

การศึกษาเพื่อติดตามดวงอาทิตย์โดยการคำนวณ
A Study of Solar Tracking by Calculation



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาเพื่อติดตามดวงอาทิตย์โดยการคำนวณ
A Study of Solar Tracking by Calculation



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A Study of Solar Tracking by Calculation



THANALAK MATUROSMONTREE
WITCHAYOOT PRAKHOBHOOK
APIRAK FAKTONG

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN INSTRUMENTATION ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2022

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2565

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญาานิพนธ์

.....

หัวข้อปริญญาานิพนธ์ การศึกษาเพื่อติดตามดวงอาทิตย์โดยการคำนวณ
A Study of Solar Tracking by Calculation

นักศึกษาผู้จัดทำ นางสาวนาถลักษณ์ มธุรสมนตรี รหัสนักศึกษา 64015062
 นายวิษุทธิ์ ประกอบสุข รหัสนักศึกษา 64015131
 นายอภิรักษ์ ฟักทอง รหัสนักศึกษา 64015162

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขา วิศวกรรมการวัดคุม (หลักสูตรต่อเนื่อง)
ปีการศึกษา 2565

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาานิพนธ์	ลายมือชื่อ
รองศาสตราจารย์วิริยะ กองรัตน์	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การศึกษาเพื่อติดตามดวงอาทิตย์โดยการคำนวณ A Study of Solar Tracking by Calculation		
นักศึกษาผู้จัดทำ	นางสาวธนาลักษณ์ มธุรสมนตรี	รหัสนักศึกษา	64015062
	นายวิษุวัตม์ ประกอบสุข	รหัสนักศึกษา	64015131
	นายอภิรักษ์ พิภทอง	รหัสนักศึกษา	64015162
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์วิริยะ กองรัตน์		
ปีการศึกษา	2565		

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการศึกษา การใช้สมการในการติดตามการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ สร้างชิ้นงาน Model Solar Tracking เพื่อเปรียบเทียบการรับค่าแรงดันไฟฟ้า กับการติดตั้งแผง Solar Cell แบบอยู่กับที่ ทำการเก็บค่าแรงดันไฟฟ้า เป็นเวลา 7 วัน แล้วทำการเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้า สรุปผลการติดตั้ง Solar Cell จากการทดลองทำให้เห็นได้ว่า Model Solar Tracking และการติดตั้งโซล่าเซลล์แบบอยู่กับที่ มีค่าพลังงานที่แตกต่างกัน โดยแบบ Model Solar Tracking มีค่าแรงดันไฟฟ้าที่มากกว่า และมีความเสถียรของค่าแรงดันไฟฟ้าแต่ละวันแตกต่างกัน โดยแบบ Model Solar Tracking มีลักษณะกราฟที่คล้ายเส้นตรง ส่วนการติดตั้งโซล่าเซลล์แบบอยู่กับที่ มีลักษณะเป็นเส้นโค้ง

Thesis Title	A Study of Solar Tracking by Calculation	
Authors	Ms.Thanalak	Maturosmontree
	Mr.Witchayoot	Prakhobsook
	Mr.Apirak	Faktong
Thesis Advisor	Assoc.Prof.Viriya Kongratana	
Year	2022	

ABSTRACT

This dissertation is a study. Using equations to track the movement of the sun, create a Model Solar Tracking piece to compare receiving voltage values. with the installation of stationary Solar Cell panels Collect voltage values for 7 days and then compare the voltage values. Summary of the results of the Solar Cell installation. From the experiment, it can be seen that Model Solar Tracking and stationary solar cell installation There are different energy values, with Model Solar Tracking having a higher voltage value. and the stability of the voltage values each day is different. The Model Solar Tracking model has a graph that is similar to a straight line. As for installing stationary solar cells It looks like a curve.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดีเพราะคำแนะนำจาก รองศาสตราจารย์วิริยะ กองรัตน์ และคณาจารย์ทุกท่านของภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุมที่ช่วยแนะนำ จัดหาและให้คำแนะนำในเนื้อหาวิชาการรวมถึงสิ่งสำคัญอันเป็นประโยชน์ต่อการจัดทำปริญญานิพนธ์ในครั้งนี้ รวมถึงอุปกรณ์ที่จำเป็นต่อโครงการมากมาย คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณคณะผู้จัดทำ นักศึกษาวิศวกรรมการวัดและควบคุมที่คอยช่วยเหลือระหว่างการทำโครงการที่อาจพบเรื่องผิดพลาดและข้อบกพร่อง และช่วยกันแก้ไขปัญหาไปด้วยกันและผ่านพ้นไปได้ด้วยดี

และที่ลืมไม่ได้เสีย ทางคณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณครอบครัวของคณะผู้จัดทำ ทุกคนที่ช่วยสนับสนุนและเป็นแรงบันดาลใจในการทำปริญญานิพนธ์จนประสบผลสำเร็จเช่นนี้ได้

คุณค่าและคุณประโยชน์จากการทำปริญญานิพนธ์ในครั้งนี้ ผู้จัดทำขอขอบแต่ผู้มีพระคุณทุกท่านที่มีส่วนช่วยในโครงการชิ้นนี้ประสบผลสำเร็จ

คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

เรื่อง	หน้าที่
บทคัดย่อ.....	I
Abstract.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	IX
สารบัญรูป.....	X
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญของปริญญาานิพนธ์.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญาานิพนธ์.....	1
1.3 ขอบเขตของปริญญาานิพนธ์.....	1
1.4 ขั้นตอนการศึกษา.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ.....	3
2.1 ทฤษฎีการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์.....	3
2.1.1 Local Solar Time (LST) and Local Time (LT).....	4
2.1.2 Local Standard Time Meridian (LSTM).....	4
2.1.3 Equation of Time (EoT).....	4
2.1.4 Time Correction Factor (TC).....	5
2.1.5 Local Solar Time (LST).....	5
2.1.6 Hour Angle (HRA).....	5
2.1.7 Local Time to Local Solar Time Calculator.....	6
2.1.8 Declination Angle.....	6
2.1.9 Alternate Formulations.....	7
2.2 Elevation Angle.....	8
2.2.1 Zenith Angle.....	9
2.2.2 Sunrise and Sunset.....	9
2.3 Azimuth Angle.....	10
2.4 Solar Radiation on a Tilted Surface.....	10
2.5 Arbitrary Orientation and Tilt.....	12

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้าที่
2.6 กำลังไฟฟ้า (Electric Power).....	12
2.7 อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง.....	13
2.7.1 Arduino UNO R3.....	13
2.7.2 Servo motor.....	14
2.7.2.1 กลไกการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์.....	14
2.7.2.2 หลักการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์.....	15
2.7.2.3 การเชื่อมต่อเซอร์โวมอเตอร์กับไมโครคอนโทรลเลอร์.....	15
2.7.2.4 การควบคุมเซอร์โวมอเตอร์.....	16
2.7.3 RTC real time clock module.....	17
2.7.4 GY-271 (HMC5883L) 3-Axis Digital Compass IC.....	17
2.7.5 โซลาร์เซลล์ (Solar Cell).....	18
2.7.5.1 หลักการทำงานของ โซลาร์เซลล์ (Solar Cell).....	18
2.7.5.2 ประเภทการติดตั้ง โซลาร์เซลล์ (Solar Cell).....	19
2.7.5.2.1 ระบบออนกริด (On-grid).....	19
2.7.5.2.2 ระบบไฮบริด (Hybrid System).....	19
2.7.5.2.3 ระบบออฟกริด (Off-grid) หรือระบบอิสระ.....	20
บทที่ 3 การออกแบบและวิธีการดำเนินการ.....	21
3.1 การออกแบบ.....	21
3.2 ส่วนของสมการ การหาค่า Azimuth angle และ Elevation angle.....	23
3.2.1 Solar Time.....	23
3.2.2 Azimuth angle และ Elevation angle.....	23
3.2.3 ขั้นตอนการคำนวณ.....	24
3.2.3.1 Application อ้างอิง.....	24
3.2.3.2 คำนวณค่า Solar time.....	25
3.2.3.3 คำนวณค่า Azimuth angle และ Elevation angle.....	27
3.3 ส่วนของการทำงานภายใน เป็นอุปกรณ์ควบคุม โปรแกรม เพื่อทำการคำนวณค่า ต่างๆ.....	28
3.3.1 คำนวณค่าสมการด้วย Arduino UNO R3 แบบกำหนดค่าช่วงเวลา.....	29

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้าที่
3.3.2 คำนวณค่าสมการด้วย Arduino UNO R3 แบบอ้างอิงจากเวลาและวันที่จริง.....	31
3.3.2.1 การออกแบบวงจร แบบอ้างอิงจากเวลาและวันที่จริง.....	31
3.3.2.2 โปรแกรมคำนวณสมการด้วย Arduino UNO R3 แบบอ้างอิงเวลาวันที่จริง.....	31
3.3.3 คำนวณค่าสมการด้วย Arduino UNO R3 แบบอ้างอิงจากเวลาและวันที่จริง เพื่อทำการควบคุมมอเตอร์.....	32
3.3.4 คำนวณค่าสมการด้วย Arduino UNO R3 แบบอ้างอิงจากเวลาและวันที่จริง เพื่อทำการควบคุมมอเตอร์ และเก็บผลค่าแรงดันไฟฟ้าเพื่อเปรียบเทียบลักษณะการติดตั้ง.....	33
3.4 ส่วนของการเก็บผลค่าแรงดันไฟฟ้าเพื่อนำมา เปรียบเทียบผลการทดลอง.....	34
3.4.1 การเก็บผลค่าแรงดันไฟฟ้า และส่งข้อมูลจาก ESP8266.....	34
3.4.1.1 โปรแกรมการเก็บผลค่าแรงดันไฟฟ้า และส่งข้อมูลจาก ESP8266.....	35
3.4.2 การเชื่อมต่อข้อมูลเพื่อทำการบันทึกค่าแรงดันไฟฟ้า.....	36
3.5 ส่วนของชิ้นงานและการแสดงผล คือ การแสดงค่าองศาของ Azimuth angle และ Elevation angle และการปรับตั้งค่า Longitude , Latitude.....	36
3.5.1 ส่วนฐานรับแผง Solar cell.....	37
3.5.2 ส่วนแขนรับแผง Solar cell.....	37
3.5.3 ส่วนของแผง Solar cell.....	38
3.5.4 ชิ้นงาน Solar Tracking.....	38
บทที่ 4 ผลการทดลอง.....	39
4.1 กล่าวนำ.....	39
4.2 การทดลองเปรียบเทียบค่ามุม Azimuth angle และ Elevation angle.....	39
4.2.1 การทดลองเปรียบเทียบค่ามุม Azimuth angle และ Elevation angle แบบระบุช่วงเวลา โดยคำนวณค่าของสมการด้วย Arduino UNO R3 และ Application.....	39

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้าที่
4.2.2 การทดลองเปรียบเทียบค่ามุม Azimuth angle และ Elevation angle แบบช่วงเวลาจริง โดยคำนวณค่าของสมการด้วย Arduino UNO R3 และ Application.....	40
4.2.3 การทดลองเปรียบเทียบค่ามุม Azimuth angle และ Elevation angle แบบช่วงเวลาจริง คำนวณค่าของสมการด้วย Arduino UNO R3 ควบคุมด้วย Sensor XYZ และ Application.....	41
4.3 การเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้า.....	42
4.3.1 การทดลองเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้า ตามช่วงเวลาจริง ระหว่างการติดตั้งแบบ Solar Tracking กับ Solar Cell แบบอยู่กับที่.....	42
4.3.2 การทดลองเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้า ตามช่วงเวลาจริง ระหว่างการติดตั้งแบบ Solar Tracking กับ Solar Cell แบบอยู่กับที่ เป็นเวลา 7 วัน.....	43
4.3.2.1 การทดลองเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้า ตามช่วงเวลาจริง ระหว่างการติดตั้งแบบ Solar Tracking กับ Solar Cell แบบอยู่กับที่ วันที่ 25 ตุลาคม พ.ศ.2566.....	43
4.3.2.2 การทดลองเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้า ตามช่วงเวลาจริง ระหว่างการติดตั้งแบบ Solar Tracking กับ Solar Cell แบบอยู่กับที่ วันที่ 26 ตุลาคม พ.ศ.2566.....	45
4.3.2.3 การทดลองเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้า ตามช่วงเวลาจริง ระหว่างการติดตั้งแบบ Solar Tracking กับ Solar Cell แบบอยู่กับที่ วันที่ 28 ตุลาคม พ.ศ.2566.....	46
4.3.2.4 การทดลองเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้า ตามช่วงเวลาจริง ระหว่างการติดตั้งแบบ Solar Tracking กับ Solar Cell แบบอยู่กับที่ วันที่ 29 ตุลาคม พ.ศ.2566.....	47
4.3.2.5 การทดลองเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้า ตามช่วงเวลาจริง ระหว่างการติดตั้งแบบ Solar Tracking กับ Solar Cell แบบอยู่กับที่ วันที่ 30 ตุลาคม พ.ศ.2566.....	49
4.3.2.6 การทดลองเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้า ตามช่วงเวลาจริง ระหว่างการติดตั้งแบบ Solar Tracking กับ Solar Cell แบบอยู่กับที่ วันที่ 1 พฤศจิกายน พ.ศ.2566.....	50

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้าที่
4.3.2.7 การทดลองเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้า ตามช่วงเวลาจริง ระหว่างการติดตั้งแบบ Solar Tracking กับ Solar Cell แบบอยู่กับที่ วันที่ 2 พฤศจิกายน พ.ศ.2566.....	51
4.3.3 สรุปการทดลองเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้า ตามช่วงเวลาจริง ระหว่างการติดตั้งแบบ Solar Tracking กับ Solar Cell แบบอยู่กับที่ เป็นเวลา 7 วัน....	53
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ.....	55
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน.....	55
5.2 ปัญหาที่พบและแนวทางในการแก้ไขปัญหา.....	59
5.3 วิธีการแก้ปัญหา.....	59
5.4 ข้อเสนอแนะ.....	59
บรรณานุกรม.....	60
ภาคผนวก.....	61
ภาคผนวก ก รายการอุปกรณ์และงบประมาณ.....	62
ภาคผนวก ข คู่มือการใช้งาน.....	64
ภาคผนวก ค Model Solar Tracking.....	68
ภาคผนวก ง โปรแกรมหลัก.....	72

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้าที่
ตารางที่ 4.1 การทดลองเปรียบเทียบค่ามุม Azimuth angle และ Elevation angle แบบ ระบุช่วงเวลา โดยคำนวณค่าของสมการด้วย Arduino UNO R3 และ Application.....	39
ตารางที่ 4.2 การทดลองเปรียบเทียบค่ามุม Azimuth angle และ Elevation angle แบบ ช่วงเวลาจริง โดยคำนวณค่าของสมการด้วย Arduino UNO R3 และ Application.....	40
ตารางที่ 4.3 การทดลองเปรียบเทียบค่ามุม Azimuth angle และ Elevation angle แบบ ช่วงเวลาจริง คำนวณค่าของสมการด้วย Arduino UNO R3 ควบคุมด้วย Sensor XYZ และ Application.....	41
ตารางที่ 4.4 การทดลองเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้า ตามช่วงเวลาจริง ระหว่างการติดตั้งแบบ Solar Tracking กับ Solar Cell แบบอยู่กับที่.....	42
ตารางที่ 4.5 การทดลองเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้า ตามช่วงเวลาจริง ระหว่างการติดตั้งแบบ Solar Tracking กับ Solar Cell แบบอยู่กับที่ วันที่ 25 ตุลาคม พ.ศ.2566.....	43
ตารางที่ 4.6 การทดลองเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้า ตามช่วงเวลาจริง ระหว่างการติดตั้งแบบ Solar Tracking กับ Solar Cell แบบอยู่กับที่ วันที่ 26 ตุลาคม พ.ศ.2566.....	45
ตารางที่ 4.7 การทดลองเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้า ตามช่วงเวลาจริง ระหว่างการติดตั้งแบบ Solar Tracking กับ Solar Cell แบบอยู่กับที่ วันที่ 28 ตุลาคม พ.ศ.2566.....	46
ตารางที่ 4.8 การทดลองเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้า ตามช่วงเวลาจริง ระหว่างการติดตั้งแบบ Solar Tracking กับ Solar Cell แบบอยู่กับที่ วันที่ 29 ตุลาคม พ.ศ.2566.....	47
ตารางที่ 4.9 การทดลองเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้า ตามช่วงเวลาจริง ระหว่างการติดตั้งแบบ Solar Tracking กับ Solar Cell แบบอยู่กับที่ วันที่ 30 ตุลาคม พ.ศ.2566.....	49
ตารางที่ 4.10 การทดลองเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้า ตามช่วงเวลาจริง ระหว่างการติดตั้ง แบบ Solar Tracking กับ Solar Cell แบบอยู่กับที่ วันที่ 1 พฤศจิกายน พ.ศ.2566.....	50
ตารางที่ 4.11 การทดลองเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้า ตามช่วงเวลาจริง ระหว่างการติดตั้ง แบบ Solar Tracking กับ Solar Cell แบบอยู่กับที่ วันที่ 2 พฤศจิกายน พ.ศ.2566.....	51
ตารางที่ 4.12 สรุปการทดลองเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้า ตามช่วงเวลาจริง ระหว่างการ ติดตั้งแบบ Solar Tracking กับ Solar Cell แบบอยู่กับที่ เป็นเวลา 7 วัน.....	53
ตารางที่ ก.1 รายการอุปกรณ์และงบประมาณ.....	63

สารบัญรูป

รูปที่	หน้าที่
รูปที่ 2.1 เส้นทางของดวงอาทิตย์ในซีกโลกใต้.....	3
รูปที่ 2.2 Local Standard Time Meridian (LSTM).....	4
รูปที่ 2.3 Equation of Time (EoT).....	5
รูปที่ 2.4 Declination Angle.....	6
รูปที่ 2.5 กราฟแสดงผลการใช้สมการ.....	7
รูปที่ 2.6 Elevation Angle.....	8
รูปที่ 2.7 Zenith Angle.....	9
รูปที่ 2.8 Azimuth Angle.....	10
รูปที่ 2.9 การเอียงโมดูลไปที่แสงที่ส่องเข้ามาจะลดเอาต์พุตของโมดูล.....	11
รูปที่ 2.10 Arduino UNO R3.....	13
รูปที่ 2.11 Servo motor.....	14
รูปที่ 2.12 การเชื่อมต่อเซอร์โวมอเตอร์กับไมโครคอนโทรลเลอร์.....	15
รูปที่ 2.13 การควบคุมเซอร์โวมอเตอร์.....	16
รูปที่ 2.14 RTC real time clock module.....	17
รูปที่ 2.15 GY-271 (HMC5883L) 3-Axis Digital Compass IC.....	18
รูปที่ 2.16 หลักการทำงานของ โซลาร์เซลล์ (Solar Cell).....	18
รูปที่ 2.17 ระบบออนกริด (On-grid).....	19
รูปที่ 2.18 ระบบไฮบริด (Hybrid System).....	20
รูปที่ 2.19 ระบบออฟกริด (Off-grid) หรือระบบอิสระ.....	20
รูปที่ 3.1 โครงสร้างการออกแบบ.....	21
รูปที่ 3.2 Flow Chart แสดงขั้นตอนการทำงานของระบบทั้งหมด.....	22
รูปที่ 3.3 Application.....	24
รูปที่ 3.4 การคำนวณค่า Local Standard Time Meridian และ Equation of Time (EoT).....	25
รูปที่ 3.5 การคำนวณค่า Time Correction Factor (TC) และ Local Solar Time (LST).....	26
รูปที่ 3.6 การคำนวณค่า Local hour angle.....	26
รูปที่ 3.7 การคำนวณค่า Longitude , Latitude.....	27
รูปที่ 3.8 การคำนวณค่า Elevation angle.....	27
รูปที่ 3.9 การคำนวณค่า Azimuth angle.....	28
รูปที่ 3.10 โครงสร้างการออกแบบ.....	28

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้าที่
รูปที่ 3.11 ประกาศตัวแปรค่า Longitude , Latitude และเวลาวันที่.....	29
รูปที่ 3.12 การคำนวณสมการ Solar time.....	29
รูปที่ 3.13 การคำนวณสมการ Elevation angle.....	30
รูปที่ 3.14 การคำนวณสมการ Azimuth angle.....	30
รูปที่ 3.15 ผลการคำนวณหาค่า Azimuth angle และ Elevation angle.....	30
รูปที่ 3.16 วงจรชุด Controller Solar Tracking แบบอ้างอิงเวลาจริง.....	31
รูปที่ 3.17 โปรแกรมคำนวณสมการด้วย Arduino UNO R3 แบบอ้างอิงเวลาที่จริง.....	32
รูปที่ 3.18 วงจรชุด Controller Solar Tracking แบบควบคุมการหมุนเพื่อทำองศาของ Servo Motor.....	32
รูปที่ 3.19 วงจรชุด Controller Solar Tracking แบบเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้า.....	33
รูปที่ 3.20 ส่งข้อมูลจาก ESP8266 ไปยัง Apps Script เพื่อไปเก็บใน Google sheet.....	34
รูปที่ 3.21 วงจรชุด Controller Solar Tracking แบบเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้า.....	34
รูปที่ 3.22 การประกาศตัวแปรในส่วนของ ESP8266.....	35
รูปที่ 3.23 การกำหนดส่วนข้อมูล และการบันทึกข้อมูล.....	35
รูปที่ 3.24 Apps Script.....	36
รูปที่ 3.25 ส่วนฐานรับแผง Solar cell.....	37
รูปที่ 3.26 ส่วนแขนรับแผง Solar cell.....	37
รูปที่ 3.27 ส่วนของแผง Solar cell.....	38
รูปที่ 3.28 ชิ้นงาน Solar Tracking.....	38
รูปที่ 4.1 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้า.....	43
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้า วันที่ 25 ตุลาคม พ.ศ.2566.....	44
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้า วันที่ 26 ตุลาคม พ.ศ.2566.....	46
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้า วันที่ 28 ตุลาคม พ.ศ.2566.....	47
รูปที่ 4.5 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้า วันที่ 29 ตุลาคม พ.ศ.2566.....	48
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้า วันที่ 30 ตุลาคม พ.ศ.2566.....	50
รูปที่ 4.7 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้า วันที่ 1 พฤศจิกายน พ.ศ.2566.....	51
รูปที่ 4.8 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้า วันที่ 2 พฤศจิกายน พ.ศ.2566.....	52
รูปที่ 4.9 กราฟแสดงการสรุปการเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้า 7 วัน.....	54

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้าที่
รูปที่ ข.1 Mode ตั้งค่า.....	65
รูปที่ ข.2 ตั้งค่าค่า Longitude ในส่วนตัวเลข.....	65
รูปที่ ข.3 ตั้งค่าค่า Latitude ในส่วนตัวเลข.....	66
รูปที่ ข.4 ตั้งค่าหมาย \pm Longitude.....	66
รูปที่ ข.5 ตั้งค่าหมาย \pm Latitude.....	67
รูปที่ ข.6 หน้า Home.....	67
รูปที่ ค.1 วงจรชุด Controller Solar Tracking แบบควบคุมการหมุนทำองศาของ Servo Motor.....	69
รูปที่ ค.2 Model Solar Tracking เพื่อทดสอบการทำมุมตามองศาของ Servo Motor.....	69
รูปที่ ค.3 วงจร Controller Solar Tracking เพื่อทดสอบและเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้า.....	70
รูปที่ ค.4 Model Solar Tracking เพื่อทดสอบและเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้า 5 V.....	70
รูปที่ ค.5 วงจร Controller Solar Tracking เพื่อทดสอบและเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้า.....	71
รูปที่ ค.6 Model Solar Tracking เพื่อทดสอบและเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้า 20 V.....	71

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญของปริญญานิพนธ์

พลังงานที่มนุษย์ใช้เป็นสิ่งอำนวยความสะดวกในชีวิตประจำวันคือ พลังงานปิโตรเลียม โดยเฉพาะพลังงานจากน้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งในปัจจุบันมีความต้องการใช้น้ำมันเป็นจำนวนมาก แต่ปริมาณน้ำมันมีจำนวนจำกัดทำให้น้ำมันดิบในตลาดโลกราคาสูงขึ้นมากและมีความผันผวนตามสถานการณ์ทางเศรษฐกิจและการเมืองของโลกและนอกจากปริมาณการใช้น้ำมันอาจจะไม่เพียงพอและคาดว่าจะไม่เกิน 40 ปี

จากปัญหาในเรื่องการใช้พลังงานหลักอย่างปิโตรเลียม ทำให้มนุษย์พยายามที่จะคิดค้นแหล่งพลังงานทางเลือกอื่นๆ ที่ประหยัด สามารถนำมาใช้งานได้ใหม่ หรือไม่มีวันหมดสิ้น โดยในปัจจุบันมีการนำมาใช้จริงแล้ว เช่น พลังงานจากน้ำขึ้น-น้ำลง ของน้ำทะเล พลังงานความร้อนจากมหาสมุทร พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม และพลังงานความร้อนใต้พิภพ เป็นต้น แต่พลังงานที่กล่าวมาข้างต้นยังมีข้อจำกัดในการพัฒนา เช่น ราคาแพง ใช้เวลาในการก่อสร้างนาน ไม่สามารถดึงพลังงานมาใช้ได้อย่างคุ้มค่า หรือบางประเทศไม่มีศักยภาพของแหล่งพลังงานบางชนิด

ทางคณะผู้จัดทำจึงได้ยกเรื่องพลังงานแสงอาทิตย์ ในส่วนของการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ส่วนใหญ่จะติดตั้งที่ทำมุมกับฐาน 15° - 18° ซึ่งจะมีมุมที่ไม่ได้พลังงานแสงอาทิตย์สูงสุดตลอดเวลา ดังนั้นคณะผู้จัดทำจึงทำการศึกษาเพื่อติดตามการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์โดยการคำนวณ โดยจะติดตามการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์และสามารถเพิ่มกำลังการผลิตหรือกำลังสูงสุดที่ตั้งฉากกับดวงอาทิตย์ตลอดเวลาหรือใกล้เคียงที่สุด

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

- 1.2.1 เพื่อศึกษาการติดตามดวงอาทิตย์โดยการคำนวณ
- 1.2.2 เพื่อวิเคราะห์แรงดันไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์ เมื่อมีการติดตามตำแหน่งของดวงอาทิตย์
- 1.2.3 เพื่อให้โซลาร์เซลล์ได้ใช้ประสิทธิภาพในการรับพลังงานจากแสงอาทิตย์ได้มากขึ้น

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

- 1.3.1 เพื่อศึกษาการติดตามดวงอาทิตย์เมื่อเทียบกับการคำนวณ
- 1.3.2 สร้างและออกแบบโปรแกรมจำลองการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์
- 1.3.3 ได้รับข้อมูลประกอบในการตัดสินใจ ตำแหน่งการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขั้นตอนการศึกษา

- 1.4.1 ศึกษาหลักการสมการการคำนวณค่า Azimuth angle และ Elevation angle
- 1.4.2 ศึกษาทฤษฎีการเคลื่อนที่ระหว่างดวงอาทิตย์และโลก
- 1.4.3 ศึกษาหลักการสมการการคำนวณค่า Azimuth angle และ Elevation angle
- 1.4.4 ศึกษาระบบและประเภทการใช้งานโซลาร์เซลล์
- 1.4.5 ศึกษาการออกแบบวิธีการติดตั้งโซลาร์เซลล์



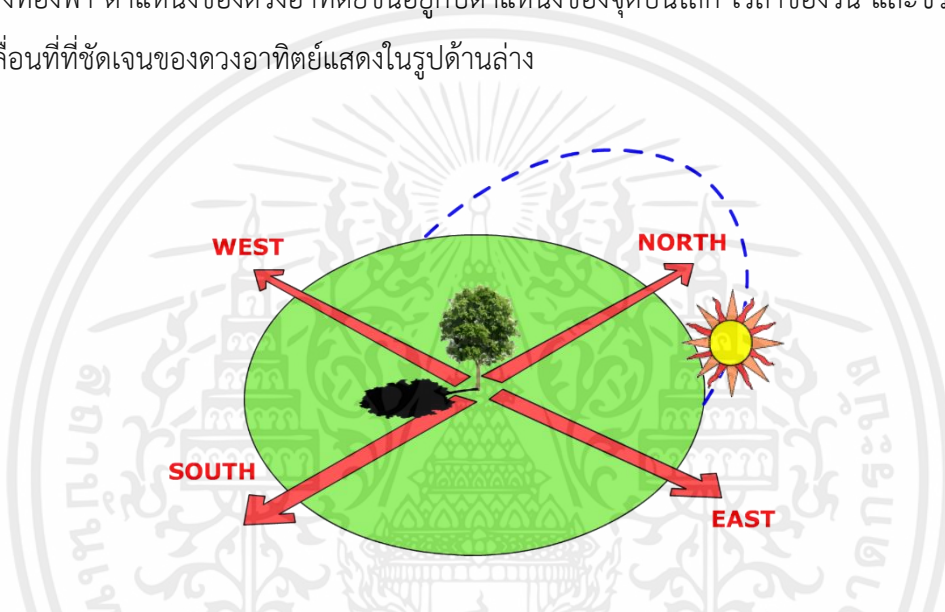
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ทฤษฎีการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์

การเคลื่อนที่ที่ชัดเจนของดวงอาทิตย์ซึ่งเกิดจากการหมุนรอบแกนของโลกจะเปลี่ยนมุมที่ส่วนประกอบของแสงโดยตรงจะตกกระทบโลก จากตำแหน่งคงที่บนโลก ดวงอาทิตย์ดูเหมือนจะเคลื่อนที่ไปทั่วทั้งท้องฟ้า ตำแหน่งของดวงอาทิตย์ขึ้นอยู่กับตำแหน่งของจุดบนโลก เวลาของวัน และช่วงเวลาของปี การเคลื่อนที่ที่ชัดเจนของดวงอาทิตย์แสดงในรูปด้านล่าง



รูปที่ 2.1 เส้นทางของดวงอาทิตย์ในซีกโลกใต้

การเคลื่อนที่ที่ชัดเจนของดวงอาทิตย์มีผลกระทบอย่างมากต่อปริมาณพลังงานที่ได้รับจากแผ่รังสีแสงอาทิตย์ เมื่อรังสีของดวงอาทิตย์ตั้งฉากกับพื้นผิวที่ดูดซับ ความหนาแน่นของพลังงานบนพื้นผิวจะเท่ากับ ความหนาแน่นของพลังงานที่ตกกระทบ อย่างไรก็ตาม เมื่อมุมระหว่างดวงอาทิตย์และพื้นผิวที่ดูดซับเปลี่ยนไป ความเข้มของพื้นผิวจะลดลง เมื่อโมดูลขนานกับแสงอาทิตย์ (และมุมปกติของโมดูล = 90°) ความเข้มของแสงจะลดลงเป็นศูนย์ สำหรับมุมตรงกลาง ความหนาแน่นของพลังงานสัมพันธ์คือ $\cos(\theta)$ โดยที่ θ คือมุมระหว่างรังสีดวงอาทิตย์กับโมดูลปกติ มุมระหว่างดวงอาทิตย์กับตำแหน่งคงที่บนโลกขึ้นอยู่กับตำแหน่งเฉพาะ (ลองจิจูดของตำแหน่งนั้น) ช่วงเวลาของปีและช่วงเวลาของวัน นอกจากนี้ เวลาที่ดวงอาทิตย์ขึ้นและตกขึ้นอยู่กับลองจิจูดของสถานที่นั้นด้วย ดังนั้น การสร้างแบบจำลองมุมของดวงอาทิตย์ไปยังตำแหน่งคงที่บนพื้นโลกอย่างสมบูรณ์จึงต้องอาศัยละติจูด ลองจิจูด วันของปี และเวลาของวัน

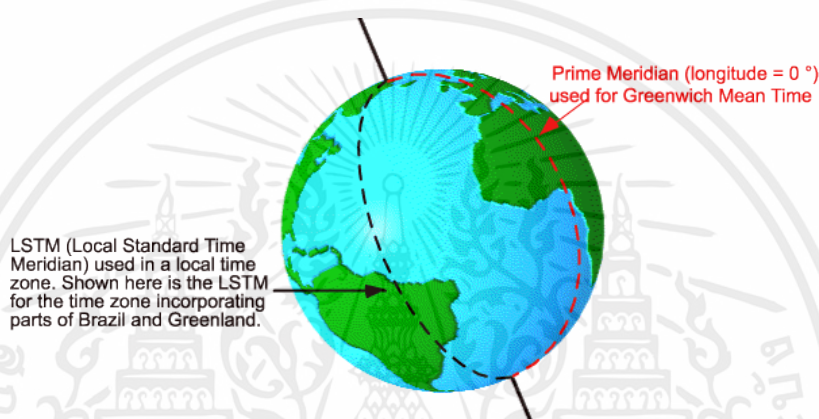
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 Local Solar Time (LST) and Local Time (LT)

12.00 น. ตามเวลาสุริยะท้องถิ่น (LST) หมายถึงเวลาที่ดวงอาทิตย์อยู่สูงสุดบนท้องฟ้า เวลาท้องถิ่น (LT) มักจะแตกต่างจาก LST เนื่องจากความเยื้องศูนย์กลางของวงโคจรของโลก และเนื่องจากการปรับโดยมนุษย์ เช่น โซนเวลาและการปรับเวลาตามฤดูกาล

2.1.2 Local Standard Time Meridian (LSTM)

เส้นเมริเดียนเวลามาตรฐานท้องถิ่น (LSTM) เป็นเส้นเมริเดียนอ้างอิงที่ใช้สำหรับเขตเวลาหนึ่งๆ และคล้ายกับเส้นเมริเดียนหลักซึ่งใช้สำหรับเวลามาตรฐานกรีนิช LSTM มีภาพประกอบด้านล่าง



รูปที่ 2.2 Local Standard Time Meridian (LSTM)

(LSTM) คำนวณตามสมการ

$$LSTM = 15^\circ \Delta T_{UTC}$$

โดยที่ ΔT_{UTC} คือความแตกต่างของเวลาท้องถิ่น (LT) จากเวลาพิกัดสากล (UTC) ในหน่วยชั่วโมง ΔT_{UTC} เท่ากับโซนเวลาด้วย $15^\circ = 360^\circ/24$ ชม. ตัวอย่างเช่น ซิดนีย์ ออสเตรเลียคือ UTC +10 ดังนั้นเส้นเมริเดียนเวลามาตรฐานท้องถิ่นคือ $150^\circ E$ ฟีนิกซ์ สหรัฐอเมริกาคือ UTC -7 ดังนั้น LSTM คือ $105^\circ W$

2.1.3 Equation of Time (EoT)

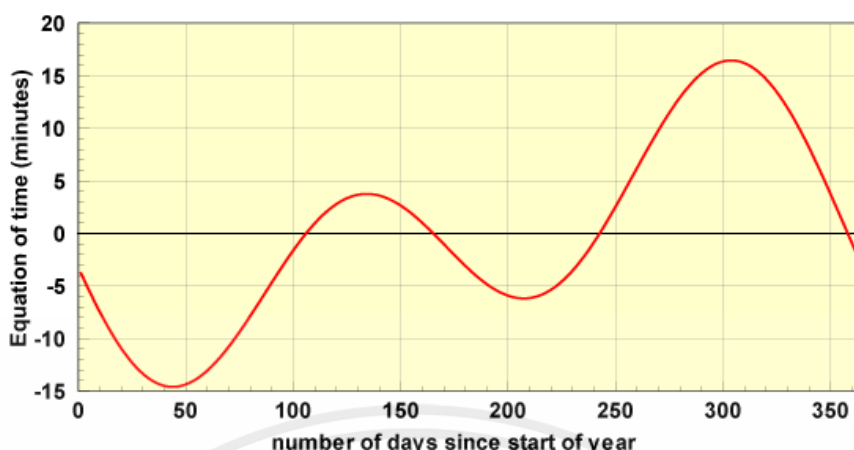
สมการเวลา (EoT) (เป็นนาฬิกา) เป็นสมการเชิงประจักษ์ที่แก้ไขความเยื้องศูนย์กลางของวงโคจรของโลกและความเอียงตามแกนของโลก ค่าประมาณ 2 ที่ถูกต้องภายใน $\frac{1}{2}$ นาทีคือ:

$$EoT = 9.87 \sin(2B) - 7.53 \cos(B) - 1.5 \sin(B)$$

$$\text{เมื่อ } B = \frac{360}{365} (d - 81)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีหน่วยเป็นองศา และ d คือจำนวนวันนับตั้งแต่ต้นปี EoT การแก้ไขเวลาจะแสดงในรูปด้านล่าง



รูปที่ 2.3 Equation of Time (EoT)

2.1.4 Time Correction Factor (TC)

ปัจจัยการแก้ไขเวลาสุริยคติ (หน่วยเป็นนาที) จะพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงของเวลาสุริยคติท้องถิ่น (LST) ภายในเขตเวลาที่กำหนด เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของลองจิจูดภายในเขตเวลา และยังรวม EoT ข้างต้นไว้ด้วย

$$TC = 4(\text{Longitude} - LSTM) + EoT$$

ปัจจัยของ 4 นาที มาจากการที่โลกหมุนรอบตัวเอง 1° ทุกๆ 4 นาที

2.1.5 Local Solar Time (LST)

เวลาสุริยคติท้องถิ่น (LST) สามารถพบได้โดยใช้การแก้ไขสองครั้งก่อนหน้าเพื่อปรับเวลาท้องถิ่น (LT)

$$LST = LT + \frac{TC}{60}$$

2.1.6 Hour Angle (HRA)

มุมชั่วโมงแปลงเวลาสุริยคติท้องถิ่น (LST) เป็นจำนวนองศาที่ดวงอาทิตย์เคลื่อนผ่านท้องฟ้า ตามค่านิยามมุมของชั่วโมงคือ 0° ในตอนเที่ยงวันสุริยคติ เนื่องจากโลกหมุนรอบตัวเอง 15° ต่อชั่วโมง แต่ละชั่วโมงที่ห่างจากเที่ยงวันสุริยคติจะสอดคล้องกับการเคลื่อนที่เชิงมุมของดวงอาทิตย์บนท้องฟ้า 15° ตอนเช้ามุมชั่วโมงเป็นลบ ตอนบ่ายมุมชั่วโมงเป็นบวก

$$HRA = 15^\circ(LST - 12)$$

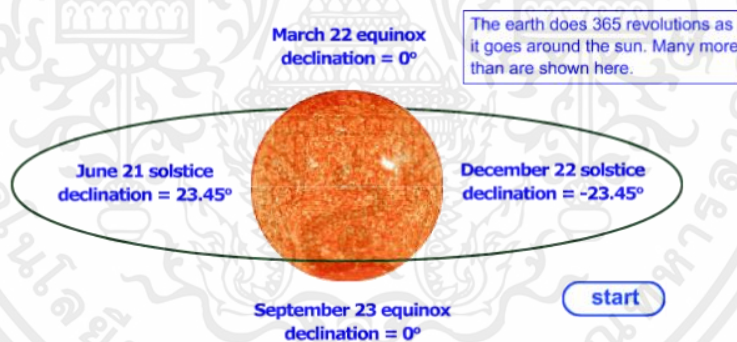
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.7 Local Time to Local Solar Time Calculator

การแปลง LT เป็น LST นั้นซับซ้อนตามเขตเวลาของโลก และไม่มี การแปลงจากสถานที่ เป็นเขตเวลาย่างๆ เครื่องคิดเลขด้านล่างใช้ Google เพื่อกำหนดเขตเวลาจากตำแหน่งที่ตั้ง โดยจะยอมรับ คำอธิบายใดๆ เช่น ที่อยู่ ชื่อเมือง รหัสสนามบิน จากนั้นจึงแสดงตำแหน่งบนแผนที่ นอกจากนี้ยังกำหนด เขตเวลาล่าสุดสำหรับสถานที่นั้น สถานที่ที่ใช้บ่อยที่สุดจะสันนิษฐานว่า "ปารีส" จะเป็นปารีส ประเทศ ฝรั่งเศส ในขณะที่ "ปารีส เท็กซัส" จะเป็นปารีสในรัฐเท็กซัสของสหรัฐอเมริกาป้อนตำแหน่งด้านบนเพื่อรับ ลองจุดและเขตเวลา เมื่อกำหนดเขตเวลาแล้ว ละติจูดก็ไม่จำเป็นเมื่อคำนวณเวลาสุริยะท้องถิ่น นอกจากนี้ยังสามารถป้อนลองจิจูดและเขตเวลาได้โดยตรงโดยไม่ต้องใช้การค้นหา ใช้เวลามาตรฐาน

2.1.8 Declination Angle

มุมเอียงซึ่งแสดงด้วย δ จะแปรผันตามฤดูกาลเนื่องจากการเอียงของโลกตามแกนหมุน และการหมุนของโลกรอบดวงอาทิตย์ ถ้าโลกไม่เอียงตามแกนหมุน ความเอียงจะเป็น 0° เสมอ อย่างไรก็ตาม โลกเอียง 23.45° และมุมเอียงจะแปรผันบวกหรือลบกับจำนวนนี้ เฉพาะที่จุดวิษุวัตในฤดูใบไม้ผลิและ ฤดูใบไม้ร่วงเท่านั้นที่มุมเอียงเท่ากับ 0° การหมุนของโลกรอบดวงอาทิตย์และการเปลี่ยนแปลงของมุมเอียง แสดงในภาพเคลื่อนไหวด้านล่าง



รูปที่ 2.4 Declination Angle

การเอียงของดวงอาทิตย์คือมุมระหว่างเส้นศูนย์สูตรกับเส้นที่ลากจากจุดศูนย์กลางของโลกไปยังจุด ศูนย์กลางของดวงอาทิตย์ การเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลของมุมที่ลดลงจะแสดงในภาพเคลื่อนไหวด้านล่าง มุมเอียงสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\delta = -23.45^\circ \times \cos \left[\frac{360}{365} \times (d + 10) \right]$$

โดยที่ d คือวันของปี โดยวันที่ 1 มกราคมเป็น $d = 1$

การลดลงเป็นศูนย์ที่จุดวิษุวัต (22 มีนาคมและ 22 กันยายน) เป็นค่าบวกในช่วงฤดูร้อนของซีกโลกเหนือ และค่าลบในช่วงฤดูหนาวของซีกโลกเหนือ การลดลงถึงจุดสูงสุดที่ 23.45° ในวันที่ 22 มิถุนายน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ครีษมายันในซีกโลกเหนือ) และต่ำสุดที่ -23.45° ในวันที่ 21-22 ธันวาคม (ครีษมายันในซีกโลกเหนือ) ในสมการข้างต้น ค่า +10 มาจากข้อเท็จจริงที่ว่าครีษมายันเกิดขึ้นก่อนเริ่มต้นปี สมการนี้ยังถือว่าวงโคจรของดวงอาทิตย์เป็นวงกลมที่สมบูรณ์แบบ และปัจจัยของ $360/365$ จะแปลงจำนวนวันเป็นตำแหน่งในวงโคจร

2.1.9 Alternate Formulations

นอกจากนี้ยังสามารถกำหนดมุมเอียงด้วยวิธีอื่นได้อีกด้วย ที่มาของมุมปฏิกษัตริ์ถือว่าวงโคจรเป็นวงกลมและให้ผลลัพธ์ต่อไปนี้

$$\sin \delta = \sin(-23.45^\circ) \cos \left[\frac{360}{365} (d + 10) \right]$$

ในหน่วยเรเดียน $\delta \approx \sin \delta$ สำหรับค่าเล็กๆ ของ δ ดังนั้น รากศัพท์จะลดค่าลงเป็นสมการที่ให้ไว้ในส่วนก่อนหน้า

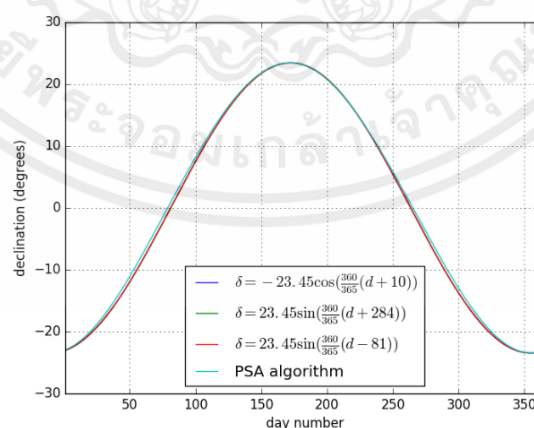
$$\delta = -23.45^\circ \times \cos \left[\frac{360}{365} (d + 10) \right]$$

ความแตกต่างระหว่างสมการทั้งสองมีน้อยมาก ($< 0.3^\circ$) ในขณะที่ข้อผิดพลาดในการปฏิกษัตริ์ที่แท้จริง (เช่น อัลกอริทึม PSA ด้านล่าง) สูงถึง 1° ดังนั้นสมการที่ง่ายกว่าจึงเป็นที่ต้องการเนื่องจากมีความแม่นยำเท่ากัน

$$\delta = 23.45^\circ \times \sin \left[\frac{360}{365} (d + 284) \right]$$

$$\delta = 23.45^\circ \times \sin \left[\frac{360}{365} (d - 81) \right]$$

มักใช้ในสมการ พวกเขาเรียกว่า equinoxes แทน ดังนั้นให้ใช้ sin แทน cos

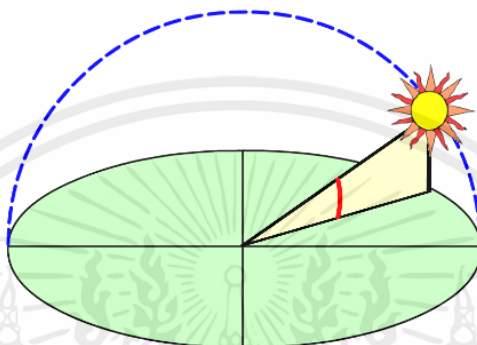


รูปที่ 2.5 กราฟแสดงผลการใช้สมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 Elevation Angle

มุมเงย (ใช้แทนกันได้กับมุมสูง) คือความสูงเชิงมุมของดวงอาทิตย์บนท้องฟ้าที่วัดจากแนวนอน ความสูงและระดับความสูงยังใช้เพื่ออธิบายความสูงเป็นเมตรเหนือระดับน้ำทะเล มุมเงยคือ 0° เมื่อพระอาทิตย์ขึ้น และ 90° เมื่อดวงอาทิตย์อยู่เหนือศีรษะโดยตรง (ซึ่งเกิดขึ้นเช่นที่เส้นศูนย์สูตรในฤดูใบไม้ผลิ และฤดูใบไม้ร่วง) มุมเงยจะแตกต่างกันไปตลอดทั้งวัน นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับละติจูดของสถานที่เฉพาะ และวันของปีด้วย



รูปที่ 2.6 Elevation Angle

จากรูปที่แล้ว สูตรสำหรับมุมเงยในเวลาเที่ยงวันสุริยะสามารถกำหนดได้ตามสูตร

$$\alpha = 90 + \varphi - \delta$$

เมื่อสมการข้างต้นให้ตัวเลขมากกว่า 90° ให้ลบผลลัพธ์ออกจาก 180° หมายความว่าดวงอาทิตย์ตอนเที่ยงวันสุริยะมาจากทางใต้ตามแบบฉบับของซีกโลกเหนือ

เมื่อ: φ คือละติจูดของตำแหน่งที่สนใจ (+ve สำหรับซีกโลกเหนือ และ -ve สำหรับซีกโลกใต้)

δ คือมุมเอียง ซึ่งขึ้นอยู่กับวันของปี

ที่ Tropic of Cancer ในวันครีษมายัน ดวงอาทิตย์อยู่เหนือศีรษะโดยตรงและมุมเงยคือ 90° ในฤดูร้อนที่ ละติจูดระหว่างเส้นศูนย์สูตรกับเส้นทรอปิกออฟแคนเซอร์ มุมเงยในตอนเที่ยงวันสุริยะมีค่ามากกว่า 90° หมายความว่าแสงอาทิตย์ส่องมาจากทางเหนือมากกว่าทางใต้ เช่นเดียวกับซีกโลกเหนือส่วนใหญ่ ใน ทำนองเดียวกัน ที่ละติจูดระหว่างเส้นศูนย์สูตรและเส้นทรอปิกออฟแคปรีคอร์น ในบางช่วงของปี แสงแดด จะตกกระทบจากทางใต้มากกว่าทางเหนือ แม้ว่าจะใช้มุมเงยสูงสุดแม้ในการออกแบบระบบ PV ที่เรียบง่าย แต่การจำลองระบบ PV ที่แม่นยำยิ่งขึ้นนั้นต้องการความรู้ว่ามุมเงยแตกต่างกันอย่างไรตลอดทั้งวัน

สามารถหาระดับความสูง α ได้โดยใช้สูตรต่อไปนี้

$$\alpha = \sin^{-1}[\sin\delta\sin\varphi + \cos\delta\cos\varphi\cos(HRA)]$$

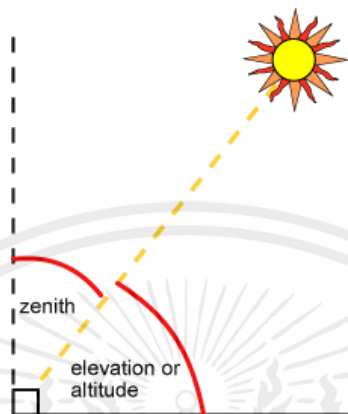
โดยที่ HRA คือมุมชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 Zenith Angle

มุมซีนิธคือมุมระหว่างดวงอาทิตย์กับแนวตั้ง มุมซีนิธคล้ายกับมุมเงย แต่วัดจากแนวตั้งมากกว่าแนวนอน จึงทำให้มุมซีนิธ = $90^\circ - \text{มุมเงย}$

$$\zeta = 90^\circ - \alpha$$



รูปที่ 2.7 Zenith Angle

2.2.2 Sunrise and Sunset

ในการคำนวณเวลาพระอาทิตย์ขึ้นและตก ระดับความสูงจะถูกตั้งค่าเป็นศูนย์ และสมการระดับความสูงด้านบนจะถูกจัดเรียงใหม่

$$\text{Sunries} = 12 - \frac{1}{15^\circ} \cos^{-1} \left(\frac{-\sin\phi\sin\delta}{\cos\phi\cos\delta} \right) - \frac{TC}{60}$$

$$\text{Sunset} = 12 + \frac{1}{15^\circ} \cos^{-1} \left(\frac{-\sin\phi\sin\delta}{\cos\phi\cos\delta} \right) - \frac{TC}{60}$$

สมการเหล่านี้สามารถทำให้ง่ายขึ้นได้ดังนี้

$$\text{Sunries} = 12 - \frac{1}{15^\circ} \cos^{-1}(-\tan\phi\tan\delta) - \frac{TC}{60}$$

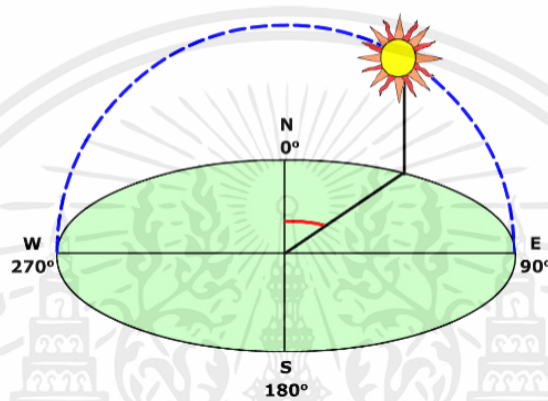
$$\text{Sunset} = 12 + \frac{1}{15^\circ} \cos^{-1}(-\tan\phi\tan\delta) - \frac{TC}{60}$$

โดยที่ TC คือช่วงเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 Azimuth Angle

มุมราบคือทิศทางของเข็มทิศที่แสงแดดส่องเข้ามา ในตอนเที่ยงวันสุริยะ ดวงอาทิตย์จะอยู่ทางทิศใต้เสมอในซีกโลกเหนือและอยู่ทางเหนือในซีกโลกใต้ มุมราบจะแตกต่างกันไปตลอดทั้งวันตามที่แสดงในภาพเคลื่อนไหวด้านล่าง ที่จุดวิษุวัต ดวงอาทิตย์จะขึ้นทางทิศตะวันออกโดยตรงและตกทางทิศตะวันตกโดยตรงโดยไม่คำนึงถึงละติจูด ดังนั้นการทำมุมราบทำมุม 90° เมื่อพระอาทิตย์ขึ้นและ 270° เมื่อพระอาทิตย์ตก อย่างไรก็ตาม โดยทั่วไปแล้ว มุมราบจะแปรผันตามละติจูดและเวลาของปี และสมการทั้งหมดสำหรับคำนวณตำแหน่งของดวงอาทิตย์ตลอดวัน



รูปที่ 2.8 Azimuth Angle

มุมราบคำนวณจากพารามิเตอร์ข้างต้น

$$Azimuth = \cos^{-1} \left[\frac{\sin \delta \cos \phi - \cos \delta \sin \phi \cos (HRA)}{\cos \alpha} \right]$$

โดยที่ α คือระดับความสูง ϕ คือละติจูด และ δ คือค่าความเอียง

สมการข้างต้นให้ Azimuth ที่ถูกต้องในช่วงเช้าของดวงอาทิตย์เท่านั้น

$$Azimuth = Azi, \text{ for } LST < 12 \text{ or } HRA < 0$$

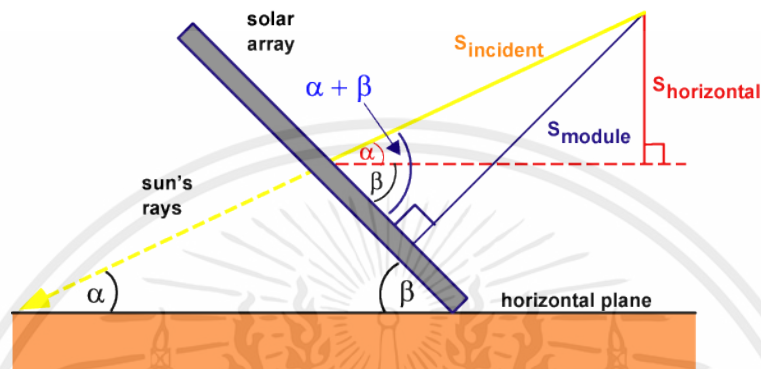
$$Azimuth = 360^\circ - Azi, \text{ for } LST > 12 \text{ or } HRA > 0$$

2.4 Solar Radiation on a Tilted Surface

เหตุการณ์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในโมดูล PV ไม่เพียงแต่ขึ้นอยู่กับกำลังไฟฟ้าที่มีอยู่ในแสงแดดเท่านั้น แต่ยังขึ้นอยู่กับมุมระหว่างโมดูลกับดวงอาทิตย์ด้วย เมื่อพื้นผิวดูดซับแสงและแสงอาทิตย์ตั้งฉากกัน ความหนาแน่นของพลังงานบนพื้นผิวจะเท่ากับความหนาแน่นของแสงอาทิตย์ (กล่าวคือ ความหนาแน่นของพลังงานจะสูงสุดเสมอเมื่อโมดูล PV ตั้งฉากกับดวงอาทิตย์) . อย่างไรก็ตาม เนื่องจากมุมระหว่างดวง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาทิตย์และพื้นผิวคงที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง ความหนาแน่นของพลังงานในโมดูล PV แบบคงที่ จึงน้อยกว่าของแสงแดดที่ตกกระทบ ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นผิวโมดูลที่เอียงเป็นส่วนประกอบของรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบซึ่งตั้งฉากกับพื้นผิวโมดูล รูปต่อไปนี้แสดงวิธีการคำนวณรังสีตกกระทบบนพื้นผิวที่เอียง (Smodule) โดยพิจารณาจากรังสีดวงอาทิตย์ที่วัดบนพื้นผิวแนวนอน (Shoriz) หรือรังสีดวงอาทิตย์ที่วัดในแนวตั้งฉากกับดวงอาทิตย์ (Sincident)



รูปที่ 2.9 การเอียงโมดูลไปที่แสงที่ส่องเข้ามาจะลดเอาต์พุตของโมดูล

สมการที่เกี่ยวข้องกับ Smodule, Shoriz และ Sincident คือ

$$S_{horizontal} = S_{incident} \sin \alpha$$

$$S_{module} = S_{incident} \sin (\alpha + \beta)$$

เมื่อ α คือมุมเงย และ β คือมุมเอียงของโมดูลที่วัดจากแนวนอน

สมการจาก Elevation Angle

$$\alpha = 90 + \phi - \delta$$

โดยที่ ϕ คือละติจูด และ δ คือมุมเอียง

สมการจากมุมเอียง

$$\delta = 23.45^\circ \times \sin \left[\frac{360}{365} (d + 284) \right]$$

โดยที่ d คือวันของปี โปรดทราบว่าจากคณิตศาสตร์อย่างง่าย (284+d) เทียบเท่ากับ (d-81) ซึ่งเคยใช้มาก่อน สมการสองสมการถูกใช้แทนกันได้

จากสมการเหล่านี้ ความสัมพันธ์ระหว่าง Smodule และ Shoriz สามารถกำหนดได้ดังนี้:

$$S_{module} = \frac{S_{horizontal} \sin (\alpha + \beta)}{\sin \alpha}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 Arbitrary Orientation and Tilt

สำหรับโมดูลที่ความเอียงและการวางแนวโดยพลการ สมการจะซับซ้อนขึ้นเล็กน้อย

$$S_{module} = S_{incident} [\cos(\alpha) \sin(\beta) \cos(\psi - \Theta) + \sin(\alpha) \cos(\beta)]$$

α คือมุมเงยของดวงอาทิตย์ และ Θ คือมุมราบของดวงอาทิตย์ β คือมุมเอียงของโมดูล โมดูลที่วางราบกับพื้นมี $\beta = 0^\circ$ และโมดูลแนวตั้งมี $\beta = 90^\circ$ ψ คือมุมราบที่โมดูลเผชิญ โมดูลส่วนใหญ่อยู่ในแนวเดียวกันเพื่อหันไปทางเส้นศูนย์สูตร โมดูลในซีกโลกใต้จะหันไปทางทิศเหนือโดยมี $\psi = 0^\circ$ และโมดูลในซีกโลกเหนือโดยทั่วไปจะหันไปทางทิศใต้โดยตรงโดยมี $\psi = 180^\circ$ S_{module} และ $S_{incident}$ เป็นความเข้มของแสงบนโมดูลและของแสงที่เข้ามาตามลำดับในหน่วย W/m^2 โดย $S_{incident}$ เป็นส่วนประกอบโดยตรงเท่านั้น โมดูลที่หันเข้าหาดวงอาทิตย์โดยตรงเพื่อให้รังสีที่เข้ามาตั้งฉากกับพื้นผิวโมดูลมีความเอียงของโมดูลเท่ากับมุมซีไนธของดวงอาทิตย์ ($90 - \alpha = \beta$) และมุมเอซิมัทของโมดูลเท่ากับมุมเอซิมัทของดวงอาทิตย์ ($\psi = \Theta$)

2.6 กำลังไฟฟ้า (Electric Power)

กำลังไฟฟ้า คือ พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปในเวลา 1 นาที มีหน่วยเป็นวัตต์ (w) หรือจูลต่อวินาที เขียนเป็นความสัมพันธ์ได้ว่า

$$\text{กำลังไฟฟ้า (วัตต์)} = \text{พลังงานไฟฟ้า (จูล)} / \text{เวลา (วินาที)}$$

เครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละชนิดจะใช้พลังงานไฟฟ้าต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดและขนาดของเครื่องใช้ไฟฟ้า ซึ่งทราบได้จากตัวเลขที่กำกับไว้บนเครื่องใช้ไฟฟ้า ที่ระบุทั้งความต่างศักย์ (V) และกำลังไฟฟ้า (W)

ตัวอย่าง หลอดไฟฟ้า มีตัวเลขกำกับว่า 220V 60W

220V หมายถึงหลอดไฟฟ้านี้ใช้กับความต่างศักย์ 220 โวลต์

ซึ่งเราต้องใช้ให้ตรงกับค่าความต่างศักย์ที่กำหนดมา

60W หมายถึงค่าของพลังงานไฟฟ้าที่หลอดไฟฟ้าใช้ไปในเวลา 1 วินาที

ซึ่งเรียกว่า กำลังไฟฟ้า การวัดพลังงานไฟฟ้า ใช้หน่วยเป็นจูล ตัวเลข 60W จึงหมายถึง ขณะเปิดไฟ หลอดไฟฟ้านี้จะใช้พลังงานไฟฟ้า 60 จูล ในเวลา 1 วินาที

กำลังไฟฟ้ามี่ค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านเครื่องใช้ไฟฟ้าและความต่างศักย์ที่เครื่องใช้ไฟฟ้านั้นต่ออยู่ โดยกำลังไฟฟ้ามี่ค่าเท่ากับผลคูณระหว่างความต่างศักย์กับกระแสไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$P = V \times I$$

ถ้า P แทนกำลังไฟฟ้ามีหน่วยเป็นวัตต์

V แทนความต่างศักย์มีหน่วยเป็นโวลต์

I แทนกระแสไฟฟ้ามีหน่วยเป็นแอมแปร์

ไฟฟ้าที่ใช้ในบ้านเรือนทั่วไปมีความต่างศักย์ 220 โวลต์ คงที่ ดังนั้นในการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ จะใช้พลังงานไฟฟ้ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับจำนวนชนิด ขนาดของเครื่องใช้ไฟฟ้า และระยะเวลาในการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้า การไฟฟ้าจะคิดเงินค่าพลังงานไฟฟ้าที่แต่ละบ้านใช้ไปโดยใช้เครื่องวัดติดตั้งไว้บนเสาไฟฟ้าหน้าบ้านของผู้ใช้ไฟฟ้า เรียกว่า กิโลวัตต์-ชั่วโมง มิเตอร์หรือมาตรไฟฟ้า ซึ่งวัดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปเป็นกิโลวัตต์-ชั่วโมง เรียกกันทั่วไปว่า หน่วยหรือยูนิต

2.7 อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง

2.7.1 Arduino UNO R3

Arduino UNO R3 เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่นที่เป็นที่นิยมอย่างมาก และใช้กันอย่างแพร่หลาย แนะนำสำหรับผู้เริ่มต้นหัดใช้งาน Arduino สามารถนำไปใช้งานพัฒนาโปรเจกต์ได้หลากหลาย เพราะบอร์ด Arduino รุ่น Uno มีช่องเสียบสายไฟต่าง ๆ ได้สะดวก รวมถึงมีอุปกรณ์อื่น รวมถึง Shield ต่างๆ ที่ทำมารองรับมากมาย และมี Library ที่ใช้งานง่าย Arduino UNO R3 รับไฟจาก Adapter โดยที่แรงดันอยู่ระหว่าง 7-12 V สามารถรับไฟจากทาง USB พอร์ตได้



รูปที่ 2.10 Arduino UNO R3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.2 Servo motor

เซอร์โวมอเตอร์เป็นมอเตอร์ประเภทหนึ่งที่สามารถหมุนได้อย่างแม่นยำ โดยปกติมอเตอร์ประเภทนี้จะประกอบด้วยวงจรรวมที่ให้พีคเกี่ยวกับตำแหน่งปัจจุบันของเพลามอเตอร์ ซึ่งพีคแบ็คนี้ช่วยให้เซอร์โวมอเตอร์หมุนได้อย่างแม่นยำ หากคุณต้องการหมุนวัตถุในมุมหรือระยะทางที่เฉพาะเจาะจงให้ใช้เซอร์โวมอเตอร์ มันถูกสร้างขึ้นจากมอเตอร์ธรรมดาที่ทำงานผ่านกลไกเซอร์โว ถ้ามอเตอร์ใช้พลังงานจากแหล่งจ่ายไฟ DC จะเรียกว่าเซอร์โวมอเตอร์ DC และถ้าเป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ จะเรียกว่าเซอร์โวมอเตอร์กระแสสลับ สำหรับบทความนี้ เราจะพูดถึงเฉพาะเกี่ยวกับการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์กระแสตรงเท่านั้น นอกเหนือจากการจำแนกประเภทหลักเหล่านี้แล้ว ยังมีเซอร์โวมอเตอร์ประเภทอื่นๆ อีกมากมายตามประเภทของการจัดเรียงเกียร์และลักษณะการทำงาน เซอร์โวมอเตอร์มักจะมาพร้อมกับการจัดเรียงเกียร์ที่ช่วยให้เราใช้เซอร์โวมอเตอร์แรงบิดสูงมากในแพ็คเกจขนาดเล็กและน้ำหนักเบา เนื่องจากคุณสมบัติเหล่านี้ จึงถูกนำไปใช้งานหลายอย่าง เช่น รถของเล่น เฮลิคอปเตอร์และเครื่องบินบังคับวิทยุ วิทยาการหุ่นยนต์ เป็นต้น พิกัดเซอร์โวมอเตอร์มีหน่วยเป็นกก./ชม. (กิโลกรัมต่อเซนติเมตร) เซอร์โวมอเตอร์สำหรับงานอดิเรกส่วนใหญ่จะพิกัดไว้ที่ 3 กก./ชม. หรือ 6 กก./ชม. หรือ 12 กก./ชม. กก./ชม. นี้บอกคุณว่าเซอร์โวมอเตอร์ของคุณสามารถยกน้ำหนักได้เท่าใดในระยะทางหนึ่งๆ ตัวอย่างเช่น: เซอร์โวมอเตอร์ขนาด 6 กก./ชม. ควรจะยกได้ 6 กก. หากโหลดถูกแขวนไว้ห่างจากเพลามอเตอร์ 1 ซม. ยิ่งระยะทางมากเท่าใดความสามารถในการรับน้ำหนักก็จะยิ่งน้อยลงเท่านั้น ตำแหน่งของเซอร์โวมอเตอร์ถูกกำหนดโดยพัลส์ไฟฟ้าและวงจรรวมเซอร์โวมอเตอร์



รูปที่ 2.11 Servo motor

2.7.2.1 กลไกการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์

ประกอบด้วยสามส่วน: อุปกรณ์ควบคุม เช่นเซอร์โวมอเตอร์ ระบบตอบรับ เป็นระบบวงปิดที่ใช้ระบบตอบรับเชิงบวกเพื่อควบคุมการเคลื่อนไหวและตำแหน่งสุดท้ายของเพลลา ที่นี้ อุปกรณ์ถูกควบคุมโดยสัญญาณตอบรับที่สร้างขึ้นโดยการเปรียบเทียบสัญญาณเอาต์พุตและสัญญาณอินพุตอ้างอิง ในที่นี้ สัญญาณอินพุตอ้างอิงจะถูกเปรียบเทียบกับสัญญาณเอาต์พุตอ้างอิง และสัญญาณที่สามสร้างโดยระบบป้อนกลับ และสัญญาณที่สามนี้ทำหน้าที่เป็นสัญญาณเข้าไปยังส่วนควบคุมอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

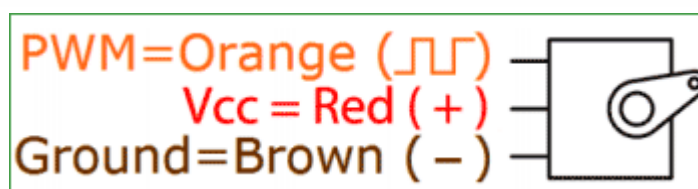
สัญญาณนี้มีอยู่ตรงบ่าเท่าที่มีการสร้างสัญญาณป้อนกลับหรือมีความแตกต่างระหว่างสัญญาณอินพุตอ้างอิงและสัญญาณเอาต์พุตอ้างอิง ดังนั้นงานหลักของกลไกเซอร์โวคือการรักษาเอาต์พุตของระบบตามค่าที่ต้องการเมื่อมีสัญญาณรบกวน

2.7.2.2 หลักการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์

เซอร์โวประกอบด้วยมอเตอร์ (DC หรือ AC) โพลเทินซีอิมิเตอร์ ชุดเกียร์ และวงจรควบคุม ก่อนอื่น เราใช้ชุดเกียร์เพื่อลด RPM และเพิ่มแรงบิดของมอเตอร์ พูตที่ตำแหน่งเริ่มต้นของเพลลาเซอร์โวมอเตอร์ ตำแหน่งของลูกบิดโพลเทินซีอิมิเตอร์นั้นไม่มีสัญญาณไฟฟ้าเกิดขึ้นที่พอร์ตเอาต์พุตของโพลเทินซีอิมิเตอร์ ตอนนี้สัญญาณไฟฟ้าถูกส่งไปยังขั้วอินพุตอื่นของแอมพลิฟายเออร์เครื่องตรวจจับข้อผิดพลาด ตอนนี้ความแตกต่างระหว่างสัญญาณทั้งสองนี้ สัญญาณหนึ่งมาจากโพลเทินซีอิมิเตอร์และอีกสัญญาณหนึ่งมาจากแหล่งอื่น จะถูกประมวลผลในกลไกป้อนกลับและเอาต์พุตจะถูกจัดเตรียมในรูปแบบของสัญญาณข้อผิดพลาด สัญญาณข้อผิดพลาดนี้ทำหน้าที่เป็นอินพุตสำหรับมอเตอร์และมอเตอร์เริ่มหมุน ตอนนี้เพลลามอเตอร์เชื่อมต่อกับโพลเทินซีอิมิเตอร์และในขณะที่มอเตอร์หมุน ดังนั้นโพลเทินซีอิมิเตอร์จะสร้างสัญญาณ ดังนั้นเมื่อตำแหน่งเชิงมุมของโพลเทินซีอิมิเตอร์เปลี่ยนไป สัญญาณป้อนกลับเอาต์พุตจึงเปลี่ยนไป หลังจากบางครั้งตำแหน่งของโพลเทินซีอิมิเตอร์มาถึงตำแหน่งที่เอาต์พุตของโพลเทินซีอิมิเตอร์เหมือนกับสัญญาณภายนอกที่ให้ไว้ ในสภาวะนี้ จะไม่มีสัญญาณเอาต์พุตจากแอมพลิฟายเออร์ไปยังอินพุตมอเตอร์ เนื่องจากไม่มีความแตกต่างระหว่างสัญญาณที่ใช้ภายนอกกับสัญญาณที่สร้างที่โพลเทินซีอิมิเตอร์และในสถานการณ์นี้มอเตอร์จะหยุดหมุน

2.7.2.3 การเชื่อมต่อเซอร์โวมอเตอร์กับไมโครคอนโทรลเลอร์

การเชื่อมต่อเซอร์โวมอเตอร์ เช่น เซอร์โวมอเตอร์ s90 กับ MCU นั้นง่ายมาก เซอร์โวมียังไฟสามเส้นออกมาจากพวกมัน ซึ่งสองตัวนี้จะใช้สำหรับ Supply (บวกและลบ) และอีกอันจะใช้สำหรับสัญญาณที่จะส่งจาก MCU เซอร์โวมอเตอร์ MG995 Metal Gear ซึ่งใช้บ่อยที่สุดสำหรับรถ RC หุ่นยนต์ฮิวแมนนอยด์ ฯลฯ รูปภาพของ MG995



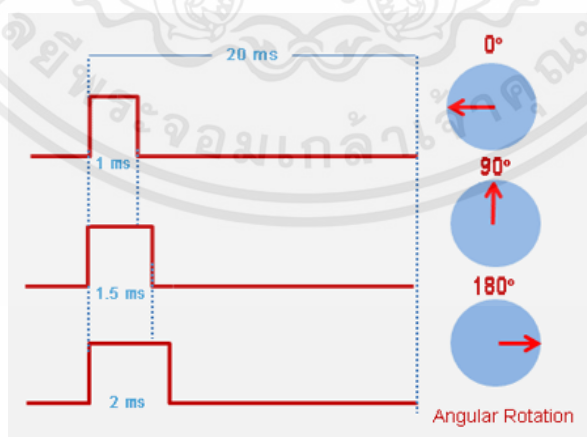
รูปที่ 2.12 การเชื่อมต่อเซอร์โวมอเตอร์กับไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รหัสสีของเซอร์โวมอเตอร์ของคุณอาจแตกต่างกัน ดังนั้นให้ตรวจสอบแผ่นข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เซอร์โวมอเตอร์ทั้งหมดทำงานโดยตรงกับรางจ่ายไฟ +5V ของคุณ แต่เราต้องระวังปริมาณกระแสไฟฟ้าที่มอเตอร์จะใช้ หากคุณวางแผนที่จะใช้เซอร์โวมอเตอร์มากกว่าสองตัว ควรออกแบบแผงป้องกันเซอร์โวมอเตอร์ที่เหมาะสม

2.7.2.4 การควบคุมเซอร์โวมอเตอร์

มอเตอร์ทั้งหมดมีสายไฟสามเส้นต่อออกมา ซึ่งสองตัวนี้จะใช้สำหรับ Supply (บวกและลบ) และอีกตัวหนึ่งจะใช้สำหรับสัญญาณที่จะส่งจาก MCU เซอร์โวมอเตอร์ถูกควบคุมโดย PWM (Pulse with Modulation) ซึ่งมาจากสายควบคุม มีชีพจรต่ำสุด ชีพจรสูงสุด และอัตราการเกิดซ้ำ เซอร์โวมอเตอร์สามารถหมุนได้ 90 องศาจากทิศทางใดก็ได้จากตำแหน่งที่เป็นกลาง เซอร์โวมอเตอร์คาดว่าจะเห็นพัลส์ทุกๆ 20 มิลลิวินาที (ms) และความยาวของพัลส์จะเป็นตัวกำหนดว่ามอเตอร์จะหมุนได้ไกลแค่ไหน ตัวอย่างเช่น พัลส์ 1.5 มิลลิวินาทีจะทำให้มอเตอร์หมุนไปที่ตำแหน่ง 90° เช่น หากพัลส์สั้นกว่า 1.5 มิลลิวินาที เฟลาจะเคลื่อนไปที่ 0° และถ้ามอเตอร์ยาวกว่า 1.5 มิลลิวินาที กว่านั้น เซอร์โวมอเตอร์จะเปลี่ยนเป็น 180° เซอร์โวมอเตอร์ทำงานบนหลักการ PWM (การปรับความกว้างของพัลส์) หมายความว่ามุมของการหมุนจะถูกควบคุมโดยระยะเวลาของพัลส์ที่ใช้กับ PIN ควบคุม โดยทั่วไปเซอร์โวมอเตอร์ประกอบด้วยมอเตอร์กระแสตรงซึ่งควบคุมโดยตัวต้านทานแบบปรับค่าได้ (โพเทนชิโอมิเตอร์) และเฟืองบางตัว แรงความเร็วสูงของมอเตอร์กระแสตรงถูกแปลงเป็นแรงบิดโดย Gears เราทราบดีว่า $WORK = FORCE \times DISTANCE$ ในมอเตอร์ DC แรงจะน้อยกว่าและระยะทาง (ความเร็ว) จะสูง และใน Servo แรงจะสูงและระยะทางจะน้อยกว่า โพเทนชิโอมิเตอร์เชื่อมต่อกับเฟลาขาออกของเซอร์โวมอเตอร์ เพื่อคำนวณมุมและหยุดมอเตอร์กระแสตรงในมุมที่ต้องการ



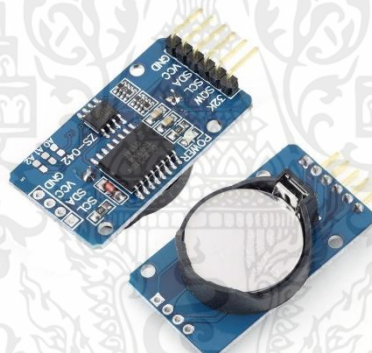
รูปที่ 2.13 การควบคุมเซอร์โวมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซอร์โวมอเตอร์สามารถหมุนได้ตั้งแต่ 0 ถึง 180 องศา แต่สามารถหมุนได้ถึง 210 องศา ขึ้นอยู่กับการผลิต ระดับการหมุนนี้สามารถควบคุมได้โดยใช้พัลส์ไฟฟ้าที่มีความกว้างที่เหมาะสมกับขาควบคุม Servo ตรวจสอบชีพจรในทุก ๆ 20 มิลลิวินาที ความกว้างของพัลส์ 1 มิลลิวินาที (1 มิลลิวินาที) สามารถหมุนเซอร์โวได้ 0 องศา 1.5 มิลลิวินาทีสามารถหมุนได้ 90 องศา (ตำแหน่งที่เป็นกลาง) และพัลส์ 2 มิลลิวินาทีสามารถหมุนได้ 180 องศา เซอร์โวมอเตอร์ทั้งหมดทำงานโดยตรงกับรางจ่ายไฟ +5V ของคุณ แต่เราต้องระวังเกี่ยวกับปริมาณกระแสไฟฟ้าที่มอเตอร์จะใช้ หากคุณวางแผนที่จะใช้เซอร์โวมากกว่าสองตัว ควรออกแบบแผงป้องกันเซอร์โวที่เหมาะสม

2.7.3 RTC real time clock module

RTC real time clock module หรือโมดูลนาฬิกาแบบเรียลไทม์ ใช้เป็นนาฬิกาให้กับบอร์ด Arduino ประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย เช่น การเกษตรใช้เพื่อตั้งเวลารดน้ำต้นไม้ การเลี้ยงสัตว์ใช้ในการให้อาหารแบบอัตโนมัติ เป็นต้น โมดูลนาฬิกาที่จะนำมาให้ในบทความนี้มีด้วยกัน 3 รุ่น คือ รุ่น IC DS1302 รุ่น IC DS1307 และรุ่น IC DS3231 และแต่ละรุ่นมีให้เลือกใช้หลากหลายเช่นกัน

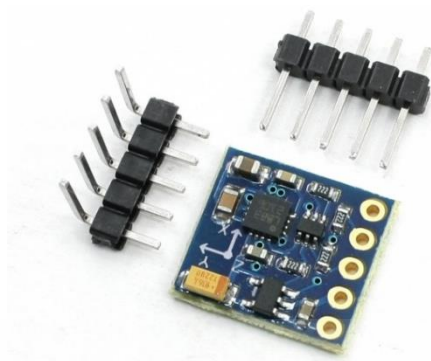


รูปที่ 2.14 RTC real time clock module

2.7.4 GY-271 (HMC5883L) 3-Axis Digital Compass IC

Sensor GY-271 Arduino Sensor ใจโร-ความเร่ง สำหรับวัดการเคลื่อนไหว แนวตั้ง แนว นอน การเอียงแบบ 3 แกน (3-axis) เหมาะสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้งานการสร้างอุปกรณ์ วัดความเอียงต่างๆ เชื่อกการทำเครื่องบิน โดรน (เพื่อให้การบินเสถียร) เป็นต้น การเชื่อมกับ Arduino หรือไมโครคอนโทรลเลอร์ชนิดๆ อื่นๆ PIC MCS-51 STM โดนผ่านการเชื่อมต่อแบบ digital I2C (I2C Interface) ข้อมูลเพิ่มเติม รุ่น Gy-271 ใช้ Chip รุ่น HMC5883L ในการวัดมุมเอียง รองรับแหล่งจ่ายไฟ Volt : DC 3.3 - 5V เชื่อมต่อไปยัง Arduino หรือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ชนิดๆ ผ่าน I2C Interface ช่วงระยะการวัด $\pm 1.3-8$ gauss

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.15 GY-271 (HMC5883L) 3-Axis Digital Compass IC

2.7.5 โซลาร์เซลล์ (Solar Cell)

โซลาร์เซลล์ (Solar Cell) หรือ เซลล์แสงอาทิตย์ และที่หลายๆคนรู้จักในชื่อ เซลล์โฟโตโวลตาอิก Photovoltaic cell เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ มีถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลาย ในการผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำชนิดพิเศษ ที่มีคุณสมบัติในการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า (Solar Cell) โดยพลังงานกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโซลาร์เซลล์นั้น เป็นไฟฟ้ากระแสตรง หรือ (DC) ที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ทันที

2.7.5.1 หลักการทำงานของ โซลาร์เซลล์ (Solar Cell)

การทำงานของโซลาร์เซลล์จะเป็นกระบวนการเปลี่ยนจากพลังงานแสงให้กลายเป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรง โดยการใช้แสงซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และมีพลังงานไปกระทบกับสารกึ่งตัวนำ จะทำให้เกิดการถ่ายเทพลังงานระหว่างกัน โดยพลังงานจากแสงจะทำให้เกิดอิเล็กตรอน หรือ การเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้าขึ้นในสารกึ่งตัวนำ จึงทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าง่ายๆที่สามารถนำไปใช้งานได้



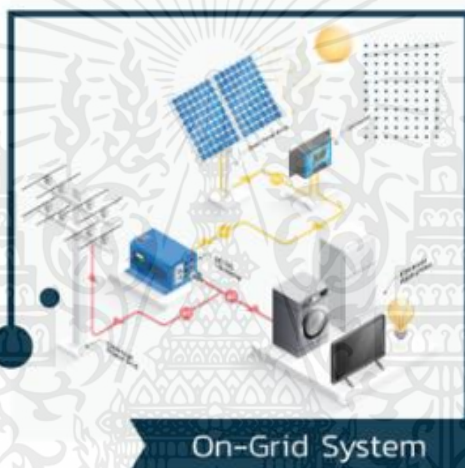
รูปที่ 2.16 หลักการทำงานของ โซลาร์เซลล์ (Solar Cell)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.5.2 ประเภทการติดตั้ง โซลาร์เซลล์ (Solar Cell)

2.7.5.2.1 ระบบออนกริด (On-grid)

ระบบออนกริดไม่ต้องใช้แบตเตอรี่ เนื่องจากระบบนี้จะเชื่อมต่อการไฟฟ้า โดยมีการใช้ไฟจากโซลาร์เซลล์และไฟจากการไฟฟ้า ระบบนี้จะมีไฟใช้ตลอดเวลา เพราะไฟจากระบบการไฟฟ้าหรือไฟบ้าน จะไหลเข้ามาเสริมพลังงานจาก solar cell ที่หายไปตลอดเวลา ไฟฟ้าที่ผลิตเหลือจากการใช้ในแต่ละวัน สามารถขายคืนให้กับทางภาครัฐได้ ทางผู้ใช้งานจะต้องทำสัญญากับทางภาครัฐตามขั้นตอน ระบบนี้เป็นระบบที่นิยมใช้มากที่สุด ทั้งบ้านและภาคธุรกิจ รวมไปถึงโรงงานอุตสาหกรรม เพราะเน้นการใช้งานโซลาร์เซลล์ในเวลากลางวัน และตอนกลางคืนสลับไปใช้ไฟจากการไฟฟ้า ซึ่งปัจจุบันเป็นทางเลือกที่คุ้มค่าที่สุดสำหรับผู้สนใจติดตั้งระบบโซลาร์เซลล์

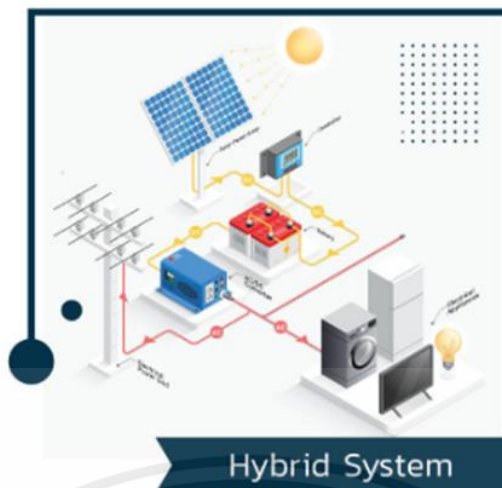


รูปที่ 2.17 ระบบออนกริด (On-grid)

2.7.5.2.2 ระบบไฮบริด (Hybrid System)

ระบบนี้คือการนำเอาระบบออฟกริดและระบบออนกริดเข้ามารวมกัน ระบบไฮบริดนี้มีความเสถียรมาก เนื่องจากเสมือนมีแหล่งจ่ายไฟ 3 แหล่ง (โซลาร์เซลล์ + แบตเตอรี่ + ไฟฟ้าจากการไฟฟ้า) คอยช่วยกันจ่ายไฟ หน้าทีของแบตเตอรี่จะมาช่วยสำรองพลังงาน เมื่อแผงโซลาร์เซลล์ได้รับพลังงานแสงอาทิตย์ จะแปลงเป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง (DC) แล้วส่งต่อมายังไฮบริดอินเวอร์เตอร์ ซึ่งไฮบริดอินเวอร์เตอร์ก็แปลงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ซึ่งก็จะเชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายไฟของการไฟฟ้าฯ และอีกขั้วหนึ่งก็ต่อเข้ากับแบตเตอรี่ ส่วนอีกขั้วหนึ่งก็ต่อไฟฟ้าไปใช้งานต่างๆ เมื่อระบบผลิตกระแสไฟฟ้าเกินจากปริมาณใช้งานภายในบ้าน กระแสไฟฟ้าที่เกินนั้น จะถูกนำไปเก็บไว้ในแบตเตอรี่จนเต็มความจุก็จะหยุด และจะจ่ายไฟฟ้าเพื่อนำไปใช้กับอุปกรณ์ภายในบ้านอีกครั้ง ระบบนี้ยังมีการใช้งานที่น้อย เนื่องจากใช้เงินลงทุนและมีค่าซ่อมบำรุงสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.18 ระบบไฮบริด (Hybrid System)

2.7.5.2.3 ระบบออฟกริด (Off-grid) หรือระบบอิสระ

ระบบออฟกริดจะไม่เชื่อมต่อกับสายของการไฟฟ้าฯ เหมาะสำหรับพื้นที่ที่การไฟฟ้าเข้าไม่ถึง หรือต้องการใช้เพื่อสำรองไฟไว้ใช้เมื่อยามที่ไฟฟ้าดับ สามารถใช้ร่วมกับแบตเตอรี่หรือไม่ร่วมกับแบตเตอรี่ก็ได้ ขึ้นอยู่กับการใช้งานของผู้ใช้งาน ในกรณีที่ใช้ร่วมกับแบตเตอรี่ กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านตัว Charge controller เพื่อเก็บกระแสไฟฟ้าไว้ในแบตเตอรี่ ในช่วงกลางวันที่มีแสงอาทิตย์เพียงพอ กระแสไฟฟ้าโซลาร์เซลล์จะสามารถผลิตไฟฟ้ากระแสตรง (DC) และใช้ Inverter (อินเวอร์เตอร์) แปลงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) เพื่อนำไปใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้าน และส่วนที่ผลิตเกินออกมาจะถูกนำไปเก็บไว้ในแบตเตอรี่ ในเวลากลางคืนระบบก็จะใช้กระแสไฟฟ้าที่เก็บไว้ในแบตเตอรี่ ระบบออฟกริด จำเป็นต้องอาศัยการคำนวณที่ถูกต้องของปริมาณการใช้ไฟฟ้าของบ้าน เพื่อให้เพียงพอต่อการใช้งานในประจำวัน หรือแม้แต่ในฤดูที่มีแสงแดดน้อย ในกรณีที่แบตเตอรี่เก็บไฟฟ้าได้ไม่เพียงพอต่อการใช้ ซึ่งอาจจะมาจากสาเหตุ ฝนตก ท้องฟ้ามีตครึ้ม



รูปที่ 2.19 ระบบออฟกริด (Off-grid) หรือระบบอิสระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบและวิธีการดำเนินการ

3.1 การออกแบบ

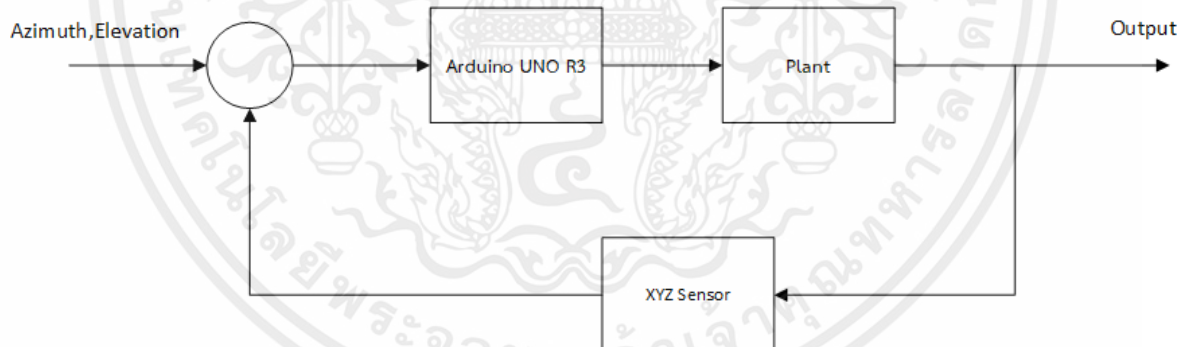
หลักการในการออกแบบ การคำนวณสมการที่เกี่ยวข้อง โปรแกรม และชิ้นงาน เพื่อทำการติดตามตำแหน่งดวงอาทิตย์ โดยทดสอบเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าระหว่างการติดตั้งโซลาร์เซลล์แบบอยู่กับที่และแบบติดตามการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ ในกรณีของการศึกษาเพื่อติดตามการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์โดยการคำนวณสามารถแบ่งการทำงานออกเป็น 4 ส่วน ได้ดังนี้

3.1.1 ส่วนของสมการ การหาค่า Azimuth angle และ Elevation angle

3.1.2 ส่วนของการทำงานภายใน เป็นอุปกรณ์ควบคุม โปรแกรม เพื่อทำการคำนวณค่าต่างๆ

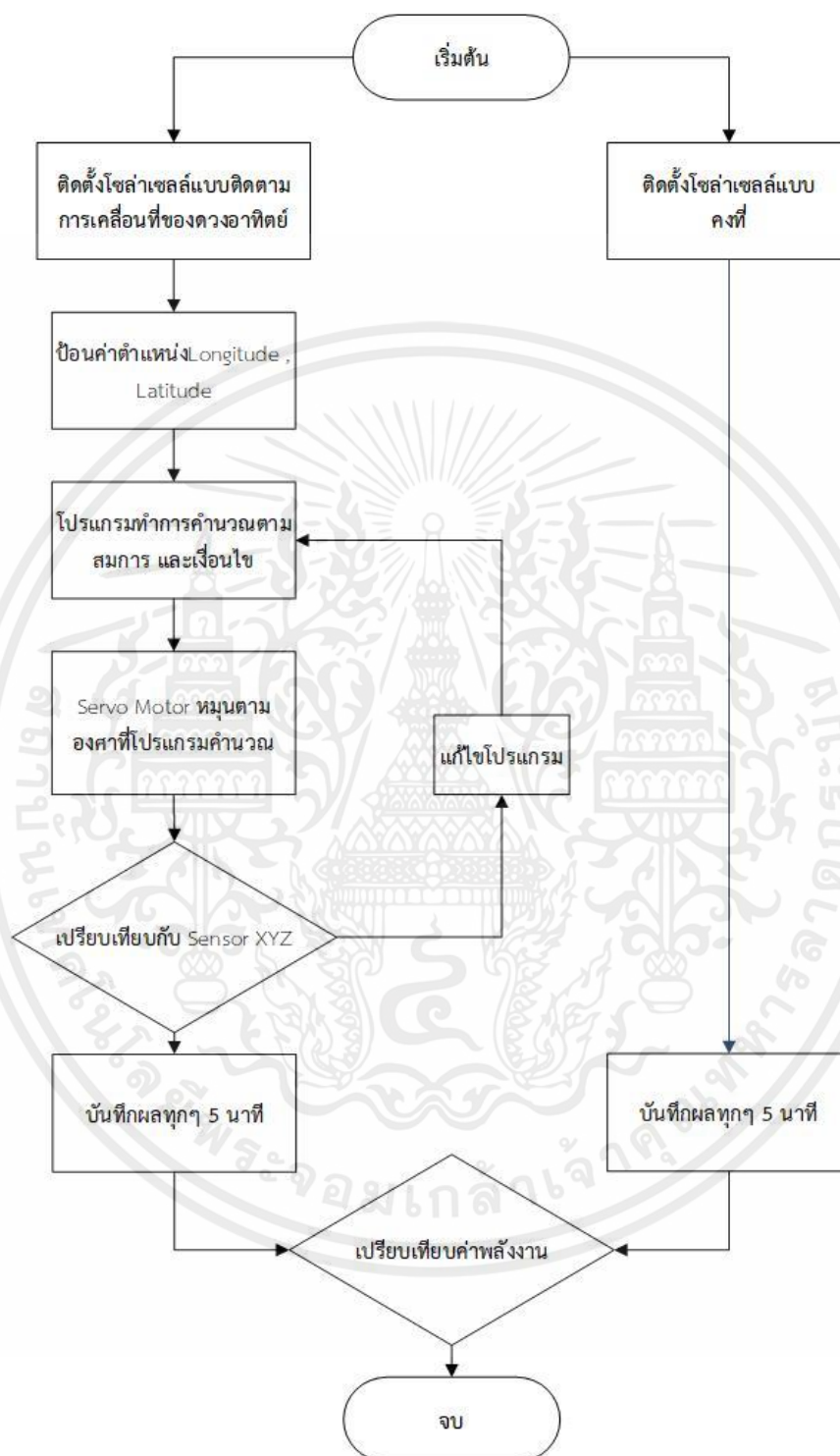
3.1.3 ส่วนของการเก็บผลค่าแรงดันไฟฟ้าเพื่อนำมา เปรียบเทียบผลการทดลอง

3.1.4 ส่วนของชิ้นงานและการแสดงผล คือ การแสดงค่าองศาของ Azimuth angle และ Elevation angle และการปรับตั้งค่า Longitude , Latitude



รูปที่ 3.1 โครงสร้างการออกแบบ

โดยขั้นตอนการทำงานของระบบดังนี้



รูปที่ 3.2 Flow Chart แสดงขั้นตอนการทำงานของระบบทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ส่วนของสมการ การหาค่า Azimuth angle และ Elevation angle

โดยในส่วนของสมการการหาค่า Azimuth angle และ Elevation angle เป็นหัวใจหลักงานโครงการฉบับนี้ จึงมีการค้นคว้า และคณะผู้จัดทำได้ทำการคำนวณ เพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการคำนวณกับ Application โดยใช้สมการ

3.2.1 Solar Time

Time Correction Factor (TC)

$$TC = 4 (Longitude - LSTM) + EoT$$

Local Solar Time (LST)

$$LST = LT + \frac{TC}{60}$$

Local Standard Time Meridian

$$LSTM = 15^\circ \Delta TUTC$$

Equation of Time (EoT)

$$\delta = 23.45^\circ \times \sin\left[\frac{360}{365} (d - 81)\right]$$

เมื่อ
$$B = \frac{360}{365} (d-81)$$

3.2.2 Azimuth angle และ Elevation angle

Elevation (α)

$$\alpha = \sin \delta \sin \phi + \cos \delta \cos \phi \cos \gamma$$

Azimuth (β)

$$\beta = \cos^{-1}\left[\frac{\sin \delta \cos \phi - \cos \delta \sin \phi \cos \gamma}{\cos \alpha}\right], \text{ if } \gamma < 0^\circ$$

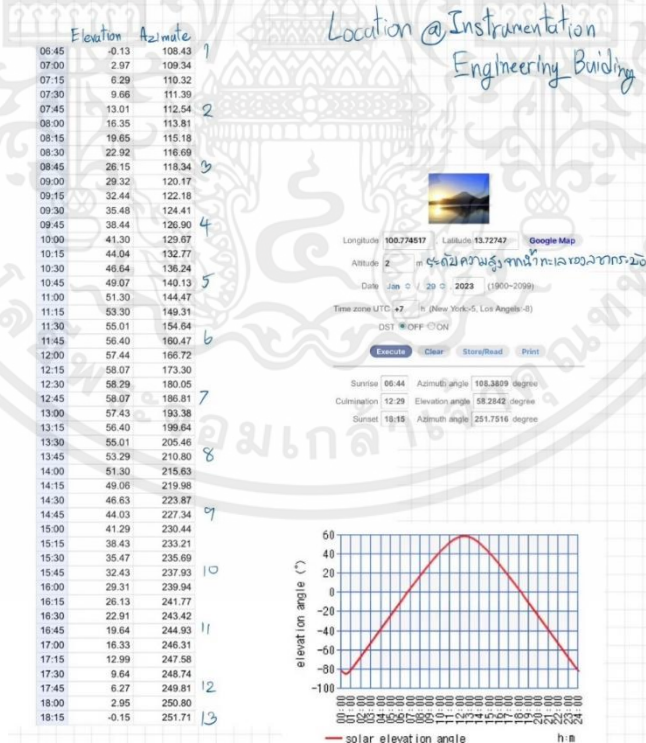
$$360^\circ - \cos^{-1} \left[\frac{\sin \delta \cos \phi - \cos \delta \sin \phi \cos \gamma}{\cos \alpha} \right], \text{ if } \gamma < 0^\circ$$

เมื่อ δ : Declination angle
 ϕ : Latitude
 γ : Local hour angle

3.2.3 ขั้นตอนการคำนวณ

3.2.3.1 Application อ่างอิง

โดยในส่วนขั้นตอนการคำนวณ คณะผู้จัดทำได้ทำการอ้างอิงค่า Azimuth angle และ Elevation angle จาก Application : <https://keisan.casio.com/exec/system/> เป็น Application ที่สามารถป้อนค่า Longitude , Latitude และวันที่ เพื่อดูค่า Azimuth angle และ Elevation angle ในแต่ละช่วงเวลาของโลกทำกับดวงอาทิตย์ ซึ่งสอดคล้องกับการออกแบบการทำงานของโปรแกรม (จำลองค่าในวันที่ 29 มกราคม พ.ศ. 2566 และตำแหน่งตึกภาควิศวกรรมศาสตร์การวัดและควบคุม)



รูปที่ 3.3 Application

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3.2 คำนวณค่า Solar time

ช่วงเวลาที่คณะผู้จัดทำได้นำมายกตัวอย่างและใช้ในการคำนวณ วันที่ 29 มกราคม พ.ศ. 2566 เวลา 13.00 น. และตำแหน่งตึกภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์การวัดและควบคุม ทำการแทนค่าช่วงเวลา วันที่ในสมการ Solar time สมการอ้างอิงในข้อ 3.2 โดยคำนวณ Time Correction Factor (TC) , Local Solar Time (LST) , Local Standard Time Meridian , Declination Angle และ Equation of Time (EoT)

Local Standard Time Meridian (LSTM)
 The Local Standard Time Meridian (LSTM) is a reference meridian used for a particular time zone and is similar to the Prime Meridian, which is used for Greenwich Mean Time. The LSTM is illustrated below.

Equation of Time (EoT)
 The equation of time (EoT) (in minutes) is an empirical equation that corrects for the eccentricity of the Earth's orbit and the Earth's axial tilt. An approximation accurate to within 1/2 minute is:

$$EoT = 9.87 \sin(2B) - 7.53 \cos(B) - 1.5 \sin(B)$$

where

$$B = \frac{360}{365} (d - 81)$$

Handwritten calculations on the slide:

Thailand is UTC + 7
 $LSTM = 15^\circ (+7)$
 $LSTM = 105^\circ$

สมมติว่า วันที่ วันที่ 29/01/2023
 $B = \frac{360}{365} (29 - 81)$
 $= \frac{360}{365} (-52)$
 $B = -51.2877$
 $EoT = 9.87 \sin(2B) - 7.53 \cos(B) - 1.5 \sin(B)$
 $EoT = 9.87 \sin(2 \times -51.2877) - 7.53 \cos(-51.2877)$
 $- 1.5 \sin(-51.2877)$
 $= -9.6332 - 4.7093 - (-1.1704)$
 $EoT = -13.1721$

รูปที่ 3.4 การคำนวณค่า Local Standard Time Meridian และ Equation of Time (EoT)

Time Correction Factor (TC)
 The net Time Correction Factor (in minutes) accounts for the variation of the Local Solar Time (LST) within a given time zone due to the longitude variations within the time zone and also incorporates the EoT above.

$$TC = 4(\text{Longitude} - \text{LSTM}) + EoT$$

$$TC = 4(100.7745 - 105) + (-13.1721)$$

$$TC = -30.0741$$

Local Solar Time (LST)
 The Local Solar Time (LST) can be found by using the previous two corrections to adjust the local time (LT).

$$LST = LT + \frac{TC}{60}$$

$$LST = 13:00 + \frac{-30.0741}{60}$$

u^a 1/2 hr
-0.5012

$$LST = 12:30$$

The declination is an angle between a vertical line set at the equator and the line connecting Earth's and Sun's centers. Due to Earth's tilt, it varies from -23.45° (at December's solstice) to 23.45° (at June's solstice) and depends on the year's day.

You can estimate Sun's declination for any day of the year d using the simplified formula:

$$\delta = -23.45^\circ \times \cos\left[\frac{360}{365}(d + 10)\right]$$

มุมเอคลิปติก

Following this equation, you can obtain the declination angle with an accuracy of up to 1° compared to the true value.

$$\delta = -23.45^\circ \times \cos\left[\frac{360}{365}(29 + 10)\right] \text{ วันที่ 29/6/23}$$

$$\delta = -23.45^\circ \times \cos(38.4656)$$

$$\delta = -18.3609$$

รูปที่ 3.5 การคำนวณค่า Time Correction Factor (TC) และ Local Solar Time (LST)

The local hour angle depends on the local solar time (T). It changes between -180° and 180°, crossing 0° at local noon. The formula for the hour angle is the following:

$$h = 15^\circ \times (T - 12)$$

The T unit is hours, and the factor 15° comes from the fact that the Earth makes a 15° rotation during one hour.

$$T = \text{LST (Local Solar Time)}$$

$$h = 15^\circ \times (T - 12)$$

$$= 15^\circ \times (12:30 - 12:00)$$

$$= 15^\circ \times 30 \text{ m (0.5)}$$

$$h = 15^\circ \times 0.5$$

$$h = 7.5^\circ$$

รูปที่ 3.6 การคำนวณค่า Local hour angle

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LST (Local Solar Time) If Local Time = 13:00
 $LST = LT + \frac{TC}{60}$ $LST = 13:00 + \frac{-30.0741}{60} = 13:00 + (-0.5002) = 12:30$ u³ = 1/2 hr

LT: Local Time
 TC: Time Correction Factor
 $TC = 4(\text{Longitude} - \text{LSTM}) + EoT \Rightarrow 4(100.7745 - 105) + (-13.1721)$
 $= -30.0741$

LSTM: Local Standard Time Meridian
 $LSTM = 15^\circ \Delta T_{UTC} + UTC + 7$ - Thailand *
 $= 15^\circ \times 7$
 $LSTM = 105^\circ$

EoT: Equation of Time
 $EoT = 9.87 \sin(2B) - 7.53 \cos(B) - 1.5 \sin(B) \Rightarrow EoT = 9.87 \sin(2 \times -51.2877) - 7.53 \cos(-51.2877) - 1.5 \sin(-51.2877)$
 $= -9.6332 - 4.7093 - (-1.1704)$
 $EoT = -13.1721$

เมื่อ $B = \frac{360}{365} (d - 81)$
 1. $B = -51.2877$
 2. $B = -51.2877$
 3. $B = -51.2877$

วันที่ 24/01/2023
 เวลา 13:00 น. คือจำนวนชั่วโมงที่ γ มีค่า

Longitude 100.774517 / Latitude 13.72747 Google Map

รูปที่ 3.7 การคำนวณค่า Longitude , Latitude

3.2.3.3 คำนวณค่า Azimuth angle และ Elevation angle

นำค่า Solar time ที่คำนวณได้จากข้อ 3.2.2.2 Local hour angle และ Local Solar Time (LST) มาแทนค่าในสมการ Azimuth angle และ Elevation angle สมการอ้างอิงในข้อ 3.2

You can work out the elevation (α) and azimuth (β) angles by hand using the following equations:

$$\alpha = \sin^{-1} [\sin \delta \sin \phi + \cos \delta \cos \phi \cos \gamma]$$

$$\beta = \begin{cases} \cos^{-1} \left[\frac{\sin \delta \cos \phi - \cos \delta \sin \phi \cos \gamma}{\cos \alpha} \right], & \text{if } \gamma < 0^\circ \\ 360^\circ - \cos^{-1} \left[\frac{\sin \delta \cos \phi - \cos \delta \sin \phi \cos \gamma}{\cos \alpha} \right], & \text{if } \gamma \geq 0^\circ \end{cases}$$

where:

- δ - Declination angle;
- ϕ - Latitude; and
- γ - Local hour angle.

or elevation: α
 $\alpha = \sin^{-1} [\sin \delta \sin \phi + \cos \delta \cos \phi \cos \gamma]$
 $\alpha = \sin^{-1} [\sin(-18.3609) \sin(13.72747) + \cos(-18.3609) \cos(13.72747) \cos(75)]$
 $\alpha = \sin^{-1} [(-0.3150)(0.2373) + (0.9491)(0.9714)(0.9914)]$
 $\alpha = \sin^{-1}(0.8393)$
 $\alpha = 57.066^\circ$

or AZ: β ; $\gamma \geq 0^\circ$
 $\beta = 360^\circ - \cos^{-1} \left[\frac{\sin \delta \cos \phi - \cos \delta \sin \phi \cos \gamma}{\cos \alpha} \right]$
 $= 360^\circ - \cos^{-1} \left[\frac{\sin(-18.3609) \cos(13.72747) - \cos(-18.3609) \sin(13.72747) \cos(75)}{\cos(57.066)} \right]$
 $= 360^\circ - \cos^{-1} \left[\frac{(-0.3150)(0.9714) - (0.9491)(0.2373)(0.9914)}{0.5437} \right]$
 $= 360^\circ - \cos^{-1}(-0.9735)$
 $\beta = 193.22^\circ$

รูปที่ 3.8 การคำนวณค่า Elevation angle

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{Az} = 360^\circ - \cos^{-1} \left[\frac{\sin \delta \cos \phi - \cos \delta \sin \phi \cos \alpha}{\cos \alpha} \right]$$

$$= 360^\circ - \cos^{-1} \left[\frac{\sin(-18.3609) \cos(13.72747) - \cos(-18.3609) \sin(13.72747) \cos(75)}{\cos(57.066)} \right]$$

$$= 360^\circ - \cos^{-1} \left[\frac{(-0.3150)(0.9714) - (0.9491)(0.2373)(0.9914)}{0.5437} \right]$$

$$= 360^\circ - \cos^{-1}(-0.9735)$$

$$= 360^\circ - 166.78$$

$$\beta = 193.22$$

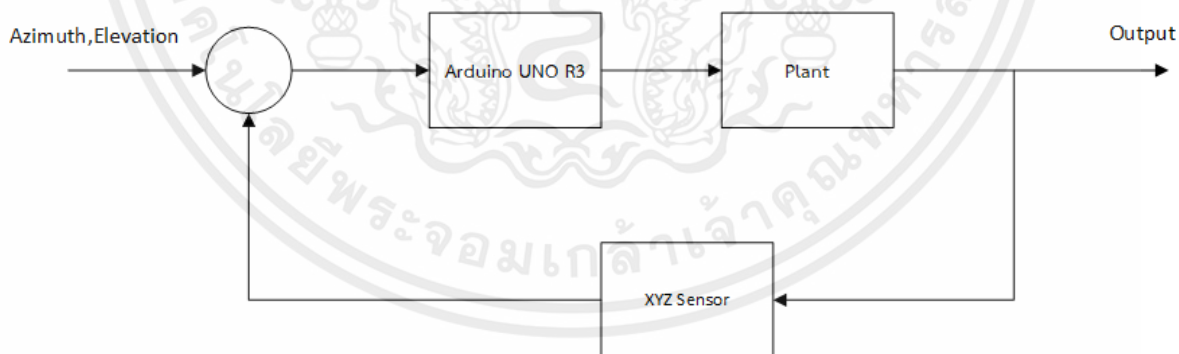
	Elevation	Azimuth
13:00	57.43	193.38

อังโณ Elevation Angle = 57.06°
 Azimuth Angle = 193.22°

รูปที่ 3.9 การคำนวณค่า Azimuth angle

3.3 ส่วนของการทำงานภายใน เป็นอุปกรณ์ควบคุม โปรแกรม เพื่อทำการคำนวณค่าต่างๆ

โดยในส่วนของอุปกรณ์ควบคุม และโปรแกรม ทางคณะผู้จัดทำได้ทำการออกแบบลักษณะการทำงาน ให้มีความสอดคล้องกับสมการ และแนวคิดในข้อ 3.1 และ 3.2



รูปที่ 3.10 โครงสร้างการออกแบบ

3.3.1 คำนวณค่าสมการด้วย Arduino UNO R3 แบบกำหนดค่าช่วงเวลา

จากขั้นตอนการคำนวณค่า Azimuth angle และ Elevation angle ในข้อ 3.2 คณะผู้จัดทำ จึงนำสมการมาทำการวิเคราะห์ด้วย Arduino UNO R3 โดยกำหนดช่วงเวลา วันที่ 29 มกราคม พ.ศ. 2566 เวลา 13.00 น. และตำแหน่งตึกภาควิศวกรรมศาสตร์การวัดและควบคุม เพื่อเปรียบเทียบค่าระหว่าง Application และ การคำนวณสมการ

```

//Program | Arduino IDE
File Edit Serial Tools Help

//Declarations
float LGT = 100.7745;
float LSTM = 13.00;
int LSTM = 105;
float TC = 0;
long tc = 0;
float LST = 0;
float Eot = 0;
float B = 0;
int d = 29;
float A = 0;
float AA = 0;
float aa = 0;
float AAA = 0;
float AAAA = 0;
float gamma = 0;
float gamma1 = 0;
float gamma2 = 0;
float gamma3 = 0;
float beta = 0;
float delta = 0;
float alpha = 0;
float alpha1 = 0;
float alpha2 = 0;
float alpha3 = 0;
float alpha4 = 0;
float alpha5 = 0;
float alpha6 = 0;
float alpha7 = 0;
float alpha8 = 0;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
}

```

รูปที่ 3.11 ประกาศตัวแปรค่า Longitude , Latitude และเวลาวันที่

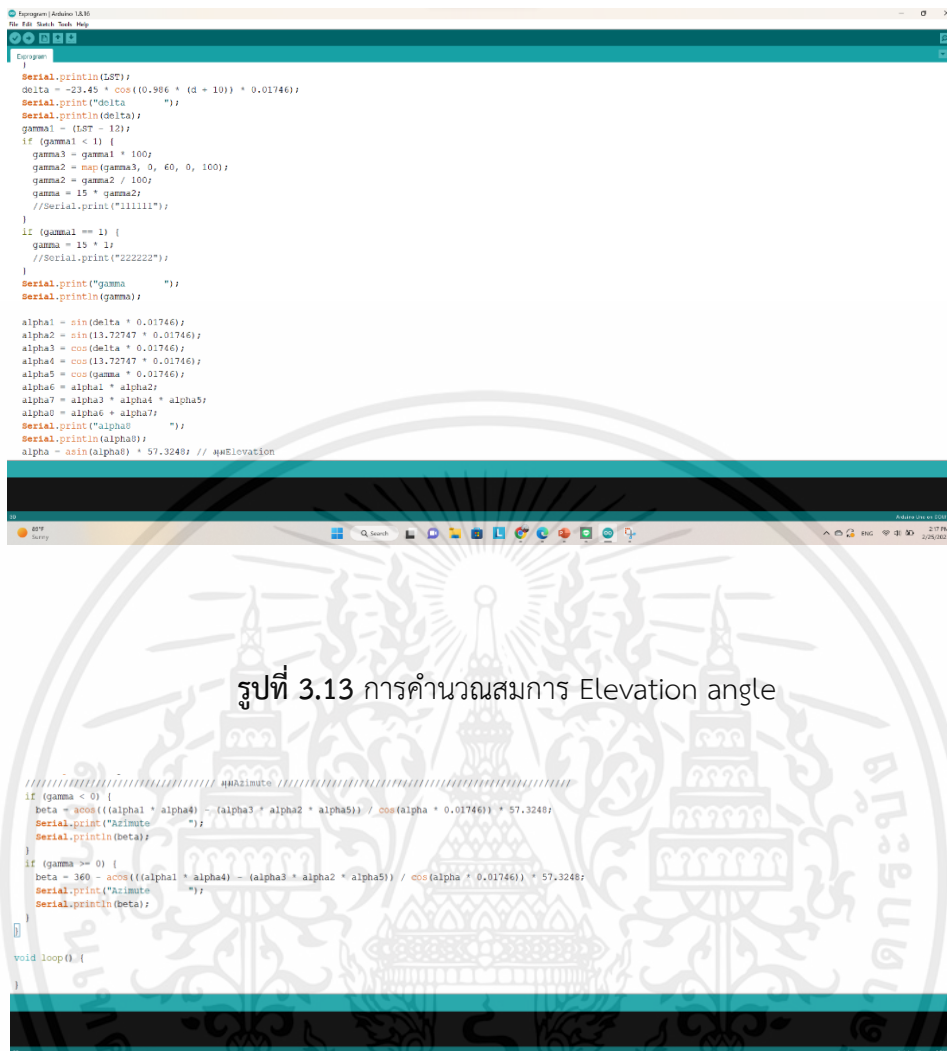
```

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  B = (0.986) * (d - 81);
  Serial.println(B);
  Eot = (9.87 * sin(2 * B * 0.01746)) - (7.53 * cos(B * 0.01746)) - (1.5 * sin(B * 0.01746));
  Serial.println(Eot);
  TC = (4 * (LGT - LSTM)) + (Eot);
  tc = TC;
  Serial.println(TC);
  A = (TC / 60) * -100;
  Serial.println(A);
  AA = map(A, 0, 100, 100, 40);
  if (AA < 100) {
    Serial.println(AA);
    AAA = AA / -100;
    Serial.println(AAA);
    LST = LGT + AAA;
  }
  if (AA == 100) {
    LST = LGT;
  }
}

```

รูปที่ 3.12 การคำนวณสมการ Solar time

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



```

Serial.println(LST);
delta = -23.45 * cos((0.96 * (d + 10)) * 0.01746);
Serial.println("delta");
Serial.println(delta);
gamma1 = (LST - 12);
if (gamma1 < 1) {
  gamma3 = gamma1 * 100;
  gamma2 = map(gamma3, 0, 60, 0, 100);
  gamma2 = gamma2 / 100;
  gamma = 15 * gamma2;
  //Serial.println("111111");
}
if (gamma1 == 1) {
  gamma = 15 * 1;
  //Serial.println("222222");
}
Serial.println("gamma");
Serial.println(gamma);

alpha1 = sin(delta * 0.01746);
alpha2 = sin(13.72747 * 0.01746);
alpha3 = cos(delta * 0.01746);
alpha4 = cos(13.72747 * 0.01746);
alpha5 = cos(gamma * 0.01746);
alpha6 = alpha1 * alpha2;
alpha7 = alpha3 * alpha4 * alpha5;
alpha8 = alpha6 + alpha7;
Serial.println("alpha8");
Serial.println(alpha8);
alpha = asin(alpha8) * 57.3248; // Elevateion

//////////////////////////////////////
//Azimute
if (gamma < 0) {
  beta = acos((alpha1 * alpha4 - (alpha3 * alpha2 * alpha5)) / cos(alpha * 0.01746)) * 57.3248;
  Serial.println("Azimute");
  Serial.println(beta);
}
if (gamma >= 0) {
  beta = 360 - acos((alpha1 * alpha4 - (alpha3 * alpha2 * alpha5)) / cos(alpha * 0.01746)) * 57.3248;
  Serial.println("Azimute");
  Serial.println(beta);
}

void loop() {
}

```

รูปที่ 3.13 การคำนวณสมการ Elevation angle

รูปที่ 3.14 การคำนวณสมการ Azimuth angle



```

COM4
Send
Elevation      57.09
Azimute        192.75

```

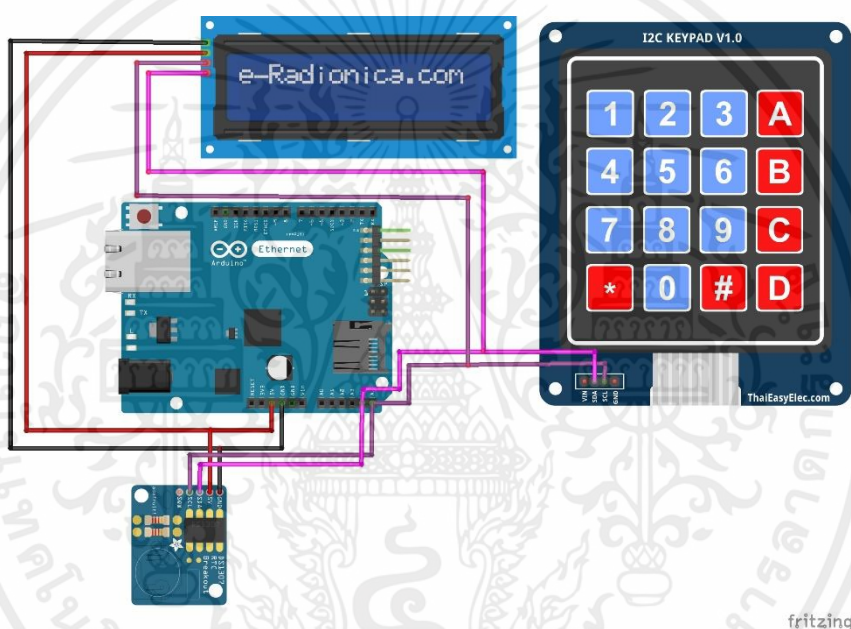
รูปที่ 3.15 ผลการคำนวณหาค่า Azimuth angle และ Elevation angle

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 คำนวณค่าสมการด้วย Arduino UNO R3 แบบอ้างอิงจากเวลาและวันที่จริง

3.3.2.1 การออกแบบวงจร แบบอ้างอิงจากเวลาและวันที่จริง

จากข้อ 3.3.1 ทางคณะผู้จัดทำจึงได้ทำการออกแบบวงจรเพื่อให้การวิเคราะห์สมการคำนวณหาค่า Azimuth angle และ Elevation angle ทำงานแบบอ้างอิงจากเวลาจริง วงจรการเชื่อมต่ออุปกรณ์ บ้อนค่า Longitude , Latitude , เวลาวันที่จริง โดยการเชื่อมต่อระหว่าง Module RTC เป็นในส่วนของเวลาและวันที่จริง , Key pad เพื่อปรับและตั้งค่า Longitude , Latitude และหน้าจอ LCD เพื่อแสดงผลเวลาวันที่ , ค่าของมุม Azimuth angle และ Elevation angle และค่า Longitude , Latitude เข้ากับ Arduino UNO R3 เพื่อประมวลผลสมการ



รูปที่ 3.16 วงจรชุด Controller Solar Tracking แบบอ้างอิงเวลาจริง

3.3.2.2 โปรแกรมคำนวณสมการด้วย Arduino UNO R3 แบบอ้างอิงเวลาวันที่จริง

จากขั้นตอนการคำนวณค่า Azimuth angle และ Elevation angle ด้วย Arduino UNO R3 ในข้อ 3.3.1 คณะผู้จัดทำจึงนำสมการมาทำการวิเคราะห์ด้วย Arduino UNO R3 และใช้ Module RTC โดยอ้างอิงจากเวลาวันที่จริง ที่ตำแหน่งตึกภาควิศวกรรมศาสตร์การวัดและควบคุม เพื่อเปรียบเทียบค่าระหว่าง Application และ การคำนวณสมการ (ทำการทดลองในวันที่ 20 มีนาคม พ.ศ. 2566)

```

1#include <Wire.h>
2#include <SPI.h>
3#include <RTLib.h>
4#include <Wire.h>
5#include <Keypad_I2C.h>
6#include <Keypad.h>
7#include <Wire.h>
8#include <LiquidCrystal_I2C.h>
9
10// Set the LCD address to 0x27 or 0x3F for a 16 chars and 2 line display
11LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4);
12#define I2CADDR 0x20 // กำหนด Address ของ I2C
13
14const byte ROWS = 4; // กำหนดจำนวนของ Rows
15const byte COLS = 4; // กำหนดจำนวนของ Columns
16
17// กำหนด Key ที่ใช้งาน (4x4)
18char keys[ROWS][COLS] = {
19  {'1', '2', '3', 'A'},
20  {'4', '5', '6', 'B'},
21  {'7', '8', '9', 'C'},
22  {'*', '0', '#', 'D'}
23};

```

```

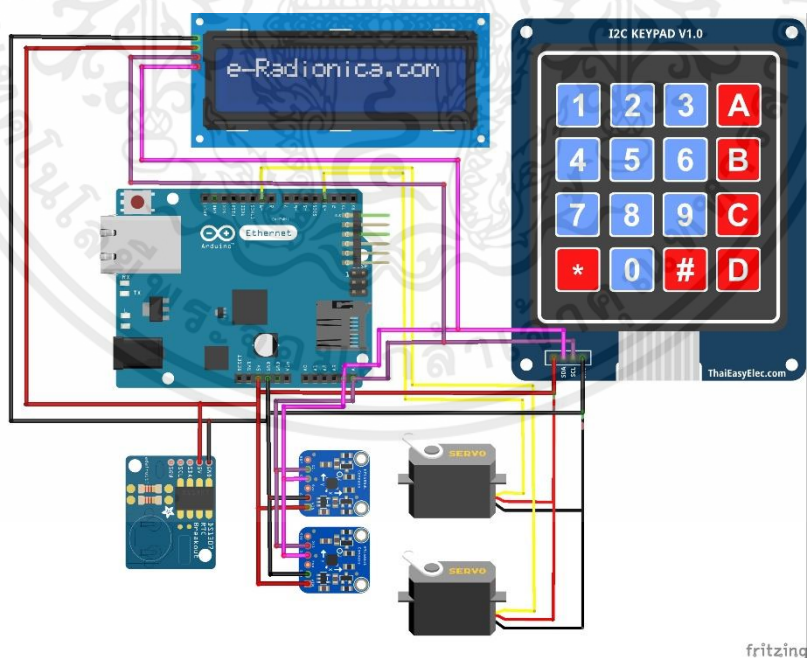
COM1
DAY 20 / 3 / 2023
TIME 12.33
Elevation 69.90
Azimute 135.78
DAY 20 / 3 / 2023
TIME 12.33
Elevation 69.90
Azimute 135.78
DAY 20 / 3 / 2023
TIME 12.33
Elevation 69.90
Azimute 135.78
DAY 20 / 3 / 2023
TIME 12.33
Elevation 69.90
Azimute 135.78

```

รูปที่ 3.17 โปรแกรมคำนวณสมการด้วย Arduino UNO R3 แบบอ้างอิงเวลารวันที่จริง

3.3.3 คำนวณค่าสมการด้วย Arduino UNO R3 แบบอ้างอิงจากเวลาและวันที่จริง เพื่อทำการควบคุมมอเตอร์

จากข้อ 3.3.2 ค่าสมการด้วย Arduino UNO R3 แบบอ้างอิงจากเวลาและวันที่จริง ทางคณะผู้จัดทำจึงได้ออกแบบการทำงานของ Solar Tracking โดยการนำค่ามุม Azimuth angle และ Elevation angle มาควบคุมการหมุนเพื่อทำองศา ของ Servo Motor และเปรียบเทียบค่าด้วย Sensor XYZ



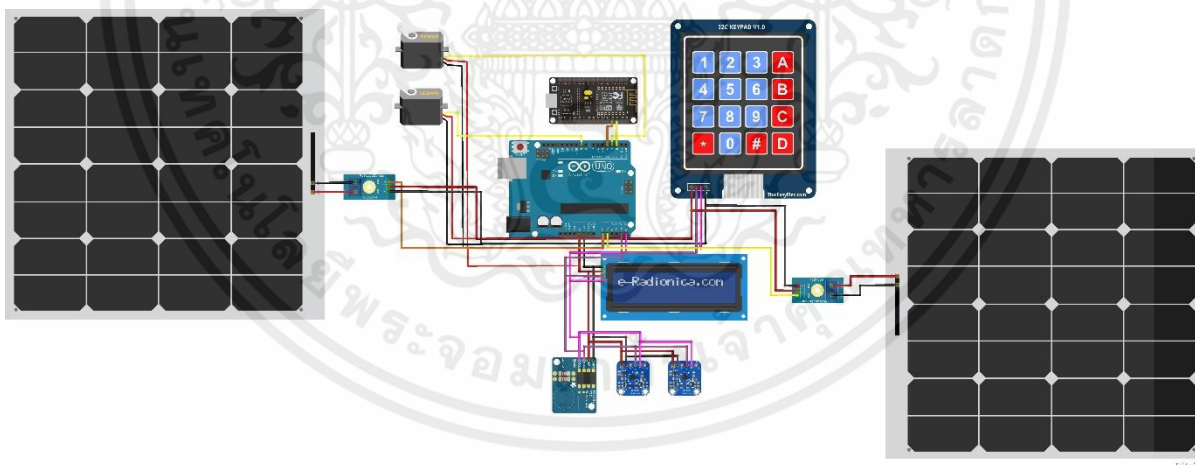
รูปที่ 3.18 วงจรชุด Controller Solar Tracking แบบควบคุมการหมุนเพื่อทำองศาของ Servo Motor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองทำการทดสอบการคำนวณค่าสมการด้วย Arduino UNO R3 แบบอ้างอิงจากเวลาและวันที่จริง จึงนำค่าของมุม Azimuth angle และ Elevation angle ที่ได้ มาทำการควบคุมการหมุนเพื่อทำองศาของ Servo Motor ให้ได้ค่า Azimuth angle และ Elevation angle ที่ได้ทำการคำนวณด้วยสมการด้วย Arduino UNO R3 จะการเชื่อมต่อ Servo Motor ตัวที่ 1 เป็นการหมุนทำองศาของมุม Azimuth angle และ Servo Motor ตัวที่ 2 เป็นการหมุนทำองศาของมุม Elevation angle โดยการหมุนทำองศา Azimuth angle และ Elevation angle จะมี Sensor XYZ ทำการวัดและส่งค่าเพื่อตรวจสอบค่าองศาของ Servo Motor ทั้ง 2 ตัว กับค่าที่คำนวณสมการด้วย Arduino UNO R3

3.3.4 คำนวณค่าสมการด้วย Arduino UNO R3 แบบอ้างอิงจากเวลาและวันที่จริง เพื่อทำการควบคุมมอเตอร์ และเก็บผลค่าแรงดันไฟฟ้าเพื่อเปรียบเทียบลักษณะการติดตั้ง

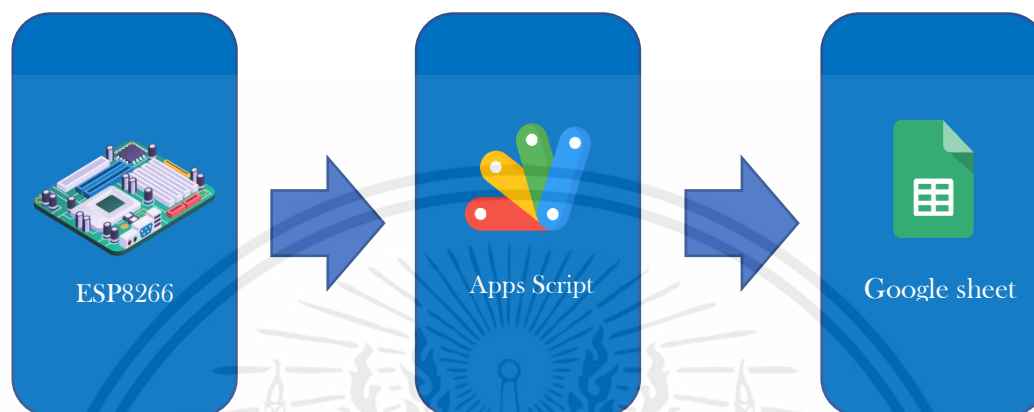
จากข้อ 3.3.3 จากการควบคุมการหมุนเพื่อทำองศาของ Servo motor ตัวที่ 1 เป็นการหมุนทำองศาของมุม Azimuth angle และ Servo Motor ตัวที่ 2 เป็นการหมุนทำองศาของมุม Elevation angle จึงนำมาสู่ขั้นตอนการติดตั้งเพื่อเก็บผลค่าแรงดันไฟฟ้าทำการเปรียบเทียบระหว่าง การติดตั้ง Solar cell แบบติดตั้งอยู่กับที่ และติดตั้งแบบ Solar Tracking จากการคำนวณเพื่อติดตามการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ โดยทำการติดตั้งที่ตำแหน่งตึกภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์การวัดและควบคุม ในวันและเวลาเดียวกัน



รูปที่ 3.19 วงจรชุด Controller Solar Tracking แบบเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้า

3.4 ส่วนของการเก็บผลค่าแรงดันไฟฟ้าเพื่อนำมา เปรียบเทียบผลการทดลอง

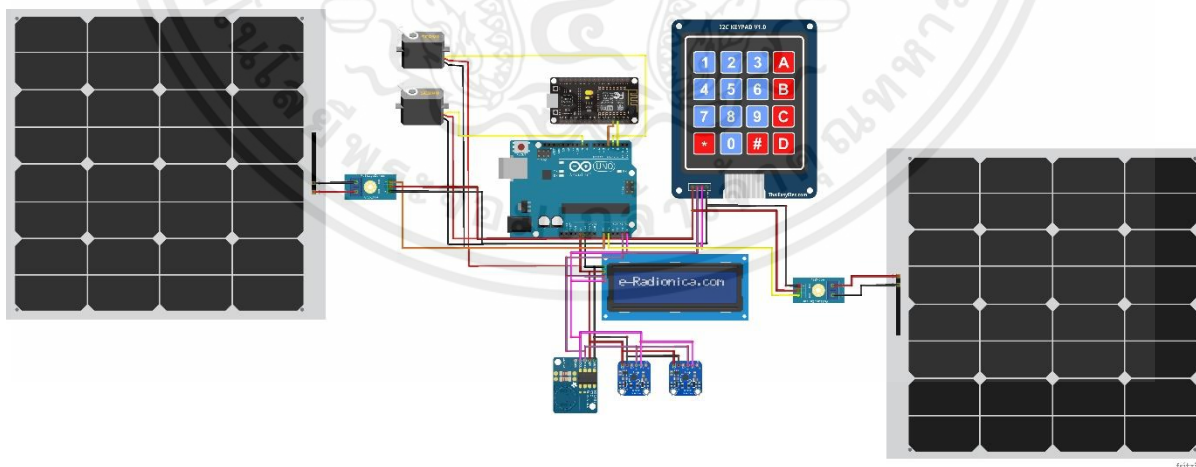
โดยในส่วนของการเก็บผลค่าพลังงานไฟฟ้าเพื่อนำมา เปรียบเทียบผลการทดลอง ทางคณะผู้จัดทำได้ ทำการออกแบบลักษณะการเก็บผลค่าแรงดันไฟฟ้า เพื่อให้สอดคล้องกับแนวคิดข้างต้น 3.1 , 3.2 และ 3.3



รูปที่ 3.20 ส่งข้อมูลจาก ESP8266 ไปยัง Apps Script เพื่อไปเก็บใน Google sheet

3.4.1 การเก็บผลค่าแรงดันไฟฟ้า และส่งข้อมูลจาก ESP8266

จากข้อ 3.3.4 คำนวณค่าสมการด้วย Arduino UNO R3 แบบอ้างอิงจากเวลาและวันที่จริง เพื่อทำการควบคุมมอเตอร์ และเก็บผลค่าแรงดันไฟฟ้าเพื่อเปรียบเทียบลักษณะการติดตั้ง ทำการบันทึกผล ทุกๆ 5 นาที และสั่งให้ Servo Motor หมุนเพื่อทำองศาทุกๆ 1 ชั่วโมง



รูปที่ 3.21 วงจรชุด Controller Solar Tracking แบบเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.1.1 โปรแกรมการเก็บผลค่าแรงดันไฟฟ้า และส่งข้อมูลจาก ESP8266

ทำการบันทึกค่าแรงดันไฟฟ้าทุก 1 ชั่วโมง และสั่งให้ Servo Motor หมุนเพื่อทำองศาทุก 1 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 08.00 น. – 18.00 น. โดยการส่งข้อมูลจากใช้ส่งข้อมูลจาก ESP8266

```

DHT11_Google_Sheet1_Arduino 1.8.5
File Edit Sketch Tools Help
DHT11_Google_Sheet1
1 #include <ESP8266WiFi.h>
2 #include <ESP8266WiFi.h>
3 #include <SoftwareSerial.h>
4 SoftwareSerial NodeSerial(D2, D3); // RX | TX
5
6 char ssid[] = "OPPO A54";
7 char pass[] = "9f8dc0e2f064";
8 String GAS_ID = "AKiybyIUifiz4hTMRhKvOrImyoNwsyIHnsvib5IqHZEjnzYONHWaGqnAQeIrtNzDL_OGg"; //--> spreadsheet script ID
9
10 const char* host = "script.google.com"; // only google.com not https://google.com
11
12 // -----
13 #define DHT_PIN D1
14 #define UPDATE_INTERVAL_HOUR (0)
15 #define UPDATE_INTERVAL_MIN (0)
16 #define UPDATE_INTERVAL_SEC (30)
17 #define UPDATE_INTERVAL_MS ( (UPDATE_INTERVAL_HOUR*60*60) + (UPDATE_INTERVAL_MIN * 60) + UPDATE_INTERVAL_SEC ) * 1000
18 // -----
19 float Tracking;
20 float Solar;
21
22 // -----
23 void update google sheet()

```

รูปที่ 3.22 การประกาศตัวแปรในส่วนของ ESP8266

```

DHT11_Google_Sheet1_Arduino 1.8.5
File Edit Sketch Tools Help
DHT11_Google_Sheet1
25 Serial.print("connecting to ");
26 Serial.println(host);
27
28 // Use WiFiClient class to create TCP connections
29 WiFiClientSecure client;
30 const int httpPort = 443; // 80 is for HTTP / 443 is for HTTPS!
31
32 client.setInsecure(); // this is the magical line that makes everything work
33
34 if (!client.connect(host, httpPort)) { //works!
35 Serial.println("connection failed");
36 return;
37 }
38
39 //-----Processing data and sending data
40 String url = "/macros/s/" + GAS_ID + "/exec?Tracking=";
41
42 url += String(Tracking);
43
44 url += "&Solar=";
45 url += String(Solar);
46
47 Serial.print("Requesting URL: ");

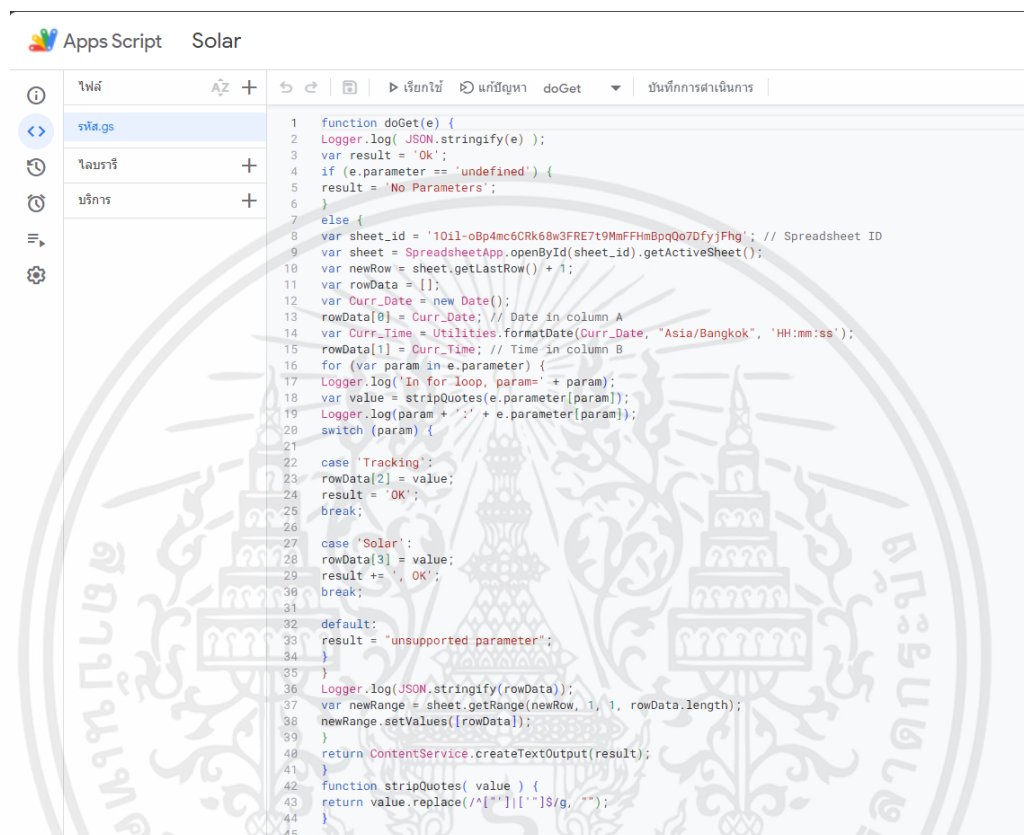
```

รูปที่ 3.23 การกำหนดส่วนข้อมูล และการบันทึกข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 การเชื่อมต่อข้อมูลเพื่อทำการบันทึกค่าแรงดันไฟฟ้า

ทำการบันทึกค่าจาก ESP8266 ทางคณะผู้จัดทำจึงได้เลือกใช้ Apps Script เพื่อเชื่อมต่อและบันทึกผลลง Google sheet และทำการสรุปผลเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้า



```

1 function doGet(e) {
2   Logger.log( JSON.stringify(e) );
3   var result = 'Ok';
4   if (e.parameter == 'undefined') {
5     result = 'No Parameters';
6   }
7   else {
8     var sheet_id = '10i11-oBp4mc6CRk69w3FRE7t9MmFFHmBpQ0o7DfyjFhg'; // Spreadsheet ID
9     var sheet = SpreadsheetApp.openById(sheet_id).getActiveSheet();
10    var newRow = sheet.getLastRow() + 1;
11    var rowData = [];
12    var Curr_Date = new Date();
13    rowData[0] = Curr_Date; // Date in column A
14    var Curr_Time = Utilities.formatDate(Curr_Date, "Asia/Bangkok", 'HH:mm:ss');
15    rowData[1] = Curr_Time; // Time in column B
16    for (var param in e.parameter) {
17      Logger.log("In for loop, param= " + param);
18      var value = stripQuotes(e.parameter[param]);
19      Logger.log(param + " : " + e.parameter[param]);
20      switch (param) {
21        case 'Tracking':
22          rowData[2] = value;
23          result = 'OK';
24          break;
25        case 'Solar':
26          rowData[3] = value;
27          result += ', OK';
28          break;
29        default:
30          result = "unsupported parameter";
31      }
32    }
33    Logger.log(JSON.stringify(rowData));
34    var newRange = sheet.getRange(newRow, 1, 1, rowData.length);
35    newRange.setValues([rowData]);
36    return ContentService.createTextOutput(result);
37  }
38  function stripQuotes( value ) {
39    return value.replace(/["']+/g, "");
40  }
41 }
42 }
43 }
44 }
45 }

```

รูปที่ 3.24 Apps Script

3.5 ส่วนของชิ้นงานและการแสดงผล คือ การแสดงค่าองศาของ Azimuth angle และ Elevation angle และการปรับตั้งค่า Longitude , Latitude

ในส่วนของชิ้นงานและการแสดงผล จะทำการออกแบบลักษณะของชิ้นงาน ตามลักษณะการติดตั้งแผง Solar cell โดยทั่วไป เพื่อความแข็งแรง และแยกชิ้นส่วนชิ้นงานออกได้เป็น 3 ส่วน

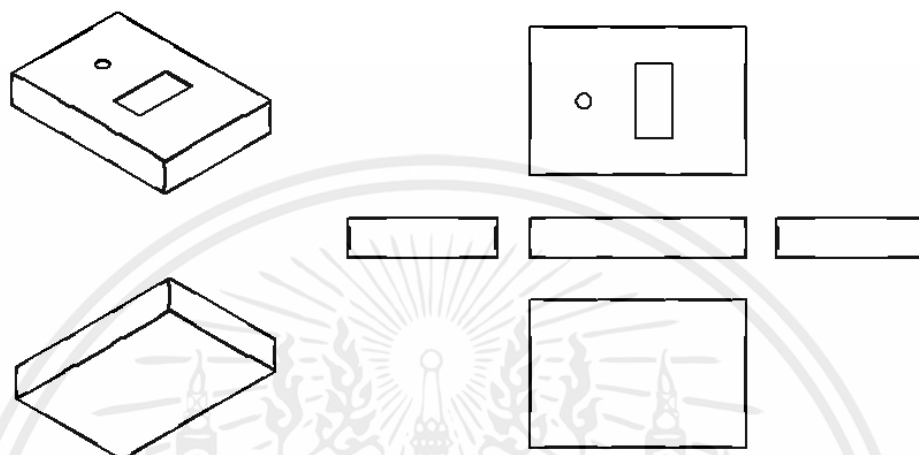
3.5.1 ส่วนฐานรับแผง Solar cell

3.5.2 ส่วนแขนรับแผง Solar cell

3.5.3 ส่วนของแผง Solar cell

3.5.1 ส่วนฐานรับแผง Solar cell

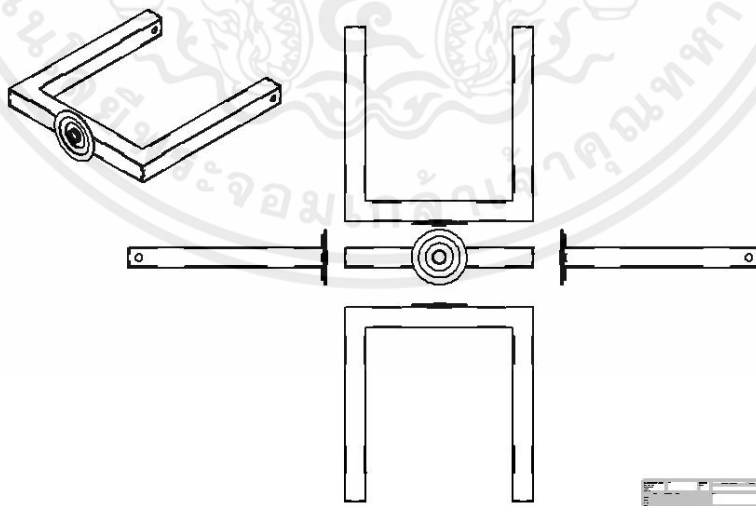
ส่วนของฐานรับแผง Solar cell มีขนาด กว้าง 20 เซนติเมตร , ยาว 29 เซนติเมตร และ สูง 5 เซนติเมตร โดยติดตั้งอุปกรณ์ วงจรชุด Controller Solar Tracking



รูปที่ 3.25 ส่วนฐานรับแผง Solar cell

3.5.2 ส่วนแขนรับแผง Solar cell

ส่วนของแขนรับแผง Solar cell มีขนาด กว้าง 27 เซนติเมตร , ยาว 28 เซนติเมตร และ สูง 3 เซนติเมตร

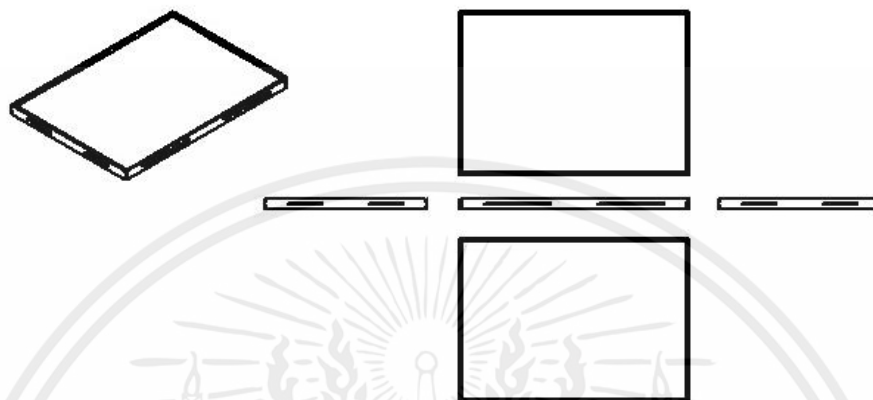


รูปที่ 3.26 ส่วนแขนรับแผง Solar cell

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.3 ส่วนของแผง Solar cell

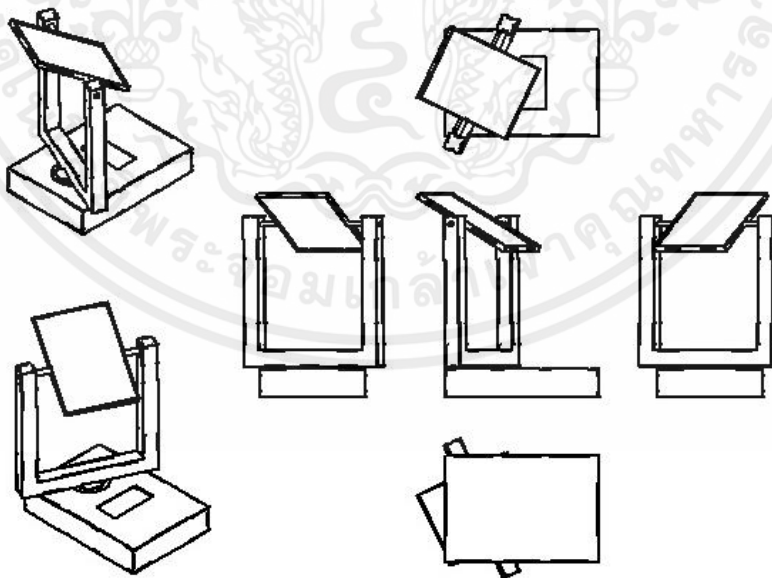
ส่วนของแผง Solar cell มีขนาด กว้าง 14 เซนติเมตร , ยาว 20 เซนติเมตร และ สูง 1 เซนติเมตร



รูปที่ 3.27 ส่วนของแผง Solar cell

3.5.4 ชิ้นงาน Solar Tracking

ส่วนชิ้นงาน ประกอบส่วนฐานรับแผง Solar cell , ส่วนแขนรับแผง Solar cell และส่วนของแผง Solar cell



รูปที่ 3.28 ชิ้นงาน Solar Tracking

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 กล่าวนำ

การทดลอง การคำนวณค่าของสมการการหาค่า Azimuth angle และ Elevation angle เพื่อติดตามการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ โดยนำค่าของมุม Azimuth angle และ Elevation angle จากการคำนวณมาหมุนเพื่อทำองศาตามตำแหน่งดวงอาทิตย์ ประกอบไปด้วย การทดลองในการคำนวณค่าของสมการด้วย Arduino UNO R3 การหาค่า Azimuth angle และ Elevation angle แบบกำหนดค่าช่วงเวลา การทดลองในการคำนวณค่าสมการด้วย Arduino UNO R3 แบบอ้างอิงจากเวลาและวันที่จริง การทดลองในการคำนวณค่าสมการด้วย Arduino UNO R3 แบบอ้างอิงจากเวลาและวันที่จริง เพื่อทำการควบคุมมอเตอร์ การทดลองคำนวณค่าสมการด้วย Arduino UNO R3 แบบอ้างอิงจากเวลาและวันที่จริง เพื่อทำการควบคุมมอเตอร์ และเก็บผลค่าแรงดันไฟฟ้าเพื่อเปรียบเทียบลักษณะการติดตั้ง

ค่ากำหนดในการทดลอง ตำแหน่ง Longitude 100.774 และ Latitude 13.727 บริเวณตึกภาควิศวกรรมการวัดและควบคุม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

4.2 การทดลองเปรียบเทียบค่ามุม Azimuth angle และ Elevation angle

4.2.1 การทดลองเปรียบเทียบค่ามุม Azimuth angle และ Elevation angle แบบระบุช่วงเวลา โดยคำนวณค่าของสมการด้วย Arduino UNO R3 และ Application

ตารางที่ 4.1 การทดลองเปรียบเทียบค่ามุม Azimuth angle และ Elevation angle แบบระบุช่วงเวลา โดยคำนวณค่าของสมการด้วย Arduino UNO R3 และ Application

วัน/เดือน/ปี	เวลา	Arduino UNO R3		Application		คาดเคลื่อน	
		AZ	EL	AZ	EL	AZ	EL
29/01/2566	13.00 น.	192.73	57.09	193.38	57.43	-0.65	-0.34

จากตารางที่ 4.1 การทดลองเปรียบเทียบค่ามุม Azimuth angle และ Elevation angle แบบระบุช่วงเวลา โดยคำนวณค่าของสมการด้วย Arduino UNO R3 และ Application ทำการทดลองการคำนวณสมการการติดตามการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ ในวันที่ 29 มกราคม พ.ศ.2566 เวลา 13.00 น.ที่ตึกภาควิศวกรรมการวัดและควบคุม ตำแหน่ง Longitude 100.774 และ Latitude 13.727 จากการคำนวณด้วย Arduino UNO R3 ได้ค่า Azimuth angle 192.73 , Elevation angle เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

57.09 และ Application ได้ค่า Azimuth angle 193.38 , Elevation angle 57.43 มีความคาดเคลื่อนกันอยู่ที่ Azimuth angle -0.65 และ Elevation angle -0.34

4.2.2 การทดลองเปรียบเทียบค่ามุม Azimuth angle และ Elevation angle แบบช่วงเวลาจริง โดยคำนวณค่าของสมการด้วย Arduino UNO R3 และ Application

ตารางที่ 4.2 การทดลองเปรียบเทียบค่ามุม Azimuth angle และ Elevation angle แบบช่วงเวลาจริง โดยคำนวณค่าของสมการด้วย Arduino UNO R3 และ Application

วัน/เดือน/ปี	เวลา	Arduino UNO R3		Application		คาดเคลื่อน	
		AZ	EL	AZ	EL	AZ	EL
25/03/2566	08.00 น.	95.83	22.45	94.37	23.95	+1.46	-1.5
25/03/2566	10.00 น.	106.56	51.19	105.70	52.65	+0.86	-1.46
25/03/2566	12.00 น.	155.28	75.83	154.17	76.70	+1.11	-0.87
25/03/2566	14.00 น.	247.34	63.73	245.52	63.20	+1.82	+0.52

จากตารางที่ 4.2 การทดลองเปรียบเทียบค่ามุม Azimuth angle และ Elevation angle แบบช่วงเวลาจริง โดยคำนวณค่าของสมการด้วย Arduino UNO R3 และ Application ทำการทดลองการคำนวณสมการการติดตามการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ ในวันที่ 25 มีนาคม พ.ศ.2566 เวลา 08.00 น. – 14.00 น. ที่ตึกภาควิศวกรรมการวัดและควบคุม ตำแหน่ง Longitude 100.774 และ Latitude 13.727 จากการคำนวณด้วย Arduino UNO R3 ได้ค่า เวลา 08.00 น. Azimuth angle 95.83, Elevation angle 22.45 และ Application ได้ค่า Azimuth angle 94.37, Elevation angle 23.95 มีความคาดเคลื่อนกันอยู่ที่ Azimuth angle +1.46 และ Elevation angle -1.5 จากการคำนวณด้วย Arduino UNO R3 ได้ค่า เวลา 10.00 น. Azimuth angle 106.56 , Elevation angle 51.19 และ Application ได้ค่า Azimuth angle 105.70, Elevation angle 52.65 มีความคาดเคลื่อนกันอยู่ที่ Azimuth angle +0.86 และ Elevation angle -1.46 เวลา จากการคำนวณด้วย Arduino UNO R3 ได้ค่า 12.00 น. Azimuth angle 155.28 , Elevation angle 75.83 และ Application ได้ค่า Azimuth angle 154.17, Elevation angle 76.70 มีความคาดเคลื่อนกันอยู่ที่ Azimuth angle +1.11 และ Elevation angle -0.87 เวลา จากการคำนวณด้วย Arduino UNO R3 ได้ค่า 14.00 น. Azimuth angle 247.34 , Elevation angle 63.73 และ Application ได้ค่า Azimuth angle 245.52, Elevation angle 63.20 มีความคาดเคลื่อนกันอยู่ที่ Azimuth angle +1.82 และ Elevation angle +0.52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 การทดลองเปรียบเทียบค่ามุม Azimuth angle และ Elevation angle แบบ ช่วงเวลาจริง คำนวณค่าของสมการด้วย Arduino UNO R3 ควบคุมด้วย Sensor XYZ และ Application

ตารางที่ 4.3 การทดลองเปรียบเทียบค่ามุม Azimuth angle และ Elevation angle แบบช่วงเวลา
จริง คำนวณค่าของสมการด้วย Arduino UNO R3 ควบคุมด้วย Sensor XYZ และ Application

วัน/เดือน/ปี	เวลา	Arduino UNO R3		Application		คาดเคลื่อน	
		AZ	EL	AZ	EL	AZ	EL
30/09/2566	11.00 น.	132.4	65.73	133.42	66.62	+1.02	+0.89
30/09/2566	12.00 น.	171.6	72.43	172.77	73.46	+1.17	+1.03
30/09/2566	13.00 น.	220.51	69.02	219.57	68.95	-0.94	-0.07
30/09/2566	14.00 น.	240.5	56.51	241.6	57.52	+1.1	+1.01
30/09/2566	15.00 น.	251.2	44.1	252.21	44.08	+1.01	-0.02
30/09/2566	16.00 น.	257.51	30.01	258.57	29.98	+1.36	-0.03
30/09/2566	17.00 น.	262.4	15.42	263.12	15.62	+0.72	-0.2
30/09/2566	18.00 น.	265.89	1.3	266.88	1.4	+0.99	+0.1

จากตารางที่ 4.3 การทดลองเปรียบเทียบค่ามุม Azimuth angle และ Elevation angle แบบช่วงเวลาจริง โดยคำนวณค่าของสมการด้วย Arduino UNO R3 และ Application ทำการทดลองการคำนวณสมการการติดตามการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ ในวันที่ 30 กันยายน พ.ศ.2566 เวลา 11.00 น. – 18.00 น. ที่ตึกภาควิศวกรรมการวัดและควบคุม ตำแหน่ง Longitude 100.774 และ Latitude 13.727 จากการคำนวณด้วย Arduino UNO R3 ได้ค่า เวลา 11.00 น.-18.00 น. Azimuth angle 132.4, Elevation angle 65.73 และ Application ได้ค่า Azimuth angle 133.42, Elevation angle 66.62 มีความคาดเคลื่อนกันอยู่ที่ Azimuth angle +1.02 และ Elevation angle +0.89 จากการคำนวณด้วย Arduino UNO R3 ได้ค่า เวลา 12.00 น. Azimuth angle 171.6 , Elevation angle 72.43 และ Application ได้ค่า Azimuth angle 172.77, Elevation angle 73.46 มีความคาดเคลื่อนกันอยู่ที่ Azimuth angle +1.17 และ Elevation angle +1.03จากการคำนวณด้วย Arduino UNO R3 ได้ค่า เวลา 13.00 น. Azimuth angle 220.51 , Elevation angle 69.02 และ Application ได้ค่า Azimuth angle 219.57, Elevation angle 68.95 มีความคาดเคลื่อนกันอยู่ที่ Azimuth angle -0.94 และ Elevation angle -0.07 จากการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนวณด้วย Arduino UNO R3 ได้ค่า เวลา 14.00 น. Azimuth angle 240.5 , Elevation angle 56.51 และ Application ได้ค่า Azimuth angle 241.6, Elevation angle 57.52 มีความคลาดเคลื่อนกันอยู่ที่ Azimuth angle +1.1 และ Elevation angle +1.01 จากการคำนวณด้วย Arduino UNO R3 ได้ค่า เวลา 15.00 น. Azimuth angle 251.2 , Elevation angle 44.1 และ Application ได้ค่า Azimuth angle 252.21, Elevation angle 44.08 มีความคลาดเคลื่อนกันอยู่ที่ Azimuth angle +1.01 และ Elevation angle -0.02 จากการคำนวณด้วย Arduino UNO R3 ได้ค่า เวลา 16.00 น. Azimuth angle 257.51 , Elevation angle 30.01 และ Application ได้ค่า Azimuth angle 258.57, Elevation angle 29.98 มีความคลาดเคลื่อนกันอยู่ที่ Azimuth angle +1.36 และ Elevation angle -0.03 จากการคำนวณด้วย Arduino UNO R3 ได้ค่า เวลา 17.00 น. Azimuth angle 262.4 , Elevation angle 15.42 และ Application ได้ค่า Azimuth angle 263.12, Elevation angle 15.62 มีความคลาดเคลื่อนกันอยู่ที่ Azimuth angle +0.72 และ Elevation angle -0.2 จากการคำนวณด้วย Arduino UNO R3 ได้ค่า เวลา 18.00 น. Azimuth angle 265.89 , Elevation angle 1.3 และ Application ได้ค่า Azimuth angle 266.88, Elevation angle 1.4 มีความคลาดเคลื่อนกันอยู่ที่ Azimuth angle +0.99 และ Elevation angle +0.1

4.3 การเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้า

4.3.1 การทดลองเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้า ตามช่วงเวลาจริง ระหว่างการติดตั้งแบบ Solar Tracking กับ Solar Cell แบบอยู่กับที่

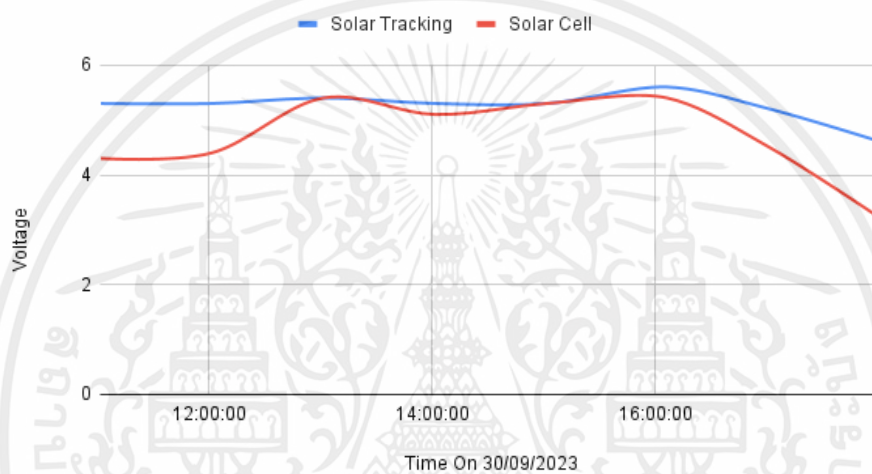
ตารางที่ 4.4 การทดลองเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้า ตามช่วงเวลาจริง ระหว่างการติดตั้งแบบ Solar Tracking กับ Solar Cell แบบอยู่กับที่

วัน/เดือน/ปี	เวลา	Solar Tracking (V.)	Solar Cell (V.)
30/09/2566	11:01:18	5.3	4.3
30/09/2566	12:01:19	5.3	4.4
30/09/2566	13:01:18	5.4	5.4
30/09/2566	14:01:18	5.3	5.1
30/09/2566	15:01:25	5.3	5.3
30/09/2566	16:06:18	5.6	5.4
30/09/2566	17:01:19	5.2	4.5
30/09/2566	18:01:25	4.6	3.2
รวม		42	37.6
ค่าเฉลี่ยรวม		5.25	4.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.4 การทดลองเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้า ตามช่วงเวลาจริง ระหว่างการติดตั้งแบบ Solar Tracking กับ Solar Cell แบบอยู่กับที่ ในวันที่ 30 กันยายน พ.ศ.2566 เวลา 11.00 น. - 18.00 น. ที่ตึกภาควิศวกรรมการวัดและควบคุม ตำแหน่ง Longitude 100.774 และ Latitude 13.727 โดย Solar Cell ที่ใช้มีขนาด 5V. ,2mA. ,1W. ค่าแรงดันไฟฟ้ารวมของการติดตั้งแบบ Solar Tracking 42 V. มีค่าเฉลี่ยแรงดันไฟฟ้าอยู่ที่ 5.25 V. ค่าแรงดันไฟฟ้ารวมของการติดตั้งแบบ Solar Cell แบบอยู่กับที่ 37.6 V. มีค่าเฉลี่ยพลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 4.7 มีค่าแรงดันไฟฟ้าแตกต่างกันเฉลี่ยแล้ว 0.55 V.

Compare values



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้า

4.3.2 การทดลองเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้า ตามช่วงเวลาจริง ระหว่างการติดตั้งแบบ Solar Tracking กับ Solar Cell แบบอยู่กับที่ เป็นเวลา 7 วัน

4.3.2.1 การทดลองเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้า ตามช่วงเวลาจริง ระหว่างการติดตั้งแบบ Solar Tracking กับ Solar Cell แบบอยู่กับที่ วันที่ 25 ตุลาคม พ.ศ.2566

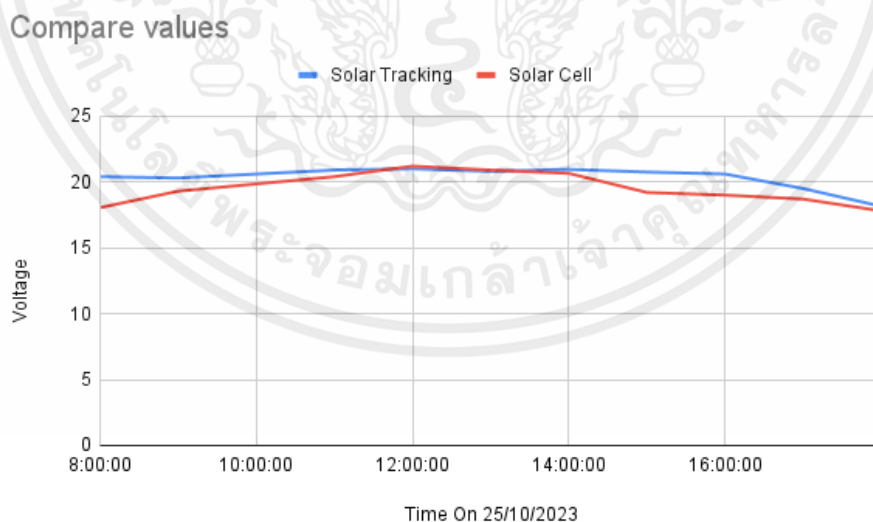
ตารางที่ 4.5 การทดลองเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้า ตามช่วงเวลาจริง ระหว่างการติดตั้งแบบ Solar Tracking กับ Solar Cell แบบอยู่กับที่ วันที่ 25 ตุลาคม พ.ศ.2566

วัน/เดือน/ปี	เวลา	Solar Tracking (V.)	Solar Cell (V.)
25/10/2566	08:00:00	20.4	18.05
25/10/2566	09:00:00	20.3	19.3
25/10/2566	10:00:00	20.6	19.85
25/10/2566	11:00:00	20.9	20.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

25/10/2566	12:00:00	21	21.2
25/10/2566	13:00:00	20.8	20.9
25/10/2566	14:00:00	20.95	20.65
25/10/2566	15:00:00	20.75	19.2
25/10/2566	16:00:00	20.6	19
25/10/2566	17:00:00	19.3	18.7
25/10/2566	18:00:00	18.1	17.8
รวม		223.95	215.05
ค่าเฉลี่ยรวม		20.35909	19.55

จากตารางที่ 4.5 การทดลองเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้า ตามช่วงเวลาจริง ระหว่างการติดตั้งแบบ Solar Tracking กับ Solar Cell แบบอยู่กับที่ วันที่ 25 ตุลาคม พ.ศ.2566 เวลา 08.00 น. – 18.00 น. ที่ตึกภาควิศวกรรมการวัดและควบคุม ตำแหน่ง Longitude 100.774 และ Latitude 13.727 โดย Solar Cell ที่ใช้มีขนาด 20V. ,2mA. ,4W. ค่าแรงดันไฟฟ้ารวมของการติดตั้งแบบ Solar Tracking 223.95 V. มีค่าเฉลี่ยแรงดันไฟฟ้าอยู่ที่ 20.35909 V. ค่าแรงดันไฟฟ้ารวมของการติดตั้งแบบ Solar Cell แบบอยู่กับที่ 215.05 V. มีค่าเฉลี่ยแรงดันไฟฟ้าอยู่ที่ 19.55 V. มีค่าแรงดันไฟฟ้าแตกต่างกันเฉลี่ยแล้ว 0.80909091 V.



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้า วันที่ 25 ตุลาคม พ.ศ.2566

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

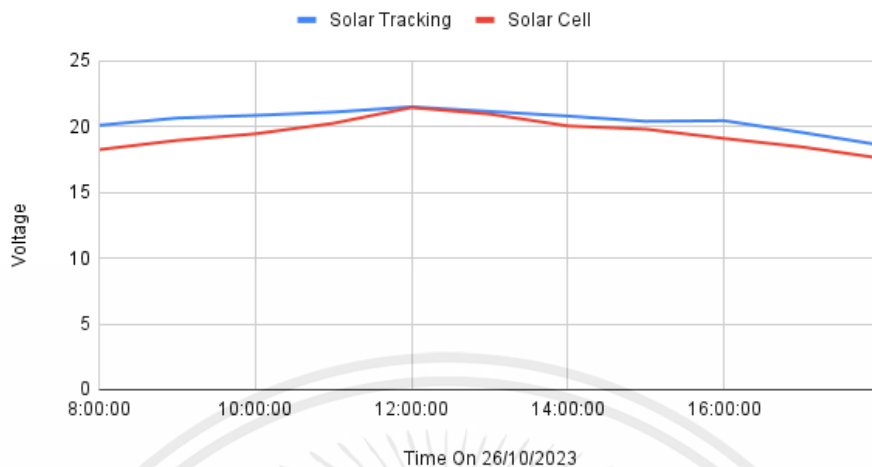
4.3.2.2 การทดลองเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้า ตามช่วงเวลาจริง ระหว่างการติดตั้งแบบ Solar Tracking กับ Solar Cell แบบอยู่กับที่ วันที่ 26 ตุลาคม พ.ศ.2566

ตารางที่ 4.6 การทดลองเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้า ตามช่วงเวลาจริง ระหว่างการติดตั้งแบบ Solar Tracking กับ Solar Cell แบบอยู่กับที่ วันที่ 26 ตุลาคม พ.ศ.2566

วัน/เดือน/ปี	เวลา	Solar Tracking (V.)	Solar Cell (V.)
26/10/2566	08:00:00	20.1	18.25
26/10/2566	09:00:00	20.65	18.95
26/10/2566	10:00:00	20.85	19.45
26/10/2566	11:00:00	21.1	20.25
26/10/2566	12:00:00	21.5	21.45
26/10/2566	13:00:00	21.15	20.95
26/10/2566	14:00:00	20.8	20.05
26/10/2566	15:00:00	20.4	19.8
26/10/2566	16:00:00	20.45	19.1
26/10/2566	17:00:00	19.55	18.45
26/10/2566	18:00:00	18.6	17.6
รวม		225.15	214.3
ค่าเฉลี่ยรวม		20.46818182	19.48181818

จากตารางที่ 4.6 การทดลองเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้า ตามช่วงเวลาจริง ระหว่างการติดตั้งแบบ Solar Tracking กับ Solar Cell แบบอยู่กับที่ วันที่ 26 ตุลาคม พ.ศ.2566 เวลา 08.00 น. – 18.00 น. ที่ตึกภาควิศวกรรมการวัดและควบคุม ตำแหน่ง Longitude 100.774 และ Latitude 13.727 โดย Solar Cell ที่ใช้มีขนาด 20V. ,2mA. ,4W. ค่าแรงดันไฟฟ้ารวมของการติดตั้งแบบ Solar Tracking 225.15 V. มีค่าเฉลี่ยแรงดันไฟฟ้าอยู่ที่ 20.46818182 V ค่าแรงดันไฟฟ้ารวมของการติดตั้งแบบ Solar Cell แบบอยู่กับที่ 214.3 V. มีค่าเฉลี่ยแรงดันไฟฟ้าอยู่ที่ 19.48181818V. มีค่าแรงดันไฟฟ้าแตกต่างกันเฉลี่ยแล้ว 0.9863636364 V.

Compare values



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้า วันที่ 26 ตุลาคม พ.ศ.2566

4.3.2.3 การทดลองเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้า ตามช่วงเวลาจริง ระหว่างการติดตั้งแบบ Solar Tracking กับ Solar Cell แบบอยู่กับที่ วันที่ 28 ตุลาคม พ.ศ.2566

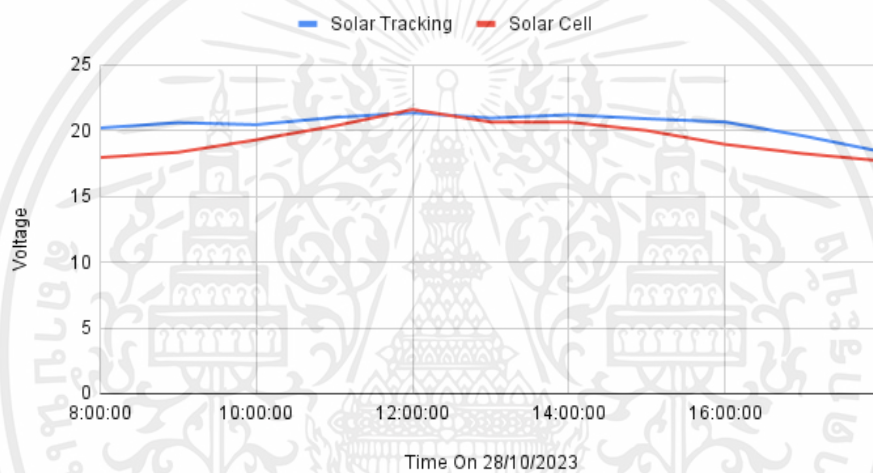
ตารางที่ 4.7 การทดลองเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้า ตามช่วงเวลาจริง ระหว่างการติดตั้งแบบ Solar Tracking กับ Solar Cell แบบอยู่กับที่ วันที่ 28 ตุลาคม พ.ศ.2566

วัน/เดือน/ปี	เวลา	Solar Tracking (V.)	Solar Cell (V.)
28/10/2566	08:00:00	20.2	17.95
28/10/2566	09:00:00	20.6	18.35
28/10/2566	10:00:00	20.45	19.3
28/10/2566	11:00:00	21	20.35
28/10/2566	12:00:00	21.35	21.6
28/10/2566	13:00:00	20.95	20.65
28/10/2566	14:00:00	21.2	20.65
28/10/2566	15:00:00	20.9	20
28/10/2566	16:00:00	20.65	18.95
28/10/2566	17:00:00	19.6	18.25
28/10/2566	18:00:00	18.4	17.7
รวม		225.3	213.75
ค่าเฉลี่ยรวม		20.48181818	19.43181818

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.7 การทดลองเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้า ตามช่วงเวลาจริง ระหว่างการติดตั้งแบบ Solar Tracking กับ Solar Cell แบบอยู่กับที่ วันที่ 28 ตุลาคม พ.ศ.2566 เวลา 08.00 น. – 18.00 น. ที่ตึกภาควิศวกรรมการวัดและควบคุม ตำแหน่ง Longitude 100.774 และ Latitude 13.727 โดย Solar Cell ที่ใช้มีขนาด 20V. ,2mA. ,4W. ค่าแรงดันไฟฟ้ารวมของการติดตั้งแบบ Solar Tracking 225.3 V. มีค่าเฉลี่ยแรงดันไฟฟ้าอยู่ที่ 20.48181818 V. ค่าแรงดันไฟฟ้ารวมของการติดตั้งแบบ Solar Cell แบบอยู่กับที่ 213.75 V. มีค่าเฉลี่ยแรงดันไฟฟ้าอยู่ที่ 19.43181818 V. มีค่าแรงดันไฟฟ้าแตกต่างกันเฉลี่ยแล้ว 1.05 V.

Compare values



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้า วันที่ 28 ตุลาคม พ.ศ.2566

4.3.2.4 การทดลองเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้า ตามช่วงเวลาจริง ระหว่างการติดตั้งแบบ Solar Tracking กับ Solar Cell แบบอยู่กับที่ วันที่ 29 ตุลาคม พ.ศ.2566

ตารางที่ 4.8 การทดลองเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้า ตามช่วงเวลาจริง ระหว่างการติดตั้งแบบ Solar Tracking กับ Solar Cell แบบอยู่กับที่ วันที่ 29 ตุลาคม พ.ศ.2566

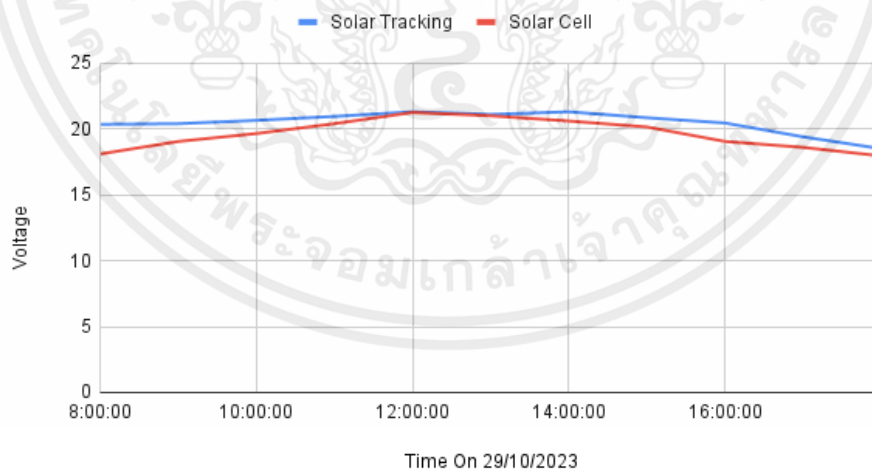
วัน/เดือน/ปี	เวลา	Solar Tracking (V.)	Solar Cell (V.)
29/10/2566	08:00:00	20.35	18.1
29/10/2566	09:00:00	20.4	19.05
29/10/2566	10:00:00	20.65	19.65
29/10/2566	11:00:00	20.95	20.4
29/10/2566	12:00:00	21.3	21.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

29/10/2566	13:00:00	21.1	21
29/10/2566	14:00:00	21.3	20.6
29/10/2566	15:00:00	20.85	20.15
29/10/2566	16:00:00	20.45	19.05
29/10/2566	17:00:00	19.4	18.6
29/10/2566	18:00:00	18.5	17.95
รวม		225.25	215.8
ค่าเฉลี่ยรวม		20.47727273	19.61818182

จากตารางที่ 4.8 การทดลองเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้า ตามช่วงเวลาจริง ระหว่างการติดตั้งแบบ Solar Tracking กับ Solar Cell แบบอยู่กับที่ วันที่ 29 ตุลาคม พ.ศ.2566 เวลา 08.00 น. – 18.00 น. ที่ตึกภาควิศวกรรมการวัดและควบคุม ตำแหน่ง Longitude 100.774 และ Latitude 13.727 โดย Solar Cell ที่ใช้มีขนาด 20V. ,2mA. ,4W. ค่าแรงดันไฟฟ้ารวมของการติดตั้งแบบ Solar Tracking 225.25 V. มีค่าเฉลี่ยแรงดันไฟฟ้าอยู่ที่ 20.47727273 V. ค่าแรงดันไฟฟ้ารวมของการติดตั้งแบบ Solar Cell แบบอยู่กับที่ 215.8 V. มีค่าเฉลี่ยแรงดันไฟฟ้าอยู่ที่ 19.61818182 V. มีค่าแรงดันไฟฟ้าแตกต่างกันเฉลี่ยแล้ว 0.8590909091 V.

Compare values



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้า วันที่ 29 ตุลาคม พ.ศ.2566

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

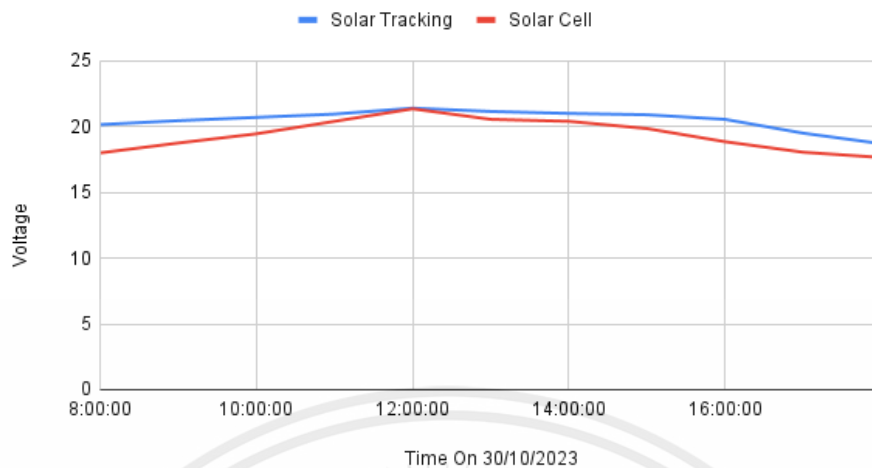
4.3.2.5 การทดลองเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้า ตามช่วงเวลาจริง ระหว่างการติดตั้งแบบ Solar Tracking กับ Solar Cell แบบอยู่กับที่ วันที่ 30 ตุลาคม พ.ศ.2566

ตารางที่ 4.9 การทดลองเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้า ตามช่วงเวลาจริง ระหว่างการติดตั้งแบบ Solar Tracking กับ Solar Cell แบบอยู่กับที่ วันที่ 30 ตุลาคม พ.ศ.2566

วัน/เดือน/ปี	เวลา	Solar Tracking (V.)	Solar Cell (V.)
30/10/2566	08:00:00	20.15	18
30/10/2566	09:00:00	20.45	18.75
30/10/2566	10:00:00	20.7	19.45
30/10/2566	11:00:00	20.95	20.4
30/10/2566	12:00:00	21.4	21.35
30/10/2566	13:00:00	21.15	20.55
30/10/2566	14:00:00	21	20.4
30/10/2566	15:00:00	20.9	19.85
30/10/2566	16:00:00	20.55	18.85
30/10/2566	17:00:00	19.5	18.05
30/10/2566	18:00:00	18.7	17.65
รวม		225.45	213.3
ค่าเฉลี่ยรวม		20.49545455	19.39090909

จากตารางที่ 4.9 การทดลองเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้า ตามช่วงเวลาจริง ระหว่างการติดตั้งแบบ Solar Tracking กับ Solar Cell แบบอยู่กับที่ วันที่ 30 ตุลาคม พ.ศ.2566 เวลา 08.00 น. – 18.00 น. ที่ตึกภาควิศวกรรมการวัดและควบคุม ตำแหน่ง Longitude 100.774 และ Latitude 13.727 โดย Solar Cell ที่ใช้มีขนาด 20V. ,2mA. ,4W. ค่าแรงดันไฟฟ้ารวมของการติดตั้งแบบ Solar Tracking 225.45 V. มีค่าเฉลี่ยแรงดันไฟฟ้าอยู่ที่ 20.49545455 V. ค่าแรงดันไฟฟ้ารวมของการติดตั้งแบบ Solar Cell แบบอยู่กับที่ 213.3 V. มีค่าเฉลี่ยแรงดันไฟฟ้าอยู่ที่ 19.39090909 V. มีค่าแรงดันไฟฟ้าแตกต่างกันเฉลี่ยแล้ว 1.10454545 V.

Compare values



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้า วันที่ 30 ตุลาคม พ.ศ.2566

4.3.2.6 การทดลองเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้า ตามช่วงเวลาจริง ระหว่างการติดตั้งแบบ Solar Tracking กับ Solar Cell แบบอยู่กับที่ วันที่ 1 พฤศจิกายน พ.ศ.2566

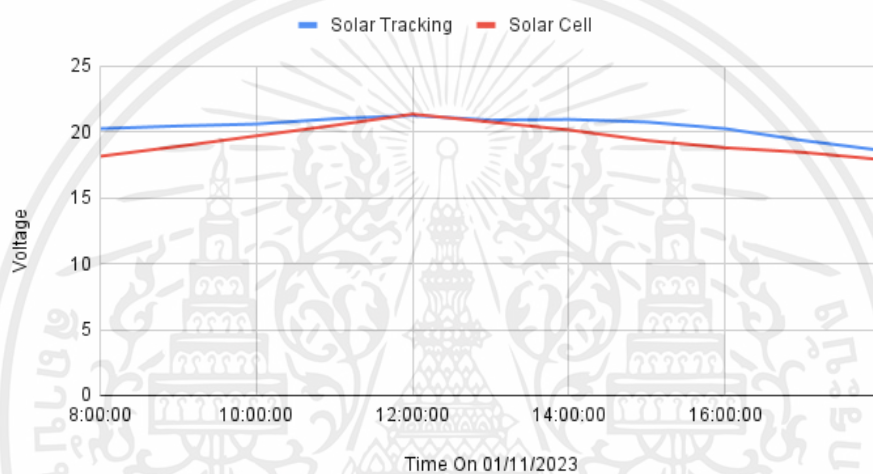
ตารางที่ 4.10 การทดลองเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้า ตามช่วงเวลาจริง ระหว่างการติดตั้งแบบ Solar Tracking กับ Solar Cell แบบอยู่กับที่ วันที่ 1 พฤศจิกายน พ.ศ.2566

วัน/เดือน/ปี	เวลา	Solar Tracking (V.)	Solar Cell (V.)
01/11/2566	08:00:00	20.25	18.15
01/11/2566	09:00:00	20.45	18.9
01/11/2566	10:00:00	20.6	19.7
01/11/2566	11:00:00	21	20.5
01/11/2566	12:00:00	21.25	21.35
01/11/2566	13:00:00	20.9	20.75
01/11/2566	14:00:00	20.95	20.15
01/11/2566	15:00:00	20.75	19.35
01/11/2566	16:00:00	20.25	18.8
01/11/2566	17:00:00	19.35	18.45
01/11/2566	18:00:00	18.6	17.9
รวม		224.35	214
ค่าเฉลี่ยรวม		20.39545455	19.45454545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.10 การทดลองเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้า ตามช่วงเวลาจริง ระหว่างการติดตั้งแบบ Solar Tracking กับ Solar Cell แบบอยู่กับที่ วันที่ 1 พฤศจิกายน พ.ศ.2566 เวลา 08.00 น. – 18.00 น. ที่ตึกภาควิศวกรรมการวัดและควบคุม ตำแหน่ง Longitude 100.774 และ Latitude 13.727 โดย Solar Cell ที่ใช้มีขนาด 20V. ,2mA. ,4W. ค่าแรงดันไฟฟ้ารวมของการติดตั้งแบบ Solar Tracking 224.35 V. มีค่าเฉลี่ยแรงดันไฟฟ้าอยู่ที่ 20.39545455 V. ค่าแรงดันไฟฟ้ารวมของการติดตั้งแบบ Solar Cell แบบอยู่กับที่ 214 V. มีค่าเฉลี่ยแรงดันไฟฟ้าอยู่ที่ 19.45454545 V. มีค่าแรงดันไฟฟ้าแตกต่างกันเฉลี่ยแล้ว 0.9409090909 V.

Compare values



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้า วันที่ 1 พฤศจิกายน พ.ศ.2566

4.3.2.7 การทดลองเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้า ตามช่วงเวลาจริง ระหว่างการติดตั้งแบบ Solar Tracking กับ Solar Cell แบบอยู่กับที่ วันที่ 2 พฤศจิกายน พ.ศ.2566

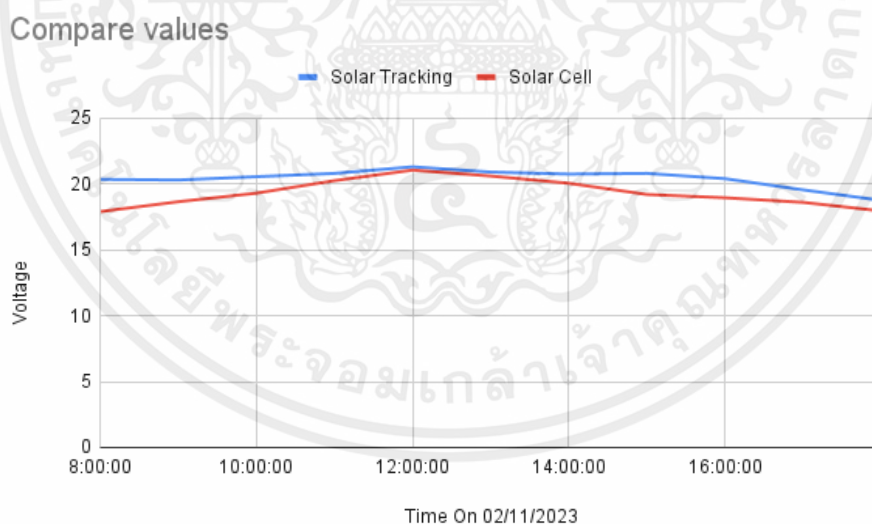
ตารางที่ 4.11 การทดลองเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้า ตามช่วงเวลาจริง ระหว่างการติดตั้งแบบ Solar Tracking กับ Solar Cell แบบอยู่กับที่ วันที่ 2 พฤศจิกายน พ.ศ.2566

วัน/เดือน/ปี	เวลา	Solar Tracking (V.)	Solar Cell (V.)
02/11/2566	08:00:00	20.35	17.9
02/11/2566	09:00:00	20.3	18.65
02/11/2566	10:00:00	20.55	19.3
02/11/2566	11:00:00	20.8	20.25
02/11/2566	12:00:00	21.3	21.05
02/11/2566	13:00:00	20.9	20.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

02/11/2566	14:00:00	20.75	20.05
02/11/2566	15:00:00	20.8	19.2
02/11/2566	16:00:00	20.4	18.95
02/11/2566	17:00:00	19.55	18.6
02/11/2566	18:00:00	18.75	17.95
รวม		224.45	212.5
ค่าเฉลี่ยรวม		20.40454545	19.31818182

จากตารางที่ 4.11 การทดลองเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้า ตามช่วงเวลาจริง ระหว่างการติดตั้งแบบ Solar Tracking กับ Solar Cell แบบอยู่กับที่ วันที่ 2 พฤศจิกายน พ.ศ.2566 เวลา 08.00 น. – 18.00 น. ที่ตึกภาควิศวกรรมการวัดและควบคุม ตำแหน่ง Longitude 100.774 และ Latitude 13.727 โดย Solar Cell ที่ใช้มีขนาด 20V. ,2mA. ,4W. ค่าแรงดันไฟฟ้ารวมของการติดตั้งแบบ Solar Tracking 224.45 V. มีค่าเฉลี่ยแรงดันไฟฟ้าอยู่ที่ 20.40454545 V. ค่าแรงดันไฟฟ้ารวมของการติดตั้งแบบ Solar Cell แบบอยู่กับที่ 212.5 V. มีค่าเฉลี่ยแรงดันไฟฟ้าอยู่ที่ 19.31818182 V. มีค่าแรงดันไฟฟ้าแตกต่างกันเฉลี่ยแล้ว 1.086363636 V.



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้า วันที่ 2 พฤศจิกายน พ.ศ.2566

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

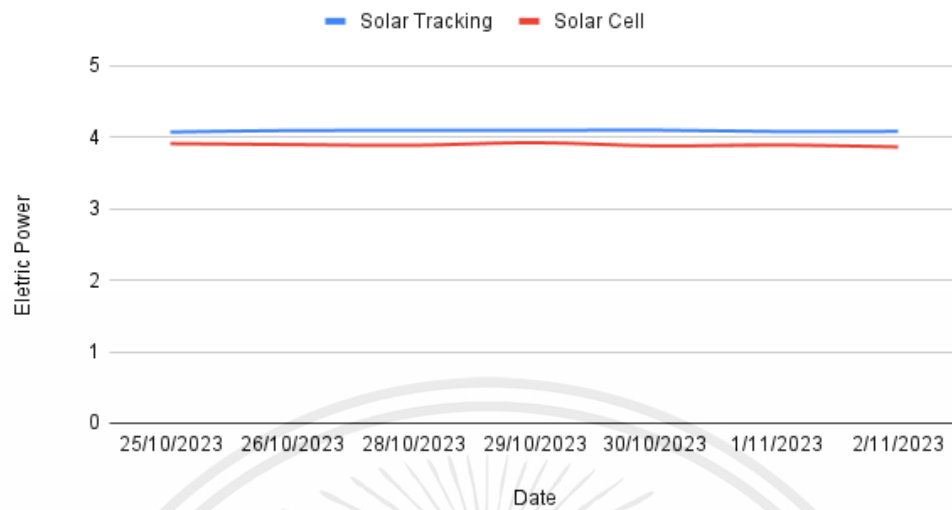
4.3.3 สรุปการทดลองเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้า ตามช่วงเวลาจริง ระหว่างการติดตั้งแบบ Solar Tracking กับ Solar Cell แบบอยู่กับที่ เป็นเวลา 7 วัน

ตารางที่ 4.12 สรุปการทดลองเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้า ตามช่วงเวลาจริง ระหว่างการติดตั้งแบบ Solar Tracking กับ Solar Cell แบบอยู่กับที่ เป็นเวลา 7 วัน

วัน/เดือน/ปี	Solar Tracking	Solar Cell
25/10/2023	20.35909091	19.55
26/10/2023	20.46818182	19.48181818
28/10/2023	20.48181818	19.43181818
29/10/2023	20.47727273	19.61818182
30/10/2023	20.49545455	19.39090909
1/11/2023	20.39545455	19.45454545
2/11/2023	20.40454545	19.31818182
รวม	143.0818182	136.2454545
รวมเฉลี่ย	20.44025974	19.46363636

จากตารางที่ 4.12 สรุปการทดลองเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้า ตามช่วงเวลาจริง ระหว่างการติดตั้งแบบ Solar Tracking กับ Solar Cell แบบอยู่กับที่ เป็นเวลา 7 วัน วันที่ 25 ตุลาคม พ.ศ. 2566 ถึง 2 พฤศจิกายน พ.ศ.2566 (ในวันที่ไม่ได้เก็บค่าแรงดันไฟฟ้าเนื่องจากในวันนั้นมีฝนตก) เวลา 08.00 น. – 18.00 น. ที่ตึกภาควิศวกรรมการวัดและควบคุม ตำแหน่ง Longitude 100.774 และ Latitude 13.727 โดย Solar Cell ที่ใช้มีขนาด 20V. ,2mA. ,4W. ค่าแรงดันไฟฟ้ารวมของการติดตั้งแบบ Solar Tracking 143.0818182 V. มีค่าเฉลี่ยแรงดันไฟฟ้าอยู่ที่ 20.44025974 V. ค่าแรงดันไฟฟ้ารวมของการติดตั้งแบบ Solar Cell แบบอยู่กับที่ 136.2454545 V. มีค่าเฉลี่ยแรงดันไฟฟ้าอยู่ที่ 19.46363636 V. มีค่าแรงดันไฟฟ้าแตกต่างกันเฉลี่ยแล้ว 0.9766233766 V.

Compare values



รูปที่ 4.9 กราฟแสดงการสรุปการเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้า 7 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

โครงการ การศึกษาเพื่อติดตามการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์โดยการคำนวณ เพื่อวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์ เมื่อมีการติดตามตำแหน่งของดวงอาทิตย์ เปรียบเทียบกับการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์แบบอยู่กับที่ โดยโครงการ การศึกษาเพื่อติดตามการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์โดยการคำนวณ จะมีการคำนวณสมการเพื่อหาค่ามุม Azimuth angle และ Elevation angle เป็นมุมที่เกี่ยวข้องในการติดตามการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์กับพื้นโลก และทำการสร้าง Model Solar Tracking ให้มีลักษณะสอดคล้องกับสมการ จากนั้นทำการทดลองเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้าจากการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ที่แตกต่างกัน

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

5.1.1 การทดลองเปรียบเทียบค่ามุม Azimuth angle และ Elevation angle แบบระบุช่วงเวลา โดยคำนวณค่าของสมการด้วย Arduino UNO R3 และ Application ทำการทดลองการคำนวณสมการการติดตามการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ ในวันที่ 29 มกราคม พ.ศ.2566 เวลา 13.00 น.ที่ตึกภาควิศวกรรมการวัดและควบคุม ตำแหน่ง Longitude 100.774 และ Latitude 13.727 จากการคำนวณด้วย Arduino UNO R3 ได้ค่า Azimuth angle 192.73 , Elevation angle 57.09 และ Application ได้ค่า Azimuth angle 193.38 , Elevation angle 57.43 มีความคาดเคลื่อนกันอยู่ที่ Azimuth angle -0.65 และ Elevation angle -0.34

5.1.2 การทดลองเปรียบเทียบค่ามุม Azimuth angle และ Elevation angle แบบช่วงเวลาจริง โดยคำนวณค่าของสมการด้วย Arduino UNO R3 และ Application ทำการทดลองการคำนวณสมการการติดตามการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ ในวันที่ 25 มีนาคม พ.ศ.2566 เวลา 08.00 น. – 14.00 น. ที่ตึกภาควิศวกรรมการวัดและควบคุม ตำแหน่ง Longitude 100.774 และ Latitude 13.727 จากการคำนวณด้วย Arduino UNO R3 ได้ค่า เวลา 08.00 น. Azimuth angle 95.83, Elevation angle 22.45 และ Application ได้ค่า Azimuth angle 94.37, Elevation angle 23.95 มีความคาดเคลื่อนกันอยู่ที่ Azimuth angle +1.46 และ Elevation angle -1.5 จากการคำนวณด้วย Arduino UNO R3 ได้ค่า เวลา 10.00 น. Azimuth angle 106.56 , Elevation angle 51.19 และ Application ได้ค่า Azimuth angle 105.70, Elevation angle 52.65 มีความคาดเคลื่อนกันอยู่ที่ Azimuth angle +0.86 และ Elevation angle -1.46 เวลา จากการคำนวณด้วย Arduino UNO R3 ได้ค่า 12.00 น. Azimuth angle 155.28 , Elevation angle 75.83 และ Application ได้ค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Azimuth angle 154.17, Elevation angle 76.70 มีความคาดเคลื่อนกันอยู่ที่ Azimuth angle +1.11 และ Elevation angle -0.87 เวลา จากการคำนวณด้วย Arduino UNO R3 ได้ค่า 14.00 น. Azimuth angle 247.34 , Elevation angle 63.73 และ Application ได้ค่า Azimuth angle 245.52, Elevation angle 63.20 มีความคาดเคลื่อนกันอยู่ที่ Azimuth angle +1.82 และ Elevation angle +0.52

5.1.3 การทดลองเปรียบเทียบค่ามุม Azimuth angle และ Elevation angle แบบช่วงเวลาจริง โดยคำนวณค่าของสมการด้วย Arduino UNO R3 และ Application ทำการทดลองการคำนวณสมการการติดตามการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ ในวันที่ 30 กันยายน พ.ศ.2566 เวลา 11.00 น. – 18.00 น. ที่ตึกภาควิศวกรรมการวัดและควบคุม ตำแหน่ง Longitude 100.774 และ Latitude 13.727 จากการคำนวณด้วย Arduino UNO R3 ได้ค่า เวลา 11.00 น. Azimuth angle 132.4, Elevation angle 65.73 และ Application ได้ค่า Azimuth angle 133.42, Elevation angle 66.62 มีความคาดเคลื่อนกันอยู่ที่ Azimuth angle +1.02 และ Elevation angle +0.89 จากการคำนวณด้วย Arduino UNO R3 ได้ค่า เวลา 12.00 น. Azimuth angle 171.6 , Elevation angle 72.43 และ Application ได้ค่า Azimuth angle 172.77, Elevation angle 73.46 มีความคาดเคลื่อนกันอยู่ที่ Azimuth angle +1.17 และ Elevation angle +1.03จากการคำนวณด้วย Arduino UNO R3 ได้ค่า เวลา 13.00 น. Azimuth angle 220.51 , Elevation angle 69.02 และ Application ได้ค่า Azimuth angle 219.57, Elevation angle 68.95 มีความคาดเคลื่อนกันอยู่ที่ Azimuth angle -0.94 และ Elevation angle -0.07 จากการคำนวณด้วย Arduino UNO R3 ได้ค่า เวลา 14.00 น. Azimuth angle 240.5 , Elevation angle 56.51 และ Application ได้ค่า Azimuth angle 241.6, Elevation angle 57.52 มีความคาดเคลื่อนกันอยู่ที่ Azimuth angle +1.1 และ Elevation angle +1.01 จากการคำนวณด้วย Arduino UNO R3 ได้ค่า เวลา 15.00 น. Azimuth angle 251.2 , Elevation angle 44.1 และ Application ได้ค่า Azimuth angle 252.21, Elevation angle 44.08 มีความคาดเคลื่อนกันอยู่ที่ Azimuth angle +1.01 และ Elevation angle -0.02 จากการคำนวณด้วย Arduino UNO R3 ได้ค่า เวลา 16.00 น. Azimuth angle 257.51 , Elevation angle 30.01 และ Application ได้ค่า Azimuth angle 258.57, Elevation angle 29.98 มีความคาดเคลื่อนกันอยู่ที่ Azimuth angle +1.36 และ Elevation angle -0.03 จากการคำนวณด้วย Arduino UNO R3 ได้ค่า เวลา 17.00 น. Azimuth angle 262.4 , Elevation angle 15.42 และ Application ได้ค่า Azimuth angle 263.12, Elevation angle 15.62 มีความคาดเคลื่อนกันอยู่ที่ Azimuth angle +0.72 และ Elevation angle -0.2 จากการคำนวณด้วย Arduino UNO R3 ได้ค่า เวลา 18.00 น. Azimuth angle 265.89 , Elevation angle 1.3 และ Application

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้ค่า Azimuth angle 266.88, Elevation angle 1.4 มีความคาดเคลื่อนกันอยู่ที่ Azimuth angle +0.99 และ Elevation angle +0.1

5.1.4 การทดลองเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้า ตามช่วงเวลาจริง ระหว่างการติดตั้งแบบ Solar Tracking กับ Solar Cell แบบอยู่กับที่ ในวันที่ 30 กันยายน พ.ศ.2566 เวลา 11.00 น. - 18.00 น. ที่ตึกภาควิศวกรรมการวัดและควบคุม ตำแหน่ง Longitude 100.774 และ Latitude 13.727 ค่าพลังงานไฟฟ้ารวมของการติดตั้งแบบ Solar Tracking 8.4 W. มีค่าเฉลี่ยพลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 1.05 W. ค่าพลังงานไฟฟ้ารวมของการติดตั้งแบบ Solar Cell แบบอยู่กับที่ 7.52 W. มีค่าเฉลี่ยพลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 0.94 มีค่าพลังงานไฟฟ้าแตกต่างกันเฉลี่ยแล้ว 0.11 W.

5.1.5 การทดลองเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้า ตามช่วงเวลาจริง ระหว่างการติดตั้งแบบ Solar Tracking กับ Solar Cell แบบอยู่กับที่ วันที่ 25 ตุลาคม พ.ศ.2566 เวลา 08.00 น. - 18.00 น. ที่ตึกภาควิศวกรรมการวัดและควบคุม ตำแหน่ง Longitude 100.774 และ Latitude 13.727 ค่าพลังงานไฟฟ้ารวมของการติดตั้งแบบ Solar Tracking 44.74 W. มีค่าเฉลี่ยพลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 43.01 W. ค่าพลังงานไฟฟ้ารวมของการติดตั้งแบบ Solar Cell แบบอยู่กับที่ 4.07181 W. มีค่าเฉลี่ยพลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 3.91 W. มีค่าพลังงานไฟฟ้าแตกต่างกันเฉลี่ยแล้ว 0.161818 W.

5.1.6 การทดลองเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้า ตามช่วงเวลาจริง ระหว่างการติดตั้งแบบ Solar Tracking กับ Solar Cell แบบอยู่กับที่ วันที่ 26 ตุลาคม พ.ศ.2566 เวลา 08.00 น. - 18.00 น. ที่ตึกภาควิศวกรรมการวัดและควบคุม ตำแหน่ง Longitude 100.774 และ Latitude 13.727 ค่าพลังงานไฟฟ้ารวมของการติดตั้งแบบ Solar Tracking 45.03 W. มีค่าเฉลี่ยพลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 4.093636364 W. ค่าพลังงานไฟฟ้ารวมของการติดตั้งแบบ Solar Cell แบบอยู่กับที่ 42.86 W. มีค่าเฉลี่ยพลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 3.896363636 W. มีค่าพลังงานไฟฟ้าแตกต่างกันเฉลี่ยแล้ว 0.1972727273 W.

5.1.7 การทดลองเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้า ตามช่วงเวลาจริง ระหว่างการติดตั้งแบบ Solar Tracking กับ Solar Cell แบบอยู่กับที่ วันที่ 28 ตุลาคม พ.ศ.2566 เวลา 08.00 น. - 18.00 น. ที่ตึกภาควิศวกรรมการวัดและควบคุม ตำแหน่ง Longitude 100.774 และ Latitude 13.727 ค่าพลังงานไฟฟ้ารวมของการติดตั้งแบบ Solar Tracking 45.06 W. มีค่าเฉลี่ยพลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 4.0963636 W. ค่าพลังงานไฟฟ้ารวมของการติดตั้งแบบ Solar Cell แบบอยู่กับที่ 42.75 W. มีค่าเฉลี่ยพลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 3.88636363 W. มีค่าพลังงานไฟฟ้าแตกต่างกันเฉลี่ยแล้ว 0.21 W.

5.1.8 การทดลองเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้า ตามช่วงเวลาจริง ระหว่างการติดตั้งแบบ Solar Tracking กับ Solar Cell แบบอยู่กับที่ วันที่ 29 ตุลาคม พ.ศ.2566 เวลา 08.00 น. - 18.00 น. ที่ตึกภาควิศวกรรมการวัดและควบคุม ตำแหน่ง Longitude 100.774 และ Latitude 13.727 ค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พลังงานไฟฟ้ารวมของการติดตั้งแบบ Solar Tracking 45.05 W. มีค่าเฉลี่ยพลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 4.09545 W. ค่าพลังงานไฟฟ้ารวมของการติดตั้งแบบ Solar Cell แบบอยู่กับที่ 43.16 W. มีค่าเฉลี่ยพลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 3.923636 W. มีค่าพลังงานไฟฟ้าแตกต่างกันเฉลี่ยแล้ว 0.17181818 W.

5.1.9 การทดลองเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้า ตามช่วงเวลาจริง ระหว่างการติดตั้งแบบ Solar Tracking กับ Solar Cell แบบอยู่กับที่ วันที่ 30 ตุลาคม พ.ศ.2566 เวลา 08.00 น. – 18.00 น. ที่ตึกภาควิศวกรรมการวัดและควบคุม ตำแหน่ง Longitude 100.774 และ Latitude 13.727 ค่าพลังงานไฟฟ้ารวมของการติดตั้งแบบ Solar Tracking 45.09 W. มีค่าเฉลี่ยพลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 4.099090909 W. ค่าพลังงานไฟฟ้ารวมของการติดตั้งแบบ Solar Cell แบบอยู่กับที่ 42.66 W. มีค่าเฉลี่ยพลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 3.878181818 W. มีค่าพลังงานไฟฟ้าแตกต่างกันเฉลี่ยแล้ว 0.2209090909 W.

5.1.10 การทดลองเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้า ตามช่วงเวลาจริง ระหว่างการติดตั้งแบบ Solar Tracking กับ Solar Cell แบบอยู่กับที่ วันที่ 1 พฤศจิกายน พ.ศ.2566 เวลา 08.00 น. – 18.00 น. ที่ตึกภาควิศวกรรมการวัดและควบคุม ตำแหน่ง Longitude 100.774 และ Latitude 13.727 ค่าพลังงานไฟฟ้ารวมของการติดตั้งแบบ Solar Tracking 44.87 W. มีค่าเฉลี่ยพลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 4.079090909 W. ค่าพลังงานไฟฟ้ารวมของการติดตั้งแบบ Solar Cell แบบอยู่กับที่ 42.8 W. มีค่าเฉลี่ยพลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 3.890909091 W. มีค่าพลังงานไฟฟ้าแตกต่างกันเฉลี่ยแล้ว 0.1881818182 W.

5.1.11 การทดลองเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้า ตามช่วงเวลาจริง ระหว่างการติดตั้งแบบ Solar Tracking กับ Solar Cell แบบอยู่กับที่ วันที่ 2 พฤศจิกายน พ.ศ.2566 เวลา 08.00 น. – 18.00 น. ที่ตึกภาควิศวกรรมการวัดและควบคุม ตำแหน่ง Longitude 100.774 และ Latitude 13.727 ค่าพลังงานไฟฟ้ารวมของการติดตั้งแบบ Solar Tracking 44.89 W. มีค่าเฉลี่ยพลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 4.080909091 W. ค่าพลังงานไฟฟ้ารวมของการติดตั้งแบบ Solar Cell แบบอยู่กับที่ 42.5 W. มีค่าเฉลี่ยพลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 3.863636364 W. มีค่าพลังงานไฟฟ้าแตกต่างกันเฉลี่ยแล้ว 0.2172727273 W.

5.1.12 สรุปการทดลองเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้า ตามช่วงเวลาจริง ระหว่างการติดตั้งแบบ Solar Tracking กับ Solar Cell แบบอยู่กับที่ เป็นเวลา 7 วัน วันที่ 25 ตุลาคม พ.ศ. 2566 ถึง 2 พฤศจิกายน พ.ศ.2566 (ในวันที่ไม่ได้เก็บค่าพลังงานไฟฟ้าเนื่องจากในวันนั้นมีฝนตก) เวลา 08.00 น. – 18.00 น. ที่ตึกภาควิศวกรรมการวัดและควบคุม ตำแหน่ง Longitude 100.774 และ Latitude 13.727 ค่าพลังงานไฟฟ้ารวมของการติดตั้งแบบ Solar Tracking 28.61636364 W. มีค่าเฉลี่ย

พลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 4.088051948 W. ค่าพลังงานไฟฟ้ารวมของการติดตั้งแบบ Solar Cell แบบอยู่กับที่ 27.24909091 W. มีค่าเฉลี่ยพลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 3.892727273 W. มีค่าพลังงานไฟฟ้าแตกต่างกันเฉลี่ยแล้ว 0.1953246753 W.

5.1.13 จากการทดลองทำให้เห็นได้ว่า Model Solar Tracking และการติดตั้งโซล่าเซลล์แบบอยู่กับที่ มีค่าพลังงานที่ต่างกัน โดยแบบ Model Solar Tracking มีค่าพลังงานไฟฟ้าที่มากกว่า และมีความเสถียรของค่าพลังงานแต่ละวันแตกต่างกัน โดยแบบ Model Solar Tracking มีลักษณะกราฟที่คล้ายเส้นตรง ส่วนการติดตั้งโซล่าเซลล์แบบอยู่กับที่ มีลักษณะเป็นเส้นโค้ง

5.2 ปัญหาที่พบและแนวทางในการแก้ไขปัญหา

5.2.1 ข้อจำกัดของ Module Sensor XYZ และลักษณะการทำงานที่เฉพาะตัว จึงไม่สามารถใช้งานในแนวแกนสำหรับการหมุน

5.2.2 ข้อจำกัดการทำมุมของ Servo motor ส่วนฐานมีข้อจำกัด 180 องศา

5.3 วิธีการแก้ปัญหา

5.3.1 ทำการเปลี่ยน Module Sensor XYZ เป็น GY-271 (HMC5883L) 3-Axis Digital Compass IC เพื่อให้สอดคล้องกับการทำงานของ Model Solar Tracking

5.3.2 ทำการเปลี่ยน Servo motor เป็น Servo motor 270 องศา เพื่อให้สามารถทำมุมได้ตามองศามุม Azimuth angle

5.4 ข้อเสนอแนะ

5.4.1 พัฒนาเปลี่ยนขนาด Power Supply เป็นขนาดกำลังไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น เพื่อลดข้อจำกัดในการเพิ่มอุปกรณ์

5.4.2 พัฒนาโครงสร้าง เพื่อพัฒนาและรองรับการติดตั้งแผงโซล่าเซลล์ในขนาดอื่นๆ

5.4.3 พัฒนาหน้าจอแสดงผลให้มีการแสดงผลที่มีความชัดเจนมากขึ้น

บรรณานุกรม

1. https://www.unitis.co.th/?page=event_list&list=Fk8vQT9A6xY
สืบค้นเมื่อ วันที่ 15 สิงหาคม พ.ศ.2566 กำลังไฟฟ้า
2. <https://www.pveducation.org/pvcdrom/properties-of-sunlight/motion-of-the-sun>
สืบค้นเมื่อ วันที่ 15 สิงหาคม พ.ศ.2566 ทฤษฎีการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์
3. <https://www.pveducation.org /arbitrary-orientation-and-tilt>
สืบค้นเมื่อ วันที่ 15 สิงหาคม พ.ศ.2566 ทฤษฎี Arbitrary Orientation and Tilt
4. <https://www.pw.ac.th/emedial/media/science>
สืบค้นเมื่อ วันที่ 15 สิงหาคม พ.ศ.2566 ทฤษฎี Azimuth angle
5. <https://byjus.com/maths/angle-of-elevation>
สืบค้นเมื่อ วันที่ 15 สิงหาคม พ.ศ.2566 ทฤษฎี elevation angle
5. <https://www.pveducation.org/solar-radiation-on-a-tilted-surface>
สืบค้นเมื่อ วันที่ 15 สิงหาคม พ.ศ.2566 ทฤษฎี Solar Radiation on a Tilted Surface
7. <https://www.ai-corporation.net/2021/11/19/arduino-uno-r3/>
สืบค้นเมื่อ วันที่ 15 สิงหาคม พ.ศ.2566 Arduino UNO R3
8. <https://th.ems-pcbassembly.com/info/company-knowledge-44527345.html>
สืบค้นเมื่อ วันที่ 15 สิงหาคม พ.ศ.2566 RTC Real Time Clock Module
9. <http://suwitkiravittaya.eng.chula.ac.th/B2i2019BookWeb/accelerometer.html>
สืบค้นเมื่อ วันที่ 15 สิงหาคม พ.ศ.2566 Sensor XYZ
10. https://www.sangchaimeter.com/support_detail/servo-motor
สืบค้นเมื่อ วันที่ 15 สิงหาคม พ.ศ.2566 Servo Motor
11. <https://www.nksolargroup.com/solar-cell/>
สืบค้นเมื่อ วันที่ 15 สิงหาคม พ.ศ.2566 Solar Cell



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

รายการอุปกรณ์และงบประมาณ

ตารางที่ ก.1 รายการอุปกรณ์และงบประมาณ

ลำดับ	ชื่อรายการอุปกรณ์	จำนวน	ราคา/หน่วย	ราคารวม
1.	Arduino UNO R3	1	290	290
2.	Node MCU ESP8266	1	98	98
3.	RTC real time clock module	1	45	45
4.	GY-271 (HMC5883L) 3-Axis Digital Compass IC	2	170	340
5.	Solar Cell 5V. 2mA. 1W.	8	98	784
6.	Servo motor 180°	1	180	180
7.	Servo motor 270°	1	420	420
8.	Power Supply 5 VDC. 3A	1	189	189
9.	Voltage Sensor Module (0-24 V)	2	18	36
10.	อะคริลิคสีขาว ขนาด A2 หนา 2 mm.	4	195	780
รวมราคาอุปกรณ์				3,162

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

คู่มือการใช้งาน

คู่มือการใช้งาน

ข.1 เริ่มตั้งค่าตำแหน่งที่ติดตั้ง Longitude และ Latitude

ข.1.1 ปุ่ม * กดเข้าโหมดการตั้งค่า Longitude และ Latitude



รูปที่ ข.1 Mode ตั้งค่า

ข.1.2 ปุ่ม A กดเพื่อปรับค่า Longitude

ข.1.2.1 โดยการป้อนตัวเลข ตาม Longitude ในตำแหน่งที่ติดตั้ง

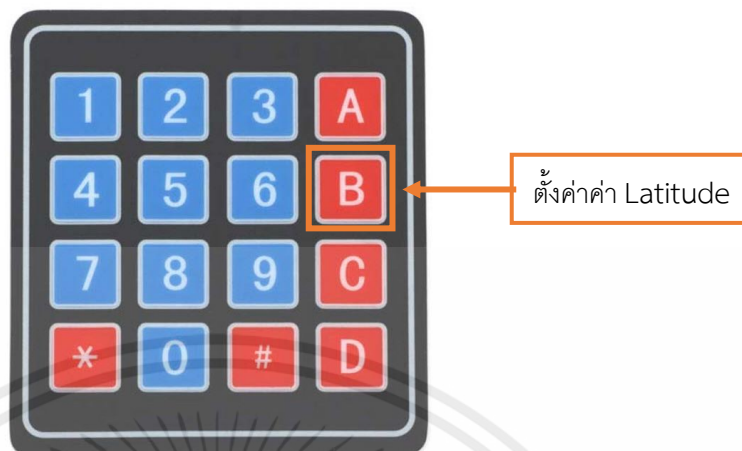


รูปที่ ข.2 ตั้งค่าค่า Longitude ในส่วนตัวเลข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

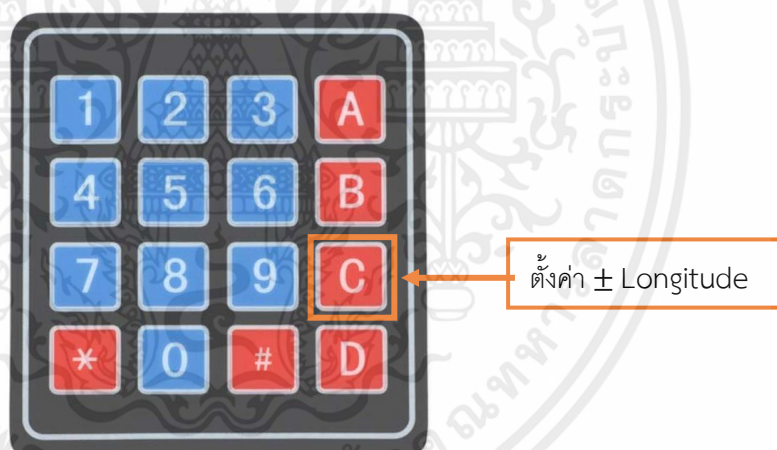
ข.1.3 ปุ่ม B กดเพื่อปรับค่า Latitude

ข.1.3.1 โดยการป้อนตัวเลข ตาม Latitude ในตำแหน่งที่ติดตั้ง



รูปที่ ข.3 ตั้งค่าค่า Latitude ในส่วนตัวเลข

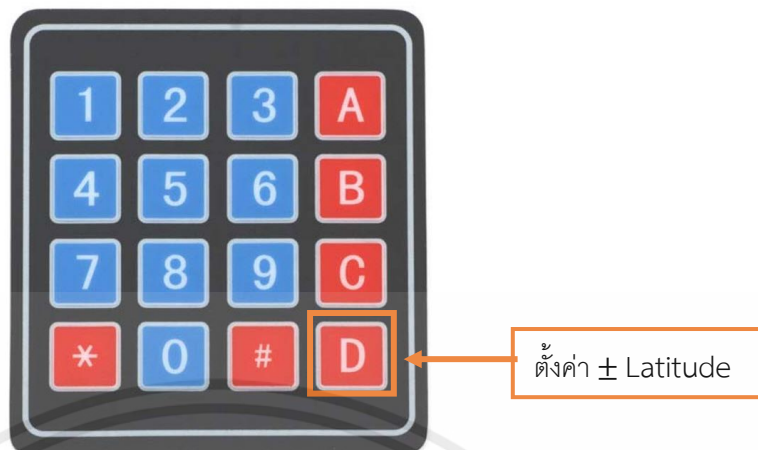
ข.1.4 ปุ่ม C กดเพื่อปรับเครื่องหมาย \pm Longitude



รูปที่ ข.4 ตั้งค่าหมาย \pm Longitude

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.1.5 ปุ่ม D กดเพื่อปรับเครื่องหมาย \pm Latitude



รูปที่ ข.5 ตั้งค่าหมาย \pm Latitude

ข.1.6 ปุ่ม # กลับสู่หน้า Home



รูปที่ ข.6 หน้า Home

ข.2 เมื่อตั้งค่าตำแหน่ง Longitude และ Latitude ทำการตั้งค่าทิศทางบริเวณที่ติดตั้ง

ข.2.1 หันหน้าของ Model Solar Tracking ไปทางทิศใต้

ข.2.2 เริ่มนับองศามุม Azimuth angle ทางด้านทิศเหนือเป็น 0°

ข.2.3 ในส่วนของมุม Elevation angle จะมีการปรับเองด้วย Servo Motor บริเวณแขน

รองรับแผง Solar Cell

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

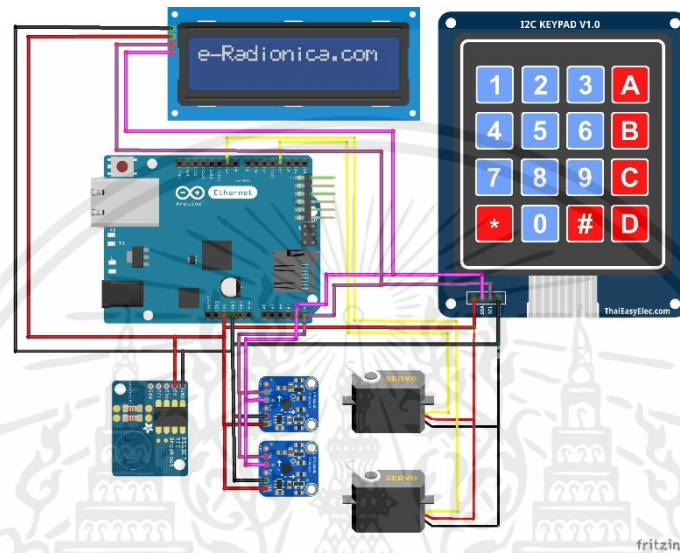
ภาคผนวก ค

Model Solar Tracking

การออกแบบ Model Solar Tracking เพื่อให้สอดคล้องกับสมการและอุปกรณ์

ค.1 Model Solar Tracking เพื่อทดสอบการทำมุมตามองศาของ Servo Motor

ค.1.1 วงจร Controller Solar Tracking แบบควบคุมการหมุนทำองศาของ Servo Motor



รูปที่ ค.1 วงจรชุด Controller Solar Tracking แบบควบคุมการหมุนทำองศาของ Servo Motor

ค.1.2 Model Solar Tracking เพื่อทดสอบการทำมุมตามองศาของ Servo Motor

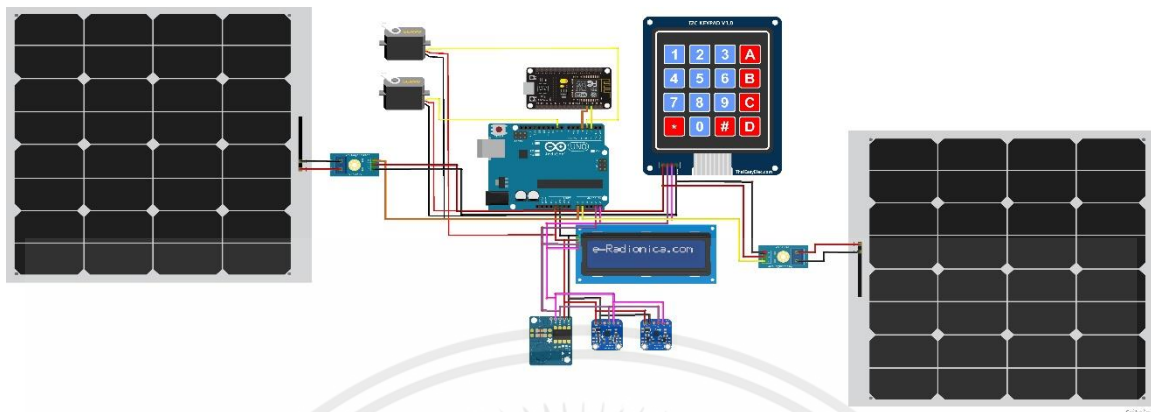


รูปที่ ค.2 Model Solar Tracking เพื่อทดสอบการทำมุมตามองศาของ Servo Motor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค.2 Model Solar Tracking เพื่อทดสอบและเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้า

ค.2.1 วงจร Controller Solar Tracking เพื่อทดสอบและเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้า



รูปที่ ค.3 วงจร Controller Solar Tracking เพื่อทดสอบและเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้า

ค.2.2 Model Solar Tracking เพื่อทดสอบและเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้า 1 W

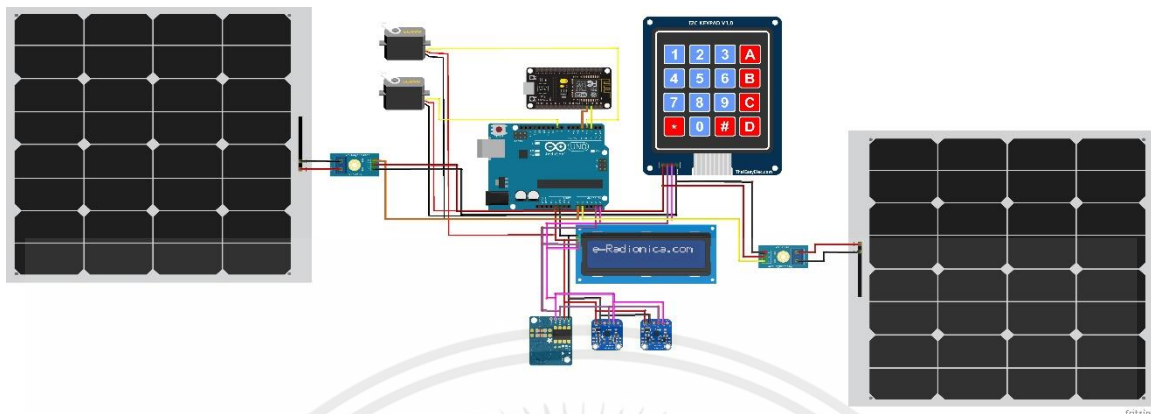


รูปที่ ค.4 Model Solar Tracking เพื่อทดสอบและเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้า 1 W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

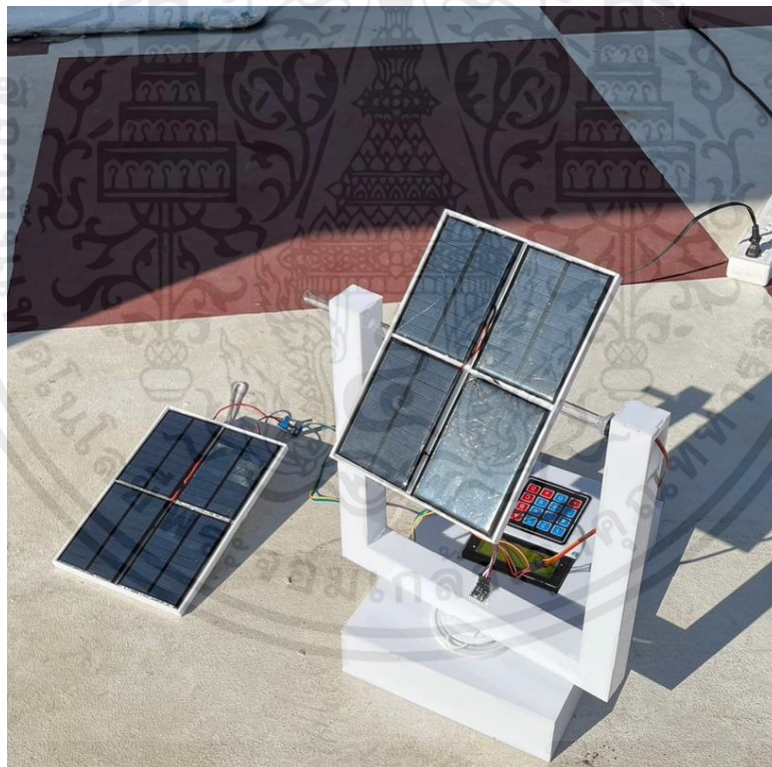
ค.3 Model Solar Tracking เพื่อทดสอบและเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้า

ค.3.1 วงจร Controller Solar Tracking เพื่อทดสอบและเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้า



รูปที่ ค.5 วงจร Controller Solar Tracking เพื่อทดสอบและเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้า

ค.3.2 Model Solar Tracking เพื่อทดสอบและเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้า 4 W



รูปที่ ค.6 Model Solar Tracking เพื่อทดสอบและเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้า 4 W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

โปรแกรมหลัก

ง.1 Node MCU ESP8266

```

#include <ESP8266WiFi.h>
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial NodeSerial(D2, D3); // RX | TX

char ssid[] = "OPPO A54";
char pass[] = "9f8dc0e2f064";
String GAS_ID =
"AKfycbyIU1fiz4hTMRhKvOz1mmyoNwsyHNsvlbSlqHZjmYstYONHWaGqnAQe1rtNZzDL_OGg"; //-->
spreadsheet script ID

const char* host = "script.google.com"; // only google.com not https://google.com

// -----
#define DHT_PIN      D1
#define UPDATE_INTERVAL_HOUR (0)
#define UPDATE_INTERVAL_MIN (0)
#define UPDATE_INTERVAL_SEC (30)
#define UPDATE_INTERVAL_MS ((UPDATE_INTERVAL_HOUR*60*60) + (UPDATE_INTERVAL_MIN * 60) +
UPDATE_INTERVAL_SEC ) * 1000 )
// -----

float Tracking;
float Solar;

// -----

void update_google_sheet()
{
  Serial.print("connecting to ");
  Serial.println(host);

  // Use WiFiClient class to create TCP connections
  WiFiClientSecure client;
  const int httpPort = 443; // 80 is for HTTP / 443 is for HTTPS!

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

client.setInsecure(); // this is the magical line that makes everything work

if (!client.connect(host, httpPort)) { //works!
  Serial.println("connection failed");
  return;
}

//-----Processing data and sending data
String url = "/macros/s/" + GAS_ID + "/exec?Tracking=";

url += String(Tracking);

url += "&Solar=";
url += String(Solar);

Serial.print("Requesting URL: ");
Serial.println(url);

// This will send the request to the server
client.print(String("GET ") + url + " HTTP/1.1\r\n" +
  "Host: " + host + "\r\n" +
  "Connection: close\r\n\r\n");

Serial.println();
Serial.println("closing connection");
}

//-----
void setup()
{
  // Debug console
  pinMode(D2, INPUT);
  pinMode(D3, OUTPUT);
  Serial.begin(9600);
  NodeSerial.begin(57600);
  // Digital output pin
  pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT);

  //-----Wait for connection
  Serial.print("Connecting");

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

WiFi.begin(ssid, pass); //-> Connect to your WiFi router
while (WiFi.status() != WL_CONNECTED)
{
  Serial.print(".");
  digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW);
  delay(50);
  digitalWrite(LED_BUILTIN, HIGH);
  delay(50);
}

}

// -----
unsigned long time_ms;
unsigned long time_1000_ms_buf;
unsigned long time_sheet_update_buf;
unsigned long time_dif;

void loop()
{
  while (NodeSerial.available() > 0)
  {
    Tracking = NodeSerial.parseFloat();//parseFloat
    Solar = NodeSerial.parseFloat();
    if (NodeSerial.read() == '\n')
    {
      Serial.print("NodeMCU or ESP8266");
      Serial.print(" : ");
      Serial.print(Tracking); Serial.print(" : ");
      Serial.println(Solar);
      time_sheet_update_buf = time_ms;
      update_google_sheet();
    }
  }
}

}

```

ง.2 Arduino UNO R3

```
#include <Wire.h>
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

#include <SPI.h>
#include <RTCLib.h>
#include <Wire.h>
#include <Keypad_I2C.h>
#include <Keypad.h>
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <HMC5883L.h>
#include <Servo.h>

Servo myservo1; //ประกาศตัวแปรแทน Servo
Servo myservo2;
#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial UnoSerial(4, 2); // RX | TX
// Set the LCD address to 0x27 or 0x3F for a 16 chars and 2 line display
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4);
#define I2CADDR 0x20 // กำหนด Address ของ I2C
HMC5883L compass;
int previousDegree;
const byte ROWS = 4; // กำหนดจำนวนของ Rows
const byte COLS = 4; // กำหนดจำนวนของ Columns

// กำหนด Key ที่ใช้งาน (4x4)
char keys[ROWS][COLS] = {
  {'1', '2', '3', 'A'},
  {'4', '5', '6', 'B'},
  {'7', '8', '9', 'C'},
  {'*', '0', '#', 'D'}
};

byte rowPins[ROWS] = {0, 1, 2, 3}; // เชื่อมต่อกับ Pin แถวของปุ่มกด
byte colPins[COLS] = {4, 5, 6, 7}; // เชื่อมต่อกับ Pin คอลัมน์ของปุ่มกด

Keypad_I2C keypad( makeKeymap(keys), rowPins, colPins, ROWS, COLS, I2CADDR, PCF8574 );

int Ledpin = 13;
RTC_DS3231 RTC;
int val11;
float val12;
int val21;
float val22;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

int stt = 1;
int zz11 = 1;
int ABC1 = 0;
int ABC2 = 0;
int ABC22 = 0;
int ABC222 = 0;
int T1 = 0;
int T2 = -1;
int T3 = -1;
int T4 = -1;
int T5 = -1;
int T6 = -1;
int T7 = -1;
int T22 = 0;
int T33 = 0;
int T44 = 0;
float T55 = 0;
float T66 = 0;
int T77 = 0;
int H = 0;
int M = 0;
int TT = 0;
float LGT = 100.7745;
float LTT = 13.72747;
float LT = 18.00;
int LSTM = 105;
float TC = 0;
float tc = 0;
float LST = 0;
float LST1 = 0;
float LST2 = 0;
int LST3 = 0;
int LST4 = 0;
float Eot = 0;
float B = 0;
int d = 29;
int nloop = 0;
float A = 0;
float AA = 0;
float aa = 0;
float AAA = 0;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

float AAAA = 0;
float gamma = 0;
float gamma1 = 0;
float gamma2 = 0;
float gamma3 = 0;
int gamma4 = 0;
int gamma5 = 0;
int gamma6 = 0;
float beta = 0;
float delta = 0;
float alpha = 0;
float alpha1 = 0;
float alpha2 = 0;
float alpha3 = 0;
float alpha4 = 0;
float alpha5 = 0;
float alpha6 = 0;
float alpha7 = 0;
float alpha8 = 0;
int mmoo = 0;
void setup() {
  pinMode(Ledpin, OUTPUT);
  myservo1.attach(3); //EL
  myservo2.attach(9); //AZ
  Serial.begin(9600);
  Wire.begin();
  keypad.begin( makeKeymap(keys) ); // เรียกกาเชื่อมต่อ
  RTC.begin();

  // อัปโหลดโค้ดลงบอร์ด Arduino แล้ว ให้ใส่คอมเมนต์บรรทัดนี้ออก แล้วอัปโหลดใหม่ เพื่อไม่ให้ตั้งเวลทับซ้อนกัน
  //RTC.adjust(DateTime(__DATE__, __TIME__)); // คำสั่งตั้งเวลาให้นาฬิกา

  if (! RTC.isrunning()) {
    Serial.println("RTC is NOT running!");
    // ตั้งค่าเวลาบรรทัดนี้
    // อัปโหลดโค้ดลงบอร์ด Arduino แล้ว ให้ใส่คอมเมนต์บรรทัดนี้ออก แล้วอัปโหลดใหม่ เพื่อไม่ให้ตั้งเวลทับซ้อนกัน
    //RTC.adjust(DateTime(__DATE__, __TIME__));
  }

  DateTime now = RTC.now();
  // RTC.setAlarm1Simple(21, 58);
  // RTC.turnOnAlarm(1);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

// if (RTC.checkAlarmEnabled(1)) {
//   Serial.println("Alarm Enabled");
// }

// initialize the LCD
lcd.begin();

// Turn on the backlight and print a message.
lcd.backlight();
pinMode(4, INPUT);
pinMode(2, OUTPUT);

UnoSerial.begin(57600);
while (!compass.begin())
{
  delay(500);
}

// Set measurement range
compass.setRange(HMC5883L_RANGE_1_3GA);

// Set measurement mode
compass.setMeasurementMode(HMC5883L_CONTINUOUS);

// Set data rate
compass.setDataRate(HMC5883L_DATARATE_30HZ);

// Set number of samples averaged
compass.setSamples(HMC5883L_SAMPLES_8);

// Set calibration offset. See HMC5883L_calibration.ino
compass.setOffset(0, 0, 0);
}

void loop() {
  DateTime now = RTC.now();
  long x = micros();
  Vector norm = compass.readNormalize();

  // Calculate heading
  float heading = atan2(norm.YAxis, norm.XAxis);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

// Set declination angle on your location and fix heading
// You can find your declination on: http://magnetic-declination.com/
// (+) Positive or (-) for negative
// For Bytom / Poland declination angle is 4'26E (positive)
// Formula: (deg + (min / 60.0)) / (180 / M_PI);
float declinationAngle = (4.0 + (26.0 / 60.0)) / (180 / M_PI);
heading += declinationAngle;

// Correct for heading < 0deg and heading > 360deg
if (heading < 0)
{
    heading += 2 * PI;
}

if (heading > 2 * PI)
{
    heading -= 2 * PI;
}

// Convert to degrees
float headingDegrees = heading * 180/M_PI;

// Fix HMC5883L issue with angles
float fixedHeadingDegrees;

if (headingDegrees >= 1 && headingDegrees < 240)
{
    fixedHeadingDegrees = map(headingDegrees, 0, 239, 0, 179);
} else
if (headingDegrees >= 240)
{
    fixedHeadingDegrees = map(headingDegrees, 240, 360, 180, 360);
}

// Smooth angles rotation for +/- 3deg
int smoothHeadingDegrees = round(fixedHeadingDegrees);

if (smoothHeadingDegrees < (previousDegree + 3) && smoothHeadingDegrees > (previousDegree - 3))
{
    smoothHeadingDegrees = previousDegree;
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

previousDegree = smoothHeadingDegrees;
int degree = smoothHeadingDegrees;
Serial.print(smoothHeadingDegrees);
char key = keypad.getKey();
if ( key == '*' ) {
  lcd.clear();
  TT = 1;
}
while (TT == 1) {
  setLT();
  char key = keypad.getKey();
  if ( key == '#' ) {
    lcd.clear();
    TT = 0;
  }
}
// ดึงค่าเวลาจากโมดูลมาคำนวณตามต้องการ
// Serial.print(now.year(), DEC);
// Serial.print("/");
// Serial.print(now.month(), DEC);
// Serial.print("/");
// Serial.print(now.day(), DEC);
// Serial.print(' ');
// Serial.print(now.hour(), DEC);
// Serial.print(":");
// Serial.print(now.minute(), DEC);
// Serial.print(":");
// Serial.print(now.second(), DEC);
// Serial.println();
int MM = now.month();//=0;
// Serial.println(MM);
// switch (MM) {
//   case '1': d = now.day(); Serial.println("1"); break;
//   case '2': d = (31 + now.day()); Serial.println("2"); break;
//   case '3': d = (59 + now.day()); Serial.println("3"); break;
//   case '4': d = (90 + now.day()); Serial.println("4"); break;
//   case '5': d = 120 + now.day(); break;
//   case '6': d = 151 + now.day(); break;
//   case '7': d = 181 + now.day(); break;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

// case '8': d = 212 + now.day(); break;
// case '9': d = 243 + now.day(); break;
// case '10': d = 273 + now.day(); break;
// case '11': d = 304 + now.day(); break;
// case '12': d = 334 + now.day(); break;
// }
if (MM == 1) {
    d = now.day();
    Serial.println("1");
}
if (MM == 2) {
    d = (31 + now.day());
    Serial.println("2");
}
if (MM == 3) {
    d = (59 + now.day());
    Serial.println("3");
}
if (MM == 4) {
    d = (90 + now.day());
    Serial.println("4");
}
if (MM == 5) {
    d = (120 + now.day());
    Serial.println("5");
}
if (MM == 6) {
    d = (151 + now.day());
    Serial.println("6");
}
if (MM == 7) {
    d = (181 + now.day());
    Serial.println("7");
}
if (MM == 8) {
    d = (212 + now.day());
    Serial.println("8");
}
if (MM == 9) {
    d = (243 + now.day());
    Serial.println("9");
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

}
if (MM == 10) {
    d = (273 + now.day());
    Serial.println("10");
}
if (MM == 11) {
    d = (304 + now.day());
    Serial.println("11");
}
if (MM == 12) {
    d = (334 + now.day());
    Serial.println("12");
}
H = now.hour();
M = now.minute();
if ((M == 0) || (M == 10) || (M == 20) || (M == 30) || (M == 40) || (M == 50) || (M == 5) || (M == 15) || (M == 25) || (M
== 35) || (M == 45) || (M == 55)) {
    while ((M == 0) || (M == 10) || (M == 20) || (M == 30) || (M == 40) || (M == 50) || (M == 5) || (M == 15) || (M == 25)
|| (M == 35) || (M == 45) || (M == 55)) {
        DateTime now = RTC.now();
        M = now.minute();
        Serial.println(M);
    }
    float temp1;
    val11 = analogRead(0);
    temp1 = val11 / 4.092;
    val11 = (int)temp1; //
    val12 = ((val11 % 100) / 10.0);
    Serial.println(val12);

    float temp2;
    val21 = analogRead(1);
    temp2 = val21 / 4.092;
    val21 = (int)temp2; //
    val22 = ((val21 % 100) / 10.0);
    Serial.println(val22);

    Serial.print(val12);
    Serial.print("\t");
    Serial.println(val22);
    UnoSerial.print(val12);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

UnoSerial.print(" ");
UnoSerial.print(val22);
UnoSerial.print("\n");
delay(1000);
}
if (((H == 7) || (H == 8) || (H == 9) || (H == 10) || (H == 11) || (H == 12) || (H == 13) || (H == 14) || (H == 15) || (H ==
16) || (H == 17) || (H == 18)) && (M == 0)) {
  mmoo = 1; // && (M == 1)
}
// float LT1 = (H + (M * 0.01));
// float LT2 = ((H + (M * 0.01)) - 11);
// LT = (LT1 + (LT2 * 2));
LT = (H + (M * 0.01));
//Serial.println(d);
Serial.println(30);
Serial.println(LT);
B = (0.986) * (d - 81);
//Serial.println(B);
Eot = (9.87 * sin(2 * B * 0.01746)) - (7.53 * cos(B * 0.01746)) - (1.5 * sin(B * 0.01746));
Serial.println(Eot);
TC = (4 * (LGT - LSTM)) + (Eot);
tc = TC;
Serial.println("tc");
Serial.println(tc);
nloop = 0;
if (tc >= 0) {
  while (tc > 60) {
    tc = tc - 60;
    nloop = nloop + 1;
  }
  A = (tc / 60) * 100;
  Serial.println(A);
  AA = map(A, 0, 100, 100, 40);
  if (AA < 100) {
    Serial.println(AA);
    AAA = (AA / 100) + nloop;
    Serial.println(AAA);
    LST = LT + AAA;
  }
  if (AA == 100) {
    LST = LT;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

}
}
if (tc < 0) {
  while (tc < -60) {
    tc = tc + 60;
    nloop = nloop + 1;
  }
  A = (tc / 60) * -100;
  Serial.println(A);
  AA = map(A, 0, 100, 100, 40);
  if (AA < 100) {
    Serial.println(AA);
    AAA = (AA / -100) - nloop;
    Serial.println(AAA);
    LST = LT + AAA;
  }
  if (AA == 100) {
    LST = LT;
  }
}
Serial.println(AAA);
Serial.println("LST");
Serial.println(LST);
delta = -23.45 * cos((0.986 * (d + 10)) * 0.01746);
Serial.print("delta ");
Serial.println(delta);
if ((LST < 12) && (LST >= 0)) {
  LST3 = LST;
  //Serial.print("LST3 ");
  //Serial.println(LST3);
  gamma1 = (12 - LST);
  //Serial.print("gamma1 ");
  //Serial.println(gamma1);
  gamma4 = gamma1;
  gamma5 = gamma4 * -1;
  //Serial.print("gamma5 ");
  //Serial.println(gamma5);
  gamma3 = (gamma1 - gamma4) * 100;
  gamma3 = 100 - gamma3;
  //Serial.print("gamma3 ");
  //Serial.println(gamma3);
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

gamma2 = map(gamma3, 0, 60, 0, 100);
gamma2 = gamma2 / -100;
//Serial.print("gamma2   ");
//Serial.println(gamma2);
gamma = 15 * (gamma2 + gamma5);
Serial.println("000000");
}
if (LST < 0) {
LST3 = LST;
//Serial.print("LST3   ");
//Serial.println(LST3);
gamma1 = ((LST - 12) * -1);
//Serial.print("gamma1   ");
//Serial.println(gamma1);
gamma4 = gamma1;
gamma5 = gamma4;
//Serial.print("gamma5   ");
//Serial.println(gamma5);
gamma3 = (gamma1 - gamma4) * 100;
gamma3 = 100 - gamma3;
//Serial.print("gamma3   ");
//Serial.println(gamma3);
gamma2 = map(gamma3, 0, 60, 0, 100);
gamma2 = gamma2 / -100;
//Serial.print("gamma2   ");
//Serial.println(gamma2);
gamma = 15 * (gamma2 + gamma5);
Serial.println("555555");
}
if (LST >= 12) {
gamma1 = (LST - 12);
if (gamma1 < 1 && gamma1 > 0) {
gamma3 = gamma1 * 100;
gamma2 = map(gamma3, 0, 60, 0, 100);
gamma2 = gamma2 / 100;
gamma = 15 * gamma2;
Serial.println("111111");
}
if (gamma1 == 1) {
gamma = 15 * 1;
Serial.println("222222");
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

}
if (gamma1 > 1) {
  gamma4 = gamma1;
  gamma5 = gamma4;
  gamma3 = (gamma1 - gamma4) * 100;
  gamma2 = map(gamma3, 0, 60, 0, 100);
  gamma2 = gamma2 / 100;
  gamma = 15 * (gamma2 + gamma5);
  Serial.println("333333");
}
}

Serial.print("gamma   ");
Serial.println(gamma);

alpha1 = sin(delta * 0.01746);
alpha2 = sin(LTT * 0.01746);
alpha3 = cos(delta * 0.01746);
alpha4 = cos(LTT * 0.01746);
alpha5 = cos(gamma * 0.01746);
alpha6 = alpha1 * alpha2;
alpha7 = alpha3 * alpha4 * alpha5;
alpha8 = alpha6 + alpha7;
// Serial.print("alpha8   ");
// Serial.println(alpha8);
alpha = asin(alpha8) * 57.3248; // มุมElevation
Serial.print("Elevation   ");
Serial.println(alpha);
//////////////////////////////////// มุมAzimute //////////////////////////////////////
if (gamma < 0) {
  beta = acos(((alpha1 * alpha4) - (alpha3 * alpha2 * alpha5)) / cos(alpha * 0.01746)) * 57.3248;
  Serial.print("Azimute   ");
  Serial.println(beta);
}
if (gamma >= 0) {
  beta = 360 - acos(((alpha1 * alpha4) - (alpha3 * alpha2 * alpha5)) / cos(alpha * 0.01746)) * 57.3248;
  Serial.print("Azimute   ");
  Serial.println(beta);
}
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("DAY");
lcd.setCursor(4, 0);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

lcd.print(now.day());
lcd.setCursor(8, 0);
lcd.print("TIME");
lcd.setCursor(13, 0);
lcd.print(H);
lcd.setCursor(16, 0);
lcd.print(":");
lcd.setCursor(18, 0);
lcd.print(M);
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("EL");
lcd.setCursor(3, 1);
lcd.print(alpha);
lcd.setCursor(11, 1);
lcd.print("AZ");
lcd.setCursor(14, 1);
lcd.print(beta);
lcd.setCursor(0, 2);
lcd.print("LGT");
lcd.setCursor(4, 2);
lcd.print(LGT);
lcd.setCursor(0, 3);
lcd.print("LTT");
lcd.setCursor(4, 3);
lcd.print(LTT);
lcd.setCursor(15, 2);
lcd.print("DEG");
lcd.setCursor(14, 3);
lcd.print(smoothHeadingDegrees);
ABC2 = beta;
ABC1 = alpha;
if (stt == 1) {
  ABC22 = ABC2;
  stt = 0;
}
if (alpha >= 180) {
  ABC1 = 180;
}
if (alpha <= 0) {
  ABC1 = 0;
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if (mmoo == 1) {
  SV1_00;
  delay(1000);
  SV2_00;
}
}
void setLT() {
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("LGT");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("LTT");
  char key = keypad.getKey();
  if ( key == '#' ) {
    lcd.clear();
    TT = 0;
  }
  if ( key == 'C' ) {
    LGT = LGT * -1;
    if (LGT > 0 ) {
      lcd.setCursor(4, 0);
      lcd.print("+");
    }
    if (LGT < 0 ) {
      lcd.setCursor(4, 0);
      lcd.print("-");
    }
  }
  if ( key == 'D' ) {
    LTT = LTT * -1;
    if (LTT > 0 ) {
      lcd.setCursor(4, 1);
      lcd.print("+");
    }
    if (LTT < 0 ) {
      lcd.setCursor(4, 1);
      lcd.print("-");
    }
  }
  if ( key == 'A' ) {
    T1 = 1;
    Serial.print(T1);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

}
if ( key == 'B') {
    T1 = 2;
    Serial.print(T1);
}
while (T1 == 1) {
    Serial.print("OK A");
    char key = keypad.getKey();
    if (( T2 != -1) && ( T3 != -1) && ( T4 != -1) && ( T5 != -1) && ( T6 != -1)) {
        Serial.println(T66);
        Serial.println(T55);
        Serial.println(T44);
        Serial.println(T33);
        Serial.println(T22);
        LGT = (T66 + T55 + T44 + T33 + T22);
        Serial.println(LGT);
        T2 = -1;
        T3 = -1;
        T4 = -1;
        T5 = -1;
        T6 = -1;
        T7 = -1;
        T1 = 0;
        Serial.print("OUT A");
    }
    if (( T2 != -1) && ( T3 != -1) && ( T4 != -1) && ( T5 != -1) && ( T6 == -1)) {
        if ((key == '0') || (key == '1') || (key == '2') || (key == '3') || (key == '4') || (key == '5') || (key == '6') || (key == '7') ||
(key == '8') || (key == '9')) {
            switch (key) {
                case '0': T6 = 0; break;
                case '1': T6 = 1; break;
                case '2': T6 = 2; break;
                case '3': T6 = 3; break;
                case '4': T6 = 4; break;
                case '5': T6 = 5; break;
                case '6': T6 = 6; break;
                case '7': T6 = 7; break;
                case '8': T6 = 8; break;
                case '9': T6 = 9; break;
            }
            T66 = T6 * 0.01;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    lcd.setCursor(10, 0);
    lcd.print(T6);
}

}

if (( T2 != -1) && ( T3 != -1) && ( T4 != -1) && ( T5 == -1) && ( T6 == -1)) {
    if ((key == '0') || (key == '1') || (key == '2') || (key == '3') || (key == '4') || (key == '5') || (key == '6') || (key == '7') ||
(key == '8') || (key == '9')) {
        switch (key) {
            case '0': T5 = 0; break;
            case '1': T5 = 1; break;
            case '2': T5 = 2; break;
            case '3': T5 = 3; break;
            case '4': T5 = 4; break;
            case '5': T5 = 5; break;
            case '6': T5 = 6; break;
            case '7': T5 = 7; break;
            case '8': T5 = 8; break;
            case '9': T5 = 9; break;
        }
        T55 = T5 * 0.1;
        lcd.setCursor(9, 0);
        lcd.print(T5);
    }

}

if (( T2 != -1) && ( T3 != -1) && ( T4 == -1) && ( T5 == -1) && ( T6 == -1)) {
    if ((key == '0') || (key == '1') || (key == '2') || (key == '3') || (key == '4') || (key == '5') || (key == '6') || (key == '7') ||
(key == '8') || (key == '9')) {
        switch (key) {
            case '0': T4 = 0; break;
            case '1': T4 = 1; break;
            case '2': T4 = 2; break;
            case '3': T4 = 3; break;
            case '4': T4 = 4; break;
            case '5': T4 = 5; break;
            case '6': T4 = 6; break;
            case '7': T4 = 7; break;
            case '8': T4 = 8; break;
            case '9': T4 = 9; break;
        }
    }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

T44 = T4 * 1;
lcd.setCursor(7, 0);
lcd.print(T4);
lcd.setCursor(8, 0);
lcd.print(".");
}

}

if (( T2 != -1) && ( T3 == -1) && ( T4 == -1) && ( T5 == -1) && ( T6 == -1)) {
    if ((key == '0') || (key == '1') || (key == '2') || (key == '3') || (key == '4') || (key == '5') || (key == '6') || (key == '7') ||
(key == '8') || (key == '9')) {
        switch (key) {
            case '0': T3 = 0; break;
            case '1': T3 = 1; break;
            case '2': T3 = 2; break;
            case '3': T3 = 3; break;
            case '4': T3 = 4; break;
            case '5': T3 = 5; break;
            case '6': T3 = 6; break;
            case '7': T3 = 7; break;
            case '8': T3 = 8; break;
            case '9': T3 = 9; break;
        }
        T33 = T3 * 10;
        lcd.setCursor(6, 0);
        lcd.print(T3);
    }

}

if (( T2 == -1) && ( T3 == -1) && ( T4 == -1) && ( T5 == -1) && ( T6 == -1)) {
    if ((key == '0') || (key == '1') || (key == '2') || (key == '3') || (key == '4') || (key == '5') || (key == '6') || (key == '7') ||
(key == '8') || (key == '9')) {
        switch (key) {
            case '0': T2 = 0; break;
            case '1': T2 = 1; break;
            case '2': T2 = 2; break;
            case '3': T2 = 3; break;
            case '4': T2 = 4; break;
            case '5': T2 = 5; break;
            case '6': T2 = 6; break;
            case '7': T2 = 7; break;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    case '8': T2 = 8; break;
    case '9': T2 = 9; break;
}
T22 = T2 * 100;
lcd.setCursor(5, 0);
lcd.print(T2);
}

}
}
//-----
while (T1 == 2) {
    Serial.print("OK b");
    char key = keypad.getKey();
    if (( T3 != -1) && ( T4 != -1) && ( T5 != -1) && ( T6 != -1)) {
        Serial.println(T66);
        Serial.println(T55);
        Serial.println(T44);
        Serial.println(T33);
        LTT = (T66 + T55 + T44 + T33 );
        Serial.println(LGT);
        T2 = -1;
        T3 = -1;
        T4 = -1;
        T5 = -1;
        T6 = -1;
        T7 = -1;
        T1 = 0;
        Serial.print("OUT A");
    }
    if (( T3 != -1) && ( T4 != -1) && ( T5 != -1) && ( T6 == -1)) {
        if ((key == '0') || (key == '1') || (key == '2') || (key == '3') || (key == '4') || (key == '5') || (key == '6') || (key == '7') ||
(key == '8') || (key == '9')) {
            switch (key) {
                case '0': T6 = 0; break;
                case '1': T6 = 1; break;
                case '2': T6 = 2; break;
                case '3': T6 = 3; break;
                case '4': T6 = 4; break;
                case '5': T6 = 5; break;
                case '6': T6 = 6; break;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    case '7': T6 = 7; break;
    case '8': T6 = 8; break;
    case '9': T6 = 9; break;
}
T66 = T6 * 0.01;
lcd.setCursor(9, 1);
lcd.print(T6);
}

}

if (( T3 != -1) && ( T4 != -1) && ( T5 == -1) && ( T6 == -1)) {
    if ((key == '0') || (key == '1') || (key == '2') || (key == '3') || (key == '4') || (key == '5') || (key == '6') || (key == '7') ||
(key == '8') || (key == '9')) {
        switch (key) {
            case '0': T5 = 0; break;
            case '1': T5 = 1; break;
            case '2': T5 = 2; break;
            case '3': T5 = 3; break;
            case '4': T5 = 4; break;
            case '5': T5 = 5; break;
            case '6': T5 = 6; break;
            case '7': T5 = 7; break;
            case '8': T5 = 8; break;
            case '9': T5 = 9; break;
        }
        T55 = T5 * 0.1;
        lcd.setCursor(8, 1);
        lcd.print(T5);
    }

}

if (( T3 != -1) && ( T4 == -1) && ( T5 == -1) && ( T6 == -1)) {
    if ((key == '0') || (key == '1') || (key == '2') || (key == '3') || (key == '4') || (key == '5') || (key == '6') || (key == '7') ||
(key == '8') || (key == '9')) {
        switch (key) {
            case '0': T4 = 0; break;
            case '1': T4 = 1; break;
            case '2': T4 = 2; break;
            case '3': T4 = 3; break;
            case '4': T4 = 4; break;
            case '5': T4 = 5; break;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    case '6': T4 = 6; break;
    case '7': T4 = 7; break;
    case '8': T4 = 8; break;
    case '9': T4 = 9; break;
  }
  T44 = T4 * 1;
  lcd.setCursor(6, 1);
  lcd.print(T4);
  lcd.setCursor(7, 1);
  lcd.print(".");
}

}

if (( T3 == -1) && ( T4 == -1) && ( T5 == -1) && ( T6 == -1)) {
  if ((key == '0') || (key == '1') || (key == '2') || (key == '3') || (key == '4') || (key == '5') || (key == '6') || (key == '7') ||
(key == '8') || (key == '9')) {
    switch (key) {
      case '0': T3 = 0; break;
      case '1': T3 = 1; break;
      case '2': T3 = 2; break;
      case '3': T3 = 3; break;
      case '4': T3 = 4; break;
      case '5': T3 = 5; break;
      case '6': T3 = 6; break;
      case '7': T3 = 7; break;
      case '8': T3 = 8; break;
      case '9': T3 = 9; break;
    }
    T33 = T3 * 10;
    lcd.setCursor(5, 1);
    lcd.print(T3);
  }

}

}

}

void SV1_00 {
  if ( ABC1 >= 0 && ABC1 <= 180) {
    myservo1.write(ABC1);
    Serial.println(ABC1);
    Serial.println("1111");
  }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

}
}
void SV2_0() {
  myservo2.write(ABC2);
  Serial.println(ABC2);
  // if (ABC2 > ABC22) {
  //   ABC222 = ABC2 - ABC22;
  //   myservo2.writeMicroseconds(0); // สั่งให้ Servo หมุนขวา
  //   delay(170 / 60 * ABC222); // หน่วงเวลา 2000ms
  //   myservo2.writeMicroseconds(1500); // สั่งให้ Servo หยุด
  //   ABC22 = ABC2;
  // }
  // if (ABC2 < ABC22) {
  //   ABC222 = ABC22 - ABC2;
  //   myservo2.writeMicroseconds(3000); // สั่งให้ Servo หมุนซ้าย
  //   delay(170 / 60 * ABC222); // หน่วงเวลา 2000ms
  //   myservo2.writeMicroseconds(1500); // สั่งให้ Servo หยุด
  //   ABC22 = ABC2;
  // }
  // Serial.println(ABC22);
  Serial.println("2222");
  mmoo = 0;
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้