการทำงานจากระบบติดตามแสงดวงอาทิตย์ ดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 การวัดและบันทึกค่ากำลังเอาต์พุต กรณีที่ 3 ปรับระนาบของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้ตั้งฉากกับลำแสงจากดวงอาทิตย์ โดยใช้ชุดสาริตการทำงานจากระบบติดตามแสงดวงอาทิตย์

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าจากการปรับระนาบของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ตามกรณีที่ 3 ปรับระนาบของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้ตั้งฉากกับลำแสงจากดวงอาทิตย์ โดยใช้ชุดสาริตการทำงานจากระบบติดตามแสงดวงอาทิตย์ ทำการวัดค่าแรงดัน กระแส ความเข้มแสง อุณหภูมิในอากาศ มุมที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์กับพื้นดินและทำการคำนวณหาค่ากำลังเอาต์พุตที่เวลาต่างๆ

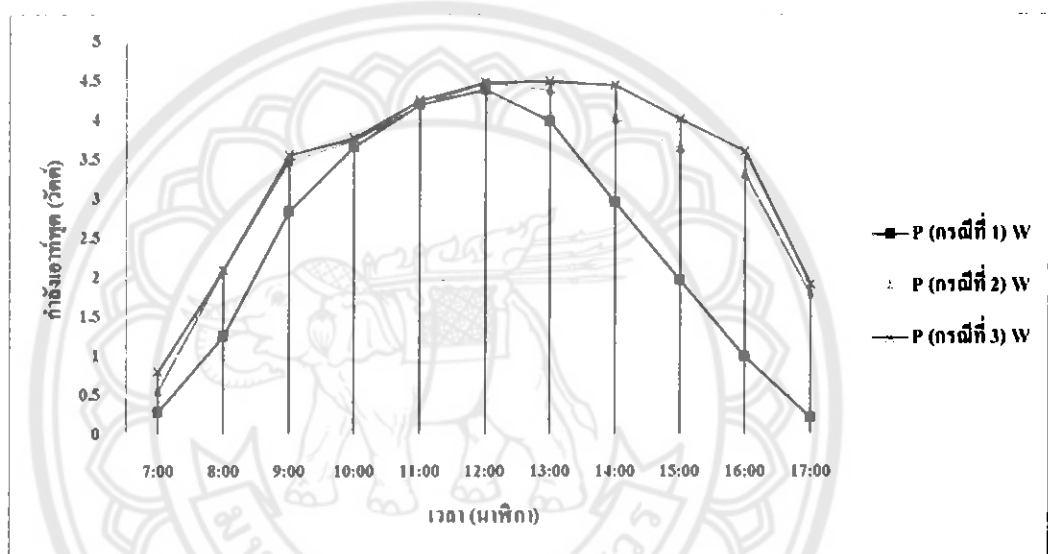
ตารางที่ 4.3 ผลการทดลอง กรณีที่ 3 มีการปรับระนาบของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้ตั้งฉากกับ
ลำแสงจากดวงอาทิตย์ โดยใช้ชุดสาธิตการทำงานของระบบติดตามแสงดวงอาทิตย์

เวลา (นาฬิกา)	E (ลักซ์)	T (องศา- เซลเซียส)	มุม (องศา)	V _{DC} (โวลต์)	I _{DC} (แอมป์)	P _{Track} = VI (วัตต์)
7:00 AM	22600	33	73	9.59	0.083	0.796
8:00 AM	60800	33.5	57	11.79	0.178	2.098
9:00 AM	93400	35.5	44	13.53	0.263	3.558
10:00 AM	103500	35.5	31	13.34	0.283	3.775
11:00 AM	106600	36	11	13.94	0.305	4.252
12:00 PM	105900	38	0	14.14	0.317	4.482
1:00 PM	105600	38.5	174	14.18	0.317	4.495
2:00 PM	106000	41	155	14.06	0.316	4.443
3:00 PM	104100	40	146	13.74	0.292	4.012
4:00 PM	92200	38.5	115	13.41	0.269	3.607
5:00 PM	51500	38	109	11.38	0.168	1.912

จากการทดลองพบว่าที่การปรับระนาบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ตามกรณีที่ 3 จะทำให้ได้รับความเข้มแสงจากดวงอาทิตย์ที่สูงสุดได้ตลอดช่วงเวลาที่มิแสงจากดวงอาทิตย์ เนื่องจากชุดสาธิตการทำงานของระบบติดตามแสงดวงอาทิตย์มีการปรับระนาบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ตั้งฉากกับลำแสงได้ตลอดช่วงเวลาไม่ว่าแสงจะเปลี่ยนไปทางใด จึงส่งผลให้ค่ากำลังเอาต์พุตที่ได้มีค่ามากตลอดช่วงเวลาที่มิแสง

จากรูปที่ 4.5 ค่ากำลังเอาต์พุต ของกรณีที่ 1 ตั้งให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์หันหน้าไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้และทำมุมกับพื้นราบ 15 องศา เปรียบเทียบกับกรณีที่ 2 มีการปรับระนาบของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้ตั้งฉากกับลำแสงจากดวงอาทิตย์โดยอาศัยทฤษฎีการโคจรของดวงอาทิตย์ และเทียบกับกรณีที่ 3 มีการปรับระนาบของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้ตั้งฉากกับลำแสงจากดวงอาทิตย์ โดยใช้ชุดสาธิตการทำงานของระบบติดตามแสงดวงอาทิตย์ แสดงให้เห็นว่าค่าที่ได้จากกรณีที่ 2 มีการปรับระนาบของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้ตั้งฉากกับลำแสงจากดวงอาทิตย์โดยอาศัยทฤษฎีการโคจรของดวงอาทิตย์ และกรณีที่ 3 มีการปรับระนาบของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้ตั้งฉากกับลำแสงจากดวงอาทิตย์ โดยใช้ชุดสาธิตการทำงานของระบบติดตามแสงดวงอาทิตย์ ได้ค่ากำลังเอาต์พุตมากกว่ากรณีที่ 1 ตั้งให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์หันหน้าไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้และทำมุม

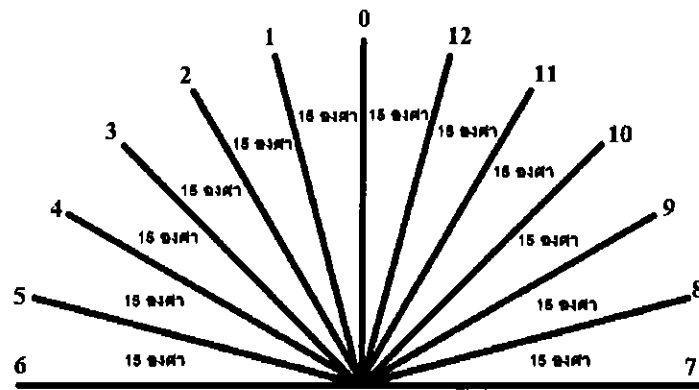
กับพื้นราบ 15 องศา เนื่องจากดวงอาทิตย์โคจรจากทิศตะวันออกมายังตะวันตก การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบกรณีที่ 1 ตั้งให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์หันหน้าไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้และทำมุมกับพื้นราบ 15 องศา จะทำให้ได้รับความเข้มแสงจากดวงอาทิตย์ที่สูงที่สุดได้ไม่ตลอดช่วงเวลาที่มิแสงจากดวงอาทิตย์ ซึ่งจะแตกต่างกับการติดตั้งแบบกรณีที่ 2 มีการปรับระนาบของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้ตั้งฉากกับลำแสงจากดวงอาทิตย์โดยอาศัยทฤษฎีการโคจรของดวงอาทิตย์ และแบบกรณีที่ 3 มีการปรับระนาบของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้ตั้งฉากกับลำแสงจากดวงอาทิตย์ โดยใช้ชุดสาธิตการทำงานของระบบติดตามแสงดวงอาทิตย์ การทำงานของระบบติดตามแสงดวงอาทิตย์ที่สามารถปรับหาทิศที่มีความเข้มแสงจากดวงอาทิตย์สูงสุดได้ตลอดช่วงเวลาที่มิแสงจากดวงอาทิตย์



รูปที่ 4.5 การเปรียบเทียบค่ากำลังอาทิตย์พุดของ กรณีที่ 1 ตั้งให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์หันหน้าไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้และทำมุมกับพื้นราบ 15 องศา กรณีที่ 2 มีการปรับระนาบของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้ตั้งฉากกับลำแสงจากดวงอาทิตย์โดยอาศัยทฤษฎีการโคจรของดวงอาทิตย์และกรณีที่ 3 มีการปรับระนาบของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้ตั้งฉากกับลำแสงจากดวงอาทิตย์ โดยใช้ชุดสาธิตการทำงานของระบบติดตามแสงดวงอาทิตย์

4.3 ผลกระทบของมุมตกกระทบของแสงอาทิตย์กับระนาบแผงเซลล์แสงอาทิตย์

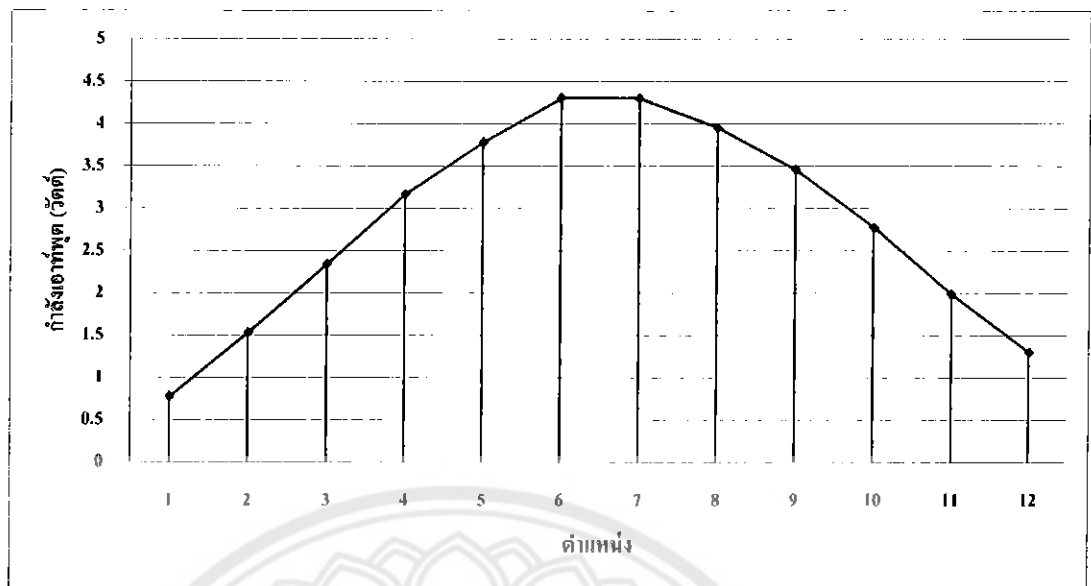
การทดลองวัดค่ากำลังอาทิตย์พุดของการใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบหมุนติดตามแสงดวงอาทิตย์ โดยอาศัยทฤษฎีการเคลื่อนของดวงอาทิตย์ โดยเริ่มต้นที่ตำแหน่ง 0 โดยทำมุมกับแนวตั้งฉากกับพื้นดิน ทำการปรับแวงไปยังตำแหน่งต่างๆ ตามรูปที่ 4.6 ในเวลา 12.30 น. ของวันที่ 12 พฤษภาคม พ.ศ.2558



รูปที่ 4.6 มุมการทดสอบค่ากำลังเอาต์พุต

ตารางที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างมุมตกกระทบจากแสงอาทิตย์และแผงเซลล์แสงอาทิตย์
ต่อกำลังไฟฟ้าเอาต์พุตที่เวลา 12.30 น. วันที่ 12 พฤษภาคม 2558

ตำแหน่ง ที่	E (ลักซ์)	T (องศา- เซลเซียส)	V_{DC} (โวลต์)	I_{DC} (แอมป์)	$P_{Track} = VI$ (วัตต์)
1	20200	38.5	9.31	0.084	0.782
2	46900	38.5	10.75	0.143	1.537
3	75300	38.5	12.02	0.195	2.344
4	91200	38.5	12.78	0.248	3.169
5	106300	38.5	13.56	0.279	3.783
6,7	106600	38.5	13.8	0.312	4.305
8	106200	38.5	13.69	0.289	3.956
9	97000	38.5	13.21	0.262	3.461
10	81500	38.5	12.41	0.224	2.779
11	63200	38.5	11.5	0.173	1.989
12	40200	38.5	10.27	0.127	1.304



รูปที่ 4.7 ค่ากำลังเอาต์พุตของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในตำแหน่งต่างๆที่ เวลา 12.30 น.

จากผลในตารางที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างมุมตกกระทบของแสงอาทิตย์กับ ระยะเวลาของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ต่อกำลังเอาต์พุตที่ได้ออกมา โดยในการทดลองจะกำหนดให้ ทิศทางของแสงดวงอาทิตย์ตั้งฉากกับพื้นดินหรือที่ตำแหน่งเลข 0 และทำการปรับมุมตกกระทบ ของแสงพบว่าที่ตำแหน่งเลข 6 และ 7 เป็นตำแหน่งที่ระยะเวลาแผงเซลล์แสงอาทิตย์ตั้งฉากกับลำแสง จากดวงอาทิตย์มากที่สุดจะได้รับกำลังเอาต์พุตมากที่สุดซึ่งมีค่าเท่ากับ 4.305 วัตต์ และที่ตำแหน่งเลข 1 เป็นตำแหน่งที่มีกำลังเอาต์พุตน้อยที่สุดมีค่าเท่ากับ 0.782 วัตต์ และที่ตำแหน่งเลข 12 จะได้ค่า กำลังเอาต์พุตเท่ากับ 1.304 วัตต์ ซึ่งตำแหน่งที่ 1 กับ 12 เป็นตำแหน่งที่ระยะเวลาของแผงเซลล์ แสงอาทิตย์มีมุมเอียง 15 องศา กับแสงดวงอาทิตย์ตามรูปที่ 4.6

ดังนั้นค่ากำลังเอาต์พุตที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ตำแหน่งมุมต่างๆ จะได้ค่ากำลัง เอาต์พุตที่แตกต่างกัน ซึ่งเมื่อปรับระดับของมุมมองเสาของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้ตั้งฉากกับลำแสง จากดวงอาทิตย์จะทำให้ได้ค่ากำลังเอาต์พุตสูงสุด

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

การทดลองปรับแสงเซลล์แสงอาทิตย์ให้เคลื่อนที่ตามแสงดวงอาทิตย์โดยใช้ข้อมูลจากการทดลองโดยเลือกวันที่ท้องฟ้าแจ่มใสตลอดวัน จากผลการทดลอง พบว่า ถ้าระนาบของแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีการเคลื่อนที่แบบอัตโนมัติ ทำให้ระนาบของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ตั้งฉากกับแสงจากดวงอาทิตย์ จะได้กำลังเอาต์พุตเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับการติดตั้งแบบอยู่กับที่ โดยปัจจัยที่มีผลต่อกำลังเอาต์พุตของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้แก่ ความเข้มแสงอาทิตย์ ตำแหน่งและมุมรับแสงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ฤดูกาล สภาพอากาศและอุณหภูมิที่ใช้งานของแผงและรอบข้าง

จากการทดลองใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบอยู่กับที่ พบว่า ได้กำลังไฟฟ้าเอาต์พุตน้อยที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยตลอดทั้งวันเท่ากับ 2.652 วัตต์ เมื่อเทียบกับผลการทดลองอีกสองกรณี

ในขณะที่ ในกรณีที่ 2 ซึ่งเป็นการติดตามแสงดวงอาทิตย์ด้วยการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบมีการปรับระนาบของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไปตามทิศการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ โดยอาศัยทฤษฎีการโคจรของดวงอาทิตย์ พบว่า ได้กำลังไฟฟ้าเอาต์พุตเฉลี่ยตลอดทั้งวันเท่ากับ 3.423 วัตต์

ส่วนในกรณีที่ 3 ใช้ชุดสาริศจำรงงานของระบบติดตามแสงดวงอาทิตย์ ซึ่งได้กำลังเอาต์พุตเฉลี่ยตลอดทั้งวันสูงสุดเท่ากับ 3.583 วัตต์ เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่ 1 และ 2 เนื่องจากว่า ในกรณีที่ 3 ได้ออกแบบให้ใช้ตัวต้านทานไวแสงเพื่อตรวจวัดค่าความเข้มแสง ซึ่งจะสามารรถตรวจจับค่าความเข้มแสงอาทิตย์ทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้รับแสงตั้งฉากกับลำแสงจากดวงอาทิตย์ได้ดีกว่าและสามารถตรวจจับแสงได้ตลอดเวลาไม่ว่าดวงอาทิตย์จะเคลื่อนที่ไปในทิศทางใดหรือจะมีเมฆมาบังเพียงใด ก็ยังสามารถตรวจจับค่าความเข้มแสงที่มีค่าสูงสุดได้ จึงทำให้ในกรณีที่ 3 มีประสิทธิภาพดีกว่าอีกสองกรณีที่เหลือ

ในส่วนของผลการทดลอง เนื่องจากการปรับมุมของแผงเซลล์แสงอาทิตย์และอุณหภูมิรอบข้าง จากผลการทดลอง ในตารางที่ 4.3 พบว่า ที่ช่วงเวลา 12.00 น. มีค่าความเข้มแสง 105,900 ลักซ์ อุณหภูมิรอบข้าง 38 องศาเซลเซียส และกำลังไฟฟ้าเอาต์พุต 4.482 วัตต์ เทียบกับ ช่วงเวลา 14.00 น. มีค่าความเข้มแสง 106,000 ลักซ์ อุณหภูมิรอบข้าง 41 องศาเซลเซียส และกำลังไฟฟ้าเอาต์พุต 4.443 วัตต์ มีค่าความเข้มแสงที่แตกต่างกันเพียงเล็กน้อย แต่มีค่าอุณหภูมิรอบข้างต่างกัน 3

องศาเซลเซียส ซึ่งทำให้ค่ากำลังไฟฟ้าเอาท์พุทที่ได้ลดลงเพียง 0.039 วัตต์ กล่าวคือที่ค่าความเข้มแสงเท่ากันแต่อุณหภูมิรอบข้างสูงขึ้นส่งผลต่ออุณหภูมิของเนื้อสารเซลล์แสงอาทิตย์สูงขึ้นจะทำให้ประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ลดลง

อย่างไรก็ตาม ผลของกำลังเอาท์พุทยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ เช่น สภาพของสภาพภูมิอากาศว่าในแต่ละวันมีเมฆมากน้อยเพียงใด ชนิดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ การติดตั้งและทิศทางของระนาบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำมุมกับดวงอาทิตย์ เป็นต้น

ดังนั้น การใช้ชุดสาริทธิการทำงานจากระบบติดตามแสงดวงอาทิตย์ในการติดตามแสงดวงอาทิตย์จะทำให้ได้กำลังเอาท์พุทมากกว่าแบบติดตามแสงดวงอาทิตย์โดยอาศัยทฤษฎีการโคจรของดวงอาทิตย์และแบบติดตั้งแบบอยู่กับที่ และสามารถนำเทคนิคในการติดตามแสงดวงอาทิตย์ไปประยุกต์ใช้กับระบบที่มีขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งจะทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้รับการรับพลังงานจากแสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพสูงและมีความสะดวกในการใช้งาน

5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข

1. จากการออกแบบ เมื่อประกอบ โครงสร้างเข้าด้วยกันแล้วพบว่า มอเตอร์ขับของแกนหมุนในแนวแกนนอน มีการรับน้ำหนักที่ไม่สมดุลและมากเกินไป จึงส่งผลทำให้การหมุนของมอเตอร์สแต็ปปีงไม่ดีเท่าที่ควร ซึ่งแนวทางการแก้ไข โดยนำเอาวัสดุที่มีน้ำหนักใกล้เคียงกันกับมอเตอร์ที่อยู่ฝั่งตรงข้าม มาถ่วงน้ำหนักให้เกิดความสมดุล นอกจากนี้ยังต้องออกแบบให้รองรับน้ำหนักของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ หรือ เปลี่ยนตำแหน่งการวางของมอเตอร์และใช้โซ่หรือสายพาน ทดรอบแทนการรับน้ำหนักโดยตรง
2. เนื่องจากมีการถ่วงน้ำหนักให้สมดุลกันส่งผลให้มอเตอร์สแต็ปปีงหมุนน้อยมาก เพราะว่ามีโหลดมากเกินไป แก้ไขโดยคลายตัวล้อคแกนมอเตอร์สแต็ปปีงออกให้พอดีไม่แน่นจนเกินไป โดยทำรอยบากที่แกนมอเตอร์สแต็ปปีงเพื่อให้รอยบากที่แกนไปขัดกับตัวล้อคแกนมอเตอร์สแต็ปปีง และสามารถทำให้มอเตอร์หมุนและขับโหลดได้
3. การทำงานของระบบควบคุม ในการควบคุมการทำงานของระบบควบคุมติดตามแสงดวงอาทิตย์ อาจเกิดจากความผิดพลาดของเซนเซอร์ตัวด้านทานไวแสง ซึ่งจะส่งผลให้ระบบควบคุมติดตามแสงดวงอาทิตย์ประมวลผลและทำงานผิดพลาดไปด้วย
4. ในระหว่างการทดลอง การวัดค่ากำลังเอาท์พุท ในบางช่วงเวลามีสภาพอากาศที่มีการเปลี่ยนแปลง เช่น มีเมฆมาบดบังแสงดวงอาทิตย์ จึงทำให้ได้กำลังเอาท์พุทต่ำกว่าที่ควรจะได้

5.3 ข้อเสนอแนะในการพัฒนา

1. การเลือกใช้มอเตอร์สตีปปีงควรเลือกใช้ให้เหมาะสมกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ กล่าวคือจะต้องดูเรื่องของน้ำหนักแผงเซลล์แสงอาทิตย์และส่วนประกอบของอุปกรณ์และกลไกว่ามอเตอร์สตีปปีงมีแรงบิดหรือกำลังขับเพียงพอหรือไม่ และสามารถควบคุมความเร็วในการหมุนได้ ดังนี้

1.1 การเลือกใช้ความกว้างของการหมุนต่อขั้นของมอเตอร์สตีปปีงให้เหมาะสม

1.2 การเลือกใช้เฟืองโซ่หรือเกนเกลียวเพื่อทดแรงบิดของตัวมอเตอร์สตีปปีง

2. การออกแบบโครงสร้างของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ควรออกแบบให้มีความสมดุล เพราะจะเกี่ยวข้องต่อการเลือกใช้มอเตอร์สตีปปีงและการสร้างวงจรขับมอเตอร์สตีปปีงด้วย

3. ควรศึกษาเพิ่มเติมเรื่องพลังงานไฟฟ้าที่ได้รับมาจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ การควบคุมการประจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่และพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปในระบบควบคุมติดตามแสงดวงอาทิตย์ ให้มีความสอดคล้องกัน รวมถึงเรื่องความคุ้มค่าในการลงทุน

4. ควรศึกษาเรื่องการออกแบบโครงสร้างของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้มีความแข็งแรง และในส่วนของจุดหมุน ควรออกแบบให้มีแรงเสียดทานน้อยหรือไม่มีความฝืดมากนัก

5. ควรออกแบบให้ระบบติดตามแสงดวงอาทิตย์มีการทำงานแบบทันทีเมื่อเริ่มทำงาน โดยแบ่งการทำงานที่ละแกน

6. การวัดค่าความเข้มของแสงอาทิตย์ ควรวัดด้วยเครื่องมือวัดไพรานอมิเตอร์ ซึ่งมีหน่วยเป็น วัตต์ต่อตารางเมตร

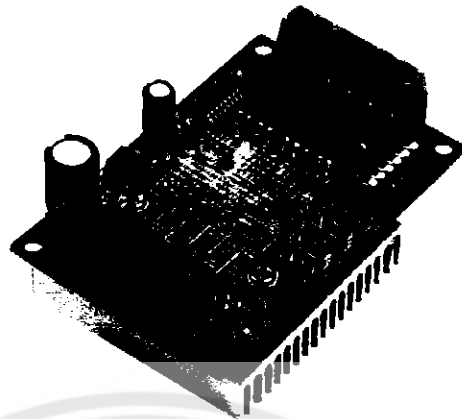
เอกสารอ้างอิง

- [1] <http://www.vcharkarn.com/vcafe/56058>, สืบค้นเมื่อ 20 ตุลาคม 2557
- [2] http://www.leonics.co.th/html/th/aboutpower/solar_knowledge.php, สืบค้นเมื่อ 20 ตุลาคม 2557
- [3] <https://sites.google.com/site/belieevess20/electronics/taw-tha-n-wi-saeng-ldr>, สืบค้นเมื่อ 20 ตุลาคม 2557
- [4] <http://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardNano>, สืบค้นเมื่อ 10 เมษายน 2558
- [5] <http://www.motioncontrol.in.th/product/8/tb6560-3a-10-35v>, สืบค้นเมื่อ 20 ตุลาคม 2557
- [6] <http://www.thaicconverter.com/product/6/high-voltage-dc-step-down-lm2596hv-4-5-60v-to-3-35v-2a-15w>, สืบค้นเมื่อ 10 เมษายน 2558
- [7] <http://www.elect-spec.com/12v-5a-power-supply/>, สืบค้นเมื่อ 10 เมษายน 2558
- [8] <http://www.adisak51.com/page22.html>, สืบค้นเมื่อ 10 เมษายน 2558
- [9] <http://infinityelectricpower.blogspot.com/2014/08/solar-charger.html>, สืบค้นเมื่อ 10 เมษายน 2558
- [10] <http://www.stunitedsupply.com/index.asp?contentID=10000004&title=Battery>, สืบค้นเมื่อ 10 เมษายน 2558
- [11] อานาจ สุขศรี “ การวัดและเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า ” ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2546



รายละเอียดข้อมูลตัวขับเคลื่อนเทอร์สเตอร์ปี้ง TB6560

รายละเอียดข้อมูลตัวขับมอเตอร์สี่ขั้ว TB6560



Specifications:

- Working voltage :DC 10V-35V.Recommend Switching Power Supply DC24V
- 6N137 high-speed OptoCoupler , to ensure a high speed without step out.
- New original Toshiba TB6560AHQ chip, low-voltage shutdown, of overheating parking and over-current protection circuit to ensure optimal performance.
- Rated output: $\pm 3A$,peak 3.5A.
- For 42,57,86 Stepper within 3A 2/4 -phase / 4 wire / 6 wire stepper motor, not fit for more than 3A stepper motor.
- Automatic half-decay.
- Excitation Mode: synchronizing, half step, 1/8 step, 1/16 step, a maximum of 16 segments.
- Volume: 50 x 75 x 35 (MM)

Characteristics :

- the current level adjustable to meet your various application needs.
- the Automatic half-decay adjustable.
- 6N137 high-speed optical coupling, to ensure a high speed not step out.
- thick tooth radiators, good heat dissipation.

คุณสมบัติของชุดวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์สเต็ป TB6560 3A 10-35V สำเร็จรูป

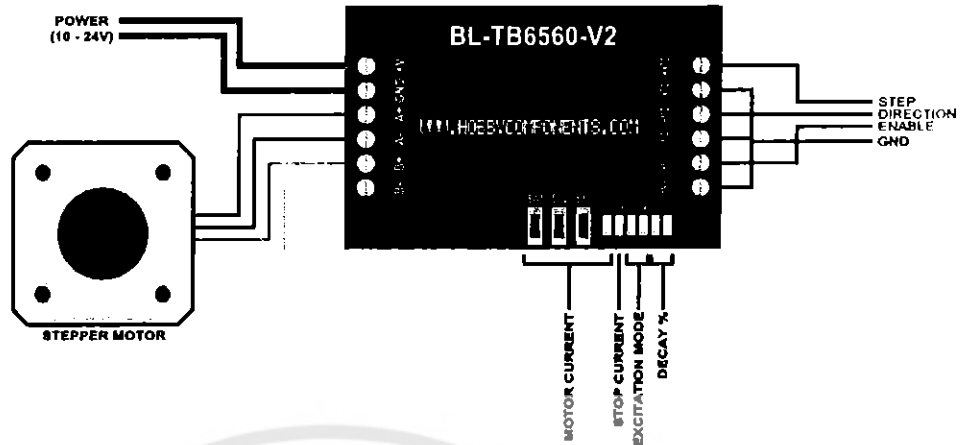
- Working voltage: DC 10V-35V. Recommend Switching Power Supply DC 24V
- 6N137 high-speed Optocoupler, to ensure a high speed without step out.
- New original Toshiba TB6560AHQ chip, low-voltage shutdown, of overheating parking and over-current protection circuit to ensure optimal performance.
- Rated output: $\pm 3A$, peak 3.5A.
- For 42, 57, 86 Stepper within 3A 2/4 -phase / 4 wire / 6 wire stepper motor, not fit for more than 3A stepper motor.
- Automatic half-decay.
- Excitation Mode: synchronizing, half step, 1/8 step, 1/16 step, a maximum of 16 segments.

ตารางที่ ก.1 การปรับตั้งค่าขั้น สามารถปรับตั้งให้เข้ากับตัวมอเตอร์สเต็ป

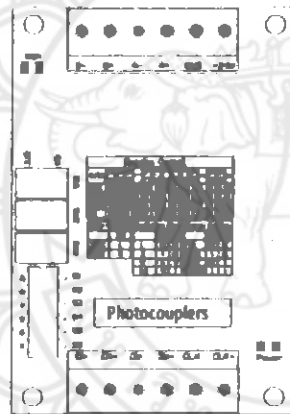
Running Current														
(แอมป์)	0.3	0.5	0.8	1	1.1	1.2	1.4	1.5	1.6	1.9	2	2.2	2.6	3
SW1	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	OFF	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
SW2	OFF	OFF	ON	ON	ON	OFF	ON	OFF	OFF	ON	OFF	ON	ON	ON
SW3	ON	ON	OFF	OFF	ON	OFF	ON	ON	OFF	OFF	ON	ON	OFF	ON
S1	ON	OFF	ON	OFF	ON	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	OFF

Excitation Mode			Decay Setting		
Step	S3	S4		S5	S6
whole	OFF	OFF	0%	OFF	OFF
half	ON	OFF	25%	ON	OFF
1/8	ON	ON	50%	OFF	ON
1/16	OFF	ON	100%	ON	ON

การต่อวงจรขับมอเตอร์สเต็ปป์ TB6560 แสดงดังรูปที่ 2.14



Tb6560 stepping motor driver v20



Warnings:

1. Check the connection twice! The Tb6560 chipset can be damaged if the motor or the power supply are not connected properly.
2. Dont apply a motor that its rated current is more than 3A to this driver.
3. Do not set the current more than the motor rated current!

Wiring Terminal symbol	Description
+14V, GND	Power positive and negative
A+, A-	Motor phase A
B+, B-	Motor phase B
CLK+, CLK-	Pulse positive and negative
CW+, CW-	Direction positive and negative
EN+, EN-	Enable positive and negative

Note:

1. 6 input terminals, can be connected as common anode or cathode.
2. The normal input voltage is 5V, if it is more than 5V, than a series resistor is needed. This resistance is 1K case 12V and 2.2K case 24V.
3. when pulse is applied to CLK, the stepping motor will rotate, and stop when there is none, and the motor driver will change its current to the half current mode as setting to hold the motor still.
4. Motor rotate clockwise when CW is low level and counterclockwise when CW is high level.
5. Motor is enable when EN is low level and disable when EN is high level.

Running Current														
(A)	0.3	0.5	0.8	1	1.1	1.2	1.4	1.5	1.6	1.9	2	2.2	2.6	3
SW1	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	OFF	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
SW2	OFF	OFF	ON	ON	ON	OFF	ON	OFF	OFF	ON	OFF	ON	ON	ON
SW3	ON	ON	OFF	OFF	ON	OFF	ON	ON	OFF	OFF	ON	ON	OFF	ON
S1	ON	OFF	ON	OFF	ON	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	OFF	OFF

Stop Current	
	S2
20%	ON
50%	OFF

Excitation Mode		
Step	S3	S4
whole	OFF	OFF
1/1	ON	OFF
1/2	ON	ON
1/4	OFF	ON

Decay Setting		
	S5	S6
0%	OFF	OFF
25%	ON	OFF
50%	OFF	ON
100%	ON	ON



ภาคผนวก ข

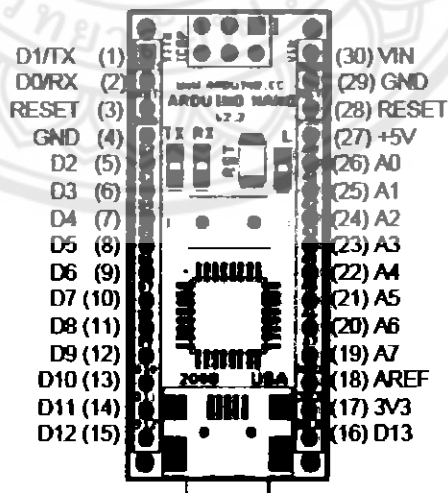
รายละเอียดข้อมูลของ ATmega328

มหาวิทยาลัยสุรินทร์

รายละเอียดของแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino nano ATmega 328P สำเร็จรูป

ไมโครคอนโทรลเลอร์	Atmel ATmega328P
Operating Voltage (logic level)	5 โวลต์
แรงดันไฟฟ้าขาเข้า(recommended)	7-12 โวลต์
แรงดันไฟฟ้าขาเข้า (limits)	6-20 โวลต์
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	8
DC Current per I/O Pin	40 มิลลิแอมป์
Flash Memory	32 KB (ATmega328) of which 2 KB used by bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Clock Speed	16 เมกะเฮิร์ตซ์
ขนาด	0.73 นิ้ว x 1.70 นิ้ว
ความยาว	45 มิลลิเมตร
ความกว้าง	18 มิลลิเมตร
น้ำหนัก	5 กรัม

ขบวนการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino nano ATmega 328P



ตารางที่ ข.1 ขาการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino nano ATmega 328P

Pin No.	Name	Type	Description
1-2, 5-16	D0-D13	I/O	Digital input/output port 0 to 13
3, 28	RESET	Input	Reset (active low)
4, 29	GND	PWR	Supply ground
17	3V3	Output	+3.3V output (from FTDI)
18	AREF	Input	ADC reference
19-26	A7-A0	Input	Analog input channel 0 to 7
27	+5V	Output or Input	+5V output (from on-board regulator) or +5V (input from external power supply)
30	VIN	PWR	Supply voltage



ATmega328 Datasheet, Pinout, Minimal Circuit, Maximum Frequency Calculator

The ATmegaXX8 family of AVR devices includes the ATmega48, ATmega88, ATmega168, and ATmega328. They are similar in that they have identical I/O. They have three timers - two 8-bit and one 16-bit. They differ in the amount of memory available, with flash memory size of from 4kB to 32kB. The devices are widely used in Arduino and Arduino clone boards. The difference between the A and PA (ATmega328 vs ATmega328P) is that the PA parts are pico power. They can run at lower Vcc's than the A parts, thereby using much less power.

The most popular members of this family are the ATmega168 and the ATmega328. The ATmega168 was used in the midrange Arduino boards, after the ATmega8. The latest Arduino Uno uses the ATmega328. This is far and away the biggest hobbyist use of these devices. The ATmega48 is a little different - it does not support a bootloader section in flash. You can see the comparisons of the ATmega48 vs. ATmega88 vs. ATmega168 vs. ATmega328 below.

Power Supply vs. Maximum Frequency

The calculator below provides a way to find the maximum operating frequency for any valid power supply voltage (2.7 to 5.5). Enter the power supply voltage and click "Calculate Max Frequency" to find the ATmegaXX8's specified maximum clock speed at your Vcc.

Characteristic	Value
Power Consumption (approximate)	0.6mA/MHz
Maximum I/O Current (per pin)	40mA
Maximum I/O Current (all ports)	100mA(low)/150mA(high)
Maximum I/O Current (total)	200mA (PDIP)
Maximum I/O Current (total)	400mA (PDIP/QFP/MLF)

ATmega48/ATmega88/ATmega168/ATmega328 Features				
Feature	48	88	168	328
Flash	4k	8k	16k	32k
EEPROM	0.5k	0.5k	1k	2k
RAM	0.5k	1k	1k	2k
I/O Pins	23			
Interrupts	26			
USARTS	1			
USI	0			
SPI	1			
TWI	1			
ADC Channels	6 ⁽¹⁾			
RT Counter (w/osc)	0			
Timers (8-bit)	2			
Timers (16-bit)	1			
PWM (8-bit)	4			
PWM (16-bit)	2			

ATmega48/ATmega88/ATmega168/ATmega328 Pinout

ATmega328P-PU

(PCINT14/RESET) PC8	1	28	PC5 (ADC5/SCL/PCINT13)	A5
(PCINT16/RXD) PD0	2	27	PC4 (ADC4/SDA/PCINT12)	A4
(PCINT17/TXD) PD1	3	26	PC3 (ADC3/PCINT11)	A3
(PCINT18/INT0) PD2	4	25	PC2 (ADC2/PCINT10)	A2
(PCINT19/OC2B/INT1) PD3	5	24	PC1 (ADC1/PCINT9)	A1
(PCINT20/XCK/T0) PD4	6	23	PC0 (ADC0/PCINT8)	A0
VCC	7	22	GND	
GND	8	21	AREF	
(PCINT6/XTAL1/TOSC1) PB6	9	20	AVCC	
(PCINT7/XTAL2/TOSC2) PB7	10	19	PB5 (SCK/PCINT6)	D13
(PCINT21/OC0B/T1) PD5	11	18	PB4 (MISO/PCINT4)	D12
(PCINT22/OC0A/AIN0) PD6	12	17	PB3 (MOSI/OC2A/PCINT3)	D11
(PCINT23/AIN1) PD7	13	16	PB2 (SS/OC1B/PCINT2)	D10
(PCINT0/CLKO/CP1) PB0	14	15	PB1 (DC1A/PCINT1)	D9

AVRProgrammers.com

ATmega328P-AU

(PCINT19/OC2B/INT1) PD3	32	31	30	29	28	27	26	25	24	PC1 (ADC1/PCINT9)
(PCINT20/XCK/T0) PD4	2								23	PC0 (ADC0/PCINT8)
GND	3								22	ADC7
VCC	4								21	GND
GND	5								20	AREF
VCC	6								19	ADC8
(PCINT6/XTAL1/TOSC1) PB6	7								18	AVCC
(PCINT7/XTAL2/TOSC2) PB7	8								17	PB5 (SCK/PCINT6)
(PCINT21/OC0B/T1) PD5	9	10	11	12	13	14	15	16		
(PCINT22/OC0A/AIN0) PD6										
(PCINT23/AIN1) PD7										
(PCINT0/CLKO/CP1) PB0										
(PCINT1/DC1A) PB1										
(PCINT2/SS/OC1B) PB2										
(PCINT3/OC2A/MOSI) PB3										
(PCINT4/MISO) PB4										

AVRProgrammers.com

ATmega48/ATmega88/ATmega168/ATmega328 "Minimal" Circuit Diagram

The circuit below shows a programming port, reset circuit, and a crystal oscillator. Any or all of these could be left off and the device would function perfectly well. By default the unit runs from the 8MHz internal RC oscillator divided by 8, for a 1MHz system clock.

