



ระบบวัดความเร็วสำหรับรถจักรยานยนต์

SPEEDOMETER SYSTEM FOR MOTORCYCLES

นายกิตติธัช พูลทวี
นายภัทรารุติ บ่อแก้ว
นางสาวสารนี เทียนหอม

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์

ปีการศึกษา 2564



ใบรับรองปริญญาานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงการ : ระบบวัดความเร็วสำหรับรถจักรยานยนต์

ผู้ดำเนินโครงการ : นายกิตติธัช พูลทวี รหัส 60360401
 นายภัทรวุฒิ บ่อแก้ว รหัส 60363648
 นางสาวสาธินี เทียนหอม รหัส 60365031

ที่ปรึกษาโครงการ : ดร.ปองพันธ์ โอทกานนท์

สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกล

ภาควิชา : วิศวกรรมเครื่องกล

ปีการศึกษา : 2564

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้โครงการวิจัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

.....ที่ปรึกษาโครงการ

(ดร.ปองพันธ์ โอทกานนท์)

.....กรรมการ

(ผศ.ดร.อนันต์ชัย อยู่แก้ว)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชูพงศ์ ช่วยเพ็ญ)

ชื่อหัวข้อโครงการ : ระบบวัดความเร็วสำหรับรถจักรยานยนต์

ผู้ดำเนินโครงการ : นายกิตติชัย พูลทวี รหัส 60360401
 นายภัทรารุณี บ่อแก้ว รหัส 60363648
 นางสาวสาธนี เทียนหอม รหัส 60365031

ที่ปรึกษาโครงการ : ดร.ปองพันธ์ โอทกานนท์

สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกล

ภาควิชา : วิศวกรรมเครื่องกล

ปีการศึกษา : 2564

บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างอุปกรณ์วัดความเร็วเชิงมุมที่ล้อสำหรับรถจักรยานยนต์ที่สามารถถอดประกอบได้โดยง่ายและสามารถใช้กับรถจักรยานยนต์ได้หลายประเภท โดยใช้เซนเซอร์แม่เหล็ก ในการตรวจจับแม่เหล็กโดยควบคุมการทำงานด้วยบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ มีการใช้ Data Logger Shield ช่วยเก็บบันทึกข้อมูลวัน เวลา ความเร็วรอบ (RPM) ความเร็วเชิงมุม (ω) และความเร็วเชิงเส้น (v) ลงบน SD Card เพื่อนำมาวิเคราะห์ประสิทธิภาพการทำงานของระบบวัดความเร็วสำหรับรถจักรยานยนต์

โครงการนี้แบ่งการทดสอบการติดตั้งอุปกรณ์ระบบวัดความเร็วที่ล้อรถจักรยานยนต์ ออกเป็น 2 แบบ คือ (1) ทดสอบการติดตั้งแม่เหล็กแบบ 3 ตัว และ (2) การติดตั้งแม่เหล็กแบบ 9 ตัว โดยการทดสอบทั้งสองแบบ จะติดตั้งเซนเซอร์แม่เหล็กจำนวน 1 ตัว และมีการนำเครื่องมือวัดความเร็ว Tachometer มาใช้ตรวจวัดความเร็วร่วมด้วย โดยมีการคำนวณอัตราหมุนของล้อออกมาเป็นรอบต่อนาที (RPM) ขณะทดสอบได้ทำการถ่ายภาพวิดีโอด้วยกล้องมือถือ เพื่อต้องการนับจำนวนแม่เหล็กที่เซนเซอร์ตรวจจับได้จากการอ่านภาพด้วยโปรแกรมตัดต่อวิดีโอ แล้วนำผลการทดสอบของเครื่องมือวัด Tachometer และการถ่ายภาพวิดีโอ ไปใช้ในการวิเคราะห์การทำงาน และตรวจสอบความแม่นยำของระบบวัดความเร็วที่ทำการออกแบบ

ผลการดำเนินงานแสดงให้เห็นว่าแม่เหล็กแบบ 3 ตัว และ 9 ตัวมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับการถ่ายภาพวิดีโอ ซึ่งมีการประมวลผลข้อมูลภาพจากการใช้โปรแกรมตัดต่อวิดีโอ การติดตั้งแม่เหล็กจำนวน 3 ตัว ความคลาดเคลื่อนสูงสุดอยู่ที่ร้อยละ 3.76 และการติดตั้งแม่เหล็กจำนวน 9 ตัว มีความคลาดเคลื่อนสูงสุดอยู่ที่ร้อยละ 2.10 จะเห็นได้ว่าการติดตั้งแม่เหล็กจำนวน 9 ตัว มีความแม่นยำมากกว่าการติดตั้งแม่เหล็กจำนวน 3 ตัว

Project title : SPEEDOMETER SYSTEM FOR MOTORCYCLES

Name : Mr. Kittithat Punthawee ID. 60360401
Mr. Pattaravut Bokaew ID. 60363648
Mrs. Sathanee Thianhom ID. 60365031

Project advisor : Dr.Pongpun Othaganont

Major : Mechanical Engineering

Department : Mechanical Engineering

Academic year : 2021

Abstract

This project aims to design and build a motorcycle wheel speedometer that can be installed on a range of motorcycles. The speedometer is operated by an Arduino microcontroller board by using magnetic proximity sensor to pickup magnetic signals on the wheel. A Data Logger Shield is used to store date, time, rotational speed (RPM), angular velocity (ω), and linear velocity (v) on the SD card for further performance analysis.

This project consist of two experimental procedures : (1) 3-magnet mounting test and (2) 9-magnet mounting test for motorcycle wheel. A magnetic proximity sensor is used for measuring the wheel speed and then compare results with a tachometer. Meanwhile, a video was also captured with a slow-motion mode on a mobile phone camera. A frame-by-frame video analysis software was performed to count the number of magnets detected by the sensor. Then results from the tachometer, video analysis software and speedometer were compared and determine the accuracy of the speedometer.

The results showed that difference in measurement between speedometer and video analysis method were around 3.76% and 2.1% when using 3 and 9 magnets respectively. In conclusion, the magnetic-pickup speedometer in this project shows acceptable accuracy and give user a flexibility of installing the device on wide range of motorcycles without any major modification.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการเรื่อง “ระบบวัดความเร็วสำหรับรถจักรยานยนต์” ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีจากความอนุเคราะห์ของผู้มีพระคุณ ทางคณะผู้ดำเนินงานขอขอบพระคุณท่าน ดร.ปองพันธ์ โอทกานนท์ ซึ่งได้ทำหน้าที่เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการนี้ที่ได้ทำการให้ความรู้ คำแนะนำการตรวจทาน แก้ไขข้อบกพร่อง และแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในระหว่างการดำเนินโครงการด้วยความเอาใจใส่ทุกขั้นตอนเพื่อให้การเขียนโครงการระบบวัดความเร็วสำหรับรถจักรยานยนต์นี้ออกมาอย่างสมบูรณ์มากที่สุด ทางคณะผู้ดำเนินงานขอขอบพระคุณท่านอาจารย์เป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้ ขอขอบพระคุณกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนันต์ชัย อยู่แก้ว และผู้ช่วยศาสตราจารย์ชูพงศ์ ช่วยเพ็ญ ที่ให้ความรู้แก่คณะผู้จัดทำจนสามารถนำความรู้ที่ได้รับมาพัฒนาและปรับปรุงโครงการได้อย่างสมบูรณ์ สุดท้ายนี้คณะผู้ดำเนินงานขอขอบพระคุณครอบครัวของคณะผู้ดำเนินงาน สมาชิกผู้จัดทำโครงการ มิตรสหายของผู้ดำเนินงาน ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่านที่คอยให้กำลังใจและให้การช่วยเหลือทำให้โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และถ้าหากเกิดข้อผิดพลาดประการใดจากโครงการนี้ คณะผู้ดำเนินงานต้องขอกราบอภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

คณะผู้จัดทำ

นายกิตติธัช	พุลทวี
นายภัทรารุติ	บ่อแก้ว
นางสาวสาธนี	เทียนหอม

สารบัญ

	หน้า
ใบรับรองปริญญาานิพนธ์.....	ก
บทคัดย่อ	ข
Abstract.....	ค
กิตติกรรมประกาศ.....	ง
สารบัญ.....	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูปภาพ	ซ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
1.4 ขอบเขตของโครงการ.....	2
1.5 แผนการดำเนินงาน.....	3
1.6 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงการ	4
บทที่ 2 หลักการและงานวิจัยทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 ลักษณะการเคลื่อนที่ของล้อรถจักรยานยนต์	5
2.2 ความเร็วที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของรถจักรยานยนต์	7
2.3 ระบบและหลักการวัดความเร็วยานพาหนะ	9
2.4 Proximity Sensor.....	14
2.5 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino	26
2.6 Data Logger Shield โมดูลบันทึกข้อมูลลง SD Card	28
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	28

บทที่ 3	วิธีการดำเนินการ	32
3.1	การออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับระบบวัดความเร็วสำหรับรถจักรยานยนต์	32
3.2	การออกแบบการทดสอบระบบวัดความเร็วสำหรับรถจักรยานยนต์	43
บทที่ 4	ผลการดำเนินงานและการวิเคราะห์ผล.....	45
4.1	ผลการทดลอง.....	45
4.2	วิเคราะห์ผลการทดลอง	49
บทที่ 5	สรุปผลโครงการและข้อเสนอแนะ	50
5.1	สรุปผลการทดลอง.....	50
5.2	ปัญหาที่พบ.....	51
5.3	ข้อเสนอแนะ.....	51
บรรณานุกรม.....		52
ภาคผนวก ก	รูปแสดงผลการหมุนของล้อโดยโปรแกรมตัดต่อวิดีโอ	56
ภาคผนวก ข	ตารางผลการคำนวณจากโปรแกรมตัดต่อวิดีโอ.....	61
ภาคผนวก ค	ขั้นตอนการดาวน์โหลดและติดตั้ง Arduino Software (IDE).....	73
ภาคผนวก ง	การเขียนโปรแกรมเพื่อใช้วัดความเร็ว	78
ภาคผนวก จ	คู่มือการใช้งานระบบวัดความเร็ว.....	86

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1.1 แผนตารางการปฏิบัติงาน.....	3
ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบความเร็วรอบที่ได้จากระบบวัดความเร็วโดยติดตั้งแม่เหล็กจำนวน 3 ตัว กับ เครื่องมือ Tachometer	45
ตารางที่ 4.2 เปรียบเทียบความเร็วรอบที่ได้จากระบบวัดความเร็วโดยติดตั้งแม่เหล็กจำนวน 9 ตัว กับ เครื่องมือ Tachometer	46
ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบระบบวัดความเร็วกับการถ่ายภาพวิดีโอด้วยกล้องมือถือ	48



สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 ลักษณะการเคลื่อนที่ของล้อรถจักรยานยนต์.....	5
รูปที่ 2.2 การเคลื่อนที่ของรถจักรยานยนต์.....	6
รูปที่ 2.3 ความเร็วเชิงเส้นและความเร็วเชิงมุมของล้อ	7
รูปที่ 2.4 Aim Solo 2 GPS	10
รูปที่ 2.5 จุดตัดสัญญาณดาวเทียมเพื่อคำนวณหาตำแหน่งบนพื้นโลก.....	11
รูปที่ 2.6 เซนเซอร์วัดความเร็วการหมุนล้อเอบีเอส.....	12
รูปที่ 2.7 มิเตอร์วัดความเร็วสำหรับรถจักรยาน รุ่น SD-581	13
รูปที่ 2.8 Photo Sensor	15
รูปที่ 2.9 โฟโต้ไดโอด.....	16
รูปที่ 2.10 สัญลักษณ์โฟโต้ไดโอด	16
รูปที่ 2.11 การจ่ายไบอัสกลับให้โฟโต้ไดโอด.....	16
รูปที่ 2.12 โฟโต้ทรานซิสเตอร์.....	16
รูปที่ 2.13 สัญลักษณ์โฟโต้ทรานซิสเตอร์.....	16
รูปที่ 2.14 Diffuse-reflective Sensors.....	17
รูปที่ 2.15 Retro-reflective Sensors	19
รูปที่ 2.16 Through-beam Sensors.....	20
รูปที่ 2.17 ส่วนประกอบของเซนเซอร์ (Sensor's body).....	22
รูปที่ 2.18 วัตถุเข้าใกล้ระยะการตรวจจับของเซนเซอร์.....	22
รูปที่ 2.19 วัตถุห่างจากระยะการตรวจจับของเซนเซอร์.....	23
รูปที่ 2.20 การปรับสกรูเพิ่มหรือลดระยะการตรวจจับ	23
รูปที่ 2.21 ส่วนประกอบของ Inductive Proximity Sensor.....	24
รูปที่ 2.22 เกิดกระแสวนและสนามแม่เหล็กไฟฟ้าย้อนกลับเมื่อเซนเซอร์เข้าระยะตรวจจับ	25
รูปที่ 2.23 แสดงผล Output เป็น OFF.....	25
รูปที่ 2.24 แสดงผล Output เป็น ON	25
รูปที่ 2.25 Arduino UNO R3.....	27
รูปที่ 2.26 Data Logger Shield	28
รูปที่ 2.27 ส่วนประกอบของระบบการวัดอนบอร์ดที่พัฒนาขึ้น	29
รูปที่ 2.28 เครื่องบันทึกข้อมูลที่ทำการออกแบบ	29

รูปที่ 2.29	ติดตั้งอุปกรณ์ทดสอบ	30
รูปที่ 2.30	อุปกรณ์ที่ได้ทำการออกแบบ	31
รูปที่ 2.31	การวางตำแหน่งอุปกรณ์.....	31
รูปที่ 3.1	Arduino Uno R3 (Specifications)	33
รูปที่ 3.2	Data Logger Shield (Specifications)	33
รูปที่ 3.3	กล่องอุปกรณ์ที่ประกอบไปด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์.....	34
รูปที่ 3.4	กล่องอุปกรณ์ที่ติดกับแหล่งจ่ายไฟ.....	34
รูปที่ 3.5	การติดตั้งที่ยึดแฮนด์รถ.....	35
รูปที่ 3.6	การติดตั้งกล่องอุปกรณ์บนแฮนด์รถจักรยานยนต์	35
รูปที่ 3.7	Flow Chart แสดงคำสั่งอุปกรณ์วัดความเร็วสำหรับรถจักรยานยนต์	36
รูปที่ 3.8	พิจารณาการติดตั้งเซนเซอร์และแม่เหล็ก.....	37
รูปที่ 3.9	การติดแม่เหล็ก 3 ตัวแบบสมมาตรกัน.....	38
รูปที่ 3.10	การติดแม่เหล็ก 9 ตัวแบบสมมาตรกัน	38
รูปที่ 3.11	รัศมีล้อหลังที่ใช้ทดสอบ.....	39
รูปที่ 3.12	Hall Sensor Proximity Switch NJK-5002A PNP NO 10mm เซนเซอร์สวิตช์แม่เหล็ก	39
รูปที่ 3.13	แม่เหล็ก TXNE1-102M.....	40
รูปที่ 3.14	การติดตั้งเซนเซอร์ที่ล้อหน้า.....	42
รูปที่ 3.15	ระยะห่างระหว่างเซนเซอร์กับแม่เหล็กไม่เกิน 1 เซนติเมตร (ล้อหน้า).....	42
รูปที่ 3.16	แสดงผลเอาต์พุตเมื่อเซนเซอร์ตรวจจับแม่เหล็ก (ล้อหน้า)	42
รูปที่ 3.17	การติดตั้งเซนเซอร์ตรวจจับแม่เหล็กที่ล้อหลัง.....	43
รูปที่ 3.18	ระยะห่างระหว่างเซนเซอร์กับแม่เหล็กไม่เกิน 1 เซนติเมตร (ล้อหลัง).....	43
รูปที่ 3.19	แสดงผลเอาต์พุตเมื่อเซนเซอร์ตรวจจับแม่เหล็ก (ล้อหลัง).....	43
รูปที่ 3.20	การทดสอบอุปกรณ์ที่ล้อหลังของรถจักรยานยนต์	44

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

ปัจจุบันมีการเกิดอุบัติเหตุโดยการขับขี่รถจักรยานยนต์ในประเทศไทยสูง โดยอ้างอิงจากข้อมูลทางสถิติอุบัติเหตุจราจร ซึ่งรายงานสถิติจากศูนย์อำนวยการป้องกันและลดอุบัติเหตุทางถนนช่วงเทศกาลปีใหม่ 2564 ว่า สถิติอุบัติเหตุทางถนนระหว่างวันที่ 29 ธ.ค.63 ถึงวันที่ 4 ม.ค.64 เกิดอุบัติเหตุรวม 3,236 ครั้ง ผู้เสียชีวิตรวม 392 ราย ผู้บาดเจ็บยอดสะสมรวม 3,499 คน จังหวัดที่ไม่มีผู้เสียชีวิต มี 6 จังหวัด คือ ตราด พะเยา แม่ฮ่องสอน ยะลา ลำพูน และสตูล จังหวัดที่เกิดอุบัติเหตุสะสมสูงสุด ได้แก่ เชียงใหม่ 115 ครั้ง จังหวัดที่มีผู้เสียชีวิตสะสมสูงสุด คือ เชียงราย 18 ราย และจังหวัดที่มีผู้บาดเจ็บสะสมสูงสุด คือ เชียงใหม่ 117 คน สาเหตุที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุสูงสุด คือ ขับรถด้วยความเร็วสูงเกินกว่ากฎหมายกำหนด รองลงมาคือตัดหน้าระยะกระชั้นชิด หลับใน อุปกรณ์รถบกพร่อง และสุดท้ายขับรถไม่ชำนาญ โดยสถิติอุบัติเหตุทางถนนประจำวันที่ 2 ม.ค.63 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการรณรงค์ “ขับรถมีน้ำใจ รักษาวินัยจราจร” ปรากฏว่าเกิดอุบัติเหตุ 354 ครั้ง ผู้เสียชีวิต 45 ราย ผู้บาดเจ็บ 359 คน สาเหตุที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุสูงสุด ได้แก่ ตีมีแล้วขับร้อยละ 32.68 ขับรถเร็วร้อยละ 29.00 พฤติกรรมเสี่ยงที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุทางถนนสูงสุด ได้แก่ ไม่สวมหมวกนิรภัยร้อยละ 56.12 ตีมีแล้วขับร้อยละ 22.49 ยานพาหนะที่เกิดอุบัติเหตุสูงสุด ได้แก่ รถจักรยานยนต์ร้อยละ 79.97 รถกระบะร้อยละ 6.81 ส่วนใหญ่เกิดบนเส้นทางตรง 63.37 ถนนใน อบต./หมู่บ้านร้อยละ 39.02 ช่วงเวลาที่เกิดอุบัติเหตุสูงสุด ได้แก่ ช่วงเวลา 16.01 – 20.00 น. ร้อยละ 26.28 [1]

จากสถิติที่กล่าวมาข้างต้น จะพบว่ารถจักรยานยนต์มีสถิติการเกิดอุบัติเหตุสูงสุด โดยสาเหตุในการเกิดอุบัติเหตุ นั้นมาจากพฤติกรรมการขับขี่ที่เป็นอันตราย เช่น การขับขี่รถจักรยานยนต์ด้วยความเร็วเกินกำหนด ขาดประสบการณ์ในการขับขี่ การขับรถในขณะที่ฝนตกแล้วถนนลื่น หรือการเลี้ยวโค้งที่ทำให้รถจักรยานยนต์เสียหลักล้มลงโดยอาจจะเกิดการลื่นไถลของล้อรถในขณะที่ผู้ขับขี่กำลังขับรถจักรยานยนต์อยู่ หรืออาจจะไม่มีการลื่นไถลของล้อรถจักรยานยนต์เกิดขึ้นในขณะนั้น ซึ่งคณะผู้จัดทำโครงการได้เล็งเห็นถึงปัญหานี้ จึงได้มีแนวคิดที่จะสร้างอุปกรณ์ในการวัดความเร็วเชิงมุมการหมุนของล้อรถจักรยานยนต์ทั้งสองล้อเพื่อนำมาวิเคราะห์การไหลของล้อรถจักรยานยนต์ในขณะขับ รวมทั้งช่วยในการเก็บข้อมูลเพื่อใช้วิเคราะห์พฤติกรรมของผู้ขับขี่ที่อาจก่อให้เกิดอันตราย เช่น พฤติกรรมการควบคุมการห้ามล้อซึ่งส่งผลต่อการลื่นไถลและเสถียรภาพการทรงตัวของ

รถจักรยานยนต์ อุปกรณ์นี้สามารถวัดและบันทึกความเร็วเชิงมุมการหมุนของล้อจากเซนเซอร์ที่ล้อ ควบคุมการทำงานด้วยบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ บันทึกข้อมูลความเร็วและเวลาลงใน SD Card

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

- 1.2.1 เพื่อออกแบบและสร้างอุปกรณ์วัดความเร็วเชิงมุมที่ล้อสำหรับรถจักรยานยนต์ที่สามารถถอดประกอบได้โดยง่ายและสามารถใช้กับรถจักรยานยนต์ได้หลายประเภท
- 1.2.2 อุปกรณ์วัดความเร็วสามารถวัดความเร็วเชิงมุมการหมุนของล้อและนำมาคำนวณเป็นความเร็วเชิงเส้นได้
- 1.2.3 อุปกรณ์สามารถบันทึกค่าความเร็วและเวลาได้

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.3.1 ข้อมูลจากอุปกรณ์วัดความเร็วเชิงมุมที่ล้อสามารถนำมาวิเคราะห์พฤติกรรมของผู้ขับขี่ เช่น การควบคุมคันเร่งและเบรก เป็นต้น
- 1.3.2 ได้อุปกรณ์วัดความเร็วที่มีขนาดกะทัดรัด ถอดประกอบได้ง่าย และไม่ต้องมีการตัดแปลงตัวรถซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยและการรับประกันของตัวรถ
- 1.3.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการติดตั้งเป็นอุปกรณ์ที่หาซื้อได้ง่าย ราคาไม่แพง หากมีการชำรุดเสียหายสามารถซ่อมบำรุงได้จากอะไหล่ที่มีในประเทศ
- 1.3.4 ข้อมูลที่บันทึกได้จากอุปกรณ์วัดความเร็วสามารถนำไปใช้เพื่อวิเคราะห์พลศาสตร์ของรถจักรยานยนต์และการสิ้นเปลืองของล้อรถจักรยานยนต์

1.4 ขอบเขตของโครงการ

- 1.4.1 อุปกรณ์สามารถวัดความเร็วเชิงมุมที่ล้อของรถจักรยานยนต์ได้
- 1.4.2 อุปกรณ์สามารถทำงานได้ด้วยตัวเอง ติดตั้งได้โดยไม่ต้องตัดแปลงตัวรถ
- 1.4.3 ทดสอบอุปกรณ์ด้วยรถจักรยานยนต์อย่างปลอดภัยภายในบริเวณมหาวิทยาลัยนเรศวร

1.6 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงการ

1.6.1 บอร์ด Arduino UNO R3 พร้อมสาย USB	ราคา 250 บาท
1.6.2 Data Logger Shield	ราคา 110 บาท
1.6.3 เซนเซอร์แม่เหล็ก	ราคา 85 บาท
1.6.4 ตัวยึดบอร์ด Arduino UNO R3 ติดกับแฮนรถ	ราคา 138 บาท
1.6.5 กล่องใส่บอร์ดคูน	ราคา 30 บาท
1.6.6 แม่เหล็กติดซีลวดล้อรถจักรยานยนต์	ราคา 1,400 บาท
1.6.7 SD Card	ราคา 250 บาท
1.6.8 ตัวยึดเซนเซอร์ที่ล้อหน้า	ราคา 200 บาท
1.6.9 ตัวยึดเซนเซอร์ที่ล้อหลัง	ราคา 102 บาท
ราคารวมทั้งสิ้น	ราคา 2,565 บาท



บทที่ 2

หลักการและงานวิจัยทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

บทนี้เป็นการนำเสนอเกี่ยวกับหลักการและทฤษฎีต่าง ๆ ที่มีความเกี่ยวข้องกับการนำเทคนิคและองค์ความรู้มาใช้งานกับระบบวัดความเร็วสำหรับรถจักรยานยนต์ โดยเริ่มจากการเสนอลักษณะการเคลื่อนที่ของล้อรถจักรยานยนต์ ถัดมาเป็นเรื่องของความเร็วที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของรถจักรยานยนต์ กล่าวถึงความเร็วเชิงเส้น และความเร็วเชิงมุม มีการวิเคราะห์ระบบและหลักการวัดความเร็วยานพาหนะ สุดท้ายมีการนำเสนองานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ตามข้อมูลดังต่อไปนี้

2.1 ลักษณะการเคลื่อนที่ของล้อรถจักรยานยนต์ [2]



รูปที่ 2.1 ลักษณะการเคลื่อนที่ของล้อรถจักรยานยนต์

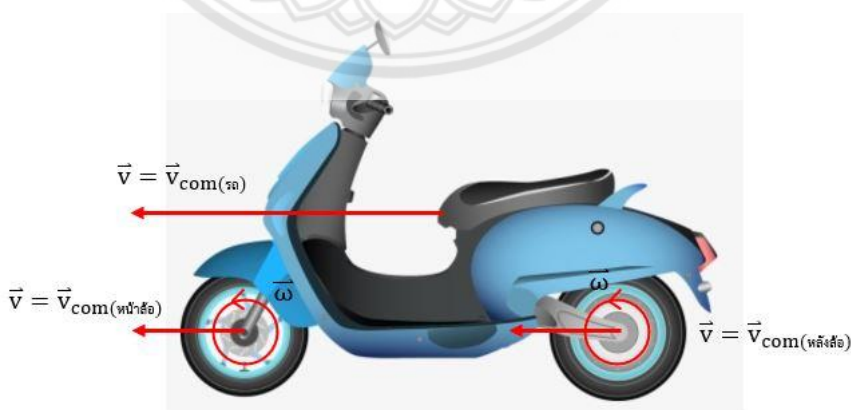
(ที่มา : ฐิติศักดิ์ กุลเกล้าปรการ, 2554)

- รูปที่ 2.1 (ก) แสดงการเคลื่อนที่แบบเลื่อน (Translation) การเคลื่อนที่ชนิดนี้จะไม่มีการหมุนเกิดขึ้นจึงส่งผลให้ทุกจุดบนวงล้อ (เช่นจุด P, T และ O) เคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกัน (เช่นทางขวามือ) ด้วยความเร็วเชิงเส้นที่เท่ากันทุกจุดกรณีที่รถจักรยานยนต์เคลื่อนที่แต่ปราศจากการหมุนของล้อ เช่น ล้อล็อกตายทำให้เกิดการไถลโดยที่ตัวรถยังมีความเร็วขณะนั้นอยู่ การเคลื่อนที่ลักษณะนี้เรียกว่า “การเคลื่อนที่แบบเลื่อน”

2. รูปที่ 2.1 (ข) แสดงการเคลื่อนที่แบบหมุน (Rotation about a fix axis) การเคลื่อนที่ชนิดนี้จะมีการหมุนเกิดขึ้นจึงส่งผลให้จุด P และจุด T เคลื่อนที่ไปในทิศทางตรงข้ามกันด้วยความเร็วเชิงมุมรอบจุด O กรณีรถจักรยานยนต์ไม่มีความเร็วหรือไม่มีการเคลื่อนที่แต่ล้อเกิดการหมุน เช่น การตั้งขาตั้งคู่เพื่อยกล้อจากพื้นและเร่งเครื่องทำให้ล้อหลังหมุนอยู่กับที่หรือล้อหมุนฟรี ลักษณะการเคลื่อนที่นี้เรียกว่า “การเคลื่อนที่แบบหมุน”
3. รูปที่ 2.1 (ค) แสดงการเคลื่อนที่แบบทั่วไปบนระนาบ (General plane motion) การเคลื่อนที่ชนิดนี้จะมีการหมุนเกิดขึ้นจึงส่งผลให้จุด T และจุด O เคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกัน ด้วยความเร็วเชิงเส้นที่จุด T เป็นสองเท่าของจุด O และเกิดการหมุนด้วยความเร็วเชิงมุมรอบจุด O กรณีรถจักรยานยนต์มีการเคลื่อนที่ไปพร้อมกันกับการหมุนของล้อ เช่น มีการขับซึ่งรถจักรยานยนต์บนท้องถนนโดยล้อรถเกิดการกลิ้งโดยไม่ไถล ซึ่งการเคลื่อนที่ลักษณะนี้เรียกว่า “การเคลื่อนที่แบบทั่วไปบนระนาบ”

เนื่องจากล้อกับตัวรถจักรยานยนต์ถูกยึดเข้าด้วยกัน หากล้อหน้าและล้อหลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเชิงมุม (ω) ที่เท่ากันหรือใกล้เคียงกันจึงอาจอนุมานได้ว่ารถจักรยานยนต์เคลื่อนที่เป็นปกติและไม่เกิดการไถล ดังนั้นความเร็วเชิงเส้น (\vec{v}) ที่ดุมล้อหน้า ดุมล้อหลัง และ ความเร็วที่จุดศูนย์กลางมวลของรถ (\vec{v}_{com}) ควรจะมีค่าเท่ากันและคำนวณได้จากความเร็วเชิงมุมของล้อทั้งสอง

หากล้อหน้าและล้อหลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเชิงมุมไม่เท่ากันหรือล้อรถจักรยานยนต์เกิดการลื่นไถลที่ล้อใดล้อหนึ่ง ดังนั้น ความเร็วเชิงเส้นที่ดุมล้อหน้า ดุมล้อหลัง และ ความเร็วที่จุดศูนย์กลางมวลของรถควรมีค่าเท่ากันและคำนวณได้จากความเร็วเชิงมุมของล้อที่เคลื่อนที่โดยไม่ไถล



รูปที่ 2.2 การเคลื่อนที่ของรถจักรยานยนต์

(ที่มา : pngfind, 2564)

2.2 ความเร็วที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของรถจักรยานยนต์

2.2.1 ความเร็วเชิงเส้น (Linear velocity) [3]

ความเร็วเชิงเส้น (v) หมายถึง ระยะทางตามเส้นรอบวงของล้อเคลื่อนที่ไปใน

ระยะทางตามเส้นรอบวงของล้อเคลื่อนที่ไปได้ใน 1 หน่วยเวลา มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที (m/s)



รูปที่ 2.3 ความเร็วเชิงเส้นและความเร็วเชิงมุมของล้อ

(ที่มา : รุ่งอรุณ สมบัติรักษ์, 2546)

จากรูปที่ 2.3 พบว่าระยะทางที่ดุมล้อเคลื่อนที่ไปครบ 1 รอบ Δs จะเท่ากับเส้นรอบวงของล้อ คือ $2\pi R$ ซึ่งแปรผันตามรัศมีของล้อ R ดังนั้น $\Delta s = R\Delta\theta$

ความเร็วเชิงเส้นเฉลี่ยของล้อที่เคลื่อนที่ในช่วงเวลา Δt ใด ๆ คือ

$$v_{av} = \frac{\Delta s}{\Delta t} = R \frac{\Delta\theta}{\Delta t} \quad (2.1)$$

เมื่อ v_{av} คือ ความเร็วเชิงเส้นเฉลี่ย มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที (m/s)

Δs คือ ระยะการกระจัดที่เปลี่ยนแปลงไป มีหน่วยเป็นเมตร (m)

$\Delta\theta$ คือ ระยะการกระจัดเชิงมุมที่เปลี่ยนแปลงไป มีหน่วยเป็นเรเดียน (rad)

R คือ รัศมีของวงกลม มีหน่วยเป็นเมตร (m)

ความเร็วเชิงเส้นขณะใดขณะหนึ่ง คือ

$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{s}}{\Delta t} = \frac{d\vec{s}}{dt} \quad (2.2)$$

เมื่อล้อเคลื่อนที่ตามเส้นโค้งรัศมี R ครบ 1 รอบ $\Delta\theta = 2\pi$ นำไปแทนใน (2.1)

ดังนั้น

$$v = \frac{2\pi R}{\Delta t} = \frac{2\pi R}{T} \quad (2.3)$$

หรือ

$$v = 2\pi Rf \quad (2.4)$$

เมื่อ

v คือ ความเร็วเชิงเส้น มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที (m/s)

R คือ รัศมีของวงกลม มีหน่วยเป็นเมตร (m)

f คือ จำนวนรอบที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ภายในเวลา 1 วินาที มีหน่วยเป็นรอบต่อวินาที (1/s)

T คือ เวลาของการเคลื่อนที่ครบ 1 รอบ มีหน่วยเป็นวินาที (s)

2.2.2 ความเร็วเชิงมุม (Angular velocity)

ความเร็วเชิงมุม (ω) หมายถึง การกระจัดเชิงมุมที่มุมล้อเปลี่ยนแปลงไปใน 1 หน่วยเวลา มีหน่วยเป็น เรเดียนต่อวินาที (rad/s)

จากรูปที่ 2.3 เมื่อล้อเคลื่อนที่ด้วยรัศมีเท่ากับ R โดยใช้เวลาการเคลื่อนที่ Δt มีระยะทางการกระจัดเชิงมุมที่เคลื่อนที่ไปเท่ากับ $\Delta\theta$

ความเร็วเชิงมุมเฉลี่ยของล้อที่เคลื่อนที่ในช่วงเวลา Δt ใด ๆ คือ

$$\omega_{av} = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} \quad (2.5)$$

เมื่อ ω_{av} คือ ความเร็วเชิงมุมเฉลี่ย มีหน่วยเป็นเรเดียนต่อวินาที (rad/s)

$\Delta\theta$ คือ ผลต่างของมุมที่เปลี่ยนไป มีหน่วยเป็นองศา

ความเร็วเชิงมุมขณะใดขณะหนึ่ง คือ

$$\vec{\omega} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{\theta}}{\Delta t} = \frac{d\vec{\theta}}{dt} \quad (2.6)$$

เมื่อล้อเคลื่อนที่ตามเส้นโค้งด้วยรัศมี R ครบ 1 รอบ $\Delta\theta = 2\pi$ นำไปแทนใน (2.5)

ดังนั้น
$$\omega = \frac{2\pi}{\Delta t} = \frac{2\pi}{T} \quad (2.7)$$

หรือ
$$\omega = 2\pi f \quad (2.8)$$

หากพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเชิงเส้นและความเร็วเชิงมุมจะได้ดังนี้

จากสมการความเร็วเชิงมุมที่ 2.8 ; $\omega = 2\pi f$ นำไปแทนใน (2.4)

ดังนั้น
$$v = 2\pi Rf = \omega R \quad (2.9)$$

2.3 ระบบและหลักการวัดความเร็วยานพาหนะ

หากพิจารณาการวัดความเร็วของวัตถุเคลื่อนที่ ความเร็วนั้นสามารถหาได้จากระยะทางที่เทียบจากจุดอ้างอิงภายนอกที่วัตถุเคลื่อนที่ผ่านไปหารด้วยเวลา ด้วยวิธีการวัดความเร็วอย่างง่ายนี้ การหาความเร็วของรถจักรยานยนต์สามารถหาได้จากเวลาที่รถเดินทางผ่านจุดสองจุดที่รู้ระยะทาง และเพื่อให้การหาความเร็วเป็นไปได้อย่างรวดเร็วและสะดวกต่อการใช้งาน จึงมีเครื่องมือที่ช่วยวัดความเร็วเชิงเส้นของยานพาหนะดังนี้

2.3.1 เครื่องวัดความเร็วจากสัญญาณดาวเทียม [4]

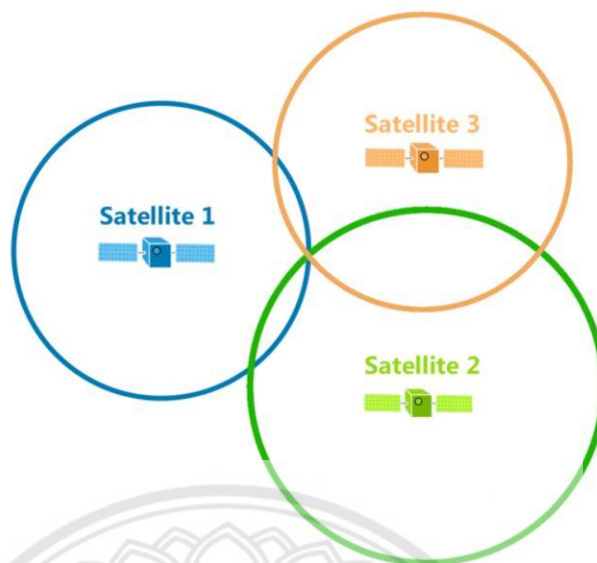


ชื่อ	Aim Solo 2 GPS
ขนาด	98.0x73.7x30.2 มม.
ความละเอียดในการแสดงผล	238x99 พิกเซล
การเชื่อมต่อ Wi-Fi	ทำได้
ความถี่ GPS	10 Hz
แหล่งจ่ายไฟภายนอก	12 V
หน่วยความจำ(ข้อมูล)	4 GB
ประเภทแบตเตอรี่	ลิเทียมแบบชาร์จไฟได้
มาตรฐานกันน้ำ	IP67

รูปที่ 2.4 Aim Solo 2 GPS

(ที่มา : aim-sportline, 2564)

เครื่องวัดความเร็วจากสัญญาณดาวเทียมหรือระบบระบุตำแหน่งบนพื้นโลก (Global Positioning System : GPS) จะต้องมีองค์ประกอบ 2 อย่าง คือ ดาวเทียมและตัวรับสัญญาณ โดยการทำงานจะอาศัยหลักการวัดจากสัญญาณดาวเทียม ดาวเทียมดวงที่หนึ่งจะทำการส่งสัญญาณในลักษณะคลื่นวิทยุไปยังตัวรับสัญญาณ สามารถที่จะทราบระยะทางของสัญญาณดาวเทียมที่ส่งไปยังตัวรับสัญญาณได้จาก $s = vt$ ดังสมการที่ 2.1 เมื่อมีการส่งสัญญาณดาวเทียมไปยังตัวรับสัญญาณจึงสามารถทราบได้ทั้งความเร็วและเวลาจากดาวเทียม ก็สามารถที่จะคำนวณระยะทางออกมาได้ ระยะทางดังกล่าวก็คือเส้นวงของดาวเทียมจึงไม่ทราบตำแหน่งที่แน่ชัดว่าอยู่บริเวณใดของเส้นรอบวง ทำให้ต้องอาศัยดาวเทียมดวงที่สองและสาม ซึ่งดาวเทียมดวงที่สองเมื่อคำนวณระยะทางวิธีเดียวกับดาวเทียมดวงที่หนึ่งก็จะทราบเส้นรอบวงของดาวเทียมดวงที่สอง เส้นรอบวงของดาวเทียมดวงที่หนึ่งกับสองมีพื้นที่ร่วมกัน (Intersection) จะมีจุดตัดเกิดขึ้นสองจุดแต่ก็ยังไม่ทราบว่าอยู่ที่บริเวณใด จุดใด จึงได้มีดาวเทียมดวงที่สามมาช่วยหาตำแหน่งโดยการหาเส้นรอบวงจะทำเช่นเดียวกับดาวเทียมดวงที่หนึ่งและสอง ดังนั้นเมื่อดาวเทียมทั้งสามดวงมาอินเตอร์เซกชันกันพบว่าวงกลมทั้งสามวงตัดกันได้จุดตัด จึงจะทราบตำแหน่งที่แน่ชัดได้ ดังรูปที่ 2.5 ดังนั้นการทราบตำแหน่งจากสัญญาณดาวเทียมก็สามารถที่จะคำนวณหาความเร็วได้โดยการหาอัตราการเปลี่ยนแปลงของตำแหน่งเมื่อเทียบกับเวลาจาก $v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{ds}{dt}$ ดังสมการที่ 2.2 จึงสามารถที่จะทราบความเร็วแบบเชิงเส้นได้



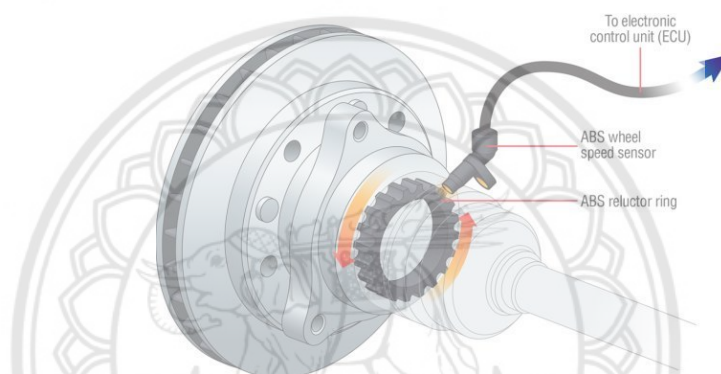
รูปที่ 2.5 จุดตัดสัญญาณดาวเทียมเพื่อคำนวณหาตำแหน่งบนพื้นโลก

(ที่มา : spaceth.co, 2563)

ข้อดีของอุปกรณ์	ข้อจำกัดในการใช้งานอุปกรณ์
<ul style="list-style-type: none"> ➢ สามารถวัดความเร็วเชิงเส้นได้ เนื่องจากการประมวลผลตัวรับสัญญาณที่ได้จากดาวเทียม ➢ สามารถนำไปติดตั้งและใช้งานกับยานพาหนะหลายชนิด ➢ ความถี่ในการหาตำแหน่งอยู่ที่ 10 Hz ทำให้มีความแม่นยำสูง ➢ สามารถรู้ตำแหน่งปัจจุบันได้แบบ Real-time ➢ มีมาตรฐานกันน้ำระดับ IP67 สามารถป้องกันการแทรกซึมของน้ำ จากการแช่ตัวในน้ำได้ที่ความลึกสูงสุด 1 เมตร เป็นระยะเวลาสูงสุด 30 นาที 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ ไม่สามารถวัดความเร็วเชิงมุมได้ ➢ อาจเกิดจากดาวเทียมที่วงโคจรคลาดเคลื่อนเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของดวงจันทร์และดวงอาทิตย์ หรือเกิดจากความคลาดเคลื่อนของนาฬิกาเพียงเล็กน้อยทำให้การคำนวณระยะทางผิดพลาดได้

2.3.2 เซนเซอร์วัดความเร็วการหมุนล้อ [5]

การทำงานของระบบวัดความเร็ว ABS (Anti-Lock Brake System) ระบบป้องกันการเบรกจนล้อล็อกตาย อาศัยการหมุนของฟันเฟืองวงแหวน (ABS reluctor ring) ที่ติดไปกับเพลาล้อ ร่วมกับการใช้เซนเซอร์วัดความเร็วการหมุนล้อเอปี่เอสชนิดตรวจจับโลหะ (ABS wheel speed sensor) ในการตรวจจับอัตราการหมุนโดยขณะที่ฟันเฟืองวงแหวนมีการเคลื่อนที่แบบหมุนทำให้ยอดฟันเข้าระยะตรวจจับของเซนเซอร์ และออกระยะการตรวจจับที่โคนฟันเฟือง ในกระบวนการนี้ทำให้สามารถประมวลอัตราความเร็วได้ และมีการส่งอัตราความเร็วไปยัง Electronic Control Unit (ECU) ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 เซนเซอร์วัดความเร็วการหมุนล้อเอปี่เอส

(ที่มา : medium, 2561)

ข้อดีของอุปกรณ์	ข้อจำกัดในการใช้งานอุปกรณ์
<ul style="list-style-type: none"> ➤ สามารถวัดความเร็วเชิงมุมที่ล้อได้ เนื่องจากใช้เซนเซอร์วัดความเร็วการหมุนล้อเอปี่เอสชนิดตรวจจับโลหะ ➤ สามารถติดตั้งไปกับยานพาหนะได้ ➤ มีการทำงานของ wheel speed sensor ร่วมกับระบบเบรก ABS ซึ่งเป็นระบบป้องกันล้อล็อกตายเมื่อเบรกกระทันหัน ทำให้สามารถลดอุบัติเหตุที่จะเกิดขึ้นได้ 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ ไม่สามารถวัดความเร็วเชิงเส้นได้ ➤ ต้องทำการดัดแปลงตัวรถเพื่อทำการติดตั้ง อาจส่งผลให้ส่วนที่ถูกดัดแปลงเกิดความเสียหาย ➤ เป็นระบบวัดความเร็วที่ติดตั้งยาก ใช้ไม่ได้กับรถทุกรุ่น และทุกประเภท

2.3.3 มิเตอร์วัดความเร็ว วัดระยะทาง เวลาสะสม ของจักรยาน [6]



ชื่อ	SUNDING SD-581
ราคา	147 บาท
ขนาด	50x45x15 มิลลิเมตร
จอแสดงผล	ระยะทาง ความเร็ว สูงสุด ความเร็วเฉลี่ย และเวลาที่ผ่านไป
มาตราระยะทาง	0.001-99,999 กิโลเมตรต่อนาที
ตั้งค่าความเร็ว	กิโลเมตรต่อชั่วโมง หรือ เมตรต่อชั่วโมง
การตั้งค่าเส้นรอบวง ยาง	0 ถึง 9,999 มิลลิเมตร
ทนต่ออุณหภูมิ	20 ถึง 70 องศา เซลเซียส

รูปที่ 2.7 มิเตอร์วัดความเร็วสำหรับรถจักรยาน รุ่น SD-581

(ที่มา : tv-mal, 2563)

หลักการทำงานจะตรวจจับการปั่นของล้อรถจักรยานเพื่อให้ได้ข้อมูลในการปั่นจักรยาน ความเร็วจะคำนวณจากการจับเวลาที่ใช้ในการหมุนล้อครบแต่ละรอบ ก่อนจะนำมาหารระยะทางที่เคลื่อนไปได้ในหนึ่งรอบการหมุน แล้วจึงแปลงหน่วย ก่อนจะแสดงผลค่าทั้งสองออกทางหน้าจอต่อไป ดังรูปที่ 2.7

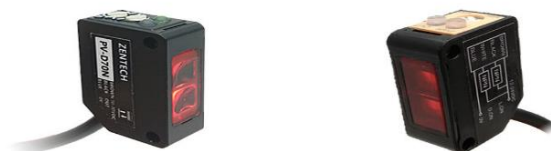
ข้อดีของอุปกรณ์	ข้อจำกัดในการใช้งานอุปกรณ์
<ul style="list-style-type: none"> ➢ สามารถวัดความเร็วมุมได้จากการรับสัญญาณของเซนเซอร์ตรวจจับแม่เหล็ก ➢ สามารถติดไปกับยานพาหนะได้ ➢ มีวิธีการติดตั้งที่ค่อนข้างง่าย เนื่องจากอุปกรณ์มีขนาดกะทัดรัด โดยมีขนาดของตัวเครื่องอยู่ที่ 50x45x15 มิลลิเมตร ➢ สามารถแสดงข้อมูลของระยะทาง ความเร็วสูงสุด ความเร็วเฉลี่ย และเวลาสะสม ➢ ทนต่อสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิตั้งแต่ -20 องศาเซลเซียสไปจนถึง 70 องศาเซลเซียส 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ ไม่สามารถวัดความเร็วเชิงเส้นได้ ➢ ไม่สามารถเก็บบันทึกข้อมูลได้ เนื่องจากไม่มีหน่วยความจำ (Memory Card)

จากอุปกรณ์วัดความเร็วที่กล่าวมาข้างต้น สังเกตว่าจะอาศัยการรับสัญญาณจากเซนเซอร์ เพื่อนำสัญญาณที่วัดได้มาประมวลผลเป็นความเร็ว จึงได้ศึกษาการทำงานของ เซนเซอร์ต่าง ๆ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับโครงงานนี้ เพื่อต้องการจะออกแบบและสร้างอุปกรณ์วัดความเร็วที่สามารถติดตั้งง่าย มีขนาดกะทัดรัด และมีความเหมาะสมกับรถจักรยานยนต์ ดังนี้

2.4 Proximity Sensor

เป็นเซนเซอร์ชนิดหนึ่งที่สามารถทำงานโดยไม่ต้องสัมผัสกับชิ้นงานหรือวัตถุภายนอก โดยลักษณะของการทำงานอาจจะส่งหรือรับพลังงานรูปแบบใดรูปแบบหนึ่งดังต่อไปนี้ คือ สนามแม่เหล็ก สนามไฟฟ้า แสง และเสียง ส่วนการนำไปใช้งานนั้น ส่วนใหญ่จะใช้กับงานตรวจจับ ตำแหน่ง ระดับ ขนาด และรูปร่าง ซึ่งเซนเซอร์ประเภทนี้ได้นำไปใช้ตรวจจับวัตถุจากการหมุนของล้อรถจักรยานยนต์ เมื่อมีการติดตั้งวัตถุที่สามารถตรวจจับได้ที่ซี่ล้อ ขณะรถเคลื่อนที่หรือเกิดการหมุนของล้อ หากเซนเซอร์ตรวจพบเจอวัตถุจะส่งผลให้มีการส่งสัญญาณเอาต์พุตให้ทำงานหรือไม่ทำงาน โดยขึ้นอยู่กับชนิดเอาต์พุตของเซนเซอร์

2.4.1 เซนเซอร์ชนิดใช้แสง [7]



รูปที่ 2.8 Photo Sensor

(ที่มา : ทำความรู้จักโฟโต้อิเล็กทรอนิกส์เซนเซอร์, 2561)

เซนเซอร์ชนิดใช้แสง (Optical Sensor) หรือ Photo Sensor รูปร่างและลักษณะภายนอกของตัวเซนเซอร์สามารถเห็นได้จากรูปที่ 2.8 ข้างต้น มีหน้าที่ใช้ในการตรวจจับการเคลื่อนไหว และตรวจสอบรูปร่างของวัตถุ มีส่วนประกอบที่ใช้ในการตรวจจับวัตถุที่สำคัญ 2 ส่วนคือ ตัวส่งแสง (Emitter) และตัวรับแสง (Receiver) โดยจะอาศัยหลักการส่งแสงและรับแสงในการทำงาน ถ้าแสงจากตัวส่งแสงจะส่งไปสะท้อนกับตัววัตถุทำให้เกิดการตรวจจับขึ้น จากการทำงานลักษณะนี้จะส่งผลให้ตัวรับแสงรู้สถานะของวัตถุที่เกิดขึ้น จากนั้นจะทำการเปลี่ยนแปลงสถานะของสัญญาณทางด้านเอาต์พุตเพื่อที่จะนำไปใช้งานต่อไป โดยทั่วไปแล้วจะใช้โฟโต้ไดโอด (Photo diode) โดยการทำงานจะขึ้นอยู่กับแสงที่มากกระทบและการได้รับแรงดันไฟฟ้าค่าหนึ่งจากการไบอัสกลับ (Reverse Bias) ดังรูปที่ 2.11 ทำให้สามารถสร้างกระแสไฟฟ้าได้ ซึ่งมีรูปร่างลักษณะกับสัญลักษณ์ดังรูปที่ 2.9 กับรูปที่ 2.10 ตามลำดับ และโฟโต้ทรานซิสเตอร์ (Photo Transistor) มีการทำงานเหมือนกับโฟโต้ไดโอดคือจะต้องมีการอาศัยแสงที่มากกระทบบริเวณรอยต่อพี-เอ็น ระหว่างขาคอลเลคเตอร์ (Collector) และขาเบส (Base) ดังรูปที่ 2.13 ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าเบสไหลภายในรอยต่อของโฟโต้ทรานซิสเตอร์ โดยกระแสไฟฟ้าจะขึ้นอยู่กับความเข้มของแสงที่ตกกระทบ ซึ่งมีรูปร่างลักษณะดังรูปที่ 2.12

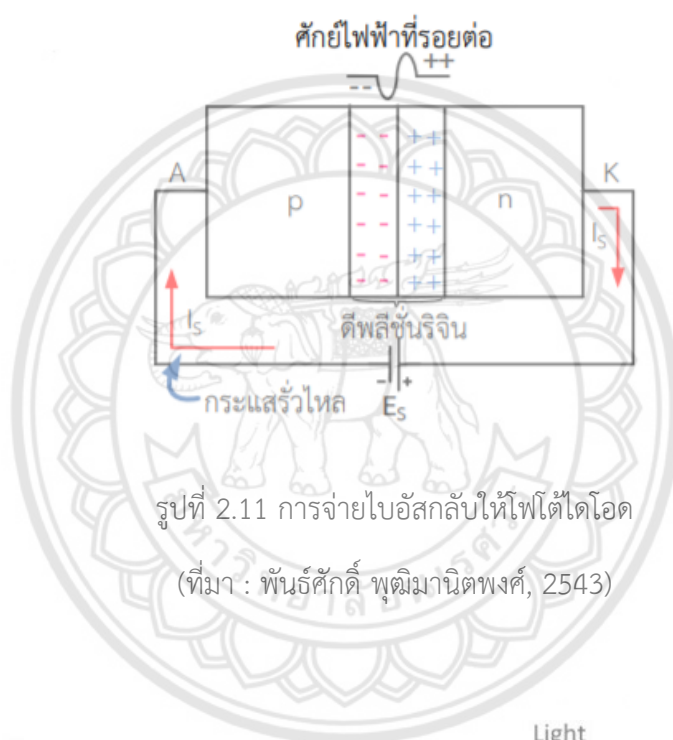


รูปที่ 2.9 โฟโต้ไดโอด



รูปที่ 2.10 สัญลักษณ์โฟโต้ไดโอด

(ที่มา : ชิตชัย โพธิ์ประภา, 2563)



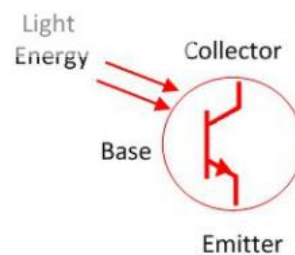
รูปที่ 2.11 การจ่ายไบอัสกลับให้โฟโต้ไดโอด

(ที่มา : พันธุ์ศักดิ์ พุฒิमानิตพงศ์, 2543)



รูปที่ 2.12 โฟโต้ทรานซิสเตอร์

(ที่มา : โฟโต้ทรานซิสเตอร์, 2560)

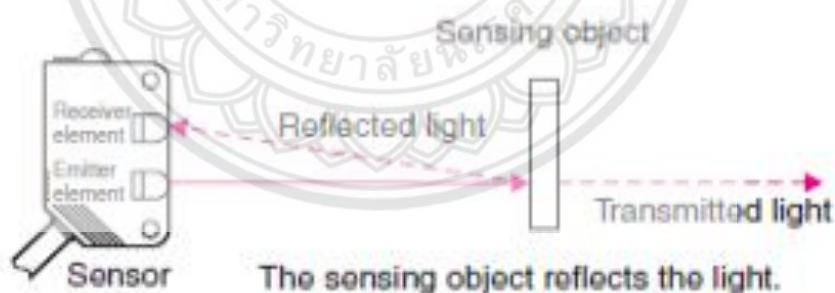


รูปที่ 2.13 สัญลักษณ์โฟโต้ทรานซิสเตอร์

(ที่มา : ความแตกต่างระหว่างโฟโต้ไดโอดกับโฟโต้ทรานซิสเตอร์, 2564)

เซนเซอร์ประเภทนี้สามารถต่อใช้งานร่วมกับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ได้ง่าย และไม่ได้รับผลกระทบจากสภาวะรอบข้างอย่างเช่น สุนัขเห่า เหล็กความถี่ ความร้อน ความชื้น หรือการสั่นสะเทือน นอกจากนี้ประเภทของเซนเซอร์ชนิดใช้แสง สามารถแบ่งตามลักษณะการตรวจจับ และตำแหน่งการติดตั้งตัวรับแสงและตัวส่งแสงได้ 3 ประเภทได้แก่

ก. เซนเซอร์ชนิดใช้แสงประเภทตรวจจับโดยตรง (Diffuse-Reflective Optical Sensor) ดังรูปที่ 2.14 เซนเซอร์ประเภทนี้จะติดตั้งตัวส่งแสง (Emitter) และตัวรับแสง (Receiver) รวมอยู่ภายในตัวเดียวกัน จะทำการตรวจจับโดยการสะท้อนลำแสงโดยตรงกับตัววัตถุ (Reflected light) และจะใช้วัตถุนั้นเป็นตัวสะท้อนลำแสงกลับมายังตัวรับแสงโดยที่ไม่ต้องมีการปรับแต่งทิศทางของลำแสง จะมีระยะในการตรวจจับอยู่ที่ 1 เมตร เป็นระยะที่ไกลที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับประเภทอื่น ๆ เซนเซอร์ประเภทนี้จะเป็นที่นิยมนำมาใช้มากที่สุด มีทั้งตัวส่งและตัวรับอยู่ภายในตัวเดียวกัน ใช้ตรวจจับวัตถุที่มีลักษณะเป็นพื้นผิวเรียบเป็นมันวาวและทึบแสง ระยะการตรวจจับจะขึ้นอยู่กับลักษณะของวัตถุที่ต้องการจะตรวจจับ เช่น สีและความเรียบมันของวัตถุ ถ้าวัตถุมีสีดำจะทำให้ระยะในการตรวจจับสั้นลงมาก แต่ถ้าวัตถุที่มีลักษณะโปร่งใสจะทำให้แสงส่องผ่านตัววัตถุ (Transmitted light) จึงส่งผลให้แสงไม่สะท้อนกลับมายังตัวรับแสง



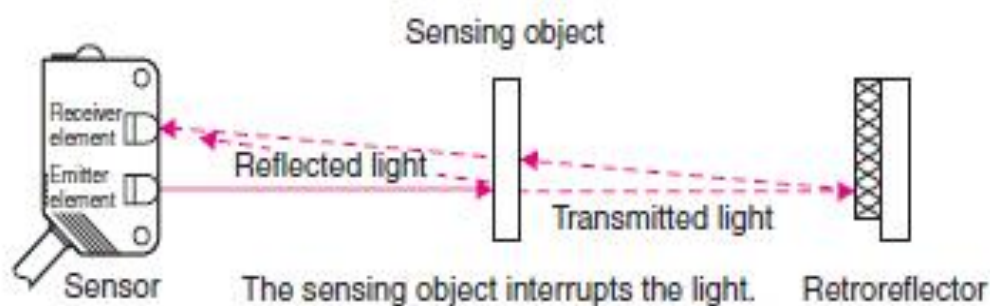
รูปที่ 2.14 Diffuse-reflective Sensors

(ที่มา : Photoelectric Sensors, 2543)

ข้อดีของอุปกรณ์	ข้อจำกัดในการใช้งาน
➤ สามารถใช้วัตถุเป็นตัวสะท้อนลำแสงกลับมายังตัวรับแสงได้	➤ ไม่สามารถใช้กับวัตถุที่มีลักษณะพื้นผิวด้าน และวัตถุที่โปร่งแสงได้

<p>โดยตรง ไม่ต้องมีการปรับแต่งทิศทางลำแสง เพราะมีตัวส่งแสงและตัวรับแสงติดตั้งรวมอยู่ภายในตัวเดียวกัน</p>	<p>เพราะอาจจะทำให้แสงรอดผ่านไปเกิดการหักเหแล้วไม่สะท้อนกลับมายังตัวรับ</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ เป็นเซนเซอร์ชนิดใช้แสงที่มีระยะการตรวจจับวัตถุที่ใกล้ที่สุดเพียง 1 เมตร ➤ สีของวัตถุมีผลต่อระยะการตรวจจับ โดย ระยะการตรวจจับจะลดลงอย่างมากถ้าวัตถุมีสีดำ เพราะสีดำเป็นสีที่ดูดกลืนแสงเข้าไปทั้งหมดและไม่สามารถสะท้อนแสงกลับมายังตัวรับได้ ➤ ไม่เหมาะสมกับการติดตั้งในบริเวณที่มีฝุ่นเยอะ หรืองานที่มีสารเคมีที่สามารถกัดกร่อนอย่างรุนแรงได้ เนื่องจากจะทำให้ระยะในการตรวจจับและความแม่นยำลดลง
--	--

ข. เซนเซอร์ชนิดใช้แสงประเภทลำแสงสะท้อนกลับ (Retro-Reflective Optical Sensor) ดังรูปที่ 2.15 เป็นเซนเซอร์มีระยะการตรวจจับอยู่ที่ 3 - 10 เมตร โดยอาศัยหลักการสะท้อนกลับของลำแสง (Reflected light) มีตัวส่งแสง (Emitter) และตัวรับแสง (Receiver) ติดตั้งรวมอยู่ภายในตัวเดียวกันเช่นเดียวกับประเภทตรวจจับโดยตรง แต่จะแตกต่างกันที่เซนเซอร์ประเภทนี้ ต้องใช้งานร่วมกันกับแผ่นสะท้อนแสง (Retroreflector) ที่ส่งผลทำให้ความเข้มของแสงเพิ่มมากขึ้น จึงสามารถตรวจจับระยะทางได้มากขึ้นด้วย มีระยะการตรวจจับอยู่ในระดับปานกลาง เหมาะกับวัตถุที่มีลักษณะพื้นผิวที่ดูดกลืนแสงและไม่สามารถสะท้อนแสงกลับมายังตัวรับ หรืออาจจะใช้กับวัตถุที่มีลักษณะพื้นผิวขรุขระ

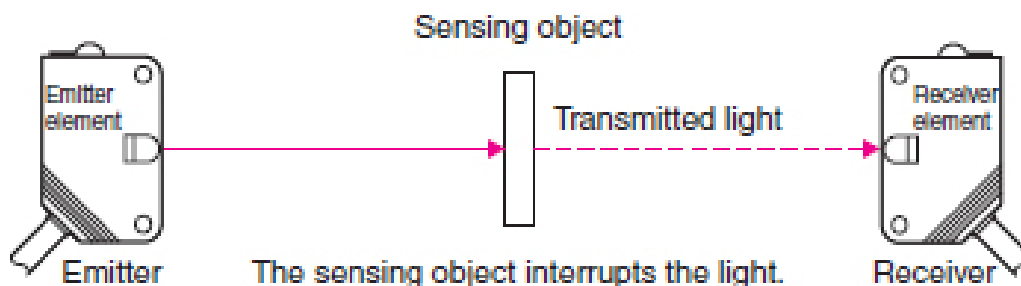


รูปที่ 2.15 Retro-reflective Sensors

(ที่มา : Photoelectric Sensors, 2543)

ข้อดีของอุปกรณ์	ข้อจำกัดในการใช้งาน
<ul style="list-style-type: none"> ➢ สีของวัตถุจะไม่มีผลต่อการตรวจจับ และระยะของการตรวจจับ ➢ มีระยะการตรวจจับปานกลางอยู่ที่ 3-10 เมตร 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ ไม่สามารถตรวจจับวัตถุที่มีผิวมันเงาและโปร่งแสงได้ เนื่องจากอาจทำให้ตัวเซ็นเซอร์เข้าใจผิดว่าเป็นตัวผ่านสะท้อน และทำให้ทำงานผิดพลาดได้ ➢ ไม่เหมาะสมกับการติดตั้งในบริเวณที่มีฝุ่นเยอะ หรืองานที่มีสารเคมีที่สามารถกัดกร่อนอย่างรุนแรงได้ เนื่องจากจะทำให้ระยะในการตรวจจับและความแม่นยำลดลง

ค. เซนเซอร์ชนิดใช้แสงประเภทลำแสงผ่านตลอด (Through-Beam Optical Sensor) ดังรูปที่ 2.16 จะติดตั้งตัวส่งแสง (Emitter) กับตัวรับแสง (Receiver) แยกกัน โดยที่ต้องจ่ายไฟให้ทั้งตัวส่งและตัวรับ หลักการทำงานจะอาศัยวิธีการตัดต่อลำแสงเมื่อมีวัตถุที่ต้องการตรวจจับเคลื่อนที่ผ่านระหว่างตัวรับแสงและตัวส่ง สามารถตรวจจับได้เฉพาะวัตถุที่มีลักษณะพื้นผิวทึบแสงเท่านั้น แต่หากวัตถุที่มีลักษณะโปร่งใสทำให้ไม่สามารถตรวจจับวัตถุได้ เนื่องจากแสงของตัวส่งสามารถที่จะส่องผ่านวัตถุมายังตัวรับแสงได้ (Transmitted light) โดยมีข้อควรระวังสำหรับการติดตั้งเซนเซอร์ประเภทนี้คือต้องปรับตั้งศูนย์ของตัวรับแสงและตัวส่งแสงให้ตรงกันเสมอ



รูปที่ 2.16 Through-beam Sensors

(ที่มา : Photoelectric Sensors, 2543)

ข้อดีของอุปกรณ์	ข้อจำกัดในการใช้งาน
<ul style="list-style-type: none"> ➢ สีและความมันวาวของวัตถุไม่มีผลต่อการตรวจจับ ➢ เป็นเซนเซอร์ชนิดใช้แสงที่มีระยะการตรวจจับวัตถุที่ไกลกว่าเซนเซอร์ใช้แสงประเภทตรวจจับโดยตรงและประเภทลำแสงสะท้อนกลับ เนื่องจากใช้หลักการของการส่งแสงจากตัวส่งแสงไปยังตัวรับแสงที่อยู่ตรงกันข้าม ดังนั้นระยะที่ไกลที่สุดจะเป็นระยะที่แสงส่งไปถึงตัวรับแสง 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ ติดตั้งค่อนข้างยาก ต้องปรับตั้งศูนย์ของตัวรับและตัวส่งให้ตรงกันเสมอ เพราะถ้าไม่ตรงกันหรือไม่อยู่ในระนาบเดียวกันจะ ➢ ไม่สามารถตรวจจับวัตถุที่มีสภาพผิวโปร่งแสงได้เนื่องจากแสงจะทะลุผ่านวัตถุไปยังตัวรับ ➢ ไม่เหมาะสมกับการติดตั้งบริเวณที่มีฝุ่นเยอะ หรืองานที่มีสารเคมีที่สามารถกัดกร่อนอย่างรุนแรงได้ เนื่องจากจะทำให้ระยะในการตรวจจับและความแม่นยำลดลง

พิจารณาการติดตั้งเซนเซอร์แสงที่ล้อรถจักรยานยนต์

เนื่องจากว่าเซนเซอร์ใช้แสงมีหลายประเภทและแต่ละประเภทจะมีความเหมาะสมกับงานที่แตกต่างกันไปในการเลือกใช้งาน นอกจากลักษณะงานแล้วยังต้องคำนึงถึงองค์ประกอบอื่น ๆ อีกด้วย ตัวอย่างเช่น ลักษณะของวัตถุ ได้แก่ ขนาด รูปร่าง สี ลักษณะพื้นผิว ตำแหน่งที่ทำการติดตั้งหรือตรวจจับวัตถุ ความเร็วในการเคลื่อนที่ของวัตถุผ่านเซนเซอร์ และสภาพแวดล้อมในบริเวณใช้งาน เป็นต้น ซึ่งจากเซนเซอร์แต่ละประเภทที่ได้กล่าวมาข้างต้น สามารถพิจารณาได้ดังต่อไปนี้

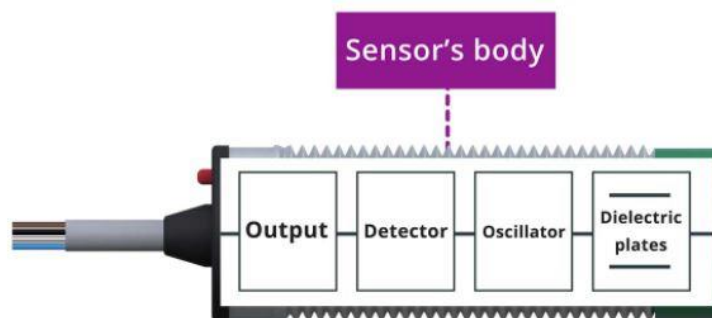
เซนเซอร์ชนิดใช้แสงประเภทตัวจับโดยตรง เซนเซอร์แสงที่มีตัวส่งกับตัวรับรวมอยู่ตัวเดียวกัน การติดตั้งเซนเซอร์ประเภทนี้ไว้ที่ล้อรถจักรยานยนต์ ไม่สามารถทำให้ตัวส่งแสงที่ส่งไปยังซีลวดล่อแล้วสะท้อนกลับมายังตัวรับได้เนื่องจากซีลวดล่อส่วนใหญ่ทำมาจากโลหะที่ผ่านการชุบโครเมียม และด้วยลักษณะรูปทรงของตัวซีลวดจึงทำให้ไม่สามารถที่จะสะท้อนแสงได้ ยกเว้นล่อที่ผ่านการปรับแต่งหรือเป็นล่อแบบซีลวดสะท้อนแสง

เซนเซอร์ชนิดใช้แสงประเภทตัวลำแสงสะท้อนกลับ เซนเซอร์แสงที่มีตัวส่งกับตัวรับรวมอยู่ตัวเดียวกัน แผ่นสะท้อนมีขนาดค่อนข้างใหญ่และไม่เหมาะสมที่จะติดตั้งกับตัวล้อรถจักรยานยนต์ อีกทั้งระยะการตรวจจับของเซนเซอร์ไม่เหมาะสมที่จะติดตั้งกับตัวรถจักรยานยนต์เนื่องจากมีระยะการตรวจจับที่ใกล้สุด 3-10 เมตร ดังรูปที่ 2.20 และการติดตั้งแผ่นสะท้อนให้ผ่านเซนเซอร์ตรวจจับเป็นไปได้อย่างเนื่องด้วยแสงที่ส่งจากเซนเซอร์กระทบแผ่นสะท้อนทำให้แสงที่สะท้อนไม่ถูกส่งไปยังตัวรับเซนเซอร์

เซนเซอร์ชนิดใช้แสงประเภทลำแสงผ่านตลอด เซนเซอร์แสงที่มีตัวส่งและตัวรับแสงแยกออกจากกัน การติดตั้งให้เซนเซอร์ทั้งตัวส่งและตัวรับขนานหรืออยู่ในระนาบเดียวกันให้ติดไปกับตัวล้อรถจักรยานยนต์เป็นไปได้อย่าง หากเซนเซอร์ไม่ได้ติดในแนวระดับเดียวกันก็จะส่งผลให้ตัวรับไม่ตรวจจับแสงจากตัวส่งได้

2.4.2 Capacitive Proximity Sensor [8]

เป็นเซ็นเซอร์ตรวจจับวัตถุแบบไม่สัมผัสได้ทั้งโลหะและอโลหะ จะอาศัยหลักการทำงานสนามไฟฟ้าสถิตและการเปลี่ยนแปลงค่าความจุไฟฟ้า โดยมีส่วนประกอบของเซนเซอร์ (Sensor's body) ได้แก่ แผ่นไดอิเล็กทริก (Dielectric plates), ออสซิลเลเตอร์ (Oscillator), เครื่องตรวจจับ (Detector) และการส่งสัญญาณเอาต์พุต (Output) ดังรูปที่ 2.17 จะมีขั้นตอนการทำงานของเซนเซอร์ขณะที่มีวัตถุเข้าใกล้ระยะสนามไฟฟ้าบริเวณแผ่นไดอิเล็กทริกเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงค่าความจุไฟฟ้าของตัวประจุแต่จะขึ้นอยู่กับรูปร่างขนาด และชนิดของวัตถุ การเปลี่ยนแปลงค่าความจุดังกล่าวส่งผลให้ออสซิลเลเตอร์สร้างความถี่สูง จากนั้นเครื่องตรวจจับทำการประมวลผลค่าความถี่แปลงเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าและส่งสัญญาณไปยังเอาต์พุตดังรูปที่ 2.18 ถ้าวัตถุอยู่ห่างจากระยะการตรวจจับทำให้สนามไฟฟ้าไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง ดังนั้นออสซิลเลเตอร์จะไม่สร้างความถี่ส่งผลให้เครื่องตรวจจับประมวลผลค่าความถี่ดังกล่าวแล้วส่งสัญญาณไปยังเอาต์พุตดังรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.17 ส่วนประกอบของเซนเซอร์ (Sensor's body)

(ที่มา : realpars, 2564)



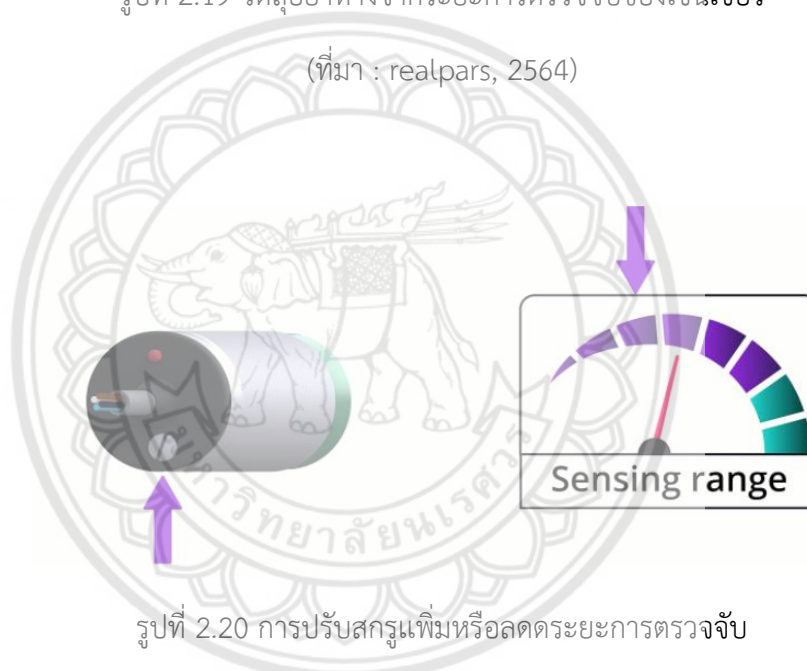
รูปที่ 2.18 วัตถุเข้าใกล้ระยะการตรวจจับของเซนเซอร์

(ที่มา : realpars, 2564)



รูปที่ 2.19 วัตถุอย่างห่างจากระยะการตรวจจับของเซนเซอร์

(ที่มา : realpars, 2564)



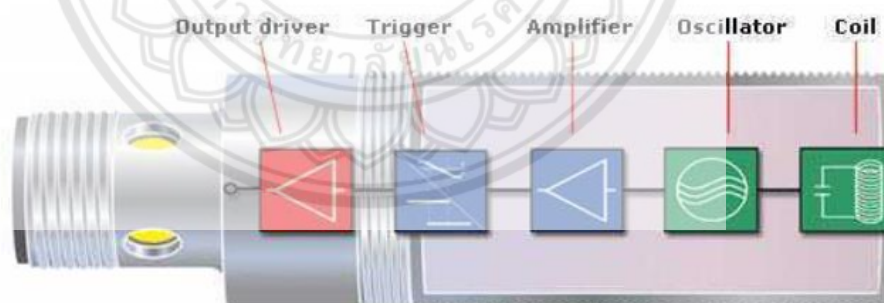
รูปที่ 2.20 การปรับสกรูเพื่อเพิ่มหรือลดระยะการตรวจจับ

(ที่มา : realpars, 2564)

ข้อดีของอุปกรณ์	ข้อจำกัดในการใช้งาน
<ul style="list-style-type: none"> ➤ สามารถตรวจจับวัตถุได้ทั้งโลหะและอโลหะเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของค่าความจุไฟฟ้าสถิต ➤ สามารถหมุนสกรูเพื่อเพิ่มหรือลดความถี่ทำให้ปรับระยะการตรวจจับที่เหมาะสมกับชนิดของวัตถุดังรูปที่ 2.20 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ อ่อนไหวต่อสถานะแวดล้อมมาก อาจส่งสัญญาณผิดพลาดได้หากสถานะแวดล้อมเซนเซอร์เปลี่ยนแปลงไป เช่น มีฝุ่นมากบริเวณแผ่นไดอิเล็กทริกของเซนเซอร์

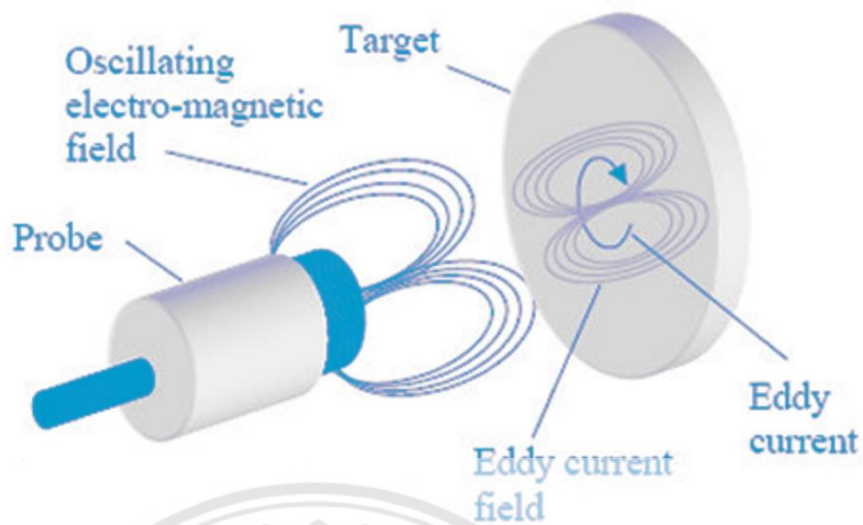
2.4.3 Inductive Proximity Sensor [9]

เป็นเซนเซอร์ที่ใช้ในการตรวจจับวัตถุที่เป็นโลหะ (Target) ในระยะที่กำหนดโดยไม่ต้องสัมผัส โดยอาศัยหลักการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กไฟฟ้า โครงสร้างของ Inductive Proximity Sensor ประกอบไปด้วย Coil, Oscillator, Amplifier, Trigger และ Output driver ดังรูปที่ 2.21 โดยที่ Oscillator ทำหน้าที่ผลิตความถี่หรือสร้างสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับเพื่อนำความถี่ไปใช้ในการตรวจจับวัตถุที่เป็นโลหะและทำการส่งสัญญาณไฟฟ้าไปที่ Coil ซึ่งทำให้เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่บริเวณผิวด้านหน้าของ Inductive Proximity Sensor เมื่อพบวัตถุที่เป็นโลหะเข้าใกล้ในระยะเซนเซอร์ตรวจจับได้ จะเกิดการถ่ายโอนพลังงานสนามแม่เหล็กไฟฟ้าบางส่วนไปยังวัตถุ ทำให้เกิดกระแสไหลวน (Eddy Current) และสนามแม่เหล็กไฟฟ้าย้อนกลับกับสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่สร้างขึ้น (Eddy Current field) ภายในวัตถุ ดังรูปที่ 2.22 และเมื่อวัตถุเข้าใกล้เซนเซอร์มากจะส่งผลให้เกิดกระแสไหลวนมากขึ้น ในกระบวนการนี้จะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความถี่ที่ Oscillator ทำให้สนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่ Coil ลดลงจนไม่มีสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเนื่องจากหักล้างกับกระแสไหลวน ดังนั้น Oscillator จึงหยุดการทำงาน แล้ว Amplifier จะทำหน้าที่ขยายสัญญาณไปที่ Trigger ซึ่ง จะทำการประมวลผลการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าและส่งไปยังส่วนวงจร Output driver ให้นำมาทำงาน (NO) หรือหยุดการทำงาน (OFF) ดังรูปที่ 2.23 และ 2.24 ตามลำดับ



รูปที่ 2.21 ส่วนประกอบของ Inductive Proximity Sensor

(ที่มา : factomart, 2563)



รูปที่ 2.22 เกิดกระแสวนและสนามแม่เหล็กไฟฟ้าย้อนกลับเมื่อเซนเซอร์เข้าระยะตรวจจับ
(ที่มา : KAMAN, 2561)



รูปที่ 2.23 แสดงผล Output เป็น OFF



รูปที่ 2.24 แสดงผล Output เป็น ON

ข้อดีของอุปกรณ์	ข้อจำกัดในการใช้งาน
<ul style="list-style-type: none"> ➢ สามารถใช้งานในสภาพแวดล้อมที่ ย่ำแย่อย่างพื้นที่ที่ใช้ความร้อนสูง เนื่องจากสามารถทนความร้อนได้สูงสุด ถึง 120 องศาเซลเซียส ➢ สามารถทนฝุ่นละออง น้ำ และน้ำมัน ได้ ➢ มีอายุการใช้งานที่ยาวนานเนื่องจาก เคลือบสารเทฟลอนพิเศษ (Teflon-coated) ที่ หน้าสัมผัสและตัวของ อุปกรณ์ จึงทนต่อสะเก็ดเชื่อมซึ่งจะ กระเด็นมาติด ทำให้ยืดอายุการใช้งาน ให้เพิ่มขึ้น ➢ ทนต่อการกระแทกและการขีดข่วนได้ดี เพราะมีหน้าสัมผัสที่ทำจากเหล็กกล้าที่มีความหนา 1 มิลลิเมตร 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ สามารถตรวจจับได้เฉพาะวัตถุโลหะ เท่านั้น ➢ ระยะการตรวจจับโลหะจำกัดอยู่ที่ 10 มิลลิเมตรจึงทำให้การประยุกต์ใช้งาน ทำได้ไม่มาก

จากชนิดของเซนเซอร์ที่ได้กล่าวมาข้างต้น ได้ทำการใช้ Inductive Proximity Sensor ตรวจจับวัตถุขณะที่เกิดการหมุนของล้อรถจักรยานยนต์ เนื่องจากเซนเซอร์ชนิดนี้ทนทานต่อสภาพแวดล้อมได้ดีทั้งฝุ่นละออง น้ำหรือน้ำมัน สามารถตรวจจับวัตถุที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงได้ และอายุการใช้งานยาวนาน ดังนั้นในการใช้งานจึงดูรักษาและติดตั้งอุปกรณ์ได้ง่าย ได้ทำการติดตั้งเซนเซอร์บริเวณล้อรถจักรยานยนต์โดยให้สามารถตรวจจับแม่เหล็กที่ติดอยู่ซี่ลวดของล้อได้ เมื่อล้อเกิดการหมุนเซนเซอร์จะทำงานโดยตรวจจับแม่เหล็กที่ผ่านตัวเซนเซอร์และจะตัดผ่านระหว่างซี่ลวดของล้อทำให้เกิดสัญญาณเอาต์พุต ซึ่งจะใช้หลักการคำนวณหาความเร็วเชิงเส้นและความเร็วเชิงมุม ดังสมการที่ 2.4 และ 2.8

2.5 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino [10]

Arduino อ่านว่า (อา-ดู-อิ-โน้ หรือ อาดูยโน้) เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ที่มีการพัฒนาแบบ Open Source คือมีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้าน Hardware และ Software ตัวบอร์ด Arduino ถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นศึกษา ทั้งนี้ผู้ใช้งานยัง

สามารถดัดแปลง เพิ่มเติม พัฒนาต่อยอดทั้งตัวบอร์ด หรือโปรแกรมต่อได้อีกด้วย บอร์ด Arduino ถือว่าเป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ยอดนิยม และใช้กันอย่างแพร่หลาย ที่สามารถนำไปพัฒนาโปรเจกต์ได้หลากหลาย

2.5.1 Arduino UNO R3

Arduino UNO นั้นก็มีออกมาหลายรุ่นด้วยกัน โดยมีพัฒนาการมาเรื่อย ๆ ตั้งแต่ Arduino UNO รุ่นดั้งเดิม Arduino UNO R2 และพัฒนาจนมาเป็น Arduino UNO รุ่นปัจจุบัน นั่นก็คือ Arduino UNO R3 ดังรูปที่ 2.25 ซึ่ง “R3” นี้แสดงถึงรุ่นที่ได้ทำการแก้ไขปรับปรุงเป็นครั้งที่ 3 (Third Revision) นอกจากนั้นแล้ว Arduino UNO R3 เอง ก็แบ่งย่อยออกเป็น 2 แบบ ตามชนิดของชิป Microcontroller ที่ใช้ ได้แก่ Arduino UNO R3 แบบธรรมดา จะใช้ชิป MCU แบบ DIP (Dual Inline Package) ซึ่งเป็นชิปที่เสียบเข้ากับ Socket อีกที่สามารถถอดเปลี่ยนได้ และ Arduino UNO R3 SMD จะใช้ชิป MCU แบบ SMD (Surface Mount Device) ซึ่งเป็นชิปที่ถูกบัดกรีติดลงบนบอร์ดเลย บอร์ดลักษณะนี้จะไม่สามารถถอดเปลี่ยนชิปได้ ซึ่งบอร์ดแบบ SMD จะมีต้นทุนที่ถูกกว่าจึงทำให้ราคาถูกกว่าบอร์ดแบบ DIP แต่ทั้งสองบอร์ดก็มีฟังก์ชัน สเปกและการใช้งานที่เหมือนกันทุกประการ

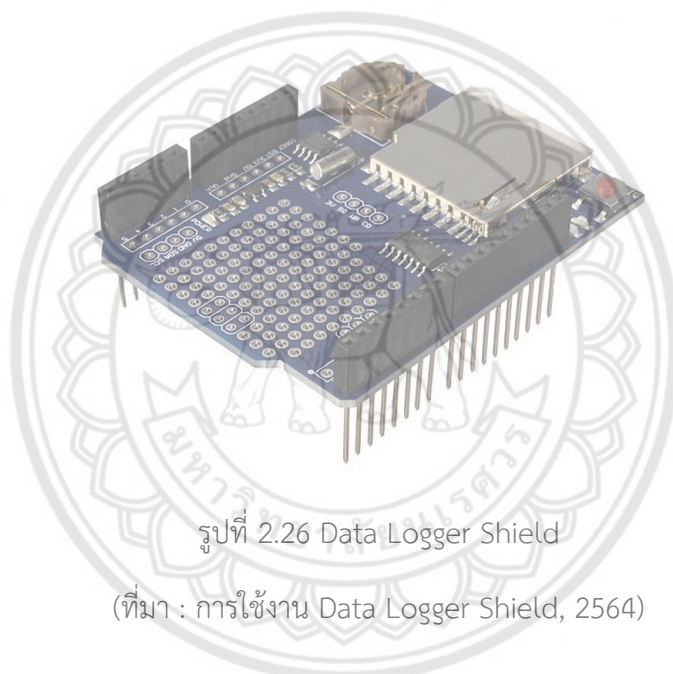


รูปที่ 2.25 Arduino UNO R3

(ที่มา : สุรียา ศรีวิเศษ, 2561)

2.6 Data Logger Shield โมดูลบันทึกข้อมูลลง SD Card [11]

Data Logger Shield ดังรูปที่ 2.26 เป็น shield ที่ใช้สำหรับเก็บค่าต่าง ๆ ตามเวลาที่ต้องการ เช่น การเก็บค่าอุณหภูมิความชื้น ความเข้มแสง ความเร็วรอบ ของแต่ละช่วงเวลา โดยค่าที่ต้องการเหล่านี้จะถูกบันทึกค่าลงใน SD Card สามารถใช้โมดูล SD Card เพื่อบันทึกข้อมูลร่วมกับโมดูล Real Time Clock (อุปกรณ์ที่ให้ค่าเวลาตามจริง) เพื่อเป็นตัวบอกเวลา โดยรับค่าเซนเซอร์ที่ต้องการเข้ามาเป็นข้อมูล และยังสามารถใช้งานร่วมกับบอร์ด Arduino UNO, Duemilanove, Diecimila, Leonardo, ADK/Mega R3 ได้



รูปที่ 2.26 Data Logger Shield

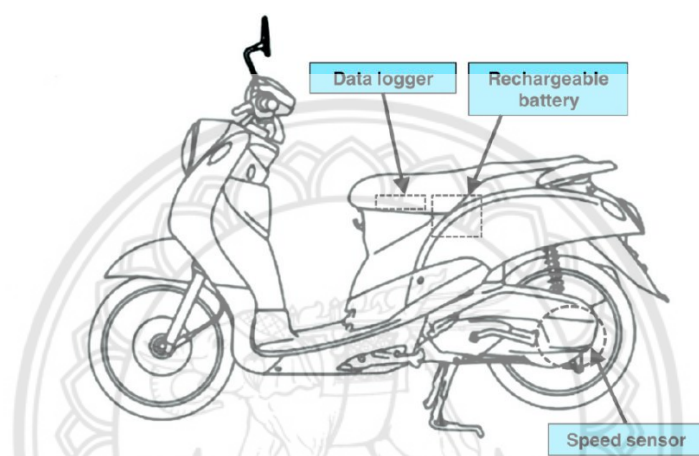
(ที่มา : การใช้งาน Data Logger Shield, 2564)

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

คณะผู้จัดทำได้ทำการศึกษางานวิจัยที่มีความเกี่ยวข้องกับระบบวัดความเร็วสำหรับรถจักรยานยนต์ โดยการนำเสนอเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

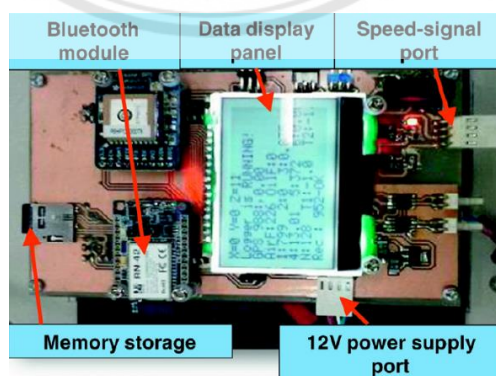
Atthapol seedam และคณะ (2558) ได้ทำการพัฒนาระบบออนบอร์ดเพื่อวัดรูปแบบการขับขึ้นบนถนนสำหรับพฤติกรรมการขับขี่รถจักรยานยนต์ในเมืองขอนแก่นประเทศไทยแสดงการติดตั้งและส่วนประกอบของระบบไว้ดังรูปที่ 2.27 โดยการติดตั้งเซนเซอร์แม่เหล็ก (Magnetic sensor) และชิปแม่เหล็ก (Magnetic chip) ไว้ที่ล้อหลังของรถจักรยานยนต์ เพื่อวัดความเร็วรอบการหมุนของล้อแล้วทำการประมวลผลออกมาเป็นความเร็วในทุก ๆ วินาที จากนั้นเก็บข้อมูลด้วยเครื่องบันทึก

ข้อมูล (Data logger) ที่ติดตั้งกับตัวรถจักรยานยนต์จะเชื่อมต่อกับสายสัญญาณ (Signal cable) ที่ต่อเข้ากับเซนเซอร์แม่เหล็ก จากงานวิจัยในครั้งนี้ได้ออกแบบเครื่องบันทึกข้อมูลดังรูปที่ 2.28 จะประกอบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เก็บข้อมูลในหน่วยความจำจากการแปลงข้อมูลสัญญาณที่ได้จากเซนเซอร์แม่เหล็ก และยังออกแบบเพื่อควบคุมการทำงานแบบไร้สายจากอุปกรณ์มือถือได้จากการเชื่อมต่อด้วยบลูทูธ (Bluetooth) ซึ่งจะแสดงผลข้อมูลที่ได้จากเครื่องบันทึกข้อมูลได้แบบเรียลไทม์ ดังนั้นเพื่อให้เกิดการขับขี่ที่เหมาะสมของผู้ขับขี่ จึงได้แนะนำการขับขี่จากการเก็บข้อมูลที่ได้เลือกเส้นทางที่สามารถแสดงสภาพการจราจรและสภาพถนนทั้งหมดในเครือข่ายเมืองขอนแก่น



รูปที่ 2.27 ส่วนประกอบของระบบการวัดถนนที่พัฒนาขึ้น

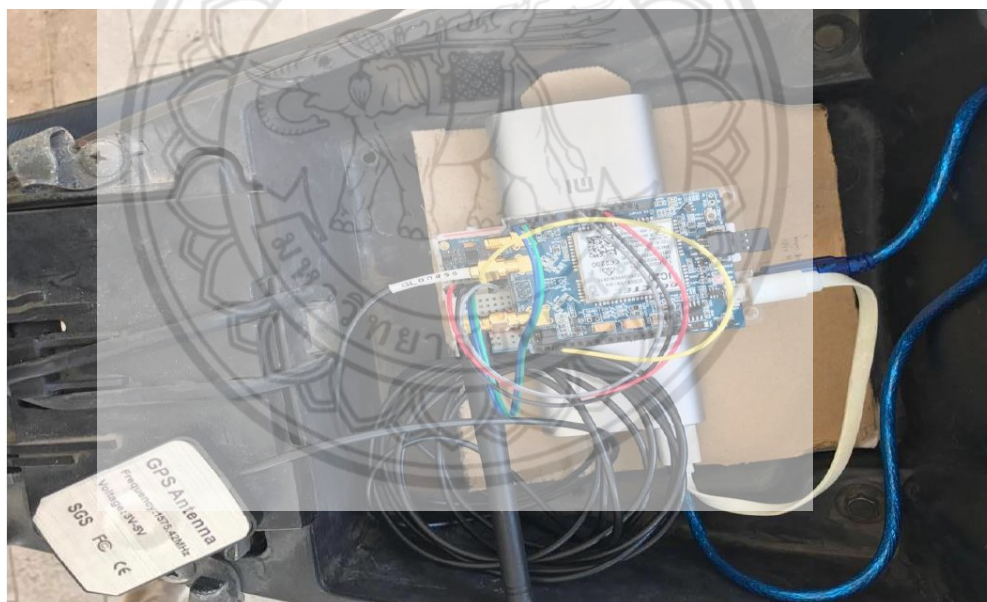
(ที่มา : Atthapol Seedam, 2558)



รูปที่ 2.28 เครื่องบันทึกข้อมูลที่ทำกรออกแบบ

(ที่มา : Atthapol Seedam, 2558)

ธนภูมิ เล้าประจง (2559) ได้ทำการพัฒนาระบบเพื่อติดตามพฤติกรรมรถจักรยานยนต์ มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้ขับขี่ หรือบุคคลอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องทราบถึงพฤติกรรมที่เสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุในการขับขี่รถจักรยานยนต์ของตนเองหรือผู้ที่กำลังติดตาม ผ่านแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์สมาร์ทโฟนที่เป็นระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ นอกจากนี้ในกรณีที่เกิดอุบัติเหตุ ระบบจะแจ้งเตือนเป็นข้อความพร้อมทั้งสถานที่เกิดเหตุผ่าน SMS ไปยังโทรศัพท์ตามหมายเลขที่ได้ระบุไว้ เพื่อให้การช่วยเหลือมีความรวดเร็วมากยิ่งขึ้น โดยทำการทดสอบขับขี่รถจักรยานยนต์ในสภาพการจราจรจริงในเขตกรุงเทพมหานครและในเขตจังหวัดนนทบุรี ทำการพัฒนาระบบตรวจจับพฤติกรรมรถจักรยานยนต์ว่ามีความปลอดภัยหรือมีลักษณะการขับขี่ที่เป็นอันตราย จากการเก็บข้อมูลความเร็วขณะขับขี่ การเปลี่ยนแปลง การเลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา การเบรก โดยใช้เซ็นเซอร์ตรวจจับความเร่งและเซ็นเซอร์ตรวจจับแกนหมุน ที่ควบคุมการทำงานด้วยบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino ที่ติดตั้งไว้ในรถจักรยานยนต์เพื่อใช้ในการติดตามพฤติกรรมรถจักรยานยนต์และตรวจจับการเกิดอุบัติเหตุ ดังรูปที่ 2.29

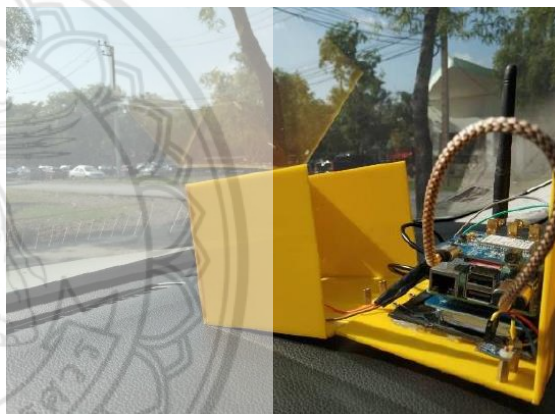
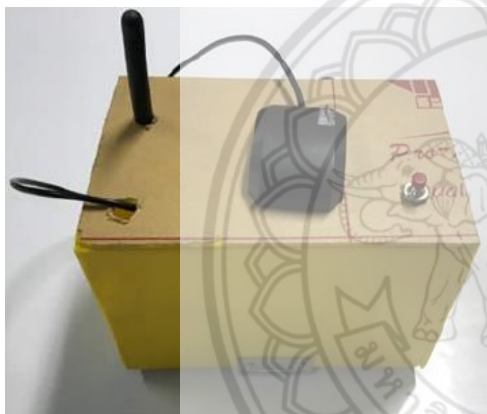


รูปที่ 2.29 ติดตั้งอุปกรณ์ทดสอบ

(ที่มา : ธนภูมิ เล้าประจง, 2559)

กุศล วัชรอาภาณุกร และคณะ (2559) ได้นำเสนอการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี (Internet of Thing : IOT) หมายถึงการที่อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ สามารถเชื่อมโยงหรือส่งข้อมูลถึงกันได้ด้วยอินเทอร์เน็ต โดยไม่ต้องป้อนข้อมูล เพื่อตรวจสอบพฤติกรรมรถจักรยานยนต์ด้วยการใช้เซ็นเซอร์

ตรวจวัดความเร่ง (Accelerator sensor), เซนเซอร์การหมุน (Gyroscope sensor) และระบบระบุตำแหน่งบนพื้นผิวโลก (GPS sensor) โดยการเก็บข้อมูลผ่านเครือข่ายระบบ 3G ด้วยคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก (Raspberry Pi) ในการเชื่อมต่อกับดาวเทียมระบบ GPS และ GLONASS จะระบุตำแหน่งพิกัดและความเร็วบางพื้นที่ที่เป็นมุมอับสัญญาณหรือการแปรปรวนของสภาพอากาศจะไม่สามารถใช้งานได้ ส่วนของพฤติกรรมที่ซับซ้อนที่คาดเดายากเนื่องจากพฤติกรรมที่รวดเร็วในเวลาที่ยืดหยุ่นบนท้องถนนอาจจะมีการแข่งขันกันได้ในตัวของระบบเองอาจจะเป็นพฤติกรรมของการออกตัวเร็วได้ ดังนั้นในการแก้ไขอาจมีการเพิ่มการทำงานของระบบโดยการติดตั้งตัวเซนเซอร์ของกล้องเพิ่มเข้ามาเพื่อจะได้ศึกษาดูว่าพฤติกรรมที่ออกตัวเร็วขึ้นจริงหรือเป็นพฤติกรรมของการแข่งเท่านั้น โดยมีรูปอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นดังรูปที่ 2.30 และรูปที่ 2.31 ตามลำดับ เป็นการนำอุปกรณ์ที่ออกแบบไปใช้ทดสอบโดยวาง ณ ตำแหน่งคอนโซลหน้ารถยนต์



รูปที่ 2.30 อุปกรณ์ที่ได้ทำการออกแบบ

รูปที่ 2.31 การวางตำแหน่งอุปกรณ์

(ที่มา : กุศล วัชรอาภาณุกรและคณะผู้จัดทำ, 2561)

(ที่มา : กุศล วัชรอาภาณุกรและคณะผู้จัดทำ, 2561)

จากการทบทวนงานวิจัยทำให้ผู้ทำวิจัยสามารถนำมาประยุกต์ใช้งานในส่วนต่าง ๆ ของโครงการ ได้แก่ งานวิจัยโดย Atthapol seedam และคณะ, 2558 ผู้ทำวิจัยได้นำวิธีการติดตั้งเซนเซอร์แม่เหล็กไว้ที่ล้อหลังของรถจักรยานยนต์มาปรับใช้กับอุปกรณ์วัดความเร็ว ไว้ที่ล้อหลังของรถจักรยานยนต์ รวมทั้งการใช้ Data Logger Sheild มาช่วยเก็บบันทึกข้อมูลลง SD Card, งานวิจัยโดยธนภูมิ เล่าประจง, 2559 ผู้ทำวิจัยได้นำเซนเซอร์วัดความเร็วมาประยุกต์ใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3 เพื่อควบคุมการทำงาน และคาดว่าจะนำงานวิจัยโดยกุศล วัชรอาภาณุกร และคณะ, 2559 ในส่วนของ Internet of Thing : IOT เพื่อนำไปพัฒนาการสร้างอุปกรณ์วัดความเร็วที่ประยุกต์ใช้กับเทคโนโลยี IOT โดยเชื่อมต่อการใช้งานเข้ากับอินเทอร์เน็ต โดยมีการทำงานแบบ Real time ได้ในอนาคต

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการ

การทดลองในโครงการครั้งนี้ได้มีการจัดทำระบบวัดความเร็วสำหรับรถจักรยานยนต์โดยใช้เซนเซอร์แม่เหล็ก ขณะที่ล้อเกิดการหมุนเซนเซอร์จะทำการตรวจจับแม่เหล็กโดยสัญญาณจากเซนเซอร์นี้จะถูกเข้าสู่บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อทำการเทียบกับเวลาและคำนวณหาความเร็วเชิงมุม ข้อมูลที่คำนวณได้จะส่งเข้าสู่ Data Logger Shield เพื่อเก็บบันทึกข้อมูลวัน เวลา ความเร็วรอบ (RPM) ความเร็วเชิงมุม (ω) และความเร็วเชิงเส้น (v) ลงบน SD Card ข้อมูลที่บันทึกได้นี้จะนำมาเปรียบเทียบกับเครื่องมือวัดความเร็วรอบ Tachometer และการถ่ายภาพวิดีโอด้วยกล้องมือถือเพื่อเป็นการสอบเทียบอุปกรณ์วัดความเร็วและนำมาวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบวัดความเร็วสำหรับรถจักรยานยนต์ต่อไป

3.1 การออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับระบบวัดความเร็วสำหรับรถจักรยานยนต์

การทำงานของระบบวัดความเร็วรถนี้ได้นำไมโครคอนโทรลเลอร์ชนิด Arduino มาประยุกต์ใช้ในการทำงาน มีการเขียนโปรแกรมเพื่อให้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO R3 ทำงานตามคำสั่ง โดยอุปกรณ์ Arduino UNO R3 ทำการบันทึกค่า วัน เวลา ความเร็วรอบ (RPM) จากสัญญาณเอาต์พุตของเซนเซอร์แม่เหล็กและทำการประมวลผลเป็นความเร็วเชิงมุม ข้อมูลเหล่านี้ได้มาจากการเชื่อมต่อกับเซนเซอร์ที่ติดตั้งไว้ที่ล้อรถจักรยานยนต์ ซึ่งเซนเซอร์ที่นำมาใช้คือเซนเซอร์แม่เหล็ก ใช้สำหรับตรวจจับการหมุนของล้อรถจักรยานยนต์เพื่อนำไปหาค่าความเร็วของรถจักรยานยนต์ และข้อมูลที่ได้จะถูกบันทึกไว้ใน SD Card เพื่อที่จะสามารถนำข้อมูลเหล่านี้ไปวิเคราะห์ผลต่าง ๆ ที่ต้องการต่อไป

3.1.1 การออกแบบติดตั้งบอร์ด Arduino

สำหรับบอร์ด Arduino Uno R3 ดังรูปที่ 3.1 จะเชื่อมต่อกับ Data Logger Shield ดังรูปที่ 3.2 สามารถใส่ SD Card ให้บันทึกข้อมูลการทำงาน โดยอุปกรณ์ดังกล่าวจะถูกบรรจุไว้ในกล่องสีขาวที่อีกด้านของกล่องจะถูกเจาะรูไว้ให้สามารถเสียบสายไฟได้ ดังรูปที่ 3.3



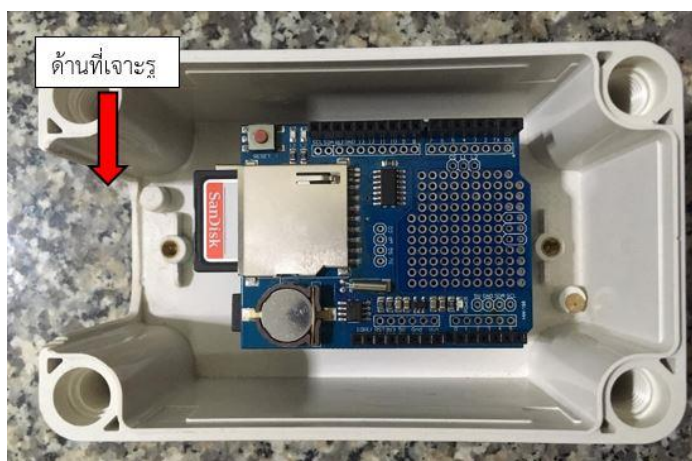
รูปที่ 3.1 Arduino Uno R3
(Specifications)

ไมโครคอนโทรลเลอร์	ATmega328P
แรงดันไฟฟ้าที่ใช้งาน	5 V
รองรับแรงดันไฟฟ้าสูงสุด	20 V
พอร์ต Digital I/O	14 พอร์ต (มี 6 พอร์ต PWM output)
พอร์ต Analog Input	6 พอร์ต
กระแสไฟที่จ่ายได้ในแต่ละพอร์ต	40 mA
กระแสไฟที่จ่ายได้ในพอร์ต 3.3V	50 mA
หน่วยความจำแฟลช	32KB พื้นที่โปรแกรม, 500B ใช้โดย Bootloader
หน่วยความจำชั่วคราว (SRAM)	2KB
หน่วยความจำถาวร (EEPROM)	1KB
ความถี่คริสตัล	16MHz



รูปที่ 3.2 Data Logger Shield
(Specifications)

โมเดล	XD-05 Arduino
วัสดุ	Copper Clad Laminate
ควบคุมแรงดันไฟ	3.3 V
แบตเตอรี่	CR1220 3 V
การบันทึกข้อมูล	FAT16 / FAT32
ใช้งานร่วมกับ	Arduino UNO, Duemilanove, Diecimila, Leonardo, ADK/Mega R3



รูปที่ 3.3 กล่องอุปกรณ์ที่ประกอบไปด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

เมื่อทำการติดตั้งอุปกรณ์ลงในกล่องแล้ว ให้ทำการปิดฝากล่องอุปกรณ์โดยที่สามารถเสียบสายไฟเข้าสู่แหล่งจ่ายไฟ (Power Bank) ที่ติดมากับตัวกล่อง ซึ่งบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถทำงานได้โดยไม่ต้องเสียบเข้ากับแหล่งจ่ายไฟอื่น และยังสามารถชาร์จไฟเข้าได้โดยไม่ต้องทำการเปลี่ยนหรือถอดแบตเตอรี่ ซึ่งมีขนาดกะทัดรัดและช่วยให้สะดวกในการใช้งาน ดังรูปที่ 3.4

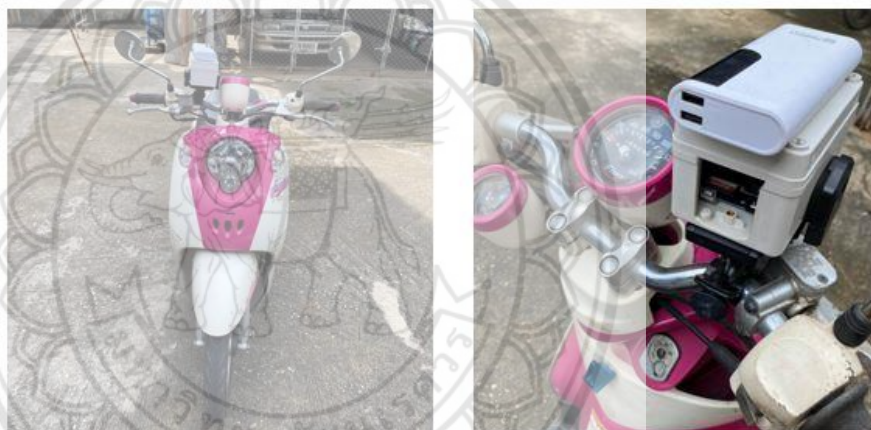


รูปที่ 3.4 กล่องอุปกรณ์ที่ติดกับแหล่งจ่ายไฟ

จากกล่องอุปกรณ์ดังกล่าวจะต้องการทำติดตั้งแทนวางกล่องอุปกรณ์ไว้ที่แฮนด์รถจักรยานยนต์โดยที่จะถูกยึดด้วยสกรู ดังรูปที่ 3.5 แล้วจึงนำกล่องอุปกรณ์ประกอบเข้ากับแทนวางกล่องที่สามารถปรับขนาดตามความเหมาะสมได้เนื่องจากเป็นตัวล็อคแบบสะพานเฟือง ทำให้ยึดอุปกรณ์ได้แน่นขณะที่ขับขี่รถจักรยานยนต์ ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.5 การติดตั้งที่ยึดแฮนด์รถ

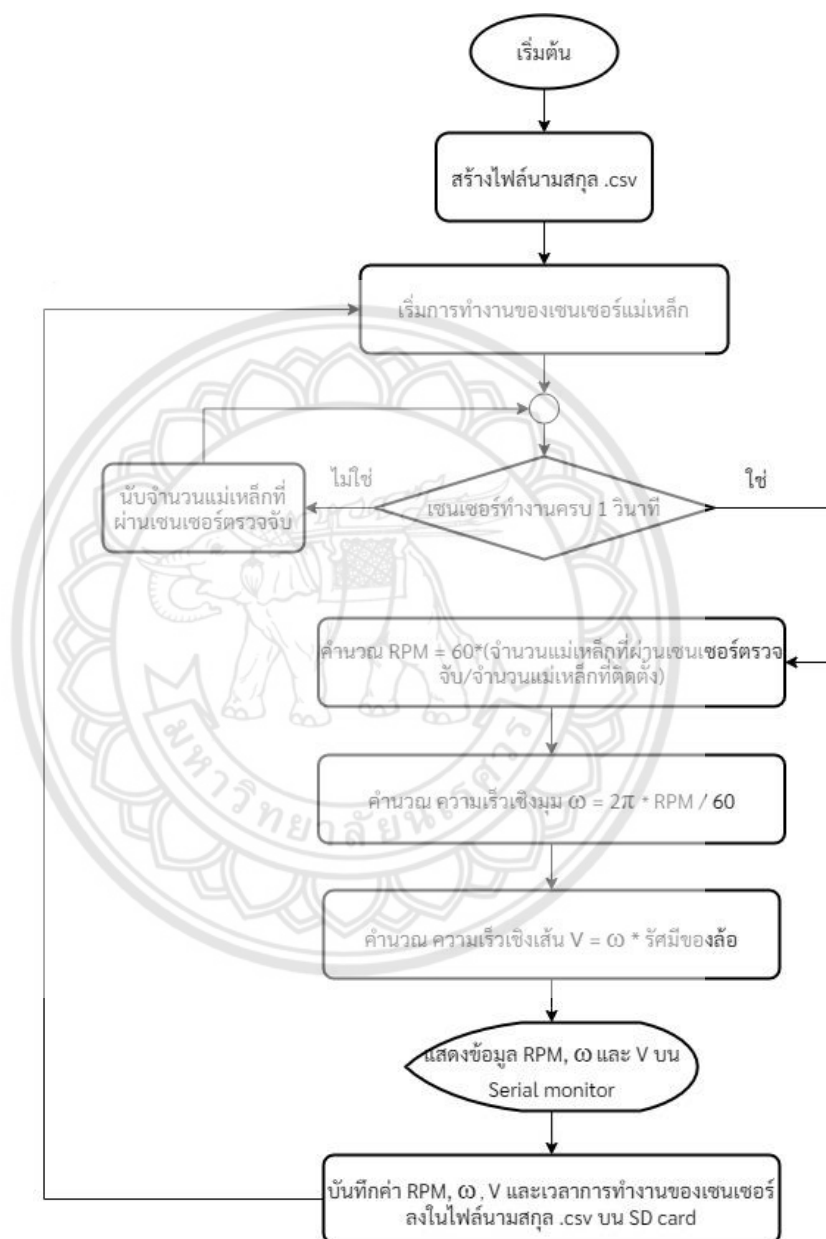


รูปที่ 3.6 การติดตั้งกล่องอุปกรณ์บนแฮนด์รถจักรยานยนต์

อธิบายหลักการทำงานของอุปกรณ์วัดความเร็วสำหรับรถจักรยานยนต์

การทำงานของอุปกรณ์วัดความเร็วสำหรับรถจักรยานยนต์ที่ควบคุมด้วยบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์จากการใช้บอร์ด Arduino Uno R3 เชื่อมต่อเข้ากับ Data Logger Shield ช่วยให้สามารถเก็บข้อมูลการทำงานของเซนเซอร์แม่เหล็กแบบ Real Time Clock (RTC) ลงบน SD Card พร้อมทั้งสร้างไฟล์นามสกุล .csv ด้วยชื่อวัน ชั่วโมง นาที และวินาที โดยการทำงานของอุปกรณ์วัดความเร็วจะทำการนับจำนวนครั้งที่เซนเซอร์ตรวจจับแม่เหล็กในช่วงเวลาหนึ่งวินาที แล้วจึงนำไปคำนวณหาความเร็วรอบการหมุนของล้อ ความเร็วเชิงมุม การหมุนของล้อ และความเร็วเชิงเส้นตามลำดับ ดังสมการที่ 2.8 และ 2.9 ซึ่งข้อมูลการ

ทำงานทั้งหมดจะถูกบันทึกลงบน SD Card กระบวนการทำงานของอุปกรณ์วัดความเร็วที่ได้กล่าวมาข้างต้นสามารถแสดงได้ดัง Flow chart ดังรูปที่ 3.7



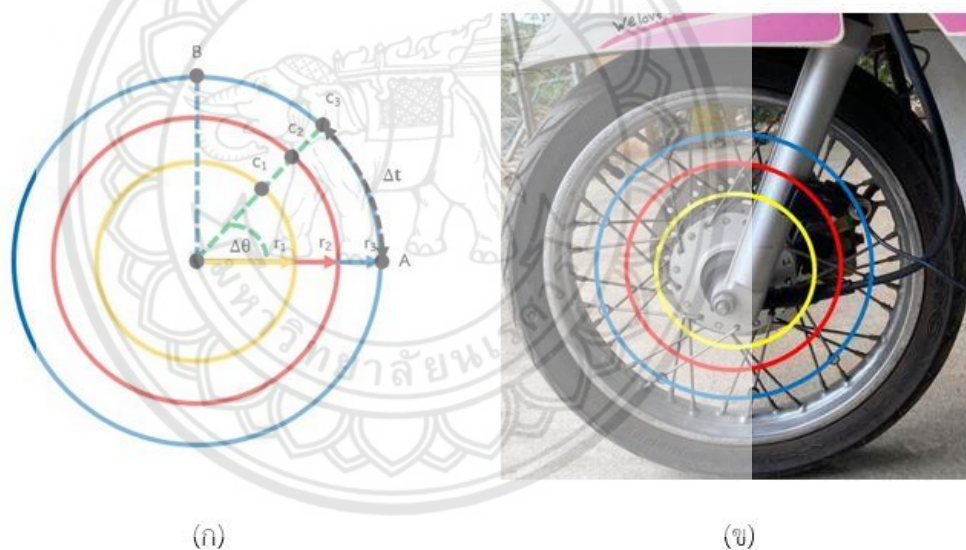
รูปที่ 3.7 Flow Chart แสดงคำสั่งอุปกรณ์วัดความเร็วสำหรับรถจักรยานยนต์

3.1.2 การออกแบบการติดตั้งเซนเซอร์และแม่เหล็กที่ล้อ

เพื่อให้เซนเซอร์สามารถตรวจวัดความเร็วเชิงมุมของล้อได้อย่างแม่นยำจึงได้มีการพิจารณาตำแหน่งและจำนวนของเซนเซอร์ดังนี้

ก. พิจารณาระยะการติดตั้งเซนเซอร์และแม่เหล็ก

จากรูปที่ 3.8 (ก) หากมีการติดตั้งเซนเซอร์แม่เหล็กไว้ที่จุด C_1 , C_2 และ C_3 ตามลำดับ และแม่เหล็กไว้ที่จุด r_1 , r_2 และ r_3 ตามลำดับ เมื่อล้อเคลื่อนที่จากจุด A ไปยังจุด B จะพบว่าแม่เหล็ก r_1 , r_2 , r_3 จะตัดผ่านเซนเซอร์ C_1 , C_2 , C_3 พร้อมกัน เนื่องจาก $\Delta\theta$, $\Delta\theta_1$, $\Delta\theta_2$ และ $\Delta\theta_3$ เท่ากัน และใช้เวลา Δt เท่ากัน ดังนั้น จากสมการความเร็วเชิงมุมเฉลี่ยที่ 2.5 ; $\omega_{av} = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$ ทำให้ความเร็วเชิงมุมเฉลี่ย ω_1 , ω_2 และ ω_3 เท่ากัน จึงสามารถที่จะติดตั้งเซนเซอร์และแม่เหล็กที่รัศมีใดก็ได้ของล้อ ดังรูปที่ 3.8 (ข)



รูปที่ 3.8 พิจารณาการติดตั้งเซนเซอร์และแม่เหล็ก

หากคำนึงถึงความเร็วเชิงเส้นของแม่เหล็กที่เคลื่อนที่ตามเส้นรอบวง จากสมการที่ 2.1 ; $v_{av} = \frac{\Delta s}{\Delta t} = R \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$ พบว่ามุม $\Delta\theta_1$, $\Delta\theta_2$ และ $\Delta\theta_3$ เท่ากัน และใช้เวลา Δt เท่ากัน ทำให้ความเร็วเชิงเส้นเฉลี่ย (v_{av}) ของแม่เหล็กที่ตัดผ่านเซนเซอร์แปรผันตรงกับรัศมีแต่ละสีของวงกลม (R) หากพิจารณาการติดตั้งแม่เหล็กไว้ที่วงกลมสีเหลืองโดยที่รัศมีเท่ากับ r_1 จะมีระยะห่างจากจุดศูนย์กลางของล้อน้อยที่สุด ซึ่งการติดที่รัศมีน้อยแม่เหล็กจึงติดกันมาก ส่งผลให้แม่เหล็กแต่ละตัวอาจมีการรบกวนแม่เหล็กตัวถัดไป ซึ่งอาจส่งผลต่อการรับสัญญาณของ

เซนเซอร์ทำให้เซนเซอร์มีการประมวลผลผิดพลาด ดังนั้น หากพิจารณาการติดตั้งแม่เหล็กไว้ที่วงกลมสีน้ำเงินโดยที่รัศมีเท่ากับ r_3 จะมีระยะห่างจากจุดศูนย์กลางของล้อมากที่สุด ซึ่งการติดที่รัศมีมากแม่เหล็กจึงห่างกัน ส่งผลให้มีระยะห่างระหว่างแม่เหล็กมากขึ้น และลดโอกาสที่แรงแม่เหล็กแต่ละตัวจะรบกวนกันเอง ดังนั้นการวางแม่เหล็กที่ตำแหน่งรัศมีสีน้ำเงิน จึงมีโอกาที่เซนเซอร์จะตรวจจับความถี่จากการหมุนของล้อได้แม่นยำกว่าการติดตั้งแม่เหล็กไว้ที่วงกลมสีเหลืองและวงกลมสีแดง นอกเหนือจากการพิจารณาระยะการติดตั้งเซนเซอร์และแม่เหล็กของล้อรถจักรยานยนต์ดังที่ได้กล่าวในขั้นต้นแล้ว จะต้องคำนึงถึงลักษณะและประเภทของซี่ลวดล้อ ให้มีความเหมาะสมกับการติดตั้งโดยให้ติดให้ได้รัศมีที่กันทั้งหมดและต้องมีความสมมาตรกัน

ข. การติดตั้งแม่เหล็กบนซี่ลวดล้อ

การติดตั้งแม่เหล็กจะต้องมีความสมมาตรกันตลอดซี่ลวดล้อเนื่องจากล้อมีซี่ลวดทั้งหมด 36 เส้น แบ่งเป็นชุดละ 4 เส้น ในวงล้อจึงมีทั้งหมด 9 ชุด สามารถที่จะติดแม่เหล็กให้สมมาตรกับล้อได้แบบ 2 แบบ คือ การติดแบบ 3 ตัวและ 9 ตัว การติดตั้งจะใช้สายเคเบิลไทร์ในการยึดแม่เหล็กเข้ากับซี่ลวดล้อดังรูปที่ 3.9 และรูปที่ 3.10 ตามลำดับ



รูปที่ 3.9 การติดแม่เหล็ก 3 ตัวแบบสมมาตรกัน



รูปที่ 3.10 การติดแม่เหล็ก 9 ตัวแบบสมมาตรกัน

ค. พิจารณาเซนเซอร์วัดความเร็วจากการติดตั้งแม่เหล็ก

ล้อหลังมีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 49 เซนติเมตร หรือรัศมีเท่ากับ 24.5 เซนติเมตร ดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 รัศมีล้อหลังที่ใช้ทดสอบ



ผู้ผลิต	OMDHON
รุ่น	NJK-5002A
ลักษณะ	ทรงกระบอก
การตรวจจับ	แม่เหล็ก
ระยะการตรวจจับ	10 มิลลิเมตร
แรงดันไฟฟ้า	DC 5-30 V
กระแสไหล	150 mA
กระแสรั่วไหล	≤ 1.1 mA
ความถี่ในการตรวจจับ	320 KHz
ลักษณะสัญญาณออก	PNP.NO
อุณหภูมิที่ใช้งาน	-25°C ถึง 70°C
มาตรฐาน	IP65

รูปที่ 3.12 Hall Sensor Proximity Switch NJK-5002A PNP NO 10mm เซนเซอร์ สวิตซ์แม่เหล็ก



ผู้ผลิต	No Brand
รุ่น	TXNE1-102M
สี	เงิน
เกรด	N35
วัสดุ	เคลือบนิกเกิล
ขนาด	10 x 2 มิลลิเมตร
น้ำหนัก	11 กรัม

รูปที่ 3.13 แม่เหล็ก TXNE1-102M

สมการที่ใช้ในการคำนวณความเร็วเชิงเส้น ; $v = 2\pi Rf$ ดังสมการที่ 2.4

จากรูปที่ 3.11 รัศมีของล้อที่ใช้ทดสอบ = 0.245 เมตร

โดยกำหนดให้รถจักรยานยนต์เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงสุด 180 กิโลเมตรต่อชั่วโมง หรือ 50 เมตรต่อวินาที

$$\begin{aligned} \text{จากสมการที่ 2.4 ; } v &= 2\pi Rf \text{ จะได้ว่า } f = \frac{v}{2\pi R} \\ f &= \frac{50}{2\pi \times 0.245} \\ &= 32.4806 \text{ รอบต่อวินาที} \end{aligned}$$

การตอบสนองความถี่ เมื่อทำการติดตั้งแม่เหล็ก 3 ตัว ;

$$\begin{aligned} f_{3\text{ตัว}} &= 32.4806 \times 3 \text{ รอบต่อวินาที} \\ &\sim 98 \text{ รอบต่อวินาที} \end{aligned}$$

การตอบสนองความถี่ เมื่อทำการติดตั้งแม่เหล็ก 9 ตัว ;

$$\begin{aligned} f_{9\text{ตัว}} &= 32.4806 \times 9 \text{ รอบต่อวินาที} \\ &\sim 293 \text{ รอบต่อวินาที} \end{aligned}$$

จากผลการคำนวณพบว่า การติดแม่เหล็กจำนวน 9 ตัว จะมีการตอบสนองความถี่ที่สูงกว่าการติดตั้งแม่เหล็กจำนวน 3 ตัว ดังนั้นการติดตั้งแม่เหล็กจำนวน 9 ตัว จะสามารถวัดความเร็วมีความแม่นยำมากกว่า

ง. พิจารณาแม่เหล็กหลุดออกจากซี่ลวด

การติดแม่เหล็กจำนวน 9 ตัว กรณีแม่เหล็กหลุดจำนวน 1 ตัว แล้วล้อเกิดการหมุนครบ 1 รอบ ใน 1 วินาที เซนเซอร์สามารถตรวจจับแม่เหล็กได้ $\frac{8}{9}$ ตัว ทำให้ระบบวัดความเร็วสามารถวัดความเร็วได้ $\frac{8}{9} \times 60 = 53.33$ RPM ซึ่งโดยปกติเซนเซอร์ต้องตรวจจับแม่เหล็กได้ 9/9 ตัว และวัดความเร็วได้เป็น 60 RPM ร้อยละความผิดพลาด 11.12

แต่หากเป็นการติดแม่เหล็กจำนวน 3 ตัว กรณีที่แม่เหล็กหลุดจำนวน 1 ตัว แล้วล้อเกิดการหมุนครบ 1 รอบ ใน 1 วินาที เซนเซอร์สามารถตรวจจับแม่เหล็กได้ $\frac{2}{3}$ ตัว ทำให้ระบบวัดความเร็วสามารถวัดความเร็วได้ $\frac{2}{3} \times 60 = 40$ RPM ซึ่งโดยปกติเซนเซอร์ต้องตรวจจับแม่เหล็กได้ 3/3 ตัว และวัดความเร็วได้เป็น 60 RPM ร้อยละความผิดพลาด 33.33

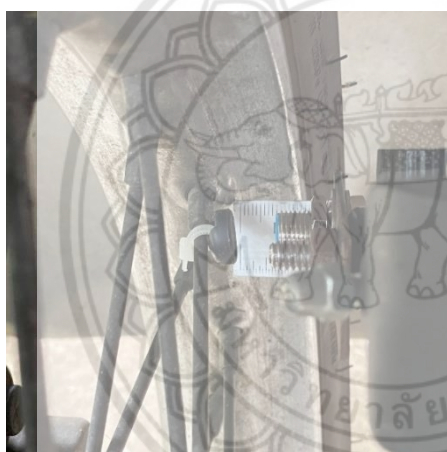
จากผลการคำนวณดังกล่าว พบว่าแม่เหล็กที่หลุดออกจากซี่ลวดจะทำให้ค่าความเร็วที่วัดได้น้อยลงกว่าความเป็นจริง หากติดแม่เหล็กจำนวนมากจะช่วยลดค่าความผิดพลาดจากการวัดให้น้อยลง

จ. การติดตั้งเซนเซอร์ตรวจจับแม่เหล็กที่ล้อหน้า

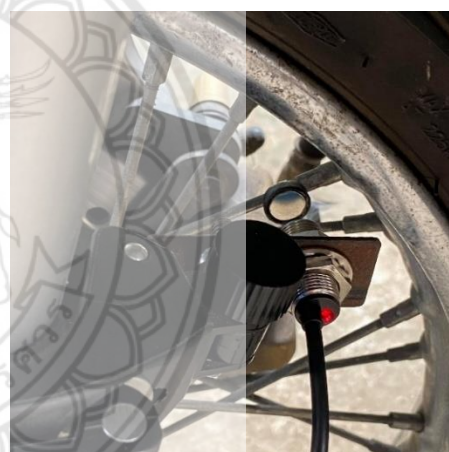
ได้หาอุปกรณ์ที่เหมาะสม โดยทำการติดตั้งเซนเซอร์แม่เหล็กเข้ากับ Camp Lock Stand จากนั้นทำการติดตั้ง Camp Lock Stand เข้ากับใช้คหน้าของรถจักรยานยนต์ ซึ่งสามารถติดตั้งกับรถจักรยานยนต์ได้หลายประเภท เนื่องจากตัว Camp Lock Stand สามารถปรับขนาดความกว้างได้ตามลักษณะของใช้รถจักรยานยนต์ จึงมีความมั่นคงในการยึดเซนเซอร์ในขณะที่รถจักรยานยนต์เคลื่อนที่ ส่งผลให้เซนเซอร์สามารถอ่านค่าได้โดยไม่เกิดความคลาดเคลื่อน ถอดประกอบและติดตั้งได้โดยง่าย โดยไม่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อตัวรถจักรยานยนต์ดังรูปที่ 3.14 ซึ่งระยะการติดตั้งเซนเซอร์ตรวจจับแม่เหล็กจะต้องอยู่ห่างจากแม่เหล็กไม่เกิน 1 เซนติเมตร ดังรูปที่ 3.15 และแสดงผลเอาต์พุตเมื่อเซนเซอร์ตรวจจับแม่เหล็กดังรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.14 การติดตั้งเซนเซอร์ที่ล้อหน้า



รูปที่ 3.15 ระยะห่างระหว่างเซนเซอร์กับแม่เหล็กไม่เกิน 1 เซนติเมตร (ล้อหน้า)



รูปที่ 3.16 แสดงผลเอาต์พุตเมื่อเซนเซอร์ตรวจจับแม่เหล็ก (ล้อหน้า)

ฉ. การติดตั้งเซนเซอร์ตรวจจับแม่เหล็กที่ล้อหลัง

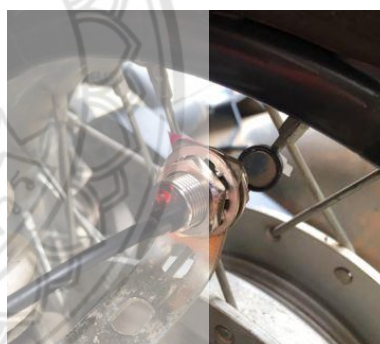
มีการใช้เหล็กยึดชนิดเหล็กชุบเข้ามาช่วยในการติดตั้ง โดยบริเวณที่เหล็กยึดจะติดเข้ากับฝาครอบสายพานด้านบน เหล็กชุบจะเป็นตัวยึดเซนเซอร์แม่เหล็กทำให้มีความมั่นคง ช่วยลดการสั่นสะเทือนส่งผลให้เซนเซอร์แม่เหล็กเกิดความคลาดเคลื่อนน้อยลง ดังรูปที่ 3.17 แต่การติดตั้งดังกล่าวอาจต้องมีการตัดแปลงเล็กน้อยเพื่อให้ใช้กับรถจักรยานยนต์ประเภทอื่นๆ ได้เนื่องจากเหล็กชุบออกแบบให้เหมาะสมกับการทดสอบ ในการติดตั้งระยะของเซนเซอร์ตรวจจับแม่เหล็กจะต้องอยู่ห่างจากแม่เหล็กไม่เกิน 1 เซนติเมตร ดังรูปที่ 3.18 และแสดงผลเอาต์พุตเมื่อเซนเซอร์ตรวจจับแม่เหล็กดังรูปที่ 3.19



รูปที่ 3.17 การติดตั้งเซนเซอร์ตรวจจับแม่เหล็กที่ล้อหลัง



รูปที่ 3.18 ระยะห่างระหว่างเซนเซอร์กับแม่เหล็กไม่เกิน 1 เซนติเมตร (ล้อหลัง)



รูปที่ 3.19 แสดงผลเอาต์พุตเมื่อเซนเซอร์ตรวจจับแม่เหล็ก (ล้อหลัง)

3.2 การออกแบบการทดสอบระบบวัดความเร็วสำหรับรถจักรยานยนต์

การทดสอบระบบวัดความเร็วสำหรับรถจักรยานยนต์ จะแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ ทดสอบการติดตั้งแม่เหล็กแบบ 3 ตัว และการติดตั้งแม่เหล็กแบบ 9 ตัวที่ล้อหลังด้วยรัศมี 24.5 เซนติเมตร โดยการทดสอบทั้งสองแบบนี้จะติดตั้งเซนเซอร์แม่เหล็กจำนวน 1 ตัวไว้กับเหล็กที่ประกอบกับฝาครอบสายพานด้านบนโดยถูกยึดด้วยน็อต จากนั้นตั้งขาตั้งคู่และทำการเร่งเครื่องยนต์เพื่อให้ล้อหลังเกิดการหมุน ได้มีการนำเครื่องมือวัดความเร็ว Tachometer ชนิดไม่สัมผัสกับวัตถุ (Non Contact Tachometer) มาใช้ร่วมกับเทปสะท้อนแสงเนื่องจากบริเวณที่ขอล้อสะท้อนได้ไม่ดี จึงได้ทำการติด

เทปสีดำทั้งหมดของขอบล้อและติดเทปสะท้อนแสงเพิ่มตำแหน่งใดก็ได้ของเทปสีดำ หลักการทำงานของ Tachometer ชนิดนี้ จะทำการปล่อยแสงออกจาก Tachometer เมื่อแสงตกกระทบแผ่นสะท้อนแสงจะสะท้อนกลับเข้าสู่ตัวรับแสง Tachometer และมีการคำนวณอัตราการหมุนของล้อออกมาเป็นรอบต่อนาที (RPM)



รูปที่ 3.20 การทดสอบอุปกรณ์ที่ล้อหลังของรถจักรยานยนต์

ขณะทดสอบระบบวัดความเร็วได้ทำการถ่ายภาพวิดีโอด้วยกล้องมือถือโหมดชูปเปอร์สโลโมชันด้วยอัตราเฟรม 240 เฟรมต่อวินาที เพื่อต้องการนับจำนวนแม่เหล็กที่เซนเซอร์ตรวจจับได้โดยการอ่านภาพด้วยโปรแกรมตัดต่อวิดีโอ และผลการทดสอบของเครื่องมือวัด Tachometer และการถ่ายภาพวิดีโอ นำมาคำนวณเป็นความเร็วเชิงมุมจากอัตราการหมุนของล้อ ซึ่งผลการคำนวณของเครื่องมือวัด Tachometer และการถ่ายภาพวิดีโอจะใช้ในการวิเคราะห์การทำงานของระบบวัดความเร็วดังรูปที่ 3.20

บทที่ 4

ผลการดำเนินงานและการวิเคราะห์ผล

4.1 ผลการทดลอง

4.1.1 ทดสอบระบบวัดความเร็วเทียบกับเครื่องมือวัด Tachometer

การทดสอบได้ใช้เครื่องมือ Tachometer วัดความเร็วรอบเฉลี่ยจากการหมุนของล้อ โดยการควบคุมคันเร่งด้วยความเร็วที่ 10, 20, 30 และ 40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ ขณะทำการติดตั้งระบบวัดความเร็วด้วยเซนเซอร์แม่เหล็กแบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ วิธีที่หนึ่งเป็นการติดตั้งแม่เหล็กจำนวน 3 ตัวแบบสมมาตร เครื่องมือ Tachometer สามารถวัดอัตราการหมุนของล้อได้ 110.3, 215.9, 331.9 และ 429.7 rpm ตามลำดับ กับวิธีที่สองเป็นการติดตั้งแม่เหล็กจำนวน 9 ตัวแบบสมมาตร เครื่องมือ Tachometer สามารถวัดอัตราการหมุนของล้อได้ 108.0, 218.1, 322.0 และ 432.2 rpm ตามลำดับ ซึ่งผลการทดสอบทั้ง 2 วิธี สามารถเปรียบเทียบความเร็วรอบที่ได้จากระบบวัดความเร็วกับเครื่องมือ Tachometer ซึ่งได้ผลดังนี้

ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบความเร็วรอบที่ได้จากระบบวัดความเร็วโดยติดตั้งแม่เหล็กจำนวน 3 ตัว กับเครื่องมือ Tachometer

ติดตั้งแม่เหล็ก	ความเร็วรอบ (rpm)		ความคลาดเคลื่อน (%)
	Tachometer	ระบบวัดความเร็ว	
จำนวน 3 ตัว	110.30	100.00	9.34
	215.90	200.00	7.36
	331.90	340.00	2.44
	429.70	420.00	2.26

จากตารางที่ 4.1 พบว่าเครื่องมือวัด Tachometer ที่ความเร็วรอบ 110.30, 215.90, 331.90 และ 429.70 rpm ตามลำดับ ระบบวัดความเร็วสามารถวัดได้ 100.00, 200.00, 340.00 และ 420.00 rpm ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าที่ความเร็วรอบต่ำสุดจะมีค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุดอยู่ที่ร้อยละ 9.34 ที่ความเร็วรอบ 215.90 rpm ระบบวัดความเร็วได้ 200.00 rpm มีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ร้อยละ 7.36 ที่ความเร็วรอบ 331.90 rpm ระบบวัดความเร็วได้ 340.00 rpm มีค่าความ

คลาดเคลื่อนอยู่ที่ร้อยละ 2.44 และที่ความเร็วรอบ 429.70 rpm ระบบวัดความเร็วได้ 420.00 rpm มีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ร้อยละ 2.26

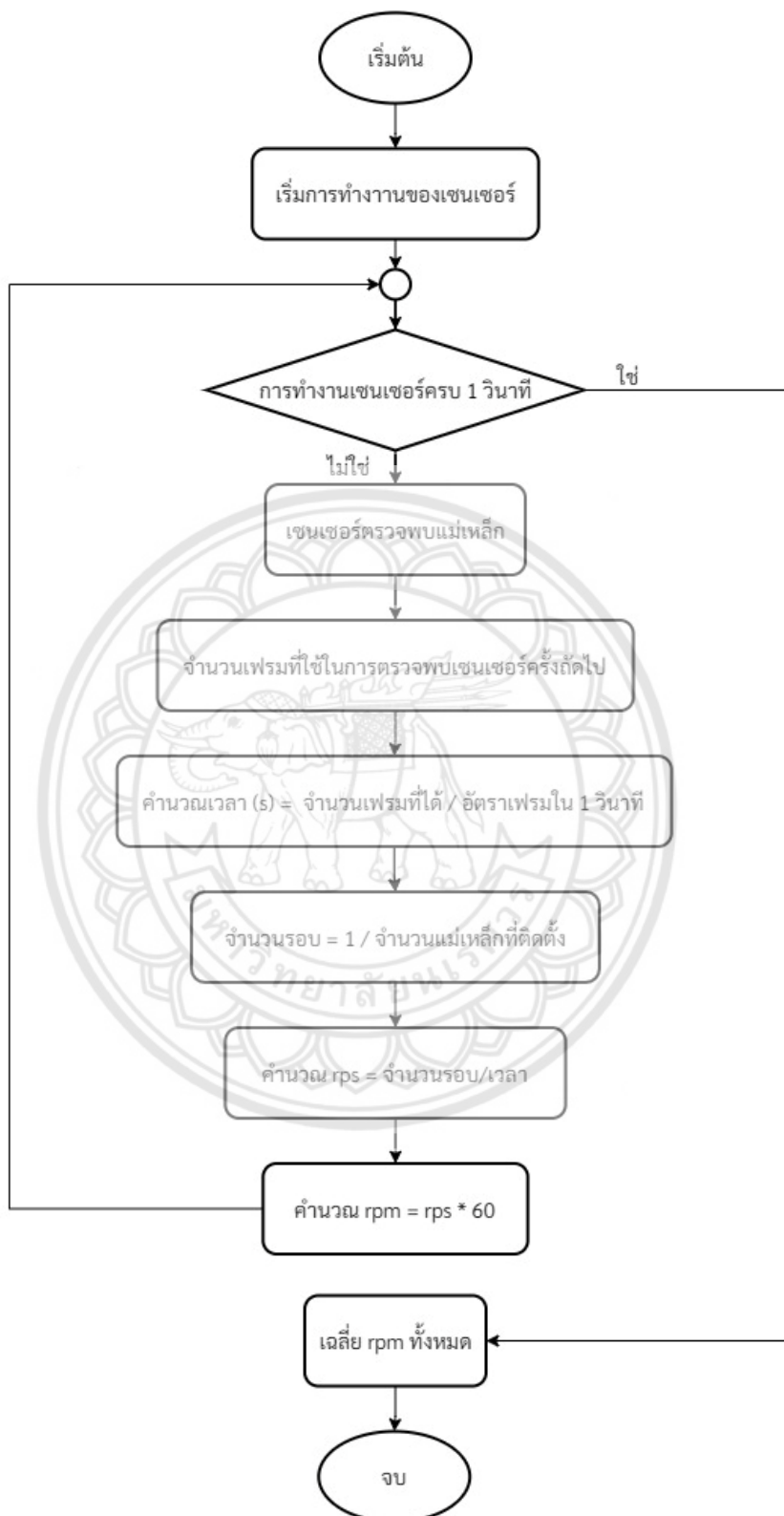
ตารางที่ 4.2 เปรียบเทียบความเร็วรอบที่ได้จากระบบวัดความเร็วโดยติดตั้งแม่เหล็กจำนวน 9 ตัว กับเครื่องมือ Tachometer

ติดตั้งแม่เหล็ก	ความเร็วรอบ (rpm)		ความคลาดเคลื่อน (%)
	Tachometer	ระบบวัดความเร็ว	
จำนวน 9 ตัว	108.00	106.00	1.85
	218.10	213.00	2.34
	322.00	326.00	1.24
	432.20	433.00	0.19

จากตารางที่ 4.2 พบว่าเครื่องมือวัด Tachometer ที่ความเร็วรอบ 108.00, 218.10, 322.00 และ 432.20 rpm ตามลำดับ ระบบวัดความเร็วสามารถวัดได้ 106.00, 213.00, 326.00 และ 433.00 rpm ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าที่ความเร็วรอบ 218.10 rpm ระบบวัดความเร็วได้ 213.00 rpm มีค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุดอยู่ที่ร้อยละ 2.34 ที่ความเร็วรอบ 108.00 rpm ระบบวัดความเร็วได้ 106.00 rpm มีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ร้อยละ 1.85 ที่ความเร็วรอบ 322.00 rpm ระบบวัดความเร็วได้ 326.00 rpm มีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ร้อยละ 1.24 และที่ความเร็วรอบ 432.20 rpm ระบบวัดความเร็วได้ 433.00 rpm มีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ร้อยละ 0.19

4.1.2 การเปรียบเทียบระหว่างระบบวัดความเร็วกับการถ่ายภาพวิดีโอด้วยกล้องมือถือ

การถ่ายภาพวิดีโอด้วยกล้องมือถือด้วยอัตราเฟรม 240 เฟรมต่อวินาที จะใช้โปรแกรมตัดต่อวิดีโอเข้ามาช่วยอ่านภาพแต่ละเฟรมโดยจะทำการนับจำนวนเฟรมที่เซนเซอร์ตรวจพบแม่เหล็กครบ 1 วินาที และนับจำนวนเฟรมที่ใช้ในการตรวจพบเซนเซอร์ครั้งถัดไป จึงคำนวณเวลา จำนวนรอบเป็นรอบต่อวินาทีแล้วจึงแปลงเป็นรอบต่อนาที และนำมาหาความเร็วรอบเฉลี่ยทั้งหมดดังรูปที่ 4.1 ซึ่งผลดังกล่าวสามารถนำมาเปรียบเทียบและวิเคราะห์ความเร็วรอบของระบบวัดความเร็วกับการถ่ายภาพวิดีโอด้วยกล้องมือถือได้ดังนี้



รูปที่ 4.1 Flow Chart คำนวณความเร็วรอบเฉลี่ยจากการถ่ายภาพวิดีโอด้วยกล้องมือถือ

ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบระบบวัดความเร็วกับการถ่ายภาพวิดีโอด้วยกล้องมือถือ

ติดตั้งแม่เหล็ก	ความเร็วรอบ (rpm)		ความคลาดเคลื่อน (%)
	ระบบวัดความเร็ว	การถ่ายภาพวิดีโอด้วยกล้องมือถือ	
จำนวน 3 ตัว	100.00	99.02	0.99
	200.00	207.82	3.76
	340.00	330.58	2.85
	420.00	427.27	1.70
จำนวน 9 ตัว	106.00	103.82	2.10
	213.00	214.54	0.72
	326.00	323.89	0.65
	433.00	441.67	1.96

จากตารางที่ 4.3 พบว่าการติดตั้งแม่เหล็กจำนวน 3 ตัว ระบบวัดความเร็วที่ 100.00, 200.00, 340.00 และ 420.00 rpm ตามลำดับ การถ่ายภาพวิดีโอด้วยกล้องมือถือได้ความเร็วรอบที่ 99.02, 207.82, 330.58 และ 427.27 rpm ตามลำดับ โดยระบบวัดความเร็วกับการถ่ายภาพวิดีโอด้วยกล้องมือถือจะเกิดความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ร้อยละ 0.99, 3.76, 2.85 และ 1.70 ตามลำดับ ซึ่งจะเกิดความคลาดเคลื่อนสูงสุดของระบบวัดความเร็วกับการถ่ายภาพวิดีโอด้วยกล้องมือถือจะอยู่ที่ร้อยละ 3.76

การติดตั้งแม่เหล็กจำนวน 9 ตัว ระบบวัดความเร็วที่ 106.00, 213.00, 326.00 และ 433.00 rpm ตามลำดับ การถ่ายภาพวิดีโอด้วยกล้องมือถือได้ความเร็วรอบที่ 103.82, 214.54, 323.89 และ 441.67 rpm ตามลำดับ โดยระบบวัดความเร็วกับการถ่ายภาพวิดีโอด้วยกล้องมือถือจะเกิดความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ร้อยละ 2.10, 0.72, 0.65 และ 1.96 ตามลำดับ ซึ่งความคลาดเคลื่อนสูงสุดของระบบวัดความเร็วกับการถ่ายภาพวิดีโอด้วยกล้องมือถือจะอยู่ที่ร้อยละ 2.10

4.2 วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองที่ 4.1.1 พบว่าเครื่องมือ Tachometer วัดความเร็วรอบด้วยอินฟราเรด โดยการสะท้อนแสงจากแผ่นสะท้อนเข้าสู่ตัวรับสัญญาณ ซึ่งล้อต้องเคลื่อนที่ครบหนึ่งรอบจึงจะแสดงผล อีกทั้งระบบวัดความเร็ว เซนเซอร์แม่เหล็กที่ตรวจพบแม่เหล็กเมื่อผ่านตัวเซนเซอร์ Arduino จะทำงานโดยการนับจำนวนแม่เหล็กที่เซนเซอร์ตรวจพบใน 1 วินาที แล้วจึงคำนวณเป็นความเร็วรอบต่อนาที ดังนั้นการติดตั้งแม่เหล็กจำนวน 3 ตัวกับการใช้เครื่องมือ Tachometer วัดที่ความเร็วรอบต่ำจึงมีความแม่นยำน้อย ซึ่งความคลาดเคลื่อนสูงสุดอยู่ที่ร้อยละ 9.34 ดังตารางที่ 4.1 และการติดตั้งแม่เหล็กจำนวน 9 ตัว ซึ่งความคลาดเคลื่อนสูงสุดอยู่ที่ร้อยละ 2.34 เกิดความคลาดเคลื่อนน้อยเนื่องจากความถี่ในการติดตั้งแม่เหล็กที่มากขึ้น ส่งผลให้การคำนวณจาก Arduino มีความละเอียดมากขึ้น ดังตารางที่ 4.2

จากผลการทดลองที่ 4.1.2 พบว่าระบบวัดความเร็วสำหรับรถจักรยานยนต์สามารถวัดความเร็วรอบได้ค่อนข้างแม่นยำเมื่อเทียบกับการวัดโดยการถ่ายภาพด้วยกล้องมือถือ และการติดตั้งจำนวนแม่เหล็กที่มากขึ้นแบบสมมาตรกัน ส่งผลให้ผลการวัดมีค่าความแม่นยำเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ซึ่งจากตารางที่ 4.3 จะเห็นว่าการติดตั้งแม่เหล็กจำนวน 3 ตัว ความคลาดเคลื่อนสูงสุดอยู่ที่ร้อยละ 3.76 และการติดตั้งแม่เหล็กจำนวน 9 ตัว ความคลาดเคลื่อนสูงสุดอยู่ที่ร้อยละ 2.10

บทที่ 5

สรุปผลโครงการและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาข้อมูลที่มีความเกี่ยวข้องกับเครื่องวัดความเร็ว การทำงานของเซนเซอร์ชนิดต่าง ๆ และอุปกรณ์ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ การศึกษาข้อมูลที่ได้กล่าวมานี้สามารถนำไปพัฒนาและประยุกต์ให้เข้ากับระบบวัดความเร็วสำหรับรถจักรยานยนต์ (Speedometer system for motorcycles) ได้ใช้ Arduino Uno R3 ควบคุมการทำงานของเซนเซอร์แม่เหล็กโดยการวัดความเร็วรอบจากการตรวจจับแม่เหล็กที่ผ่านเซนเซอร์ ผสมกับการใช้ Data Logger Shield ในการบันทึกความเร็วรอบ ความเร็วเชิงมุม และความเร็วเชิงเส้นของรถจักรยานยนต์ลงบน SD card เพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทำงานของระบบวัดความเร็วระหว่างความเร็วเชิงเส้นกับความเร็วเชิงมุมขณะรถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วขณะหนึ่ง เมื่อรถเกิดเบรกกะทันหัน ส่งผลให้ล้อหยุดหมุนแต่รถยังมีความเร็วขณะนั้นอยู่ ทำให้ทราบผลการขับเคลื่อนหรือพฤติกรรมของรถจักรยานยนต์ได้ ซึ่งการออกแบบระบบวัดความเร็วยังคงต้องมีการดัดแปลงหรือใช้อุปกรณ์เสริมเพื่อให้เหมาะสมกับรถจักรยานยนต์แต่ละประเภท รวมทั้งการติดตั้งแม่เหล็กบนล้อซี่ลวดและล้อแม็กจำเป็นต้องติดตั้งแม่เหล็กแบบสมมาตรกัน

จากผลการทดลองพบว่าระบบวัดความเร็วที่ติดตั้งแม่เหล็กจำนวน 3 ตัว และ 9 ตัว มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับการถ่ายภาพวิดีโอด้วยกล้องมือถือ โดยการประมวลผลข้อมูลภาพจากการใช้โปรแกรมตัดต่อวิดีโอ ทำให้อ่านภาพที่ได้ในแต่ละเฟรมด้วยอัตราเฟรม 240 จึงทราบได้ว่าเซนเซอร์แม่เหล็กสามารถตรวจจับแม่เหล็กได้ที่เฟรม ซึ่งผลที่ได้ถูกนำมาคำนวณเป็นความเร็วรอบเฉลี่ยของเซนเซอร์ที่ตรวจพบแม่เหล็กในแต่ละครั้งกับผลต่างของจำนวนเฟรมที่เซนเซอร์ตรวจพบแม่เหล็ก ทำให้การติดตั้งแม่เหล็กจำนวน 3 ตัว มีความคลาดเคลื่อนสูงสุดอยู่ที่ร้อยละ 3.76 และการติดตั้งแม่เหล็กจำนวน 9 ตัว มีความคลาดเคลื่อนสูงสุดอยู่ที่ร้อยละ 2.10

5.2 ปัญหาที่พบ

- 1) ข้อจำกัดของการถ่ายภาพวิดีโอด้วยกล้องมือถือที่อัตราเฟรม 240 หากถ่ายที่ความเร็วรอบตั้งแต่ 433.00 rpm ของระบบวัดความเร็ว ผลที่ได้มาประมวลเป็นข้อมูลภาพพบว่าภาพที่อ่านได้เกิดความไม่ชัด เนื่องจากอัตราเฟรมของกล้องไม่เพียงพอต่อความเร็วรอบดังกล่าว
- 2) บอร์ด Arduino Uno R3 มีข้อจำกัดในด้านการประมวลผล จึงต้องระมัดระวังในเรื่องของการส่งค่าและการคำนวณค่าโดยใช้บอร์ด Arduino ไม่ให้มากจนเกินไป เพราะอาจทำให้ตัวบอร์ด ประมวลผลไม่ทันส่งผลให้ไม่สามารถทำงานต่อได้

5.3 ข้อเสนอแนะ

- 1) ควรจัดหากล้องที่มีอัตราเฟรมสูงกว่า 240 เพื่อให้สามารถถ่ายภาพวิดีโอได้ที่ความเร็วรอบมากกว่า 433.00 rpm ของระบบวัดความเร็วได้
- 2) ใช้บอร์ด Arduino ที่มีความถี่สูงขึ้นเพื่อลดเวลาการเขียนข้อมูลและการประมวลผลการทำงาน
- 3) ควรปฏิบัติตามคู่มือการใช้งานระบบวัดความเร็ว
- 4) การออกแบบการติดตั้งแม่เหล็กจะต้องคำนึงถึงตำแหน่งของแม่เหล็กแต่ละตัวให้ติดในรัศมีและมุมที่เท่ากัน
- 5) ควรทดสอบบนถนนและทดสอบโดยใช้ความเร็วสูงกว่า 40 km/h ในอนาคต

บรรณานุกรม

1. ศปด.สรุป 7 วันอันตรายปีใหม่ 63 เกิดอุบัติเหตุ 3,421 ครั้งตาย 373 ศพเจ็บ 3,499 คน. (2563, มกราคม 3). Retrieved มีนาคม 1, 2563, from <https://www.posttoday.com/social/general/610716>
2. กุลเกล้าปรภาการ, ฐ. (2554). การเคลื่อนที่แบบหมุน (Rotational Motion). Retrieved มีนาคม 15, 2563
3. รุ่งอรุณ สมบัติรักษ์. (2546, มีนาคม 2). ความเร็วเชิงเส้นและความเร็วเชิงมุม. Retrieved กุมภาพันธ์ 28, 2563, from <http://www.rmutphysics.com/physics/oldfront/circular-motion/circular1/cir4.htm>
4. global5thailand. (2564). Retrieved ตุลาคม 8, 2564, from <https://www.global5thailand.com/thai/gps.htm>
5. autospinn. (2564). Retrieved ตุลาคม 8, 2564, from <https://www.autospinn.com/2020/03/abs-77262>
6. th.wikipedia.org. (2559, พฤศจิกายน 22). Retrieved ตุลาคม 8, 2564, from <https://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B9%84%E0%B8%A1%E0%B8%A5%E0%B9%8C%E0%B8%88%E0%B8%B1%E0%B8%81%E0%B8%A3%E0%B8%A2%E0%B8%B2%E0%B8%99>
7. Photoelectric Sensor ตรวจจับวัตถุได้อย่างไร. (2560, ตุลาคม 5). Retrieved มีนาคม 5, 2563, from primusthai: https://www.primusthai.com/primus/Knowledge/info?ID=50&fbclid=IwAR2vLHQ-slybu2PHgxvUcZTbdH5nOf9uFlkY_ESSKECKR-XU_1GRjyVs4JU
8. Capacitive Proximity Sensor คืออะไร. (2557). Retrieved มีนาคม 12, 2563, from riko: <https://www.riko.in.th/11-sensors-basic-knowledge/29-how-capacitive-proximity-sensor-work.html>
9. Inductive Proximity Sensor คืออะไร. (2562). Retrieved ตุลาคม 8, 2564, from <https://mall.factomart.com/what-is-a-inductive-proximity-sensor/>

10. พาเจริญ, ภ. (2562). **พัฒนา IoT บนแพลตฟอร์ม Arduino ด้วย NodeMCU**. กรุงเทพฯ: บริษัท โปรรวิชั่น จำกัด. Retrieved ตุลาคม 8, 2564
11. **cybertice**. (2564). Retrieved ตุลาคม 8, 2564, from <https://www.cybertice.com/article/36/%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B9%83%E0%B8%8A%E0%B9%89%E0%B8%87%E0%B8%B2%E0%B8%99-data-logger-shield>
12. Atthapol Seedam, Thaned Satiennam, Thana Radpukdee, & Wichuda Satiennam. (2558). **Development of an onboard system to measure the on-road driving pattern for developing motorcycle driving cycle in Khon Kaency, Thailand**, 1-7. Retrieved เมษายน 15, 2563
13. ชนภูมิ เล้าประจง. (2559). **ระบบติดตามพฤติกรรมรถจักรยานยนต์และตรวจจับการเกิดอุบัติเหตุ**, 6-7. Retrieved มีนาคม 17, 2563
14. กุศล วัชรอาภากร, โชกุน ดิษฐปาน, พุฒินันท์ ร่วมรักษ์, & ณัฐ มาเจริญ. (2562). **ระบบตรวจสอบพฤติกรรมรถจักรยานยนต์ (Driving behavior check system)**, 35-43. Retrieved เมษายน 1, 2563
15. **pngfind**. (2564). Retrieved ตุลาคม 8, 2564, from https://www.pngfind.com/mpng/hTJJimx_-hd-png-download/
16. **aim-sportline**. (2564). Retrieved ตุลาคม 8, 2564, from <https://www.aim-sportline.com/en/products/solo2-solo2dl/technical-specifications.htm>
17. **spaceth.co**. (2563). Retrieved ตุลาคม 8, 2564, from <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:g98IWWvEDrUJ:https://spaceth.co/gnss/+&cd=1&hl=th&ct=clnk&gl=th>
18. **medium**. (2561, มีนาคม 27). Retrieved ตุลาคม 10, 2564, from <https://medium.com/@partscargo/why-are-abs-speed-sensors-important-34cd0b1ddadd>
19. **tvc-mal**. (2563). Retrieved ตุลาคม 8, 2563, from <https://www.tvc-mall.com/details/sunding-sd-581-bike-wired-stopwatch-bicycle-multi-function-computer-speedometer-sku018500019a.html>

20. ทำความรู้จักโฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์. (2561). Retrieved มีนาคม 15, 2563, from zentech: <https://www.zentech.in.th/knowledge/how-photoelectric-sensor-work.html>
21. ชิตชัย โพธิ์ประภา. (2563, มกราคม 24). ไดโอด (Diode). Retrieved มีนาคม 15, 2563, from <http://phchitchai.wbvschool.net/archives/1312>
22. พุฒิมานิตพงศ์, พ. (2543). ทฤษฎีวงจรรีเลย์ทรานซิสเตอร์ 1. Retrieved ตุลาคม 8, 2564
23. โฟโตทรานซิสเตอร์. (2560). Retrieved ตุลาคม 8, 2564, from https://www.google.com/search?q=phototransistor+%E0%B8%84%E0%B8%B7%E0%B8%AD&rlz=1C1SQJL_enTH892TH892&sxsrf=AOaemvKJq20Y5rYJnFg05nTdKfiq0-Madw:1633766306048&source=lnms&tbn=isch&sa=X&sqj=2&ved=2ahUKEwimjsXi7bzzAhVXHrkGHfzbDQ0Q_AUoAXoECAEQAw&biw=1536&bih=72
24. ความแตกต่างระหว่างโฟโตไดโอดและโฟโตทรานซิสเตอร์. (2564). Retrieved ตุลาคม 8, 2564, from <https://illustrationprize.com/th/59-difference-between-photodiode-amp-phototransistor.html>
25. Photoelectric Sensors. (2543). Retrieved มีนาคม 15, 2563, from omron: http://www.omron.com.vn/service_support/technical_guide/photoelectric_sensor/index.asp
26. realpars. (2564). Retrieved ตุลาคม 8, 2564, from <https://realpars.com/capacitive-sensor/>
27. factomart. (2563). Retrieved ตุลาคม 8, 2564, from <https://mall.factomart.com/inductive-proximity-sensor-working-principle/>
28. KAMAN. (2561). Retrieved ตุลาคม 8, 2564, from <https://www.kaman.com/fuzing-precision-products/solutions/measuring?fbclid=IwAR0Ojtp8ZFQHNbFtrPRZTJkCVfo-2Ygkjo8O0ocVmOgw5H8kdoMqnRievik>
29. สุริยา ศรีวิเศษ. (2561, ธันวาคม 18). บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3. Retrieved มีนาคม 15, 2563, from <https://sites.google.com/site/mikhorkhxnthorllexr1/bxrd-mikhorkhxnthorllexr-arduino-uno-r3>

30. การใช้งาน Data Logger Shield. (2564). Retrieved พฤษภาคม 21, 2564, from <https://www.analogread.com/article/19/%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B9%83%E0%B8%8A%E0%B9%89%E0%B8%87%E0%B8%B2%E0%B8%99-data-logger-shield>

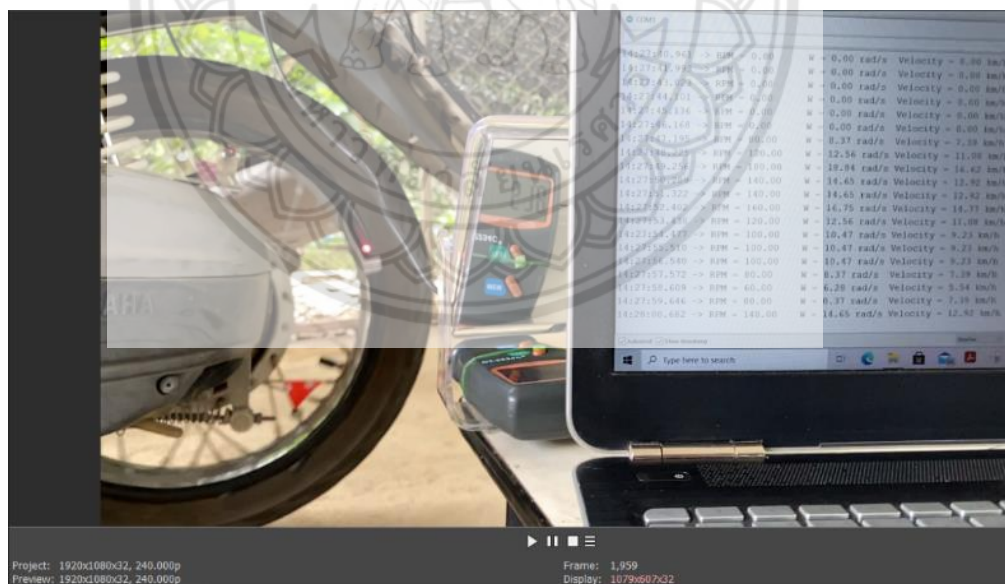




ทดสอบด้วยความเร็วรอบ 110 rpm โดยติดตั้งแม่เหล็กจำนวน 3 ตัว



รูปที่ ก.1 อุปกรณ์วัดความเร็วเริ่มต้นการทำงาน ณ เฟรม 1,921



รูปที่ ก.2 เซนเซอร์ตรวจพบแม่เหล็กตัวที่ 1 ณ เฟรม 1,959



รูปที่ ก.3 เซนเซอร์ตรวจพบแม่เหล็กตัวที่ 2 ณ เฟรม 2,006



รูปที่ ก.4 เซนเซอร์ตรวจพบแม่เหล็กตัวที่ 3 ณ เฟรม 2,054



รูปที่ ก.5 เซนเซอร์ตรวจพบแม่เหล็กตัวที่ 4 ณ เฟรม 2,103



รูปที่ ก.6 เซนเซอร์ตรวจพบแม่เหล็กตัวที่ 5 ณ เฟรม 2,153



รูปที่ ก.7 สิ้นสุดการทำงานเมื่อครบหนึ่งวินาที ณ เฟรม 2,161



รูปที่ ก.8 แสดงผลอุปกรณ์วัดความเร็วที่อ่านได้

หมายเหตุ :

<https://docs.google.com/document/d/11LCbKfKWf122ed8miNKl9Sq5hyypRlg/edit?usp=sharing&ouid=105844022875340780593&rtpof=true&sd=true>



ทดสอบระบบวัดความเร็วเทียบกับการถ่ายภาพวิดีโอด้วยกล้องมือถือ

ได้นำโปรแกรมตัดต่อวิดีโอเข้ามาช่วยในการตรวจสอบระบบวัดความเร็ว โดยในการทดลองได้ทำการถ่ายภาพวิดีโอจากมือถือด้วยโหมด Super slow motion ที่ 240 frame per second (fps) ทำการอ่านภาพที่ได้ในแต่ละเฟรมและนำมาวิเคราะห์หารอบต่อนาที โดยช่องตาราง Avg จะแสดงผลการคำนวณค่าเฉลี่ยรอบต่อนาที โดยการหาเวลาแต่ละเฟรมที่เซนเซอร์ตรวจพบแม่เหล็ก

ตารางที่ ข.1 ติดตั้งแม่เหล็กจำนวน 3 ตัว ที่ Tachometer 110.30 rpm

Tachometer ที่ 110.30 rpm						
		จน.เฟรม	เวลา (s)	จน.รอบ	rps	rpm
เฟรมที่เริ่ม	1921					
Sen.1	1959					
Sen.2	2006	47	0.1958	0.3333	1.7021	102.1277
Sen.3	2054	48	0.2000	0.3333	1.6667	100.0000
Sen.4	2103	49	0.2042	0.3333	1.6327	97.9592
Sen.5	2153	50	0.2083	0.3333	1.6000	96.0000
เฟรมที่จบ	2161					
	Avg	48.5	0.2021	0.3333	1.6504	99.0217

ตารางที่ ข.2 ติดตั้งแม่เหล็กจำนวน 3 ตัว ที่ Tachometer 215.90 rpm

Tachometer ที่ 215.90 rpm						
		จน.เฟรม	เวลา (s)	จน.รอบ	rps	rpm
เฟรมที่เริ่ม	2917					
Sen.1	2934					
Sen.2	2958	24	0.1000	0.3333	3.3333	200.0000
Sen.3	2981	23	0.0958	0.3333	3.4783	208.6957

Sen.4	3005	24	0.1000	0.3333	3.3333	200.0000
Sen.5	3028	23	0.0958	0.3333	3.4783	208.6957
Sen.6	3051	23	0.0958	0.3333	3.4783	208.6957
Sen.7	3074	23	0.0958	0.3333	3.4783	208.6957
Sen.8	3097	23	0.0958	0.3333	3.4783	208.6957
Sen.9	3120	23	0.0958	0.3333	3.4783	208.6957
Sen.10	3142	22	0.0917	0.3333	3.6364	218.1818
เฟรมที่จับ	3157					
	Avg	23.11	0.0963	0.3333	3.4636	207.8173

ตารางที่ ข.3 ติดตั้งแม่เหล็กจำนวน 3 ตัว ที่ Tachometer 331.90 rpm

Tachometer ที่ 331.90 rpm						
		จ.น. เฟรม	เวลา (s)	จ.น.รอบ	rps	rpm
เฟรมที่เริ่ม	6847					
Sen.1	6852					
Sen.2	6867	15	0.0625	0.3333	5.3333	320.0000
Sen.3	6881	14	0.0583	0.3333	5.7143	342.8571
Sen.4	6896	15	0.0625	0.3333	5.3333	320.0000
Sen.5	6911	15	0.0625	0.3333	5.3333	320.0000
Sen.6	6925	14	0.0583	0.3333	5.7143	342.8571
Sen.7	6940	15	0.0625	0.3333	5.3333	320.0000
Sen.8	6954	14	0.0583	0.3333	5.7143	342.8571
Sen.9	6969	15	0.0625	0.3333	5.3333	320.0000
Sen.10	6983	14	0.0583	0.3333	5.7143	342.8571
Sen.11	6997	14	0.0583	0.3333	5.7143	342.8571

Sen.12	7012	15	0.0625	0.3333	5.3333	320.0000
Sen.13	7026	14	0.0583	0.3333	5.7143	342.8571
Sen.14	7040	14	0.0583	0.3333	5.7143	342.8571
Sen.15	7056	16	0.0667	0.3333	5.0000	300.0000
Sen.16	7069	13	0.0542	0.3333	6.1538	369.2308
Sen.17	7085	16	0.0667	0.3333	5.0000	300.0000
เฟรมที่จบ	7087					
	Avg	14.56	0.0607	0.3333	5.5096	330.5769

ตารางที่ ข.4 ติดตั้งแม่เหล็กจำนวน 3 ตัว ที่ Tachometer 429.70 rpm

Tachometer ที่ 429.70 rpm						
		จน. เฟรม	เวลา (s)	จน.รอบ	rps	rpm
เฟรมที่เริ่ม	9905					
Sen.1	9909					
Sen.2	9921	12	0.0500	0.3333	6.6667	400.0000
Sen.3	9932	11	0.0458	0.3333	7.2727	436.3636
Sen.4	9943	11	0.0458	0.3333	7.2727	436.3636
Sen.5	9955	12	0.0500	0.3333	6.6667	400.0000
Sen.6	9966	11	0.0458	0.3333	7.2727	436.3636
Sen.7	9977	11	0.0458	0.3333	7.2727	436.3636
Sen.8	9989	12	0.0500	0.3333	6.6667	400.0000
Sen.9	10000	11	0.0458	0.3333	7.2727	436.3636
Sen.10	10011	11	0.0458	0.3333	7.2727	436.3636
Sen.11	10022	11	0.0458	0.3333	7.2727	436.3636
Sen.12	10033	11	0.0458	0.3333	7.2727	436.3636

Sen.13	10044	11	0.0458	0.3333	7.2727	436.3636
Sen.14	10056	12	0.0500	0.3333	6.6667	400.0000
Sen.15	10067	11	0.0458	0.3333	7.2727	436.3636
Sen.16	10078	11	0.0458	0.3333	7.2727	436.3636
Sen.17	10089	11	0.0458	0.3333	7.2727	436.3636
Sen.18	10101	12	0.0500	0.3333	6.6667	400.0000
Sen.19	10112	11	0.0458	0.3333	7.2727	436.3636
Sen.20	10123	11	0.0458	0.3333	7.2727	436.3636
Sen.21	10134	11	0.0458	0.3333	7.2727	436.3636
เฟรมที่จับ	10145					
	Avg	11.25	0.0469	0.3333	7.1212	427.2727

ตารางที่ ข.5 ติดตั้งแม่เหล็กจำนวน 9 ตัว ที่ Tachometer 108.00 rpm

Tachometer ที่ 108.00 rpm						
		จน. เฟรม	เวลา (s)	จน.รอบ	rps	rpm
เฟรมที่เริ่ม	410					
Sen.1	418					
Sen.2	433	15	0.0625	0.1111	1.7778	106.6667
Sen.3	447	14	0.0583	0.1111	1.9048	114.2857
Sen.4	462	15	0.0625	0.1111	1.7778	106.6667
Sen.5	477	15	0.0625	0.1111	1.7778	106.6667
Sen.6	492	15	0.0625	0.1111	1.7778	106.6667
Sen.7	507	15	0.0625	0.1111	1.7778	106.6667
Sen.8	523	16	0.0667	0.1111	1.6667	100.0000
Sen.9	538	15	0.0625	0.1111	1.7778	106.6667

Sen.10	553	15	0.0625	0.1111	1.7778	106.6667
Sen.11	569	16	0.0667	0.1111	1.6667	100.0000
Sen.12	584	15	0.0625	0.1111	1.7778	106.6667
Sen.13	601	17	0.0708	0.1111	1.5686	94.1176
Sen.14	617	16	0.0667	0.1111	1.6667	100.0000
Sen.15	632	15	0.0625	0.1111	1.7778	106.6667
Sen.16	650	18	0.0750	0.1111	1.4815	88.8889
เฟรมที่จบ	650					
	Avg	15.47	0.0644	0.1111	1.7303	103.8195

ตารางที่ ข.6 ติดตั้งแม่เหล็กจำนวน 9 ตัว ที่ Tachometer 218.10 rpm

Tachometer ที่ 218.10 rpm						
		จ.น. เฟรม	เวลา (s)	จ.น.รอบ	rpm	rpm
เฟรมที่เริ่ม	17591					
Sen.1	17593					
Sen.2	17599	6	0.0250	0.1111	4.4444	266.6667
Sen.3	17606	7	0.0292	0.1111	3.8095	228.5714
Sen.4	17613	7	0.0292	0.1111	3.8095	228.5714
Sen.5	17620	7	0.0292	0.1111	3.8095	228.5714
Sen.6	17627	7	0.0292	0.1111	3.8095	228.5714
Sen.7	17634	7	0.0292	0.1111	3.8095	228.5714
Sen.8	17641	7	0.0292	0.1111	3.8095	228.5714
Sen.9	17648	7	0.0292	0.1111	3.8095	228.5714
Sen.10	17655	7	0.0292	0.1111	3.8095	228.5714
Sen.11	17662	7	0.0292	0.1111	3.8095	228.5714

Sen.12	17669	7	0.0292	0.1111	3.8095	228.5714
Sen.13	17676	7	0.0292	0.1111	3.8095	228.5714
Sen.14	17683	7	0.0292	0.1111	3.8095	228.5714
Sen.15	17691	8	0.0333	0.1111	3.3333	200.0000
Sen.16	17698	7	0.0292	0.1111	3.8095	228.5714
Sen.17	17706	8	0.0333	0.1111	3.3333	200.0000
Sen.18	17713	7	0.0292	0.1111	3.8095	228.5714
Sen.19	17721	8	0.0333	0.1111	3.3333	200.0000
Sen.20	17728	7	0.0292	0.1111	3.8095	228.5714
Sen.21	17736	8	0.0333	0.1111	3.3333	200.0000
Sen.22	17744	8	0.0333	0.1111	3.3333	200.0000
Sen.23	17752	8	0.0333	0.1111	3.3333	200.0000
Sen.24	17760	8	0.0333	0.1111	3.3333	200.0000
Sen.25	17768	8	0.0333	0.1111	3.3333	200.0000
Sen.26	17776	8	0.0333	0.1111	3.3333	200.0000
Sen.27	17784	8	0.0333	0.1111	3.3333	200.0000
Sen.28	17793	9	0.0375	0.1111	2.9630	177.7778
Sen.29	17801	8	0.0333	0.1111	3.3333	200.0000
Sen.30	17809	8	0.0333	0.1111	3.3333	200.0000
Sen.31	17818	9	0.0375	0.1111	2.9630	177.7778
Sen.32	17826	8	0.0333	0.1111	3.3333	200.0000
เฟรมที่จบ	17831					
	Avg	7.52	0.0313	0.1111	3.5757	214.5417

ตารางที่ ข.7 ติดตั้งแม่เหล็กจำนวน 9 ตัว ที่ Tachometer 322.00 rpm

Tachometer ที่ 322.00 rpm						
		จน. เฟรม	เวลา (s)	จน.รอบ	rps	rpm
เฟรมที่เริ่ม	7255					
Sen.1	7257					
Sen.2	7262	5	0.0208	0.1111	5.3333	320.0000
Sen.3	7267	5	0.0208	0.1111	5.3333	320.0000
Sen.4	7272	5	0.0208	0.1111	5.3333	320.0000
Sen.5	7277	5	0.0208	0.1111	5.3333	320.0000
Sen.6	7282	5	0.0208	0.1111	5.3333	320.0000
Sen.7	7287	5	0.0208	0.1111	5.3333	320.0000
Sen.8	7292	5	0.0208	0.1111	5.3333	320.0000
Sen.9	7296	4	0.0167	0.1111	6.6667	400.0000
Sen.10	7301	5	0.0208	0.1111	5.3333	320.0000
Sen.11	7306	5	0.0208	0.1111	5.3333	320.0000
Sen.12	7311	5	0.0208	0.1111	5.3333	320.0000
Sen.13	7316	5	0.0208	0.1111	5.3333	320.0000
Sen.14	7321	5	0.0208	0.1111	5.3333	320.0000
Sen.15	7326	5	0.0208	0.1111	5.3333	320.0000
Sen.16	7331	5	0.0208	0.1111	5.3333	320.0000
Sen.17	7336	5	0.0208	0.1111	5.3333	320.0000
Sen.18	7341	5	0.0208	0.1111	5.3333	320.0000
Sen.19	7346	5	0.0208	0.1111	5.3333	320.0000
Sen.20	7351	5	0.0208	0.1111	5.3333	320.0000
Sen.21	7356	5	0.0208	0.1111	5.3333	320.0000
Sen.22	7360	4	0.0167	0.1111	6.6667	400.0000

Sen.23	7366	6	0.0250	0.1111	4.4444	266.6667
Sen.24	7370	4	0.0167	0.1111	6.6667	400.0000
Sen.25	7375	5	0.0208	0.1111	5.3333	320.0000
Sen.26	7380	5	0.0208	0.1111	5.3333	320.0000
Sen.27	7385	5	0.0208	0.1111	5.3333	320.0000
Sen.28	7390	5	0.0208	0.1111	5.3333	320.0000
Sen.29	7395	5	0.0208	0.1111	5.3333	320.0000
Sen.30	7400	5	0.0208	0.1111	5.3333	320.0000
Sen.31	7405	5	0.0208	0.1111	5.3333	320.0000
Sen.32	7410	5	0.0208	0.1111	5.3333	320.0000
Sen.33	7415	5	0.0208	0.1111	5.3333	320.0000
Sen.34	7420	5	0.0208	0.1111	5.3333	320.0000
Sen.35	7425	5	0.0208	0.1111	5.3333	320.0000
Sen.36	7430	5	0.0208	0.1111	5.3333	320.0000
Sen.37	7435	5	0.0208	0.1111	5.3333	320.0000
Sen.38	7440	5	0.0208	0.1111	5.3333	320.0000
Sen.39	7445	5	0.0208	0.1111	5.3333	320.0000
Sen.40	7450	5	0.0208	0.1111	5.3333	320.0000
Sen.41	7455	5	0.0208	0.1111	5.3333	320.0000
Sen.42	7460	5	0.0208	0.1111	5.3333	320.0000
Sen.43	7465	5	0.0208	0.1111	5.3333	320.0000
Sen.44	7470	5	0.0208	0.1111	5.3333	320.0000
Sen.45	7475	5	0.0208	0.1111	5.3333	320.0000
Sen.46	7480	5	0.0208	0.1111	5.3333	320.0000
Sen.47	7485	5	0.0208	0.1111	5.3333	320.0000
Sen.48	7490	5	0.0208	0.1111	5.3333	320.0000
Sen.49	7495	5	0.0208	0.1111	5.3333	320.0000

เฟรมที่จบ	7495					
	Avg	4.96	0.0207	0.1111	5.3981	323.8889

ตารางที่ ข.8 ติดตั้งแม่เหล็กจำนวน 9 ตัว ที่ Tachometer 432.20 rpm

Tachometer ที่ 432.20 rpm						
		จน. เฟรม	เวลา (s)	จน.รอบ	rps	rpm
เฟรมที่เริ่ม	8616					
Sen.1	8618					
Sen.2	8622	4	0.0167	0.1111	6.6667	400.0000
Sen.3	8625	3	0.0125	0.1111	8.8889	533.3333
Sen.4	8629	4	0.0167	0.1111	6.6667	400.0000
Sen.5	8633	4	0.0167	0.1111	6.6667	400.0000
Sen.6	8636	3	0.0125	0.1111	8.8889	533.3333
Sen.7	8640	4	0.0167	0.1111	6.6667	400.0000
Sen.8	8644	4	0.0167	0.1111	6.6667	400.0000
Sen.9	8647	3	0.0125	0.1111	8.8889	533.3333
Sen.10	8651	4	0.0167	0.1111	6.6667	400.0000
Sen.11	8655	4	0.0167	0.1111	6.6667	400.0000
Sen.12	8659	4	0.0167	0.1111	6.6667	400.0000
Sen.13	8662	3	0.0125	0.1111	8.8889	533.3333
Sen.14	8666	4	0.0167	0.1111	6.6667	400.0000
Sen.15	8670	4	0.0167	0.1111	6.6667	400.0000
Sen.16	8673	3	0.0125	0.1111	8.8889	533.3333
Sen.17	8677	4	0.0167	0.1111	6.6667	400.0000
Sen.18	8681	4	0.0167	0.1111	6.6667	400.0000

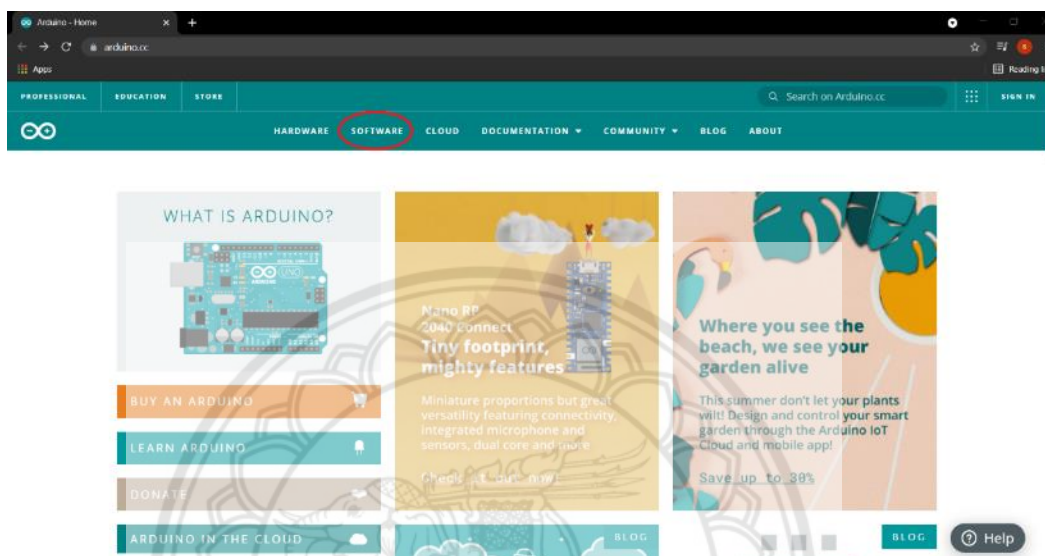
Sen.19	8684	3	0.0125	0.1111	8.8889	533.3333
Sen.20	8688	4	0.0167	0.1111	6.6667	400.0000
Sen.21	8692	4	0.0167	0.1111	6.6667	400.0000
Sen.22	8695	3	0.0125	0.1111	8.8889	533.3333
Sen.23	8699	4	0.0167	0.1111	6.6667	400.0000
Sen.24	8703	4	0.0167	0.1111	6.6667	400.0000
Sen.25	8706	3	0.0125	0.1111	8.8889	533.3333
Sen.26	8710	4	0.0167	0.1111	6.6667	400.0000
Sen.27	8714	4	0.0167	0.1111	6.6667	400.0000
Sen.28	8718	4	0.0167	0.1111	6.6667	400.0000
Sen.29	8721	3	0.0125	0.1111	8.8889	533.3333
Sen.30	8725	4	0.0167	0.1111	6.6667	400.0000
Sen.31	8729	4	0.0167	0.1111	6.6667	400.0000
Sen.32	8732	3	0.0125	0.1111	8.8889	533.3333
Sen.33	8736	4	0.0167	0.1111	6.6667	400.0000
Sen.34	8740	4	0.0167	0.1111	6.6667	400.0000
Sen.35	8743	3	0.0125	0.1111	8.8889	533.3333
Sen.36	8747	4	0.0167	0.1111	6.6667	400.0000
Sen.37	8751	4	0.0167	0.1111	6.6667	400.0000
Sen.38	8754	3	0.0125	0.1111	8.8889	533.3333
Sen.39	8758	4	0.0167	0.1111	6.6667	400.0000
Sen.40	8762	4	0.0167	0.1111	6.6667	400.0000
Sen.41	8765	3	0.0125	0.1111	8.8889	533.3333
Sen.42	8769	4	0.0167	0.1111	6.6667	400.0000
Sen.43	8773	4	0.0167	0.1111	6.6667	400.0000
Sen.44	8776	3	0.0125	0.1111	8.8889	533.3333
Sen.45	8780	4	0.0167	0.1111	6.6667	400.0000

Sen.46	8784	4	0.0167	0.1111	6.6667	400.0000
Sen.47	8788	4	0.0167	0.1111	6.6667	400.0000
Sen.48	8791	3	0.0125	0.1111	8.8889	533.3333
Sen.49	8795	4	0.0167	0.1111	6.6667	400.0000
Sen.50	8799	4	0.0167	0.1111	6.6667	400.0000
Sen.51	8802	3	0.0125	0.1111	8.8889	533.3333
Sen.52	8806	4	0.0167	0.1111	6.6667	400.0000
Sen.53	8810	4	0.0167	0.1111	6.6667	400.0000
Sen.54	8813	3	0.0125	0.1111	8.8889	533.3333
Sen.55	8817	4	0.0167	0.1111	6.6667	400.0000
Sen.56	8821	4	0.0167	0.1111	6.6667	400.0000
Sen.57	8824	3	0.0125	0.1111	8.8889	533.3333
Sen.58	8828	4	0.0167	0.1111	6.6667	400.0000
Sen.59	8832	4	0.0167	0.1111	6.6667	400.0000
Sen.60	8836	4	0.0167	0.1111	6.6667	400.0000
Sen.61	8839	3	0.0125	0.1111	8.8889	533.3333
Sen.62	8843	4	0.0167	0.1111	6.6667	400.0000
Sen.63	8847	4	0.0167	0.1111	6.6667	400.0000
Sen.64	8850	3	0.0125	0.1111	8.8889	533.3333
Sen.65	8854	4	0.0167	0.1111	6.6667	400.0000
เฟรมที่จบ	8856					
	Avg	3.69	0.0154	0.1111	7.3611	441.6667



ขั้นตอนการดาวน์โหลดและติดตั้ง Arduino Software (IDE)

1. ดาวน์โหลด Arduino IDE โดยไปที่ <https://www.arduino.cc> และไปที่ click ที่ Software



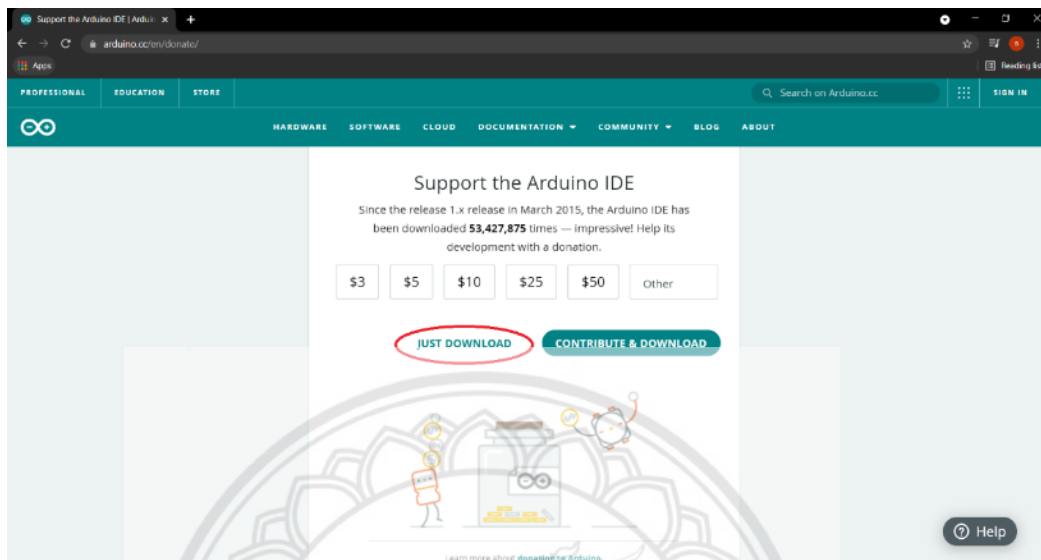
รูปที่ ค.1 ขั้นตอนการดาวน์โหลดและติดตั้ง Arduino Software (IDE)

2. เลือกระบบปฏิบัติการของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม Arduino



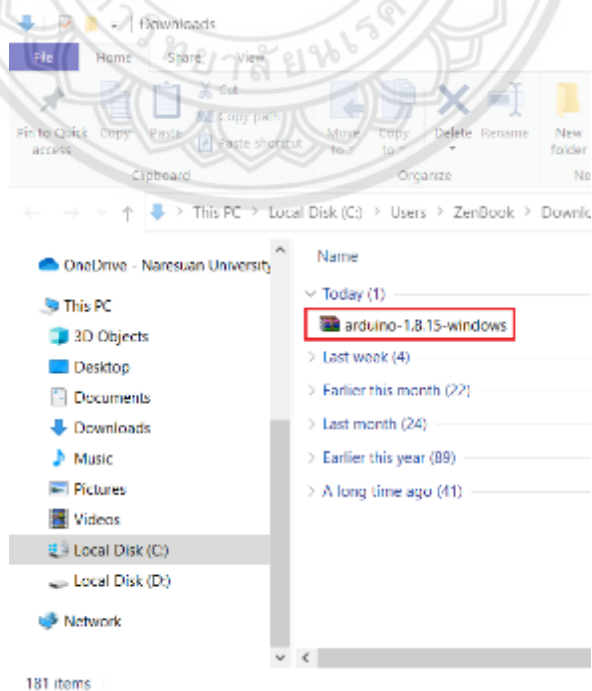
รูปที่ ค.2 ขั้นตอนการดาวน์โหลดและติดตั้ง Arduino Software (IDE)

3. กด JUST DOWNLOAD (หากต้องการร่วมบริจาคช่วยการพัฒนา Arduino Software สามารถกด CONTRIBUTE & DOWNLOAD)



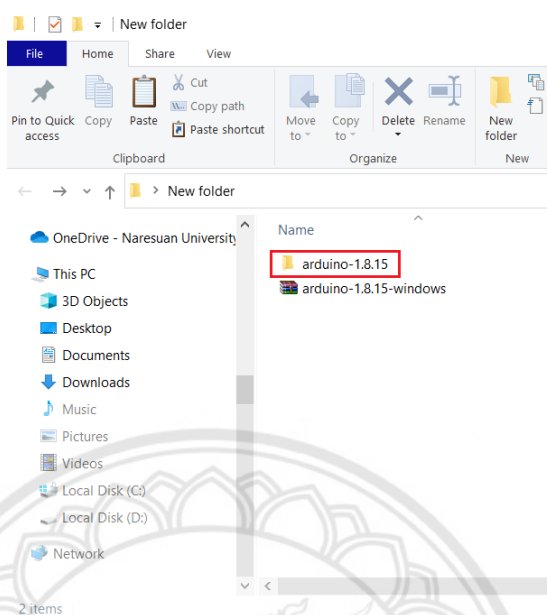
รูปที่ ค.3 ขั้นตอนการดาวน์โหลดและติดตั้ง Arduino Software (IDE)

4. เสริมสร้างดาวน์โหลดโปรแกรม Arduino IDE (ZIP file)



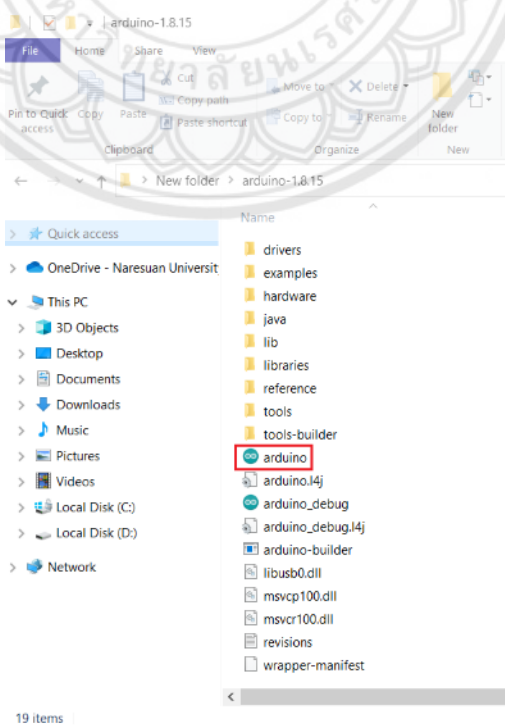
รูปที่ ค.4 ขั้นตอนการดาวน์โหลดและติดตั้ง Arduino Software (IDE)

5. ทำการติดตั้งโปรแกรมดังกล่าว



รูปที่ ค.5 ขั้นตอนการดาวน์โหลดและติดตั้ง Arduino Software (IDE)

6. เข้าโฟลเดอร์ Arduino-1.8.15 แล้ว click ที่ Arduino เพื่อทำการเปิดโปรแกรม



รูปที่ ค.6 ขั้นตอนการดาวน์โหลดและติดตั้ง Arduino Software (IDE)

7. แสดงหน้าต่างโปรแกรม Arduino 1.8.15



รูปที่ ค.7 ขั้นตอนการดาวน์โหลดและติดตั้ง Arduino Software (IDE)



การเขียนโปรแกรมเพื่อใช้วัดความเร็ว

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

```
#include <SD.h>
```

```
#include <SPI.h>
```

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

```
#include <RTClib.h>
```

```
#include <DS1307RTC.h>
```

```
#include <TimeLib.h>
```

```
char fn[20];
```

```
char ti[20];
```

```
const int chipSelect = 10;
```

```
const int hallSensorPin = 2;
```

```
const unsigned long conditionTime = 1000;
```

```
const unsigned long sampleTime = 1000;
```

```
int n=9;
```

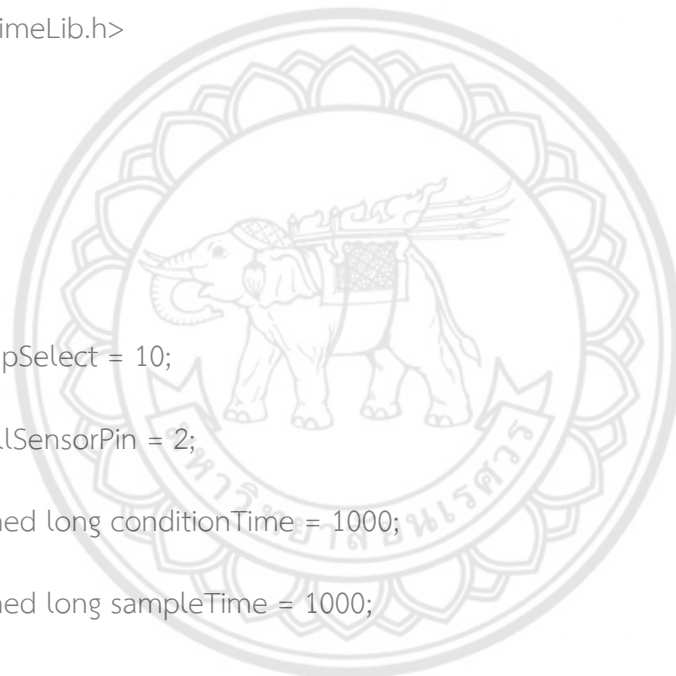
```
double R=0.245;
```

```
int sec;
```

```
File myFile;
```

```
RTC_DS1307 rtc;
```

```
void setup()
```



```
{  
  
  pinMode(hallSensorPin, INPUT);  
  
  Serial.begin(9600);  
  
  while (!Serial)  
  
  Wire.begin();  
  
  rtc.begin();  
  
  if (! rtc.isrunning()) {  
  
    Serial.println("RTC is NOT running, let's set the time!");  
  
    rtc.adjust(DateTime(F(__DATE__), F(__TIME__)));  
  
  }  
  
  if (!SD.begin(chipSelect)) {  
  
    Serial.println("SD Card initialization failed!");  
  
    return;  
  
  }  
  
  Serial.println("SD Card OK.");  
  
  DateTime now = rtc.now();  
  
  sprintf(fn, "%02d%02d%02d%02d.csv",now.day(),now.hour(),now.minute(),  
now.second());  
  
  myFile = SD.open(fn, FILE_WRITE);  
  
  if (myFile) {  
  
    myFile.println("Day/Month/Year,Hour:Minute:Second,RPM,Angular  
Velocity(rad/s),Velocity(km/h)");
```

```
        myFile.close();
    }
    else {
        Serial.println("error");
    }
}

void loop()
{
    DateTime now = rtc.now();

    sprintf(ti,
"%02d,%02d,%02d,%02d,%02d,%02d",now.year(),now.month(),now.day(),now.hour(),n
ow.minute(),now.second());

    float rpm = getRPM();

    float Omega= getOmega(rpm);

    float velo = getVelocity(Omega);

    int y=now.year();

    int m=now.month();

    int d=now.day();

    int h=now.hour();

    int mi=now.minute();

    int se=now.second();
```



```
displayRPM(rpm, Omega, velo);

SaveData(rpm, Omega, velo, y, m, d, h, mi, se);

}

float getRPM()

{

    int count = 0;

    boolean countFlag = LOW;

    unsigned long currentTime = 0;

    unsigned long startTime = millis();

    while (currentTime <= conditionTime)

    {

        if (digitalRead(hallSensorPin) == HIGH)

        {

            countFlag = HIGH;

        }

        if (digitalRead(hallSensorPin) == LOW && countFlag == HIGH)

        {

            count++;

            countFlag = LOW;

        }

        currentTime = millis() - startTime;
```



```
}  
  
    float countRpm = 60*count/n;  
  
    return countRpm;  
  
}  
  
float getOmega(float rpm){  
  
    float omega = (2 * 3.14 * rpm) / 60;  
  
    return omega; }  
  
float getVelocity(float Omega) {  
  
    float velocity = float(Omega * R *3.6); //km/h  
  
    return velocity;}  
  
void displayRPM(float rpm, float omega, float velocity)  
{  
  
    Serial.print("RPM = ");  
  
    Serial.print(rpm);  
  
    Serial.print("\tW = ");  
  
    Serial.print(omega);  
  
    Serial.print(" rad/s");  
  
    Serial.print("\tVelocity = ");  
  
    Serial.print(velocity);  
  
    Serial.println(" km/h ");
```



```
}
```

```
void SaveData(float rpm, float omega, float velocity, int d, int m, int y,int h, int mi, int se){
```

```
    myFile=SD.open(fn,FILE_WRITE);
```

```
    if (myFile){
```

```
        myFile.print(d);
```

```
        myFile.print("/");
```

```
        myFile.print(m);
```

```
        myFile.print("/");
```

```
        myFile.print(y);
```

```
        myFile.print(",");
```

```
        myFile.print(h);
```

```
        myFile.print(":");
```

```
        myFile.print(mi);
```

```
        myFile.print(":");
```

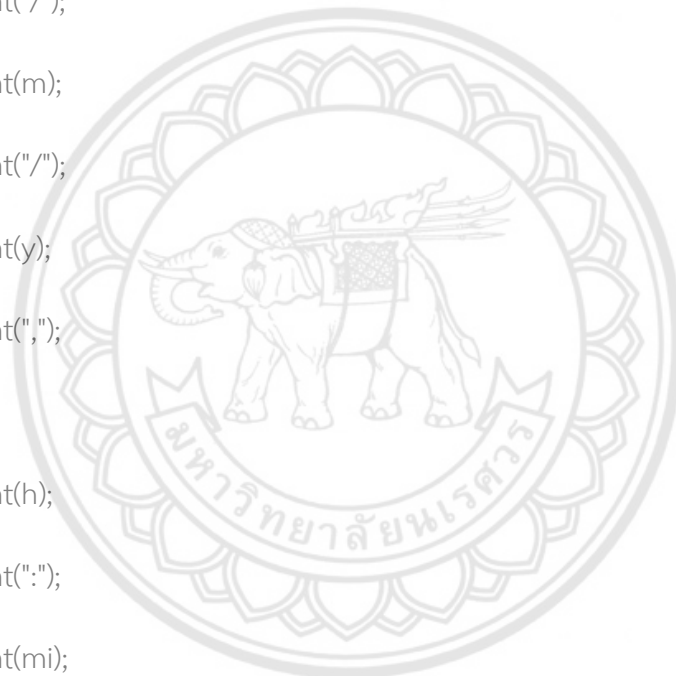
```
        myFile.print(se);
```

```
        myFile.print(",");
```

```
        myFile.print(rpm);
```

```
        myFile.print(",");
```

```
        myFile.print(omega);
```



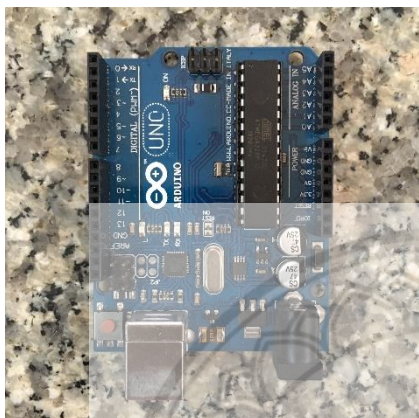
```
myFile.print(",");  
  
myFile.println(velocity);  
  
myFile.close();  
  
}  
  
else{  
  
Serial.println("error opening test.csv"); }  
  
}
```



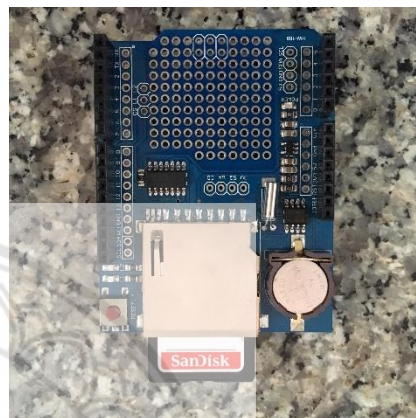


ขั้นตอนการติดตั้งบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

1. จัดเตรียมบอร์ด Arduino Uno R3 และ Data Logger Shield ดังรูปที่ จ.1 และรูปที่ จ.2 ตามลำดับ



รูปที่ จ.1 Arduino Uno R3



รูปที่ จ.2 Data Logger Shield พร้อม SD Card

2. เชื่อมต่อบอร์ดทั้งสองเข้าด้วยกันพร้อมใส่ SD Card ดังรูปที่ จ.3 และต่อสายไฟของเซนเซอร์เข้ากับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยที่สายไฟสีน้ำตาลต่อเข้ากับไฟ 5V สายไฟสีน้ำเงินต่อเข้ากับกราวด์ (Gnd) และสายไฟสีดำต่อเข้ากับ Pin2 (Output) ดังรูปที่ จ.4

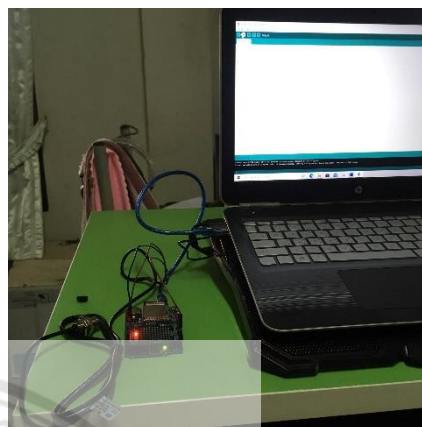


รูปที่ จ.3 Arduino Uno R3 & Data Logger Shield พร้อม SD Card



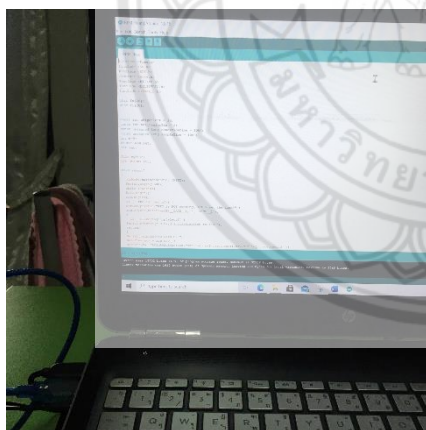
รูปที่ จ.4 การต่อสายจัมเปอร์กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

3. ต่อสาย USB เข้ากับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ดังรูปที่ จ.5

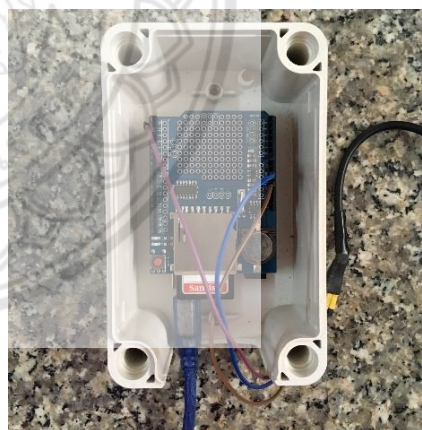


รูปที่ จ.5 ต่อสาย USB

4. ทำการใส่ค่าจำนวนแม่เหล็กและรัศมีล้อก่อน Upload Arduino IDE ดังรูปที่ จ.6 และเมื่อ Upload เสร็จสิ้น ให้นำบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์บรรจุลงในกล่องสีขาวดังรูปที่ จ.7



รูปที่ จ.6 Upload Arduino IDE



รูปที่ จ.7 บรรจุบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ลงในกล่อง

5. หลังจากบรรจุบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ลงในกล่องแล้ว ทำการปิดฝากล่องที่ติดมาพร้อมกับแหล่งจ่ายไฟ (Power Bank) ดังรูปที่ จ.8



รูปที่ จ.8 ปิดฝากล่องอุปกรณ์

6. เสริมเส้นการต่อสายไฟของเซนเซอร์เข้ากับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ดังรูปที่ จ.9 ทำการติดตั้งเซนเซอร์แม่เหล็กที่ล้อรถจักรยานยนต์ และต่อสาย USB เข้ากับแหล่งจ่ายไฟพร้อมใช้งานดังรูปที่ จ.10



รูปที่ จ.9 เสริมเส้นการประกอบอุปกรณ์



รูปที่ จ.10 ต่อสาย USB เข้ากับแหล่งจ่ายไฟพร้อมใช้งาน

การติดตั้งแม่เหล็ก

1. จัดเตรียมแม่เหล็กและสายเคเบิลไทร์ดังรูปที่ จ.11 และรูปที่ จ.12 ตามลำดับ



รูปที่ จ.11 แม่เหล็ก



รูปที่ จ.12 สายเคเบิลไทร์

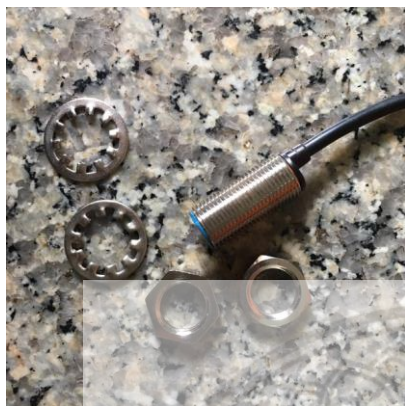
2. ใส่สายเคเบิลไทร์กับแม่เหล็กดังรูปที่ จ.13



รูปที่ จ.13 แม่เหล็กพร้อมสายเคเบิลไทร์

การติดตั้งเซนเซอร์แม่เหล็กที่ล้อหน้า

1. จัดเตรียมเซนเซอร์และแผ่นเหล็กที่เจาะรูดังรูปที่ จ.14 และรูปที่ จ.15 ตามลำดับ



รูปที่ จ.14 เซนเซอร์



รูปที่ จ.15 แผ่นเหล็ก

2. นำเซนเซอร์แม่เหล็กใส่เข้ากับแผ่นเหล็กโดยยึดด้วยน็อตดังรูปที่ จ.16 ก่อนนำไปประกอบกับตัว Camp Lock Stand ดังรูปที่ จ.17



รูปที่ จ.16



รูปที่ จ.17 Camp Lock Stand

3. ประกอบเข้ากับตัว Camp Lock Stand ดังรูปที่ จ.18 อุปกรณ์พร้อมใช้งาน สามารถนำไปติดตั้งที่ล้อหน้าของรถจักรยานยนต์ดังรูปที่ จ.19



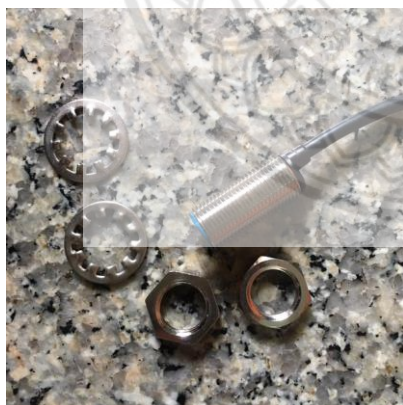
รูปที่ จ.18 อุปกรณ์พร้อมใช้งาน



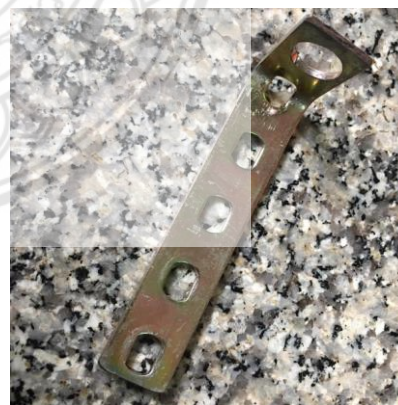
รูปที่ จ.19 การติดตั้งเซนเซอร์แม่เหล็กที่ล้อหน้า

การติดตั้งเซนเซอร์แม่เหล็กที่ล้อหลัง

1. จัดเตรียมเซนเซอร์แม่เหล็กและเหล็กกูที่ได้เจาะรูสำหรับใส่เซนเซอร์ดังรูปที่ จ.20 และรูปที่ จ.21 ตามลำดับ



รูปที่ จ.20 เซนเซอร์



รูปที่ จ.21 เหล็กกู

2. นำเซนเซอร์ใส่เข้ากับเหล็กกูโดยยึดด้วยน็อต และนำไปประกอบกับตัว Clamp ดังรูปที่ จ.22
จะได้อุปกรณ์ที่พร้อมใช้งานดังรูปที่ จ.23

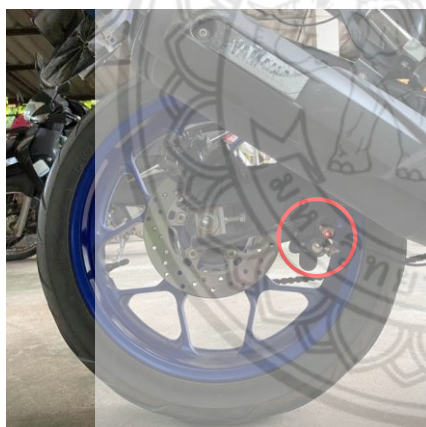


รูปที่ จ.22 Clamp



รูปที่ จ.23 อุปกรณ์พร้อมใช้งาน

3. เมื่อประกอบอุปกรณ์เสร็จสิ้นสามารถนำไปติดตั้งล้อหลังของรถจักรยานยนต์ดังรูปที่ จ.24



รูปที่ จ.24 การติดตั้งเซนเซอร์แม่เหล็กที่ล้อหลัง