



การควบคุมคุณภาพของเครื่องเติมน้ำมันเบรก
กรณีศึกษา บริษัทโตโยต้า มอเตอร์ เอเชีย แปซิฟิค
เอ็นจิเนียริง แอนด์ แมนูแฟคเจอร์ริง จำกัด

ASSURANCE CONTROL BRAKE FILLING MACHINE
CASE STUDY: TOYOTA MOTOR ASIA PACIFIC
ENGINEERING & MANUFACTURING

นางสาว อรปรียา ทับจิ้น

โครงการสหกิจศึกษานี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมการผลิต

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีไทย – ญี่ปุ่น

พ.ศ. 2556

การควบคุมคุณภาพของเครื่องเติมน้ำมันเบรก
กรณีศึกษา โตโยต้า มอเตอร์ เอเชีย แปซิฟิก เอ็นจิเนียริง แอนด์ แมนูแฟคเจอริ่ง

ASSURANCE CONTROL BRAKE FILLING

CASE STUDY: TOYOTA MOTOR ASIA PACIFIC ENGINEERING & MANUFACTURING

นางสาว อรปรีชา ทับจีน

โครงการสหกิจศึกษานี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
พ.ศ. 2556

คณะกรรมการสอบ

..... ประธานกรรมการสอบ
(ดร. ดำรงเกียรติ รัตนอมรพิน)

..... กรรมการสอบ
(อาจารย์ ศิริพงษ์ แสงสารพันธ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผศ. ไตรสิทธิ์ เบญจบุญยสิทธิ์)

..... ประธานสหกิจศึกษาสาขาวิชา
(ผศ. ดร. พิศุทธิ์ พงษ์ชัยฤกษ์)

ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

ชื่อโครงการ	การควบคุมคุณภาพของเครื่องเติมน้ำมันเบรก กรณีศึกษาโตโยต้ามอเตอร์ เอเชียแปซิฟิก เอ็นจีเนียริงแอนด์แมนูแฟกเจอร์ริง Assurance control brake filling machine Case Study of a Toyota Motor Asia Pacific Engineering & Manufacturing CO., LTD
ผู้เขียน	นางสาว อรปรียา ทับจีน
คณะวิชา	วิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมการผลิต
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ไตรสิทธิ์ เบญจบุญยสิทธิ์
พนักงานที่ปรึกษา	นาย อติสร แถบทอง
ชื่อบริษัท	TOYOTA MOTOR ASIA PACIFIC ENGINEERING & MANUFACTURING CO., LTD.
ประเภทธุรกิจ/สินค้า	ศูนย์วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ และหน่วยงานสนับสนุนการผลิตใน ภูมิภาคเอเชียแปซิฟิก

บทสรุป

เนื่องจากธุรกิจอุตสาหกรรมรถยนต์ในปัจจุบันมีอัตราการผลิตสูง เวลาจึงเป็นสิ่งสำคัญในการผลิตยิ่งใช้เวลาในการผลิตน้อยลงก็จะทำให้ได้ผลผลิตมากขึ้น ดังนั้นเครื่องจักรจึงเป็นสิ่งสำคัญที่ช่วยลดเวลาในการผลิต แต่การใช้เวลาในการผลิตน้อยก็ต้องคำนึงถึงคุณภาพของรถยนต์และความปลอดภัยของผู้ขับขี่ด้วย ทำให้ดิฉันสนใจเครื่องเติมน้ำมันเบรกของรถยนต์ เนื่องจากระบบเบรกเป็นระบบที่สำคัญต่อความปลอดภัยของผู้ขับขี่

โครงการชิ้นนี้จัดทำขึ้นเพื่อ การคอนเฟิร์มเครื่องเติมน้ำมันเบรกและเพื่อแก้ไขปัญหาค่าความดันสูญญากาศของระบบเบรกที่ไม่ตรงตามมาตรฐาน โดยเป้าหมายของโครงการที่ตั้งไว้คือ ค่าความดันสูญญากาศและค่าฟองอากาศในระบบเบรกของรถยนต์ต้องมีค่าตรงตามมาตรฐาน เพื่อไม่ให้เกิดฟองอากาศขึ้นในระบบเบรก เครื่องมือที่ใช้ในการทำโครงการได้แก่ Pirani gauge sensor ใช้สำหรับวัดค่าความดันสูญญากาศ และ Special tool for bubble check ใช้สำหรับวัดค่าฟองอากาศ การทำงานของเครื่องเติมน้ำมันเบรกต้องทำให้ระบบเบรกเป็นสูญญากาศก่อน(เรียกว่าการVacuum) ถึงจะเติมน้ำมันเบรกลงไปได้ ในการศึกษาทดลองได้ใช้รถยนต์จำนวน 10 คัน เป็นกลุ่มตัวอย่างนำรถมาทำการ Vacuum แล้วเก็บค่าความดันสูญญากาศที่ได้ ปรากฏว่ารถคันที่ 1-4 มีค่าความดันไม่ตรงตามมาตรฐาน จึงทำการวิเคราะห์หาสาเหตุที่เกิดขึ้น โดยอาศัยหลักการต่างๆของโตโยต้า

เช่น วงจรเดมมิ่งหรือ PDCA, 5 Why, หลักการของ Toyota Business Practice (TBP), Zero Defect และฝังก้างปลา เป็นต้น จากการวิเคราะห์ทำให้ทราบว่า ข้อต่อของ Top gun vacuum sensor มีรูรั่ว จึงทำการแก้ไขโดยการขันแน่นข้อตอดังกล่าว จากนั้นจึงทำการคอนเฟิร์มเครื่องเติมน้ำมันเบรกโดยการนำรถอีก 6 คันมาทำการ Vacuum แล้ววัดค่าความดันสูญญากาศ ปรากฏว่าค่าความดันเป็นไปตามมาตรฐาน จึงทำการเติมน้ำมันเบรกแล้วนำรถทั้ง 6 คันไปตรวจสอบฟองอากาศที่อยู่ในระบบเบรก เพื่อคอนเฟิร์มการทำงานของเครื่องจักร ซึ่งผลของค่าฟองอากาศที่วัดได้ตรงตามมาตรฐาน

จากผลที่ได้เราจึงแน่ใจได้ว่าเครื่องเติมน้ำมันเบรกอยู่ในสถานะที่พร้อมจะผลิตและจะไม่ผลิตของเสียออกมา (Zero Defect) โดยที่ระหว่างการผลิตจะมีการสุ่มรถออกมาตรวจเช็คฟองอากาศที่อยู่ในระบบเบรกอยู่เสมอ เพื่อเป็นการคอนเฟิร์มการทำงานของเครื่องเติมน้ำมันเบรก



Title	Assurance control brake filling machine Case Study of a Toyota Motor Asia Pacific Engineering & Manufacturing CO., LTD
Candidate	Miss. Onpreeya Tubjeen
Advisor	Mr. Adisorn Thabethong
Field of Study	Production Engineer
Faculty	Engineering
B.E.	2556

Abstract

The vehicle industry currently has a high production rate. Time is important in the production. The less time is spent in production, the more products are delivered. Therefore, machine is important for production time reduction. However, we have to focus on quality of vehicle and driver's safety. With these reasons, I am interested in Brake filling machine and would like to research about this matter because the brake system is important for safety of driver.

This project is studied to confirm brake filling machine and solve the problem about vacuum pressure of brake system that does not follow the standard. The goal of this project is to set vacuum pressure and air bubble in brake system following the standard in order to avoid air bubble in the brake system. Tools which are used this project are "Pirani gauge sensor" for measuring vacuum pressure and "Special tool for bubble check" for measuring air bubble. The operation of Brake filling machine is to vacuum brake system before filling oil in brake system. In an experimental study, 10 cars are used as samples. All cars are vacuumed and their vacuum pressure is recorded. The result of study is that vacuum pressure of vehicle number 1-4 does not meet the standard. Therefore, I analyze the causes of problem based on the principles of Toyota such as Deming or PDCA, 5 Why, principles of Toyota Business Practice (TBP), Zero Defect and Fishbone chart etc. From analysis, I found that the joint of Top gun vacuum sensor is leaking. After that, I solve the problem by tightening the joint, then confirm brake filling machine by vacuuming another 6 vehicles and recording their vacuum pressure. The result appears that the pressure is correct as noted in the standard. Then, I fill brake oil into the system and check air

bubble of those 6 vehicles in order to confirm machine function. The result of this experiment is air bubbles measure meets the standard

From the result, I am confident that brake filling machine is ready for vehicle production and will not cause waste (Zero Defect). To confirm the condition of brake filling machine, the vehicle manufacture will randomly check the air bubble in brake system when production is running



กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบริษัท โตโยต้ามอเตอร์เอเซียแปซิฟิคเอ็นจิเนียริงแอนด์แมนูแฟคเจอร์
ที่มอบโอกาสให้ข้าพเจ้าได้มีประสบการณ์การทำงานจริงทั้งในโรงงานอุตสาหกรรม และ อีกทั้งยัง
ได้เรียนรู้สิ่งต่างๆมากมาย ซึ่งเป็นสิ่งมีค่าที่ข้าพเจ้าไม่สามารถหาได้จากห้องเรียน ทั้งด้านความรู้ทาง
วิชาการ การปฏิบัติ ตลอดจนการทำงานร่วมกับผู้อื่น เพื่อเป็นประโยชน์ในการนำไปประยุกต์ใช้กับ
การทำงานของข้าพเจ้าในอนาคต

และขอขอบคุณ พี่ๆฝ่าย SEIBI ทุกท่านที่คอยให้ความรู้ ความเอ็นดู ความช่วยเหลือ และให้
การดูแลเป็นอย่างดีตลอดระยะเวลาการฝึกงานซึ่งไม่อาจจะกล่าวถึงได้ทุกท่าน ผู้เขียนต้องขอภัย
ทุกท่านเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ด้วย รายงานโครงงานฉบับนี้ จะสำเร็จลุล่วงไปมิได้ หากขาดความ
ช่วยเหลือของคุณณรงค์ มุกเมธิเสถียร (Manager), คุณอดิศร แถบทอง (Assistant Manager),
Oota Tomomi, คุณณัฐนันท์ ดันดิฤทธิศักดิ์, คุณพายุ แก่นสิงห์ และคุณชานาญ เลิศวัลลภาชัย ผู้คอย
ให้ความรู้และข้อมูลสนับสนุนต่างๆเป็นอย่างดีรวมถึงอาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ไทรสิทธิ์ เบญจ
บุญยสิทธิ์ ที่ให้คำแนะนำต่างๆตลอดการฝึกงาน 4 เดือน จึงขอขอบพระคุณทุกท่านที่ให้ทั้งความ
อบอุ่น และประสบการณ์ดีๆมากมาย ผู้เขียนมีความซาบซึ้งในความกรุณาอันดีเยี่ยมจากทุกท่าน และ
ขอกราบขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

นางสาว อรปรีชา ทับจิ้น

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	๗
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	๘
กิตติกรรมประกาศ	๙
สารบัญ	๑๐
รายการตาราง	๑๑
รายการรูปประกอบ	๑๒
บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 ชื่อและที่ตั้งของสถานประกอบการ	1
1.2 ลักษณะธุรกิจของสถานประกอบการ	3
1.3 รูปแบบการจัดองค์กร และการบริหารองค์กร	9
1.4 ตำแหน่งและหน้าที่งานที่นักศึกษาได้รับมอบหมาย	15
1.5 พนักงานที่ปรึกษา และตำแหน่งของพนักงานที่ปรึกษา	15
1.6 ระยะเวลาที่ปฏิบัติงาน	16
1.7 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	16
1.8 วัตถุประสงค์ของการปฏิบัติงานหรือโครงการที่ได้รับมอบหมายให้ปฏิบัติ	17
1.9 ผลที่คาดว่าจะได้รับจากการปฏิบัติงานหรือโครงการที่ได้รับมอบหมาย	18
บทที่	
2. ทฤษฎีและเทคโนโลยีที่ใช้ในการปฏิบัติงาน	19
2.1 ทฤษฎีเชิงนโยบาย	19
2.1.1 TOYOTA WAY (2001)	21
2.1.2 KAMBAN	23
2.1.3 TOYOTA BUSINESS PRACTICES	24
2.1.4 แผนผังก้างปลา (Fishbone Diagram)	25
2.1.5 Why-Why Analysis (การวิเคราะห์ปัญหาด้วยหลักการทำไม-ทำไม)	28

2.2.ทฤษฎีเชิงปฏิบัติการ	34
2.2.1.หลักการสำคัญของระบบเบรก	34
2.2.2.ชนิดของเบรก	43
2.2.3.ระบบช่วยผ่อนแรงการเหยียบเบรก	46
2.2.4.อาการเบรกแบบต่างๆ	48
2.2.5.ระบบเพื่อความปลอดภัยเสริม	51
2.3. เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับโครงงาน	56
2.3.1. Brake Filling Machine	56
2.3.1.1. ขั้นตอนการทำงานของเครื่องเติมน้ำมันเบรก	57
2.3.2. Pirani Gauge Sensor	59
2.3.2.1. ส่วนประกอบของ Pirani Gauge	60
2.3.2.2. การทำงาน Pirani Gauge	60
บทที่	
3. แผนงานการปฏิบัติงานและขั้นตอนการดำเนินงาน	61
3.1 แผนปฏิบัติงาน	61
3.2 รายละเอียดโครงงาน	64
3.2.1. เครื่องมือที่ใช้ใน โครงงาน	64
3.2.2. การเก็บรวบรวมข้อมูล	67
3.3. ขั้นตอนการดำเนินงานและการวิเคราะห์ข้อมูลโครงงาน	72
3.3.1. แผนการปฏิบัติโครงงาน	72
3.3.2. แผนกำหนดการของเครื่องเติมน้ำมันเบรก	72
3.3.3. แผนผังของโรงประกอบ	73
3.3.4. Break down the Problem	74
3.3.5. เป้าหมาย (Set Target)	75
3.3.6. วิเคราะห์ปัญหา (Analyze the Problem)	75
3.3.7. Confirmation method	77
บทที่	
4. สรุปผลการดำเนินงาน การวิเคราะห์และสรุปผลต่างๆ	78

4.1 ผลการดำเนินงาน	78
4.2 วิเคราะห์ผลการดำเนินงาน	86
4.3 วิเคราะห์ข้อมูลโดยเปรียบเทียบผลที่ได้รับกับวัตถุประสงค์	93

บทที่

5. บทสรุปและข้อเสนอแนะ	96
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน โครงการ	96
5.1.1. สรุปขั้นตอนการดำเนินงานของเครื่องเติมน้ำมันเบรค	96
5.1.2. ค่า Standard Target	97
5.1.3. ปัญหาที่พบ	97
5.2 แนวทางการแก้ไขปัญหา	98
5.3 ข้อเสนอแนะจากการดำเนินงาน	99

เอกสารอ้างอิง

ภาคผนวก

ประวัติผู้จัดทำโครงการ



รายการตาราง

ตาราง	หน้า
1.1 Model Lineup ในแต่ละประเทศ	3
1.2 Sales Satisfaction Index และ Customer Satisfaction Index Ranking ใน AP Region	4
2.1 แสดงขั้นตอนการทำงานของเครื่องเติมน้ำมันเบรค	57
3.1 รายละเอียดของแผนการปฏิบัติงานในภาพรวม	63
3.2 รายละเอียดของแผนการปฏิบัติงาน	63
3.3 ค่า Standard Setting ของเครื่องเติมน้ำมันเบรค	68
3.4 แบบฟอร์มตารางที่ใช้ในการบันทึกค่า Vacuum	69
3.5 แบบฟอร์มตารางที่ใช้ในการบันทึกค่า Bubble check	70
3.6 แสดงค่า Standard Setting ของ Pirani Gauge Sensor	70
3.7 รายละเอียดของแผนการปฏิบัติงาน	72
3.8 กำหนดการของเครื่องเติมน้ำมันเบรค	72
4.1 แสดงค่า Standard Setting ของ Pirani Gauge Sensor	78
4.2 แสดงกราฟ Vacuum ที่ได้จาก Pirani Gauge Sensor	79
4.3 ค่า Standard Setting ของเครื่องเติมน้ำมันเบรค	84
4.4 ค่า Vacuum ที่อ่านได้จากหน้าจอมอนิเตอร์ของเครื่องเติมน้ำมันเบรค	84
4.5 ค่าฟองอากาศ (Bubble) ที่ได้จาก Special Tool for bubble check	85
5.1 แสดงค่า Standard Target ของ Pirani Gauge Sensor	97

รายการรูปประกอบ

รูป	หน้า	
1.1	ที่ตั้งของบริษัทTMAP-EM	2
1.2	สัญลักษณ์บริษัท TOYOTAและTMAP-EM	2
1.3	การปรับปรุง VIGO รุ่น C-Cab ให้มี Access Door	6
1.4	การพัฒนาเครื่องยนต์ และระบบต่างๆให้รองรับ CNG	6
1.5	KI-J Activity	7
1.6	การส่งพนักงานในเครือโตโยต้าเข้ามาฝึกอบรมที่ประเทศในภูมิภาคเอเชียแปซิฟิก	8
1.7	แผนผังองค์กรโดยภาพรวม	9
1.8	แผนผังฝ่ายภายในของTMAP-EM Human Resources Division	10
1.9	White Kanban	11
1.10	Pink kanban	12
1.11	Yellow Kanban	12
1.12	Green Kanban	13
1.13	แผนผังรายละเอียดสรุปการทำงานของแผนก Assembly SEIBI	14
1.14	แผนผังแสดงที่มาและความสำคัญของปัญหา	17
2.1	แสดงกระบวนการของ PDCA Cycle	21
2.2	แสดง Kanban	23
2.3	แสดงขั้นตอนของ TBP	25
2.4	แสดงการเขียนผังก้างปลา	27
2.5	วิธีการคิดแบบ Why-Why Analysis	29
2.6	ทำไมโบลท์จึงไม่หมุน	30
2.7	ทำไมแท่งค้ำน้ำจึงบุบเข้าข้างในขณะปั้มน้ำออก	31
2.8	ทำไมแกนของสกรูคอนเวเยอร์จึงหัก	31
2.9	การบริหารข้อเท็จจริง เพื่อการแก้ปัญหา	33
2.10	แสดงหลักการของคานเพิ่มแรง	34
2.11	การทำงานของระบบไฮดรอลิกเบื้องต้น	35
2.12	เปรียบเทียบระหว่างอุปกรณ์ไฮดรอลิกและอุปกรณ์ทางกล	36

2.13	การใช้งานระบบไฮดรอลิก	36
2.14	อุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของระบบไฮดรอลิก	37
2.15	เปรียบเทียบการควบคุมทางกลไกและไฮดรอลิก	37
2.16	วาล์วปลดแรงดัน (Relief Valve)	38
2.17	จุดต่อพ่วงสำหรับใส่อุปกรณ์เพิ่ม	38
2.18	แรงดันในระบบกระทำเท่ากันทุกทิศทาง	39
2.19	แรงที่เกิดขึ้นในระบบมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับพื้นที่กระบอกสูบ	39
2.20	แสดงการไหลของของไหล	40
2.21	เปรียบเทียบการเคลื่อนที่ของกระบอกสูบต่างขนาด	41
2.22	เปรียบเทียบระบบไฮดรอลิกกับร่างกายของคนเรา	42
2.23	แสดงระบบเบรกของรถยนต์	43
2.24	ครั้มเบรก	44
2.25	ดิสก์เบรก	45
2.26	แสดงการทำงานของดิสก์เบรก	45
2.27	แสดงความแตกต่างระหว่างการทำงานของดิสก์เบรกกับการทำงานของครั้มเบรก	46
2.28	แสดงการทำงานของหม้อลมเบรก	47
2.29	หม้อลมเบรก	47
2.30	คาร์บริเปอร์เบรกที่ยึดกันไม่แน่น	49
2.31	สายอ่อนเบรก	50
2.32	การทำงานของระบบเบรก ABS	53
2.33	ส่วนประกอบระบบเบรก ABS	54
2.34	เซ็นเซอร์ ABS	55
2.35	ชุดลิ้นควบคุมแรงดันไฮดรอลิกส์	55
2.36	Brake Filling Machine (ด้านหน้า)	56
2.37	Brake Filling Machine (ด้านข้าง)	57
2.38	แสดงขั้นตอนการทำงานของเครื่องเติมน้ำมันเบรก	58
2.39	Monitor แสดงค่า Pre-vacuum check, Vacuum check, Leak – check และ Filling โดยแสดงค่า standard ไว้ด้วย	59
2.40	Pirani Gauge	59
2.41	Block diagram of Pirani gauge	60

รูป	หน้า
3.1 ภาพรวมแผนการปฏิบัติงาน	62
3.2 Brake Filling Machine (ด้านหน้า)	64
3.3 Brake Filling Machine (ด้านหลัง)	64
3.4 Pirani Gauge Sensor ที่ใช้ในการปฏิบัติงาน	65
3.5 แสดงตำแหน่งของ Pirani Gauge ที่นำไปต่อกับล้อของรถยนต์	65
3.6 Pirani Gauge Sensor ที่ต่อกับจอแสดงผล	66
3.7 กราฟที่แสดงค่าความดันที่ Pirani Gauge วัดได้	66
3.8 Special Tool for bubble check และตำแหน่งที่เช็คฟองอากาศในระบบเบรก	67
3.9 หน้าจอมอนิเตอร์ของเครื่องเติมน้ำมันเบรก	68
3.10 แสดงค่า Standard Setting ของ Special Tool for bubble check	69
3.11 กราฟมาตรฐานที่ได้จาก Pirani Gauge Sensor	71
3.12 ตัวอย่างกราฟที่ได้จาก Pirani Gauge Sensor ที่ต่อกับจอแสดงผล	71
3.13 ฟังแสดง Layout ของโรงประกอบ	73
3.14 Break Down the Problem	74
3.15 ฟังแสดงปัญหาที่เกิดขึ้นและเป้าหมายที่ตั้งไว้	75
3.16 ฟังแสดงการวิเคราะห์ปัญหา	76
3.17 ฟังแสดงขั้นตอนการ Confirm Machine	77
4.1 กราฟมาตรฐานที่ได้จาก Pirani Gauge Sensor	78
4.2 แสดงความผิดปกติของกราฟของรถคันที่ 1	86
4.3 แสดงความผิดปกติของกราฟและค่า Vacuum ของรถคันที่ 2	86
4.4 แสดงความผิดปกติของกราฟและค่า Vacuum ของรถคันที่ 3	87
4.5 แสดงความผิดปกติของกราฟและค่า Vacuum ของรถคันที่ 4	87
4.6 แสดงผังก้างปลาวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้น	88
4.7 5 Why แสดงการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา	88
4.8 แสดงตำแหน่งที่เกิดรูรั่ว	89
4.9 กราฟและค่า Vacuum ของรถคันที่ 5 ซึ่งตรงตามมาตรฐาน	89
4.10 กราฟและค่า Vacuum ของรถคันที่ 6 ซึ่งตรงตามมาตรฐาน	90
4.11 กราฟและค่า Vacuum ของรถคันที่ 7 ซึ่งตรงตามมาตรฐาน	90

รูป	หน้า
4.12 กราฟและค่า Vacuum ของรถคันที่ 8 ซึ่งตรงตามมาตรฐาน	90
4.13 กราฟและค่า Vacuum ของรถคันที่ 9 ซึ่งตรงตามมาตรฐาน	91
4.14 กราฟและค่า Vacuum ของรถคันที่ 10 ซึ่งตรงตามมาตรฐาน	91
4.15 แสดงค่า Vacuum ของรถคันที่ 5-10 ที่ได้จากหน้าจอมอนิเตอร์	92
4.16 แสดงค่ารวมของฟองอากาศในระบบเบรกของรถคันที่ 5-10	92
4.17 กราฟแสดงค่า Vacuum ของล้อทั้ง 4 ล้อเมื่อเทียบกับค่า Standard Setting	93
4.18 กราฟแสดงค่า Vacuum ที่หัวปืน Vacuum เมื่อเทียบกับค่า Standard Setting	94
4.19 กราฟแสดงค่าฟองอากาศรวมของรถแต่ละคันเมื่อเทียบกับค่า Standard Setting	95
5.1 แสดงขั้นตอนการทำงานของเครื่องเติมน้ำมันเบรก	96
5.2 แสดงค่า Standard Target ของ Special Tool for bubble check	97
5.3 แสดงผังก้างปลาวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้น	97
5.4 5 Why แสดงการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา	98





บทที่ 1

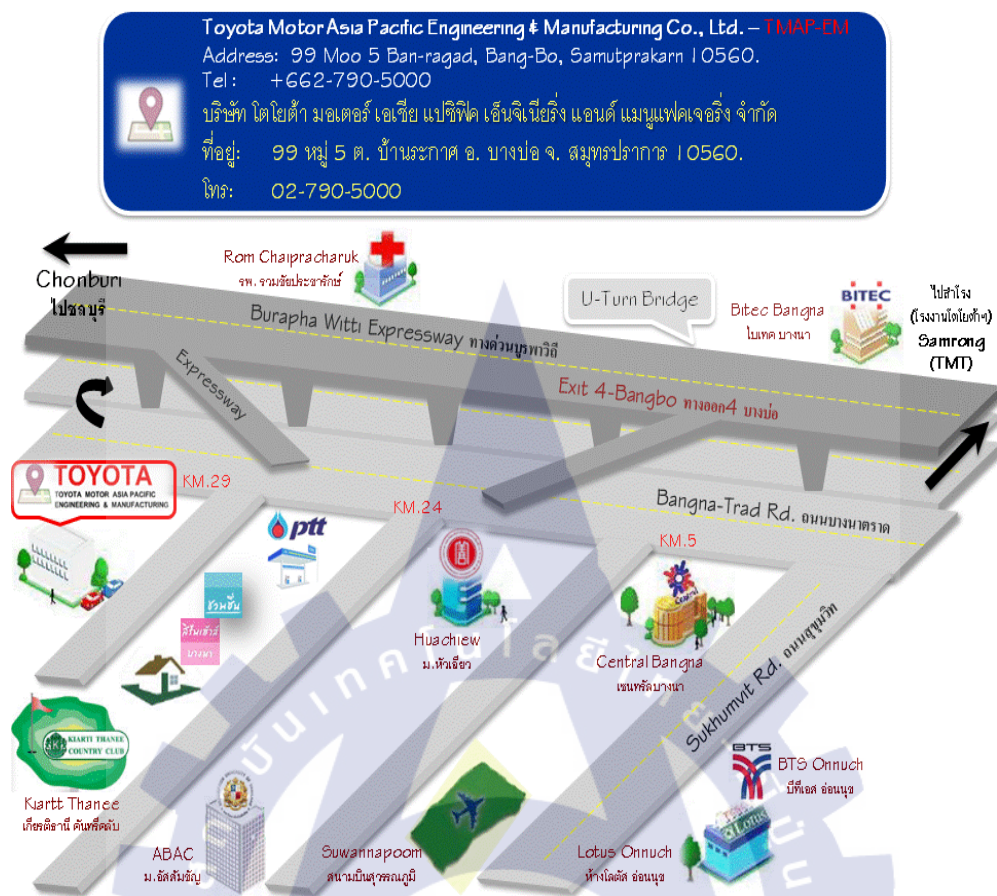
บทนำ

โครงการฉบับนี้ได้รวบรวมข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับการสหกิจศึกษา สถานที่ตั้งของบริษัท ความ เป็นมาของบริษัท รูปแบบการจัดการขององค์กร พนักงานที่ปรึกษา ขอบเขตของงานที่ได้รับ มอบหมาย แผนการปฏิบัติงาน วัตถุประสงค์และจุดมุ่งหมายของการทำโครงการ อุปกรณ์และ ขั้นตอนต่างๆในการปฏิบัติงาน สรุปผลที่ได้จากการปฏิบัติงาน รวมทั้งผลที่คาดว่าจะได้จากการทำ โครงการ

1.1 ชื่อและที่ตั้งของสถานประกอบการ

ชื่อสถานประกอบการ : TOYOTA MOTOR ASIA PACIFIC ENGINEERING
& MANUFACTURING CO., LTD. หรือ TMAP-EM

ที่ตั้งสถานประกอบการ : 99 หมู่ 5 ตำบลบ้านระกาศ อำเภอบางบ่อ
จังหวัดสมุทรปราการ 10560



รูปที่ 1.1 ที่ตั้งของบริษัท TMAP-EM



รูปที่ 1.2 สัญลักษณ์บริษัท TMAP-EM

1.2 ลักษณะธุรกิจของสถานประกอบการ หรือการให้บริการหลักขององค์กร

1.2.1 ประวัติความเป็นมา

เนื่องด้วยตลาดรถยนต์ในภูมิภาคเอเชียแปซิฟิกมีอัตราการขยายตัวเพิ่มมากขึ้นนับตั้งแต่ปี 2002 ถึง 2010 มีอัตราการขยายตัวเพิ่มขึ้นถึง 96% ถึงแม้ว่าภูมิภาคเอเชียแปซิฟิกจะมี GDP ต่อจำนวนประชากรที่ต่ำเมื่อเทียบกับภูมิภาคอื่น แต่ประชากรยังคงใช้รถยนต์เป็นจำนวนมาก อาทิเช่น ประเทศออสเตรเลียที่มี Car Ownership Ratio สูงถึง 67% และเขตเมืองเช่น กรุงเทพฯ และจาการ์ตา ที่มีอัตราสูงถึง 48% และ 46% ตามลำดับมากกว่าในหลายๆประเทศ ซึ่งทำให้โตโยต้าพัฒนาให้มีการผลิตรถยนต์รุ่นต่างๆที่ใช้ในภูมิภาคเอเชียแปซิฟิก เช่น Fortuner, Vios, Avanza, Camry, Corolla, Prius และ Innova เป็นต้น

เพื่อเป็นการลดต้นทุนในการขนส่งและเพิ่มกำลังการผลิต โตโยต้าได้จัดตั้งบริษัทและโรงงานต่างๆขึ้น 17 บริษัท ใน 11 ประเทศทั่วภูมิภาคเอเชียแปซิฟิก และมีกิจการในเครืออีกมากมายทั้ง Daihatsu, Hino, Toyota Auto Body ฯลฯ ทั้งนี้เพื่อพัฒนาชิ้นส่วนอะไหล่ และวัตถุดิบ พร้อมทั้งสนับสนุนการดำเนินการผลิตให้กับบริษัทในเครือของโตโยต้าในภูมิภาคเอเชียแปซิฟิก และรวมถึงการตอบสนองความต้องการของลูกค้าที่มีจำนวนมากทำให้ได้ประสิทธิภาพ บริษัทโตโยต้าจึงได้มีการจัดตั้งสำนักงานใหญ่ที่จะดูแลบริษัทโตโยต้าต่างๆในภูมิภาคเอเชียแปซิฟิกขึ้น ซึ่งมีชื่อเรียกว่า Toyota Motor Asia Pacific (TMAP)

ตารางที่ 1.1 Model Lineup ในแต่ละประเทศ

● : Export Base ○ : Production For Domestic Market * : Import of CBU

Model	Passenger Car						Minivan		SUV	Commercial Vehicle		
												
Country	Etios	VIOS	YARIS	COROLLA	CAMRY	Prius	WISH	AVANZA	INNOVA	FORTUNER	IMV (1-3)	HIACE
Thailand		●	●	●	●	○		* ADM	* TMIN	●	●	* TMC&ASSB
Indonesia		* TMT	* TMT	* TMT	* TMT	* TMC	● (ADM)	●	●	●	* TMT	
Malaysia		○		* TMT	* TMT	* TMC		* TIMMIN	○	○	○	* TMT
Philippines		○	* TMT	* TMT	* TMT	* TMC		* ADM	○	* TMIN	* TMT	* TMC
Vietnam		○	* TMT	○	○				○	○	* TMT	○
Taiwan		○	○	●	○	* TMC	○		○			
India	●	Old Model		○	* TMC	* TMC			○	○		
Pakistan				○	* TMC					* TMT	○	* TMT
Australia			* TMC	* TMC	●	* TMC					* TMT	* TMC

ที่มา : TMAP Corporate Profile 2012 (ข้อมูลจากปี 2011)

ตารางที่ 1.2 Sales Satisfaction Index และ Customer Satisfaction Index Ranking ใน AP Region

	SSI Ranking		CSI Ranking	
	2010	2011	2010	2011
Indonesia	1	1	1	2 ↓
Thailand	1	4 ↓	1	1
Philippines	5	4 ↑	1	6 ↓
Malaysia	3	4 ↓	2	6 ↓
Vietnam	2	3 ↓	1	3 ↓
Taiwan	4	3 ↑	4	3 ↑
India	4	5 ↓	6	6

ที่มา : TMAP Corporate Profile 2012 (ข้อมูลจากปี 2011)

1.2.2 ข้อมูลทั่วไป และขอบเขตการทำงาน

Toyota Motor Asia Pacific หรือ TMAP ได้ถูกจัดตั้งแยกเป็น 2 บริษัทซึ่งมีขอบเขตการทำงานที่ต่างกัน ดังนี้

1. Toyota Motor Asia Pacific Marketing & Sale (TMAP-MS)

ก่อตั้ง	1 เมษายน 1990
ชื่อบริษัท	Toyota Motor Asia Pacific, Pte Ltd.
สถานที่ตั้ง	ประเทศสิงคโปร์
ทุนจดทะเบียน	6 ล้านดอลลาร์
ผู้ถือหุ้น	Toyota Motor Corporation (TMC) ถือหุ้น 100%
ขอบเขตการทำงาน	Administration / Marketing & Sales / Customer Service / Independent Units (Accounting / Internal Audit / CR Support Office)

2. Toyota Motor Asia Pacific Manufacturing & Manufacturing (TMAP-EM)

ก่อตั้ง	1 เมษายน 2007
ชื่อบริษัท	Toyota Motor Asia Pacific, Engineering & Manufacturing Co., Ltd.
สถานที่ตั้ง	ประเทศไทย (อำเภอบางบ่อ จังหวัดสมุทรปราการ)
ทุนจดทะเบียน	1.3 พันล้านบาท
ผู้ถือหุ้น	Toyota Motor Corporation (TMC) ถือหุ้น 100%
ขอบเขตการทำงาน	Technical Center / Production / Purchasing / Production Engineering / Manufacturing Support / Quality / Administration / Customer Service / Independent Units
จำนวนพนักงาน	2,416 คน มีทั้งพนักงานสัญชาติไทย และสัญชาติต่างๆอีก 15 สัญชาติ

1.2.3 กิจกรรมของ TMAP

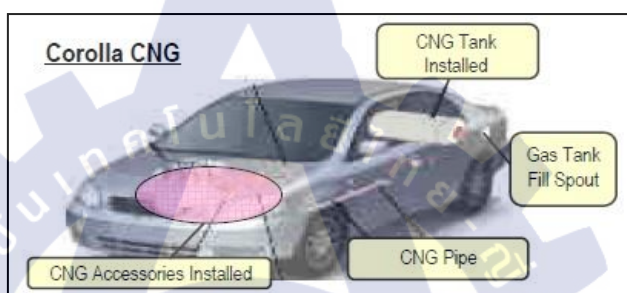
กิจกรรมของ TMAP จะตั้งอยู่บน AP Region Hoshin (นโยบายของภูมิภาคเอเชียแปซิฟิก) ซึ่งจะประกอบด้วย 3 เสาหลัก ได้แก่

เสาที่ 1 Development/Enhancement of Region-led Products

Development/Enhancement of Region-led Products เป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้เหมาะสม สามารถตอบสนองต่อการใช้งานของผู้บริโภคในภูมิภาคเอเชียแปซิฟิกได้เป็นอย่างดี อาทิ เช่น การพัฒนารถกระบะรุ่น C-Cab ให้มี Access Door เพื่อให้ผู้บริโภคสามารถใช้ประโยชน์ของห้องโดยสารได้อย่างสะดวกสบายยิ่งขึ้น หรืออาจจะเป็นการพัฒนาเครื่องยนต์ และระบบต่างๆให้สามารถรองรับการใช้พลังงานทางเลือกได้อย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัย ซึ่งเป็นนโยบายของรัฐบาลในหลายๆประเทศ ทำให้มีค่าใช้จ่ายด้านพลังงานลดลง เป็นต้น



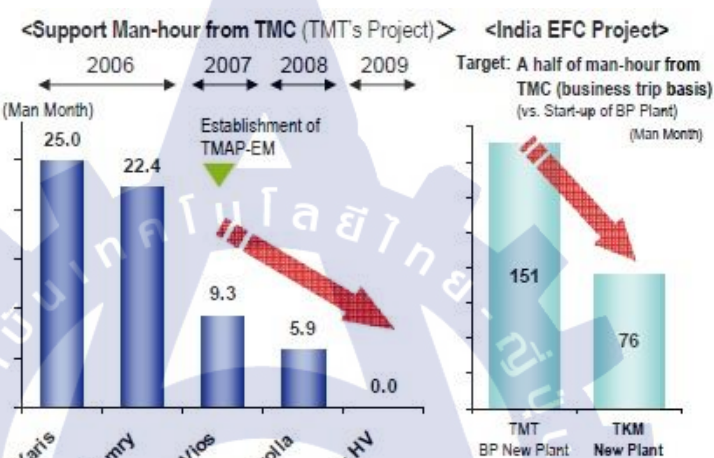
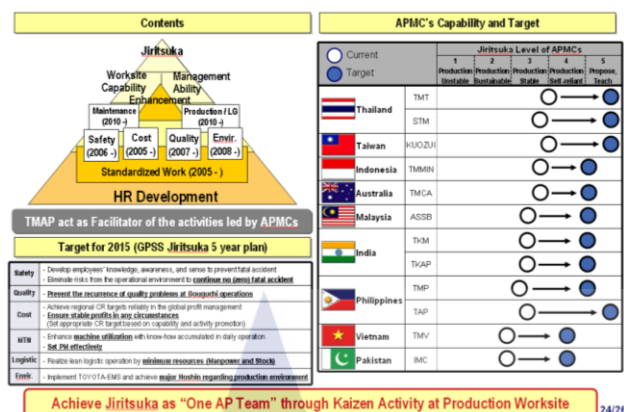
รูปที่ 1.3 การปรับปรุง VIGO รุ่น C-Cab ให้มี Access Door



รูปที่ 1.4 การพัฒนาเครื่องยนต์ และระบบต่างๆให้รองรับ CNG

เสาที 2 Planning/Implementation of Region-led Projects

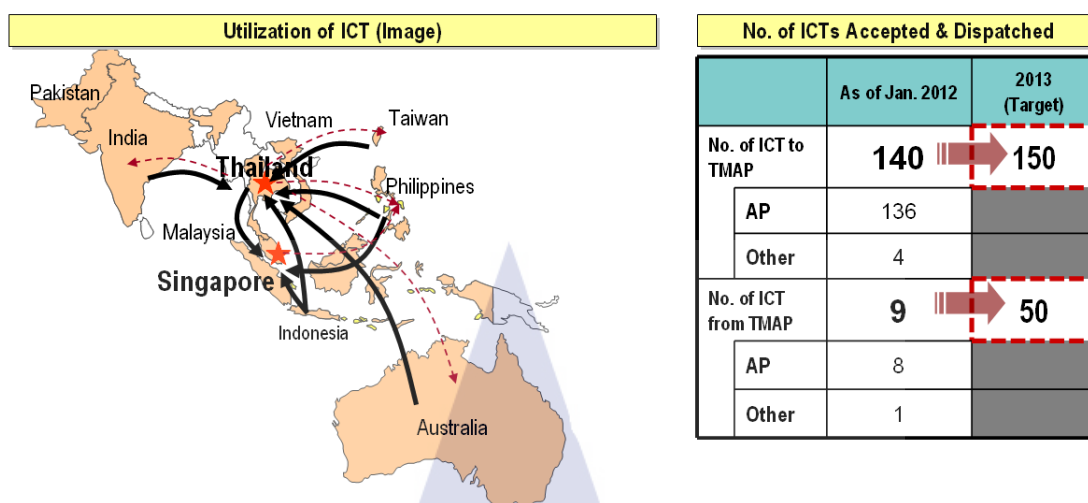
Planning/Implementation of Region-led Projects ทำหน้าที่วางแผนหรือทำให้โครงการต่างๆในภูมิภาคเอเชียแปซิฟิกประสบความสำเร็จยกตัวอย่างเช่นการนำกลยุทธ์ Localization มาใช้ ซึ่งเล็งเห็นถึงลักษณะเฉพาะของกลุ่มตลาดเมืองไทยว่า คนไทยต้องการใช้รถที่ใช้งานได้ บรรทุกได้ แต่ในขณะเดียวกันก็สามารถใช้เป็นรถของครอบครัวที่ใช้ในวันหยุดและสามารถสะท้อนให้เห็นฐานะทางสังคมของผู้ขับได้จึงออกแบบรถโตโยต้า รุ่น Sport Rider ขึ้นมาตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคคนไทย และมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง จนปัจจุบันพัฒนามาเป็นโตโยต้ารุ่น Fortuner และยังส่งออกไปจำหน่ายในตลาดโลกกว่า 90 ประเทศ หรือว่าจะเป็นโครงการ “KI-J Activity” ซึ่งเป็นการวางแผนให้บริษัทและโรงงานประกอบต่างๆในภูมิภาคเอเชียแปซิฟิกสามารถพัฒนาจนดูแลตนเองได้(Jiritsuka)



รูปที่ 1.5 KI-J Activity

เสาที่ 3 HR Development in Asia Pacific Region

HR Development in Asia Pacific Region มุ่งเน้นที่จะพัฒนาทรัพยากรบุคคลในภูมิภาคเอเชียแปซิฟิกให้มีศักยภาพในการทำงานได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งใน TMAP จะมีโครงการ The Intra Company Transferee (ICT) Program ซึ่งโครงการนี้จะเป็นการส่งพนักงานจากบริษัทในเครือแต่ละประเทศไปทำงานและฝึกอบรมที่ประเทศญี่ปุ่น หรืออาจเป็นประเทศในภูมิภาคเอเชียแปซิฟิก โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาบุคลากรให้สามารถนำความรู้และทักษะต่างๆที่ได้รับกลับไปพัฒนาบริษัทในเครือของตนทั้งในประเทศ และต่างประเทศในภูมิภาค



Accelerate intra-regional relocation including dispatching ICTs from TMAP to affiliates

รูปที่ 1.6 แสดงถึงการส่งพนักงานบริษัทในเครือโตโยต้า
เข้ามาฝึกอบรมที่ประเทศในภูมิภาคเอเชียแปซิฟิก



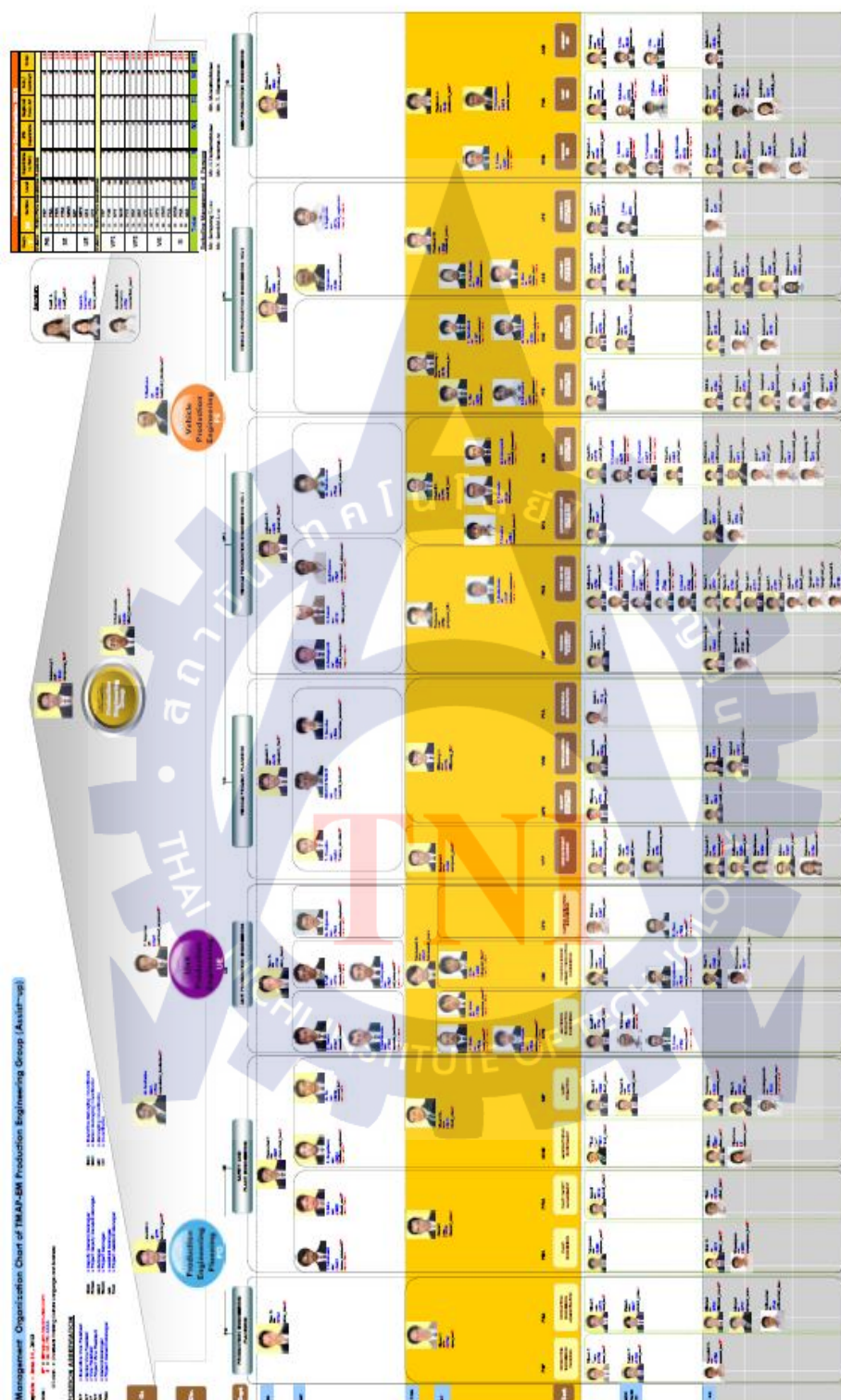
1.3 รูปแบบการจัดองค์กรและการบริหารองค์กร

1.3.1 รูปแบบการจัดองค์กร

โครงสร้าง องค์กร	ระดับ	โครงสร้างตำแหน่ง			
		Line Mgr Career Path	Project Career Path	Coordinator Career Path	Advisor Career Path
บริษัท	President	กรรมการผู้จัดการใหญ่			
กลุ่มงาน	EVP	รองกรรมการผู้จัดการใหญ่ (EVP)	รองกรรมการผู้จัดการใหญ่ โครงการ (PEVP)	ผู้ประสานงานกรรมการผู้จัดการใหญ่ (EMC)	ที่ปรึกษาการจัดการอาวุโส (SEA)
สายงาน	VP	ผู้ช่วยกรรมการผู้จัดการใหญ่ (VP)	ผู้ช่วยกรรมการผู้จัดการใหญ่ โครงการ (PVP) / หัวหน้าทีมวิศวกร (CE)*		ที่ปรึกษาการจัดการ (EA)
ฝ่าย	G9	ผู้อำนวยการ (GM)	ผู้อำนวยการโครงการ (PGM)	ผู้ประสานงานบริหารอาวุโส (SMC)	ที่ปรึกษาอาวุโส (SA)
	G8	รองผู้อำนวยการ (DGM)	รองผู้อำนวยการโครงการ (PDGM)	ผู้ประสานงานบริหาร (MC)	
แผนก	G7	ผู้จัดการ (MGR)	ผู้จัดการโครงการ (PMGR)	ผู้ประสานงาน (CO)	
	G6	ผู้ช่วยผู้จัดการ (AM)	ผู้ช่วยผู้จัดการโครงการ (PAM)		
	G5	เจ้าหน้าที่ประจำฝ่ายอาวุโส / วิศวกรอาวุโส / เจ้าหน้าที่ธุรการอาวุโส / เลขานุการอาวุโส	หัวหน้างาน		
	G4	เจ้าหน้าที่ประจำฝ่าย / วิศวกร / เจ้าหน้าที่ธุรการ / เลขานุการ	ช่างเทคนิคอาวุโส		
	G3	เจ้าหน้าที่ธุรการ	ช่างเทคนิค / ผู้ช่วยช่างเทคนิค		
	G2		ผู้ช่วยช่างเทคนิค		
	G1				

รูปที่ 1.7 แผนผังองค์กรโดยภาพรวม

ที่มา TMAP-EM Organization Chart



รูปที่ 1.8 แผนผังฝ่ายภายในของTMAP-EM Human Resources Division

1.3.2 ข้อมูลเกี่ยวกับแผนก Assembly SEIBI

Assembly SEIBI Section หรือ ASB เป็นแผนกที่อยู่ในฝ่าย SEIBI Vehicle Production Engineering Department โดยมีหน้าที่ในการสนับสนุนการออกแบบ จัดเตรียม ติดตั้ง ตรวจสอบ และแก้ไขปัญหาของเครื่องจักรในกระบวนการประกอบรถยนต์ โดยมีเครื่องมือที่สำคัญ 2 อย่าง คือ Kanban System และ AMS (Assembly Machine Standard) ซึ่งความรับผิดชอบของแผนก Assembly SEIBI ครอบคลุมโรงงานการผลิตรถยนต์ของโตโยต้าทั่วทั้งภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ทั้งหมด

1.3.3 เครื่องมือที่สำคัญในการทำงานของ Assembly SEIBI

1.3.3.1 Kanban System

Kanban System ที่นำมาใช้กับการทำงานของ Assembly SEIBI คือ ป้ายที่แสดงให้ทราบถึงสถานะของเครื่องจักรนั้นๆ ว่าอยู่ในสถานะใด และทำให้ผู้ปฏิบัติงานทราบว่าขั้นตอนต่อไปควรทำอะไร มีทั้งหมด 4 อย่าง

1. White Kanban สำหรับตรวจสอบเกี่ยวกับการนำเครื่องจักรมาติดตั้ง และตรวจสอบระบบต่างๆของเครื่องจักร ซึ่งจะจัดทำเอกสารขึ้นมาเรียกว่า Check Sheet โดยอ้างอิงจากมาตรฐาน AMS (Assembly Machine Standard)

WHITE KANBAN					
IMPORTANT NOTICE!					
OPERATE BY SUPPLIER ONLY					
(NO FUSES ALLOWED IN BUS PLUGS UNTIL AFTER WHITE KANBAN SIGN-OFF. NO POWER ON ALLOWED)					
Responsible Person _____					
Equipment ID _____					
Equipment Name _____					
Asset No. _____					
Sign off Date		Planned		Actual	
White Kanban Sign off Signature					
Contractor	ASE	SEIBI	UT	MTN	
The signatures above imply completion of requirements to shift to Pink Kanban					
Sign off Inspection Result					
No	Check Item	Checked of Date			
		Inspector	Schedule Date	Actual Date	
1	Form Plug in -> Distribution Board (use standard check sheet from utility)				
2	Check sheet confirm (Safety / ME / EE.)				
3	Installation Check (Position setting, Anchored, Tightening, Marked) (Request installation drawing for check)				
4	Hosing & Piping, Connected & Labeled, leak test, piping Routing OK				
5	Power_on (Reference by check sheet Major ohm Voltage)				
6	By-off completion (sing off)				

รูปที่ 1.9 White Kanban

2. Pink Kanban สำหรับการตรวจสอบด้านความปลอดภัยในทุกๆด้านของเครื่องจักร โดยจะอ้างอิงข้อมูลจากมาตรฐาน AMS (Assembly Machine Standard)

PINK KANBAN

IMPORTANT NOTICE!
OPERATE BY SEIBI

(ALL ACTIVITY MUST BE COORDINATED THROUGH THE EQUIPMENT SUPPLIER AND PRODUCTION ENGINEERING)

Responsible Person _____
Equipment ID _____
Equipment Name _____
Asset No. _____
Sign off Date _____ Planned _____ Actual _____

Pink Kanban Sign off Signature

ASE	SEIBI	Safety	MTN
-----	-------	--------	-----

The signatures above imply completion of requirements to shift to yellow Kanban

Sign off Inspection Result

No.	Check Item	Checked of Date		
		Person initials	Signature date	External date
1	Safety device check Completed 100% (Check Sheet of T.S.S, A-2-QA-2-1-A-2-2-A-2-3-A-4-QA-5-1-A-5-2)	Initial	Date	Date
2	Basic Functions of Equipment (Manual/Auto, Interlock, Porayoke)	Initial	Date	Date
3	Cycle time Interference, back up (All include check sheet inside box)	Initial	Date	Date
4		Initial	Date	Date

รูปที่ 1.10 Pink kanban

3. Yellow Kanban สำหรับตรวจสอบเกี่ยวกับฟังก์ชันการทำงานของเครื่องจักรเป็นหลัก และเก็บข้อมูลเกี่ยวกับเรื่องคุณภาพ (Quality Data)

YELLOW KANBAN

IMPORTANT NOTICE!
OPERATE BY MTN

(ALL REMAINING OR ADDITIONAL WORK TO THIS EQUIPMENT MUST BE COORDINATED AND APPROVED BY TOYOTA PE)

Responsible Person _____
Equipment ID _____
Equipment Name _____
Asset No. _____
Sign off Date _____ Planned _____ Actual _____

Yellow Kanban Sign off Signature

ASE	SEIBI	MTN	Production
-----	-------	-----	------------

The signatures above imply completion of requirements to shift to green Kanban

Sign off Inspection Result

No.	Check Item	Checked of Date		
		Person initials	Signature date	External date
1	100% of critical quality functional punch list completed	Initial	Date	Date
2	Quality check Cp Cpk (30 unit trial part, more)	Initial	Date	Date
3	Cycle time confirmation (Man+Machine)	Initial	Date	Date
4	Training for MTN. By SEIBI+ (supplier only support) Training for Pro. By ASE + (supplier only support)	Initial	Date	Date
5	Endurance test (On load 300 time, No load 3000)	Initial	Date	Date
6	Final working check All fasteners Tightening, I-mark AVI, QIS, communication system	Initial	Date	Date

รูปที่ 1.11 Yellow Kanban

4. Green Kanban เป็นป้าย Kanban ที่แสดงสถานะของเครื่องจักรว่า เครื่องจักรนั้นได้ทำการตรวจสอบในทุกๆเรื่องแล้ว ได้แก่ เรื่องการติดตั้ง เรื่องความปลอดภัย และเรื่องฟังก์ชันการทำงานของเครื่องจักร ซึ่งขั้นตอนการทำงานของ Green Kanban ก็คือ นำข้อมูลทั้งหมดมาจัดทำเอกสาร และเป็นการตรวจสอบทุกอย่างอีกครั้ง

GREEN KANBAN

IMPORTANT NOTICE!
OPERATE BY MTN

THIS EQUIPMENT HAS BEEN ACCEPTED AS SUBSTANTIALLY COMPLETE.
ALL REMAINING OR ADDITIONAL WORK TO THIS EQUIPMENT MUST BE COORDINATED AND
APPROVED BY TOYOTA PE

Responsible Person _____
Equipment ID _____
Equipment Name _____
Asset No. _____
Sign off Date _____ Planned _____ Actual _____

Green Kanban Sign off Signature

ASE	SEIBI	MTN	Production
-----	-------	-----	------------

The signatures above imply completion of requirements to shift to hand over

Sign off Inspection Result

No	Check Item	Checked of Date		
		Planned Date	Signature	Checked Date
1	More than 95% of punch items completed	_____	_____	_____
2	Required documents submitted (See the attached documents)	_____	_____	_____
3	Back up final program parameter at PLC (USB)	_____	_____	_____
4	Final drawing confirm at control panel	_____	_____	_____
45		_____	_____	_____

27 April 2013 (revision 1)

รูปที่ 1.12 Green Kanban

1.3.3.2 Assembly Machine Standard (AMS)

AMS เป็นมาตรฐานที่แผนก Assembly SEIBI ใช้อ้างอิงในการตรวจสอบการทำงานในด้านต่างๆของเครื่องจักร จากข้อมูลเรื่อง Kanban จะเห็นได้ว่าทุกๆ Kanban ต้องใช้ AMS ในการตรวจสอบเครื่องจักรในด้านต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น ด้านการติดตั้งเครื่องจักร ด้านความปลอดภัย และการตรวจสอบฟังก์ชันการทำงานของเครื่องจักร

1.3.4 ขั้นตอนการทำงานของ Assembly SEIBI

1.3.4.1. กระบวนการการออกสเปค (Specification Process) รวมทั้งการหาค่ามาตรฐานพื้นฐานสเปคของเครื่องจักรที่จะนำมาติดตั้ง มีขั้นตอนดังนี้

1.3.4.1.1. Spec เป็นการประชุมเพื่อรับข้อมูลเกี่ยวกับสเปคของเครื่องจักร และค่ามาตรฐานที่ใช้

1.3.4.1.2. DE (Digital Engineering) เป็นการจำลอง 3D ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อจำลองการทำงานของเครื่องจักร

1.3.4.1.3. Drawing จัดทำแบบวิศวกรรม (Drawing) และตรวจสอบ Drawing กับมาตรฐาน AMS

1.3.4.2. กระบวนการประกอบ (Assy, Trial Process) กระบวนการนี้จะอยู่ที่ผู้รับเหมาซึ่งบริษัทได้ว่าจ้างให้ประกอบเครื่องจักรขึ้นมา และ ASB (Assembly SEIBI) จะมีหน้าที่เข้าไปตรวจสอบเป็นระยะ มีขั้นตอนดังนี้

1.3.4.2.1. Feb & Assy เป็นกระบวนการขึ้นรูป และประกอบ ซึ่งเป็นหน้าที่ของผู้รับเหมา

1.3.4.2.2. Trial เป็นการทดลองการทำงานของเครื่องจักรที่สร้างขึ้นมา ซึ่งเป็นหน้าที่ของผู้รับเหมา

1.3.4.2.3. Buy Off เป็นขั้นตอนการส่งเครื่องจักรให้กับ ASB ถือว่าหมดหน้าที่ของผู้รับเหมา

1.3.4.3. กระบวนการติดตั้ง (Installation Process) เป็นกระบวนการติดตั้งเครื่องจักรโดยใช้ Kanban system เป็นเครื่องมือในการติดตามผล เพื่อให้ทราบสถานะของเครื่องจักร และและเป็นการตรวจสอบความปลอดภัยของเครื่องจักรด้วย

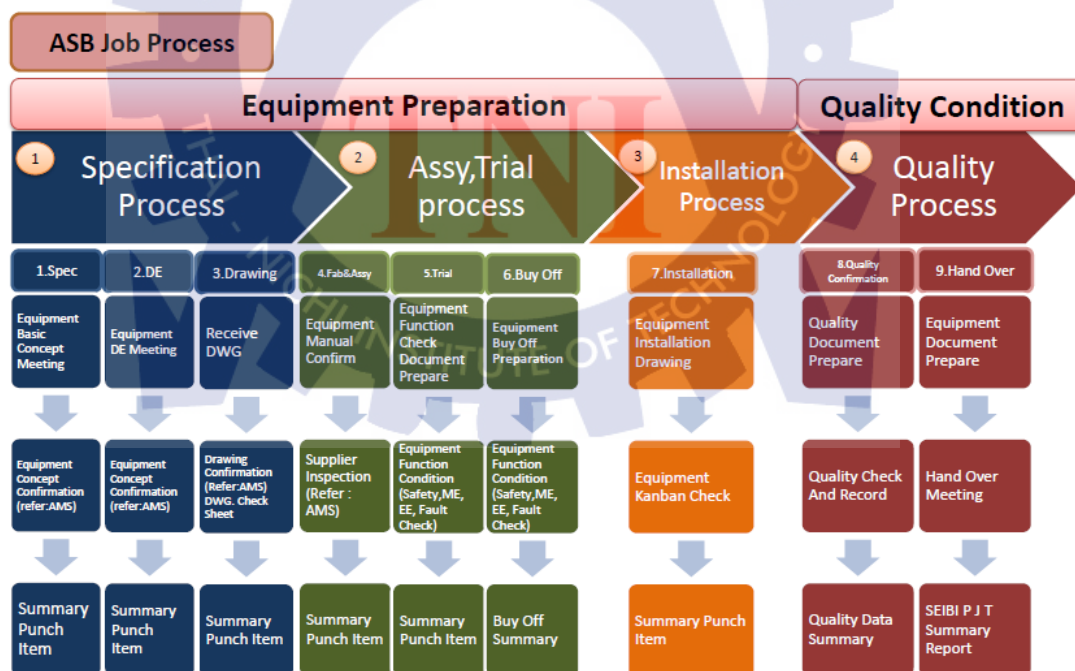
1.3.4.4. กระบวนการตรวจสอบคุณภาพ (Quality Process) เป็นการตรวจสอบคุณภาพของตัวเครื่องจักร และคุณภาพของผลผลิตที่ได้ออกมาจากเครื่องจักรนั้น มีขั้นตอนดังนี้

1.3.4.4.1. Quality Confirmation เป็นการตรวจสอบคุณภาพของผลผลิตที่ได้ออกมาจากเครื่องจักรหรือค่าต่างๆที่ได้ออกมาจากเครื่องจักร

1.3.4.4.2. Hand Over เป็นกระบวนการส่งต่อเครื่องจักรให้กับทางโรงงานดูแล ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วน

1.3.4.4.2.1. ส่วนที่เกี่ยวข้องกับการผลิต แผนก Production จะเป็นผู้ดูแล

1.3.4.4.2.2. ส่วนที่เกี่ยวข้องกับการซ่อมบำรุงเครื่องจักร แผนก Maintenance จะเป็นผู้ดูแล



รูปที่ 1.13 แผนผังรายละเอียดสรุปการทำงานของแผนก Assembly SEIBI

1.4 ตำแหน่งและหน้าที่งานที่นักศึกษาได้รับมอบหมาย

นางสาว อรปรีชา ทับจีน

MS. ONPREEYA TUBJEEN

TRAINEE

WELDING SEIBI

PAINT SEIBI

ASSEMBLY SEIBI

งานที่ได้รับมอบหมาย

- Master & Detail schedule
- Actual line observation
- Welding SEIBI job training
- Paint SEIBI job training
- Report Preparation
- Assembly SEIBI job training
- Final Report summary
- Present final report

1.5 พนักงานที่ปรึกษาและตำแหน่งของพนักงานที่ปรึกษา

นาย อติสร แถบทอง

MR. ADISORN THABETHONG

ASSISTANT MANAGER

SEIBI PRODUCTION ENGINEERING DEPARTMENT

ASSEMBLY SEIBI SECTION

นาย ณัฐนันท์ ตันติฤทธิศักดิ์

MR. NUTTANUN TANTIRITTISAK

ENGINEER

ASSEMBLY PRODUCTION ENGINEERING SECTION

VEHICLE PRODUCTION DEPARTMENT NO.2

1.6 ระยะเวลาที่ปฏิบัติงาน

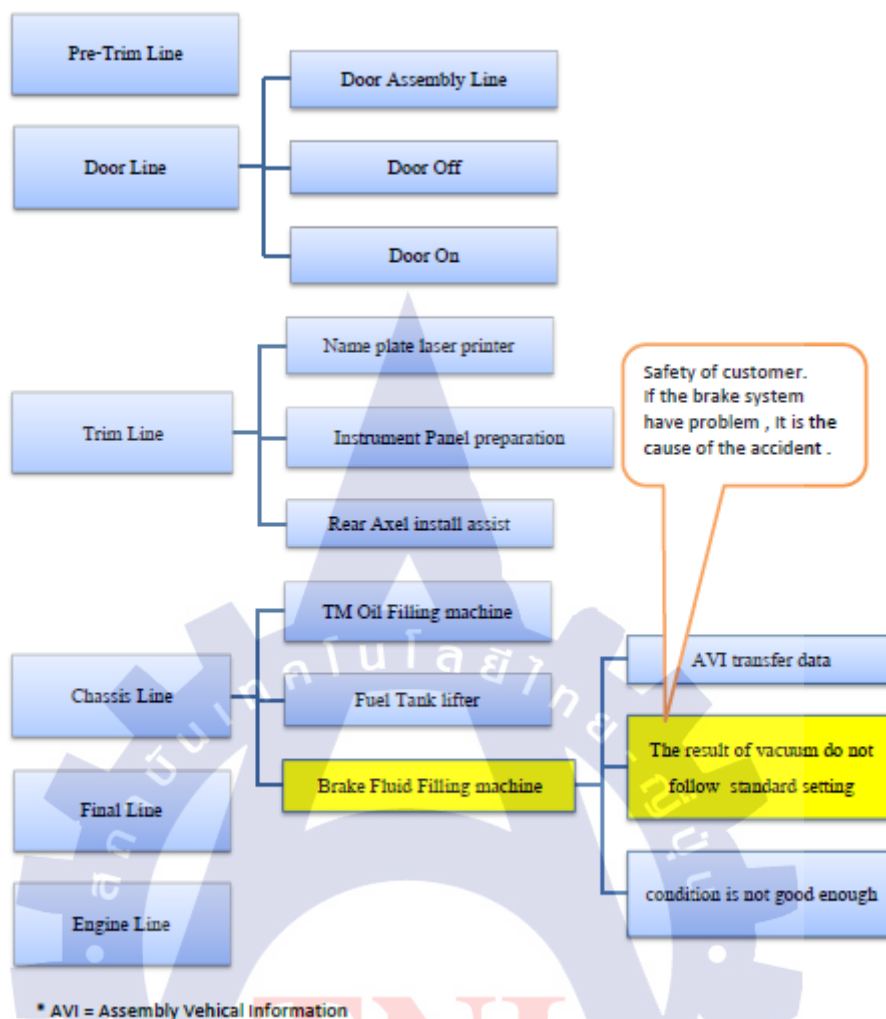
วันที่ 27 พฤษภาคม 2556 ถึง วันที่ 27 กันยายน 2556

1.7 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจาก บริษัท โตโยต้า ต้องการขยายกำลังการผลิต จึงได้ก่อตั้งโรงงานผลิตรถยนต์ขึ้นมาใหม่ ตั้งอยู่ที่นิคมอุตสาหกรรมเกตเวย์ซิตี้ ตำบล หัวสำโรง อำเภอ แพลงยาว จังหวัด ฉะเชิงเทรา ซึ่งงานที่แผนก Assembly SEIBI รับผิดชอบคือติดตั้งเครื่องจักร และแก้ไขปัญหาของเครื่องจักรที่ใช้ประกอบรถยนต์ทั้งหมดซึ่งอยู่ใน Pre-Trim line, Trim line, Door line, Final line, Chassis line และ Engine line แต่ละเครื่องจักรก็จะมีปัญหาและความร้ายแรงของปัญหาแตกต่างกัน ซึ่งเครื่องจักรที่ดิฉันสนใจจะแก้ปัญหาคือ เครื่องเติมน้ำมันเบรก (Brake Fluid Filling machine) ซึ่งอยู่ใน Chassis line

เหตุผลที่ดิฉันเลือกเครื่องเติมน้ำมันเบรกเพราะ ดิฉันคิดว่าระบบเบรกเป็นระบบที่สำคัญกับความปลอดภัยของผู้ขับขี่รถยนต์ ถ้าระบบเบรกของรถยนต์มีปัญหาจะเกิดอุบัติเหตุถึงแก่ชีวิตได้ โดยการทำงานของเครื่องเติมน้ำมันเบรกปกติ จะทำการดูดอากาศภายในระบบเบรกก่อน เราเรียกการดูดอากาศในระบบเบรกว่าการ Vacuum จนได้ค่าตามค่ามาตรฐาน ซึ่งการ Vacuum นี้จะทำครั้งเดียวต่อรถหนึ่งคัน จากนั้นจะทำการเติมน้ำมันเบรกลงไปจนถึงค่าที่ตั้งไว้ที่เครื่อง และการเติมน้ำมันเบรกจะต้องมีฟองอากาศอยู่ในระบบน้อยกว่า 0.2 cc

แต่ปัญหาที่เกิดขึ้นขณะนี้คือเมื่อทำการ Vacuum แล้วไม่ได้ค่าความดันตรงตามค่ามาตรฐาน ซึ่งการเกิดปัญหานี้ในการผลิตจริงจะทำให้กระบวนการทำงานไม่เป็นกระบวนการไหลอย่างต่อเนื่อง (Discontinuous Flow) และจะทำให้เกิดเวลาหยุด (Stop Time) เกิดขึ้น อีกทั้งถ้าการ Vacuum หรือการเติมไม่มีประสิทธิภาพอาจทำให้เกิดฟองอากาศขึ้นในระบบเบรก ซึ่งเป็นสิ่งที่ไม่ควรเกิดขึ้น



รูปที่ 1.14 แผนผังแสดงที่มาและความสำคัญของปัญหา

1.8 วัตถุประสงค์หรือจุดมุ่งหมายของการปฏิบัติงาน

- เพื่อให้นักศึกษาได้เข้าใจระบบการทำงานขององค์กรที่เข้าร่วมการสหกิจศึกษา
- เพื่อให้นักศึกษาได้เข้าใจถึงการปฏิบัติงานจริง
- เพื่อให้นักศึกษามีความเข้าใจเกี่ยวกับขอบเขตและหน้าที่การทำงานของแผนกที่นักศึกษา
ร่วมงาน และหน้าที่และบริการหลักๆบริษัทที่เข้าร่วมสหกิจศึกษา
- เพื่อให้นักศึกษาเข้าใจการปฏิบัติงานอยู่บนพื้นฐานความปลอดภัย
- เพื่อเตรียมความพร้อมให้กับนักศึกษาเกี่ยวกับ ความรับผิดชอบ การประยุกต์ใช้ความรู้กับ
งานที่ได้รับมอบหมาย ตลอดจนการนำเสนองานที่ได้รับมอบหมาย เพื่อนำไปปรับใช้ในชีวิต
การทำงานในอนาคต

- เพื่อให้นักศึกษาได้ลงมือปฏิบัติ สรุปผล และนำมานำเสนอต่อหน้าบุคลากรระดับสูง ซึ่งเป็นทักษะที่จำเป็นต่อการปฏิบัติงานจริงต่อไป

1.9 ผลที่คาดว่าจะได้รับการปฏิบัติงานหรือโครงการที่ได้รับมอบหมาย

- สามารถนำแนวคิดวัฒนธรรมและรูปแบบขององค์กรมาปรับใช้ให้เข้ากับการปฏิบัติงาน
- สามารถนำศักยภาพต่างๆที่ได้รับ ไปใช้ประโยชน์กับการทำงานในองค์กรที่หลากหลายได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- สามารถแก้ไขปัญหาได้อย่างเป็นระบบ และมีแบบแผน
- มีความเข้าใจใน “TOYOTA WAY” และการแก้ไขปัญหาแบบ PDCA ของโตโยต้ามากขึ้น สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการปฏิบัติงานได้
- ได้รู้ถึงขอบเขตการปฏิบัติงานของ Assembly SEIBI Section
- ได้รู้วิธีปฏิบัติด้านความปลอดภัยในโรงงาน และมีความระมัดระวังมากขึ้น
- ได้รับประสบการณ์ด้านอาชีพเพิ่มเติมจากการเรียนในห้อง
- เกิดการพัฒนาตนเอง รู้จักมีความรับผิดชอบในการทำงาน ความรอบคอบ และการทำงานร่วมกับผู้อื่นทั้งในฝ่ายตนเอง และฝ่ายที่ประสานงานด้วย รวมถึงการมีมนุษยสัมพันธ์
- เกิดทักษะการรายงาน และการนำเสนอที่ดี รวมถึงการแก้ปัญหาเฉพาะหน้า
- เพิ่มทักษะทางด้านภาษา ทั้งภาษาอังกฤษและภาษาญี่ปุ่น ทำให้กล้าพูดกล้าแสดงออกทางด้านภาษามากขึ้น

บทที่ 2

ทฤษฎีและเทคโนโลยีที่ใช้ในการปฏิบัติงาน

ทฤษฎีและเทคโนโลยีที่ใช้ในการปฏิบัติงานสำหรับโครงการนี้ ประกอบด้วย ทฤษฎีเชิงนโยบายและทฤษฎีเชิงปฏิบัติการ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.1 ทฤษฎีเชิงนโยบาย

ทฤษฎีเชิงนโยบาย หมายถึง ปรัชญาหรือแนวความคิดที่ใช้ในการปฏิบัติงาน ซึ่งเป็นการปลูกฝังจิตสำนึกที่ดีในการปฏิบัติงาน ทำให้ผู้ปฏิบัติงานมีกระบวนการทางความคิดที่เป็นระบบ และเกิดเป็นวัฒนธรรมองค์กร คือทำให้บุคคลกรในองค์กรมีกระบวนการคิด หรือแนวความคิดไปในทิศทางเดียวกัน แต่ไม่ได้หมายความว่า ทุกคนจะต้องเห็นพ้องต้องกันตลอด ความคิดที่หลากหลายยังคงเป็นสิ่งที่จำเป็นในการปรับปรุงพัฒนาอย่างต่อเนื่อง

2.1.1.TOYOTA WAY (2001)

วิถีแห่งโตโยต้า (TOYOTA WAY) คืออะไร?

วิถีแห่งโตโยต้า คือ อุดมคติ มาตรฐาน เป็นเครื่องชี้แนะสำหรับบุคลากรในองค์กรโตโยต้าทั่วโลก และ เป็นสิ่งที่แสดงออกถึงคุณค่า และความเชื่อมั่นของชาวโตโยต้า

วิถีแห่งโตโยต้า มีรากฐานมาจาก ‘หลักปฏิบัติชั้นนำ’ (Guiding Principles) ที่โตโยต้า ซึ่งเป็นสิ่งที่นิยามถึงพันธกิจของบริษัทโตโยต้า โดยมุ่งที่จะส่งต่อคุณค่าไปสู่ทั้งลูกค้า หุ่นส่วน บริษัทในเครือ บริษัทคู่ค้า และสังคมโลก

วิธีแห่งโตโยต้า นิยามถึงการแสดงศักยภาพของบุคลากรของโตโยต้าว่าเป็นอย่างไร และกระทำอย่างไร เพื่อส่งต่อคุณค่าเหล่านี้ ซึ่งวิธีแห่งโตโยต้าก็เปรียบเสมือนเป็นระบบประสาทอิสระ(The autonomic nervous system) ขององค์กร

วิธีแห่งโตโยต้าคำจูนโดย 2 เสาหลักคือ “Continuous Improvement” กับ “Respect for People”

2.1.1.1 เสาที่คำจูนวิธีแห่งโตโยต้า

2.1.1.1.1 การพัฒนาอย่างต่อเนื่อง (Continuous Improvement)

2.1.1.1.1.1 พัฒนาอย่างต่อเนื่องตามหลัก PDCA

การพัฒนาอย่างต่อเนื่อง มีหลักการมาจากคำว่า PLAN DO CHEK ACT หรือ PDCA เป็นทฤษฎี แนวความคิดที่มีจุดกำเนิดมาจากนักฟิสิกส์ที่ทำงานที่ Bell Laboratories (เป็นบริษัทโทรศัพท์แห่งหนึ่งใน USA) ชื่อ Walter A. Shewhart เมื่อปี ค.ศ. 1920 โดยทฤษฎีบทของ Shewhart นั้นเริ่มมาจากข้อสังเกตที่ว่า “ในขณะที่ เขาให้งานไปเท่าๆกัน เหตุใดจึงได้งานออกมาไม่เท่ากัน” ด้วยข้อสังเกตนี้ทำให้เกิดความพยายามที่จะตัดสาเหตุที่ทำให้เกิดของเสียทุกอย่าง โดยการใช้ “วัฏจักรทางความคิด” เข้ามาช่วย วัฏจักรนี้เป็นเครื่องมือในการตรวจสอบ ผลลัพธ์เป็นประจำ อันเป็นตัวการที่ก่อให้เกิดการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง โดยหลักการนี้เป็นจุดกำเนิดของการ ควบคุมกรรมวิธีการผลิตในเวลาต่อมา

ต่อมาในปี 1938 W. Edwards Deming ศาสตราจารย์ทางด้านสถิติศาสตร์ผู้มากด้วยความสามารถชาว USA สนใจทฤษฎีของ Shewhart ทำให้ทฤษฎีนี้ถูกต่อยอดร่วมกันในระหว่างสงครามโลกครั้งที่ 2 จนกลายเป็น เครื่องมือในการควบคุมคุณภาพทางกรรมวิธีการผลิตนั่นเอง

Deming นั้นได้ทำการพัฒนาแนวความคิดนี้จนกลายเป็น “4 วัฏจักรทางความคิด” : Plan-Do-Chek-Act (PDCA) โดยเขาได้ให้ชื่อวัฏจักรนี้ว่า “Shewhart’s Cycle” ทั้งนี้ Deming ได้แนะนำให้ทุกภาคธุรกิจควรจะนำ วัฏจักรนี้ไปใช้เพื่อวิเคราะห์และหาตัวแปรชี้วัดที่เป็นรากฐานความต้องการของลูกค้าและเป็นตัวการของการ ค้นหาจุดอ่อนเพื่อการพัฒนาให้กรรมวิธีการผลิตมีความก้าวหน้ายิ่งขึ้นได้ ซึ่งนี่คือหลักการคร่าวๆของวัฏจักร ดังกล่าว PDCA Cycle



รูปที่ 2.1 แสดงกระบวนการของ PDCA Cycle

PDCA หรือที่เรียกว่าวงจรเดมมิง (อังกฤษ: Deming Cycle) หรือวงจรชูฮาร์ต (Shewhart Cycle) คือวงจรการควบคุมคุณภาพ

2.1.1.1.1.1. Plan (วางแผน) หมายถึง การวางแผนการดำเนินงานอย่างรอบคอบ ครอบคลุมถึงการกำหนดหัวข้อที่ต้องการปรับปรุงเปลี่ยนแปลง ซึ่งรวมถึงการพัฒนาสิ่งใหม่ๆ การแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติงาน อาจประกอบด้วย การกำหนดเป้าหมาย หรือวัตถุประสงค์ของการดำเนินงาน Plan การจัดอันดับความสำคัญของ เป้าหมาย กำหนดการดำเนินงาน กำหนดระยะเวลาการดำเนินงาน กำหนดผู้รับผิดชอบหรือผู้ดำเนินการและกำหนดงบประมาณที่จะใช้ การเขียนแผนดังกล่าวอาจปรับเปลี่ยนได้ตามความเหมาะสมของลักษณะ การดำเนินงาน การวางแผนยังช่วยให้เราสามารถคาดการณ์สิ่งที่เกิดขึ้นในอนาคต และช่วยลดความเสี่ยงต่างๆที่อาจเกิดขึ้นได้

2.1.1.1.1.2. Do (ปฏิบัติตามแผน) หมายถึง การดำเนินการตามแผน อาจประกอบด้วย การมีโครงสร้างรองรับ การดำเนินการ (เช่น คณะกรรมการหรือหน่วยงานของคณะ) มีวิธีการ ดำเนินการ (เช่น มีการประชุมของคณะกรรมการมีการจัดการเรียน การสอน มีการแสดงความจำนงขอรับนักศึกษาไปยังทบวงมหาวิทยาลัย) และมีผลของการดำเนินการ (เช่น รายชื่อนักศึกษาที่รับในแต่ละปี)

2.1.1.1.1.3. Check (ตรวจสอบการปฏิบัติตามแผน) หมายถึง การประเมินแผน อาจประกอบด้วย การประเมินโครงสร้างที่รองรับ การดำเนินการ การประเมินขั้นตอนการดำเนินงาน และการประเมินผลของ การดำเนินงานตามแผนที่ได้ตั้งไว้ โดยในการประเมินดังกล่าวสามารถ ทำได้เอง โดยคณะกรรมการที่รับผิดชอบแผนการดำเนินงานนั้น ๆ ซึ่งเป็นลักษณะของการประเมินตนเอง โดยไม่จำเป็นต้องตั้งคณะกรรมการ อีกชุดมาประเมินแผน หรือไม่จำเป็นต้องคิดเครื่องมือหรือแบบประเมิน ที่ยุ่งยากซับซ้อน

2.1.1.1.1.4. Act หมายถึง การนำผลการประเมินมาพัฒนาแผน อาจประกอบด้วย การนำผลการประเมินมาวิเคราะห์ว่ามีโครงสร้าง หรือขั้นตอนการปฏิบัติงานใดที่ควร ปรับปรุงหรือพัฒนาสิ่งที่มีอยู่แล้วให้ดียิ่งขึ้นไปอีก และสังเคราะห์รูปแบบ การดำเนินการใหม่ที่เหมาะสม สำหรับการดำเนินการ ในปีต่อไป

2.1.1.1.2 หลักการพัฒนาอย่างต่อเนื่องอื่นๆที่สำคัญ

• **Challenge** คือ การสร้างวิสัยทัศน์ระยะยาว และบรรลุความท้าทายด้วยความกล้าหาญ และสร้างความฝันของเราให้เป็นจริง

“A product should never be sold unless it has been carefully manufactured & has been tested thoroughly & satisfactorily” Sakichi Toyoda

• **Kaizen** คือ การปรับปรุงการดำเนินงานอย่างต่อเนื่องและผลักดันนวัตกรรมใหม่ และ วิศวกรรมการอยู่ตลอดเวลา

“We are working on making better products by making improvements everyday”
Kiichiro Toyoda

• **Genchi Genbutsu** คือ การไปยังต้นกำเนิดเพื่อค้นหาความจริง ทำให้สามารถ ตัดสินใจได้ถูกต้อง สร้างความเป็นเอกฉันท์ และบรรลุเป้าหมายอย่างรวดเร็ว

“There is no fixed formula for making decisions. The key is to study the problem thoroughly and to decide on what is believed best” Eiji Toyoda

2.1.1.2 การยอมรับนับถือในตัวคน (Respect for People)

Respect คือ การเคารพและให้การยอมรับผู้อื่น รวมทั้งพยายามทุกวิถีทางเพื่อ ความเข้าใจซึ่งกันและกัน แสดงความรับผิดชอบ และปฏิบัติอย่างดีที่สุดเพื่อสร้างความไว้วางใจซึ่งกันและกัน

“We wish to make Toyota not only strong but a universally admired company, winning the trust and respect of the world... That is the goal of ‘Harmonious Growth’ and what I regard as corporate virtue”

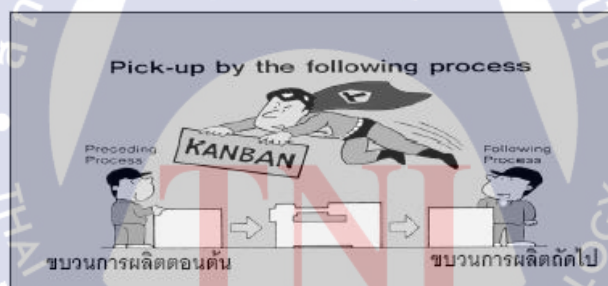
Hiroshi Okuda

2.1.1.2.1 แนวทางปฏิบัติที่สำคัญ

• **Teamwork** คือ การกระตุ้นบุคลากรและการเจริญเติบโตในสายอาชีพ แบ่งปันโอกาสในการพัฒนา และเพิ่มขีดความสามารถสูงสุดสำหรับรายบุคคลและทีม

“Each person fulfilling his or her duties to the utmost can generate great power when gathered together and the chain of such power can generate a ring of power” Kiichiro Toyoda

2.1.2.Kanban (Sign)



รูปที่ 2.2 แสดง Kanban

ระบบ Kanban(ป้าย) ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ใน Pull System โดยมีวัตถุประสงค์ดังนี้

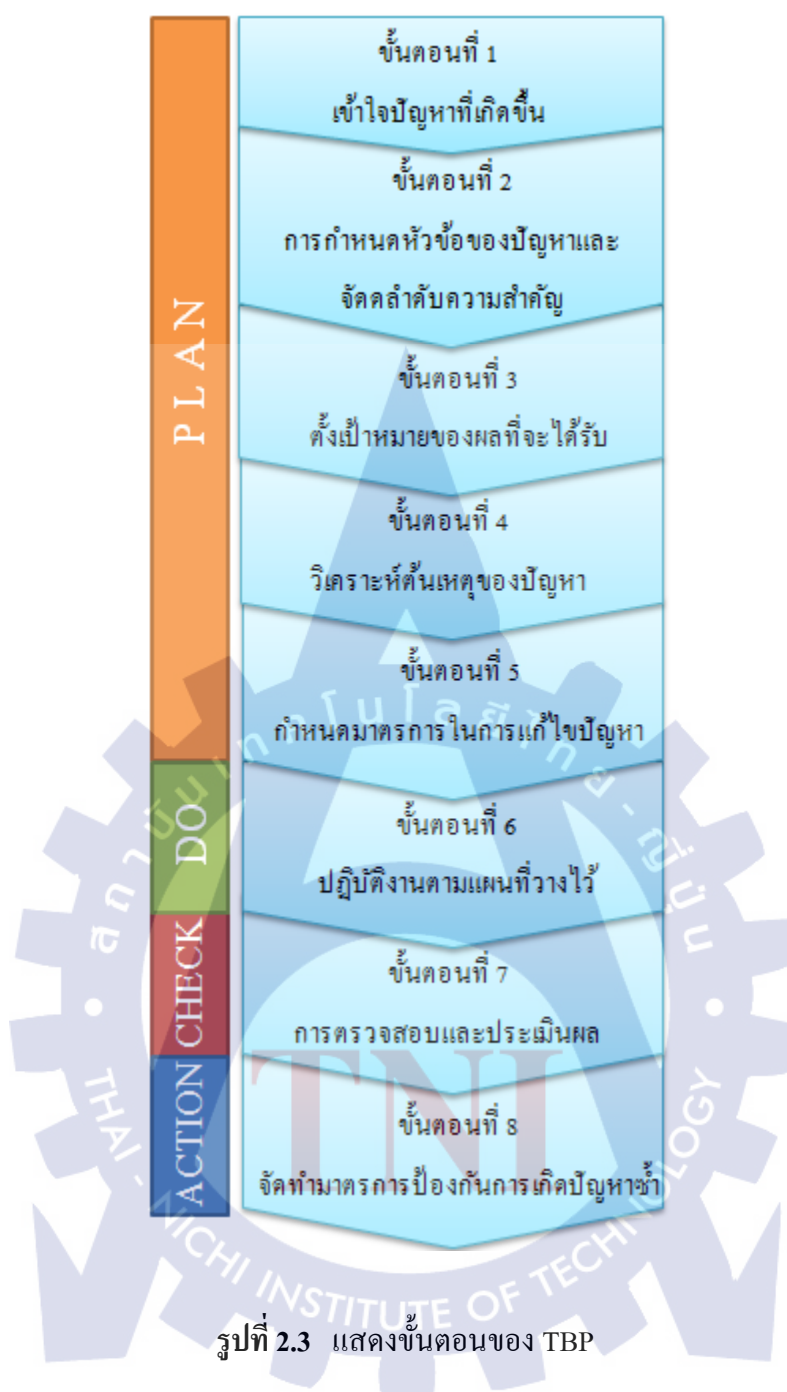
- เพื่อใช้ระบุรายละเอียด และการขนส่งของผลิตภัณฑ์นั้น
- เพื่อควบคุมการไหลของงาน

ระบบ Kanban สามารถเปรียบเทียบเป็นห้างสรรพสินค้าได้ โดยให้ขบวนการผลิตตอนต้นในสายการผลิต คือ ห้างสรรพสินค้า(Super Market) และขบวนการผลิตถัดไป คือ ลูกค้า(Customer) ซึ่งห้างสรรพสินค้าจะเติมรายการสินค้าที่ขายไปแล้วเท่านั้น

2.1.3 TOYOTA BUSINESS PRACTICES (TBP)

เป็นเครื่องมือในการช่วยวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา และช่วยในการแก้ไขปัญหา มีขั้นตอนในการปฏิบัติ 7 ข้อ ดังรูป





2.1.4 แผนผังก้างปลา (Fishbone Diagram)

หรือเรียกเป็นทางการว่า แผนผังสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) แผนผังสาเหตุและผลเป็นแผนผังที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหา (Problem) กับสาเหตุทั้งหมดที่เป็นไปได้ที่อาจก่อให้เกิดปัญหานั้น (Possible Cause) เราอาจคุ้นเคยกับแผนผังสาเหตุและผล ในชื่อของ "ผังก้างปลา (Fish Bone Diagram)"

เนื่องจากหน้าตาแผนภูมิมีลักษณะคล้ายปลาที่เหลือแต่ก้าง หรือหลายๆ คนอาจรู้จักในชื่อของแผนผังอิชิกาวา (Ishikawa Diagram) ซึ่งได้รับการพัฒนาครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ. 1943 โดย ศาสตราจารย์คาโอรุ อิชิกาวา แห่งมหาวิทยาลัยโตเกียว

2.1.4.1 เมื่อไรจึงจะใช้แผนผังก้างปลา

1. เมื่อต้องการค้นหาสาเหตุแห่งปัญหา
2. เมื่อต้องการทำการศึกษา ทาความเข้าใจ หรือทำความรู้จักกับกระบวนการอื่น ๆ เพราะว่าโดยส่วนใหญ่ พนักงานจะรู้ปัญหาเฉพาะในพื้นที่ของตนเท่านั้น แต่เมื่อมีการ ทำผังก้างปลาแล้ว จะทำให้เราสามารถรู้ กระบวนการของแผนกอื่นได้ง่ายขึ้น
3. เมื่อต้องการให้เป็นแนวทางใน การระดมสมอง ซึ่งจะช่วยให้ทุกๆ คนให้ความสนใจในปัญหาของกลุ่มซึ่ง แสดงไว้ที่หัวปลา

2.1.4.2 วิธีการสร้างแผนผังสาเหตุและผลหรือผังก้างปลา สิ่งสำคัญในการสร้างแผนผัง คือ ต้องทำเป็น ทีม เป็นกลุ่ม โดยใช้ขั้นตอน 6 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

- 2.1.4.2.1. กำหนดประโยคปัญหาที่หัวปลา
- 2.1.4.2.2. กำหนดกลุ่มปัจจัยที่จะทำให้เกิดปัญหานั้นๆ
- 2.1.4.2.3. ระดมสมองเพื่อหาสาเหตุในแต่ละปัจจัย
- 2.1.4.2.4. หาสาเหตุหลักของปัญหา
- 2.1.4.2.5. จัดลำดับความสำคัญของสาเหตุ
- 2.1.4.2.6. ใช้แนวทางการปรับปรุงที่จำเป็น

2.1.4.3 การกำหนดปัจจัยบนก้างปลา

เราสามารถที่จะกำหนดกลุ่มปัจจัยอะไรก็ได้ แต่ต้องมั่นใจว่ากลุ่มที่เรากำหนดไว้เป็นปัจจัยนั้นสามารถที่จะช่วยให้เราแยกแยะและกำหนดสาเหตุต่างๆ ได้อย่างเป็นระบบ และเป็นเหตุเป็นผล โดยส่วนมากมักจะใช้ หลักการ 4M 1E เป็นกลุ่มปัจจัย (Factors) เพื่อจะนำไปสู่การแยกแยะสาเหตุต่างๆ ซึ่ง 4M 1E นี้มาจาก

M - Man คนงาน หรือพนักงาน หรือบุคลากร

M - Machine เครื่องจักรหรืออุปกรณ์อำนวยความสะดวก

M - Material วัตถุดิบหรืออะไหล่ อุปกรณ์อื่นๆ ที่ใช้ในกระบวนการ

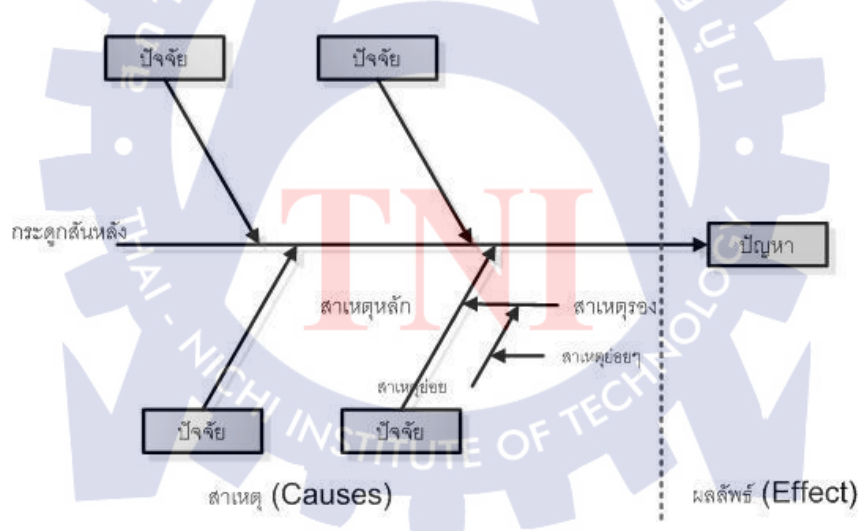
M - Method กระบวนการทางาน

E - Environment อากาศ สถานที่ ความสว่าง และบรรยากาศการ - ทำงาน

แต่ไม่ได้หมายความว่า การกำหนดก้างปลาจะต้องใช้ 4M 1E เสมอไป เพราะหากเราไม่ได้อยู่ในกระบวนการผลิตแล้ว ปัจจัยนำเข้า (input) ในกระบวนการก็จะเปลี่ยนไป เช่น ปัจจัยการนำเข้าเป็น 4P ได้แก่ Place , Procedure, People และ Policy หรือเป็น 4S Surrounding, Supplier, System และ Skill ก็ได้ หรืออาจจะเป็น MILK Management, Information, Leadership, Knowledge ก็ได้ นอกจากนั้น หากกลุ่มที่ใช้ก้างปลา มีประสบการณ์ในปัญหาที่เกิดขึ้นอยู่แล้ว ก็สามารถที่จะกำหนดกลุ่ม ปัจจัยใหม่ให้เหมาะสมกับปัญหาดังแต่แรกเลยก็ได้เช่นกัน

2.1.4.4 การกำหนดหัวข้อปัญหาที่หัวปลา

การกำหนดหัวข้อปัญหาควรกำหนดให้ชัดเจนและมีความเป็นไปได้ ซึ่งหากเรากำหนดประโยคปัญหานี้ไม่ชัดเจนตั้งแต่แรกแล้ว จะทำให้เราใช้เวลามากในการค้นหา สาเหตุ และจะใช้เวลานานในการทำผังก้างปลา การกำหนดปัญหาที่หัวปลา เช่น อัตราของเสีย อัตราชั่วโมงการทำงานของคนที่ไม่มีประสิทธิภาพ อัตราการเกิดอุบัติเหตุ หรืออัตราต้นทุนต่อสินค้าหนึ่งชิ้น เป็นต้น ซึ่งจะเห็นได้ว่า ควรกำหนดหัวข้อปัญหาในเชิงลบ เทคนิคการระดมความคิดเพื่อจะได้ก้างปลาที่ละเอียดสวยงาม คือ การถาม ทำไม ทำไม ทำไม ในการเขียนแต่ละก้างย่อยๆ



รูปที่ 2.4 แสดงการเขียนผังก้างปลา

2.1.4.5 ผังก้างปลาประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังต่อไปนี้

ส่วนปัญหาหรือผลลัพธ์ (Problem or Effect) ซึ่งจะแสดงอยู่ที่หัวปลา ส่วนสาเหตุ (Causes) จะสามารถแยกย่อยออกได้อีกเป็น

o ปัจจัย (Factors) ที่ส่งผลกระทบต่อปัญหา (หัวปลา)

o สาเหตุหลัก

o สาเหตุย่อย

ซึ่งสาเหตุของปัญหา จะเขียนไว้ในก้างปลาแต่ละก้าง ก้างย่อยเป็นสาเหตุของก้างรองและก้างรองเป็นสาเหตุของก้างหลัก เป็นต้น

หลักการเบื้องต้นของแผนภูมิก้างปลา (**fishbone diagram**) คือการใส่ชื่อของปัญหาที่ต้องการวิเคราะห์ลงทางด้านขวาสุดหรือซ้ายสุดของแผนภูมิ โดยมีเส้นหลักตามแนวยาวของกระดูกสันหลัง จากนั้นใส่ชื่อของปัญหาย่อย ซึ่งเป็นสาเหตุของปัญหาหลัก 3 - 6 หัวข้อ โดยลากเป็นเส้นก้างปลา (sub-bone) ทำมุมเฉียงจากเส้นหลัก เส้นก้างปลาแต่ละเส้นให้ใส่ชื่อของสิ่งที่ทำให้เกิดปัญหานั้นขึ้นมา ระดับของปัญหาสามารถแบ่งย่อยลงไปได้อีก ถ้าปัญหานั้นยังมีสาเหตุที่เป็นองค์ประกอบย่อยลงไปอีก โดยทั่วไปมักจะมีการแบ่งระดับของสาเหตุย่อยลงไปมากที่สุด 4 – 5 ระดับ เมื่อมีข้อมูลในแผนภูมิที่สมบูรณ์แล้ว จะทำให้มองเห็นภาพขององค์ประกอบทั้งหมด ที่จะป็นสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น

2.1.4.6 ข้อดี

2.1.4.6.1. ไม่ต้องเสียเวลาแยกความคิดต่าง ๆ ที่กระจัดกระจายของแต่ละสมาชิก แผนภูมิก้างปลาจะช่วยรวบรวมความคิดของสมาชิกในทีม

2.1.4.6.2. ทำให้ทราบสาเหตุหลัก ๆ และสาเหตุย่อย ๆ ของปัญหา ทำให้ทราบสาเหตุที่แท้จริงของปัญหา ซึ่งทำให้เราสามารถแก้ปัญหาได้ถูกวิธี

2.1.4.7 ข้อเสีย

2.1.4.7.1. ความคิดไม่อิสระเนื่องจากมีแผนภูมิก้างปลาเป็นตัวกำหนดซึ่งความคิดของสมาชิกในทีมจะมารวมอยู่ที่แผนภูมิก้างปลา

2.1.4.7.2. ต้องอาศัยผู้ที่มีความสามารถสูง จึงจะสามารถใช้แผนภูมิก้างปลาในการระดมความคิด

2.1.5 Why-Why Analysis (การวิเคราะห์ปัญหาด้วยหลักการทำไม-ทำไม)

2.1.5.1 Why-Why Analysis คืออะไร

Why-Why Analysis เป็นเทคนิคการวิเคราะห์หาปัจจัยที่เป็นต้นเหตุให้เกิดปรากฏการณ์อย่างเป็นระบบ มีขั้นตอน ไม่ เกิดการตกหล่น ซึ่งไม่ใช่การคิดแบบคาดเดาหรือนั่งเทียน

- เกิดของเสียที่ไลน์ A

- มีของเสียเกิดขึ้น 1 ชิ้นต่อการผลิต 100 ชิ้น ใน ผลิตภัณฑ์ ABC ที่ไลน์ A

กระบวนการผลิตที่ 3 ในช่วงฤดูฝน

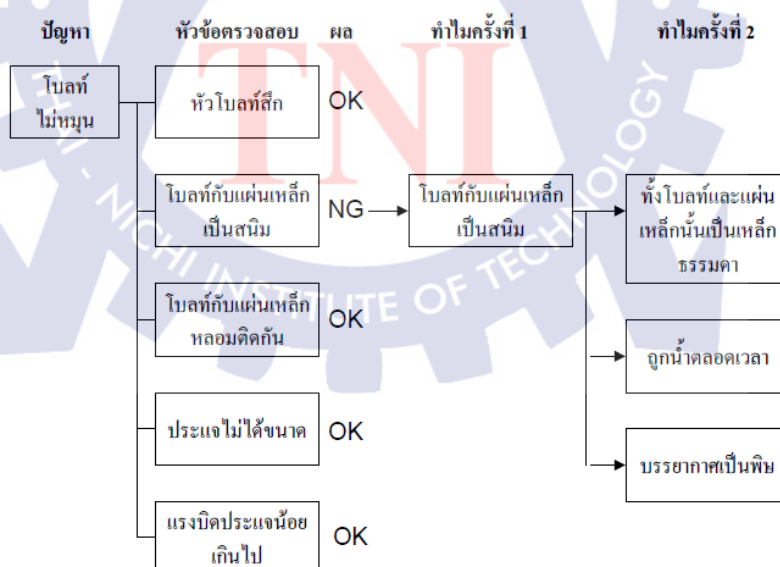
2.1.5.3.2. ทำความเข้าใจในโครงสร้างและหน้าที่ของส่วนที่เป็นปัญหา จะต้องทำการแจกแจงส่วนงานที่เป็นปัญหา ให้ออกมาเป็นไดอะแกรมแสดงความสัมพันธ์ของชิ้นส่วน, แสดงความสัมพันธ์ของหน้าที่, แสดงค่าที่ควรจะเป็นของชิ้นส่วนนั้นๆ กับสภาพที่ใช้งานจริง หรือกล่าวได้ว่าเป็นการเปรียบเทียบ basic condition กับ working condition ฯลฯ

ในกรณีของงานทั่วไป ให้เขียนภาพขั้นตอนหรือการไหลของงาน และทำความเข้าใจเกี่ยวกับหน้าที่ของงานนั้นๆ

2.1.5.4 วิธีการมองปัญหาของ Why-Why Analysis

2.1.5.4.1. การมองจากสภาพที่ควรจะเป็น แนวทางแรกนั้นเป็นการค้นหาสาเหตุโดยการนึกภาพขึ้นมา ในหัวว่าการจะทำให้ดีขึ้น จะต้องมีการเปลี่ยนแปลง ลักษณะ และเงื่อนไขอย่างไร การมองปัญหาจากสภาพที่ควรจะเป็น คือ การเปรียบเทียบ วิธีการของตนเองกับสิ่งที่เป็มาตรฐานหรือเป็นที่ยอมรับของคนทั่วไป

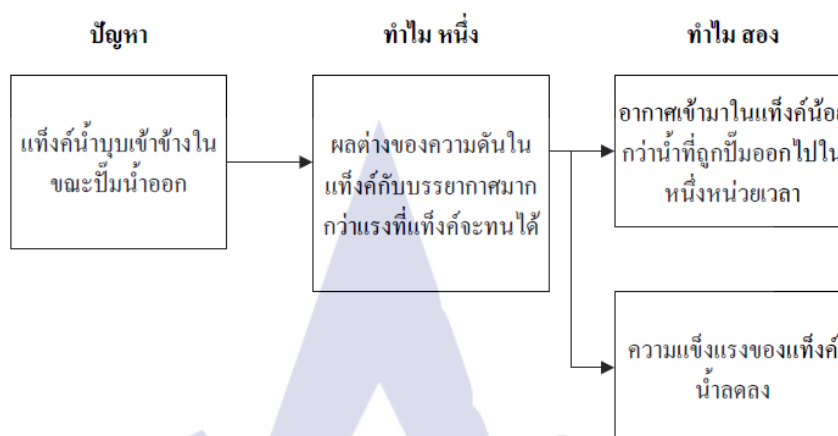
“การมองปัญหาจากสภาพที่ควรจะเป็น” เป็นการกำหนด แนวทางในการค้นหาสาเหตุของปัญหาโดยการเปรียบเทียบปัญหาที่เกิด กับสภาพที่ควรจะเป็น หลังจากกำหนดแนวทางได้แล้วก็จะตั้งคำถามว่า “ทำไม” ไปเรื่อยๆ เพื่อค้นหาปัจจัยหรือสาเหตุออกมา



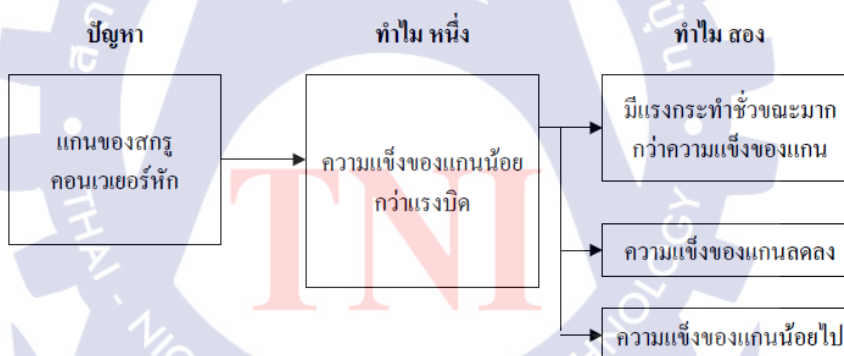
รูปที่ 2.6 ทำไมโบลต์จึงไม่ขัน

2.1.5.4.2. การมองจากหลักเกณฑ์หรือทฤษฎี

เป็นการมองปัญหาจากการทำความเข้าใจกับหลักเกณฑ์หรือ จากทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของเครื่องจักรนั้นๆ



รูปที่ 2.7 ทำไมแท็งก์น้ำจึงสูบล้างในขณะปั้มน้ำออก



รูปที่ 2.8 ทำไมแกนของสกรูคอนเวเยอร์จึงหัก

2.1.5.4.3. การมองปัญหาทั้งสองแบบมีข้อแตกต่างหรือข้อควรระมัดระวังดังนี้

2.1.5.4.3.1. ในกรณีที่ปัญหาหรือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเข้าใจได้ไม่ยากนัก หรือมีต้นเหตุ ของปัญหาเพียงหนึ่งสาเหตุ ควรใช้วิธีการมองปัญหาจากสภาพที่ควรจะเป็น

2.1.5.4.3.2. ในกรณีที่ปัญหาหรือปรากฏการณ์ที่สนใจ เกี่ยวข้องกับกลไกที่ค่อนข้างเข้าใจยาก หรือมีต้นเหตุของปัญหาหลายสาเหตุ ควรเลือกใช้วิธีการมองปัญหาจาก หลักเกณฑ์หรือทฤษฎี

2.1.5.5 ข้อควรระวังในการทำ Why-Why Analysis

2.1.5.5.1. ข้อความที่ใช้เขียนตรงช่อง “ปัญหา” และช่อง “ทำไม” ต้องให้สั้นและกระชับ

2.1.5.5.2. หลังจากที่ทำ Why-Why Analysis แล้ว จะต้องยืนยันความถูกต้องตามหลักตรรกวิทยา โดยอ่านย้อนจาก “ทำไม” ช่องสุดท้ายกลับมายังช่อง “ปัญหา”

2.1.5.5.3. ให้ถามว่า “ทำไม” ไปเรื่อยๆ จนกว่าจะพบปัจจัยหรือสาเหตุที่สามารถเชื่อมโยงไปสู่การวางมาตรการป้องกันไม่ให้เกิดปัญหาเกิดขึ้นซ้ำอีก

2.1.5.5.4. ให้เขียนเฉพาะส่วนที่คิดว่าคลาดเคลื่อนไปจากสภาพปกติ (ผิดปกติ) เท่านั้น

2.1.5.5.5. ให้หลีกเลี่ยงการค้นหาสาเหตุที่มาจากสภาพจิตใจของคน พยายามวิเคราะห์ไปทางด้านเครื่องจักร อุปกรณ์หรือวิธีการจัดการมากกว่า

2.1.5.5.6. อย่าใช้คำว่า “ไม่ดี” ในประโยคสำหรับช่อง “ทำไม”

2.1.5.6 ขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไขด้วย Why-Why Analysis

2.1.5.6.1. กำหนดหัวข้อเรื่องที่นำมาปรับปรุงแก้ไข

2.1.5.6.2. ตรวจสอบความจริงของสภาพที่เป็นอยู่ของปัญหา ทั้งในด้านสถิติและการไปสำรวจพื้นที่จริงที่เกิดปัญหา

2.1.5.6.3. ตั้งเป้าหมายที่จะลดปัญหาที่เกิดขึ้นให้กลายเป็นศูนย์

2.1.5.6.4. กำหนดแผนของกิจกรรม

2.1.5.6.4.1 ตรวจสอบความจริง

2.1.5.6.4.2 วิเคราะห์ด้วย Why- Why

2.1.5.6.4.3 เสนอแนวทางแก้ไข

2.1.5.6.4.4 ทำการแก้ไขตามแนวทางที่ได้เสนอไว้

2.1.5.6.4.5 ตรวจสอบผลลัพธ์

2.1.5.7 การเขียนที่ดี ทำให้เข้าใจปัญหาได้ง่าย

อุณหภูมิเตาไม่เพิ่ม (เขียนไม่ดี)

อุณหภูมิของเตาไม่ถึงเกณฑ์กำหนด (เขียนดี)

เบร็กรมีปัญห (เขียนไม่ชัดเจน)

เบร็กรร้อน (เขียนชัดเจนกว่า)

แผ่นใส่ชิ้นจอไม่ชัด (เขียนไม่ชัดเจน)

แผ่นใส่ชิ้นจอเบลออ่านไม่ออก (เขียนชัดเจน)

2.1.5. 8 การบริหารข้อเท็จจริง เพื่อการแก้ปัญหา

1. สถานที่ / หน่วยงานจริง	} ใช้ในการตรวจหา สิ่งผิดปกติ
2. สิ่งของ / ชิ้นงานที่เป็นตัวปัญหาจริง	
3. สถานการณ์จริง	
4. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องจริง	} ใช้ในการค้นหา สาเหตุรากเงาของ ปัญหา
5. เงื่อนไขประกอบที่เกี่ยวข้องจริง	

“ยิ่งสังเกตได้ครบและระบุได้ชัดเจนมากเท่าไร
ก็ยิ่งทำให้เข้าใจกลัต้นตอของปัญหามากเท่านั้น”

รูปที่ 2.9 การบริหารข้อเท็จจริง เพื่อการแก้ปัญหา

2.1.5.9 ข้อคิดสะกิดต่อม Why-Why

การใส่ ทำไม ทำไม ให้เริ่มจากปรากฏการณ์ก่อนอาจ คิดจาก การเป็นนักสืบ มีคนตาย มีเลือด มีคราบ มีมีดปัก มีก้นบุหรี่ทิ้งไว้ เลือดที่ผนัง ตู้สั้มปกติเกินไป เนียนเกินไปน่า สงสัย ทำไม หากเราเป็นตำรวจจะทำอย่างไร สิ่งแรกที่จะทำ คือ นักสืบไปสถานที่จริง วิเคราะห์ทำไมทำไม คือการสั่งหา ฆาตกร ฝึกคิดทำไมทำไม ลองไปอ่าน “โคนัน” ข้อคิดสะกิดต่อม Why-Why “จงพยายามอย่าข้ามขั้นตอน...เพราะมันจะมีผลต่อข้อเท็จจริง”

2.2 ทฤษฎีเชิงปฏิบัติการ

ทฤษฎีเชิงปฏิบัติการ คือ ทฤษฎีที่เกี่ยวกับการปฏิบัติการหรือกระบวนการต่างๆ รวมถึงทฤษฎีที่ใช้ประกอบในการแก้ปัญหาของเครื่องเติมน้ำมันเบรค

เบรค (Brake)

ทำหน้าที่ลดความเร็วของรถหรือทำให้รถหยุดตามความต้องการของผู้ขับรถ รถส่วนใหญ่ในปัจจุบันใช้การถ่ายทอดแรงเหยียบที่เป็นเบรคไปถึงตัวอุปกรณ์หยุดล้อด้วยระบบไฮดรอลิกซ์ (Hydraulic) ก่อนที่จะอธิบายถึงองค์ประกอบต่างๆของระบบเบรค ต้องรู้จักหลักการที่สำคัญของระบบเบรค

2.2.1. หลักการสำคัญของระบบเบรค

2.2.1.1. Leverage คือหลักการของคานาเพิ่มแรง



รูปที่ 2.10 แสดงหลักการของคานาเพิ่มแรง

จากรูป ใส่แรงไปที่ปลายด้านซ้ายของคานาขนาด F มีระยะห่างจากจุดอ้างอิงเป็น 2X ซึ่งมีระยะทางเป็นสองเท่าของระยะด้านขวาของคานา ทำให้ได้แรงเพิ่มมาที่ด้านขวาเป็น 2F ซึ่งสอดคล้องกับกฎของโมเมนต์ :

$$\begin{aligned} \text{โมเมนต์}_1 &= \text{โมเมนต์}_2 & ; \text{โมเมนต์} &= \text{แรง} \times \text{ระยะทาง} \\ \text{แรง}_1 \times \text{ระยะทาง}_1 &= \text{แรง}_2 \times \text{ระยะทาง}_2 & ; F \text{ แทน แรง}, X \text{ แทน ระยะทาง} \end{aligned}$$

$$F_1 \times 2X = F_2 \times X$$

$$F_2 = \frac{F_1 \times 2x}{x}$$

$$F_2 = 2F_1$$

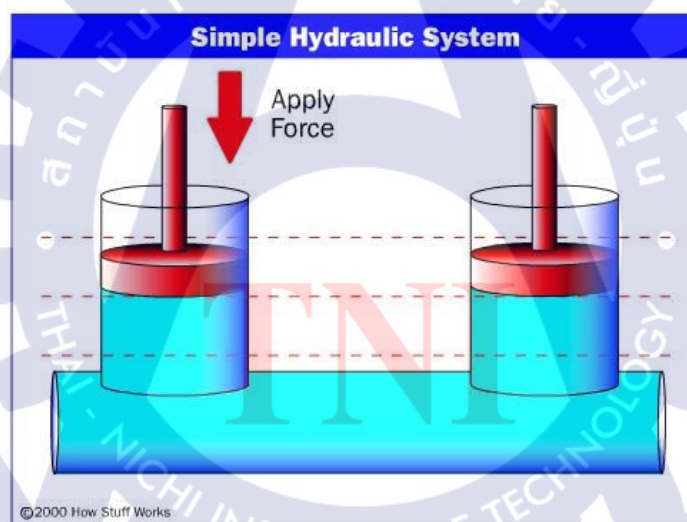
ซึ่งจากสมการทำให้เราทราบว่าแรงที่ได้จะเพิ่มขึ้น

2.2.1.2. Hydraulic คือ ระบบการส่งกำลังหรือควบคุมกำลัง โดยใช้ของเหลวเป็นตัวพาส่งกำลังหรือส่งสัญญาณควบคุมไปยังจุดหมายที่ต้องการ

2.2.1.2.1 ไฮดรอลิก (Hydraulic) คืออะไร

ไฮดรอลิก เป็นเรื่องที่ว่าด้วยคุณสมบัติทางกลของของไหล ในทางวิศวกรรมนั้นจะเกี่ยวข้องกับกำลังของของไหล (Fluid power) แต่ไฮดรอลิกที่เราจะกล่าวถึงในที่นี้ก็คือเรื่องที่ว่าด้วย “การส่งถ่ายกำลังในเชิงกลด้วยของไหลที่เป็นของเหลวหรือน้ำมันไฮดรอลิก” การส่งกำลังในระบบไฮดรอลิกส่วนใหญ่นั้นอุปกรณ์ทำงาน (Actuator)

ในระบบไฮดรอลิกที่เราเห็นกันส่วนมากนั้นสิ่งที่เราจะนำไปใช้คืองาน (Work, W) หรือแรง (Force, F) ที่เกิดจากระบบไฮดรอลิก เช่น การเอาแรงจากกระบอกไฮดรอลิก (Hydraulic Cylinder) ไปกด อัด หรือตัดชิ้นงาน และการขับ เช่นการหมุนจากมอเตอร์ไฮดรอลิกไปหมุนขับให้เกิดการหมุนของอุปกรณ์ต่าง ๆ ของเครื่องจักร



ระบบไฮดรอลิก

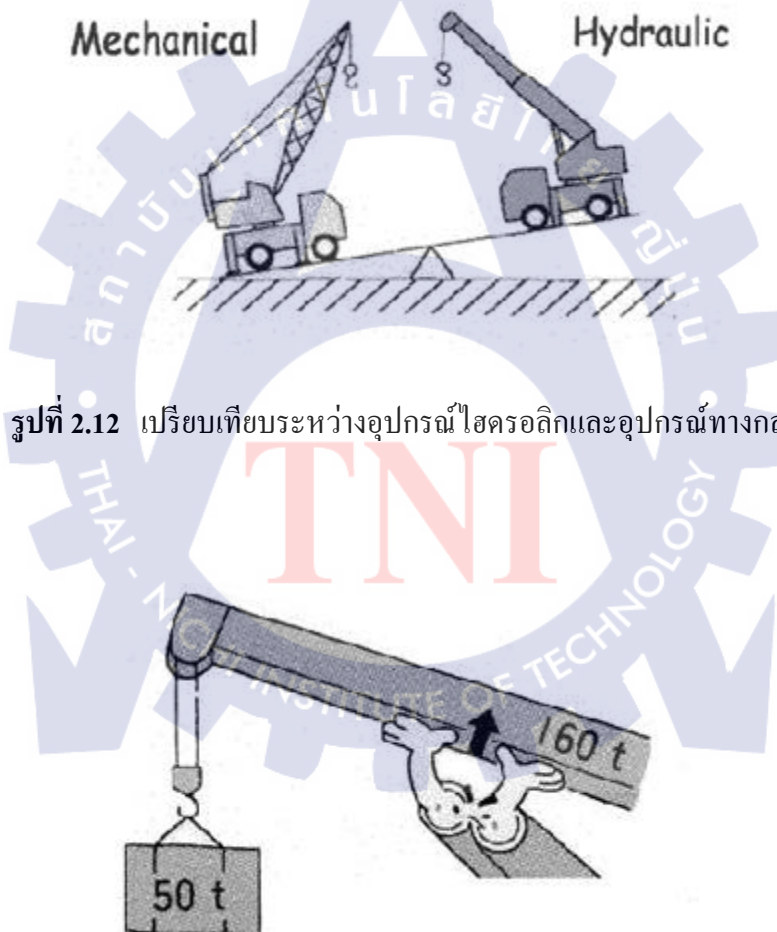
รูปที่ 2.11 การทำงานของระบบไฮดรอลิกเบื้องต้น

2.2.1.2.2 ข้อดีของระบบไฮดรอลิก

เครื่องจักรที่ใช้อุปกรณ์ไฮดรอลิกเป็นส่วนประกอบนั้นมีมากมายหลากหลายชนิด ทั้งนี้เป็นเพราะข้อดีของอุปกรณ์ไฮดรอลิกบางตัวที่มีดังต่อไปนี้คือ

2.2.1.2.2.1. อุปกรณ์ทำงาน (Actuator)

มีขนาดเล็กและน้ำหนักเบากว่าอุปกรณ์ทางไฟฟ้าและกลไก อีกทั้งยังไม่มี ความสลับซับซ้อนดังรูปที่ 3 และสามารถออกแบบให้ตัวเครื่องมีแรงมากได้เมื่อเปรียบเทียบกับขนาดของเครื่องจักร โดยออกแบบให้แรงดันของน้ำมันไฮดรอลิกสูง ในกรณีที่ต้องการแรงมาก ดังรูปที่ 2.18 เป็นตัวอย่างความคิดในการออกแบบระบบของแขนยกของเครนไฮดรอลิกที่ต้องการยกน้ำหนักด้วยลูกสูบไฮดรอลิก

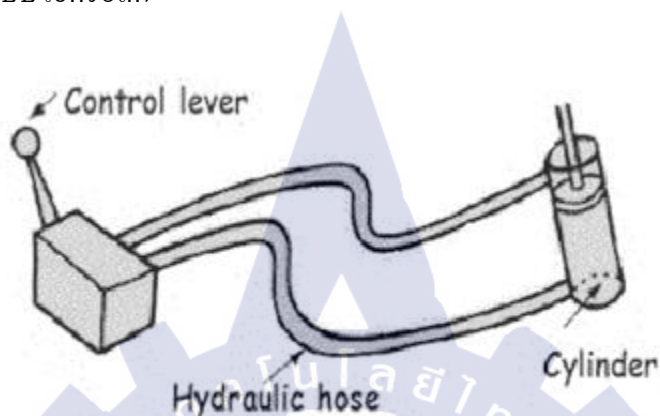


รูปที่ 2.12 เปรียบเทียบระหว่างอุปกรณ์ไฮดรอลิกและอุปกรณ์ทางกล

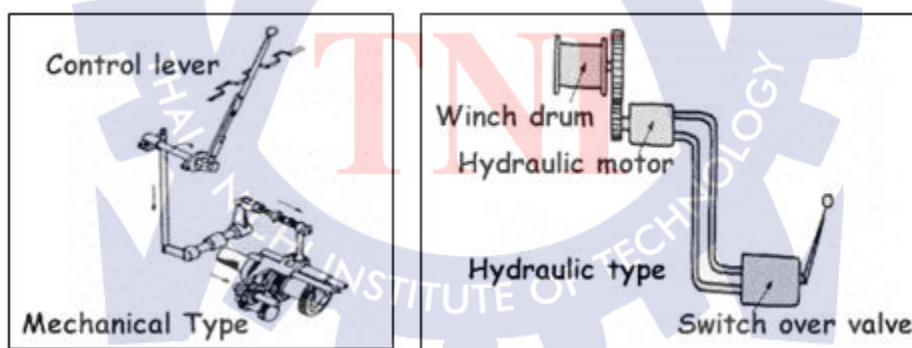
รูปที่ 2.13 การใช้งานระบบไฮดรอลิก

2.2.1.2.2.2. มีความง่ายต่อการควบคุม (Easy to Control)

เพราะว่าระบบการควบคุมในทางกลไกนั้นจะต้องมีจุดหมุน จุดต่อต่าง ๆ มาก อาจต้องใช้ข้อต่อและโซ่มากมาย ทำให้ยากต่อการสร้างแก้ไขและดัดแปลง แต่สำหรับระบบไฮดรอลิกแล้วต้องการแค่แหล่งกำเนิดแรงดัน (Pump Unit), วาล์วเปลี่ยนทิศทาง (Directional Control Valve), อุปกรณ์ทำงาน (Actuator), และท่อทาง (Hose and Piping) ซึ่งทำให้การควบคุมระยะไกลทำได้ง่ายมาก รูปที่ 2.19 แสดงอุปกรณ์ที่จำเป็นที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของระบบไฮดรอลิก



รูปที่ 2.14 อุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของระบบไฮดรอลิก



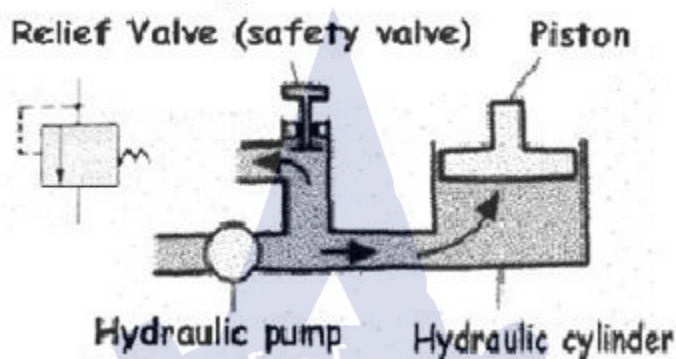
รูปที่ 2.15 เปรียบเทียบการควบคุมทางกลไกและไฮดรอลิก

2.2.1.2.2.3. ง่ายต่อการควบคุมโหลด (Easy to Load Control)

ถ้าหากเราติดตั้งวาล์วปลดแรงดัน (Relief Valve) ลงไปในวงจรก็จะสามารถช่วยป้องกันแรงดันที่สูงผิดปกติในวงจรได้และยังทำให้การควบคุมแรงดันเป็นไปได้อย่างดี ป้องกันความเสียหายที่จะเกิดกับอุปกรณ์ไฮ

ดรอลิกที่เกิดจากแรงดันสูงและความคุมแรงดันให้คงที่อันจะเป็นผลให้แรงที่ได้จากอุปกรณ์ทำงาน (Actuator) มีความคงที่

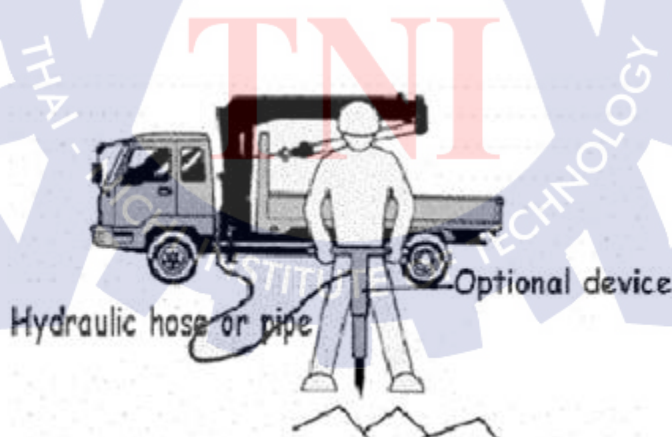
จากรูปที่ 2.21 คือวาล์วปลดแรงดันจะเป็นตัวที่ทำให้สามารถควบคุมแรงดันภายในระบบไม่ให้เกินไปจากที่ต้องการได้ ซึ่งจากโครงสร้างของอุปกรณ์แล้วสามารถที่จะสร้างและติดตั้ง ซ่อมและแก้ไขได้ง่ายกว่าอุปกรณ์ทางกล



รูปที่ 2.16 วาล์วปลดแรงดัน (Relief Valve)

2.2.1.2.2.4. ย่อยต่อการเพิ่มอุปกรณ์ทำงาน

สามารถที่จะเพิ่มอุปกรณ์ทำงานได้ง่ายเพียงแค่เพิ่มจุดต่อพ่วงแล้วก็ใส่อุปกรณ์ (Actuator) ทำงานพ่วงไปก็สามารถใช้งานได้ทันทีโดยไม่ต้องแก้ไขทั้งหมดของวงจรให้ยุ่งยากดังรูปที่ 2.22

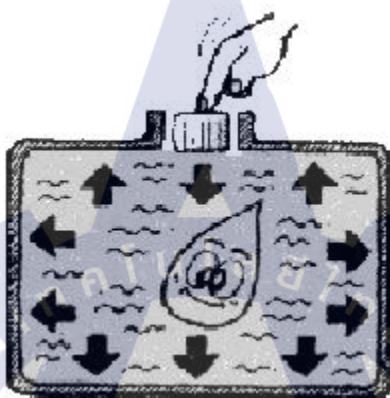


รูปที่ 2.17 จุดต่อพ่วงสำหรับใส่อุปกรณ์เพิ่ม

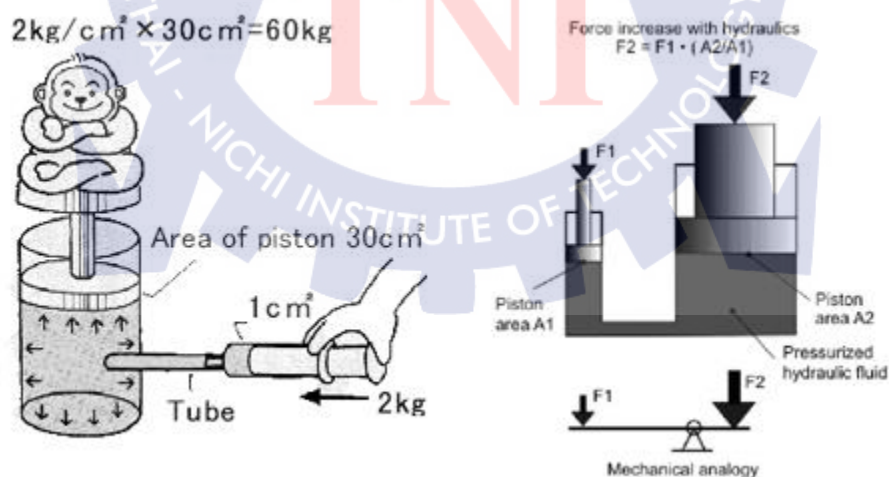
2.2.1.2.3. หลักการทำงานของระบบไฮดรอลิก (Hydraulic Principle of Operation)

2.2.1.2.3.1. แรงดันในระบบปิดจะมีค่าเท่ากันทุกทิศทาง

แรงดันที่เกิดขึ้นกับของไหลที่ส่งผ่านไปกระทำยังผนังของภาชนะปิดจะมีค่าเท่ากันทุกทิศทุกทางไม่ว่ารูปทรงของภาชนะนั้นจะมีรูปร่าง ๆ หรือสลับซับซ้อนแค่ไหน ดังรูปที่ 9 ถ้าเราใช้เข็มฉีดยาที่มีพื้นที่ 1 ตร.ซม. กดที่ลูกสูบของเข็มฉีดยาด้วยแรง 2 กก.แรงดันของน้ำมันไฮดรอลิกที่ได้จากการกระทำนี้คือ 2 กก./ตร.ซม. และถ้าแรงดันนี้ส่งผ่านไปยังกระบอกไฮดรอลิกที่มีพื้นที่ลูกสูบของกระบอกไฮดรอลิก 30 ตร.ซม.จากการที่แรงดันในกระบอกสูบเท่ากันทุกทิศทุกทางจะทำให้ลูกสูบบมีแรงถึง 60 กก.



รูปที่ 2.18 แรงดันในระบบกระทำเท่ากันทุกทิศทาง



รูปที่ 2.19 แรงที่เกิดขึ้นในระบบมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับพื้นที่ที่กระบอกสูบ

ดังรูปที่ 2.14 ดังนั้นในระบบไฮดรอลิกการที่เราต้องการแรงจากกระบอกไฮดรอลิกมากขึ้นแค่ไหนก็สามารถทำได้โดยการออกแบบกระบอกสูบให้มีพื้นที่หน้าตัดมากขึ้นตามต้องการหรือใช้ปั๊มที่มีแรงดันสูงจากรูปความสัมพันธ์ระหว่างแรงของกระบอกสูบและเข็มนัดจะอยู่ในรูป

$$P = F_1 A_1 = F_2 A_2 = \text{ค่าคงที่} \dots\dots\dots (1)$$

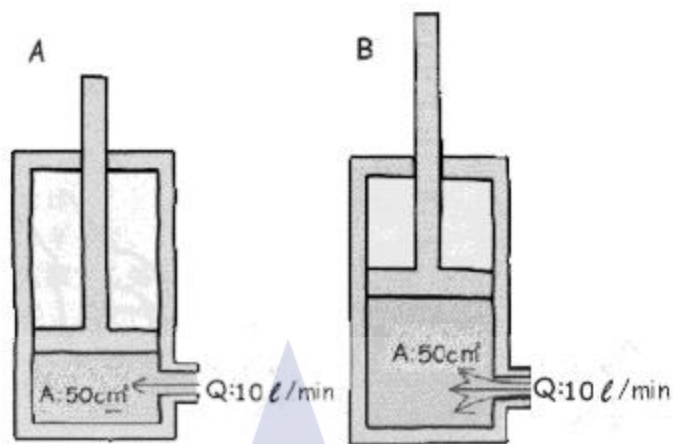
เมื่อ F_1 , A_1 และ F_2 , A_2 คือแรงที่กระทำกับก้านสูบ (F) และพื้นที่หน้าตัดของกระบอกสูบ (A) ในกระบอกเข็มนัดตามตัวอย่าง และกระบอกสูบตามลำดับถ้าเราต้องการให้แรงที่เกิดขึ้นในกระบอกสูบมากกว่าเดิมก็ทำได้โดยการเพิ่มพื้นที่หน้าตัดของกระบอกสูบให้มากกว่าเดิมหรือเพิ่มแรงกดตรงกระบอกเข็มนัดตามตัวอย่าง

2.2.1.2.3.2. อัตราการไหลของน้ำมันไฮดรอลิก (Flow Rate of Hydraulic System)

อัตราการไหล (Flow Rate, Q) คือ อัตราการเคลื่อนที่ของน้ำมันไฮดรอลิกในอัตราส่วนปริมาตรหรือน้ำหนักต่อหน่วยเวลา ดังแสดงในรูปที่ 11 โดยทั่วไปจะวัดเป็นปริมาตรของการไหลต่อหน่วยเวลาเป็นนาทีหรือวินาที แต่นิยมใช้คือ ลิตร/นาที ถ้ากระบอกสูบมีเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากัน กระบอกสูบที่มีอัตราการไหลมากกว่าจะเคลื่อนที่เร็วกว่า เราสามารถเปรียบเทียบความเร็วของที่มีอัตราการไหลแตกต่างกัน



รูปที่ 2.20 แสดงการไหลของของไหล



รูปที่ 2.21 เปรียบเทียบการเคลื่อนที่ของกระบอกสูบต่างขนาด

จากรูปที่ 2.27 เป็นการเปรียบเทียบความเร็วในการเคลื่อนที่ของลูกสูบของสองกระบอกสูบที่มีขนาดพื้นที่หน้าตัดเท่ากัน แต่อัตราการไหลของน้ำมันไฮดรอลิกไม่เท่ากันจากสมการ

$$V = \frac{Q_1}{A_1} = \frac{Q_2}{A_2} = \text{ค่าคงที่} \quad (2)$$

โดยที่ V คือความเร็วของกระบอกสูบ Q คืออัตราการไหลของน้ำมันไฮดรอลิกและ A คือพื้นที่หน้าตัดของกระบอกสูบ

ดังนั้นความเร็วของลูกสูบของกระบอกสูบเมื่ออัตราการไหลของกระบอกเท่ากับ 10 ลิตร/นาที พื้นที่หน้าตัดของ กระบอกสูบ 50 ตารางเซนติเมตร จะเท่ากับ

$$V_a = \frac{Q_a}{A_a} = \frac{\frac{10 \times 1000}{60}}{50} = 3.33 \text{ ซม./วินาที}$$

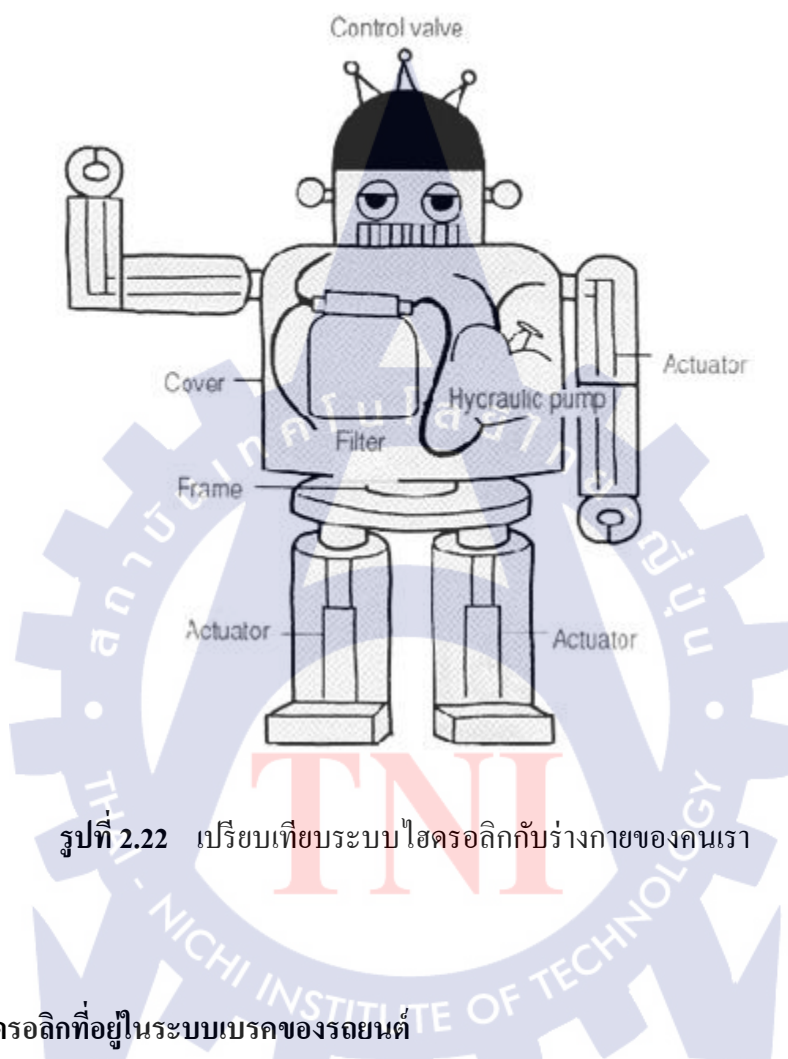
แต่ถ้าเราเพิ่มอัตราการไหลเป็น 30 ลิตร/นาที เราจะได้ความเร็วของลูกสูบเป็น

$$V_a = \frac{Q_a}{A_a} = \frac{\frac{30 \times 1000}{60}}{50} = 10 \text{ ซม./วินาที}$$

ซึ่งเราจะเห็นได้ว่าเมื่อเราเพิ่มอัตราการไหลให้กับระบบจะทำให้ความเร็วของลูกสูบเพิ่มขึ้น

2.2.1.2.4. เปรียบเทียบระบบไฮดรอลิกกับร่างกายของคน

ในร่างกายมนุษย์เรามีหัวใจเปรียบเสมือนปั๊มตัวใหญ่ เรามีปอดที่เปรียบเป็นตัวฟอกเลือดเหมือนตัวกรองเลือดจากเลือดดำเป็นเลือดแดงที่สะอาด เรามีแขนขาที่สามารถหยิบจับสิ่งต่าง ๆ และทำงานต่าง ๆ เรามีสมองที่คอยคิดและสั่งการว่าจะให้แขนขาเคลื่อนที่ไปทางไหนอย่างไรเหมือนกับระบบของไฮดรอลิกดังรูปที่ 2.28

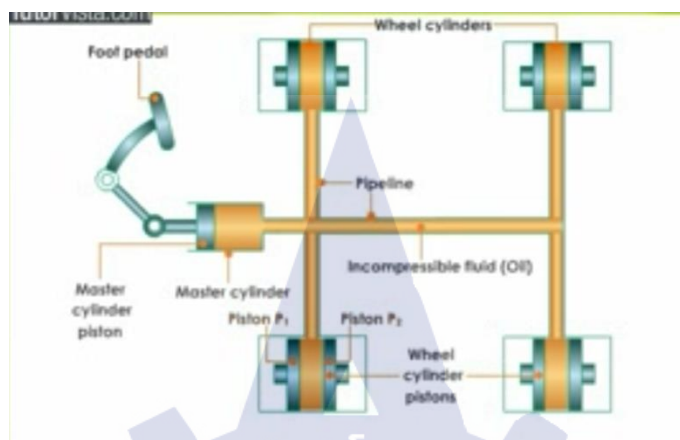


รูปที่ 2.22 เปรียบเทียบระบบไฮดรอลิกกับร่างกายของคนเรา

2.2.1.2.5. ระบบไฮดรอลิกที่อยู่ในระบบเบรกของรถยนต์

ในขณะที่เราเหยียบเบรกลงที่เป็นเบรก แรงเหยียบนี้ จะถูกส่งไปที่แม่ปั้มน้ำมันเบรก (Master Cylinder) เพื่อทำหน้าที่อัดแรงดันน้ำมันเบรก ออกไปตามท่อน้ำมันเบรก ผ่านวาล์วแยก ส่วนน้ำมันเบรก ไปจนถึงตัวเบรก ซึ่งติดตั้งอยู่บริเวณดุมล้อ และที่ตัวเบรก ก็จะมีลูกปั้มน้ำมันเบรก เมื่อได้รับแรงดันมา ลูกปั้มน้ำมันเบรกจะดันให้ผ้าเบรก ไปเสียดทานกับชุดจานเบรกที่อยู่ใกล้ กับจานดิสก์เบรก หรือ ดรัมเบรก เมื่อเกิดความฝืดขึ้น ล้อก็เริ่ม

หมุนช้าลง เมื่อเพิ่มน้ำหนักเหยียบเบรกเข้าไปอีก แรงดันน้ำมันเบรกเพิ่มมากขึ้น ก็ยังมีความฝืดที่ล้อเพิ่มขึ้น รถก็จะลดความเร็วลง จนรถหยุดในที่สุด



รูปที่ 2.23 แสดงระบบเบรกของรถยนต์

2.2.2. ชนิดของเบรก

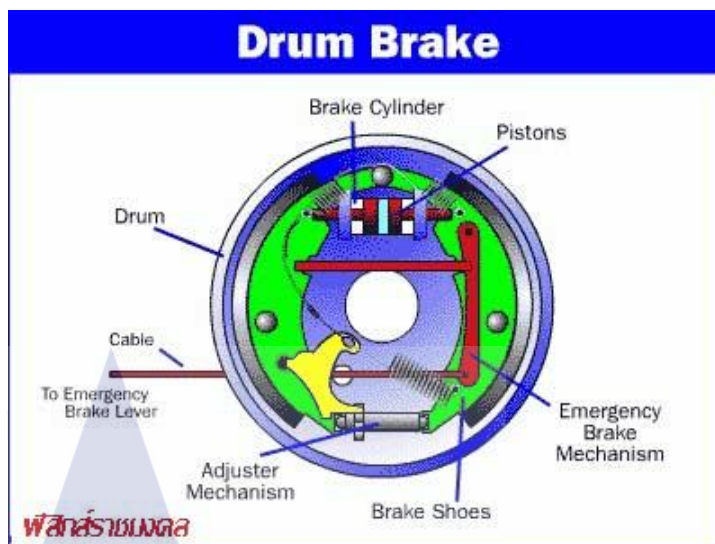
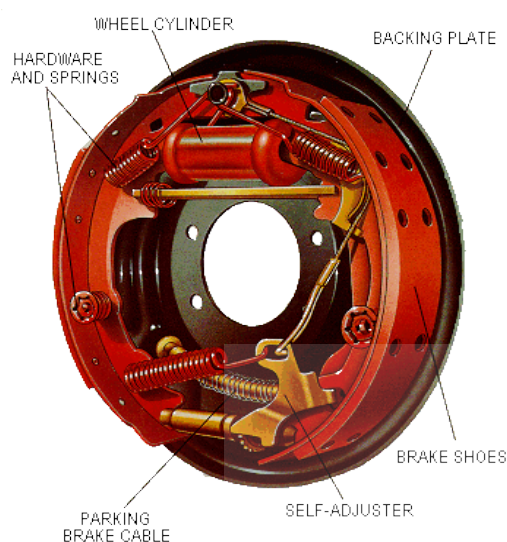
ชนิดของเบรกมี 2 ชนิด

- ครัมเบรก (Drum Brake)
- ดิสก์เบรก (Disc Brake)

2.2.2.1. ครัมเบรก (Drum Brake)

ในชุดเบรกแบบครัม ประกอบด้วยตัวครัม (Drum) เป็นโลหะวงกลมยึดติดกับคูล้อ หมุนไปพร้อมล้อ และชุดฝักเบรก ซึ่งประกอบด้วยผ้าเบรก กลไกปรับตั้งเบรก สปริงดึงกลับ และลูกสูบปั๊มเบรก ซึ่งสายน้ำมันเบรก ก็จะมาเชื่อมต่อกับตัวลูกสูบนี้แหละ ในการดันผ้าเบรกให้ไปเสียดทานกับครัม เพื่อให้เกิดความฝืด

โดยเปรียบเทียบง่าย ๆ คือ คนเป็นกระบอกเบรก ยึดแขนออกไปแล้วมีผ้าเบรกติดอยู่ที่ฝ่ามือ มีฝ่าครอบหมุนอยู่ เมื่อมีการเบรกก็ยึดแขน ดันฝ่ามือออกไปให้ฝ่าครอบหมุนช้าลง

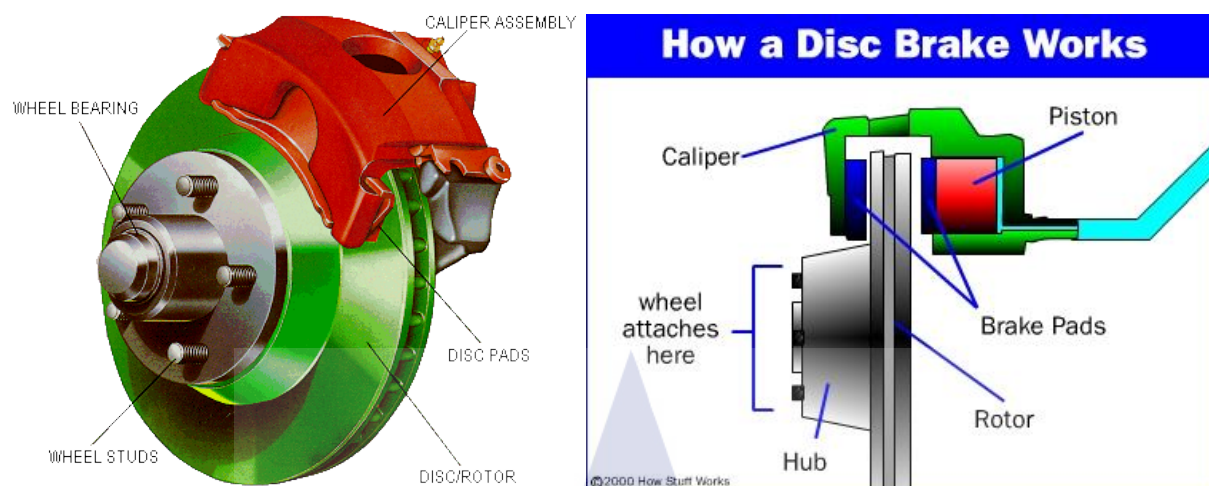


รูปที่ 2.24 ดรัมเบรก

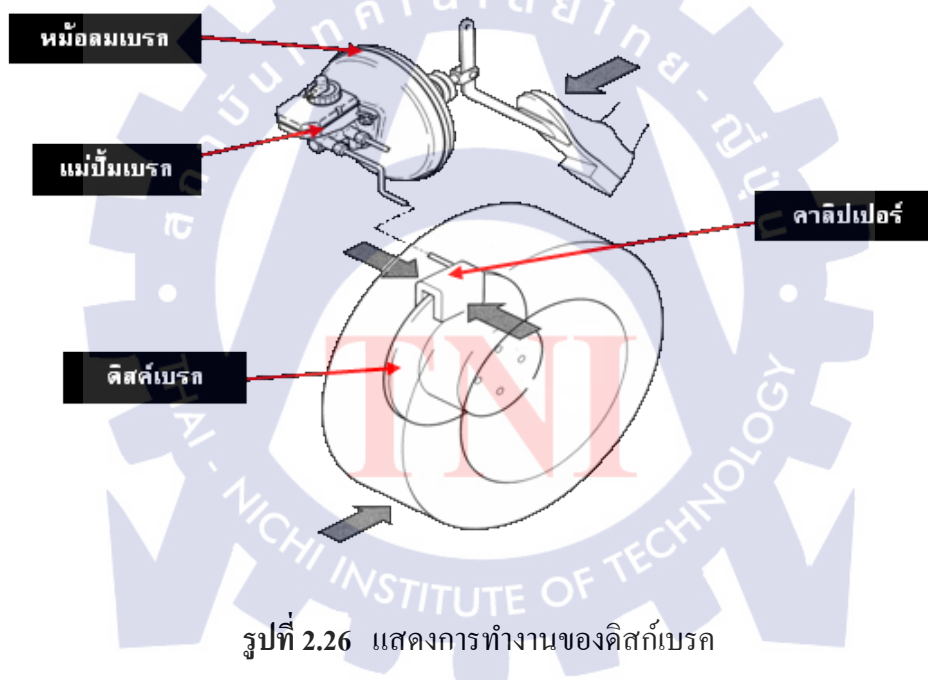
2.2.2.2. ดิสก์เบรก (Disc Brake)

ชุดดิสก์เบรก ประกอบด้วย แผ่นจานดิสก์ ติดตั้งลงบนแกนเพลาล้อ เมื่อรถเคลื่อนที่ แผ่นจานดิสก์ จะหมุนไปพร้อมล้อ จากนั้นจะมีอุปกรณ์ที่เราเรียกว่า คาลิปเปอร์ (Caliper) ที่เรียกกันทั่วไปว่า "ก้ามปูเบรก" สำหรับตัวคาลิปเปอร์ จะติดตั้งโดย ครอบลงไปบนจานดิสก์ (ไม่หมุนไปพร้อมล้อ) ภายในคาลิปเปอร์ มีการติดตั้งผ้าเบรกประกอบอยู่ทางด้านซ้าย และขวาของจานดิสก์ และจะมีลูกปั้มน้ำมันเบรกติดตั้งอยู่ด้วย ซึ่งท่อน้ำมันเบรก ก็จะติดตั้งเชื่อมต่อกับลูกปั้มเบรกนี้ เมื่อใดที่มีการเหยียบเบรก ลูกปั้มเบรก ก็จะดันให้ผ้าเบรก เลื่อนเข้าไปเสียดทาน กับแผ่นจานดิสก์ เพื่อให้เกิดความฝืด

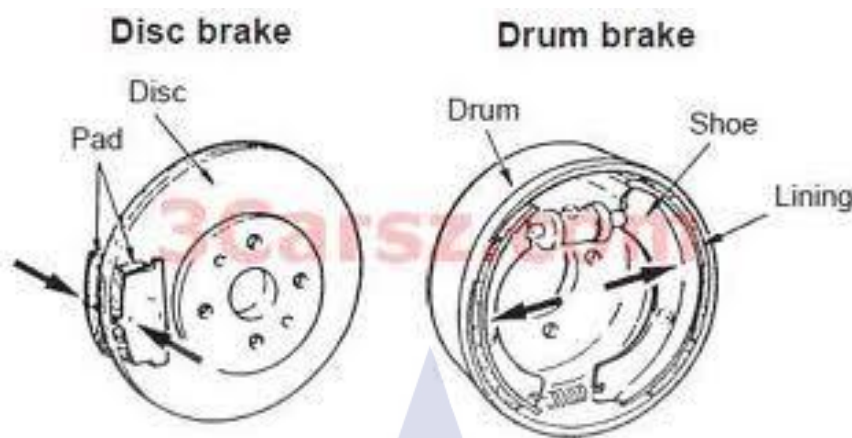
โดยเปรียบเทียบง่าย ๆ คือ คนเป็นกระบอกเบรก มีผ้าเบรกอยู่ที่ฝ่ามือ ทำแขนเหมือนกำลังยกมือไหว้แต่ไม่ชิดสนิทกันมีแผ่นกลม หมุนแทรกอยู่ระหว่างมือเมื่อมีการเบรกก็ประกบฝ่ามือเข้าหากัน



รูปที่ 2.25 ดิสก์เบรก



รูปที่ 2.26 แสดงการทำงานของดิสก์เบรก



รูปที่ 2.27 แสดงความแตกต่างระหว่างการทำงานของดิสก์เบรก
กับการทำงานของดรัมเบรก

ดรัมเบรก เป็นอุปกรณ์เบรกมาตรฐาน สำหรับรถยนต์ รุ่นเก่าหน่อย ต่อมาเมื่อมีการใช้ดิสก์เบรกกันมากขึ้น ก็จะมี ระบบดิสก์เบรกสำหรับล้อคู่หน้า และดรัมเบรกสำหรับล้อคู่หลัง และในปัจจุบัน ก็สามารถเห็นรถยนต์ที่ ติดตั้งดิสก์เบรกมาทั้ง 4 ล้อ แต่อย่างไรก็ตาม การจะใช้ระบบเบรกแบบดิสก์ หรือดรัมนั้น ขึ้นอยู่กับการออกแบบระบบของบริษัทผู้ผลิตรถยนต์แต่ละรุ่นอยู่แล้วเพื่อประสิทธิภาพการทำงานที่ดี

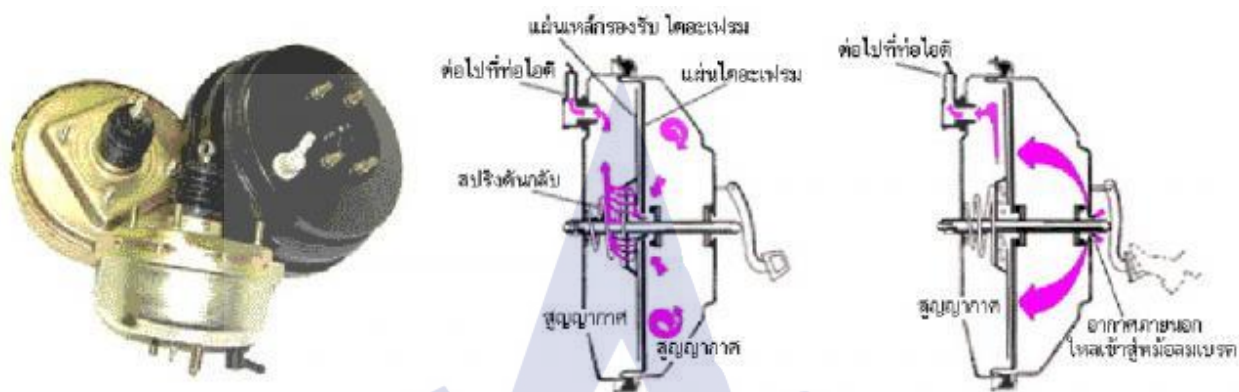
2.2.3.ระบบช่วยผ่อนแรงการเหยียบเบรก

อุปกรณ์ช่วยผ่อนแรงในการเหยียบเบรกคือ หม้อลมเบรก (Brake Booster) ซึ่งทำงานด้วยสุญญากาศ (Vacuum) ภายในหม้อลมเบรกจะมีแผ่นไดอะแฟรมอยู่และที่ตัวหม้อลมเบรกนี้เอง จะมีท่อต่อออกไปเชื่อมต่อกับท่อไอดี เมื่อเครื่องยนต์ทำงานก็จะดูดเอาอากาศที่ท่อไอดีเข้าไปเผาไหม้ ด้วยเหตุนี้จึงทำให้หม้อลมเบรกถูกดูดอากาศไปใช้งานด้วย ความดันอากาศในหม้อลมเบรกจึงต่ำลงเข้าใกล้ระดับสุญญากาศ

หม้อลมเบรก (Servo) เมื่อต้องการลดความเร็วหรือหยุดรถก็จะเหยียบลงบนแป้นเบรกแกนเหล็กที่ติดตั้งอยู่บนแกนแป้นเบรกก็จะเคลื่อนที่ไปดันให้วาล์วอากาศของหม้อลมเบรกเปิดออกทำให้อากาศภายนอกไหลเข้าสู่หม้อลมเบรกอย่างรวดเร็วก็จะไปดันเอาแผ่นไดอะแฟรมที่ยึดติดกับแกนกดแม่ปั้มเบรกให้เคลื่อนที่ไปดันลูกสูบในแม่ปั้มเบรกพร้อมกับแรงเหยียบเบรกของผู้ขับรถด้วย ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ผู้ขับรู้สึกว่ายเหยียบเบรกด้วยความนุ่มนวลซึ่งเมื่อผู้ขับคืนเท้าออกจากแป้นเบรกอีกครั้งแป้นเบรกก็จะกลับสู่ตำแหน่งเดิมพร้อมด้วยวาล์วอากาศของหม้อลมเบรกก็ปิดลงอากาศที่หม้อลมเบรกก็นิ่งอยู่คงถูกดูดออกไปใช้งานอย่างสม่ำเสมอจนกว่าเครื่องยนต์จะดับ

ในกรณีที่เครื่องยนต์ดับภายในหม้อลมเบรกก็นิ่งมีสภาพเป็นสุญญากาศอยู่ ดังนั้นหลังจากที่เครื่องยนต์ไม่ทำงานเรายังคงเหยียบเบรกได้อย่างนุ่มนวลอีกเพียงแค่ 2-3 ครั้ง เพราะอากาศด้านนอกหม้อลมเบรกก็จะเข้า

ไปอยู่ในหม้อลมเบรก ในขณะที่ไม่มีการดูดเอาอากาศภายในหม้อลมเบรกไปใช้งาน(เพราะเครื่องยนต์ไม่ทำงาน ไม่มีการดูดไอดีไปใช้งาน) เมื่ออากาศเข้าไปบรรจุอยู่ในหม้อลมเบรกจนเต็มก็ไม่มีแรงจากหม้อลมเบรกมาช่วยดันลูกสูบในแม่ปั้มเบรก ทำให้ผู้ขับจะต้องออกแรงเหยียบเบรกมากขึ้นไปด้วย



รูปที่ 2.28 แสดงการทำงานของหม้อลมเบรก



รูปที่ 2.29 หม้อลมเบรก

2.2.4.อาการเบรกแบบต่างๆ

2.2.4.1. เบรกตื้อ

เป็นอาการที่เวลาเหยียบเบรก แล้วรู้สึกว่ เบรกมันไม่ค่อยอยู่ เบรกแข็งๆ ต้องออกแรงเหยียบเบรกมากๆ อาการเบรกตื้อ เกิดมาจากหลายสาเหตุ เช่น แรงดูดสูญญากาศของหม้อลมน้อย เพราะปั้มดูดไคชาร์จเสีย หรือผ้าในหม้อลมรั่ว วาล์ว PVC หรือ Combo Vale เสีย สายลมรั่ว

2.2.4.2. เบรกต่ำ

เวลาเหยียบเบรกแล้วรู้สึกว่ เป็นเบรกจมลงต่ำกว่าปกติ เหยียบค้างไว้เบรค่อยๆจมลงๆ เป็นอาการของเบรกต่ำ ส่วนมากเกิดมาจาก ลูกยางแม่ปั้มเบรกบน มีอาการสึกหรอ หรือบวม ทำให้แรงดันเบรกลดลง ต้องออกแรงเบรกมากขึ้น หรือต้องเหยียบเบรกซ้ำๆกัน หลายๆครั้ง

2.2.4.3. เบรกติด

อาการเหมือนรถมีอาการเบรกทำงานอยู่ตลอดเวลา รถจะตื้อ เบรกร้อนมีกลิ่นเหม็นไหม้ เบรกปิดซ้าย-ขวา รถวิ่งไม่ออก จอดแล้วเข็นรถไม่ได้ เป็นอาการของเบรกติด ส่วนมากเกิดจาก การลูกยางกันฝุ่นของแม่ปั้มเบรกเสีย ทำให้มีน้ำซึมเข้าไปในกระบอกเบรก จนเกิดสนิมติดขัด ลูกสูบเบรกไม่สามารถเคลื่อนตัวเข้าออกได้

การแก้ไข เปลี่ยนชุดซ่อมแม่ปั้มเบรกล่าง ถอดมาขัดสนิมออก ทั้งแม่ปั้ม และกระบอกเบรก หรือถ้ามีสนิมมากจนเกิดไป จะทำให้น้ำมันเบรกรั่วซึมได้ ต้องเปลี่ยนลูกสูบเบรก หรือแม่ปั้มทั้งชุด

2.2.4.4. เบรกแตก

คืออาการ เหยียบเบรกแล้ว เป็นเบรกที่ขาเบรกจม จนเป็นเบรกกระทบกับพื้นรถ หรือนิ่มยุ่นๆก่อนแล้วจมลงติดพื้น เมื่อเหยียบเบรกแล้วยังคงวิ่งที่ความเร็วเท่าเดิม เหมือนไม่มีเบรก

2.2.4.4.1. สาเหตุ

2.2.4.4.1.1. เกิดจากรั่วของน้ำมันเบรก เช่นสายอ่อนเบรกแตก ท่อแป๊ปเบรกแตก หรือน้ำมันเบรกรั่วซึมมาเป็นเวลานาน ลูกยางแม่ปั้มเบรก และแม่ปั้มเบรกเก่า เสียหายจนน้ำมันเบรกรั่วไหลออกจนหมด

2.2.4.4.1.2. ผ้าเบรกหมด จนหลุดออก เป็นไปได้บ่อยครั้งที่ เวลาที่ผ้าเบรกหมดนานๆ และยังไม่เปลี่ยน ผ้าเบรกจะบางมากจนหลุดออกจากฝักก้ามปูเบรก จะทำให้ลูกสูบเบรกหลุด เบรกจะแตกทันที

2.2.4.4.1.3. ส่วนประกอบในระบบเกิดการหลุดหลวม เกิดได้หลายสาเหตุ เช่นสากแป้นเบรก (ที่ตั่งได้ไขไม่แน่นหลุดเกลียว หรือไม่ได้ใส่สลักล็อก) น็อตยึดขาเบรกหลุด ฝักเบรก หรือคาร์บริเปอร์เบรกดัดไม่แน่น และส่วนประกอบต่างๆในระบบเบรกประกอบไม่แน่นหลุดออก



รูปที่ 2.30 คาร์บริเปอร์เบรกที่ยึดกันไม่แน่น

2.2.4.4.1.4. สายอ่อนเบรกแตก สายอ่อนที่เก่ามากๆ จะเกิดอาการบวม เวลาปกติก็ดูดี แต่พอเหยียบเบรกกลับ ฟองตัวเหมือนลูกโป่ง พวกนี้อันตรายมาก เวลาเหยียบเบรกเบาๆแรงดันน้ำมันเบรกด่ำก็รู้สึกดี แต่พอเวลาคับขัน เหยียบเบรกจะทันทันอย่างแรง สายอ่อนเบรกก่เกิดการรับแรงดันไม่ไหวแตกออก และการติดตั้งสายอ่อนเบรกไม่ดี เสียดสีกับล้อ และยาง หรือเสียดสีกับระบบช่วงล่างของรถ



รูปที่ 2.31 สายอ่อนเบรก

2.2.4.5. เบรกหมด

คืออาการ เบรกแล้วเกิดเสียงดัง เหมือนเหล็กสีกับเหล็ก เบรกสั้นๆ เป็นอาการของเวลาที่ผ้าเบรกหมด ผ้าเบรกบางรุ่นจะมีส่วนที่เป็นตุ่มโลหะมาแตะกับจานเบรกเพื่อให้เกิดเสียงดัง เป็นอาการส่งสัญญาณเตือน หรือ ติดตั้ง สวิตช์ไฟโชว์ไว้ที่แผงหน้าปัด ต้องรีบเปลี่ยนโดยทันที เพราะจะทำให้ผ้าเบรกสีกับจานเบรกเสียหาย จนต้องเปลี่ยนจานเบรกใหม่

2.2.4.6. เบรกสั่น

คืออาการที่เหยียบแล้ว แป้นเบรกเกิดอาการสั่นขึ้นๆลงๆ รู้สึกได้ด้วยเท้า รถที่เบรกสั่นมากจะรู้สึกสั่นถึงพวงมาลัย หรือเวลาเหยียบเบรก เกิดอาการสั่นสะท้านไปทั้งคัน

สาเหตุเกิดจาก จานเบรกเกิดการคดบิดตัว เพราะการใช้งานที่รุนแรงเกินไป การลุยน้ำ (จานเบรกที่ร้อนจัด เวลาเจอน้ำมักจะบิดตัวได้ง่าย) ลูกปืนล้อหลวม น็อตล้อหลวม ผ้าเบรกลึกหรือไม่เท่ากัน อาการนี้เกิดได้ทั้งระบบดิสเบรก และดรัมเบรก

2.2.4.7. เบรกเสียงดัง

อาการ มีเสียงดังที่เกิดขึ้นในขณะที่เบรก ส่วนมากเกิดมาจาก ผ้าเบรก และจานเบรก เช่นผ้าเบรกหมด จนเหล็กผ้าสีกับจาน จานเบรกเป็นรอยมากๆเนื่องจากฝุ่น และหินที่หลุดเข้าไปเสียดสี ต้องเจียรจานเบรกใหม่ แต่ถ้าผ้าเบรกกี่ใหม่ จานเบรกกี่เรียบดี เสียงที่ดังมักเกิดจาก เสียงของผ้าเบรกเอง ผ้าเบรกที่ผลิตไม่ได้มาตรฐาน อัคชั่น

รูปผิดพลาด จะเกิดรอยร้าว เป็นช่องว่างให้อากาศเข้าได้จะเกิดเสียงดัง การเปลี่ยนผ้าเบรคใหม่ถือว่าเป็นวิธีการที่ดีที่สุด

2.2.4.8. เบรคเฟด

คืออาการเบรคลื่นๆ เบรคไม่อยู่ในขณะที่ใช้ความเร็วสูง หรือติดต่อกันหลายๆครั้ง หรือใช้เบรคแบบหักโหม อาการนี้เกิดขึ้นเช่น เวลาที่ขับรถมาด้วยความเร็วสูงมากๆ พอแตะเบรคครั้งแรกก็เบรคอยู่ดี พอแตะเบรคอีกหลายๆทีกลับเกินอาการลื่นเหมือนยังไม่เหยียบเบรคเลย

สาเหตุเกิดจาก ความร้อนของจานเบรคที่สูงเกินไป จานเบรคที่ใช้งานหนักอาจเกิดความร้อนสูงกว่า 1,000 องศา จานเบรคอาจเกิดการไหม้แดง เหมือนเหล็กถูกเผาไฟ และเกิดการขยายตัวมาก การระบายความร้อนของจานเบรคไม่ดี ผ้าเบรคที่มีคุณสมบัติในการทนความร้อนต่ำ จะเกิดการลื่นไหม้เสียหาย ไม่สามารถจับจานเบรคให้อยู่ได้ รวมถึงน้ำมันเบรคที่มีคุณสมบัติในการทนความร้อนต่ำ จะทำให้น้ำมันเบรคเดือด เกิดการขยายตัวเป็นฟองอากาศ ทำให้แรงดันไฮโดรลิกลดลง

อาการเบรคเฟดนี้ ถือเป็นปัญหาของนักซิ่ง ที่ชอบใช้เบรคแบบรุนแรง เบรคบ่อยๆติดต่อกัน และ รถที่ขับเคลื่อนด้วยความเร็วสูง

2.2.5. ระบบเพื่อความปลอดภัยเสริม

2.2.5.1. ระบบเบรค ABS

ระบบป้องกันการล้อคตาย(anti-lock brake system) หรือระบบเบรค ABSเป็นระบบที่ออกแบบมาเพื่อป้องกันเบรกล้อคตายเมื่อผู้ขับขี่รถยนต์หยุดกะทันหันที่ความเร็วของรถยนต์สูงกว่า 5 ไมล์ต่อชั่วโมงระบบการทำงานจะถูกควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ที่ได้รับสัญญาณจากความเร็วของล้อรถยนต์เพื่อสั่งการให้ลิ้นควบคุมแรงดันระบบเบรคไฮโดรลิกส์ทำงานโดยจะลดแรงดันน้ำมันเบรคที่ไปยังคาลิเปอร์ของดิสก์เบรคให้อยู่ในระดับที่เบรคของล้อแต่ละล้อจะไม่ล้อคตายและเมื่อความเร็วของล้อพ้นขีดอันตรายแล้ว คอมพิวเตอร์ก็จะสั่งให้เพิ่มแรงดันน้ำมันเบรคแก่ล้อสลับกันไปซ้ำๆกันตั้งแต่ 5 ถึง 15 ครั้งต่อนาทีการควบคุมการเบรคด้วยระบบ ABS นี้ยังช่วยให้

การทรงตัวและการควบคุมของผู้ขับขี่กระทำได้ง่ายเมื่อทำการเบรคอย่างทันทีทันใด ตลอดจนทำให้รถยนต์นั้นสามารถหยุดได้อย่างสนิทในระยะทางอันสั้นอีกด้วย

2.2.5.1.1. ระบบเบรค ABS ยังมีจุดเด่นที่ดีคือ

2.2.5.1.1.1. เมื่อผู้ขับขี่รถยนต์เบรคจนล้อล็อกตาย จะไม่เกิดขึ้นกับล้อหน้าของรถยนต์ จึงทำให้การควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของรถมีประสิทธิภาพทุกสภาวะของสภาพถนน

2.2.5.1.1.2. เมื่อเบรคจนล้อล็อกตายก็จะทำให้รถยนต์นั้นสามารถหยุดได้ในแนวตรงโดยไม่ทำให้ท้ายรถปัด

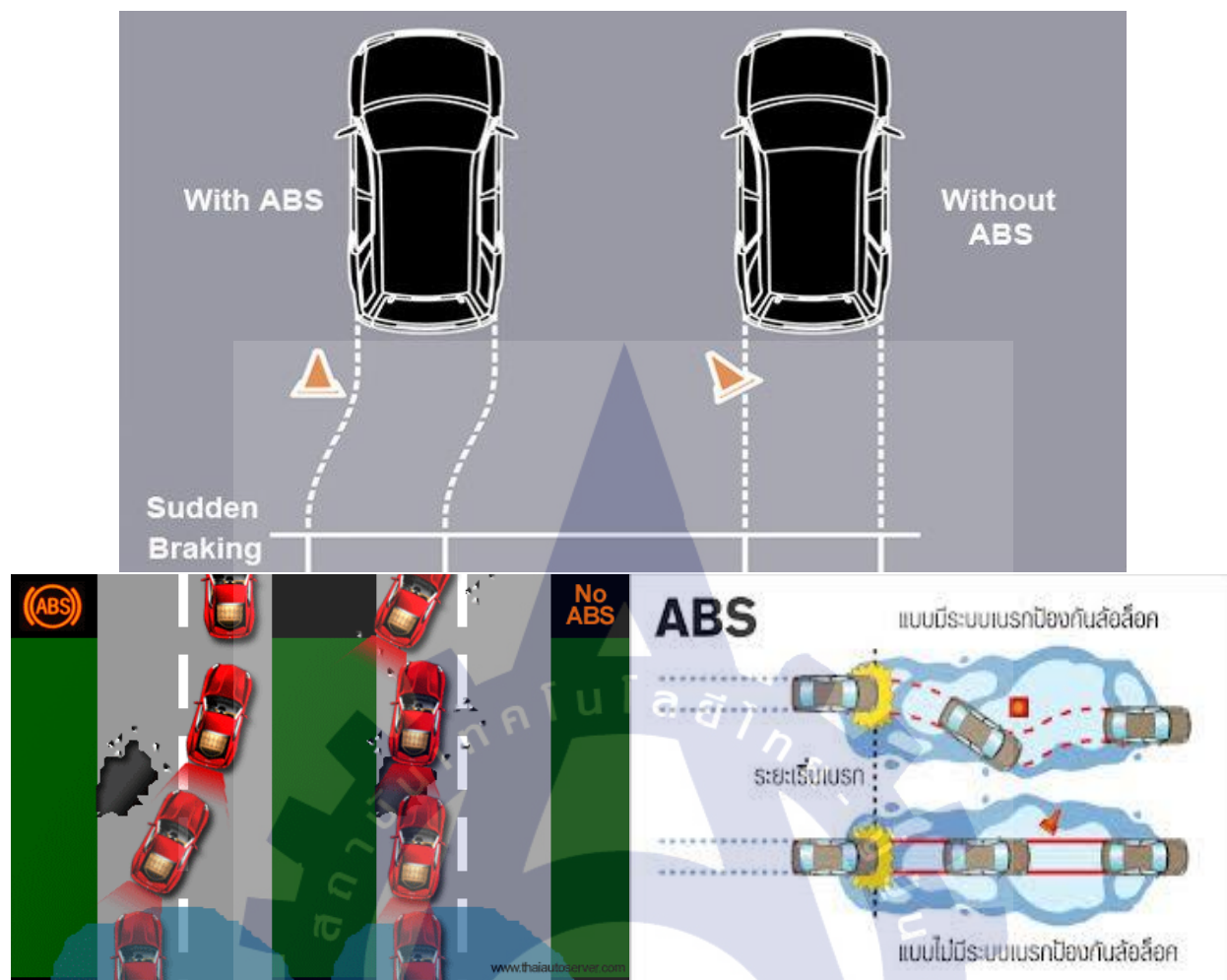
2.2.5.1.1.3. การควบคุมการเบรคของล้อทั้งสี่ล้อจะเป็นอิสระซึ่งกันและกันจึงทำให้การควบคุมทิศทางเป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพแม้ว่าล้อทั้งสี่ล้อจะมีค่าความเสียดทานของพื้นผิวถนนที่แตกต่างกันก็ตาม

2.2.5.1.1.4. การควบคุมด้วยระบบคอมพิวเตอร์จะกระทำได้อย่างแม่นยำจึงทำให้ระยะทางในการเบรคของรถมีระยะทางที่สั้น

2.2.5.1.1.5. ระบบเบรค ABS จะทำงานเป็นระบบธรรมดาได้เมื่อเกิดปัญหาขึ้นภายในระบบ

2.2.5.1.1.6. เป็นระบบที่มีการตรวจสอบด้วยตัวเองดังนั้นจึงทำให้การแก้ไขข้อบกพร่องเป็นไปได้อย่างรวดเร็ว





รูปที่ 2.32 การทำงานของระบบเบรก ABS

2.2.5.1.2. ส่วนประกอบของระบบเบรก ABS

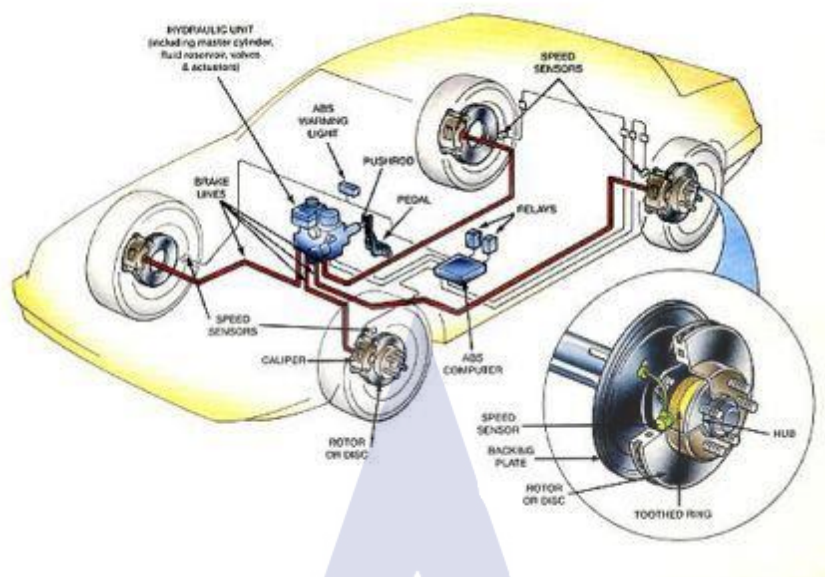
2.2.5.1.2.1. เซ็นเซอร์วัดความเร็วล้อหน้า

2.2.5.1.2.2. เซ็นเซอร์วัดความเร็วล้อหลัง

2.2.5.1.2.3. ชุดลิ้นควบคุมแรงดันระบบไฮดรอลิกส์

2.2.5.1.2.4. กล่องคอมพิวเตอร์ ABS

2.2.5.1.2.5. ไฟเตือน ABS



รูปที่ 2.33 ส่วนประกอบระบบเบรก ABS

2.2.5.1.3.การทำงานของส่วนประกอบต่างๆของระบบเบรก ABS

2.2.5.1.3.1. เซ็นเซอร์วัดความเร็วรอบล้อหน้าและล้อหลัง

เซ็นเซอร์วัดความเร็วรอบล้อหน้าและล้อหลังเป็นเซ็นเซอร์วัดความเร็วรอบของล้อ ประกอบด้วยแม่เหล็กถาวร ขดลวด และแกนเหล็ก และชุดเซ็นเซอร์ของล้อหน้ายังติดตั้งอยู่ที่คันส่ง ทั้งด้านซ้ายและขวา ส่วนโรเตอร์จะมีรูปร่างลักษณะเป็นฟันเฟืองจะติดตั้งกับเพลาล้อหน้าและหมุนไปพร้อมกับคุมล้อหน้าสำหรับชุดเซ็นเซอร์วัดความเร็วรอบของล้อหลังจะติดตั้งอยู่กับเสื้อเพลาท้ายโรเตอร์ของล้อหลังจะติดตั้งกับเสื้อเพลาล้อหลังและหมุนไปพร้อมกับคุมล้อหลัง ฟันเฟืองของโรเตอร์ทั้งหน้าและล้อหลังมีจำนวนถึง 48 ฟัน เมื่อโรเตอร์หมุนตัดแกนแม่เหล็ก ฟันเฟืองของโรเตอร์จะตัดกับสนามแม่เหล็กเกิดการเหนี่ยวนำไฟฟ้ากระแสสลับขึ้น ความถี่ของกระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากขดลวดในชุดเซ็นเซอร์วัดความเร็วจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความเร็วของโรเตอร์กระแสไฟฟ้าที่เกิดการเหนี่ยวนำจะถูกส่งไปยังคอมพิวเตอร์ในรูปของความถี่เพื่อตรวจวัดความเร็วของล้อรถยนต์



รูปที่ 2.34 เซ็นเซอร์ ABS

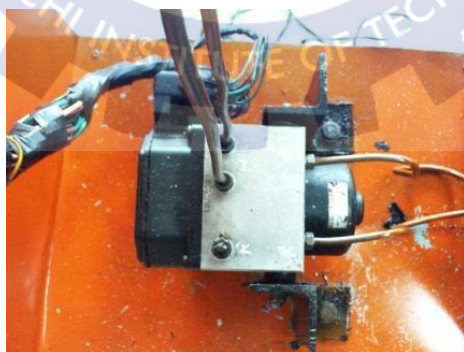
2.2.5.1.3.2. ชุดลิ้นควบคุมแรงดันระบบไฮดรอลิกส์

ภายในชุดลิ้นควบคุมแรงดันระบบไฮดรอลิกส์จะประกอบด้วยลิ้นโซลินอยด์ปั๊มถึงเก็บน้ำมันสำรองมีหน้าที่หลักในการทำงานก็คือ

- ลดแรงดันน้ำมันเบรกจากคาลิปเปอร์ของดิสก์เบรกให้ไหลไปยังถังเก็บน้ำมันสำรองเพื่อให้ปั๊มส่งน้ำมันเบรกกลับไปยังแม่ปั๊มเบรก
- ควบคุมแรงดันน้ำมันเบรกให้คงที่ เพื่อรักษาแรงดันน้ำมันเบรกในคาลิปเปอร์ของดิสก์เบรกให้คงที่อยู่เสมอ
- เพิ่มแรงดันน้ำมันเบรกให้สูงขึ้น เพื่อส่งไปยังคาลิปเปอร์ของดิสก์เบรกให้มีแรงดันเท่ากับแรงดันที่แม่ปั๊มเบรก

2.2.5.1.3.3. ส่วนประกอบของชุดควบคุมไฮดรอลิกส์

- ลิ้นโซลินอยด์ควบคุมการทำงาน 3 ระดับ
- ถังเก็บน้ำมันเบรกสำรองและปั๊ม



รูปที่ 2.35 ชุดลิ้นควบคุมแรงดันไฮดรอลิกส์

2.2.5.1.3.4. คอมพิวเตอร์ควบคุมระบบ ABS

คอมพิวเตอร์จะทำหน้าที่รับสัญญาณจากเซ็นเซอร์วัดความเร็วของล้อผ่านวงจรไมโครคอมพิวเตอร์ เพื่อกำหนดความเร็วของล้อที่หมุนเร็วขึ้นหรือช้าลง ตลอดจนค่าการลื่นไถลและส่งสัญญาณที่ได้รับในรูปของคลื่นไฟฟ้าไปยังลิ้นโซลินอยด์ในชุดลิ้นควบคุมแรงดันระบบไฮดรอลิกถ้าล้อหมุนเร็วขึ้นแต่แรงดันน้ำมันเบรกยังคงที่ไมโครคอมพิวเตอร์จะส่งสัญญาณไปยังลิ้นโซลินอยด์เพื่อควบคุมแรงดันน้ำมันเบรกให้ค่าลิเปอร์ของดิสก์เบรกมีแรงดันในการเบรกเพิ่มขึ้น วงจรควบคุมลิ้นโซลินอยด์เป็นวงจรที่ใช้เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ในการควบคุมกระแสไฟฟ้าที่ไหลเข้าขดลวดของลิ้นโซลินอยด์ให้มีกระแสไฟฟ้าเป็นศูนย์แอมแปร์เพื่อปรับแรงดันน้ำมันเบรกให้เพิ่มขึ้นกระแสไฟฟ้า 2 แอมแปร์จะปรับแรงดันน้ำมันเบรกให้คงที่และกระแสไฟฟ้า 5 แอมแปร์จะปรับแรงดันน้ำมันเบรกให้ลดลงสำหรับวงจรทำงานฉุกเฉินเป็นวงจรที่จะรับรู้การทำงานของเซ็นเซอร์ลิ้นโซลินอยด์และคอมพิวเตอร์ ถ้าระบบใดระบบหนึ่งไม่ทำงาน วงจรฉุกเฉินจะส่งสัญญาณไปยังลิ้นโซลินอยด์และมอเตอร์ให้หยุดการทำงานทันที เพื่อให้ระบบเบรก ABS เป็นระบบเบรกธรรมดาไฟเตือน ABS ที่หน้าปัดรถยนต์นั้นจะทำหน้าที่เตือนให้ผู้ขับขี่ได้รับรู้ปัญหาข้อบกพร่องของระบบเบรก ABS

2.3 เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับโครงการ

2.3.1. Brake Filling Machine



รูปที่ 2.36 Brake Filling Machine (ด้านหน้า)



รูปที่ 2.37 Brake Filling Machine (ด้านข้าง)

ตารางที่ 2.1 แสดงขั้นตอนการทำงานและเวลาในการทำงานของเครื่องเติมน้ำมันเบรก

Step	Time(s)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Pre-check	7										
Vacuum check	40										
Leak ckeck	5										
Filling	35										
Leveling	5										
Total cycle	85										

2.3.1.1. ขั้นตอนการทำงานของเครื่องเติมน้ำมันเบรก

2.3.1.1.1. Vacuum เป็นกระบวนการดูดอากาศออกจากระบบ เพื่อให้ระบบเป็นสุญญากาศ ซึ่งมีการตรวจสอบ 3 ระยะ

2.3.1.1.1.1. Pre-vacuum check เป็นระยะที่ตรวจสอบความพร้อมของการทำงานของเครื่องจักร ซึ่งต้องมีความดันต่ำกว่าหรือเท่ากับ 2,000 Pa หลังจากทำการ Vacuum ไปแล้ว 7 วินาที

2.3.1.1.1.2. Vacuum check เป็นระยะที่ตรวจสอบระบบเบรคของตัวรถที่เราจะทำการเติมน้ำมันเบรค ระบบท่อต่างๆของระบบเบรครถยนต์ ซึ่งจะต้องมีความดันต่ำกว่าหรือเท่ากับ 200 Pa หลังจากทำการ Vacuum ไปแล้ว 45 วินาที

2.3.1.1.1.3. Leak – check เป็นขั้นตอนที่จะหยุดทำการ Vacuum เพื่อตรวจสอบรอยรั่วทั้งของ เครื่องจักรและระบบเบรคของรถยนต์ ซึ่งค่าความดันจะค่อยๆลดลงแสดงว่าไม่มีการรั่ว แต่ถ้าความดันลดลง อย่างรวดเร็วแสดงว่ามีการรั่วเกิดขึ้น จะไม่สามารถเติมน้ำมันเบรคได้

2.3.1.1.2. Filling เป็นขั้นตอนการเติมน้ำมันเบรคเข้าระบบเบรคของรถยนต์ ซึ่งการเติมต้องควบคุมความดัน ให้น้อยกว่า 0.4 MPa และใช้เวลาการเติม 35 วินาที ปริมาณในการเติมน้ำมันเบรคในแต่ละรุ่นจะไม่เท่ากันโดยที่

Cammary มีปริมาณการเติม 600 ml – 1000 ml

Corolla มีปริมาณการเติม 600 ml – 1000 ml

Prius มีปริมาณการเติม 1200 ml – 1600 ml

2.3.1.1.3. Leveling เป็นการดูน้ำมันส่วนที่เกินกลับเข้าระบบ โดยระดับน้ำมันเบรคจะอยู่ในช่วง Max บวกลบ 5 mm ซึ่งวัดที่กระบอกใส่น้ำมันเบรคของรถยนต์



รูปที่ 2.38 แสดงขั้นตอนการทำงานของเครื่องเติมน้ำมันเบรค



รูปที่ 2.39 Monitor แสดงค่า Pre-vacuum check, Vacuum check, Leak – check และ Filling โดยแสดงค่า standard ไว้ด้วย

2.3.2. Pirani Gauge Sensor



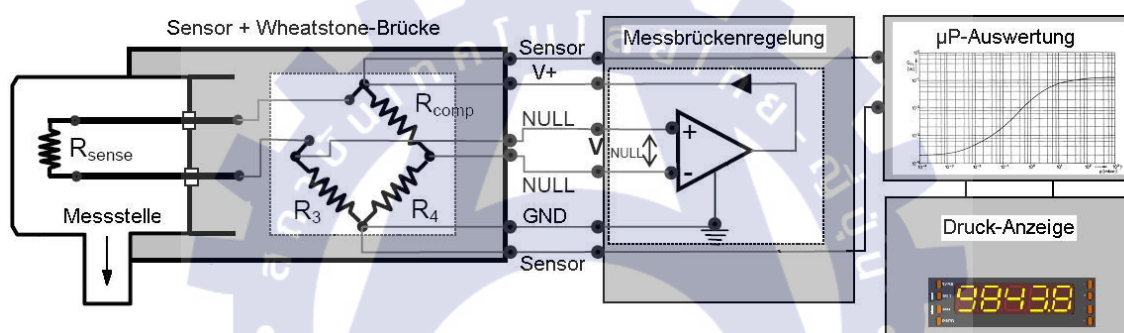
รูปที่ 2.40 Pirani Gauge

Pirani Gauge ใช้ในการวัดความดันในระบบสุญญากาศ ถูกประดิษฐ์ขึ้นในปี 1906 โดย Marcello Pirani

2.3.2.1. ส่วนประกอบของ Pirani Gauge ประกอบด้วยไส้ที่เป็นเส้นใยโลหะ (ปกติจะใช้ Platinum) ซึ่งจะลอยอยู่ในท่อที่เชื่อมต่อกับระบบสุญญากาศที่ต้องการวัด ไส้โลหะจะเสียบต่อกับงานโลหะ และปิดผนึกด้วยวงแหวน (o-ring) เส้นใยโลหะที่เชื่อมต่อกับวงจรไฟฟ้าซึ่งหลังจากวัดแล้วจะอ่านค่าความดันออกมา

2.3.2.2. การทำงาน ลวดโลหะร้อน (เรียกว่าไส้หลอด) ซึ่งลอยอยู่ในก๊าซจะสูญเสียความร้อนให้กับก๊าซซึ่งโมเลกุลของก๊าซจะวิ่งมาชนกับลวดแล้วส่งถ่ายความร้อน ถ้าความดันของก๊าซต่ำซึ่งก็คือมีโมเลกุลของก๊าซต่ำลงจะทำให้ลวดสูญเสียความร้อนลงอย่างช้าๆ การวัดการสูญเสียความร้อนจึงเป็นตัวบ่งชี้ทางอ้อมของระดับของความดัน

สามารถวัดความดันระหว่าง 0.5 Torr ถึง 10^{-4} Torr การนำความร้อนและความจุความร้อนของก๊าซ อาจส่งผลต่อการอ่านค่าของมิเตอร์ ดังนั้นก่อนนำไปใช้ควรทำการสอบเทียบก่อน



รูปที่ 2.41 Block diagram of Pirani gauge

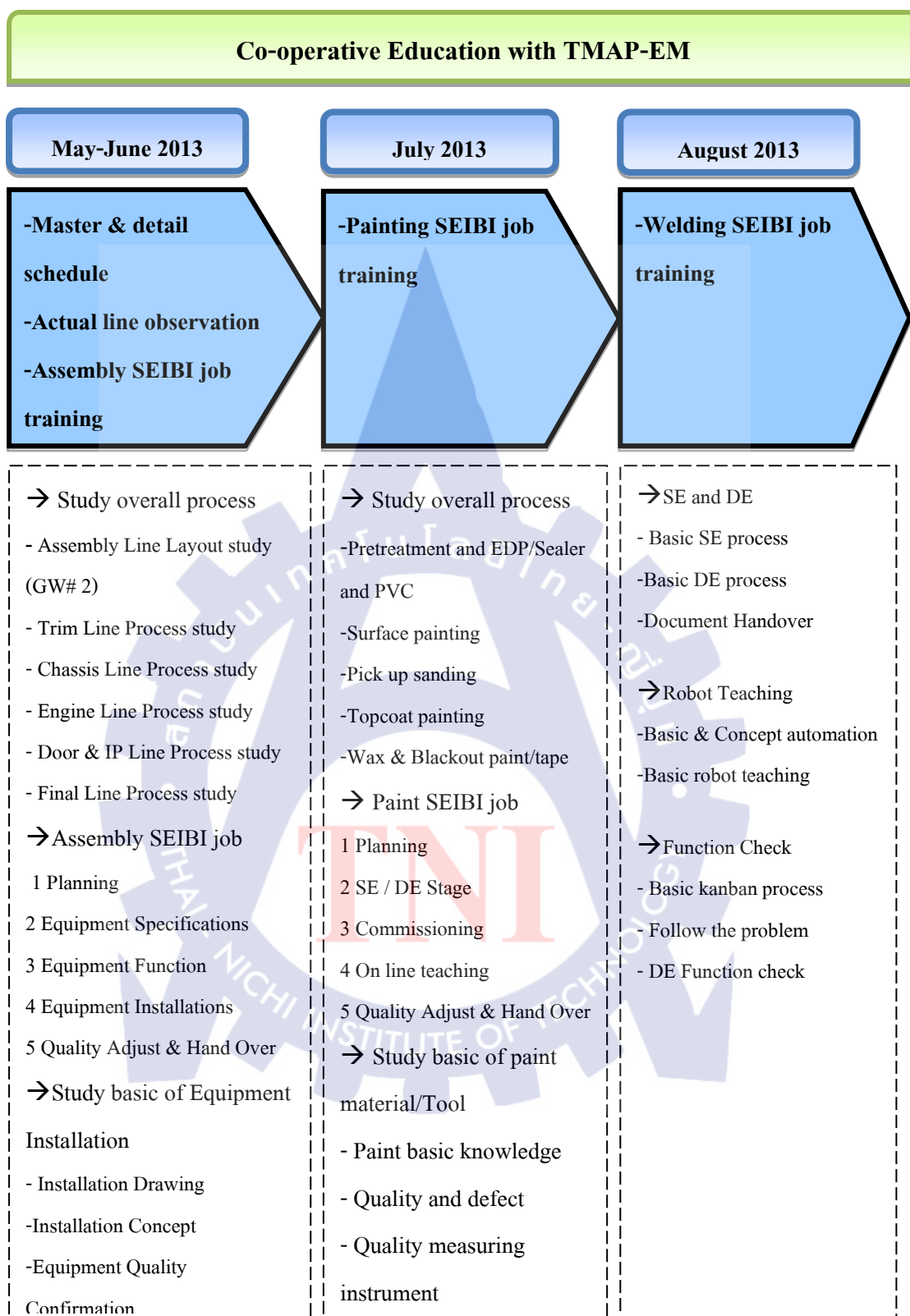
บทที่ 3

แผนงานการปฏิบัติงานและขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 แผนการปฏิบัติงาน

ตลอดระยะเวลาการฝึกงานที่บริษัท TOYOTA MOTOR ASIA PACIFIC ENGINEERING & MANUFACTURING CO., LTD. ได้รับมอบหมายงานตามแผนการปฏิบัติงานดังรูปที่ 3.1





รูปที่ 3.1 ภาพรวมแผนการปฏิบัติงาน

3.2 รายละเอียดโครงการงาน

3.2.1. เครื่องมือที่ใช้ในโครงการงาน

3.2.1.1. Brake Filling Machine



รูปที่ 3.2 Brake Filling Machine (ด้านหน้า)



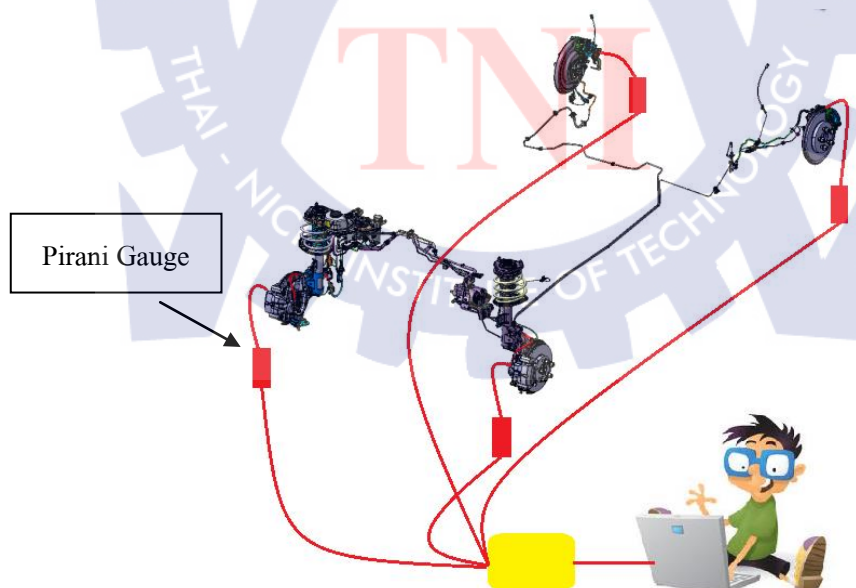
รูปที่ 3.3 Brake Filling Machine (ด้านข้าง)

3.2.1.2. Pirani Gauge Sensor



รูปที่ 3.4 Pirani Gauge Sensor ที่ใช้ในการปฏิบัติงาน

ประกอบด้วย Pirani Gauge 5 ชุด 4 ชุดสำหรับนำไปต่อกับวาล์วไล่ลมเบรก (หรือเรียกว่า วาล์วไล่น้ำมันเบรก) ซึ่งจะอยู่ที่ล้อของแต่ละข้าง เพื่อวัดค่าความดันของท่อลมเบรกที่ไปยังแต่ละล้อของรถ และอีกหนึ่งชุดจะนำไปต่อกับเครื่องเติมน้ำมันเบรก

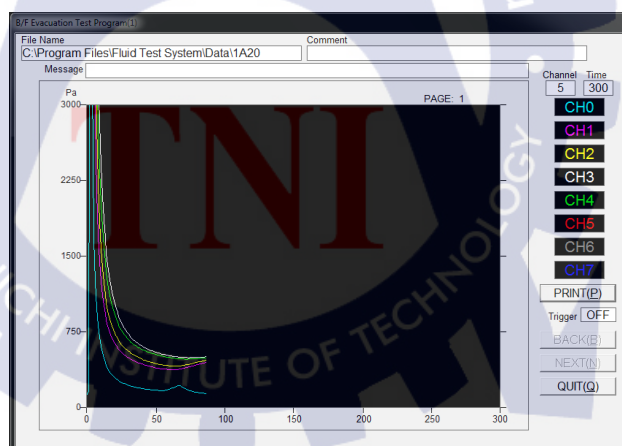


รูปที่ 3.5 แสดงตำแหน่งของ Pirani Gauge ที่นำไปต่อกับล้อของรถยนต์



รูปที่ 3.6 Pirani Gauge Sensor ที่ต่อกับจอแสดงผล

การแสดงผลของ Pirani Gauge Sensor จะแสดงออกมาเป็นกราฟ ที่มีเส้นกราฟ 5 เส้น ที่แสดงค่าความดันที่ Pirani Gauge อ่านค่าได้ทั้ง 5 ชุด



รูปที่ 3.7 กราฟที่แสดงค่าความดันที่ Pirani Gauge วัดได้

3.2.1.3. Special Tool for bubble check (กระเปาะแก้วสำหรับเช็คฟองอากาศ)



รูปที่ 3.8 Special Tool for bubble check
และตำแหน่งที่เช็คฟองอากาศในระบบเบรก

การเช็คฟองอากาศ (Bubble check) จะกระทำทั้ง 4 ล้อของรถยนต์จะทำได้โดยการนำสายยางใสของ Special Tool for bubble check มาต่อที่วาล์วไล่ลมเบรกของรถยนต์ จากนั้นขันปิดเปิดวาล์วไปพร้อมกับการเหยียบเบรกและปล่อยเบรก โดยการทำที่ล้อรถทีละข้าง ถ้าระบบเบรคมีฟองอากาศอยู่ในระบบก็จะถูกไล่ออกมาที่กระเปาะแก้ว จากนั้นอ่านค่าฟองอากาศจากกระเปาะแก้ว กระเปาะแก้วจะมีสเกลบอก หนึ่งสเกลมีค่าเท่ากับ 0.05 cc เมื่อทำการไล่ลมเบรกทั้ง 4 ล้อแล้วอ่านค่าจากกระเปาะแก้วของแต่ละล้อ จากนั้นเอาค่าทั้ง 4 ล้อมารวมกันต้อง ≤ 0.2 cc

3.2.2. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลจะเก็บค่า Vacuum และค่าของฟองอากาศ (Bubble) ซึ่งค่า Vacuum ที่เก็บจะมีทั้งหมด 2 ค่า คือค่าที่มาจากหน้าจอมอนิเตอร์ของเครื่องเติมน้ำมันเบรก ส่วนอีกค่ามาจาก Pirani Gauge Sensor ซึ่งจะแสดงออกมาอยู่ในรูปกราฟ ค่า Vacuum ของ Pirani Gauge Sensor จะแสดงค่าความดันที่อยู่ปลายล้อทั้ง 4 ล้อ ของรถยนต์

3.2.2.1. ค่า Vacuum ของระบบเบรก

ทำการเก็บค่า Pre-check , Vacuum check และ Leak check โดยดูจากหน้าจอมอนิเตอร์ของเครื่องเติมน้ำมันเบรก



รูปที่ 3.9 หน้าจอมอนิเตอร์ของเครื่องเติมน้ำมันเบรก

3.2.2.1.1. ค่า Standard Setting

ตารางที่ 3.3 ค่า Standard Setting ของเครื่องเติมน้ำมันเบรก

Step	Time (sec)	Standard Setting
Pre-check	7	$\leq 2,000$ Pa
Vacuum check	40	≤ 200 Pa

3.2.2.2. แบบฟอร์มที่ใช้เก็บค่าฟองอากาศในระบบเบรก

ตารางที่ 3.5 แบบฟอร์มตารางที่ใช้ในการบันทึกค่า Bubble check

BUBBLE CHECK RECORD

A-0-10		MODEL TYPE		LOCATION		TRIAL		Checked by				
Sequence		BUBBLE CHECK RESULTS								Standard		
RR,LR,RF,LF- Power										Acceptable <= 0.25 cc		
										Target <= 0.20 cc		
Date	Model	Trial #	Actuator	Type brake	NORMAL BLEED				ABS		Total Air	Judgement
					RR	LR	RF	LF	RF	LF		
1											-	
2											-	
3											-	
4											-	
5											-	
6											-	
7											-	
8											-	
9											-	
10											-	
11											-	
12											-	
13											-	
14											-	
15											-	
16											-	
17											-	
18											-	
19											-	
20											-	
21											-	
22											-	
23											-	
24											-	
25											-	
26											-	
27											-	
28											-	
29											-	
30											-	

3.2.2.3. กราฟ Vacuum ของระบบเบรก

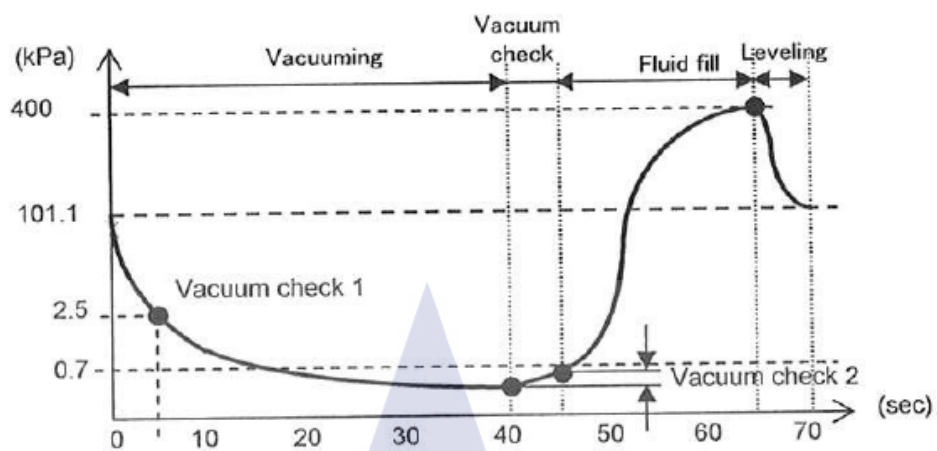
กราฟ Vacuum ได้มาจาก Pirani Gauge Sensor ที่ต่อกับจอแสดงผล จะแสดงออกมาเป็นกราฟ แสดงค่า Vacuum ทั้งสี่ล้อของรถยนต์ โดยที่แนวตั้งของกราฟแสดงค่าความดัน มีหน่วยเป็น ปาสกาล (Pascal, Pa) และแนวนอนของกราฟแสดงเวลา มีหน่วยเป็น วินาที (sec)

CH0 ย่อมาจาก Channel 0 เป็นเซนส์เซอร์ที่ต่ออยู่กับเครื่องเติมน้ำมันเบรก สำหรับบอกค่าความดันที่หัวของปืน Vacuum และ CH1-CH4 ย่อมาจาก Channel 1 –Channel 4 เป็นเซนส์เซอร์ที่ต่ออยู่กับล้อทั้ง 4 ล้อของรถ โดยที่CH1และCH2จะต่ออยู่ที่ล้อด้านหน้าทั้ง 2 ล้อของรถ ส่วนCH3และCH4จะต่ออยู่ที่ล้อหลังทั้งซ้ายและขวาของรถ

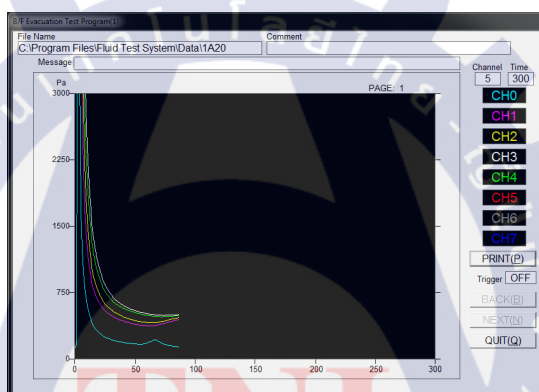
3.2.2.3.1. ค่า Standard Setting

ตารางที่ 3.6 แสดงค่า Standard Setting ของ Pirani Gauge Sensor

Time (sec)	CH0	CH1 – CH4
40	<= 200 Pa	<= 650 Pa

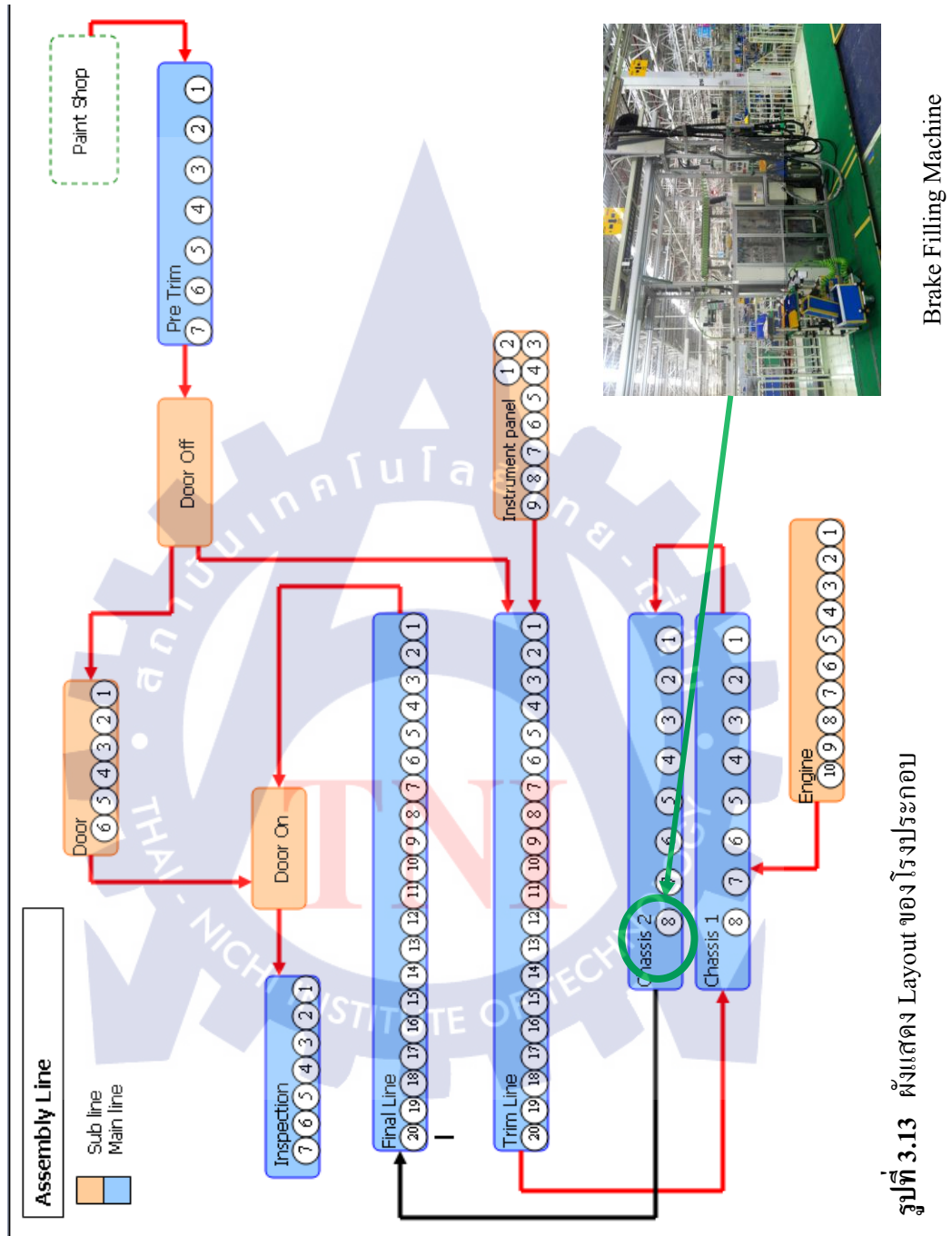


รูปที่ 3.11 กราฟมาตรฐานที่ได้จาก Pirani Gauge Sensor



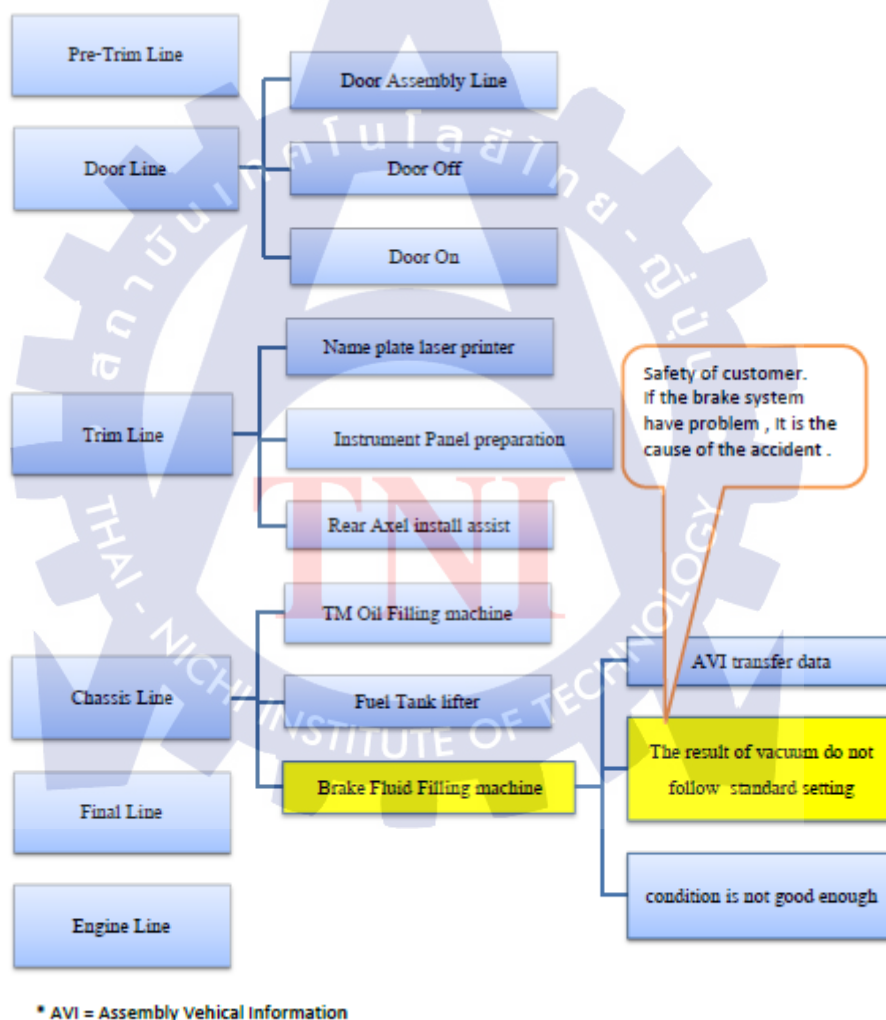
รูปที่ 3.12 ตัวอย่างกราฟที่ได้จาก Pirani Gauge Sensor ที่ต่อกับจอแสดงผล

3.3.3. แผนผังของโรงประกอบ



3.3.4. Break down the Problem

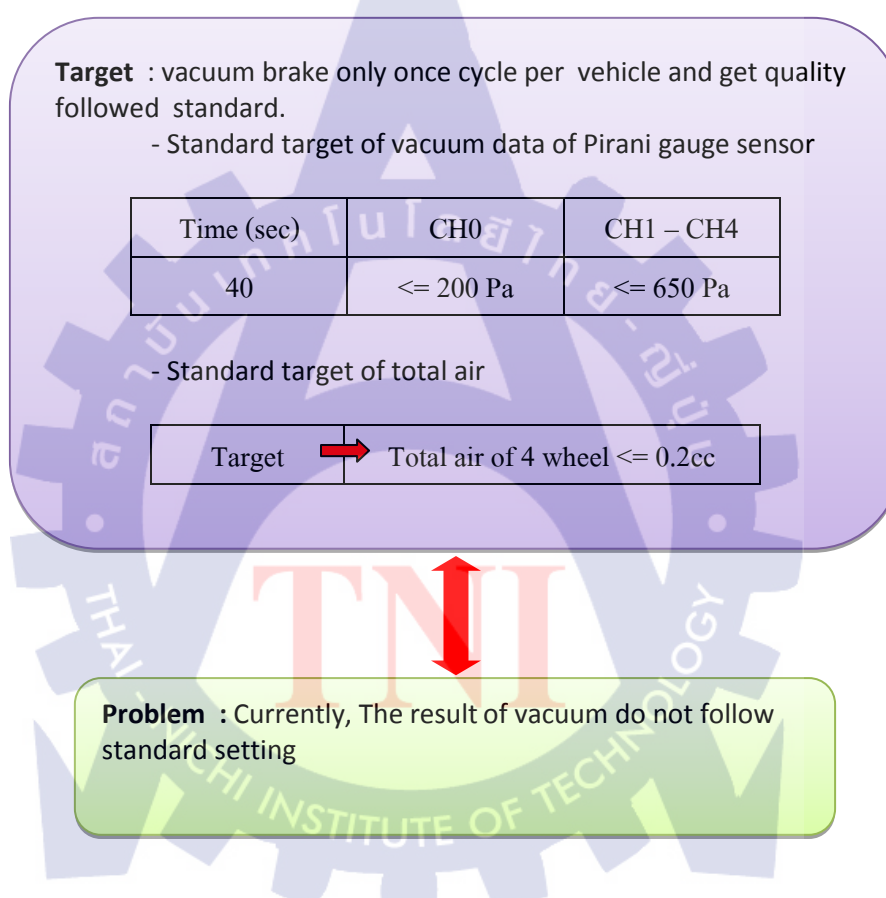
เป็นขั้นตอนที่ชี้แจงปัญหาให้ชัดเจนขึ้น หรือเป็นการโฟกัสปัญหานั้นเอง โดยปัญหาที่เลือกมาทำโครงการเป็นปัญหาของเครื่องเติมน้ำมันเบรกซึ่งอยู่ใน Chassis Line ซึ่งเครื่องเติมน้ำมันเบรกสามารถแตกปัญหาออกมาหลายเรื่อง เช่น สัญญาณ AVI ไม่ตรง เงื่อนไขในการ Synchronize ไม่ดีพอ และปัญหาที่สำคัญที่นำมาทำโครงการก็คือ การ Vacuum แล้วไม่ได้ค่าความดันตรงตามค่ามาตรฐาน เหตุผลที่เลือกทำโครงการเกี่ยวกับเครื่องเติมน้ำมันเบรกเพราะระบบเบรกเป็นระบบที่สำคัญกับความปลอดภัยของผู้ขับขี่รถยนต์



รูปที่ 3.14 Break Down the Problem

3.3.5. เป้าหมาย (Set Target)

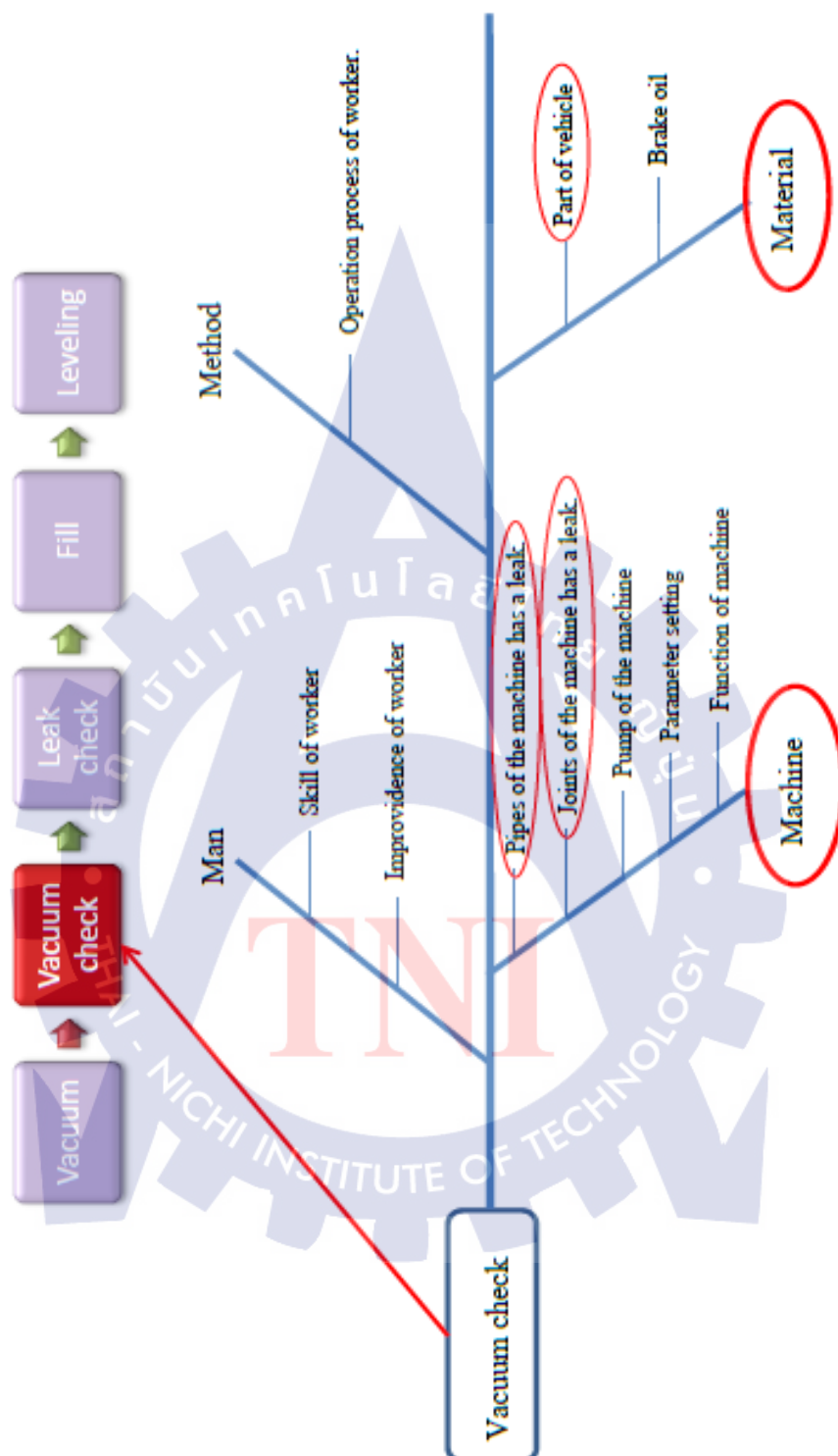
เป้าหมายของโครงการ คือ การ Vacuum แล้วได้ค่าความดันตรงตามมาตรฐาน และเมื่อทำการเติมน้ำมันเบรกแล้วไม่มีฟองอากาศอยู่ในระบบเบรก โดยที่ค่า Vacuum ที่ได้จาก Pirani gauge sensor ของปลายล้อทั้ง 4 ล้อของรถ แต่ละล้อต้องมีค่าความดันน้อยกว่าหรือเท่ากับ 650 Pa และค่าดันที่หัวป็น Vacuum ต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับ 200 Pa เมื่อทำการเติมน้ำมันเบรกแล้วต้องไม่มีฟองอากาศอยู่ในระบบหรือมีน้อยกว่า 0.2 cc ซึ่งปัญหาที่เกิดขึ้นขณะนี้คือ เมื่อทำการ Vacuum แล้วไม่ได้ค่าความดันตามค่ามาตรฐานที่ตั้งไว้



รูปที่ 3.15 แสดงปัญหาที่เกิดขึ้นและเป้าหมายที่ตั้งไว้

3.3.6. วิเคราะห์ปัญหา (Analyze the Problem)

วิเคราะห์ปัญหาว่าปัญหาที่เกิดขึ้น เกิดที่กระบวนการใดและสาเหตุใดที่ทำให้เกิดปัญหานั้น



รูปที่ 3.16 แสดงการวิเคราะห์ปัญหา

3.3.7. Confirmation method

การ confirm machine เป็นขั้นตอนที่ทำให้แน่ใจว่าเครื่องจักรจะไม่เกิดปัญหาขึ้นอีก และเป็นการทำให้มั่นใจว่าเครื่องจักรอยู่ในสถานะที่พร้อมสำหรับการผลิต

มีขั้นตอน 3 ขั้นตอนดังนี้

3.3.7.1. วิเคราะห์ค่าที่ได้จากหน้าจอมอนิเตอร์ของเครื่องเติมน้ำมันเบรค โดยที่

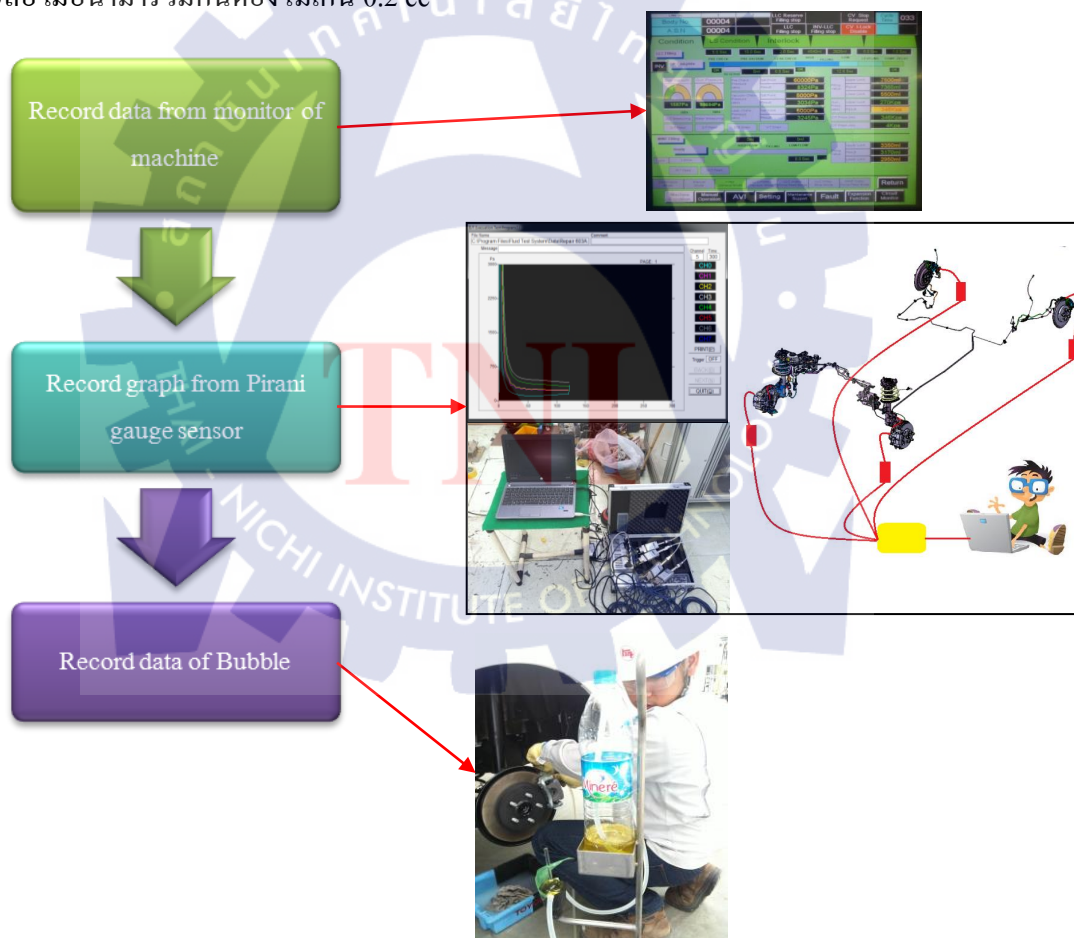
ค่า Pre-vacuum check ต้องไม่เกิน 2,000 Pa

และ ค่า Vacuum check ต้องไม่เกิน 200 Pa

ตามที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง (หน้า 80 หัวข้อที่ 2.3.1.1.)

3.3.7.2. วิเคราะห์กราฟที่ได้จาก Pirani Gauge Sensor โดยที่ ค่า Vacuum ของปลายล้อยแต่ละล้อต้องไม่เกิน 650 Pa

3.3.7.3. วิเคราะห์จากค่า Bubble ที่เก็บจาก Special Tool for bubble check โดยที่ ค่าที่อ่านได้ของแต่ละล้อ เมื่อนำมารวมกันต้องไม่เกิน 0.2 cc



รูปที่ 3.17 ฟังแสดงขั้นตอนการ Confirm Machine

บทที่ 4

ผลการดำเนินงาน การวิเคราะห์ และสรุปผลต่างๆ

4.1 ผลการดำเนินงาน

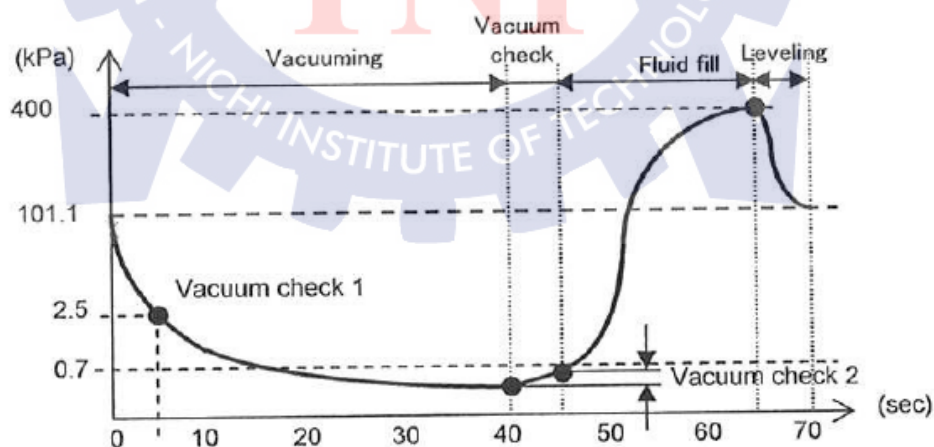
ผลการดำเนินการ จากการเก็บข้อมูลของรถยนต์ 10 คัน โดยรุ่นที่นำมาเป็นกลุ่มตัวอย่างเพื่อศึกษา ได้แก่ Camry Corolla และ Prius เพราะ 3 รุ่นนี้ได้ถูกประกอบขึ้นที่โรงประกอบที่สร้างขึ้นที่นิคมอุตสาหกรรมเกตเวย์ซิตี้ ซึ่งข้อมูลต่างๆ ได้ถูกแสดงไว้ดังหัวข้อต่อไปนี้

4.1.1. กราฟ Vacuum ที่ได้จาก Pirani Gauge Sensor แสดงกราฟ Vacuum ของรถยนต์ 10 คัน โดยที่แนวตั้งของกราฟแสดงค่าความดัน มีหน่วยเป็น ปาสกาล (Pascal, Pa) และแนวนอนของกราฟแสดงเวลา มีหน่วยเป็น วินาที (sec)

4.1.1.1. ค่า Standard Setting

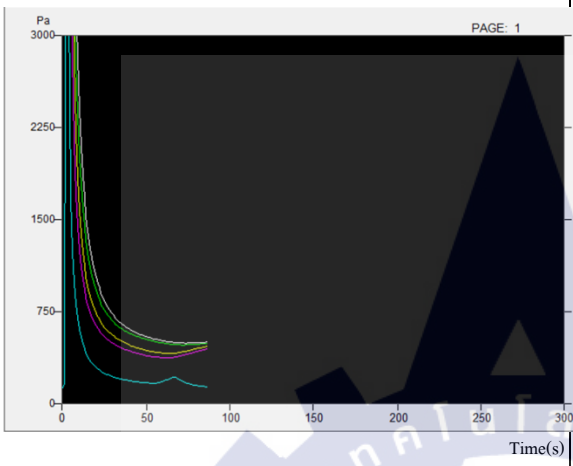
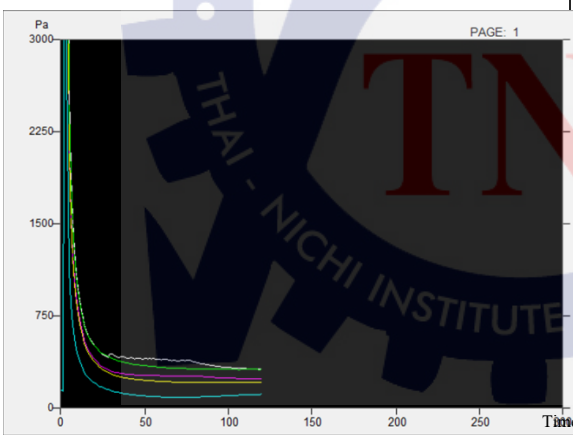
ตารางที่ 4.1 แสดงค่า Standard Setting ของ Pirani Gauge Sensor

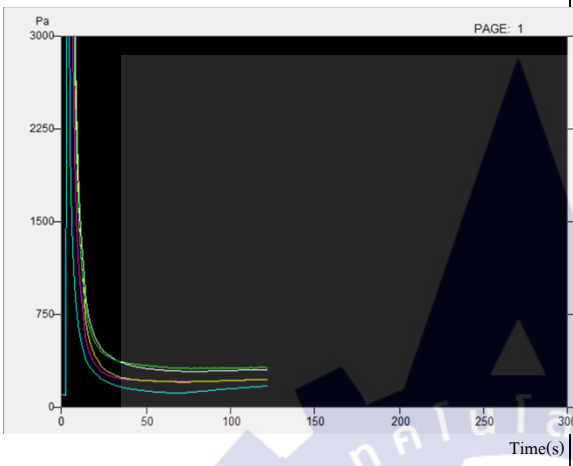
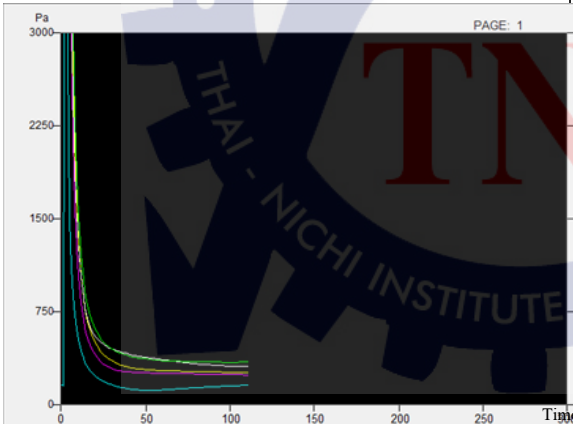
Time (sec)	CH0	CH1 – CH4
40	≤ 200 Pa	≤ 650 Pa

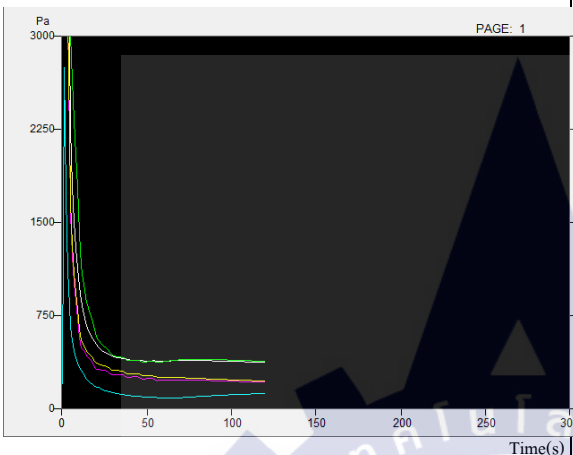
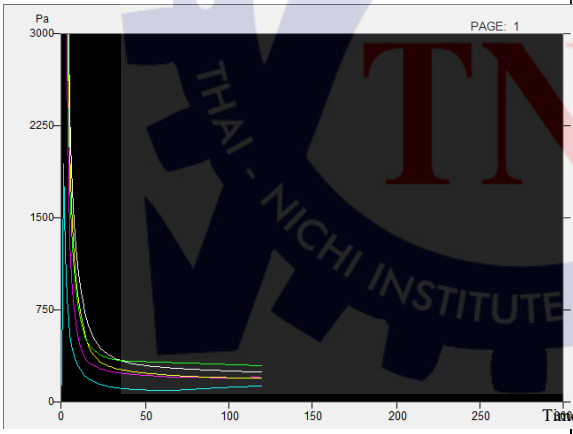


รูปที่ 4.1 กราฟมาตรฐานที่ได้จาก Pirani Gauge Sensor



Trial: 5		Date: 18/7/2013	Model: Corolla		Note: OK																																																																																																																																																
			<table><tr><th>(sec)</th><th>CH0</th><th>CH1</th><th>CH2</th><th>CH3</th><th>CH4</th></tr><tr><td>30</td><td>219.75</td><td>493.18</td><td>557.04</td><td>728.52</td><td>673.51</td></tr><tr><td>31</td><td>215.33</td><td>484.65</td><td>546.07</td><td>710.59</td><td>659.23</td></tr><tr><td>32</td><td>211.11</td><td>476.95</td><td>536.26</td><td>694.98</td><td>646.40</td></tr><tr><td>33</td><td>207.14</td><td>469.52</td><td>527.17</td><td>680.54</td><td>635.82</td></tr><tr><td>34</td><td>203.50</td><td>462.71</td><td>518.75</td><td>667.63</td><td>624.25</td></tr><tr><td>35</td><td>200.14</td><td>456.81</td><td>510.92</td><td>655.72</td><td>614.12</td></tr><tr><td>36</td><td>197.49</td><td>450.67</td><td>503.37</td><td>644.36</td><td>604.95</td></tr><tr><td>37</td><td>194.73</td><td>444.53</td><td>496.85</td><td>634.02</td><td>595.93</td></tr><tr><td>38</td><td>192.26</td><td>439.63</td><td>489.91</td><td>624.65</td><td>589.73</td></tr><tr><td>39</td><td>189.88</td><td>434.73</td><td>483.94</td><td>615.51</td><td>581.70</td></tr><tr><td>40</td><td>187.69</td><td>430.24</td><td>478.08</td><td>606.87</td><td>574.64</td></tr><tr><td>41</td><td>185.61</td><td>425.70</td><td>472.77</td><td>598.79</td><td>567.98</td></tr><tr><td>42</td><td>183.72</td><td>422.10</td><td>467.47</td><td>591.97</td><td>562.44</td></tr><tr><td>43</td><td>181.88</td><td>418.06</td><td>462.67</td><td>585.27</td><td>556.64</td></tr><tr><td>44</td><td>180.11</td><td>414.38</td><td>457.97</td><td>578.41</td><td>551.78</td></tr><tr><td>45</td><td>178.46</td><td>410.23</td><td>453.78</td><td>572.61</td><td>546.50</td></tr><tr><td>46</td><td>176.91</td><td>406.77</td><td>449.85</td><td>566.84</td><td>541.43</td></tr><tr><td>47</td><td>175.50</td><td>403.51</td><td>445.91</td><td>561.63</td><td>537.11</td></tr><tr><td>48</td><td>173.99</td><td>400.15</td><td>442.28</td><td>557.29</td><td>532.56</td></tr><tr><td>49</td><td>172.68</td><td>396.90</td><td>438.68</td><td>552.05</td><td>528.31</td></tr><tr><td>50</td><td>171.42</td><td>393.83</td><td>435.36</td><td>547.36</td><td>524.41</td></tr><tr><td>51</td><td>170.15</td><td>390.75</td><td>432.10</td><td>543.06</td><td>521.40</td></tr><tr><td>52</td><td>169.03</td><td>388.15</td><td>428.89</td><td>538.76</td><td>517.83</td></tr></table>			(sec)	CH0	CH1	CH2	CH3	CH4	30	219.75	493.18	557.04	728.52	673.51	31	215.33	484.65	546.07	710.59	659.23	32	211.11	476.95	536.26	694.98	646.40	33	207.14	469.52	527.17	680.54	635.82	34	203.50	462.71	518.75	667.63	624.25	35	200.14	456.81	510.92	655.72	614.12	36	197.49	450.67	503.37	644.36	604.95	37	194.73	444.53	496.85	634.02	595.93	38	192.26	439.63	489.91	624.65	589.73	39	189.88	434.73	483.94	615.51	581.70	40	187.69	430.24	478.08	606.87	574.64	41	185.61	425.70	472.77	598.79	567.98	42	183.72	422.10	467.47	591.97	562.44	43	181.88	418.06	462.67	585.27	556.64	44	180.11	414.38	457.97	578.41	551.78	45	178.46	410.23	453.78	572.61	546.50	46	176.91	406.77	449.85	566.84	541.43	47	175.50	403.51	445.91	561.63	537.11	48	173.99	400.15	442.28	557.29	532.56	49	172.68	396.90	438.68	552.05	528.31	50	171.42	393.83	435.36	547.36	524.41	51	170.15	390.75	432.10	543.06	521.40	52	169.03	388.15	428.89	538.76	517.83
(sec)	CH0	CH1	CH2	CH3	CH4																																																																																																																																																
30	219.75	493.18	557.04	728.52	673.51																																																																																																																																																
31	215.33	484.65	546.07	710.59	659.23																																																																																																																																																
32	211.11	476.95	536.26	694.98	646.40																																																																																																																																																
33	207.14	469.52	527.17	680.54	635.82																																																																																																																																																
34	203.50	462.71	518.75	667.63	624.25																																																																																																																																																
35	200.14	456.81	510.92	655.72	614.12																																																																																																																																																
36	197.49	450.67	503.37	644.36	604.95																																																																																																																																																
37	194.73	444.53	496.85	634.02	595.93																																																																																																																																																
38	192.26	439.63	489.91	624.65	589.73																																																																																																																																																
39	189.88	434.73	483.94	615.51	581.70																																																																																																																																																
40	187.69	430.24	478.08	606.87	574.64																																																																																																																																																
41	185.61	425.70	472.77	598.79	567.98																																																																																																																																																
42	183.72	422.10	467.47	591.97	562.44																																																																																																																																																
43	181.88	418.06	462.67	585.27	556.64																																																																																																																																																
44	180.11	414.38	457.97	578.41	551.78																																																																																																																																																
45	178.46	410.23	453.78	572.61	546.50																																																																																																																																																
46	176.91	406.77	449.85	566.84	541.43																																																																																																																																																
47	175.50	403.51	445.91	561.63	537.11																																																																																																																																																
48	173.99	400.15	442.28	557.29	532.56																																																																																																																																																
49	172.68	396.90	438.68	552.05	528.31																																																																																																																																																
50	171.42	393.83	435.36	547.36	524.41																																																																																																																																																
51	170.15	390.75	432.10	543.06	521.40																																																																																																																																																
52	169.03	388.15	428.89	538.76	517.83																																																																																																																																																
Trial: 6		Date: 19/7/2013	Model: Corolla		Note: OK																																																																																																																																																
			<table><tr><th>(sec)</th><th>CH0</th><th>CH1</th><th>CH2</th><th>CH3</th><th>CH4</th></tr><tr><td>30</td><td>140.55</td><td>298.11</td><td>275.64</td><td>438.46</td><td>404.69</td></tr><tr><td>31</td><td>136.73</td><td>294.77</td><td>270.28</td><td>433.25</td><td>399.14</td></tr><tr><td>32</td><td>133.27</td><td>291.99</td><td>265.63</td><td>427.22</td><td>394.04</td></tr><tr><td>33</td><td>130.00</td><td>289.37</td><td>261.29</td><td>421.29</td><td>389.43</td></tr><tr><td>34</td><td>127.01</td><td>286.95</td><td>257.49</td><td>414.76</td><td>386.62</td></tr><tr><td>35</td><td>124.21</td><td>284.36</td><td>253.88</td><td>412.55</td><td>382.59</td></tr><tr><td>36</td><td>121.60</td><td>281.76</td><td>250.73</td><td>422.69</td><td>378.72</td></tr><tr><td>37</td><td>119.13</td><td>279.59</td><td>247.93</td><td>418.27</td><td>375.38</td></tr><tr><td>38</td><td>116.89</td><td>278.19</td><td>245.32</td><td>413.64</td><td>371.73</td></tr><tr><td>39</td><td>114.76</td><td>276.80</td><td>243.15</td><td>407.70</td><td>368.83</td></tr><tr><td>40</td><td>112.77</td><td>275.39</td><td>240.89</td><td>401.80</td><td>365.69</td></tr><tr><td>41</td><td>110.93</td><td>274.05</td><td>238.79</td><td>404.72</td><td>362.93</td></tr><tr><td>42</td><td>109.21</td><td>272.70</td><td>236.93</td><td>409.64</td><td>360.39</td></tr><tr><td>43</td><td>107.51</td><td>271.73</td><td>235.05</td><td>405.79</td><td>357.82</td></tr><tr><td>44</td><td>106.02</td><td>271.00</td><td>233.52</td><td>401.08</td><td>355.58</td></tr><tr><td>45</td><td>104.60</td><td>269.99</td><td>231.91</td><td>405.91</td><td>353.26</td></tr><tr><td>46</td><td>103.27</td><td>269.28</td><td>230.38</td><td>405.96</td><td>351.08</td></tr><tr><td>47</td><td>102.02</td><td>268.94</td><td>229.08</td><td>403.11</td><td>349.04</td></tr><tr><td>48</td><td>100.86</td><td>268.37</td><td>227.75</td><td>397.78</td><td>346.93</td></tr><tr><td>49</td><td>99.59</td><td>267.54</td><td>226.55</td><td>396.77</td><td>345.35</td></tr><tr><td>50</td><td>98.51</td><td>266.78</td><td>225.39</td><td>404.62</td><td>346.21</td></tr><tr><td>51</td><td>97.45</td><td>266.38</td><td>224.41</td><td>401.45</td><td>344.60</td></tr><tr><td>52</td><td>96.46</td><td>265.85</td><td>223.47</td><td>396.17</td><td>343.12</td></tr></table>			(sec)	CH0	CH1	CH2	CH3	CH4	30	140.55	298.11	275.64	438.46	404.69	31	136.73	294.77	270.28	433.25	399.14	32	133.27	291.99	265.63	427.22	394.04	33	130.00	289.37	261.29	421.29	389.43	34	127.01	286.95	257.49	414.76	386.62	35	124.21	284.36	253.88	412.55	382.59	36	121.60	281.76	250.73	422.69	378.72	37	119.13	279.59	247.93	418.27	375.38	38	116.89	278.19	245.32	413.64	371.73	39	114.76	276.80	243.15	407.70	368.83	40	112.77	275.39	240.89	401.80	365.69	41	110.93	274.05	238.79	404.72	362.93	42	109.21	272.70	236.93	409.64	360.39	43	107.51	271.73	235.05	405.79	357.82	44	106.02	271.00	233.52	401.08	355.58	45	104.60	269.99	231.91	405.91	353.26	46	103.27	269.28	230.38	405.96	351.08	47	102.02	268.94	229.08	403.11	349.04	48	100.86	268.37	227.75	397.78	346.93	49	99.59	267.54	226.55	396.77	345.35	50	98.51	266.78	225.39	404.62	346.21	51	97.45	266.38	224.41	401.45	344.60	52	96.46	265.85	223.47	396.17	343.12
(sec)	CH0	CH1	CH2	CH3	CH4																																																																																																																																																
30	140.55	298.11	275.64	438.46	404.69																																																																																																																																																
31	136.73	294.77	270.28	433.25	399.14																																																																																																																																																
32	133.27	291.99	265.63	427.22	394.04																																																																																																																																																
33	130.00	289.37	261.29	421.29	389.43																																																																																																																																																
34	127.01	286.95	257.49	414.76	386.62																																																																																																																																																
35	124.21	284.36	253.88	412.55	382.59																																																																																																																																																
36	121.60	281.76	250.73	422.69	378.72																																																																																																																																																
37	119.13	279.59	247.93	418.27	375.38																																																																																																																																																
38	116.89	278.19	245.32	413.64	371.73																																																																																																																																																
39	114.76	276.80	243.15	407.70	368.83																																																																																																																																																
40	112.77	275.39	240.89	401.80	365.69																																																																																																																																																
41	110.93	274.05	238.79	404.72	362.93																																																																																																																																																
42	109.21	272.70	236.93	409.64	360.39																																																																																																																																																
43	107.51	271.73	235.05	405.79	357.82																																																																																																																																																
44	106.02	271.00	233.52	401.08	355.58																																																																																																																																																
45	104.60	269.99	231.91	405.91	353.26																																																																																																																																																
46	103.27	269.28	230.38	405.96	351.08																																																																																																																																																
47	102.02	268.94	229.08	403.11	349.04																																																																																																																																																
48	100.86	268.37	227.75	397.78	346.93																																																																																																																																																
49	99.59	267.54	226.55	396.77	345.35																																																																																																																																																
50	98.51	266.78	225.39	404.62	346.21																																																																																																																																																
51	97.45	266.38	224.41	401.45	344.60																																																																																																																																																
52	96.46	265.85	223.47	396.17	343.12																																																																																																																																																

Trial: 7		Date: 20/7/2013	Model: Camry		Note: OK																																																																																																																																																
			<table><tr><th>(sec)</th><th>CH0</th><th>CH1</th><th>CH2</th><th>CH3</th><th>CH4</th></tr><tr><td>30</td><td>184.96</td><td>245.36</td><td>266.25</td><td>399.87</td><td>393.38</td></tr><tr><td>31</td><td>180.16</td><td>241.78</td><td>260.09</td><td>391.55</td><td>386.64</td></tr><tr><td>32</td><td>175.62</td><td>238.90</td><td>254.81</td><td>383.75</td><td>382.55</td></tr><tr><td>33</td><td>171.43</td><td>236.45</td><td>250.25</td><td>376.74</td><td>377.33</td></tr><tr><td>34</td><td>167.55</td><td>233.95</td><td>246.01</td><td>370.27</td><td>372.09</td></tr><tr><td>35</td><td>163.94</td><td>231.83</td><td>242.14</td><td>364.11</td><td>368.80</td></tr><tr><td>36</td><td>160.63</td><td>230.08</td><td>238.82</td><td>358.90</td><td>366.35</td></tr><tr><td>37</td><td>157.33</td><td>228.41</td><td>235.86</td><td>353.89</td><td>361.76</td></tr><tr><td>38</td><td>154.46</td><td>226.80</td><td>233.44</td><td>349.10</td><td>359.48</td></tr><tr><td>39</td><td>151.76</td><td>225.51</td><td>231.16</td><td>345.31</td><td>356.86</td></tr><tr><td>40</td><td>149.20</td><td>224.34</td><td>229.11</td><td>341.30</td><td>356.15</td></tr><tr><td>41</td><td>146.84</td><td>223.40</td><td>227.28</td><td>337.62</td><td>352.64</td></tr><tr><td>42</td><td>145.08</td><td>222.38</td><td>225.41</td><td>334.03</td><td>351.62</td></tr><tr><td>43</td><td>143.02</td><td>221.50</td><td>223.99</td><td>330.84</td><td>348.34</td></tr><tr><td>44</td><td>141.09</td><td>220.64</td><td>222.68</td><td>328.28</td><td>347.99</td></tr><tr><td>45</td><td>139.30</td><td>219.79</td><td>221.38</td><td>325.60</td><td>345.12</td></tr><tr><td>46</td><td>137.50</td><td>219.10</td><td>220.08</td><td>323.05</td><td>344.69</td></tr><tr><td>47</td><td>135.96</td><td>218.46</td><td>218.98</td><td>320.64</td><td>341.68</td></tr><tr><td>48</td><td>134.36</td><td>217.80</td><td>217.92</td><td>318.30</td><td>338.78</td></tr><tr><td>49</td><td>132.87</td><td>217.06</td><td>216.92</td><td>316.19</td><td>338.73</td></tr><tr><td>50</td><td>131.45</td><td>216.73</td><td>215.93</td><td>314.21</td><td>336.15</td></tr><tr><td>51</td><td>130.09</td><td>216.00</td><td>215.29</td><td>312.57</td><td>336.68</td></tr><tr><td>52</td><td>128.86</td><td>215.42</td><td>214.52</td><td>310.75</td><td>333.78</td></tr></table>			(sec)	CH0	CH1	CH2	CH3	CH4	30	184.96	245.36	266.25	399.87	393.38	31	180.16	241.78	260.09	391.55	386.64	32	175.62	238.90	254.81	383.75	382.55	33	171.43	236.45	250.25	376.74	377.33	34	167.55	233.95	246.01	370.27	372.09	35	163.94	231.83	242.14	364.11	368.80	36	160.63	230.08	238.82	358.90	366.35	37	157.33	228.41	235.86	353.89	361.76	38	154.46	226.80	233.44	349.10	359.48	39	151.76	225.51	231.16	345.31	356.86	40	149.20	224.34	229.11	341.30	356.15	41	146.84	223.40	227.28	337.62	352.64	42	145.08	222.38	225.41	334.03	351.62	43	143.02	221.50	223.99	330.84	348.34	44	141.09	220.64	222.68	328.28	347.99	45	139.30	219.79	221.38	325.60	345.12	46	137.50	219.10	220.08	323.05	344.69	47	135.96	218.46	218.98	320.64	341.68	48	134.36	217.80	217.92	318.30	338.78	49	132.87	217.06	216.92	316.19	338.73	50	131.45	216.73	215.93	314.21	336.15	51	130.09	216.00	215.29	312.57	336.68	52	128.86	215.42	214.52	310.75	333.78
(sec)	CH0	CH1	CH2	CH3	CH4																																																																																																																																																
30	184.96	245.36	266.25	399.87	393.38																																																																																																																																																
31	180.16	241.78	260.09	391.55	386.64																																																																																																																																																
32	175.62	238.90	254.81	383.75	382.55																																																																																																																																																
33	171.43	236.45	250.25	376.74	377.33																																																																																																																																																
34	167.55	233.95	246.01	370.27	372.09																																																																																																																																																
35	163.94	231.83	242.14	364.11	368.80																																																																																																																																																
36	160.63	230.08	238.82	358.90	366.35																																																																																																																																																
37	157.33	228.41	235.86	353.89	361.76																																																																																																																																																
38	154.46	226.80	233.44	349.10	359.48																																																																																																																																																
39	151.76	225.51	231.16	345.31	356.86																																																																																																																																																
40	149.20	224.34	229.11	341.30	356.15																																																																																																																																																
41	146.84	223.40	227.28	337.62	352.64																																																																																																																																																
42	145.08	222.38	225.41	334.03	351.62																																																																																																																																																
43	143.02	221.50	223.99	330.84	348.34																																																																																																																																																
44	141.09	220.64	222.68	328.28	347.99																																																																																																																																																
45	139.30	219.79	221.38	325.60	345.12																																																																																																																																																
46	137.50	219.10	220.08	323.05	344.69																																																																																																																																																
47	135.96	218.46	218.98	320.64	341.68																																																																																																																																																
48	134.36	217.80	217.92	318.30	338.78																																																																																																																																																
49	132.87	217.06	216.92	316.19	338.73																																																																																																																																																
50	131.45	216.73	215.93	314.21	336.15																																																																																																																																																
51	130.09	216.00	215.29	312.57	336.68																																																																																																																																																
52	128.86	215.42	214.52	310.75	333.78																																																																																																																																																
Trial: 8		Date: 26/7/2013	Model: Prius		Note: OK																																																																																																																																																
			<table><tr><th>(sec)</th><th>CH0</th><th>CH1</th><th>CH2</th><th>CH3</th><th>CH4</th></tr><tr><td>30</td><td>158.70</td><td>287.71</td><td>351.05</td><td>449.28</td><td>449.44</td></tr><tr><td>31</td><td>154.47</td><td>283.50</td><td>343.49</td><td>444.83</td><td>441.08</td></tr><tr><td>32</td><td>150.52</td><td>280.25</td><td>336.75</td><td>440.71</td><td>433.74</td></tr><tr><td>33</td><td>146.92</td><td>277.62</td><td>330.59</td><td>436.55</td><td>426.69</td></tr><tr><td>34</td><td>143.99</td><td>274.89</td><td>324.91</td><td>431.63</td><td>420.43</td></tr><tr><td>35</td><td>140.88</td><td>272.66</td><td>320.20</td><td>426.56</td><td>416.72</td></tr><tr><td>36</td><td>137.89</td><td>270.97</td><td>316.08</td><td>421.96</td><td>411.16</td></tr><tr><td>37</td><td>135.23</td><td>269.28</td><td>311.91</td><td>417.95</td><td>406.16</td></tr><tr><td>38</td><td>132.70</td><td>268.10</td><td>308.54</td><td>415.87</td><td>401.87</td></tr><tr><td>39</td><td>130.33</td><td>266.69</td><td>305.26</td><td>411.96</td><td>397.50</td></tr><tr><td>40</td><td>128.13</td><td>265.56</td><td>302.30</td><td>407.78</td><td>393.49</td></tr><tr><td>41</td><td>126.08</td><td>264.32</td><td>299.64</td><td>403.44</td><td>389.64</td></tr><tr><td>42</td><td>124.15</td><td>263.50</td><td>297.07</td><td>398.73</td><td>386.05</td></tr><tr><td>43</td><td>122.46</td><td>262.65</td><td>294.73</td><td>399.34</td><td>383.11</td></tr><tr><td>44</td><td>120.72</td><td>261.68</td><td>292.66</td><td>396.02</td><td>380.78</td></tr><tr><td>45</td><td>119.32</td><td>260.79</td><td>290.94</td><td>392.71</td><td>377.73</td></tr><tr><td>46</td><td>118.03</td><td>259.84</td><td>288.82</td><td>390.51</td><td>375.32</td></tr><tr><td>47</td><td>117.10</td><td>259.36</td><td>287.18</td><td>388.43</td><td>376.50</td></tr><tr><td>48</td><td>116.26</td><td>258.94</td><td>285.71</td><td>386.52</td><td>376.21</td></tr><tr><td>49</td><td>115.72</td><td>258.54</td><td>284.42</td><td>383.18</td><td>375.47</td></tr><tr><td>50</td><td>115.46</td><td>258.04</td><td>283.25</td><td>379.86</td><td>372.97</td></tr><tr><td>51</td><td>115.25</td><td>257.26</td><td>282.20</td><td>380.18</td><td>370.43</td></tr><tr><td>52</td><td>115.26</td><td>256.89</td><td>281.28</td><td>377.55</td><td>368.04</td></tr></table>			(sec)	CH0	CH1	CH2	CH3	CH4	30	158.70	287.71	351.05	449.28	449.44	31	154.47	283.50	343.49	444.83	441.08	32	150.52	280.25	336.75	440.71	433.74	33	146.92	277.62	330.59	436.55	426.69	34	143.99	274.89	324.91	431.63	420.43	35	140.88	272.66	320.20	426.56	416.72	36	137.89	270.97	316.08	421.96	411.16	37	135.23	269.28	311.91	417.95	406.16	38	132.70	268.10	308.54	415.87	401.87	39	130.33	266.69	305.26	411.96	397.50	40	128.13	265.56	302.30	407.78	393.49	41	126.08	264.32	299.64	403.44	389.64	42	124.15	263.50	297.07	398.73	386.05	43	122.46	262.65	294.73	399.34	383.11	44	120.72	261.68	292.66	396.02	380.78	45	119.32	260.79	290.94	392.71	377.73	46	118.03	259.84	288.82	390.51	375.32	47	117.10	259.36	287.18	388.43	376.50	48	116.26	258.94	285.71	386.52	376.21	49	115.72	258.54	284.42	383.18	375.47	50	115.46	258.04	283.25	379.86	372.97	51	115.25	257.26	282.20	380.18	370.43	52	115.26	256.89	281.28	377.55	368.04
(sec)	CH0	CH1	CH2	CH3	CH4																																																																																																																																																
30	158.70	287.71	351.05	449.28	449.44																																																																																																																																																
31	154.47	283.50	343.49	444.83	441.08																																																																																																																																																
32	150.52	280.25	336.75	440.71	433.74																																																																																																																																																
33	146.92	277.62	330.59	436.55	426.69																																																																																																																																																
34	143.99	274.89	324.91	431.63	420.43																																																																																																																																																
35	140.88	272.66	320.20	426.56	416.72																																																																																																																																																
36	137.89	270.97	316.08	421.96	411.16																																																																																																																																																
37	135.23	269.28	311.91	417.95	406.16																																																																																																																																																
38	132.70	268.10	308.54	415.87	401.87																																																																																																																																																
39	130.33	266.69	305.26	411.96	397.50																																																																																																																																																
40	128.13	265.56	302.30	407.78	393.49																																																																																																																																																
41	126.08	264.32	299.64	403.44	389.64																																																																																																																																																
42	124.15	263.50	297.07	398.73	386.05																																																																																																																																																
43	122.46	262.65	294.73	399.34	383.11																																																																																																																																																
44	120.72	261.68	292.66	396.02	380.78																																																																																																																																																
45	119.32	260.79	290.94	392.71	377.73																																																																																																																																																
46	118.03	259.84	288.82	390.51	375.32																																																																																																																																																
47	117.10	259.36	287.18	388.43	376.50																																																																																																																																																
48	116.26	258.94	285.71	386.52	376.21																																																																																																																																																
49	115.72	258.54	284.42	383.18	375.47																																																																																																																																																
50	115.46	258.04	283.25	379.86	372.97																																																																																																																																																
51	115.25	257.26	282.20	380.18	370.43																																																																																																																																																
52	115.26	256.89	281.28	377.55	368.04																																																																																																																																																

Trial: 9		Date: 27/7/2013	Model: Prius		Note: OK																																																																																																																																																
			<table><tr><th>(sec)</th><th>CH0</th><th>CH1</th><th>CH2</th><th>CH3</th><th>CH4</th></tr><tr><td>30</td><td>127.90</td><td>273.87</td><td>311.07</td><td>419.88</td><td>428.84</td></tr><tr><td>31</td><td>125.00</td><td>275.76</td><td>310.05</td><td>416.25</td><td>424.77</td></tr><tr><td>32</td><td>122.15</td><td>276.55</td><td>309.08</td><td>413.35</td><td>421.68</td></tr><tr><td>33</td><td>119.40</td><td>276.75</td><td>307.64</td><td>410.99</td><td>419.23</td></tr><tr><td>34</td><td>116.91</td><td>276.78</td><td>306.26</td><td>408.69</td><td>416.54</td></tr><tr><td>35</td><td>114.42</td><td>276.31</td><td>304.93</td><td>406.63</td><td>414.11</td></tr><tr><td>36</td><td>112.41</td><td>271.40</td><td>301.83</td><td>405.13</td><td>411.52</td></tr><tr><td>37</td><td>110.44</td><td>258.59</td><td>292.25</td><td>401.66</td><td>401.65</td></tr><tr><td>38</td><td>108.93</td><td>251.32</td><td>285.06</td><td>396.74</td><td>390.39</td></tr><tr><td>39</td><td>107.51</td><td>253.79</td><td>284.61</td><td>394.46</td><td>387.48</td></tr><tr><td>40</td><td>106.01</td><td>255.71</td><td>284.39</td><td>393.34</td><td>387.69</td></tr><tr><td>41</td><td>104.58</td><td>256.63</td><td>284.26</td><td>393.14</td><td>388.49</td></tr><tr><td>42</td><td>103.15</td><td>257.14</td><td>283.67</td><td>392.89</td><td>389.51</td></tr><tr><td>43</td><td>101.80</td><td>257.47</td><td>282.96</td><td>392.58</td><td>390.14</td></tr><tr><td>44</td><td>100.54</td><td>257.58</td><td>282.18</td><td>392.45</td><td>390.77</td></tr><tr><td>45</td><td>99.11</td><td>253.15</td><td>279.69</td><td>392.16</td><td>390.97</td></tr><tr><td>46</td><td>98.06</td><td>242.94</td><td>272.13</td><td>390.08</td><td>383.53</td></tr><tr><td>47</td><td>97.16</td><td>237.31</td><td>266.63</td><td>387.30</td><td>375.96</td></tr><tr><td>48</td><td>96.31</td><td>239.43</td><td>266.53</td><td>386.07</td><td>375.18</td></tr><tr><td>49</td><td>95.49</td><td>240.95</td><td>266.71</td><td>386.11</td><td>377.13</td></tr><tr><td>50</td><td>94.70</td><td>242.19</td><td>266.48</td><td>386.17</td><td>379.40</td></tr><tr><td>51</td><td>93.77</td><td>242.95</td><td>266.20</td><td>386.28</td><td>381.57</td></tr><tr><td>52</td><td>92.92</td><td>243.39</td><td>265.89</td><td>386.58</td><td>383.26</td></tr></table>			(sec)	CH0	CH1	CH2	CH3	CH4	30	127.90	273.87	311.07	419.88	428.84	31	125.00	275.76	310.05	416.25	424.77	32	122.15	276.55	309.08	413.35	421.68	33	119.40	276.75	307.64	410.99	419.23	34	116.91	276.78	306.26	408.69	416.54	35	114.42	276.31	304.93	406.63	414.11	36	112.41	271.40	301.83	405.13	411.52	37	110.44	258.59	292.25	401.66	401.65	38	108.93	251.32	285.06	396.74	390.39	39	107.51	253.79	284.61	394.46	387.48	40	106.01	255.71	284.39	393.34	387.69	41	104.58	256.63	284.26	393.14	388.49	42	103.15	257.14	283.67	392.89	389.51	43	101.80	257.47	282.96	392.58	390.14	44	100.54	257.58	282.18	392.45	390.77	45	99.11	253.15	279.69	392.16	390.97	46	98.06	242.94	272.13	390.08	383.53	47	97.16	237.31	266.63	387.30	375.96	48	96.31	239.43	266.53	386.07	375.18	49	95.49	240.95	266.71	386.11	377.13	50	94.70	242.19	266.48	386.17	379.40	51	93.77	242.95	266.20	386.28	381.57	52	92.92	243.39	265.89	386.58	383.26
(sec)	CH0	CH1	CH2	CH3	CH4																																																																																																																																																
30	127.90	273.87	311.07	419.88	428.84																																																																																																																																																
31	125.00	275.76	310.05	416.25	424.77																																																																																																																																																
32	122.15	276.55	309.08	413.35	421.68																																																																																																																																																
33	119.40	276.75	307.64	410.99	419.23																																																																																																																																																
34	116.91	276.78	306.26	408.69	416.54																																																																																																																																																
35	114.42	276.31	304.93	406.63	414.11																																																																																																																																																
36	112.41	271.40	301.83	405.13	411.52																																																																																																																																																
37	110.44	258.59	292.25	401.66	401.65																																																																																																																																																
38	108.93	251.32	285.06	396.74	390.39																																																																																																																																																
39	107.51	253.79	284.61	394.46	387.48																																																																																																																																																
40	106.01	255.71	284.39	393.34	387.69																																																																																																																																																
41	104.58	256.63	284.26	393.14	388.49																																																																																																																																																
42	103.15	257.14	283.67	392.89	389.51																																																																																																																																																
43	101.80	257.47	282.96	392.58	390.14																																																																																																																																																
44	100.54	257.58	282.18	392.45	390.77																																																																																																																																																
45	99.11	253.15	279.69	392.16	390.97																																																																																																																																																
46	98.06	242.94	272.13	390.08	383.53																																																																																																																																																
47	97.16	237.31	266.63	387.30	375.96																																																																																																																																																
48	96.31	239.43	266.53	386.07	375.18																																																																																																																																																
49	95.49	240.95	266.71	386.11	377.13																																																																																																																																																
50	94.70	242.19	266.48	386.17	379.40																																																																																																																																																
51	93.77	242.95	266.20	386.28	381.57																																																																																																																																																
52	92.92	243.39	265.89	386.58	383.26																																																																																																																																																
Trial: 10		Date: 5/8/2013	Model: Prius		Note: OK																																																																																																																																																
			<table><tr><th>(sec)</th><th>CH0</th><th>CH1</th><th>CH2</th><th>CH3</th><th>CH4</th></tr><tr><td>30</td><td>121.14</td><td>246.43</td><td>281.83</td><td>368.79</td><td>349.49</td></tr><tr><td>31</td><td>118.96</td><td>243.98</td><td>277.67</td><td>361.72</td><td>346.62</td></tr><tr><td>32</td><td>116.90</td><td>241.61</td><td>273.88</td><td>355.47</td><td>344.37</td></tr><tr><td>33</td><td>114.95</td><td>239.38</td><td>270.28</td><td>349.41</td><td>342.12</td></tr><tr><td>34</td><td>113.24</td><td>237.56</td><td>266.95</td><td>343.96</td><td>340.25</td></tr><tr><td>35</td><td>111.56</td><td>235.60</td><td>264.18</td><td>339.09</td><td>339.05</td></tr><tr><td>36</td><td>110.11</td><td>233.96</td><td>261.43</td><td>334.44</td><td>337.67</td></tr><tr><td>37</td><td>108.82</td><td>232.10</td><td>258.92</td><td>330.26</td><td>336.54</td></tr><tr><td>38</td><td>107.42</td><td>230.89</td><td>256.64</td><td>326.28</td><td>335.37</td></tr><tr><td>39</td><td>106.39</td><td>229.27</td><td>254.31</td><td>323.02</td><td>334.65</td></tr><tr><td>40</td><td>105.25</td><td>228.07</td><td>251.98</td><td>319.70</td><td>333.91</td></tr><tr><td>41</td><td>104.29</td><td>226.69</td><td>249.98</td><td>316.76</td><td>333.14</td></tr><tr><td>42</td><td>103.38</td><td>225.59</td><td>248.17</td><td>313.80</td><td>332.66</td></tr><tr><td>43</td><td>102.48</td><td>224.19</td><td>246.32</td><td>311.27</td><td>332.04</td></tr><tr><td>44</td><td>101.66</td><td>223.55</td><td>244.66</td><td>308.73</td><td>331.64</td></tr><tr><td>45</td><td>100.98</td><td>222.18</td><td>243.01</td><td>306.45</td><td>331.28</td></tr><tr><td>46</td><td>100.35</td><td>221.32</td><td>241.52</td><td>304.43</td><td>330.79</td></tr><tr><td>47</td><td>99.52</td><td>220.16</td><td>239.97</td><td>302.60</td><td>330.26</td></tr><tr><td>48</td><td>98.78</td><td>219.26</td><td>238.49</td><td>300.61</td><td>329.87</td></tr><tr><td>49</td><td>98.23</td><td>218.11</td><td>237.14</td><td>298.84</td><td>329.50</td></tr><tr><td>50</td><td>97.72</td><td>217.30</td><td>235.78</td><td>297.07</td><td>329.12</td></tr><tr><td>51</td><td>97.23</td><td>216.17</td><td>234.46</td><td>295.55</td><td>328.60</td></tr><tr><td>52</td><td>96.67</td><td>215.29</td><td>233.07</td><td>293.94</td><td>328.10</td></tr></table>			(sec)	CH0	CH1	CH2	CH3	CH4	30	121.14	246.43	281.83	368.79	349.49	31	118.96	243.98	277.67	361.72	346.62	32	116.90	241.61	273.88	355.47	344.37	33	114.95	239.38	270.28	349.41	342.12	34	113.24	237.56	266.95	343.96	340.25	35	111.56	235.60	264.18	339.09	339.05	36	110.11	233.96	261.43	334.44	337.67	37	108.82	232.10	258.92	330.26	336.54	38	107.42	230.89	256.64	326.28	335.37	39	106.39	229.27	254.31	323.02	334.65	40	105.25	228.07	251.98	319.70	333.91	41	104.29	226.69	249.98	316.76	333.14	42	103.38	225.59	248.17	313.80	332.66	43	102.48	224.19	246.32	311.27	332.04	44	101.66	223.55	244.66	308.73	331.64	45	100.98	222.18	243.01	306.45	331.28	46	100.35	221.32	241.52	304.43	330.79	47	99.52	220.16	239.97	302.60	330.26	48	98.78	219.26	238.49	300.61	329.87	49	98.23	218.11	237.14	298.84	329.50	50	97.72	217.30	235.78	297.07	329.12	51	97.23	216.17	234.46	295.55	328.60	52	96.67	215.29	233.07	293.94	328.10
(sec)	CH0	CH1	CH2	CH3	CH4																																																																																																																																																
30	121.14	246.43	281.83	368.79	349.49																																																																																																																																																
31	118.96	243.98	277.67	361.72	346.62																																																																																																																																																
32	116.90	241.61	273.88	355.47	344.37																																																																																																																																																
33	114.95	239.38	270.28	349.41	342.12																																																																																																																																																
34	113.24	237.56	266.95	343.96	340.25																																																																																																																																																
35	111.56	235.60	264.18	339.09	339.05																																																																																																																																																
36	110.11	233.96	261.43	334.44	337.67																																																																																																																																																
37	108.82	232.10	258.92	330.26	336.54																																																																																																																																																
38	107.42	230.89	256.64	326.28	335.37																																																																																																																																																
39	106.39	229.27	254.31	323.02	334.65																																																																																																																																																
40	105.25	228.07	251.98	319.70	333.91																																																																																																																																																
41	104.29	226.69	249.98	316.76	333.14																																																																																																																																																
42	103.38	225.59	248.17	313.80	332.66																																																																																																																																																
43	102.48	224.19	246.32	311.27	332.04																																																																																																																																																
44	101.66	223.55	244.66	308.73	331.64																																																																																																																																																
45	100.98	222.18	243.01	306.45	331.28																																																																																																																																																
46	100.35	221.32	241.52	304.43	330.79																																																																																																																																																
47	99.52	220.16	239.97	302.60	330.26																																																																																																																																																
48	98.78	219.26	238.49	300.61	329.87																																																																																																																																																
49	98.23	218.11	237.14	298.84	329.50																																																																																																																																																
50	97.72	217.30	235.78	297.07	329.12																																																																																																																																																
51	97.23	216.17	234.46	295.55	328.60																																																																																																																																																
52	96.67	215.29	233.07	293.94	328.10																																																																																																																																																

4.1.2. ค่า Vacuum ที่อ่านได้จากหน้าจอมอนิเตอร์ของเครื่องเติมน้ำมันเบรค

4.1.2.1. ค่า Standard Setting

ตารางที่ 4.3 ค่า Standard Setting ของเครื่องเติมน้ำมันเบรค

Step	Time (sec)	Standard Setting
Pre-check	7	$\leq 2,000$ Pa
Vacuum check	40	≤ 200 Pa

ตารางที่ 4.4 ค่า Vacuum ที่อ่านได้จากหน้าจอมอนิเตอร์ของเครื่องเติมน้ำมันเบรค

Equipment Capability / Condition List

Date	Sequence d No./Trial	Model	Brake	Type	Vacuum step						Filling value (ml)	Note
					Pre-check		Vacuum-check		Leak-check			
					Actual (Pa)	Standard setting	Actual (Pa)	Standard setting	Actual (Pa)	Setting time (s)		
08/07/2013	1	Camry	Disc	ABS 9	-	≤2000	-	≤200	-	5.0	-	NG
09/07/2013	2	Camry	Disc	ECB-R	-	≤2000	-	≤200	-	5.0	-	NG
11/07/2013	3	Prius	Disc	ECB-R	-	≤2000	-	≤200	-	5.0	-	NG
16/07/2013	4	Corolla	Disc	ECB-R	-	≤2000	-	≤200	-	5.0	-	NG
18/07/2013	5	Corolla	Disc	A2	1175.0	≤2000	152.0	≤200	143.0	5.0	780.0	OK
19/07/2013	6	Corolla	Disc	M/T	1063.0	≤2000	139.0	≤200	129.0	5.0	850.0	OK
20/07/2013	7	Camry	Disc	ABS 9	181.0	≤2000	119.0	≤200	115.0	5.0	731.0	OK
26/07/2013	8	Prius	Disc	ECB-R	1152.0	≤2000	175.0	≤200	163.0	5.0	1262.0	OK
27/07/2013	9	Prius	Disc	ECB-R	1513.0	≤2000	160.0	≤200	152.0	5.0	1277.0	OK
05/08/2013	10	Prius	Disc	ECB-R	1149.0	≤2000	174.0	≤200	168.0	5.0	1262.0	OK

หมายเหตุ NG = Not good

4.1.3. ค่าฟองอากาศ (Bubble) ที่ได้จาก Special Tool for bubble check

ตารางที่ 4.5 ค่าฟองอากาศ (Bubble) ที่ได้จาก Special Tool for bubble check

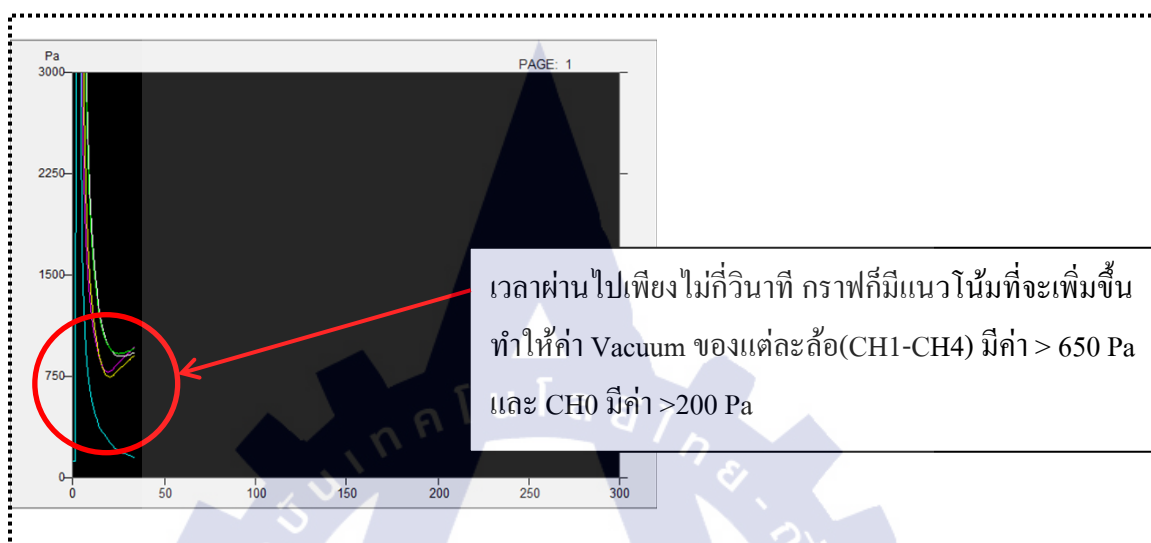
BUBBLE CHECK RECORD

Sequence		BUBBLE CHECK RESULTS									Standard	
RR,LR,RF,LF- Power											Acceptable ≤ 0.25 cc	
Date	Model	Trial #	Actuator	Type brake	NORMAL BLEED				ABS		Target ≤ 0.20 cc	
					RR	LR	RF	LF	RF	LF	Total Air	Judgement
08/07/2013	Camry	1	ABS 9	Disc	-	-	-	-	-	-	-	NG
09/07/2013	Camry	2	ECB-R	Disc	-	-	-	-	-	-	-	NG
11/07/2013	Prius	3	ECB-R	Disc	-	-	-	-	-	-	-	NG
16/07/2013	Corolla	4	ECB-R	Disc	-	-	-	-	-	-	-	NG
18/07/2013	Corolla	5	A2	Disc	0.05	0.01	0.03	0.00	0.00	0.00	0.09	OK
19/07/2013	Corolla	6	M/T	Disc	0.00	0.01	0.00	0.00	-	-	0.01	OK
20/07/2013	Camry	7	ABS 9	Disc	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.03	OK
26/07/2013	Prius	8	ECB-R	Disc	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.03	OK
27/07/2013	Camry	9	ECB-R	Disc	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.03	OK
05/08/2013	Prius	10	ECB-R	Disc	0.02	0.02	0.08	0.02	0.00	0.00	0.14	OK

Note: RR = Right Rear
 LR = Left Rear
 RF = Right Front
 LF = Left Front

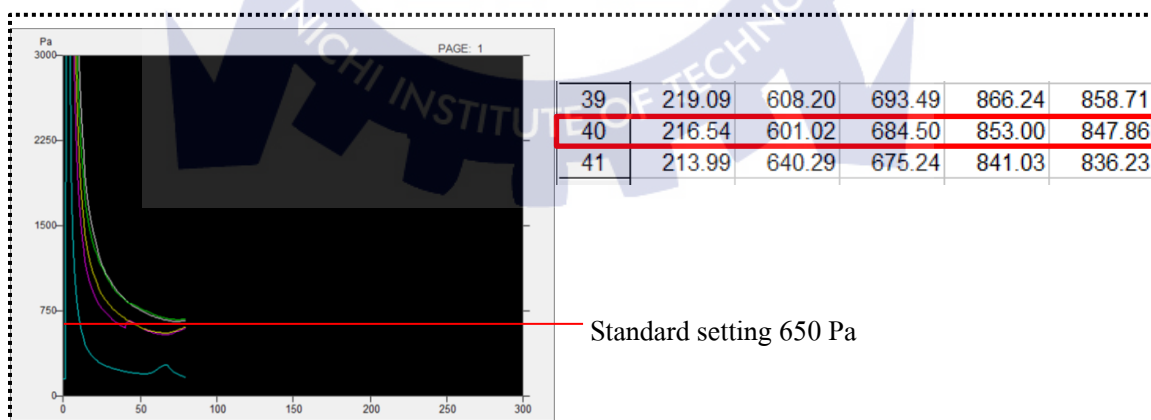
4.2 วิเคราะห์ผลการดำเนินงาน

ค่า Vacuum ที่ได้จากกราฟ Pirani Gauge Sensor จะเห็นได้ว่ากราฟของรถคันที่ 1-4 มีปัญหาเกิดขึ้น เนื่องจากกราฟของรถคันที่ 1

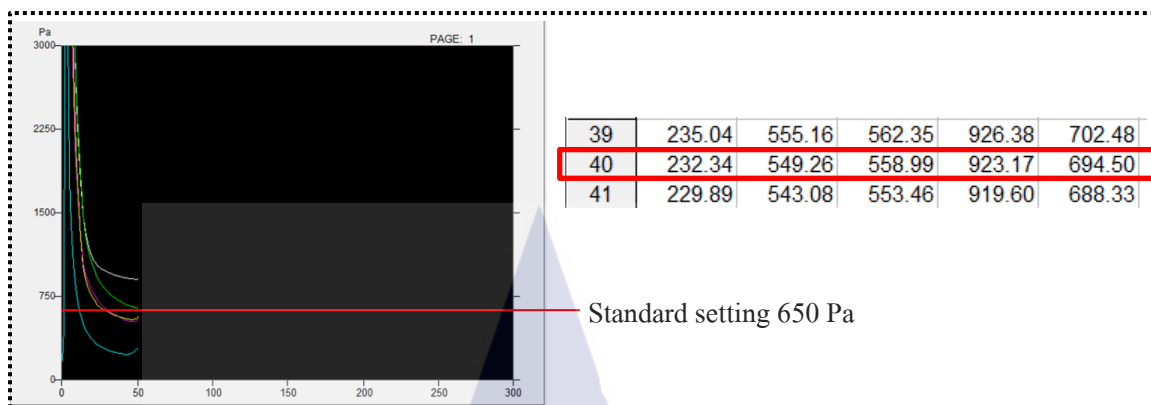


รูปที่ 4.2 แสดงความผิดปกติของกราฟของรถคันที่ 1

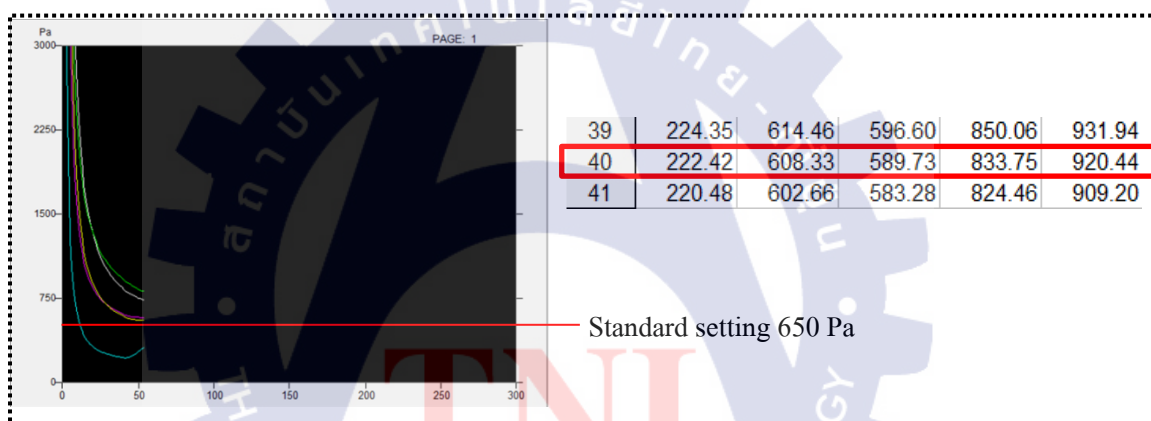
ส่วนกราฟของรถคันที่ 2-4 มีปัญหาในทำนองเดียวกัน คือวินาทีที่ 40 ซึ่งเป็นขั้นตอนในการ Vacuum check ที่กล่าวไปแล้วในบทที่ 2 ในหัวข้อเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับโครงการ มีค่าความดันของ CH1-CH4 > 650 Pa และ CH0 มีค่า > 200 Pa



รูปที่ 4.3 แสดงความผิดปกติของกราฟและค่า Vacuum ของรถคันที่ 2



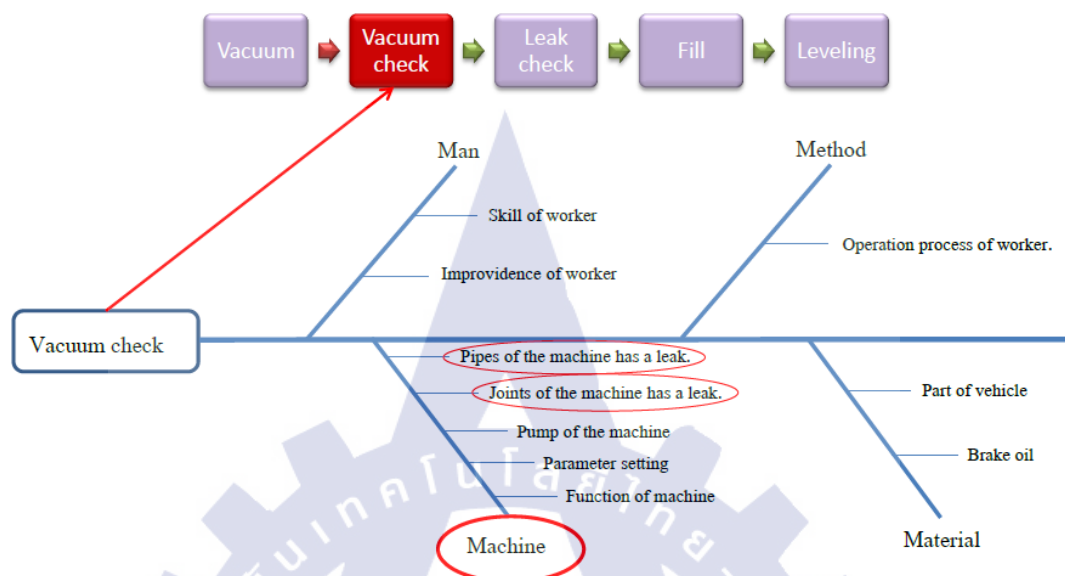
รูปที่ 4.4 แสดงความผิดปกติของกราฟและค่า Vacuum ของรถคันที่ 3



รูปที่ 4.5 แสดงความผิดปกติของกราฟและค่า Vacuum ของรถคันที่ 4

เนื่องจากการ Vacuum ของรถคันที่ 1-4 ไม่ได้ค่าตามมาตรฐานที่ตั้งไว้ จึงทำให้ระบบเบรกของรถคันที่ 1-4 ไม่สมบูรณ์ เป็นผลให้ไม่สามารถทำการเติมน้ำมันเบรกได้ ถ้าทำการเติมน้ำมันลงไปในระบบเบรกในขณะที่ไม่ได้ค่า Vacuum ตามค่ามาตรฐานที่ตั้งไว้ค่าฟองอากาศของระบบเบรกจะมีค่ามากกว่า 0.2cc ซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายกับผู้ขับขี่

จากข้อมูลของรถคันที่ 1-4 แสดงให้เห็นว่าเกิดปัญหขึ้น เพราะฉะนั้นจึงต้องทำการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาและแก้ไข เพื่อให้ทำการ Vacuum แล้วจะได้ค่าตามมาตรฐาน



รูปที่ 4.6 แสดงผังก้างปลาวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้น

Why : ทำไมเครื่องจักรแสดงไฟว่า " Fault "

Ans : เพราะค่า Vacuum ไม่ได้ตามค่ามาตรฐานที่ตั้งไว้

Why : ทำไมค่า Vacuum จึงไม่ได้ตามค่ามาตรฐาน

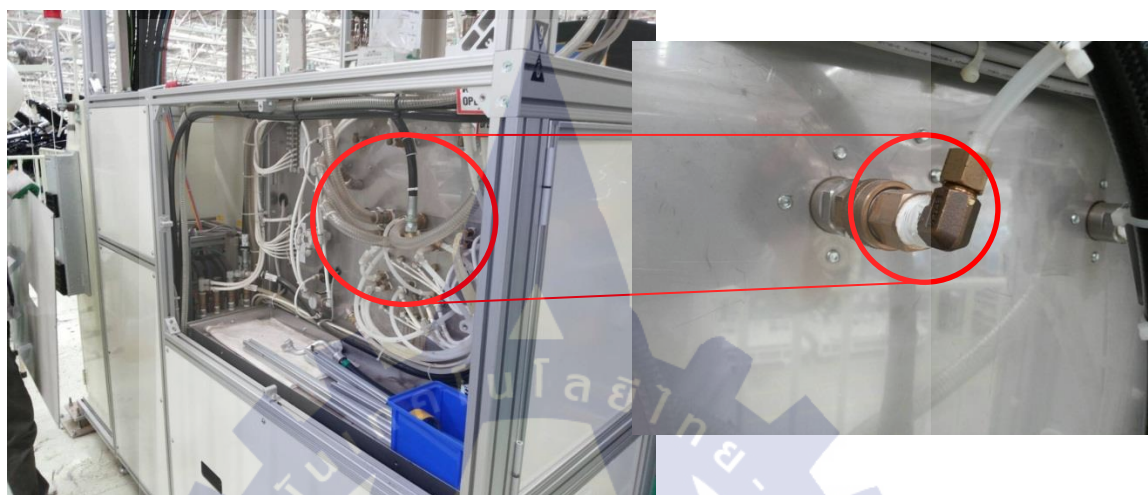
Ans : เพราะเครื่องจักรมีรูรั่วเกิดขึ้นในระบบ

Why : ทำไมเครื่องจักรถึงมีรูรั่วในระบบ

Ans : เพราะข้อต่อของTop gun vacuum sensor ขันไม่แน่น

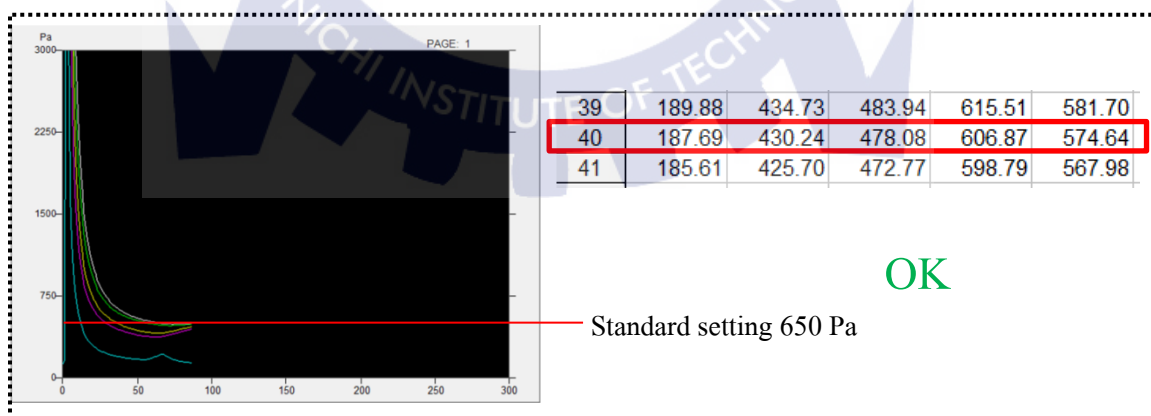
รูปที่ 4.7 5 Why แสดงการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา

จากการวิเคราะห์หาสาเหตุแล้ว ทำให้ทราบว่าปัญหาเกิดขึ้นที่เครื่องเติมน้ำมันเบรค ซึ่งเกิดจากข้อต่อของ Top gun vacuum sensor ซึ่งอยู่ด้านหลังของเครื่องเติมน้ำมันเบรคเกิดรูรั่ว ทำให้เครื่องจักรไม่ได้อยู่ในระบบปิด เมื่อทราบสาเหตุจึงทำการแก้ไข

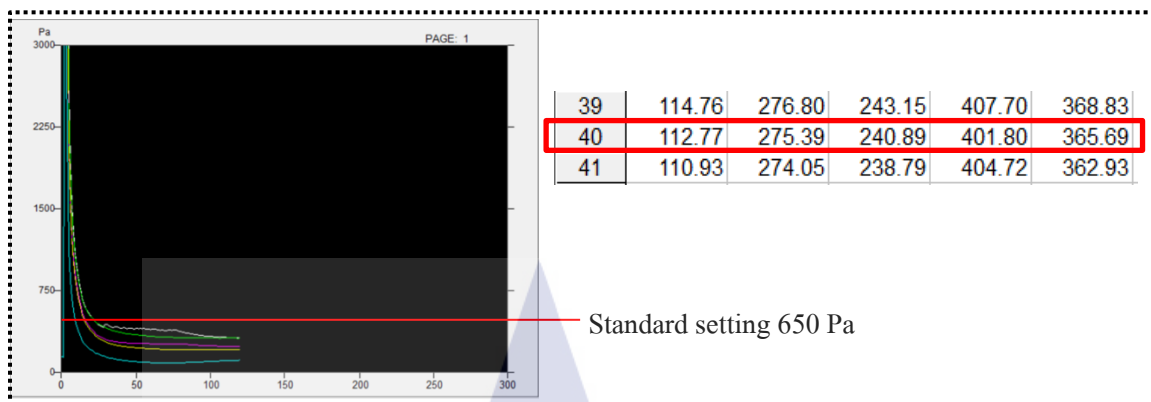


รูปที่ 4.8 แสดงตำแหน่งที่เกิดรูรั่ว

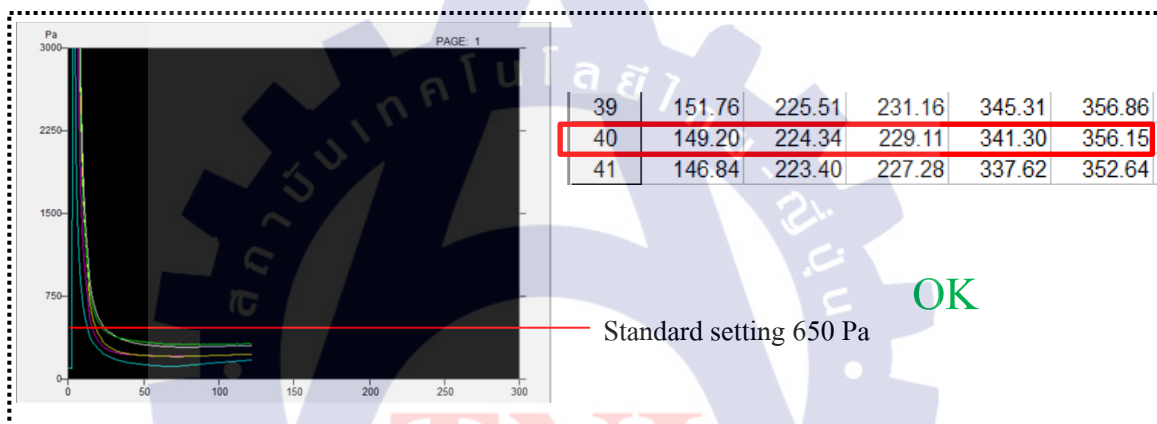
เมื่อทำการแก้ไขปัญหาเรียบร้อยแล้ว จึงทำการคอนเฟิร์มเครื่องจักรโดยการนำรถคันที่ 5-10 มาทำการ Vacuum และเก็บค่า ปรากฏว่ากราฟของคันที่ 5-10 มีค่าความดันของ CH1-CH4 ≤ 650 Pa และ CH0 ≤ 200 Pa ซึ่งตรงตามค่ามาตรฐานที่ตั้งไว้



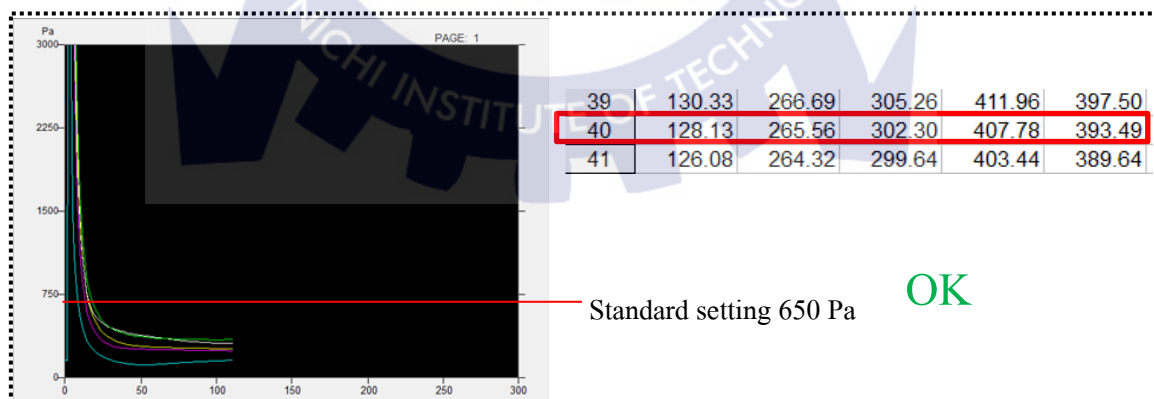
รูปที่ 4.9 กราฟและค่า Vacuum ของรถคันที่ 5 ซึ่งตรงตามมาตรฐาน



รูปที่ 4.10 กราฟและค่า Vacuum ของรถคันที่ 6 ซึ่งตรงตามมาตรฐาน



รูปที่ 4.11 กราฟและค่า Vacuum ของรถคันที่ 7 ซึ่งตรงตามมาตรฐาน



รูปที่ 4.12 กราฟและค่า Vacuum ของรถคันที่ 8 ซึ่งตรงตามมาตรฐาน



ค่า Vacuum ของรถคันที่ 5-10 ที่ได้จากหน้าจอมอนิเตอร์ของเครื่องเติมน้ำมันเบรค ซึ่งก็ได้ค่าตรงตามมาตรฐานที่ตั้งไว้เช่นกัน

18/07/2013	5	Corolla	Disc	A2	1175.0	≤2000	152.0	≤200	143.0	5.0	780.0	OK
19/07/2013	6	Corolla	Disc	M/T	1063.0	≤2000	139.0	≤200	129.0	5.0	850.0	OK
20/07/2013	7	Camry	Disc	ABS 9	181.0	≤2000	119.0	≤200	115.0	5.0	731.0	OK
26/07/2013	8	Prius	Disc	ECB-R	1152.0	≤2000	175.0	≤200	163.0	5.0	1262.0	OK
27/07/2013	9	Prius	Disc	ECB-R	1513.0	≤2000	160.0	≤200	152.0	5.0	1277.0	OK
05/08/2013	10	Prius	Disc	ECB-R	1149.0	≤2000	174.0	≤200	168.0	5.0	1262.0	OK

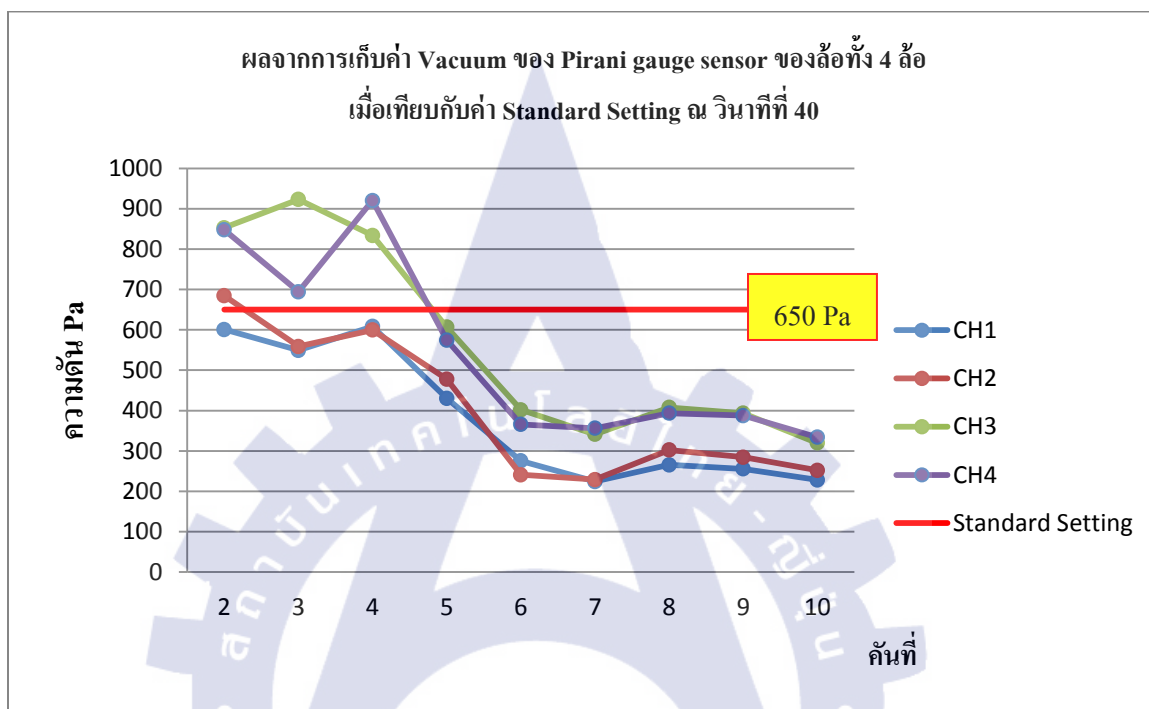
รูปที่ 4.15 แสดงค่า Vacuum ของรถคันที่ 5-10
ที่ได้จากหน้าจอมอนิเตอร์ของเครื่องเติมน้ำมันเบรค

การคอนเฟิร์มขั้นสุดท้ายคือการเช็คฟองอากาศในระบบเบรค ซึ่งผลของรถคันที่ 5-10 ที่ออกมาเมื่อนำค่าฟองอากาศของทั้ง 4 ล้อมารวมกันต้องมีค่า $\leq 0.2\text{cc}$

Total												
18/07/2013	Corolla	5	A2	Disc	0.05	0.01	0.03	0.00	0.00	0.00	0.09	OK
19/07/2013	Corolla	6	M/T	Disc	0.00	0.01	0.00	0.00	-	-	0.01	OK
20/07/2013	Camry	7	ABS 9	Disc	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.03	OK
26/07/2013	Prius	8	ECB-R	Disc	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.03	OK
27/07/2013	Camry	9	ECB-R	Disc	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.03	OK
05/08/2013	Prius	10	ECB-R	Disc	0.02	0.02	0.08	0.02	0.00	0.00	0.14	OK

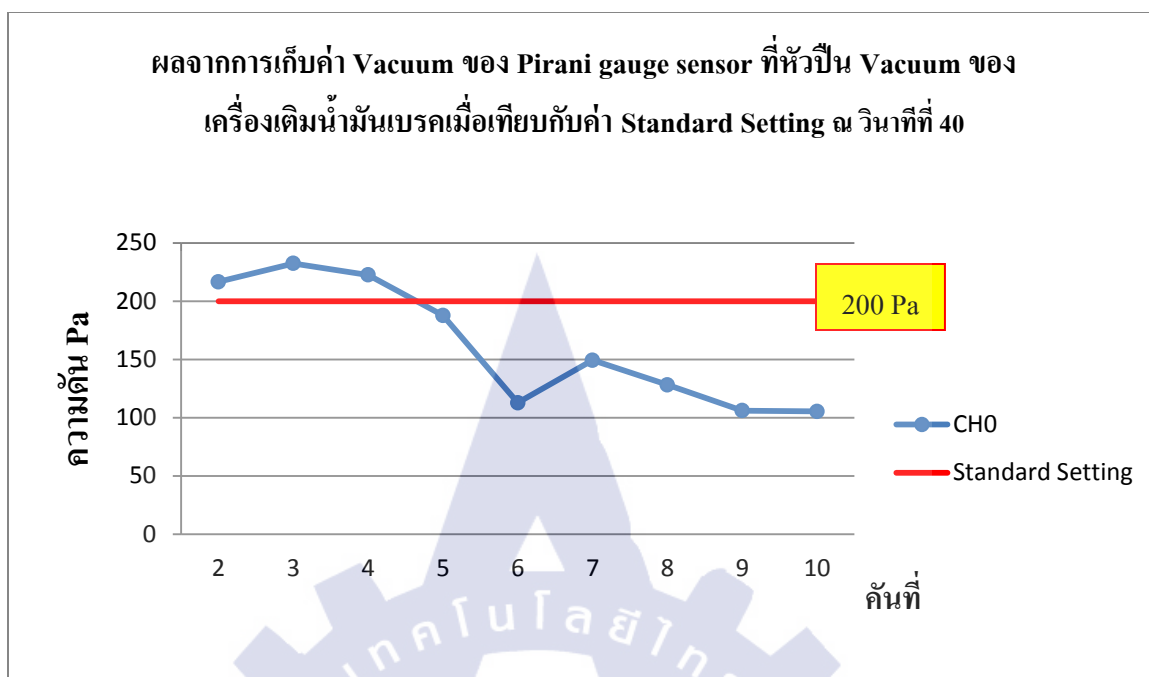
รูปที่ 4.16 แสดงค่ารวมของฟองอากาศในระบบเบรคของรถคันที่ 5-10

4.3 วิเคราะห์ข้อมูลโดยเปรียบเทียบผลที่ได้รับกับวัตถุประสงค์และจุดมุ่งหมายการปฏิบัติงาน หรือการจัดทำโครงการ



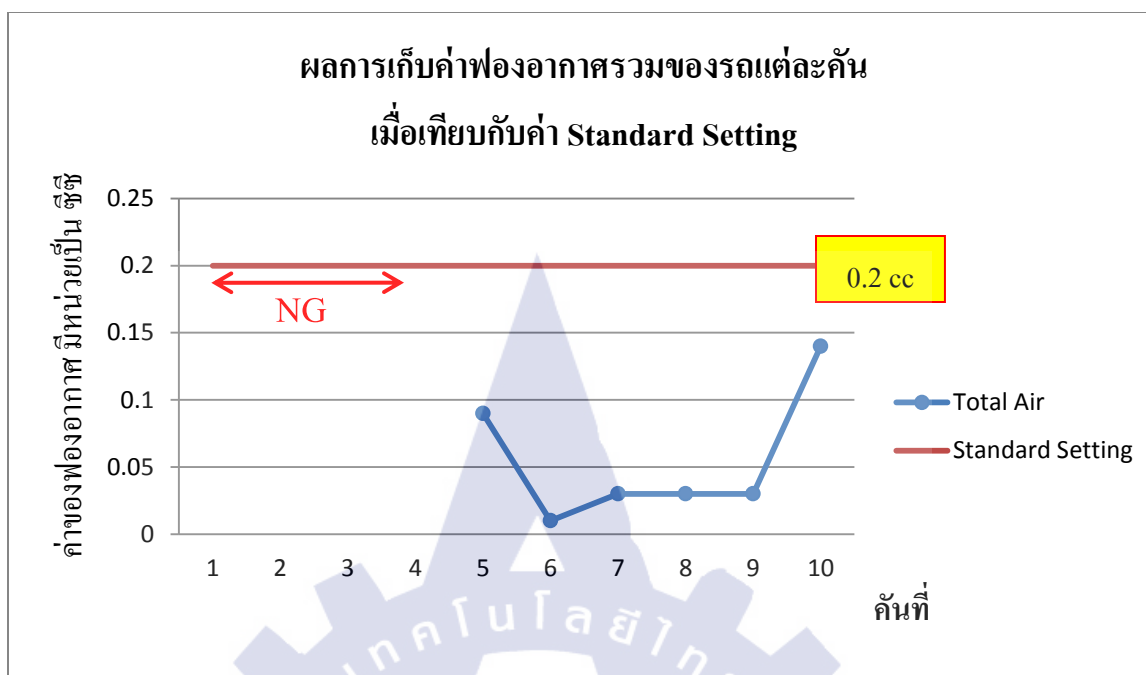
รูปที่ 4.17 กราฟแสดงค่า Vacuum ของล้อทั้ง 4 ล้อเมื่อเทียบกับค่า Standard Setting

จากกราฟค่า Vacuum ของ Pirani Gauge Sensor ของล้อทั้ง 4 ล้อ จะพบว่าไม่ได้นำข้อมูลของ ล้อที่ 1 มาวิเคราะห์ในกราฟ เนื่องจากว่าล้อที่ 1 ไม่มีข้อมูลค่าความดันที่วินาทีที่ 40 (ดังที่กล่าวไว้ใน บทที่ 4 ข้อ 4.2) และจากกราฟจะเห็นว่าค่า Vacuum ของล้อทั้ง 4 ล้อของรถคันที่ 5-10 ต่ำกว่าค่า มาตรฐานคือต่ำกว่า 650 Pa ซึ่งตรงตามเป้าหมายของโครงการ



รูปที่ 4.18 กราฟแสดงค่า Vacuum ที่หัวปืน Vacuum เมื่อเทียบกับค่า Standard Setting

จากกราฟค่า Vacuum ของ Pirani Gauge Sensor ที่หัวปืน Vacuum ของเครื่องเติมน้ำมันเบรคเมื่อเทียบกับค่า Standard Setting จะเห็นว่าผลที่ออกมาสอดคล้องกับกราฟ Vacuum ของ Pirani Gauge Sensor ของล้อทั้ง 4 ล้อ ซึ่งรถคันที่ 5-10 มีค่า Vacuum ตรงตามเป้าหมายของโครงการ คือค่า Vacuum ต้องต่ำกว่า 200 Pa



รูปที่ 4.19 กราฟแสดงค่าฟองอากาศรวมของรถแต่ละคันเมื่อเทียบกับค่า Standard Setting

สุดท้ายคือกราฟที่ได้จากค่าฟองอากาศรวมในระบบเบรกของรถแต่ละคัน จะเห็นว่าค่าฟองอากาศรวมของรถคันที่ 1-4 จะไม่พบข้อมูลใดๆเนื่องจากค่า Vacuum ของรถคันที่ 1-4 ไม่ตรงตามค่ามาตรฐานจึงไม่สามารถทำการเติมน้ำมันเบรกได้ ซึ่งทำให้ไม่สามารถตรวจสอบฟองอากาศที่อยู่ในระบบเบรกได้นั่นเอง ส่วนรถคันที่ 5-10 ค่าฟองอากาศรวมมีค่าน้อยกว่า 0.2cc ซึ่งตรงตามเป้าหมายของโครงการ

จากข้อมูลทั้ง 3 กราฟ ทำให้สามารถคอนเฟิร์มได้ว่า การทำงานของเครื่องเติมน้ำมันเบรกจะไม่ผลิตของเสียขึ้น (Zero Defect)

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินโครงการ

5.1.1. สรุปขั้นตอนการดำเนินงานของเครื่องเติมน้ำมันเบรค



รูปที่ 5.1 แสดงขั้นตอนการทำงานของเครื่องเติมน้ำมันเบรค

5.1.1.1. การ Vacuum ระบบเบรคของรถยนต์ เป็นขั้นตอนการทำงานขั้นตอนแรกของเครื่องเติมน้ำมันเบรค เพื่อให้ระบบเบรคเป็นระบบสุญญากาศ มีการตรวจสอบค่าความดันของระบบเบรคขณะทำการ Vacuum 3 ระยะ

- Pre-vacuum check หรือ Pre-check ค่าความดันต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับ 2,000 Pa เมื่อทำการ Vacuum ไปแล้ว 7 วินาที
- Vacuum-check ค่าความดันต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับ 200 Pa เมื่อทำการ Vacuum ไปแล้ว 40 วินาที
- Leak-check เป็นขั้นตอนการตรวจสอบรูรั่วของระบบ โดยการหยุดการ Vacuum และสังเกตค่าความดันของระบบเบรค ถ้าค่าความดันลดลงอย่างรวดเร็วแสดงว่ามีรูรั่วเกิดขึ้น

5.1.1.2. การ Filling เป็นขั้นตอนการเติมน้ำมันเบรค จะใช้เวลาในการเติมประมาณ 35 วินาที

5.1.1.3. การ Leveling เป็นการดูดน้ำมันส่วนเกินที่อยู่ในกระบอกใส่น้ำมันเบรคกลับเข้าสู่ระบบ

5.1.2. ค่า Standard Target

ค่า Standard Target ของโครงการมี 2 ค่า ได้แก่

- ค่า Vacuum ที่ได้จาก Pirani gauge sensor ที่วินาทีที่ 40 CH0 ต้องมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 200 Pa และ CH1-CH4 ต้องมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 650 Pa

ตารางที่ 5.1 แสดงค่า Standard Target ของ Pirani Gauge Sensor

Time (sec)	CH0	CH1 – CH4
40	≤ 200 Pa	≤ 650 Pa

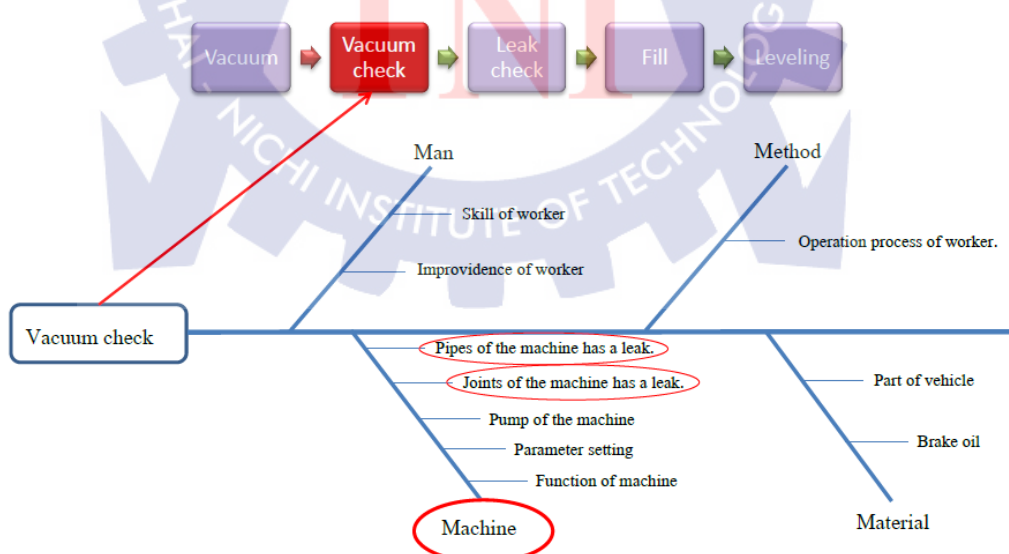
- ค่าฟองอากาศ (หรือค่า Bubble) รวมทั้ง 4 ล้อแล้วต้องไม่เกิน 0.2 cc

Target	→	Total air of 4 wheel ≤ 0.2 cc
--------	---	------------------------------------

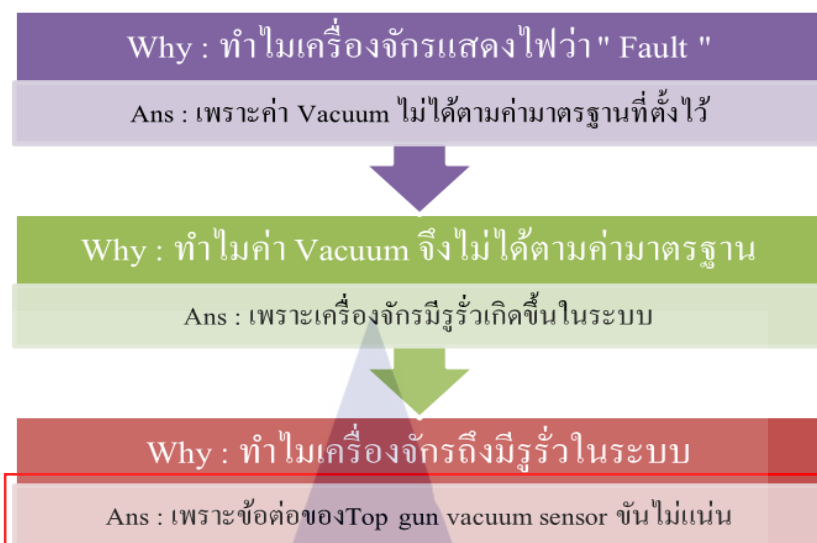
รูปที่ 5.2 แสดงค่า Standard Target ของ Special Tool for bubble check

5.1.3. ปัญหาที่พบ

เมื่อทำการ Vacuum แล้วไม่ได้ค่า Vacuum ตามค่ามาตรฐานที่ตั้งไว้ จึงทำการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา



รูปที่ 5.3 แสดงผังก้างปลาวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้น



รูปที่ 5.4 5 Why แสดงการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา

จากการวิเคราะห์ทำให้ทราบถึงปัญหาที่ทำให้ Vacuum แล้วไม่ได้ค่าตามมาตรฐาน ปัญหาที่พบคือ ข้อต่อของ Top gun vacuum sensor ทำการขันไม่แน่นจึงทำให้เครื่องจักรไม่อยู่ในระบบปิด

5.2 แนวทางการแก้ไขปัญา

5.2.1. การแก้ไขปัญา เมื่อเราทราบสาเหตุของปัญาว่าการขันข้อต่อของ Top gun vacuum sensor ไม่แน่น เราจึงทำการแก้ไขโดยการขันแน่นข้อต่อดังกล่าว เมื่อทำการแก้ไขเรียบร้อยแล้วจากนั้นเราจึงทำการคอนเฟิร์ม (confirm) เครื่องจักร

5.2.2. การ Confirm เครื่องเติมน้ำมันเบรค ทำโดยการนำรถมาลอง Vacuum ดูใหม่เป็นจำนวน 6 คัน ปรากฏว่าค่า Vacuum ที่ได้จากกราฟ Pirani gauge sensor และค่า Vacuum ที่ได้จากหน้าจอมอนิเตอร์ของเครื่องเติมน้ำมันเบรค ตรงตามค่ามาตรฐานที่ตั้งไว้ซึ่งและตรงตามค่าเป้าหมายของโปรเจค เมื่อทำการ Vacuum และเติมน้ำมันเบรคเรียบร้อยแล้ว จากนั้นนำรถคันดังกล่าวมาตรวจสอบฟองอากาศที่อยู่ในระบบเบรค พบว่าค่าฟองอากาศรวมของแต่ละคันได้ค่าต่ำกว่า 0.2cc ซึ่งตรงตามค่ามาตรฐาน จึงเป็นการคอนเฟิร์มได้ว่าปัญหานี้จะหมดไปจากเครื่องเติมน้ำมันเบรค และเครื่องเติมน้ำมันเบรคจะอยู่ในสถานะที่พร้อมจะผลิต

5.3 ข้อเสนอแนะจากการดำเนินงาน

1. ในด้านของบริษัท เป็นบริษัทที่เป็นอันดับหนึ่งของโลก ซึ่งการที่ได้เข้ามาสหกิจศึกษานั้น นับได้ว่าเป็นสิ่งที่ดีที่ทำให้ได้เรียนรู้การทำงานของบริษัทที่เป็นชั้นนำของประเทศ ถ้าหากมีโอกาสให้รุ่นน้องต่อไป ได้เข้ามาสหกิจศึกษาที่นี่ คงจะได้รับประสบการณ์ที่ดีจากบริษัทนี้อย่างแน่นอน

2. ในด้านของตัวนักศึกษาและคำแนะนำให้รุ่นน้องต่อไป สิ่งที่จะต้องพัฒนาตนเองให้มาก ในทักษะต่างๆ เช่น

- เรื่องภาษาที่สองและภาษาที่สาม คือภาษาอังกฤษและภาษาญี่ปุ่น ในการปฏิบัติงานจริง ต้องใช้ภาษาก่อนข้างมาก ฉะนั้นควรที่จะเตรียมตัวมาเป็นอย่างดี
- เรื่องทักษะการใช้คอมพิวเตอร์ ควรมีพื้นฐานบ้าง ซึ่งโปรแกรมที่ใช้หลักๆคือ Microsoft Excel
- นำเอาความรู้ต่างๆที่ได้จากห้องเรียน นำมาประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานจริง ถึงแม้ว่าทฤษฎีอาจจะใช้ไม่ได้ทั้งหมด เราก็ควรที่จะปรับปรุงให้เข้ากับการทำงานจริงได้
- การทำงานเป็นทีม เป็นสิ่งสำคัญในการทำงานของบริษัท งานจะเดินหน้าต่อไปไม่ได้ ถ้าคนในทีมคนใดคนหนึ่งมีปัญหา
- การใช้เครื่องมือต่างๆ มาช่วยในการวิเคราะห์และแก้ไขปัญหา เช่น 5Why ฟังก้างปลา หรือ การวิเคราะห์แบบ TBP (Toyota Business Practices) เป็นต้น



รูประหว่างการปฏิบัติงาน





สถานที่ตรวจเช็คฟองอากาศในระบบเบรก



อ้างอิง

หนังสือ

Satoshi Hino, 2551, ถอดรหัส DNA โตโยต้า, บริษัท ส.เอเชียเพรส (1989) จำกัด

Bang และ Kyoungill, 2556, โตโยต้าแบบ TOYOTA TPS, ครั้งที่พิมพ์ 1, ที เอส อินเตอร์พริ้นท์

สารสนเทศจาก World Wide Web

<http://www.irpet.ac.th>

<http://samrongbrakepad.com>

<http://th.wikipedia.org/>

<http://th.wikipedia.org/wiki/PDCA>

<http://www.nubi.nu.ac.th/webie/POKayoke.html>

<http://www.thailandindustry.com/>

<http://www.chevrolet.co.th>

<http://www.esanspeed.com>

<http://e-saannetwork.blogspot.com>

<http://www.autothaiclub.com>

<http://phithan-toyota.com>



ประวัติผู้จัดทำโครงการ

ชื่อ-ชื่อสกุล

นางสาว อรปรีชา ทับจีน

วัน เดือน ปีเกิด

23 เมษายน 2535

ประวัติการศึกษา

ระดับประถมศึกษา

จบการศึกษาระดับประถมศึกษาตอนปลาย พ.ศ. 2549

โรงเรียนปรีชาโชติ อำเภอ ตาคลี จังหวัด นครสวรรค์

ระดับมัธยมศึกษา

จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย พ.ศ. 2552

โรงเรียนตาคลีประชาสรรค์ อำเภอ ตาคลี จังหวัด นครสวรรค์

ระดับอุดมศึกษา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมการผลิต พ.ศ. 2556

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

ทุนการศึกษา

- ไม่มี -

ประวัติการฝึกอบรม

1. Process of Product ณ NMB-Minebea Thai Ltd.

2. Logistics ณ CP ALL PUBLIC COMPANY LIMITED

3. Basic principle of TPS/Lean ณ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

ผลงานที่ได้รับการตีพิมพ์ - ไม่มี -