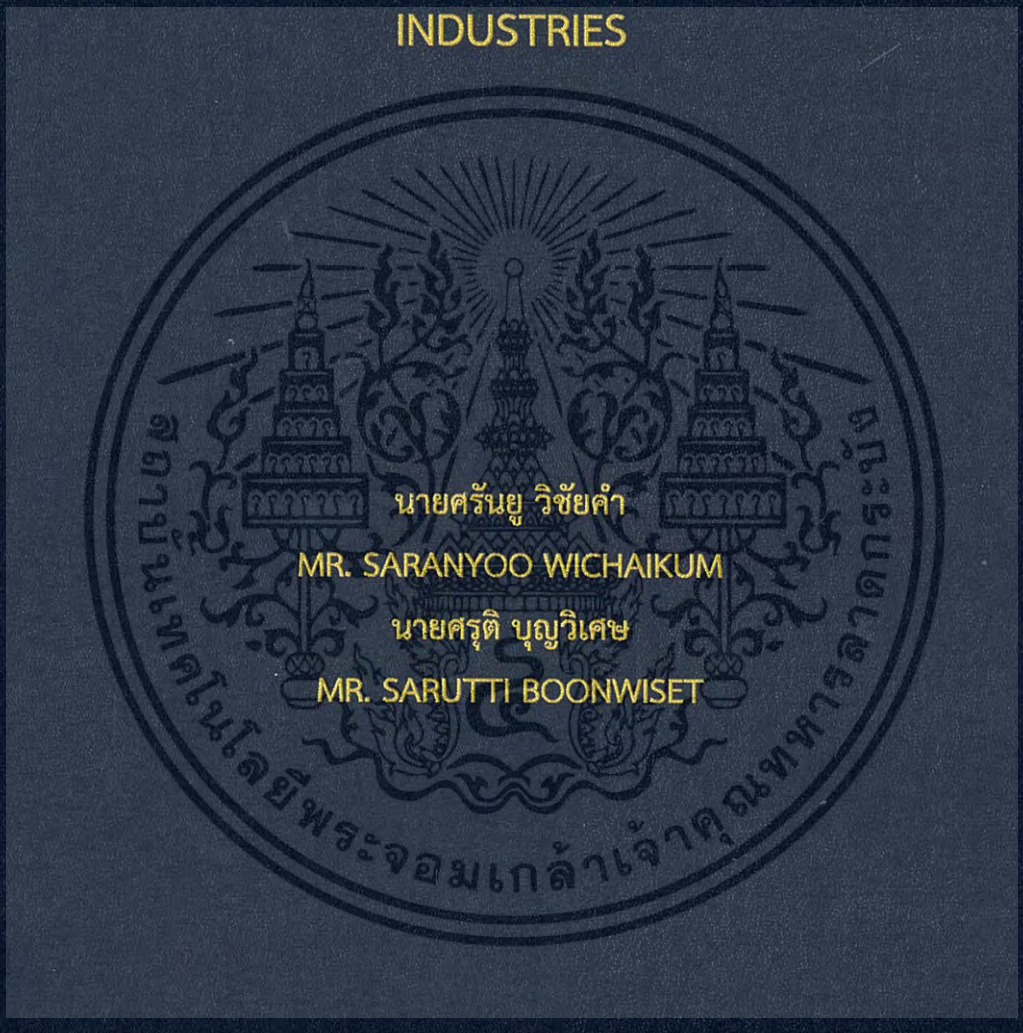
อุปกรณ์วัดแรงสำหรับการวัดช่องยางติดขอบประตูในกระบวนการควบคุมคุณภาพในอุตสาหกรรมยานยนต์

FORCE-SENSOR DEVICE FOR SEAL-GAP MEASUREMENT IN QUALITY CONTROL PROCESS IN AUTOMOTIVE INDUSTRIES



นายศรันยู วิชัยคำ

MR. SARANYOO WICHAIKUM

นายศรุติ บุญวิเศษ

MR. SARUTTI BOONWISET

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2560

อุปกรณ์วัดแรงสำหรับการวัดช่องยางติดขอบประตูในกระบวนการควบคุมคุณภาพในอุตสาหกรรมยานยนต์

FORCE-SENSOR DEVICE FOR SEAL-GAP MEASUREMENT IN QUALITY CONTROL PROCESS IN AUTOMOTIVE INDUSTRIES

นายศรันยู วิชัยคำ
MR. SARANYOO WICHAIKUM
นายศรุติ บุญวิเศษ
MR. SARUTTI BOONWISET

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FORCE-SENSOR DEVICE FOR SEAL-GAP MEASUREMENT IN QUALITY CONTROL PROCESS IN AUTOMOTIVE INDUSTRIES

MR. SARANYOO WICHAIKUM
MR. SARUTTI BOONWISET

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN INDUSTRIAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANKG
ACADEMIC YEAR 2017

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

หัวข้อปริญญานิพนธ์	อุปกรณ์วัดแรงสำหรับการวัดช่องยางติดขอบประตูในกระบวนการควบคุมคุณภาพในอุตสาหกรรมยานยนต์ FORCE-SENSOR DEVICE FOR SEAL-GAP MEASUREMENT IN QUALITY CONTROL PROCESS IN AUTOMOTIVE INDUSTRIES
นักศึกษา	นายศรันยู วิชัยคำ รหัสประจำตัว 57011221 นายศรุติ บุญวิเศษ รหัสประจำตัว 57011226
หลักสูตร	วิศกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์

(ดร.นิรันดร์ พิสุทธอานนท์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	อุปกรณ์วัดแรงสำหรับการวัดช่องยางติดขอบประตูในกระบวนการควบคุมคุณภาพในอุตสาหกรรมยานยนต์
นักศึกษา	นายศรันยู วิชัยคำ นายศรุติ บุญวิเศษ
หลักสูตร	วิศกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา	2560
อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	ดร.นิรันดร์ พิสุทธอานนท์

บทคัดย่อ

ช่องว่างระหว่างตัวรถกับขอบของประตูรถยนต์หรือศัพท์ในอุตสาหกรรมยานยนต์เรียก Seal Gap ซึ่งเป็นช่องว่างที่ใช้สำหรับการติดยางเพื่อใช้ควบคุมการปิดของประตู ซึ่งถือได้ว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญ เนื่องจากความแน่นของยางช่วยป้องกันเสียงของลม ป้องกันน้ำ ป้องกันฝุ่น จากภายนอกเข้าสู่ตัวรถ ปัญหาที่คณะผู้จัดทำได้พบในไลน์ประกอบรถยนต์ที่ ฟอร์ด ไทยแลนด์ แมนูแฟคเจอริ่ง (ประเทศไทย) คือการควบคุมคุณภาพที่ใช้เวลาในการตรวจสอบคุณภาพของระยะห่างระหว่างประตูและตัวรถ นั้นใช้เวลามากในการตรวจสอบ เนื่องจากในกระบวนการตรวจสอบต้องถอดยางที่ขอบประตูออกก่อน แล้วจึงใช้เซ็นเซอร์วัดระยะห่างระหว่างประตูและตัวรถทั้ง 12 ตำแหน่ง (วัดทีละตำแหน่ง) ต่อหนึ่งประตู เมื่อวัดเสร็จจึงใส่ยางกลับเข้าที่เดิม ซึ่งจะเห็นว่ามีความยุ่งยากและใช้เวลานาน ในโครงงานปริญญานิพนธ์นี้มีจุดประสงค์ที่จะลดเวลาในการวัดโดยใช้เซ็นเซอร์วัดแรงกดแทนที่การใช้เซ็นเซอร์วัดระยะแบบเดิม เซ็นเซอร์วัดแรงกดจะวัดแรงกดระหว่างพื้นผิวสัมผัสของยางขอบประตูรถยนต์ที่ติดอยู่กับประตูและตัวรถยนต์ จากนั้นจะแปลงค่าของแรงเป็นระยะห่างระหว่างตัวรถกับขอบประตูรถยนต์ซึ่งเป็นวิธีการวัดที่ตรงจุดมากกว่าการวัดระยะห่างระหว่างประตูกับตัวรถเนื่องจากเป็นการวัดความแน่นขอบยางที่กั้นระหว่างตัวรถกับประตูโดยตรง ประโยชน์ของเครื่องมือนี้คือการวัดระยะห่างระหว่างประตูและตัวรถ โดยไม่จำเป็นต้องถอดยางขอบประตูออก ดังนั้นจึงเป็นไปได้ที่จะสามารถลดเวลาในการตรวจสอบลงได้ แต่อย่างไรก็ตามจากการทดลองพบว่าเซ็นเซอร์วัดแรงกดนั้นยังมีค่าความคลาดเคลื่อนในการวัดที่สูงกว่าเครื่องมือวัดการกระจัดที่ใช้ในอุตสาหกรรมซึ่งคาดว่าสามารถจะปรับปรุงได้โดยการลงทุนใช้เซ็นเซอร์ที่มีความแม่นยำที่มากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Force-Sensor Device for Seal-Gap Measurement in Quality Control Process in Automotive Industries
Student	Mr. Saranyoo Wichaikum Mr. Sarutti Boonwiset
Degree	Bachelor of Engineering in Industrial Engineering King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Academic Year	2017
Thesis Advisor	Dr. Nirand Pisutha-Arnond

ABSTRACT

Seal gap is the space between the vehicle door and the body and maintaining correct values of seal gap is important in the quality control process. At Ford Thailand Manufacturing (FTM), to measure seal gap, the operators need to remove the rubber seals before measuring the seal gap using displacement sensors. Then the operators need to reinstall the rubber seal. The removal and installation of rubber seals make the seal gap measurement time consuming. Therefore, this project aims to reduce seal-gap measurement time by using a force-sensitive sensor instead of a conventional displacement sensor. The pressure sensor measures the pressure between the contact surfaces of the rubber seal and the door. Then the pressure values can be converted to the seal-gap values using a predetermined transfer function. The benefit of this technique is the ability to determine the sealing gap without removing the rubber seal, which has potential for faster seal-gap measurement process. Also, measuring the force from the rubber seal is a better indicator to control wind noise, water and dust leakage. However, the experiments show that the force sensitive sensors tend to be less accurate than the conventional displacement sensors. Nevertheless, improvement to the proposed technique can be made by investing on higher accurate force sensitive sensors.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลือและให้คำแนะนำจากอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ดร.นิรันดร์ พิสุทธอานนท์ ที่คอยชี้แนะแนวทางในการแก้ไขปัญหาข้อบกพร่องทั้งหลายที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินงาน ตลอดจนให้ความรู้และประสบการณ์ที่ดีแก่ผู้จัดทำปริญญานิพนธ์

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในการเอื้อเฟื้ออุปกรณ์และเครื่องมือในการทำวิจัยครั้งนี้ ตลอดจนอำนวยความสะดวกทุกประการ

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณนายกำธร สุขพิมาย นักวิจัยภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ที่คอยให้คำปรึกษาชีแนะชี้นำ แนวทางในการปฏิบัติตลอดการดำเนินงาน ให้แก่ผู้จัดทำปริญญานิพนธ์ ฉบับนี้จนประสบความสำเร็จ

นายศรันยู วิชัยคำ
นายศรุติ บุญวิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ค
สารบัญ ..... ง
สารบัญตาราง ..... ฉ
สารบัญรูปภาพ ..... ช

บทที่ 1 บทนำ
1.1 ที่มาและความสำคัญ 1
1.2 วัตถุประสงค์ 1
1.3 ขอบเขตของการศึกษา 1
1.4 ประโยชน์ที่ได้จากโครงการ 1

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
2.1 ยางขอบประตูรถยนต์ 2
2.2 การควบคุณภาพ 3
2.3 ขั้นตอนการการตรวจสอบคุณภาพของโรงงานฟอร์ดฯ 5
2.4 เซ็นเซอร์ตรวจจับแรงกด 6
2.4.1 ความหมายและหลักการทำงาน 6
2.4.2 ประเภทของเซ็นเซอร์ตรวจจับแรงกดที่เลือกมาทำโครงการ 8
2.5 โปรแกรมสำหรับงานออกแบบ 9
2.6 โปรแกรมประมวลผลการตอบสนองของเซ็นเซอร์ตรวจจับแรงกด 11
2.6.1 นิยามและความหมาย 11
2.6.2 หลักการทำงาน 12

บทที่ 3 การดำเนินงาน
3.1 การวางแผนการดำเนินงาน 13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การศึกษาการทำงานของเซ็นเซอร์ตรวจจับแรงกด 14
3.3 การออกแบบโพรบ 14
3.3.1 การสอบเทียบเซ็นเซอร์ด้วยแรงกดระดับต่าง ๆ 14
3.3.2 โพรบสำหรับการวัดระยะห่างระหว่างระตู 17
3.4 การสร้างและออกแบบเครื่องมือสำหรับยึดประตู 18
3.4.1 การออกแบบเครื่องมือสำหรับยึดประตู 19
3.4.2 การสร้างอุปกรณ์ยึดจับประตู 20
3.5 การหาสมการการถดถอยของจุดสำหรับการวัดระยะห่างประตู 25
3.6 การศึกษาผลของการการตอบสนองเชิงกลของยางต่อโพรบ 27
3.6.1 การสร้างข้อมูลอ้างสำหรับการทดสอบโพรบ 27
3.6.2 การทดสอบโพรบบนประตูรถยนต์โดยอาศัยข้อมูลอ้างอิง 28

บทที่ 4 **ผลการดำเนินงาน**

4.1 การสอบเทียบเซ็นเซอร์ด้วยแรงกดระดับต่าง ๆ 29
4.2 ผลจากการนำโพรบไปวัดระยะห่างระหว่างประตูจำลอง 30
4.3 การวิเคราะห์หาสมการการถดถอยของจุดสำหรับการวัดระยะห่างประตู 31
4.4 การวิเคราะห์การตอบสนองเชิงกลของยางต่อโพรบ 33
4.4.1 วิเคราะห์การสร้างข้อมูลอ้างสำหรับการทดสอบโพรบ 34
4.4.2 วิเคราะห์การทดสอบโพรบบนประตูรถยนต์โดยอาศัยข้อมูลอ้างอิง 35

บทที่ 5 **สรุปผลการดำเนินงาน**

5.1 ผลการตอบสนองของเซ็นเซอร์ต่อแรงกดระดับต่าง ๆ 38
5.2 การตอบสนองเชิงกลของยางต่อโพรบ 38
5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางการปรับปรุงในอนาคต 38

บรรณานุกรม **39**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3.1 แผนการดำเนินงาน 13
ตารางที่ 3.2 หน้าที่แต่ละส่วนของชิ้นงานออกแบบ 20
ตารางที่ 4.1 ผลการสอบเทียบเซ็นเซอร์ด้วยแรงกดระดับต่าง ๆ 29
ตารางที่ 4.2 ผลจากการนำโพรบไปวัดระยะห่างระหว่างประตูจำลอง 30
ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์หาสมการการถดถอยของจุดสำหรับการวัดระยะห่างประตู 31
ตารางที่ 4.4 การตอบสนองเชิงกลของยางต่อโพรบสำหรับทำเป็นข้อมูลอ้างอิง 34
ตารางที่ 4.5 การทดสอบโพรบบนประตูรถยนต์ 36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 ยางขอบประตูรถยนต์ติดประตู 2
รูปที่ 2.2 ลมที่ผ่านตัวรถขณะเคลื่อนอาจทำให้เกิดเสียงรบกวนบริเวณประตูรถได้ 2
รูปที่ 2.3 การถอดยางขอบประตูรถออกเพื่อทำการวัดระยะห่างระหว่างประตู 5
รูปที่ 2.4 จุดวัดระยะห่างระหว่างประตูตามมาตรฐานของโรงงานฟอร์ดฯ 5
รูปที่ 2.5 การวัดระยะห่างระหว่างประตูด้วย Displacement Sensor 6
รูปที่ 2.6 การใส่ยางขอบประตูรถยนต์เข้าที่เดิมหลังวัดเสร็จ 6
รูปที่ 2.7 กราฟ Resistance vs Force ของเซ็นเซอร์ตรวจจับแรงกด 7
รูปที่ 2.8 ส่วนประกอบของเซ็นเซอร์ตรวจจับแรงกด 7
รูปที่ 2.9 เซ็นเซอร์ตรวจจับแรงกดจากบริษัท Interlink Electronic และ Tekscan 8
รูปที่ 2.10 ความแตกต่างของเซ็นเซอร์ตรวจจับแรงกดระหว่างบริษัท Interlink และ Tekscan 8
รูปที่ 2.11 การขึ้นรูปพื้นผิวของโปรแกรมออกแบบชิ้นงาน 9
รูปที่ 2.12 การขึ้นรูปทรงตันของโปรแกรมออกแบบชิ้นงาน 10
รูปที่ 2.13 การแสดงผลชิ้นงานออกแบบในลักษณะโครงตาข่าย 10
รูปที่ 2.14 สัญลักษณ์ของโปรแกรม MATLAB 11
รูปที่ 2.15 การตอบสนองเชิงกราฟฟิกของ MATLAB 11
รูปที่ 3.1 การติดแผ่นอะคริลิคบนเซ็นเซอร์ตรวจจับแรงกด 15
รูปที่ 3.2 การติดตั้งเซ็นเซอร์เข้ากับอุปกรณ์ต่าง ๆ 15
รูปที่ 3.3 การสอบเทียบเซ็นเซอร์ด้วยตุ้มน้ำหนัก 16
รูปที่ 3.4 โพรบที่ออกแบบ 17
รูปที่ 3.5 โพรบที่ทำขึ้นจริง 17
รูปที่ 3.6 การนำโพรบใส่ที่ระหว่างประตูกับตัวรถ 18
รูปที่ 3.7 ชิ้นงานตัวอย่างที่ได้รับจากโรงงาน ฟอร์ดฯ 19
รูปที่ 3.8 ไฟล์ CAD ของรถกระบะรุ่น Ford Ranger XL 19
รูปที่ 3.9 ระบบสำหรับการกดของประตูที่ออกแบบขึ้นใหม่ 19
รูปที่ 3.10 ขั้นตอนการสร้างโครงเหล็ก 20
รูปที่ 3.11 โครงเหล็กที่ออกแบบเปรียบกับการสร้างจริง 21
รูปที่ 3.12 โครงเหล็กหลังติดกับฐานแผ่นไม้ 21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.13 ประตูที่ถูกเชื่อมติดบนแผ่นเหล็ก 22
รูปที่ 3.14 ตำแหน่งของเสาที่ได้ออกแบบไว้ 22
รูปที่ 3.15 การยึดเสาเหล็กติดกับฐานเหล็กด้วยนอต 22
รูปที่ 3.16 เครื่องกดประตูที่ได้ออกแบบไว้ 23
รูปที่ 3.17 ชิ้นส่วนเครื่องกดประตูที่ตัดด้วย CNC Plasma Machine 23
รูปที่ 3.18 การนำตัวเครื่องกดประตูที่ผ่านการเชื่อมมาเจียรตกแต่ง 24
รูปที่ 3.19 แท่งเหล็กสำหรับกดประตูหลังผ่านการเจียร 24
รูปที่ 3.20 การติดตั้ง Clamp บนแผ่นเหล็ก 25
รูปที่ 3.21 ภาพรวมเครื่องมือสำหรับยึดประตูที่ทำขึ้นจริง 25
รูปที่ 3.22 จุดใส่เซ็นเซอร์และจุดอ้างอิงระยะห่างระหว่างประตู 26
รูปที่ 3.23 การวัดช่องว่างที่จุดใส่โพรบและจัดอ้างอิง 26
รูปที่ 3.24 การสร้างข้อมูลอ้างสำหรับการทดสอบโพรบ 27
รูปที่ 3.25 การทดสอบโพรบบนประตูรถยนต์โดยอาศัยข้อมูลอ้างอิง 28
รูปที่ 4.1 กราฟ Force (N) vs Sensor Reading ของผลการสอบเทียบเซ็นเซอร์ 30
รูปที่ 4.2 กราฟ Seal Gap (cm) vs Sensor Reading ของผลการใช้โพรบวัดที่ประตู 31
รูปที่ 4.3 กราฟผลการวิเคราะห์หาสมการการถดถอยของจุดอ้างอิงและจุดสำหรับใส่โพรบ 33
รูปที่ 4.4 การวิเคราะห์การตอบสนองเชิงกลของยางเพื่อการสร้างข้อมูลอ้างอิง 35
รูปที่ 4.5 ค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์การตอบสนองเชิงกลของยางเพื่อการสร้างข้อมูลอ้างอิง 35
รูปที่ 4.6 กราฟ Measured Seal Gap (cm) vs Predicted Seal Gap (cm) 36
รูปที่ 4.7 การเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยที่วัดได้กับค่าของการวัดแบบอุดมคติ 37
รูปที่ 4.8 กราฟ Measured Seal Gap (cm) vs % Error ของการวัดระยะห่างประตูด้วยโพรบ 37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ในปัจจุบันโรงงานฟอร์ด ไทยแลนด์ แมนูแฟคเจอริ่ง (FTM) มีกระบวนการตรวจสอบคุณภาพที่สำคัญ ที่เกี่ยวข้องกับการวัดความแน่นของประตูก่อนปล่อยสู่มือลูกค้า โดยมีจุดประสงค์เพื่อทำให้แน่ใจว่ารถยนต์แต่ละคันมีความสามารถในการป้องกันน้ำ อากาศ และเสียงรบกวนจากสภาพแวดล้อมภายนอกเข้าสู่ตัวรถได้ เมื่อผู้จัดทำได้เข้าไปสำรวจ ณ โรงงานฟอร์ด ไทยแลนด์ แมนูแฟคเจอริ่ง ได้พบว่าในกระบวนการตรวจสอบความแน่นของประตูนั้นมีปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการใช้เวลาในการตรวจสอบมากเกินไป เนื่องจากกระบวนการตรวจสอบระยะห่างระหว่างประตูแบบดั้งเดิมนั้นจำเป็นต้องถอดยางขอบประตูก่อนใส่อุปกรณ์ไประหว่างประตูกับตัวรถ จึงทำให้สุ่มรถยนต์มาตรวจสอบคุณภาพได้น้อยได้ในแต่ละปี คณะผู้จัดทำจึงเล็งเห็นว่าการหาวิธีในการตรวจสอบความแน่นของประตูที่เร็วขึ้นจะทำให้สามารถเพิ่มจำนวนรถที่ถูกสุ่มสำหรับการตรวจสอบคุณภาพได้มากขึ้น อีกทั้งยังช่วยเพิ่มความน่าเชื่อถือเรื่องความแน่นของประตูได้

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อออกแบบโพรบโดยใช้เซ็นเซอร์ตรวจจับแรงกด
2. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้โพรบที่ออกแบบขึ้นมาวัดระยะห่างระหว่างประตูกับตัวรถ

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1. ทำการทดลองกับประตูหน้าด้านขวาของรถ Ford Ranger XL
2. พิจารณาจุดสำหรับวัดระยะห่างระหว่างประตู 1 จุด
3. ใช้เซ็นเซอร์ตรวจจับแรงกด 1 ชนิด
4. พิจารณาระยะห่างระหว่างประตูในระยะ 9.5 mm ถึง 14.5 mm

1.4 ประโยชน์ที่ได้จากโครงการ

1. ได้รับความรู้เกี่ยวกับการสร้างเครื่องมือสำหรับการวัดระยะห่างระหว่างประตู
2. มีเครื่องมือวัดที่ดีกว่า ในการลดเวลาในการวัดระยะห่างระหว่างประตู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ยางขอบประตูรถยนต์ (Automobile Rubber Seal Strip)

ยางขอบประตูรถยนต์ คือ ยางสำหรับใช้ป้องกันเสียงของลม (Wind Noise) ขณะรถกำลังเคลื่อนที่ ช่วยป้องกันน้ำหรือของเหลวไหลเข้าตัวรถ อีกทั้งยังช่วยกักเก็บความเย็นจากเครื่องปรับอากาศภายในตัวรถดังรูปที่ 2.1

รูปที่ 2.1 ยางขอบประตูรถยนต์ติดประตู (bimmerforums.com, 2013)

รูปที่ 2.2 ลมที่ผ่านตัวรถขณะเคลื่อนอาจทำให้เกิดเสียงรบกวนบริเวณประตูรถได้ (project7.ir, 2010)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยางขอบประตูรถยนต์ถูกใช้อย่างกว้างขวางในรถยนต์โดยติดบริเวนขอบประตู และตัวรถที่มีจุดสัมผัสกับขอบประตู เป็นอุปกรณ์ตกแตงภายในทำหน้าที่ป้องกันภายในตัวรถจากสภาพแวดล้อมภายนอก เช่น ลม ฝน ควัน อากาศที่ร้อนหรือเย็น เป็นต้น

รถยนต์มักเกิดการสั่นสะเทือนอยู่เสมอทำให้สิ่งแวดล้อมภายนอกสามารถไหลเข้าภายในรถได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมียางขอบประตูรถยนต์ใส่บริเวณช่องว่างระหว่างประตูกับตัวรถ (Seal Gap) เพื่อป้องกัน นอกจากนี้ยางขอบประตูรถยนต์สามารถช่วยลดเสียงจากการสั่นของตัวรถ และเสียงรบกวนจากภายนอกได้อีกด้วย

2.2 การควบคุณภาพ (Quality Control)

QC (Quality Control) หมายถึง การควบคุมคุณภาพสินค้าให้เป็นไปตามคุณสมบัติที่กำหนดไว้ และสามารถสร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้าสูงสุด ด้วยกระบวนการ Inspection คือกระบวนการการตรวจสอบตำหนิและจุดบกพร่องของผลิตภัณฑ์ เพื่อที่จะทำการส่งกลับไปแก้ไขหรือคัดทิ้ง จากนั้นจึงทำการบันทึกและเก็บสถิติของลักษณะรวมทั้งจำนวนผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่เกิดการบกพร่อง สำหรับนำไปวิเคราะห์สาเหตุปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น แล้วจึงทำการแก้ไขปรับปรุงเพื่อให้ผู้ผลิตสามารถทำการผลิตสินค้าที่มีคุณภาพใกล้เคียงกับคุณสมบัติที่ตั้งไว้มากที่สุดต่อไป

การควบคุม (Control) หมายถึง การบังคับให้กิจกรรมต่าง ๆ สามารถดำเนินการได้ตามกระบวนการที่วางไว้ เพื่อให้บรรลุเป้าหมายการผลิตที่มีคุณภาพและมีประสิทธิภาพสูงสุด

คุณภาพ (Quality) หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ถูกผลิตให้มีความเหมาะสมกับการใช้งาน (Fineness for Use) มีการออกแบบที่ดี (Quality of Design) และมีการผลิตที่ได้มาตรฐาน โดยลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ได้ต้องมีความมั่นคงคงทน มีรูปร่างสวยงาม สามารถใช้ได้ดี และไม่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้งาน

เมื่อ “การควบคุม” และ “คุณภาพ” ถูกนำมารวมกันจะได้คำว่า การควบคุมคุณภาพ (quality control) ที่เป็นการจัดกิจกรรมต่าง ๆ ได้แก่ การคัดเลือกวัตถุดิบ กระบวนการออกแบบ กระบวนการผลิต หรือการตรวจสอบและทดสอบผลผลิต เพื่อสร้างคุณภาพและป้องกันการเกิดตำหนิแก่ผลิตภัณฑ์

คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ ได้แก่

- สามารถปฏิบัติงานได้ (Performance) คือ ผลิตภัณฑ์มีความสามารถในการใช้งานได้ตามหน้าที่ที่ได้ถูกกำหนดไว้
- มีความสวยงาม (Aesthetics) คือ สินค้าสามารถดึงดูดใจลูกค้าได้ในทุก ๆ ด้าน ได้แก่ กลิ่น รสชาติ รูปร่าง ผิวสัมผัส สีสัน เป็นต้น
- มีคุณสมบัติพิเศษ (Special Features) คือ ผลิตภัณฑ์ควรมีความโดดเด่นรวมทั้งมีคุณสมบัติพิเศษแตกต่างจากสินค้าชนิดอื่น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- มีความสอดคล้อง (Conformance) คือ ราคาและคุณภาพของผลิตภัณฑ์มีความเหมาะสมกัน
- มีความปลอดภัย (Safety) คือ มีความเสี่ยงอันตรายในการใช้ผลิตภัณฑ์ต่อผู้ใช้งานน้อยที่สุด
- สามารถเชื่อถือได้ (Reliability) คือ ผลิตภัณฑ์ควรใช้งานได้อย่างสม่ำเสมอ
- ความคงทน (Durability) คือ ระยะเวลาหรืออายุการใช้งานผลิตภัณฑ์ที่ยาวนานในระดับหนึ่ง
- คุณค่าที่รับรู้ (Perceived Quality) คือ ผลิตภัณฑ์มีภาพลักษณ์ที่ดี และสามารถสร้างความประทับใจ แก่ผู้บริโภคได้
- มีบริการหลังการขาย (Service After Sale) คือ ธุรกิจมีบริการหลังการขายที่ดีและต่อเนื่องแก่ผู้บริโภค ในการคงคุณสมบัติและการทำงานของผลิตภัณฑ์ให้มีความสมบูรณ์และมีคุณภาพ รวมไปถึงมีการรับฟังความคิดเห็นของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์

ถึงแม้ว่าคุณภาพที่ดีของผลิตภัณฑ์จะเป็นสิ่งที่จำเป็นทั้งต่อผู้ผลิตและผู้บริโภค แต่เนื่องจากวัตถุประสงค์ของผู้ผลิตในการดำเนินธุรกิจ มีความแตกต่างกับวัตถุประสงค์การใช้ผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค ในสายตาของผู้ผลิตและผู้ใช้งานผลิตภัณฑ์จึงมีมุมมองเกี่ยวกับคุณภาพของสินค้าแตกต่างกัน ซึ่งทัศนะของผู้ผลิตกับลูกค้าสำหรับด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์สามารถสรุปได้ ดังนี้

ความหมายของคุณภาพที่ดีสำหรับลูกค้า

- ผลิตภัณฑ์มีความสามารถในการใช้งานตาม คุณสมบัติที่ระบุไว้ได้อย่างดี
- ผลิตภัณฑ์ที่ได้มามีคุณภาพและราคาที่เหมาะสม คุ้มค่าต่อการบริโภคของลูกค้า
- ผลิตภัณฑ์ไม่มีอันตรายต่อผู้ใช้และต่อสิ่งแวดล้อม รวมทั้งผู้ใช้สามารถใช้งานผลิตภัณฑ์ได้ตามที่ต้องการ
- ผลิตภัณฑ์มีบริการหลังการขายจากผู้ผลิต สำหรับอำนวยความสะดวกแก่ลูกค้า รวมทั้งสำหรับรักษาสภาพสินค้าให้สมบูรณ์ตลอดช่วงระยะเวลาในการใช้งาน
- ผลิตภัณฑ์สามารถสร้างความประทับใจ รวมไปถึงความภาคภูมิใจต่อผู้ใช้ผลิตภัณฑ์ได้

ความหมายของคุณภาพที่ดีสำหรับผู้ผลิต

- มีกระบวนการการผลิตที่ถูกต้อง ตั้งแต่ขั้นแรกจนถึงสิ้นสุดการผลิต
- มีกระบวนการการผลิตที่ใช้แนวคิด zero defects คือการผลิตที่ไม่เกิดของเสียขึ้น หรือมีระดับการเกิดของเสียไม่เกินเกณฑ์มาตรฐาน
- มีกระบวนการการผลิตที่ไม่เบี่ยงเบนจากมาตรฐานที่กำหนดไว้ และสามารถทำการผลิตได้อย่างถูกต้องตามตัวแปรที่ต้องการ
- มีความเหมาะสมในด้านระดับต้นทุนการผลิต ทำให้ลูกค้าสามารถซื้อสินค้าได้ในราคาที่เหมาะสมและยอมรับได้ (บริษัท ไชยเจริญเทค จำกัด, 2017)

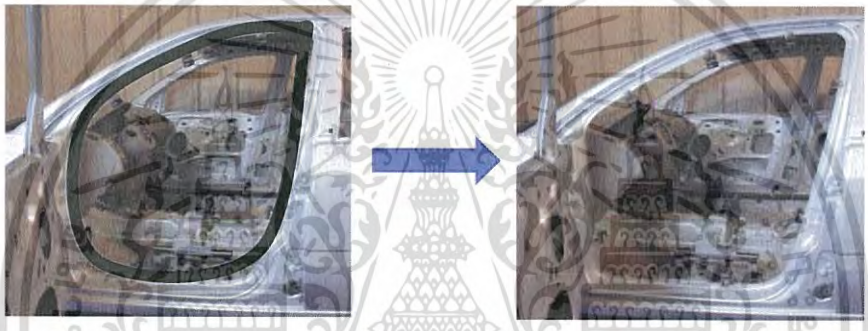
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยสรุปแล้วการควบคุมคุณภาพจึงหมายถึง กิจกรรมหรือกระบวนการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นเพื่อให้ผู้ผลิตสามารถทำการผลิตสินค้าออกมาได้อย่างมีคุณภาพและเหมาะสมกับราคา มีความเรียบร้อย ประณีต สวยงาม และสามารถนำไปใช้งานได้อย่างดี

2.3 ขั้นตอนการการตรวจสอบคุณภาพของโรงงานฟอร์ดฯ

ในการตรวจสอบระยะห่างระหว่างประตูกับตัวรถในปัจจุบันของ ฟอร์ดฯ มีขั้นตอนในการตรวจสอบ 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. ถอดยางขอบประตูรถยนต์ออกจากประตูก่อนทำการวัดระยะห่างระหว่างประตูกับตัวรถ ซึ่งใช้เวลาในการถอดยาง 0.5 นาที ต่อประตู



รูปที่ 2.3 การถอดยางขอบประตูรถออกเพื่อทำการวัดระยะห่างระหว่างประตู

2. ทำการวัดค่าระยะห่างระหว่างประตูกับตัวรถ ทั้ง 12 ตำแหน่ง วัดทีละจุดตามลำดับ ดังรูปที่ 2.4 ด้วยเครื่อง Displacement Sensor (0.3 %Error) ใช้เวลาการวัด 3 นาที ต่อ ประตู ดังรูปที่ 2.5

รูปที่ 2.4 จุดวัดระยะห่างระหว่างประตูตามมาตรฐานของโรงงานฟอร์ดฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.5 การวัดระยะห่างระหว่างประตูด้วย Displacement Sensor (mantracout.com, 2017)

3. ใส่ยางขอบประตูรถยนต์กลับที่เดิมเพื่อนำไปตรวจสอบคุณภาพยังที่แผนกถัดไป ใช้เวลา 1.5 นาที ต่อประตู

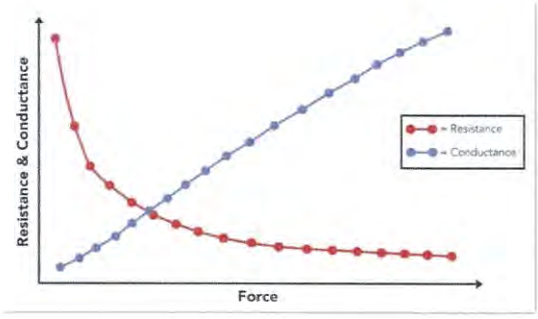
รูปที่ 2.6 การใส่ยางขอบประตูรถยนต์เข้าที่เดิมหลังวัดเสร็จ (lmicorporation.com, 2018)

2.4 เซ็นเซอร์ตรวจจับแรงกด (Force-Sensitive Resistor : FSR)

2.4.1 ความหมายและหลักการทำงาน

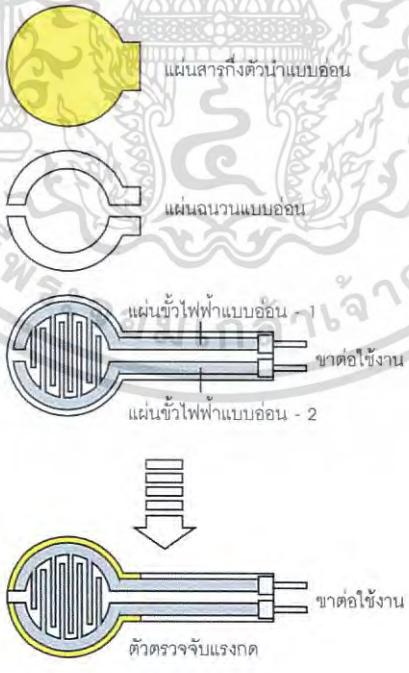
Force Sensor หรือ Force-Sensing Resistor (FSR) เป็นเซ็นเซอร์ที่มีไว้สำรับวัดค่าแรงกด เหมาะกับงานที่ใช้แรงกระทำน้อย ๆ เช่น แป้นกด โดนที่ Force Sensing Resistor ทำขึ้นจาก โพลีเมอร์ที่นำไฟฟ้าได้ ซึ่งทำหน้าที่คล้ายตัวต้านทานที่เปลี่ยนค่าได้ โดยค่าของความต้านทานจะเปลี่ยนค่าตามแรงกด หรือแรงที่เกิดจากการงอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 กราฟ Resistance vs Force ของเซ็นเซอร์ตรวจจับแรงกด (medicaldesignbriefs.com)

จากรูปที่ 2.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง แรงกด (Force) ความต้านทาน (Resistance) และการนำไฟฟ้า (Conductivity) จะสังเกตเห็นว่าเมื่อมีแรงกดมากขึ้นค่าความต้านทานจะยิ่งมีค่าน้อยทำให้การนำไฟฟ้าได้ดีขึ้น เมื่อมีแรงกดมากระทำบนแผ่นตรวจจับ มีโครงสร้างของเซ็นเซอร์ตรวจจับแรงกดแสดงดังรูปที่ 2.8 ประกอบด้วยแผ่นสารกึ่งตัวนำแบบอ่อนที่เป็นตัวกำหนดค่าความต้านทานไฟฟ้าประกบเข้ากับแผ่นขั้วไฟฟ้าแบบอ่อน โดยมีแผ่นฉนวนแบบอ่อนคั่นกลาง ทำให้เกิดค่าความต้านทานไฟฟ้าขึ้นระหว่างขาต่อใช้งาน เมื่อมีการกดลงบนแผ่นขั้วนำไฟฟ้าจะทำให้เกิดการสัมผัสระหว่างสารกึ่งตัวนำกับขั้วไฟฟ้า ส่งผลให้ค่าความต้านทานไฟฟ้าเกิดการเปลี่ยนแปลง (Jaiyen, 2014)



รูปที่ 2.8 ส่วนประกอบของเซ็นเซอร์ตรวจจับแรงกด (doc.inex.co.th)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 ประเภทของเซ็นเซอร์ตรวจจับแรงกดที่เลือกมาทำโครงการ

เซ็นเซอร์ตรวจจับแรงกดที่คณะผู้จัดทำได้เลือกมาเพื่อใช้ในการสร้างเครื่องมือวัดระยะห่างระหว่างประตูกับตัวรถนั้นมากจากบริษัท Interlink Electronics และ Tekscan ดังรูปที่ 2.9 โดยความแตกต่างของเซ็นเซอร์ตรวจจับแรงกดของทั้งสองบริษัทแสดงดังรูปที่ 2.10

รูปที่ 2.9 เซ็นเซอร์ตรวจจับแรงกดจากบริษัท Interlink Electronic และ Tekscan

FSR Sensor	Interlink	Tekscan
Low noise	✓	✗
Robustness	✓	✗
Response (linearity)	✗	✓
Dynamic accuracy	✗	✓
Low cost	✓	✓
Calibration standard provided	✗	✗

Both sensors need to be manually calibrated.

รูปที่ 2.10 ความแตกต่างของเซ็นเซอร์ตรวจจับแรงกดระหว่างบริษัท Interlink และ Tekscan

จากรูปที่ 2.10 จะเห็นได้ว่าเซ็นเซอร์ของบริษัท Interlink นั้นมีจุดเด่นที่มีสัญญาณรบกวนน้อยและมีความทนทานต่อการใช้งาน ส่วนบริษัท Tekscan นั้นมีจุดเด่นในด้านการสอบสนองเชิงเส้น และมีความสามารถในการตรวจจับแรงจากการสั่นสะเทือน ทั้งนี้เซ็นเซอร์ของทั้งสองบริษัทนั้นถือว่ามีราคาถูกถ้าเทียบกับเซ็นเซอร์รับแรงกดส่วนใหญ่ในตลาด แต่ข้อเสียของเซ็นเซอร์ทั้งสองบริษัทที่เหมือนกันคือไม่ถูกสอบเทียบเซ็นเซอร์ในกระบวนการผลิต ซึ่งส่งผลให้เซ็นเซอร์ตรวจจับแรงกดแต่ละตัวตอบสนองต่างกันแม้ว่าแรงกดจะเท่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งนี้คณะผู้จัดทำได้เห็นตรงกันว่าเซ็นเซอร์ของบริษัท Interlink มีความเหมาะสมในการสร้างเครื่องมือวัดระยะห่างระหว่างประตูกับตัวรถมากกว่าเพราะมีสัญญาณรบกวนน้อย และทนต่อการถูกกดโดยประตูรถยนต์มากกว่าเซ็นเซอร์ของบริษัท Tekscan

2.5 โปรแกรมสำหรับงานออกแบบ

CAD ย่อมาจากคำว่า Computer Aided Design ซึ่งก็คือ คอมพิวเตอร์ โดยมีความสามารถในการช่วยออกแบบ ถือเป็นเทคโนโลยีของการนำคอมพิวเตอร์มาช่วยออกแบบในการสร้างชิ้นส่วนหรือ Part ด้วยแบบจำลองทางเลขาคณิต (Geometry) ชิ้นส่วนที่ถูกสร้างขึ้นนี้จะเรียกว่าแบบจำลองหรือ Model และแบบจำลองที่สร้างขึ้นนี้ ก็สามารถแสดงเป็นแบบ Drawing หรือไฟล์ข้อมูล CAD

การใช้ประโยชน์ของ CAD Software

- ใช้สร้างแบบจำลองหรือ model ขึ้นตามแบบที่ต้องการ
- วิเคราะห์ ประเมินและแก้ไขข้อมูล CAD ของ Part ที่ได้ออกแบบไว้ เพื่อให้สามารถผลิตได้จริงในการผลิตและมีฟังก์ชันการทำงานตามจุดประสงค์ของ Part นั้น ๆ
- ใช้เป็นข้อมูลในการผลิต Jig, Fixture และเครื่องมือผลิตอื่น ๆ สำหรับใช้ในขั้นตอนการผลิต

การใช้ CAD ของรูปร่าง Part ต่าง ๆ สามารถทำได้ 3 แบบ คือ ปริมาณตัน (Solid modeling) พื้นผิว (Surface modeling) และโครงลวด (Wire frame modeling) ซึ่งแต่ละแบบนั้นก็เหมาะสมกับงานที่แตกต่างกันไป

1. Surface Modeling

การแสดงผลในรูปแบบนี้ เหมือนกับการนำผืนผ้าสี่เหลี่ยมซึ่งถือว่าเป็น 1 ผิวหน้า (face) มาเย็บต่อกัน จะได้ออกมาเป็นพื้นผิว (surface) บาง คล้ายกับเปลือกนอก การเก็บข้อมูลในลักษณะนี้จะเก็บข้อมูล เส้นขอบ พิกัดของจุด และข้อมูลขอบผิวที่ติดกันดังรูปที่ 2.11

รูปที่ 2.11 การขึ้นรูปพื้นผิวของโปรแกรมออกแบบชิ้นงาน (cadeasy.wordpress.com, 2011)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

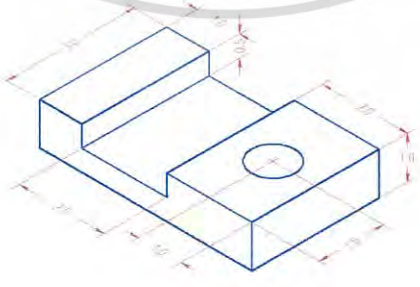
2. Solid Modeling

เป็นการจำลองข้อมูล 3 มิติ โดยจะถูกเก็บข้อมูลในลักษณะของ ลำดับการนำรูปทรงตันพื้นฐาน (Solid Primitives) เช่น ก้อนลูกบาศก์, ลูกกลม, ทรงกระบอก, ลิ่ม และปิรามิด มาสร้างสัมพันธ์กันด้วย Boolean Operator เช่น Union (รวมกัน) , Subtract (ลบออก) , Intersection (เฉพาะส่วนที่ซ้อนทับกัน) และ Difference (เฉพาะส่วนที่ไม่ทับซ้อนกัน) ทั้งนี้ก็เพื่อให้ได้รูปทรงตามแบบที่ต้องการ ซึ่งรูปทรงที่ใช้การสร้างโดยวิธีนี้จะมีความถูกต้องสูง เพราะการใช้วิธีทำ Boolean Operation เท่านั้น เป็นวิธีที่ธรรมดาและมีโครงสร้างของข้อมูลที่ไม่ซับซ้อนดังรูปที่ 2.12

รูปที่ 2.12 การขึ้นรูปทรงตันของโปรแกรมออกแบบชิ้นงาน (cati.com, 2013)

3. Wire Flame Modeling

การแสดงผลของข้อมูลแบบนี้มักจะพบในซอฟแวร์รุ่นเก่า ซึ่งจะมีการเก็บข้อมูลของแบบจำลองเฉพาะเส้นขอบ (ทั้งเส้นตรงและเส้นโค้ง) และพิกัดของจุด การแสดงผลแบบนี้มีข้อดีคือ แสดงผลได้อย่างรวดเร็ว แต่ภาพที่ได้จะดูค่อนข้างยาก ว่าแสดงผลอยู่ในมุมมองใดดังรูปที่ 2.13 (บริษัท ไชยเจริญเทค จำกัด , n.d.)



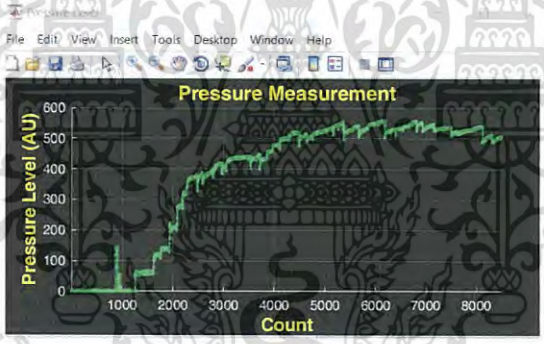
รูปที่ 2.13 การแสดงผลชิ้นงานออกแบบในลักษณะโครงตาข่าย (mycadsite.com, 2017)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 โปรแกรมประมวลผลการตอบสนองของเซ็นเซอร์ตรวจจับแรงกด

สำหรับการแสดงการตอบสนองของเซ็นเซอร์ตรวจวัดแรงกด คณะผู้จัดทำได้เลือกโปรแกรม MATLAB เพื่อคำนวณการตอบสนองของเซ็นเซอร์ที่หลังจากผ่านประมวลผลโดย Arduino โดยการแปลงเป็นค่าที่คอมพิวเตอร์อ่านได้ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่างตัวเลข 0 ถึง 1023 อีกทั้งยังแสดงผลเชิงกราฟฟิกในรูปของกราฟดังรูปที่ 2.15 เพื่อความง่ายต่อการสังเกตและตรวจความผิดปกติที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการทดลอง

รูปที่ 2.14 สัญลักษณ์ของโปรแกรม MATLAB (vicomscience.blogspot.com, 2009)



รูปที่ 2.15 การตอบสนองเชิงกราฟฟิกของ MATLAB

2.6.1 นิยามและความหมาย

MATLAB เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ระดับสูง ชื่อของโปรแกรม “MATLAB” ยอมาจากคำเต็มวา Matrix Laboratory และเป็นเครื่องหมายการค้าของบริษัท MathWorks ซึ่งการทำงานภายในโปรแกรม Matlab อยู่บนพื้นฐานของการคำนวณทางเมตริกซ (Matrix Manipulation and Computation) เป็นแกนหลักที่มาพร้อมด้วยสภาพแวดล้อมการทำงานเชิงโต้ตอบ ซึ่งสามารถคำนวณคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อนได้อย่างรวดเร็วมากกว่า โดยส่วยใหญ่จะมีจุดประสงค์เพื่อใช้สำหรับคำนวณเชิงตัวเลข (Numerical Computing) แสดงผลกราฟฟิก และเขียนแอพพลิเคชั่น ทำให้เราสามารถคำนวณผลลัพธ์ พัฒนาอัลกอริทึม สร้างแบบจำลอง และแอพพลิเคชั่นได้ง่ายและรวดเร็วมาก ภายในตัว MATLAB ประกอบด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาษาคอมพิวเตอร์ กลุ่มฟังก์ชันสำเร็จรูปในแต่ละสาขาวิชา และฟังก์ชันพื้นฐานจำนวนมาก ทำให้การวิเคราะห์ทำได้หลากหลายวิธี พร้อมกับคำตอบที่รวดเร็ว

เราสามารถนำ MATLAB ไปประยุกต์ใช้งานได้หลายสาขา ทั้ง การประมวลผลสัญญาณ (Signal Processing) การสื่อสาร (Communication) การประมวลผลภาพและวิดีโอ (Image and Video Processing) ระบบควบคุม (Control System) การวัดและควบคุม (Instruments and Control) การคำนวณทางเศรษฐศาสตร์ (Economic) การคำนวณทางชีววิทยา และอื่น ๆ

2.6.2 หลักการทำงาน

MATLAB สามารถทำงานได้ทั้งในลักษณะของการติดต่อโดยตรง คือการเขียนคำสั่งเข้าไปทีละคำสั่ง เพื่อให้ MATLAB ประมวลผลไปเรื่อย ๆ หรือสามารถที่จะรวบรวมชุดคำสั่งเรานั้นเป็นโปรแกรมก็ได้ ข้อสำคัญอย่างหนึ่งของ MATLAB ก็คือข้อมูลทุกตัวจะถูกเก็บในลักษณะของแถวลำดับ ในแต่ละตัวแปรจะได้รับการแบ่งเป็นส่วนย่อยเล็ก ๆ ขึ้น ซึ่งการใช้ตัวแปรเป็นแถวลำดับ ใน MATLAB เราไม่จำเป็นที่จะต้องจองมิติเหมือนกับการเขียนโปรแกรมในภาษาขั้นต่ำทั่วไป ซึ่งทำให้เราสามารถที่จะแก้ปัญหาของตัวแปรที่อยู่ในลักษณะของเมทริกซ์และเวกเตอร์ได้โดยง่าย ซึ่งทำให้เราลดเวลาการทำงานลงได้อย่างมากเมื่อเทียบกับการเขียนโปรแกรมโดยภาษาซีหรือภาษาฟอร์แทรน

ความสามารถหลักของ MATLAB ที่เหมาะสมกับการทำงานทางด้านวิศวกรรม

1. MATLAB เป็นโปรแกรมเพื่อการคำนวณและแสดงผลได้ทั้งตัวเลขและรูปภาพซึ่งมีประสิทธิภาพสูง

2. MATLAB จะควบคุมการทำงานด้วยชุดคำสั่งและยังสามารถรวบรวมชุดคำสั่งเป็นโปรแกรมได้

3. MATLAB ผู้ใช้ยังสามารถเขียนฟังก์ชันขึ้นมาใหม่โดยสามารถใช้ประโยชน์จากฟังก์ชันที่มีอยู่แล้วเพื่อให้เหมาะสมกับงานของผู้ใช้แต่ละกลุ่ม

4. ลักษณะการเขียนโปรแกรมใน MATLAB จะใกล้เคียงการเขียนสมการทางคณิตศาสตร์ย จึงง่ายกว่าการเขียนโปรแกรมโดยใช้ภาษาชั้นสูงเช่น C, FORTRAN หรืออื่น ๆ

5. MATLAB มีความสามารถในการเขียนกราฟและรูปภาพทั้ง 2 มิติและ 3 มิติได้อย่างมีประสิทธิภาพ

6. MATLAB สามารถทำ Dynamic Link กับโปรแกรมอื่น ๆ ได้ไม่ว่าจะเป็น Word, Excel หรืออื่น ๆ ที่ร่วมทำงานอยู่บน Windows

7. MATLAB มี Toolbox หรือชุดฟังก์ชันพิเศษสำหรับผู้ใช้ที่ต้องการใช้งานเฉพาะทางหรืองานด้านวิศวกรรมขั้นสูงอื่น ๆ (Handyman, 2017)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การดำเนินงาน

3.1 การวางแผนการดำเนินงาน

สำหรับขั้นตอนในออกแบบและการดำเนินงานของปริญญานิพนธ์เรื่อง อุปกรณ์วัดแรงสำหรับการวัดช่องยางติดขอบประตูในกระบวนการควบคุมคุณภาพในอุตสาหกรรมยานยนต์นี้ ได้ออกแบบแผนการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอนดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แผนการดำเนินงาน

รายการ	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.
1.ประชุมเพื่อกำหนดหัวข้อและขอบเขตของโครงการ	↔								
2.ศึกษาเนื้อหาและทฤษฎีเบื้องต้น	↔	↔							
3.เก็บข้อมูล		↔	↔						
4.ออกแบบเครื่องมือวัดเครื่องกดประตูโดย Solidworks, CAD		↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔
5.ทดสอบ sensor วัดแรงกด		↔	↔	↔					
6.สร้างแบบจำลอง					↔	↔	↔	↔	
7.ทดลองกับตัวต้นแบบ						↔	↔	↔	
8.รวบรวมเนื้อหาและทฤษฎีทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์								↔	↔

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การศึกษาการทำงานของเซ็นเซอร์ตรวจจับแรงกด

ในขั้นต้นคณะผู้จัดทำได้ทำการศึกษาค้นคว้าการทำงานของเซ็นเซอร์ตรวจจับแรงกดเพื่อหาเซ็นเซอร์ที่เหมาะสมสำหรับการใช้สร้างเครื่องมือวัดระยะหว่างระหว่างประตูกับตัวรถ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ เซ็นเซอร์จากบริษัท Interlink และ Tekscan โดยคณะผู้จัดทำได้ค้นคว้าจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเซ็นเซอร์ตรวจจับแรงกดตามหัวข้อด้านล่าง ดังนี้

- Dynamic Performance Evaluation of a Low-Cost Load Sensor (Subedi, Shrestha, 2006)
- Evaluation of Commercial Force Sensing Resistors (Wanderley et. al, 2010)
- Experimental Evaluation of Two Commercial Force Sensors for Applications in Biomechanics and Motor Control (Vecchi et al, 2000)

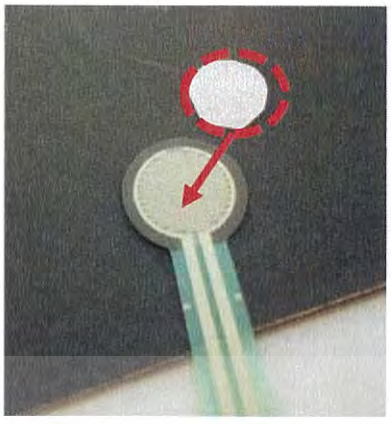
จากกาศึกษางานวิจัยข้างต้นทำให้คณะผู้จัดทำเข้าใจการทำงานของเซ็นเซอร์ตรวจจับแรงกกดมากขึ้น โดยงานวิจัยได้ชี้ให้เห็นว่าเซ็นเซอร์จากบริษัท Interlink นั้นมีความคงทนและสัญญาณรบกวนน้อย แต่มีการตอบสนองที่ไม่เป็นเส้นตรง ในส่วนของเซ็นเซอร์ของบริษัท Tekscan นั้นจะมีพฤติกรรมการตอบสนองแบบเชิงเส้นเมื่อมีแรงมากระทำ และงานวิจัยยังกล่าวถึงเซ็นเซอร์ทั้งสองบริษัทว่าเซ็นเซอร์ชนิดเดียวกันที่แรงกดเท่ากันนั้นมีการตอบสนองแตกต่างกัน ทั้งนี้เป็นเพราะโรงงานผู้ผลิตไม่ได้มีการสอบเทียบเซ็นเซอร์ในกระบวนการผลิต ซึ่งผู้ใช้จำเป็นต้องสอบเทียบเอง

3.3 การออกแบบโพรบ

3.3.1 การสอบเทียบเซ็นเซอร์ด้วยแรงกดระดับต่าง ๆ

การสอบเทียบโพรบด้วยแรงกดระดับต่าง ๆ มีจุดประสงค์เพื่อต้องการทราบถึงความแตกต่างในการตอบสนองของเซ็นเซอร์แต่ละตัวในเชิงของความสัมพันธ์ระหว่าง Force (N) และ ค่าที่คอมพิวเตอร์อ่านได้ (Sensor Reading) ก่อนเริ่มการทดลองคณะผู้จัดทำได้ติดแผ่นอะคริลิคบนพื้นที่รับแรงของเซ็นเซอร์เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำหนักกดลงบริเวณขอบเซ็นเซอร์ซึ่งจะทำให้เซ็นเซอร์ไม่สามารถอ่านค่าได้ อีกทั้งการใช้แผ่นอะคริลิควางบนเซ็นเซอร์ยังช่วยเพิ่มความสามารถในการวัดแรงกดได้ดีขึ้นดังรูปที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 การติดแผ่นอะคริลิคบนเซ็นเซอร์ตรวจจับแรงกด

สำหรับการสอบเทียบนั้นประกอบด้วยอุปกรณ์ดังนี้

1. เซ็นเซอร์ตรวจจับแรงกด 5 อัน
2. ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino รุ่น UNO R3
3. คอมพิวเตอร์พร้อมโปรแกรม Arduino และ Matlab
4. ตุ้มน้ำหนักขนาดต่าง ๆ
5. เครื่องชั่งน้ำหนัก

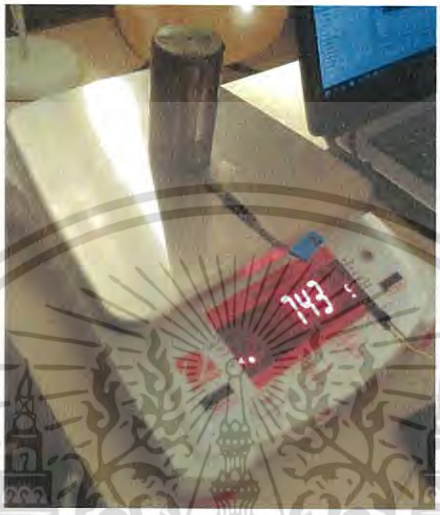
วิธีการติดตั้งอุปกร์และสอบเทียบเซ็นเซอร์มีขั้นตอนดังนี้

1. ทำการต่อเซ็นเซอร์ตรวจจับแรงกดเข้ากับ Arduino และต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ด้วยสาย USB ดังรูปที่ 3.2

รูปที่ 3.2 การติดตั้งเซ็นเซอร์เข้ากับอุปกรณ์ต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. นำตุ้มน้ำหนักขนาดต่าง ๆ (60 g – 2 kg) ไปวางบนเซ็นเซอร์เป็นเวลา 20 วินาทีดังรูปที่ 3.3 โดยเริ่มจากน้ำหนัก 2. kg เพื่อหาค่าเฉลี่ย Sensor Reading ที่แสดงในโปรแกรม MATLAB และบันทึกค่าของน้ำหนักที่วางบนเซ็นเซอร์เพื่อนำไปแปลงไปเป็นแรงกด และค่าที่คอมพิวเตอร์แสดงออกมา (Sensor Reading)



รูปที่ 3.3 การสอบเทียบเซ็นเซอร์ด้วยตุ้มน้ำหนัก

3. ทำเช่นเดียวกับข้อ 2 แต่ลดระดับน้ำหนักโดยนำตุ้มน้ำหนักออกไปทีละลูกและบันทึกผลที่เกิดขึ้นเมื่อระดับน้ำหนักลดลง

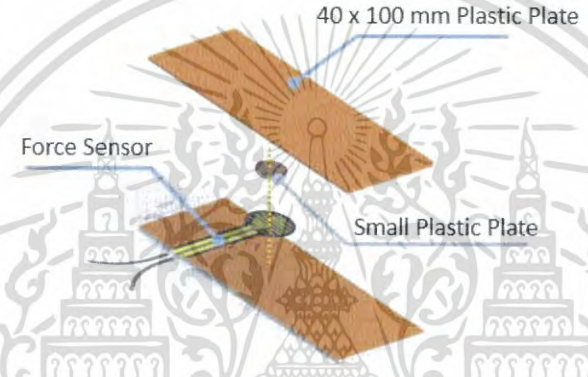
4. ทำข้อ 2 และ 3 กับเซ็นเซอร์ตัวอื่น และเปรียบเทียบความแตกต่างในการตอบสนองของเซ็นเซอร์แต่ละตัว

หลักการทำงานของเซ็นเซอร์ในการสอบเทียบนี้เริ่มจากเมื่อมีแรงกดจากตุ้มน้ำหนักมากระทำบนพื้นที่รับแรงของเซ็นเซอร์ค่าความต่างศักย์จะสูงขึ้นและถูกส่งต่อไปยัง Analog Pin ของ Arduino และจะเกิดการเปลี่ยนจากค่า Analog เป็น Digital ส่งต่อไปคำนวณต่อด้วยโปรแกรม MATLAB บนคอมพิวเตอร์ โดยค่าที่ปรากฏออกมาจะอยู่ในรูป Sensor Reading ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0 – 1023 และทำการนำค่าที่ได้นี้ไปเปรียบเทียบกับน้ำหนักหรือแรงที่กดลงบนเซ็นเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 โพรบสำหรับการวัดระยะห่างระหว่างระตู

โพรบ หรือ หัววัดที่คณะผู้จัดทำได้ออกแบบขึ้นนั้นเกิดจากการนำเซ็นเซอร์ตัวหนึ่งจากหัวข้อที่ 3.3.1 มาต่อเข้ากับอุปกรณ์ต่าง ๆ ทำให้สามารถวัดแรงกดที่มากระทำได้ สำหรับหัวข้อนี้จะเป็นการสร้างอุปกรณ์สำหรับนำโพรบนี้ไปวัดแรงกดจากประตู ซึ่งจะมีการเพิ่มแผ่นอคริลิกรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 40 x 100 mm ดังรูปที่ 3.4 และ 3.5 เพื่อเพิ่มความสามารถในการรับแรงกดมากยิ่งขึ้น และช่วยให้โพรบไม่หลุดออกมาโดยง่ายขณะทำการวัดระยะห่างระหว่างประตู



รูปที่ 3.4 โพรบที่ออกแบบ

รูปที่ 3.5 โพรบที่ทำขึ้นจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขอบเขตการทดลองในหัวข้อนี้คือการใช้โพรบเพียงตัวเดียว วัดซ้ำ 5 ครั้งโดยไม่ได้ถอดโพรบเข้าออก และยังกดประตูจากสภาพแน่นไปหลวม

สำหรับการวัดระยะห่างระหว่างประตูกับตัวรถนั้นประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

1. ใส่โพรบไปยังจุดสำหรับวัดด้วยเซ็นเซอร์ดังรูปที่ 3.6
2. กดประตูด้วยปากกาชิ้นงาน เพื่อให้ระยะห่างระหว่างประตูเริ่มต้นอยู่ปะมาณ 0.95 cm โดยใช้เวอร์เนียร์ไฮเกจวัดระยะห่างระห่างระหว่างตูรถ ณ จุดอ้างอิงดังรูปที่ 3.6
3. สังเกตและบันทึกค่าระยะห่างระหว่างประตูกับตัวรถและ Sensor Reading
4. ลดระดับแรงกดของประตูโดยค่อยคลายปากกาให้หลวม และบันทึกค่าที่เปลี่ยนแปลง
5. ทำเช่นนี้จนระยะห่างระหว่างประตูกับตัวรถอยู่ที่ประมาณ 1.45 cm

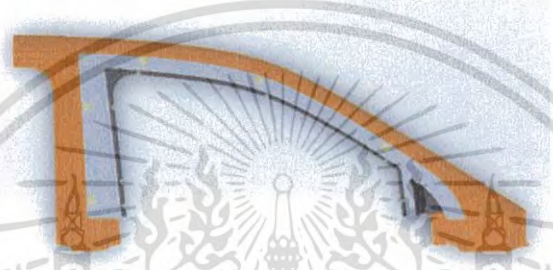
รูปที่ 3.6 การนำโพรบใส่ที่ระหว่างประตูกับตัวรถ

3.4 การสร้างและออกแบบเครื่องมือสำหรับยึดประตู

คณะผู้จัดทำได้รับชิ้นงานตัวอย่างซึ่งเป็นประตูและตัวรถที่ถูกตัด และไฟล์ CAD ของรถกระบะรุ่น Ford Ranger XL จากโรงงานฟอร์ด ไทยแลนด์ แมนูแฟคเจอริ่งดังรูป 3.7 และ 3.8 เพื่อใช้สำหรับการออกแบบเครื่องมือวัดเครื่องกดประตู ให้เหมาะสมกับสภาพการณ์จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

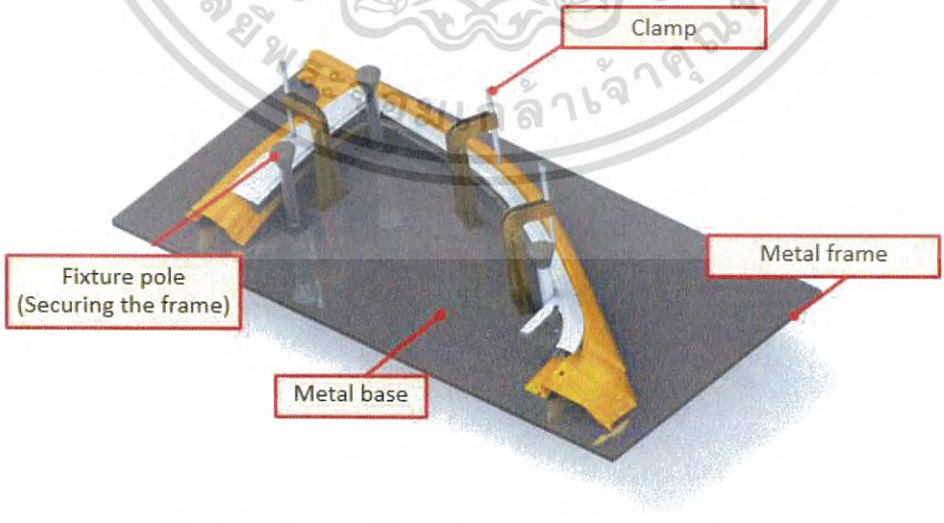
รูปที่ 3.7 ชิ้นงานตัวอย่างที่ได้รับจากโรงงาน ฟอร์ดฯ



รูปที่ 3.8 ไฟล์ CAD ของรถกระบะรุ่น Ford Ranger XL

3.4.1 การออกแบบเครื่องมือสำหรับยึดประตู (Vehicle-Door Fixture Design)

เนื่องจากชิ้นงานถูกตัดไปบางส่วนทำให้ต้องออกแบบระบบสำหรับการกดของประตูขึ้นใหม่โดยใช้โปรแกรม Solidworks ดังรูปที่ 3.9 โดยหน้าที่แต่ของแต่ละส่วนมีรายละเอียดดังตารางที่ 3.2



รูปที่ 3.9 ระบบสำหรับการกดของประตูที่ออกแบบขึ้นใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 หน้าที่แต่ละส่วนของชิ้นงานออกแบบ

ส่วนประกอบ	หน้าที่
1.โครงเหล็ก (Metal Frame)	ป้องกันการโก่งงอของฐานด้านล่าง (แผ่นไม้)
2.ฐานเหล็ก (Metal Base)	เพื่อให้สามารถยึดตัวถังด้วยการเชื่อมได้
3.เสาเหล็ก (Fixture Pole)	ป้องกันประตูเคลื่อนที่ขณะโดนกด
4. เครื่องกดประตู (Clamp)	สร้างแรงกดของประตู

3.4.2 การสร้างอุปกรณ์ยึดจับประตู (Door-Fixture Fabrication)

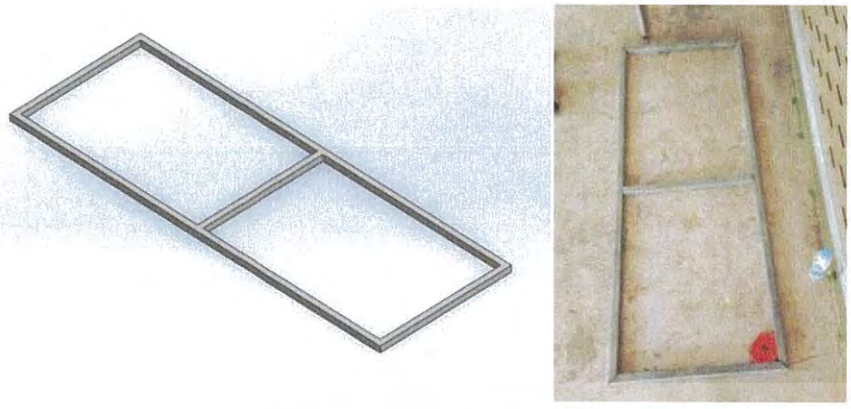
การสร้างเครื่องมือสำหรับยึดประตูเพื่อจำลองการกดของประตูซึ่งใช้สำหรับการสอบเทียบเซ็นเซอร์วัดแรงกด โดยหลังจากคณะผู้จัดทำได้ออกแบบเครื่องมือยึดประตูนี้ด้วยโปรแกรม Solidworks จึงได้มีการลงมือสร้างจริงโดยมีขั้นตอนดังนี้

1.การสร้างโครงเหล็ก (Metal frame)

เป็นการสร้างโครงเหล็กขนาด 60x170 ซม. เพื่อนำไปติดกับฐานแผ่นไม้โดยเริ่มต้นจากการวัดขนาดของเหล็กกล่อง (Square Steel Tube) ก่อนนำมาตัดและเชื่อมดังรูปที่ 3.10 เพื่อให้ได้ชิ้นงานตามที่ได้ออกแบบไว้ดังรูปที่ 3.11 จากนั้นจึงนำโครงเหล็กไปติดที่ด้านล่างฐานไม้ดังรูปที่ 3.12

รูปที่ 3.10 ขั้นตอนการสร้างโครงเหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 โครงเหล็กที่ออกแบบเปรียบกับการสร้างจริง

รูปที่ 3.12 โครงเหล็กหลังติดกับฐานแผ่นไม้

2. การติดตั้งฐานด้วยแผ่นเหล็ก (Metal Base)

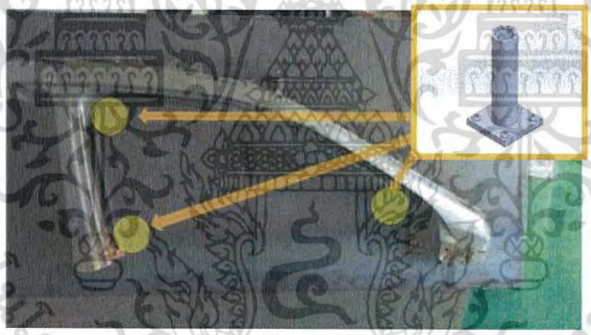
เนื่องจากจำเป็นต้องเชื่อมชิ้นส่วนประตูติดกับฐานเพื่อป้องการเคลื่อนไหวของประตูขณะจำลองการกด ดังนั้นคณะผู้จัดทำจึงใช้แผ่นเหล็กหน้า 2 มม. รองที่ผิวด้านบนติดกับแผ่นไม้ด้วยกาวซิลิโคน จากนั้นจึงเชื่อมประตูติดบนแผ่นเหล็กดังรูปที่ 3.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.13 ประตูที่ถูกเชื่อมติดบนแผ่นเหล็ก

3. การสร้างเสาเหล็ก (Fixture Pole)

การสร้างเสาเหล็กสูง 20 ซม. เพื่อป้องกันประตูเคลื่อนที่ขณะโดนกด โดยนำเหล็กท่อ (Carbon steel Pipes) มาตัดและเชื่อมติดกับฐานสี่เหลี่ยมขนาด 7x7 ซม. จากนั้นจึงนำประตูมาวางเทียบเพื่อกำหนดตำแหน่งตามจุดที่กำหนดไว้ดังรูปที่ 3.14 ก่อนยึดเสาเหล็กกับแผ่นเหล็กด้วยนอตสกรูดังรูปที่ 3.15



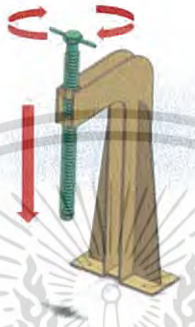
รูปที่ 3.14 ตำแหน่งของเสาที่ได้ออกแบบไว้

รูปที่ 3.15 การยึดเสาเหล็กติดกับฐานเหล็กด้วยนอต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การสร้างเครื่องกดประตู (Clamp)

ขั้นตอนนี้เป็นการสร้างเครื่องมือจำลองการกดของประตูโดยมีหลักการทำงานคล้ายกับปากกากดชิ้นงาน หรือ Clamp ที่ช่วยสร้างแรงในการจับชิ้นงาน ซึ่งเริ่มจากการนำแผ่นเหล็กหนา 2 มม. มาตัดเป็นรูปร่างตามที่ได้ออกแบบไว้ดังรูปที่ 3.16 ด้วยเครื่องตัดเหล็ก CNC Plasma Machine ซึ่งจะได้ชิ้นงานดังรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.16 เครื่องกดประตูที่ได้ออกแบบไว้

รูปที่ 3.17 ชิ้นส่วนเครื่องกดประตูที่ตัดด้วย CNC Plasma Machine

นำส่วนลำตัวของเครื่องกดประตูมาดัดจะได้ชิ้นงานก่อนเชื่อมส่วนต่าง ๆ เข้าด้วยกันด้วยการเชื่อมฟ้า และเจียรตกแต่งจะได้ตัวเครื่องกดประตูดังรูปที่ 3.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

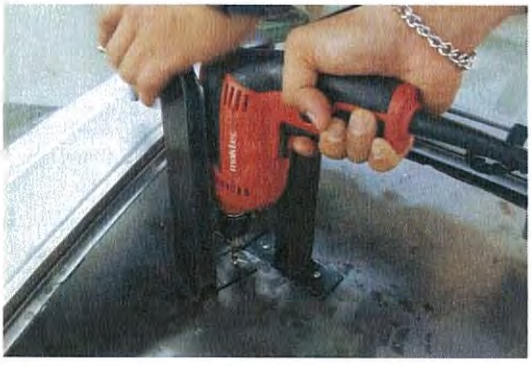
รูปที่ 3.18 การนำตัวเครื่องกดประตูที่ผ่านการเชื่อมมาเจียรตกแต่ง

ต่อมาเป็นการสร้างแท่งเหล็กสำหรับกดประตู (Pressing Rod) โดยนำเหล็กแท่งเหล็กเกลียวชุบสังกะสีมาตัดตามขนาดที่ได้ออกแบบไว้ แล้วเชื่อมด้ามจับด้วยแท่งเหล็กขนาดเล็ก ก่อนนำไปเจียรตกแต่งจะได้ชิ้นงานดังรูปที่ 3.19

รูปที่ 3.19 แท่งเหล็กสำหรับกดประตูหลังผ่านการเจียร

เมื่อได้ชิ้นส่วนเครื่องกดประตูครบแล้วจึงนำมาติดตั้งบนแผ่นเหล็กที่ตามตำแหน่งที่ออกแบบดังรูป 3.20 ก็ได้อุปกรณ์สำหรับยึดจับประตูดังรูปที่ 3.21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.20 การติดตั้ง Clamp บนแผ่นเหล็ก

รูปที่ 3.21 ภาพรวมเครื่องมือสำหรับยึดประตูที่ทำขึ้นจริง

3.5 การหาสมการการถดถอยของจุดสำหรับการวัดระยะห่างประตู

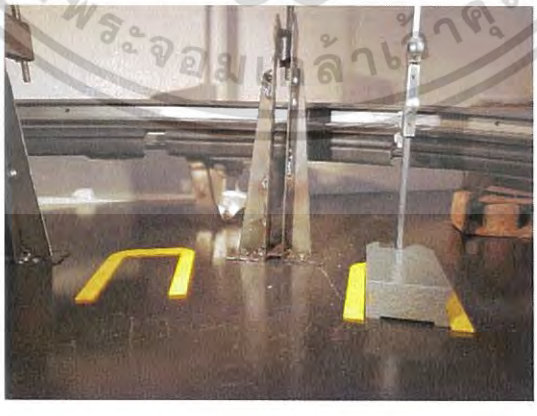
การหาสมการการถดถอยของจุดสำหรับการวัดระยะห่างระหว่างประตูกับตัวรถเพื่อใช้ทำนายระยะห่างระหว่างประตูที่เกิดขึ้น ณ จุดสำหรับใส่โพรบ (Seal Location) เนื่องจากมียางขอบประตูรถยนต์กั้นอยู่จึงทำให้ไม่สามารถวัดระยะห่างระหว่างประตูได้โดยตรง และจุดสำหรับการอ้างอิงระยะห่างระหว่างประตู (Reference Location) ซึ่งมีช่องว่าง (ไม่มียางกั้น) ทำให้สามารถนำเวอร์เนียร์ไฮเกจเข้าไปวัดระยะห่างระหว่างประตูได้ดังรูปที่ 3.22 โดยระยะห่างระหว่างประตูกับตัวรถที่สนใจอยู่ที่ 0.95 - 1.45 cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.22 จุดใส่เซ็นเซอร์และจุดอ้างอิงระยะห่างระหว่างประตู

การทดลองสำหรับการหาสมการการถดถอยเพื่อใช้ทำนายระยะห่างประตูกับตัวรถ ณ จุดใส่โพรบประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

1. ใส่ยางขอบประตูระยนต์โดยเว้นช่องว่างไว้ที่จุดสำหรับใส่โพรบและจุดสำหรับการอ้างอิงระยะห่างระหว่างประตูดังรูปที่ 3.23
2. วัดระยะห่างประตูกับตัวรถที่จุดใส่โพรบด้วยเวอร์เนียร์ไฮเกจพร้อมทั้งบันทึกผล
3. วัดระยะห่างประตูกับตัวรถที่จุดอ้างอิงพร้อมทั้งบันทึกผล
4. กดประตูด้วยเครื่องกดประตู
5. ทำขั้นตอนที่ 2 ถึง 4 จนกระทั่งระยะห่างระหว่างประตูกับตัวรถอยู่ที่ประมาณ 0.95 cm



รูปที่ 3.23 การวัดช่องว่างที่จุดใส่โพรบและจัดอ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 การศึกษาผลของการการตอบสนองเชิงกลของยางต่อโพรบ

3.6.1 การสร้างข้อมูลอ้างสำหรับการทดสอบโพรบ

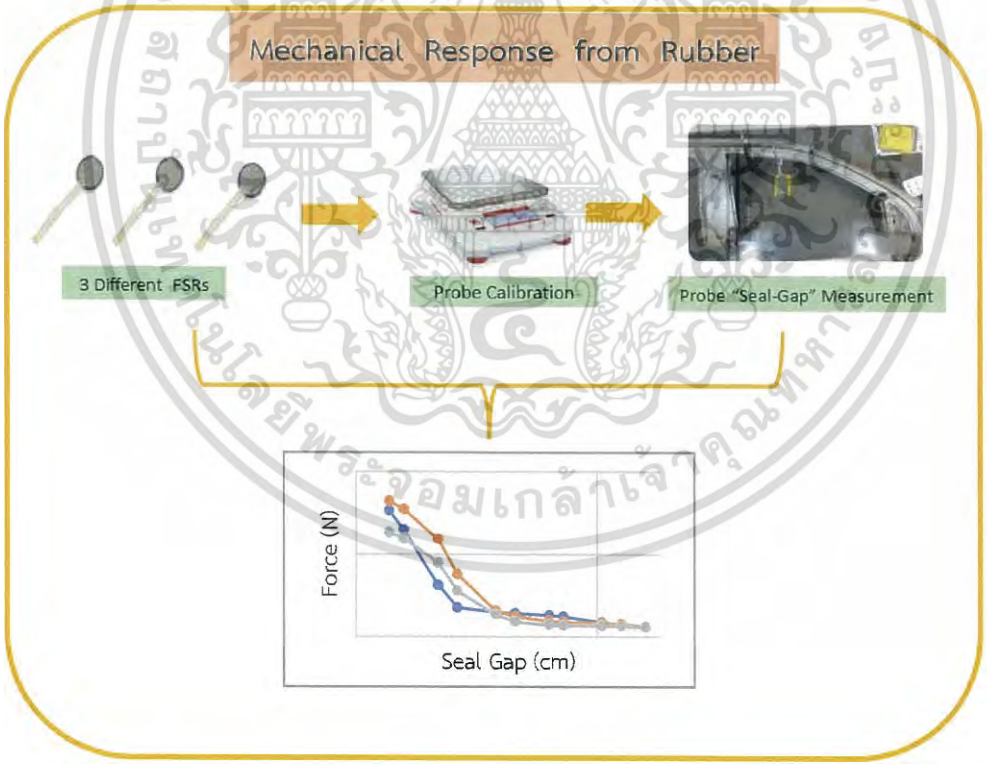
การสร้างข้อมูลอ้างอิงสำหรับการทดสอบโพรบ มีจุดประสงค์เพื่อสร้างข้อมูลมาตรฐานเพื่อใช้สำหรับเป็นตัวแทนบอกพฤติกรรมการตอบสนองของโพรบตัวอื่นสำหรับการนำไปใช้วัดช่องว่างระหว่างประตูกับตัวรถ

การสร้างข้อมูลอ้างสำหรับการทดสอบโพรบมีขั้นตอนดังนี้

1. เริ่มด้วยการนำโพรบ 3 อันมาทำการสอบเทียบด้วยน้ำหนัก (Probe Calibration) จะได้ความสัมพันธ์ระหว่าง Sensor Reading และ Force (N)

2. ทำการวัดระยะห่างระหว่างประตูด้วยโพรบทั้ง 3 อัน จะได้ความสัมพันธ์ระหว่าง Sensor Reading และ ระยะห่างระหว่างประตูกับตัวรถ (Seal Gap)

3. บันทึกผลและนำค่าการตอบสนองของโพรบทั้ง 3 อันมาหาค่าเฉลี่ย



รูปที่ 3.24 การสร้างข้อมูลอ้างสำหรับการทดสอบโพรบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.2 การทดสอบโพรบบนประตูรถยนต์โดยอาศัยข้อมูลอ้างอิง

การทดสอบโพรบบนประตูรถยนต์โดยอาศัยข้อมูลอ้างอิงซึ่งเป็นการนำโพรบตัวอื่นที่ไม่ใช่ตัวเดียวกับที่ใช้สร้างข้อมูลอ้างอิงมาทดสอบเพื่อศึกษาความสามารถในการตอบสนองของโพรบเมื่อเทียบกับมาตรฐาน

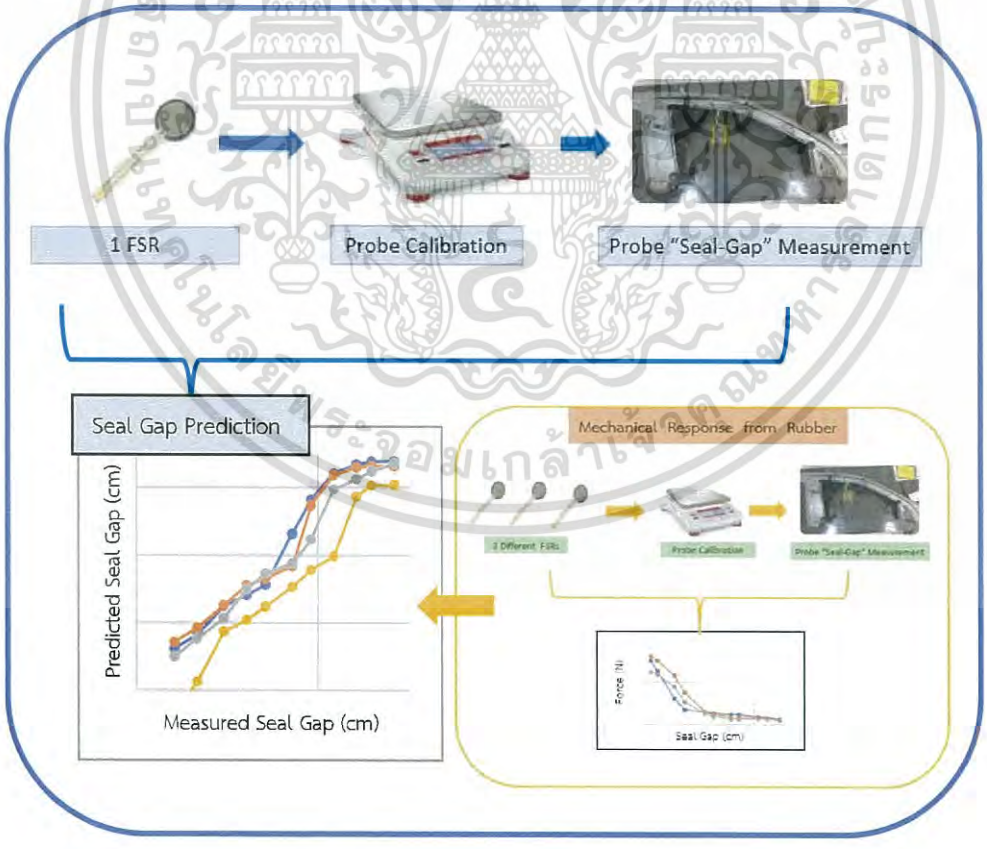
การทดสอบโพรบสำหรับการนำไปเปรียบเทียบกับมาตรฐานนั้นคล้ายกับการสร้างข้อมูลอ้างอิงซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. นำโพรบ 1 อันที่ไม่ซ้ำกับโพรบที่ใช้ในการสร้างข้อมูลอ้างอิงมาทำการสอบเทียบด้วยน้ำหนัก (Probe Calibration) จะได้ความสัมพันธ์ระหว่าง Sensor Reading และ Force (N)

2. ทำการวัดระยะห่างระหว่างประตูด้วยโพรบจะได้ความสัมพันธ์ระหว่าง Sensor Reading และระยะห่างระหว่างประตูกับตัวรถ (Seal Gap)

3. ทำซ้ำขั้นตอนที่ 1 และ 2 ทั้งหมด 4 ครั้ง

4. บันทึกผลและนำค่าการตอบสนองของโพรบเพื่อนำไปใช้ร่วมกับข้อมูลอ้างอิงจะได้ความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างระหว่างประตูกับตัวรถที่ทำนายกับระยะที่วัดจริง



รูปที่ 3.25 การทดสอบโพรบบนประตูรถยนต์โดยอาศัยข้อมูลอ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการดำเนินงาน

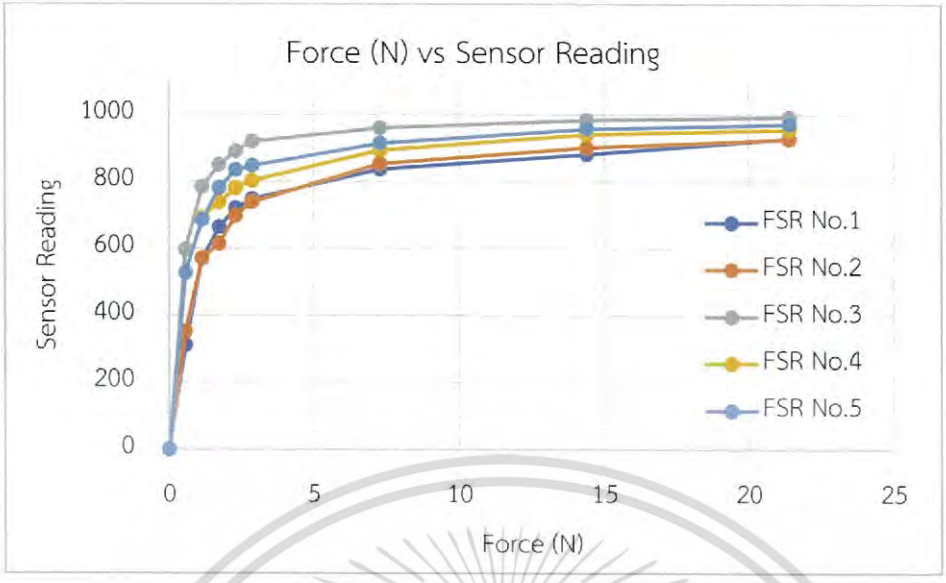
4.1 การสอบเทียบเซ็นเซอร์ด้วยแรงกดระดับต่าง ๆ

ผลการสอบเทียบเซ็นเซอร์ 5 ตัวด้วยแรงกดระดับต่าง ๆ เพื่อสังเกตพฤติกรรมการตอบสนองของเซ็นเซอร์แต่ละตัวต่อแรงที่กระทำได้ผลลัพธ์ดังนี้

ตารางที่ 4.1 ผลการสอบเทียบเซ็นเซอร์ด้วยแรงกดระดับต่าง ๆ

Force (N)	Sensor Reading (0 to 1023)				
	FSR No.1	FSR No.2	FSR No.3	FSR No.4	FSR No.5
0.58	311.38	351.54	596.87	525.36	528.22
1.16	569.85	570.65	784.6	692.57	685.96
1.73	663.45	613.51	850.13	737.19	780.55
2.31	719.95	697.55	890.95	779.20	834.69
2.89	748.03	738.74	920.63	802.57	847.95
7.28	837.31	853.55	960.91	893.06	914.98
14.40	882.45	902.27	983.98	941.54	957.95
21.41	929.33	926.60	993.33	955.67	971.56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 กราฟ Force (N) vs Sensor Reading ของผลการสอบเทียบเซ็นเซอร์

จากรูปที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าการตอบสนองของเซ็นเซอร์แต่ละตัวนั้นต่างกันที่ระดับแรงกดต่าง ๆ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความจำเป็นในสอบเทียบเซ็นเซอร์ทุกครั้งก่อนนำไปใช้จริง

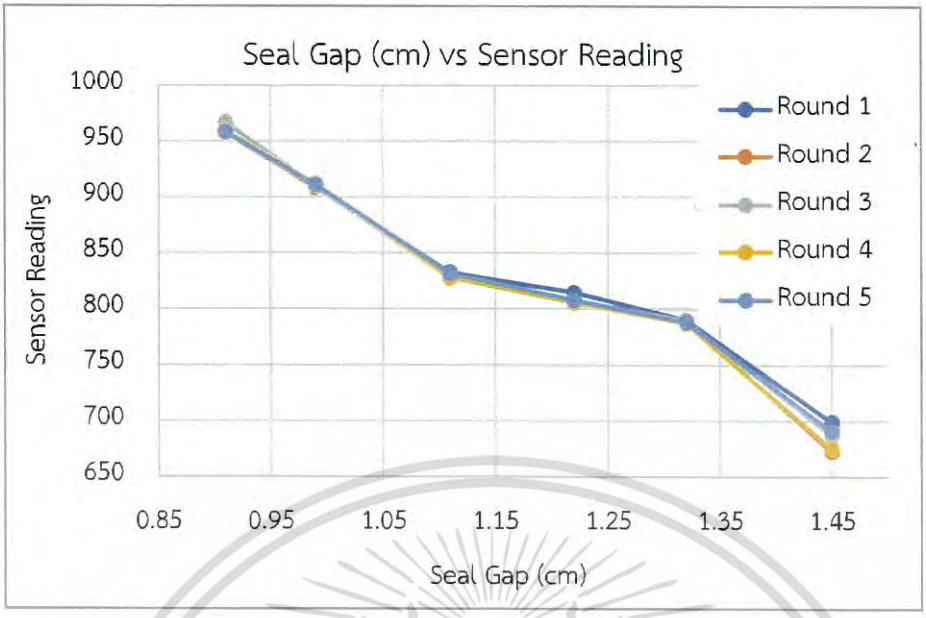
4.2 ผลจากการนำโพรบไปวัดระยะห่างระหว่างประตูจำลอง

ผลจากการนำโพรบตัวหนึ่งไปวัดระยะห่างระหว่างประตู โดยเริ่มจากการกดของประตูที่แน่นไปหลวมโดยการวัดซ้ำแต่ละครั้งไม่มีการถอดเข้า-ออก

ตารางที่ 4.2 ผลจากการนำโพรบไปวัดระยะห่างระหว่างประตูจำลอง

Seal Gap (cm)	Sensor Reading				
	Round 1	Round 2	Round 3	Round 4	Round 5
0.91	957.84	957.57	966.90	959.22	958.30
0.99	909.95	908.51	909.90	911.75	910.77
1.11	832.45	829.55	827.18	827.49	831.22
1.22	814.32	806.82	807.04	805.18	807.42
1.32	789.65	789.35	788.63	786.81	788.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 กราฟ Seal Gap (cm) vs Sensor Reading ของผลการใช้โพรบวัดที่ประตู

จากรูปที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าที่การวัดระยะห่างระหว่างประตูด้วยโพรบตัวหนึ่ง โดยใช้การกดของประตูจากแน่นไปหลวม และไม่มีการถอดโพรบเข้าออกเมื่อวัดซ้ำ จะให้ค่า Sensor Reading ในระยะห่างระหว่างประตูระยะต่าง ๆ ที่ใกล้เคียงกันมาก

4.3 การวิเคราะห์หาสมการการถดถอยของจุดสำหรับการวัดระยะห่างประตู

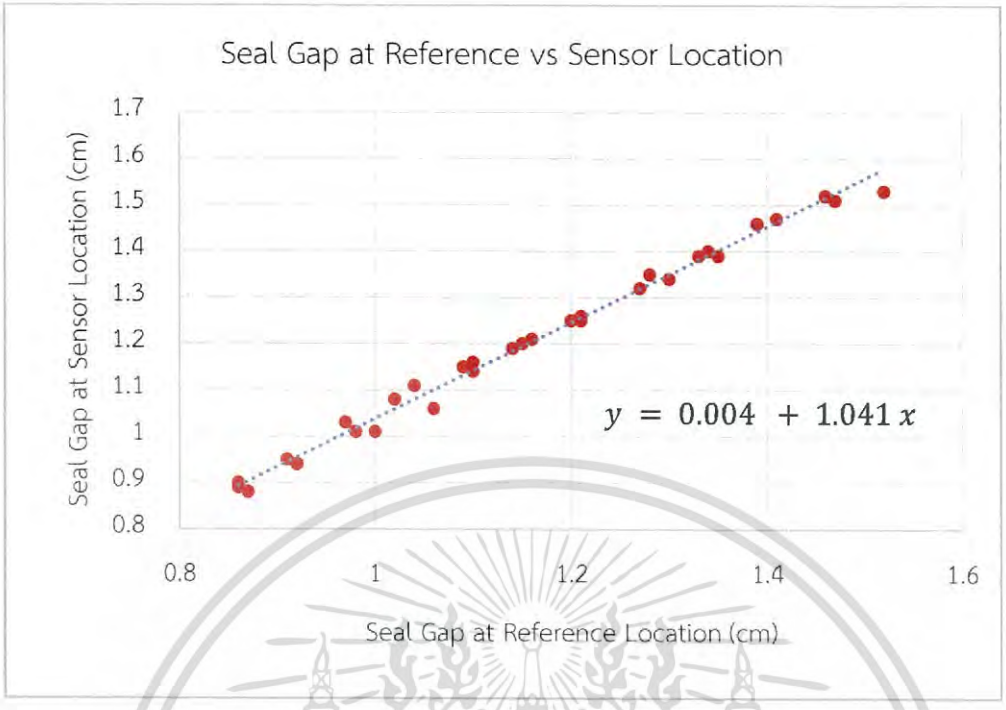
ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์หาสมการการถดถอยของจุดสำหรับการวัดระยะห่างประตู

No.	Seal Gap at Reference Location (cm)	Seal Gap at Sensor Location (cm)
1	1.46	1.52
2	1.41	1.47
3	1.34	1.40
4	1.28	1.35
5	1.21	1.26
6	1.16	1.21
7	1.10	1.16
8	1.04	1.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

No.	Seal Gap at Reference Location (cm)	Seal Gap at Sensor Location (cm)
9	0.98	1.01
10	0.92	0.94
11	0.86	0.90
12	1.46	1.52
13	1.39	1.46
14	1.33	1.39
15	1.27	1.32
16	1.20	1.25
17	1.15	1.20
18	1.09	1.15
19	1.02	1.08
20	0.97	1.03
21	0.91	0.95
22	0.86	0.89
23	1.52	1.53
24	1.47	1.51
25	1.39	1.46
26	1.35	1.39
27	1.30	1.34
28	1.21	1.25
29	1.14	1.19
30	1.10	1.14
31	1.06	1.06
32	1.00	1.01
33	0.92	0.94
34	0.87	0.88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 กราฟผลการวิเคราะห์หาสมการการถดถอยของจุดอ้างอิงและจุดสำหรับใส่โพรบ

จากข้อมูลตารางที่ 4.3 สามารถสร้างสมการเพื่อทำนายระยะห่างระหว่างประตูที่จุดสำหรับใส่โพรบได้ดังนี้

$$y = 0.004 + 1.041\,x \qquad (4.1)$$

โดยที่ y = ระยะห่างระหว่างประตูที่จุดสำหรับใส่โพรบ (cm)

x = ระยะห่างระหว่างประตูที่จุดอ้างอิง (cm)

4.4 การวิเคราะห์การตอบสนองเชิงกลของยางต่อโพรบ

การวิเคราะห์การตอบสนองเชิงกลของยางต่อโพรบ โดยใช้การประมาณค่าในช่วงแบบเส้นโค้ง (Cubic Splines Interpolation) เพื่อทำนายแรงที่เกิดขึ้น ณ ค่าระยะห่างระหว่างประตูที่ระยะใด ๆ โดยใช้วิธีทำการเก็บข้อมูลเช่นเดียวกับหัวข้อที่ 4.1 และ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

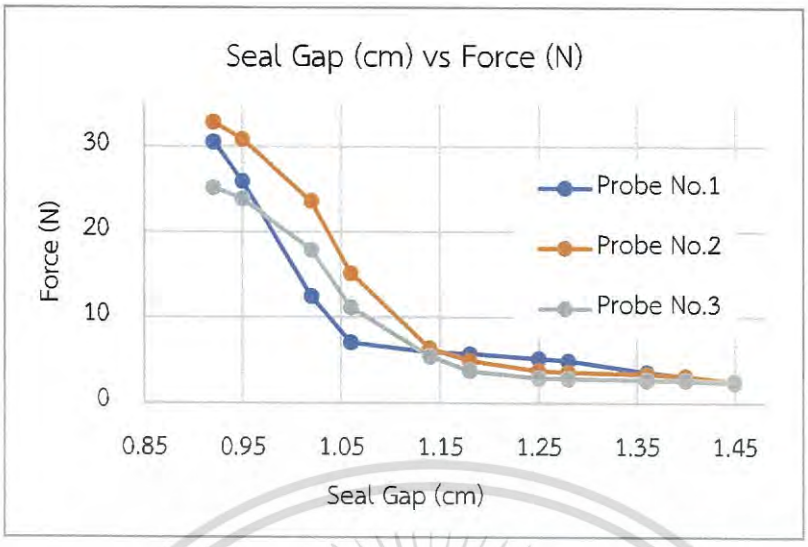
4.4.1 วิเคราะห์การสร้างข้อมูลอ้างสำหรับการทดสอบโพรบ

การสร้างข้อมูลอ้างอิงสำหรับการทดสอบโพรบนั้นจะอ้างอิงโดยใช้โพรบจำนวน 3 อันเพื่อสร้างเป็นข้อมูลมาตรฐานสำหรับการนำโพรบตัวใดตัวหนึ่งไปสอบเทียบเพื่อทำการวัดระยะห่างระหว่างประตูในครั้งต่อไป

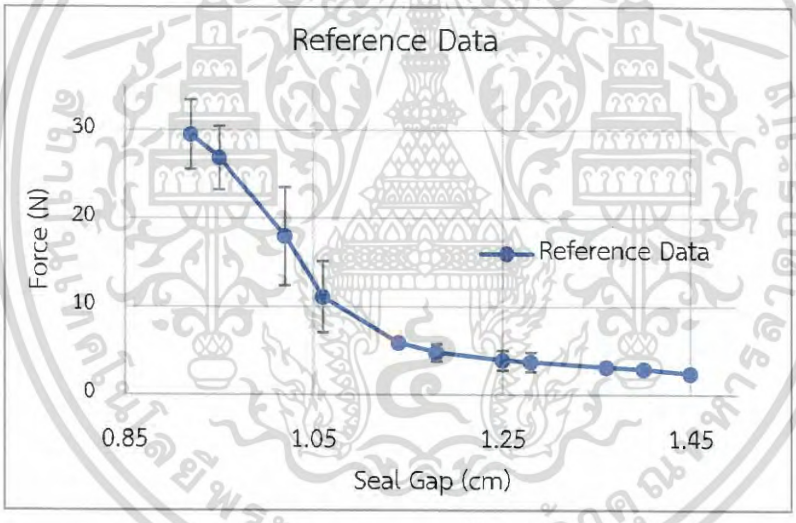
ตารางที่ 4.4 การตอบสนองเชิงกลของยางต่อโพรบสำหรับทำเป็นข้อมูลอ้างอิง

Seal Gap (cm)	Force (N)				
	Probe No.1	Probe No.2	Probe No.3	Average	SD
0.92	30.52	32.85	25.20	29.52	3.92
0.95	25.90	30.81	23.86	26.86	3.57
1.02	12.44	23.57	17.88	17.96	5.57
1.06	7.02	15.12	11.17	11.10	4.05
1.14	5.91	6.35	5.42	5.89	0.46
1.18	5.72	4.88	3.72	4.77	1.00
1.25	5.14	3.74	2.88	3.92	1.14
1.28	4.90	3.55	2.77	3.74	1.08
1.36	3.56	3.30	2.65	3.17	0.47
1.40	3.11	3.10	2.60	2.94	0.29
1.45	2.43	2.48	2.34	2.42	0.07

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 การวิเคราะห์การตอบสนองเชิงกลของยางเพื่อการสร้างข้อมูลอ้างอิง



รูปที่ 4.5 ค่าเฉลี่ยผลการวิเคราะห์การตอบสนองเชิงกลของยางเพื่อการสร้างข้อมูลอ้างอิง

จากข้อมูลในตางรางที่ 4.4 จะเห็นว่าพฤติกรรมการตอบสนองของโพรบเมื่อนำไปทดสอบโดยกดด้วยประตูรถยนต์นั้นมี จะมีความผันแปรของแรงมาก ณ ที่ระยะห่างระหว่างประตูน้อย ๆ

4.4.2 วิเคราะห์การทดสอบโพรบบนประตูรถยนต์โดยอาศัยข้อมูลอ้างอิง

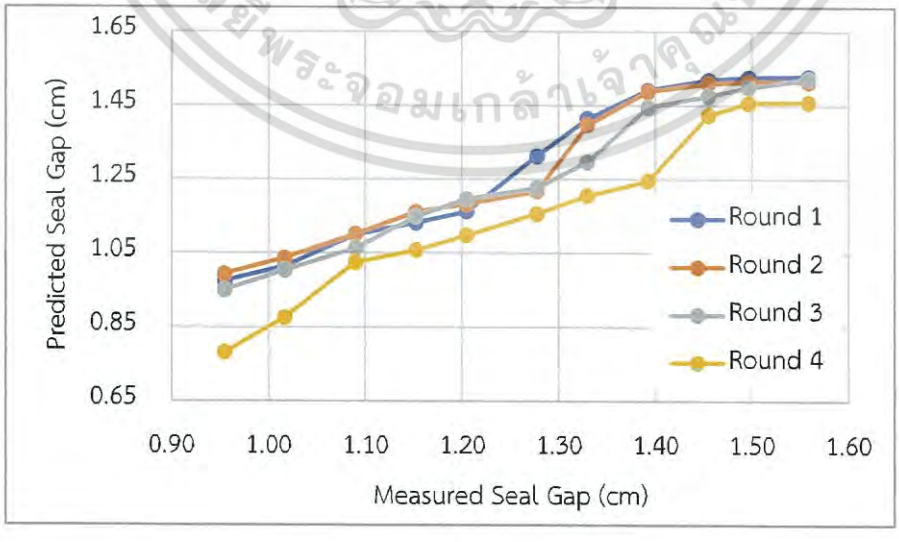
การทดสอบโพรบนั้นจะใช้โพรบคนละตัวกับโพรบที่ใช้สร้างข้อมูลอ้างอิงจากการทดสอบด้วยโพรบตัวเดียวจำนวน 4 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 การทดสอบโพรบบนประตูรถยนต์

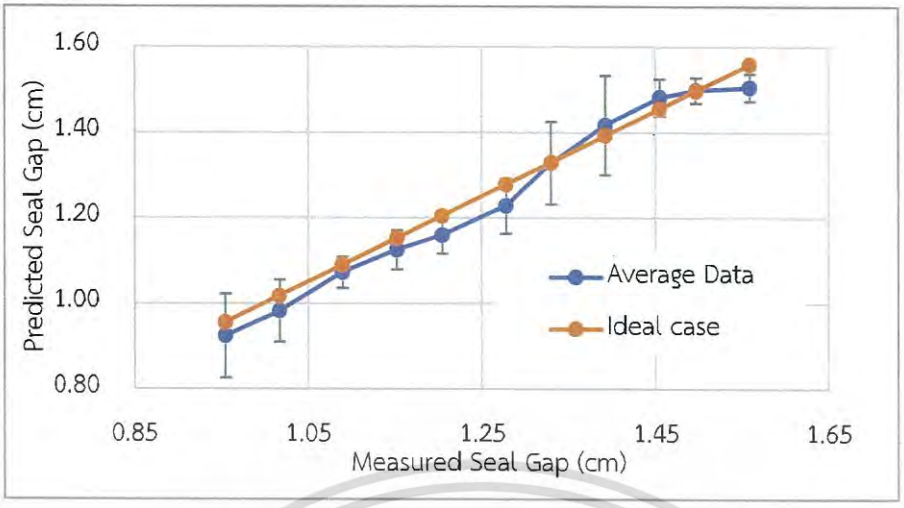
Measured Gap (cm)	Predicted Gap (cm)					
	Round 1	Round 2	Round 3	Round 4	Avg	SD
0.95	0.97	0.99	0.95	0.78	0.92	0.10
1.02	1.01	1.04	1.00	0.88	0.98	0.07
1.09	1.10	1.10	1.06	1.02	1.07	0.04
1.15	1.13	1.16	1.15	1.06	1.13	0.05
1.20	1.16	1.18	1.20	1.10	1.16	0.04
1.28	1.31	1.22	1.23	1.16	1.23	0.06
1.33	1.41	1.40	1.30	1.21	1.33	0.10
1.39	1.49	1.49	1.44	1.25	1.42	0.12
1.45	1.52	1.51	1.48	1.42	1.48	0.04
1.50	1.53	1.51	1.50	1.46	1.50	0.03
1.56	1.53	1.51	1.52	1.46	1.51	0.03

จากตารางที่ 4.5 แสดงค่าระยะห่างระหว่างประตูที่ทำนายขึ้นโดยการประมาณค่าในช่วงแบบเส้นโค้งของค่าของแรงในแต่รอบการวัด ก่อนนำค่าแรงที่ทำนายในแต่ละรอบนี้ไปทำการประมาณค่าในช่วงเชิงเส้นแบบเส้นโค้งอีกครั้งโดยใช้ข้อมูลอ้างอิงจากตารางที่ 4.4



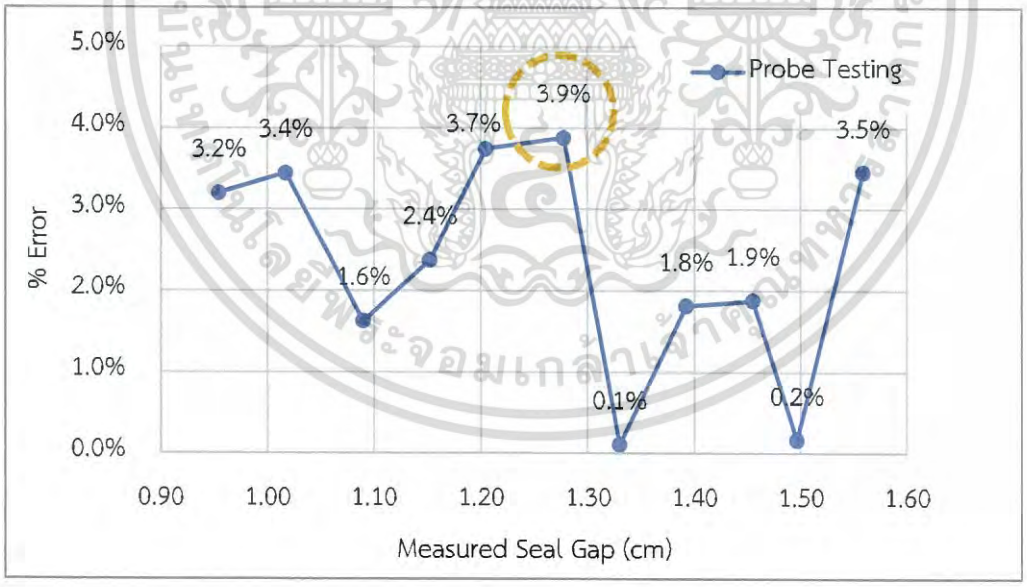
รูปที่ 4.6 กราฟ Measured Seal Gap (cm) vs Predicted Seal Gap (cm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 การเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยที่วัดได้กับค่าของการวัดแบบอุดมคติ

จากรูปที่ 4.7 จะพบว่าค่าเฉลี่ยระยะห่างระหว่างประตูที่โพรบที่วัดได้มีค่าตรงกับการวัดแบบอุดมคติ (ที่ช่วงความเชื่อมั่น 95%) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าโพรบนี้มีความสามารถในการทำนายระยะห่างระหว่างประตูได้



รูปที่ 4.8 กราฟ Measured Seal Gap (cm) vs % Error ของการวัดระยะห่างประตูด้วยโพรบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการดำเนินงาน

5.1 ผลการตอบสนองของเซ็นเซอร์ต่อแรงกดระดับต่าง ๆ

จากการสอบเทียบด้วยตุ้มน้ำหนักชี้ให้เห็นว่าเซ็นเซอร์แต่ละตัวนั้นมีพฤติกรรมการตอบสนองต่างกันแม้แรงที่กดบนเซ็นเซอร์จะมีขนาดเท่ากัน ซึ่งตรงกับที่กล่าวไว้ในงานวิจัยที่คณะผู้จัดทำได้ทำการศึกษา ซึ่งเหตุผลที่เซ็นเซอร์ตอบสนองต่างกันนั้นเป็นเพราะเซ็นเซอร์ตรวจจับแรงกดนี้ไม่ได้มีการสอบเทียบเพื่อให้เซ็นเซอร์แต่ละตัวตอบสนองเหมือนกันในขั้นตอนการผลิต

5.2 การตอบสนองเชิงกลของยางต่อโพรบ

การวิเคราะห์การตอบสนองเชิงกลของยางต่อโพรบ พบว่า โพรบที่สร้างขึ้นนั้นมีค่าความคลาดเคลื่อนในการวัดที่สูงกว่าเครื่องมือวัดระยะห่างระหว่างประตูและตัวรถตามท้องตลาด (Commercial Deplanement Sensor) ซึ่งสาเหตุอาจมาจากเซ็นเซอร์ที่เลือกใช้มีราคาที่ถูก ทำให้ตอบสนองในงานที่ต้องการความละเอียดในการวัดได้ไม่ดีเท่าที่ควร อย่างไรก็ตามเครื่องมือที่คณะผู้จัดทำได้ออกแบบนี้สามารถวัดระยะห่างระหว่างประตูและตัวรถได้ (ในช่วงความคลาดเคลื่อนยอมรับได้) โดยใช้เวลาในวัดน้อยกว่าเครื่องมือที่ขายตามท้องตลาดเนื่องจากไม่จำเป็นต้องถอดยางเพื่อวัดระยะห่างระหว่างตัวรถอีกต่อไป อีกทั้งการวัดความแน่นของยางด้วยเครื่องมือนี้ยังเป็นวิธีที่ดีกว่าแบบเดิมเพราะเป็นการวัดความแน่นของประตูที่กดลงบนตัวรถได้โดยตรงกว่าการวัดระยะห่างระหว่างตัวรถกับประตู

5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางการปรับปรุงในอนาคต

1. ในการนำโพรบไปใช้จริงควรเพิ่มอุปกรณ์จับยึดที่ช่วยป้องกันไม่ให้โพรบขยับเมื่อมีแรงกดมากระทำ เพราะอาจส่งผลทำให้โพรบวัดค่าคลาดเคลื่อนได้ และควรทำการทดสอบซ้ำหลาย ๆ ครั้งมากกว่านี้เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่น่าเชื่อถือขึ้น นอกจากนี้การเพิ่มจำนวนโพรบให้กับเครื่องมือวัดระยะห่างระหว่างประตูนี้อาจช่วยลดเวลาในการวัดขึ้น

2. ควรทดลองด้วยเซ็นเซอร์ที่มีราคาสูงขึ้น หรือมีความสามารถในการวัดแรงกดที่แม่นยำขึ้น ตัวอย่างเช่น QCM Sensor หรือ Strain Gauge ซึ่งมีจุดเด่นคือ ให้การตอบสนองต่อแรงที่มากระทำได้แม่นยำและเที่ยงตรงกว่าเซ็นเซอร์ชนิดพื้นที่รับแรงเป็นแบบโพลิเมอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] บริษัท ไชยเจริญเทค จำกัด. (2017). การควบคุมคุณภาพ. [ออนไลน์]
เข้าถึงได้จาก https://www.chi.co.th/article/article-1138/

[2] บริษัท ไชยเจริญเทค จำกัด. โปรแกรม CAD โปรแกรมเพื่อการออกแบบชิ้นงาน ในวงการอุตสาหกรรม.
[ออนไลน์]

[3] เข้าถึงได้จาก https://www.chi.co.th/article/article-968/

[4] ปัญญา มัฆะศร. (2555). Force sensor resistor : FSR. เซมิคอนดักเตอร์ อิเล็กทรอนิกส์, 136-142.

[5] Arash Chirik. (2011). Sound reduction projects in car.

[6] Cadeasy. (2011). เข้าถึงได้จาก https://cadeasy.wordpress.com/2011/07/11/โปรแกรม-CAD-คืออะไร

[7] Corporation, L. (2018). LMI Wireless SealGap System. [ออนไลน์]
เข้าถึงได้จาก from http://www.lmicorporation.com/SealGap

[8] Ferguson-Pell, Hagisawa, & Bain. (2000). Evaluation of a sensor for low interface pressure applications. Elsevier Science Ltd.

[9] [8] Hall, Desmoulin, & Milner. (2008). A technique for conditioning and calibrating force-sensing resistors for repeatable and reliable measurement of compressive force.

[10] Handyman. matlab คืออะไร. (2017).
เข้าถึงได้จาก http://www.mindphp.com/4043-what-is-matlab.html

[11] Hollinger, & Wanderley. (2006). Evaluation of Commercial ForceSensing. Paris.

[12] Jaiyen, K. (2014). Force sensor with UNICON. [ออนไลน์]
เข้าถึงได้จาก http://doc.inex.co.th/force-sensor-with-unicon/

[13] Likitlersuang, Leineweber, & Andrysek. (2017). Evaluating and improving the performance of thin film force sensors within body and device interfaces. Elsevier Ltd.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม (ต่อ)

[14] Lowe, M. (2017). Ultra-Thin Force-Sensitive Resistors Enable Greater Command of Robotic Manufacturing. [ออนไลน์]
เข้าถึงได้จาก
https://www.medicaldesignbriefs.com/component/content/article/mdb/supplements/medical-manufacturing-and-fabrication/features/27740

[15] Mantracourt. (2017). Wireless Telemetry Enables Door Seal Gap Measurement - 'Mind The Gap'. [ออนไลน์]
เข้าถึงได้จาก http://www.automationinside.com/2017/12/wireless-telemetry-enables-door-seal.html

[16] myCADsite. (n.d.). BASIC WIREFRAME MODELS. [ออนไลน์]
เข้าถึงได้จาก https://www.mycadsite.com/tutorials/level_3/creating-3d-wireframe-models-in-autocad-3-5.htm

[17] Ouckama, R., & Pearsall, D. (2011). Evaluation of a flexible force sensor for measurement of helmet foam. Journal of Biomechanics, 904–909.

[18] Reel, B. (2013). Copy/Paste Sketch Based Features in SolidWorks. [ออนไลน์]
เข้าถึงได้จาก https://www.cati.com/blog/2013/05/copypaste-sketch-based-features-in-solidworks/

[19] Subedi, A., & Shrestha, D. (2010). Dynamic Performance Evaluation of a Low Cost. An ASABE Meeting Presentation, (p. 1009603).

[20] Vecchi, Freschi, Micera, Sabatini, Dario, & Sacchett. (2000). Experimental Evaluation of Two Commercial Force Sensors for Applications in Biomechanics and Motor Control. Advanced Robotics Technology and Systems Laboratory.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้