

หุ่นยนต์ทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์

A CLEANING ROBOT FOR SOLAR PANELS



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมระบบควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2565

KMITL-2022-EN-M-080-086

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A CLEANING ROBOT FOR SOLAR PANELS



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN CONTROL ENGINEERING
SCHOOL OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2022

KMITL-2022-EN-M-080-086

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2022

SCHOOL OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	หุ่นยนต์ทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์
นักศึกษา	นาย นวัต รณรงค์ฤทธิ์
รหัสนักศึกษา	59601207
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมระบบควบคุม
พ.ศ.	2565
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร. นพดล มณีรัตน์

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นการศึกษาการออกแบบ และพัฒนาหุ่นยนต์ทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์ ในต่างประเทศมีการใช้งานหุ่นยนต์ทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์หลาย ๆ รูปแบบ ตัวอย่างเช่น หุ่นยนต์ยึดติดกับโครงของแผงโซลาร์เซลล์ โดยมีข้อเสียคือไม่สามารถเคลื่อนย้ายได้ง่ายและมีข้อจำกัด เรื่องขนาดของแผงโซลาร์เซลล์ แต่การสร้างหุ่นยนต์ทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์นี้สามารถช่วย มนุษย์ทำงานได้ โดยมีจุดเด่นที่ไม่จำเป็นต้องมีผู้ควบคุมตลอดการทำงาน และลดความเสี่ยงเมื่อมีการ เคลื่อนย้ายหุ่นยนต์

วิทยานิพนธ์นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์ โดยทำการศึกษาและพัฒนาให้เหมาะสมกับแผงโซลาร์เซลล์ โดยมีการควบคุมแบบหุ่นยนต์ไร้สาย (Wireless Joystick) และแบบเคลื่อนที่ตรวจจับระยะ (Sensor Ultrasonic) ซึ่งการเคลื่อนที่จะใช้ ระบบขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ (Motor) และควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล Arduino ส่วนระบบ ทำความสะอาดนั้น หุ่นยนต์จะทำความสะอาดโซลาร์เซลล์ด้วยแปรงหมุนปิดทำความสะอาด โดยมี ระบบฉีดน้ำเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำความสะอาด

ผลการศึกษาการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ทำความสะอาดด้วยระบบขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ นั้น สามารถเคลื่อนที่ในพื้นที่เอียงได้ 0 องศา - 20 องศา และระบบทำความสะอาดของแปรงสามารถทำ ความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์ได้ดี ทั้งนี้หุ่นยนต์สามารถขับเคลื่อนอัตโนมัติ ซึ่งจะช่วยให้แผงโซลาร์ เซลล์ทำงานได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

คำสำคัญ : แผงโซลาร์เซลล์, หุ่นยนต์ทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์, หุ่นยนต์, แปรงทำความสะอาด

Thesis: A CLEANING ROBOT FOR SOLAR PANELS
Student: Mr. Nawat Ronnaronglit
Student ID: 59601207
Degree: Master of Engineering
Program: Control Engineering
Year: 2022
Thesis Advisor: Asst. Prof. Dr. Noppadol Maneerat

ABSTRACT

It is widely accepted that many countries use different types of robots to clean solar panels, for example, a robot attached to a solar cell frame. The disadvantages of it are unable to move easily and the limitation of the size of the solar panel. However, the solar panel cleaning robot could work instead of humans, so there is no need to have a supervisor throughout the work and it can reduce the risk when the robot is moved.

The objectives of the solar panel cleaning robot are to design and develop a solar panel cleaning robot to suit the solar panels by using a wireless robot control (Wireless Joystick) and a motion sensing distance (Sensor Ultrasonic). The movement is powered by a motor and controlled by an arduino microcontroller. The robot uses a spinning brush with a water spray system to increase cleaning productivity for the cleaning system.

The study results of the robot to clean the solar panel using a gear motor driven show that it can move on an inclined floor at 0-20 degrees. In addition, the cleaning system can clean the solar panel to help the solar panel works more efficiently.

Keywords: Solar Panel, Solar Panel Cleaning Robot, Robot, Brush Roller

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดี ด้วยการดูแลและให้คำแนะนำของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพดล มณีรัตน์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาในการจัดทำโครงงานนี้ที่คอยชี้แนะแนวทางปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่ และด้วยความกรุณาเอื้อเฟื้อของอาจารย์ที่อนุเคราะห์ช่วยเหลือ สั่งสอน ชี้แนะแนวทางที่ดีแก่ผู้วิจัยเสมอมา

ขอขอบคุณ บริษัท ไทย โซลาร์ เอ็นเนอร์ยี จำกัด (มหาชน) ซึ่งให้การสนับสนุนทุนวิจัยและขอขอบคุณ คุณนิเวศ บุญวิชัย ที่ให้คำปรึกษาและแนะนำ จนวิทยานิพนธ์นี้สามารถสำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดี

ขอบคุณสำนักบริหารงานวิจัยและนวัตกรรมพระจอมเกล้าลาดกระบัง (KMITL Research and Innovation Services) และเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ให้การสนับสนุนและช่วยเหลือในทุก ๆ ด้าน

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดามารดา และครอบครัวที่อยู่ให้การสนับสนุนในหลาย ๆ อย่างทำให้วิจัยวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปได้จนเป็นวิทยานิพนธ์



ผู้วิจัย
นายวัต รัตนรงค์ฤทธิ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ iii งอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญภาพ	VIII
สารบัญตาราง	XII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ในการออกแบบ.....	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 วิธีการดำเนินงาน	2
1.6 ขั้นตอนการศึกษา	3
1.6.1 ส่วนงานโครงสร้างและระบบทำความสะอาด	3
1.6.2 ส่วนงานด้านอิเล็กทรอนิกส์และโปรแกรม.....	3
1.7 แผนงานและการดำเนินการ	3
1.8 รายละเอียดของวิทยานิพนธ์	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 หุ่นยนต์ทำความสะอาด	4
2.1.1 หุ่นยนต์ PV Cleaner V1	4
2.1.2 หุ่นยนต์ทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์ SOLARBRUSH.....	5
2.1.3 หุ่นยนต์ทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์MULR00003Automatic...	5
2.1.4 การทำความสะอาดโซลาร์เซลล์ โดยใช้แปรงทำความสะอาด.....	6
2.2 ความรู้ทั่วไปของแผงโซลาร์เซลล์.....	7
2.2.1 หลักการพื้นฐานของแผงโซลาร์เซลล์.....	8
2.2.2 ส่วนประกอบของแผงโซลาร์เซลล์.....	9
2.2.3 ปัจจัยที่กำหนดประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์.....	10
2.3 แปรงทำความสะอาด.....	12
2.3.1 ขนแปรงสังเคราะห์	12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ iv อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.3.2 คนที่ได้จากธรรมชาติและชนหญา.....	13
2.4 เซนเซอร์ที่เกี่ยวข้องกับหุ่นยนต์.....	14
2.4.1 Gyroscope.....	14
2.4.2 GPS.....	16
2.4.3 อัลตราโซนิกเซนเซอร์.....	17
2.5 แบตเตอรี่ลิเทียม.....	20
2.5.1 แบตเตอรี่ลิเทียมฟอสเฟต.....	21
2.5.2 แบตเตอรี่ลิเทียมโคบอลต์ออกไซด์	21
2.5.3. แบตเตอรี่ลิเทียมแมงกานีสออกไซด์)	22
2.5.4. แบตเตอรี่ลิเทียมนิเคิลแมงกานีสโคบอลต์ออกไซด์.....	23
2.6 การควบคุมระยะไกล.....	24
2.6.1 วิทยุสัญญาณวิทยุ (Radio Frequency, RF)	24
2.6.2 วิทยุสัญญาณรังสีอินฟราเรด (Infrared, IR)	25
2.6.3 Zigbee.....	25
2.7 โปรแกรมใช้สำหรับจัดทำหุ่นยนต์.....	26
2.7.1 Solidworks.....	26
2.7.2 โปรแกรม Sketch ของ Arduino (Arduino IDE).....	29
2.8 โปรแกรมภาษา C บน Arduino.....	30
2.9 แรงเสียดทาน.....	32
บทที่ 3 การออกแบบและพัฒนา	35
3.1 ภาพรวมของงานและการเลือกใช้อุปกรณ์	35
3.1.1 Joystick	36
3.1.2 Microcontroller Arduino Mega 2560	36
3.1.3 BTS7960	37
3.1.4 มอเตอร์ 12 โวลต์ 30 รอบต่อนาที.....	37
3.1.5 แบตเตอรี่ Li-Po.....	38
3.1.6 อัลตราโซนิกเซนเซอร์ HC-SR04.....	40
3.1.7 Gyroscope รุ่น MPU 6050	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และแจ้งอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2 ออกแบบโครงสร้างหุ่นยนต์และระบบกลไก	41
3.3 การทำงานของหุ่นยนต์	46
3.3.1 การเคลื่อนที่แบบอัตโนมัติ	46
3.3.2 การทำความสะอาด.....	49
3.3.3 ระบบความปลอดภัยของหุ่นยนต์และผู้ใช้งาน.....	50
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง.....	52
4.1 กล่าวนำ.....	52
4.2 ทดลองความสามารถของเซนเซอร์อัลตราโซนิก	52
4.2.1 ผลการทดลองหาค่าความคลาดเคลื่อนเซนเซอร์อัลตราโซนิก	52
4.2.2 การทดลองเปรียบเทียบการเพิ่มแผ่นลดเสียงกันสะท้อน	54
4.3 ทดลองการทำงานของระบบขับเคลื่อน	55
4.4 ทดลองความสามารถ MPU6050 การวัดมุมแกน X ของอุปกรณ์	59
4.4.1 ผลการทดลองความสามารถของ MPU 6050	59
4.4.2 ผลทดลองวิ่งหุ่นยนต์ในความชันที่ 20 องศา บนแผงโซลาร์เซลล์.....	61
4.5 การควบคุมการทรงตัวของหุ่นยนต์โดยการเพิ่มล้อเป็น 10 ล้อ	62
4.5.1 ผลการทดลองของการทดลองการเพิ่มล้อเป็น 10 ล้อ	62
4.6 ผลการทดลองความเร็วและระยะทาง	63
4.7 การทดลองระบบฉีดน้ำทำความสะอาด	64
4.7.1 ผลการทดลองระบบฉีดน้ำทำความสะอาด	65
4.7.2 ผลการทดลองระบบฉีดน้ำทำความสะอาดร่วมกับฉากรีดน้ำ	66
4.7.3 ผลการทดลองการทำความสะอาด	67
บทที่ 5 สรุปและงานในอนาคต	69
5.1 บทนำ	69
5.2 การวิเคราะห์ผลการทดลอง	69
5.2.1 วิเคราะห์ผลทดลองความสามารถของเซนเซอร์วัดระยะ.....	69
5.2.2 วิเคราะห์ผลทดลองสัญญาณ PWM จากคอนโทรลเลอร์.....	69
5.2.3 วิเคราะห์ผลทดลองการทรงตัวของหุ่นยนต์.....	69
5.2.4 วิเคราะห์ผลทดลองระบบฉีดน้ำทำความสะอาด.....	70
5.2.5 วิเคราะห์ผลทดลองระบบทำความสะอาด.....	70
5.3 สรุปผล	71
5.4 ข้อเสนอแนะ	71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้บ่งชี้หรืออ้างถึงในการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ vi ึ่งอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
เอกสารอ้างอิง	72
ภาคผนวก ก	74
ภาคผนวก ข	80
ภาคผนวก ค	89
ภาคผนวก ง	93
ข้อมูลประวัติผู้วิจัย	99



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ **vi** ีอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ตัวอย่างหุ่นยนต์ดูดฝุ่นในเชิงพาณิชย์	4
2.2 หุ่นยนต์ทำความสะอาดโซลาร์เซลล์ SOLARBRUSH	5
2.3 หุ่นยนต์ทำความสะอาดโซลาร์เซลล์ MULR0003Automatic.....	6
2.4 หุ่นยนต์ทำความสะอาดโซลาร์เซลล์ Cleaning Robot Solar Panels Thailand.....	6
2.5 โซลาร์เซลล์เมื่อเริ่มได้รับแสง.....	8
2.6 โซลาร์เซลล์เมื่อได้รับแสงและเกิดการไหลของกระแสไฟฟ้า.....	9
2.7 ส่วนประกอบของโซลาร์เซลล์.....	10
2.8 การติดตั้งโซลาร์เซลล์ที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย.....	11
2.9 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์.....	11
2.10 แปรงไนลอนที่มีขนตรงและแข็ง.....	12
2.11 แปรงขนม้า.....	14
2.12 Gyroscope รุ่น MPU 5060.....	15
2.13 ตัวอย่างค่า MPU 5060.....	16
2.14 เครื่องรับของจะทำการหาสัญญาณดาวเทียม.....	17
2.15 อุปกรณ์ GPS NEO6MV2 GY-GPS6MV2.....	17
2.16 การลดทอนคลื่นอัลตราโซนิกในแต่ละความถี่.....	19
2.17 ส่วนประกอบของแบตเตอรี่ลิเธียม.....	20
2.18 แบตเตอรี่ลิเธียมฟอสเฟต.....	21
2.19 แบตเตอรี่ลิเธียมโคบอลต์ออกไซด์.....	22
2.20 แบตเตอรี่ลิเธียมแมงกานีสออกไซด์.....	22
2.21 แบตเตอรี่ลิเธียมนิเคิลแมงกานีสโคบอลต์ออกไซด์.....	23
2.22 รีโมทสัญญาณวิทยุ (Radio Frequency, RF).....	24
2.23 รีโมทสัญญาณรังสีอินฟราเรด (Infrared, IR).....	25
2.24 รูปแบบการทำงานของ (Zigbee)	26
2.25 การวิเคราะห์ความแข็งแรง (Simulation)	27
2.26 การวิเคราะห์การวิเคราะห์การตกกระแทก (Drop Test)	28
2.27 ตัวอย่างการออกแบบโดย Solidworks.....	29
2.28 โปรแกรม Sketch ของ Arduino หรือโปรแกรม Arduino IDE.....	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และviiiอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
2.29 กราฟแรงเสียดทาน.....	33
2.30 วัตถุอยู่บนพื้นเอียง.....	34
3.1 ผังระบบควบคุมของหุ่นยนต์.....	35
3.2 Joystick	36
3.3 Arduino Mega 2560	37
3.4 BTS7960	37
3.5 การทดลองหาแรงที่ทำให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่.....	38
3.6 ข้อมูลจาก Solidworks Simulation แรงที่ใช้ในการเคลื่อนที่.....	38
3.7 DC Motor 12 โวลต์ 30 รอบต่อนาที	39
3.8 Li-Po แบบ 3 เซลล์ 12 โวลต์ 7000 มิลิแอมป์ชั่วโมง.....	39
3.9 อัลตราโซนิกเซนเซอร์ HC-SR04.....	40
3.10 Gyroscope รุ่น MPU 6050.....	40
3.11 ขนาดโดยรวมของหุ่นยนต์.....	41
3.12 แบบจำลอง 3 มิติ ด้านหน้าของหุ่นยนต์	41
3.13 แบบจำลอง 3 มิติ ด้านข้างของหุ่นยนต์	41
3.14 แบบจำลอง 3 มิติ ด้านบนของหุ่นยนต์.....	41
3.15 องค์ประกอบโดยรวมของหุ่นยนต์	42
3.16 คุณสมบัติของอลูมิเนียมโปรไฟล์ในโปรแกรม Solidworks.....	43
3.17 แบบจำลองการทดสอบความเค้นของโครงสร้างพหุ่นยนต์.....	44
3.18 คุณสมบัติของกระจกในโปรแกรม Solidworks.....	44
3.19 การทดสอบความเค้นของแผ่นกระจก.....	45
3.20 การทดสอบความเอนของกระจกเมื่อมีหุ่นยนต์อยู่บนกระจก.....	45
3.21 ตำแหน่งของอัลตราโซนิกเซนเซอร์ 1-4.....	46
3.22 แผนภูมิระบบควบคุมอัตโนมัติ.....	47
3.23 เส้นทางเดินของหุ่นยนต์.....	48
3.24 ทดสอบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์บนแผงโซลาร์เซลล์.....	48
3.25 ส่วนประกอบของชุดควบคุมด้วย Joystick.....	49
3.26 หุ่นยนต์ควบคุมผ่าน Joystick	50
3.27 ส่วนประกอบการทำงานของอัลตราโซนิก	51
3.28 ส่วนประกอบระบบทรงตัวของหุ่นยนต์.....	51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ ix อ่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
4.1 การทดลองเซนเซอร์อัลตราโซนิก HC-SR049	52
4.2 รูปแบบการทดลองเซนเซอร์อัลตราโซนิก HC-SR049	53
4.3 ปัญหาการส่งสัญญาณรบกวน	53
4.4 เพิ่มอุปกรณ์โฟมลดเสียงสะท้อนบนอุปกรณ์เซนเซอร์อัลตราโซนิก HC-SR049	54
4.5 กราฟเปรียบเทียบระหว่างการเพิ่มและไม่ได้เพิ่มอุปกรณ์โฟมลดเสียงสะท้อน	54
4.6 ทดสอบการทำงานของระบบขับเคลื่อน	55
4.7 กราฟของมอเตอร์เคลื่อนที่ โดยคำสั่ง FORWARD.....	56
4.8 กราฟของสัญญาณชุดขับเคลื่อนที่ โดยคำสั่ง FORWARD.....	56
4.9 กราฟของมอเตอร์เคลื่อนที่ โดยคำสั่ง BACKWARD.....	56
4.10 กราฟของสัญญาณชุดขับเคลื่อนที่ โดยคำสั่ง BACKWARD.....	57
4.11 กราฟของมอเตอร์เคลื่อนที่ โดยคำสั่งเดินหน้า TURNRIGHT หรือ TURNLEFT.....	57
4.12 กราฟของชุดขับเคลื่อนที่ โดยคำสั่งเดินหน้า TURNRIGHT หรือ TURNLEFT.....	57
4.13 กราฟของชุดขับเคลื่อนที่ โดยคำสั่งถอยหลัง TURNRIGHT หรือ TURNLEFT.....	58
4.14 กราฟค่า GyX และ AcX ในมุม 0-180 องศา ขณะความชัน Z= 0 องศา.....	59
4.15 กราฟค่า GyX และ AcX ในมุม 0-180 องศา ขณะความชัน Z = 20 องศา	60
4.16 กราฟค่า GyX และ AcX ขณะหุ่นยนต์วิ่งบนความชัน 20 องศา	61
4.17 หุ่นยนต์วิ่งออกเอียงซ้ายเมื่อขณะเคลื่อนที่	62
4.18 ภาพการทรงตัวของหุ่นยนต์ขณะเพิ่มเป็น 10 ล้อ	62
4.19 กราฟค่า GyX และ AcX ขณะหุ่นยนต์วิ่งบนความชัน 20 องศา และเพิ่มเป็น 10 ล้อ.....	63
4.20 การทดลองอัตราการไหลของปริมาตรน้ำ	65
4.21 การทำความสะอาดของหุ่นยนต์ด้วยอัตราการฉีดน้ำ = 1.56 ลูกบาศก์เมตร/นาที.....	65
4.22 ค่าผลทดลองฉีดน้ำทำความสะอาด	66
4.23 หุ่นยนต์เมื่อเพิ่มฉากรีดน้ำทำความสะอาด.....	66
4.24 ค่าทดลองเมื่อเพิ่มแปรงทำความสะอาดร่วมกับน้ำพร้อมฉากรีด	67
4.25 การทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์	67
4.26 รูปคุณสมบัติของแผงโซลาร์เซลล์ รุ่น PV Model 100M – 32.....	68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และหวังอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 รายชื่อผู้ประกอบการเกี่ยวกับการทำความสะอาดโซลาร์เซลล์ในประเทศไทย	7
3.1 Parameter ของมอเตอร์ 12 โวลต์ 30 รอบต่อนาที Model: JGB37-520	39
4.1 สรุปผลค่าแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยของอุปกรณ์ของตัวขับเคลื่อนมอเตอร์	58
4.2 ค่าการวัด โดยแสดงค่า GyX และ AcX ในมุม 0-180 องศา ขณะความชัน $Z = 0$ องศา	60
4.3 ค่าการวัด โดยแสดงค่า GyX และ AcX ในมุม 0-180 องศา ขณะความชัน $Z = 20$ องศา	61
4.4 ความเร็วของหุ่นยนต์	63
4.5 ค่าของกระแสไฟฟ้าหลังจากทำความสะอาด.....	68
5.1 การเปรียบเทียบระหว่างหุ่นยนต์ของผู้วิจัยกับหุ่นยนต์รุ่น Cleaning Robot Solar Panels Thailand.....	71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ **xi** อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของวิทยานิพนธ์ วัตถุประสงค์ของโครงการ ขอบเขตของโครงการประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ และแผนการทำงานโดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ปัจจุบันมีแหล่งพลังงานทดแทนมากขึ้น โดยตัดแปลงทรัพยากรธรรมชาติมาใช้แทนน้ำมัน และถ่านหินที่มีอยู่อย่างจำกัด ซึ่งตัวเลือกยอดนิยมนั้นคือพลังงานแดด ที่ได้จากแผงรับแสงอาทิตย์ แม้ว่าการใช้แผงโซลาร์เซลล์เพื่อลดการใช้พลังงานจะง่าย และช่วยประหยัดค่าไฟฟ้า แต่ปัญหาหลักนั้นคือแผงโซลาร์เซลล์นั้นไม่สามารถรับแสงอาทิตย์ได้อย่างเต็มที่ หากไม่มีการทำความสะอาดเป็นประจำเพราะจะมีฝุ่นเกาะอยู่มาก ซึ่งมีงานวิจัยแล้วว่าในยุโรปนั้น โซลาร์เซลล์มีประสิทธิภาพลดลง 3 - 6 เปอร์เซ็นต์ ในแต่ละปี และในประเทศแถบตะวันออกกลางที่มีฝุ่นทรายมาก โดยในประเทศไทยจะมีปัญหาฝุ่นและคราบต่าง ๆ ซึ่งจะทำให้โซลาร์เซลล์มีประสิทธิภาพลดลงถึง 3-10 เปอร์เซ็นต์ และ การทำความสะอาดโซลาร์เซลล์สามารถดำเนินการด้วยตัวมนุษย์เองได้ แต่จะมีความเสี่ยงสูงเนื่องจาก โซลาร์เซลล์บางสถานที่ติดตั้งบริเวณที่สูง และค่าใช้จ่ายในการทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์แต่ละครั้งมีค่าใช้จ่ายที่สูงมาก ผู้วิจัยจึงมองเห็นถึงปัญหาที่เกิดขึ้นในการทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์ และมีความประสงค์ที่จะจัดทำหุ่นยนต์ที่สามารถเข้าทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์ เพื่อลดความเสี่ยงของมนุษย์ที่ต้องเข้าดำเนินงานทำความสะอาดบริเวณสูง โดยหุ่นยนต์สามารถทำงาน บริเวณ ความสูงและยากแก่การเข้าถึงได้ อีกทั้งสามารถปฏิบัติงานได้เป็นเวลายาวนาน ซึ่งหุ่นยนต์ใช้การ เคลื่อนที่มือเตอร์ และทำความสะอาดโดยแปร่งทำความสะอาดและยังมีระบบน้ำเพื่อฉีดน้ำ ช่วยเพิ่ม ประสิทธิภาพในการทำความสะอาด หุ่นยนต์ทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์จึงเป็นแนวทางในธุรกิจ อุตสาหกรรมการทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์ได้เป็นอย่างดี

1. ออกแบบโครงสร้างหุ่นยนต์ทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์ ที่สามารถเคลื่อนที่ความชัน 0 – 20 องศา
2. ออกแบบและสร้างระบบเคลื่อนที่แบบอัตโนมัติของหุ่นยนต์ทำความสะอาดแผงโซลาร์ เซลล์
3. ออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ที่สามารถทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์ ที่มีพื้นที่ขนาดใหญ่ สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตการวิจัย

สำหรับงานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ มุ่งเน้นที่จะสร้างหุ่นยนต์ที่ความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์ได้โดยสามารถวิ่งทำความสะอาดได้อย่างอัตโนมัติและสามารถวิ่งในความชันของแผงโซลาร์เซลล์ได้ตั้งแต่ 0-20 องศา โดยขณะวิ่งทำความสะอาดนั้นสามารถฉีดน้ำทำความสะอาดไปพร้อม ๆ ขณะเคลื่อนที่ ทั้งนี้ หุ่นยนต์ดังกล่าวต้องมีเสถียรภาพในการทำงาน

ขอบเขตการวิทยานิพนธ์สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ออกแบบหุ่นยนต์การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์โดยคำนวณและเลือกอุปกรณ์ที่เหมาะสมผ่านโปรแกรม Solidworks
2. ใช้ชุด Gyroscope ในการทรงตัวและระบุทิศทางของหุ่นยนต์ในการเคลื่อนที่และทำความสะอาด

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. พัฒนาระบบขับเคลื่อนของหุ่นยนต์ให้สามารถปฏิบัติงานในพื้นที่ลาดชันที่มีความเอียงตั้งแต่ 0 องศา – 20 องศา
2. ลดความเสี่ยงต่อบุคลากรทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์จากกรณีตกจากที่สูง
3. ตอบสนองความต้องการของโรงงานไฟฟ้าโซลาร์เซลล์ ที่ต้องการลดจำนวนพนักงานทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์
4. พัฒนาหุ่นยนต์ทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์ที่มีต้นทุนต่ำ

1.5 วิธีการดำเนินงาน

1. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับแผงโซลาร์เซลล์ และรูปแบบการติดตั้ง
2. ศึกษาต้นแบบหุ่นยนต์ทำความสะอาดเพื่อมาปรับใช้กับแผงโซลาร์เซลล์
3. เลือกอุปกรณ์ที่เหมาะสมกับการสร้างหุ่นยนต์
4. ออกแบบหุ่นยนต์ตามความเหมาะสมและค่าใช้จ่าย
5. วางแผนการจัดทำหุ่นยนต์ รวมถึงระยะเวลาการสั่งซื้ออุปกรณ์ต่าง ๆ
6. จัดทำงานตามแผนงาน
7. ทำการทดลองและพัฒนางานตามความเหมาะสม
8. สรุปผล

1.6 ขั้นตอนการศึกษา

ในการออกแบบและพัฒนาหุ่นยนต์ทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์ จะแบ่งการศึกษางานออกเป็น 2 ส่วนหลัก ๆ โดยแบ่งออกเป็นดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และแจ้งอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6.1 ส่วนงานโครงสร้างและระบบทำความสะอาด

งานด้านโครงสร้างนั้นจะศึกษาและออกแบบโครงสร้างด้วยโปรแกรม Solidworks จำลองโครงสร้างหุ่นยนต์และวิเคราะห์เลือกวัสดุต่าง ๆ โดยต้องคำนึงถึงขนาด และน้ำหนักที่ส่งผลในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์

1.6.2 ส่วนงานด้านอิเล็กทรอนิกส์และโปรแกรม

งานด้านอิเล็กทรอนิกส์และโปรแกรม การศึกษาและออกแบบระบบควบคุมต่าง ๆ จะทำการออกแบบวงจรไฟฟ้าที่ใช้ไฟฟ้ากระแสตรง และเลือกใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่เหมาะสม ส่วนการเคลื่อนที่จะออกแบบรูปแบบการเดินให้สอดคล้องกับอุปกรณ์ที่ใช้งานแต่ละส่วน เช่น มอเตอร์, เซนเซอร์วัดระยะ, เซนเซอร์การทรงตัว เป็นต้น

1.7 แผนงานและการดำเนินการ

แผนงานและการดำเนินการ แบ่งรายละเอียดเป็น 3 ส่วน คือ

1. ส่วนการออกแบบโครงสร้างและระบบโดยใช้โปรแกรม Solidworks
2. สร้างและพัฒนาทั้งในส่วนโครงสร้าง และโปรแกรม
3. ทดลองและพัฒนาเพื่อหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุด

1.8 รายละเอียดของวิทยานิพนธ์

ในงานวิทยานิพนธ์นี้จะแบ่งเนื้อหาออกเป็น 5 บท และ 3 ภาคผนวก โดยแต่ละบทมีรายละเอียดดังนี้

1. บทที่ 1 บทกล่าวนำ จะประกอบไปด้วยวัตถุประสงค์ของโครงการ ขอบเขตในการค้นคว้า ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ และรายละเอียดของโครงการ
2. บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับโซลาร์เซลล์ จะประกอบไปด้วยการทำงานของมอเตอร์กระแสตรง ไมโครคอนโทรลเลอร์ เซนเซอร์ระยะทาง เซนเซอร์การทรงตัว อุปกรณ์ไร้สาย และโปรแกรมการพัฒนา
3. บทที่ 3 การออกแบบและโครงสร้าง จะประกอบไปด้วยการออกแบบโครงสร้าง การออกแบบระบบเคลื่อนที่ การออกแบบระบบทำความสะอาด การออกแบบระบบการทรงตัว
4. บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง จะประกอบไปด้วยการศึกษาเกี่ยวกับมอเตอร์กระแสตรง เซนเซอร์วัดระยะทาง การทดลองควบคุมโดยอุปกรณ์ไร้สาย การเคลื่อนที่ในแนวเอียง และการทำความสะอาดของหุ่นยนต์
5. บทที่ 5 ผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ จะประกอบไปด้วยผลที่ได้จากงานวิจัย ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย การนำไปใช้ประโยชน์ และแนวทางการพัฒนาต่อยอดผลงานในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และแจ้งอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับโซลาร์เซลล์ มอเตอร์กระแสตรง เซนเซอร์ ระยะทางไมโครคอนโทรลเลอร์ หุ่นยนต์ทำความสะอาด และอุปกรณ์ไร้สาย โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 การทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์

ปัจจุบันมีการพัฒนาหุ่นยนต์เพื่อใช้ในภารกิจต่าง ๆ ทั้งด้านการทหาร การสำรวจสภาพภูมิประเทศ การแพทย์ หรือแม้กระทั่งการเพิ่มความสะอาดสบายในชีวิตประจำวัน หุ่นยนต์ทำความสะอาดนับเป็นหุ่นยนต์ประเภทหนึ่งที่ได้รับการพัฒนาในหลาย ๆ รูปแบบ เช่น หุ่นยนต์ทำความสะอาดพื้น หุ่นยนต์ทำความสะอาดกระจก เป็นต้น

2.1.1 หุ่นยนต์ PV Cleaner V1

เป็นหุ่นยนต์ที่ประกอบด้วยล้อประกอบด้านบนของแผงโซลาร์เซลล์ ซึ่งเคลื่อนที่ในแนวขนาน ขยับเคลื่อนด้วยระบบสายพานและรอกในแนวดิ่ง หุ่นยนต์ PV Cleaner V1 ประกอบด้วยแปรงขัดทรงกระบอก และตัวเซ็นเซอร์สแกน สามารถเคลื่อนที่บนแผงโซลาร์เซลล์ที่มีขนาดแตกต่างกันได้ และยังสามารถเคลื่อนผ่านช่องว่างของแผงโซลาร์เซลล์ได้ถึง 80 มิลลิเมตร น้ำหนักโดยประมาณของตัวหุ่นอยู่ที่ 34 กิโลกรัม สามารถถอดประกอบและติดตั้งได้ภายในเวลา 2 นาที โดยใช้แรงงานทั้งหมด 2 คน ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 หุ่นยนต์ PV Cleaner

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 หุ่นยนต์ทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์ SOLAR BRUSH

หุ่นยนต์ SOLAR BRUSH สามารถเดินบนแผงโซลาร์เซลล์ที่มีความลาดเอียงได้มากถึง 35 องศา หุ่นยนต์มีน้ำหนักเบาและควบคุมแบบไร้สายโดยไม่ต้องปรับแต่งฮาร์ดแวร์ แปรงทำความสะอาดสะอาดที่ติดตั้งอยู่ด้านหน้าของหุ่นยนต์สามารถถอดเปลี่ยนชิ้นส่วนทำความสะอาดได้ และสามารถประจุพลังงานแบตเตอรี่ซ้ำได้

ทั้งนี้การใช้งานหุ่นยนต์ทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์นิยมจะใช้ในช่วงเวลากลางคืน เพื่อป้องกันการสูญเสียที่เกิดขึ้นจากเงาของหุ่นยนต์ที่ส่งผลกระทบต่อการผลิตกำลังไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์

หุ่นยนต์ทำความสะอาด SOLAR BRUSH ใช้พลังงานจากมอเตอร์ไฟฟ้าจำนวน 5 ตัว ซึ่งมอเตอร์ไฟฟ้าจำนวน 2 ตัว ทำหน้าที่สำหรับการขับเคลื่อนในแนวนอนตามระดับแถวของแผงโซลาร์เซลล์ ส่วนมอเตอร์ไฟฟ้าอีกจำนวน 2 ตัว ทำหน้าที่ในการขับเคลื่อนในแนวตั้ง ดังรูปที่ 2.2 และมอเตอร์ที่เหลือทำหน้าที่หมุนเพื่อทำความสะอาด และยังช่วยรักษาเสถียรภาพในการเคลื่อนไหวยกขึ้นและลงของหุ่นยนต์



รูปที่ 2.2 หุ่นยนต์ทำความสะอาดโซลาร์เซลล์ SOLAR BRUSH

2.1.3 หุ่นยนต์ทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์ MULR00003Automatic

หุ่นยนต์ MULR00003 Automatic มีสองโหมดการทำงาน 2 แบบโหมดการทำงานของรีโมทคอนโทรลอัตโนมัติและโหมดการควบคุมด้วยตนเองในตัวเครื่อง น้ำหนักเบา 20 กิโลกรัมและง่ายต่อการเคลื่อนย้าย มีแปรงพิเศษทำความสะอาดสามารถทำความสะอาดได้ดี แปรงเกลียวที่ยืดหยุ่นทำจากวัสดุโพลีเมอร์ซึ่งจะไม่ทำลายกระจกนิรภัยบนพื้นผิว ระบบทำความสะอาดเป็นสองโหมดการทำงานทำความสะอาดใช้น้ำและไม่ใช้น้ำโดยมีลักษณะดังรูปที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 หุ่นยนต์ทำความสะอาดโซลาร์เซลล์ SOLARBRUSH

2.1.4 Cleaning Robot Solar Panels Thailand

หุ่นยนต์ทำความสะอาดมีน้ำหนัก 47 กิโลกรัม มีความกว้าง 1,300 มิลลิเมตร ยาว 1,179 มิลลิเมตร สูง 236 มิลลิเมตร วัสดุเป็นสแตนเลสสตีล มีเซนเซอร์ป้องกันหุ่นยนต์ตกจากแผงทั้งหมด 8 ชุด มีแปรงทำความสะอาด 2 ชุด ใช้พลังงานไฟฟ้า 24 โวลต์ สามารถควบคุมระยะไกลโดยรีโมทซึ่งมีลักษณะดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 Cleaning Robot Solar Panels Thailand

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น เมื่อนุญาตเห็นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งนี้อุตสาหกรรมการทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์ ประกอบไปด้วยการจัดจำหน่ายและติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ และยังมีบริการซ่อมบำรุงทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์ โดยในประเทศไทย ได้มีรายชื่อผู้ประกอบการโซลาร์เซลล์ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 รายชื่อผู้ประกอบการเกี่ยวกับการทำความสะอาดโซลาร์เซลล์ในประเทศไทย

ลำดับ	ชื่อบริษัท	การทำความสะอาด	เว็บไซต์
1	LightConception	ใช้คนทำความสะอาดด้วยแปรง	http://lightconception.net/
2	Power Sunlight Engineering Co.,Ltd.	ใช้คนทำความสะอาดด้วยแปรง	https://www.powersunlight.com/service
3	kaercher	ใช้คนทำความสะอาดด้วยแปรง	https://www.kaercher.com/
4	บริษัท บิ๊กโซลาร์เซลล์ จำกัด	ใช้คนทำความสะอาดด้วยแปรง	kaercherhttp://www.xn--72cama6f6beba6jf2ohq6gh9d.com/
5	Clon avance service	ใช้คนทำความสะอาดด้วยแปรง	http://www.lcon.co.th/
6	บริษัท บ้านโซลาร์เซลล์ จำกัด	หุ่นยนต์ ใช้รางวิ่ง และใช้น้ำฉีด	https://www.baansolarcell.com/

2.2 ความรู้ทั่วไปของแผงโซลาร์เซลล์

แผงโซลาร์เซลล์เป็นสิ่งประดิษฐ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างจากสารกึ่งตัวนำซึ่งสามารถเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรง และไฟฟ้าที่ได้นั้นจะเป็นไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current) จัดว่าเป็นแหล่งพลังงานทดแทนชนิดหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

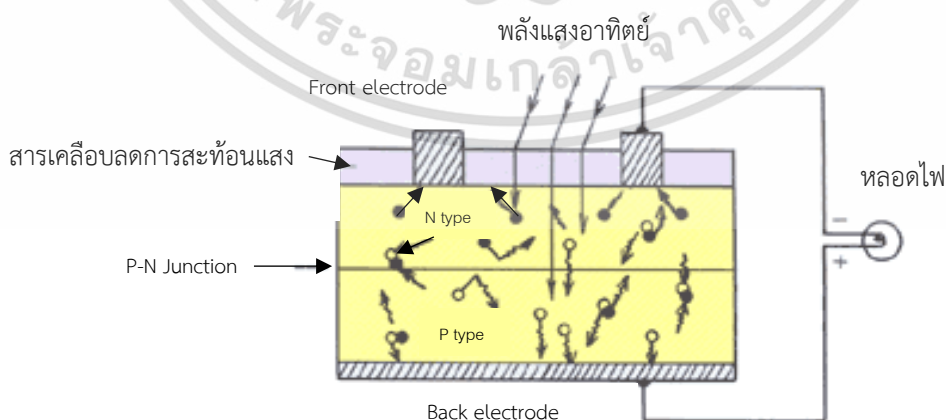
2.2.1 หลักการพื้นฐานของแผงโซลาร์เซลล์

การทำงานของโซลาร์เซลล์เป็นขบวนการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นกระแสไฟฟ้าโดยตรง โดยเมื่อแสงซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและมีพลังงาน กระแทกกับสารกึ่งตัวนำจะทำให้เกิดการถ่ายทอดพลังงานระหว่างกันของพลังงานจากแสง จะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้าขึ้นในสารกึ่งตัวนำ ทำให้สามารถนำกระแสไฟฟ้าดังกล่าวไปใช้งานได้

N-type ซิลิคอน (N-type Silicon) คือ สารกึ่งตัวนำที่ได้รับการโดป (Doping) ด้วยสารฟอสฟอรัส (Phosphorus) ทำให้มีคุณสมบัติเป็น ตัวให้อิเล็กตรอน (Electron) เมื่อรับพลังงานจากแสงอาทิตย์ติดอยู่ด้านหน้าของโซลาร์เซลล์และชั้นถัดมาคือ P-type ซิลิคอน (P-type Silicon) คือ สารกึ่งตัวนำที่ได้รับการโดป ด้วยสารโบรอน (Boron) ทำให้โครงสร้างของอะตอมสูญเสียโฮล (Hole) เมื่อรับพลังงานจากแสงอาทิตย์จะทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอน เมื่อนำสารทั้ง 2 ชนิดมาประกบกันด้วย P-N junction จึงทำให้เกิดเป็นโซลาร์เซลล์

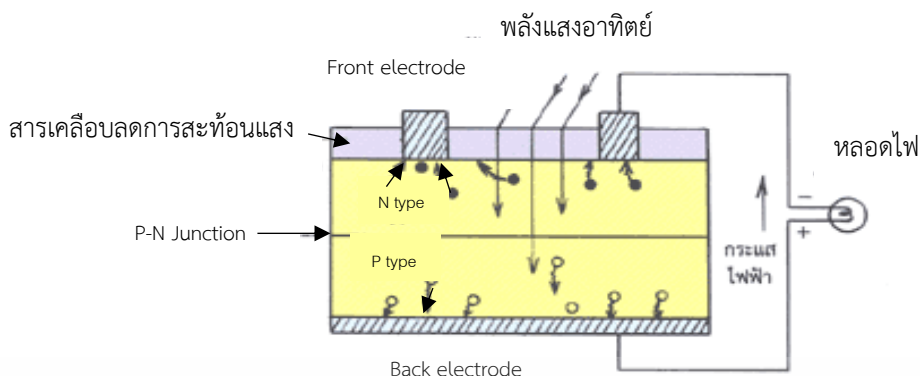
ในสภาวะที่ยังไม่มีแสงแดด N-type ซิลิคอน ซึ่งอยู่ด้านหน้าของเซลล์ส่วนประกอบส่วนใหญ่พร้อมจะให้อิเล็กตรอน แต่ก็ยังมีโฮลปะปนอยู่บ้างเล็กน้อยและบริเวณด้านหน้าของ N-type จะมีแถบโลหะเรียกว่า Front Electrode ทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอน P-type ซิลิคอนซึ่งอยู่ด้านล่างของเซลล์โครงสร้างส่วนใหญ่เป็นโฮลแต่ยังคงมีอิเล็กตรอนปะปนบ้างเล็กน้อยด้านล่างของ P-type ซิลิคอนจะมีแถบโลหะเรียกว่า Back Electrode ทำหน้าที่รวบรวมโฮล

เมื่อมีแสงอาทิตย์ตกกระทบแผงโซลาร์เซลล์ แสงอาทิตย์จะถ่ายเทพลังงานให้กับอิเล็กตรอนและโฮลทำให้เกิดการเคลื่อนไหว เมื่อพลังสูงพอทั้งอิเล็กตรอนและโฮลจะวิ่งเข้าหาเพื่อจับคู่กัน อิเล็กตรอนจะวิ่งไปยังชั้น N-type และโฮลจะวิ่งไปยังชั้น P-type ดังแสดงในรูปที่ 2.5 อิเล็กตรอน วิ่งไปรวมกันที่ Front Electrode และโฮลวิ่งไปรวมกันที่ Back Electrode เมื่อมีการต่อวงจรไฟฟ้าจาก Front Electrode และ Back Electrode ให้ครบวงจรก็จะเกิดกระแสไฟฟ้าขึ้น เนื่องจากทั้งอิเล็กตรอนและโฮลจะวิ่ง ดังรูปที่ 2.6 [1]



รูปที่ 2.5 โซลาร์เซลล์เมื่อเริ่มได้รับแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

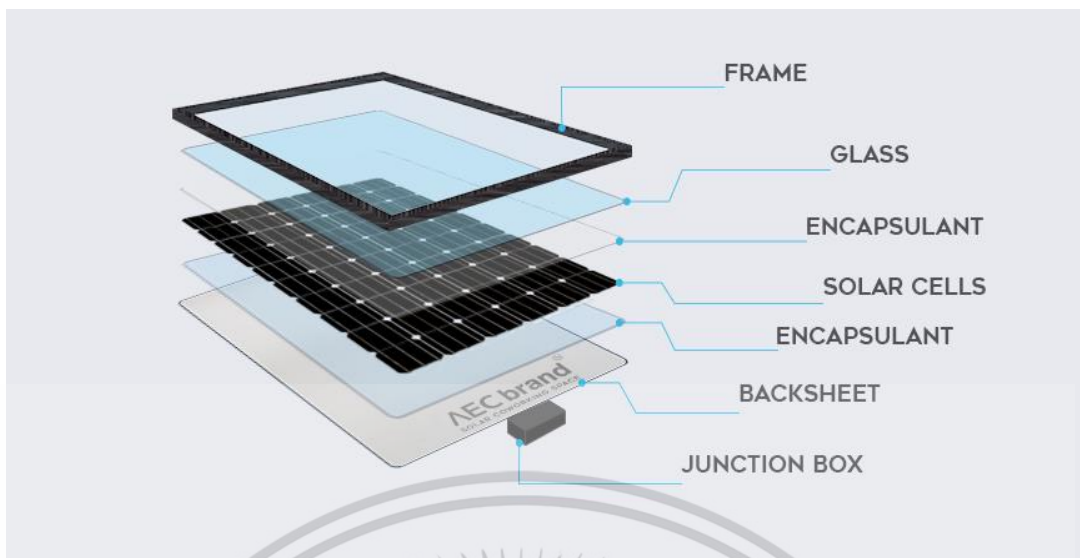


รูปที่ 2.6 โซลาร์เซลล์เมื่อได้รับแสงและเกิดการไหลของกระแสไฟฟ้า

2.2.2 ส่วนประกอบของแผงโซลาร์เซลล์

ด้านหน้าของแผงโซลาร์เซลล์ประกอบด้วยแผ่นกระจก ที่มีส่วนผสมของเหล็กดำ ซึ่งมีคุณสมบัติในการยอมให้แสงผ่านได้ดี และยังเป็นเกราะป้องกันแผ่นเซลล์อีกด้วย แผงเซลล์จะต้องมีการป้องกันความชื้นที่ดีมาก เพราะจะต้องอยู่กลางแจ้งเป็นเวลายาวนาน ในการประกอบจะต้องใช้วัสดุที่มีความคงทนและป้องกันความชื้นที่ดี เช่น ซิลิคอน (Silicon) และ อีวีเอ (Ethylene Vinyl Acetate) เป็นต้น ดังรูป 2.7 เพื่อเป็นการป้องกันแผ่นกระจกด้านบนของแผงเซลล์ จึงต้องมีการทำกรอบด้วยวัสดุที่มีความแข็งแรง แต่บางครั้งก็ไม่มีเวลาจำเป็น การเสริมความแข็งแรงของแผ่นกระจกให้เพียงพอ ซึ่งก็สามารถทดแทนการทำกรอบได้เช่นกัน ดังนั้นแผงเซลล์จึงมีลักษณะเป็นแผ่นเรียบ (Laminate) สะดวกในการติดตั้งโซลาร์เซลล์ ซึ่งแผงโซลาร์เซลล์ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้

1. Glass เป็นชั้นกระจกใสอยู่ชั้นบนสุด ใสไว้เพื่อป้องกันเศษวัตถุขนาดเล็ก เช่น เศษหิน กรวด, ลูกเห็บ ฯลฯ ที่อาจก่อให้เกิดอันตรายกับชั้นของโซลาร์เซลล์
2. อีวีเอ เป็นชั้นที่มีลักษณะเป็นฟิล์มบาง ๆ แต่มีความยืดหยุ่นสูงทำหน้าที่เพิ่มความแข็งแรง และป้องกันความชื้นไม่ให้เข้าสู่ตัวเซลล์
3. โซลาร์เซลล์ เป็นชั้นที่ประกอบด้วยโซลาร์เซลล์หลาย ๆ เซลล์ต่อกันแบบอนุกรมซึ่งโดยทั่วไปจะมีจำนวนอยู่ที่ประมาณ 36 เซลล์ต่อ 1 แผง
4. Fiberglass Cloth ชั้นที่เสริมเข้าไปเพื่อทำให้แผงโซลาร์เซลล์มีความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้น
5. EVA เป็นชั้นที่ทำหน้าที่เช่นเดียวกับชั้นที่ 2
6. PVF or Other Back Cover Film เป็นชั้นที่ทำหน้าที่ป้องกันชั้น EVA ชั้นล่างสุด โดยชั้นดังกล่าวนี้สามารถเลือกใช้วัสดุได้หลากหลาย [2]



รูปที่ 2.7 ส่วนประกอบของโซลาร์เซลล์

2.2.3 ปัจจัยที่กำหนดประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์

ประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์หรืออัตราการแปลงผัน หมายถึงจำนวนพลังงานแสงอาทิตย์ที่เข้ามาจะถูกแปลงผันเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยทั่วไปแล้วประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์เชิงพาณิชย์จะอยู่ในช่วงร้อยละ 11-15 [3]

แผงโซลาร์เซลล์ที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในปัจจุบัน คือรวบรวมจุดต่อแผง (Multijunction Concentrator) และแปลงผันพลังงานได้ร้อยละ 44.0 ของพลังงานแสงอาทิตย์ที่เข้ามาเป็นพลังงานไฟฟ้า แผงโซลาร์เซลล์ที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดในตลาดสหรัฐอเมริกาในปัจจุบัน คือ รุ่น SunPower SPR327NE-WHT-D มีประสิทธิภาพร้อยละ 20.1 ซึ่งประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์ได้รับอิทธิพลจากตัวแปรทั้งหมดดังต่อไปนี้

1. การยึดและการติดตั้งแผง

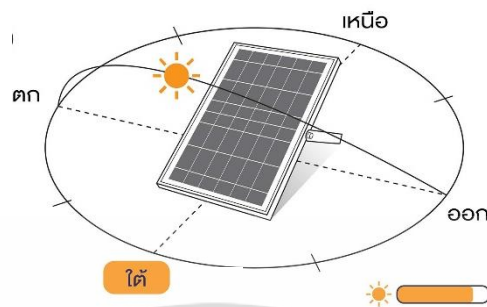
การยึดและติดตั้งแผงก็เป็นอีกหนึ่งตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพ การติดตั้งแผงจะตั้งคำนวณว่าแผงควรจะต้องติดตั้งให้มีความชัน และความลาดเอียงจากพื้นกึ่งองศา หันหน้าไปทางทิศใด โดยทั่วไปในประเทศไทยจะติดตั้งให้ระนาบแผงโซลาร์เซลล์หันไปทางทิศใต้ โดยมีความชันประมาณ 15 องศา จากพื้นดิน การยึดและติดตั้งแผงนั้นมีผลอย่างมากต่อประสิทธิภาพโดยรวมของแผงหรือทั้งระบบ ถ้าติดตั้งไปผิดทิศหรือความชันแผงจากพื้นไม่เหมาะสม กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ก็จะลดลงไปอย่างมาก

2. ความเข้มของแสง

กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโซลาร์เซลล์จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มของแสง หมายความว่าเมื่อความเข้มของแสงสูง กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโซลาร์เซลล์ก็จะสูงขึ้นหรืออีกนัยหนึ่งจะกล่าวได้ว่า

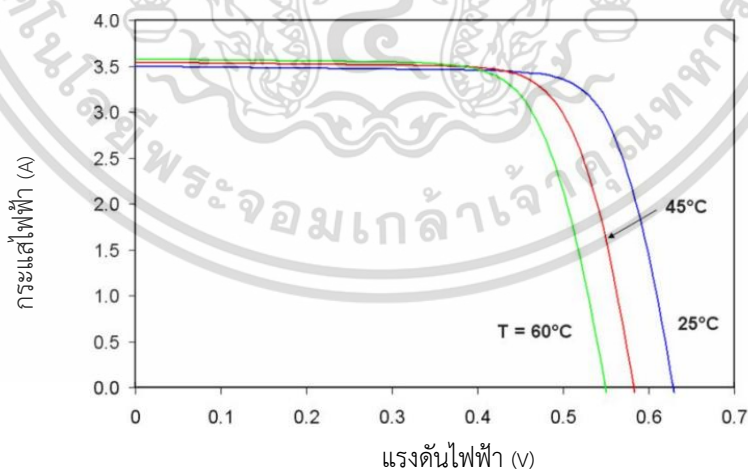
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จะสูงขึ้น แต่แรงดันไฟฟ้าที่ผลิตได้แทบจะไม่แปรไปตามความเข้มของแสงมากนัก ดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 การติดตั้งโซลาร์เซลล์ที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย

ความเข้มของแสงที่ใช้วัดเป็นมาตรฐานคือความเข้มของแสงที่วัดบนพื้นโลกในสภาพอากาศปลอดโปร่ง ปราศจากเมฆหมอกและวัดที่ระดับน้ำทะเลในสภาพที่แสงอาทิตย์ตั้งฉากกับพื้นโลก ตัวอย่างเช่น ความเข้มแสงมีค่าเท่ากับ 100 เมกะวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร หรือ 1,000 วัตต์ต่อตารางเมตร ซึ่งมีค่าเท่ากับ AM 1.5 (Air Mass 1.5) และถ้าแสงอาทิตย์ทำมุม 60 องศา กับพื้นโลกความเข้มของแสงจะมีค่าเท่ากับประมาณ 75 เมกะวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร หรือ 750 วัตต์ต่อตารางเมตร ซึ่งมีค่าเท่ากับ AM 2 โดยปกติของแผงโซลาร์เซลล์นั้นจะใช้ค่า AM 1.5 เป็นมาตรฐานในการวัดประสิทธิภาพของแผง [5] ดังรูปที่ 2.9 จะเห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์



รูปที่ 2.9 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 แปร่งทำความสะอาด

คุณลักษณะเด่นของขนแปรงคือสามารถปรับเปลี่ยนรูปแบบขนาด ขึ้นอยู่กับวัสดุที่ต้องการทำความสะอาด โดยวัสดุต้องมีลักษณะการดูดซึมน้ำและไม่ดูดซึมน้ำ มีความยืดหยุ่นตัวและสามารถดัดงอ ปัจจัยการเลือกใช้ขนแปรงขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งานเช่น งานทำความสะอาดงาน และงานขัดทำความสะอาด ลบคราบและลบคม

ปัจจัยอื่น ๆ ของแปรงคือความหนาแน่นของขนแปรง ความยาวของขนแปรง ชนิดของขนแปรง โดยการเลือกใช้นั้นต้องคำนึงถึงพื้นที่ที่ต้องการทำความสะอาด เช่น กระจก พื้นปูน พื้นกระเบื้อง โดยแปรงทำความสะอาดนั้นแบ่งเป็น 2 ประเภทหลัก ๆ คือ ขนแปรงสังเคราะห์ และขนแปรงธรรมชาติ

2.3.1 ขนแปรงสังเคราะห์

ขนแปรงไนลอนมีคุณสมบัติที่ดีในการป้องกันการขูดขีด มีความแข็งแรงสูง ยืดหยุ่นและป้องกันการสารเคมีได้เป็นอย่างดี ขนไนลอนมีคุณสมบัติที่ดีทนการเสีรูปร่างที่เกิดขึ้นจากความร้อน ขนไนลอนสามารถใช้งานขณะที่มีความร้อนสูงได้ดี คุณลักษณะเฉพาะเด่นของขนไนลอน คือมีทั้งขนตรงและ ขนหยัก โดยสามารถเลือกขนาดขนแปรงมีตั้งแต่ขนาดเล็ก 0.08 - 2.3 มิลลิเมตร ขนแปรงสังเคราะห์ที่ใช้นั้นมากในอุตสาหกรรม มี 4 ชนิดหลัก ๆ มีลักษณะดังรูปที่ 2.10

รูปที่ 2.10 แปรงไนลอนที่มีขนตรงและแข็ง

1. ขนแปรงโพลีเอสเตอร์ (Polyester)

ขนแปรงโพลีเอสเตอร์ออกแบบมาเพื่อแทนที่ขนแปรงไนลอน เนื่องจากมีราคาถูกกว่า สามารถใช้งานได้หลากหลาย ถูกพัฒนาให้มีความสามารถในการทนต่อการขูดขีดมากกว่า ขนโพลีโพรพิลีน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สิ้นแต่น้อยกว่าไนลอน ซึ่งมีความสามารถในการยืดหยุ่นตัวได้ดี ทนต่อสารทำลายป้องกันการเกิดออกซิเดชัน (Oxidation State) ที่อุณหภูมิสูงๆ ป้องกันแสงแดดขณะใช้งานกลางแจ้งได้ดี ความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำ สามารถใช้กับงานน้ำดื่มมากกว่าไนลอน มีให้เลือกทั้งที่เป็น ขนตรงหรือขนหยัก และมีขนาดเส้นผ่า ศูนย์กลางตั้งแต่ 0.1524 มิลลิเมตร ถึง 1.905 มิลลิเมตร

2. ขนแปรงโพลีโพรพิลีน (Polypropylene)

ขนแปรงโพลีโพรพิลีน ขนแปรงชนิดนี้เหมาะสำหรับงานหลากหลายแบบ สามารถใช้งานในสภาวะเปียกได้เป็นอย่างดีใช้กับของเหลวเช่น น้ำมันสารทำลาย เคมีและเป็นขนที่สามารถทนต่อกรดและด่างได้เป็นอย่างดี และมีความยืดหยุ่นตัวสูง เมื่อเทียบกับขนแปรงชนิดอื่น ๆ มีให้เลือกทั้งที่เป็นขนตรงหรือขนหยัก มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 0.1524 มิลลิเมตร ถึง 1.524 มิลลิเมตร

3. ขนพีทีเอฟอี (Polytetrafluoroethylene)

ขนแปรงพีทีเอฟอีเป็นวัสดุเดียวกันกับเทฟลอน ใช้สำหรับงานที่มีเคมีสูง ๆ สามารถใช้งานได้ดีกับสภาวะกรดและด่างมาก ๆ มีความสามารถในการต้านทานความร้อนต่อเนื่องถึง

2.3.2 ขนที่ได้จากธรรมชาติและขนหญ้า

ขนที่ได้จากธรรมชาติได้นำมาใช้สำหรับบางลักษณะงาน ซึ่งขนที่ได้จากการสังเคราะห์ที่ไม่สามารถใช้งานได้หรือไม่เหมาะสมที่จะใช้กับงานนั้น ๆ ขนธรรมชาติหลัก ๆ มีหลายชนิด เช่น ขนม้า, ขนหมู, ขนหญ้าแทมปีโก้, ขนแกะและอื่น ๆ สามารถนำมาใช้เพื่องานอุตสาหกรรมทำแปรงพู่กันเป็นต้น

1. ขนม้า

ได้มาจากแผงคอม้าหรือหางม้า ซึ่งจะแตกต่างกันที่ความแข็งและลักษณะรูปร่างทางกายภาพ ขนม้ามีคุณสมบัติที่ดีคือ สามารถขัดเงาหรือทำความสะอาดชิ้นงานที่ต้องการได้โดยไม่ทำให้พื้นผิวเสียหาย ขนชนิดนี้ดีสำหรับงานขัดฝุ่น หรือทำความสะอาดผงขนาดเล็กต่าง ๆ ขนม้าสามารถผสมเข้ากับขนชนิดอื่น ๆ เช่นขนสังเคราะห์ หรือขนธรรมชาติในกรณีที่ต้องการออกแบบพิเศษ ขนม้ามีหลายสีเช่น น้ำ, ดาล, ดำ, สีเทาเงิน, และขาว โดยมีลักษณะดังรูปที่ 2.11

2. ขนแกะ

ขนชนิดนี้มีความละเอียดและนิ่ม ทั้งสีขาวและสีดำ ใช้สำหรับงานที่ต้องการขนสั้นมาก ๆ หรือต้องการขนแปรงนิ่ม ๆ ขนไม่แหลมคมและสามารถเก็บของเหลวได้มาก



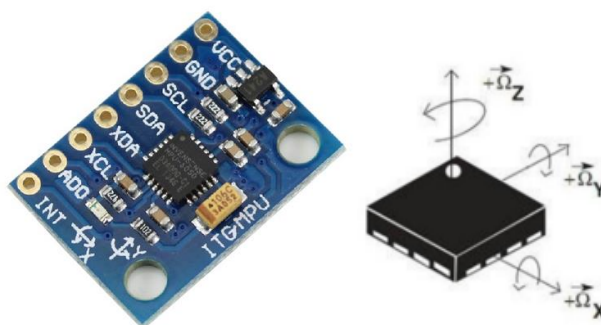
รูปที่ 2.11 แปรงขนม้า

2.4 เซนเซอร์ของหุ่นยนต์ทำความสะอาดโซลาร์เซลล์

หุ่นยนต์ทำความสะอาดโซลาร์เซลล์นั้นต้องทำงานบนแผงโซลาร์เซลล์ที่ติดตั้งบนที่สูงและมีสถานที่ติดตั้งบริเวณที่แสงแดดส่องถึง โดยทั่วไปการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์นั้นจะติดตั้งบนหลังคา และพื้นที่กว้างซึ่งมีภูมิอากาศร้อนเพราะต้องมีแดดส่องถึงตลอดเวลากลางวัน ส่วนเซนเซอร์ในปัจจุบันที่เกี่ยวข้องนั้นมีหลากหลายชนิดขึ้นอยู่กับการเลือกนำมาใช้งาน โดยเซนเซอร์ที่ใช้กับหุ่นยนต์ทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์นั้นมีดังนี้

2.4.1 Gyroscope

Gyroscope เป็นอุปกรณ์ที่อาศัยแรงเฉื่อยของล้อหมุน เพื่อช่วยรักษาระดับทิศทางของแกนหมุน ประกอบด้วยล้อหมุนเร็วบรรจุอยู่ในกรอบอีกทีหนึ่ง ทำให้เอียงในทิศทางต่าง ๆ ได้โดยอิสระ นั่นคือ หมุนในแกนใด ๆ ก็ได้ โม่เมนต์เชิงมุมของล้อดังกล่าวทำให้มันคงรักษาตำแหน่งของมันไว้แม้กรอบล้อจะเอียง จากคุณสมบัติดังกล่าวทำให้สามารถนำหลักการนี้ไปประยุกต์ใช้เพื่อประโยชน์ต่าง ๆ มากมายเช่น เข็มทิศ และนักบินอัตโนมัติของเครื่องบิน เรือ กลไกบังคับทิศทางเสือของตอร์ปิโด อุปกรณ์ป้องกันการกลิ้งบนเรือใหญ่ และระบบนำร่องเฉื่อย (Inertial Guidance) รวมถึงระบบในยาน



รูปที่ 2.12 Gyroscope รุ่น MPU 5060

Gyroscope รุ่น MPU 6050 เป็นอุปกรณ์การวัดชนิดหนึ่งที่ใช้ทำงานร่วมกับระบบ Arduino เมื่อเชื่อมต่อกับ MPU 6050 แล้วจะได้ค่าดิบ (Raw Value) คือค่าที่ได้จากเซนเซอร์ โดยยังไม่ผ่านกระบวนการแปลงค่าใด ๆ โดยค่าที่อ่านได้จะเป็นค่ากว้าง ๆ ตั้งแต่ประมาณ -18000 ถึง 18000 ค่าดังกล่าวเป็นค่าดิบที่อุปกรณ์อ่านได้ซึ่งยังไม่เหมาะกับการนำไปใช้งานจริง แต่ก็ต้องการค่าดิบเพื่อนำไปพัฒนาและแปลงค่าต่อไปด้วย Map ต่อมาจะเริ่มนำค่าที่อ่านได้ไปใช้งานจริง ๆ เนื่องจากค่าดิบนั้นมีค่าในช่วงกว้างและเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ดังนั้นจึงต้องแปลงค่าให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมเช่นแปลงเป็นมุม 0 -180 องศา ซึ่งมีหลายวิธีในการแปลง ในเบื้องต้นจะใช้คำสั่ง Map เข้ามาช่วยและกำหนดให้ $B = \text{Map}$ (ตัวแปร, ต่ำสุดเดิม, สูงสุดเดิม, ต่ำสุดใหม่, สูงสุดใหม่) ยกตัวอย่าง เช่น ตัวแปร A มีค่าเดิมตั้งแต่ -100 ถึง 100 แต่ต้องการให้ค่าตัวแปรอยู่ระหว่าง 0 ถึง 20 ก็สามารถใช้คำสั่งดังสมการที่ 2.1

$$B = \text{map}(A, -100, 100, 0, 20) \quad (2.1)$$

หลังจากแปลงค่าแล้ว B จะมีค่าไม่ต่ำกว่า 0 และไม่เกิน 20 ซึ่ง B จะเป็น 0 เมื่อ $A = -100$ และ B จะเท่ากับ 20 เมื่อ $A = 100$ และค่าอื่น ๆ ระหว่างกลางนั้นก็จะเป็นสัดส่วนกันไป

ขณะที่การอ่านค่าแกน Accelerometer ประกอบด้วย A_x , A_y และ A_z นิยมใช้ค่าเหล่านี้ในการบอกความเอียงเป็นองศา ณ ตำแหน่งนั้น ๆ โดย Accelerometer วัดได้เฉพาะความเร่งเชิงเส้นไม่สามารถวัดความเร็วเชิงมุมได้ แต่ทำไมถึงสามารถอ่านค่าความเอียงจากมันได้ นั่นก็เพราะว่าทุก ๆ ครั้งที่มีการหมุนหรือเอียง ตำแหน่งของอุปกรณ์ก็จะเปลี่ยน ส่งผลให้จุดต่าง ๆ บนตัวเซนเซอร์มีความเร่งเชิงเส้นไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับองศาความเอียง ซึ่งความเร่งเชิงเส้นเป็นค่าที่เอาไว้เทียบกับค่า g ของโลก ดังนั้นจึงสามารถบอกได้ว่าตัวเซนเซอร์เอียงกี่องศา โดยเทียบจากค่า g

Gyroscope ประกอบด้วย G_x , G_y และ G_z เป็นค่าที่จะเปลี่ยนแปลงก็ต่อเมื่อมีการหมุนเซนเซอร์ในแกนต่าง ๆ และค่าจะกลับมาที่ประมาณ 90 องศา เหมือนเดิมเมื่อหยุดหมุน ซึ่งจะได้

ค่างค่าตำแหน่งไว้เหมือนกับ Accelerometer เนื่องจาก Gyroscope ทำงานโดยการวัดความเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เชิงมุมที่หมุนรอบแกนต่าง ๆ ของอุปกรณ์ ไม่มีความเกี่ยวข้องกับค่า g จึงทำงานเฉพาะตอนที่มีการหมุน ความเร็วเชิงมุมไม่เป็น และไม่สามารถค้างค่าไว้ได้เมื่อหยุดหมุนแล้ว

การอ่านค่าความเอียงแบบละเอียดจะต้องนำค่าจากทั้ง Accelerometer และ Gyroscope มาคำนวณร่วมกัน

เมื่อต้องการอ่านค่าความเร็วเชิงมุมในการหมุน คือต้องนำค่าที่ได้มาลบ 90 เมื่อไม่มีการหมุน ค่าจะได้อยู่ที่ประมาณ 0 ± 5 โดยการแก้ไข code ในส่วนนี้

Gx = (map(gx, -18000, 18000, 0, 180) - 90);

Gy = (map(gy, -18000, 18000, 0, 180) - 90);

Gz = (map(gz, -18000, 18000, 0, 180) - 90);

ค่าที่มีความละเอียดและแม่นยำสูงมากขึ้น พัฒนาโดยเจ้าของ Library Jeff Rowberg เพื่อนำไปใช้งานควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ โดยมีค่าตัวอย่างดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 ตัวอย่างค่า MPU 5060

2.4.2 GPS

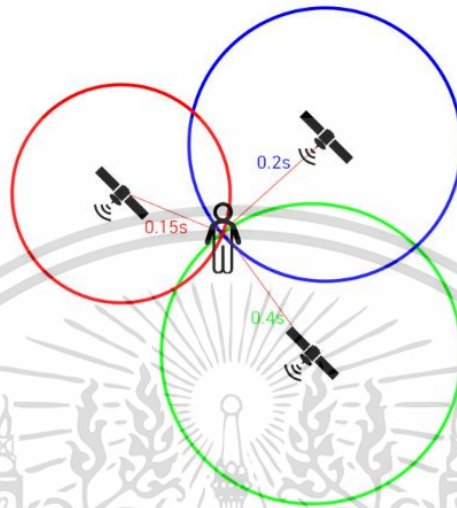
GPS หรือชื่อเต็มว่า Global Positioning System เดิมมีชื่อว่า NAVSTAR GPS เป็นระบบ Radionavigation Satellite Service คือการส่งคลื่นความถี่จากดาวเทียมลงมาสู่อุปกรณ์บนพื้นโลกที่สามารถทำงานได้ทุกพื้นที่บนโลกและทุกสภาพอากาศ ออกแบบให้ทั้งระบบจะมีดาวเทียมไม่น้อยกว่า 31 ดวง และให้ความแม่นยำอยู่ที่ 30 เซนติเมตร – 5 เมตร

การทำงานของ GPS ดาวเทียมจะส่งสัญญาณคลื่นความถี่ออกมา เมื่อถือเครื่องรับสัญญาณบนพื้นโลก เครื่องรับของจะทำการหาสัญญาณดาวเทียมอย่างน้อย 3 ดวง ดังรูปที่ 2.14 เมื่อ

จับสัญญาณได้ครบก็จะหาระยะห่างจากเครื่องรับถึงดาวเทียมแต่ละดวงโดยใช้ระยะเวลาในการ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เดินทางของสัญญาณมาคำนวณ เมื่อรู้ระยะห่างจากดาวเทียมแต่ละดวงและดาวเทียมแต่ละดวงก็รู้ตำแหน่งตัวเองอยู่ จึงนำมาคำนวณทางคณิตศาสตร์ก็จะได้ตำแหน่งที่เครื่องรับสัญญาณอยู่ โดยอุปกรณ์ GPS ที่สามารถนำมาปรับใช้กับชุดควบคุมที่ใช้กันแพร่หลายจะมีลักษณะดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.14 เครื่องรับของจะทำการหาสัญญาณดาวเทียม



รูปที่ 2.15 อุปกรณ์ GPS NEO6MV2 GY-GPS6MV2

2.4.3 อัลตราโซนิกเซนเซอร์

หลักการวัดระยะด้วยคลื่นอัลตราโซนิก หลักการที่สำคัญของการวัดระยะด้วยคลื่นอัลตราโซนิก คือการส่งคลื่นอัลตราโซนิกจำนวนหนึ่งออกไปจากตัวส่ง (Transmitter) เมื่อคลื่นวิ่งไปชนกับวัตถุคลื่นจะมีการสะท้อนกลับมา แล้ววิ่งกลับไปชนตัวรับ (Receiver) ด้วยการเริ่มนับเวลาที่ส่งคลื่นออกไปจนถึงได้รับคลื่นกลับมา ทำให้สามารถหาระยะห่างระหว่างวัตถุกับเซนเซอร์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซ็นเซอร์วัดระดับ (Level sensor) ประเภท อัลตราโซนิกเซนเซอร์เป็นเซ็นเซอร์ที่ต้องอาศัยหลักการของการสะท้อนคลื่นความถี่อัลตราโซนิกในการตรวจจับวัตถุต่าง ๆ อัลตราโซนิกเซนเซอร์นั้นจำเป็นต้องอาศัยตัวกลางในการเดินทาง เช่น อากาศ แก๊ส หรือของเหลว จึงทำให้ อัลตราโซนิกเซนเซอร์สามารถใช้งานตรวจจับวัตถุได้หลากหลายชนิด ซึ่งวัตถุที่มีสถานะของเหลวโดยที่เป็นสารเคมีหรือมีความหนืดก็สามารถใช้อัลตราโซนิกเซนเซอร์ในการตรวจจับได้ อัลตราโซนิกเซนเซอร์มีความถี่ไปตั้งแต่ 20000 Hz ขึ้นไปซึ่งเป็นความถี่ที่สูงเกินกว่ามนุษย์จะสามารถรับรู้ได้ โดยการคำนวณหาระยะของคลื่นอัลตราโซนิกจะเป็นไปตามสูตรการเคลื่อนที่แนวราบดังนี้

$$S = V_{\text{เสียง}} \left(\frac{t}{2} \right) \quad (2.2)$$

เมื่อ

S = ระยะทาง (เมตร)

$V_{\text{เสียง}}$ = ความเร็วของเสียง (ความเร็วคลื่นเสียง 340 เมตรต่อวินาที)

อัลตราโซนิกเซนเซอร์ทำงานโดยใช้หลักการสะท้อนคลื่นเสียงในช่วง Ultrasound จึงจำเป็นต้องทราบปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการตรวจจับเพื่อให้สามารถใช้งานเซ็นเซอร์ชนิดนี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และจำเป็นต้องทำความเข้าใจเกี่ยวกับคุณลักษณะของคลื่นชนิดนี้ก่อน โดยสามารถอธิบายเพิ่มเติมได้ดังนี้ความยาวคลื่นและการแพร่กระจายคลื่น (Wavelength and Radiation) ความเร็วในการเดินทางของคลื่นนั้นขึ้นอยู่กับความถี่ และความยาวคลื่น โดยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านั้นจะมีความเร็วอยู่ที่ 3×10^8 เมตรต่อวินาที แต่สำหรับคลื่นเสียงนั้น จะช้ากว่าของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามาก โดยในอากาศจะมีความเร็วอยู่ที่ประมาณ 344 เมตรต่อวินาที ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส โดยที่อ้างอิงเรื่องอุณหภูมินั้น เนื่องจากว่าอุณหภูมิมีผลต่อการเดินทางของคลื่นเสียงด้วย โดยที่ความเร็วต่ำๆ ความยาวคลื่นจะสั้น ซึ่งหมายความว่าความถี่จะมีความละเอียดในการวัดค่าระยะทาง และการกำหนดทิศทาง เพราะว่าที่ความถี่สูง สามารถวัดค่าได้แม่นยำมากยิ่งขึ้น

การสะท้อนของคลื่น (Reflection) เป็นการพูดถึงการตรวจจับการมีหรือไม่มีของวัตถุที่ถูกลคลื่นสะท้อนกลับมา สำหรับวัตถุที่เป็นของแข็ง เช่น เหล็ก ไม้ ปูน แก้ว ยาง หรือกระดาษ จะมีความสามารถในการสะท้อนคลื่น ดังนั้นการตรวจจับวัตถุประเภทนี้จึงเป็นเรื่องง่ายสำหรับการใช้อัลตราโซนิกเซนเซอร์ในการตรวจจับแต่สำหรับ สาลี ขนสัตว์ หรือใยแก้วนั้น ยากที่จะใช้เซ็นเซอร์ประเภทนี้ในการตรวจจับเพราะจะมีการดูดกลืนคลื่น ซึ่งจะเกิดขึ้นอยู่บ่อย ๆ กับการตรวจจับชิ้นงานที่มีพื้นที่

ผิวขนาดใหญ่และไม่เรียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลกระทบทางด้านอุณหภูมิ (Effects of Temperature) ในการใช้งานตัวเซ็นเซอร์วัดระยะทางแบบอัลตราโซนิกเซ็นเซอร์ควรจะต้องพิจารณาเรื่องผลกระทบทางด้านอุณหภูมิที่มีต่อการทำงานของเซ็นเซอร์ โดยอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปจะมีผลทำให้ความเร็วในการเคลื่อนที่ของคลื่นเสียงเปลี่ยนแปลงไปด้วย ซึ่งสามารถอธิบายได้จากสมการที่ 2.3

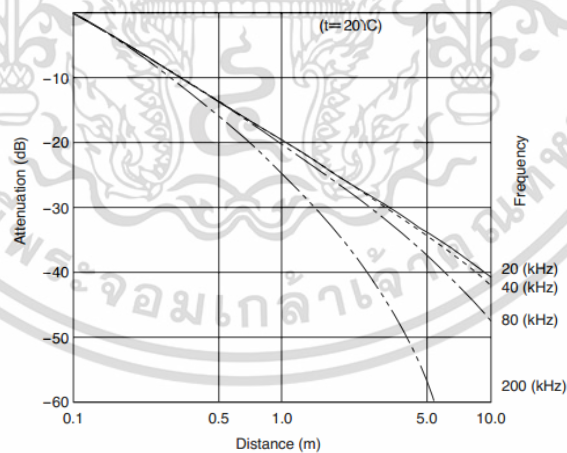
$$c = 331.5 + 0.607t \quad (2.3)$$

โดยที่

c = ความเร็วในการเคลื่อนที่ของเสียง (เมตรต่อวินาที)

t = ค่าอุณหภูมิ ณ ขณะนั้น (องศาเซลเซียส)

คลื่นอัลตราโซนิกจะส่งคลื่นไปเป็นแบบเส้นตรงในอากาศ จะมีการลดทอนที่เกิดจากระยะทางในการเคลื่อนที่ของคลื่นเสียง นอกจากนี้โครงสร้างและลักษณะของชิ้นงาน หรือวัตถุที่ต้องการตรวจจับก็มีผล เช่น วัสดุพื้นผิวโค้ง จะทำให้การสะท้อนกลับของคลื่นเป็นแบบกระจัดกระจาย ยากต่อการทำงานของตัวรับ หรือเกิดการดูดกลืนคลื่นจากชิ้นงานนอกจากนี้ความถี่ที่ใช้งานก็มีผลต่อการลดทอนเช่นกัน โดยความถี่สูงอาจทำให้เกิดการลดทอนได้มากกว่าความถี่ต่ำดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 การลดทอนคลื่นอัลตราโซนิกในแต่ละความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 แบตเตอรี่ลิเทียม

แบตเตอรี่ลิเทียม (Lithium Battery) หรือ แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน (Lithium Ion Battery) เรียกชื่อตามการกักเก็บพลังงานในลิเทียมไอออน (Li ion) โดยการสร้างศักย์ไฟฟ้าให้เกิดขึ้นระหว่างขั้วบวกและขั้วลบของแบตเตอรี่และคั่นด้วยฉนวนที่เรียกว่า ตัวคั่น (Separator) ตัวคั่นสามารถเป็นได้ทั้งฉนวนและนำไอออน เมื่อตอนขณะชาร์จไฟ ลิเทียมไอออนจะเคลื่อนที่จากขั้วบวกไปยังขั้วลบผ่านตัวคั่นและเมื่อตอนคายประจุ ลิเทียมไอออนจะเคลื่อนที่ในทิศตรงกันข้าม

การเคลื่อนที่ของประจุลิเทียมไอออนนี้ทำให้เกิดความต่างศักย์ไฟฟ้าหรือที่เรียกว่าโวลต์ เกิดขึ้น แต่เมื่อไม่มีการใช้งานแบตเตอรี่ตัวคั่นจะทำหน้าที่เป็นฉนวนกั้นไม่ให้ไอออนเคลื่อนที่ข้ามไปมา และเมื่อมีการเอาแบตเตอรี่ไปต่อเข้ากับอุปกรณ์เพื่อใช้งาน ประจุลิเทียมไอออนหรืออิเล็กตรอนที่ถูกกั้นอยู่ด้วยตัวคั่นอยู่นั้นจะถูกดันให้วิ่งผ่านตัวคั่นได้

ประเภทหรือชนิดของแบตเตอรี่ลิเทียมมี 4 ชนิดหลัก ๆ ส่วนใหญ่เรียกชนิดตามองค์ประกอบของแคโทด (Cathode) แต่ก็มีที่เรียกตามองค์ประกอบของแอโนด (Anode) ด้วยเช่นกัน ดังรูปที่ 2.17 ดูจากภายนอกไม่สามารถจำแนกได้ ดังนั้นจึงควรตรวจสอบให้แน่ชัดและศึกษารายละเอียดให้แน่ใจก่อนเลือกซื้อและนำไปใช้งาน ทั้งนี้เพื่อความปลอดภัยและประสิทธิภาพสูงสุดและมีคุณสมบัติตรงตามแต่ ละประเภทการใช้งานของอุปกรณ์หรือเครื่องมือชิ้นนั้น ๆ ชนิดของแบตเตอรี่ลิเทียมมี 4 ชนิดหลัก ๆ

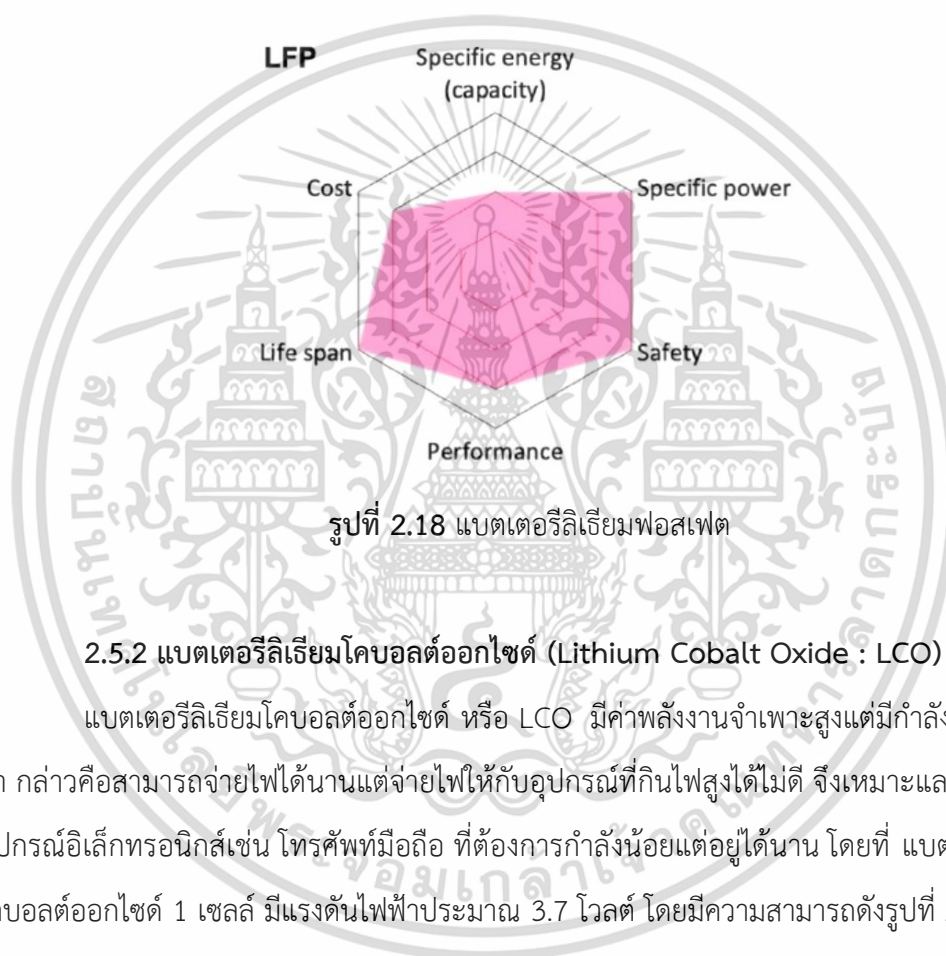


รูปที่ 2.17 ส่วนประกอบของแบตเตอรี่ลิเทียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

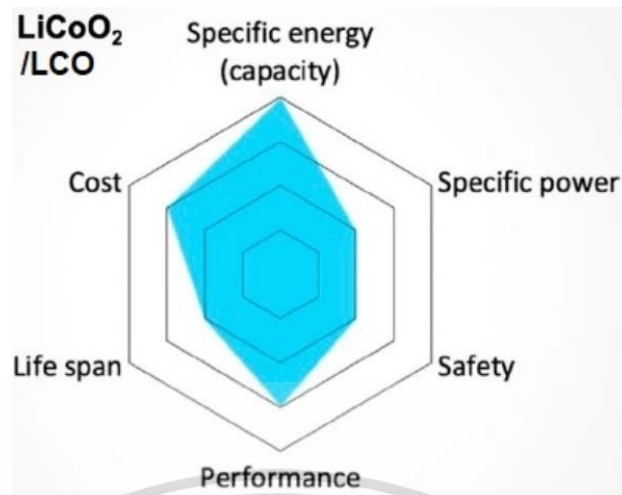
2.5.1 แบตเตอรี่ลิเทียมฟอสเฟต (Lithium Ion Phosphate : LFP)

แบตเตอรี่ลิเทียมฟอสเฟต หรือ LiFePO_4 หรือ LFP เป็นแบตเตอรี่ลิเทียม ที่มีใช้ทั่วไปและใช้
อยู่มากที่สุด ใช้ฟอสเฟตเป็นแคโทด ใช้กราไฟต์เป็นแอโนดแบตเตอรี่ LiPO มีรอบอายุการใช้งานที่
นาน ไม่ค่อยมีปัญหาด้านความร้อน มีประสิทธิภาพด้านเคมีไฟฟ้าที่ดี LFP หรือ LiPO 1 เซลล์ ความ
ต่างศักย์หรือแรงดันไฟฟ้าประมาณ 3.2 โวลต์ ถ้าต้องการนำไปใช้งานเป็นระบบ 12 โวลต์ ต้องเอามา
ต่ออนุกรมกัน 4 เซลล์ จะได้ 12.8 โวลต์ จึงเป็นเหตุผลว่าทำไมจึงนำมาใช้อย่างแพร่หลายที่สุด รวมถึง
ไฟถนนโซลาร์เซลล์ โดยมีความสามารถดังรูปที่ 2.18



2.5.2 แบตเตอรี่ลิเทียมโคบอลต์ออกไซด์ (Lithium Cobalt Oxide : LCO)

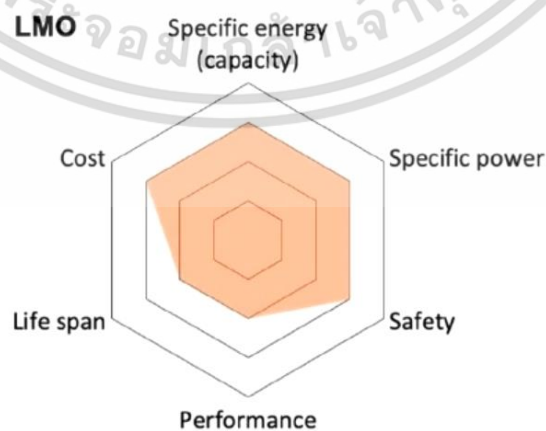
แบตเตอรี่ลิเทียมโคบอลต์ออกไซด์ หรือ LCO มีค่าพลังงานจำเพาะสูงแต่มีกำลังงานจำเพาะ
ต่ำ กล่าวคือสามารถจ่ายไฟได้นานแต่จ่ายไฟให้กับอุปกรณ์ที่กินไฟสูงได้ไม่ดี จึงเหมาะและมีใช้ในงาน
อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เช่น โทรศัพท์มือถือ ที่ต้องการกำลังน้อยแต่อยู่ได้นาน โดยที่ แบตเตอรี่ลิเทียม
โคบอลต์ออกไซด์ 1 เซลล์ มีแรงดันไฟฟ้าประมาณ 3.7 โวลต์ โดยมีความสามารถดังรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 แบตเตอรี่ลิเทียมโคบอลต์ออกไซด์

2.5.3. แบตเตอรี่ลิเทียมแมงกานีสออกไซด์ (Lithium Manganese Oxide : LMO)

แบตเตอรี่ลิเทียมแมงกานีสออกไซด์ หรือ LMO ใช้ส่วนผสมของธาตุลิเทียมแมงกานีสออกไซด์เป็นแคโทด ซึ่งองค์ประกอบของธาตุสามชนิดนี้ เมื่อรวมกันจะสร้างทำให้การไหลของอิเล็กตรอนดีขึ้น มีความต้านทานภายในต่ำลง เพิ่มกระแสได้มากขึ้นและมีค่าการทนต่อความร้อนได้มากขึ้น ด้วยความที่มีความต้านทานภายในเซลล์ต่ำจึงสามารถชาร์จแบบเร็ว (Fast Charge) และจ่ายกระแสสูง (High Dis-Charge Current) ทั้งนี้แบตเตอรี่ลิเทียมแมงกานีสออกไซด์ สามารถที่จ่ายกระแสได้ถึง 20 - 30 แอมป์ โดยที่ค่าความร้อนไม่ขึ้นสูงมากได้ แต่แบตเตอรี่ลิเทียมแมงกานีสออกไซด์ ก็มีค่าการเก็บพลังงานได้น้อย และอายุการใช้งานที่ไม่ได้ยาว โดยมีความสามารถดังรูปที่ 2.20

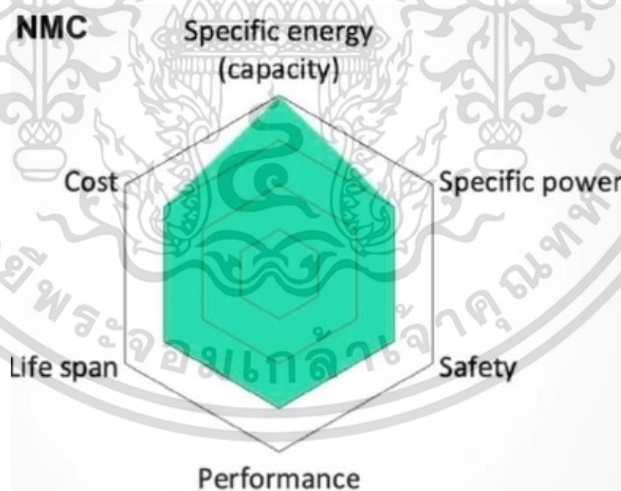


รูปที่ 2.20 แบตเตอรี่ลิเทียมแมงกานีสออกไซด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.4. แบตเตอรี่ลิเทียมนิเคิลแมงกานีสโคบอลต์ออกไซด์ (Lithium Nickel Manganese Cobalt Oxide: NMC)

แบตเตอรี่ลิเทียมนิเคิลแมงกานีสโคบอลต์ออกไซด์หรือ NMC ด้วยการเพิ่มนิเคิล Ni ซึ่งมีความจุพลังงานจำเพาะสูง เข้าไปในส่วนประกอบของแคโทด ทำให้แบตเตอรี่ลิเทียมนิเคิลแมงกานีสโคบอลต์ออกไซด์ มีค่าพลังงานจำเพาะสูงขึ้น ผลที่ได้คือได้เซลล์ที่มีความต่างศักย์หรือแรงดันไฟฟ้าสูงถึงประมาณ 4 โวลต์ต่อเซลล์ เดิมทีเดียวแบตเตอรี่ลิเทียมนิเคิลแมงกานีสโคบอลต์ออกไซด์ชนิด NMC ไม่ได้มีส่วนผสมของแมงกานีส ต่อมานักวิจัยจึงได้เพิ่มแมงกานีสเข้าไปเพื่อเพิ่มความเสถียร ผลก็คือแบตเตอรี่ลิเทียมนิเคิลแมงกานีสโคบอลต์ออกไซด์ มีทั้งความเสถียรและใช้งานได้ในงานแรงดันสูง (High Voltage Applications) การปรับเปลี่ยนส่วนผสมระหว่าง นิเคิล แมงกานีส และโคบอลต์ ทำให้เกิดชนิดย่อยและคุณสมบัติที่แตกต่างกันและยังคงเป็นจุดขายของผู้ผลิตแต่ละรายเช่น รุ่น NMC111 รุ่น NMC622 หรือ รุ่น NM811 ในปัจจุบันแบตเตอรี่ลิเทียมนิเคิลแมงกานีสโคบอลต์ออกไซด์ มีความต้องการสูงในอุตสาหกรรมรถยนต์ EV เพราะด้วยคุณสมบัติมีค่าพลังงานสูง จ่ายกระแสได้สูง มีเสถียรภาพ และทนต่ออุณหภูมิได้ดีมาก มีใช้ในรถยนต์ไฟฟ้าหลายรุ่นเช่น Tesla Model S, Nissan Leaf, Chevrolet Volt, BMW เป็นต้น โดยมีความสามารถดังรูปที่ 2.21



รูปที่ 2.21 แบตเตอรี่ลิเทียมนิเคิลแมงกานีสโคบอลต์ออกไซด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 การควบคุมระยะไกล

การสื่อสารหรือการควบคุมระยะไกลของหุ่นยนต์ในปัจจุบันนั้นมีหลายรูปแบบในการสื่อสาร โดยการเลือกใช้นั้นขึ้นอยู่กับประเภทการใช้งาน โดยการควบคุมระยะไกลนั้นได้แบ่งเป็น 2 ชนิดนั้นคือ แบบไร้สาย และแบบใช้สาย

แบบใช้สายนั้นจะเหมาะสมกับหุ่นยนต์ที่มีความเสถียรมาก ซึ่งก็เหมาะสมกับหุ่นยนต์ที่ไม่มีการเคลื่อนที่และความสามารถนั้นจะหลากหลายเมื่อเปรียบเทียบกับแบบไร้สาย

แบบไร้สายนั้นจะเหมาะสมกับหุ่นยนต์ที่สามารถเคลื่อนที่ได้ไม่มีสายไฟฟ้าหรือสายสัญญาณติดตามตัวหุ่นเหมาะสำหรับหุ่นยนต์ที่เคลื่อนที่ทำงานตลอดเวลา โดยการสื่อสารนั้นจะมีหลายรูปแบบ เช่น Bluetooth, ZigBee, Wi-Fi, วิทยุสัญญาณวิทยุ (Radio Frequency, RF)

2.6.1 วิทยุสัญญาณวิทยุ (Radio Frequency, RF)

คลื่นวิทยุเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่เกิดขึ้นในช่วงความถี่วิทยุบนเส้นสเปกตรัมแม่เหล็กไฟฟ้า คลื่นวิทยุไม่ต้องอาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่ ความถี่ของคลื่น หมายถึง จำนวนรอบของการเปลี่ยนแปลงของคลื่นในเวลา 1 วินาที คลื่นเสียงมีความถี่ช่วงที่หูของคนรับฟังได้ คือ ตั้งแต่ 20 เฮิรตซ์ ถึง 20 กิโลเฮิรตซ์ ส่วนคลื่นวิทยุเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่สูง อาจมีตั้งแต่ 3 กิโลเฮิรตซ์ ไปจนถึง 300 กิกะเฮิรตซ์ คลื่นวิทยุแต่ละช่วงความถี่จะถูกกำหนดให้ใช้งานด้านต่าง ๆ ตามความเหมาะสม โดยวิทยุสัญญาณวิทยุมีลักษณะดังรูปที่ 2.22



รูปที่ 2.22 วิทยุสัญญาณวิทยุ (Radio Frequency, RF)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2 รีโมทสัญญาณรังสีอินฟราเรด (Infrared, IR)

รังสีอินฟราเรดมีชื่อเรียกอีกชื่อว่ารังสีใต้แดง หรือรังสีความร้อน เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นอยู่ระหว่างคลื่นวิทยุและแสงมีความถี่ในช่วง 1011 – 1014 เฮิรตซ์ มีความถี่ในช่วงเดียวกับไมโครเวฟ มีความยาวคลื่นอยู่ระหว่างแสงสีแดงกับคลื่นวิทยุสสารทุกชนิดที่มีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง -200 องศาเซลเซียสถึง 4,000 องศาเซลเซียส จะปล่อยรังสีอินฟราเรดออกมา คุณสมบัติเฉพาะตัวของรังสีอินฟราเรดเช่น ไม่เป็ยงเบนในสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่แตกต่างกันก็คือคุณสมบัติที่ขึ้นอยู่กับความถี่ ความถี่สูงมากขึ้นพลังงานก็สูงขึ้นด้วย โดยรีโมทสัญญาณรังสีอินฟราเรด มีลักษณะดังรูปที่ 2.23



รูปที่ 2.23 รีโมทสัญญาณรังสีอินฟราเรด (Infrared, IR)

2.6.3 รีโมทสัญญาณ Zigbee

Zigbee สามารถสร้างเครือข่ายส่วนตัว โดยใช้คลื่นวิทยุดิจิทัลพลังงานต่ำ เหมาะสำหรับการส่งข้อมูลที่มีแบนวิท (Bandwidth) ต่ำ Zigbee นั้นถูกออกแบบมาโดยมีวัตถุประสงค์ให้ใช้งานง่าย ประหยัดพลังงานและราคาถูกกว่าเครือข่ายส่วนบุคคลอื่น ๆ เช่น Bluetooth หรือ WIFI โดยทั่วไปแล้ว Zigbee จะทำงานบนคลื่นวิทยุสสารณะสำหรับอุตสาหกรรม 2.4 กิกะเฮิรตซ์ และอัตราการส่งถ่ายข้อมูลอยู่ที่ 250 กิโลบิตต่อวินาที ที่ 2.4 กิกะเฮิรตซ์ แต่ก็มีบางประเทศใช้ความถี่อื่นเช่น 784 เมกะเฮิรตซ์, 868 เมกะเฮิรตซ์, 915 เมกะเฮิรตซ์ เป็นต้น การส่งข้อมูลของ Zigbee นั้นมีระยะไกลมากกว่า 700 เมตร อุปกรณ์ Zigbee มี 3 ประเภทประกอบด้วย

1. Full Function Device – Coordinator (Master)

อุปกรณ์ประเภทนี้จะมีเพียงหนึ่งตัวเท่านั้นในแต่ละ Zigbee Network มีหน้าที่ในการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับเครือข่ายและกำหนดเส้นทางการส่งข้อมูลที่เหมาะสมที่สุดระหว่างโหนดของเครือข่าย

2. Full Function Device – Router (Slave)

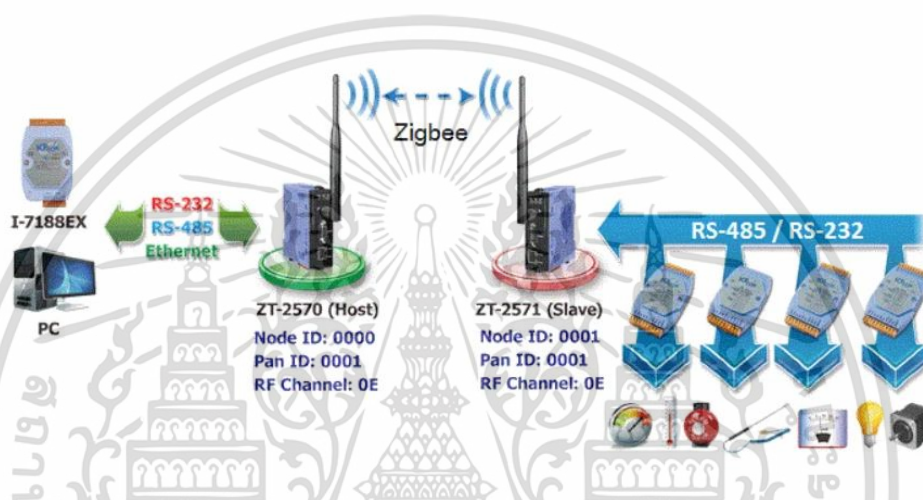
อุปกรณ์ประเภทนี้จะทำหน้าที่เป็นโหนดกลาง และอยู่ใน Active Mode เพื่อทำการถ่ายโอน และส่งผ่านข้อมูลระหว่างอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Full Function Device – End Device (Slave)

อุปกรณ์ประเภทนี้จะมี Function น้อย หน้าที่คือติดต่อสื่อสารถ่ายโอนข้อมูลกับโหนดแม่เท่านั้น Coordinator หรือ Router ปกติจะอยู่ใน Sleep Mode และไม่สามารถถ่ายโอนข้อมูลผ่านอุปกรณ์อื่นโดยตรงได้

Zigbee Network จะรับค่าจากอุปกรณ์ต่าง ๆ และส่งค่าผ่าน RS-485 และ RS-232 จากนั้นทำการส่งข้อมูลผ่านเครือข่าย Zigbee เพื่อนำไปแสดงผลบนหน้าจอ หรือ ทำการควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ จากรูปที่ 2.19 เห็นได้ว่ารูปแบบการสื่อสารจะคล้าย กับ WIFI หรือ Bluetooth



รูปที่ 2.24 รูปแบบการทำงานของ Zigbee

2.7 โปรแกรมออกแบบและทดสอบหุ่นยนต์

โดยปกติแล้วการจัดทำหุ่นยนต์ต้องมีการออกแบบเป็นภาพจำลองทั้ง 2 มิติ และ 3 มิติ หลังจากนั้นจะดำเนินการจัดทำและพัฒนาโดยใช้โปรแกรมคำสั่งในการควบคุม

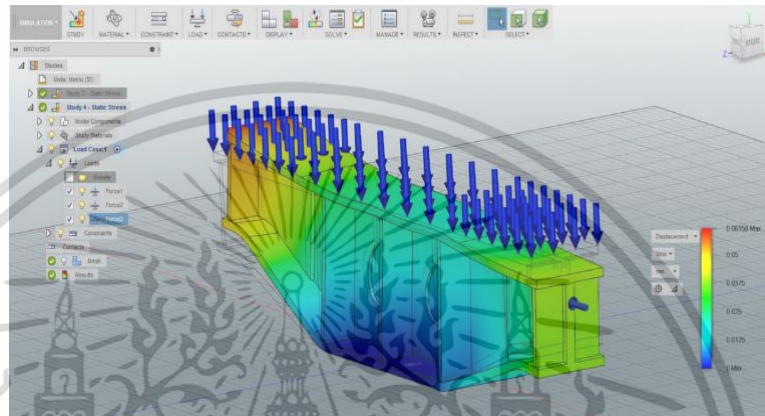
2.7.1 Solidworks

Solidworks เป็นซอฟต์แวร์เพื่อให้นักออกแบบใช้เป็นเครื่องมือในการออกแบบทางวิศวกรรม เพื่อสร้างตัวอย่างผลิตภัณฑ์จำลองในคอมพิวเตอร์ก่อนที่จะสร้างผลิตภัณฑ์ต้นแบบจริง โดยตัวซอฟต์แวร์จะจัดอยู่ในตระกูล CAD (Computer Aided Design) ซึ่งสามารถสร้างชิ้นงานจำลองในรูปแบบ 3D Solid Models เป็นแบบงานแยกชิ้น และแบบงานประกอบเพื่อนำเข้าสู่การทดลองค่าต่าง ๆ และเป็นต้นแบบในการสร้างงานจริง ซึ่งโปรแกรม Solidworks มีทชัน Simulation โดยฟังก์ชัน Simulation ในโปรแกรม Solidworks แบ่งหลัก ๆ ได้ 4 ชนิดคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. Simulation คือการวิเคราะห์ความแข็งแรงของโมเดล 3 มิติ (Strength Analysis) โดยใช้วิธี Finite Element Analysis (FEA) ในการคำนวณหาความแข็งแรง ซึ่งจะมีโมดูลย่อย ๆ อีกหลายชนิดเพื่อให้ตอบโจทย์ความเสียหายที่มีได้หลากหลายรูปแบบดังต่อไปนี้

Linear Static คือการวิเคราะห์ความเสียหายของชิ้นงานเมื่อได้รับแรงกระทำ สามารถดูการรับแรง (Stress) ที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของชิ้นงาน และดูการบิดงอ (Displacement) ได้ ดังรูปที่ 2.25



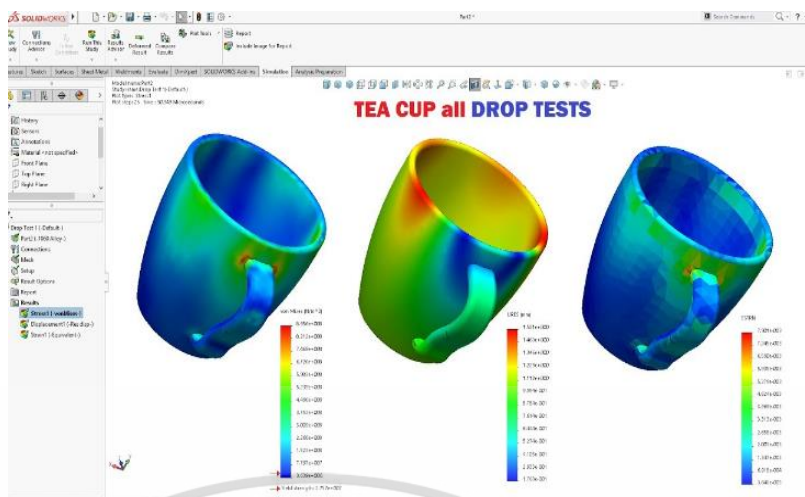
รูปที่ 2.25 การวิเคราะห์ความแข็งแรง (Simulation)

Frequency คือการวิเคราะห์หาความถี่ธรรมชาติและ Mode Shape ลักษณะหรือทิศทางของการสั่น

Thermal คือการวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อน สามารถวิเคราะห์ได้ทั้งการนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสี

Drop Test คือการวิเคราะห์การตกกระแทก โดยสามารถกำหนดความสูงหรือความเร็วตอนชิ้นงานเกิดการกระแทกกับพื้น กำหนดมุมตกกระแทก และกำหนดค่าความแข็งแรงของพื้นที่ชิ้นงานมากระแทกได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



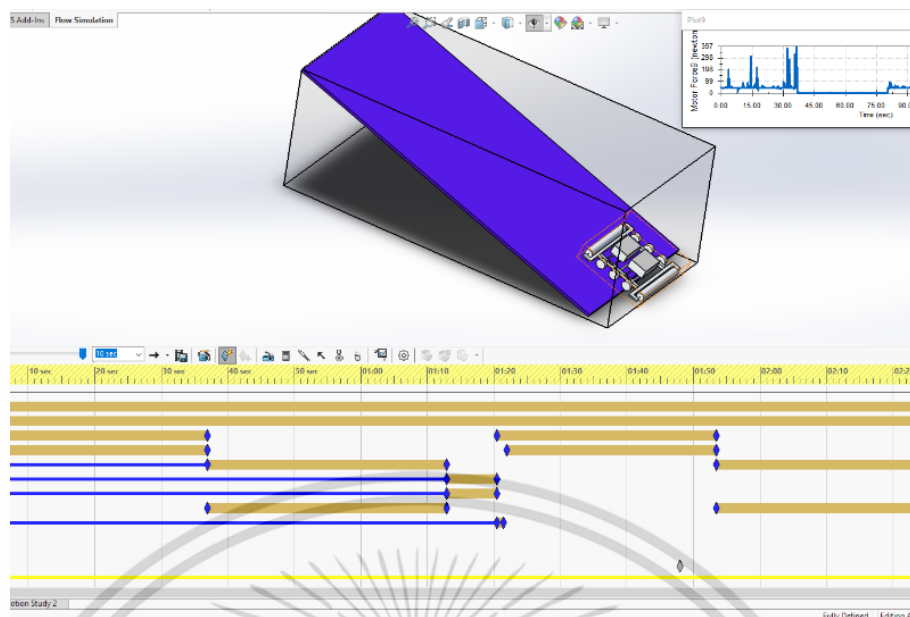
รูปที่ 2.26 การวิเคราะห์การวิเคราะห์การตกกระแทก Drop Test

Optimization คือการหาขนาดที่เหมาะสมของชิ้นงานด้วยโปรแกรม สามารถกำหนดตัวแปรที่ต้องการเปลี่ยนแปลง ขนาดของชิ้นงาน เป็นต้น กำหนดเงื่อนไขเช่น ต้องมี Safety Factor มากกว่า 2 หรือมีการบิดงอไม่เกิน 1 มิลลิเมตร เป็นต้น และกำหนดเป้าหมายที่ต้องการเช่น หาว่าชิ้นงานที่มีน้ำหนักเบาที่สุดคือเท่าไร โดยโปรแกรมจะเปลี่ยนขนาดของชิ้นงานตามตัวแปรที่กำหนดโดยอัตโนมัติ และหาชิ้นงานที่เบาที่สุดโดยที่ชิ้นงานตัวนั้น ๆ ต้องผ่านเงื่อนไขด้วย

Linear Dynamic คือการวิเคราะห์การสั่นสะเทือน สามารถกำหนดการสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นแล้วคำนวณหา Stress หรือ Displacement ที่เกิดขึ้น ณ เวลาต่าง ๆ ได้

2. Motion Analysis คือการวิเคราะห์งานที่เป็นระบบกลไกซึ่งมีการเคลื่อนไหวของชิ้นงาน โดยอาจจะเคลื่อนไหวได้จากการใส่มอเตอร์กระบอบกสูบ แรงโน้มถ่วง ฯลฯ ผลลัพธ์ที่ได้คือการจำลองการทำงานของเครื่องจักรนั้น ๆ รวมถึงความเร็ว ความเร่ง ทิศทางการเคลื่อนที่ กำลังมอเตอร์ที่ต้องใช้ โดยการวิเคราะห์ผ่าน Motion Analysis นั้นสามารถคำนวณเวลาในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ได้และยังสามารถเลือกใช้มอเตอร์ที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.27 ตัวอย่างการออกแบบโดย Solidworks

3. Flow Simulation คือการวิเคราะห์พฤติกรรมของของไหลที่ไหลผ่านโมเดล 3 มิติ โดยใช้วิธี Finite Volume ในการวิเคราะห์ ความสามารถของ Flow Simulation สามารถวิเคราะห์พฤติกรรมของของไหลเช่น ความเร็ว ทิศทางการไหลความดัน อุณหภูมิ อัตราการไหล ความชื้น ฯลฯ รวมถึงการวิเคราะห์ชิ้นงานที่มีการหมุนเช่น วิเคราะห์น้ำไหลผ่านปั๊ม เป็นต้น

4. Solidworks Plastic คือการวิเคราะห์งานฉีดพลาสติก เพื่อตรวจสอบว่าโมเดลที่ออกแบบมาสามารถนำไปฉีดพลาสติกได้จริงหรือไม่ หากเกิดปัญหาเช่น Air Trap, Weld Line, Sink Mark, Warp ฯลฯ จะเกิดที่ตำแหน่งใด ซึ่งช่วยให้ทราบปัญหาที่จะเกิดและหาทางแก้ไขก่อนที่จะผลิตจริง

2.7.2 โปรแกรม Sketch ของ Arduino หรือโปรแกรม Arduino IDE

ในการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของบอร์ด Arduino Board เพราะเป็นโปรแกรมที่ใช้งานง่าย เขียนด้วยภาษา C และเป็น Open Source ทำให้ใช้งานได้โดยไม่มีค่าใช้จ่าย ได้รับความนิยมสูง จึงทำให้มีแหล่งข้อมูลให้ศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมในเว็บบอร์ดหรือเว็บไซต์ในอินเทอร์เน็ตอีกมากมาย และในส่วนของบอร์ด Arduino Board เองนั้น เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีขาพอร์ตอินพุตและเอาต์พุตที่มากพอในการนำไปใช้งานจริง สามารถต่อกับเซนเซอร์ได้ทั้งแบบ Digital และ Analog และยังต่อเพื่อขับอุปกรณ์เอาต์พุตให้ทำงานโดยที่เราจะต้องเขียนโปรแกรมเพื่อสั่งงานให้บอร์ด Arduino Board สามารถควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น ควบคุมการเปิดปิดหลอดไฟ ปลั๊กไฟฟ้า หรือเครื่องรดน้ำต้นไม้ เป็นต้น นอกจากนี้เพื่อให้เกิดการประยุกต์ใช้งานแบบ IoT เราสามารถควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บอร์ดผ่านทางอินเทอร์เน็ตได้โดยต่อบอร์ดเสริม Arduino Ethernet Shield เข้ากับบอร์ดหลัก โดยมีรูปแบบดังรูปที่ 2.28



```

Fade | Arduino 1:1.0.5+dfsg2-2
File Edit Sketch Tools Help

Fade
int led = 9; // the pin that the LED is attached to
int brightness = 0; // how bright the LED is
int fadeAmount = 5; // how many points to fade the LED by

// the setup routine runs once when you press reset:
void setup() {
  // declare pin 9 to be an output:
  pinMode(led, OUTPUT);
}

// the loop routine runs over and over again forever:
void loop() {
  // set the brightness of pin 9:
  analogWrite(led, brightness);

  // change the brightness for next time through the loop:
  brightness = brightness + fadeAmount;

  // reverse the direction of the fading at the ends of the fade:
  if (brightness == 0 || brightness == 255) {
    fadeAmount = -fadeAmount ;
  }
  // wait for 30 milliseconds to see the dimming effect
  delay(30);
}

Done compiling.

Binary sketch size: 1,276 bytes (of a 32,256 byte maximum)

1 Arduino Uno on /dev/ttyACM0

```

รูปที่ 2.28 โปรแกรม Sketch ของ Arduino หรือโปรแกรม Arduino IDE

2.8 โปรแกรมภาษา C บน Arduino

โครงสร้างโปรแกรมภาษา C บน Arduino จะมีลักษณะแบบเดียวกับ C ทั่วไป ซึ่งต้องมีพื้นฐานการเขียนโปรแกรมภาษาดังนี้

1. พรีโพรเซสเซอร์ไดเรกทีฟ (Pre-Processor Directives)

โดยปกติแล้วเกือบทุกโปรแกรมต้องมี โดยส่วนนี้จะเป็นส่วนที่คอมไพเลอร์ (Compiler) จะมีการประมวลผลและทำตามคำสั่งก่อนที่จะมีการคอมไพล์โปรแกรม ซึ่งจะเริ่มต้นด้วยเครื่องหมายไดเรกทีฟ (Directive) หรือเครื่องหมายสี่เหลี่ยม # แล้วจึงตามด้วยชื่อคำสั่งที่ต้องการเรียกใช้ โดยปกติแล้วส่วนนี้จะอยู่ในส่วนบนสุดหรือส่วนหัวของโปรแกรม และต้องอยู่นอกฟังก์ชันหลักใด ๆ ก็ตาม

#include เป็นคำสั่งที่ใช้อ้างอิงไฟล์ภายนอก เพื่อเรียกใช้ฟังก์ชัน หรือตัวแปรที่มีการสร้างหรือกำหนดไว้ในไฟล์นั้น รูปแบบการใช้งานคือ #include <ชื่อไฟล์.h>

ตัวอย่างเช่น

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

```
#include <Time.h>
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างจะเห็นว่าได้มีการอ้างอิงไฟล์ Wire.h และไฟล์ Time.h ซึ่งเป็นไลบรารีพื้นฐานที่มีอยู่ใน Arduino ทำให้สามารถใช้ฟังก์ชันเกี่ยวกับเวลาที่ไลบรารี (Library) Time มีการสร้างไว้ให้ใช้งานได้ ซึ่งการอ้างอิงไฟล์จากภายใน หรือการอ้างอิงไฟล์ไลบรารีที่มีอยู่แล้วใน Arduino หรือเป็นไลบรารีที่เพิ่มเข้าไป จะใช้เครื่องหมาย <> ในการล้อมชื่อไฟล์ไว้ เพื่อให้โปรแกรมคอมไพเลอร์เข้าใจว่าควรไปหาไฟล์เหล่านี้จากในโพลเดอร์ไลบรารี แต่หากต้องการอ้างอิงไฟล์ที่อยู่ในโพลเดอร์โปรเจกต์ จะต้องใช้เครื่องหมาย "" ล้อมแทน ซึ่งคอมไพเลอร์จะวิ่งไปหาไฟล์นี้โดยอ้างอิงจากไฟล์โปรแกรมที่คอมไพเลอร์อยู่

ตัวอย่างเช่น

```
#include "myFunction.h"
```

จากตัวอย่างด้านบน คอมไพเลอร์จะวิ่งไปหาไฟล์ myFunction.h ภายในโพลเดอร์โปรเจกต์ทันที หากไม่พบก็จะแจ้งเป็นข้อผิดพลาดออกมา

#define เป็นคำสั่งที่ใช้ในการแทนข้อความที่กำหนดไว้ ด้วยข้อความที่กำหนดไว้ ซึ่งการใช้คำสั่งนี้ ข้อดีคือจะไม่มีการอ้างอิงกับตัวโปรแกรมเลย

2. ส่วนของการกำหนดค่า (Global Declarations)

ส่วนนี้จะเป็นส่วนที่ใช้ในการกำหนดชนิดตัวแปรแบบนอกฟังก์ชัน หรือประกาศฟังก์ชัน เพื่อให้ฟังก์ชันที่ประกาศสามารถกำหนด หรือเรียกใช้ได้จากทุกส่วนของโปรแกรม

ตัวอย่างเช่น

```
int pin = 13;
void blink(void);
```

3. ฟังก์ชัน setup() และฟังก์ชัน loop()

ฟังก์ชัน setup() และฟังก์ชัน loop() เป็นคำสั่งที่ถูกบังคับให้ต้องมีในทุกโปรแกรม โดยฟังก์ชัน setup() จะเป็นฟังก์ชันแรกที่ถูกเรียกใช้ นิยมใช้กำหนดค่า หรือเริ่มต้นใช้งานไลบรารีต่าง ๆ เช่น ในฟังก์ชัน setup() จะมีคำสั่ง pinMode() เพื่อกำหนดให้ขาใด ๆ ก็ตามเป็นดิจิทัลอินพุต หรือเอาต์พุต ส่วนฟังก์ชัน loop() จะเป็นฟังก์ชันที่ทำงานหลังจากฟังก์ชัน setup() ได้ทำงานเสร็จสิ้นไปแล้ว และมีการวนรอบแบบไม่รู้จบ เมื่อฟังก์ชัน loop() งานครบตามคำสั่งแล้ว ฟังก์ชัน loop() ก็จะถูกเรียกขึ้นมาใช้อีก

ตัวอย่างเช่น

```
int pin = 13;
void setup() {
  pinMode(pin, OUTPUT);
}
```

```
void loop() {
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

digitalWrite(pin, HIGH);
delay(1000);
digitalWrite(pin, LOW);
delay(1000);
}

```

จากตัวอย่าง จะเห็นว่ามีการประกาศตัวแปรแบบนอกฟังก์ชัน ทำให้สามารถกำหนด หรือเรียกใช้จากในฟังก์ชันใด ๆ ก็ตามได้ ในฟังก์ชัน setup() ได้มีการกำหนดให้ขาที่ 13 เป็นดิจิทัลเอาต์พุต และในฟังก์ชัน loop() มีการกำหนดให้พอร์ต 13 มีลอจิกเป็น 1 และใช้ฟังก์ชัน delay() ในการหน่วงเวลา 1 วินาที แล้วจึงกำหนดให้พอร์ต 13 มีสถานะลอจิกเป็น 0 แล้วจึงหน่วงเวลา 1 วินาที จบฟังก์ชัน loop() และจะเริ่มทำฟังก์ชัน loop() ใหม่ ผลที่ได้คือไฟกะพริบบนบอร์ด Arduino Uno ในพอร์ตที่ 13 ทำงานแบบไม่รู้จบ

ทั้งนี้การทำงานของฟังก์ชัน จะต้องเริ่มด้วยการกำหนดค่าที่ส่งกลับและตามด้วยชื่อฟังก์ชัน แล้วตามด้วยเครื่องหมายปีกกาเปิด { และจบด้วยเครื่องหมายปีกกาปิดภายในฟังก์ชัน หากจะเรียกฟังก์ชันใช้งานย่อยใด ๆ จะต้องมีการเรียกชื่อฟังก์ชัน ; ต่อท้ายเสมอ

2.9 แรงเสียดทาน

แรงเสียดทาน (Frictional Force) คือ แรงที่ต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุซึ่งเกิดขึ้นระหว่างผิววัตถุกับพื้นสัมผัสและมีทิศตรงกันข้ามกับทิศการเคลื่อนที่ของวัตถุเสมอ ซึ่งแรงเสียดทานแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ

1. แรงเสียดทานสถิตเป็นแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นในขณะที่วัตถุอยู่นิ่งจนถึงเริ่มต้นเคลื่อนที่มีความสัมพันธ์ ดังสมการที่ 2.4

$$f_s = U_s N \quad (2.4)$$

เมื่อ f_s = แรงเสียดทานสถิต หน่วยเป็นนิวตัน

N = แรงปฏิกิริยาในแนวตั้งฉากกับผิวสัมผัส หน่วยเป็นนิวตัน

U_s = สัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิต ไม่มีหน่วย

2. แรงเสียดทานจลน์เป็นแรงเสียดทานขณะวัตถุกำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว ซึ่งจะมีค่าน้อยกว่าแรงเสียดทานสถิต มีความสัมพันธ์ตามสมการที่ 2.5 และมีกราฟดังรูปที่ 2.29

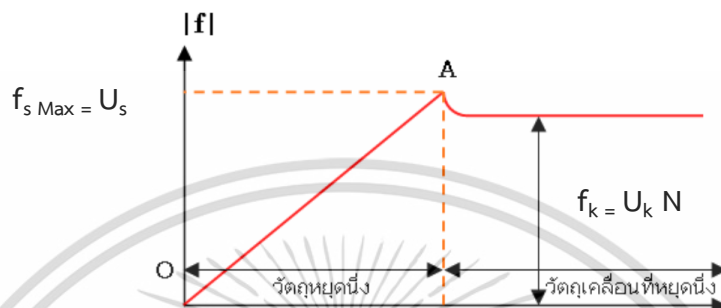
$$f_k = U_k N \quad (2.5)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ f_k = แรงเสียดทานจลน์ หน่วยเป็นนิวตัน

N = แรงปฏิกิริยาในแนวตั้งฉากกับผิวสัมผัส หน่วยเป็นนิวตัน

U_k = สัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์ ไม่มีหน่วย



รูปที่ 2.29 กราฟแรงเสียดทาน

เมื่อออกแรง F กระทำกับวัตถุ วัตถุยังคงอยู่นิ่งไม่ขยับเพราะมีแรงเสียดทานสถิตต้านอยู่แต่เมื่อออกแรงมากขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งแรง F มีค่าเท่ากับ $f_{s,max}$ วัตถุจะอยู่ในสภาพกำลังจะเคลื่อนที่ ซึ่งเป็นจุดที่มีแรงเสียดทานสูงสุด (ที่ตำแหน่ง A) และเมื่อออกแรงมากขึ้นวัตถุจะเคลื่อนที่โดยมีแรงเสียดทาน f_k เกิดขึ้น แต่จะมีค่าน้อยกว่า $f_{s,max}$ ทั้งนี้ลักษณะของแรงเสียดทาน

1. ไม่ขึ้นกับจำนวนพื้นที่ผิวสัมผัส
2. ไม่ขึ้นกับความเร็วที่วัตถุเคลื่อนที่ และมีทิศตรงข้ามการเคลื่อนที่ของวัตถุ
3. ขึ้นอยู่กับแรงที่วัตถุกดพื้นในแนวตั้งฉาก หรือแรงปฏิกิริยาของพื้นในแนวตั้งฉาก
4. ขึ้นกับพื้นผิวสัมผัส เช่น ขรุขระ หรือเรียบ
5. สำหรับผิวสัมผัสคู่หนึ่ง มีค่ามากกว่าเสมอ

ตัวอย่างประโยชน์ของแรงเสียดทาน

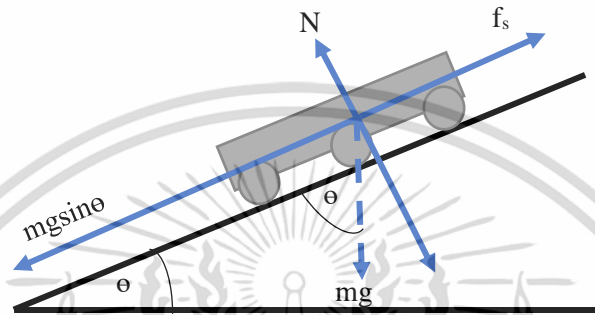
- ทำให้ยานพาหนะเคลื่อนที่ไปในทิศทางที่ต้องการได้ เช่น ในขณะที่รถแล่น ล้อกับถนนต้องมีแรงเสียดทาน ถ้าไม่มีแรงเสียดทานรถจะแล่นไม่ได้ ล้อรถจะหมุนอยู่กับที่
- แรงเสียดทานช่วยไม่ให้รถลื่นโดยเฉพาะเวลาฝนตก
- ยานพาหนะแต่ละชนิด ต้องมีทั้งการลดแรงเสียดทานในอุปกรณ์บางส่วนและเพิ่มแรงเสียดทานในบางส่วน เพื่อให้ยานพาหนะมีประสิทธิภาพและปลอดภัย เช่น รถ เรือ หรือเครื่องบิน ต้องให้หัวแหลมเพื่อลดความเสียดทานของอากาศหรือน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเคลื่อนที่ของวัตถุบนพื้นเอียงที่มีความเสียดทาน ดังรูปที่ 2.30 ถ้าวัตถุอยู่บนพื้นเอียง แล้ววัตถุเลื่อนไถลลงมาตามพื้นเอียงด้วย ความเร็วคงที่ มุมที่พื้นระนาบเอียงกระทำกับแนวระดับ คือ มุมของความเสียดทาน θ โดยแบ่งออกเป็น

θ_s มุมที่พื้นระนาบเอียงกระทำกับแนวระดับขณะที่วัตถุกำลังจะเริ่มเคลื่อนที่

θ_k มุมที่พื้นระนาบเอียงกระทำกับแนวระดับขณะที่วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว



รูปที่ 2.30 วัตถุอยู่บนพื้นเอียง

เมื่อวัตถุอยู่บนพื้นเอียงจะมีแรงเนื่องจากน้ำหนักของวัตถุ (mg) แรงเสียดทาน (f) และแรงที่พื้นเอียงกระทำกับวัตถุ (N) หากแตกแรง mg แล้ว จะหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณต่าง ๆ ในขณะ ที่วัตถุกำลังจะเริ่มเคลื่อนที่ได้ดังสมการที่ 2.6

$$f_s = mgsin \theta_s \quad (2.6)$$

เมื่อ f_s = แรงเสียดทานสถิต หน่วยเป็นนิวตัน

θ_s = มุมพื้นระนาบเอียงกระทำกับแนวระดับขณะที่วัตถุกำลังจะเริ่มเคลื่อนที่ หน่วยเป็นองศา

ในลักษณะเดียวกัน ขณะที่วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ สามารถหาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์ได้จากสมการที่ 2.7

$$\mu_k = \tan \theta_k \quad (2.7)$$

เมื่อ μ_k = ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์

θ_k = มุมพื้นระนาบเอียงกระทำกับแนวระดับขณะที่วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว หน่วยเป็นองศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

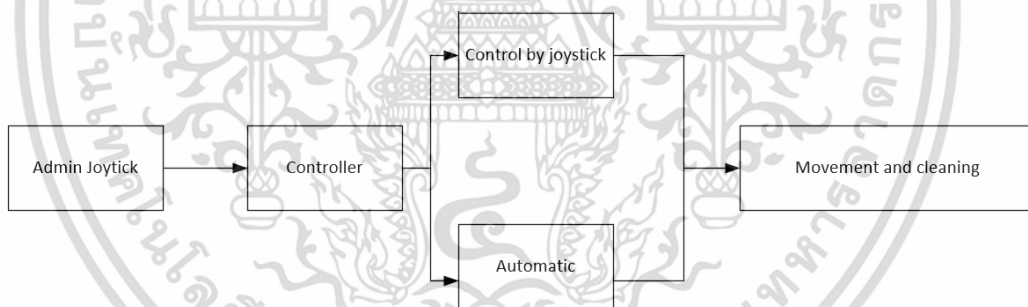
บทที่ 3

การออกแบบและพัฒนา

ในบทนี้จะกล่าวถึงการออกแบบและพัฒนา ซึ่งผู้วิจัยจะดำเนินงานตามแผนงานที่ได้จัดเตรียมไว้ และจัดหาอุปกรณ์ที่เหมาะสมกับงานมากที่สุด รวมถึงออกแบบระบบการทำงานของหุ่นยนต์โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 ภาพรวมของงานและการเลือกใช้อุปกรณ์

การออกแบบและพัฒนาแบบระบบการทำงานนั้นผู้วิจัยได้วางแผนงานโดยเริ่มการพัฒนาจากระบบการเลือกใช้อุปกรณ์ โครงสร้างหุ่นยนต์ รูปแบบการเคลื่อนที่ แบบทำความสะอาด ระบบความปลอดภัย ซึ่งการออกแบบจะต้องมีผู้ควบคุมและระบบอัตโนมัติไปยังคนออกคำสั่ง และให้ชุดควบคุมเป็นตัวรับและส่งสัญญาณและมีชุดขับเคลื่อนของหุ่นยนต์ และระบบทำความสะอาด โดยมีระบบดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แผนผังควบคุมของหุ่นยนต์

จากรูปที่ 3.1 แสดงให้เห็นแผนผังระบบควบคุมของหุ่นยนต์โดยหุ่นยนต์จะรับคำสั่งจากผู้ใช้งานผ่าน Joystick ควบคุมผ่านระบบอัตโนมัติตามโปรแกรมคำสั่งซึ่งระบบการควบคุมผ่าน Joystick และระบบอัตโนมัติตามโปรแกรมคำสั่ง จะใช้ชุดคำสั่งจากไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) ส่งค่า Output ออกมาใน 3 รูปแบบคือ

1. แปรงทำความสะอาด
2. การฉีดน้ำทำความสะอาด
3. ระบบขับเคลื่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อหุ่นยนต์เคลื่อนไปตามคำสั่งจะมีเซนเซอร์วัดค่าการทำงานและส่งค่ากลับอยู่ 2 ชนิด คือ

1. เซนเซอร์กันตกขอบแผงโซลาร์เซลล์
2. เซนเซอร์วัดมุมของหุ่นยนต์

ทั้ง 2 จะเป็นตัวส่งข้อมูลเข้าไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์อีกครั้งเพื่อปรับเปลี่ยนการทำงานของหุ่นยนต์และเนื่องจากการเคลื่อนที่ซึ่งมีปัจจัยหลาย ๆ ปัจจัยรบกวน โดยเซนเซอร์ทั้ง 2 จะเป็นตัวช่วยให้หุ่นยนต์ทำงานได้อย่างปกติ ทำให้หุ่นยนต์ต้องมีการใช้อุปกรณ์ที่เหมาะสมดังนี้

3.1.1 Joystick

การควบคุมผ่านระบบ Joystick แบบไร้สาย จะประกอบไปด้วย Receive Joystick และ Joystick ซึ่งจะสื่อสารกันในรูปแบบของ Wireless โดยใช้ความถี่ 2.4 กิกะเฮิร์ตซ์ ที่สร้างขึ้นภายในแบตเตอรี่ AA คู่ภายนอก ความจุมากกว่า 10 ชั่วโมง ระยะการทำงานสูงสุด 10 เมตร ซึ่งมีรายละเอียดดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 Joystick

3.1.2 Microcontroller Arduino Mega 2560

บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Mega 2560 มี 54 Digital Input/Output โดยมี 14 ขา สามารถใช้เป็น Output แบบ PWM ได้ มี Analog Inputs 16 ขา ซึ่งเพียงพอสำหรับหุ่นยนต์ทำความสะอาด และยังมี UARTs (Hardware Serial Ports) 4 ขา ทำงานที่ความถี่ 16 เมกะเฮิร์ตซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ด้วยสายเคเบิล USB เริ่มต้นใช้งาน และมีปุ่ม Reset สามารถต่อเข้ากับ Shields ที่ออกแบบเพื่อใช้งานกับ Arduino Duemilanove โดยมีลักษณะดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 Arduino Mega 2560

3.1.3 BTS7960

การขับเคลื่อนมอเตอร์เลือกใช้บอร์ดขับเคลื่อนมอเตอร์ (Drive Motor) รุ่น BTS7960 แบบ H-Bridge ตัวบอร์ดใช้ไอซี (IC) เบอร์ BTS7960B 2 ตัว ไอซีรับกระแสสูงสุดได้ 43 แอมป์ ใช้ควบคุมมอเตอร์ 12 – 24 โวลต์ ขนาดไม่เกิน 200 วัตต์ รองรับความถี่ PWM สูงสุด ซึ่งมีลักษณะดังรูปที่ 3.4

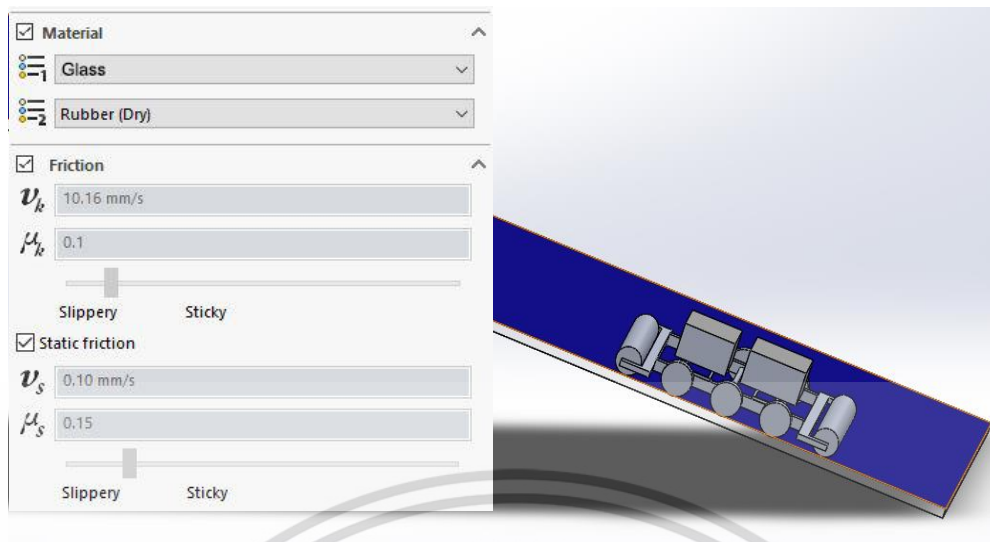


รูปที่ 3.4 BTS7960

3.1.4 มอเตอร์ 12 โวลต์

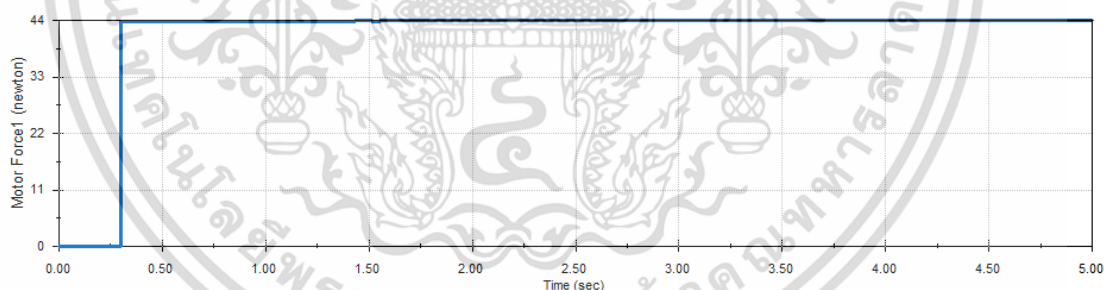
การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ส่วนล้อใช้มอเตอร์ 12 โวลต์ เนื่องจากแรงแซลาร์เซลล์มีความลาดเอียง 0-20 องศา และมีน้ำหนักของโครงสร้างหุ่นยนต์ที่ 12 กิโลกรัม โดยการเลือกใช้มอเตอร์นั้นได้ทำการ Simulation ผ่านโปรแกรม Solidworks โดยกำหนดวัสดุซัลลาร์เซลล์เป็นกระจกและล้อรถเป็นยาง ที่มีแรงเสียดทานเคลื่อนไหว = 10.16 มิลลิเมตรต่อวินาที ดังรูปภาพที่ 3.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 ค่าแรงเสียดทานเคลื่อนไหว และค่าเสียดทานหยุดนิ่ง

จากการทดลองในโปรแกรม Solidworks สามารถทดลองหาแรงที่ทำให้เกิดการเคลื่อนได้จากการ Solidworks Simulation โดยได้กำหนดให้หุ่นยนต์มีน้ำหนัก 12.86 กิโลกรัม วิ่งบนแผงโซลาร์เซลล์ที่ทำจากกระจก ซึ่งจะได้ผลลัพธ์ค่าแรงที่ทำให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่อยู่ 44 นิวตัน ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 ข้อมูลจาก Solidworks Simulation แรงที่ใช้ในการเคลื่อนที่

จากรูปที่ 3.6 ทำให้สามารถคำนวณหามอเตอร์ที่เหมาะสมกับหุ่นยนต์ทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์ได้ โดยหุ่นยนต์นี้จะใช้มอเตอร์ ที่มีรายละเอียดดังตารางที่ 3.1 โดย Parameter ของมอเตอร์จะมีความเร็วอยู่ที่ 30 รอบต่อนาที

ตารางที่ 3.1 Parameter ของมอเตอร์ 12 โวลต์ 30 รอบต่อนาที Model: JGB37-520

Voltage		The Load Torque				Locked-rotor Stall	
The scope of	The rated	speed	current	torque	power	torque	current
Workable	Rated	Speed	The Current	The Torque	The Output	The Torque	The Current
Range	Volt. V	RPM	ma	Kg, cm	W.	Kg, cm	a.
12-30 v	24 v	30	60	3.3	0.7	13	0.8

ซึ่งจะใช้ทั้งหมด 6 ตัว ทำให้แรงบิดของล้อหุ่นยนต์สามารถขับเคลื่อนหุ่นยนต์ขึ้นไปในแนวระนาบ 20 องศาได้ มอเตอร์ดังกล่าวมีลักษณะดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 DC Motor 12 โวลต์ 30 รอบต่อนาที

3.1.5 แบตเตอรี่ลิเทียมฟอสเฟต (Lithium Ion Phosphate : LFP)

พลังงานของหุ่นยนต์เลือกใช้แบตเตอรี่ลิเทียมฟอสเฟต แบบ 3 เซลล์ 12 โวลต์ 7000 มิลลิแอมป์ชั่วโมง จำนวน 1 ชุด ต่อแยกในส่วนขับเคลื่อนล้อ เพื่อขับเคลื่อนหุ่นยนต์ซึ่งใช้มอเตอร์ 12 โวลต์ 30 รอบต่อนาที เพื่อหมุนแปร่งทำความสะอาด โดยปกติหุ่นยนต์ใช้กระแสในการขับเคลื่อนอยู่ที่ 900 มิลลิแอมป์ ต่อมอเตอร์ 1 ตัว ซึ่งหุ่นยนต์มีมอเตอร์ทั้งหมด 6 ตัว ทำให้สามารถใช้งานได้ประมาณ 1 ชั่วโมงต่อการชาร์จ 1 ครั้ง ซึ่งมีลักษณะดังรูปที่ 3.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 แบตเตอรี่ลิเทียมฟอสเฟต แบบ 3 เซลล์ 12v 7000 มิลลิแอมป์ชั่วโมง

3.1.6 อัลตราโซนิกเซนเซอร์ HC-SR04

เซนเซอร์วัดระยะทางได้เลือกใช้อัลตราโซนิกเซนเซอร์ HC-SR04 เนื่องจากสามารถวัดระยะ 0-20 เซนติเมตร ได้อย่างแม่นยำและสามารถทำงานร่วมกับบอร์ด Arduino ซึ่งมีลักษณะดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 อัลตราโซนิกเซนเซอร์ HC-SR04

3.1.7 Gyroscope รุ่น MPU 6050

MPU6050 คือชิพประมวลผลบนตัว GY-521 คือโมดูลเซนเซอร์ที่ตรวจจับการเคลื่อนไหวและความเอียงของวัตถุ โดยตรวจวัดจากความเร่งเชิงเส้นและความเร็วเชิงมุม (Angular Velocity หรือใช้ Gyroscope) ถือเป็นอุปกรณ์แบบ 6 DOF (6 Degrees of Freedom) คืออุปกรณ์ที่สามารถตรวจวัดค่าได้ทั้ง 6 แกนคือ A_x , A_y , A_z , G_x , G_y และ G_z มีลักษณะดังรูปที่ 3.10

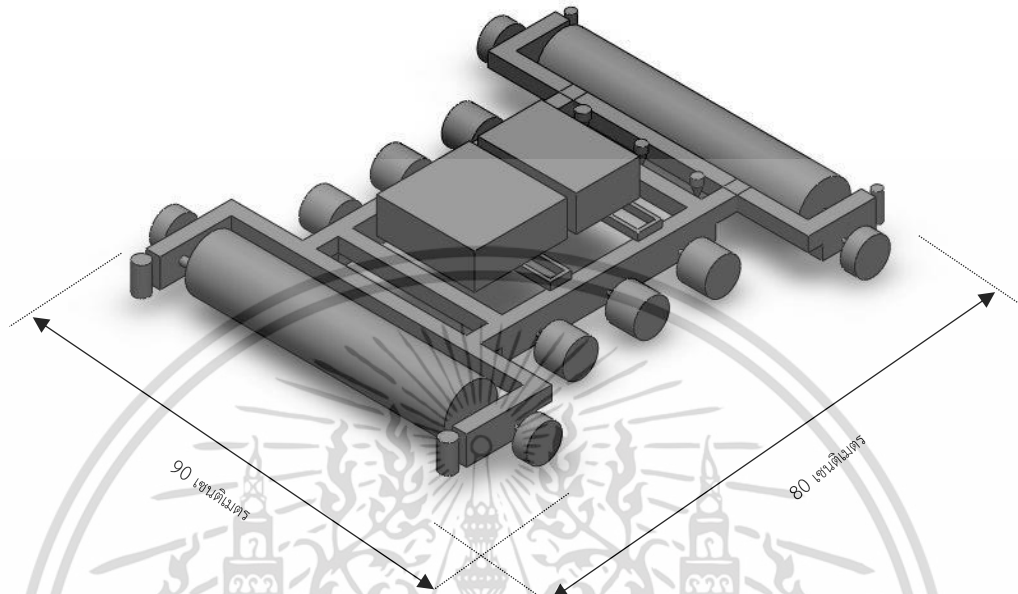


รูปที่ 3.10 MPU 6050

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

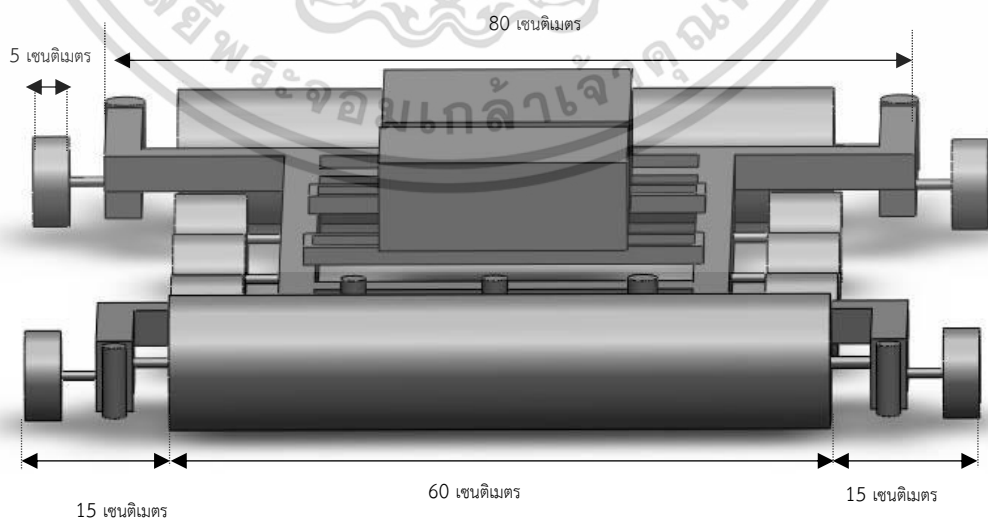
3.2 ออกแบบโครงสร้างหุ่นยนต์และระบบกลไก

จะออกแบบทางระบบกลไกซึ่งการออกแบบด้วยโปรแกรม Solidworks ซึ่งจะคำนึงถึงการเคลื่อนที่, การทำความสะอาด, และระบบฉีดน้ำ ซึ่งหุ่นยนต์มีขนาด 90 x 80 เซนติเมตร ดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 ขนาดโดยรวมของหุ่นยนต์

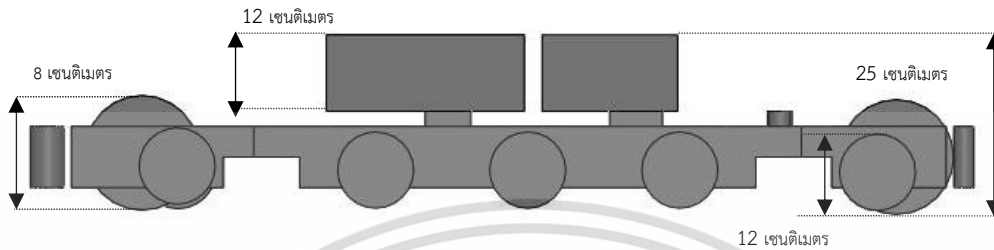
การออกแบบด้านความกว้างของหุ่นยนต์นั้นต้องคำนึงถึงแผงโซลาร์เซลล์ที่มีขนาดมาตรฐานอยู่ที่ 100 x 200 x 4 เซนติเมตร ต่อ 1 แผง ซึ่งตัวหุ่นยนต์นั้นมีความกว้างอยู่ที่ 90 เซนติเมตร และแปรงทำความสะอาดของหุ่นยนต์นั้นมีความกว้างที่ 60 เซนติเมตร ดังรูปที่ 3.12 ทำให้หุ่นยนต์ต้องวิ่งทำความสะอาดอย่างน้อย 2 รอบ เพื่อทำความสะอาดต่อ 1 แผง



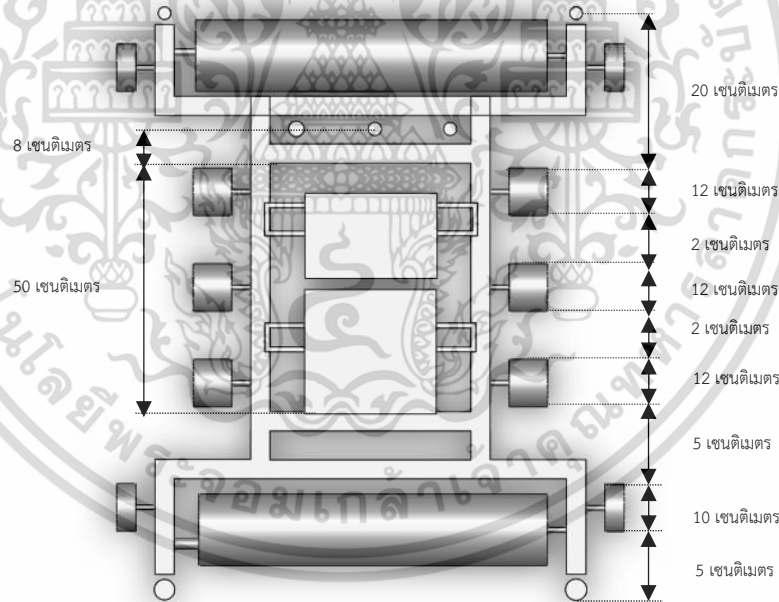
รูปที่ 3.12 แบบจำลอง 3 มิติ ด้านหน้าของหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบด้านความสูงของหุ่นยนต์นั้น ต้องคำนึงถึงการเคลื่อนกรณีที่หุ่นยนต์มีความสูงมากจะทำให้เคลื่อนยากลำบาก โดยหุ่นยนต์ทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์ได้มีขนาดความสูงที่ 25 เซนติเมตร ดังรูปที่ 3.13



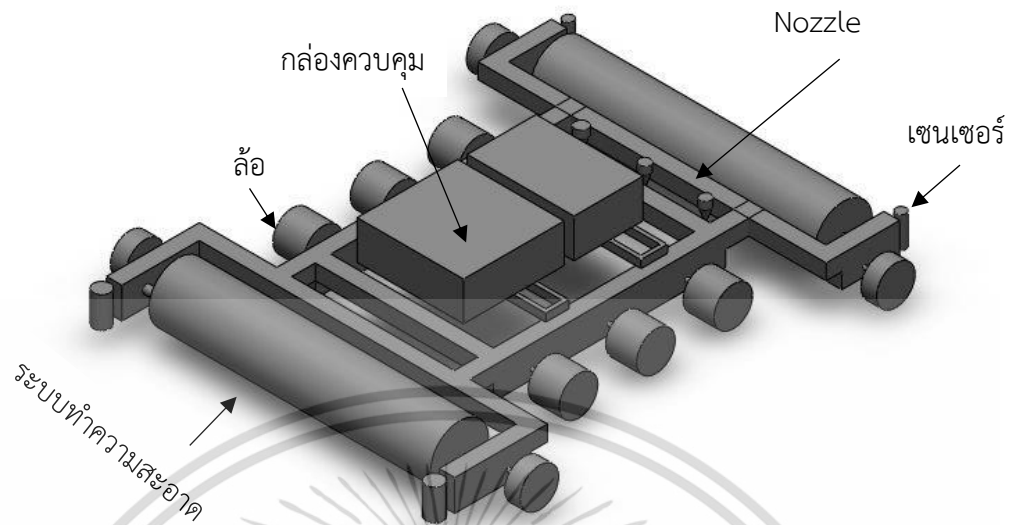
รูปที่ 3.13 แบบจำลอง 3 มิติ ด้านข้างของหุ่นยนต์



รูปที่ 3.14 แบบจำลอง 3 มิติ ด้านบนของหุ่นยนต์

หุ่นยนต์มีระบบทำความสะอาดโดยน้ำ ทำให้วัสดุต้องป้องกันน้ำได้ โดยกล่องควบคุมนั้นเป็นพลาสติกและชุดโครงสร้างนั้นเป็นอะลูมิเนียม ซึ่งระบบฉีดน้ำจะอยู่หลังแปรงหน้าอยู่ระหว่างล้อซ้าย - ขวา เพื่อป้องกันการเลื่อนไถลของหุ่นยนต์ขณะฉีดน้ำบนแผงโซลาร์เซลล์ดังรูปที่ 3.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.15 องค์ประกอบโดยรวมของหุ่นยนต์

โดยโครงสร้างหลักของหุ่นยนต์คือ อลูมิเนียมโปรไฟล์ ขนาด 2 เซนติเมตร x 2 เซนติเมตร เชื่อมต่อกันด้วยชุดต่อฉากเข้ามุม ทั้งนี้ได้มีการทดสอบความเค้น (Stress) ผ่านทางโปรแกรม Solidworks โดยให้คุณสมบัติของอลูมิเนียมโปรไฟล์ เทียบเคียงกับ 3.165 (EN AW-2011) ดังรูปที่ 3.16 ซึ่งเป็นค่าเปรียบเทียบในโปรแกรม Solidworks

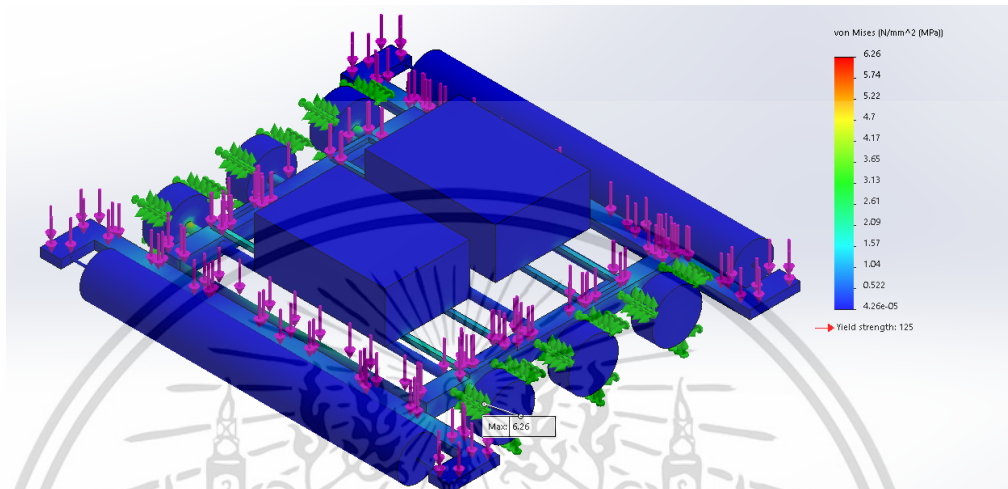
Name:	3.1655 (EN AW-2011)	
Default failure criterion:	Max von Mises Stress	
Description:	AlCu6BiPb	
Source:	Tensile and Yield Strength for $t \leq 60$ or $d \leq 200$ mm	
Sustainability:	Defined	

Property	Value	Units
Elastic Modulus	7e+10	N/m ²
Poisson's Ratio	0.3897	N/A
Shear Modulus	2.7e+10	N/m ²
Mass Density	2820	kg/m ³
Tensile Strength	275000000	N/m ²
Compressive Strength		N/m ²
Yield Strength	125000000	N/m ²
Thermal Expansion Coefficient	2.4e-05	/K

รูปที่ 3.16 คุณสมบัติของอลูมิเนียมโปรไฟล์ในโปรแกรม Solidworks

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบหุ่นยนต์จากโปรแกรม Solidworks กำหนดให้ลูกศรชมพูมีแรงกดที่ 28 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และลูกศรสีเขียวคือตำแหน่งอยู่คงที่ ดังรูปที่ 3.17 ซึ่งการทดสอบความเค้นของโครงสร้างพบหุ่นยนต์มี Yield strength :150 และมีจุดรับน้ำหนักมากที่สุดอยู่ที่ข้อต่อล้อและเพลลาของหุ่นยนต์ซึ่งมีค่าอยู่ที่ 6.26 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร กำหนดให้น้ำหนักของหุ่นยนต์จะอยู่ที่ 12.86 กิโลกรัม



รูปที่ 3.17 แบบจำลองการทดสอบความเค้นของโครงสร้างพบหุ่นยนต์

มาตรฐาน IEC 61625 แผงโซลาร์เซลล์สามารถรับแรงดึงได้ถึง 5.4 กิโลปาสกาล แต่ในโปรแกรม Solidworks ไม่มีวัสดุเป็นโซลาร์เซลล์ ทำให้ต้องจำลองวัสดุเป็นกระจก ซึ่งคุณสมบัติอยู่ในรูปที่ 3.18 ส่วนแผงโซลาร์เซลล์ที่ได้นำมาทดลองในโปรแกรมนั้นมีขนาด 100 X 200 เซนติเมตร

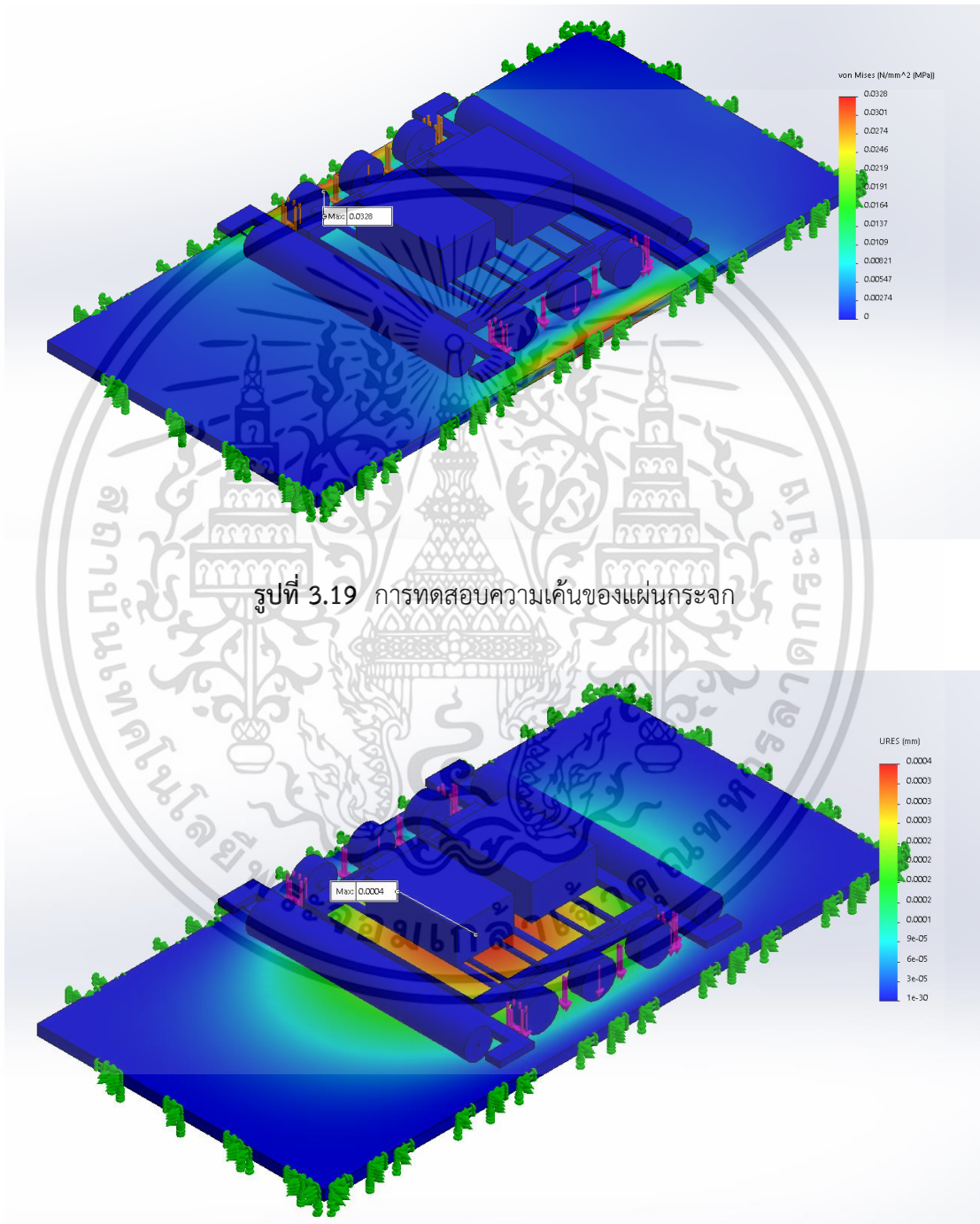
Name:	Glass	
Default failure criterion:	Mohr-Coulomb Stress	
Description:		
Source:		
Sustainability:	Defined	

Property	Value	Units
Elastic Modulus	68935	N/mm ²
Poisson's Ratio	0.23	N/A
Shear Modulus	28022	N/mm ²
Mass Density	2457.6	kg/m ³
Tensile Strength		N/mm ²
Compressive Strength		N/mm ²
Yield Strength		N/mm ²
Thermal Expansion Coefficient	9e-06	/K
Thermal Conductivity	0.74976	W/(m·K)

รูปที่ 3.18 คุณสมบัติของกระจกในโปรแกรม Solidworks

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อหุ่นยนต์มีน้ำหนักอยู่ที่ 12.86 กิโลกรัม จะทำให้หุ่นยนต์มีแรงกระทำต่อแผงโซลาร์เซลล์ เท่ากับ 126.11 นิวตันเมตร และแผงโซลาร์เซลล์มีจุดยึดอยู่ที่ขอบทุกด้วย จากโปรแกรมทดลองพบว่า มีความเค้นสูงสุดอยู่ที่ 0.0328 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร ดังรูปที่ 3.19 และมีความแอ่นตัว (Total Displacement) เมื่อมีหุ่นยนต์อยู่บนกระจกอยู่ที่ 0.0004 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 20



รูปที่ 3.19 การทดสอบความเค้นของแผ่นกระจก

รูปที่ 3.20 การทดสอบความแอ่นของกระจกเมื่อมีหุ่นยนต์อยู่บนกระจก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

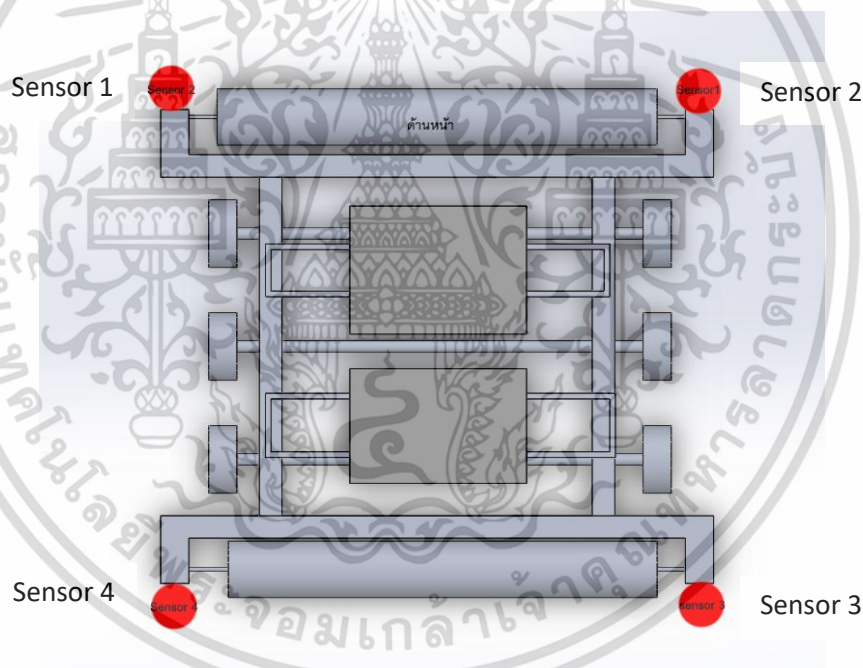
3.3 การทำงานของหุ่นยนต์

การออกแบบระบบการทำงานของหุ่นยนต์นั้นต้องคำนึงถึงความปลอดภัยต่อหุ่นยนต์และปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน การทำความสะอาดและเส้นทางการเดินแล้วทำความสะอาดได้อย่างทั่วถึง ซึ่งการออกแบบต้องมียังประกอบต่อไปนี้

1. การเคลื่อนที่แบบอัตโนมัติ
2. การทำความสะอาด
3. ความปลอดภัยของหุ่นยนต์และผู้ใช้งาน

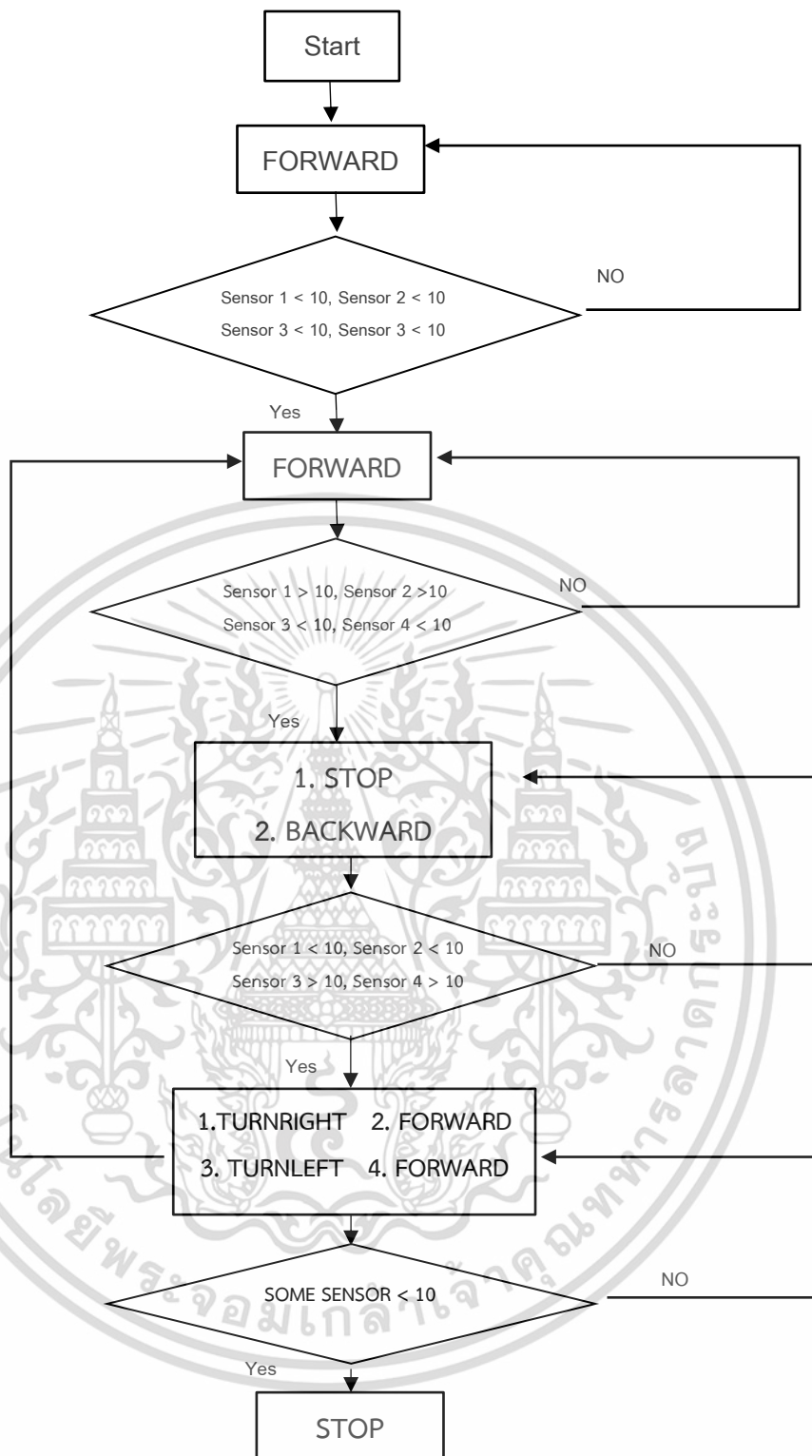
3.3.1 การเคลื่อนที่แบบอัตโนมัติ

หุ่นยนต์มีการติดตั้งเซนเซอร์ทั้งหมด 4 จุด ประกอบด้วย Sensor 1, Sensor 2, Sensor 3 และ Sensor 4 เพื่อวัดระยะตัวหุ่นยนต์กับพื้น โดย Sensor 1 และ Sensor 2 จะวัดด้านหน้าซ้าย-ขวา Sensor 3 และ Sensor 4 จะวัดด้านหลังซ้าย-ขวา ดังรูปที่ 3.21 และมีลักษณะการทำงานดังรูปที่ 3.22



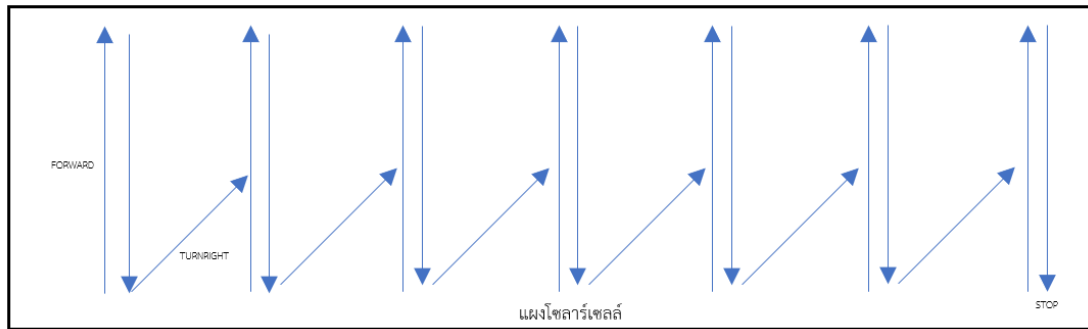
รูปที่ 3.21 ตำแหน่งของอัลตราโซนิกเซนเซอร์ 1-4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.22 แผนภูมิการระบบควบคุมอัตโนมัติ

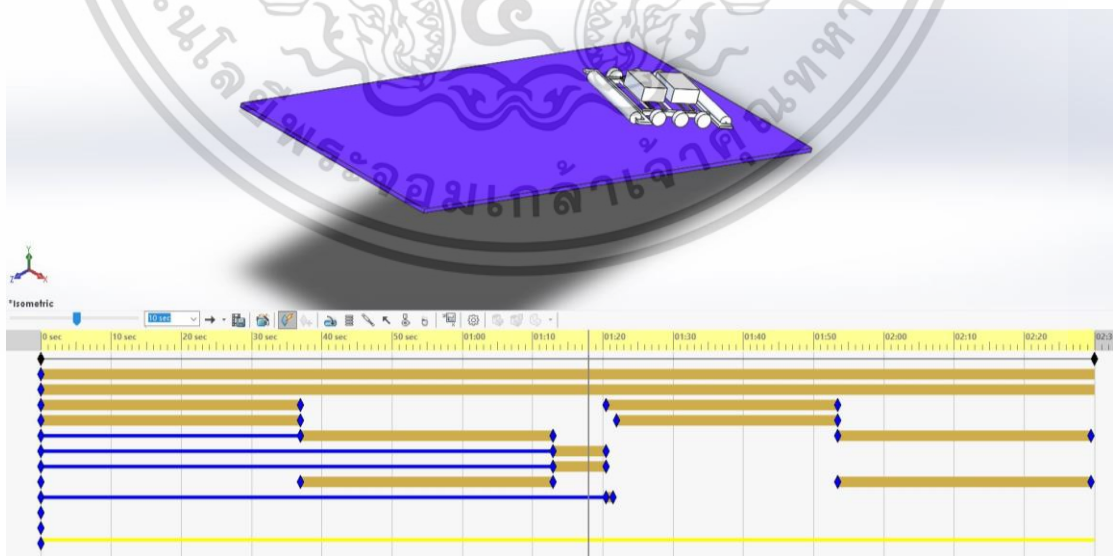
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.23 เส้นทางเดินของหุ่นยนต์

จากรูปที่ 3.23 จะพบว่าหุ่นยนต์มีลักษณะการเดินออกไปด้านขวา วิธีทำงานของหุ่นยนต์คือ เดินหน้าคำสั่ง FORWARD จน Sensor 1 และ Sensor 2 มากกว่า 10 เซนติเมตร และออกคำสั่งถอยคำสั่ง BACKWARD เมื่อหุ่นยนต์ถอยจน Sensor 3 และ Sensor 4 มากกว่า 10 เซนติเมตร ออกคำสั่งเลี้ยวขวา คำสั่ง TURNRIGHT เพื่อทำการเลี้ยวขวาและวนทำกระบวนเดินหน้าใหม่ จน Sensor 2 และ Sensor 3 มากกว่า 10 เซนติเมตร จึงออกคำสั่งหยุด คำสั่ง STOP

การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์สามารถทดลองได้ในโปรแกรม Solidworks Motion ซึ่งกำหนดให้หุ่นยนต์วิ่งบนแผงโซลาร์เซลล์ที่มีวัสดุเป็นกระจกขนาด กว้าง 200 เซนติเมตร ยาว 450 เซนติเมตร และมีความชันอยู่ที่ 20 องศา และหุ่นยนต์มีน้ำหนัก 12.86 กิโลกรัม ใช้มอเตอร์ความเร็ว 30 รอบต่อวินาที จากรูปที่ 3.24 พบว่าหุ่นยนต์ใช้ระยะเวลาเคลื่อนที่ 1 รอบ ทั้งหมด 150 วินาที โดย 1 รอบสามารถทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์ได้ 8 ตารางเมตร



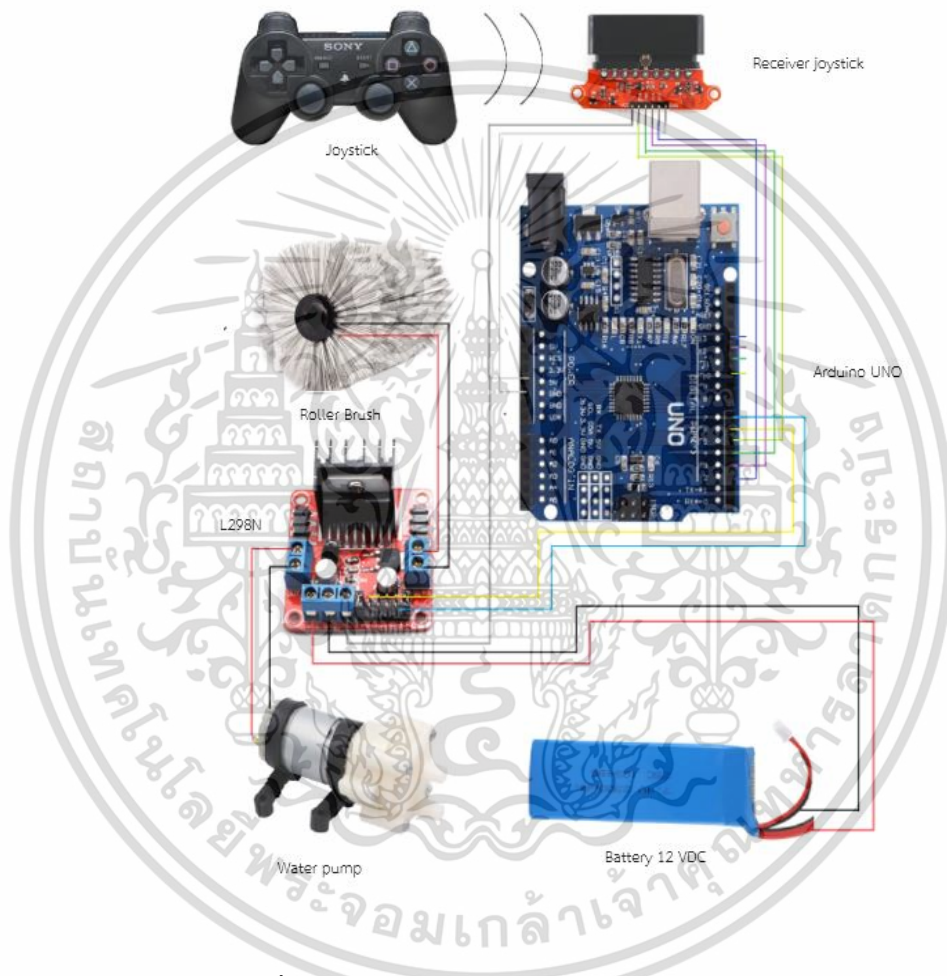
รูปที่ 3.24 ทดสอบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์บนแผงโซลาร์เซลล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 การทำความสะอาด

การออกแบบการทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์ของหุ่นยนต์นั้น หุ่นยนต์จะถูกควบคุมระบบดังกล่าวด้วย Joystick ไร้สาย ดังรูปที่ 3.25 และจะมีหน้าที่ดังนี้

1. เปิด-ปิด หุ่นยนต์
2. เปิด-ปิด ปุ่มฉีดน้ำ
3. เปิด-ปิด แปรรงทำความสะอาด



รูปที่ 3.25 ส่วนประกอบของชุดควบคุมด้วย Joystick

ชุดควบคุมผ่าน Joystick จะทำงานผ่านผู้ใช้ โดยผู้ใช้จะดำเนินการบังคับ Joystick ด้วยตัวเองและ Joystick จะส่งสัญญาณไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ และส่งสัญญาณต่อไปยังชุดขับเคลื่อนมอเตอร์ เพื่อไปขับมอเตอร์ให้ไปในทิศทางที่ต้องการ หรือทำคำสั่งเปิด-ปิด ระบบทำความสะอาด ซึ่งมีลักษณะรูปที่ 3.26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.26 หุ่นยนต์ควบคุมผ่าน Joystick

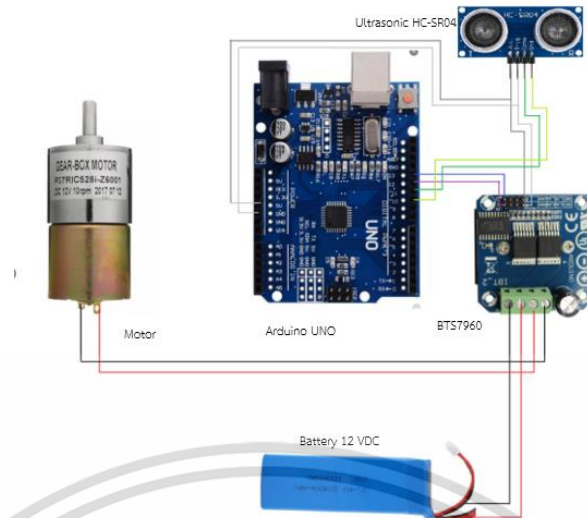
ส่วนการออกแบบการทำงานของระบบฉีดน้ำ จะทำเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำความสะอาดโดยจะประกอบไปด้วยปั้มน้ำ 12 โวลต์ อัตราการไหลของน้ำอยู่ที่ 2-3 มิลลิลิตร/วินาที ซึ่งขึ้นอยู่กับอัตราการไหลที่ใช้ และสามารถปรับอัตราการไหลเพิ่มเติมได้ที่ Nozzle โดยหัวมีขนาดปรับได้อยู่ที่ 2-8 มิลลิเมตร ทั้งนี้ปั้มน้ำมีหน้าที่สำหรับเปิด-ปิดน้ำโดยระบบน้ำจะเปิดและปิด เพื่อไม่ให้มีปริมาณน้ำมากเวลาหุ่นยนต์เคลื่อน

สำหรับการใช้งาน L298N ชุดขับเคลื่อนมอเตอร์ชนิด H-Bridge ซึ่งส่วนใหญ่จะถูกนำไปใช้ในการควบคุมทิศทางและความเร็วของมอเตอร์ ซึ่งสามารถควบคุมมอเตอร์ได้ทั้งหมด 2 Channel วงจร H-Bridge ของ L298N จะขับเคลื่อนมอเตอร์

3.3.3 ระบบความปลอดภัยของหุ่นยนต์และผู้ใช้งาน

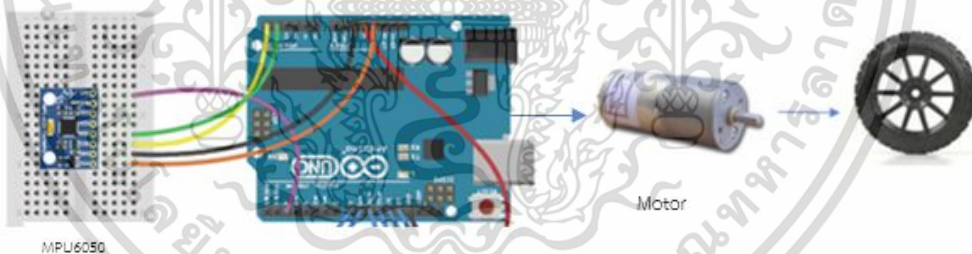
หุ่นยนต์ต้องเดินบนแผงโซลาร์เซลล์ที่มีความสูง และมีความเสี่ยงที่ต้องตกจากแผงโซลาร์เซลล์ ทำให้เกิดอันตรายต่อผู้ใช้งานและต่อทรัพย์สินอื่น ๆ ได้ ดังนั้นจึงต้องออกให้ระบบความปลอดภัยแล้วออกคำสั่งให้หุ่นหยุดเมื่อเกิดเหตุการณ์ไม่ปลอดภัย ซึ่งการออกแบบนั้นจะแยกเป็น 2 ส่วนด้วยกันคือ

1. ระบบกันตกแผงโซลาร์ของหุ่นยนต์ ซึ่งหุ่นยนต์จะมีเซนเซอร์กันตก โดยใช้เป็นเซนเซอร์อัลตราโซนิก 4 ชุด ให้กำหนดระยะในการหยุด หุ่นยนต์จะรับคำสั่งแรกคือ FORWARD เพื่อสั่งให้หุ่นยนต์เดินไปด้านหน้า และเมื่อถึงจุดสุดแผงเซนเซอร์จะส่งสัญญาณบอกให้ STOP หยุดการทำงานเมื่อหุ่นยนต์ถึงขอบ โดยมีวงจรดังรูปที่ 3.27



รูปที่ 3.27 ส่วนประกอบการทำงานของอัลตราโซนิก

2. หุ่นยนต์มีน้ำหนัก 12 กิโลกรัม มีความหนักอาจส่งผลให้ลื่นและเดินไม่ตรงคำสั่ง ดังนั้นต้องเพิ่มเซนเซอร์ MPU6050 ที่สามารถวัดค่ามุมทั้ง 3 แกนได้ ซึ่ง Accelerometer/Gyro Module GY-521 MPU6050 เป็นโมดูลวัดความเร่งวัดได้ 3 แกน X, Y, Z เมื่อค่ามุมเปลี่ยนแปลงไปจากแนวระดับ โมดูลนี้จะส่งค่ามุมเป็นค่า Raw Value ออกมาและส่งต่อไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อออกคำสั่งไปยังล้อให้ทรงตัวให้เดินตามแนวเดิม ดังรูปที่ 3.28



รูปที่ 3.28 ส่วนประกอบระบบทรงตัวของหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 กล่าวนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนในการทดลองต่าง ๆ เพื่อทดลองประสิทธิภาพของอุปกรณ์และระบบที่ได้ออกแบบไว้ให้ชัดเจนยิ่งขึ้น และเป็นแนวทางในการดำเนินงานต่อไป โดยมีจุดมุ่งหมายคือ

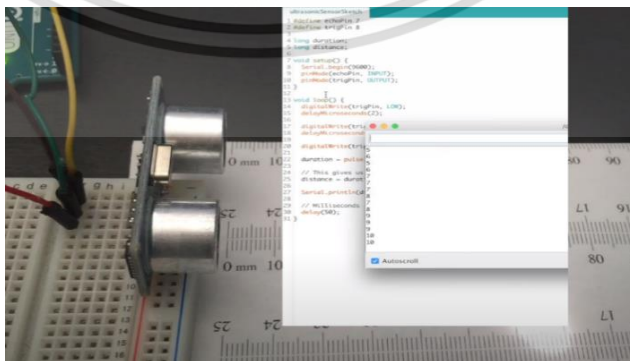
1. ทดลองความสามารถของเซนเซอร์อัลตราโซนิก
2. ทดลองการทำงานของระบบขับเคลื่อน
3. ทดลองความสามารถของ Gyroscope รุ่น MPU6050 เพื่อช่วยการทรงตัว
4. ทดลองเพิ่มล้อของหุ่นยนต์ เพื่อเพิ่มการทรงตัว
5. ทดลองความเร็วเมื่อความลาดชันต่างกัน
6. ทดลองระบบทำความสะอาด

4.2 ทดลองความสามารถของเซนเซอร์และการลดผลกระทบจากสภาพแวดล้อม

ในการทดลองใช้เซนเซอร์อัลตราโซนิก HC-SR049 ติดตั้งกับอุปกรณ์ทดลองซึ่งจะทำมุมระนาบกับพื้นทดลอง ซึ่งอุปกรณ์ทดลองและพื้นสามารถปรับระยะทางให้สอดคล้องกับแบบการทดลองได้และเซนเซอร์อัลตราโซนิก HC-SR049 จะต่อกับอุปกรณ์ชุดควบคุม Arduino ซึ่งจะสามารถแสดงผลการวัดผ่านจอคอมพิวเตอร์ได้

4.2.1 ผลการทดลองหาค่าความคลาดเคลื่อนเซนเซอร์อัลตราโซนิก HC-SR049

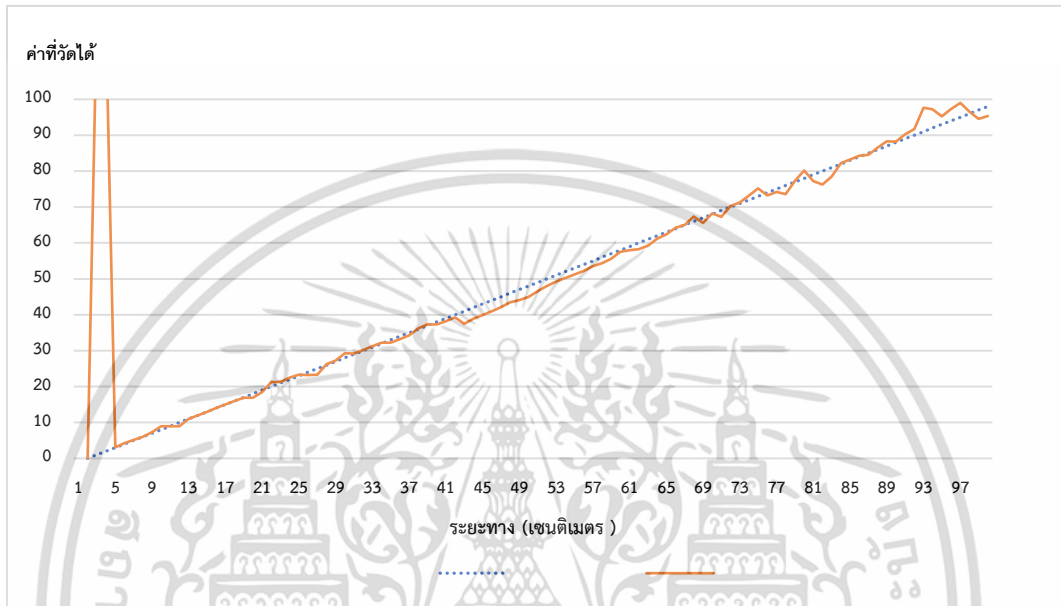
ผลการทดลองการวัดของเซนเซอร์อัลตราโซนิก HC-SR049 เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพและความเหมาะสมกับการวัดระยะทางได้ดีเพียงใด การทดลองได้ทำการวัดทุก ๆ 1 เซนติเมตร แต่ระยะการวัดเริ่ม 0 ถึง 100 เซนติเมตร ซึ่งรูปแบบการทดลองมีลักษณะดังรูปที่ 4.1



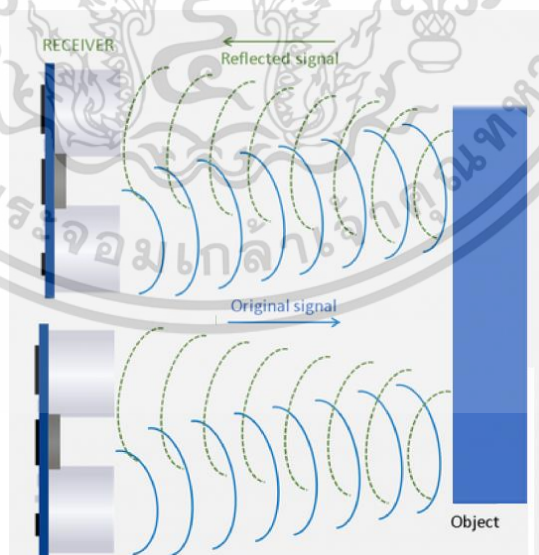
รูปที่ 4.1 การทดลองเซนเซอร์อัลตราโซนิก HC-SR049

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองพบว่า เซนเซอร์อัลตราโซนิก HC-SR049 ไม่สามารถวัดระยะ 0-2 เซนติเมตร ได้อย่างแม่นยำและไม่มีค่าความเที่ยงตรงในระยะ 10-100 เซนติเมตร โดยระยะที่วัดมีความแปรปรวน หรือแกว่งค่าต่ำ เมื่อมีการเปลี่ยนระยะในหน่วยเซนติเมตร ดังรูปที่ 4.2 ซึ่งจะมีการเปลี่ยนระยะของเซนเซอร์ไปด้วย ทั้งนี้อาจจะมีปัจจัยอื่นที่มีผลกระทบต่อเซนเซอร์อัลตราโซนิก ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.2 รูปแบบการทดลองเซนเซอร์อัลตราโซนิก HC-SR049



รูปที่ 4.3 ปัญหาการส่งสัญญาณรบกวน

4.2.2 การทดลองเปรียบเทียบการเพิ่มแผ่นลดเสียงกันสะท้อน

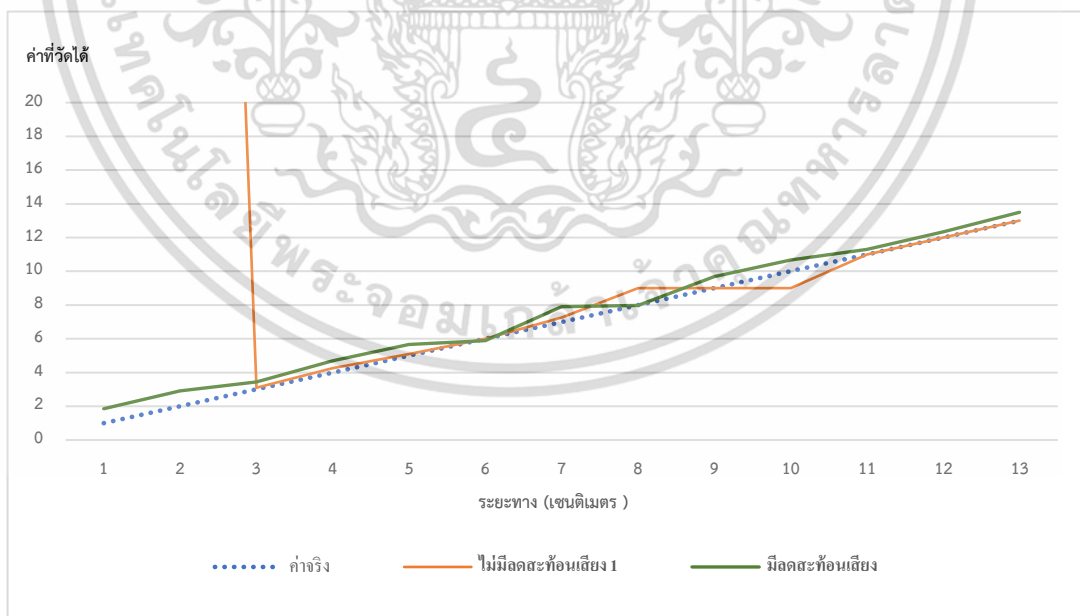
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อประกอบรถทดลองเสร็จพบว่า การวัดค่าของเซนเซอร์อัลตราโซนิก HC-SR049 มีความเที่ยงตรง มีค่าไม่เที่ยงตรงในระยะที่มากกว่า 10 เซนติเมตร และระยะที่ต่ำกว่า 2 เซนติเมตร อันเนื่องมาจากการรับและส่งสัญญาณมีปัญหาจากการรบกวนของตัวอุปกรณ์เอง ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงออกแบบการเพิ่มอุปกรณ์แผ่นลดเสียงสะท้อน ดังรูปที่ 4.4 เพื่อช่วยในการกำจัดคลื่นรบกวน ซึ่งอุปกรณ์ดังกล่าวก็สามารถทำงานได้อย่างดี



รูปที่ 4.4 เพิ่มอุปกรณ์โฟมลดเสียงสะท้อนบนอุปกรณ์เซนเซอร์อัลตราโซนิก HC-SR049

ผลการทดลองเพิ่มโฟมลดเสียงสะท้อนพบว่าเซนเซอร์อัลตราโซนิก HC-SR049 สามารถวัดค่าในช่วง 1-3 เซนติเมตร ดังรูปที่ 4.5 อันเนื่องมาจากผลกระทบจากการรบกวนของคลื่นอัลตราโซนิกด้วยตัวเองและในระยะ 80 เซนติเมตร ขึ้นไปยังมีความแม่นยำเท่าเดิม



รูปที่ 4.5 กราฟเปรียบเทียบระหว่างการเพิ่มและไม่ได้เพิ่มอุปกรณ์โฟมลดเสียงสะท้อน

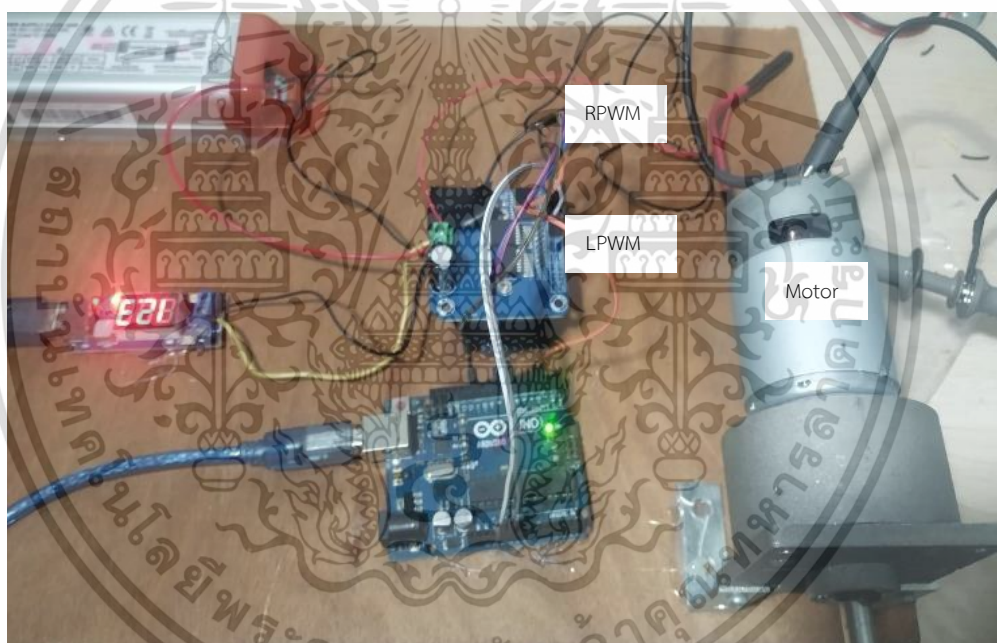
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ทดลองการทำงานของระบบขับเคลื่อน

การทดลองระบบขับเคลื่อนนั้น จะทำการวัดสัญญาณจากมอเตอร์และสัญญาณจาก RPWM และ LPWM จากบอร์ดขับเคลื่อนมอเตอร์ สัญญาณ PWM ย่อมาจาก Pulse Width Modulation เป็นเทคนิคการเข้ารหัสสัญญาณ Digital ให้มีเอาต์พุตเฉลี่ยคล้ายสัญญาณ Analog ลักษณะการทำงานคือตัวบอร์ดจะสร้างลอจิก HIGH และ ลอจิก LOW สลับกันทำให้ Pulse Width ค่าคาบเวลา ช่วง HIGH ของสัญญาณ 1 ลูกคลื่น มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์หรือเรียกอีกอย่างว่า Duty Cycle โดยการทดลองนี้จะทดลองความสามารถในการทำงาน โดยจะวัดสัญญาณ PWM ดังนี้

1. สัญญาณที่ Duty cycle 50 เปอร์เซ็นต์ จำลองขณะเลี้ยว
2. สัญญาณที่ Duty cycle 100 เปอร์เซ็นต์ จำลองขณะเดินหน้าและถอยหลัง

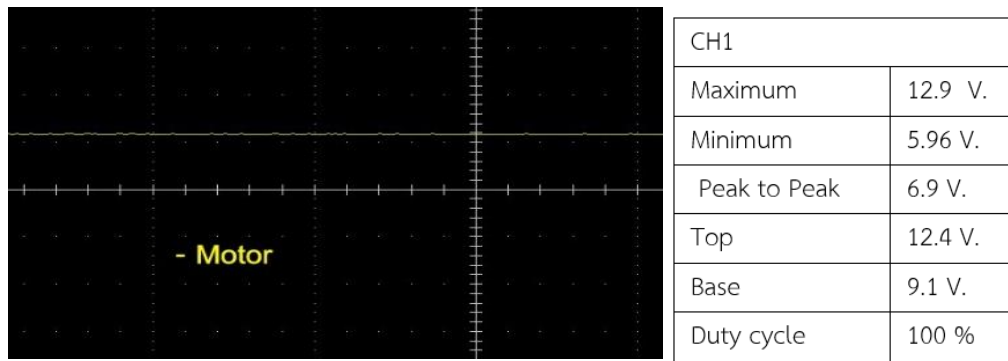
การทดลองนี้เพื่อที่จะนำรูปสัญญาณนั้น ๆ มาวิเคราะห์ โดยมีลักษณะการทดลองดังรูปที่ 4.6



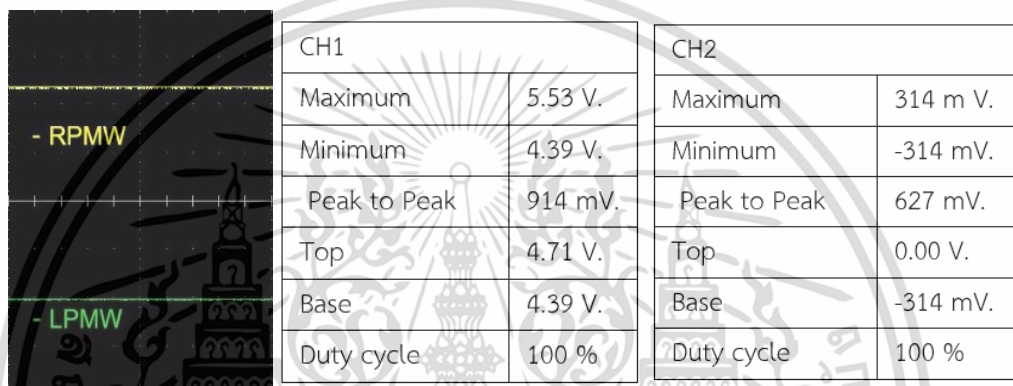
รูปที่ 4.6 ทดลองการทำงานของระบบขับเคลื่อน

ซึ่งการทดลองจะต่อชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino ต่อเข้ากับชุดขับเคลื่อนมอเตอร์ BTS7960 และใช้มอเตอร์ชุดขับเคลื่อน 12 โวลต์ 30 รอบต่อนาที เพื่อจำลองการทำงานของหุ่นยนต์โดยการทดลองจะทำการส่งสัญญาณ PWM เข้าไปยังมอเตอร์ โดยแบ่งการทดลองเป็น 2 รูปแบบ ดังที่กล่าวไปข้างต้น ซึ่งจะสามารถนำสัญญาณดังกล่าวมาวิเคราะห์ เพื่อนำไปปรับใช้ในหุ่นยนต์ให้สามารถขับเคลื่อนบนแผงโซลาร์เซลล์ได้โดยมีประสิทธิภาพสูงสุด เมื่อหุ่นยนต์ได้รับคำสั่ง FORWARD จะได้ค่าสัญญาณที่มอเตอร์ดังรูปที่ 4.7 และสัญญาณจาก RPWM และ LPWM ดังรูปที่ 4.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

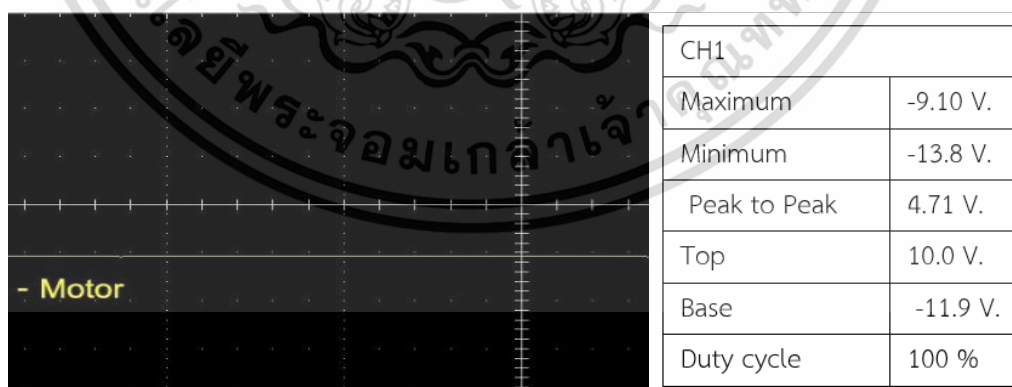


รูปที่ 4.7 กราฟของมอเตอร์เคลื่อนที่ โดยคำสั่ง FORWARD



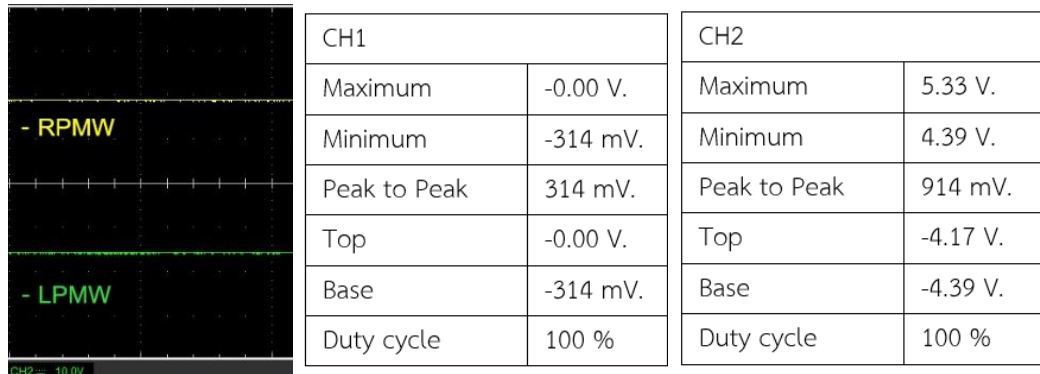
รูปที่ 4.8 กราฟของสัญญาณชุดขับเคลื่อนที่ โดยคำสั่ง FORWARD

เมื่อหุ่นยนต์คำสั่ง BACKWARD และมีโค้ดคำสั่งที่ระบบ Duty cycle 100 % จะได้ค่าสัญญาณที่มอเตอร์ดังรูปที่ 4.9 และสัญญาณจาก RPWM และ LPRWM ดังรูปที่ 4.10



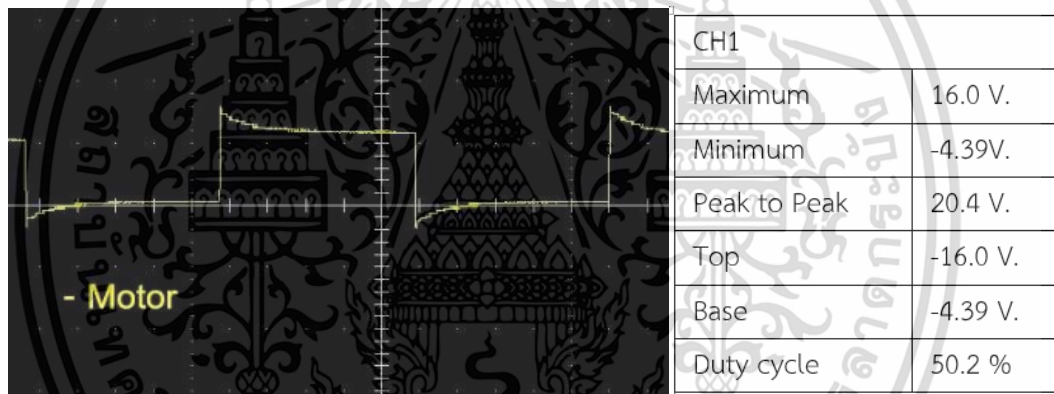
รูปที่ 4.9 กราฟของมอเตอร์เคลื่อนที่ โดยคำสั่ง BACKWARD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 กราฟของสัญญาณชุดขับเคลื่อนที่ โดยคำสั่ง BACKWARD

เมื่อหุ่นยนต์คำสั่งเดินหน้า TURNRIGHT หรือ TURNLEFT หุ่นยนต์มีโค้ดคำสั่งที่ระบบ Duty cycle 50 % จะได้ค่าสัญญาณที่มอเตอร์ดังรูปที่ 4.11 และสัญญาณจาก RPWM และ LPWM ดังรูปที่ 4.12 และคำสั่งถอยหลัง Duty cycle 50 % ดังรูปที่ 4.13

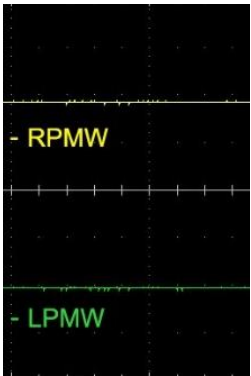


รูปที่ 4.11 กราฟของมอเตอร์เคลื่อนที่ โดยคำสั่งเดินหน้า TURNRIGHT หรือ TURNLEFT



รูปที่ 4.12 กราฟของชุดขับเคลื่อนที่ โดยคำสั่งเดินหน้า TURNRIGHT หรือ TURNLEFT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	CH1		CH2	
	Maximum	314 mV.	Maximum	314 mV.
	Minimum	-914 mV.	Minimum	-914 mV.
	Peak to Peak	1.25 V.	Peak to Peak	1.25 V.
	Top	314 mV.	Top	0.00 V.
	Base	-914 mV.	Base	-914 mV.
	Duty cycle	50.2 %	Duty cycle	49.8 %

รูปที่ 4.13 กราฟของชุดขับเคลื่อนมอเตอร์เคลื่อนที่ โดยคำสั่งถอยหลัง TURNRIGHT หรือ TURNLEFT

จากการทดลองที่ Duty Cycle 100 % พบว่าอุปกรณ์ขับเคลื่อนมอเตอร์ได้ส่งแรงดันไฟฟ้าไปยังมอเตอร์เมื่อมีคำสั่งเดินหน้าอยู่ที่ 11.1 โวลต์ ซึ่งได้รับสัญญาณจากบอร์ด Arduino จากขา RPWM อยู่ที่ 4.65 โวลต์ และขา LPWM อยู่ที่ 314 มิลลิโวลต์ เมื่อมีคำสั่งถอยหลัง จะส่งแรงดันไฟฟ้าไปยังมอเตอร์ -11.3 โวลต์ ซึ่งได้รับสัญญาณจากบอร์ด Arduino จากขา RPWM อยู่ที่ -23.4 มิลลิโวลต์ และ LPWM อยู่ที่ 4.68 โวลต์ ดังตารางที่ 4.1

การทดลองที่ Duty Cycle 50 % พบว่าอุปกรณ์ขับเคลื่อนมอเตอร์ได้ส่งแรงดันไฟฟ้าไปยังมอเตอร์เมื่อมีคำสั่งเดินหน้า อยู่ที่ 5.45 โวลต์ ซึ่งได้รับสัญญาณจาก บอร์ด Arduino จากขา RPWM อยู่ที่ 1.76 โวลต์ และขา LPWM อยู่ที่ 314 มิลลิโวลต์ เมื่อมีคำสั่งถอยหลัง จะส่งแรงดันไฟฟ้าไปยังมอเตอร์ 0 V ซึ่งได้รับสัญญาณจากบอร์ด Arduino จากขา RPWM อยู่ที่ -318 มิลลิโวลต์ และ LPWM อยู่ที่ -311 มิลลิโวลต์ ดังตารางที่ 4.1 ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าหุ่นยนต์ไม่สามารถถอยหลังได้เมื่อมีคำสั่งที่ Duty cycle 50 % โดยการเลี้ยวจะเป็นการเดินหน้าเลี้ยวแทน

ตารางที่ 4.1 สรุปผลค่าแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยของอุปกรณ์ของตัวขับเคลื่อนมอเตอร์

วิธีการทดลอง	Duty cycle 0 %	Duty cycle 50 %	Duty cycle 100 %
สัญญาณจากมอเตอร์			
มอเตอร์เดินหน้า	0	5.45 V	11.1 V
มอเตอร์ถอยหลัง	0	0	-11.3 V
สัญญาณจากคอลโทลเลอร์คำสั่ง FOWORD และ BACKWARD			
RPWM เดินหน้า	0	1.76 V	4.65 V
LPWM เดินหน้า	0	314mV	314 mV
RPWM ถอยหลัง	0	-318 mV	-23.4 mV
LPWM ถอยหลัง	0	-311 mV	4.68 V

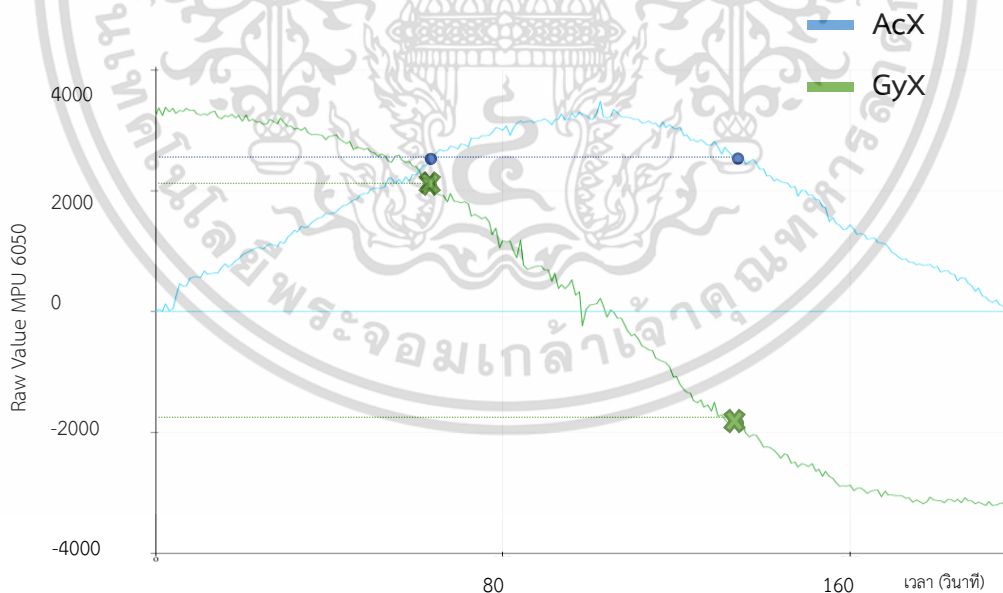
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ทดลองความสามารถ Gyroscope รุ่น MPU6050 การวัดมุมแกน X ของอุปกรณ์

การทดลองได้จัดทำกระดานโดยสามารถปรับมุมตั้งแต่ 0 - 180 องศา โดยการทดลองนั้นจะปรับมุมมองและจะปรับมุมและวัดค่าไปถึง 90 องศา และหมุนไปอีก 90 องศา เพื่อได้ให้ระยะในครั้งวงกลมและทางผู้วิจัยจะทำการพล็อต (Plot) กราฟเป็นค่า GyX และ AcX ที่วัดได้ โดยสีเขียวจะเป็น GyX และสีฟ้าจะเป็น AcX ซึ่งการทดลองจะทำการวัดที่ความชัน AsixZ 2 ระดับคือระดับ 0 องศา และ 20 องศา ซึ่งการทดลองจะพบว่า รายละเอียดการวัดของ MPU 6050 นั้นจะแสดงในรูปที่ 4.14 และรูปที่ 4.15

4.4.1 ผลการทดลองความสามารถของ Gyroscope รุ่น MPU 6050

ในการวัดเป็นมุมออกมาเป็นค่านั้น ไม่มีความละเอียดและไม่มีความแม่นยำโดยความละเอียดของมุมในแกน X ในการทดลอง 4.4 นั้น ตัวอุปกรณ์สามารถวัดได้ค่าความละเอียดได้แค่ 3 องศา ถึง 5 องศา โดยประมาณ ซึ่งไม่สามารถวัดละเอียดได้ ดังนั้นการนำไปใช้ในหุ่นยนต์นั้นต้องมีอุปกรณ์ตัวอื่น ๆ ช่วยในการทำงาน เช่น เซนเซอร์จับระยะทาง ล้อที่ลดการกระแทก ส่วนความแม่นยำของหุ่นยนต์นั้น จากการทดลองพบว่าเซนเซอร์มีขนาดเล็กและมีประสิทธิภาพที่ต่ำเกินไป ดังนั้นบางกรณีหุ่นยนต์สามารถอ่านค่าผิดพลาดได้สูงเช่น การตกหลุมขณะหุ่นยนต์เดินเปลี่ยนแผ่นแผงโซลาร์เซลล์



รูปที่ 4.14 กราฟค่า GyX และ AcX ในมุม 0-180 องศา ขณะความชัน Z= 0 องศา

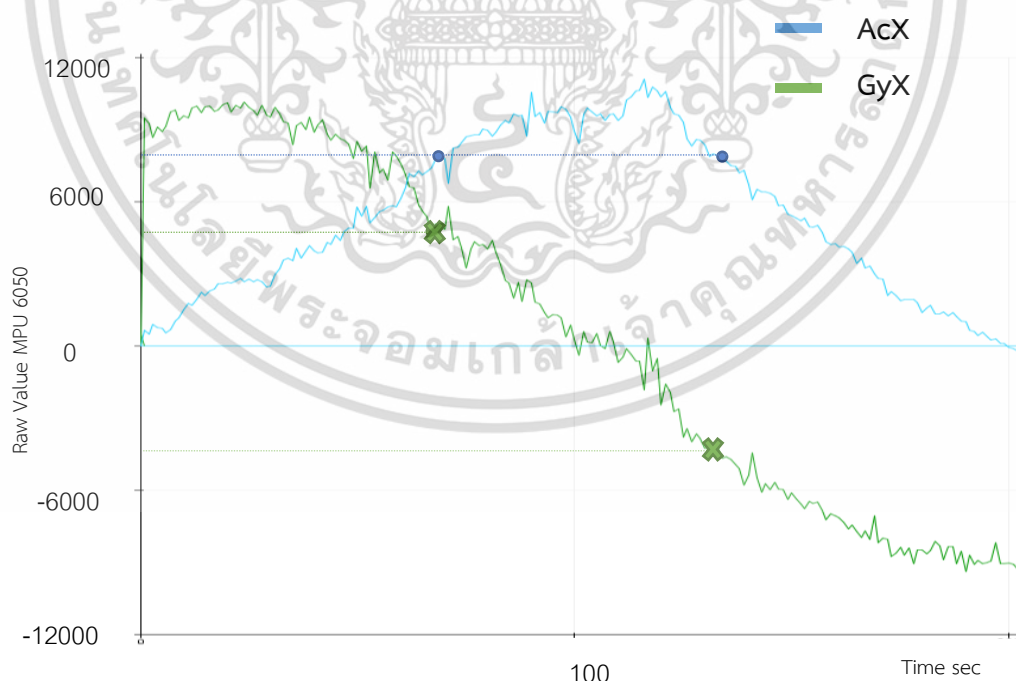
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ค่า GyX และ AcX ในมุม 0-180 องศา ขณะความชัน Z=0 องศา

Time (s)	Angle	GyX	AcX
62	60	2536	2031
130	120	-1575.5	2031

ตารางที่ 4.2 จะพบเห็นค่า Gyx และ AcX แสดงออกมาในจำนวนของ Raw Value MPU 6050 โดยค่าดังกล่าวเป็นค่าดิบที่อุปกรณ์ส่งออกมาแสดงในโปรแกรม Arduino และทางผู้วิจัยได้ทำการแปลงค่า Raw value ของ Gyroscope รุ่น MPU 6050 ให้อยู่ในค่ามุมที่สามารถนำมาปรับใช้ได้ จะเห็นได้ตามตารางที่ 4.2 หัวข้อ Angle X

ซึ่งการทดลอง 4.4.1 ได้ทำการทดลอง 2 รูปแบบค่ามุมเอียงในระดับแนวตั้งคือ ระนาบกับพื้น และเอียงจาก 20 องศา ซึ่งจะเห็นผลได้จาก ตารางที่ 4.2 พบว่าค่าของ ค่าเริ่มต้นของ GyX, AcX ได้แปรผันตามระดับแนวตั้งซึ่งจะส่งผลให้ค่า Raw Value มีค่ามากขึ้นต่างจากการทดลองรูปแบบแนวตั้ง และทำการแปลงค่า Raw Value ให้มีค่าเป็นมุมตาม และจากรูปที่ 4.15 จะเห็นตำแหน่งของ Angle X ของเส้นสีเขียว Gyx 2 ตำแหน่ง และ AcX 2 ตำแหน่ง นั้นหมายความว่าถึงมุม 60 องศา และ 120 องศา ดังตารางที่ 4.3



รูปที่ 4.15 กราฟค่า GyX และ AcX ในมุม 0-180 องศา ขณะความชัน Z = 20 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

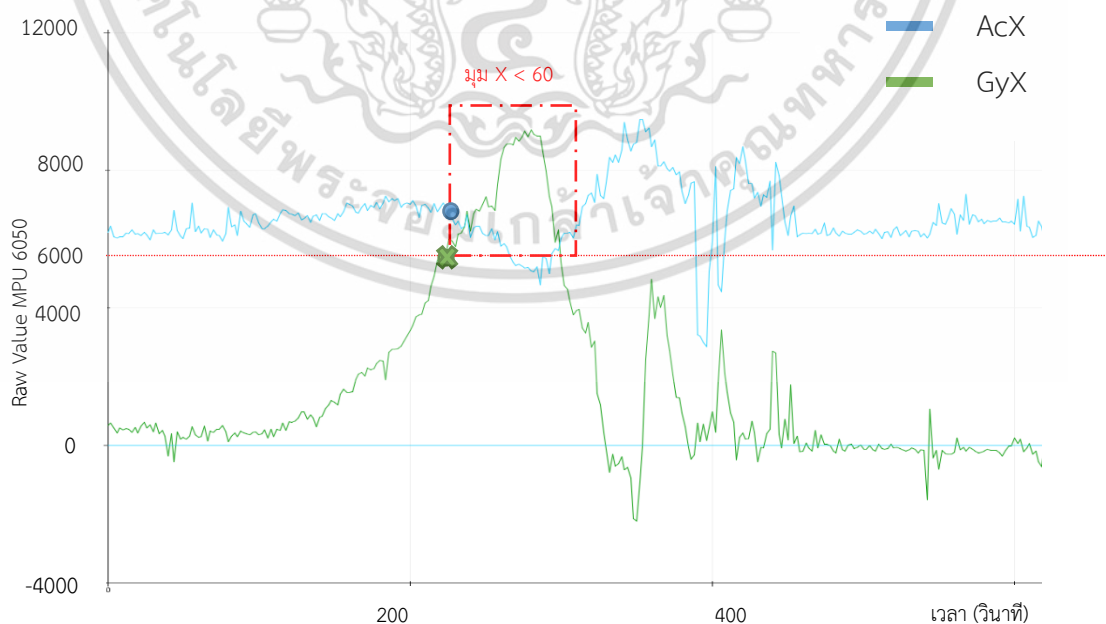
ตารางที่ 4.3 ค่า GyX และ AcX ในมุม 0-180 องศา ขณะความชัน Z = 20 องศา

Time (s)	Angle	GyX	AcX
62	60	4891	7351
128	120	-5569	7727

4.4.2 ผลทดลองวิ่งหุ่นยนต์ในความชันที่ 20 องศา บนแผงโซลาร์เซลล์

การทดลองพบว่าหุ่นยนต์มีการเลื่อนไถลจากแรงโน้มถ่วงทำให้จุดศูนย์กลางรถคลาดเคลื่อนจากเดิมทำให้ระยะเดินทางและความสามารถในการทำความสะอาดลดลง ทำให้ผู้วิจัยได้ทำการทดลองเพิ่ม Gyroscope รุ่น MPU 6050 เข้าไปในหุ่นยนต์เพื่อส่งค่าสถานะของตำแหน่งในแนวแกน X แกน Y และแกน Z ว่ามีค่าตรงตามที่กำหนดหรือไม่ ซึ่งการกำหนดระยะการทรงตัวนั้น ผู้วิจัยได้กำหนดค่าให้ 60 องศา < X < 120 องศา ซึ่งเป็นค่าโปรแกรมที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ให้ออกคำสั่งรักษาสมดุลหุ่นยนต์ให้อยู่ในระยะมุมดังกล่าว และหุ่นยนต์จะทำกระบวนการทรงตัวให้เสร็จก่อนแล้วจึงกลับไป ทำตามคำสั่งเดิม ทั้งนี้การที่ระบบจะแม่นยำได้ต้องขึ้นอยู่กับตัว Gyroscope รุ่น MPU 6050

เมื่อหุ่นยนต์เคลื่อนที่ได้ 200 วินาที หุ่นยนต์มีการลื่นไถลออกซ้ายทำให้เซนเซอร์ Gyroscope รุ่น MPU 6050 วัดค่ามุม X ออกมาได้น้อยกว่า 60 องศา และหุ่นยนต์ได้ออกคำสั่งเลี้ยวขวาเพื่อรักษาสมดุลจากกราฟจะเห็นว่าเมื่อเลี้ยวขวาเข้ารักษามุมที่ 90 องศา ดังรูปที่ 4.16 จะมีการแกว่งของกราฟนั้นแสดงให้เห็นถึงแรงเฉื่อยในคำสั่งเลี้ยวขวา และมีลักษณะเคลื่อนที่เอียงดังรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.16 กราฟค่า GyX และ AcX ขณะหุ่นยนต์วิ่งบนความชัน 20 องศา

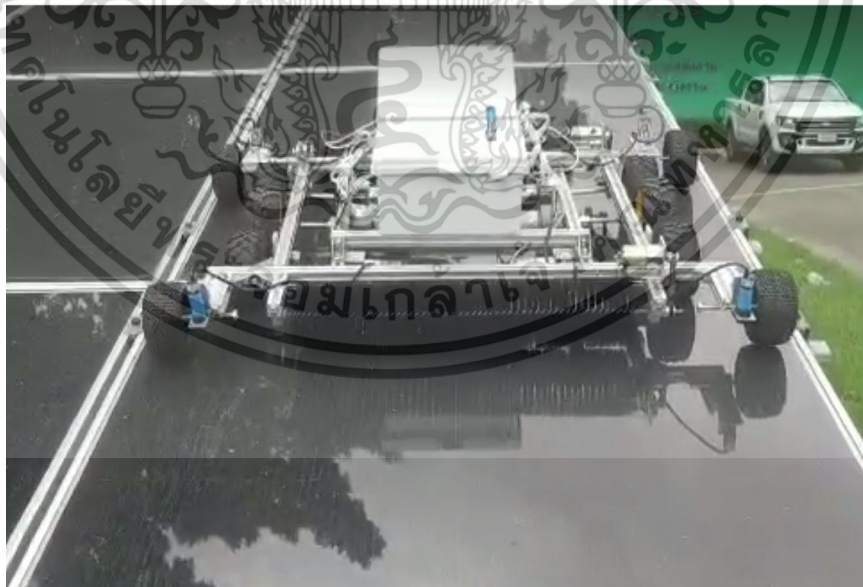
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.17 หุ่นยนต์วิ่งออกเสียงขวาเมื่อขณะเคลื่อนที่

4.5 การควบคุมการทรงตัวของหุ่นยนต์โดยการเพิ่มล้อเป็น 10 ล้อ

จากการทดลองที่ 4.4 พบว่าหุ่นยนต์วิ่งในความเร็วคงที่และมีการปรับมุมการวิ่ง 1 ครั้งในวินาทีที่ 200 และหลังจากปรับมุมเข้าสู่ปกติแล้วหุ่นยนต์ยังมีแนวโน้มในการเอียงไปด้านซ้าย เมื่อ $X < 60$ ซึ่งผู้วิจัยได้จัดทำทดลองที่ 4.5 เพื่อทดลองเพิ่มล้ออีก 4 ล้อเพิ่มปรับสมดุลของหุ่นยนต์และทำการวัดระยะเปรียบเทียบ ดังรูปที่ 4.18

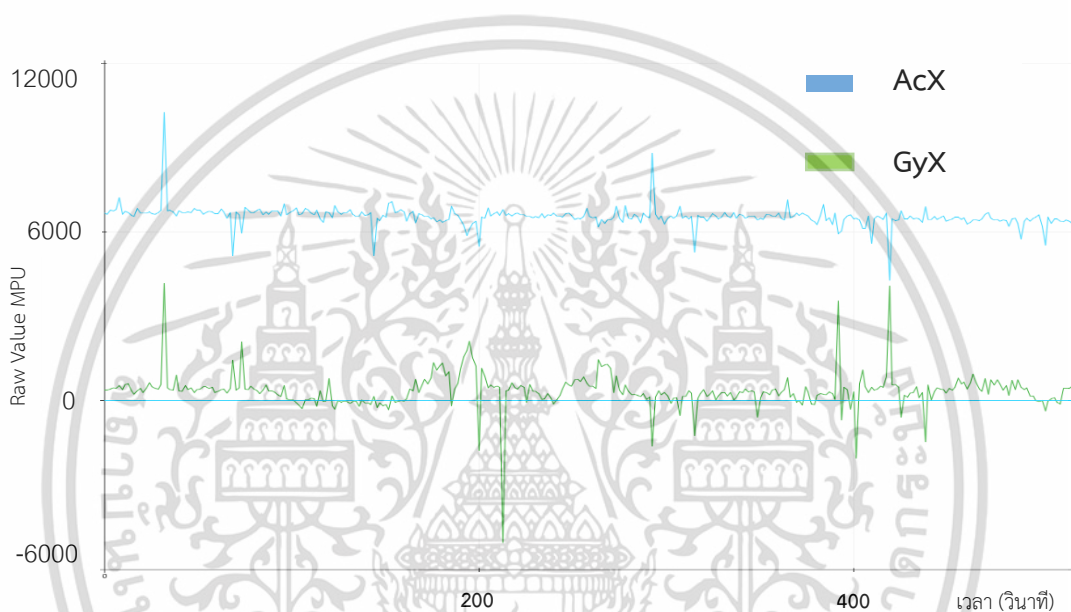


รูปที่ 4.18 ภาพการทรงตัวของหุ่นยนต์ขณะเพิ่มเป็น 10 ล้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.1 ผลการทดลองของการทดลองการเพิ่มล้อเป็น 10 ล้อ

จากการทดลองพบว่า หุ่นยนต์วิ่งได้อย่างปกติ โดยมุมที่วัดได้อยู่ในค่าที่ทำให้หุ่นยนต์ทำตามคำสั่ง FORWARD อย่างเดียว และช่วงเวลาที่ 200 วินาที จะมีค่า Error บ้างซึ่งเป็นช่วงที่หุ่นยนต์เปลี่ยนแผงโซลาร์เซลล์เมื่อมีแรงกระแทก ดังรูปที่ 4.18 และการทำงานของหุ่นยนต์ที่วิ่งตรงอย่างเดียวเมื่อมีคำสั่ง FORWARD จะทำให้ความเร็วของหุ่นยนต์คงที่อยู่ที่ 0.009 เมตร/วินาที ตามการทดลองที่ 4.6 ซึ่งอาจจะมีค่าคลาดเคลื่อนได้เนื่องจากมีสิ่งรบกวนจากสภาพภายนอกเช่น ลม และการกระแทกเวลาหุ่นยนต์เดินเปลี่ยนแผงพอดิ ซึ่งเป็นปัจจัยที่ทำให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่และทำความสะอาดได้ไม่เต็มที่



รูปที่ 4.19 กราฟค่า GyX และ AcX ขณะหุ่นยนต์วิ่งบนความชัน 20 องศา และเพิ่มเป็น 10 ล้อ

4.6 ผลการทดลองความเร็วและระยะทาง

เมื่อทดลองให้หุ่นยนต์วิ่งทำความสะอาดโดยเปิดแปรงทำความสะอาดเพียงอย่างเดียว โดยระยะทาง 4.5 เมตร รถหุ่นยนต์ใช้เวลาในการเคลื่อนที่ประมาณ 50 วินาที ดังนั้นความเร็วในการเคลื่อนที่คือ

$$v = s/t \quad (4.1)$$

โดยที่

v = หุ่นยนต์ (เมตร/วินาที)

s = ระยะทาง (เมตร)

t = ช่วงระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ (วินาที)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อหุ่นยนต์วิ่งด้วยระดับความชันที่ต่างกันทำให้ ช่วงระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนนี้ถึงเป้าหมายนั้นเปลี่ยนไปตามความเร็วของหุ่นยนต์ ซึ่งการทดลองได้ทำการทดลองระบบความชันที่ 0 องศา, 20 องศา และ 30 องศา และมีผลการทดลองดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ความเร็วของหุ่นยนต์

การทดลอง	ความชัน	เวลา	ระยะทาง	ความเร็วเดินทาง	ความเร็วถอยหลัง
1	0 องศา	37 วินาที	4.5 เมตร	0.12 เมตร/วินาที	0.12 เมตร/วินาที
2	20 องศา	50 วินาที	4.5 เมตร	0.09 เมตร/วินาที	0.10 เมตร/วินาที
3	30 องศา	N/A	4.5 เมตร	N/A	N/A

จากการทดลองพบว่า การทดลองที่ 3 ความชันที่ 30 องศา หุ่นยนต์ไม่สามารถวิ่งขึ้นที่ความชัน 30 องศา ได้เนื่องจากความมีการลื่นไถลลงมาจากความหนักของหุ่นยนต์และความสามารถในการเกาะยึด ซึ่งหุ่นยนต์วิ่งได้แค่ระยะทาง 1 เมตรก็ลื่นไถลลงมา

สรุปได้ว่าหุ่นยนต์วิ่งได้ระดับความชันมากที่สุด 20 องศา ที่ความเร็ว 0.09 เมตร/วินาที ความเร็วดังกล่าวไม่ได้เร็วมาก แต่สามารถทำความสะอาดได้อย่างทั่วถึงและปลอดภัยในการเคลื่อนที่บนแผงโซลาร์เซลล์

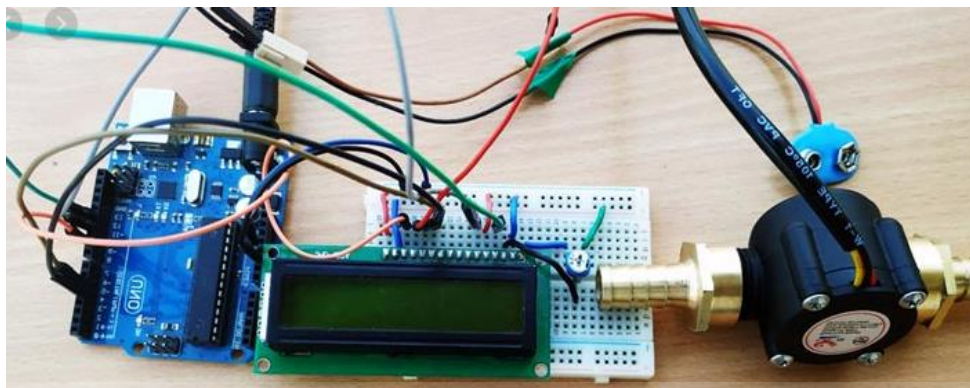
4.7 การทดลองระบบฉีดน้ำทำความสะอาด

อัตราการไหลของน้ำจะขึ้นอยู่กับพื้นที่หน้าตัดและความเร็วการไหล ซึ่งหุ่นยนต์นี้สามารถปรับความเร็วการไหลของน้ำได้โดยการปรับกระแสไฟฟ้าที่ใช้ขับปั้มน้ำดังรูปที่ 4.20 โดยผู้วิจัยได้ทำการทดลองความเร็วของการไหลของปริมาตร 3 การทดลองคือ ค่าอัตราการไหลของปริมาตร

$$\text{อัตราการฉีดน้ำ} = 1,560 \text{ ลูกบาศก์เซนติเมตร/นาท}$$

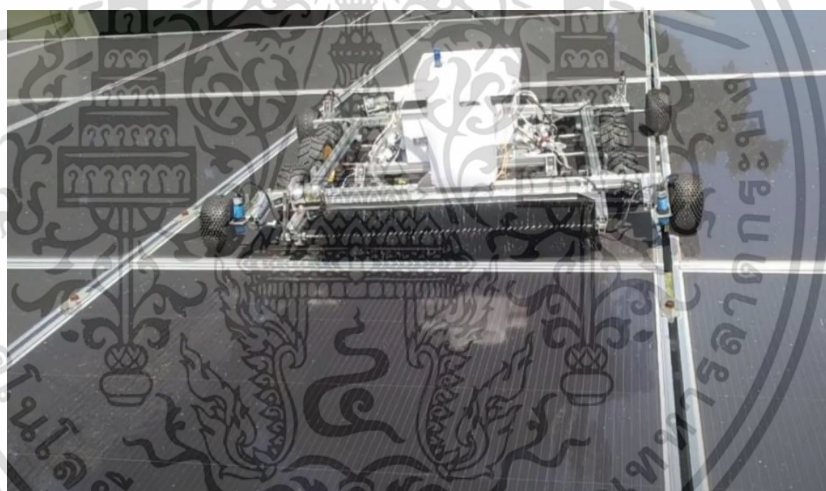
$$\text{อัตราการฉีดน้ำ} = 1,950 \text{ ลูกบาศก์เซนติเมตร/นาท}$$

$$\text{อัตราการฉีดน้ำ} = 2,340 \text{ ลูกบาศก์เซนติเมตร/นาท}$$



รูปที่ 4.20 การทดลองอัตราการไหลของปริมาตรน้ำ

การทดลองที่ 4.7 ผู้วิจัยได้ให้หุ่นยนต์วิ่งขึ้นบนแผงโซลาร์เซลล์ที่มีความชันที่ 20 องศา และให้วิ่งไปพร้อมกับเปิดระบบทำความสะอาดทั้งแปรงและน้ำพร้อม ๆ กัน ซึ่งหุ่นยนต์จะวิ่งทดลองเพียง 4.5 เมตร เท่านั้น ดังรูปที่ 4.21



รูปที่ 4.21 การทำความสะอาดของหุ่นยนต์ด้วยอัตราการฉีดน้ำ = 1560 ลูกบาศก์เซนติเมตร/นาที

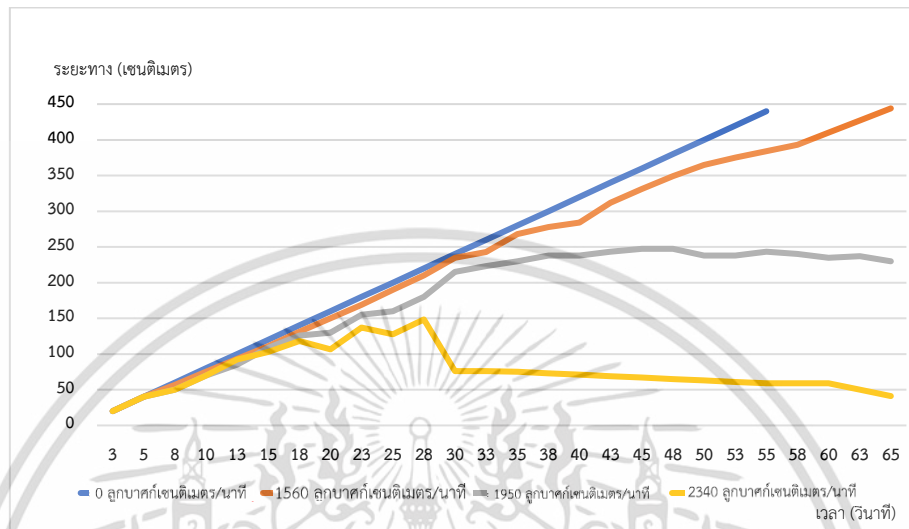
4.7.1 ผลการทดลองระบบฉีดน้ำทำความสะอาด

การทดลองที่ 4.7 พบว่าการเพิ่มความสามารถในการทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์ด้วยน้ำนั้นมีประสิทธิภาพที่ต่างกันออกไป โดยผู้วิจัยได้แบ่งการทดลองเป็น 4 การทดลองคือ

1. อัตราการฉีดน้ำ = 0 ลูกบาศก์เซนติเมตร/นาที
2. อัตราการฉีดน้ำ = 1,560 ลูกบาศก์เซนติเมตร/นาที
3. อัตราการฉีดน้ำ = 1,950 ลูกบาศก์เซนติเมตร/นาที
4. อัตราการฉีดน้ำ = 2,340 ลูกบาศก์เซนติเมตร/นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

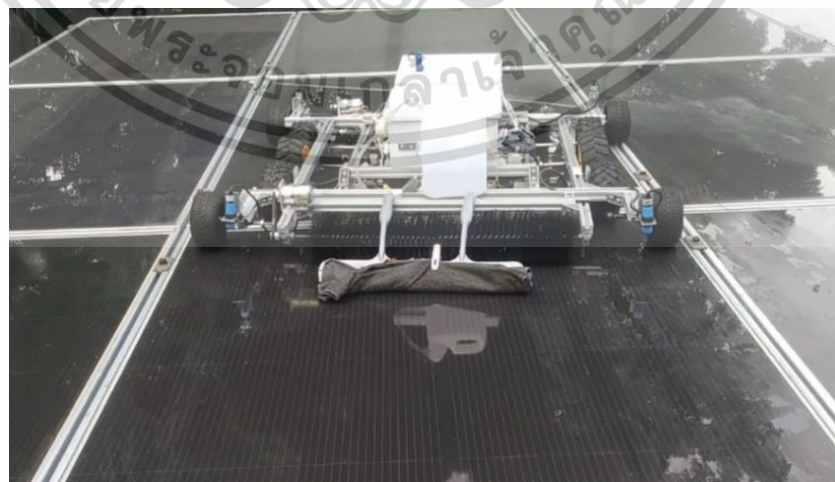
ผลการทดลอง 1 และ 2 เท่านั้นที่หุ่นยนต์ไปถึงระยะ 4.5 เมตร ดังรูปที่ 4.22 โดยการทดลองที่ 2 มีอัตราความเร็วอยู่ที่ 0.069 เมตร/วินาทีนั้น หมายความว่า การทดลองที่ 3 และ 4 มีการเลื่อนไกลของหุ่นยนต์เนื่องจากน้ำมีอัตรามากเกินไป โดยน้ำส่งผลโดยตรงกับล้อของหุ่นยนต์ทำให้ไม่สามารถเคลื่อนที่ไปด้านหน้าได้เมื่อมีปริมาณน้ำที่มาก



รูปที่ 4.22 ค่าผลทดลองฉีดน้ำทำความสะอาด

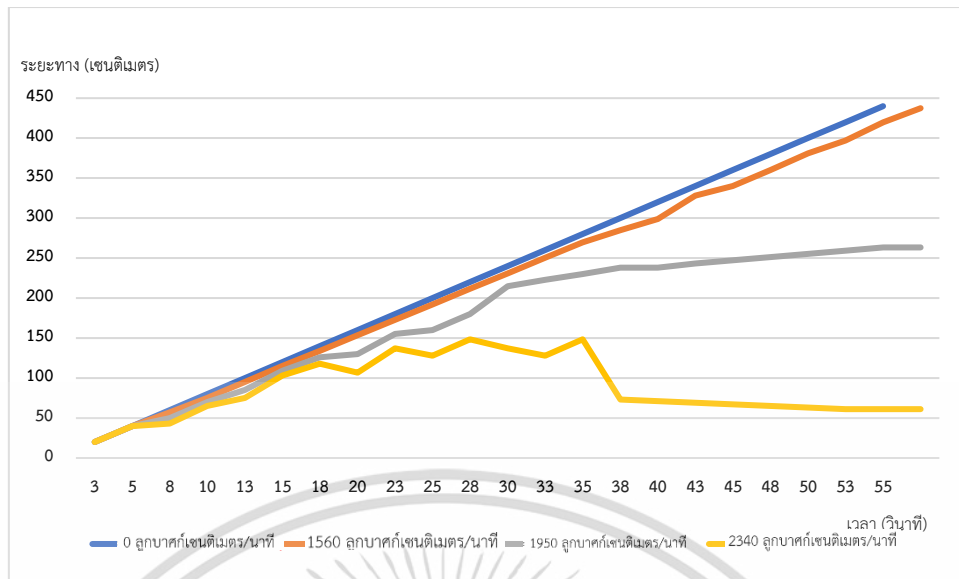
4.7.2 ผลการทดลองระบบฉีดน้ำทำความสะอาดร่วมกับฉากรีดน้ำ

การเพิ่มประสิทธิภาพการรีดน้ำ ด้วยผ้าและอุปกรณ์รีดน้ำและอัตราฉีดน้ำ พบว่าหุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปได้ดีขึ้น หุ่นยนต์สามารถเดินไปได้ถึงระยะ 4.5 เมตร คือการทดลองที่ 1 และ 2 ดังรูปที่ 4.23 ส่วนการทดลองที่ 3 และ 4 มีการเลื่อนไกล ซึ่งการทดลองที่ 2 ได้มีอัตราเร็วอยู่ที่ 0.077 เมตร/วินาทีดังรูปที่ 4.24



รูปที่ 4.23 หุ่นยนต์เมื่อเพิ่มฉากรีดน้ำทำความสะอาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.24 ค่าทดลองเมื่อเพิ่มแรงทำความสะอาดร่วมกับน้ำพร้อมฉากรีด

4.7.3 ผลทดลองการทำความสะอาด

หุ่นยนต์มีการเคลื่อนที่ที่มีประสิทธิภาพแล้ว ส่งผลให้การทำความสะอาดมีประสิทธิภาพที่ดีตามไปด้วย ซึ่งการทดลองจะใช้หุ่นยนต์ทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์ แบ่งออกเป็น 3 การทดลองคือ

1. ทดลองด้วยแรงทำความสะอาดเพียงอย่างเดียว
2. ทดลองด้วยแรงทำความสะอาดร่วมกับน้ำ
3. ทดลองด้วยแรงทำความสะอาดร่วมกับน้ำพร้อมฉากรีด

จากการทดลองพบว่า การทำความสะอาดด้วยแรงเพียงอย่างเดียวทำให้ไม่สามารถทำความสะอาดกับฝุ่นที่เกาะติดกับแผงโซลาร์เซลล์ได้ แต่เมื่อทำความสะอาดร่วมกับน้ำทำให้สามารถชะล้างฝุ่นได้แต่น้ำจะสร้างคราบฝุ่นทำให้แผงโซลาร์เซลล์นั้นไม่ได้สะอาด ซึ่งการเพิ่มฉากรีดน้ำสามารถเพิ่มการทำความสะอาดได้ ทำให้แผงโซลาร์เซลล์สะอาดดังรูปที่ 4.25



(ก) แผงโซลาร์เซลล์ที่ยังไม่ได้ทำความสะอาด



(ข) แรงทำความสะอาดเพียงอย่างเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





(ค) แปร่งทำความสะอาดร่วมกับน้ำ



(ง) แปร่งทำความสะอาดร่วมกับน้ำพร้อมนกครีต

รูปที่ 4.25 การทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์

ทางผู้วิจัยได้วัดกระแสของแผงโซลาร์เซลล์โดยแผงโซลาร์เซลล์ที่ทำการทดลอง คือ รุ่น PV Model 100M – 32 โดยจะมีรายละเอียดดังรูปที่ 4.26 และการทำสะอาดแต่ละแบบ พบว่าการทำความสะอาดแบบฉีดน้ำและมีนกครีตน้ำสามารถสร้างกระแสได้ดีที่สุดโดยสร้างกระแสได้ 8.68 แอมป์ ดังตารางที่ 4.5

Technical Data	
MODULE TYPE:	JT340PAg
Peak Power(Pmax)	(W): 340
Production Tolerance	(W): 0/+5W
Maximum Power Current(Imp)	(A): 8.86
Maximum Power Voltage(Vmp)	(V): 37.7
Short Circuit Current(Isc)	(A): 9.50±3%
Open Circuit Voltage (Voc)	(V): 48.1±2%
Weight	(Kg): 24.0
Maximum System Voltage	(VDC): 1000
Application class	: A
Fire safety class	: C
Mechanical load tested	(Pa): 5400
All technical data at standard test condition AM=1.5 E=1000W/M ² Tc=25°C	
 	

รูปที่ 4.26 รูปคุณสมบัติของแผงโซลาร์เซลล์ รุ่น PV Model 100M – 32

ตารางที่ 4.5 ค่าของกระแสไฟฟ้าหลังจากทำความสะอาด

ลำดับ	รูปแบบการทำความสะอาด	กระแสเฉลี่ยที่วัดค่าได้
1	แผงโซลาร์เซลล์ที่ยังไม่ได้ทำความสะอาด	8.39 แอมป์
2	แปร่งทำความสะอาดเพียงอย่างเดียว	8.45 แอมป์
3	แปร่งทำความสะอาดร่วมกับน้ำ	8.21 แอมป์
4	แปร่งทำความสะอาดร่วมกับน้ำพร้อมนกครีต	8.68 แอมป์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและงานในอนาคต

5.1 บทนำ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาระบบหุ่นยนต์ทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์โดยใช้ระบบเซนเซอร์ ทั้งอัลตราโซนิก และ Gyroscope รุ่น MPU6050 ทำงานร่วมกับชุดควบคุม Arduino ทางผู้วิจัยได้ศึกษาขั้นตอนการทำงานรวมถึงการศึกษาวิจัยระบบที่กล่าวมาและตรวจสอบปัญหาเมื่อมีการนำหุ่นยนต์เข้าทดลองในพื้นที่หน้างานจริง โดยจะมีปัจจัยหลายประการที่ส่งผลต่อหุ่นยนต์ทำให้ผู้วิจัยต้องพัฒนางานเพื่อการใช้งานเคลื่อนที่ทำความสะอาดได้อย่างอัตโนมัติ

5.2 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

การทดลองของการวิจัยได้แบ่งการทดลองออกเป็น 5 การทดลองโดยแบ่งเป็น การทดลองความสามารถของเซนเซอร์วัดระยะ, การทดลองสัญญาณของมอเตอร์, การทดลองการทรงตัวของหุ่นยนต์, การทดลองทำความสะอาด, การทดลองการทำความสะอาด

5.2.1 วิเคราะห์ผลทดลองความสามารถของเซนเซอร์วัดระยะ

ผลการทดลองนำเซนเซอร์อัลตราโซนิกมาทดลองพบว่า มีความแม่นยำที่ไม่สูงมากแต่มีความเที่ยงตรงสูงเนื่องจากการวัดมีการซ้ำค่าเดิมสูง ซึ่งเหมาะกับการนำไปใช้งานที่ไม่ต้องมีความละเอียดสูงมากแต่สามารถนำไปใช้ในงานที่นำไปคำนวณเพื่อใช้ในระบบต่าง ๆ ได้ เป็นต้น ส่วนการทดลองการแทรกสอดของคลื่นที่ทำให้ไม่สามารถวัดค่าที่ถูกต้องได้จึงจำเป็นต้องใช้โฟมป้องกันเสียงสะท้อนซึ่งได้ผลในระดับหนึ่งจากเดิมที่ไม่สามารถวัดค่าใกล้ ๆ ได้กลับทำให้แก้ไขปัญหาได้ดี

5.2.2 วิเคราะห์ผลทดลองสัญญาณ PWM จากคอนโทรลเลอร์

เมื่อคำสั่ง FORWARD จะมีใช้ Duty cycle 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งคอนโทรลเลอร์จะส่งคำสั่ง ไปยังชุดขับมอเตอร์ที่ขา RPWM = 4.65 โวลต์ และ LPWM = 314 มิลลิโวลต์ ส่วนคำสั่ง BACKWARD จะใช้คอนโทรลเลอร์จะส่งคำสั่ง ไปยังชุดขับมอเตอร์ที่ขา RPWM = -318 มิลลิโวลต์ และ LPWM = 4.68 โวลต์ และเมื่อมีคำสั่ง TURNRIGHT หรือ TURNLEFT จะมีใช้ Duty cycle 50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งคอนโทรลเลอร์จะส่งคำสั่ง ไปยังชุดขับมอเตอร์ที่ขา RPWM = 1.76 โวลต์ และ LPWM = 314 มิลลิโวลต์

5.2.3 วิเคราะห์ผลทดลองการทรงตัวของหุ่นยนต์

ผลจากการทดลองที่นำหุ่นยนต์เข้าทดลองในสถานที่จริง โดยใช้การนำทางแบบทำตามคำสั่ง Arduino พบว่าหุ่นยนต์เดินขึ้นแผงโซลาร์เซลล์ที่มีค่าความชันอยู่ที่ 20 องศา ไม่มีความแม่นยำ และมีจุดศูนย์กลางของหุ่นยนต์เอียงไปทางซ้าย โดยการทดลองนั้นได้ติดตั้งเซนเซอร์ MPU5060 ที่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสามารถในการวัดมุมทั้ง X, Y, และ Z จากการทดลองที่ 4.4 จะพบว่าตัวอุปกรณ์สามารถวัดค่าแกน X ออกมาได้ 2 ค่า คือ G_{xy} , A_{xy} เมื่อนำมาแปลงให้เป็นค่ามุมแล้วมีความไม่แม่นยำ แต่มีความเที่ยงตรงวัดระยะได้ใกล้เคียงระยะเดิม และเมื่อนำมาทดลองจริงแล้วพบว่าค่ามุมน้อยกว่า 60 องศา เมื่อนุ่นยนต์วิ่งไปได้ในระยะเวลา 13 วินาที ทางผู้วิจัยได้คิดการทดลองที่ 4.5 มาเพื่อแก้ไขปัญหานี้ โดยการเพิ่มล้อเข้าไปเป็น 10 ล้อ และหลังจากการทดลองพบว่า นุ่นยนต์วิ่งได้ตามคำสั่งไม่มีการเอียงซ้าย สรุปได้ว่าการเพิ่มล้อช่วยในการทรงศูนย์รถให้ดีขึ้น

5.2.4 วิเคราะห์ผลทดลองระบบฉีดน้ำทำความสะอาด

ผลการทดลองระบบฉีดน้ำนั้นการฉีดน้ำมีผลให้นุ่นยนต์เลื่อน ไม่เกาะกับแผ่นโซลาร์เซลล์ทำให้ผู้วิจัยได้เลือกฉีดน้ำในปริมาณอัตราไหลที่น้อยเพียง อัตราการฉีดน้ำ = 1,560 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อวินาที และได้เพิ่มอุปกรณ์รีดน้ำและผ้าเข้ามาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานทำให้น้ำที่ฉีดออกมานั้นไม่ได้ไหลเข้าไปในส่วนล้อและลดการเลื่อนจากแผ่นโซลาร์เซลล์

5.2.5 วิเคราะห์ผลทดลองระบบทำความสะอาด

ผลการทดลองระบบทำความสะอาดนั้นให้ผลที่ต่างกัน การทดลองเพียงใช้เพียงแปรงทำความสะอาดนั้นสามารถทำความสะอาดได้แค่ ฝุ่นผิวหน้าแผงโซลาร์เซลล์ และใบไม้ เท่านั้น และการทดลองที่ฉีดน้ำเพียงอย่างเดียว ก็ไม่สามารถทำความสะอาดได้และยังเพิ่มความสกปรกต่อโซลาร์เซลล์ด้วย ดังนั้นสรุปได้ว่าการทำความสะอาดที่ดีที่สุด คือการทำงานด้วยน้ำและแปรง แล้วตามด้วยผ้ารีดน้ำตามการเคลื่อนที่ของนุ่นยนต์เป็นการทำความสะอาดที่ดีที่สุด

5.3 สรุปผล

ผู้ดำเนินการทดลองพบว่า เซนเซอร์อัลตราโซนิกที่มีความสะอาดและราคาถูกเหมาะสมสำหรับนำมาใช้ในการทดลองเท่านั้น การวัดในระดับมิลลิเมตร หรือเซนติเมตรมีความคลาดเคลื่อนมากแต่มีความเที่ยงตรงสูง ในส่วนของการแทรกสอดของสัญญาณนั้นสามารถลดการรบกวนได้โดยนำอุปกรณ์อยู่ห่างจากระยะที่รบกวนกัน และการที่นุ่นยนต์มีขนาดใหญ่และมีจุดสัมผัสจำนวนมากทำให้นุ่นยนต์มีประสิทธิภาพในการเคลื่อนที่มากตาม และในส่วนการวัดมุม X Y Z ของ MPU 6050 นั้นต้องมีค่าที่แปรผันง่ายเมื่อมีแรงกระแทกจากการเปลี่ยนแผงโซลาร์เซลล์จะทำให้ค่ามุม X ที่วัดได้มีค่าเปลี่ยนตามไปด้วยดังนั้นควรติดเซนเซอร์ MPU 6050 ให้อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมเพื่อลดการรบกวนจากปัจจัยอื่น

5.3.1 การเปรียบเทียบกับนุ่นยนต์ที่มีในประเทศไทย

ปัจจุบันในประเทศไทยได้มีผู้วิจัยนุ่นยนต์ทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์มาเป็นจำนวนมาก หนึ่งในนั้นคือนุ่นยนต์ที่มีชื่อ Cleaning Robot Solar Panels Thailand ที่ลักษณะทำงานคล้ายกับนุ่นยนต์ของงานวิจัยซึ่งสามารถเปรียบเทียบได้ในตารางที่ 5.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.1 การเปรียบเทียบระหว่างหุ่นยนต์ของผู้วิจัยกับหุ่นยนต์รุ่น Cleaning Robot Solar Panels Thailand

ลำดับ	รายการ	หุ่นยนต์ทำความสะอาด ของผู้วิจัย	Cleaning Robot Solar Panels Thailand
1	จำนวนคนทำงาน	1 คน	2
2	น้ำหนักหุ่นยนต์	12 กิโลกรัม	47 กิโลกรัม
3	ความชันสูงสุดที่วิ่งได้	0-20 องศา	0-15 องศา
4	ความเร็วในการเคลื่อนที่	0.12 เมตรต่อวินาที	0.81 เมตรต่อวินาที
5	ระบบควบคุม	Remote และ เคลื่อนที่ อัตโนมัติ	Remote
6	รูปแบบการเคลื่อนที่	ล้อยาง	ล้อผ้าหนังวัว
7	ระบบการทรงตัว	MPU5060	ไม่มี
8	เซนเซอร์กันตก	6 ชุด	8 ชุด
9	วัสดุ	อลูมิเนียมโปรไฟล์	สแตนเลส 304

จากตารางที่ 5.1 จะพบว่าหุ่นยนต์ Cleaning Robot Solar Panels Thailand กับหุ่นยนต์ของผู้วิจัยนั้นมีลักษณะการทำงานที่คล้ายกันแตกต่างกันที่น้ำหนักที่ต่างกันถึง 25 กิโลกรัม และระบบควบคุมที่หุ่นยนต์ของผู้วิจัยนั้นสามารถเคลื่อนที่แบบอัตโนมัติได้ ทั้งนี้หุ่นยนต์ของผู้วิจัยนั้นต้องปรับปรุงโดยมีรายละเอียดตามข้อเสนอแนะ

5.4 ข้อเสนอแนะ

1. การทดลองมีขั้นตอนมากเกินไป ดังนั้นการทดลองครั้งต่อ ๆ ไปควรเน้นที่การออกแบบและสร้างตัวทดลองที่มีขนาดที่เหมาะสม ให้เข้ากับหน้าที่จะทดลอง
2. การทดลองครั้งถัดไปควรเปลี่ยนอุปกรณ์เซนเซอร์ต่าง ๆ ให้มีคุณภาพมากยิ่งขึ้นเช่น เพิ่ม Lidar ในการสร้างภาพ 3 มิติและวางแผนการเดินทางทำความสะอาดด้วยตัวหุ่นยนต์เอง
3. หุ่นยนต์สามารถเดินด้วยคำสั่งจาก Arduino เป็นหลัก และสามารถควบคุมผ่านรีโมทได้แต่ในสถานการณ์จริงที่หุ่นยนต์จะทำงานนั้นมีปัจจัยหลายด้าน ควรมีระบบเซนเซอร์มากกว่า เช่น การประเมินแบตเตอรี่ การประเมินสภาพอากาศ
4. หุ่นยนต์มีการบรรทุกน้ำเพื่อทำการฉีดทำความสะอาดได้ในปริมาณอย่างจำกัด 1.56 ลิตร ทำให้สามารถทำความสะอาดได้ในระยะประมาณ 18 เมตร ต้องกลับมาเติมน้ำอีกครั้งซึ่งในอนาคตต้องเพิ่มความจุน้ำให้มากขึ้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการทำงานหุ่นยนต์

เอกสารอ้างอิง

- [1] กระทรวงพลังงานสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน 2554 "คู่มือการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์" กรุงเทพฯ บริษัท เอเบิล คอนซัลแตนท์ จำกัด
- [2] นพ มหิษานนท์ 2561 "ระบบโซลาร์เซลล์ และพลังงานที่ผลิตได้เอง" บทที่ 2 หน้า 33-46 กรุงเทพฯ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [3] ไชยชาญ หินเกิด 2562 “มอเตอร์ไฟฟ้าและการควบคุม” บทที่ 1 หน้าที่ 1-34 กรุงเทพฯ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [4] ดอน อิศรากรม, สองเมือง นันทขว้าง, นพดล มณีรัตน์, เกษมสุข เสพศิริสุข 2556 “การออกแบบและพัฒนารถเข็นผู้ป่วยไฟฟ้าแบบปรับย่นได้” กรุงเทพฯ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- [5] สมคิด วิริยะประสิทธิ์ชัย, อรรถพล มณีประสิทธิ์ และธนารัตน์ ภมรรัตตพงษ์ “ความรู้เบื้องต้นทางอิเล็กทรอนิกส์” บทที่ 11, 15, หน้าที่ 146-153, 189-225
- [6] วิศรุต ศิริสันติสัมฤทธิ์, “หลักการของเครื่องมือวัดทางอุตสาหกรรม”, 4 th , กรุงเทพฯ ; คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง,
- [7] ถวิล กิ่งทอง, “เทคโนโลยีการส่งสัญญาณดิจิทัล Digital Transmission Technolohy”, 1 st Japan Internationnal cooperation Agency (JICA), 2534
- [8] Mohamed Fezari, Abd-erahman khayi. “New speech processor and ultrasonic sensor Based Embedded system to Improve the Control of a Motorized Wheelchair” University of Annaba, Faculty of Engineering, Algeria. Pp 345-349
- [9] Limit Switch (Online), Available: <http://fonengineering.com/our-products/19-limit-switch.html>, (7 September 2014).
- [10] Deblaise, D. and Maurine, P. (2005), Effective Geometrical Calibration of a Delta Parallel Robot Used In Neurosurgery, IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, 2005 (IROS 2005), 1313-1381.
- [11] Olsson, A. (2009) Modeling and control of a Delta-3 robot. Master Thesis, Department of Automatic Control, Lund University, Sweden

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Handson Technology

User Guide

BTS7960 High Current 43A H-Bridge Motor Driver

The BTS7960 is a fully integrated high current H bridge module for motor drive applications. Interfacing to a microcontroller is made easy by the integrated driver IC which features logic level inputs, diagnosis with current sense, slew rate adjustment, dead time generation and protection against overtemperature, overvoltage, undervoltage, overcurrent and short circuit. The BTS7960 provides a cost optimized solution for protected high current PWM motor drives with very low board space consumption.



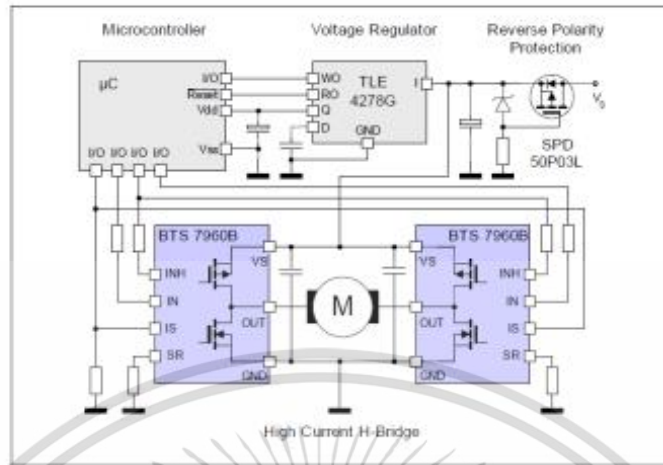
SKU: **D5V-1012**

Brief Data:

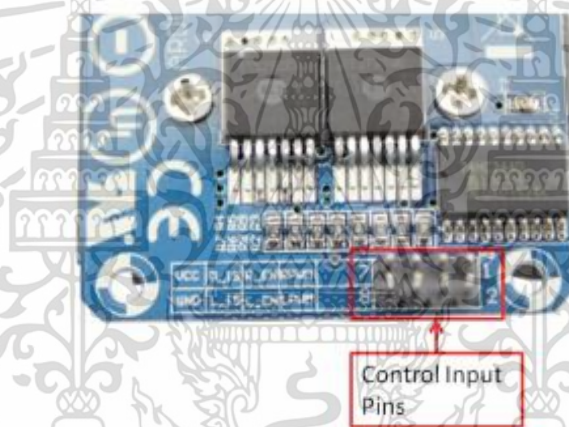
- Input Voltage: 6 ~ 27Vdc.
- Driver: Dual BTS7960 H Bridge Configuration.
- Peak current: 43-Amp.
- PWM capability of up to 25 kHz.
- Control Input Level: 3.3~5V.
- Control Mode: PWM or level
- Working Duty Cycle: 0 ~100%.
- Over-voltage Lock Out.
- Under-voltage Shut Down.
- Board Size (LxWxH): 50mm x 50mm x 43mm.
- Weight: ~66g.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Schematic Diagram:



Control Input Pin Function:



Pin No	Function	Description
1	RPWM	Forward Level or PWM signal, Active High
2	LPWM	Reverse Level or PWM signal, Active High
3	R_EN	Forward Drive Enable Input, Active High/ Low Disable
4	L_EN	Reverse Drive Enable Input, Active High/Low Disable
5	R_IS	Forward Drive, Side current alarm output
6	L_IS	Reverse Drive, Side current alarm output
7	Vcc	+5V Power Supply microcontroller
8	Gnd	Ground Power Supply microcontroller

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Overview

The Arduino Uno is a microcontroller board based on the ATmega328 ([datasheet](#)). It has 14 digital input/output pins (of which 6 can be used as PWM outputs), 6 analog inputs, a 16 MHz crystal oscillator, a USB connection, a power jack, an ICSP header, and a reset button. It contains everything needed to support the microcontroller; simply connect it to a computer with a USB cable or power it with a AC-to-DC adapter or battery to get started.

The Uno differs from all preceding boards in that it does not use the FTDI USB-to-serial driver chip. Instead, it features the Atmega8U2 programmed as a USB-to-serial converter.

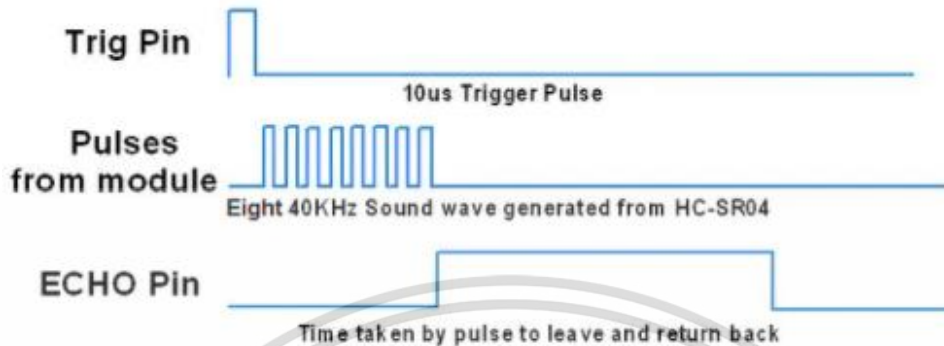
"Uno" means one in Italian and is named to mark the upcoming release of Arduino 1.0. The Uno and version 1.0 will be the reference versions of Arduino, moving forward. The Uno is the latest in a series of USB Arduino boards, and the reference model for the Arduino platform; for a comparison with previous versions, see the [index of Arduino boards](#).

Summary

Microcontroller	ATmega328
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-9V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega328) (0.5 KB used by bootloader)
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Clock Speed	16 MHz

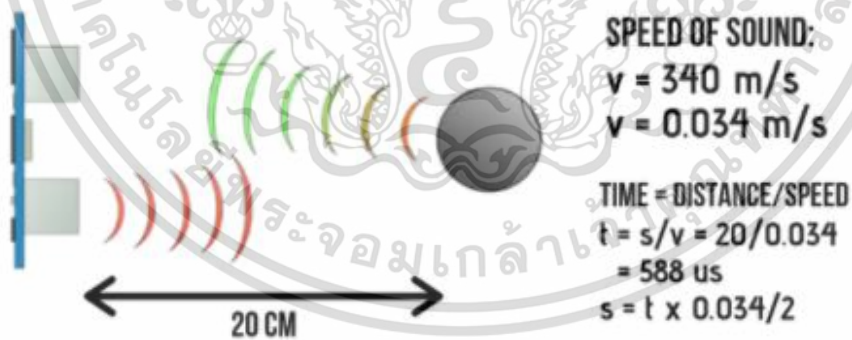
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ultrasonic HC-SR04 module Timing Diagram



Ultrasonic HC-SR04 timing diagram

For example, if the object is 20 cm away from the sensor, and the speed of the sound is 340 m/s or 0.034 cm/ μ s the sound wave will need to travel about 588 microseconds. But what you will get from the Echo pin will be **double** that number because the sound wave needs to **travel forward** and **bounce backward**. So in order to get the distance in cm we need to multiply the received travel time value from the echo pin by 0.034 and divide it by 2.



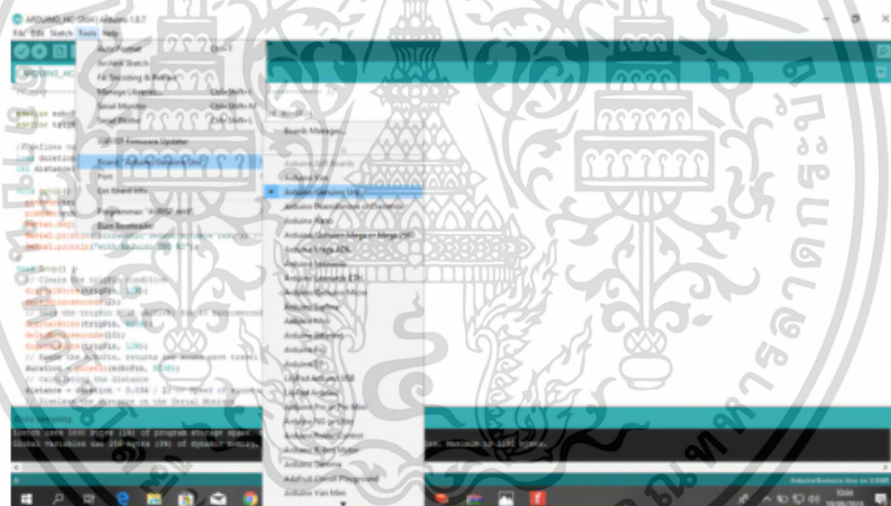
Distance calculating

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

the `pulseIn()` function will wait for the pin to go HIGH caused by the bounced sound wave and it will start timing, then it will wait for the pin to go LOW when the sound wave will end which will stop the timing. At the end the function will return the length of the pulse in microseconds. For getting the distance we will multiply the duration by 0.034 and divide it by 2 as we explained this equation previously. At the end we will print the value of the distance on the Serial Monitor.

Steps :

1. First do the wiring as shown in the picture
2. Open Arduino IDE Software and write down your code, or download the code below and open it
3. Choose your own Arduino board (in this case Arduino Uno), by selecting **Tools > Board > Arduino/Geniuno Uno**
4. Choose your COM Port (usually it appears only one existing port), **Tools > Port > COM..** (If there are more than one ports, try it one by one)
5. Upload your code by pressing **Ctrl + U** or **Sketch > Upload**
6. To display the measurement data you can use Serial Monitor by pressing **Ctrl + Shift + M** (make sure that the baudrate speed is 9600)



Choosing Arduino Board

[← PREVIOUS](#)

[NEXT →](#)

Results:

After uploading the code, display the data with Serial Monitor. Now try to give an object in front of the sensor and see the measurement.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมการทำงานของ Arduino

```
#include "BTS7960.h"

#include "Wire.h"

#include "I2Cdev.h"

#include "MPU6050.h"

MPU6050 mpu; //ประกาศตัวแปร mpu

int16_t ax, ay, az;

int16_t gx, gy, gz;

int relay1=3;

int relay2=4;

int relay3=5;

int RPWM1_Output = 6;

int LPWM1_Output = 7;

int RPWM2_Output = 8;

int LPWM2_Output = 9;

int const SENSOR1 = 10;

int const SENSOR2 = 11;

int const SENSOR3 = 12;

int const SENSOR4 = 13;

boolean objectDetect = false; // Flag to show whether an object has been detected

void setup() {

  Wire.begin();

  Serial.println("Initialize MPU");

  mpu.initialize();
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Serial.println(mpu.testConnection() ? "Connected" : "Connection failed");

pinMode(RPWM1_Output, OUTPUT);

pinMode(LPWM1_Output, OUTPUT);

pinMode(RPWM2_Output, OUTPUT);

pinMode(LPWM2_Output, OUTPUT);

pinMode (SENSOR1, INPUT);

pinMode (SENSOR2, INPUT);

pinMode (SENSOR3, INPUT);

pinMode (SENSOR4, INPUT);

delay(2000);

Serial.begin(9600);
}
void loop()
{
mpu.getMotion6(&ax, &ay, &az, &gx, &gy, &gz); // แปลงค่าแกนให้เป็นมุม 0-180 องศา
ax = map(ax, -18000, 18000, 0, 180);
ay = map(ay, -18000, 18000, 0, 180);
az = map(az, -18000, 18000, 0, 180);

gx = map(gx, -18000, 18000, 0, 180);

gy = map(gy, -18000, 18000, 0, 180);

gz = map(gz, -18000, 18000, 0, 180);

if (ax > 90)
{
turnLeft(1);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Serial.print("Axyz \t");

Serial.print(ax); Serial.print("\t");

}

else

{

turnRight(1);

Serial.print("Axyz \t");

Serial.print(ax); Serial.print("\t");

delay(10);

}

if ( digitalRead( SENSOR1))

{

if (objectDetect == true)

{

objectDetect = false;

coast(1);

}

}

else

{

objectDetect = true;

forward(1);

}

delay(100);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if ( digitalRead( SENSOR2))
{
  if (objectDetect == true)
  {
    objectDetect = false;

    coast(1);
  }
}
else
{
  objectDetect = true;
  forward(1);
}
delay(100);

if ( digitalRead( SENSOR3))
{
  if (objectDetect == true)
  {
    objectDetect = false;

    coast(1);
  }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

}

else

{

    objectDetect = true;

    forward(1);

}

delay(100);

if ( digitalRead( SENSOR4))

{

    if (objectDetect == true)

    {

        objectDetect = false;

        coast(1);

    }

}

else

{

    objectDetect = true;

    forward(1);

}

delay(100);

}

```

```
void forward(int time)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

{ motorAForward();

  motorBForward();

  delay(time);

}

void backward(int time)

{

  motorABackward();

  motorBBackward();

  delay(time);

}

void turnLeft(int time)

{

  motorAForward();

  motorBBackward();

  delay(time);

}

void turnRight(int time)

{

  motorABackward();

  motorBForward();

  delay(time);

}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
void coast(int time)
```

```
{
```

```
    motorACoast();
```

```
    motorBCoast();
```

```
    delay(time);
```

```
}
```

```
void motorAForward()
```

```
{
```

```
    analogWrite(LPWM1_Output, 255);
```

```
    analogWrite(RPWM1_Output, 0);
```

```
}
```

```
void motorABackward()
```

```
{
```

```
    analogWrite(LPWM1_Output, 0);
```

```
    analogWrite(RPWM1_Output, 127);
```

```
}
```

```
void motorBForward()
```

```
{
```

```
    analogWrite(LPWM2_Output, 255);
```

```
    analogWrite(RPWM2_Output, 0);
```

```
}
```

```
void motorBBackward()
```

```
{
```

```
    analogWrite(LPWM2_Output, 0);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    analogWrite(RPWM2_Output, 127);  
}  
  
void motorACoast()  
{  
    analogWrite(LPWM1_Output, 0);  
    analogWrite(RPWM1_Output, 0);  
}  
  
void motorBCoast()  
{  
    analogWrite(LPWM2_Output, 0);  
    analogWrite(RPWM2_Output, 0);  
}
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

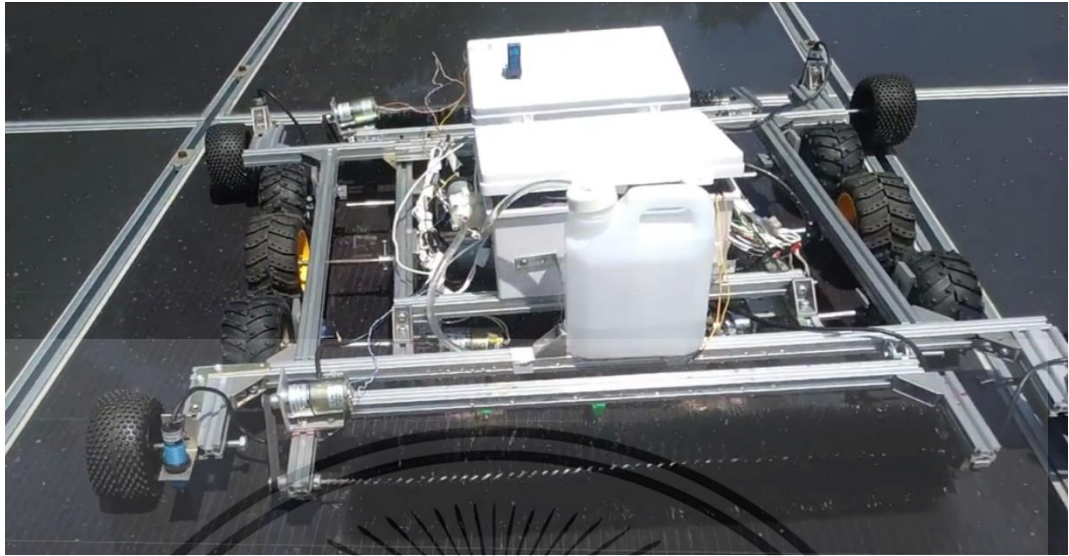


รูปที่ 1 หุ่นยนต์ทำความสะอาดแบบที่ 1

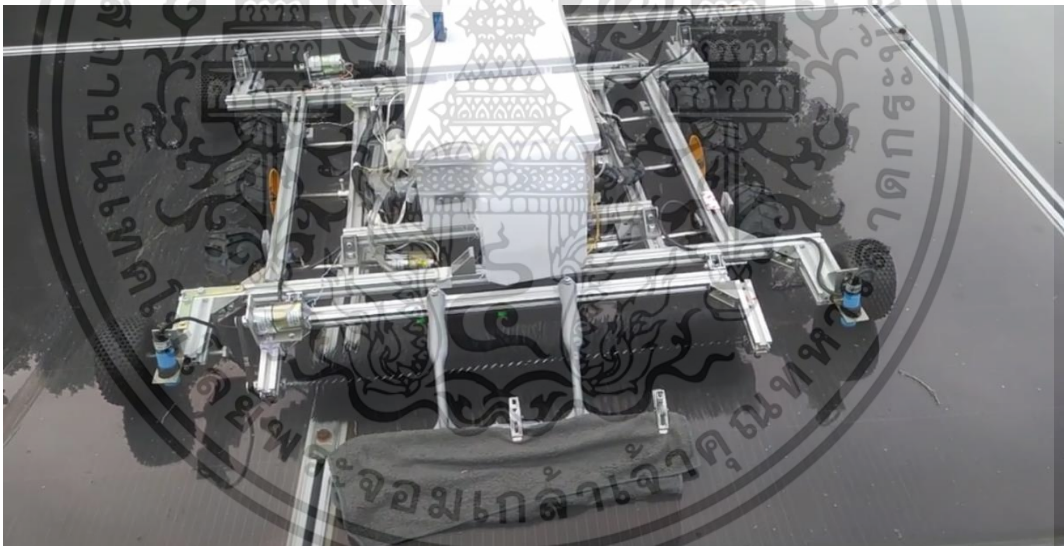


รูปที่ 2 หุ่นยนต์ทำความสะอาดแบบที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3 หุ่นยนต์ทำความสะอาดแบบที่ 3

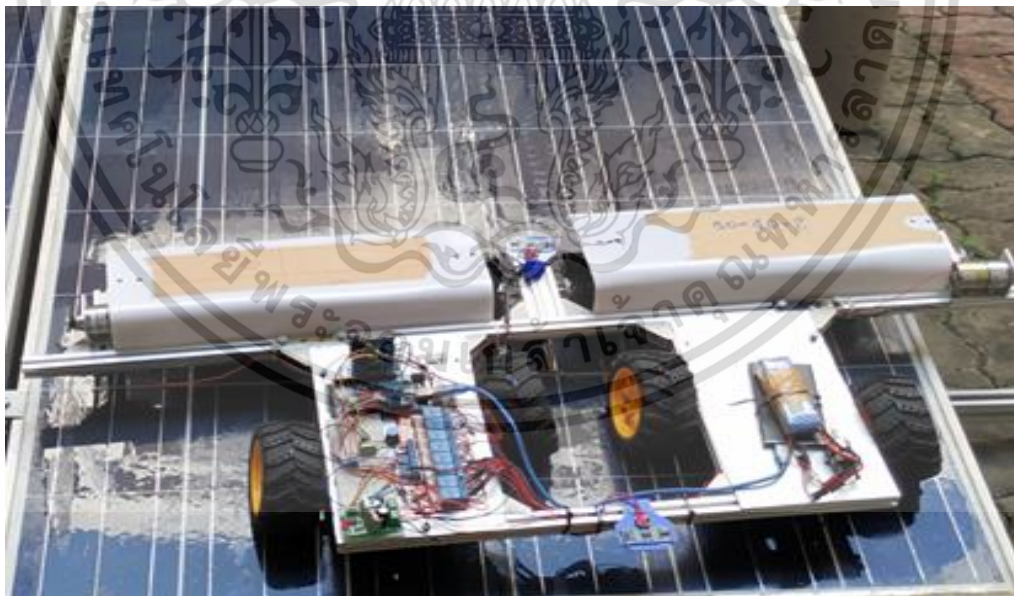


รูปที่ 4 หุ่นยนต์ทำความสะอาดแบบที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5 หุ่นยนต์ทำความสะอาดแบบที่ 2 ทดลองวิ่งที่ความชัน 20 องศา



รูปที่ 6 หุ่นยนต์ทำความสะอาดแบบที่ 2 ทดลองวิ่งที่ความชัน 30 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค-1 บทความทางวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์

[1] Nawat ronnaronglit, Noppadol Manrrat “ A CLEANING ROBOT FOR SOLAR PANEL ”
ICEAST 2019 THE 5TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING, APPLIED
SCIENCES AND TECHNOLOGY Chanthavinh Resort & spa and Pullman Luang Prabang
hotel, Luang Prabang, Laos on July 2-5, 2019.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



2ND CALL FOR PAPER
 THE 5TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING,
 APPLIED SCIENCES AND TECHNOLOGY
 JULY 2-5, 2019 LUANG PRABANG, LAOS

**ສະບາຍດີ
ທວງພະບາງ**



The International Conference on Engineering, Applied Sciences and Technology (ICEAST) was inaugurated in 2007 to provide opportunities for enhancing collaboration and exploring current interdisciplinary topics. This year is the 5th event and being held in Laos, a country with beautiful nature and culture.

TOPICS

Submissions are solicited on a wide variety of topics related to Engineering, Applied Sciences and Technology, but not limited to:

- TRACK 1 - INDUSTRIAL ENGINEERING, MATERIALS AND MANUFACTURING**
- TRACK 2 - MECHANICAL, MECHATRONICS AND CIVIL ENGINEERING**
- TRACK 3 - FOOD, CHEMICAL AND AGRICULTURAL ENGINEERING**
- TRACK 4 - TELECOMMUNICATIONS, COMPUTER SCIENCE, INSTRUMENTATION AND CONTROL, ELECTRICAL AND ELECTRONIC ENGINEERING**
- TRACK 5 - ACOUSTIC AND MUSIC ENGINEERING, THE SCIENCE AND APPLICATIONS OF MUSIC TECHNOLOGY, AND OTHER RELATED FIELDS**

The accepted conference papers will be published in **MATEC** Web of Conference (indexed by **SCOPUS**) and the proceedings in **IEEE Xplore Digital Library** (indexed by **EI Compendex** and **SCOPUS**).

CONTACTS

WWW.ICEAST2019.ORG
 Email: iceast2019@kmitl.ac.th
 Facebook: iceast2019

IMPORTANT DATES

Online Submission Open	Jan 15, 2019
Paper Submission Deadline	Feb 28, 2019
Notification of Acceptance	Apr 20, 2019
Final Paper Submission Deadline	May 15, 2019
Author Registration Deadline	May 15, 2019
Conference Date	July 2-5, 2019

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A CLEANING ROBOT FOR SOLAR PANELS

Nawat Ronnaronglit
Faculty of Engineering,
King Mongkut's Institute of Technology Lakrabang,
Bangkok, Thailand 10520
Nawat.ronnarong@gmail.com

Noppadol Maneerat
Faculty of Engineering,
King Mongkut's Institute of Technology Lakrabang,
Bangkok, Thailand 10520
Kmonoppad@yahoo.com

Abstract - Many types of Solar Panel Cleaning Robots are used in many countries, such as Solar Frames Connected Robot. Developing the Solar Panel Cleaning Robots can be used to work instead human especially it is not necessary to have a supervisor for working control and reduce a risk of damage from moving a robot. However, Solar Frames Connected Robot still has defect which limited size of solar panel and not easy to move. This research aims to design and develop the Solar Panel Cleaning Robots by studying Solar Panel Cleaning Robots movement which work suitable in Thailand, Wireless Joystick, Sensor Sonar using Gear Motor and ARDUINO microcontroller. The robot will clean a solar cell by using a rotary brush with water spray to improve cleaning system. Result of studying Solar Panel Cleaning Robots movement by using Gear Motor can operate at a surface level of 0-30 degrees Celsius and cleaning system by using rotary brush can be clean 80% of solar panel.

Keyword: Solar Panel, Solar Panel, Cleaning Robot, Robot
A CLEANING ROBOT FOR SOLAR PANELS .

1. INTRODUCTION

Nowadays, greater sources of renewable energy are available by replacing limited resources of oil and coal with abundant natural resources. The most popular option would be the sunlight energy that is obtained from the solar panel or solar cells. Although the use of solar panel to reduce energy consumption is simple and saves a lot of electricity, the main problem is that the solar panel cannot fully absorb sunlight if it is not cleaned regularly because of dust. Research has shown that in Europe, the efficiency of solar cells is reduced by 3-6% each year, and the same problem occurs in the Middle East countries with a lot of dust. In Thailand, there is a problem with dust and stains which will reduce the efficiency of solar cells by 35%. Normally, solar cell cleaning can be operated by humans themselves, but there is a high risk due to solar cells in some places are installed at high areas, and the cost of cleaning each solar cell is very high. The researcher therefore sees the problem of cleaning the solar cells and wanted to create a robot that could

clean the solar cells to reduce human risk to work at the high area. The robot can work at a height that is difficult to access and can operate longer. It can walk on the solar panel by using the gear-motor and cleaning by scrubbing using the brush with water nozzle to increase cleaning efficiency. The solar cell cleaning robot is a good alternative way in the solar cell industry.

2. METHODOLOGICAL PROCEDURE

There are development of robots for use in various missions, including military, terrain surveying, medicine, or even increasing convenience in daily life. Cleaning robot is one type of robot that has been developed in many ways such as a floor cleaning robot, a glass cleaning robot, etc.

2.1 Cleaning robot R-SKU605

Robot vacuum cleaner for house cleaning: IROBOT R-SKU605 uses a 3-step cleaning system with a spinning side brush and vacuuming to remove dust, hair and other dirt from hard floors and carpet floor, with effective vacuuming route navigation: The navigation system sensor helps detect and prevent IROBOT R-SKU605 from falling into different areas or stairs



Fig. 1 Home cleaning robot IROBOT R-SKU60[11]

2.2 SOLA BRUSH cleaning robot

Compared to the maintenance of solar panels manually, the use of cleaning robot for cleaning solar panels will operated only during the night to prevent losses that occur from the shadow of robot that affect production of solar power, cleaning robot can support the use in extremely hot environments, including saving

water because water is a valuable resource in arid regions such as the desert, etc. The cleaning robot uses energy from 5 electric motors, of which 2 electric motors act as horizontal drives along the row level of the solar panels, while the other 2 electric motors act as vertical drives (Up and down movement), and the remaining motors act to rotate the components of the microfiber to clean to maintain stability in the up and down movement of the robot smoothly. Cleaning has an average potential in an area of 54 square feet at the time of operation, equal to 30 seconds and starting to work at the time of the sunset to avoid the shadow of the robot that affects electricity generation.



Fig. 2 SOLABRUSH solar cell cleaning robot [11]

3. Design and development

In the design and development, the organizer will carry out the planned work, and provide the most suitable equipment for the work and design of the robot system with the following details:

3.1 Robot cleaning solar cells with ultrasonic cells

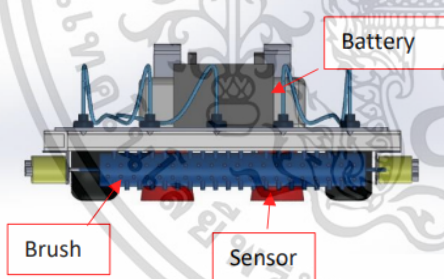


Fig.3 Prototype a cleaning robot for solar cell panel.

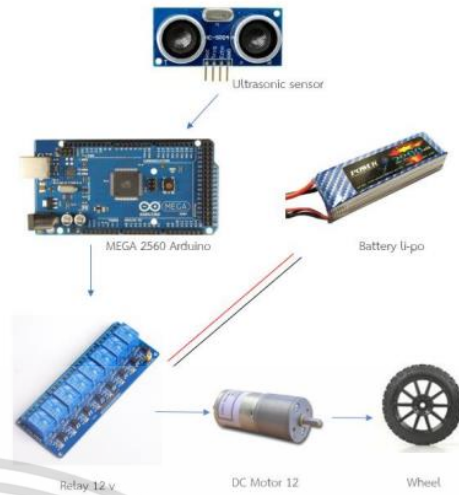


Fig. 4 Robot design for cleaning solar cells with Ultrasonic

3.2 Ultrasonic control

For distance measuring sensors, choose the Ultrasonic Sensor HC-SR04 because it can accurately measure 0-20 cm and can work with Arduino board. Ultrasonic will work as Automatic system which will work through the sensor to measure distance and will consist of all 4 sensors together

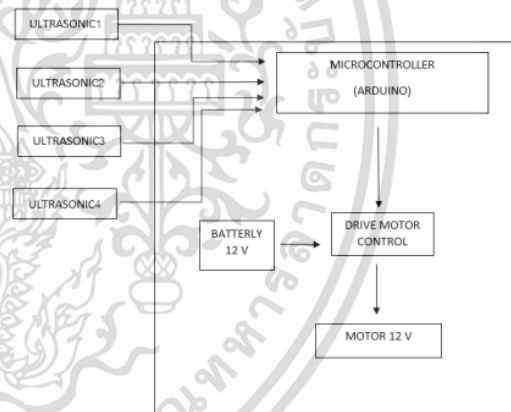


Fig. 5 Robot design for cleaning solar cells with Ultrasonic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

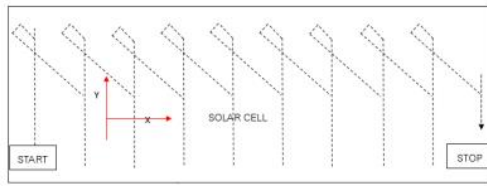


Fig. 6 The walking path of the robot.

Fig. 6 shows the walking path of the robot. The robot starts by moving in the Y axis direction. When Sensor 1 reaches the edge of the solar cell panel, the robot will stop and turn the direction to the left 45 degrees, then back and turn the direction to the right 45 degrees to return to the Y axis direction. After that, it will move back until Sensor 2 catches up to the edge of the solar cell panel, triggering the robot to stop and walk to the front and process the loop until the Sensor 4 catches up to the edge of the solar cell, thus robot will stop working.

4. RESULTS AND DISCUSSION

Experiments and testing of the efficiency limitations of solar cells cleaning robots in different conditions

4.1. Testing the robot's movement speed in various tilt angles on the solar panel

To find the speed and the ability to move at a plane angle of up to 30 degrees, which will affect the ability of the robot.



Fig. 7 Test the robot's movement speed

4.2 Robot's towing ability at a 15 degree angle.

Testing the robot's movement speed at a 15 degree inclination angle and towing ability to find speed and towing capability that will affect the robot's performance.



Fig. 8 Robot at various tilt angles on solar cells

4.3 Test the ability of the Sonar sensor in various conditions

Testing the ability of the Sonar sensor in various conditions by testing all 4 conditions, i.e., testing in the sunlight, testing in the dark by sprinkling the powder in front of the sensor while measuring the distance and spraying water while the Sensor was operating by placing the Sensor at the distance of 10 cm.



Fig. 9 Test the ability of the sensor with water

5. CONCLUSION

1. The result was that the robot had the highest speed when the solar cell was horizontal or 0 degrees by the speed was at 0.70 m / s and the speed was reduced by the slope of the solar cell, with the maximum slope that the robot can move was 20 degrees with the speed of 0.51 m / s.

Degree between robot and solar cell	Time (seconds)	Speed (m / s)	Distance (m)
0	2.13	0.70	1.5
5	2.15	0.69	1.5
15	2.50	0.60	1.5
20	2.94	0.51	1.5

Table1. Results of the robot's movement speed at various tilt angles on solar cells.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นายนวัต รณรงค์ฤทธิ์
วัน เดือน ปีเกิด 7 มกราคม 2536 ที่อุตรดิตถ์
ที่อยู่ 73/1 หมู่ 1 ตำบลเด่นเหล็ก อำเภอน้ำปาด จังหวัดอุตรดิตถ์ 53110
ประวัติการศึกษา 2558 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมระบบควบคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ความชำนาญเฉพาะด้าน 1.) ระบบ Smart Technology
ประสบการณ์การทำงานและผลงานวิจัย
พ.ศ. 2558-2562 ตำแหน่งวิศวกรบริษัท มิติซูบิชิ เอเลเวเตอร์
ติดตั้งและซ่อมบำรุงลิฟต์
พ.ศ. 2562-ปัจจุบัน ตำแหน่งวิศวกรบริษัทเฮเพเล่ ประเทศไทย
ติดตั้งและซ่อม ระบบ Smart Technology
พ.ศ. 2562-2565 งานวิจัยหุ่นยนต์ทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้