

๒๕๔๔

๘๘๘

๕.๕

การพัฒนาเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์

ปริญญานิพนธ์
ของ
สุพรรณ ไตรศรี

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา

พฤษภาคม ๒๕๔๕

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

๒๕๔๕

๒๕๔๕

การพัฒนาเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์

บทคัดย่อ
โดย
สุวรรณ ไตรศรีมี

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา
พฤษภาคม 2540

จุดมุ่งหมายของการวิจัยครั้งนี้คือเพื่อพัฒนาเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์ จากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านยานยนต์จำนวน 4 ท่าน ได้ทำการประเมินเกี่ยวกับสมรรถนะในการพัฒนาเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์ ปรากฏผลการประเมินดังนี้

ลักษณะกายภาพทั่วไป อยู่ในระดับดี

ลักษณะการใช้งาน อยู่ในระดับดี

ลักษณะการบำรุงรักษาและซ่อมแซม อยู่ในระดับดี

ความเหมาะสมด้านการนำมาใช้งาน อยู่ในระดับดี

การกดแป้นคลัทช์โดยมาตรวัด อยู่ในระดับดี

การประเมินเพื่อสำรวจความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ เกี่ยวกับสมรรถนะโดยผู้เชี่ยวชาญด้านยานยนต์ ในการพัฒนาเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์ ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นพอสรุปได้ว่ามีสมรรถนะด้านต่าง ๆ มีความเหมาะสมในด้านลักษณะทางกายภาพทั่วไป มีความเหมาะสมในด้านลักษณะการใช้งาน มีความเหมาะสมในด้านลักษณะการบำรุงรักษาและซ่อมแซม มีความเหมาะสมในการนำไปใช้งาน และมีความเหมาะสมในการกดแป้นคลัทช์โดยมาตรวัด 20 ปอนด์ สอดคล้องกับสมมุติฐานของการวิจัยที่ตั้งไว้ และสามารถนำไปใช้งานได้ดี เนื่องจากมาตรฐานทั่วไปในการกดแป้นคลัทช์อยู่ที่ขนาดแรงกดระหว่าง 25-35 ปอนด์ สามารถลดแรงการกดแป้นคลัทช์ได้โดยมีค่าการทดสอบแรงดันจากการทดสอบซ้ำอยู่ในระดับเกณฑ์ที่ตั้งไว้

**MODIFICATION OF BOOSTER CLUTCH FOR LITE TRUCK
WITH CLUTCH-PEDAL PRESSRESISTANCE 20 POUND.**

**AN ABSTRACT
BY
SUWAN TORUSME**

**Present in partial fulfillment of the requiments for the
Master of Education degree in Industrial Educational
at Srinakharinwirot University**

May 1997

The purpose of this experimental study was to develop a split type booster for clutch pedal with a pressresistance of 20 pound. The unit to be used with an one ton pick-up lite truck. Improvements on five technical characteristics of the unit were sought ; physical characteristics, operational characteristics, maintenance with overhaul, versatility, and pressresistance on the clutch pedal measurement. The unit was fitted onto the ISUZU diesel 2500 cubic centimeter displacement volume, one ton pick-up truck type 4JA1.

For efficiency testing, four automative specialists were asked to evaluate the performance of the unit on five above characteristics. Flavolable ratings were received on from the experts. All technical aspects of the unit were performing at the above averages in a good level. The pressresistance needed to exert on the clutch pedal was slightly 20 pound in comparison to the standard average of 25-35 pound.

คณะกรรมการควบคุมและคณะกรรมการสอบได้พิจารณาปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แล้ว
เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต
วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒได้

คณะกรรมการควบคุม

..... ประธาน
(ดร. อุปวิทย์ สุวคันทรกุล)

..... กรรมการ
(อาจารย์ วีระ กุหลาบ)

คณะกรรมการสอบ

..... ประธาน
(ดร. อุปวิทย์ สุวคันทรกุล)

..... กรรมการ
(อาจารย์ วีระ กุหลาบ)

..... กรรมการแต่งตั้งเพิ่มเติม
(รองศาสตราจารย์ อัมพล ชื่อดรง)

บัณฑิตวิทยาลัยอนุมัติให้รับปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา ของมหาวิทยาลัย
ศรีนครินทรวิโรฒ

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ดร. ศิริยุภา พูลสุวรรณ)

วันที่ 6 เดือน ๗๒๐๓ พ.ศ. 2540

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงด้วยความเมตตากรุณาให้คำปรึกษาแนะนำอย่างดียิ่งจาก ดร. อุพิทย์ สุวคันทรกุล ประธานคณะกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ อาจารย์ วีระ กุหลาบ กรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ และ รองศาสตราจารย์อำพล ชื่อดรง ที่กรุณาร่วมเป็นกรรมการ สอบปริญญานิพนธ์ พร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะต่าง ๆ เพื่อให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางเขน โดยเฉพาะคุณ มาลินี แซ่เตื่อง และอาจารย์สถาบันราชภัฏพระนคร ทุกท่านที่ให้คำปรึกษาความรู้ แก่ผู้วิจัยด้วยความรัก และ ปราศรัยนาดี จนทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณ และน้อมรำลึกถึงพระคุณ ของบิดา มารดา ครูบาอาจารย์ทุกท่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง คุณปู่ ชะอุ่ม ไตรศมี และ คุณย่า ละม่อม ไตรศมี ที่ส่งเสริมผลักดันให้ได้รับการศึกษาขั้นพื้นฐานทั้งที่ท่านเป็นคนต่างจังหวัด มีอาชีพทำนา ฐานะยากจน สนับสนุนการศึกษา ให้กับผู้วิจัย จึงเป็นเหตุที่สามารถประสบความสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโทบัณฑิตในครั้งนี้ อันพระคุณนี้หาที่เปรียบมิได้

ขอขอบคุณ คุณณฤมล ไตรศมีและเพื่อนร่วมรุ่นทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือในทุกๆด้าน และให้กำลังใจในระหว่างที่ทำการศึกษาอย่างสม่ำเสมอ มีความสำคัญมากจนกระทั่งปริญญานิพนธ์ ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณ คุณปราจีน เอี่ยมลำเนา ผู้อำนวยการนิเทศสารกวีร์ปริษฐ์ คุณ ขวัญชัย ปักษะพงศ์ ผู้อำนวยการนิเทศสารฟอร์มูลา คุณ ชาย ไยเมือง หัวหน้าฝ่ายซ่อมบำรุง และ คุณ สมใจ พุ่มนิ๊ก นายช่างฝ่ายซ่อมบำรุงประจำบริษัท ตรีเพชร อีซูซุเซลส์ จำกัด สำนักงานใหญ่ ที่ได้ให้ความกรุณาใช้เวลาอันมีค่าของท่านช่วยทำการทดสอบ ประเมินผลในฐานะผู้เชี่ยวชาญ ทั้งยังกรุณาให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุง จนกระทั่งปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

สุวรรณ ไตรศมี

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	1
ภูมิหลัง	1
จุดมุ่งหมายในการวิจัย	2
ความสำคัญของการวิจัย	2
ขอบเขตของการวิจัย	2
นิยามศัพท์เฉพาะ	3
สมมุติฐานการวิจัย	5
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
ความหมายของรถยนต์	7
องค์ประกอบของรถยนต์	7
ประเภทของรถยนต์	7
ระบบต่าง ๆ ในเครื่องยนต์	7
ระบบส่งกำลัง และการตัดต่อกำลังขับเคลื่อน	8
หน้าที่ของระบบส่งกำลัง	8
ส่วนประกอบของระบบส่งกำลัง	9
หน้าที่ และหลักการทำงานของคลัทช์	9
ส่วนประกอบคลัทช์	10
ส่วนประกอบชุดคลัทช์	12
ชนิดของคลัทช์.....	15
หลักการผ่อนแรงในการควบคุมคลัทช์รถยนต์.....	17
กฎของโมเมนต์.....	17
กฎของปาสคาล.....	18
ระบบไฮดรอลิก.....	19
ระบบนิวแมติก.....	21
ระบบไฮดรอนิวแมติก.....	21
หม้อลมช่วยผ่อนแรงแบบสุญญากาศ	24
หน้าที่ และหลักการทำงานของระบบปั๊มสุญญากาศ.....	24
ปั๊มวัฏจักรเครื่องกล.....	24
ปั๊มขับแบบเฟืองโรเตอร์.....	25

บทที่	หน้า
ท่อทางไฮดรอลิก และนิวแมติก	25
ท่อทางน้ำมันไฮดรอลิก.....	25
ท่อทางสุญญากาศ.....	29
มาตรวัดแรงดัน.....	29
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	30
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	33
สถานที่สร้าง ทดสอบ และวันเวลาที่ดำเนินการ.....	33
การดำเนินการวิจัย และทดสอบสมรรถนะ.....	33
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	41
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	43
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก	43
ผลทดสอบเปรียบเทียบค่าวัดแรงดันการกดแป้นคลัทช์.....	44
ความคิดเห็น และข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ	52
5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	55
จุดมุ่งหมายในการวิจัย	55
ความสำคัญของการวิจัย	55
สมมุติฐานการวิจัย	55
การดำเนินการวิจัย	55
การทดสอบประเมินสมรรถนะ.....	56
ผลของการวิจัย	56
อภิปรายผล	56
ข้อเสนอแนะ	58
บรรณานุกรม	60
ภาคผนวก.....	63
ตอน ก	64
ตอน ข	71
ตอน ค	76
ตอน ง	89

บทที่

หน้า

ประวัติย่อของผู้วิจัย 86

บัญชีตาราง

ตาราง

หน้า

1	อัตราทดแรงคลัทช์ในรถยนต์บรรทุกขนาดเล็กอีซูซุดีเซลความจุปริมาตร เครื่องยนต์ 2500 ซี.ซี. รุ่น 4 เจเอ 1. ที่ใช้แรงกดแผ่นคลัทช์ 1103 ปอนด์.....	32
2	บันทึกผลทดสอบเปรียบเทียบค่าวัดแรงดันการกดแป้นคลัทช์การพัฒนาเครื่องช่วย ผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์.....	44
3	การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของ เครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์ บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์	46
4	การวิเคราะห์ลักษณะการใช้งาน เครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุก ขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์.....	47
5	การวิเคราะห์ลักษณะการบำรุงรักษาและซ่อมแซมของเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์ รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์.....	48
6	การวิเคราะห์ความเหมาะสมด้านการนำไปใช้งาน ของเครื่องช่วยผ่อนแรง คลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก.....	49
7	การวิเคราะห์สมรรถนะด้านการกดแป้นคลัทช์โดยมาตรวัดของเครื่องช่วยผ่อนแรง คลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์.....	50
8	การวิเคราะห์สมรรถนะของเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุก ขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์	52
9	จัดลำดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 4 ท่านที่มีต่อสมรรถนะของเครื่องช่วย ผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์...	53
10	เปรียบเทียบค่ามาตรฐานด้านขนาด และกำลังแรงดันของอุปกรณ์ทดแรงให้ ระบบคลัทช์ในรถยนต์บรรทุกขนาดเล็กอีซูซุดีเซลขนาดปริมาตรความจุ 2500 ซี.ซี. รุ่น 4 เจเอ 1	65
11	ผลการสุ่มสำรวจปริมาณการใช้รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก อีซูซุดีเซลขนาด ความจุปริมาตร 2500 ซี.ซี. รุ่น 4 เจเอ 1.....	66
12	ปริมาณยอดการจำหน่ายรถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก อีซูซุดีเซลขนาด ความจุปริมาตร 2500 ซี.ซี. รุ่น 4 เจเอ 1.....	67
13	ผลการสุ่มทดสอบการกดแป้นคลัทช์ต่อระยะทาง 1 กิโลเมตร	68

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 แสดงส่วนประกอบรถยนต์	7
2 แสดงลำดับการส่งกำลังจากเครื่องยนต์เพื่อขับล้อให้หมุน.....	8
3 แสดงส่วนประกอบของระบบส่งกำลัง.....	9
4 แสดงหลักการทำงานของคลัทช์.....	10
5 แสดงกลไกการปลดคลัทช์ชนิดที่ใช้สายเคเบิล.....	10
6 แสดงกลไกการปลดคลัทช์ชนิดที่ใช้แกนโลหะ.....	11
7 แสดงส่วนประกอบชุดคลัทช์.....	11
8 แสดงส่วนประกอบคลัทช์.....	12
9 แสดงส่วนประกอบผ้าคลัทช์และแผ่นคลัทช์	13
10 แสดงส่วนประกอบลูกปืนคลัทช์.....	13
11 แสดงส่วนประกอบแผ่นกดคลัทช์	14
12 แสดงส่วนประกอบของคลัทช์แบบกดสปริง.....	16
13 แสดงส่วนประกอบของคลัทช์ชนิดจานสปริง	16
14 แสดงส่วนประกอบแป้นกดคลัทช์ และ การทำงาน.....	17
15 แสดงการเปรียบเทียบการอัดตัวของอากาศ และของเหลว.....	18
16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่ใช้ในการกดแป้นเบรก และแรงเบรก	19
17 แสดงบล็อกไดอะแกรมของระบบไฮดรอลิก.....	20
18 แสดงการแปลงความดันในการทำงานของระบบไฮดรอลิกประสมนิวแมติก.....	22
19 แสดงการเพิ่มความดันในระบบไฮดรอลิก.....	22
20 แสดงส่วนประกอบหม้อลมช่วยผ่อนแรงแบบสูญญากาศชนิด ไดอะแฟรม.....	24
21 แสดงวิธีการทำงานของปั๊มแบบวัฏจักรเครื่องกล.....	24
22 แสดงการทำงานของปั๊มขับแรงดันแบบเฟืองโรเตอร์.....	25
23 แสดงลักษณะท่อทางน้ำมันไฮดรอลิกคลัทช์พร้อมหัวต่อและแบบตัดเข้ารูป.....	26
24 แสดงลักษณะเครื่องมือตัดท่อ 2 แบบ.....	26
25 แสดงการบานปลายท่อแบบ 2 ชั้น	26
26 แสดงลักษณะการบานพร้อมหัวต่อ.....	27
27 แสดงลักษณะเครื่องมือทำท่อเบรก เครื่องตัดท่อ เครื่องจับ เครื่องบานปลาย.....	28
28 แสดงวิธีการบานท่อสองชั้น	28
29 แสดงส่วนประกอบมาตรวัดแรงดัน.....	29
30 แสดงขั้นตอนกระบวนการดำเนินการวิจัย.....	34

31 แสดงบล็อกไดอะแกรมการพัฒนาเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุก ขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์	37
32 แสดงขั้นตอนการติดตั้งมาตรวัดค่าทดสอบแรงดัน.....	38
33 แสดงค่าสมรรถนะเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์	45
34 แสดงการติดตั้งเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์	77
35 แสดงการติดตั้งท่อทางไฮดรอลิกเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์ บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์	78
36 แสดงการติดตั้งท่อทางอากาศเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์ บรรทุกขนาดเล็กขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์	79
37 แสดงการติดตั้งมาตรวัดแรงดันเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์ บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์	80

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

รถยนต์เป็นยานพาหนะที่มีความสำคัญเพื่อการขนส่งทางบกในปัจจุบัน มนุษย์ได้นำมาใช้ในการเดินทางในชีวิตประจำวันเพื่ออำนวยความสะดวก รวดเร็ว (จำนง ถนอม. 2539 : 1) ดังนั้นจำนวนรถยนต์จึงเพิ่มขึ้นทุกวันจนเป็นสาเหตุให้ การจราจรติดขัดทั้งในเขตกรุงเทพมหานคร และเมืองใหญ่ทั่วประเทศ โดยประกอบด้วยรถยนต์ต่างๆ หลายแบบ หลายประเภท รถยนต์บรรทุกขนาดเล็กอีซูซุดีเซลความจุปริมาตรเครื่องยนต์ 2500 ซี.ซี. รุ่น 4เจเอ1. มียอดการจำหน่ายในเขตกรุงเทพมหานคร และ ปริมาณตลอดระยะเวลา 4 ปีที่ผ่านมาเป็นจำนวน 359,873 คัน โดยทำการตรวจสอบข้อมูลจากปีพุทธศักราช 2535 ถึงปีพุทธศักราช 2539 (บริษัท ตรีเพชรอีซูซุเซลส์ จำกัด. 2539 : อัดสำเนา) และ ได้สุ่มนับปริมาณรถยนต์บรรทุกขนาดเล็กอีซูซุดีเซลความจุปริมาตรเครื่องยนต์ 2500 ซี.ซี. รุ่น 4เจเอ1.ที่ถูกนำใช้งานตามถนนในเขตจราจรหนาแน่นจำนวน 3 เส้นทาง ช่วงความยาว 1 กิโลเมตรได้ผลค่าเฉลี่ยการนำมาใช้งานเป็นจำนวน 150 คัน จากการศึกษาพบว่าเครื่องยนต์ส่งกำลังขับเคลื่อนผ่านระบบส่งกำลัง โดยใช้การตัดถ่ายกำลังขับเคลื่อนได้ 2 แบบคือ เกียร์แบบออโตเมติก ซึ่งทำงานโดยเครื่องยนต์ทำหน้าที่ให้กำลังควบคุมระบบตัดถ่ายการทำงานของเครื่องยนต์ โดยการสร้างให้ความเร็วรอบจากการหมุนของเครื่องยนต์มาควบคุมระบบการทำงาน และ ชุดเกียร์เลื่อนชนิดคลัทช์เดี่ยวแบบแผ่นแห้งทำหน้าที่ตัดถ่ายกำลังการขับเคลื่อน โดยใช้คลัทช์ที่ต้องควบคุมการทำงานจากการกดน้ำหนักด้วยกำลังจากกล้ามเนื้อขาของผู้ขับซึ่งลงบนแป้นคลัทช์ผ่านกลไก เพื่อไปดันสปริงคลัทช์ที่มีแรงกด 1103 ปอนด์ ให้เกิดการตัดถ่ายกำลังในการขับเคลื่อน การกระทำเช่นนี้บ่อยๆครั้งเป็นเวลานานจะทำให้เกิดอาการเมื่อยล้า (ธีระยุทธ สุวรรณประทีป. 2532 : 26)

ปัจจุบันรถยนต์บรรทุกขนาดเล็กอีซูซุดีเซล ขนาดปริมาตรความจุเครื่องยนต์ 2500 ซี.ซี. รุ่น 4เจเอ1.ใช้ชุดเกียร์เลื่อนมีสติดิจการจำหน่ายเป็นจำนวนมาก และ เป็นที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายมากกว่าชนิดอื่นในประเทศไทยจากผู้ผลิตทั้ง 6 รายคือ โตโยต้า นิสสัน มิตซูบิชิ มาสด้า ฟอर्ड และเปอร์โยต์ (บริษัท กรังด์ปรีซ์ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด. 2539 : อัดสำเนา) รวมทั้งในด้านความประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิง โดยได้รับรางวัลชนะเลิศดีเด่นในประเทศญี่ปุ่นติดต่อกันหลายปี ด้านเทคโนโลยีการผลิตรถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ประกอบกับการจราจรในเขตกรุงเทพมหานคร มีสถิติอัตราการเคลื่อนตัวการหยุดเฉลี่ย 70 ครั้งต่อระยะทาง 1 กิโลเมตรในการขับเคลื่อนรถยนต์ และการหยุดรวมทั้งการเปลี่ยนเกียร์เพื่อทดรอบการหมุนของเครื่องยนต์แต่ละครั้ง ผู้ขับขีรถยนต์ต้องกดแป้นคลัทช์ เพื่อควบคุมการทำงานบ่อยครั้งในแต่ละครั้งจะต้องใช้กำลังมาก(จำนง ถนอม. 2532 : 342) เป็นผลให้เกิดอาการเมื่อยล้ากล้ามเนื้อและส่งผลกระทบต่อสภาพจิตใจของผู้ขับขีรถยนต์ จากสภาพของปัญหาดังกล่าวมา เป็นเหตุจูงใจให้ผู้วิจัยคิดหาวิธีที่จะลดน้ำหนักการกดแป้นคลัทช์

การทดกำลังด้วยไฮดรอลิคตามทฤษฎีปาสคาล ซึ่งเกี่ยวข้องกับความดันจากของไหลอยู่ในพื้นที่มีขอบเขตจำกัดการถ่ายแรงที่กระทำจะเปลี่ยนแปลงไปตามภาชนะที่บรรจุอยู่ (มนตรี โชติวรวิทย์ และคณะ. 2533 : 24) รวมทั้งการทำงานของระบบ ไฮดรอนิวแมติกเพื่อสร้างกำลังช่วยผ่อนแรงกดแป้นคลัทช์ (อำพล ชื่อดรง. 2527 : 110) จึงได้เกิดแนวคิด และสนใจในการศึกษาค้นคว้าทดลองสมรรถนะของหม้อลมช่วยผ่อนแรงชนิดทำงานโดยสุญญากาศ (vacuum brake booster) ที่ใช้ช่วยผ่อนแรงในวงจรระบบเบรคเพื่อหยุดการขับเคลื่อนของรถยนต์ ให้กำลังการผ่อนแรงเบรครถยนต์ที่ 25-35 ปอนด์ (จำนงค์ ถนอม. 2532 : 183,534) ให้สามารถนำมาใช้พัฒนางจรการทำงานเพื่อผ่อนแรงการกดแป้นคลัทช์ โดยการพัฒนาเครื่องช่วยผ่อนแรงให้กับระบบคลัทช์ ซึ่งผลในการวิจัยนี้ระบบควบคุมการทำงานมีสมรรถนะดีขึ้น จะเป็นผลให้เกิดความปลอดภัยต่อการใช้รถยนต์ และ จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ขับขี่รถยนต์บรรทุกขนาดเล็กอีซูซุดีเซลความจุปริมาตรเครื่องยนต์ 2500 ซี.ซี. รุ่น 4 เจเอ1. ในเขตกรุงเทพมหานคร เขตเมืองใหญ่และชนบททั่วประเทศ

จุดมุ่งหมายของการวิจัย

เพื่อการพัฒนาเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์ (Modification of Booster Clutch for Lite Truck with Clutch-Pedal Pressresistanc of 20 Pound.)

ความสำคัญของการวิจัย

เป็นการลดอาการเมื่อยล้ากล้ามเนื้อ จากการกดแป้นคลัทช์ให้กับผู้ขับขี่รถยนต์

ขอบเขตของการวิจัย

1. วิจัยด้วยรถยนต์บรรทุกขนาดเล็กอีซูซุดีเซลความจุปริมาตรเครื่องยนต์ 2500 ซี.ซี. รุ่น 4 เจเอ1. อยู่ในสภาพดีไม่ชำรุดเสียหาย ผลิตระหว่างปีพุทธศักราช 2535-2539
2. ใช้ระบบเกียร์แบบเลื่อนเดินหน้า 5 ระดับ
3. ชุดคลัทช์ไดอะแฟรมชนิดเดี่ยวแบบแผ่นแห้งให้แรงกด 1103 ปอนด์
4. หม้อลมช่วยแรงเป็นแบบสุญญากาศชนิดแยกส่วนขนาด 33.16 ตารางนิ้ว
5. แม่ปั้มคลัทช์และปั้มคลัทช์ใช้งานไม่เกิน 2 ปีขนาดพื้นที่ .30 และ .50 ตารางนิ้ว

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ระบบคลัทช์ (clutch system) หมายถึง ชุดอุปกรณ์ระบบเครื่องกล ทำหน้าที่ตัดและต่อกำลังที่ส่งจากเครื่องยนต์ไปยังห้องเกียร์ อาศัยความฝืดระหว่างแผ่นคลัทช์ชนิดเดี่ยวแผ่นหนึ่ง กดทับบนแผ่นกดและล้อช่วยแรง ให้เกิดแรงหมุนไปขับเคลื่อนชุดเพื่องท้ายมีชุดควบคุมการทำงานจากแป้นกดคลัทช์

2. แป้นกดคลัทช์ (clutch pedal) หมายถึง คานกระเดื่องโลหะความยาว 15 นิ้ว ปลายด้านสั้นกดทับบนลูกสูบแม่ปั๊ม ด้านยาวเป็นแป้นกดโดยผู้ขับที่มีจุดหมุนอยู่บนแป้นรับแรง เพื่อทดแรงแบบคานงัด

3. แม่ปั๊มคลัทช์ (clutch master cylinder) หมายถึง กระบอกและลูกสูบโลหะกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.62 นิ้ว ยาว 5 นิ้ว มีแหวนยางป้องกันการรั่วบรรจุน้ำมันไฮดรอลิก การเคลื่อนที่ของลูกสูบขณะรับแรงดันทำให้เกิดแรงดันน้ำมันขึ้นภายในระบบท่อทางน้ำมัน เพื่อผลที่จะผ่านแรงดันไปใช้ในการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์อื่น เช่น ปั๊มคลัทช์ให้เกิดการขยายตัวเป็นการตัดแรงหมุนเครื่องยนต์

4. ปั๊มคลัทช์ (clutch cylinder) หมายถึง กระบอก และลูกสูบโลหะกลมที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.81 นิ้ว ยาว 3 นิ้ว มีแหวนยางป้องกันการรั่วขณะรับแรงดันน้ำมันไฮดรอลิกผ่านท่อทางจากแม่ปั๊มคลัทช์ ทำให้มีแรงดันขึ้นลูกสูบจะเคลื่อนตัวออกโดยมีก้านเพลลาต่อไปผลักดันกระเดื่องกดคลัทช์ให้เคลื่อนไปกดกระเดื่องคลัทช์ให้ทำงาน

5. กระเดื่องกดคลัทช์ (clutch release yoke) หมายถึง คานกระเดื่องโลหะใช้ในการทดแรงความยาว 8 นิ้ว ทำหน้าที่กดลูกปืนคลัทช์โดยมีจุดหมุนยึดอยู่บนห้องคลัทช์ ปลายด้านยาวได้แรงกดจากปั๊มคลัทช์เพื่อถ่ายแรงควบคุมการตัดถ่ายกำลังการหมุนให้กับชุดคลัทช์ โดยถ่ายแรงผ่านลูกปืนกดคลัทช์

6. ลูกปืนกดคลัทช์ (clutch release bearing) หมายถึง จานโลหะกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.50 นิ้ว ชอนทับคันด้วยลูกปืนกลมรอบจานช่วยให้เกิดการหมุนที่คล่องตัว ใช้ดันสปริงกดคลัทช์ให้กระดกกลับเพื่อลดแรงกดของชุดตัดต่อการหมุนของคลัทช์ ช่วยการลดแรงเสียดทานจากการกดของกระเดื่องคลัทช์

7. แผ่นกดคลัทช์ (clutch pressure plate) หมายถึง จานโลหะเหล็กหล่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8.80 นิ้ว ผิวเรียบดันด้วยสปริงให้แผ่นกดคลัทช์เข้ากับล้อช่วยแรง หรือขยับตัวออกให้การหมุนเป็นอิสระโดยรับแรงขับมาจากเครื่องยนต์เพื่อส่งถ่ายกำลังการหมุนให้กับแผ่นผ้าคลัทช์

8. แผ่นคลัทช์ (clutch disc) หมายถึง จานโลหะกลมยึดติดกับเพลลาที่เข้าสู่ห้องเกียร์ มีแผ่นผ้าคลัทช์ติดอยู่ระหว่างล้อช่วยแรง และแผ่นกดคลัทช์ทำหน้าที่ให้การตัดต่อกำลังการหมุนราบเรียบดีขึ้น

9. ล้อช่วยแรง (flywheel) หมายถึง จานโลหะกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 12 นิ้ว ความหนา 3 นิ้ว น้ำหนักประมาณ 10 กิโลกรัม ยึดติดกับเพลาเครื่องยนต์เพื่อสะสมพลังงาน ในขณะที่หมุนช่วยให้การหมุนสม่ำเสมอเป็นตัวจับยึดชุดคลัทช์ ซึ่งใช้ในการตัดถ่ายแรงจากการหมุน

10. ชุดเกียร์ (transmission) หมายถึง ชุดอุปกรณ์ประกอบด้วยเพลา และเฟืองในการส่งถ่ายกำลังขับเคลื่อนและเปลี่ยนอัตราทดการหมุนที่ใช้ปรับรอบความเร็วหรือกลับทิศทางการหมุน ด้วยการบังคับจากผู้ขับซึ่งจะมีฟันเฟืองราวเลื่อนขับเคลื่อนข้อต่อเนื่องขนาดต่างๆกัน 2 ชุด เลื่อนตำแหน่งขับเพื่อทดรอบความเร็วอย่างประสาน และต่อเนื่องกัน

11. หม้อลมช่วยผ่อนแรงชนิดแยกส่วนแบบสูญญากาศ (split type brake booster) หมายถึง ถังโลหะทรงกลมคันด้วยแผ่นยางขนาดพื้นที่ 33.16 ตารางนิ้ว ที่จุดศูนย์กลางต่อเชื่อมด้วยเพลลาของลูกสูบแม่ปั๊มหม้อลมทำหน้าที่ เพิ่มแรงดันโดยวิธีการทำงานผสมกันระหว่างไฮดรอลิก และ นิวแมติกเป็นชนิดแยกส่วนออกไปจากแม่ปั๊มไฮดรอลิกเบรคทำให้เลือกพื้นที่ติดตั้งได้เหมาะสม

12. ไฮดรอลิก (hydraulic) หมายถึง การทำงานของของไหลที่เกี่ยวข้องกับปริมาตร และแรงดันที่ต่างกันตามลักษณะภาชนะที่บรรจุอยู่ เกิดค่าแรงดันที่เปลี่ยนไปตามสภาพและขนาด

13. ระบบนิวแมติก (phneumatic) หมายถึง การทำงานที่เกี่ยวข้องกับปริมาตรแรงดันของอากาศหรือแรงจากสูญญากาศที่อยู่ในสภาวะต่างกัน จากสภาวะแรงดันปกติและแรงดันที่อยู่ภายในระบบกลไกเกิดการเคลื่อนไหวไปตามความดันที่เกิดขึ้น

14. มาตรวัดแรงดัน (pressure gauge) หมายถึง แผงตารางกำหนดค่าวัดแรงดัน สร้างจากท่อโลหะโค้งเมื่อมีแรงดันภายในจะขยายตัวไปบังคับให้เข็มวัดทำงานเพื่อสอบวัดแรงดันของเหลว เช่น น้ำมันและน้ำ โดยมีตารางค่าการวัดแรงดันเป็นปอนด์ต่อตารางนิ้ว

15. การพัฒนา หมายถึง ดำเนินการแก้ไขปรับปรุงเสริมสร้างให้มีคุณภาพสมรรถภาพสมรรถนะ และปริมาณมากขึ้นโดยยึดถือคงไว้บนพื้นฐานหลักการเดิม

16. สมรรถนะของเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็กอีซูซุดีเซล ความจุปริมาตรเครื่องยนต์ 2500 ซี.ซี. รุ่น 4 เจเอ 1 หมายถึง ระบบวงจรช่วยผ่อนแรงที่เข้ามาเสริมการทำงานให้ระบบคลัทช์เดิมทำงานได้ดีขึ้นโดยไม่ทำความชำรุดเสียหาย ให้ความปลอดภัย โดยแบ่งกลุ่มสมรรถนะได้ 5 ด้านดังนี้

1. ลักษณะทางกายภาพทั่วไป หมายถึง การออกแบบมีรูปร่างสวยงาม การออกแบบแยกส่วนติดตั้งและประกอบได้ การติดตั้งอุปกรณ์มีความมั่นคง การออกแบบติดตั้งกระทัดรัด

2. ลักษณะการใช้งาน หมายถึง เพิ่มความสะดวกสบายในการขับขี่ ความคล่องตัวในการทดเกียร์ ระยะการทดเกียร์สั้นลง ความนุ่มนวลในการออกรถยนต์ น้ำหนักแรงทดเกียร์ที่เท่ากันทุกครั้ง

3. ลักษณะการบำรุงรักษา หมายถึง การบำรุงรักษาทำได้ง่าย การจัดหาอุปกรณ์ส่วนประกอบมีราคาถูก เครื่องมือซ่อมแซมทำได้สะดวก การซ่อมแซมไม่ทำให้เครื่องยนต์เสียหาย

4. ความเหมาะสมในการใช้งาน หมายถึง สามารถช่วยผ่อนแรงการกดแป้นคลัทช์ได้ สามารถปรับตั้งน้ำหนักแรงการกดแป้นคลัทช์ได้ สามารถติดตั้งในจุดต่างๆได้หลายตำแหน่ง

5. การกดแป้นคลัทช์โดยมาตรวัด หมายถึง แรงกดแป้นคลัทช์ต่ำกว่า 20 ปอนด์ ระยะกดแป้นคลัทช์น้อยลงขณะใช้เครื่องช่วยผ่อนแรง เครื่องช่วยผ่อนแรงไม่มีผลเสียหายต่อเครื่องยนต์ เปลี่ยนระดับอัตราทดรอบเกียร์ได้ดีขึ้น

สมมติฐานของการวิจัย

การพัฒนาเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์ โดยมีคณะผู้เชี่ยวชาญจำนวน 4 ท่านทำการประเมินสมรรถนะอยู่ในระดับดี

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

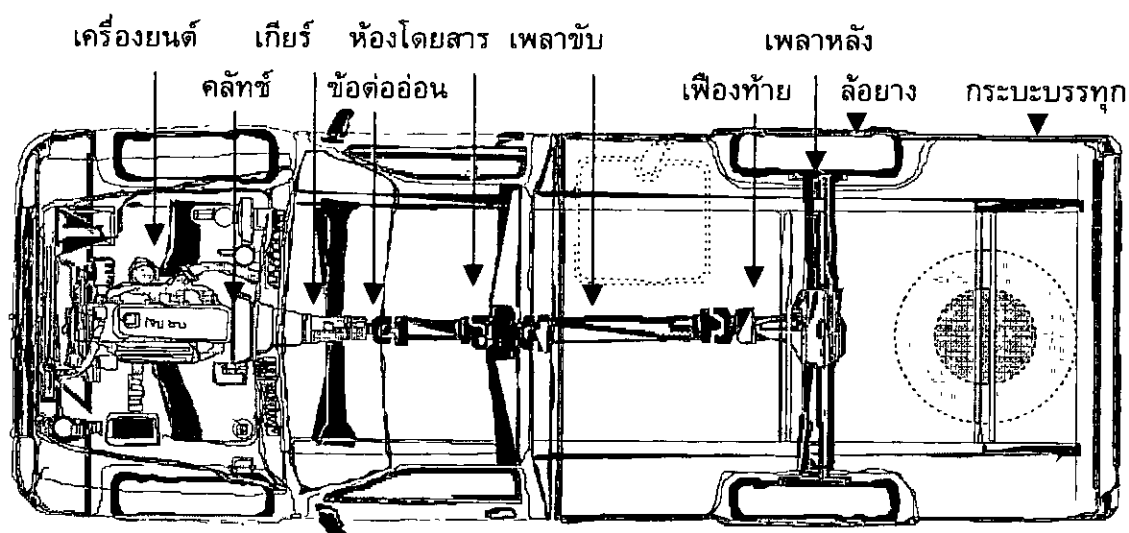
เพื่อให้การศึกษาวิจัยบรรลุผลตามจุดมุ่งหมาย จึงได้ทำการศึกษาเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับการทดลองในเรื่องที่เกี่ยวกับการพัฒนาเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็กโดยมีเอกสารซึ่งต้องศึกษาตามขั้นตอนดังนี้

1. ความหมายของรถยนต์
 - 1.1 องค์ประกอบของรถยนต์
 - 1.2 ประเภทของรถยนต์
 - 1.3 ระบบต่าง ๆ ในเครื่องยนต์
2. ระบบส่งกำลัง และการติดต่อกำลังขับเคลื่อน
 - 2.1 หน้าที่ของระบบส่งกำลัง
 - 2.2 ส่วนประกอบของระบบส่งกำลัง
3. หน้าที่ และหลักการทำงานของคลัทช์
 - 3.1 ส่วนประกอบคลัทช์
 - 3.2 ชนิดของคลัทช์
4. หลักการผ่อนแรงในการควบคุมคลัทช์รถยนต์
 - 4.1 กฎของโมเมนต์
 - 4.2 กฎของปาสคาล
 - 4.3 ระบบไฮดรอลิก
 - 4.4 ระบบนิวแมติก
 - 4.5 ระบบไฮดรอนิวแมติก
 - 4.6 หม้อลมช่วยผ่อนแรงแบบสุญญากาศ
5. หน้าที่ และหลักการทำงานของระบบปั๊มสุญญากาศ
 - 5.1 ปั๊มวัฏจักรเครื่องกล
 - 5.2 ปั๊มขับแบบเฟืองโรเตอร์
6. ท่อทางไฮดรอลิก และนิวแมติก
 - 6.1 ท่อทางน้ำมันไฮดรอลิก
 - 6.2 ท่อทางสุญญากาศ
 - 6.3 มาตรฐานวัดแรงดัน
7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ความหมายของรถยนต์

รถยนต์เป็นยานพาหนะที่เคลื่อนที่ได้บนพื้นอย่างอิสระโดยใช้ล้ออย่างน้อย 4 ล้อ มีห้องโดยสารและเคลื่อนที่ได้ด้วยระบบกลไกที่ติดตั้งไว้ภายในห้องโดยสาร ผู้ขับขี่สามารถควบคุมบังคับได้ตามต้องการ (วิชานยนต์กรรม หลวง. 2518 : 36,77)

1.1 องค์ประกอบของรถยนต์ โดยทั่วไปนอกจากโครงสร้างตัวถังรถยนต์ และล้อจากสภาพที่พบเห็นภายนอกแล้ว ส่วนภายในยังประกอบไปด้วยอุปกรณ์สำคัญที่ทำให้เกิดการเคลื่อนตัวได้ คือ เครื่องยนต์ คลัทช์ เกียร์ ข้อต่ออ่อน เพลาขับ เพืองท้าย และเพลาหลัง ดังภาพประกอบที่ 1



ภาพประกอบ 1 แสดงส่วนประกอบรถยนต์

(ตรีเพชรอีซูซุเซลส์. 2533 : 100)

1.2 ประเภทของรถยนต์ ได้ถูกแบ่งไว้หลายประเภทต่างกันทั้งตามลักษณะการใช้งาน ขนาดและรูปทรงที่ได้สร้างขึ้นจะแบ่งตามลักษณะการใช้งานจะแบ่งเป็น 2 ประเภทคือ รถยนต์นั่ง รถยนต์บรรทุก ซึ่งต่อมาได้มีวิวัฒนาการความต้องการใช้รถยนต์เอนกประสงค์เกิดขึ้น เพื่อใช้เป็นรถยนต์บรรทุกก็รถยนต์นั่งที่นิยมเรียกว่ารถบรรทุกขนาดเล็ก สามารถใช้งานได้กว้างขวางทั้งในด้านกิจกรรมภายในครอบครัว และบรรทุกขนส่งสัมภาระเพื่อใช้กับสภาพพื้นที่ราบเรียบหรือทุรกันดาร (นพดล เวชสวัสดิ์. 2535 : 15)

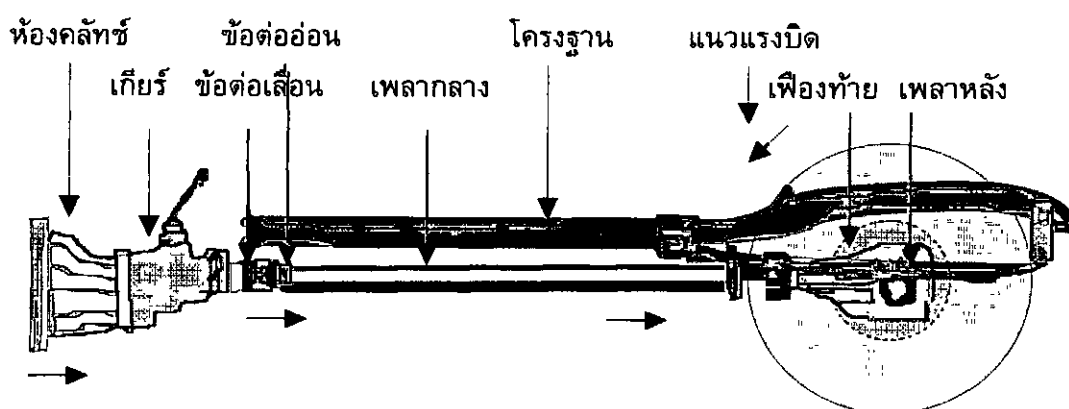
1.3 ระบบต่างๆในรถยนต์ เป็นองค์ประกอบกลไกที่รวมกัน ทำหน้าที่อย่างต่อเนื่องสัมพันธ์กัน การควบคุมบังคับเพื่อให้เกิดความปลอดภัย และอำนวยความสะดวกสบาย ทนทานต่อการใช้งานจึงต้องมีระบบต่างๆ 8 ระบบคือ ระบบน้ำมันเชื้อเพลิง ระบบการจุดระเบิด

ระบบหล่อเย็น ระบบหล่อลื่น ระบบไฟฟ้า ระบบติดเครื่องยนต์ ระบบช่วงล่าง และระบบส่งกำลัง (อร่าม เรืองฤทธิ์. 2531 : 15) โดยที่ระบบส่งกำลังมีส่วนในการทำหน้าที่ตัดถ่ายกำลังงานการขับเคลื่อนเพื่อออกเครื่องยนต์ หยุด หรือเปลี่ยนแปลงอัตราทดรอบความเร็วของรถยนต์

2. ระบบส่งกำลังและการตัดต่อกำลังขับเคลื่อน

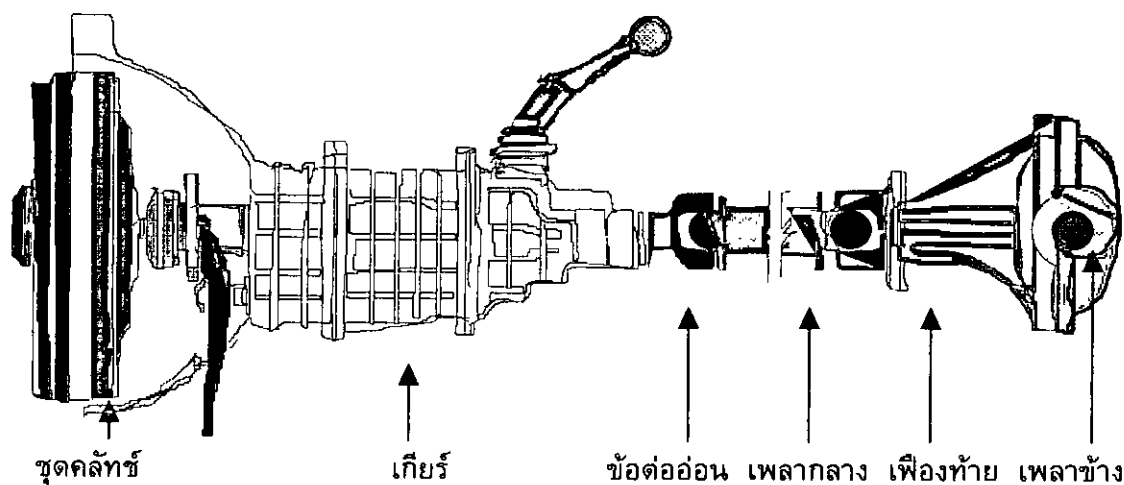
เมื่อระบบเครื่องยนต์ได้ให้กำลังการหมุนพร้อมแรงบิด เพื่อจุดมุ่งหมายในการนำไปขับเคลื่อนรถยนต์ให้เคลื่อนตัวการส่งกำลังไปขับเคลื่อนอย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้ต้องใช้การตัดถ่ายกำลังการหมุนที่ดีทั้งการทดรอบอัตราความเร็วที่จะทำให้เครื่องยนต์ทำงานได้เต็มกำลัง

2.1 หน้าที่ของระบบส่งกำลัง คือ วิธีการส่งกำลังงานจากเครื่องยนต์ไปขับล้อให้หมุน การส่งกำลังแบบง่าย ๆ อาจใช้เฟืองหรือโซ่แต่เพียงอย่างเดียวก็ได้ สำหรับรถยนต์ที่มีกำลังจุดลากความเร็วสูง เคลื่อนที่ไปข้างหน้าหรือถอยหลังก็ได้สามารถทำงานได้ทั้งถนนเรียบ และขรุขระ เพื่อที่จะสามารถใช้งานได้กว้างขวางตามที่ไดกล่าวมาแล้ว จำเป็นต้องมีระบบช่วยต่าง ๆ มาช่วยเพิ่มเติมให้มากขึ้นสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ได้แก่ คลัทช์ เกียร์ ข้อต่ออ่อน ข้อต่อเลื่อน เฟืองท้าย และเพลาลัง เป็นต้น ตามลำดับการส่งกำลังจากเครื่องยนต์ไปขับล้อให้หมุน คือเครื่องยนต์อยู่ข้างหน้า และส่งกำลังขับไปสู่ล้อหลัง รถยนต์ไม่จำเป็นต้องมีการขับแบบนี้เสมอไปอาจเอาเครื่องไว้ตอนหลัง และขับล้อหลังก็ได้ หรืออาจเอาเครื่องไว้ตอนหน้า และส่งกำลังขับที่ล้อหน้า หรืออาจสร้างเกียร์แบบพิเศษเพื่อขับทั้ง 4 ล้อก็ได้แต่ลำดับการส่งกำลังจะต้องเป็นไปตามที่แสดงในภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 2 แสดงลำดับการส่งกำลังจากเครื่องยนต์เพื่อขับล้อให้หมุน
(สถิติน หาญอุตสาหะ. 2521 : 166)

2.2 ส่วนประกอบของระบบส่งกำลัง เป็นกลไกซึ่งทำหน้าที่ถ่ายทอดกำลังการขับเคลื่อนไปหมุนล้อคือ ชุดคลัทช์ เกียร์ เฟลากลาง เฟืองท้ายและเฟลาข้างดังภาพประกอบ 3



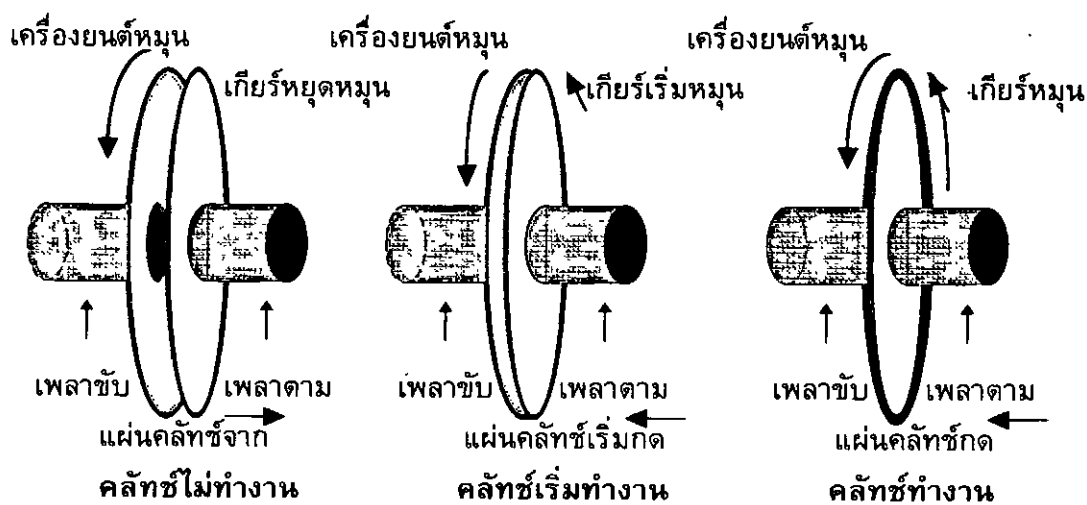
ภาพประกอบ 3 แสดงส่วนประกอบของระบบส่งกำลัง

(ตรีเพชรวิชูเซลล์. 2536 : 46)

3. หน้าที่ และหลักการทำงานของคลัทช์

หน้าที่ของชุดคลัทช์คือปลดกำลังจากเครื่องยนต์ไปยังล้อ เมื่อเปลี่ยนอัตราทดรอบเกียร์หรือขณะติดเครื่องยนต์ทำให้เปลี่ยน และเข้าเกียร์ได้อย่างคล่องตัว ช่วยให้เครื่องยนต์มีความเร็วกำลังสูงในการออกรถยนต์ครั้งแรก โดยทั่วไปคลัทช์ส่งกำลังจากส่วนขับเคลื่อนของคลัทช์ไปยังส่วนตามใช้ความเสียดทานช่วยส่งผ่านกำลัง

หลักการทำงานของคลัทช์ทำงานโดย ส่วนที่หมุนที่เป็นแผ่นขับหนึ่งส่วนหรือมากกว่าติดกับส่วนข้อเหวี่ยงสัมผัสกับส่วนตามแผ่นหนึ่งหรือมากกว่า ติดกับส่วนที่ถูกขับซึ่งอาจจะหยุดนิ่งหรือหมุนด้วยความเร็วที่ต่างกันไป กำลังกดควบคุมมาจากแรงกดของลูกปืนกดคลัทช์โดยผู้ขับขี่กดบังคับที่แป้นกดคลัทช์ เมื่อกำลังสปริงเพิ่มความเสียดทานจะเพิ่มขึ้นตาม เมื่อแรงกดน้อยเกิดความเสียดทานน้อยระหว่างทั้งสองส่วนทำให้เส้นที่มีผลต่อการส่งกำลังระหว่างเฟลาขับและเฟลาตามโดยการทำงานส่งกำลังขับเคลื่อนจากเครื่องยนต์ที่มีล้อช่วยแรงติดเฟลาข้อเหวี่ยง และหมุนไปด้วยกัน แผ่นคลัทช์มีเฟลาชุดเกียร์เสียบอยู่เลื่อนไปมาได้ขณะที่หมุนจะหมุนไปด้วยกัน โดยแผ่นกดประกบเป็นตัวกดแผ่นคลัทช์ให้ติดอยู่กับล้อช่วยแรงเมื่อลดแรงกด ขณะกดแป้นคลัทช์เฟลาข้อเหวี่ยงและเฟลาชุดเกียร์จะหมุนอย่างเป็นอิสระ ไม่ถ่ายกำลังเมื่อปล่อยคลัทช์จะหมุนไปกับแผ่นคลัทช์ที่เป็นจานโลหะมีรูกลางเป็นฟันเฟือง สำหรับเสียบเฟลาชุดเกียร์ทั้งสองด้านมีแผ่นเสียดทานหรือผ้าคลัทช์เมื่อแผ่นกดประกบแผ่นคลัทช์ติดกับล้อช่วยแรงบีบกดเข้าหากันแผ่นคลัทช์ จะถูกบังคับให้หมุนตามด้วยแรงกดจากสปริง เมื่อเครื่องยนต์มีแรงบิดสูงสุดสามารถเพิ่มความเร็วจนพอเพียงพอต่อการออกรถยนต์ ดังภาพประกอบ 4



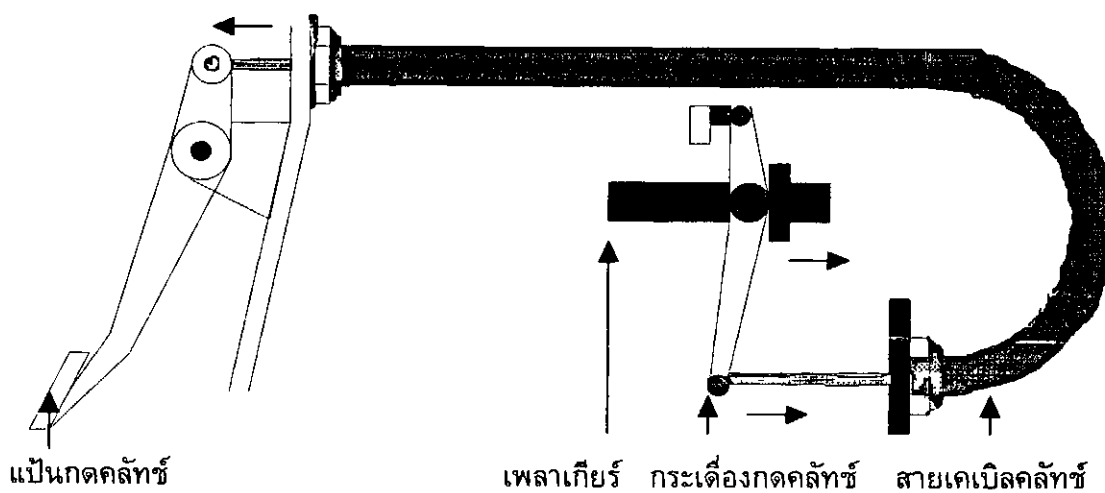
ภาพประกอบ 4 แสดงหลักการทำงานของคลัทช์

(สถิต หาญอุตสาหกรรม. 2521 : 153)

3.1 ส่วนประกอบคลัทช์ ประกอบด้วยชุดควบคุมการทำงาน และชุดคลัทช์เป็นตัวตัดถ่ายกำลัง โดยแรงจากการกดแป้นคลัทช์ผ่านคานกระเดื่องรับแรงดันที่มีกลไกในการปลดคลัทช์

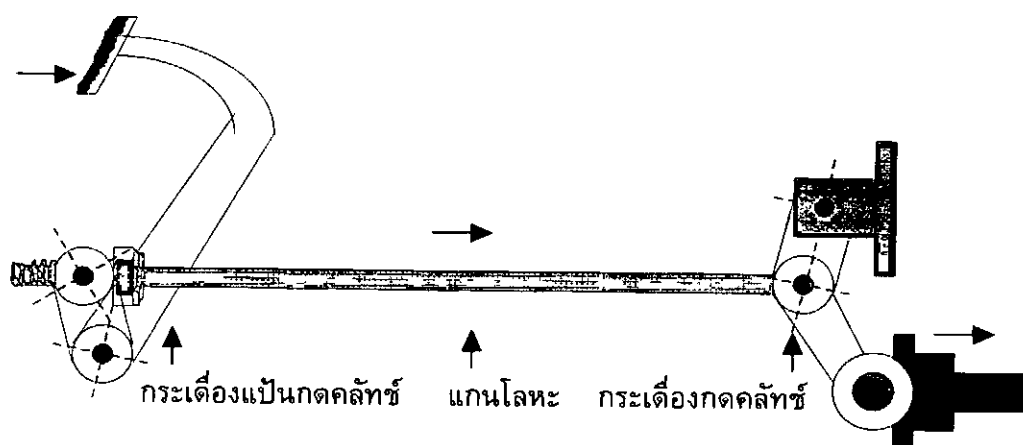
เป็นชุดควบคุมการทำงาน ที่ต้องรับกดแป้นคลัทช์ด้วยแรงจากการกดแป้นคลัทช์ต่างกัน 2 แบบ

3.1.1 แบบทางกล แบบทางกลแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ชนิดสายเคเบิลส่งแรงกดกระเดื่องคลัทช์ไปยังชุดคลัทช์ดังภาพประกอบ 5 และ ชนิดที่ใช้แกนเพลาโลหะเป็นตัวกลางส่งแรงเมื่อส่งแรงกระทำจะส่งถ่ายแรงผ่านแกนโลหะไปปลดคลัทช์เพื่อตัดกำลัง กลไกแบบนี้ไม่นิยมใช้ในปัจจุบันด้วยสาเหตุที่เกิดการติดขัดง่ายเมื่อเครื่องยนต์สร้างความสั่นสะเทือนเพราะว่าแกนโลหะไม่สามารถอ่อนตัวได้ดังภาพประกอบ 5 และภาพประกอบ 6



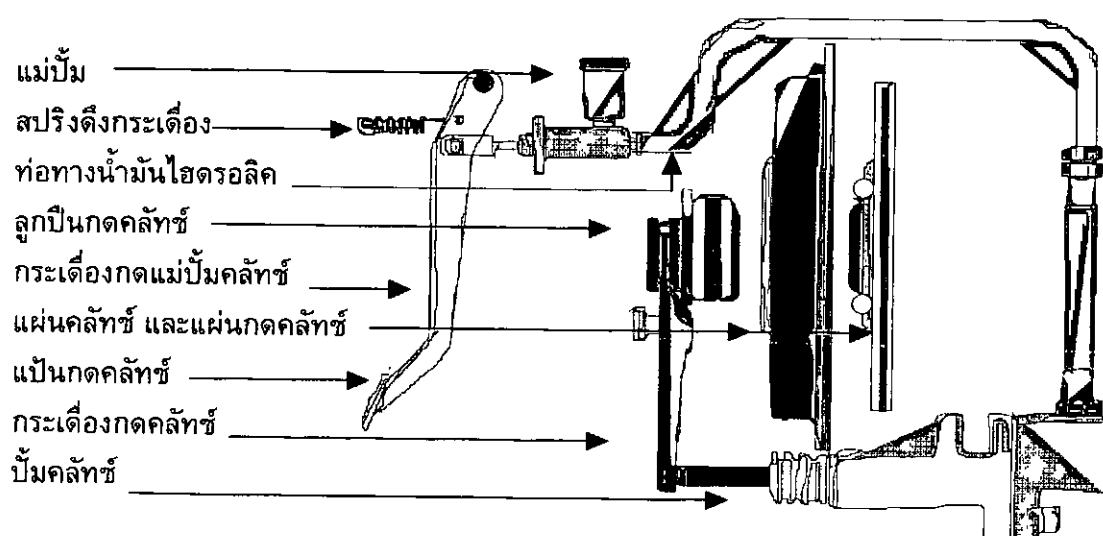
ภาพประกอบ 5 กลไกการปลดคลัทช์ชนิดที่ใช้สายเคเบิล

(ธีระยุทธ สุวรรณประทีป. 2538 : 202)



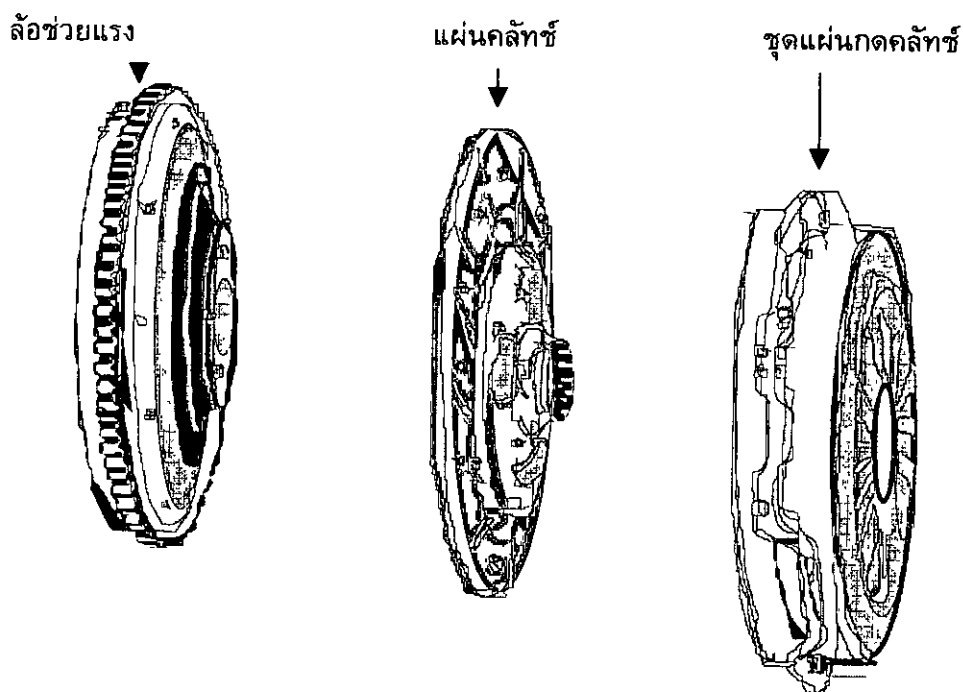
ภาพประกอบ 6 กลไกการปลดคลัทช์ชนิดที่ใช้แกนโลหะ
(ธีระยุทธ สุวรรณประทีป. 2538 : 201)

3.1.2 แบบไฮดรอลิก รถยนต์รุ่นใหม่เป็นจำนวนมาก ใช้กลไกตัดกำลังถ่ายแบบไฮดรอลิกสามารถจัดการเส้นของคลัทช์ในขณะที่ออกรถยนต์ที่มีผลจากแกนเพลลา ข้อต่อสายเคเบิล และความผิดของสายที่มีต่อเปลือกหุ้มสายการทำงานจะราบเรียบมากยิ่งขึ้น อัตราการทดแรงสูงขึ้นเป็นผลจากการกดแป้นคลัทช์ผ่านการทดแรงด้วยกระเดื่องกดแม่ปั๊ม ไปผลักดันลูกสูบในแม่ปั๊ม เป็นเครื่องสร้างแรงดันน้ำมันไฮดรอลิกส่งผ่านกำลังไปตามท่อทางแรงดัน จะดันให้ปั๊มคลัทช์ขยายออกไปดันก้านเพลลา โดยมีอัตราการทดแรงตามขนาดระหว่างแม่ปั๊มคลัทช์ไปผลักดันกระเดื่องกดคลัทช์ที่มีอัตราทดแรงกดทับบนลูกปืนกดคลัทช์ เพื่อควบคุมชุดการทำงานภายในชุดตัดต่อกำลังการขับเคลื่อนของเครื่องยนต์ จะพบว่าการทดกำลังด้วยแบบกลไกร่วมกับแบบไฮดรอลิกในหลายขั้นตอน เพื่อให้ลดกำลังลงเหลือน้อยที่สุดในการกดแป้นคลัทช์โดยมีลำดับการทำงานดังภาพประกอบ 7



ภาพประกอบ 7 แสดงส่วนประกอบคลัทช์แบบไฮดรอลิก
(สถิร หาญอุตสาหกรรม. 2535 : 153)

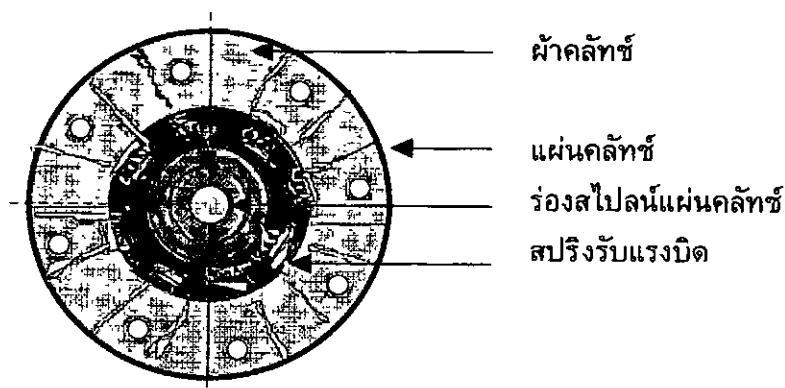
3.2 ส่วนประกอบของชุดคลัทช์ เป็นชุดอุปกรณ์ในการทำงานส่งกำลังการตัดต่อจากเครื่องยนต์ให้ระบบเกียร์ โดยแยกออกจากชุดควบคุมการทำงานประกอบด้วยอุปกรณ์ที่มีหน้าที่และความสำคัญ ดังภาพประกอบ 8



ภาพประกอบ 8 แสดงส่วนประกอบของชุดคลัทช์
(ตรีเพชรอิซูซุเซลล์. 2536 : 14)

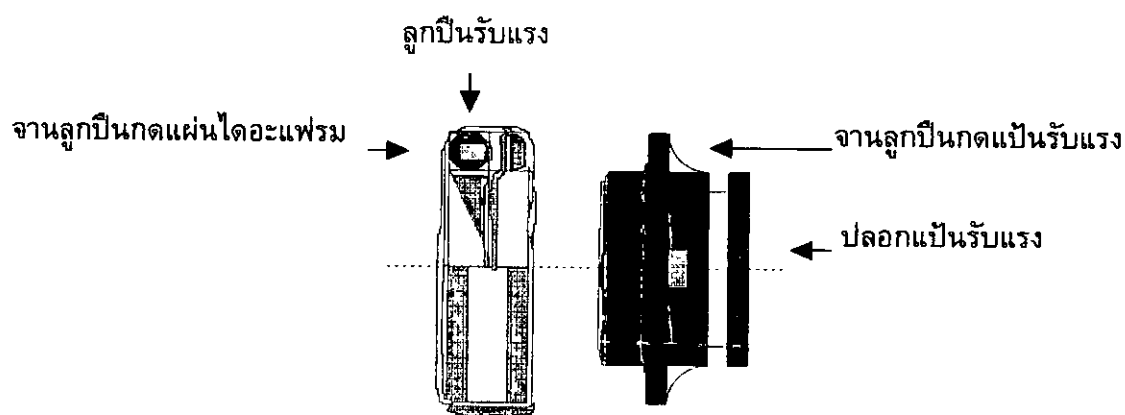
3.2.1 ผ้าคลัทช์ เป็นส่วนที่ถูกขับของคลัทช์ติดกับแผ่นผ้าคลัทช์ที่มีความเสียดทานเพื่อทำให้เกิดแรงพืดต่อการขับเคลื่อนที่เบามากกว่าเป็นสาเหตุให้เกิดความร้อน หน้าคลัทช์เป็นตัวนำความร้อนผสมด้วยสารหล่อหรือท่อประกอบด้วย ไยหินผสมลวดทองเหลืองอยู่ภายในใยหินเพื่อเพิ่มความแข็งแรงสารเหล่านี้คล้ายผ้าเบรคมีความเสียดทาน และทนความร้อนได้ดีหน้าคลัทช์ยึดติดกับแผ่นคลัทช์โดยใช้หมุดย้ำ

3.2.2 แผ่นคลัทช์ คลัทช์แบบแผ่นหรือแบบจานประกอบด้วยคลัทช์ 3 แผ่นๆ หนึ่งถูกยึดอยู่ตรงกลางระหว่าง 2 แผ่นเป็นแบบที่ใช้มากในรถขนาดเล็กส่วนที่เป็นตัวขับประกอบด้วยล้อช่วยแรงและแผ่นขับส่วนถูกขับประกอบด้วยแผ่นเดียวหรือชุดสวมเพลาคลัทช์ ด้านหน้าทั้งสองเป็นแผ่นความเสียดทาน เมื่อแผ่นคลัทช์ประกบกันแผ่นที่ถูกขับจะถูกกดชิดระหว่างล้อช่วยแรง และแผ่นขับโดยแรงกดของสปริงคลัทช์ทำให้เกิดการต่อกำลังโดยไม่มีการลื่นไถลระหว่างส่วนขับและส่วนตาม ในตำแหน่งนี้แผ่นที่ถูกขับจะหมุนเพลากีเอร์ที่สวมอยู่บนเพลากีเอร์จะต่อไปยังล้อผ่านระบบส่งกำลังเพลากลางส่วนขับชุดเฟืองท้าย เพลาลับเคลื่อนและล้อเมื่อขับชี้ทำให้คลัทช์แยกออกโดยการกดบังคับแป้นกดคลัทช์คันหมุนจะเคลื่อนหมุน แรงกดจะถูกส่งผ่านตัวปล่อยมีลูกปืนคลัทช์เป็นส่วนอยู่กับที่ และปลดออกหมุนอยู่กับส่วนประกอบของดังภาพประกอบ 9



ภาพประกอบ 9 แสดงส่วนประกอบผ้าคลัทช์และแผ่นคลัทช์
(ตรีเพชรอีซูซุเซลส์. 2536 : 14)

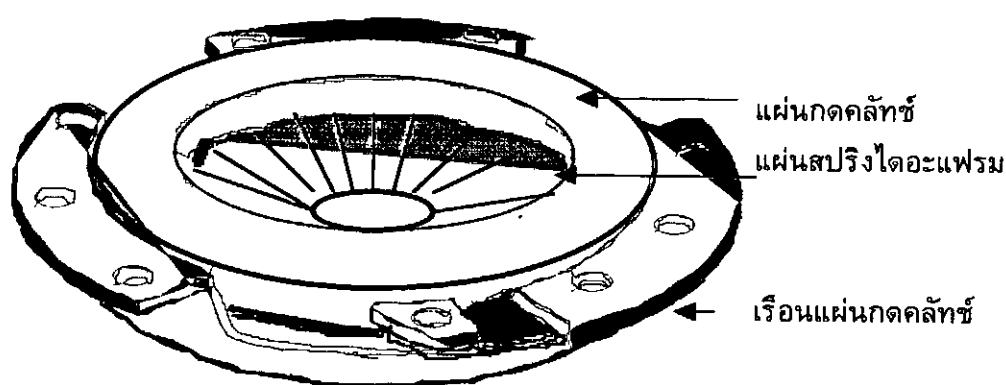
3.3.3 ลูกปืนคลัทช์ เป็นส่วนสำคัญของคลัทช์รถยนต์ มีหน้าที่ส่งแรงกดสปริงคลัทช์จากแผ่นขับหรือจากแผ่นขับไปยังเรื่อคลัทช์ และเป็นกดคลัทช์ขณะที่คลัทช์แยกออกส่วนมากใช้ลูกปืนแบบกลมหรือใช้แหวนคาร์บอน บางครั้งลูกปืนคลัทช์สวมอยู่ในเรื่อคลัทช์ทำให้เคลื่อนที่ด้วยคานหมุน เพื่อแยกคลัทช์ส่วนขับออกจากส่วนตามเมื่อกดแป้นบังคับคลัทช์แยกออกแผ่นถูกขับ และเพลาคลัทช์จะหยุดหมุนขณะส่วนขับยังหมุนเมื่อผู้ขับที่ยังกดบังคับแป้นกดคลัทช์ เครื่องยนต์จะทำงานโดยไม่ส่งกำลังไปยังส่วนส่งกำลังดังภาพประกอบ 10



ภาพประกอบ 10 แสดงส่วนประกอบลูกปืนคลัทช์
(ตรีเพชรอีซูซุเซลส์. 2536 : 18)

3.3.4 เรือนคลัทช์ เป็นส่วนไม่เคลื่อนตัว ด้านหน้ายึดติดกับเครื่องยนต์อีกด้านติดกับระบบเกียร์โดยมีคานกระเดื่องเคลื่อนอยู่ที่บนจุดหมุนอยู่ติดกับตัวเรือน โดยอาศัยฐานยึดซึ่งไม่หมุนส่วนอื่นๆ ของคลัทช์จะหมุนไปกับล้อช่วยแรงเมื่อคลัทช์ติดกันและเมื่อคลัทช์แยกส่วนต่างๆ เหล่านี้หมุนไปกับล้อช่วยแรงนอกจากแผ่นขับหน้าแผ่นแรงเสียดทานและเพลาคลัทช์

3.3.5 แผ่นกดคลัทช์ ทำหน้าที่เป็นส่วนขับผ่านแรงความผิดให้หน้าคลัทช์โดยหมุนพร้อมกับฝาครอบคลัทช์กดอัดด้วยแรงดันสปริงแรงกด 1103 ปอนด์ ให้กดลงบนล้อช่วยแรงที่แผ่นคลัทช์คั่นอยู่ กดให้การหมุนมีความเร็วส่วนขับเท่ากับส่วนตามหรือผ่อนแรงกดดันสปริงเพื่อให้ส่วนตามหมุนตัวช้าเพื่อควบคุมการหมุนของแผ่นคลัทช์และเพลากีเยอร์จึงภาพประกอบ 11



ภาพประกอบ 11 แสดงส่วนประกอบชุดแผ่นกดคลัทช์
(ตรีเพชรอีซูซุเซลส์. 2536 : 15)

3.3.6 ล้อช่วยแรงของคลัทช์แบบแผ่น และแบบอื่นๆ ล้อช่วยแรงเป็นตัวช่วยอย่างหนึ่ง การสร้างแบบนี้มีข้อดี 3 ข้อ คือ

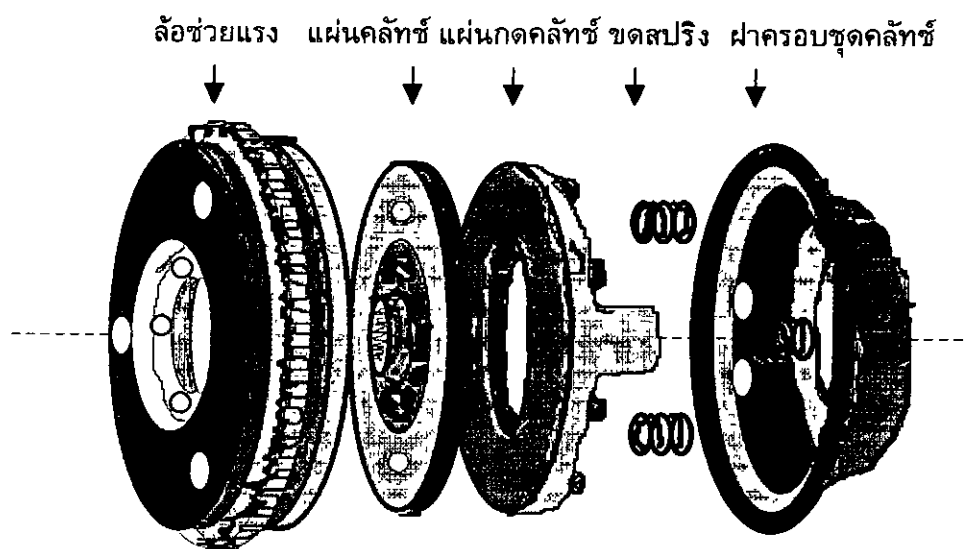
1. ลดจำนวนชิ้นส่วนที่ไม่ต้องการ ทำให้การสร้างง่าย
2. ล้อช่วยแรงทำด้วยเหล็กหล่อซึ่งมีแกรไฟต์ผสมอยู่ จะเป็นตัวหล่อลื่นซึ่งจะช่วยให้ผิวหน้าของล้อช่วยแรงที่เกิดความเสียดทานสัมผัสกันอย่างแผ่วเบา โดยไม่เกิดเสียงดังเพราะเหตุนี้แผ่นขับจึงมักทำด้วยเหล็กหล่อ

3. ความเสียดทานทำให้เกิดความร้อนกระจายไปตามชิ้นส่วนใหญ่ ๆ มากกว่าชิ้นส่วนเล็กๆ และบางเบาในการทำงานปกติแผ่นคลัทช์จะไม่เกิดความร้อนเกินไป คลัทช์สปริงไดอะแฟรมของรถยนต์บรรทุกขนาดเล็กอีซูซุดีเซลความจุปริมาตรเครื่องยนต์ 2500 ซี.ซี.รุ่น 4 เจเอ 1 มีแรงกดแผ่นคลัทช์ 1103 ปอนด์ เป็นแผ่นเหล็กสปริงคล้ายจานมีความยืดหดตัวสูง เมื่อคลัทช์กดสปริงเกือบจะแบนและรอบภายนอกทั้งหมดจะส่งแรงกดไปยังแผ่นขับ เป็นคลัทช์ที่นิยมนำมาใช้มาก ถูกอัดเรียงกันเป็นจานวงกลมจะส่งแรงไปยังหลายจุดรอบๆ แผ่นกด เมื่อคลัทช์ถูกทำให้แยกออกยังมีสปริงแผ่นกดอยู่ตรงกลาง การทำให้คลัทช์ติดต่อกำลังได้อย่างสมดุลย์มากที่สุดมีวิธีการ

(ตรีเพชร อีซูซุ เซลส์. 2536 : 2) เมื่อแรงสปริงกดเพิ่มขึ้นทำให้แผ่นแบนอีกแบบหนึ่งช่องจะปิด เล็กน้อยจะทำให้หน้าสัมผัสกับแผ่นทั้งหมดทุกส่วน ขณะที่แผ่นแบนราบอีกแบบหนึ่งช่องจะสลับไปทางด้านหน้าและด้านหลัง เมื่อมีการออกแบบเหล่านี้แผ่นต้องทำด้วยเหล็กสปริงเพื่อที่จะได้คืนรูป เมื่อไม่ได้รับแรงกดส่วนที่ถูกขับในคลัทช์แบบแผ่นหลายชนิดจะมีศูนย์กลางที่ไม่ตายตัว เพื่อลดแรงกระทำของลูกสูบทำให้เพลาช้อเหียงของเครื่องยนต์ ล้อช่วยแรงหมุนด้วยความเร็วเปลี่ยนไปทำให้เกิดการเหียง และบิด ซึ่งแรงที่เกิดขึ้นจะถูกส่งไปยังส่วนที่ส่งกำลังถ้าไม่ถูกกำจัดเสียก่อน วิธีจัดวิธีหนึ่ง คือทำให้แผ่นที่ถูกขับมีจุดศูนย์กลางที่ไม่คงที่ รับแรงสั่นโดยให้มีการหมุนระหว่างแผ่นถูกขับจุดศูนย์กลางของแผ่นที่ถูกขับใหญ่ๆ ด้านหน้าสัมผัสรวมทั้งแผ่นด้านบนถูกดอกย้ำหมุนเป็นอิสระรอบๆ แกนแผ่นขนาดเล็กรวมกับขนาดกลางยึดเป็นชิ้นเดียวกับแกนหมุนมีแหวนถ่วง เชื่อมแผ่นบนและแผ่นล่างมีช่องว่างตอนแผ่นกลางสปริงกดวางในช่องผ่านทั้ง 3 แผ่นมีแหวนเหล็กกันทั้ง 2 แผ่น ถูกขับหมุนตามแกนเล็กน้อยจนสปริงถูกกดจนสุดจะหยุดโดยที่แผ่นจะหมุนกลับเล็กน้อยเมื่อสปริงสั่นตัวการหมุนไป และกลับเล็กน้อยเกิดแรงดันสปริงที่อยู่ระหว่างแกนแผ่นทำให้เพลาคลัทช์หมุนด้วยอัตราสม่ำเสมอมากกว่า

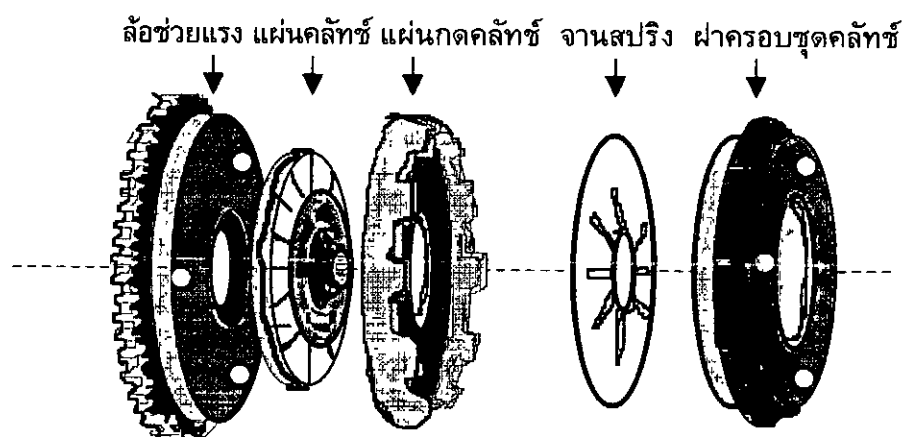
3.3 ชนิดของชุดแผ่นกดคลัทช์ มีใช้กันอยู่มี 2 ชนิดคือ ชนิดขดสปริง ชนิดจานสปริง ทั้งหมดนี้ต่างกันตรงวิธีทำให้เกิดแรงกดแผ่นคลัทช์คลัทช์จะมี 3 ส่วนแยกจากกันคือ ล้อช่วยผ่อนแรง แผ่นคลัทช์และแผ่นกดประกบ

3.3.1 ชุดแผ่นกดคลัทช์ชนิดขดสปริง ชุดแผ่นกดคลัทช์ชุดนี้ทำให้เกิดแรงกดบนแผ่นประกบโดยใช้ขดสปริงหลายตัวใส่ไว้ระหว่างแผ่นกดประกบ และฝาครอบขันติดกับล้อช่วยแรง ขดสปริงจะยันฝาครอบ กดแผ่นกดประกบเข้าหาล้อช่วยแรงประกบแผ่นคลัทช์ไว้ระหว่างกลางทั้งแผ่นกดประกบ และแผ่นคลัทช์ไม่ได้ติดตายอยู่กับล้อช่วยแรงแต่เคลื่อนเข้าหรือออกได้แผ่นกดประกบติดอยู่กับฝาครอบซึ่งขันติดไว้กับล้อช่วยแรงทั้ง 3 ส่วนนี้หมุนไปด้วยกันตลอดเวลาในขณะที่กดเป็นคลัทช์จะมีกลไกจากคันเหยียบไปยังคันกระเดื่อง ให้กดลงไปบนแหวนรับแรงกดลงไปบนคันจัดแผ่นกดประกบจัดแผ่นกดประกบให้แยกออกมาจากล้อช่วยแรง แผ่นคลัทช์ไม่ถูกกดไม่สามารถถ่ายทอดแรงจากล้อช่วยแรงไปยังห้องเกียร์ได้ เมื่อปล่อยคลัทช์ขดสปริงจะกดแผ่นกดประกบให้เข้ากดแผ่นคลัทช์ติดกับล้อช่วยแรง เกิดเสียดทานขึ้นทำให้คลัทช์หมุนตามล้อช่วยแรง และแผ่นกดประกบ จะหมุนพาเอาแกนเพลากีเยอร์ซึ่งสอดขัดไว้ในรูกลางแผ่นคลัทช์หมุนไปด้วยการส่งผ่านแรงจากล้อช่วยแรงไปยังห้องเกียร์ได้ ดังภาพประกอบ 12



ภาพประกอบ 12 แสดงส่วนประกอบของชุดแผ่นกดคลัทช์แบบขดสปริง
(สทิธิ หาญอุตสาหะ. 2535 : 155)

3.3.2 ชุดแผ่นกดคลัทช์ชนิดจานสปริง ชุดแผ่นกดคลัทช์ชนิดนี้มีหลักการทำงานเหมือนกับขดลวดสปริงแต่เปลี่ยนแรงกดจากแบบขดลวดสปริงเป็นแบบจานสปริง ไม่มีคานจัดแทนชิ้นส่วนประกอบต่างกันเล็กน้อย ชุดแผ่นกดคลัทช์ชนิดนี้ดีกว่าชุดแผ่นกดคลัทช์ชนิดขดลวดสปริงตรงที่การกดแป้นคลัทช์ใช้แรงน้อยกว่าชุดแผ่นกดคลัทช์แบบขดสปริง แรงกดจากการที่จานสปริงพยายามคงรูปเป็นกรวยเกิดแรงตรงขอบจานด้านนอก ซึ่งต่อไว้กับแผ่นประกบเมื่อกดแป้นคลัทช์กลไกจะกดบนจานสปริง ทำให้จานสปริงอตัวดันแผ่นประกบแยกตัวจากล้อช่วยแรงส่งผ่านแรงจากล้อช่วยแรงไปยังเกียร์ถูกตัดออก นิยมนำมาใช้กับรถยนต์นั่งและรถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก คุณสมบัติที่แตกต่างคือให้การเคลื่อนที่ในครั้งแรกราบเรียบไม่เกิดอาการสะท้าน เพราะการใช้แผ่นไดอะแฟรมสามารถกำหนดแรงกดได้ศูนย์กลาง ทำให้การเสียดทานของแผ่นผ้าคลัทช์สัมผัสได้เต็มพื้นที่ ดังภาพประกอบ 13



ภาพประกอบ 13 แสดงส่วนประกอบของชุดแผ่นกดคลัทช์ชนิดจานสปริง
(ตรีเพชรอิฐชูเชลส์. 2536 : 8)

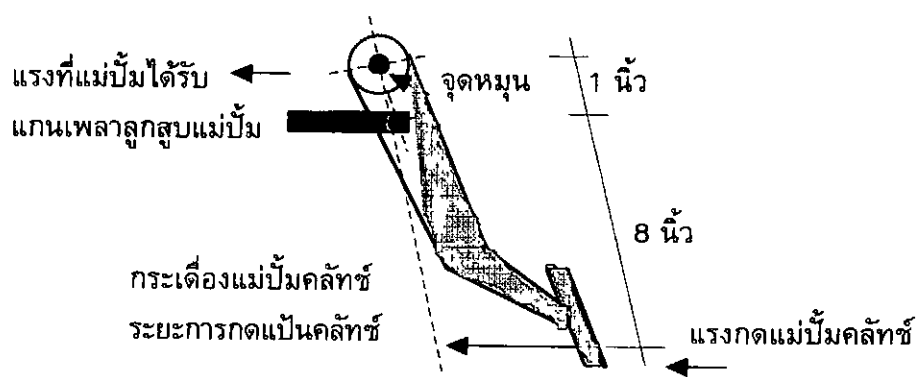
4. หลักการผ่อนแรงในการควบคุมคลัทช์รถยนต์

4.1 กฎของโมเมนต์ เป็นการทดกำลังโดยวิธีใช้คานกระเดื่องที่วางอยู่บนจุดหมุนปลายทั้งสองด้านห่างจากจุดหมุนเป็นอัตราส่วนผกผันต่อแรงที่กระทำ จากหลักการของโมเมนต์ทวนและโมเมนต์ตาม แรงกดที่ปลายกระเดื่องด้านโมเมนต์ตามห่างจากจุดศูนย์กลางเป็นระยะทางมากกว่าโมเมนต์ทวนจะทำให้ใช้แรงกดลดน้อยลง ในขณะที่ระยะทางในการกดจะเพิ่มขึ้นด้วย ถ้าเพิ่มความยาวด้านโมเมนต์ทวนก็จะใช้แรงกดน้อยลงตามอัตราส่วนทดแรง การทดกำลังด้วยวิธีการนี้นำมาใช้สร้างกระเดื่องกดคลัทช์ปรกติจะมีอัตราทด 7 : 1 หรือ 8 : 1 คือ ที่มาของแรงกดที่แม่ปั้ม 8 เท่า ถ้าออกแรงกด 20 ปอนด์ แรงที่กระทำได้จะเป็น 160 ปอนด์ การเคลื่อนที่ของแป้นกดคลัทช์จะเพิ่มขึ้นเป็น 8 เท่าคือ ถ้าแป้นกดคลัทช์เลื่อน 2 นิ้ว ก้านกระทุ้งแม่ปั้มจะเลื่อน $1/4$ นิ้ว คานกระเดื่องที่ใช้ในการวิจัยพบว่ามีอัตราทด 6 : 1

ดังนั้นการออกแบบจึงต้องคำนึงถึงความสะดวก ปลอดภัยและข้อจำกัดดังนี้

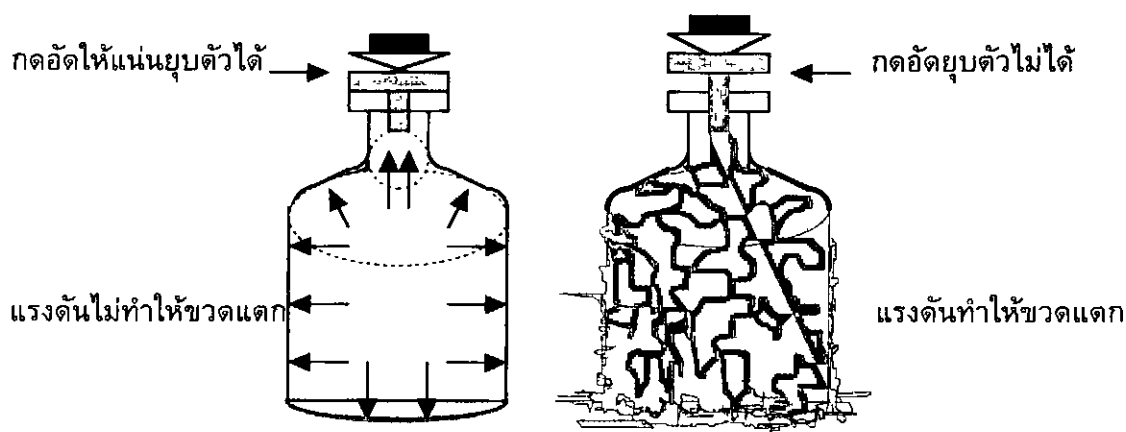
- 4.1.1 แรงที่ใช้กดบนแป้นกดคลัทช์
- 4.1.2 ระยะที่แป้นกดคลัทช์เคลื่อนที่
- 4.1.3 ระยะที่ก้านกระทุ้งเคลื่อนที่
- 4.1.4 ระยะที่ลูกสูบแม่ปั้มเคลื่อนที่
- 4.1.5 ปริมาตรของน้ำมันไฮดรอลิกที่ถูกอัด
- 4.1.6 ลูกสูบปั้มคลัทช์ที่เคลื่อนที่ออกไปใช้ปริมาตรน้ำมัน
- 4.1.7 ระยะห่างในการตัดกำลังของคลัทช์
- 4.1.8 อัตราทดในการทำงานของกระเดื่องกดคลัทช์
- 4.1.9 ระยะฟรีของแป้นกดคลัทช์

ระยะความสูงแป้นกดคลัทช์จากพื้น ระยะฟรี ระยะยุบตัวและแรงในการกดแป้นคลัทช์เป็นส่วนสำคัญที่บ่งบอกถึงประสิทธิภาพของคลัทช์ดังภาพประกอบ 14



ภาพประกอบ 14 แสดงส่วนประกอบแป้นกดคลัทช์ และ การทำงาน
(จำนง ถนนม. 2532 : 191)

4.2 กฎของปาสคาล ปี ค.ศ.1650 นักวิทยาศาสตร์ชาวฝรั่งเศสชื่อ โปเรซ ปาสคาล ซึ่งนำชื่อของเขามาเป็นหน่วยวัดกำลังดัน “ปาสคาล” ได้ทำการทดลองและพบว่า อากาศสามารถถูกอัดตัวให้มีปริมาตรเล็กลงได้ แต่ของเหลวไม่สามารถถูกอัดตัวให้ปริมาตรเปลี่ยนแปลงได้ แสดงผลการทดลองง่าย ๆ ที่ทำให้เห็นความจริงในข้อนี้ดังภาพประกอบ 15



อากาศในขวดสามารถอัดให้แน่นยุบตัวได้ (ซ้าย) ของเหลวในขวดไม่สามารถอัดให้ยุบตัว(ขวา)

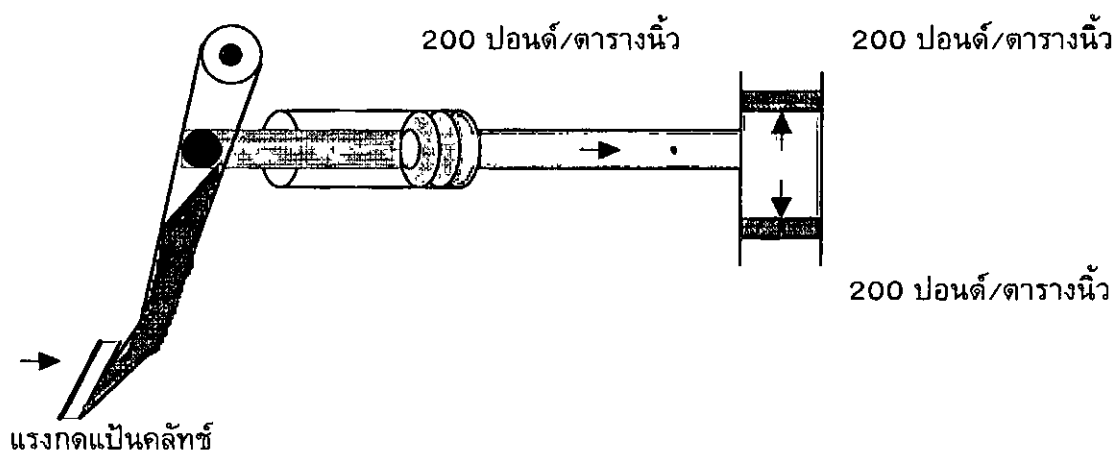
ภาพประกอบ 15 แสดงการเปรียบเทียบการอัดตัวของอากาศ และของเหลว
(มนตรี โชติวรวิทย์ และคณะ. 2521 : 23)

คุณสมบัติเกี่ยวกับการอัดตัวของอากาศ และ ของเหลวขวดใบที่หนึ่งเป็นขวดเปล่าซึ่งหมายความว่าภายในขวดมีอากาศอยู่เต็มปิดจุกไม้ก๊อกปากขวดให้แน่น ป้องกันอากาศนอกขวด แล้วกดจุกไม้ก๊อกลงไปในขวด อากาศซึ่งมีปริมาณเท่าเดิมจะสามารถอยู่ในขวดได้ทั้งๆ ที่ขณะนี้ ปริมาตรขวดอากาศจะเหลือน้อยลง ถ้ากดจุกไม้ก๊อกลงมาโมเลกุลของอากาศจะอัดตัวแน่นในขวด เป็นการพิสูจน์ว่าอากาศสามารถถูกอัดให้ปริมาตรเล็กลงดังภาพประกอบ 15 (ขวา) อาจกล่าวได้ว่า อากาศที่ถูกอัดตัวอยู่ในขวดมีอาการเหมือนสปริงที่ถูกกด หรือให้ความรู้สึกนุ่ม ๆ เหมือนฟองน้ำ สำหรับผู้ที่เคยนอนที่นอนอัดด้วยอากาศอยู่ภายใน ย่อมทราบดีถึงความรู้สึกนั้นในระบบเบรคที่มี อากาศอยู่ภายในเมื่อกดแป้นเบรคเราจะรู้สึกนุ่มหรือหยุ่นที่ดันกดแป้นเบรค และเบรครถไม่ค่อยอยู่ โดยคันกดแป้นเบรคจะต้องเหยียบจนจมลงมากกว่าปกติ ดังนั้นสิ่งที่สำคัญที่สุดก็คือต้องไม่ให้มี อากาศแม้แต่้อยอยู่ในระบบเบรคเป็นอันขาด เราสามารถทำให้อากาศออกจากระบบไฮดรอลิคของเบรคได้โดยการไล่ลม

ส่วนของเหลวนั้นไม่สามารถอัดให้ปริมาตรเล็กลงได้ โดยการทดลองกับขวดซึ่งบรรจุ ของเหลวเต็มปิดจุกไม้ก๊อก แล้วพยายามกดจุกไม้ก๊อกลงในขวดดังภาพประกอบ 15 (ซ้าย) เมื่อกดจุกไม้ก๊อกลงไปในน้ำจะซึมขึ้นจากจุก มีปริมาณเท่ากับส่วนที่ถูกแทนที่โดยจุกไม้ก๊อกนั้น จากการทดลองของนายปาสคาลได้ข้อสรุปที่สำคัญ 2 ข้อ

4.2.1 อากาศสามารถอัดให้มีปริมาตรเล็กลงได้เมื่อรับกำลังดันอยู่ในปริมาตรที่จำกัด

4.2.2 ของเหลวไม่สามารถถูกอัดให้มีปริมาตรเล็กลงได้ เมื่อได้รับกำลังดันอยู่ในปริมาตรที่จำกัด คุณสมบัติในการอัดตัวได้ของอากาศและการลดประสิทธิภาพการทำงานของไฮดรอลิก เมื่อมีอากาศอยู่ในระบบการทำงานของระบบเบรกไฮดรอลิกมีพื้นฐานบนหลักการว่าของเหลวไม่สามารถอัดให้มีปริมาตรเล็กลงได้ กฎของปาสคาลกล่าวว่ากำลังดันที่ตำแหน่งใดๆ อยู่ในภาชนะซึ่งของเหลวบรรจุจะมีค่าเท่ากันทุกทิศทาง และแรงที่ของเหลวกระทำกับพื้นที่มีขนาดเท่ากันย่อมมีค่าของแรงเท่ากัน ซึ่งก็หมายความว่ากำลังดันของไฮดรอลิกจะมีค่าเท่ากันไม่ว่าจะอยู่ที่ใดภายในระบบการใช้กฎแรงดันของปาสคาลกับระบบเบรกไฮดรอลิก ตามภาพประกอบ 16 ลูกสูบแม่ปั๊มเบรกกับลูกสูบกระบอกเบรก มีขนาดเท่ากันถ้ากดแม่ปั๊มเบรกด้วยแรง 10 ปอนด์ จะเกิดกำลังดัน 10 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ขึ้นในระบบกำลังดันนี้จะถ่ายแรงไปกระทำกับกระบอกสูบของกระบอกเบรกแต่ละล้อทำให้มีแรงเบรกเท่ากับ 10 ปอนด์ และ เมื่อกดแม่ปั๊มเบรกด้วยแรง 50 หรือ 200 ปอนด์ แรงดันของไฮดรอลิกในระบบมีค่าเป็น 50 และ 200 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ทำให้แรงเบรกที่ล้อมีค่าเท่ากับ 50 และ 200 ปอนด์ ตามลำดับเช่นกัน (จำนง ถนน. 2532 : 178) ขนาดของลูกสูบที่ใช้ในการวิจัยพบว่ามีอัตราทด 1.96 : 1 ดังภาพประกอบ 16



ภาพประกอบ 16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่ใช้ในการกดแป้นเบรก และแรงเบรก
(จำนง ถนน. 2532 : 178)

4.3 ระบบไฮดรอลิก คือ ระบบการควบคุมของเหลวให้เป็นตัวส่งถ่ายกำลังผ่านท่อทางไปทำให้เกิดแรงและการเคลื่อนที่ (มนตรี โชติวรวิทย์ และคณะ. 2533 : 11) การแบ่งประเภทของการส่งถ่ายพลังงาน ระบบการส่งถ่ายพลังงานโดยใช้ของเหลวแบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

4.3.1 การส่งถ่ายพลังงานด้วยของเหลวชนิดที่ยึดตัวไม่ได้ ได้แก่พวกของเหลว เช่น น้ำ และ น้ำมัน เครื่องจักรที่ใช้น้ำมันเป็นตัวส่งถ่ายพลังงานเรียกระบบของเครื่องจักรนั้นว่าเครื่องจักรระบบไฮดรอลิก ความเจริญก้าวหน้าในการพัฒนานำเอาระบบไฮดรอลิกมาใช้งานได้แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

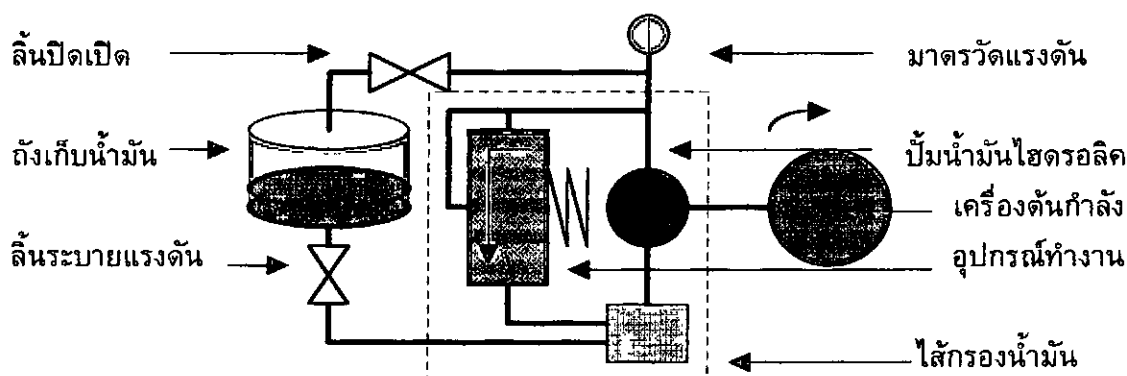
4.3.2 ไฮดรอลิกพลังน้ำ เป็นวิชาที่ได้กำเนิดมาหลายศตวรรษแล้ว เป็นเรื่องราวที่เกี่ยวกับการใช้พลังน้ำ การส่งน้ำ การควบคุมแหล่งน้ำธรรมชาติได้แก่การผลิตกระแสไฟฟ้าโดยใช้พลังน้ำจากเขื่อนเก็บน้ำการชลประทานเช่น การขุดคลองส่งน้ำไปตามไรนา

4.3.3 ไฮดรอลิกพลังน้ำมัน เป็นวิชาการที่ถูกนำมาใช้เป็นเรื่องราวเกี่ยวกับแรงที่ได้จากการนำเอาน้ำมันเป็นตัวส่งถ่ายกำลังงานตัวอย่างได้แก่ระบบเบรกในรถยนต์ แม่แรงไฮดรอลิก เครื่องกดอัด รถขุดตักดิน เป็นต้นระบบไฮดรอลิกน้ำมันแบ่งตามลักษณะการใช้งานได้ 2 ประเภท

4.3.3.1 ไฮดรอลิกน้ำมันสำหรับงานอุตสาหกรรม ตัวอย่างงานได้แก่ ระบบไฮดรอลิกในเครื่องไส เครื่องกลึง เครื่องกดอัดปั๊มขึ้นรูปชิ้นงาน เครื่องฉีดพลาสติก เป็นต้น

4.3.5.2 ระบบไฮดรอลิกน้ำมันสำหรับยานพาหนะ ตัวอย่างงานได้แก่ ระบบเบรกของรถยนต์ ระบบบังคับเลี้ยวของรถยนต์

4.3.4 บล็อกไดอะแกรมของระบบไฮดรอลิก บล็อกไดอะแกรมนี้จะช่วยให้สามารถทำความเข้าใจเกี่ยวกับระบบไฮดรอลิกได้ง่ายยิ่งขึ้น เพราะระบบไฮดรอลิกที่สมบูรณ์จะต้องมีองค์ประกอบเหล่านี้อย่างครบครัน บล็อกไดอะแกรมนี้เขียนจากล่างขึ้นบนตามตำแหน่งการทำงาน จากของจริงหรือตามตำแหน่งของรูปวงจรระบบไฮดรอลิก ดังภาพประกอบ 17



ภาพประกอบ 17 แสดงบล็อกไดอะแกรมของระบบไฮดรอลิก

(มนตรี โชติวรวิทย์ และคณะ. 2533 : 34)

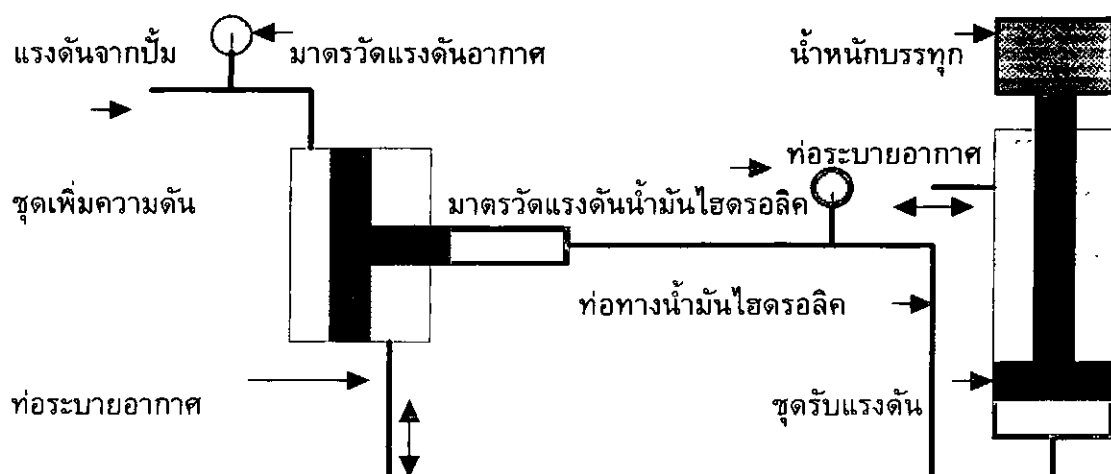
ต้นกำลังไฮดรอลิก คือชุดผลิตกำลังงานเพื่อการขับหมุนปั๊มเพื่อส่งถ่ายแรงดันน้ำมันให้ทำงาน เครื่องต้นกำลัง ปั๊มน้ำมันไฮดรอลิก ถังเก็บน้ำมัน ลิ้นระบายความดันน้ำมัน และ มาตรวัดแรงดัน โดยมีชุดอุปกรณ์การควบคุมทิศทางของอุปกรณ์ทำงานได้แก่ลิ้นปิดเปิด การทำงานควบคุมความเร็วของอุปกรณ์ทำงานได้แก่ลิ้นระบายแรงดัน โดยที่อุปกรณ์ทำงานคือ อุปกรณ์การทำงานเพื่อให้ได้งานตามต้องการ ได้แก่กระบอกสูบมอเตอร์ไฮดรอลิกและแรงดันต้านทาน การเคลื่อนที่ของอุปกรณ์ทำงานได้แก่ งานที่ท่า

4.4 ระบบนิวแมติก คือระบบเทคนิคการใช้แรงอัดอากาศจัดส่งแรง และ การเคลื่อนที่ ประยุกต์กับระบบเครื่องกล ระบบไฟฟ้า ระบบอิเล็กทรอนิกส์เป็นทั้งตัวขับและตัวควบคุมด้วยลมอัด (อำพล ชี้อตรง. 2527 : 110) ส่วนประกอบเครื่องต้นกำลังนิวแมติกโครงสร้างและหลักการ ทำงานของปั๊มลมที่ป้อนกำลังด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าหรือเครื่องยนต์ดูดอากาศจากบรรยากาศปกติผ่าน หม้อกรองอากาศ เพื่อกักกันสิ่งสกปรกที่จะเข้าไปเป็นอันตรายต่อส่วนประกอบของปั๊มแล้วอัดเข้า บรรจุไว้ในถังลมงานวิศวกรรมโยธา งานก่อสร้างและงานที่ต้องเคลื่อนย้ายบ่อยๆ ต้องใช้ปั๊มลมแบบ เคลื่อนที่ได้คือ แท่นปั๊มลมมีล้อเลื่อนลากเคลื่อนที่ได้ขนาดปั๊มลม กำหนดตามอัตราส่งลมอัด Q (อัตราไหลของการดูดลมสภาพปกติ) ที่ปั๊มดูดลมจากสภาพปกติเป็น nm^3/n และความกดดัน การใช้งานคือความกดดันลมอัดป้อนให้อุปกรณ์ทั่วไป 6 บาร์ ขณะทำงานเท่ากับความกดดันใน ถังลมเป็นความกดดันสะสมพร้อมที่จะใช้งาน ระบบนิวแมติกการส่งถ่ายพลังงานด้วยของไหล ชนิดที่ยุบตัวได้ ก๊าซ อากาศอัด เครื่องจักรที่ใช้ลมอัดเป็นตัวส่งถ่ายพลังงานเรียกระบบเครื่องจักร นั้นว่าเครื่องจักรระบบนิวแมติก ระบบส่งถ่ายพลังงานโดยของไหลทำได้โดยสร้างความดันให้ กับของไหลแล้วใช้ของไหลเป็นตัวถ่ายพลังงานไปทำให้เกิดการเคลื่อนที่ เป็นระบบการทำงาน โดยอาศัยหลักของแรงดันที่เกิดจากคุณสมบัติของอากาศที่บรรจุอยู่ในพื้นที่จำกัด ตามขนาดต่างกัน ทำให้เกิดผลแรงดันที่ต่างกันสามารถนำมาประยุกต์ให้เกิดประโยชน์ ต่อระบบทางเครื่องกลในการ เพิ่ม ลด หรือส่งผ่านแรงดันจากส่วนหนึ่งของพื้นที่หนึ่งไปยังอีกพื้นที่หนึ่งซึ่งมีปริมาตรต่างกัน จาก แรงดันที่เกิดขึ้นนี้ถูกนำไปผลักดันให้เกิดการเคลื่อนที่ตามขนาดของแรงดัน และ สภาพของพื้นที่ ที่บรรจุอยู่ (มนตรี โชติวริทย์ และคณะ. 2521 : 25)

4.5 ระบบไฮดรอนิวแมติก ระบบนี้อาจเรียกว่าระบบไฮดรอนิวแมติก หรือระบบน้ำมัน ประสมลม การทำงานอย่างง่าย ๆ ของระบบคือการนำเอาความดันลมไปทำให้น้ำมันเกิดความดันขึ้น อีกต่อหนึ่งเหตุผลที่มีการประยุกต์นำเอาระบบนี้มาใช้มาก เนื่องจากว่าตามโรงงานซ่อมรถยนต์ หรือโรงงานอุตสาหกรรม โดยทั่วไปจะมีปั๊มลมประจำอยู่แล้วไม่ต้องไปเพิ่มเติมอีกจึงนำมาใช้แทน เป็นชุดต้นกำลังของระบบไฮดรอลิกได้ วงจรของเครื่องจักรไฮดรอลิกบางเครื่องไม่ได้ทำงานโดย อาศัยระบบไฮดรอลิกเพียงอย่างเดียว บางครั้งนำระบบไฮดรอลิกประสมการทำงานระบบอื่นเพื่อ ความเหมาะในการทำงานเพื่อความประหยัดหรือนำระบบอื่น ๆ มาทำการควบคุมระบบไฮดรอลิก ให้ทำงานสะดวก และทำงานได้กว้างขวางขึ้นแบ่งออกได้ 2 ระบบใหญ่ ๆ คือ

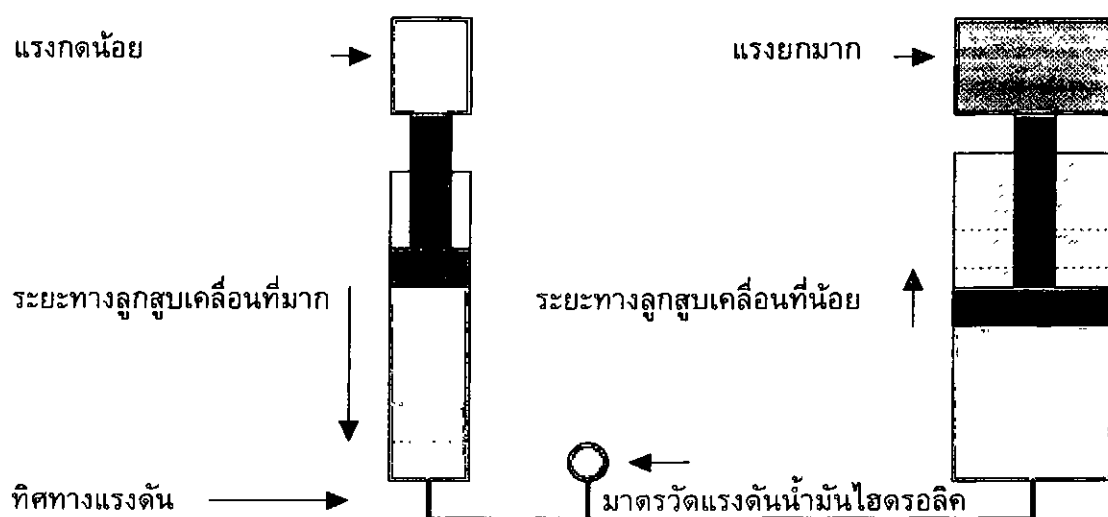
4.5.1 ระบบไฮดรอลิกประสมนิวแมติก หลักการทำงานโดยใช้ระบบไฮดรอนิวแมติก แบ่งออกได้ 2 แบบคือ

4.5.1.1 การแปลงความดัน การแปลงความดันโดยนำอุปกรณ์รวมการทำงาน ของน้ำมันและลมอัดเข้าด้วยกันหลักการคือ แปลงความดันลมให้เป็นความดันของน้ำมันอัดบน ผิวน้ำมันที่ใส่ในภาชนะถึงปิดใบหนึ่ง น้ำมันจะถูกดันให้เคลื่อนที่ออกไปตามท่อน้ำมันที่กั้นถึง แล้วส่งออกไปดันลูกสูบให้เคลื่อนที่ออก ในจังหวะถอยกลับปล่อยลมอัดที่ดันผิวน้ำมันอยู่ทิ้งไปให้ หมดย่น้ำมันจะไม่มีมีความดันน้ำหนักของวัตถุข้างบนก้านสูบ ให้ลูกสูบเคลื่อนที่ลงดันให้น้ำมันกลับสู่ ถึงปิดดังเดิม ดังภาพประกอบ 18



ภาพประกอบ 18 แสดงการแปลงความดันในการทำงานของระบบไฮดรอลิกประสมนิวแมติก
(ขวัญชัย สันทิพย์สมบุรณ์ และปานเพชร ชนินทร. 2532 : 153)

4.5.1.2. การเพิ่มความดัน ต้องมีอุปกรณ์ซึ่งประกอบด้วยกระบอกสูบที่มีพื้นที่หน้าตัดต่างกัน ความแตกต่างของห้องอัดทำให้น้ำมันมีความดันเพิ่มขึ้นมากกว่าความดันของลมอัด หลักการคือ ให้น้ำมันอัดเข้ากระบอกสูงทางด้านที่มีพื้นที่หน้าตัดใหญ่ดันให้ลูกสูบเลื่อนส่งแกนไปดันลูกสูบเล็กไปดันน้ำมันให้แรงดันสูงขึ้น ถ้าพื้นที่หน้าตัดต่างกัน 10 เท่าความดันของน้ำมันสูงกว่าความดันลมอัดถึง 10 เท่าเช่นกัน ดังภาพประกอบ 19



ภาพประกอบ 19 แสดงการเพิ่มความดันในระบบไฮดรอลิก
(ขวัญชัย สันทิพย์สมบุรณ์ และปานเพชร ชนินทร. 2532 : 153)

การคำนวณหาความสามารถในการยกน้ำหนักของกระบอกลูกสูบตัวนี้

$$\text{จาก } P1 \times A1 = P2 \times A2$$

$$A1 = P2$$

$$A2 = P1$$

$$\text{แต่ } A1 = \frac{10}{1} = 10 \text{ เท่า}$$

$$A2 = 1$$

$$\text{ฉะนั้น } P2 = 10 \times P1$$

$$= 10 \times 6$$

$$= 60 \text{ กก./ซม.}^2$$

ถ้ากระบอกลูกสูบมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.0 ซม.

$$F = A \times P$$

$$= \frac{\pi}{4} \times D^2 \times P$$

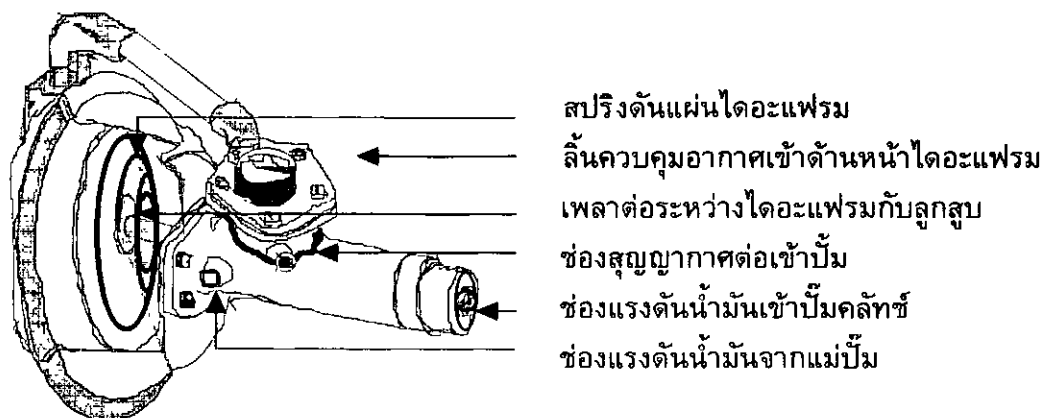
$$= \frac{\pi}{4} \times 3.0^2 \times 60$$

$$= 424.28 \text{ กก./ซม.}^2$$

เมื่อลูกสูบมีความเสียดทานฉะนั้นกระบอกลูกสูบนี้สามารถยกน้ำหนักได้หนักประมาณ 4000 นิวตัน

4.6 หม้อลมช่วยผ่อนแรงแบบสุญญากาศ (นศกต ศิริโชค. 2535 : 151)

จากหลักการของไฮดรอนิวเมติกได้นำมาสร้างหม้อลมช่วยผ่อนแรงแบบสุญญากาศ รถยนต์รุ่นใหม่ที่เกิดขึ้นในปัจจุบันระบบห้ามล้อส่วนใหญ่จะมีหม้อลมช่วยแรงห้ามล้อ จนทำให้ดูคล้ายว่าเป็นอุปกรณ์พิเศษ ระบบห้ามล้อหม้อลมช่วยให้ผู้ขับออกแรงกดบังคับเบรคน้อยกว่าระบบห้ามล้อไม่มีหม้อลมช่วยผ่อนแรง ที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะการใช้ผลต่างของความดันภายในหม้อลมเป็นตัวช่วยเพิ่มแรงโดยทำการศึกษาหลักการทำงานจากระบบหม้อลมช่วยแรงห้ามล้อ (โรเบิร์ต,แอล.คัลเคอร์รี่ และ โจเซฟ, บี ฟรานซินิ. และ อี. จอห์น, ฟินนิมอร์. 1982 : 58) เขียนไว้ว่าโดยปกติหม้อลมช่วยแรงห้ามล้อจะติดตั้งในห้องเครื่องยนต์ในตำแหน่งที่ห่างจากความร้อนสูงฝุ่นผง และน้ำทำความสะอาดอยู่ใกล้ปั๊มสุญญากาศบำรุงรักษาง่าย รถยนต์ที่ใช้ในปัจจุบันนี้โดยทั่วไปจะใช้ระบบห้ามล้อแบบไฮดรอลิกประกอบด้วยแม่ปั๊มกระบอกลูกสูบและลูกสูบบรรจุน้ำมันห้ามล้อไฮดรอลิกอยู่ภายใน จากแม่ปั๊มห้ามล้อมีท่อน้ำมันห้ามล้อต่อไปที่ลูกปั๊มห้ามล้อที่ล้อทั้งสี่ เมื่อขณะกดบังคับล้อแม่ปั๊มน้ำมันจะอัดดันน้ำมันห้ามล้อไปที่ลูกปั๊มห้ามล้อขยายออก ไปผลักให้ผ้าห้ามล้อไปสร้างความฝืดให้กับดรัมหรือจานของห้ามล้อให้หยุดหมุน ขนาดหม้อลมช่วยแรงที่ใช้ทำการวิจัยเส้นผ่าศูนย์กลาง 6.50 นิ้ว ให้กำลังแรงดันในสภาวะเท่าความดันบรรยากาศจะให้กำลัง 222.17 ปอนด์ หรือ อัตราทดต่อแรงดันภายในระบบเดิม 1.35 : 1 ดังภาพประกอบ 20

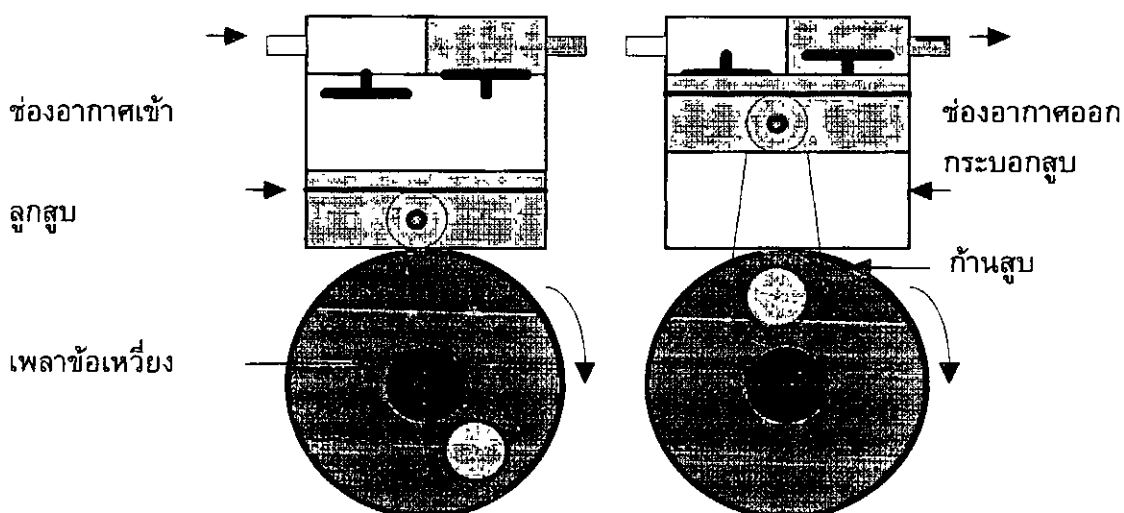


ภาพประกอบ 20 แสดงส่วนประกอบหม้อลมช่วยผ่อนแรงแบบสัญญาณอากาศชนิด ไดอะแฟรม
 (นนทศักดิ์ ศิริโชค. 2535 : 155)

5. หน้าที่และหลักการทำงานของปั๊มสัญญาณอากาศ

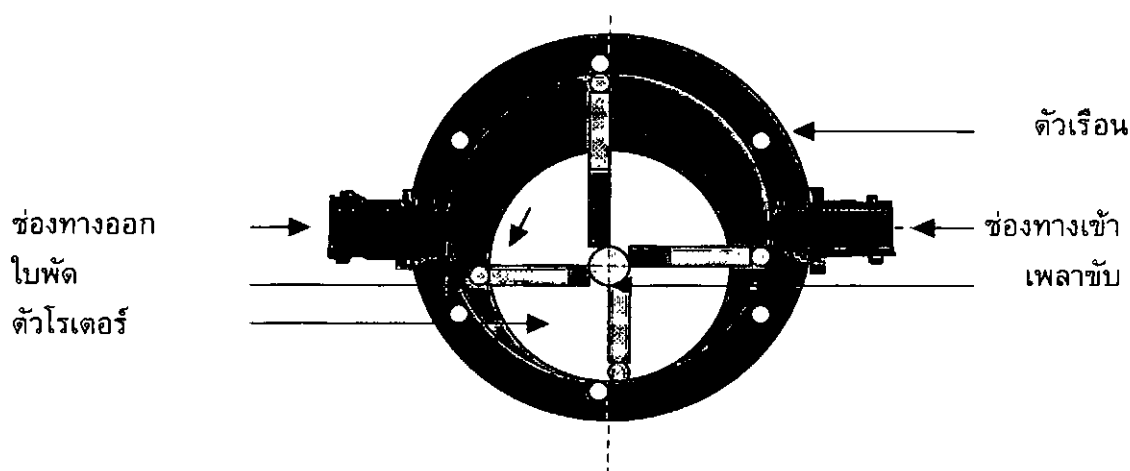
หม้อลมช่วยผ่อนแรงแบบสัญญาณอากาศชนิดที่ใช้ในรถยนต์เป็นชิน จะใช้ท่อต่อจากหม้อลมไปที่ท่อไอดีของเครื่องยนต์แทนการใช้เครื่องปั๊มดูดอากาศ ท่อไอดีเครื่องยนต์มีความดันต่ำมากด้วยแรงดูดจากการเคลื่อนที่ลงของลูกสูบ ขณะที่การกดแป้นเบรคลึ้นควบคุมไอดีจะปิดทำให้เกิดความดันต่ำมากขึ้นเพื่อดูดอากาศจากภายในหม้อลมได้ถูกแบ่งไว้ 2 แบบ

5.1 ปั๊มแบบวัฏจักรเครื่องกล เป็นระบบที่มีการทำงานให้แรงดูดอากาศโดยเกิดจากการเคลื่อนที่ขึ้นและลงของลูกสูบ เพื่อดูดอากาศไปช่วยในการสันดาปที่มีลิ้นเป็นตัวควบคุมการดูดและการคาย ดังภาพประกอบ 21



ภาพประกอบ 21 แสดงวิธีการทำงานของปั๊มแบบวัฏจักรเครื่องกล
 (หริส สุตะบุตร. 2526 : 49)

5.2 ปัมป์ขับเคลื่อนแบบใบพัดหมุน เป็นปัมป์ที่มีสมรรถนะในการทำงานได้คล่องตัวขึ้นส่วนเคลื่อนไหวน้อยทำงานได้ดีขณะหมุนด้วยความเร็วมากๆ การทำงานของปัมป์นี้มีแกนเพลายื่นออกมารับกำลังขับจากเครื่องยนต์ เมื่อตัวโรเตอร์หมุนพาใบพัดที่สวมอยู่ในช่องโรเตอร์หมุนตามไปและเลื่อนตัวออกสัมผัสกับผนัง จากการหมุนทำให้เกิดการเปลี่ยนขนาดพื้นที่สร้างแรงดูดและแรงดันให้ไหลผ่านช่องทางปัมป์ ส่วนมากจะมีระบบหล่อลื่นติดตั้งมาด้วยขนาดของปัมป์ที่ใช้ในการวิจัยสามารถให้แรงดันสุญญากาศ 8 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ดังภาพประกอบ 22

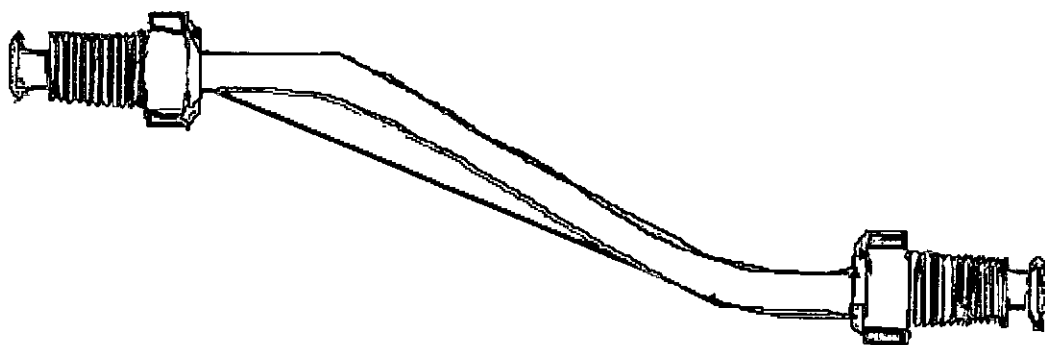


ภาพประกอบ 22 แสดงการทำงานของปัมป์ขับเคลื่อนแบบใบพัดหมุน
(หริส สุตะบุตร. 2526 : 48)

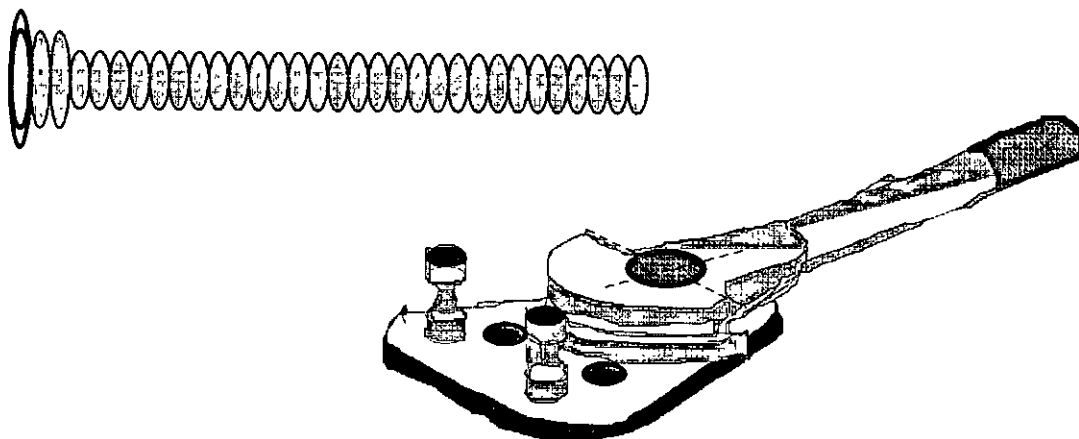
6: ท่อทางในระบบไฮดรอลิก และนิวแมติก

ในระบบไฮดรอลิกอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการทำงานจะถูกเชื่อมต่อให้ถึงกันด้วยระบบท่อที่ทำให้น้ำมันไฮดรอลิกไหลผ่านอุปกรณ์ไปทำงานได้ระบบท่อทางประกอบด้วย ท่อโลหะ ท่อยาง สายไฮดรอลิก ข้อต่อชนิดต่างๆ และซีล

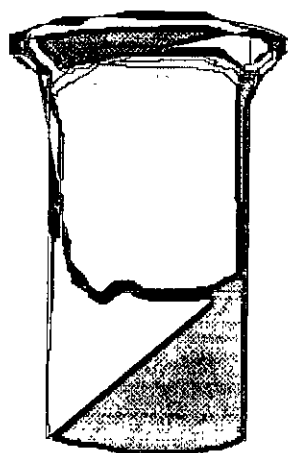
6.1 ท่อทางน้ำมันไฮดรอลิก ท่อทางที่ใช้ในงานไฮดรอลิก ทำหน้าที่เป็นทางผ่านของแรงดันน้ำมันไฮดรอลิกจากปั๊มไปสู่ลิ้นควบคุมต่าง ๆ จนถึงอุปกรณ์ทำงานคือ กระบอกสูบ หรือมอเตอร์ไฮดรอลิก และ เป็นทางให้น้ำมันไหลกลับสู่ถังพักน้ำมันหลังจากทำงานแล้วท่อทางน้ำมันไฮดรอลิกนิยมใช้ 3 อย่างคือ ท่อเหล็กกล้า ท่อเหล็กกล้าและสายไฮดรอลิก (ขั้วญชัย สันทรัพย์ สมบูรณ์ และคณะ. 2532 : 172) ท่อสำเร็จรูปมีความยาว และความโตหลาย ๆ ขนาดมีข้อต่อจะต้องเลือกขนาดให้ตรงกับของเดิมท่อชนิดนี้นับว่าสะดวกดี เพียงแต่นำมาตัดให้เข้ารูปเหมือนของเดิมเท่านั้นระวังอย่าทำให้ท่อบุบหรือแบน ภาพประกอบ 23 วิธีที่ถูกต้องในการตัดท่อต้องใช้เครื่องมือสำหรับตัดท่อ ภาพประกอบ 24 เกลียวและความโตของหัวต่อท่อจะต้องพอดีกับของเดิม การบานปลายท่อต้องทำแบบ 2 ชั้น ภาพประกอบ 25 ประกอบเข้ากับหัวต่อดัง ภาพประกอบ 26 ซึ่งท่อเบรคต้องอยู่ห่างจากชิ้นส่วนเคลื่อนไหวน้อยกว่า 0.750 นิ้ว (19 มม.)



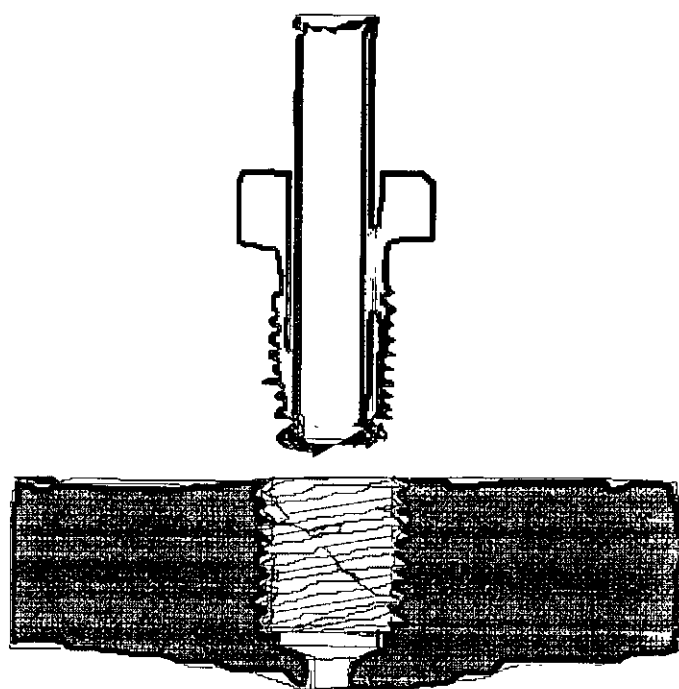
ภาพประกอบ 23 แสดงลักษณะท่อทางน้ำมันไฮดรอลิคคลัทช์แบบดัดเข้ารูปพร้อมหัวต่อ
(จำนง ถนนม. 2532 : 506)



ภาพประกอบ 24 แสดงลักษณะเครื่องมือดัดท่อ 2 แบบ
(จำนง ถนนม. 2532 : 507)



ภาพประกอบ 25 แสดงการบานปลายท่อแบบ 2 ชั้น
(จำนง ถนนม. 2532 : 507)



ภาพประกอบ 26 แสดงลักษณะการบานพร้อมหัวต่อ
(จำนง ถนน. 2532 : 507)

6.1.1 การทำท่อเบรคมีขั้นตอนดังนี้ คือ การบานหัว 2 ชั้น (double lap flare)

6.1.1.1 หาท่อเหล็กที่มีความโตที่ต้องการ

6.1.1.2 หาหัวต่อท่อที่ขนาดเกลียวและแบบที่ถูกต้องจากท่อเก่าที่ถอดออกมา

6.1.1.3 ตัดท่อตามความยาวที่ต้องการ ด้วยเครื่องมือตัดท่ออย่าตัดด้วยเลื่อย เพราะจะทำให้ผิวไม่เรียบและไม่ได้ฉาก การตัดท่อเมื่อนำท่อเก่ามาเทียบต้องตัดให้ยาวกว่าท่อเดิม 1/8 นิ้ว (3.2 มม.) ในแต่ละด้านของการบานแบบ 2 ชั้น ต่อจากนั้นจะขูดขอบในของหัวท่อ เอาสะเก็ดที่ตัดอยู่ออกเพื่อให้ได้ท่อที่บานสวยงาม หลังจากนั้นควรใช้ลมเป่าไล่เศษโลหะออกจากท่อ ให้หมดภาพประกอบ 27 และ ภาพประกอบ 28

6.1.1.4 ใช้ตัวหนีบท่อยึดหัวด้านหนึ่งไว้ให้หัวยื่นสูงขึ้นมา วัดด้วยเครื่องมือวัด หรือใช้บรรทัดวัด เพื่อวัดหัวท่อที่ยื่นสูงขึ้นมา

6.1.1.5 ใส่อะแดปเตอร์สำหรับบาน 2 ชั้น เข้าไปในหัวท่อและขันตัวบานท่อ ต่อจากนั้นถอดเอาตัวบาน 2 ชั้นออก

6.1.1.6 ขันตัวบานท่อจนสุดแล้วถอดออก

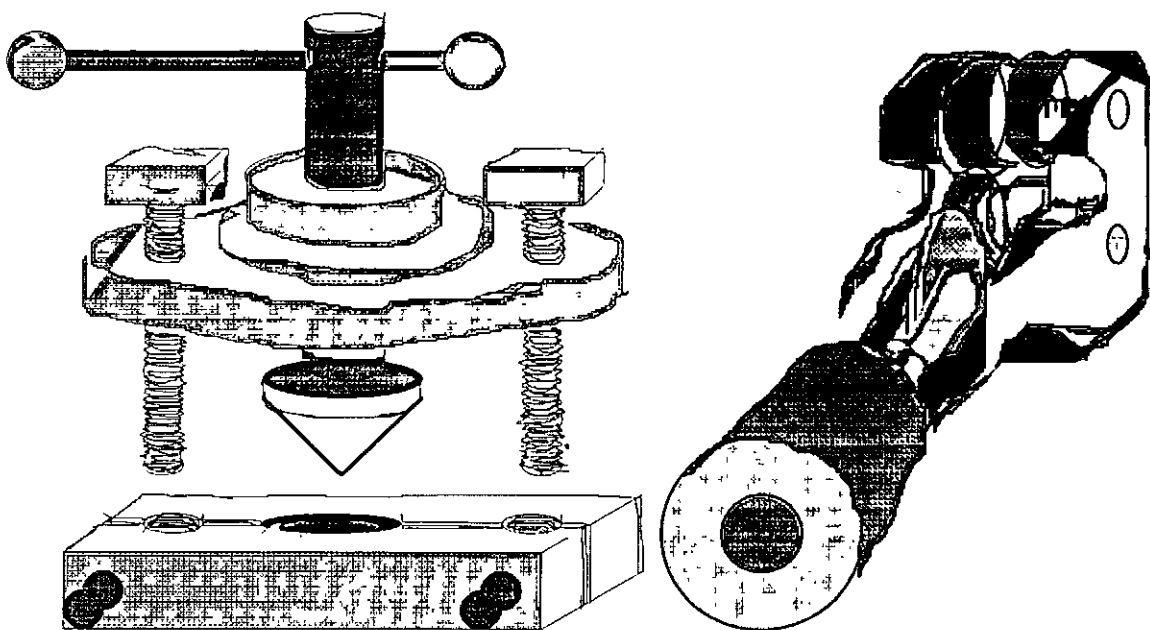
6.1.1.7 ใส่หัวต่อท่อทั้งสองข้างให้เกลียวอยู่ด้านนอก

6.1.1.8 ทำซ้ำขั้นที่ 4 ถึง 7 กับอีกปลายข้างหนึ่ง

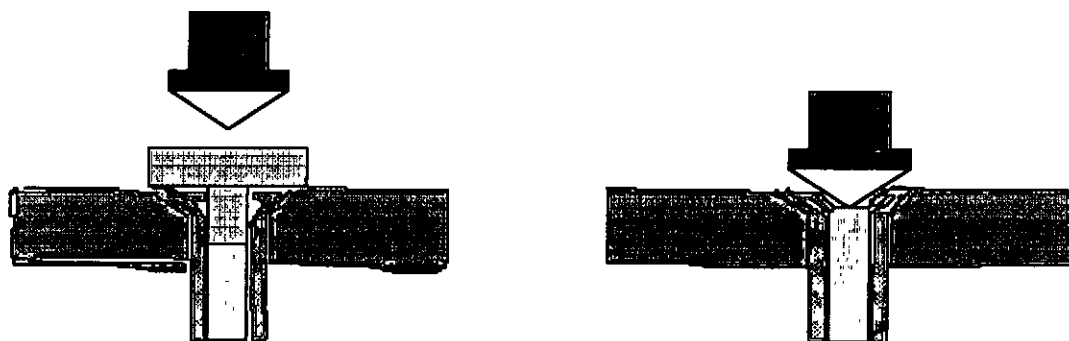
6.1.1.9 ใช้เครื่องมือตัดท่อเพื่อตัดให้รูปร่างเหมือนท่อเดิม

6.1.1.10 ประกอบท่อเข้าที่ระวางระยะห่างให้ถูกต้องและยึดท่อตามความจำเป็น

6.1.1.11 ไล่ลมออกจากระบบ



ภาพประกอบ 27 แสดงลักษณะเครื่องมือทำท่อเบรค เครื่องตัดท่อ เครื่องจับ เครื่องบานปลาย
(จำนง ถนอม. 2532 : 509)

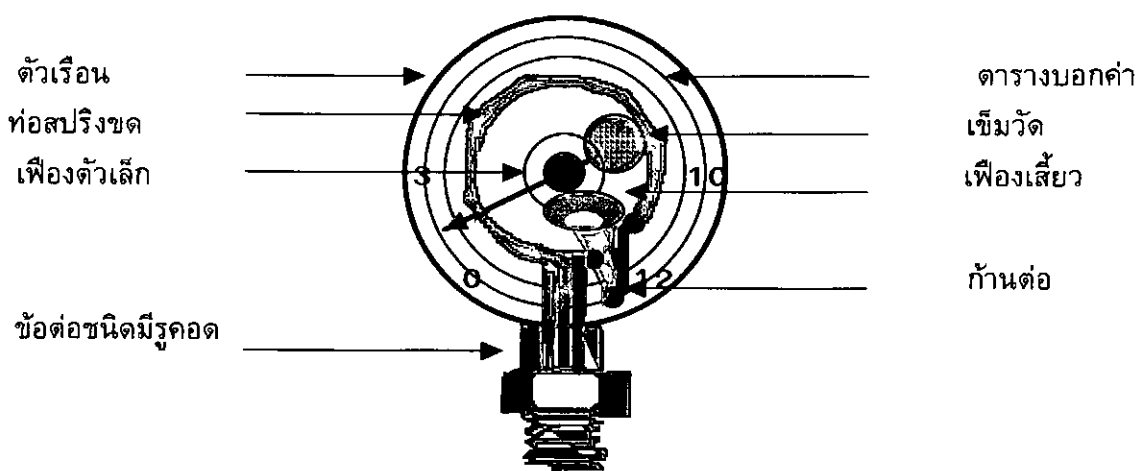


ภาพประกอบ 28 แสดงวิธีการบานท่อสองชั้น
(จำนง ถนอม. 2532 : 509)

6.2 ท่อทางสุญญากาศ ท่อทางสุญญากาศจะมีลักษณะพิเศษตรงข้ามกับท่อทางของระบบไฮดรอลิก คือสามารถทนแรงดูดภายในท่อไม่ให้เกิดการยุบตัว และติดตั้งได้ง่ายเนื่องจากไม่มีแรงดันภายในช่วยในการขยายช่องทางเดินของอากาศหรือน้ำมันไฮดรอลิก มีคุณสมบัติที่ทนต่อความร้อนและสารเคมี ผลิตเป็นแบบเดียวกับท่อน้ำมันไฮดรอลิกแต่จะมีขนาดความหนาน้อยกว่า

เพราะแรงดันเกิดขึ้นในระบบต่ำกว่า ท่อสุญญากาศเป็นท่ออย่างสังเคราะห์สวมซ้อนกันเป็นชั้นๆ สานสลับกันด้วยเชือกดักสำหรับท่อความดันปกติ ท่อชนิดนี้เมื่อต้องการนำไปใช้งานต้องมีขนาดพอดีกับปลายท่อเหล็กเนื่องจากไม่สามารถยืดหรือหดตัวต่างขนาด จะมีผลทำให้เกิดการรั่วซึม ต้องทำการรัดด้วยเข็มขัด การติดตั้งใช้งานควรให้อยู่ในสภาวะการโค้งและบิดตัวน้อยที่สุด

6.3 มาตรวัดแรงดัน หน้าที และการทำงานของมาตรวัดแรงดันใช้สำหรับบอกค่าความดันของน้ำมันในระบบไฮดรอลิก มีสัญลักษณ์และโครงสร้างประกอบด้วยภาพประกอบ 29



ภาพประกอบ 29 แสดงส่วนประกอบมาตรวัดแรงดัน
(มนตรีโชติวรวิทย์ และคณะ. 2533 : 42)

การทำงานของข้อต่อจะเป็นจุดรับแรงดันน้ำมัน โดยต่อเข้ากับจุดที่ต้องการอ่านค่าความดันน้ำมันในระบบไฮดรอลิกส์เมื่อความดันน้ำมันผ่านข้อต่อจะเข้าไปในท่อสปริงชุด ท่อสปริงชุดนี้เมื่อมีความดันจะพยายามยืดตัวเป็นเส้นตรง ถ้าความดันยิ่งมากก็จะยิ่งยืดตัวมากขึ้นทำให้เข็มวัดหมุนไปตามเข็มนาฬิกาโดยผ่านทางก้านต่อเฟืองเสี้ยวและเฟืองตัวเล็ก ฉะนั้นความดันก็จะอ่านค่าได้จากตารางบอกค่าที่ข้อต่อของมาตรวัดแรงดันวัด ความดันน้ำมันจะเข้าทางรูคอดเพื่อเป็นตัวกันความดันกระแทกในสปริงชุดในกรณีที่เพิ่มหรือลดความดันอย่างรวดเร็วในวงจร ทั้งนี้เพื่อป้องกันการเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับมาตรวัดแรงดันวัด ใช้งานเป็นตัวบอกค่าความดันของน้ำมันในระบบไฮดรอลิก ซึ่งทำได้ง่ายโดยการต่อท่อน้ำมันเข้าทางรูส่วนล่างของมาตรวัดแรงดันเมื่อมีความดันน้ำมันเกิดขึ้นในระบบ เข็มของมาตรวัดแรงดันวัดความดันจะบอกค่าได้ทันทีโดยมีตารางบอกค่าของความดันทั่วไปหน่วยที่ใช้จะมีหน่วยเป็นบาร์ (bar) แต่การใช้งานในประเทศไทยส่วนมากมักจะใช้หน่วยวัดค่าความดันเป็นกิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร (kg/cm^2) หรือ ปอนด์/ตารางนิ้ว (lb/in^2) ฉะนั้นผู้ใช้งานควรเปรียบเทียบหน่วยต่าง ๆ เหล่านี้ได้ด้วย

$$1 \text{ bar} = 1.02 \text{ kg/cm}^2 = 14.5 \text{ lb/in}^2 = 10 \text{ N/m}^2$$

การใช้งานมักจะต่อมาตรวัดแรงดันเข้ากับท่อทางน้ำมัน เพื่อใช้อ่านค่าความดันน้ำมันตลอดเวลา จะทำให้อายุการใช้งานของมาตรวัดแรงดันไม่ทนทานเนื่องจากขดสปริงเกิดการล้าตัว

บางครั้งอาจมีความดันน้ำมันเกิดขึ้นอย่างทันทีทันใด ทำให้เกิดแรงกระแทกภายในท่อสปริงชดอย่างรุนแรงผู้ใช้สามารถแก้ไขให้มาตรวัดแรงดันนี้มีอายุการใช้งานได้ยาวนานขึ้น ด้วยการต่อเข้าร่วมกับวาล์วควบคุมทิศทาง 3/2 โดยใช้เฉพาะเมื่อต้องการตรวจสอบค่าความดันน้ำมันในระบบเป็นครั้งคราวหรือใส่วาล์วคอคอดที่ท่อน้ำมันก่อนเข้ามาตรวัดแรงดัน ในการใช้มาตรวัดแรงดันเพื่อทดสอบลิ้นแบ่งน้ำมัน ต้องเปลี่ยนลิ้นแบ่งน้ำมันถ้ามีการรั่วหรือไม่ทำงานตามปกติ สามารถทดสอบลิ้นแบ่งน้ำมันโดยการตัดต่อมาตรวัดแรงดันวัดแรงดัน 2 ตัว ซึ่งวัดแรงดันได้ไม่น้อยกว่า 2,000 ปอนด์ ต่อตารางนิ้ว (14,000 kPa) ต่อสายโดยให้สายแรกต่อเข้ากับเบรคชุดที่สองที่ต่อไปยังลิ้นแบ่งน้ำมัน และอีกสายหนึ่งต่อจากลิ้นแบ่งน้ำมันที่ส่งไปยังเบรคหลังเมื่อต่อมาตรวัดแรงดันเรียบร้อยแล้วแล้วกดแป้นเบรค โดยค่อยๆเพิ่มแรงดันไปจนถึงจุดแยกของแรงดันเบรคชุดที่สองเมื่อกดแป้นเบรคแรงขึ้นอีกแรงดันที่ล้อหน้าต้องสูงขึ้น พร้อมกับลดแรงดันที่เพิ่มให้กับล้อหลังแล้วนำค่าแรงดันมาเปรียบเทียบกับคู่มือรถ ถ้าลิ้นแบ่งน้ำมันไม่ได้แรงดันตามกำหนดต้องเปลี่ยนใหม่

7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษางานวิจัยผู้วิจัยพบว่าไม่มีการศึกษา หรือ กล่าวถึงการพัฒนาเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็กโดยตรงแต่พบว่ามีงานวิจัยบางเรื่องที่เกี่ยวข้องเช่น

7.1 ยรรยง เหล่าตระกูล (2533 : 224) ได้ศึกษาวิจัยเรื่องการขนถ่ายด้วยไฮดรอลิก และ เทคโนโลยีสารสนเทศในท่อใต้ให้ความสำคัญถึง การศึกษาระบบปั๊มอากาศที่ได้ถูกนำมาใช้งานเพื่อสร้างแรงดันได้สรุปว่า ปั๊มแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางให้อัตราการไหลเวียนของอากาศคงที่กว่าอัตราการไหลของอากาศสูงใช้งานได้ทนนานกว่าและลงทุนต่ำ

จากบทสรุปของงานวิจัย ผู้วิจัยได้นำแนวคิดนี้มาเป็นส่วนหนึ่งของการค้นคว้าวิจัยในการพัฒนาเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก เนื่องจากการทดลองจะต้องจัดหาระบบปั๊มอากาศที่ให้ความเชื่อถือในคุณภาพได้ถูกต้องตามวัตถุประสงค์

7.2 ชาญชัย แซ่แต้ (2536 : 53) ได้ศึกษาวิจัยเรื่องชุดขับไฮดรอลิก ได้สรุปความสำคัญของของเหลวที่เป็นตัวถ่ายแรงดันคือ น้ำมันไฮดรอลิกว่าต้องมีคุณสมบัติที่ดีคือ

- 7.2.1 ความข้นหนืดเหมาะสม
- 7.2.2 ไม่เกิดการแข็งตัวเมื่ออุณหภูมิต่ำและเป็นก้อนให้อุดตัน
- 7.2.3 ไม่เปลี่ยนสภาพความข้นหนืดเมื่ออุณหภูมิสูง
- 7.2.4 เป็นตัวหล่อลื่นที่ดี .
- 7.2.5 ป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกไซด์ให้กับโลหะ
- 7.2.6 เสื่อมคุณภาพยาก
- 7.2.7 ป้องกันสนิมให้กับเหล็ก
- 7.2.8 ไม่ทำปฏิกิริยากับซีลยาง และปะเก็น
- 7.2.9 ไม่เกิดฟองอากาศเมื่อเปลี่ยนแรงกดดัน
- 7.2.10 ไม่ยุบตัวเมื่อมีแรงกดดันเพิ่มขึ้น

ผู้วิจัยทำการวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษาค้นคว้าตัวนำแรงดัน และ ของเหลวที่ใช้ในการทดลอง ให้เหมาะสมจึงได้นำมาเป็นแนวทางและให้ความสำคัญ โดยคำนึงถึงคุณภาพดังกล่าวเนื่องจาก มีอิทธิพลต่อการทดลองเป็นอย่างมาก

7.3 สรรยา แก้วกมล (2535 : 4) ได้ศึกษาวิจัยเรื่องชุดทดลองวงจรนิวแมติก ที่จะนำมาเป็นชุดทดสอบการทำงานของระบบลม เพื่อใช้เคลื่อนย้ายสิ่งการทำงานของเครื่องจักร เช่นเครื่องพิมพ์ เนื่องจากพบว่ามีข้อดีหลายประการคือ

7.3.1 ทำงานได้รวดเร็ว

7.3.2 ให้กำลังงานสูง

7.3.3 ควบคุมง่าย และประหยัดพลังงาน

7.3.4 ดัดแปลงปรับแต่งได้สะดวก

7.3.5 ให้ความเที่ยงตรงสูง

การศึกษาค้นคว้ายังกล่าวมีผลมาจากการควบคุมแรงดันที่อยู่ภายในระบบให้เกิดแรงดัน ต่างไปจากแรงดันบรรยากาศ เป็นผลทำให้ระบบกลไกเคลื่อนไปตามการควบคุมบังคับโดยหลักการ ด้านแรงดันมีค่าเปรียบเทียบกับแรงดันดังนี้

$$\begin{aligned}
 10 \text{ Kp/cm}^2 &= 10 \text{ m water column} \\
 \text{SI Unit คือ Pascal (Pa)} &= 1 \text{ N/m}^2 = 10^7 \text{ bar} \\
 1 \text{ bar} &= 10^7 \text{ N/m}^2 = 10^7 \text{ Pa} = 1.02 \text{ kg /cm}^2 = 14.50 \text{ psi} \\
 \text{หรือ } 14.50 \text{ psi} &= 1.02 \text{ kg/cm}^2 = 1 \text{ bar}
 \end{aligned}$$

เมื่อผู้วิจัยได้ศึกษาการค้นคว้ายังกล่าว ทำให้สามารถจัดหาอุปกรณ์วิธีการเพิ่มหรือ ลดแรงดันมาช่วยผ่อนแรงการกดแป้นคลัทช์ แสดงให้เห็นว่าสามารถประสมผสานระบบให้ทำงาน ร่วมกันได้ ระหว่างไฮดรอลิกและนิวแมติกในการทดลองครั้งนี้

7.4 ปรัชญา รุ่งโรจน์ (2535 : 35) ได้ทำการศึกษาค้นคว้าวิจัยเรื่องเครื่องลำเลียง เม็ดพลาสติก ซึ่งต้องใช้แรงดันอากาศจากระบบบีบลมได้ให้ความสำคัญต่อบีบแบบโบลเวอร์บีบ แบบทรงกระบอกหรือแบบรูปเป็นที่ยอมรับกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากสามารถให้แรงดันอากาศสูง ทำงานโดยการหมุนสวนทางในเรือนเสื้อเดียวกัน ทำให้ขับอากาศได้ 12-15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว หมุนได้คล่องตัวและติดขัดยาก

เมื่อผู้วิจัยได้ทำการศึกษาลแล้วพบว่าระบบบีบดังกล่าว เป็นชนิดใกล้เคียงกับแบบที่ติดตั้ง ในรถยนต์บรรทุกขนาดเล็กอีซูซุดีเซลขนาดความจุปริมาตรเครื่องยนต์ 2500 ซี.ซี. รุ่น 4เจเอ1. สามารถสร้างแรงดันได้สูงพอจะนำมาใช้ขับเคลื่อนการทำงานในระบบที่ทำการทดลองครั้งนี้ได้

7.5 พรชัย จงจิตรไพศาล (2530 : 76) ได้ทำการศึกษาวินิจฉัยเรื่องเครื่องกรองอากาศ อันเป็นเรื่องที่จะใช้บีบเพื่อสร้างแรงดูด และดันให้อากาศไหลเวียนเพื่อป้อนระบบการทำงานได้เน้น การศึกษาบีบแบบโรตารีทำงานคล้ายคลึงกับแบบรีซีโปรเคตติง คือการหมุนสวนทางของเฟืองขับ ภายในเสื้อเดียวกันหากแต่มีอากาศเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง ทำให้เกิดช่องว่างดันทางดูดจากการหมุนและ

สร้างแรงอัดให้กับอีกด้านหนึ่ง การหมุนนี้จะต่อเนื่องและให้เกิดการไหลของอากาศที่สม่ำเสมอกว่าแบบลูกสูบ

จากการศึกษาเอกสาร และ งานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังกล่าวผู้วิจัยจึงได้นำมาเป็นแนวทางในการพัฒนาเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็กใช้แรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์ ที่ถูกนำมาใช้งานอยู่ในเขตกรุงเทพมหานคร เขตเมืองใหญ่ และชนบททั่วประเทศ จากการศึกษาได้ประมาณค่าอัตราทดแรงคลัทช์ในรถยนต์บรรทุกขนาดเล็กได้ดังนี้

ตาราง 1 อัตราทดแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็กที่ใช้แรงกดแป้นคลัทช์ 1103 ปอนด์
จากเอกสารคู่มือการซ่อมบำรุงจากผู้ผลิต

รายละเอียด	อัตราทดแรง	แรง
1. แรงกดกระเดื่องคลัทช์	2 : 1	551.50 ปอนด์
2. แรงดันแม่ปั๊มคลัทช์ที่กระทำต่อปั๊มคลัทช์	1.6 : 1	344.68 ปอนด์/ตารางนิ้ว
3. แรงกดแป้นคลัทช์ที่ทดแรงโดยกระเดื่อง	6 : 1	57.45 ปอนด์
4. แรงดันหม้อลมช่วยแรง 250 ปอนด์/ตารางนิ้ว	1.38 : 1	94.68 ปอนด์/ตารางนิ้ว
5. แรงกดแป้นคลัทช์ที่ทดแรงโดยกระเดื่อง	6 : 1	15.22 ปอนด์

หม้อลมช่วยแรงผ่อนแรงให้แม่ปั๊มคลัทช์ กระเดื่องคลัทช์มีอัตราทดแรงเท่าเดิมแรงกดที่แป้นคลัทช์ 15.78 ปอนด์ ความผิดและน้ำหนักอุปกรณ์ให้ค่ากดแป้นคลัทช์ประมาณ 20 ปอนด์

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดเตรียมการวิจัยตามขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

1. สถานที่พัฒนา ทดสอบและวันเวลาที่ดำเนินการ
2. การดำเนินการวิจัย และทดสอบสมรรถนะ
3. การวิเคราะห์ข้อมูล

1. สถานที่พัฒนา ทดสอบ และวันเวลาที่ดำเนินการ

สถานที่สำหรับใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการทดลองโดยใช้สถานที่ดังนี้

1.1 สถานที่ทำการพัฒนาทดลองดำเนินการ ณ โรงฝึกงานภาควิชาเครื่องกล คณะอุตสาหกรรมศึกษา สถาบันราชภัฏพระนคร เขตบางเขน กรุงเทพมหานคร

1.2 สถานที่ทำการทดสอบผลการทดลอง

1.2.1 ถนนแจ้งวัฒนะจากบริเวณสี่แยกหลักสี่ ถึง สี่แยกบางเขน

1.2.2 ถนนรัชดาจากบริเวณสี่แยกจตุจักร ถึง สี่แยกห้วยขวาง

1.2.3 ถนนรามคำแหงจากบริเวณสี่แยกลำสาลี ถึง มหาวิทยาลัยรามคำแหง ฯ

เริ่มทำการสุ่มทดสอบวันที่ 1-7 กุมภาพันธ์ 2539 เวลาที่ทดสอบ 6.00 นาฬิกา ถึง 8.00 นาฬิกา และ 16.00 นาฬิกา ถึง 18.00 นาฬิกาเป็นระยะทางยาวประมาณ 1 กิโลเมตร ดำเนินการทดลองระหว่างวันที่ 10 สิงหาคม 2539 ถึง วันที่ 10 พฤษภาคม 2539

2. การดำเนินการวิจัย แบ่งออกได้ 4 ขั้นตอน คือ

การศึกษาทดลองในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์โดยจัดกระบวนการออกเป็น 4 ขั้นตอนดังนี้คือ

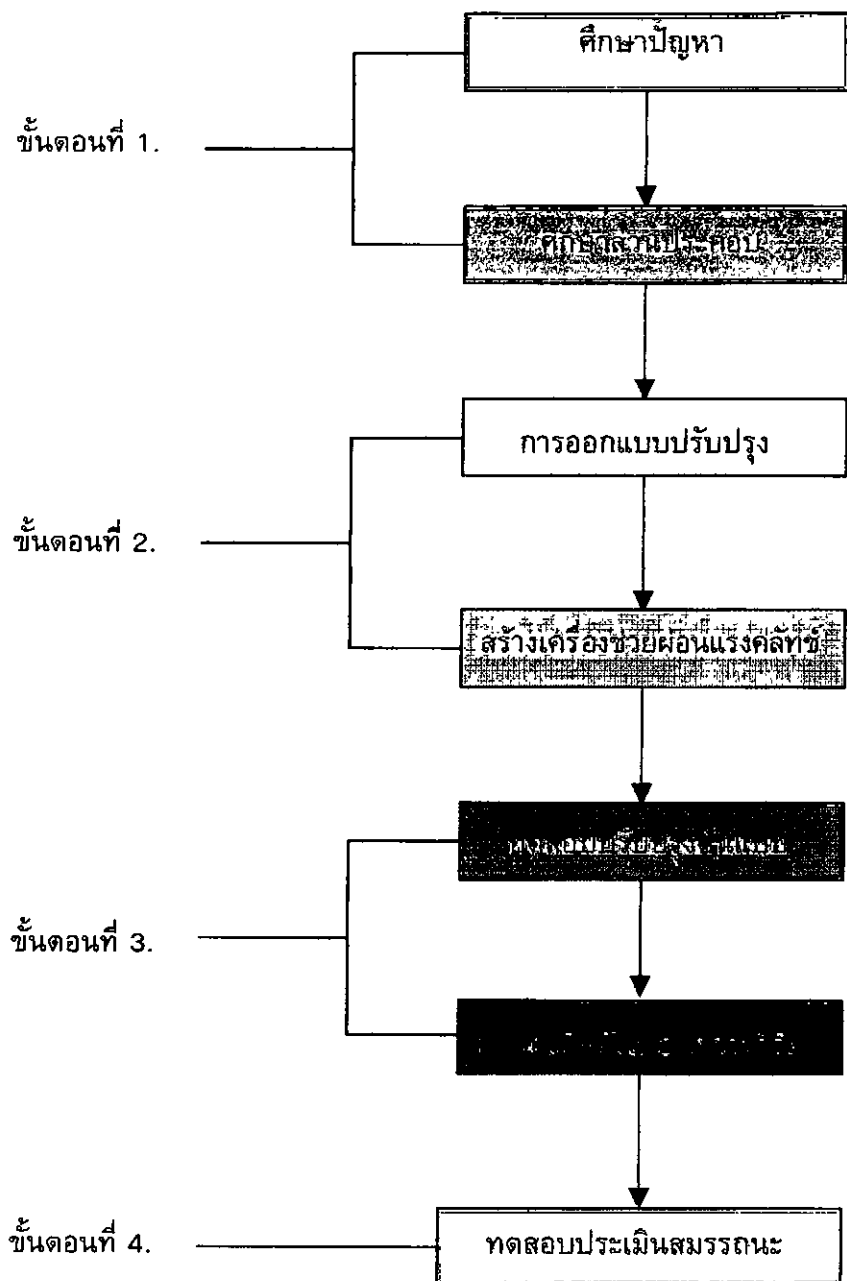
2.1 ศึกษาปัญหา ทำการศึกษารายละเอียดในส่วนประกอบและค้นคว้าวิธีการพัฒนาเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์

2.2 พัฒนางจรเพื่อทดสอบผลการทำงาน เครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็กขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์

2.3 ทดลองติดตั้งใช้ เครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็กขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์

2.4 ทดสอบประเมินสมรรถนะ เครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก
ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์ นำไปใช้งานบนเส้นทางที่มีสภาพการจราจรติดขัดจากสภาพ
เหตุการณ์จริงและแก้ไขข้อบกพร่อง

จากการดำเนินการวิจัยได้แสดงขั้นตอนกระบวนการวิจัย 4 ขั้นตอน ดังภาพประกอบ 30

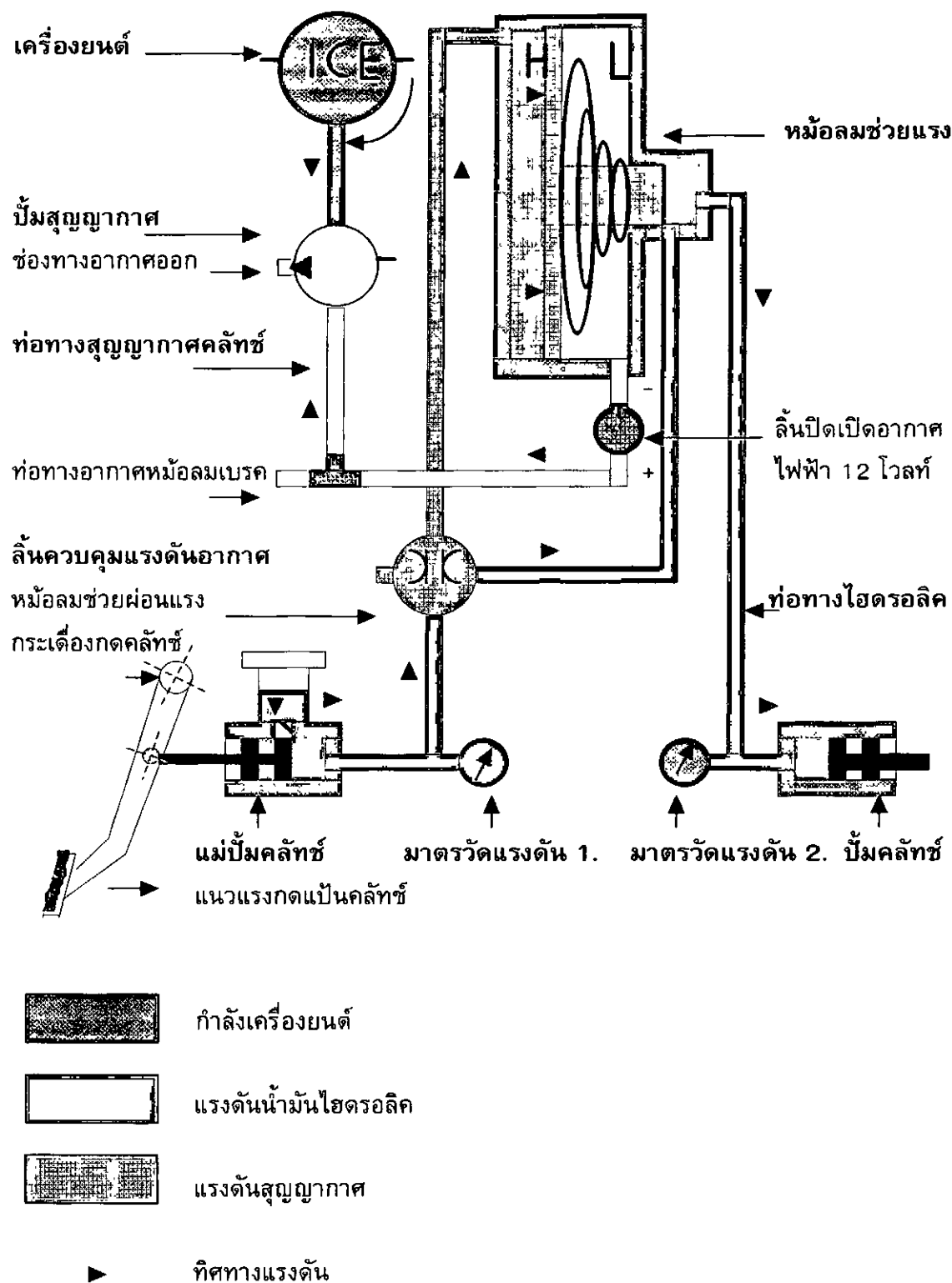


ภาพประกอบ 30 แสดงขั้นตอนกระบวนการดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาปัญหาและส่วนประกอบเพื่อออกแบบพัฒนาเครื่องช่วยผ่อนแรง คลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็กขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์โดยนำไปใช้งานบนเส้นทางที่มีสภาพการจราจรติดขัด ขั้นตอนนี้จะดำเนินการโดยอาศัยหลักการเรียนรู้ปัญหาความจำเป็นที่ต้องใช้คลัทช์อีกครั้ง จากส่วนประกอบของระบบคลัทช์ทั่วไปที่เป็นสาเหตุให้การกดเหยียบแป้นกดคลัทช์ต้องใช้น้ำหนักมาก เพื่อรวบรวมข้อมูลไปใช้ในการพัฒนาเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขณะใช้งานผู้ขับซึ่งจำเป็นต้องกดแป้นคลัทช์เพื่อควบคุมการทำงานบ่อยครั้งในแต่ละครั้งจะต้องใช้กำลังมากเป็นผลให้เกิดอาการเมื่อยล้าต่อกล้ามเนื้อ และ ส่งผลต่อสภาพจิตใจของผู้ขับซึ่งรถยนต์ วิธีการนำหนักการกดแป้นคลัทช์โดยทดกำลังด้วยไฮดรอลิกตามทฤษฎีปาสคาล ซึ่งเกี่ยวข้องกับความดันจากของไหลอยู่ในพื้นที่มีขอบเขตจำกัดการถ่ายแรงที่กระทำจะเปลี่ยนแปลงไปตามภาชนะที่บรรจุในที่จำกัด การทำงานของระบบไฮดรอนิวแมติกเพื่อสร้างกำลังช่วยผ่อนแรงกดแป้นคลัทช์ สมรรถนะของหม้อลมช่วยผ่อนแรงชนิดที่ทำงานโดยสุญญากาศชนิดแยกส่วน ที่ในวงจรระบบเบรกเพื่อหยุดการเคลื่อนที่รถยนต์สามารถช่วยผ่อนแรงเบรครถยนต์ที่แรงกดแป้นเบรก 25-35 ปอนด์ ให้สามารถนำมาใช้ออกแบบพัฒนางานการทำงานเพื่อผ่อนแรงการกดแป้นคลัทช์ จากการศึกษาวงจรการทำงานระบบช่วยผ่อนแรงเบรกแบบสุญญากาศชนิดแยกส่วน การทำงานของแม่ปั๊มและระบบคลัทช์จากเอกสารต่างๆ

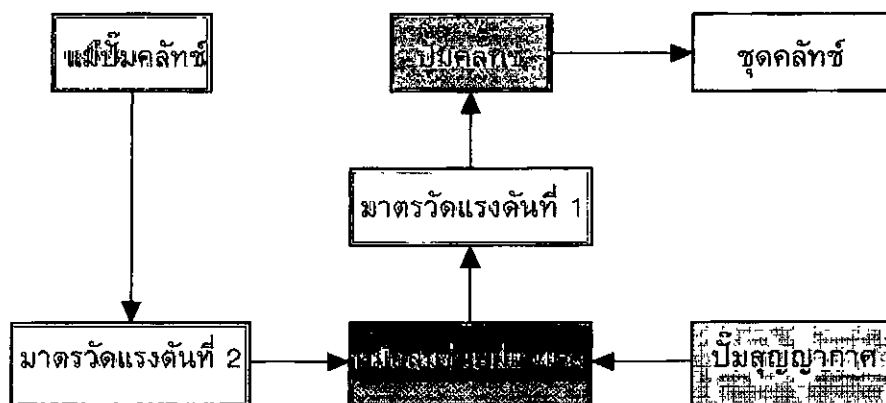
ขั้นตอนที่ 2 ออกแบบและสร้างวงจรเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์ หลังจากได้ทำการศึกษาการทำงานของระบบคลัทช์ผู้วิจัยได้พัฒนางานช่วยผ่อนแรงคลัทช์แบบสุญญากาศชนิดแยกส่วนใช้ในงานวิจัย การวิจัยครั้งนี้ได้ใช้และทดสอบระบบการทำงานเดิมที่ใช้อยู่ในรถยนต์ เป็นระบบการทำงานควบคุมการตัดถ่ายกำลังของคลัทช์ด้วยไฮดรอลิก การกดแป้นคลัทช์กลไกกระเดื่องคลัทช์จะให้การทดแรงการทำงานแบบโมเมนต์ ส่งผ่านกำลังจากแม่ปั๊มคลัทช์ผ่านปั๊มคลัทช์ไปยังระบบคลัทช์โดยได้รับการทดกำลังไม่พอจึงได้ออกแบบให้ใช้หลักการไฮดรอนิวแมติก โดยวิธีการนำแรงดูดสุญญากาศมาเป็นตัวให้กำลังการตัดต่อคลัทช์ โดยแรงดันน้ำมันไฮดรอลิกจากแม่ปั๊มที่ทำงานในระบบจึงเป็นเพียงตัวสั่งการให้หม้อลมช่วยผ่อนแรงทำงาน การทำงานของหม้อลมช่วยผ่อนแรงทำงานได้นั้นต้องอาศัยแรงดูดสุญญากาศที่ต่อเชื่อมไปยัง ปั๊มสุญญากาศที่ติดตั้งอยู่เดิมในระบบเบรคมาสร้างกำลังงานให้เกิดการผ่อนแรงในลักษณะร่วมกันทำงานของโมเมนต์และไฮดรอนิวแมติก จึงดำเนินการสร้างชุดทดสอบผลการทำงานตามที่ได้ออกแบบ เครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์ โดยการสร้างรูปแบบจำลองการติดตั้งแม่ปั๊มคลัทช์ปั๊มคลัทช์ และคลัทช์ในขั้นตอนแรกโดยต่อเชื่อมแนวเส้นทางของวงจรการทำงาน ตามรูปแบบก่อนการพัฒนา เพื่อแสดงทิศทางแรงดัน และการทำงานของระบบคลัทช์แสดงขั้นตอนการทำงานของแม่ปั๊มคลัทช์ สร้างแรงดันให้เกิดแรงดันผ่านตามท่อทางเข้าไปยังปั๊มคลัทช์จนเกิดการเคลื่อนตัวของลูกสูบและส่งผลให้ชุดคลัทช์ทำงาน

ในการดำเนินการสร้างต้นรูปแบบทดสอบ นั้นผู้วิจัยได้สร้างรูปแบบการทำงานโดยติดตั้งแม่ปั๊มคลัทช์ ปั๊มคลัทช์ และชุดคลัทช์ในขั้นตอนแรก ต่อเชื่อมท่อทางน้ำมันไฮดรอลิกให้สามารถแสดงผลการทำงานตามแบบวงจรที่ใช้งานอยู่ในรถยนต์ก่อนการทำการพัฒนา ขั้นตอนต่อไปกำหนดให้ แสดงการติดตั้งหม้อลมช่วยผ่อนแรงแบบสุญญากาศชนิดแยกส่วนชนิดที่เป็นแบบแผ่นไดอะแฟรม ติดตั้งกับแผ่นทดสอบต่อเชื่อมท่อทางน้ำมันจากแม่ปั๊มไปที่ช่องทางเข้าน้ำมันไฮดรอลิกของหม้อลมช่วยผ่อนแรงแบบสุญญากาศชนิดแยกส่วน ต่อเชื่อมท่อทางน้ำมันจากช่องทางออกน้ำมันไฮดรอลิกหม้อลมช่วยผ่อนแรงแบบสุญญากาศชนิดแยกส่วน นำปั๊มคลัทช์สุญญากาศติดตั้งไว้บนรูปแบบทดสอบ การทำงานให้ปั๊มสุญญากาศสร้างแรงดูดอากาศซึ่งต่อท่อดูดลมไปที่หม้อลมช่วยผ่อนแรงแบบสุญญากาศชนิดแยกส่วน จนเกิดแรงดูดกระทำต่อแผ่นไดอะแฟรมเกิดแรงดันอากาศสูงขึ้นไปผลักดันก้านเพล่าซึ่งมีลูกสูบแม่ปั๊มหม้อลมต่อเชื่อมไว้ จึงเป็นทำงานประสานกันกับระบบไฮดรอลิกและนิวเมติกส์ ทำให้เกิดแรงดันน้ำมันไฮดรอลิกไหลเข้าสู่ท่อทางไปยังปั๊มคลัทช์ เพื่อควบคุมการทำงานกำลังของชุดคลัทช์ ดังภาพประกอบ 31



ภาพประกอบ 31 แสดงบล็อกไดอะแกรมการพัฒนาเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์

ขั้นตอนที่ 3 การทดสอบ และ ทดลองติดตั้งระบบการทำงานจากการพัฒนาเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดเป็นคลัทช์ 20 ปอนด์ ใช้หม้อลมช่วยผ่อนแรงแบบสุญญากาศชนิดแยกส่วน ในการทดลองต้องกดเป็นคลัทช์ให้แม่ปั๊มคลัทช์สร้างแรงดันเพื่อส่งกำลังไปควบคุมการทำงานให้กับชุดคลัทช์ นำมาตรวัดแรงดันต่อคล่อมวงจรท่อทางน้ำมันไฮดรอลิก ติดตั้งระหว่างแม่ปั๊มหม้อลมช่วยผ่อนแรงแบบสุญญากาศชนิดแยกส่วนด้านทางออกและปั๊มคลัทช์ ในขณะที่ระบบเครื่องยนต์ไม่ทำงานหม้อลมช่วยผ่อนแรงแบบสุญญากาศชนิดแยกส่วนจะไม่สามารถทำงาน ค่าแรงดันจะเท่ากับการกดเป็นคลัทช์ก่อนการพัฒนาตรวจวัดจุดบันทึกค่าวัดแรงดัน ขั้นต่อไปนำมาตรวัดแรงดันต่อคล่อมท่อทางเดินน้ำมันไฮดรอลิกระหว่างแม่ปั๊มคลัทช์ และแม่ปั๊มหม้อลมช่วยผ่อนแรงแบบสุญญากาศชนิดแยกส่วนด้านช่องทางเข้า จากนั้นทำการเดินระบบเครื่องยนต์ให้กำลังไปขับปั๊มสุญญากาศ ให้สร้างแรงดูดอากาศผ่านท่อสุญญากาศจนเกิดแรงกดกระทำต่อแผ่นไดอะแฟรม ภายในหม้อลมช่วยผ่อนแรงแบบสุญญากาศชนิดแยกส่วนให้ทำงานในการช่วยผ่อนแรงคลัทช์ ตรวจวัดและจดบันทึกค่าวัดแรงดันจากมาตรวัดแทนการตรวจวัดแรงกดที่เป็นกดคลัทช์ที่มีอัตราส่วนทดกลไกกระเดื่องคลัทช์ 6 : 1 และ จดบันทึกค่าที่ได้จากการวัด โดยนำค่าที่ได้จากการวัดทั้งสองแบบเป็นจำนวน 15 ครั้ง ภายในระยะเวลาทดสอบ 15 วัน และ กดที่เป็นกดคลัทช์เพื่อตรวจวัดแรงดันโดยมีความถี่ 5 ครั้งๆ ละ 1-5 วินาที ตามลำดับเปรียบเทียบขนาดแรงดันเป็นปอนด์ต่อตารางนิ้ว เนื่องจากการกดคลัทช์อย่างรวดเร็วอาจมีผลทำให้ค่าวัดอยู่ในระดับต่ำ จะมีผลในการบันทึกเปรียบเทียบในกราฟเส้นแสดงค่าแรงดันที่ต้องแสดงค่าจากระดับศูนย์รวมทั้งสามารถทนต่อการใช้งานหนักได้ดังภาพประกอบ 32



ภาพประกอบ 32 แสดงขั้นตอนการติดตั้งมาตรวัดค่าทดสอบแรงดัน

3.1 การติดตั้งมาตรวัดแรงดัน เพื่อทดสอบค่าแรงดันจากการพัฒนาเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดเป็นคลัทช์ 20 ปอนด์

3.1.1 ติดตั้งมาตรวัดแรงดันที่ 1 วัดแรงกดเป็นคลัทช์ระหว่างปั๊มคลัทช์ และช่องทางออกหม้อลมช่วยผ่อนแรงคลัทช์แบบสุญญากาศชนิดแยกส่วน เพื่อใช้วัดค่าแรงดันก่อนการพัฒนาเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก

3.2.2 ติดตั้งมาตรวัดแรงดันที่ 2 เพื่อวัดแรงดันจาก การพัฒนาเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็กขนาดแรงกดเป็นคลัทช์ 20 ปอนด์ แรงกดเป็นคลัทช์ระหว่างแม่ปั๊มคลัทช์และช่องทางออกหม้อลมช่วยผ่อนแรงแบบสุญญากาศชนิดแยกส่วน มาตรวัดแรงดันที่ใช้ตรวจสอบค่านี้ จะต้องเป็นชนิดมาตรฐานที่ให้ค่าวัดเป็นปอนด์ต่อตารางนิ้วและมีค่าการวัดเท่ากันเพื่อผลในการบันทึกค่าในการตรวจสอบสมรรถนะแรงดัน โดยมีวัตถุประสงค์หาความแตกต่าง และความเที่ยงตรงในการทำงานจากการพัฒนาเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดเป็นคลัทช์ 20 ปอนด์

3.2 การทดลองติดตั้งเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ในการติดตั้งระบบช่วยผ่อนแรงคลัทช์แบบสุญญากาศชนิดแยกส่วนต้องดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

3.2.1 ติดตั้งหม้อลมช่วยผ่อนแรงแบบสุญญากาศชนิดแยกส่วน โดยเลือกตำแหน่งที่ติดตั้งภายในบริเวณห้องเครื่องยนต์ด้านเดียวกับแม่ปั๊มคลัทช์

3.2.2 ติดตั้งท่อน้ำมันไฮดรอลิกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร ชนิดทองแดง ความยาว 1 ฟุต พร้อมข้อต่อขนาดเท่าช่องแรงดันทั้งสองด้านชนิดมีเกลียวต่อเข้ากับแม่ปั๊มคลัทช์ อีกด้านหนึ่งต่อเข้ากับทางเข้าของหม้อลมช่วยผ่อนแรงแบบสุญญากาศชนิดแยกส่วน นำปลายท่อทางน้ำมันไฮดรอลิกที่ถอดออกจากปั๊มคลัทช์ ต่อเข้ากับทางออกของหม้อลมช่วยผ่อนแรงแบบสุญญากาศชนิดแยกส่วน

3.2.3 เติมน้ำมันไฮดรอลิก และ กดแป้นบังคับคลัทช์หลายครั้งเพื่อไล่ฟองอากาศออกจากระบบท่อทางเดินน้ำมันคลัทช์

3.2.4 ตัดท่อทางเดินอากาศระหว่างปั๊มไปที่ หม้อลมช่วยผ่อนแรงแบบสุญญากาศของเบรก นำท่อสามทางโลหะขนาด 4 มิลลิเมตรและท่อทางสุญญากาศขนาด 4 มิลลิเมตร ความยาว 1 ฟุต ต่อเชื่อมกับท่อสามทาง ปลายด้านหนึ่งต่อเข้ากับช่องอากาศหม้อลมช่วยผ่อนแรงแบบสุญญากาศชนิดแยกส่วน และ ต่อคล้องด้วยลวดลมนไฟฟ้าขนาดแรงดัน 12 โวลท์เพื่อสะดวกในการทดสอบ

3.2.5 ติดตั้งมาตรวัดแรงดันน้ำมันไฮดรอลิกที่ 1 คล่อมท่อทางระหว่างแม่ปั๊มคลัทช์ไปยังช่องทางเข้าหม้อลมช่วยผ่อนแรงแบบสุญญากาศชนิดแยกส่วน ติดตั้งมาตรวัดแรงดันน้ำมันไฮดรอลิกที่ 2 คล่อมท่อทางเดินระหว่างปั๊มคลัทช์ไปยังช่องทางออก หม้อลมช่วยผ่อนแรงแบบสุญญากาศชนิดแยกส่วน

3.2.6 กดแป้นคลัทช์วัดหาค่าแรงดันในขณะที่เครื่องยนต์ไม่ทำงาน และวัดหาค่าแรงดันในขณะที่เครื่องยนต์ทำงาน อีกครั้งพร้อมทั้งบันทึกค่าแรงกดต้นไว้ดำเนินการซ้ำเช่นนี้เป็นจำนวน 15 ครั้งภายในระยะเวลาทดสอบ 15 วันและทำการกดที่แป้นกดคลัทช์เพื่อตรวจวัดแรงดัน

โดยมีความถี่ 5 ครั้ง/สัปดาห์ 1-5 วินาทีตามลำดับมาเปรียบเทียบกับขนาดแรงดันเป็นปอนด์ต่อตารางนิ้ว น้ำค่าที่วัดได้ทั้งสองครั้งมาเปรียบเทียบกันในขั้นตอนต่อไป

3.2.7 นำรถยนต์บรรทุกทุกขนาดเล็กอีซูซุดีเซล ขนาดความจุปริมาตรเครื่องยนต์ 2500 ซี.ซี. รุ่น 4 เจเอ 1. ที่ติดตั้งเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์ ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์ ไปใช้งานจริง เพื่อการประเมินผลหากพบข้อขัดข้องจะได้ทำการแก้ไขปรับปรุงการทำงานให้ดีขึ้น

ขั้นตอนที่ 4 ทดสอบสมรรถนะ และประเมินผลเบื้องต้น

4.1 ตรวจสอบการทำงานของคลัทช์กำลังหลังการปรับปรุง เพื่อตรวจหาความผิดปกติ เช่น มีฟองอากาศค้างอยู่ในท่อทางน้ำมัน การรั่วซึมของน้ำมันไฮดรอลิก และ อากาศจากหม้อลมช่วยแรงเป็นไปตามที่ได้ศึกษาออกแบบไว้หรือไม่

4.2 ตรวจวัดค่าแรงดันด้วยมาตรวัดที่ 1 และ 2 เพื่อเปรียบเทียบค่าสมรรถนะแรงดันจากแรงดันในท่อทางไฮดรอลิกก่อนและหลังการปรับปรุงเป็นจำนวนครั้ง ตามระยะเวลาที่กำหนด จากสภาพการใช้งานที่มีการจราจรติดขัด นำผลการตรวจวัดบันทึกค่าในตารางและกราฟเส้นแสดงสมรรถนะการทำงาน

4.3 คณะผู้เชี่ยวชาญด้านยานยนต์ 4 ท่าน คือ

4.3.1 นาย ปราจิน เอี่ยมล้ำเนา ตำแหน่งผู้อำนวยการบริษัท กรังด์ปรีซ์ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด

4.3.2 นาย ขวัญชัย ปภัสร์พงษ์ ตำแหน่ง ผู้อำนวยการบริษัท สีสากล จำกัด

4.3.3 นาย ชัย ไยเมือง ตำแหน่ง หัวหน้าฝ่ายซ่อมบำรุงบริษัท ดรีเพอร์ อีซูซุ เซลล์ จำกัด

4.3.4 นาย สมใจ พุ่มนีก ตำแหน่ง นายช่างฝ่ายซ่อมบำรุงบริษัท ดรีเพอร์ อีซูซุ เซลล์ จำกัด

ตรวจสอบทดลองและทำการประเมินผลการทำงานของเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์ รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์ โดยคณะผู้เชี่ยวชาญที่ทำการประเมินผลในครั้งนี้จะต้องมีประสบการณ์ด้านยานยนต์อย่างน้อย 5 ปี โดยมีขั้นตอนดังนี้

4.3.1 ศึกษาวิธีการทดสอบ และ ข้อมูลเพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบประเมินสมรรถนะ

4.3.2 สร้างแบบประเมินสมรรถนะ ของเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ซึ่งมีรายละเอียดประกอบด้วย 4 ตอน คือ

ตอนที่ 1 คำชี้แจงวัตถุประสงค์และการตอบแบบประเมินสมรรถนะ

ตอนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้เชี่ยวชาญด้านยานยนต์

ตอนที่ 3 แบบสอบถามความคิดเห็น แบบมาตราส่วนประมาณค่าคะแนน เป็น 5 ระดับตามวิธีของ ลิเคอร์ท (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2535 : 114)

ผลการประเมินในระดับดีมาก	หมายถึง 5
ผลการประเมินในระดับดี	หมายถึง 4
ผลการประเมินในระดับพอใช้	หมายถึง 3
ผลการประเมินในระดับต้องปรับปรุง	หมายถึง 2
ผลการประเมินในระดับใช้ไม่ได้	หมายถึง 1

สมรรถนะที่ใช้ในการประเมินประกอบด้วย 5 ด้าน ดังนี้

1. ลักษณะกายภาพทั่วไป
2. ลักษณะการใช้งาน
3. ลักษณะการบำรุงรักษาและซ่อมแซม
4. ความเหมาะสมด้านการนำไปใช้งาน
5. การกีดกันมลพิษโดยมาตรวัด

ตอนที่ 4 เป็นคำถามแบบปลายเปิด สำหรับผู้ตอบแบบประเมินแสดงความคิดเห็นเพิ่มเติมและให้ข้อเสนอแนะต่าง ๆ

4.4 ตรวจสอบแบบประเมิน

4.4.1 นำแบบประเมินเสนอต่อกรรมการผู้ควบคุมปริญญาโท เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง

4.4.2 นำแบบประเมินเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญด้านยานยนต์ 4 ท่าน ตรวจสอบความถูกต้องอีกครั้งหนึ่ง

4.5 การเก็บรวบรวมข้อมูลดังนี้

4.5.1 ขอหนังสือจากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ไปยังหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

4.5.2 แนะนำส่วนประกอบและการใช้งานก่อนผู้เชี่ยวชาญด้านยานยนต์ทดสอบ

4.5.3 เมื่อทดสอบแล้วผู้เชี่ยวชาญแสดงความคิดเห็นลงในแบบประเมินสมรรถนะ เพื่อนำผลการประเมินไปวิเคราะห์ต่อไป

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

นำแบบทดสอบ และประเมินผลการพัฒนาเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ทำการวิเคราะห์หาสมรรถนะด้วยวิธีการทางสถิติดังต่อไปนี้

1. ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านยานยนต์เกี่ยวกับลักษณะการใช้งาน ความเหมาะสมด้านการนำไปใช้งาน ลักษณะการบำรุงรักษา และลักษณะทางกายภาพทั่วไป

2. นำค่าคะแนนที่ได้มาคำนวณ

2.1 หาค่าเฉลี่ยเลขคณิต

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$$

เมื่อ $\bar{X}$ คือ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต
 $\sum X$ คือ ผลรวมของข้อมูลทั้งหมด
 N คือ จำนวนกลุ่มตัวอย่างประชากร

2.2 หาค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานใช้สูตร

$$SD = \sqrt{\frac{N\sum X^2 - (\sum X)^2}{N(N-1)}}$$

เมื่อ SD คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่างประชากร
 X คือ ข้อมูลแต่ละจำนวน
 N คือ จำนวนของกลุ่มตัวอย่างประชากร

3. กำหนดเกณฑ์ในการแปลความหมายข้อมูลที่เป็นค่าต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

คะแนนเฉลี่ยระหว่าง	แปลความ
4.50 - 5.00	ดีมาก
3.50 - 4.49	ดี
2.50 - 3.49	พอใช้
1.50 - 2.49	ต้องปรับปรุง
1.00 - 1.49	ใช้ไม่ได้

เสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลจะกระทำ 2 แบบดังนี้

1. เสนอเป็นการบรรยายเกี่ยวกับสมรรถนะทั้ง 5 ด้าน จากการพัฒนาเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ตารางแปลความหมายเกี่ยวกับข้อมูลที่เป็นการประเมินผลหาสมรรถนะ จากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านยานยนต์

2. ส่วนข้อมูลจากคำถามปลายเปิดแสดงความเห็นอิสระผู้ส่งให้นำคำตอบ และข้อเสนอแนะมารวบรวมเรียงลำดับเสนอเป็นข้อ จากข้อที่มีความถี่ของผู้ตอบมากที่สุดไปจนถึงน้อยที่สุดตามลำดับ

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนที่ได้กำหนดไว้ ซึ่งประกอบด้วยในขั้นตอนที่ 1 ได้ทำการศึกษาปัญหา ค้นคว้าวิธีการพัฒนาเครื่องช่วยผ่อนแรง คลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ตอนที่ 2 สร้างวงจรเพื่อทดสอบผลการทำงาน ของเครื่องช่วยผ่อนแรง คลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ตอนที่ 3 ทดลองติดตั้งใช้เครื่องช่วยผ่อนแรง คลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก หลังจากทดสอบปรับปรุงแล้วดำเนินการใน ขั้นตอน ที่ 4 ประเมินสมรรถนะของเครื่องช่วยผ่อนแรง คลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก เมื่อผู้วิจัยดำเนินการวิจัยเสร็จสิ้นทั้ง 4 ขั้นตอน นำข้อมูลการประเมินสมรรถนะ มาวิเคราะห์ ซึ่งได้ผลดังนี้

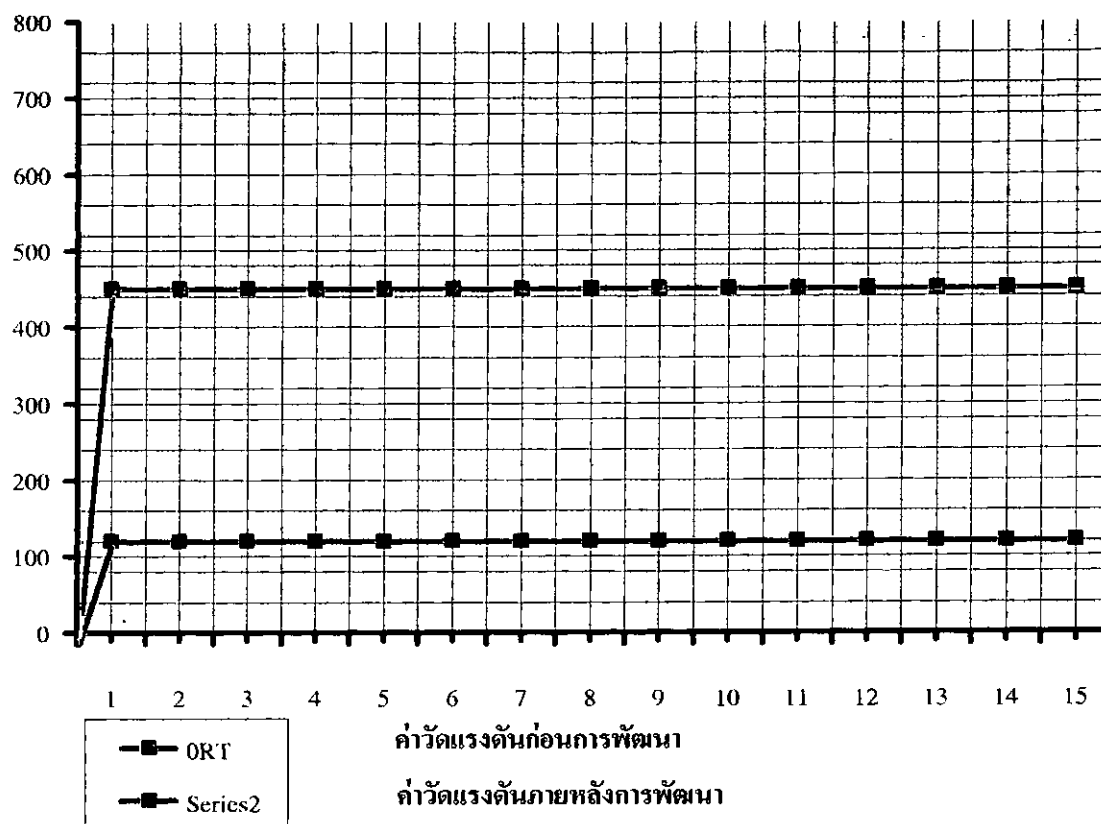
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลของ เครื่องช่วยผ่อนแรง คลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก

การทดสอบสมรรถนะเบื้องต้น โดยดำเนินการติดตั้งมาตรวัดแรงดันน้ำมันไฮดรอลิกที่ 1 คล่อมท่อทางระหว่างปั๊มคลัทช์ ไปยังช่องทางออกหม้อลมช่วยผ่อนแรงแบบสูญญากาศชนิดแยกส่วน ติดตั้งมาตรวัดแรงดันน้ำมันไฮดรอลิกที่ 2 คล่อมท่อทางเดินระหว่างแม่ปั๊มคลัทช์ไปยังช่องทางเข้าหม้อลมช่วยผ่อนแรงแบบสูญญากาศชนิดแยกส่วน กดแป้นคลัทช์วัดหาค่าแรงดันขณะที่เครื่องยนต์ไม่ทำงาน และทำการกดที่แป้นกดคลัทช์วัดหาค่าแรงดันในขณะที่เครื่องยนต์ทำงานพร้อมทั้งบันทึกค่าแรงดันไว้ตรวจวัดแรงดันโดยมีระยะเวลาความถี่ 1- 5 วินาที ต่อการกดแป้นกดคลัทช์ 1 ครั้ง ตามลำดับโดยเปรียบเทียบขนาดแรงดันเป็นปอนด์ต่อตารางนิ้ว ทำการทดสอบเป็นจำนวน 15 ครั้ง ภายในระยะเวลาทดสอบ 15 วัน นำผลการตรวจวัดทั้งสองครั้งมาบันทึกเปรียบเทียบการทำงาน ในตาราง 2 และกราฟเส้นแสดงระดับค่าสมรรถนะการพัฒนาเครื่องช่วยผ่อนแรง คลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์

ตาราง 2 บันทึกผลทดสอบเปรียบเทียบค่าวัดแรงดันการกดเป็นคลัทช์ก่อน และ หลังจากการพัฒนาเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดเป็นคลัทช์ 20 ปอนด์

ครั้งที่ทดสอบ	ค่าวัดแรงดันก่อนการพัฒนา					ค่าวัดแรงดันหลังการพัฒนา				
	เวลาวินาที/การกดที่แป้นคลัทช์ 1 ครั้ง					เวลาวินาที/การกดที่แป้นคลัทช์ 1 ครั้ง				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	450	450	450	450	450	120	120	120	120	120
2	450	450	450	450	450	120	120	120	120	120
3	450	450	450	450	450	120	120	120	120	120
4	450	450	450	450	450	120	120	120	120	120
5	450	450	450	450	450	120	120	120	120	120
6	450	450	450	450	450	120	120	120	120	120
7	450	450	450	450	450	120	120	120	120	120
8	450	450	450	450	450	120	120	120	120	120
9	450	450	450	450	450	120	120	120	120	120
10	450	450	450	450	450	120	120	120	120	120
11	450	450	450	450	450	120	120	120	120	120
12	450	450	450	450	450	120	120	120	120	120
13	450	450	450	450	450	120	120	120	120	120
14	450	450	450	450	450	120	120	120	120	120
15	450	450	450	450	450	120	120	120	120	120
—										
X	450	450	450	450	450	120	120	120	120	120

จากตาราง 2 นำผลทดสอบเปรียบเทียบค่าวัดแรงดันการพัฒนาเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดเป็นคลัทช์ 20 ปอนด์ ที่ทำการทดสอบค่าแรงดันในขณะที่เครื่องยนต์ไม่ทำงานและในขณะที่เครื่องยนต์ทำงาน นำค่าแรงดันบันทึกไว้ในตารางกำหนดระดับค่าสมรรถนะค่าวัดแรงดันวัดได้โดยเฉลี่ย 120 ปอนด์ อัตราทดกระเดื่องกดแป้นคลัทช์ 6 : 1 แรงกดที่แป้นคลัทช์ 20 ปอนด์ ตามลำดับเปรียบเทียบขนาดแรงดันเป็นปอนด์ต่อตารางนิ้ว นำผลค่าวัดเปรียบเทียบกันทางด้านวิศวกรรมโดยกราฟเส้นแสดงสมรรถนะการทำงานในภาพประกอบ 33



ภาพประกอบ 33 แสดงค่าสมรรถนะเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รยยนต์บรรทุกขนาดเล็กขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์

แสดงผลการทดสอบค่าสมรรถนะ ของเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รยยนต์บรรทุกขนาดเล็กขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์ วัดแรงดันก่อนการพัฒนา 450 ปอนด์ (มาตรวัดแรงดันที่ 1) เปรียบเทียบแรงดันจากการวัดภายหลังการพัฒนา 120 ปอนด์ (มาตรวัดแรงดันที่ 2) ค่าที่ได้จากการวัดสมรรถนะการกดแป้นคลัทช์ใช้กำลังสร้างแรงดันต่ำกว่าก่อนการพัฒนา โดยนำค่าที่ได้จากการวัดทั้งสองแบบเป็นจำนวน 15 ครั้ง ภายในระยะเวลาทดสอบ 15 วัน และทำการกดที่แป้นกดคลัทช์เพื่อตรวจวัดแรงดันโดยใช้ระยะเวลา 5-1 วินาที ต่อการกดแป้นคลัทช์ 1 ครั้ง ทดสอบความถี่ 5 ครั้งตามลำดับ เปรียบเทียบสมรรถนะการทำงานตามระยะเวลาทดสอบได้ค่าการตรวจวัดอยู่ในระดับดี โดยวัดขนาดแรงดันเป็นปอนด์ต่อตารางนิ้ว

การประเมินสมรรถนะโดยผู้เชี่ยวชาญ ของเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์ นั้นผู้วิจัยประเมินสมรรถนะ 5 ด้าน ดังนี้คือ ลักษณะทางกายภาพทั่วไป ลักษณะการใช้งาน ลักษณะการบำรุงรักษาและซ่อมแซม ความเหมาะสมด้านการนำไปใช้งาน และ การกดแป้นคลัทช์โดยมาตรวัดของเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็กซึ่งมีรายละเอียดผลการวิเคราะห์ทั้ง 5 ด้านดังต่อไปนี้

ตาราง 3 การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพทั่วไป ของเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์

รายละเอียดด้านสมรรถนะ	$\bar{X}$	SD	แปลความ
1. การออกแบบมีรูปร่างสวยงาม	4.00	.82	ดี
2. การออกแบบแยกส่วนติดตั้งและประกอบได้	3.50	.57	ดี
3. การติดตั้งอุปกรณ์มีความมั่นคง	3.75	.50	ดี
4. การออกแบบติดตั้งกระทัดรัด	4.25	.96	ดี
รวม	3.88	.74	ดี

จากตาราง 3 สามารถวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพทั่วไปของเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์ ตามรายละเอียดสมรรถนะดังนี้

การออกแบบมีรูปร่างสวยงาม ของเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์ มีรูปร่างสวยงาม ข้อมูลจากตารางแสดงว่าขนาดอยู่ในระดับดี คือ มีค่าเฉลี่ย 4.00

การออกแบบแยกส่วนติดตั้งและประกอบได้ ของเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์ สามารถแยกส่วนติดตั้งและประกอบได้ข้อมูลจากตารางแสดงว่าอยู่ในระดับดี คือมีค่าเฉลี่ย 3.50

การติดตั้งอุปกรณ์มีความมั่นคงของเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์ การติดตั้งมีความมั่นคงข้อมูลจากตารางแสดงว่าอยู่ในระดับดี คือมีค่าเฉลี่ย 3.75

การออกแบบติดตั้งกระดัดรัด ของเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์ การออกแบบติดตั้งกระดัดรัดข้อมูลจากตารางแสดงว่าอยู่ในระดับดีคือมีค่าเฉลี่ย 4.25

การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพทั่วไป ของเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์ ข้อมูลจากตารางการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพทั่วไปของเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็กขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์ แสดงว่าอยู่ในระดับดีคือมีค่าเฉลี่ย 3.88

ตาราง 4 การวิเคราะห์ลักษณะการใช้งาน ของเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็กขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์

รายละเอียดด้านสมรรถนะ	$\bar{X}$	SD	แปลความ
1. เพิ่มความสะดวกสบายในการขับขี่	4.25	.50	ดี
2. ความคล่องตัวในการกดแป้นคลัทช์	3.75	.50	ดี
3. ระยะการกดแป้นคลัทช์สั้นลง	3.75	.50	ดี
4. ความนุ่มนวลในการออกรถยนต์	4.75	.50	ดีมาก
5. น้ำหนักแรงกดแป้นคลัทช์คงที่เท่ากันทุกครั้ง	4.25	.96	ดี
รวม	4.15	.62	ดี

จากตาราง 4 สามารถวิเคราะห์ลักษณะการใช้งาน ของเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์ ตามรายละเอียดสมรรถนะดังนี้

เพิ่มความสะดวกสบายในการขับขี่ ของเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์ ข้อมูลจากตารางความสะดวกสบายในการขับขี่ แสดงว่าอยู่ในระดับดีมาก คือมีค่าเฉลี่ย 4.25

ความคล่องตัวในการกดแป้นคลัทช์ ของเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์ ข้อมูลจากตารางความคล่องตัวในการกดแป้นคลัทช์ แสดงว่าอยู่ในระดับดี คือมีค่าเฉลี่ย 3.75

ระยะการกดแป้นคลัทช์สั้นลง ของเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์ ข้อมูลจากตารางในด้านระยะการกดแป้นคลัทช์แสดงว่าอยู่ในระดับดี คือมีค่าเฉลี่ย 3.75

ความนุ่มนวลในการออกรถยนต์ ของเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์ ข้อมูลจากตารางแสดงว่าความนุ่มนวลในการออกรถยนต์อยู่ในระดับดีมาก คือมีค่าเฉลี่ย 4.75

น้ำหนักการกดแป้นคลัทช์คงที่เท่ากันทุกครั้ง ของเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์ ข้อมูลจากตารางน้ำหนักการกดแป้นคลัทช์คงที่เท่ากันทุกครั้ง แสดงว่าอยู่ในระดับดี คือมีค่าเฉลี่ย 4.25

การวิเคราะห์ลักษณะการใช้งานของเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์ ข้อมูลจากตารางการวิเคราะห์ลักษณะการใช้งานของเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์ แสดงว่าอยู่ในระดับดี คือมีค่าเฉลี่ย 4.15

ตาราง 5 การวิเคราะห์ลักษณะการบำรุงรักษาและซ่อมแซม ของเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์

รายละเอียดด้านสมรรถนะ	$\bar{X}$	SD	แปลความ
1. การบำรุงรักษาทำได้ง่าย	4.25	.96	ดี
2. การจัดหาเครื่องมือซ่อมแซมทำได้สะดวก	4.25	.50	ดี
3. อุปกรณ์ส่วนประกอบมีราคาถูก	4.00	.82	ดี
4. การซ่อมแซมไม่ทำให้เครื่องยนต์เสียหาย	4.25	.50	ดี
รวม	4.19	.72	ดี

จากตาราง 5 สามารถวิเคราะห์ลักษณะการบำรุงรักษา และ ซ่อมแซม ของเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์ ตามรายละเอียดสมรรถนะดังนี้

การบำรุงรักษาทำได้ง่าย ของเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์ ข้อมูลจากตารางการบำรุงรักษาทำได้ง่ายแสดงว่าอยู่ในระดับดี คือมีค่าเฉลี่ย 4.25

การจัดหาเครื่องมือซ่อมแซมทำได้สะดวก ของเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์ ข้อมูลจากตารางแสดงการจัดหาเครื่องมือทำได้สะดวก แสดงว่าอยู่ในระดับดี คือมีค่าเฉลี่ย 4.25

อุปกรณ์ส่วนประกอบมีราคาถูก ของเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์ ข้อมูลจากตารางอุปกรณ์ส่วนประกอบมีราคาถูกแสดงว่าอยู่ในระดับดี คือมีค่าเฉลี่ย 4.00

การซ่อมแซมไม่ทำให้เครื่องยนต์เสียหาย ของเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์ ข้อมูลจากตารางการซ่อมแซมไม่ทำให้เครื่องยนต์เสียหายแสดงว่าอยู่ในระดับดี คือมีค่าเฉลี่ย 4.25

การวิเคราะห์ลักษณะการบำรุงรักษา และ ซ่อมแซม ของเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์ ข้อมูลจากตารางวิเคราะห์ลักษณะการบำรุงรักษาและซ่อมแซมของเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์ แสดงว่าอยู่ในระดับดี คือมีค่าเฉลี่ย 4.19

ตาราง 6 การวิเคราะห์ความเหมาะสมด้านการนำไปใช้งาน ของเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์

รายละเอียดด้านสมรรถนะ	$\bar{X}$	SD	แปลความ
1. สามารถช่วยผ่อนแรงการกดแป้นคลัทช์ได้	4.75	.50	ดีมาก
2. สามารถปรับแตงน้ำหนักแรงการกดแป้นคลัทช์ได้	3.75	.50	ดี
3. สามารถติดตั้งในจุดต่างๆได้หลายตำแหน่ง	3.25	.50	พอใช้
รวม	3.92	.50	ดี

จากตาราง 6 สามารถวิเคราะห์ความเหมาะสมด้านการนำไปใช้งาน ของเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็กขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์ ตามรายละเอียดสมรรถนะดังนี้

สามารถช่วยผ่อนแรงการกดแป้นคลัทช์ได้ของเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์ ข้อมูลจากตารางแสดงว่าสามารถช่วยผ่อนแรงการกดแป้นคลัทช์ได้อยู่ในระดับดีมาก คือมีค่าเฉลี่ย 4.75

สามารถปรับแตงน้ำหนักแรงกดแป้นคลัทช์ได้ ของเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์ ข้อมูลจากตารางสามารถปรับแตงน้ำหนักแรงกดแป้นคลัทช์ได้แสดงว่าอยู่ในระดับดี คือมีค่าเฉลี่ย 3.75

สามารถติดตั้งในจุดต่างๆได้หลายตำแหน่ง ของเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์ ข้อมูลจากตารางสามารถติดตั้งในจุดต่างๆได้หลายตำแหน่งแสดงว่าอยู่ในระดับพอใช้ คือมีค่าเฉลี่ย 3.25

การวิเคราะห์ความเหมาะสมด้านการนำไปใช้งาน ของเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็กขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์ ข้อมูลจากตารางการวิเคราะห์ความเหมาะสมด้านการนำไปใช้งาน ของเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็กขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์ แสดงว่าอยู่ในระดับดี คือมีค่าเฉลี่ย 3.92

ตาราง 7 การวิเคราะห์การกดแป้นคลัทช์โดยมาตรวัด ของเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์

รายละเอียดด้านสมรรถนะ	$\bar{X}$	SD	แปลความ
1. แรงกดแป้นคลัทช์ต่ำกว่า 20 ปอนด์	4.75	.50	ดีมาก
2. ระยะกดแป้นคลัทช์น้อยลงขณะใช้เครื่องช่วยผ่อนแรง	3.75	.50	ดี
3. เครื่องช่วยผ่อนแรงไม่มีผลเสียหายต่อเครื่องยนต์	3.75	.50	ดี
4. เปลี่ยนระดับอัตราทดรอบเกียร์ได้ดีขึ้น	4.00	.82	ดี
รวม	4.06	.58	ดี

จากตาราง 7 สามารถวิเคราะห์ด้านการกดแป้นคลัทช์โดยมาตรวัด ของเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็กขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์ ตามรายละเอียดสมรรถนะดังนี้

แรงกดแป้นคลัทช์ต่ำกว่า 20 ปอนด์ ของเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็กขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์ ข้อมูลจากตารางแรงกดแป้นคลัทช์ต่ำกว่า 20 ปอนด์ แสดงว่าอยู่ในระดับดีมาก คือมีค่าเฉลี่ย 4.75

ระยะกดแป้นคลัทช์น้อยลงขณะใช้เครื่องช่วยผ่อนแรง ของเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็กขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์ ข้อมูลจากตารางระยะกดแป้นคลัทช์น้อยลงขณะใช้เครื่องช่วยผ่อนแรงแสดงว่าอยู่ในระดับดี คือมีค่าเฉลี่ย 3.75

เครื่องช่วยผ่อนแรงไม่มีผลเสียหายต่อเครื่องยนต์ของเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์ ข้อมูลจากตารางเครื่องช่วยผ่อนแรงไม่มีผลเสียหายต่อเครื่องยนต์แสดงว่าอยู่ในระดับดี คือมีค่าเฉลี่ย 3.75

เปลี่ยนระดับอัตราทดรอบเกียร์ได้ดีขึ้น ของเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็กขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์ ข้อมูลจากตารางการเปลี่ยนระดับอัตราทดรอบเกียร์ได้ดีขึ้นแสดงว่าอยู่ในระดับดี คือมีค่าเฉลี่ย 4.00

การวิเคราะห์การกดแป้นคลัทช์โดยมาตรวัด ของเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็กขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์ ข้อมูลจากตารางการวิเคราะห์สมรรถนะด้านการกดแป้นคลัทช์โดยมาตรวัด ของเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็กขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์ แสดงว่าอยู่ในระดับดี คือมีค่าเฉลี่ย 4.06

หลังจากทราบผลการวิเคราะห์สมรรถนะ ของเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็กขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์ ทั้ง 5 ด้านแล้วผู้วิจัยได้นำผลการวิเคราะห์สมรรถนะทั้ง 5 ด้าน รวมเข้าด้วยกันแล้วหาค่าเฉลี่ยดังนี้

ตาราง 8 การวิเคราะห์สมรรถนะ ของเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก
ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์

สมรรถนะด้าน	$\bar{X}$	SD	แปลความ
1. ลักษณะทางกายภาพทั่วไป	3.88	.82	ดี
2. ลักษณะการใช้งาน	4.15	.62	ดี
3. ลักษณะการบำรุงรักษาและซ่อมแซม	4.19	.72	ดี
4. ความเหมาะสมด้านการนำไปใช้งาน	3.92	.50	ดี
5. การกดแป้นคลัทช์โดยมาตรวัด	4.06	.58	ดี
รวม	4.04	.64	ดี

จากตาราง 8 สามารถวิเคราะห์สมรรถนะ ของเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์ ได้ดังนี้

ผลรวมค่าเฉลี่ยสมรรถนะที่เกี่ยวกับลักษณะทางกายภาพทั่วไปเท่ากับ 3.88 ลักษณะการใช้งาน 4.15 ลักษณะการบำรุงรักษาและซ่อมแซม 4.19 ความเหมาะสมด้านการนำไปใช้งาน 3.92 และการกดแป้นคลัทช์โดยมาตรวัด 4.06 รวมค่าเฉลี่ยทั้งหมดเท่ากับ 4.04 โดยมีจำนวนสมรรถนะทั้งหมด 5 ด้าน จากนั้นนำข้อมูลทั้งหมดหาค่าเฉลี่ยจึงสามารถสรุปได้ว่า สมรรถนะของเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์อยู่ในระดับดีตามสมมุติฐานที่ตั้งไว้

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

สำหรับข้อมูลจากคำถามปลายเปิดผู้เชี่ยวชาญด้านรถยนต์ 4 ท่านได้แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับสมรรถนะต่างๆ ของเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์ โดยมีรายละเอียดเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงเป็นจำนวน 8 ข้อ ดังแสดงในตารางที่ 9

ตาราง 9 จัดลำดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ด้านยานยนต์จำนวน 4 ท่าน ที่มีต่อสมรรถนะของเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์

ลำดับความคิดเห็น	จำนวนผู้แสดงความคิดเห็น
1. ใช้ท่อทางแรงดันไฮดรอลิกที่ทำจากท่อเหล็กจะแข็งแรงทนทานมากกว่าท่อชนิดทองแดง	4
2. ติดตั้งถังพักแรงดันอากาศเพื่อสำรองแรงดันให้เพียงพอขณะใช้งานหนัก	3
3. ใช้ท่อทางแรงดันอากาศสำเร็จรูปที่มีความความโค้งเหมาะสมและมีความหนาเพื่อป้องกันการตีบตันได้ง่าย	2
4. ติดตั้งลิ้นอากาศป้องกันแรงดันไหลกลับเพื่อควบคุมแรงดันให้คงที่	2
5. ติดตั้งหลอดไฟเตือนแสดงการทำงาน เครื่องช่วยผ่อนแรงเพื่อป้องกันการกดแป้นคลัทช์ค้าง	2
6. ปรับเพิ่มขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ให้สูงขึ้น น้ำหนักเบามากจะให้อาการสัมผัสแบบคลัทช์ไม่ได้ทำงาน	1
7. ปรับตั้งระยะฟรีกระเดื่องกดแม่ปั๊มให้มากขึ้น การผ่อนแรงมากพอต่อการทำงาน ลดระยะการกดแป้นคลัทช์ให้น้อยลง	1
8. ใช้เข็มขัดรัดท่อจ่ายลมชนิดสปริงรัด แทนชนิดขันด้วยสกรูให้ความแข็งแรง และ สะดวกในการซ่อมแซม	1

จากตาราง 9 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านยานยนต์จำนวน 4 ท่านที่มีต่อสมรรถนะของเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์ ดังนี้คือ

จากลำดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านยานยนต์จำนวน 4 ท่าน พบว่าการใช้ท่อทางแรงดันที่ทำจากท่อเหล็กจะแข็งแรงทนทานกว่าท่อชนิดทองแดง ผู้เชี่ยวชาญด้านยานยนต์แสดงความคิดเห็นตรงกันจำนวน 4 ท่าน

จากลำดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านยานยนต์จำนวน 4 ท่าน พบว่าการติดตั้งถังพักแรงดันอากาศเพื่อสำรองแรงดันให้เพียงพอขณะใช้งานหนักผู้เชี่ยวชาญด้านยานยนต์ แสดงความคิดเห็นตรงกันจำนวน 3 ท่าน

จากลำดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านยานยนต์จำนวน 4 ท่าน พบว่าการใช้ท่อยางแรงดันอากาศสำเร็จรูปความโค้งเหมาะสมและมีความหนาเพื่อป้องกันการตีบตันได้ง่าย ผู้เชี่ยวชาญด้านยานยนต์แสดงความคิดเห็นตรงกันจำนวน 2 ท่าน

จากลำดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านยานยนต์จำนวน 4 ท่าน พบว่าการติดตั้งลิ้นอากาศป้องกันแรงดันไหลกลับเพื่อควบคุมแรงดันให้คงที่ ผู้เชี่ยวชาญด้านยานยนต์แสดงความคิดเห็นตรงกันจำนวน 2 ท่าน

จากลำดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านยานยนต์จำนวน 4 ท่าน พบว่าการติดตั้งหลอดไฟเตือนแสดงการทำงานของเครื่องช่วยผ่อนแรงเพื่อป้องกันการกดแป้นคลัทช์ค้าง ผู้เชี่ยวชาญด้านยานยนต์แสดงความคิดเห็นตรงกันจำนวน 2 ท่าน

จากลำดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านยานยนต์จำนวน 4 ท่าน พบว่าควรการปรับเพิ่มขนาดแรงกดของแป้นคลัทช์ให้สูงขึ้นน้ำหนักเบามาก จะให้อาการสัมผัสแบบคลัทช์ไม่ได้ทำงาน ผู้เชี่ยวชาญด้านยานยนต์แสดงความคิดเห็นจำนวน 1 ท่าน

จากลำดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านยานยนต์จำนวน 4 ท่าน พบว่าควรทำการปรับตั้งระยะฟรีกระเดื่องกดแม่ปั๊มให้มากขึ้น การผ่อนแรงมากพอต่อการทำงานลดระยะการกดแป้นคลัทช์ให้น้อยลง ผู้เชี่ยวชาญด้านยานยนต์แสดงความคิดเห็นจำนวน 1 ท่าน

จากลำดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านยานยนต์จำนวน 4 ท่าน พบว่าการใช้เข็มขัดรัดท่อแบบสปริงรัดแทนชนิดขันสกรูให้ความแข็งแรงและสะดวกต่อการใช้งาน ผู้เชี่ยวชาญด้านยานยนต์แสดงความคิดเห็นจำนวน 1 ท่าน

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเพื่อพัฒนาเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์ และทำการทดสอบเพื่อประเมินสมรรถนะโดยให้ผู้เชี่ยวชาญด้านยานยนต์จำนวน 4 ท่าน เป็นผู้ประเมินสมรรถนะดังกล่าวได้ดำเนินการเป็นขั้นตอนดังต่อไปนี้

จุดมุ่งหมายในการวิจัย

เพื่อการพัฒนาเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์

ความสำคัญของการวิจัย

เป็นการลดอาการเมื่อยล้ากล้ามเนื้อ จากการกดแป้นคลัทช์ให้กับผู้ขับขี่รถยนต์

สมมุติฐานการวิจัย

การพัฒนาเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์ โดยมีผู้เชี่ยวชาญด้านยานยนต์ 4 ท่าน ทำการประเมินสมรรถนะอยู่ในระดับดี

การดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้แบ่งกระบวนการวิจัยออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้คือ

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาปัญหา ทำการศึกษารายละเอียดในส่วนประกอบและค้นคว้าวิธีการพัฒนาเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็กขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์

ขั้นตอนที่ 2 สร้างแบบวงจรเพื่อทดสอบผลการทำงานของเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์

ขั้นตอนที่ 3 ทดลองติดตั้งใช้ เครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์

ขั้นตอนที่ 4 ทดสอบประเมินสมรรถนะ ของเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็กขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์นำไปใช้งานบนเส้นทางที่มีสภาพการจราจรติดขัดจากสภาพเหตุการณ์จริง และดำเนินการแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ นำไปให้คณะผู้เชี่ยวชาญ

ด้านยานยนต์ 4 ท่าน ตรวจสอบทดลองทำการประเมินผลการทำงานของเครื่องช่วยผ่อนแรง คลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็กขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์ โดยคณะผู้เชี่ยวชาญที่ทำการประเมินผลในครั้งนี้ จะต้องมีประสบการณ์ด้านยานยนต์อย่างน้อย 5 ปี ทำการประเมินสมรรถนะ 5 ด้าน ดังนี้

การทดสอบประเมินสมรรถนะ

1. ลักษณะทางกายภาพทั่วไป
2. ลักษณะการใช้งาน
3. ลักษณะการบำรุงรักษาและซ่อมแซม
4. ความเหมาะสมด้านการนำไปใช้งาน
5. การกดแป้นคลัทช์โดยมาตรวัด

ผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้กล่าวถึงผลการวิจัยโดยละเอียดไปแล้วในบทที่ 4 แต่เพื่อให้เกิดความเข้าใจ โดยชัดเจนเกี่ยวกับผลของการวิจัย ผู้วิจัยจึงนำผลการวิจัยมานำเสนอเป็นหัวข้อเพื่อให้สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของการวิจัยดังนี้

1. ในการพัฒนาเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องรวมทั้งคู่มือการซ่อมบำรุงจากผู้ผลิตนั้นพบว่าแรงกดแป้นคลัทช์ใช้น้ำหนัก 57.45 ปอนด์ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานโดยทั่วไปของรถยนต์ปรกติควรอยู่ระหว่าง 25-35 ปอนด์ การพัฒนาโดยหม้อลมช่วยแรงแบบสูญญากาศชนิดแยกส่วนเสริมแรงดัน สามารถลดแรงกดแป้นคลัทช์โดยใช้น้ำหนักกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์ ทำให้มีสมรรถนะด้านการกดแป้นคลัทช์สูงกว่ารถยนต์ทั่วไป รวมทั้งรถยนต์บรรทุกขนาดเล็กที่ใช้ในการวิจัย

2. ประเมินสมรรถนะ การพัฒนาเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ใช้แรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์ โดยผู้เชี่ยวชาญด้านยานยนต์ 4 ท่าน ทำการทดสอบและประเมินสมรรถนะทั้ง 5 ด้าน ผลการประเมินสมรรถนะอยู่ในระดับดีและสอดคล้องกับสมมุติฐานที่ผู้วิจัยได้ตั้งไว้

อภิปรายผล

จากสมมุติฐานการวิจัยที่ตั้งไว้ในบทที่ 1 นั้น ปรากฏผลการวิจัยในบทที่ 4 สอดคล้องกับสมมุติฐานที่ได้ตั้งไว้คือ ความสามารถในการลดแรงกดแป้นคลัทช์ให้กับรถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ที่ได้ทำการวิจัยในครั้งนี้ผู้ผลิตสร้างระบบคลัทช์ที่ใช้แรงกดแป้นคลัทช์ 57.45 ปอนด์

จากการทดสอบด้วยมาตรวัดแรงดัน หลังการวิจัยครั้งนี้ทำให้การใช้แรงกดแป้นคลัทช์ลดลงได้ โดยใช้แรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์ เนื่องจากการศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า หม้อลมช่วยแรงแบบสูญญากาศชนิดแยกส่วนสามารถทำหน้าที่ ทดแทนแรงการกดแป้นคลัทช์ จากแรงกดด้วยกล้ามเนื้อขา และเท้า เพื่อตัดถ่ายกำลังในการขับเคลื่อนหม้อลมช่วยแรงแบบสูญญากาศชนิดแยกส่วนให้สมรรถนะทดแทนแรงดัน 250 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว หากต้องการ กำลังเพิ่มหรือลดแรงกดแป้นคลัทช์ สามารถกระทำได้โดยการเพิ่มหรือลดขนาดของหม้อลมช่วยแรงแบบสูญญากาศชนิดแยกส่วนหรือขนาดของปั๊มสูญญากาศ จากเหตุผลที่กล่าวมานี้ทำให้ การออกแรงกล้ามเนื้อขาและเท้าที่ใช้ควบคุมบังคับลดน้อยลงด้วย ผลจากการศึกษาวิจัยนี้จะทำให้ อาการเมื่อยล้ากล้ามเนื้อ ความเมื่อยล้าร่างกายส่วนอื่นๆรวมทั้งความเครียดจะลดลงด้วย

ในด้านสมมุติฐานการวิจัยเกี่ยวกับสมรรถนะ ซึ่งทำการทดสอบ และประเมินผลโดยผู้เชี่ยวชาญด้านยานยนต์ 4 ท่าน ในด้านสมรรถนะต่างๆ พบว่า

ลักษณะทางกายภาพทั่วไป อยู่ในระดับดีคือ มีค่าเฉลี่ย 3.88 อันเป็นผลรวมค่าเฉลี่ยของลักษณะทางกายภาพทั่วไป ถ้าตรวจสอบจากตารางที่ 3 จะพบว่าการออกแบบแยกส่วน และการติดตั้งอุปกรณ์มีความมั่นคงจะต้องแก้ไขปรับปรุงให้ดีขึ้น

ลักษณะการใช้งาน อยู่ในระดับดีคือ มีค่าเฉลี่ย 4.15 อันเป็นผลรวมค่าเฉลี่ยของลักษณะการใช้งานถ้าตรวจสอบจากตารางที่ 4 จะพบว่าความนุ่มนวลในการออกเครื่องยนต์จากการลดแรงกดได้นั้นอยู่ในระดับดีมากเป็นไปตามจุดมุ่งหมายของการวิจัย

การบำรุงรักษาและซ่อมแซม อยู่ในระดับดีคือมีค่าเฉลี่ย 4.19 อันเป็นผลรวมค่าเฉลี่ยของการบำรุงรักษาและซ่อมแซม ถ้าตรวจสอบจากตารางที่ 5 จะพบว่า การนำไปใช้งานการบำรุงรักษาและซ่อมแซมทำได้สะดวกไม่ทำให้เครื่องยนต์เสียหายอยู่ในระดับดี

ความเหมาะสมในด้านการนำไปใช้งาน อยู่ในระดับดีคือมีค่าเฉลี่ย 3.92 อันเป็นผลรวมค่าเฉลี่ยของความเหมาะสมในด้านการนำไปใช้งาน ถ้าตรวจสอบจากตารางที่ 6 จะพบว่าสามารถช่วยผ่อนแรงกดแป้นคลัทช์อยู่ในระดับดีมาก แต่สามารถติดตั้งในจุดต่างๆ ได้หลายตำแหน่ง อยู่ในระดับพอใช้เนื่องจากพื้นที่ห้องเครื่องยนต์ได้ติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆไว้มากทำให้มีพื้นที่จำกัด

การกดแป้นคลัทช์โดยมาตรวัด อยู่ในระดับดีคือมีค่าเฉลี่ย 4.06 อันเป็นผลรวมค่าเฉลี่ยของการกดแป้นคลัทช์โดยมาตรวัดถ้าตรวจสอบจากตารางที่ 7 จะพบว่าแรงกดแป้นคลัทช์อยู่ในระดับดีมาก ข้ออื่นๆอยู่ในระดับดี

การวิเคราะห์สมรรถนะทั้ง 5 ด้าน ดังกล่าวอยู่ในระดับดีคือมีค่าเฉลี่ย 4.04 จากนั้น นำข้อมูลทั้งหมดมาอภิปรายผลสรุปได้ว่า สมรรถนะของเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์ สอดคล้องกับสมมุติฐานที่ตั้งไว้ จากแบบสอบถามปลายเปิดผู้เชี่ยวชาญด้านยานยนต์ทั้ง 4 ท่าน ได้ให้ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะที่มีต่อสมรรถนะของเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์ การใช้ท่อทางแรงดันที่ควรเปลี่ยนไปใช้ท่อโลหะแทนท่อชนิดทองแดง ผู้วิจัยอยู่ในขั้นทดลองต้นแบบวัสดุดังกล่าวจะผลิตจากโรงงานจึงจะพอดีกับงานวิจัย ในด้านการติดตั้งถังพักแรงดันอากาศ

เพื่อสำรองแรงดันผู้เชี่ยวชาญด้านยานยนต์ทั้ง 4 ท่าน ได้ให้ความคิดเห็นตรงกันจำนวน 3 ท่าน ผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงปริมาณการใช้ลมในระบบให้เพียงพอ ทดแทนติดตั้งถังพักสำรองแรงดัน ในด้านการใช้ท่อแรงดันอากาศที่มีความโค้งเหมาะสม ผู้เชี่ยวชาญด้านยานยนต์จำนวน 2 ท่าน ได้ให้ความคิดเห็นสามารถปรับปรุงได้ เช่นเดียวกับการใช้ท่อทางแรงดันไฮดรอลิค ในด้านการติดตั้งล้นป้องกันแรงดันไหลกลับเพื่อควบคุมแรงดัน ผู้เชี่ยวชาญด้านยานยนต์จำนวน 2 ท่าน ได้ให้ความคิดเห็นผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงการใช้ลมในระบบให้เพียงพอ การติดตั้งหลอดไฟเตือน แสดงการทำงานเพื่อแจ้งเตือนการกดแป้นคลัทช์ค้าง ผู้เชี่ยวชาญด้านยานยนต์จำนวน 2 ท่าน ได้ให้ความคิดเห็น ผู้วิจัยจึงได้ทำการติดตั้งเพิ่มเติมตามที่ได้รับความคิดเห็นและข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญด้านยานยนต์ จากการทดสอบและประเมินผลเป็นระยะเวลานานพบว่ามีการเมื่อส่วนต่างๆ เช่นบริเวณต้นคอและกล้ามเนื้อหลัง โดยที่ระบบการทำงานและมาตรวัดแรงดันยังอยู่ในระดับปกติเท่ากับขณะเริ่มต้น จึงควรทำการศึกษาสภาพปัญหานี้ในโอกาสต่อไป

ข้อเสนอแนะ

เพื่อให้การวิจัยนี้สมบูรณ์ ผู้วิจัยจึงได้เสนอแนะบางสิ่งบางอย่างเพื่อให้เกิดแนวคิดใหม่ๆ เกี่ยวกับงานวิจัยนี้และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในอนาคตดังนี้

1. การพัฒนาเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ควรทำการปรับปรุงส่วนที่ยังข้อบกพร่องตามข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญด้านยานยนต์ที่ให้ความคิดเห็นเสนอแนะ

1.1 ท่อทางแรงดันไฮดรอลิค ที่ทำจากท่อเหล็กที่มีขนาดความโค้ง และสามารถบานปลายท่อได้โดยช่างผู้ชำนาญหรือใช้อุปกรณ์อื่นทดแทน เช่น แหวนอัดกันรั่วแทนการบานปลาย จะทำให้มีความแข็งแรงมากขึ้น

1.2 จัดหาท่อทางแรงดันอากาศที่มีขนาดและความโค้งเหมาะสมใกล้เคียงจากโรงงานที่ผลิตท่อทางแรงดันโดยเฉพาะจะทำให้ดูสวยงาม ทนทาน และปลอดภัยยิ่งขึ้น

1.3 แขน และ ขาจับยึดที่สร้างจากโลหะหนาและขึ้นรูปจากการปั๊ม ขุดเรียบกันสนิม จะทำให้แข็งแรงทนทาน สวยงาม

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

2.1 การพัฒนาปรับปรุงอื่นๆ ในโอกาสต่อไปควรนำเสนอรูปแบบทำการศึกษาวิจัยที่เป็นความร่วมมือกันระหว่างสถานศึกษา และ องค์กรด้านอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง เพื่อผลผลิตที่ดีขึ้นมีการแลกเปลี่ยนเทคโนโลยี สามารถจัดหาทุนในการวิจัย และเป็นการสร้างงานในอนาคต

2.2 ควรทำการวิจัยพัฒนากับรถยนต์ประเภทอื่นๆ และจัดทำอุปกรณ์ส่วนประกอบเป็นชุดสำเร็จรูปออกไปเผยแพร่ สะดวกต่อการติดตั้ง มีมาตรฐานสูง

2.3 ควรทำการศึกษาวิจัย พัฒนาชุดผ่อนแรงคลัทช์ให้เป็นแบบใช้งานกึ่งอัตโนมัติ ที่มีต้นทุนต่ำและสมรรถนะดี

2.4 ควรทำการศึกษาวิจัยพัฒนาเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์โดยวิธีอื่นๆ เช่น ไฟฟ้าแรงดันน้ำมันหล่อลื่น หรือ แรงดันไอน้ำ

2.5 ควรทำการศึกษาวิจัยเปรียบเทียบระบบคลัทช์ชนิดต่างๆ ในด้านสมรรถนะ หรือความแตกต่างของระบบคลัทช์จากผู้ผลิตอื่นๆ เพื่อการพัฒนาเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์ ให้กว้างขวางยิ่งขึ้น

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กำพล ปรัชฎารุ่งโรจน์. เครื่องลำเลียงเม็ดพลาสติก. วิทยานิพนธ์ ค.อม. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2538. อัดสำเนา.
- ขวัญชัย สันทิพย์สมบุรณ์ และปานเทพ ชนินทร. ไฮดรอลิคอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ : เอช-เอน การพิมพ์, 2532.
- จำนง ถนอม. ระบบเบรครถยนต์. กรุงเทพฯ : เจเนอรัลบุคส์, 2532.
- จำนง ถนอม. ความต้องการบุคลากรในการซ่อมบำรุงยานยนต์. วิทยานิพนธ์ ค.อม. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2539. อัดสำเนา.
- ชาลิต สุนทรพุกต์. กังวัดปริชัย. กรุงเทพฯ : กังวัดปริชัยอินเตอร์เนชั่นแนล, 2539.
- ชวิน เป้าอารีย์. ช่างยนต์. กรุงเทพฯ : สุพจน์การพิมพ์, 2522.
- ชาญชัย แซ่แต้. ชุดขับไฮดรอลิค. วิทยานิพนธ์ ค.อม. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2536. อัดสำเนา.
- ธีรยุทธ สุวรรณประทีป. ศัพท์วิศวกรรมยานยนต์. กรุงเทพฯ : ฟิสิกส์เซ็นเตอร์การพิมพ์, 2536.
- ธีรยุทธ สุวรรณประทีป. เรื่องน่ารู้เกี่ยวกับรถยนต์. กรุงเทพฯ : ฟิสิกส์เซ็นเตอร์การพิมพ์, 2538.
- นพดล เวชสวัสดิ์. ปีกล้อและใบเรือ. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น, 2538.
- นันทศักดิ์ ศิริโชค. เทคนิครถยนต์สำหรับประชาชน. กรุงเทพฯ : นำอักษรการพิมพ์, 2535.
- ตรีเพชร อีชูชู เซลส์. คู่มือการใช้และบำรุงรักษารถยนต์. กรุงเทพฯ : พี.เอ็น.การพิมพ์, 2533.
- ตรีเพชร อีชูชู เซลส์. คู่มือการซ่อม. กรุงเทพฯ : อาร์ตโปรเกรส, 2536.
- ตรีเพชร อีชูชู เซลส์. คู่มือการซ่อม. กรุงเทพฯ : อาร์ตโปรเกรส, 2539.
- บุญทัน สมนึก และ อัมพร ภักดีชาติ. เครื่องยนต์. กรุงเทพฯ : อักษรประเสริฐ, 2536.
- พวงรัตน์ ทวีรัตน์. วิธีวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : ฟิงเกอร์ปรีนแอนด์มีเดีย จำกัด, 2535.
- พรชัย จงจิตรไพศาล. เครื่องกรองสูญญากาศ. วิทยานิพนธ์ ค.อม. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2530. อัดสำเนา
- มนตรี โชติวรวิทย์ และ คณะ. ไฮดรอลิค. กรุงเทพฯ : เอช-เอน การพิมพ์, 2533.
- ยรรยง เหล่าตระกูล. การขนถ่ายด้วยไฮดรอลิคและเทคโนโลยีสารหนืดในท่อ. วิทยานิพนธ์ ค.อม. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2533. อัดสำเนา.
- ศรีณรงค์ ตูทองคำ. ทฤษฎีและปฏิบัติส่งกำลัง. กรุงเทพฯ : เจริญธรรม, 2532.
- วิชัย แหวนเพชร. พินเนศวร 1. (2) : 31-35 ; ธันวาคม-พฤษภาคม 2535.
- วิทยาลัยเทคนิค คณะอาจารย์. พจนานุกรมช่างอังกฤษ-ไทย. กรุงเทพฯ : เสริมวิทย์บรรณการ, 2538.
- วิธานยนตรกรรม หลวง. พจนานุกรมช่าง. กรุงเทพฯ : รุ่งศิลป์การพิมพ์ (1977), 2518.
- สทิต หาญอุตสาหกรรม. เทคนิครถยนต์สำหรับประชาชน. กรุงเทพฯ : นำอักษรการพิมพ์, 2535.

- สรรยา แก้วกมล. ชุดทดลองวงจรนิวแมติก. วิทยานิพนธ์ ค.อม. กรุงเทพฯ :
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2535. อัดสำเนา.
- สุวิทย์ อภิชัยกุลสุทนต์. ทฤษฎีและวิธีปรับเครื่องยนต์. กรุงเทพฯ : อักษรบริการ, 2514.
- หริส สุตะบุตร. เครื่องสูบลมและเครื่องอัด. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภา, 2526.
- อร่าม เรืองฤทธิ์. การแก้ไขข้อขัดในรถยนต์และการปรับแต่งเครื่องยนต์. กรุงเทพฯ :
ประเสริฐศิริการพิมพ์, 2530.
- อร่าม เรืองฤทธิ์. เครื่องยนต์แก๊สโซลีน. กรุงเทพฯ : ศิลปสนองการพิมพ์, 2531.
- อุดม ล้อมวงศ์พานิช. เทคโนโลยีดีเซล. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2535.
- อำพล ชี้อตรง. ไฮดรอลิกและนิวแมติก. กรุงเทพฯ : ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ, 2527.
- Bontingi, John Jay. The total quality Classroom. 2nd ed. New York : Houghton Mifflin,
1992.
- Macchia, Peter, Jr. "Assessing Educational Processes," Measurement Tool. 7th ed. Education
Tecnology, 1993.
- Duagherty, Robert L. and Joseph B. Franzini and E. Jonh Finnermor.
Fluid Mechanics with Engineering Applications. 4th ed. New York:Mc Graw-Hill,
1982.
- Billiet, Walter E. and Alley Walter. Automotive Suspension Steering Alignment and Brakes.
3rd ed. Illinois : American Technical Publishers Inc., 1982.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ตารางแสดงค่าของรถยนต์บรรทุกขนาดเล็กอีซูซุดีเซลขนาดความจุปริมาตร 2500ซี.ซี.รุ่น4जेए1.

ตาราง 10 เปรียบเทียบค่ามาตรฐานด้านขนาดและกำลังแรงดันด้านอุปกรณ์ทดแรงให้

ระบบคลัทช์ ในรถยนต์บรรทุกขนาดเล็กอีซูซุดีเซลขนาดความจุปริมาตร 2500ซี.ซี.รุ่น4जेए1.

ลำดับ ที่	รายการอุปกรณ์	ขนาดความ กว้าง / นิ้ว	ขนาดพื้นที่ / ตารางนิ้ว	อัตรากำลัง / ปอนด์
1	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางในแผ่นกดคลัทช์	6.00	28.26	-
2	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางรอบนอกแผ่นกดคลัทช์	8.85	61.48	-
3	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางแผ่นผ้าคลัทช์	2.85	33.22	-
4	แรงกดสปริงกดแผ่นคลัทช์	-	-	1103.00
5	ขนาดความยาวกระเดื่องกดคลัทช์จากจุดหมุน ถึงปั้มคลัทช์	5.00	-	-
6	ขนาดความยาวกระเดื่องกดคลัทช์จากจุดหมุน ถึงลูกปืนคลัทช์	2.50	-	-
7	ขนาดแรงกดปลายกระเดื่องกดคลัทช์อัตราทด 2:1	-	-	551.50
8	ขนาดความโตปั้มคลัทช์	0.81	0.50	-
9	ขนาดความโตแม่ปั้มคลัทช์	0.62	0.30	-
10	ขนาดแรงกดที่ลูกสูบแม่ปั้มคลัทช์อัตราทด 6:1	-	-	344.68
11	ขนาดความยาวกระเดื่องกดแม่ปั้มคลัทช์จาก จุดหมุนถึงแม่ปั้มคลัทช์	2.00	-	-
12	ขนาดความยาวกระเดื่องกดแม่ปั้มคลัทช์จาก จุดหมุนถึงแป้นกดคลัทช์	12.00	-	-
13	ขนาดแรงกดที่ปลายกระเดื่องแป้นกดคลัทช์ อัตราทด 6:1	-	-	57.45
14	ขนาดความโตหม้อลมช่วยแรง (ปั้มทำงานที่ ขนาดแรงดัน 8 ปอนด์/ตารางนิ้ว)	6.50	33.16	250.00

กำลังกด แรงดัน และอัตราทดจากสมรรถนะของอุปกรณ์ที่เป็นผลต่อการวิจัยในครั้งนี้

ตาราง 11 ผลการสุ่มสำรวจปริมาณการใช้รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก อีซูซุดีเซลขนาดความจุ
ปริมาตร 2500 ซี.ซี. รุ่น4เจเอ1.

วันที่ทำการสุ่มสำรวจ	ถนนแจ้งวัฒนะ		ถนนรามคำแหง		ถนนรัชดาภิเษก	
	6.00- 8.00	16.00- 18.00	6.00- 8.00	16.00- 18.00	6.00- 8.00	16.00- 18.00
พฤษหัตถ์ 1 กพ. 39	143	150	185	144	125	113
ศุกร์ 2 กพ. 39	159	180	95	127	174	140
เสาร์ 3 กพ. 39	122	135	180	131	127	156
อาทิตย์ 4 กพ. 39	137	184	149	170	155	178
จันทร์ 5 กพ. 39	152	172	132	125	171	184
อังคาร 6 กพ. 39	158	153	131	177	164	145
พุธ 7 กพ. 39	140	190	181	115	147	183
ค่าเฉลี่ยปริมาณรถยนต์อีซูซุ	145	166	164	141	151	157

สรุปผลค่าเฉลี่ยการนำรถยนต์บรรทุกขนาดเล็กอีซูซุดีเซล ขนาดความจุปริมาตร
2500 ซี.ซี.รุ่น4เจเอ1. มาใช้งานบนเส้นทางตามวัน เวลาดังกล่าวเป็นจำนวน 154 คัน

ตาราง 12 ปริมาณยอดการจำหน่ายรถยนต์บรรทุกขนาดเล็กอีซูซุดีเซลขนาดความจุปริมาตร 2500 ซี.ซี.รุ่น4เจเอ1. สํารวจข้อมูลจาก บริษัท ดรีเพอร์อีซูซุเซลส์ จำกัด สำนักงานใหญ่ 1705 ถนนพหลโยธิน ลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 1090(อัสสำเนา)

ปี พ.ศ.	ปริมาณการจำหน่ายต่อคัน	เขตนครหลวง	เขตภูมิภาค
2535	55,571	37,147	18,424
2536	71,345	56,155	15,230
2537	82,156	56,408	25,748
2538	99,417	72,015	27,402
2539	51,384	15,907	35,477
ผลรวม	359,873	237,592	122,281

ยอดการขายของปีพุทธศักราช 2539 ตรวจสอบข้อมูลได้เฉพาะช่วงไตรมาสแรก

ตาราง 13 ผลการสุ่มทดสอบปริมาณการกีดกันคลัทช์ต่อระยะทาง 1 กิโลเมตร วันพฤหัสบดี
ที่ 1 ถึง วันพุธที่ 7 กุมภาพันธ์ 2539

ข้อที่	ช่วงเวลาที่ทำการทดสอบ	ถนนแจ้งวัฒนะ จำนวนครั้ง	ถนนราคำแหง จำนวนครั้ง	ถนนรัชดาภิเษก จำนวนครั้ง
1	6.00-8.00	60	50	40
	16.00-18.00	80	70	50
2	6.00-8.00	90	100	80
	16.00-18.00	120	80	60
3	6.00-8.00	70	80	80
	16.00-18.00	90	60	50
4	6.00-8.00	60	90	70
	16.00-18.00	80	100	80
5	6.00-8.00	100	80	60
	16.00-18.00	80	70	50
6	6.00-8.00	90	80	70
	16.00-18.00	100	90	60
7	6.00-8.00	80	60	50
	16.00-18.00	90	50	40
ค่าเฉลี่ยต่อระยะทาง 1 กิโลเมตร ช่วงเวลาเช้า และ เวลากลางวัน		85	75	60

ผลการสุ่มทดสอบปริมาณการกีดกันคลัทช์ต่อระยะทาง 1 กิโลเมตร ตามวันเวลาและ
สถานที่ทำการทดสอบได้ค่าเฉลี่ย 73 ครั้ง

ตาราง 14 วิเคราะห์ผลการพัฒนาเครื่องมือช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์

ข้อ ที่	รายละเอียด	ระดับการประเมิน			Ex	$\bar{x}$	N	Ex^2	N Ex^2	$(Ex)^2$	$NEx^2 - (Ex)^2$	$\frac{NEx^2 - (Ex)^2}{N(N-1)}$		SD
		ดี มาก	ดี	พอ ใช้								$NEx^2 - (Ex)^2$	$N(N-1)$	
1. ลักษณะทางกายภาพทั่วไป														
1	การออกแบบมีรูปร่างสวยงาม	5	4	3	16	4.00	4	66	264	256	8	0.67	0.82	
2	การออกแบบแยกส่วนติดตั้งประกอบได้	5	4	3	14	3.50	4	50	200	196	4	0.33	0.57	
3	การติดตั้งอุปกรณ์มีความมั่นคง		4	4	15	3.75	4	57	228	225	3	0.25	0.50	
4	การออกแบบติดตั้งกระทัดรัด	5	4	3	17	4.25	4	75	300	289	11	0.92	0.96	
					15.50	3.88	4	62	248	241.50	6.50	0.54	0.74	
2. ลักษณะการใช้งาน														
1	เพิ่มความสะดวกสบายในการขับขี่	5	4	4	17	4.25	4	73	292	289	3	0.25	0.50	
2	ความคล่องตัวในการกดแป้นคลัทช์		4	4	15	3.75	4	57	228	225	3	0.25	0.50	
3	ระยะการกดแป้นคลัทช์สั้นลง		4	4	15	3.75	4	57	228	225	3	0.25	0.50	
4	ความนุ่มนวลในการออกถยนต์	5	5	4	19	4.75	4	91	364	361	3	0.25	0.50	
5	น้ำหนักแรงกดคลัทช์ทั้งที่เท้ากันทุกครั้ง	5	4	3	17	4.25	4	75	300	289	11	0.92	0.96	
					16.60	4.15	4	70.60	282.40	277.80	4.60	0.38	0.62	

ตาราง 14 (ต่อ) วิเคราะห์ผลการพัฒนาเครื่องมือช่วยผ่อนแรงคลัตช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคลัตช์ 20 ปอนด์

ข้อ ที่	รายละเอียด	ระดับการประเมิน			E x	$\bar{x}$	N	Ex^2	$N Ex^2$	(Ex^2)	$NEx^2 - (Ex^2)$	$\frac{NEx^2 - (Ex^2)}{N(N-1)}$	SD
		ดี มาก	ดี	พอ ใช้									
3. ลักษณะการบำรุงรักษาและซ่อมแซม													
1	การบำรุงรักษาทำได้ง่าย	5	4	3	17	4.25	4	75	300	289	11	0.92	0.96
2	การจัดหาเครื่องมือซ่อมแซมทำได้สะดวก	5	4	4	17	4.25	4	73	292	289	3	0.25	0.50
3	อุปกรณ์ส่วนประกอบมีราคาถูก	5	4	3	16	4.00	4	66	264	256	8	0.67	0.82
4	การซ่อมแซมไม่ทำให้เครื่องยนต์เสียหาย	5	4	4	17	4.25	4	73	292	289	3	0.25	0.50
4. ความเหมาะสมด้านการนำไปใช้งาน													
1	สามารถช่วยผ่อนแรงการกดแป้นคลัทช์ได้	5	5	4	19	4.75	4	91	364	361	3	0.25	0.50
2	สามารถปรับตั้งน้ำหนักแรงกดคลัทช์ได้	5	4	4	15	3.75	4	57	228	225	3	0.25	0.50
3	สามารถติดตั้งในจุดต่างๆ ได้หลายตำแหน่ง	5	4	3	13	3.25	4	43	172	169	3	0.25	0.50
5. การกดแป้นคลัทช์โดยมาตรวัด													
1	แรงกดแป้นคลัทช์ต่ำกว่า 20 ปอนด์	5	5	4	19	4.75	4	91	364	361	3	0.25	0.50
2	ระยะกดคลัทช์น้อยขณะใช้เครื่องมือผ่อนแรง	5	4	4	15	3.75	4	57	228	225	3	0.25	0.50
3	เครื่องมือช่วยผ่อนแรงไม่มีผลเสียต่อเครื่อง	5	4	4	15	3.75	4	57	228	225	3	0.25	0.50
4	เปลี่ยนระดับอัตราทดรอบเกียร์ได้ดีขึ้น	5	4	4	16	4.00	4	66	264	256	8	0.67	0.82
					16.25	4.06	4	67.75	271.00	257.50	4.25	0.36	0.58
ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบสมรรถนะ					16.15	4.04	4	67.15	276.21	261.84	5.32	0.41	0.64

ภาคผนวก ข

แบบประเมินสมรรถนะในการพัฒนาเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก
ขนาดแรงกดยานยนต์ 20 ปอนด์

**แบบประเมินชุดนี้ เป็นแบบทดสอบความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านยานยนต์เกี่ยวกับ
สมรรถนะในการพัฒนาเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกด
แป้นคลัทช์ 20 ปอนด์**

คำชี้แจง แบบประเมินชุดนี้แบ่งออกเป็น 4 ตอน

ตอนที่ 1 วัตถุประสงค์ของแบบประเมิน

ตอนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้เชี่ยวชาญด้านยานยนต์ ประกอบด้วยคำถาม
จำนวน 5 ข้อ

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านยานยนต์ เกี่ยวกับสมรรถนะในการพัฒนา
เครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์ จำนวน 20 ข้อ

- | | |
|---------------------------------|-------|
| 1. ลักษณะกายภาพทั่วไป | 4 ข้อ |
| 2. ลักษณะการใช้งาน | 5 ข้อ |
| 3. ลักษณะการบำรุงรักษา | 4 ข้อ |
| 4. ความเหมาะสมด้านการนำมาใช้งาน | 3 ข้อ |
| 5. การกดแป้นคลัทช์ | 4 ข้อ |

ตอนที่ 4 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญด้านเครื่องยนต์

ตอนที่ 1 วัตถุประสงค์ของแบบประเมิน

แบบประเมินชุดนี้สร้างขึ้นเพื่อเป็นเครื่องมือในการวิจัย มีวัตถุประสงค์ของ
แบบประเมินเพื่อสำรวจความคิดเห็น ของผู้เชี่ยวชาญด้านยานยนต์เกี่ยวกับสมรรถนะในการพัฒนา
เครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น

ดังนั้นแบบประเมินนี้จึงมีสาระครอบคลุมสมรรถนะด้านต่างๆ ในการพัฒนา
เครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์ สมรรถนะ
ในการประเมินประกอบด้วย 5 ด้านดังนี้

1. ลักษณะทางกายภาพทั่วไป
2. ลักษณะการใช้งาน
3. ลักษณะการบำรุงรักษาและซ่อมแซม
4. ความเหมาะสมด้านการนำไปใช้งาน
5. การกดแป้นคลัทช์โดยมาตรวัด

ตอนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้เชี่ยวชาญด้านเครื่องยนต์

กรุณาเขียนเครื่องหมาย ✓ (ถูก) ลงในกรอบ ☐ หน้าข้อความที่ตรงกับความเป็นจริง และ / หรือเติมข้อความลงในช่องว่าง

1. ชื่อ _____ นามสกุล _____
2. อายุ _____ ปี
3. ระดับการศึกษา
 - ☐ ปริญญาตรี
 - ☐ ปริญญาโท
 - ☐ อื่นๆ (โปรดระบุ) _____
4. ประสบการณ์ด้านเครื่องยนต์ _____ ปี
5. ตำแหน่งที่ในปัจจุบัน _____

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญด้านยานยนต์ ในการทดสอบ และแบบประเมินผล การพัฒนาเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกด แป้นคลัทช์ 20 ปอนด์

ข้อแนะนำในการตอบแบบประเมิน

1. แบบประเมินในตอนที่ 3 มีทั้งหมด 20 ข้อ
2. โปรดเขียนเครื่องหมาย ✓ (ถูก) ลงในช่องมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ ตามความคิดเห็นของท่าน หลังจากทดสอบเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์
3. ค่าระดับคะแนนกำหนดไว้ดังนี้

ผลการประเมินในระดับดีมาก	หมายถึง 5
ผลการประเมินในระดับดี	หมายถึง 4
ผลการประเมินในระดับพอใช้	หมายถึง 3
ผลการประเมินในระดับต้องปรับปรุง	หมายถึง 2
ผลการประเมินในระดับใช้ไม่ได้	หมายถึง 1

ตารางการประเมินผลโดยผู้เชี่ยวชาญด้านยานยนต์

ข้อ ที่	รายละเอียด	ระดับการประเมิน				
		ดี มาก	ดี	พอ ใช้	ต้อง ปรับปรุง	ใช้ ไม่ได้
	1. ลักษณะทางกายภาพทั่วไป					
1	การออกแบบมีรูปร่างสวยงาม					
2	การออกแบบแยกส่วนติดตั้งและประกอบได้					
3	การติดตั้งอุปกรณ์มีความมั่นคง					
4	การออกแบบติดตั้งกระชับรัด					
	2. ลักษณะการใช้งาน					
1	เพิ่มความสะดวกสบายในการขับขี่					
2	ความคล่องตัวในการทดเป็นคลัทช์					
3	ระยะการทดเป็นคลัทช์สั้นลง					
4	ความนุ่มนวลในการออกรถยนต์					
5	น้ำหนักแรงทดเป็นคลัทช์คงที่เท่ากันทุกครั้ง					
	3. ลักษณะการบำรุงรักษาและซ่อมแซม					
1	การบำรุงรักษาทำได้ง่าย					
2	การจัดหาเครื่องมือซ่อมแซมทำได้สะดวก					
3	อุปกรณ์ส่วนประกอบมีราคาถูก					
4	การซ่อมแซมไม่ทำให้เครื่องยนต์เสียหาย					
	4. ความเหมาะสมด้านการนำไปใช้งาน					
1	สามารถช่วยผ่อนแรงการทดเป็นคลัทช์ได้					
2	สามารถปรับตั้งน้ำหนักแรงการทดเป็นคลัทช์ได้					
3	สามารถติดตั้งในจุดต่างๆ ได้หลายตำแหน่ง					
	5. การทดเป็นคลัทช์โดยมาตรวัด					
1	แรงทดเป็นคลัทช์ต่ำกว่า 20 ปอนด์					
2	ระยะทดเป็นคลัทช์น้อยลงขณะใช้เครื่องช่วยผ่อนแรง					
3	เครื่องช่วยผ่อนแรงไม่มีผลเสียหายต่อเครื่องยนต์					
4	เปลี่ยนระดับอัตราทดรอบเกียร์ได้ดีขึ้น					

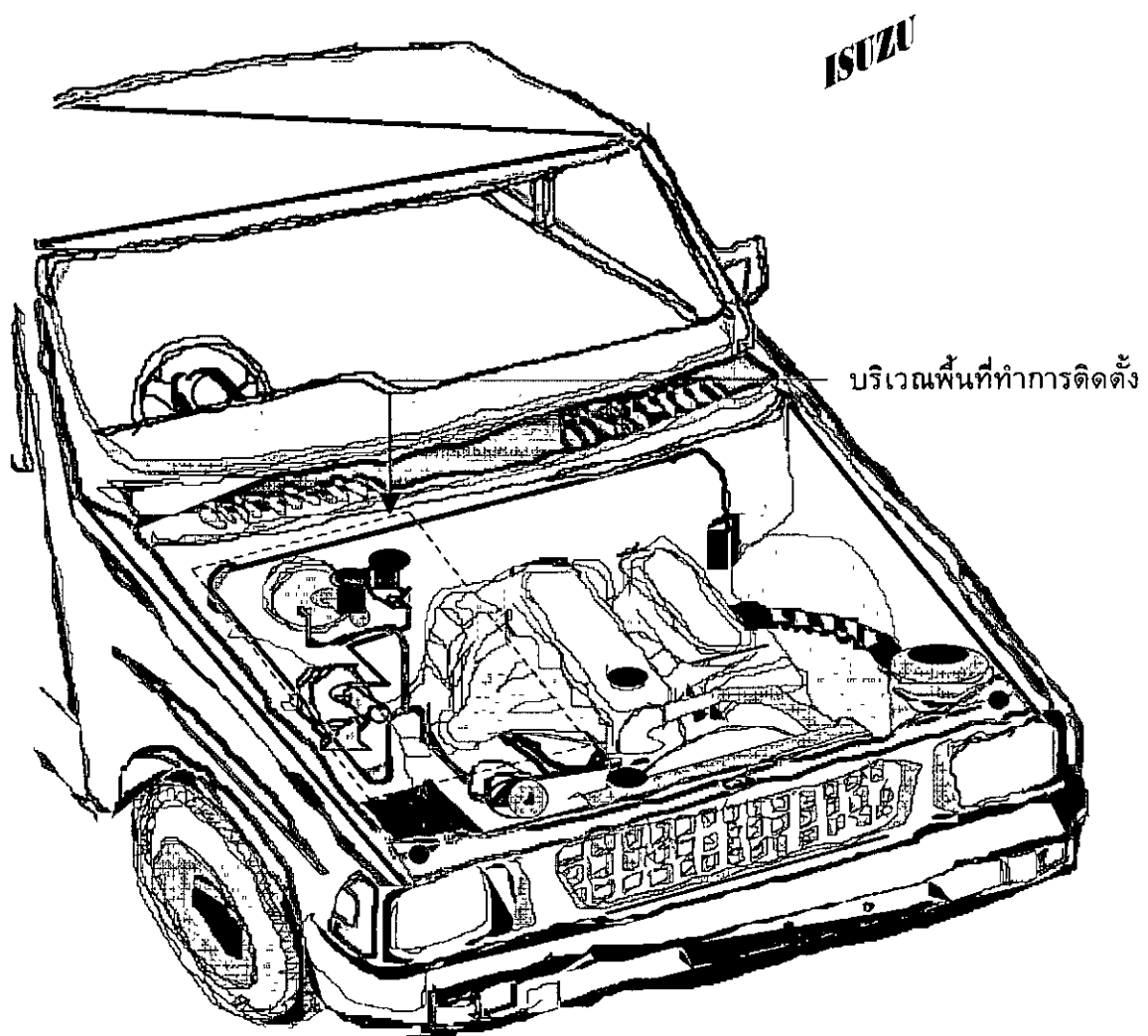
ตอนที่ 4 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญด้านเครื่องยนต์

This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There is no handwriting or other markings on the paper.

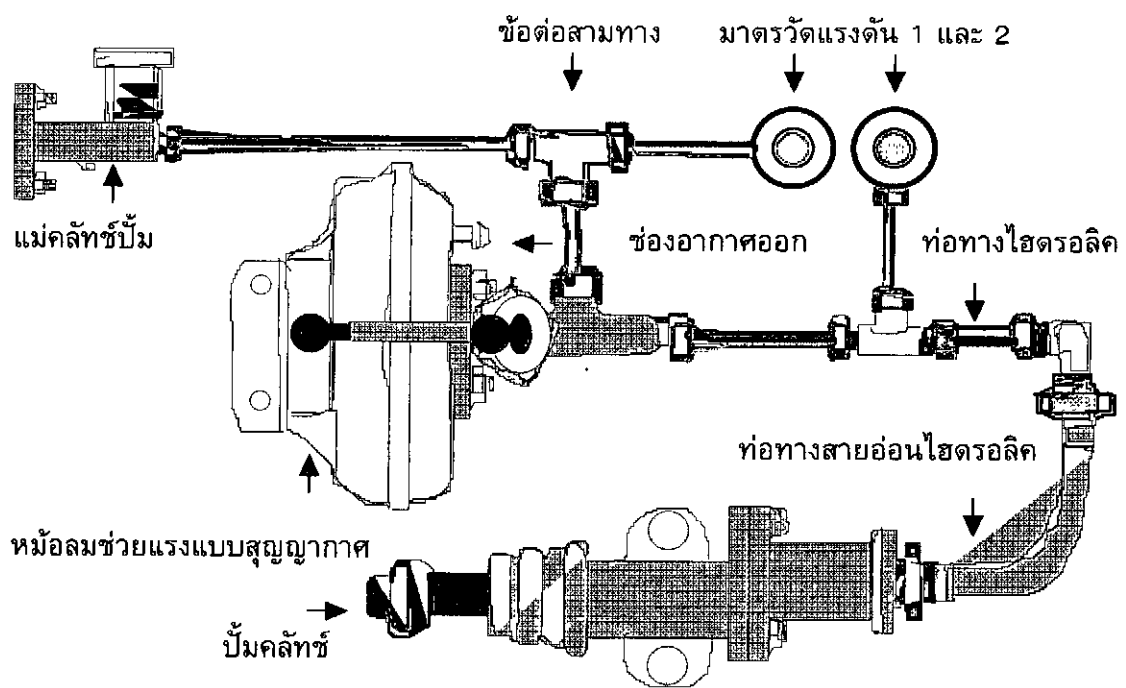
ขอบคุณมาก

ภาคผนวก ค

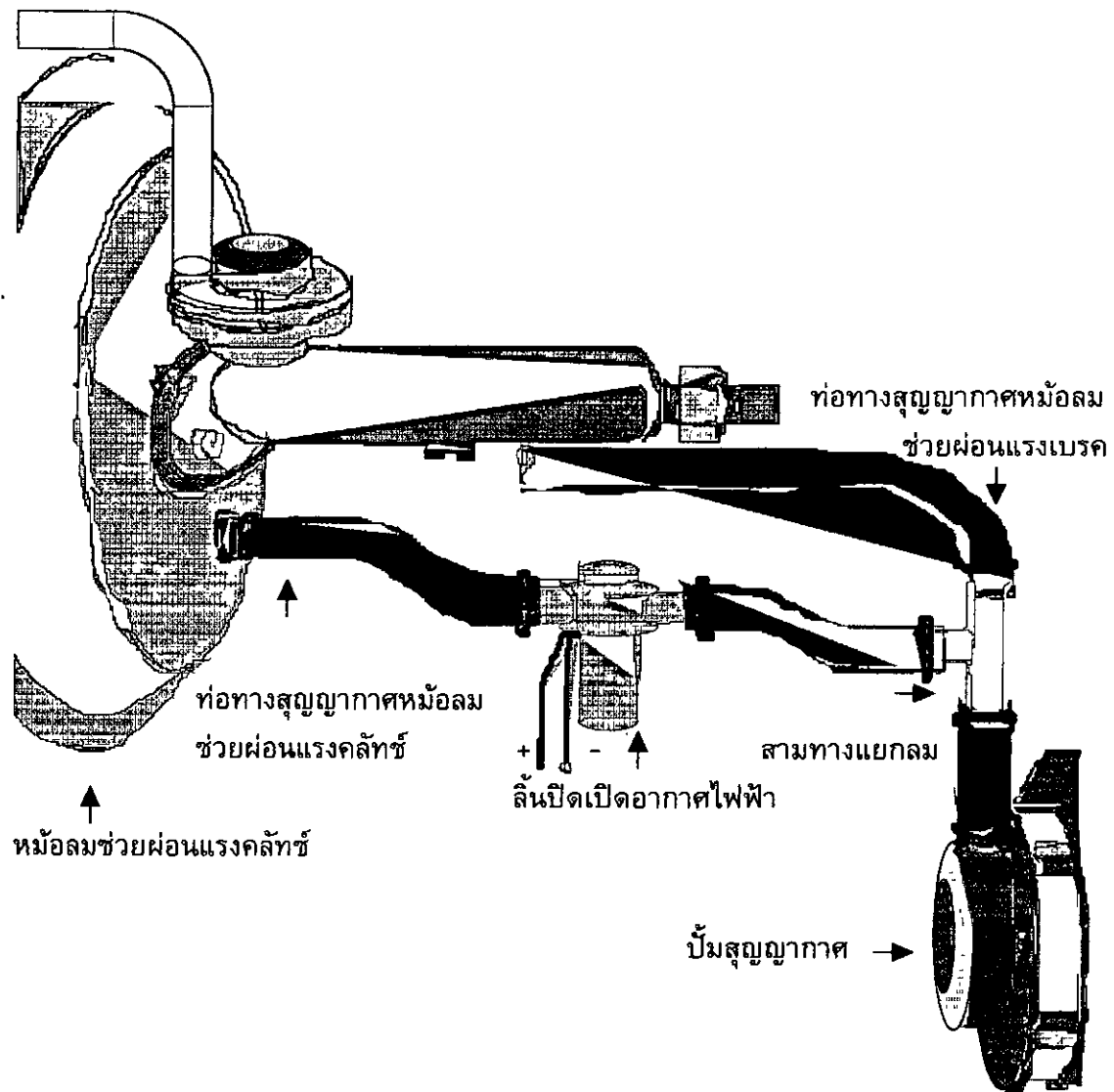
แสดงส่วนประกอบการจัดตั้งเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก



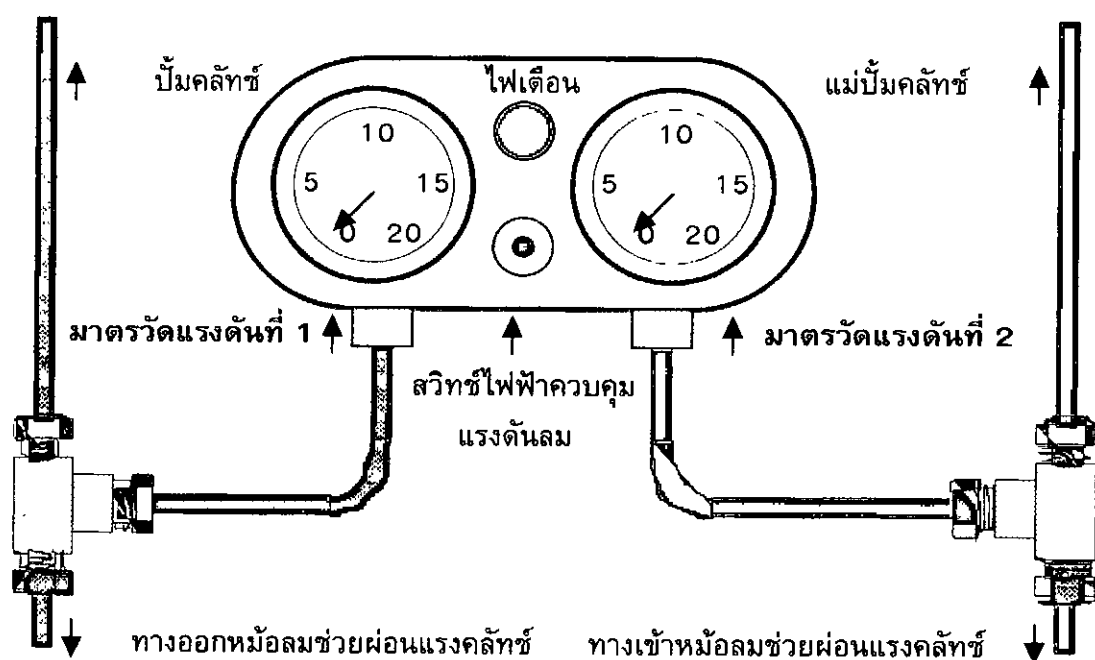
ภาพประกอบ 34 แสดงการติดตั้งเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก
ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์



ภาพประกอบ 35 แสดงการติดตั้งท่อทางไฮดรอลิกเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์



ภาพประกอบ 36 แสดงการติดตั้งท่อทางสุญญากาศเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์



ภาพประกอบ 37 แสดงการติดตั้งมาตรวัดแรงดันเครื่องช่วยผ่อนแรงคัลท์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคัลท์ 20 ปอนด์

ภาคผนวก ง

หนังสือขอความอนุเคราะห์

ที่ ทม 1007/ 5 133



บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๑ ธันวาคม 2539

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์

เรียน ผู้อำนวยการบริษัท กรังด์ปรีซ์อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด

บัณฑิตวิทยาลัย ขอรับรองว่า นายสุวรรณ โตรัศมี เป็นนิสิตระดับปริญญาโท
วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

นิสิตผู้มีความประสงค์จะมาติดต่อขอความสะดวกในการศึกษาค้นคว้า เพื่อทำปริญญานิพนธ์
เรื่อง การพัฒนาเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์
ทั้งนี้อยู่ในความควบคุมของ

ดร.อุบวิทย์ สุวคันธกุล

ประธาน

อ.วีระ กุหลาบ

กรรมการ

สิ่งที่นิสิตขอความอนุเคราะห์ คือ ขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินสมรรถนะการพัฒนาเครื่องช่วย
ผ่อนแรง

บัณฑิตวิทยาลัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าท่านจะกรุณาให้ความร่วมมือในครั้งนี้ และขอขอบคุณในความ
ช่วยเหลืออนุเคราะห์ใด ๆ ที่ท่านจะโปรดให้แก่นิสิตผู้นี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(นางสาวศิริยุภา พูลสุวรรณ)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

บัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 2584119

ที่ ทม 1007/ ๑1๖1



บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๑ ธันวาคม 2539

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์

เรียน ผู้อำนวยการบริษัท สื่อสากล จำกัด

บัณฑิตวิทยาลัย ขอรับรองว่า นายสุวรรณ ตรีศรีมี เป็นนิสิตระดับปริญญาโท
วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

นิสิตผู้มีความประสงค์จะมาติดต่อขอความสะดวกในการศึกษาค้นคว้า เพื่อทำปริญญานิพนธ์
เรื่อง การพัฒนาเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์
ทั้งนี้อยู่ในความควบคุมของ

ดร.อุบวิทย์ สุวทันธกุล

ประธาน

อ.วีระ กุหลาบ

กรรมการ

สิ่งที่นิสิตได้ขอความอนุเคราะห์ คือ ขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินสมรรถนะการพัฒนาเครื่องช่วย
ผ่อนแรง

บัณฑิตวิทยาลัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าท่านจะกรุณาให้ความร่วมมือในครั้งนี้ และขอขอบคุณในความ
ช่วยเหลืออนุเคราะห์ใด ๆ ที่ท่านจะโปรดฯให้แก่นิสิตผู้นี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(นางสาวศิริยา พูลสุวรรณ)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

บัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 2584119

ที่ ทม 1007/ ๕๑๔๑



บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๑ ธันวาคม 2539

เรื่อง ขออนุญาตเคราะห

เรียน ผู้อำนวยการบริษัท ดรีเพอร์ อีซูซุ เซลส์ จำกัด

บัณฑิตวิทยาลัย ขอรับรองว่า นายสุวรรณ รัตนศรี เป็นนิสิตระดับปริญญาโท
วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

นิสิตผู้นี้มีความประสงค์จะมาติดต่อขอความสะดวกในการศึกษาค้นคว้า เพื่อทำปริญญานิพนธ์
เรื่อง การพัฒนาเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดแป้นคลัทช์ 20 ปอนด์
ทั้งนี้อยู่ในความควบคุมของ

ดร.อุปวิทย์ สุวคันทรกุล

ประธาน

อ.วีระ กุหลาบ

กรรมการ

สิ่งที้นิสิตาเอร์ขอความอนุญาตคือ ขอเชิญ คุณชาย ใยเมือง และ คุณสมใจ พุ่มนิ้ง เป็นผู้เชี่ยวชาญ
ประเมินสมรรถนะการพัฒนาเครื่องช่วยผ่อนแรง

บัณฑิตวิทยาลัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าท่านจะกรุณาให้ความร่วมมือในครั้งนี้ และขอขอบคุณในความ
ช่วยเหลืออนุเคราะห์ใด ๆ ที่ท่านจะโปรดให้แก่นิสิตผู้นี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(นางสาวศิริยุภา พูลสุวรรณ)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

บัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 2584119

ที่ ทม 1007/ 51.๕



บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๑ ธันวาคม 2539

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์

เรียน อธิการบดีสถาบันราชภัฏพระนคร

บัณฑิตวิทยาลัย ขอรับรองว่า นายสุวรรณ รัตศรี เป็นนิสิตระดับปริญญาโท
วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

นิสิตผู้มีความประสงค์จะมาติดต่อขอความสะดวกในการศึกษาค้นคว้า เพื่อทำปริญญานิพนธ์
เรื่อง การพัฒนาเครื่องช่วยผ่อนแรงคลัทช์รถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ขนาดแรงกดบนคลัทช์ 20 ปอนด์
ทั้งนี้อยู่ในความควบคุมของ

ดร.อุปวิทย์ สุวคันธกุล

ประธาน

อ.วีระ กุหลาบ

กรรมการ

สิ่งที่นิสิตได้ขอความอนุเคราะห์ คือ ขอใช้เครื่องมือและสถานที่สำหรับการวิจัย ณ โรงฝึกงาน
ภาควิชาเครื่องกล คณะอุตสาหกรรมศึกษา ในระหว่างเดือนธันวาคม 2539 - มกราคม 2540 เพื่อ
เป็นข้อมูลในการทำปริญญานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าท่านจะกรุณาให้ความร่วมมือในครั้งนี้ และขอขอบคุณในความ
ช่วยเหลืออนุเคราะห์ใด ๆ ที่ท่านจะโปรดให้แก่นิสิตผู้นี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(นางสาวศิริภา สุวสุวรรณ)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ปฏิบัติราชการแทนอธิการบดี

บัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 2584119

ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ นายสุวรรณ ไตรศรี
เกิดวันที่ 9 เดือนกรกฎาคม พุทธศักราช 2495
สถานที่เกิด อำเภออุบล กรุงเทพมหานคร
สถานที่อยู่ปัจจุบัน 98/172 หลักสี่วัดลำ ถนนแจ้งวัฒนะ อ.ดอนเมือง กรุงเทพมหานคร
ตำแหน่งหน้าที่ปัจจุบัน นายช่างระดับ 7
ตำแหน่งหน้าที่พิเศษ ผู้ช่วยสมาชิกสภาร่างรัฐธรรมนูญ จังหวัดกำแพงเพชร
อาจารย์พิเศษ ภาควิชาเครื่องกล คณะอุตสาหกรรมศึกษา
สถาบันราชภัฏพระนคร
สถานที่ทำงานปัจจุบัน ฝ่ายดำเนินการโครงการ องค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย
ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2511 มัธยมศึกษาปีที่ 3 จากโรงเรียนกุหลาบที่รุทธารามวิทยาคม
เขตห้วยขวาง กรุงเทพมหานคร
พ.ศ. 2514 ป.กศ.ต้น จากวิทยาลัยครูสวนสุนันทา
เขตอุบล กรุงเทพมหานคร
พ.ศ. 2517 ป.กศ. สูง (อุตสาหกรรมศิลป์) จากวิทยาลัยครูพระนคร
เขตบางเขน กรุงเทพมหานคร
พ.ศ. 2529 ค.บ. (อุตสาหกรรมศึกษา) จากวิทยาลัยครูพระนคร
เขตบางเขน กรุงเทพมหานคร
พ.ศ. 2540 กศ.ม. (อุตสาหกรรมศึกษา) จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทร
วิโรฒ ประสานมิตร กรุงเทพมหานคร