

รถประหยัดเชื้อเพลิง  
ECONO POWER CAR



โดย

นาย สราวุธ จันทนุ  
นาย ศักรินทร์ สาริพันธ์  
นาย สันติภาพ เด็กสมบูรณ์ไชย  
นาย สุทธิรัตน์ จันทร์สุวรรณ



อาจารย์ที่ปรึกษา  
ผศ.รัชชัย นาคพิพัฒน์

เลขที่.....  
เลขทะเบียน..... 45997  
วัน, เดือน, ปี..... 27 ก.พ. 2546

b.....  
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2544  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

61105456 IP

# ECONO POWER CAR

MR. SARAWUT JUNNOO

MR. SAKRARIN SARIPUN

MR. SANTIPAP LEKSOMBOONCHAI

MR. SUTHIRUT JANSUWAN



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF ENGINEERING IN  
MECHANICAL ENGINEERING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY

LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 2544

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
เรื่อง รถประหยัดเชื้อเพลิง

ECONO POWER CAR

ผู้จัดทำ

- |                                |                       |
|--------------------------------|-----------------------|
| 1. นาย ศรารุช จันหนู           | รหัสประจำตัว 41014752 |
| 2. นาย ศักรินทร์ สารินทร์      | รหัสประจำตัว 41014754 |
| 3. นาย สันติภาพ เล็กสมบุญไชย   | รหัสประจำตัว 41014770 |
| 4. นาย สุทธิรัตน์ จันทร์สุวรรณ | รหัสประจำตัว 41014783 |



อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ. รัชชัย นาคพิพัฒน์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## รพระหยัดปลังงานเชือเพลิง

นาย ศราวฐ จันหนู รหัสประจำตัว 41014752  
 นาย ศักรินทร์ สาริพันธุ์ รหัสประจำตัว 41014754  
 นาย สันติภาพ เล็กสมบูรณ์ไชย รหัสประจำตัว 41014770  
 นาย สุทธิรัตน์ จันทรสุวรรณ รหัสประจำตัว 41014783  
 ผศ. ธวัชชัย นาคพิพัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษา  
 ปีการศึกษา 2544

### บทคัดย่อ

เอกสารฉบับนี้นำเสนอถึงการศึกษาและพัฒนาารยนต์ประหยัดปลังงานเชือเพลิงขนาดเล็กทั้งในทางทฤษฎีและปฏิบัติโดยองค์ประกอบที่มีผลต่อการประหยัดน้ำมันเชือเพลิงที่นำมาพิจารณาคือ ขนาดและน้ำหนักของรพ ระบบส่งถ่ายค้ำปลังแบบกรวย ความยาวของท่อไอสี ล้อช่วยแรง รพการทำงานของเครื่องยนต์ การเปิดปิดวาล์วและองสการจุดระเบิด ซึ่งในเอกสารฉบับนี้จะแสดงถึงกรคำนวณแบบโครงสร้าง รวมทั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ ทั้งนี้เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบและพัฒนาารยนต์ประหยัดปลังงานเชือเพลิงขนาดเล็ก ให้มีการด้นเปลืองเชือเพลิงต่ำ และสามารถวิ่งได้ในระยะทางที่เพิ่มขึ้นต่อไป

## ECONO POWER CAR

MR.SARAWUT	JUNNOO	41014752
MR.SAKRARIN	SARIPUN	41014754
MR.SANTIPAP	LEKSOMBOONCHAI	41014770
MR.SUTHIRUT	JANSUWAN	41014783
MR.THAWATCHAI	NAKPIPUT	ADVISOR
YEAR	2001	

### Abstract

This paper presents the theory and practice for develop Econo power car . The components to be considered are size, weight, conical transmission, intake port dimension, flywheel, engine revolution, lifting and timing of intake valve which include the structural calculation and the other that necessary for Econo power car. For the engine we reduced weight and injected oil to lubricate the crankcase, cylinder head and other components by the outside pump. These components are considered include of design and develop for low fuel consumption, good performance and driving are obtained.

## กิตติกรรมประกาศ

1. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังและภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล บริษัท นิปปอนมิทซูบิชิฮอวล์ จำกัด บริษัทเอพีซอนด้าจำกัด ที่มอบทุนในการทำโครงการนี้
2. ผศ.ธวัชชัย นาคพิพัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการซึ่งเป็นผู้ให้คำแนะนำ เทคนิคต่าง ๆ และคำปรึกษาที่ดีตลอดเวลาการทำโครงการ
3. อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลทุกท่านที่คอยให้คำแนะนำต่าง ๆ
4. พี่มณฑาที่ให้เทคนิคต่าง ๆ และช่วยเชื่อม โครงรถ ขอขอบคุณที่มากครับ
5. พี่บรรเทิง ที่ให้คำแนะนำและช่วยพวกเราจนถึงวันแข่ง พี่ไก่สำหรับเครื่องเนื่องจากอาคารปฏิบัติ งานเครื่องกล
6. ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ทุกคนที่ช่วยทำงาน
7. ขอขอบคุณบิดา มารดา ของพวกเราทุกคนที่เป็นกำลังใจในการทำงานเสมอมา



## สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญแสดงตาราง	VI
สารบัญแสดงรูปภาพ	VII
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญที่มา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการดำเนินงาน	2
1.3 ขอบเขตของโครงการ	2
1.4 วิธีการดำเนินงาน	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและการออกแบบ	4
2.1 โครงสร้าง	4
2.2 ระบบบังคับลิฟต์	8
2.3 ระบบส่งถ่ายกำลัง	14
2.4 เครื่องยนต์	15
2.5 แบบของห้องเพลาข้อเหวี่ยง	22
2.6 โครงสร้างและหน้าที่ของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ	22
2.7 โครงสร้างและการทำงานเบื้องต้นเครื่องยนต์ 4 จังหวะ	29
2.8 การทำงานและแบบของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ	30
2.9 กลไกบังคับลิ้นแบบเพลาราวลื่นเดี่ยวบนฝาสูบ (SOHC)	33
2.10 ระบบจุดระเบิดแบบโซลิดสเตท	34
2.11 ระบบซีดีไอ	35
2.12 คาร์บูเรเตอร์	44
บทที่ 3 การสร้างชิ้นส่วนและการประกอบ	60
3.1 การสร้างชิ้นส่วนและการประกอบโครงสร้าง	60
3.2 การสร้างชิ้นส่วนและการประกอบชุดเลื่อนเครื่องยนต์	62
3.3 การสร้างชิ้นส่วนและการประกอบชุดบังคับลิฟต์	63
3.4 การสร้างชุดทดลอง	64
บทที่ 4 การตัดแปลงและปรับปรุงเครื่องยนต์	68
4.1 การลดน้ำหนักโดยรวมของเครื่องยนต์	68

4.2 การปรับปรุงระบบน้ำมันหล่อลื่นของเครื่องยนต์	69
4.3 ระบบการจุดระเบิด	70
4.4 การปรับปรุงขนาดความยาวท่อไอเสีย	70
4.5 การปรับปรุงอัตราส่วนกำลังอัดของเครื่องยนต์	70
4.6 การปรับปรุงองศาการเปิด-ปิดวาล์วและระยะยก	70
4.7 ระบบการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง	71
บทที่ 5 การทดลองและผลการทดลอง	72
5.1 วิธีการทดลอง	72
5.2 ผลการทดลองที่สภาวะมาตรฐาน	72
5.3 ผลการทดลองเมื่อใช้ลูกเบี้ยวที่ผ่านการปรับแต่งมาแล้ว	75
5.4 ผลการทดลองเมื่อใช้ท่อไอเสียขนาดยาว 146 cm	78
5.5 ผลการทดลองเมื่อใช้ท่อไอเสียขนาดยาว 230 cm	79
5.6 ผลการทดลองเมื่อใช้ระบบจุดระเบิดของรถยนต์	80
5.7 ผลการทดลองเมื่อทำการปาดฝาสูบเพิ่มกำลังอัด	82
5.8 การเปรียบเทียบผลการทดลองเมื่อทำการเปลี่ยนปัจจัยต่างๆกับสภาวะมาตรฐาน	83
บทที่ 6 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	98
6.1 สรุปผลการทดลอง	98
6.2 ข้อเสนอแนะ	99

## สารบัญแสดงตาราง

หน้า

## บทที่ 5 การทดลองและผลการทดลอง

ตารางที่ 5-1	ผลการทดลองที่สภาวะมาตรฐานที่การจุดระเบิด 10 องศาBTDC	72
ตารางที่ 5-2	ผลการทดลองที่สภาวะมาตรฐานที่การจุดระเบิด 15 องศาBTDC	73
ตารางที่ 5-3	ผลการทดลองที่สภาวะมาตรฐานที่การจุดระเบิด 18 องศาBTDC	74
ตารางที่ 5-4	ผลการทดลองที่สภาวะมาตรฐานที่การจุดระเบิด 20 องศาBTDC	74
ตารางที่ 5-5	ผลการทดลองเมื่อใช้ลูกเบี้ยวที่ผ่านการปรับแต่งมาแล้ว ที่การจุดระเบิด 10 องศาBTDC	75
ตารางที่ 5-6	ผลการทดลองเมื่อใช้ลูกเบี้ยวที่ผ่านการปรับแต่งมาแล้ว ที่การจุดระเบิด 15 องศาBTDC	76
ตารางที่ 5-7	ผลการทดลองเมื่อใช้ลูกเบี้ยวที่ผ่านการปรับแต่งมาแล้ว ที่การจุดระเบิด 18 องศาBTDC	76
ตารางที่ 5-8	ผลการทดลองเมื่อใช้ลูกเบี้ยวที่ผ่านการปรับแต่งมาแล้ว ที่การจุดระเบิด 20 องศาBTDC	77
ตารางที่ 5-9	ผลการทดลองเมื่อใช้ท่อไอเสียขนาดยาว 146 cm ที่การจุดระเบิด 15 องศาBTDC	78
ตารางที่ 5-10	ผลการทดลองเมื่อใช้ท่อไอเสียขนาดยาว 146 cm ที่การจุดระเบิด 18 องศาBTDC	78
ตารางที่ 5-11	ผลการทดลองเมื่อใช้ท่อไอเสียขนาดยาว 230 cm ที่การจุดระเบิด 15 องศาBTDC	79
ตารางที่ 5-12	ผลการทดลองเมื่อใช้ท่อไอเสียขนาดยาว 230 cm ที่การจุดระเบิด 18 องศาBTDC	80
ตารางที่ 5-13	ผลการทดลองเมื่อใช้ระบบจุดระเบิดของรถยนต์ ที่การจุดระเบิด 15 องศาBTDC	80
ตารางที่ 5-14	ผลการทดลองเมื่อใช้ระบบจุดระเบิดของรถยนต์ ที่การจุดระเบิด 18 องศาBTDC	81
ตารางที่ 5-15	ผลการทดลองเมื่อทำการปาดฝาสูบเพิ่มกำลังอัด ที่การจุดระเบิด 15 องศาBTDC	82
ตารางที่ 5-16	ผลการทดลองเมื่อทำการปาดฝาสูบเพิ่มกำลังอัด ที่การจุดระเบิด 18 องศาBTDC	82

## สารบัญแสดงรูปภาพ

	หน้า
บทที่ 2 ทฤษฎีและการออกแบบ	
รูปที่ 2-1 แสดงลักษณะของตัวรถ	5
รูปที่ 2-2 แสดงลักษณะของแรงที่กระทำบนคานหนึ่งด้าน , SFD และ BMD	6
รูปที่ 2-3 แสดงหน้าตัดของอะลูมิเนียม	7
รูปที่ 2-4 แสดงระบบบังคับเลี้ยว	9
รูปที่ 2-5 แสดงมุมแคสเตอร์	10
รูปที่ 2-6 แสดงมุมแคมเบอร์	10
รูปที่ 2-7 แสดงมุมเอียงสลักล้อย	11
รูปที่ 2-8 แสดงการเปรียบเทียบการเลี้ยวของรถที่ล้อทุกล้อนร่วมจุดศูนย์กลางเดียวกันและ ไม่ร่วมจุดศูนย์กลางเดียวกัน	12
รูปที่ 2-9 แสดงระบบบังคับเลี้ยวแบบอักษรมาน	13
รูปที่ 2-10 แสดงกลไก 4-BAR ของระบบบังคับเลี้ยว	13
รูปที่ 2-11 แสดงระยะชัก	16
รูปที่ 2-12 แสดงมุมเพลาข้อเหวี่ยง	17
รูปที่ 2-13 แสดงอัตราส่วนกำลังอัด	18
รูปที่ 2-14 แสดงแรงบิด	19
รูปที่ 2-15 แสดงชุดเฟือง	19
รูปที่ 2-16 แสดง Torque curve	20
รูปที่ 2-17 แสดงแรงที่กระทำสลักข้อเหวี่ยงเคลื่อนที่	21
รูปที่ 2-18 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของเครื่องยนต์กับแรงม้า	21
รูปที่ 2-19 แสดงชุดฝาสูบ	23
รูปที่ 2-20 แสดงลิ้น (Valve)	24
รูปที่ 2-21 แสดงสปริงลิ้น (Valve Spring)	24
รูปที่ 2-22 แสดงแบบเพลาราวลิ้นเดี่ยว	25
รูปที่ 2-23 แสดงตัวตัวปรับความตึงโซ่	26
รูปที่ 2-24 แสดงแบบปรับอัตโนมัติ	27
รูปที่ 2-25 แสดงเสื้อสูบ	27
รูปที่ 2-26 แสดงลูกสูบ	28
รูปที่ 2-27 แสดงแหวนลูกสูบ	29
รูปที่ 2-28 แสดงเครื่องยนต์ 4 จังหวะ	30
รูปที่ 2-29 แสดงการทำงานของเครื่องยนต์จังหวะคู่	30
รูปที่ 2-30 แสดงการทำงานของเครื่องยนต์จังหวะอัด	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2-31 แสดงการทำงานของเครื่องย่นตั้งจังหวะระเบิด	31
รูปที่ 2-32 แสดงการทำงานของเครื่องย่นตั้งจังหวะคาย	32
รูปที่ 2-33 แสดงตำแหน่งการเปิด-ปิดของลิ้น	33
รูปที่ 2-34 แสดงเพลาราวลิ้นเดี่ยวบนฝาสูบ	34
รูปที่ 2-35 แสดงระบบจุดระเบิดแบบซีดีไอ	35
รูปที่ 2-36 ไทริสเตอร์	36
รูปที่ 2-37 โครงสร้างของ SCR	37
รูปที่ 2-38 ส่วนประกอบและวงจรของระบบจุดระเบิดแบบซีดีไอ	37
รูปที่ 2-39 หลักการทำงานของระบบจุดระเบิดแบบซีดีไอ	38
รูปที่ 2-40 หลักการทำงานของระบบจุดระเบิดแบบซีดีไอ	39
รูปที่ 2-41 หลักการทำงานของระบบจุดระเบิดแบบซีดีไอ	40
รูปที่ 2-42 ระบบจุดระเบิดซีดีไอใช้กระแสกลับ	41
รูปที่ 2-43 หลักการเบื้องต้นของการเร่งไฟให้แก่วิ่งหรืออ่อนลง	42
รูปที่ 2-44 วงจรเลือกจังหวะการระเบิด	42
รูปที่ 2-45 จังหวะการระเบิด	43
รูปที่ 2-46 หลักการทำงานของเบื้องต้นของระบบจุดระเบิดแบบซีดีไอใช้กระแสตรง	43
รูปที่ 2-47 หลักการทำงานของเบื้องต้นของคาร์บูเรเตอร์	45
รูปที่ 2-48 แสดงการไหลของอากาศผ่านคาร์บูเรเตอร์	45
รูปที่ 2-49 แสดงกลไกสำหรับควบคุมปริมาณส่วนผสมอากาศกับน้ำมันเชื้อเพลิง	46
รูปที่ 2-50 แสดงอัตราส่วนผสมทางเคมีที่ทำให้เกิดการเผาไหม้ในลักษณะต่างๆ	48
รูปที่ 2-51 คาร์บูเรเตอร์แบบวีเอ็ม	49
รูปที่ 2-52 แสดงลักษณะของห้องลูกลอยแบบปริมาตรไม่คงที่	50
รูปที่ 2-53 แสดงลูกลอย	51
รูปที่ 2-54 แสดงชุดนมหนูลูกลอย	51
รูปที่ 2-55 ท่อลิ้น	52
รูปที่ 2-56 แสดงห้องผสม	52
รูปที่ 2-57 แสดงลักษณะของลิ้นเร่ง	53
รูปที่ 2-58 แสดงลักษณะของนมหนูน้ำมัน	53
รูปที่ 2-59 แสดงลักษณะของเข็มเร่งหรือเข็มนมหนู	54
รูปที่ 2-60 แสดงช่องทางส่วนผสมเดินเบาออกและช่องอากาศช่วย	55
รูปที่ 2-61 แสดงสกรูปรับอากาศ	56
รูปที่ 2-62 การทำงานของคาร์บูเรเตอร์แบบวีเอ็มที่ตำแหน่งลูกเร่งเปิด 0 - 1/8 ของระยะเคลื่อนที่ของลูกเร่ง	57

รูปที่ 2-63	การทำงานของคาร์บูเรเตอร์แบบวีเอ็มที่ตำแหน่งลูกเร่งเปิด 1/8 - 1/4 ของระยะเคลื่อนที่ของลูกเร่ง	57
รูปที่ 2-64	การทำงานของคาร์บูเรเตอร์แบบวีเอ็มที่ตำแหน่งลูกเร่งเปิด 1/4 - 3/4 ของระยะเคลื่อนที่ของลูกเร่ง	58
รูปที่ 2-65	การทำงานของคาร์บูเรเตอร์แบบวีเอ็มที่ตำแหน่งลูกเร่งเปิด 3/4 - 1 ของระยะเคลื่อนที่ของลูกเร่ง	58
<b>บทที่ 3 การสร้างชิ้นส่วนและการประกอบ</b>		
รูปที่ 3-1	แสดงโครงรถ	60
รูปที่ 3-2	แสดงแท่นยึดเครื่องยนต์	62
รูปที่ 3-3	แสดงชุดเลื่อนเครื่องยนต์	62
รูปที่ 3-4	แสดงแกนยึดคัมล้อ	63
รูปที่ 3-5	แสดงรูปลูกปืนกลิ้ง	63
รูปที่ 3-6	แสดงระบบขับเคลื่อนแบบอ็คเคมาน	64
รูปที่ 3-7	แสดงเครื่อง Torque transducer	65
<b>บทที่ 4 การดัดแปลงและปรับปรุงเครื่องยนต์</b>		
รูปที่ 4-1	แสดงเครื่องยนต์ที่ผ่านการดัดแปลงแล้ว	68
รูปที่ 4-2	แสดง Cam profile	71
รูปที่ 4-3	แสดงระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบไอ	71
<b>บทที่ 5 การทดสอบและผลการทดลอง</b>		
รูปที่ 5-1	แสดงผลการทดลองที่สภาวะมาตรฐานที่การจุดระเบิด 10 องศาBTDC	73
รูปที่ 5-2	แสดงผลการทดลองที่สภาวะมาตรฐานที่การจุดระเบิด 15 องศาBTDC	73
รูปที่ 5-3	แสดงผลการทดลองที่สภาวะมาตรฐานที่การจุดระเบิด 18 องศาBTDC	74
รูปที่ 5-4	แสดงผลการทดลองที่สภาวะมาตรฐานที่การจุดระเบิด 20 องศาBTDC	75
รูปที่ 5-5	แสดงผลการทดลองเมื่อใช้ลูกเบี้ยวที่ผ่านการปรับแต่งมาแล้ว ที่การจุดระเบิด 10 องศาBTDC	75
รูปที่ 5-6	แสดงผลการทดลองเมื่อใช้ลูกเบี้ยวที่ผ่านการปรับแต่งมาแล้ว ที่การจุดระเบิด 15 องศาBTDC	76
รูปที่ 5-7	แสดงผลการทดลองเมื่อใช้ลูกเบี้ยวที่ผ่านการปรับแต่งมาแล้ว ที่การจุดระเบิด 18 องศาBTDC	77
รูปที่ 5-8	แสดงผลการทดลองเมื่อใช้ลูกเบี้ยวที่ผ่านการปรับแต่งมาแล้ว ที่การจุดระเบิด 20 องศาBTDC	77
รูปที่ 5-9	แสดงผลการทดลองเมื่อใช้ท่อไอเสียขนาดยาว 146 cm ที่การจุดระเบิด 15 องศาBTDC	78

รูปที่ 5-10 แสดงผลการทดลองเมื่อใช้ท่อไอเสียขนาดยาว 146 cm ที่การจุดระเบิด 18 องศา BTDC	79
รูปที่ 5-11 แสดงผลการทดลองเมื่อใช้ท่อไอเสียขนาดยาว 230 cm ที่การจุดระเบิด 15 องศา BTDC	79
รูปที่ 5-12 แสดงผลการทดลองเมื่อใช้ท่อไอเสียขนาดยาว 230 cm ที่การจุดระเบิด 18 องศา BTDC	80
รูปที่ 5-13 แสดงผลการทดลองเมื่อใช้ระบบจุดระเบิดของรถยนต์ ที่การจุดระเบิด 15 องศา BTDC	81
รูปที่ 5-14 แสดงผลการทดลองเมื่อใช้ระบบจุดระเบิดของรถยนต์ ที่การจุดระเบิด 18 องศา BTDC	81
รูปที่ 5-15 แสดงผลการทดลองเมื่อทำการปาดฝาสูบเพิ่มกำลังอัด ที่การจุดระเบิด 15 องศา BTDC	82
รูปที่ 5-16 แสดงผลการทดลองเมื่อทำการปาดฝาสูบเพิ่มกำลังอัด ที่การจุดระเบิด 18 องศา BTDC	83
รูปที่ 5-17 แสดงการเปรียบเทียบ Torque และ Hp ระหว่างการใช้ cam ตัวที่ 1 และ cam ตัวที่ 2 การจุดระเบิดที่ 10 องศา BTDC	83
รูปที่ 5-18 แสดงการเปรียบเทียบ Torque และ Hp ระหว่างการใช้ cam ตัวที่ 1 และ cam ตัวที่ 2 การจุดระเบิดที่ 15 องศา BTDC	84
รูปที่ 5-19 แสดงการเปรียบเทียบ Torque และ Hp ระหว่างการใช้ cam ตัวที่ 1 และ cam ตัวที่ 2 การจุดระเบิดที่ 18 องศา BTDC	84
รูปที่ 5-20 แสดงการเปรียบเทียบ Torque และ Hp ระหว่างการใช้ cam ตัวที่ 1 และ cam ตัวที่ 2 การจุดระเบิดที่ 20 องศา BTDC	85
รูปที่ 5-21 แสดงการเปรียบเทียบ SFC ระหว่างการใช้ cam ตัวที่ 1 และ cam ตัวที่ 2 การจุดระเบิดที่ 10 องศา BTDC	85
รูปที่ 5-22 แสดงการเปรียบเทียบ SFC ระหว่างการใช้ cam ตัวที่ 1 และ cam ตัวที่ 2 การจุดระเบิดที่ 15 องศา BTDC	86
รูปที่ 5-23 แสดงการเปรียบเทียบ SFC ระหว่างการใช้ cam ตัวที่ 1 และ cam ตัวที่ 2 การจุดระเบิดที่ 18 องศา BTDC	86
รูปที่ 5-24 แสดงการเปรียบเทียบ SFC ระหว่างการใช้ cam ตัวที่ 1 และ cam ตัวที่ 2 การจุดระเบิดที่ 20 องศา BTDC	87
รูปที่ 5-25 แสดงการเปรียบเทียบ Torque และ Hp ระหว่างการใช้ ท่อไอเสียยาว 146 cm และท่อไอเสียยาว 30 cm การจุดระเบิดที่ 15 องศา BTDC	87

รูปที่ 5-26 แสดงการเปรียบเทียบ Torque และ Hp ระหว่างการใช้ ท่อไอเสียยาว 146 cm และท่อไอเสียยาว 30 cm การจุดระเบิดที่ 18 องศา BTDC	88
รูปที่ 5-27 แสดงการเปรียบเทียบ Torque และ Hp ระหว่างการใช้ ท่อไอเสียยาว 230 cm และท่อไอเสียยาว 30 cm การจุดระเบิดที่ 15 องศา BTDC	88
รูปที่ 5-28 แสดงการเปรียบเทียบ Torque และ Hp ระหว่างการใช้ ท่อไอเสียยาว 230 cm และท่อไอเสียยาว 30 cm การจุดระเบิดที่ 18 องศา BTDC	89
รูปที่ 5-29 แสดงการเปรียบเทียบ SFC ระหว่างการใช้ ท่อไอเสียยาว 146 cm และท่อไอเสียยาว 30 cm การจุดระเบิดที่ 15 องศา BTDC	89
รูปที่ 5-30 แสดงการเปรียบเทียบ SFC ระหว่างการใช้ ท่อไอเสียยาว 146 cm และท่อไอเสียยาว 30 cm การจุดระเบิดที่ 18 องศา BTDC	90
รูปที่ 5-31 แสดงการเปรียบเทียบ SFC ระหว่างการใช้ ท่อไอเสียยาว 230 cm และท่อไอเสียยาว 30 cm การจุดระเบิดที่ 15 องศา BTDC	90
รูปที่ 5-32 แสดงการเปรียบเทียบ SFC ระหว่างการใช้ ท่อไอเสียยาว 230 cm และท่อไอเสียยาว 30 cm การจุดระเบิดที่ 18 องศา BTDC	91
รูปที่ 5-33 แสดงการเปรียบเทียบ Torque และ Hp ระหว่างการใช้ ระบบจุดระเบิดของรถยนต์และระบบจุดระเบิดของรถมอเตอร์ไซด์ การจุดระเบิดที่ 15 องศา BTDC	91
รูปที่ 5-34 แสดงการเปรียบเทียบ Torque และ Hp ระหว่างการใช้ ระบบจุดระเบิดของรถยนต์และระบบจุดระเบิดของรถมอเตอร์ไซด์ การจุดระเบิดที่ 18 องศา BTDC	92
รูปที่ 5-35 แสดงการเปรียบเทียบ SFC ระหว่างการใช้ ระบบจุดระเบิดของรถยนต์และระบบจุดระเบิดของรถมอเตอร์ไซด์ การจุดระเบิดที่ 15 องศา BTDC	92
รูปที่ 5-36 แสดงการเปรียบเทียบ SFC ระหว่างการใช้ ระบบจุดระเบิดของรถยนต์และระบบจุดระเบิดของรถมอเตอร์ไซด์ การจุดระเบิดที่ 18 องศา BTDC	93

รูปที่ 5-37 แสดงการเปรียบเทียบ Torque และ Hp ระหว่าง การปาดฝาสูบเพิ่มกำลังอัดและที่สภาวะมาตรฐาน การจุดระเบิดที่ 15 องศา BTDC	93
รูปที่ 5-38 แสดงการเปรียบเทียบ Torque และ Hp ระหว่าง การปาดฝาสูบเพิ่มกำลังอัดและที่สภาวะมาตรฐาน การจุดระเบิดที่ 18 องศา BTDC	94
รูปที่ 5-39 แสดงการเปรียบเทียบ SFC ระหว่าง การปาดฝาสูบเพิ่มกำลังอัดและที่สภาวะมาตรฐาน การจุดระเบิดที่ 15 องศา BTDC	94
รูปที่ 5-40 แสดงการเปรียบเทียบ SFC ระหว่าง การปาดฝาสูบเพิ่มกำลังอัดและที่สภาวะมาตรฐาน การจุดระเบิดที่ 18 องศา BTDC	95
รูปที่ 5-41 แสดงการเปรียบเทียบ Torque ของแต่ละปัจจัยที่เปลี่ยนแปลง ระบบจุดระเบิดที่ 15 องศา BTDC	95
รูปที่ 5-42 แสดงการเปรียบเทียบ SFC ของแต่ละปัจจัยที่เปลี่ยนแปลง ระบบจุดระเบิดที่ 15 องศา BTDC	96
รูปที่ 5-43 แสดงการเปรียบเทียบ Torque ของแต่ละปัจจัยที่เปลี่ยนแปลง ระบบจุดระเบิดที่ 18 องศา BTDC	96
รูปที่ 5-44 แสดงการเปรียบเทียบ SFC ของแต่ละปัจจัยที่เปลี่ยนแปลง ระบบจุดระเบิดที่ 18 องศา BTDC	97

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความสำคัญและที่มา

เนื่องจากในปัจจุบัน พลังงานยังคงเป็นสิ่งที่จำเป็นต่อมนุษย์ไม่ว่าจะเป็นพลังงานจากน้ำมัน แร่ธาตุ แสงอาทิตย์ ลม และอื่น ๆ ซึ่งเราจะเห็นได้ว่า พลังงานมีแต่จะใช้หมดไป โดยแหล่งพลังงานที่เห็นได้ชัดคือ น้ำมัน ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญเป็นอันดับต้น ๆ ซึ่งจะใช้เป็นแหล่งพลังงานของรถยนต์ การทำความร้อน เครื่องบิน โดยเฉพาะรถยนต์ ซึ่งเป็นยานพาหนะที่ใช้มาก และมีบทบาทสำคัญในชีวิตประจำวัน โดยน้ำมันเชื้อเพลิงที่รถยนต์ใช้จะมีทั้ง น้ำมันดีเซล น้ำมันเบนซิน และก๊าซธรรมชาติ เมื่อราคาของเชื้อเพลิงมีราคาสูงขึ้นและมีจำนวนลดน้อยลง ทำให้เกิดแนวความคิดที่จะหาพลังงานในรูปแบบอื่น ๆ มาใช้แทน เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ ไฮโดรเจน พลังงานไฟฟ้า หรือแม้แต่พลังงานจากถ่านไม้ แต่อย่างไรก็ตามกับปัญหาหลายด้านทั้งด้านการบริการ การหาแหล่งพลังงานต่าง ๆ

จากเหตุผลข้างต้นทำให้เรากลับมามองดูรถยนต์ที่ใช้การสันดาปภายในทำให้เกิดพลังงานขึ้นว่าเราจะสามารถพัฒนาตรงจุดไหนได้บ้าง จึงทำให้เกิดแนวความคิดที่จะจัดทำรถยนต์น้ำมันเชื้อเพลิงขนาดเล็กขึ้น เพื่อเป็นแนวทางที่จะใช้ในการพัฒนารถยนต์ที่ใช้งานในชีวิตประจำวันต่อไป ซึ่งถ้าเรามองลงไปให้ลึกในรายละเอียด จะเห็นได้ว่า ตัวแปรหรือระบบการทำงานใดบ้างที่มีผลต่อการสูญเสียพลังงานที่ป้อนเข้าไป หรือการเพิ่มประสิทธิภาพของรถยนต์ โดยตัวแปรสำคัญจะประกอบด้วย

- เครื่องยนต์
- ระบบส่งถ่ายกำลัง
- ตัวโครงรถ
- ผู้ขับขี่

เมื่อเรากล่าวถึงเครื่องยนต์เราจะทราบว่าเครื่องยนต์ในปัจจุบันมีประสิทธิภาพในการทำงานประมาณ 20-30 % ซึ่งพลังงานที่สูญเสียไปจะสูญเสียไปกับการระบายความร้อน ไอเสีย และความฝืดในการทำงานของเครื่องยนต์ ซึ่งเราสามารถลดการสูญเสียเหล่านี้ได้โดย ทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ลดความเสียดทานในเครื่องยนต์ นำไอเสียกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ ซึ่งสามารถทำให้เราเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ได้ ในส่วนของระบบส่งถ่ายกำลัง เราจะต้องสามารถส่งถ่ายกำลังจากเครื่องยนต์ไปใช้งานให้ได้มากที่สุด และสามารถเปลี่ยนความเร็วได้อย่างเหมาะสม ส่วนตัวรถต้องมีความแข็งแรง แต่ต้องมีน้ำหนักเบา รวมถึงระบบบังคับเลี้ยว และระบบรองรับน้ำหนักต้องดี ในส่วนของตัวแปรสุดท้ายคือผู้ขับขี่ไม่ว่าเราจะทำรถยนต์ให้มีประสิทธิภาพสูงเท่าไรถ้าผู้ขับขี่ไม่มีความรู้หรือความเข้าใจลักษณะการทำงานในระบบต่าง ๆ ของรถที่ขับขี่ก็จะทำให้รถไม่สามารถทำงานให้ประสิทธิภาพที่สูงสุด

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการดำเนินงาน

จากที่เราได้ทราบแล้วว่าน้ำมันเชื้อเพลิงเป็นแหล่งพลังงาน ที่จำเป็นต่อโลกในปัจจุบัน และได้มีความพยายามในการนำน้ำมันมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ซึ่งรวมทั้งได้มีการพัฒนาเครื่องยนต์ให้มีระบบการทำงานที่ทันสมัย สามารถมีการเผาไหม้ได้อย่างสมบูรณ์และมีมลพิษต่ำ ซึ่งรัฐบาลในหลาย ๆ ประเทศได้ให้ความสำคัญต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น สังเกตได้จากที่กฎหมายควบคุมมลพิษได้มีเข้มงวดขึ้นเรื่อย ๆ จึงทำให้เกิดแนวคิดในการพัฒนาเครื่องยนต์ให้มีประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งเป็นผลทำให้มีแนวคิดที่จะทำเครื่องยนต์ทำงานโดยที่ให้มีมลพิษต่ำ รวมถึงประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงอีกด้วย โดยจุดประสงค์ของการดำเนินงานโครงการนี้จะประกอบด้วย

1. ทำการศึกษาระบบการทำงานของเครื่องยนต์เบนซินขนาดเล็กแบบ 4 จังหวะ ซึ่งเราจะทำการศึกษากการทำงานของเครื่องยนต์ทั้งระบบน้ำมันเชื้อเพลิง ระบบไฟจุดระเบิด ระบบส่งกำลัง และการทำงานของชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่องยนต์ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาเครื่องยนต์ต่อไป

2. ทำการออกแบบ ทดสอบ และจัดสร้างระบบส่งกำลังแบบใหม่ ให้มีประสิทธิภาพในการส่งกำลังที่ดีขึ้น และสามารถนำแรงบิดของเครื่องยนต์มาใช้ได้อย่างเหมาะสมกับความเร็วของรถยนต์ โดยระบบส่งกำลังที่ใช้จะเป็น ระบบเกียร์อัตโนมัติ ซึ่งจะใช้ในลักษณะการทำงานคล้ายกับการทำงานของเกียร์ CVT ของเกียร์อัตโนมัติที่ใช้กับรถยนต์สมัยใหม่ โดยจะทำการเปลี่ยนแปลงอัตราทดของเกียร์ได้อย่างอิสระ โดยที่รอบการทำงานของเครื่องยนต์ก่อนช่วงคงที่ รถยนต์จึงสามารถเพิ่มความเร็วได้โดยรอบเครื่องยนต์คงที่

3. ทำการศึกษาและจัดสร้างตัวรถประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิง โดยเราจะยึดหลักของการออกแบบโดยเน้นที่น้ำหนักโดยรวม และความแข็งแรง ซึ่งจะพิจารณาถึงขนาดและชนิดของวัสดุที่จะนำมาจัดสร้างตัวรถประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งขนาดโดยรวมของตัวรถจะอ้างอิงจากกติกาการแข่งขัน Honda Econo Power Contest เป็นตัวกำหนด

4. ทำการปรับปรุงเครื่องยนต์ให้มีประสิทธิภาพในการประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงให้สูงสุด และศึกษาถึงตัวแปรที่สำคัญต่าง ๆ ไต่บ้างของเครื่องยนต์ที่มีผลต่อการประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงโดยวิธีการทดสอบเราจะใช้การทดลองเป็นหลัก ซึ่งการทดลองจะทดลองกับส่วนต่าง ๆ ของเครื่องยนต์เช่น การเปลี่ยนระบบการจ่ายเชื้อเพลิง การเพิ่มอัตราส่วนกำลังอัดของเครื่องยนต์ การเปลี่ยนขนาดความยาวของท่อไอเสีย การเปลี่ยนระบบการจุดระเบิด การเปลี่ยนองศาการเปิดปิดวาล์ว ระยะเวลาของวาล์ว การตั้งองศาไฟจุดระเบิด รวมถึงการลดแรงเสียดทานในเครื่องยนต์

## 1.3 ขอบเขตของโครงการ

ในการจัดทำโครงการรถประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงขนาดเล็ก เราได้วางขอบเขตของการดำเนินงานไว้หลัก ๆ คือ

1. ตัวรถ ทำการจัดสร้างตัวรถที่มีความแข็งแรงและมีน้ำหนักเบาที่สุดเท่าที่จะทำได้
2. ระบบส่งกำลัง ทำการออกแบบและพัฒนา ระบบส่งกำลังที่เหมาะสมกับการทำงานของเครื่องยนต์

3. เครื่องยนต์ทำการลดน้ำหนักของเครื่องยนต์ลง แต่ยังคงความแข็งแรงของตัวโครงสร้างและเครื่องยนต์มีความทนทานในการทำงาน พร้อมทั้งพัฒนาระบบจุดระเบิด ระบบจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงระบบประจุอากาศ เพื่อให้เครื่องยนต์มีประสิทธิภาพในการประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงสูงสุด
4. ศึกษาหาเทคนิคการขับขี่ที่เหมาะสมกับสภาพการใช้งานของเครื่องยนต์ ในรอบการทำงานนั้น ๆ
5. เข้าร่วมการแข่งขัน Honda Econo Power Contest

#### 1.4 วิธีการดำเนินงาน

ในการจัดทำโครงการลดประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงขนาดเล็กหลังจากที่เราได้กำหนดวัตถุประสงค์ของการดำเนินงานแล้ว เราจะมีวิธีการดำเนินงานดังนี้คือ

1. ทำการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับรถประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิง โดยอันดับแรกเราทำการศึกษาจากโปรเจกต์เก่า ๆ ที่เคยทำมา และหาข้อมูลเพิ่มเติมโดยการติดต่อทางบริษัท AP.Honda เพื่อทราบข้อมูลเกี่ยวกับกติกาการแข่งขัน เพราะว่าในการออกแบบตัวรถและการปรับปรุงเครื่องยนต์ต่าง ๆ จะต้องถูกต้องตามกติกาการแข่งขันที่ทาง Honda กำหนดไว้
2. เมื่อเราทำการศึกษาเกี่ยวกับข้อมูลเบื้องต้นแล้ว เราจะทำการวางแผนในการจัดหาเครื่องยนต์ซึ่งเครื่องยนต์ที่ใช้เป็นเครื่องยนต์ของ Honda แบบ 4 จังหวะ ขนาด 90-100 ซีซี พร้อมทั้งระบบสตาร์ทด้วยไฟฟ้า
3. เมื่อเราได้เครื่องยนต์แล้ว เราจะทำการออกแบบตัวรถซึ่งจะมีความสำคัญในการออกแบบคือ น้ำหนักโดยรวม ขนาดและวัสดุที่จะนำมาจัดสร้าง รวมถึงรูปร่างของผู้ขับขี่ด้วย ซึ่งจากการวิเคราะห์และคำนวณ (ในบทที่ 2) เราจะใช้อะลูมิเนียมในการจัดสร้าง
4. ทำการออกแบบระบบส่งถ่ายกำลังซึ่งจากข้างต้นเป็นที่ทราบกันแล้วว่า เราจะใช้ลักษณะการส่งกำลังแบบกรวยอัตราทด ซึ่งอันดับแรกเราจะทำการคำนวณหาขนาดของกรวยที่เหมาะสมกับความเร็วที่เราจะนำไปใช้งาน (บทที่ 2) พร้อมทั้งทำการออกแบบชุดเลื้อนและชุดแทนเครื่องด้วย
5. ทำการตัดแปลงปรับปรุงเครื่องยนต์ โดยทำการเปลี่ยนแปลงชิ้นส่วนและอุปกรณ์บางส่วนในเครื่องยนต์แล้วมาทำการทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพในการประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงสูงสุด
6. ทำการประกอบตัวเครื่องยนต์ ระบบส่งกำลัง เข้ากับตัวรถ เพื่อพร้อมในการทดสอบวิ่งจริงซึ่งการทดสอบวิ่งจริงจะใช้ในการประเมินผลบางส่วน เราได้ทำการจัดสร้างชุดทดสอบประสิทธิภาพขึ้นเพื่อทำการทดสอบในเรื่องที่เราทำการ ออกแบบและจัดสร้างมาว่าจะมีประสิทธิภาพประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงอย่างไร ซึ่งขั้นตอนนี้จะใช้เวลาเป็นอย่างมาก เพราะขั้นตอนนี้จะทำให้ปัญหาต่าง ๆ เกิดขึ้นอย่างมากมาย
7. นำรถเข้าแข่งขัน Honda Econo Power Contest
8. ทำการสรุปผลการดำเนินงาน

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและการออกแบบ

สำหรับในส่วนของทฤษฎีและการออกแบบนั้น เราได้แบ่งออกเป็น 4 องค์ประกอบหลักดังนี้

- โครงสร้าง
- ระบบบังคับลิฟต์
- ระบบส่งถ่ายกำลัง
- เครื่องยนต์

#### 2.1 โครงสร้าง

##### 2.1.1 หลักการออกแบบโครงสร้างของรถประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิง

ภายหลังจากทำการวางแผนการทำงานโดยละเอียด ก็กำหนดรูปแบบที่ใช้ในการออกแบบ และดำเนินการสร้าง เป็นต้นว่า ลักษณะของรถโดยทั่วไปเป็นอย่างไร มีล้อจำนวนเท่าไร คนขับนั่งบริเวณไหน เครื่องยนต์ติดตั้ง ณ ตำแหน่งใด ปรับแต่งอย่างไร รูปร่างของโครงสร้างที่ต้องการ รูปทรงของตัวถังภายนอก (โดยคำนึงถึงรูปร่างของคนขับด้วย) วัสดุที่ต้องการนำมาใช้ จากนั้นจึงเริ่มทำการออกแบบและกำหนดขั้นตอนของการสร้าง

การออกแบบถือเป็นขั้นตอนก่อนลงมือทำการสร้างจริง เป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญมาก เพราะต้องใช้อ้างอิงในการสร้างโดยหลักการสำคัญก็คือ การพยายามแสดงรายละเอียดในแต่ละส่วนให้มากที่สุด (วัสดุและขนาด)

อันดับแรกเราควรออกแบบรูปทรงภายนอกคร่าวๆ ก่อน เพราะจะสามารถใช้เป็นแนวทางในการออกแบบและกำหนดขนาดของส่วนโครงสร้างภายในได้ จากนั้นจึงออกแบบระบบโครงสร้างภายใน โดยดูรายละเอียดอยู่ในขอบเขตของรูปทรงภายนอกอีกที ส่วนในจุดอื่นๆ ก็แยกออกมาเฉพาะเพื่อให้แสดงรายละเอียดได้ชัดเจนกว่า ซึ่งในขั้นตอนของการออกแบบนี้ อาจจะมีการเปลี่ยนแปลงในรายละเอียดบางอย่าง เพื่อให้เหมาะสมยิ่งขึ้นก่อนที่จะลงมือทำการสร้างตามที่ได้ออกแบบไว้

ในส่วนของ การออกแบบโครงสร้างภายใน สิ่งที่เราต้องคำนึงถึงเป็นอย่างมากก็คือ น้ำหนักและความแข็งแรง ระบบโครงสร้างในปัจจุบันที่ได้รับการยอมรับว่ามีความแข็งแรงและน้ำหนักเบา ก็คือระบบตัวถังที่เป็นแบบสเปซเฟรม (Space Frame) ซึ่งสามารถให้ความแข็งแรงและน้ำหนักเบา โดยหลักการแล้ว ตัวถังแบบสเปซเฟรมเป็นโครงสร้างที่มีแนวคิดมาจากระบบเบนนั่งร้าน คือ ความแข็งแรงที่ได้มาจากการออกแบบให้มีการกระจายแรงออกไปตามทิศทางต่างๆ อย่างเหมาะสมแทนที่จะใช้ขนาดของโครงสร้างที่มีขนาดใหญ่ซึ่งมีน้ำหนักมาก การวางตำแหน่งของโครงสร้างแต่ละส่วนสามารถทำได้โดยการพิจารณาแนวแรงที่จะมากระทำกับตัวรถในทิศทางต่างๆ จากนั้นก็ทำการออกแบบโครงสร้างขึ้นมารับกับแนวแรงนั้นๆ โดยในการออกแบบที่ดี การกำหนดโครงสร้างในแต่ละชั้นควรมีตำแหน่งที่รองรับจำนวนแนวแรงให้ได้มากที่สุดในส่วนเดียว และการออกแบบจะต้องพยายามให้ชั้นส่วนแต่ละชั้นมีการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์กับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตเห็นาไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

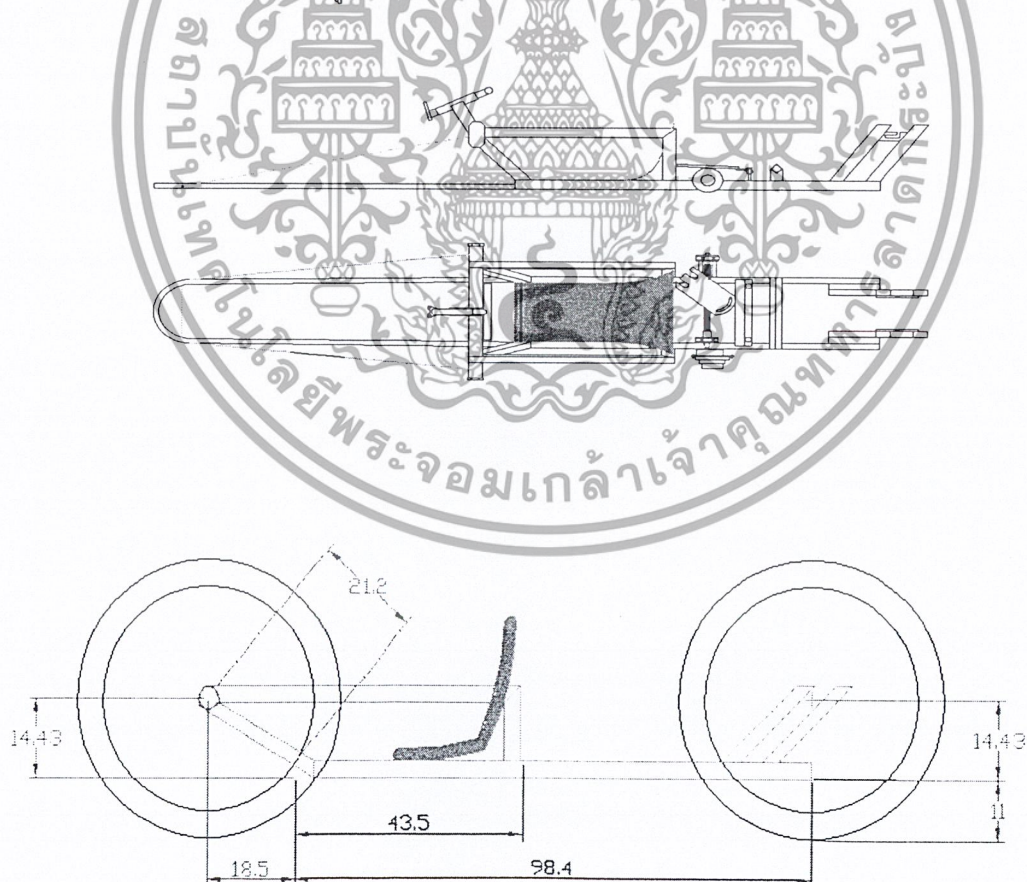
รับแรงที่อยู่ในลักษณะของการอัดหรือการดึง เพราะชิ้นส่วนส่วนใหญ่จะมีความสามารถในการรับแรงอัดและแรงดึงได้มากกว่าแรงเฉือนที่มากกระทำ ดังนั้นต้องพยายามหลีกเลี่ยงไม่ให้ชิ้นส่วนของโครงสร้างต้องรับแรงเฉือนโดยเด็ดขาด เพราะโครงสร้างในตำแหน่งที่ต้องรับแรงเฉือนมักเป็นตำแหน่งที่ได้รับความเสียหายซึ่งจะเป็นอันตรายต่อผู้ขับขี้อย่างยิ่ง ดังนั้นผู้ที่ทำการออกแบบต้องพิจารณาในส่วนของชิ้นส่วนที่ต้องมีการรับแรงเฉือนให้มีความแข็งแรงพอหรือไม่ หากในบางตำแหน่งมีความจำเป็นต้องออกแบบโครงสร้างให้มีการรับแรงเฉือน ควรมีการเสริมชิ้นส่วนเพื่อช่วยในการรับแรงให้กับโครงสร้างในบริเวณนั้นๆ เช่น หากโครงสร้างที่ออกแบบได้ทำการเชื่อมต่อกันเป็นมุมฉาก เราควรจะทำารติดโลหะรูปสามเหลี่ยมมุมฉากเข้าไปที่บริเวณที่เราทำการเชื่อมต่อชิ้นส่วนเข้าด้วยกัน ควรพยายามทำการออกแบบโครงสร้างโดยรวมออกมาในลักษณะที่เป็นรูปกล่องมากที่สุด เพื่อที่จะสามารถรับแรงบิดตัวได้ดี

### 2.1.2 หลักการคำนวณเพื่อหาวัสดุและขนาดที่ใช้สร้างโครงรถ

ในการคำนวณโครงสร้างของตัวรถประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงขนาดเล็ก จะต้องคำนึงถึงความแข็งแรง , น้ำหนัก เป็นสำคัญซึ่งใช้หลักการคำนวณตามหลักวิชา Static Mechanic , Solid Mechanic และ Machine Design เป็นสำคัญ ซึ่งมีขั้นตอนในการคำนวณดังนี้

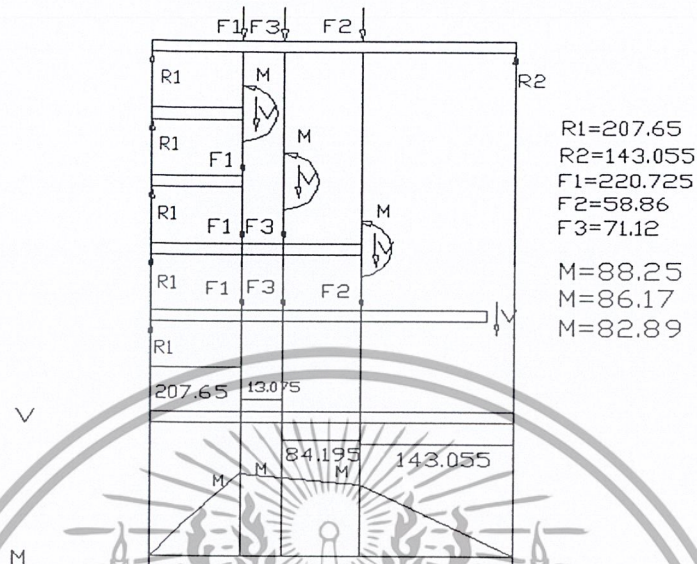
#### 2.1.2.1 การคำนวณหาวัสดุ เลือกใช้อะลูมิเนียม (Aluminum)

ตัวอย่างการคำนวณหาขนาดอะลูมิเนียม



รูปที่ 2-1 แสดงลักษณะของตัวรถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับนักเรียนเท่านั้น มิอนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-2 แสดงลักษณะแรงที่กระทำบนคาน 1 ด้าน, SFD และ BMD

$F_1$  คือแรงจากน้ำหนักคนขับ 45 Kg  $= (45/2)(9.81) = 220.725$  N.

$F_2$  คือแรงจากน้ำหนักเครื่องยนต์ 12 Kg  $= (12/2)(9.81) = 58.86$  N.

$F_3$  คือแรงจากน้ำหนักโครงรถ 14.5 Kg  $= (14.5/2)(9.81) = 71.12$  N.

$R_1$  คือแรงจากล้อหน้า  $R_2$  คือแรงจากล้อหลัง

จากรูปที่ 2-1 ทำการแยกคิดคานด้านเดียว

$$\text{จาก } \sum M_B = 0$$

$$F_2 (0.546) + F_3 (0.584) + F_1 (0.766) - R_1 (1.169) = 0$$

$$1.169R_1 = (58.86)(0.546) + (71.12)(0.584) + (220.725)(0.766)$$

$$R_1 = 207.65 \text{ N.}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$R_1 + R_2 = F_1 + F_2 + F_3$$

$$207.65 + R_2 = 220.725 + 58.86 + 71.12$$

$$R_2 = 143.255 \text{ N.}$$

$$\text{ที่ } 0 < x < 0.425 ;$$

$$R_1 = V$$

$$V = 207.65 \text{ N.}$$

$$\sum M = 0 ; M = R_1(x)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned} \text{ได้ } M &= 207.65x(0.425) \\ &= 88.25 \text{ Nm.} \end{aligned}$$

ที่  $0.425 < x < 0.584$  ;

$$\begin{aligned} V &= R_1 - F_1 \\ &= 207.65 - 220.725 \\ &= 13.075 \text{ N.} \end{aligned}$$

$\Sigma M = 0$  ;

$$\begin{aligned} M + F_1(x - 0.425) &= R_1(x) \\ M &= (207.65)(x) - 220.725(x - 0.425) \\ &= (207.65)(0.584) - 220.725(0.584 - 0.425) \\ &= 86.17 \text{ Nm.} \end{aligned}$$

ที่  $0.584 < x < 0.623$  ;

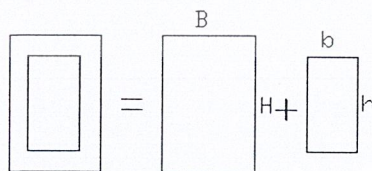
$$\begin{aligned} V &= R_1 - F_1 - F_3 \\ &= 207.65 - 220.725 - 71.12 \\ &= -84.195 \text{ N.} \\ V &= 84.195 \text{ N.} \end{aligned}$$

$\Sigma M = 0$ ;

$$\begin{aligned} M + R_1(x - 0.425) + F_3(x - 0.623) &= R_1(x) \\ M &= 207.65(x) - 220.725(x - 0.425) - 71.12(x - 0.584) \\ M &= 207.65(0.623) - 220.725(0.623 - 0.425) - 71.12(0.623 - 0.584) \\ &= 82.89 \text{ Nm.} \end{aligned}$$

ที่  $0.623 < x < 1.169$  ;

$$\begin{aligned} V &= R_1 - F_1 - F_2 - F_3 \\ &= 207.65 - 220.725 - 58.86 - 71.12 \\ &= -143.055 \\ V &= 143.055 \text{ N.} \end{aligned}$$



รูปที่ 2-3 แสดงหน้าตัดของอะลูมิเนียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$B = 25.4 \text{ mm.} = 0.0254 \text{ m.}$$

$$H = 38.1 \text{ mm.} = 0.0381 \text{ m.}$$

$$b = 22.4 \text{ mm.} = 0.0224 \text{ m.}$$

$$h = 35.1 \text{ mm.} = 0.0351 \text{ m.}$$

ความเค้นดัดคำนวณโดย

$$\begin{aligned} I_x &= [BH^3 - bh^3] / 12 \\ &= [(0.0254)(0.0381)^3 - (0.0224)(0.0351)^3] / 12 \\ &= [0.0000000117 - 0.0000000807] \\ &= 3.63 \times 10^{-8} \text{ m}^4 \end{aligned}$$

สูตรที่ใช้ในการคำนวณความเค้นดัดสูงสุด

$$(\Sigma_{\max}) = (M_{\max}c) / I_x$$

$\Sigma_{\max}$  = ความเค้นดัดสูงสุดที่กระทำกับโครงรถ

$M_{\max}$  = โมเมนต์ดัดสูงสุดที่กระทำกับโครงรถ

$c$  = ตำแหน่งของจุดศูนย์กลาง

$I_x$  = ความเค้นดัด

$$\begin{aligned} \text{ความเค้นดัดสูงสุด } (\Sigma_{\max}) &= (M_{\max}c) / I_x \\ &= [88.25 (19.05 \times 10^{-3})] / 3.63 \times 10^{-8} \\ &= 4.63 \times 10^7 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

สูตรสำหรับการคำนวณ Tensile strength

$$\text{Tensile strength} = N_y \times \Sigma_{\max}$$

โดย  $N_y$  = safety factor

$\Sigma_{\max}$  = ความเค้นดัดสูงสุด

อะลูมิเนียมเป็นโลหะเหนียวรับแรงกระแทกเล็กน้อยเลือกใช้  $N_y = 4$

$$N_y = (\text{ความต้านทานแรงดึงคราก}) / (\text{ความเค้นที่คำนวณได้})$$

$$\begin{aligned} \text{ความต้านทานแรงจากการดัด} &= N_y (4.63 \times 10^7 \text{ N/m}^2) \\ &= 4 \times (4.63 \times 10^7) \\ &= 1.852 \times 10^8 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

## 2.2 ระบบบังคับเลี้ยว

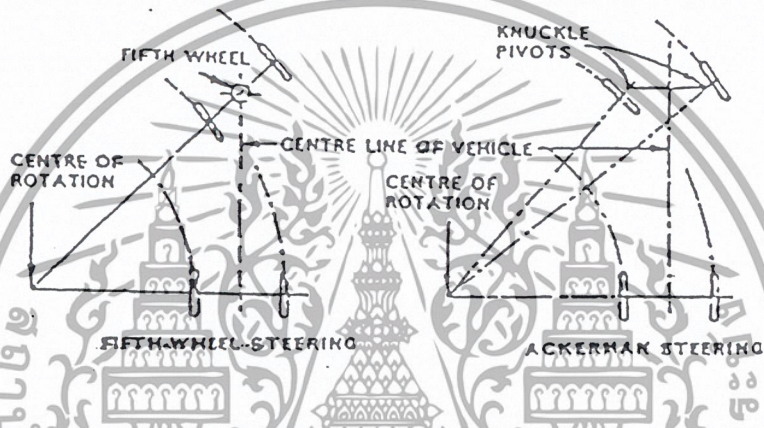
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.2.1 การพัฒนาของระบบบังคับเลี้ยว

ระบบบังคับเลี้ยวทำหน้าที่ควบคุมให้รถเลี้ยวในทิศทางที่ต้องการ โดยมีระบบบังคับเลี้ยวแบ่งได้ดังนี้

2.2.1.1 ระบบจุดหมุนเดียวหรือระบบล้อที่ห้า (Fifth Wheel) ระบบนี้ล้อและเพลาคือเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งไปด้วยกัน ถ้ารถเลี้ยวเร็วๆ รถจะเสียการทรงตัว ระบบนี้มักใช้กับยานพาหนะที่ถูกขับโดยการลาก เช่น รถลาก และยานที่มีน้ำหนักมาก ไม่นิยมใช้กับยานพาหนะที่ขับเคลื่อนได้เอง

2.2.1.2 ระบบจุดหมุนสองจุดหรือระบบของอัครเคอมา (Ackerman) ระบบนี้ล้อหน้าจะติดกับหูสลัก (Pivoted Knuckles) และจะมีแกนบังคับต่อจากหูสลักทั้งสองข้าง ระบบนี้จะนำมาใช้ในรถประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงขนาดเล็ก ซึ่งจะกล่าวในรายละเอียดต่อไป

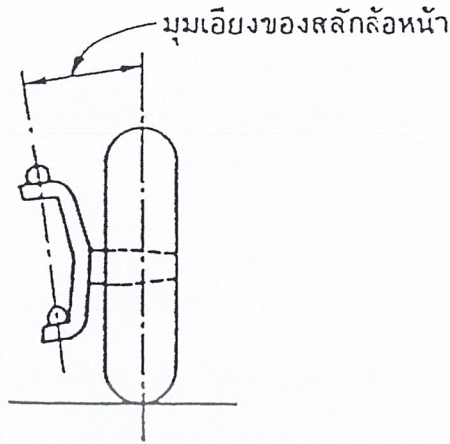


รูปที่ 2-4 แสดงระบบบังคับเลี้ยว (ระบบล้อที่ห้า และระบบอัครเคอมา)

### 2.2.2 การตั้งศูนย์ล้อหน้า (Front Wheel Alignment)

มุมล้อหน้ามีผลทำให้สามารถขับเลี้ยวได้ง่าย มีการทรงตัวในขณะที่เลี้ยวได้ดี และทำให้ยางสึกหรอน้อยที่สุดด้วย ศูนย์ล้อหน้าสามารถตั้งได้โดยการปรับตั้งมุมเหล่านี้ คือ มุมแคสเตอร์ (caster angle) มุมแคมเบอร์ (camber angle) มุมเอียงสลักล้อ (king pin inclination angle) มุมโท (toe) มุมต่างๆ เหล่านี้จะสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน ถ้ามุมหนึ่งมุมใดเปลี่ยนไปก็จะทำให้มุมอื่นๆ ผิดพลาดไปด้วย

มุมแคสเตอร์ (caster angle) มุมแคสเตอร์วัดเป็นองศาของการเอียงของแกนเลี้ยวล้อทางส่วนปลายบนที่เอียงออกจากแนวตั้งไปทางด้านหน้าหรือด้านหลังของตัวรถ เมื่อมองจากด้านข้างของรถ มุมแคสเตอร์บวก (positive caster) คือ มุมที่เกิดจากด้านบนของแกนเลี้ยวล้อเอียงไปทางด้านหลัง มุมแคสเตอร์ลบ (negative caster) คือ มุมที่เกิดจากด้านบนของแกนเลี้ยวล้อเอียงไปทางด้านหน้าของตัวรถ สำหรับมุมแคสเตอร์ที่ใช้ในรถประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงขนาดเล็กนี้จะใช้มุมแคสเตอร์เป็นมุมแคสเตอร์บวก



รูปที่ 2-5 แสดงมุมแคสเตอร์

มุมแคสเตอร์ทำให้เกิดเทรลิ่ง (Trailing effect) ทำให้รถมีเสถียรภาพในการบังคับทิศทาง ถ้ามุมแคสเตอร์ไม่ถูกต้องจะทำให้เกิดความขุ่นยากขึ้น เช่น เลี้ยวได้ยาก ดิ่งไปข้างใดข้างหนึ่งเมื่อห้ามล้อ และเกิดการสั่น



รูปที่ 2-6 แสดงมุมแคมเบอร์

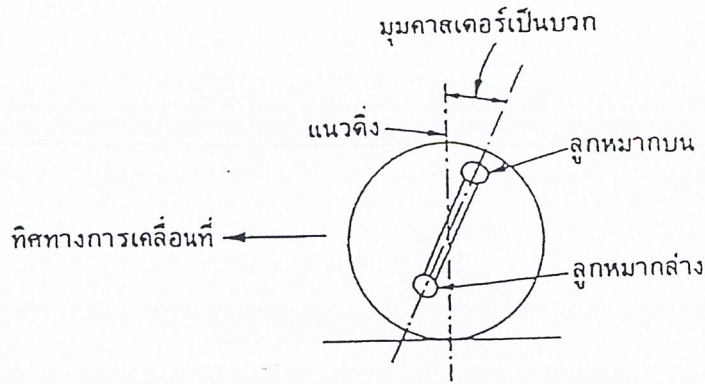
มุมแคมเบอร์ (camber angle) คือ จำนวนองศาที่ล้อหน้าเอียงออกจากแนวตั้งเมื่อมองจากหน้ารถเข้าไป ถ้าด้านบนของล้อหน้าเอียงออกนอกตัวรถ เรียกว่า แคมเบอร์บวก (positive camber) และถ้าล้อหน้าเอียงเข้าในตัวรถ เรียกว่า แคมเบอร์ลบ (negative camber)

มุมเอียงสลักล้อ (king pin inclination angle) คือ เส้นศูนย์กลางที่ล้อหน้าบิดหมุนเลี้ยวรอบแกนนี้ เขียนย่อว่า KPI หรือจะพูดว่าเป็นมุมเอียงเข้าข้างในรถของเส้นแกนเลี้ยวล้อจากแนวตั้ง มุมเอียงแกนล้อจะร่วมกับมุมแคสเตอร์ทำให้เกิดเสถียรภาพในการบังคับทิศทาง และทำให้จุดศูนย์กลางการเลี้ยวของยางอยู่บนถนน

มุมรวม หมายถึง การบวกมุมแคมเบอร์เข้ากับมุมเอียงสลักล้อ อันเป็นมุมที่บ่งบอกถึงความสัมพันธ์ของมุมแคมเบอร์ มุมเอียงสลักล้อ และมุมโทล้อหน้า เพราะมุมทั้งสามนี้จะทำงานร่วมกันในขณะ

ที่รถแล่นตรงไปข้างหน้า

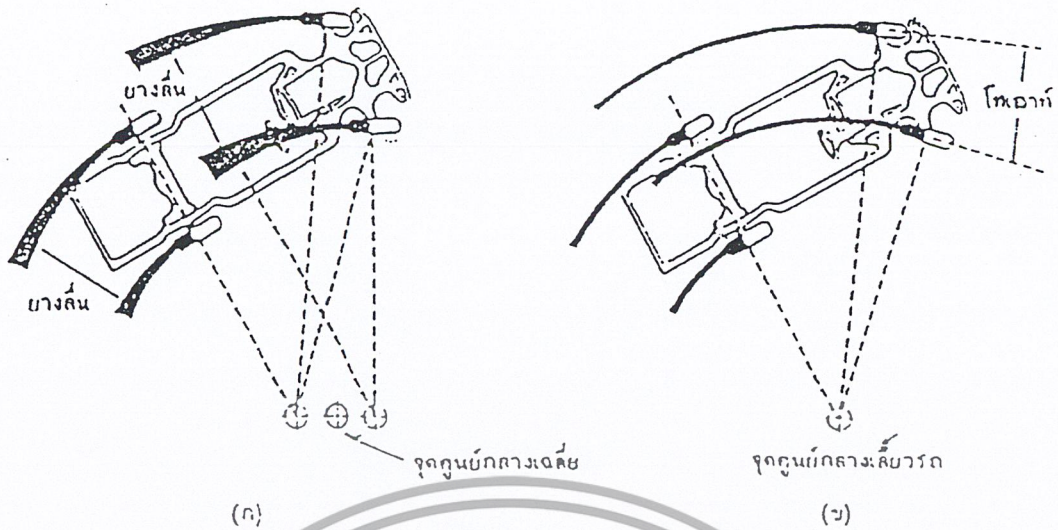
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-7 แสดงมุมเอียงสลักล้อ

มุมโท (toe) ในขณะที่ยารถแล่นตรงไปข้างหน้า ล้อหน้าทั้งสองข้างของรถจะมีระยะช่วงล้อทางด้านหน้าและทางด้านหลังของยางเท่ากันหรือไม่เท่ากัน ตามแต่จะได้รับการออกแบบ และมุมโทนี้ทำงานสัมพันธ์ร่วมกับมุมแคมเบอร์ โทอิน (toe - in) หมายความว่า ระยะห่างจากเส้นศูนย์กลางของล้อหน้าสั้นกว่าระยะห่างจากเส้นศูนย์กลางของล้อด้านหลังเมื่อมองจากด้านบนของรถ โทเอาต์ (toe - out) หมายความว่า ระยะห่างจากเส้นศูนย์กลางของล้อหน้ายาวกว่าระยะห่างจากเส้นศูนย์กลางของล้อด้านหลังเมื่อมองจากด้านบนของรถ ขณะที่รถกำลังแล่นอยู่นั้น ล้อทุกๆ ล้อจะขนาบกันและกัน เพื่อให้ล้อหมุนกลับไปข้างหน้าในทิศทางเดียวกันเพื่อหลีกเลี่ยงการที่ยางถูไปกับบนทางแล่น เพื่อเป็นการรักษาระยะโทของล้อหน้าขณะรถแล่นให้เป็นศูนย์ จึงจำเป็นที่จะตั้งล้อให้เป็น โทอิน ในขณะรถอยู่กับที่เป็นการทดแทนสำหรับการหันเหของล้อที่เกิดขึ้นจากแรงเสียดทานของล้อบนผิวถนน และแรงที่เกิดจากการเบรก ซึ่งแรงเสียดทานของล้อบนผิวถนนและแรงเบรคนี้จะทำให้เกิดเป็นโมเมนต์ อันเป็นแนวโน้มที่ทำให้ล้อเกิดการกางออกเป็นโทเอาต์ ให้ล้อแล่นแยกออกจากกัน ดังนั้นถ้าขณะที่รถอยู่กับที่ทำการปรับตั้งระยะโทให้ขนาบกัน เมื่อรถแล่นหรือเบรกก็นจะทำให้ล้อจิกกางออกแล่นแยกจากกันเล็กน้อย ล้อหน้าทั้งสองจึงมีทิศทางกลับไปของล้อไม่สัมพันธ์กันและกัน และยังไม่สัมพันธ์กับล้อหลังซึ่งเป็นล้อขับอีกด้วย อันเป็นสาเหตุให้ดอกยางเกิดการถูกับผิวถนนสึกหรอเร็วกว่าปกติ แล้วยังทำให้การเกาะถนนของรถลดลงด้วย และจากผลของการที่เป็นมุมแคมเบอร์บวก ทำให้ล้อหน้าแล่นออกจากกันเปรียบเหมือนการกิ้งของกรวย ดังนั้นเมื่อจัดตั้งระยะโทให้ข้างหน้าแคบเข้า ก็จะเป็นผลให้ล้อแล่นเข้าหากัน เมื่อปรับตั้งระยะโทสัมพันธ์กับมุมแคมเบอร์ก็จะเป็นผลให้ล้อแล่นตรงไปข้างหน้าตามทิศทางแล่นของรถ

โทเอาต์ขณะเลี้ยว (Toe out on turn) เป็นมุมของล้อหน้าที่เกิดขึ้นขณะรถแล่นอยู่บนทางโค้ง หรือขณะที่รถเลี้ยว จากความต้องการเบื้องต้นในการแล่นของรถที่มีการเกาะถนนที่ดีนั้น ล้อทุกๆ ล้อของรถจะกลับไปบนถนนโดยไม่มีการขัดถูหรือลากไปบนผิวทางแล่น ดังนั้นในขณะที่รถเลี้ยวล้อหน้าจึงเป็นมุมโทเอาต์ เพราะว่าล้อด้านนอกของทางโค้งแล่นไปบนส่วนโค้งที่ใหญ่กว่าล้อด้านในของทางโค้ง ล้อด้านนอกจะต้องบิดเลี้ยวเป็นมุมน้อยกว่าล้อด้านใน ด้วยเหตุนี้จึงทำให้รัศมีเลี้ยวของล้อหน้ากว้างกว่าด้านหลัง แต่เนื่องจากการวัดโทเอาต์ ขณะเลี้ยวเป็นองศาจึงเรียกว่า มุมรัศมีเลี้ยวรถ อันหมายถึง การบิดเลี้ยวของล้อหน้าให้ล้อทุกๆ ล้อของรถมีจุดศูนย์กลางของส่วนโค้งที่ล้อทุกล้อกลับไปเพียงจุดเดียว หรือมีจุดศูนย์กลางของส่วนโค้งร่วมกัน



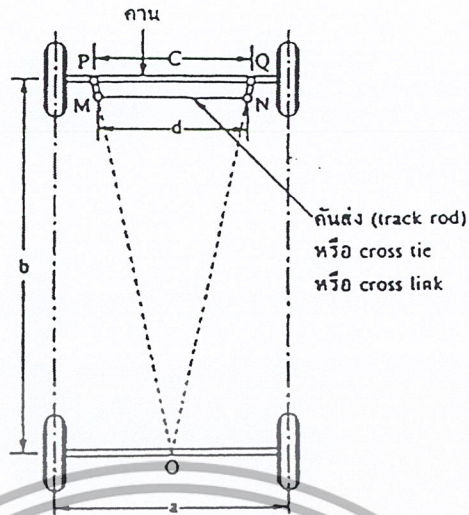
รูปที่ 2-8 แสดงการเปรียบเทียบการเลี้ยวของรถที่ล้อทุกล้อร่วมจุดศูนย์กลางเดียวกัน และไม่ร่วมจุดศูนย์กลางเดียวกัน

รูป ก) ล้อรถทุกล้อเลี้ยวโดยไม่ร่วมจุดศูนย์กลางเดียวกัน จึงต้องมีจุดศูนย์กลางเฉลี่ยเพราะล้อหน้าทั้งสองบิดเลี้ยวด้วยมุมที่เท่ากัน

รูป ข) ล้อทุกล้อเลี้ยวโดยที่มีจุดศูนย์กลางร่วมกัน เพราะล้อหน้าเป็นโทเอพท์ขณะเลี้ยว

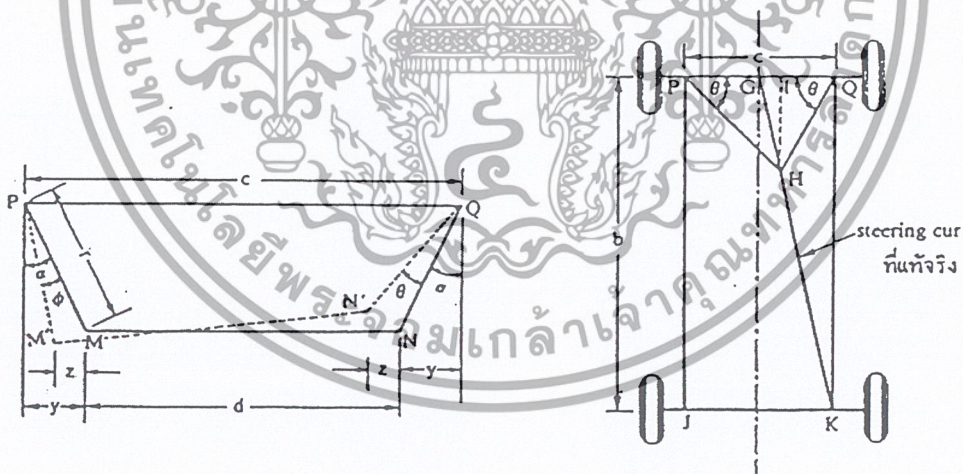
### 2.2.3 กลไกการบังคับเลี้ยวแบบอ็อกเคอแมน

คันชักคันส่งของรถได้ออกแบบไว้เพื่อเป็นตัวแก้มเลี้ยวล้อของแต่ละล้อ ขณะที่รถแล่นบนทางโค้งให้ถูกต้อง การออกแบบนี้เรียกว่า หลักการของอ็อกเคอแมน (Ackerman principle) หลักการนี้คือ การที่ล้อสองล้อมีการต่อให้บิดเลี้ยวไปด้วยกัน ล้อที่แล่นไปบนวงกลมที่ต่างกันและจะต้องบิดเลี้ยวไปในมุมที่ขนาดไม่เท่ากันด้วย การควบคุมโทเอพท์ขณะเลี้ยวได้ทำการออกแบบให้แขนเลี้ยวล้อ (Steering arms) ทำมุมกับเส้นศูนย์กลางล้อ เพราะถ้าเลี้ยวล้อขนานกับเส้นศูนย์กลางล้อ ล้อหน้าทั้งสองจะบิดเลี้ยวไปเท่ากัน ดังเช่น สีเหลี่ยมด้านขนาน จะทำให้จุดศูนย์กลางของส่วนโค้งที่ล้อแต่ละล้อแล่นไปอยู่คนละจุด เป็นผลให้ยางถูไปกับพื้นถนน ดังนั้น ถ้าต้องการให้มุมเลี้ยวล้อหน้าแต่ละล้อไม่เท่ากัน จะต้องทำให้คันส่งและแขนเลี้ยวประกอบกันเป็นสี่เหลี่ยมคางหมู โดยเมื่อล้ออยู่ในตำแหน่งตรงไปข้างหน้า ถ้าลากเส้นต่อ ไปจากแขนเลี้ยวล้อทั้งสองข้างแล้ว เส้นต่อทั้งสองจะตัดกันบนเส้นศูนย์กลางของเพลาล้อหลังที่จุดกึ่งกลาง



รูปที่ 2-9 แสดงระบบบังคับล้อแบบออคเคอมาน

รูปที่ 2-10 ถ้าไม่คิดการเอียงเล็กน้อยของคันทักส์การเคลื่อนที่ของ M และ N ในทิศทางขนานกับเพลา คาน PQ จะมีค่าเท่ากับ  $c$  เท่ากับ  $z$  ให้  $M'$   $N'$  เป็นตำแหน่งที่ถูกค้ำในขณะเลี้ยวและ  $r$  เป็นรัศมีของแกนก้านต่อบังคับล้อหรือนักเกิดอาร์ม



รูปที่ 2-10 แสดงกลไก 4-bar ของระบบบังคับล้อ

#### 2.2.4 เงื่อนไขพื้นฐานสำหรับการกลิ้งอย่างแท้จริง

ขณะรถเลี้ยว ล้อหน้าจะต้องหมุนในลักษณะที่แน่นอนทั้งคู่ และสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน นอกจากนี้แนวแกนล้อหน้าทั้งคู่จะต้องไปตัดกับแนวแกนล้อหลังที่จุดเดียวกันเพื่อจัดการเส้นไถลทางด้านข้างและเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำให้ล้อทั้งหมดเกิดการกลิ้งอย่างแท้จริง ตามเงื่อนไขพื้นฐานดังกล่าวมานี้ ล้อหน้าทั้งสองจะต้องหมุนรอบจุดศูนย์กลางร่วมจุดเดียวกัน ซึ่งจุดศูนย์กลางนี้เป็นจุดศูนย์กลางหมุนชั่วขณะ (Instantaneous center) เนื่องจากแนวแกนล้อหลังอยู่ที่ ดังนั้นจุดศูนย์กลางร่วมจุดนี้จะต้องยื่นออกไปนอกตัวรถ

### 2.3 ระบบส่งถ่ายกำลัง

ในส่วนของระบบส่งถ่ายกำลังของรถประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิง เราได้ให้ความสนใจในส่วนของระบบส่งถ่ายกำลังที่มีการเปลี่ยนอัตราทดได้อย่างต่อเนื่อง เนื่องจากเราสามารถนำชิ้นส่วนของชุดเกียร์ที่เป็นมาตรฐานที่มากับเครื่องออก จึงสามารถช่วยลดน้ำหนักของเครื่องยนต์ได้ รวมถึงสามารถให้ประสิทธิภาพในการส่งถ่ายกำลังได้ดีกว่าระบบเก่า ซึ่งเป็นระบบชุดเกียร์อีกด้วย

ฉะนั้น ในส่วนของระบบส่งถ่ายกำลังนี้ เราจึงขอกล่าวถึงระบบส่งถ่ายกำลังที่มีการเปลี่ยนแปลงอัตราทดได้อย่างต่อเนื่องเท่านั้นว่าระบบดังกล่าวที่นำมาใช้นี้มีทฤษฎีและหลักการทำงานอย่างไร

#### 2.3.1 ทฤษฎีและหลักการ

การส่งถ่ายกำลังของรถประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงขนาดเล็กนี้ จะใช้การเปลี่ยนแปลงอัตราทดอย่างต่อเนื่อง ซึ่งมีส่วนประกอบคือ

1. ชุดกรวยส่งกำลังต่อจากเพลาล้อเหยียงของเครื่องยนต์
2. ชุดเลื่อนเครื่องสำหรับติดตั้งเครื่องยนต์ และเลื่อนจากขวาไปซ้ายเพื่อเปลี่ยนอัตราทด
3. ชุดปรับการกดของล้อกับกรวย
4. ชุดถอนกำลังสำหรับดึงเครื่องออกขณะสตาร์ทและเบรก

จากผลการทดลองที่จะกล่าวไว้ในบทที่ 5 ซึ่งได้รอบใช้งานต่ำสุดที่ 1000 รอบ/นาที นำมาคำนวณเพื่อหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของกรวยส่งกำลังที่สามารถทำให้ความเร็วเฉลี่ยของรถไม่ต่ำกว่า 25 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยมีค่ากำหนดมาตรฐานดังต่อไปนี้

1. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของล้อรถประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิง
2. รอบของเครื่องยนต์ต่ำสุดที่ใช้งาน 1000 รอบต่อนาที

#### 2.3.2 การออกแบบกรวย

ในการออกแบบระบบส่งกำลังจะใช้กรวยในการส่งกำลังโดยตรง ซึ่งกำลังที่ออกจากเพลาล้อเหยียงจะถูกส่งตรงลงที่ล้อรถยนต์โดยตรง และข้อดีอีกอย่างของระบบส่งกำลังแบบนี้ คือ ในการเปลี่ยนความเร็วของรถเราสามารถเพิ่มความเร็วของรถได้โดยไม่ต้องเพิ่มความเร็วรอบของเครื่องยนต์ และสามารถนำแรงบิดของเครื่องยนต์ที่ผลิตได้ นำมาใช้งานอย่างเต็มที่ ส่งผลให้ปัญหาในการออกตัวหนักไป โดยมีหลักการในการออกแบบดังนี้

- กำหนดความเร็วสูงสุดของรถ
- กำหนดรอบเครื่องยนต์ที่จะใช้งาน

จากสูตรอัตราทด

$$n_1 d_1 = n_2 d_2 \quad (7)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ  $n$  คือ ความเร็วรอบ

$d$  คือ เส้นผ่านศูนย์กลาง

กำหนดให้รั้วด้วยความเร็ว 30 km/hr เครื่องยนต์ทำงานที่ 1000 rpm เส้นผ่านศูนย์กลางล้อรถ 700 mm เราจะได้ว่า

$$\begin{aligned}
 v &= \pi dn & (8) \\
 n &= \frac{30 \text{ km / hr} \times 1000}{\pi \times 700 \times 60} \\
 n &= 227.36 \text{ rpm} \\
 \therefore 1000 \times d_1 &= 227.36 \times 700 \\
 d_1 &= 159.154 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

เพราะฉะนั้นจะต้องสร้างกรวยที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่สุดเท่ากับ 160 mm โดยทำการจัดสร้างกรวยขึ้นมาทั้งหมด 2 อัน

### 2.3.3 หลักการทำงาน

จะให้อุปกรณ์ที่ทำงานเฉพาะซึ่งมีลักษณะเป็นกรวย ส่งกำลังโดยจะต่อจากเพลาคือเหวี่ยง ซึ่งการส่งกำลังจะให้กรวยส่งกำลังนี้มาขับเคลื่อนโดยตรง ในขณะที่คิดเครื่องกรวยนี้จะขับเคลื่อนโดยตรงกับล้อทำให้เกิดการขับเคลื่อน การใช้งานปกติจะใช้งานเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบคงที่ และจะเปลี่ยนความเร็วของรถโดยการเปลี่ยนอัตราทดโดยการเลื่อนเครื่องยนต์จากขวาไปซ้าย เพื่อเปลี่ยนตำแหน่งเส้นผ่านศูนย์กลางของกรวยตัวขับ ที่จะใช้ขับกับล้อเพื่อจะเพิ่มความเร็วรถยนต์ก็จะเปลี่ยนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของกรวย ณ ตำแหน่งขับ จากเส้นผ่านศูนย์กลางจากเล็กไปใหญ่ ซึ่งการเปลี่ยนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของกรวย ณ ตำแหน่งที่ขับเคลื่อนสามารถทำได้โดยการเลื่อนฐานยึดเครื่องยนต์ ซึ่งการเลื่อนฐานยึดเครื่องยนต์สามารถทำได้โดยการกดสวิทช์มอเตอร์จะไปหมุนเพลาลูกเบี้ยวที่เพลาลูกเบี้ยวจะเลื่อนเครื่องยนต์ไปมาซ้ายขวาได้

ซึ่งลักษณะการขับเคลื่อนโดยตรงของกรวยนี้ จะใช้สปริงดึงให้กรวยกดกับล้อด้วยแรงที่พอเหมาะ ถัดดึงแรงเกินไป แรงดึงนี้จะกลายเป็นภาระทำให้เกิดการสูญเสียโดยเปล่าประโยชน์ จึงได้สร้างชุดปรับระยะกดของกรวย เพื่อหาระยะกดที่เหมาะสม

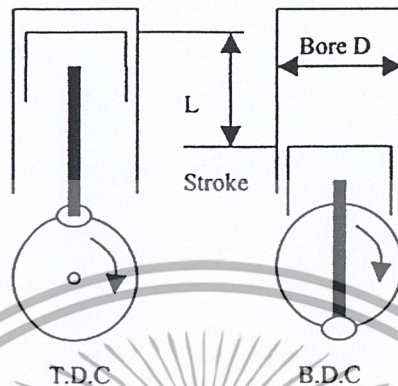
อีกส่วนหนึ่งได้แก่ชุดถอนกำลัง ซึ่งทำโดยการใช้คันโยกเท้าเหยียบ ยึดโยงเข้ากับตัวเครื่องยนต์ โดยใช้ลวดสลิง เพื่อทำการดึงเครื่องยนต์ออกจากล้อโดยมีเพลาลูกเบี้ยวเป็นจุดหมุน เพื่อใช้ในการออกตัว ซึ่งต้องถอนกรวยออกก่อนแล้วค่อยๆ วางลงบนล้อ และต้องยกก่อนที่จะทำการเบรก

## 2.4 เครื่องยนต์แบ่งออกได้เป็นส่วนๆ ดังนี้

### 2.4.1 ทฤษฎีและหลักการทำงานของเครื่องยนต์

- ระยะเวลา, ช่วงชัก (Stroke)

การที่ลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้นจากศูนย์ตายล่าง ไปสู่ศูนย์ตายบน (BDC - TDC) หรือเคลื่อนที่ลงจากศูนย์ตายบนลงสู่ศูนย์ตายล่าง (TDC - BDC) การเคลื่อนที่ขึ้นหรือลงแต่ละครั้ง เรียกว่า 1 ระยะเวลา (Stroke, L) ระยะการเคลื่อนที่มีหน่วยเรียกเป็นมิลลิเมตร (มม.)



รูปที่ 2-11 ระยะเวลา

- ศูนย์ตาย (Dead center, TDC, BDC)

- ศูนย์ตาย (Dead center) คือ จุดที่ลูกสูบสิ้นสุดการเคลื่อนที่ในทิศทางนั้นๆ หรือเคลื่อนต่อไปในทิศทางนั้นไม่ได้นั่นเอง

- ศูนย์ตายบน (Top Dead Center, TDC) คือ จุดสูงสุดที่ลูกสูบเริ่มที่จะเคลื่อนที่ลง

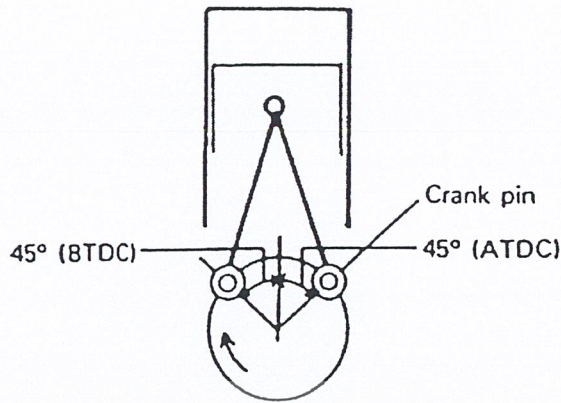
- ศูนย์ตายล่าง (Bottom Dead Center, BDC) คือ จุดต่ำสุดที่ลูกสูบเริ่มที่จะเคลื่อนที่ขึ้น

- ความโตกระบอกสูบ, ขนาดกระบอกสูบ (Bore)

ความโตกระบอกสูบ คือ เส้นผ่านศูนย์กลางภายในของกระบอกสูบ (D) มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร

- มุมเพลลาข้อเหวี่ยง (Crank angle)

มุมเพลลาข้อเหวี่ยง คือ มุมที่เกิดจากเส้นตรงที่ลากจากจุดศูนย์กลางสลักลูกสูบมายังศูนย์กลางเพลลาข้อเหวี่ยง (Center line) กับเส้นตรงที่ลากผ่านจุดศูนย์กลางสลักข้อเหวี่ยง (Crank pin) มายังจุดศูนย์กลางเพลลาข้อเหวี่ยง โดยการเปรียบเทียบกับ TDC และ BDC



รูปที่ 2-12 แสดงมุมเพลาคือเหวี่ยง

การเปรียบเทียบ TDC 45 องศา ก่อนศูนย์ตายบน (45° BTDC) 45 องศา หลังศูนย์ตายบน (45° ATDC) การเปรียบเทียบกับ BDC จะบอกเป็นจำนวนองศา ก่อนศูนย์ตายล่าง (Before Bottom Dead Center, BBCD) หรือจำนวนองศา หลังศูนย์ตายล่าง (After Bottom Dead Center, ABDC)

- ความจุกระบอกสูบ ปริมาตรที่ลูกสูบเคลื่อนแทนที่ (Positive displacement)

เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้น จากศูนย์ตายล่างสู่ศูนย์ตายบน ปริมาตรที่ลูกสูบเคลื่อนแทนที่ (Positive displacement Volume, Displacement Volume) บางครั้งเรียกว่า “ปริมาตรระยั้งชัก” (Stroke Volume) ความจุกระบอกสูบมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เซนติเมตร (cc, cm<sup>3</sup>) และลิตร (1,000 cc) การคำนวณความจุกระบอกสูบ คำนวณได้จากสูตรดังนี้

$$V = \pi r^2 LN = \frac{\pi D^2 LN}{4} \quad (9)$$

เมื่อ D : ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกสูบ

N : จำนวนกระบอกสูบ

r : รัศมีของกระบอกสูบ

$\pi$  : 22/7 = 3.1416

V : ความจุกระบอกสูบ

- ปริมาตรห้องเผาไหม้ (Combustion chamber volume)

ปริมาตรห้องเผาไหม้ คือ ปริมาตรของช่องว่างเหนือลูกสูบ เมื่อลูกสูบอยู่ที่ศูนย์ตายบนถึงฝาสูบ

- ปริมาตรกระบอกสูบ (Cylinder volume)

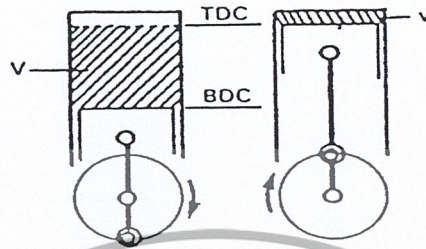
ปริมาตรกระบอกสูบ คือ ปริมาตรเหนือหัวลูกสูบ เมื่อลูกสูบอยู่ที่ศูนย์ตายล่างถึงฝาสูบหรือผลบวกของความจุกระบอกสูบ (ปริมาตรระยั้งชัก) กับปริมาตรห้องเผาไหม้นั่นเอง

- อัตราส่วนการอัด (Compression ratio)

อัตราส่วนการอัด คือ อัตราส่วนของปริมาตรกระบอกสูบ ต่อปริมาตรห้องเผาไหม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นเข้าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ  $R =$  อัตราส่วนการอัด  
 $v =$  ปริมาตรห้องเผาไหม้  
 $V =$  ปริมาตรระยะชัก



รูปที่ 2-13 แสดงอัตราส่วนการอัด

การคำนวณอัตราส่วนการอัด คำนวณได้จากสูตรดังนี้

$$\begin{aligned} \text{Compression ratio, } R &= \frac{\text{Combustion chamber volume, } v + \text{Displacement, } V}{\text{Combustion chamber volume, } v} \\ &= (V/v) + 1 \end{aligned} \quad (10)$$

เครื่องยนต์ยังมีอัตราส่วนการอัดสูง ยังมีรอบเครื่องยนต์สูงขึ้นตามไปด้วย แต่อัตราส่วนการอัดก็มีข้อจำกัด เนื่องจากความสามารถในการต้านทานการน็อคของน้ำมันเบนซิน (Octane number) เครื่องยนต์โดยทั่วไปของรถจักรยานยนต์ จะมีอัตราส่วนการอัดดังนี้

เครื่องยนต์ 2 จังหวะ มีอัตราส่วนการอัดตัวที่ 6-8 : 1

เครื่องยนต์ 4 จังหวะ มีอัตราส่วนการอัดตัวที่ 8-10 : 1

- ความเร็วลูกสูบ (Piston speed)

เมื่อเครื่องยนต์ทำงาน ความเร็วลูกสูบจะมีค่าเป็น 0 ที่ศูนย์ตายบนและศูนย์ตายล่างโดยความเร็วสูงสุดอยู่ที่ระยะกึ่งกลางของระยะชัก ดังนั้นความเร็วลูกสูบโดยเฉลี่ย การคำนวณหาความเร็วลูกสูบ คำนวณได้จากสูตรต่อไปนี้

$$V = \frac{2LN}{60} = \frac{LN}{30} \quad (11)$$

$V =$  ความเร็วเฉลี่ยลูกสูบ (Average piston speed, m/s)

$L =$  ระยะชัก (Stroke, m)

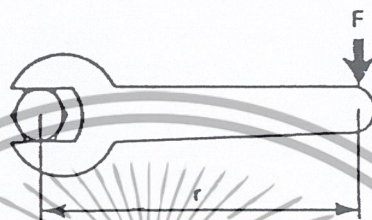
$N =$  ความเร็วของเครื่องยนต์ (Engine speed, RPM)

- แรงบิด (Torque)

แรงหมุน (Turning Force) ที่ทำให้ชิ้นส่วนเกิดการหมุน เรียกว่า “แรงบิด” ดังเช่น จักรยานยนต์ถูกขับโดยแรงบิดของเพลาคือเหวี่ยง ดังเช่น เมื่อมีแรง  $F$  ซึ่งมีหน่วยเป็นกิโลกรัม (kg) มากระทำกับประแจยาว  $r$  ซึ่งมีหน่วยเป็นเมตร (m) ในการขันหัวสกรู

แรงบิด = แรง x ระยะทางจากจุดหมุนที่ตั้งฉากกับแรง

$$T = F \times r \quad (12)$$



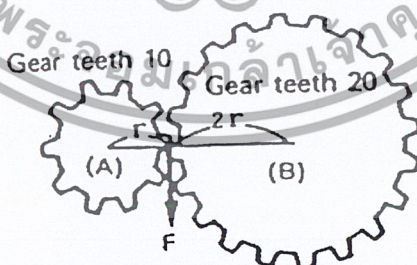
รูปที่ 2-14 แสดงแรงบิด

การเปลี่ยนแรงบิดในเกียร์ด้วยการทดรอบ ดังเช่น เมื่อมีแรง  $F$  มากระทำที่เฟืองขับ A ซึ่งมีรัศมี  $r$  และเฟือง A ขบอยู่กับเฟือง B ซึ่งมีรัศมี  $2r$

$$\therefore \text{แรงบิดบนเพลลา A, } T_A = F \times r$$

$$\text{แรงบิดบนเพลลา B, } T_B = F \times 2r$$

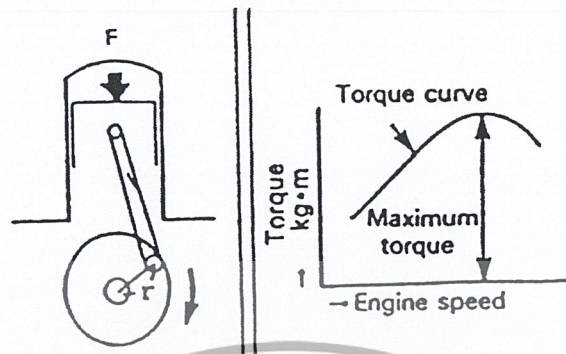
แรงบิดบนเพลลา B จะเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า แต่ความเร็วจะลดลงเหลือเพียงครึ่งเดียว นั่นก็คือ เฟืองตามยังมีฟันจำนวนฟันมาก แรงบิดก็ยิ่งเพิ่มขึ้นแต่ความเร็วก็จะยิ่งลดลง



รูปที่ 2-15 ชุดเฟือง

ในกรณีของเครื่องยนต์เครื่องหนึ่ง จากการเปรียบเทียบความยาวของประแจ ( $r$ ) ก็คือ ระยะจากจุดศูนย์กลางเพลาคือเหวี่ยง ไปยังสลักข้อเหวี่ยงนั่นเอง ซึ่งจะมีระยะเป็นครึ่งหนึ่งของระยะชัก ( $L/2$ )

แรงที่มากกระทำที่ประแจ (F) ก็คือ แรงดันจากการเผาไหม้ ที่มากกระทบบนหัวลูกสูบผลักดันให้ลูกสูบเคลื่อนที่ลงนั่นเอง เนื่องจากระยะ r คงที่ ดังนั้นแรงบิด (T) จึงเปลี่ยนแปลงไปตามค่าแรงดัน (F)



รูปที่ 2-16 แสดง Torque curve

ค่าแรงดัน (F) จะเปลี่ยนแปลงไปตามความเร็วของเครื่องยนต์ นั่นก็คือเปลี่ยนแปลงไปตามประสิทธิภาพการเผาไหม้ ดังนั้นค่าแรงบิด (T) จึงเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย

จากการทำงานจริงๆ ของเครื่องยนต์ เครื่องยนต์เครื่องหนึ่ง จะให้ค่าแรงบิดสูงสุด (Maximum Torque) ณ ที่ความเร็วของเครื่องยนต์เพียงความเร็วเดียวเท่านั้น จากความเร็วนั้นแม้จะเพิ่มความเร็วให้สูงขึ้นไปอีก แรงบิดก็มีได้สูงขึ้นตามไปด้วย แต่กลับจะค่อยๆ ลดลง

ดังนั้นจากแผ่นโฆษณาของจักรยานยนต์ต่างๆ จะระบุค่าแรงบิดสูงสุด พร้อมกับความเร็วของเครื่องยนต์เอาไว้ เมื่อจักรยานยนต์วิ่งที่ความเร็วรอบที่ให้ค่าแรงบิดสูงสุด แรงขับที่ไปขับล้อหลังก็จะสูงที่สุดด้วย จึงควรเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับความเร็วรอบของเครื่องยนต์ เช่น ณ ความเร็วเดียวกัน เครื่องยนต์ที่ให้ค่าแรงบิดสูงสุดกว่าก็จะมีแรงขับที่ล้อสูงกว่า แต่ถ้าแรงบิดสูงสุดเท่ากันที่ความเร็วแตกต่างกัน เครื่องยนต์ที่ให้ค่าแรงบิดสูงสุดที่ความเร็วต่ำกว่า จะได้อัตราเร่งที่ดีกว่า

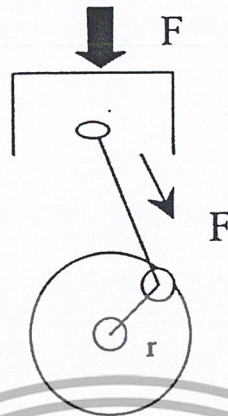
- กำลังงาน (Power)

กำลังงาน คือ อัตราการทำงาน หรือความสามารถในการทำงานในหนึ่งหน่วยเวลาการคำนวณ กำลังงาน คำนวณได้จากสูตร

$$\text{Power} = \frac{\text{Work done}}{\text{Time taken}} \quad (\text{kg.m / s}) \quad (13)$$

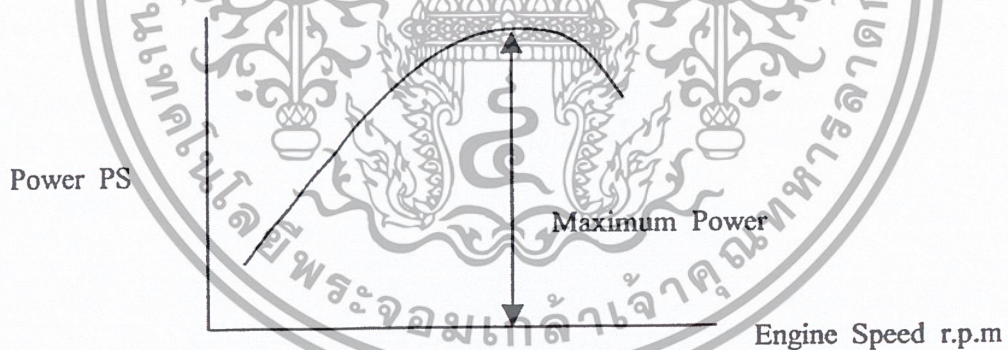
กำลังงาน = อัตราส่วนระหว่างงานที่ทำได้ ต่อเวลาที่ใช้

- การคำนวณกำลังงานของเพลาคือเหวี่ยง (Calculation of crankshaft power)



รูปที่ 2-17 แสดงแรงที่กระทำต่อสลักข้อเหวี่ยงเคลื่อนที่

จากรูปจะเห็นว่า สลักข้อเหวี่ยงเคลื่อนที่เนื่องจากมีแรงจำนวนหนึ่ง มากระทำในหนึ่งหน่วยเวลา ทำให้เกิดอัตราการทำงานหรือกำลังงานขึ้น  
ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของเครื่องยนต์กับแรงม้า  
(Relationship between engine speed and horsepower)



รูปที่ 2-18 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของเครื่องยนต์กับแรงม้า

จากสูตรกำลังงาน จะเห็นว่า กำลังงานจะเปลี่ยนแปลงไปตามผลคูณระหว่างแรงบิดที่เพลาคือเหวี่ยงกับความเร็วยรอบของเครื่องยนต์นั่นคือ ความเร็วยิ่งสูงขึ้น กำลังงานก็จะยิ่งสูงขึ้นตามไปด้วย แต่การ ทำงานจริงๆ ของเครื่องยนต์ ณ ที่ความเร็วหนึ่ง แรงบิดจะเริ่มลดลง ดังนั้นกำลังงานเริ่มลดลงด้วย

เครื่องยนต์เครื่องหนึ่งจะมีความเร็วหนึ่งที่ทำให้กำลังงานสูงสุด (Maximum power) กำลังงานหรือแรงม้าซึ่งมีความสัมพันธ์กับความเร็วของเครื่องยนต์จะแสดงให้เห็นถึงสมรรถนะของเครื่องยนต์  
(Engine performance)

## 2.5 แบบของห้องเพลาคือ (Type of crankcase)

ห้องเครื่องที่ใช้กับเครื่องยนต์ 2 จังหวะ มี 2 แบบ คือ

2.5.1 แบบแยกตามแนวนอน (Horizontally split type crankcase) ห้องเครื่องแบบแยกตามแนวนอนนี้ใช้โดยทั่วไปกับเครื่องยนต์สูบเดียว การถอดประกอบจำเป็นต้องใช้เครื่องมือพิเศษอย่างยิ่ง

2.5.2 แบบแยกแนวตั้ง (Vertically split type crankcase) ห้องเครื่องแบบแยกตามแนวตั้งนี้ใช้โดยทั่วไปกับเครื่องยนต์หลายสูบ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับแบบแยกตามแนวนอน แบบแยกตามแนวตั้งจะประกบฝาสูบได้ง่ายกว่า ปัญหาการรั่วที่หน้าประกบน้อยกว่า ประกอบแบร้งได้ง่ายกว่า นอกจากนั้นการถอดประกอบก็ไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องมือพิเศษและการบริการง่ายกว่า

## 2.6 โครงสร้างและหน้าที่ของชิ้นส่วนหลักของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ

(Construction and Function of main parts of Four – Stroke Engine)

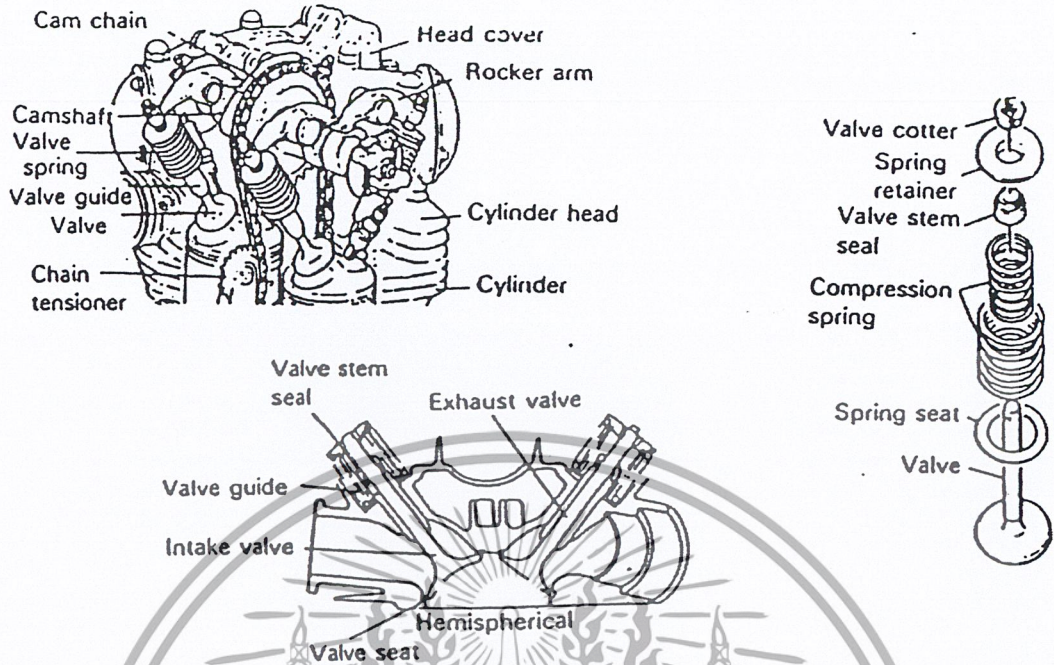
### 2.6.1 ชุดฝาสูบ (Cylinder head)

ชุดฝาสูบเป็นที่ติดตั้งของลิ้นไอดี (Intake valve) และลิ้นไอเสีย (Exhaust valve) และเป็นส่วนประกอบของห้องเผาไหม้ นอกจากนั้นยังเป็นที่ติดตั้งของกลไกบังคับลิ้นต่างๆ (Valve mechanism, Valve gear) เช่น เพลาลูกเบี้ยว (Camshaft) ซึ่งถูกขับโดยโซ่ (Cam chain) กระเดื่องกดลิ้น (Rocker arms) เป็นต้น โดยลิ้นและกลไกต่างๆ ถูกปิดและอยู่ภายใต้ฝาครอบ (Cylinder head cover)

### 2.6.2 ฝาสูบ (Cylinder Head)

ฝาสูบทำด้วยอะลูมิเนียมผสม และมีปลอกนำลิ้น (Valve guides) อัดอยู่ นอกจากนั้นยังมีบ่าลิ้นหรือเบาะลิ้น (Valve seats) ที่นำมาจากโลหะซินเตอร์ผสม (Sintered alloy) ซึ่งทนต่อความร้อนและทนต่อการสึกหรอเป็นเลิศอัดอยู่ด้วย

หมายเหตุ โลหะซินเตอร์ผสมทำโดยการอัดส่วนผสมของผงเหล็ก ผงทองแดง และกราไฟต์ลงไป ในแบบหล่อ มีคุณสมบัติในการดูดซับ ทนต่อความร้อน และการสึกหรอ จึงเป็นวัสดุที่เหมาะสมสำหรับทำชิ้นส่วนของเฟืองขับโซ่ โรเตอร์ปั๊มและบ่าลิ้น



รูปที่ 2-19 ชุดฝาสูบ

### 2.6.3 ลิ้น (Valve)

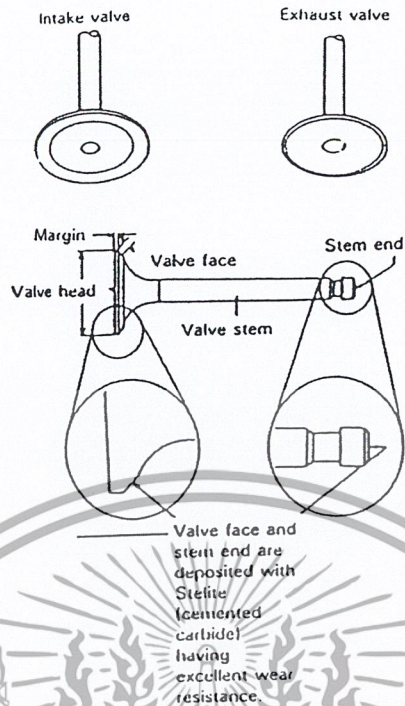
ลิ้นไอดีและไอเสีย มีรูปร่างคล้ายคอกเห็ด จึงเรียกกันว่า ลิ้นคอกเห็ด (Poppet valve) เนื่องจากลิ้นต้องสัมผัสกับอุณหภูมิและแรงดันที่สูงอยู่ตลอดเวลา นอกจากนั้นยังต้องเคลื่อนที่ขึ้นลงด้วยความเร็วสูง ดังนั้นวัสดุที่ใช้ทำ จึงต้องมีความแข็งแรงเป็นเลิศ มีความทนทานต่อความร้อน และการสึกหรอได้สูง มีการถ่ายเทความร้อนได้ดี แนบสนิทกับบัลัน วัสดุที่มีคุณสมบัติดังกล่าวที่นำมาทำลิ้นก็คือ เหล็กกล้าพิเศษ (Special steel) เช่น เหล็กกล้าผสมนิกเกิลโครเมียม (Nickel – chrome steel)

### 2.6.4 ลิ้นไอดี (Intake valve)

ลิ้นไอดีต้องรับอุณหภูมิสูงจากการเผาไหม้ และได้รับการระบายความร้อนด้วยไอดี ดังนั้นการขยายตัวของหัวลิ้น (Valve head) จึงไม่สม่ำเสมอทำให้หน้าลิ้น (Valve face) สัมผัสไม่แนบสนิทกับบัลัน (Valve seat) เพื่อป้องกันเหตุดังกล่าวจึงต้องตัดบัลันให้เป็นเบ้ารับหัวลิ้น นอกจากนั้น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการดูด ขนาดของช่องไอดี (Valve port) ต้องใหญ่ที่สุดเท่าที่จะทำได้

### 2.6.5 ลิ้นไอเสีย (Exhaust valve)

ลิ้นไอเสียต้องรับทั้งอุณหภูมิและแรงดันสูง ดังนั้นจึงเป็นเหตุให้การสัมผัสของหน้าลิ้นกับบัลันไม่แนบสนิท นอกจากนั้นปลอกนำลิ้นยังสึกหรออย่างรวดเร็วอีกด้วย เพื่อป้องกันเหตุดังกล่าวจึงจำเป็นต้องเผื่อช่องว่างระหว่างก้านลิ้น (Valve stem) กับปลอกนำลิ้นไว้ด้วย



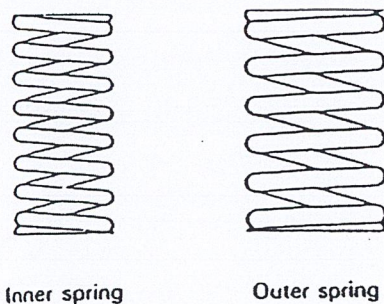
รูปที่ 2-20 ลิ้น (Valve)

**หมายเหตุ**

- ช่องว่างระหว่างก้านลิ้นกับปลอกนำลิ้นของลิ้นไอเสียจะมีความมากกว่าลิ้นไอดี
- ปลอกนำลิ้นทำด้วยเหล็กหล่อผสมโครเมียม (Chrome cast iron) ได้รับการหล่อลิ้นจากน้ำมันหล่อลื่น ที่ไหลผ่านระหว่างปลอกนำลิ้นกับก้านลิ้น จากนั้นน้ำมันก็จะไหลเข้าไปเผาไหม้ในกระบอกสูบ เพื่อให้ น้ำมันหล่อลื่นเข้าไปเผาไหม้น้อยที่สุด จะมีซีลก้านลิ้น (Valve stem seal) สวมอยู่ที่ก้านลิ้น

**2.6.6 สปริงลิ้น (Valve springs)**

สปริงลิ้นทำหน้าที่กดหน้าลิ้นให้แนบสนิทกับปาล์น ทำให้แรงอัดไม่รั่ว นอกจากนั้นยังช่วยเปิดและปิดลิ้นเพื่อให้การเปิดและปิดของลิ้นที่ความเร็วสูงๆ เป็นไปอย่างสม่ำเสมอ จะใช้สปริงที่มีขนาดและจำนวนขดไม่เท่ากัน 2 ตัว สวมซ้อนกันอยู่ที่ก้านลิ้น เป็นการป้องกันไม่ให้เกิดการสะท้านอยู่ตลอดเวลา (Resonance) อันเนื่องมาจากความถี่ตามธรรมชาติของสปริง (Natural oscillation)



รูปที่ 2-21 สปริงลิ้น (Valve spring)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.6.7 กลไกบังคับลิ้น (Valve trains)

กลไกบังคับลิ้น ทำหน้าที่บังคับให้ลิ้นเปิดและปิด เมื่อลูกสูบเลื่อนถึงตำแหน่งที่กำหนดแบ่งออกได้เป็นหลายแบบ ตามตำแหน่งการติดตั้งของลิ้นและเพลาดัชนีหรือเพลาลูกเบี้ยว โดยทั่วไปจักรยานยนต์ใช้กลไกบังคับลิ้นอยู่ด้านบน (Over head Valve , OHV) แบ่งได้เป็น

1. แบบเพลาราวลิ้นเดี่ยว (Single Over Head Camshaft , SOHC)
2. แบบเพลาราวลิ้นคู่ (Double Over Head Camshaft , DOHC)

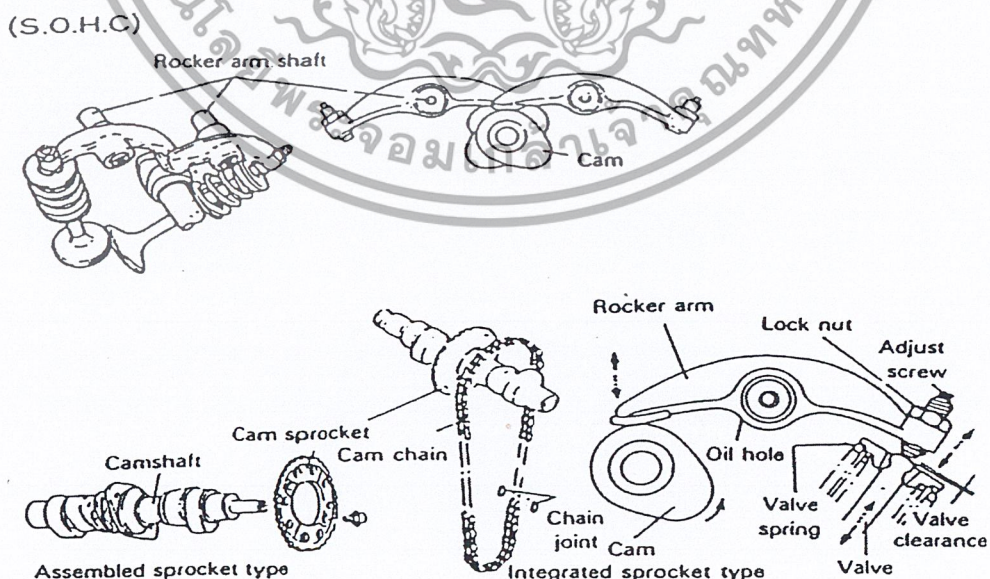
ระบบการขับเพลาราวลิ้น (Valve drive system) ส่วนมากใช้การขับด้วยโซ่ (Chain drive) มีการใช้การขับเฟือง (Gear drive) บ้างเหมือนกันสำหรับจักรยานยนต์จากอเมริกา หรือยุโรป

ระบบการขับเพลาราวลิ้น ประกอบด้วยชิ้นส่วนต่างๆ ดังนี้

1. เพลาราวลิ้น (Cam shafts)
2. เฟืองโซ่ราวลิ้น (Cam sprockets)
3. โซ่ราวลิ้น (Cam chain)
4. กระจงกกลลิ้น (Rocker arms)
5. ตัวปรับความตึงโซ่ (Chain tensioner)

## 2.6.8 เพลาราวลิ้น (Cam shafts)

ทำด้วยเหล็กหล่อพิเศษ (Special cast iron) มีความต้านทานต่อการสึกหรอสูง จำนวนลูกเบี้ยวมีเท่ากับจำนวนลิ้น ทำหน้าที่เปิดและปิดลิ้นผ่านทางกระจงกกลลิ้น โดยลูกเบี้ยวเพลาราวลิ้นจะเตะกระจงกกลลิ้นให้เปิด ลักษณะรูปร่างของลูกเบี้ยวเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของตำแหน่งการเปิดและปิดของลิ้น (Valve timing) และระยะการยกของลิ้น (Valve lift)



รูปที่ 2-22 แบบเพลาราวลิ้นเดี่ยว

## 2.6.9 เฟืองโซ่ร้าวลิ้น (Cam sprockets)

แบ่งตามการยึดติดกับเพลาร้าวลิ้น เป็น 2 แบบ คือ

1. แบบถอดแยกได้ (Assembled sprocket type)
2. แบบถอดแยกไม่ได้ (Integrated sprocket type)

เฟืองโซ่ร้าวลิ้น จะมีจำนวนฟันเป็น 2 เท่าของเฟืองโซ่ข้อเหวี่ยง ดังนั้นความเร็วของเพลาร้าวลิ้น จึงเป็นครึ่งหนึ่งของความเร็วเพลาคือเหวี่ยง

เฟืองโซ่ร้าวลิ้นถูกขับโดยเฟืองโซ่ข้อเหวี่ยง ด้วยโซ่ร้าวลิ้น ดังนั้นการหมุนของเพลาร้าวลิ้น (Valve timing) จึงสัมพันธ์กับการหมุนของเพลาคือเหวี่ยง

## 2.6.10 โซ่ร้าวลิ้น (Cam chain)

โซ่ร้าวลิ้น คล่องที่เฟืองโซ่เพลาคือเหวี่ยงกับเฟืองโซ่เพลาร้าวลิ้น โดยเฟืองโซ่ข้อเหวี่ยงเป็นเฟืองขับเฟืองโซ่ร้าวลิ้นเฟืองตาม เนื่องจากความเร็วของเฟืองทั้งสองมีความสัมพันธ์กันดังกล่าวมาแล้ว บางครั้งโซ่ร้าวลิ้นมีชื่อเรียกว่า “โซ่ไทมิ่ง” (Timing chain)

## 2.6.11 กระเดื่องกดลิ้น (Rocker arms)

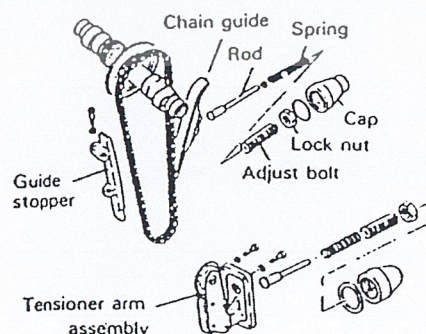
กระเดื่องกดลิ้น ติดตั้งอยู่กับเพลากะเดื่อง (Rocker arm shaft) ที่ฝาสูบทำหน้าที่เปิดลิ้นโดยการเตะของเพลาร้าวลิ้น ระยะห่างหรือช่องว่างระหว่างกระเดื่องกดลิ้นกับตีนลิ้น (Stem end) สามารถปรับระยะห่างดังกล่าวได้ ซึ่งเรียกโดยทั่วไปว่าระยะห่างลิ้น (Valve clearance) ด้วยการหมุนสกรูปรับ (Adjust screw)

## 2.6.12 ตัวปรับความตึงโซ่ (Chain Tensioner)

ตัวปรับความตึงโซ่ ทำหน้าที่ปรับความตึงโซ่ให้คงที่ถูกต้องตามค่าที่กำหนด ถ้าความตึงโซ่เปลี่ยนแปลง หย่อนหรือตึงเกินไป จะเป็นเหตุให้ความเร็วของเพลาคือเหวี่ยงกับเพลาร้าวลิ้น ไม่สัมพันธ์กัน ตำแหน่งลิ้น (Valve timing) หรือตำแหน่งจุดระเบิด (Ignition timing) อาจผิดพลาดไม่ถูกต้อง หรือมีละอุน ก็อาจจะมีเสียงดังที่โซ่ จึงจำเป็นต้องมีตัวปรับสำหรับปรับความตึงโซ่

ตัวปรับความตึงโซ่ มี 2 แบบ คือ

1. แบบปรับด้วยมือหรือแบบธรรมดา (Manual adjustment type)



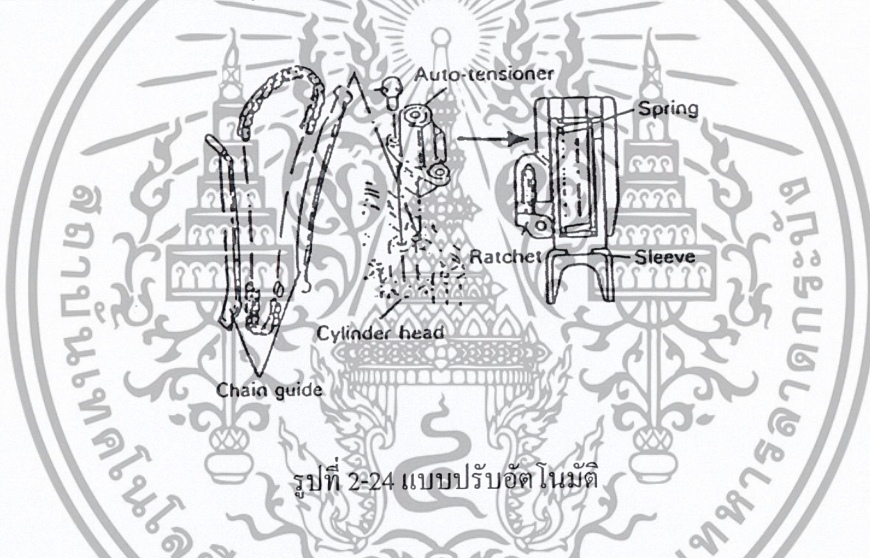
รูปที่ 2-23 ตัวปรับความตึงโซ่

ตัวปรับความตึงโซ่แบบธรรมดา จำเป็นต้องมีการตรวจสอบความตึงโซ่ตามระยะเวลาที่กำหนด (Periodic check) แล้วทำการปรับ การปรับสามารถทำได้โดยวิธีปรับแกนปรับ (Rod) หรือแขนปรับ (Tensioner arm) ลงไปกดโซ่ให้ตึง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชิ้นส่วนที่ใช้ในการปรับ ถ้าโซ่หย่อนเล็กน้อยสามารถปรับให้ตึงได้โดยการเพิ่มความแข็งของสปริงที่กด แต่ถ้าตึงเกินไปอาจปรับไม่ได้ เพราะแกนปรับจะลดย ออกได้ด้วยระยะหนึ่งซึ่งจำกัดเท่านั้น

## 2. แบบปรับโดยอัตโนมัติ (Automatic adjustment type)

ตัวปรับความตึงโซ่แบบปรับโดยอัตโนมัติไม่จำเป็นต้องมีการตรวจสอบและปรับความตึงโซ่ เพราะว่ามีชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่ปรับโดยอัตโนมัติ ทำการได้ปรับดังนี้

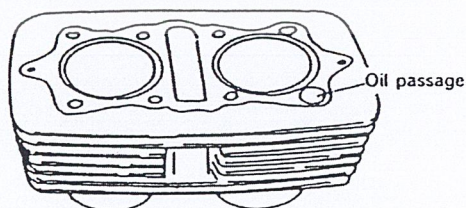
สะพานโซ่ (Chain guide) ถูกกดให้โค้งแนบไปกับโซ่ด้วยสปริง (Tension spring) ดังนั้น โซ่จึงตึง อยู่ตลอดเวลา เมื่อโซ่หย่อนปลอกปรับ (Tension sleeve) จะเลื่อนลงกดสะพานโซ่ให้โค้งมากขึ้น ดังนั้นจึง เป็นการรักษาความตึงของโซ่ให้ถูกต้องคงที่อยู่ตลอดเวลา ปลอกปรับจะเคลื่อนที่ได้ในทิศทางเดียวโดย การควบคุมของกลไกกรอกแกรก (Ratchet mechanism)



รูปที่ 2-24 แบบปรับอัตโนมัติ

### 2.6.13 เสื้อสูบ (Cylinders)

เสื้อสูบทำด้วยอะลูมิเนียมผสมหล่อ (Aluminum alloy casting) มีปลอกสูบหรือกระบอกสูบทำ ด้วยเหล็กหล่อพิเศษ (Special cast iron) สวมอัดอยู่



รูปที่ 2-25 เสื้อสูบ

เสื้อสูบเครื่องยนต์ 4 จังหวะแตกต่างกันไปจากเสื้อสูบเครื่องยนต์ 2 จังหวะ โดยผนังกระบอกสูบไม่มีช่อง (Port) นอกจากนั้นเสื้อสูบและสลักก็จะมีช่องนำมันหล่อลื่น (Oil passage) เพื่อให้ปั๊มน้ำมันเครื่อง (Oil pump) ส่งน้ำมันที่มีแรงดันจากห้องแครงค์ผ่าน

#### 2.6.14 ลูกสูบ (Piston)

ทำด้วยอะลูมิเนียมผสมหล่อ (Aluminum alloy casting) วัสดุที่เลือกใช้ต้องมีคุณสมบัติที่สำคัญ ดังนี้ มีความแข็งแรงทนทาน การถ่ายเทความร้อนดี น้ำหนักเบา อัตราขยายตัวเมื่อได้รับความร้อนต่ำ

ข้อแตกต่างจากเครื่องยนต์ 2 จังหวะ คือ เครื่องยนต์ 4 จังหวะลูกสูบจะมีร่องแหวน 3 ร่อง (2 จังหวะมีเพียง 2 ร่อง) ร่องแหวนที่ 3 และได้ลงมา มีรูน้ำมันไหลกลับ (Oil return holes)

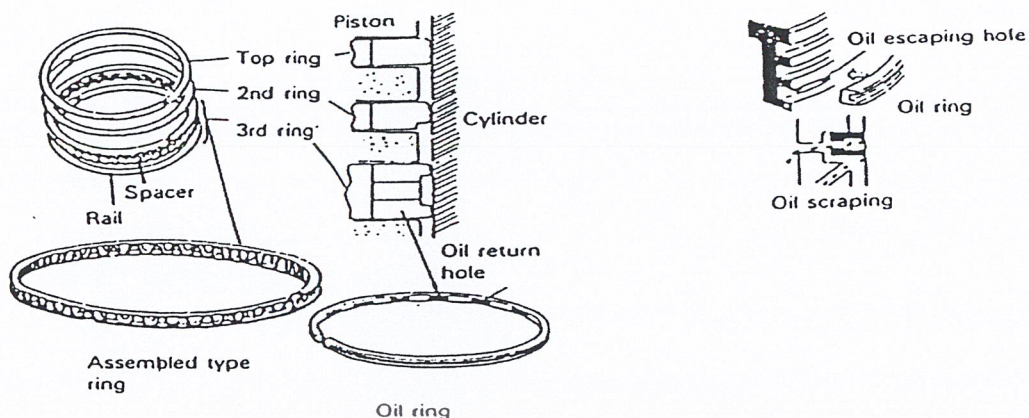


#### 2.6.15 แหวนลูกสูบ (Piston rings)

แหวนลูกสูบมีจำนวน 3 แหวนต่อ 1 ลูกสูบ แหวนด้านบนและตัวที่ 2 (Top and 2<sup>nd</sup> rings) ทำหน้าที่เป็นแหวนอัด สำหรับแหวนตัวที่ 3 เป็นแหวนน้ำมัน (Oil ring) แหวนน้ำมันทำหน้าที่กวาดน้ำมันเครื่องส่วนเกินที่ผนังกระบอกสูบ ดังนั้นจึงเหลือน้ำมันเครื่องในห้องเผาไหม้ ด้วยปริมาณที่จำเป็นสำหรับการหล่อลื่นเท่านั้น น้ำมันเครื่องส่วนเกินดังกล่าวจะไหลเข้าไปในรูน้ำมันที่ลูกสูบ แล้วให้การหล่อลื่นสลักลูกสูบ

แหวนน้ำมัน (Oil ring) แบ่งตามลักษณะพื้นที่หน้าตัดแหวน (Cross sections) ได้เป็นหลายแบบ บางแบบมีทั้งร่องน้ำมัน (Oil groove) และรูน้ำมัน (Oil hole) ในตัวเดียวกัน หรือบางแบบถอดแยกจากกันได้ (Assembled type oil ring) โดยมีแหวนรอง (spacer) เพื่อให้แหวนน้ำมันเครื่องไหลกลับอยู่ตรงกลาง มีแหวนกวาดน้ำมันบางๆ 2 ตัว ประกอบอยู่ด้านบนและด้านล่าง (Upper and Lower rails)

แหวนตัวที่ 2 แบบพิเศษ จะทำเป็นมุมเอียง (Tapered) หรือเจาะร่องไว้ (Counter bored) โดยรอบ เพื่อทำหน้าที่ช่วยแหวนกวาดน้ำมัน



รูปที่ 2-27 แหวนลูกสูบ

เมื่อแหวนลูกสูบสึกมาก น้ำมันเครื่องจะไหลผ่านแหวนลูกสูบ หรือผนังกระบอกสูบขึ้นไปเผาไหม้ในห้องเผาไหม้ ซึ่งจะทราบได้โดยการสิ้นเปลืองน้ำมันเครื่องเพิ่มมากขึ้นผิดปกติ

#### 2.6.16 เพลาค้อเหวี่ยง (Crank Shaft)

ในกรณีของเครื่องยนต์สูบเดี่ยว (Single – cylinder engine) จะใช้เพลาค้อเหวี่ยงแบบถอดแยกได้ (Assembled type crank shaft) แต่สำหรับเครื่องยนต์หลายสูบ (Multi – cylinder engine) มักใช้เพลาค้อเหวี่ยงแบบถอดแยกไม่ได้ (Integrated type crank shaft) และทำด้วยเหล็กกล้าพิเศษหล่อ มีล้อช่วยแรงเพื่อรักษาความเร็วรอบของเพลาค้อเหวี่ยงให้คงที่ และสลักเพลาค้อเหวี่ยง (Crank pin) มีก้านสูบยึดติดอยู่ เพลาค้อเหวี่ยงรองรับด้วยแบร็งเพลาค้อเหวี่ยง (Main bearing) ซึ่งอยู่ที่ห้อง เครื่องจักร จากห้องเครื่องจะมีรูน้ำมันทะลุไปยังเพลาค้อเหวี่ยงส่วนที่หมุนอยู่ในแบร็ง (Crank shaft journals) จากน้ำมันจะทะลุผ่านไปยังแบร็งของค้อเหวี่ยงและสลักเพลาค้อเหวี่ยงเพื่อการหล่อลื่น

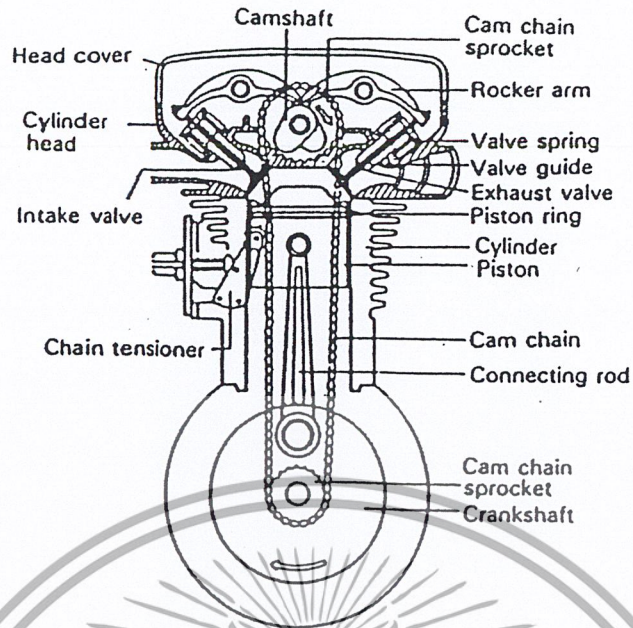
#### 2.7 โครงสร้างและการทำงานเบื้องต้นเครื่องยนต์ 4 จังหวะ

##### (Basic Construction and Features of Four – Stroke Engine)

เครื่องยนต์ 4 จังหวะ ลูกสูบจะเคลื่อนที่ขึ้นลงรวม 4 ครั้ง หรือเพลาค้อเหวี่ยงจะหมุนไป 2 รอบ หรือ 720 องศา การทำงานครบวงจรซึ่งได้แก่ ดูด –อัด – ระเบิด – คาย

การที่ได้รับการเรียกว่า “เครื่องยนต์ 4 จังหวะ” เนื่องจาก มีการเคลื่อนที่ขึ้นลงของลูกสูบรวม 4 ครั้ง หรือ 4 จังหวะ เพลาค้อเหวี่ยงหมุน 2 รอบ เครื่องยนต์ทำงานครบวงจรเกิดการระเบิดและได้กำลังงาน 1 ครั้ง

เสื่อสูบ มีลิ้น 2 ลิ้น คือ ลิ้นไอดี และลิ้นไอเสีย เนื่องจากลิ้นทั้งสองทำงานสัมพันธ์กับการขึ้นลงของลูกสูบอยู่แล้ว จึงไม่จำเป็นต้องมีช่องไอดีและช่องไอเสีย



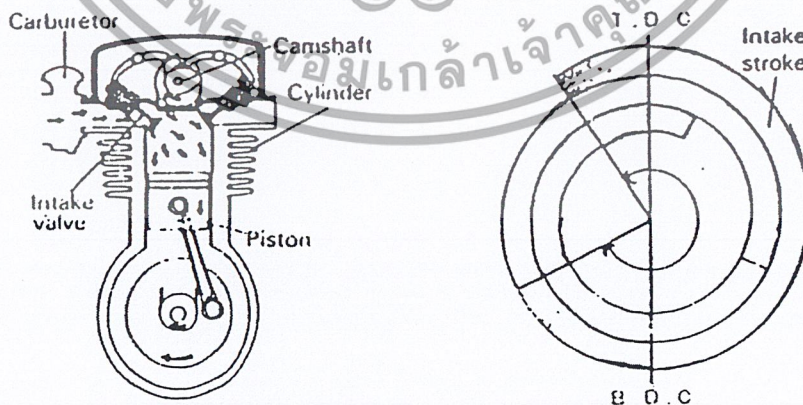
รูปที่ 2-28 เครื่องยนต์ 4 จังหวะ

การทำงานทั้งหมดจะเกิดขึ้นในห้องเผาไหม้ในกระบอกสูบเท่านั้น การเปิดและปิดของลิ้นทั้งสองกระทำโดยกลไกบังคับลิ้น (Valve control mechanism) ที่ติดตั้งอยู่ที่ฝาสูบ ซึ่งถูกขับโดยเพลาค้อเหวี่ยง

## 2.8 การทำงานและแบบของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ

การทำงานของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ

- จังหวะดูด (Intake stroke)



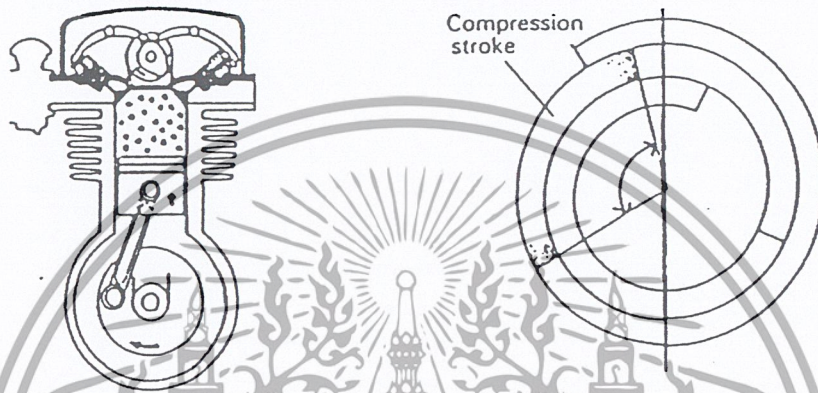
รูปที่ 2-29 การทำงานของเครื่องยนต์จังหวะดูด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จังหวะดูด ขณะลูกสูบ (Piston) เคลื่อนลง แรงดันภายในห้องเผาไหม้จะลดลง เมื่อลิ้นไอดีเปิด ไอดีจึงถูกดูดจากคาร์บูเรเตอร์ (Carburetor) เข้ามาภายในกระบอกสูบ

เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดหรือประจุไอดี (Intake efficiency) ลิ้นไอดีจะเปิดก่อนที่ลูกสูบเลื่อนถึงศูนย์ตายบน (TDC) เล็กน้อย และปิดเมื่อลูกสูบเริ่มเคลื่อนขึ้นจากศูนย์ตายล่าง (BDC) ดังนั้นช่วงการเปิดของลิ้นไอดีจึงนาน ไอดีจึงถูกดูดเข้ามาภายในกระบอกสูบเป็นจำนวนมาก

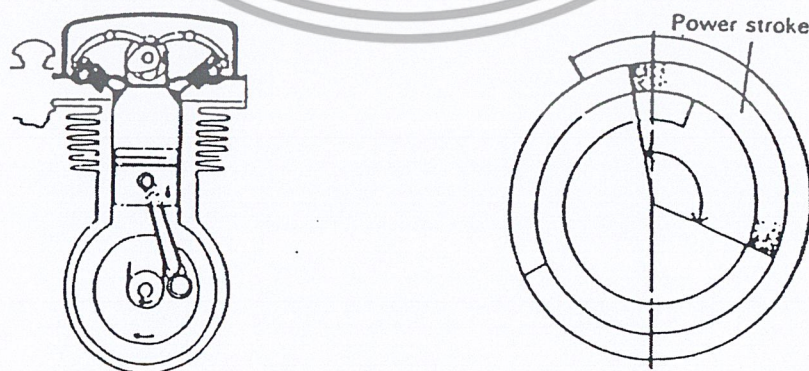
- จังหวะอัด (Compression Stroke)



รูปที่ 2-30 การทำงานของเครื่องยนต์จังหวะอัด

จังหวะอัด ขณะลูกสูบเคลื่อนขึ้นจาก BDC ลิ้นไอดีจะปิด (ลิ้นไอเสียยังคงปิดอยู่) ไอดีในห้องเผาไหม้จึงถูกอัด การอัดยังคงดำเนินต่อไป จนกระทั่งลูกสูบเคลื่อนขึ้นเกือบถึง TDC ณ จุดนี้แรงดันและอุณหภูมิสูงพอที่จะทำให้ไอดีลุกไหม้ได้อย่างง่ายดาย ถ้ามีประกายไฟมาจุด และการลุกไหม้จะเป็นไปอย่างรวดเร็ว

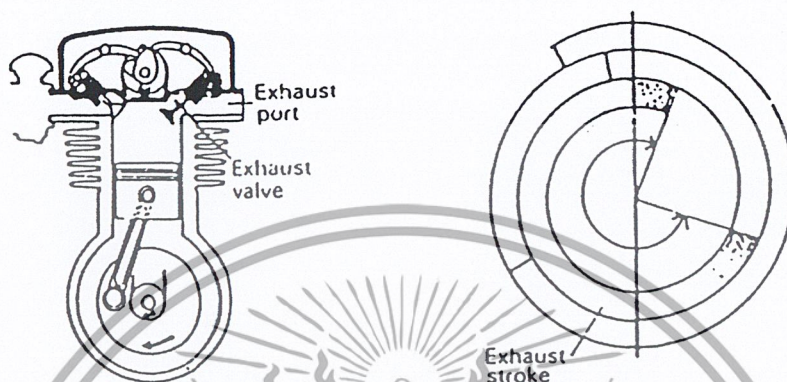
- จังหวะระเบิด (Power , Expansion stroke)



รูปที่ 2-31 การทำงานของเครื่องยนต์จังหวะระเบิด

จังหวะระเบิดก่อนลูกสูบเลื่อนถึง TDC เล็กน้อย ที่ปลายจังหวะจุด หัวเทียนจะจุดประกายไฟ อดีที่ถูกอัดจึงเกิดการลุกไหม้อย่างรวดเร็ว ทำให้แรงดันในห้องเผาไหม้สูงขึ้น ผลักดันลูกสูบให้เลื่อนลงไปสู่ BDC ดังนั้นจึงเกิดการส่งถ่ายกำลังผ่านก้านสูบไปหมุนเพลาค้อเหวี่ยงทำให้ได้กำลังงานไปใช้งาน

- จังหวะคาย



รูปที่ 2-32 การทำงานของเครื่องยนต์จังหวะคาย

จังหวะคาย ขณะลูกสูบเลื่อนลงก่อนถึง BDC เล็กน้อย ลิ้นไอเสียจะเปิด ไอเสียภายในกระบอกสูบจึงไหลพุ่งออกจากกระบอกสูบเป็นการเริ่มต้นจังหวะคาย

ขณะลูกสูบเลื่อนขึ้นจาก BDC การคายยังคงดำเนินต่อไป ลูกสูบจะผลักดันให้ไอเสียที่ตกค้างอยู่ ออกไปจากกระบอกสูบอย่างสมบูรณ์ จังหวะคายจะสิ้นสุดหลังจากลูกสูบเริ่มเลื่อนลงจาก TDC เล็กน้อย โดยลิ้นไอเสียจะปิด (ลิ้นไอดีจะเปิด ก่อน TDC เล็กน้อย เป็นการเริ่มจังหวะใหม่)

- จังหวะการเปิดปิดของลิ้น (Valve timing)

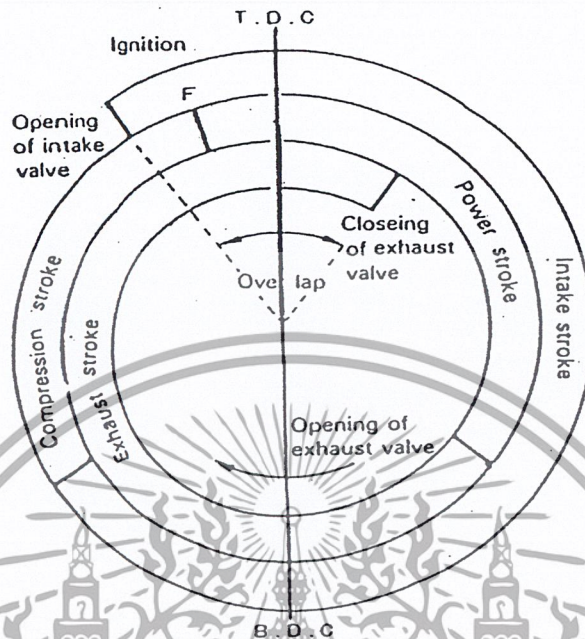
ตำแหน่งหรือจังหวะการเปิดปิดของลิ้นไอดีและไอเสีย ที่สัมพันธ์กับตำแหน่งของลูกสูบเรียกว่า “Valve timing” สำหรับตำแหน่งของลูกสูบ จะเรียกเป็นจำนวนองศา ก่อนหรือหลัง TDC และ BDC โดยเทียบกับมุมเพลาค้อเหวี่ยง (Crank angle) ที่หมุนไป

ดังนั้นไดอะแกรม (Diagram) ที่แสดงความสัมพันธ์ของการเปิดปิดกับตำแหน่งลูกสูบโดยเทียบกับ TDC และ BDC จึงเรียกว่า “Valve timing diagram” เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการประจุไอดี (Intake efficiency) และการคายไอเสีย (Exhaust efficiency) การทำงานเปิดปิดของลิ้นไอดีและลิ้นไอเสีย จะเป็นดังนี้

ลิ้นไอดี เปิดขณะลูกสูบเลื่อนขึ้น ก่อนถึง TDC เล็กน้อย ปิดขณะลูกสูบเลื่อนขึ้น หลังจาก BDC เล็กน้อย

ลิ้นไอเสีย เปิดขณะลูกสูบเลื่อนลง ก่อนถึง BDC เล็กน้อย ปิดขณะลูกสูบเลื่อนลง หลังจาก TDC เล็กน้อย

สำหรับ Valve timing diagram มีค่าอยู่ค่าหนึ่ง ซึ่งเป็นค่าที่ควรทราบต่อไป จะพบอยู่บ่อยๆ และต้องนำไปใช้งานปฏิบัติมาก คำนั้นคือ “Valve overlap , overlap”



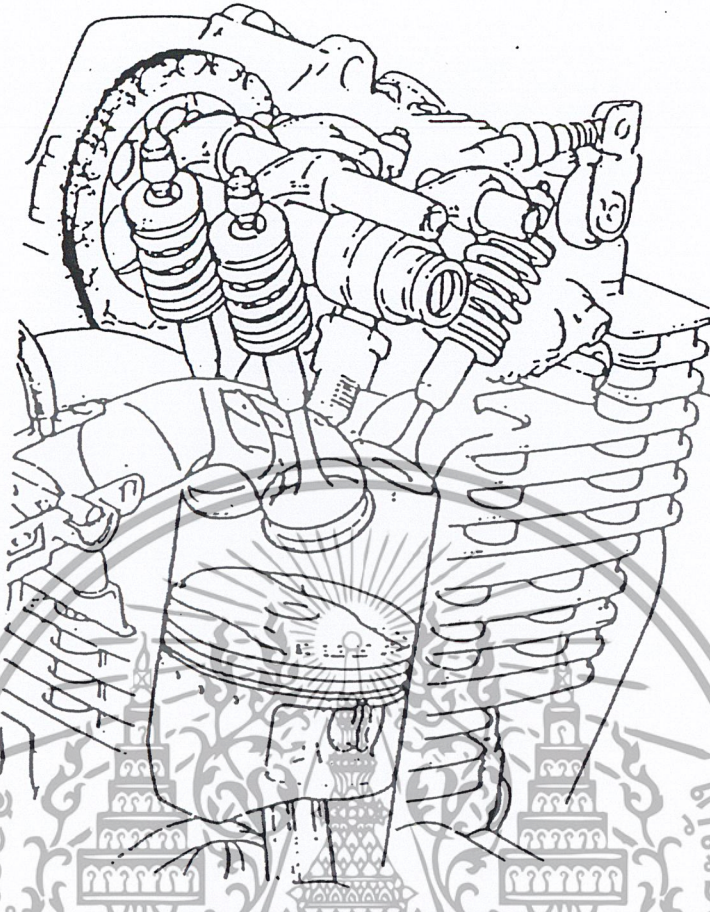
รูปที่ 2-33 ตำแหน่งการเปิด - ปิดของลิ้น (Valve timing diagram)

คำว่า “overlap” หมายถึง ช่วงที่ทั้งลิ้นไอดีและลิ้นไอเสียเปิดอยู่พร้อมกัน ใกล้ TDC ซึ่งจะเปิดซ้อนกันอยู่ เป็นช่วงต่อระหว่างปลายจังหวะคายกับจังหวะดูด ซึ่งช่วงนี้ไอดีประจุเข้ามาจะมาจับได้ไอเสียที่ตกค้างให้ออกไปจากกระบอกสูบ ดังนั้น จึงเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพให้กับจังหวะคายไอเสีย และในขณะเดียวกัน แรงเฉื่อยของไอดีก็จะเพิ่มประสิทธิภาพในการประจุไอดีด้วย

ตำแหน่งการเปิดปิดของลิ้น จะเปลี่ยนแปลงไปตามคุณลักษณะและจุดประสงค์ในการนำไปใช้งานของจกัรยานยนต์ เช่น ใช้งานทั่วไป หรือใช้ในการแข่งขัน เป็นต้น

## 2.9 กลไกบังคับลิ้นแบบเพลาราวลิ้นเดี่ยวบนฝาสูบ (SOHC)

1. แบบนี้แตกต่างไปจากแบบลิ้นบนฝาสูบ เนื่องจากเพลาราวลิ้นติดตั้งอยู่บนฝาสูบ รับแรงขับผ่านโซ่ขับ (Chain cam) แล้วทำงานเปิดปิดลิ้นด้วยกระดิ่งโดยตรง จึงไม่จำเป็นต้องใช้ก้านส่งลิ้น
2. กลไกบังคับลิ้นมีชิ้นส่วนน้อยกว่า ดังนั้นการทำงานของลิ้นจึงไม่คงที่ แม้ว่าจะมีความเร็วสูงๆ
3. แบบนี้มีเพลาราวลิ้นเพียงเพลาดียว จึงเรียกเครื่องยนต์ที่ใช้กลไกบังคับลิ้นแบบนี้ว่า “เครื่องยนต์แบบเพลาราวลิ้นเดี่ยวบนฝาสูบ” (SOHC Engine)
4. กลไกบังคับลิ้นแบบนี้ ปัจจุบันใช้กันมากกับเครื่องยนต์ของรถจักรยานยนต์



รูปที่ 2-34 เพลาราวลีนเดี่ยวบนฝาสูบ

## 2.10 ระบบจุดระเบิดแบบโซลิดสเตท (Solid state ignition system)

ระบบจุดระเบิดแบบโซลิดสเตท หมายถึง ระบบจุดระเบิดซึ่งมีส่วนประกอบของสารกึ่งตัวนำทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Semi - Conductors) เช่น ไดโอด (Diode) ทรานซิสเตอร์ (Transistors) ซิลิกอน คอนโทรลเรคตีไฟเออร์ (Silicon Controlled Rectifier) ฯลฯ ระบบจุดระเบิดแบบโซลิดสเตทที่ใช้กันมาก มีดังนี้

1. ระบบซีดีไอ (Capacitor , capacitive Discharge Ignition system , CDI)
  - 1.1 ซีดีไอใช้กระแสสลับ (AC. CDI)
  - 1.2 ซีดีไอใช้กระแสตรง (DC. CDI)
2. ระบบทรานซิสเตอร์ (Transistorized Ignition System)

แต่ในการทำงานของระบบจุดระเบิดของรถประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงที่สร้างขึ้นนี้เราได้นำเอา ระบบจุดระเบิดแบบซีดีไอใช้กระแสตรง (DC. CDI) มาใช้เนื่องจากรถประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงที่เราสร้างขึ้น เราได้ทำการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของเครื่องยนต์ให้ทำงานที่ความเร็วรอบต่ำ ดังนั้นระบบจุดระเบิดแบบซีดีไอใช้ไฟกระแสตรงจึงเหมาะสมมากกว่าระบบซีดีไอแบบใช้กระแสสลับ เพราะระบบจุดระเบิดแบบซีดีไอใช้ไฟกระแสตรงนี้สามารถจ่ายไฟได้สม่ำเสมอมากกว่า ซึ่งใช้งานได้ดีในความเร็วรอบต่ำ

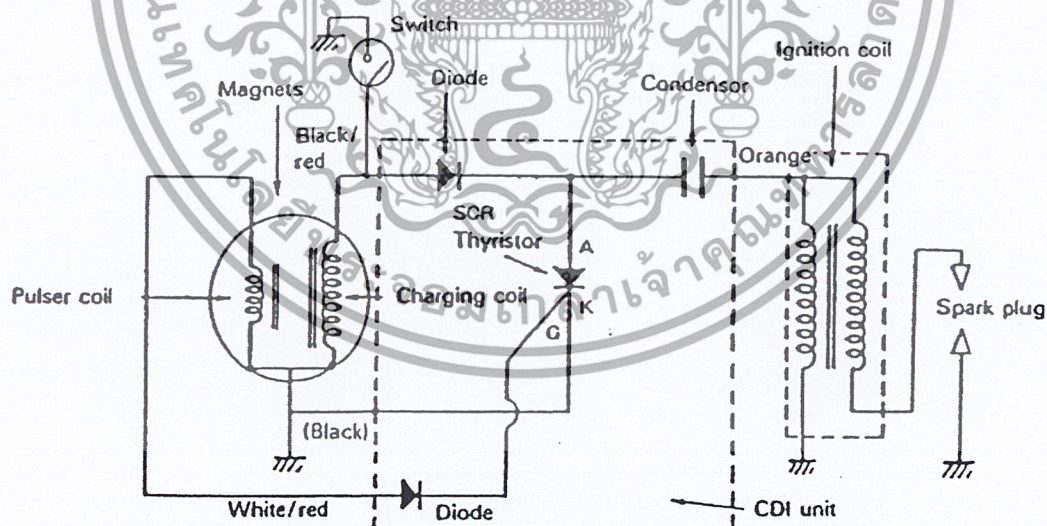
ดังนั้นในส่วนนี้จึงเป็นการกล่าวเปรียบเทียบกันระหว่างระบบจุดระเบิดแบบซีดีไอใช้ไฟกระแสตรงกับระบบจุดระเบิดแบบซีดีไอใช้กระแสสลับ ว่ามีการทำงานต่างกันอย่างไร

## 2.11 ระบบซีดีไอ (CDI System)

ระบบจุดระเบิดแบบซีดีไอ เป็นระบบจุดระเบิดแบบโซลิดสเตตแบบหนึ่งซึ่งนิยมใช้กันในรถจักรยานยนต์ เนื่องจากระบบจุดระเบิดแบบดังกล่าวนี้ประกอบด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ซึ่งมีขนาดเล็ก และไม่มีชิ้นส่วนที่มีการเคลื่อนไหว ดังนั้นจึงไม่จำเป็นที่จะต้องมีการปรับแต่งแต่อย่างใด

ข้อดีของระบบจุดระเบิดแบบซีดีไอ

1. ลดการบำรุงรักษาลง
2. ยืดอายุการใช้งานของหัวเทียน
3. ไม่ต้องมีชุดทองขาว
4. สตาร์ทติดง่าย
5. กระแสไฟแรงเคลื่อนสูงที่เกิดขึ้นสูงกว่า
6. การจุดระเบิดล่วงหน้าใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และเป็นไปอย่างอัตโนมัติ
7. อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ถูกซึบไว้เพื่อป้องกันฝุ่น, ingskปรกน้ำมัน หรือความชื้น
8. ทำงานสม่ำเสมอตลอดอายุการใช้งาน
9. เครื่องยนต์เดินเรียบทั้งในขณะที่เครื่องยนต์เดินเบาและทำงานหนัก



รูปที่ 2-35 ระบบจุดระเบิดแบบซีดีไอ (Capacitive Discharge Ignition System , CDI)

### 2.11.1 วงจร CDI ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน คือ

1. แหล่งจ่ายไฟ ในที่นี้คือ แมกนีโต (Magneto) ซึ่งประกอบด้วย
  - 1.1 ชาร์จคอยล์ (Charge Coil) ทำหน้าที่สร้างกระแสไฟจำนวนหนึ่งเพื่อนำไปประจุให้กับตัวเก็บประจุ (Capacity) และจ่ายให้กับ A (Anode) ของ SCR
  - 1.2 พัลเซอร์คอยล์ (Pulser Coil) จะทำหน้าที่สร้างกระแสไฟจำนวนหนึ่งเช่นกัน และจ่ายไปให้กับ G (Gate) เพื่อไปพริกให้ SCR นำกระแส
2. วงจรพริกเกอร์ (Trigering Circuit or Timing Circuit) วงจรนี้จะทำหน้าที่กำหนดเวลาที่จะทำ ให้ SCR นำกระแสได้ช้าหรือเร็ว โดยจะทำงานร่วมกับแรงไฟที่ได้รับมาจากพัลเซอร์คอยล์
3. โหลด (Load) ในที่นี้ก็คือ ชุดคอยล์จุดระเบิด (Ignition coil) ส่วนประกอบชุดนี้มีหน้าที่สร้างไฟสูง เพื่อจ่ายให้กับหัวเทียน

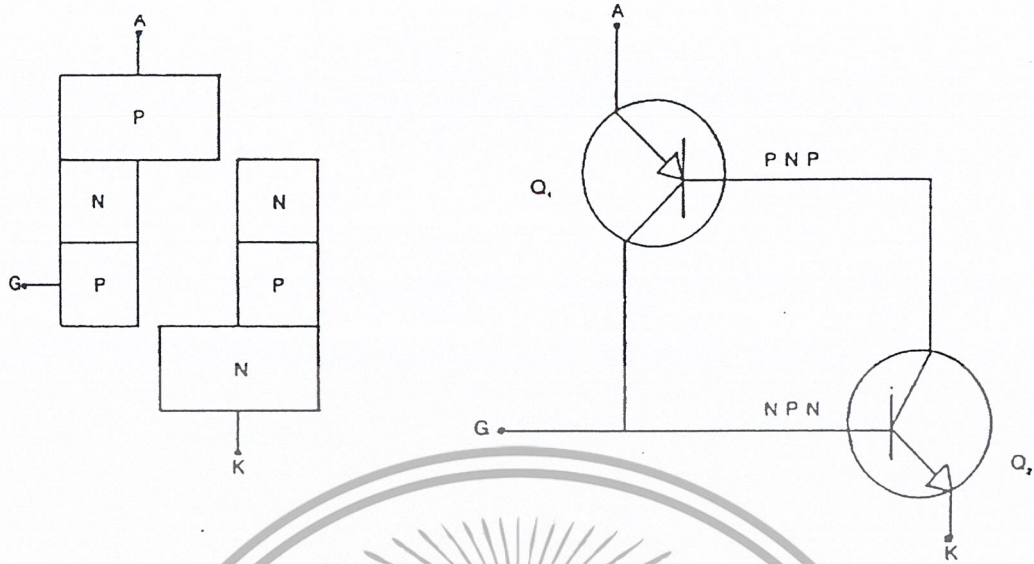
ไทรสเตอร์ (Thyristor) คือ สารกึ่งตัวนำที่ทำหน้าที่คล้ายสวิทช์ เปิดปิด ซึ่งประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำชนิด P และ N มาต่อกัน 4 ชั้น และอาจจะมีขาต่อใช้งานแบบ 2 ขา, 3 ขา หรือ 4 ขา ก็ได้ และจะมีชื่อเรียกแตกต่างกันไป เช่น DIAC, TRIAC และ SCR เป็นต้น

สำหรับจุดควบคุมการจุดระเบิดแบบซีดีไอนี้ จะใช้ SCR เป็นตัวควบคุม และ SCR นี้จะประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำชนิด 4 ชั้น แต่มีขั้วต่อออกมาเพียง 3 ขา เท่านั้นดังรูป



รูปที่ 2-36 ไทรสเตอร์

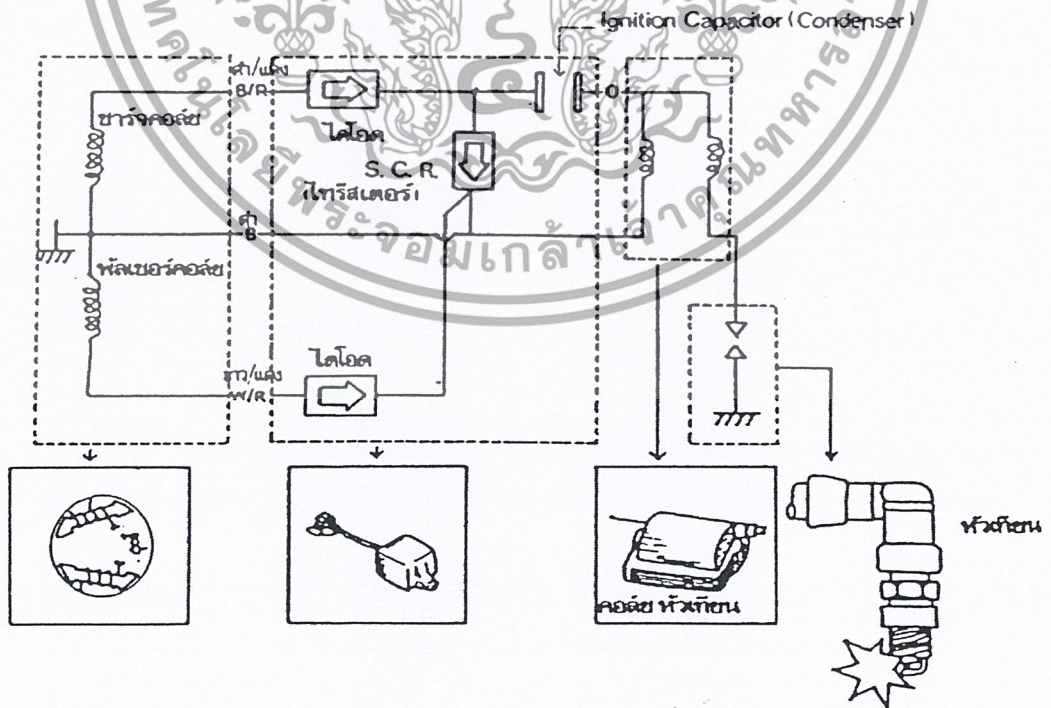
ถ้าพิจารณาโครงสร้างของ SCR ซึ่งประกอบด้วยวัสดุกึ่งตัวนำ P – N – P – N แล้ว เราสามารถเปรียบเทียบการทำงานให้ง่ายขึ้น ก็โดยการแยก SCR ออกเป็นสองส่วน ซึ่งจะเห็นได้ว่าเป็นทรานซิสเตอร์ ได้ 2 ตัว คือ P – N – P และ N – P – N ดังรูป



รูปที่ 2-37 โครงสร้างของ SCR

2.11.2 การทำงานของ SCR

การทำงานของ SCR จะเหมือนทรานซิสเตอร์ 2 ชนิด คือ PNP และ NPN ในขณะที่ป้อนไฟบวกเข้าที่ A (Anode) และลบเข้าที่ C (Cathode) จะเห็นว่าแรงไฟที่ B (Base) ของทรานซิสเตอร์ทั้ง 2 เป็น 0 โวลต์  $Q_1$  และ  $Q_2$  จึงไม่สามารถนำกระแสได้



รูปที่ 2-38 ส่วนประกอบและวงจรของระบบจุดระเบิดแบบซีดีไอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการใช้งานเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่เราป้อนแรงไฟบวกให้กับ B (Base) ของ  $Q_2$  หรือ G (Gate) จะทำให้  $Q_2$  ได้รับไบอัสถูกทาง  $Q_2$  ก็จะนำกระแสได้ และที่ขา C (Collector) ของ  $Q_2$  ต่ออยู่กับ B (Base) ของ  $Q_1$  ดังนั้นเมื่อ  $Q_2$  นำกระแสไฟก็จะทำให้ B (Base) ของ  $Q_1$  ได้รับความดันไฟจำนวนหนึ่งด้วยเช่นเดียวกันจึงทำให้  $Q_1$  อยู่ในสภานำกระแสด้วย และขาของ C (Collector) ของ  $Q_1$  ต่อกลับเข้า B (Base) อีกในลักษณะของการป้อนกลับทางบวก ฉะนั้นถ้าเราตัดแรงไฟที่ป้อนให้กับ G (Gate) ออก SCR หรือ  $Q_1$  และ  $Q_2$  ก็ยังสามารถนำกระแสได้ตลอดไป

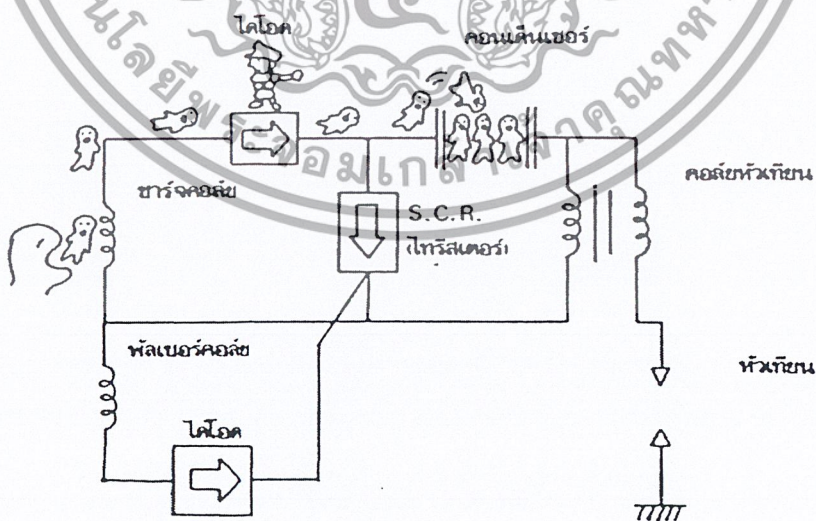
ส่วนประกอบและวงจรของระบบจุดระเบิดแบบซีดีไอ

1. ชาร์จคอยล์ (Charge coil)
2. ไดโอด (Diode)
3. คอนเดนเซอร์ (Condensor)
4. พัลเซอร์คอยล์ (Pulser Coil)
5. ไทริสเตอร์ หรือเอสซีอาร์ (Thyristor or SCR)
6. คอยล์จุดระเบิด (Ignition coil)
7. หัวเทียน (Spark plug)

ข้อสังเกต อักษรย่อของสายไฟ

B/R = ดำ/แดง  
B = ดำ  
WR = ขาว/แดง

หลักการการทำงานของระบบจุดระเบิดแบบ CDI



รูปที่ 2-39 หลักการทำงานของระบบจุดระเบิดแบบ CDI

การทำงานของระบบจุดระเบิดแบบ CDI ขณะที่ชุดแม่เหล็กถาวรหรือชุดแม่เหล็กงานไฟหมუნ ตัดกับชาร์จคอยล์

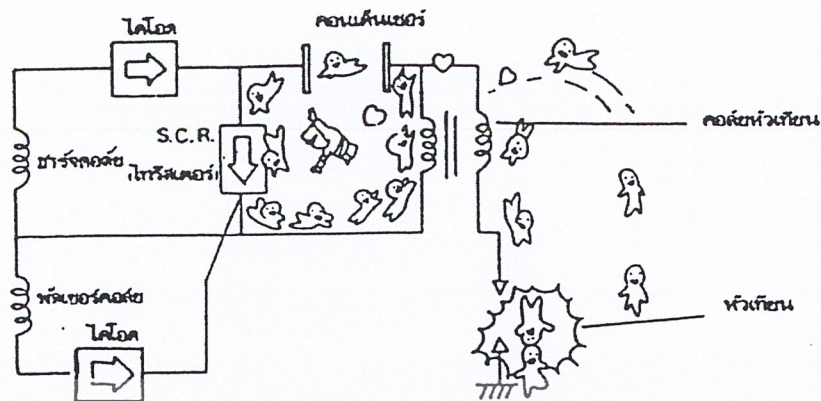
1. ชาร์จคอยล์ (Charge coil)
2. ไดโอด (Diode)
3. คอนเดนเซอร์ (Condenser)
4. พัลเซอร์คอยล์ (Pulser Coil)
5. ไทริสเตอร์ หรือเอสซีอาร์ (Thyristor or SCR)
6. คอยล์จุดระเบิด (Ignition coil)
7. หัวเทียน (Spark plug)

เมื่อสตาร์ทเครื่องยนต์ล้อช่วยแรงจะเคลื่อนที่นำเอาชุดแม่เหล็กถาวรหรือชุดแม่เหล็กงานไฟหมุน ตัดกับชาร์จคอยล์ ทำให้เกิดการเหนี่ยวนำและเกิดกระแสไฟไหล กระแสไฟดังกล่าวจะอยู่ในรูปของ กระแสสลับ ต่อจากนั้นไดโอดจะทำหน้าที่เรียงกระแสให้เป็นกระแสตรงแล้วส่งไปประจุไว้ใน คอนเดนเซอร์ กระแสที่ถูกประจุไว้จะไม่สามารถที่จะเดินทางต่อไปยังคอยล์จุดระเบิดได้เนื่องจากถูกปิด กั้นไว้โดยไทริสเตอร์หรือเอสซีอาร์



รูปที่ 2-40 หลักการทำงานของระบบจุดระเบิดแบบซีดีไอ

การทำงานของระบบจุดระเบิดแบบซีดีไอ ขณะที่ชุดแม่เหล็กถาวรหรือชุดแม่เหล็กงานไฟหมุน ตัดกับพัลเซอร์คอยล์ เมื่อล้อช่วยแรงเคลื่อนที่ต่อไปอีกก็จะนำเอาชุดแม่เหล็กถาวรหรือชุดแม่เหล็กงานไฟ หมุนไปตัดกับพัลเซอร์คอยล์ทำให้เกิดการเหนี่ยวนำและเกิดกระแสไหลขึ้นกระแสไฟที่เกิดขึ้นจะเป็นสัญญาณ ส่งไปที่ไทริสเตอร์หรือเอสซีอาร์ เพื่อให้วงจรระหว่างคอนเดนเซอร์และคอยล์จุดระเบิดต่อถึงกัน



รูปที่ 2-41 หลักการทำงานระบบจุดระเบิดแบบซีดีไอ

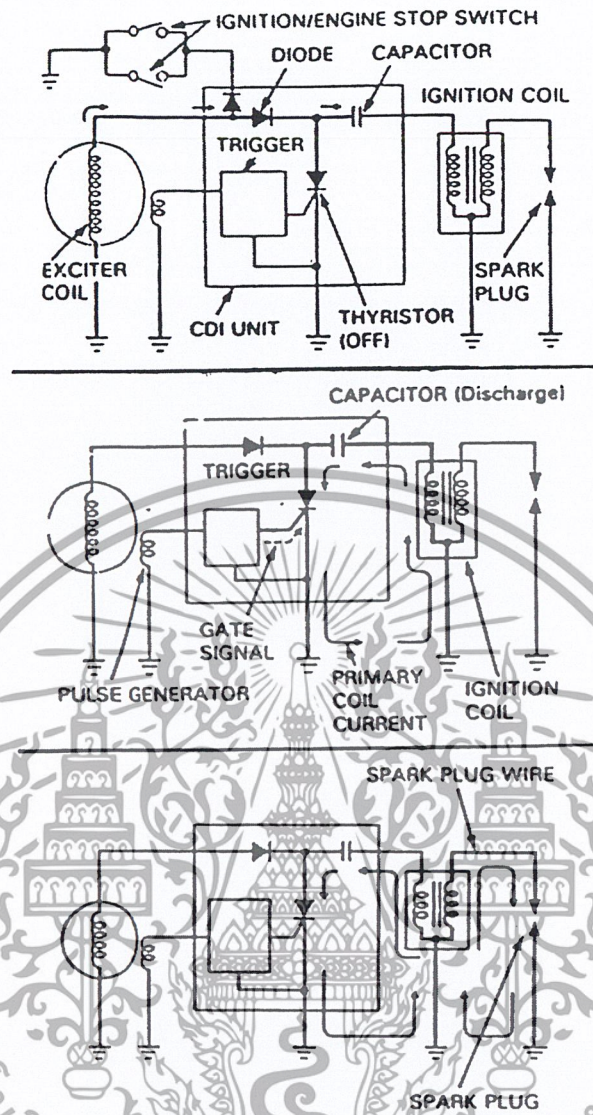
การทำงานของระบบจุดระเบิดแบบซีดีไอ ขณะที่ทรินสเตอร์ หรือเอสซีอาร์รับสัญญาณจากพัลส์ เซอร์คอยล์ และเปิดวงจรให้กระแสไฟที่ประจุอยู่ภายในคอนเดนเซอร์ลงไปยังคอยล์จุดระเบิด และทำให้เกิดไฟแรงเคลื่อนสูงขึ้นในที่สุด

ต่อจากนั้นคอนเดนเซอร์จะจ่ายประจุที่รับไว้ไปยังคอยล์จุดระเบิด ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กบานตัวขึ้นในวงจรไพรมารีของคอยล์จุดระเบิดและยุบตัวอย่างรวดเร็วตัดกับขดลวดวงจรเซคันดารี เป็นผลให้เกิดไฟแรงสูงขึ้นและส่งไปยังหัวเทียนเพื่อจุดระเบิดในที่สุด

เพื่อให้เข้าใจระบบซีดีไอ ได้ลึกซึ้งยิ่งขึ้น จึงควรศึกษาจากระบบของหลายๆ บริษัท ดังเช่น ฮอนด้า (Honda) และการทำงานจริงๆ นั้น ระบบจุดระเบิดจำเป็นต้องมีอุปกรณ์การเร่งไฟด้วย (Ignition Timing Advance) โดยทั่วไประบบซีดีไอ ปัจจุบันนี้ใช้เป็นระบบจุดระเบิดหลักสำหรับรถจักรยานยนต์ รุ่นที่ใช้เครื่องยนต์ขนาดเล็ก (Small Engine Displacement Models)

### 2.11.3 ระบบจุดระเบิดซีดีไอใช้กระแสสลับ (AC. CDI SYSTEM)

หลักการทำงานเบื้องต้น (Operating Principles) ขณะที่โรเตอร์ของอัลเทอร์เนเตอร์หมุนจะเกิดการเหนี่ยวนำกระแสขึ้น ในขดขดลวดกระตุ้น (Exciter Coil) ของอัลเทอร์เนเตอร์ กระแสสลับที่เกิดขึ้นจะมีแรงเคลื่อน 100 – 400 โวลท์ ถูกส่งเข้าไปยังชุดซีดีไอ กระแสสลับนี้ได้รับการเรียงกระแส โดย DIODE ด้วยการเรียงแบบครึ่งคลื่น (Half Wave) และถูกประจุไว้ในคอนเดนเซอร์ในชุดซีดีไอ



รูปที่ 2-42 ระบบจุดระเบิดซีดีไอใช้กระแสสลับ (AC CDI SYSTEM)

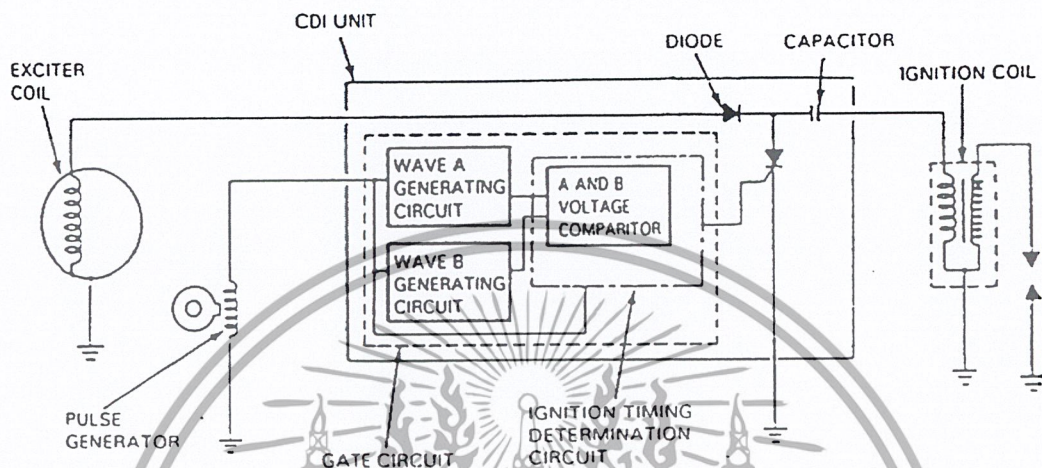
เมื่อปิดสวิตช์กุญแจ กระแสที่เหนี่ยวนำในชุดขดลวดกระตุ้นก็จะไหลลงดิน จึงเป็นการดับเครื่องยนต์ คอนเดนเซอร์จะยังไม่ต่อประจุ จนกระทั่ง SCR ต้องจรรยา เนื่องจากเครื่องกำเนิดสัญญาณกระแสไปยัง GATE ของ SCR

เมื่อ SCR ต้องจรรยา คอนเดนเซอร์จะจ่ายประจุกระแสไปยังชุดขดลวดไพรมารี ทำให้เกิดไฟแรงเคลื่อนสูงในชุดขดลวดเซคันดารี เกิดประกายไฟกระโดดข้ามเขี้ยวหัวเทียน

หลักการการทำงานของอุปกรณ์เร่งไฟ (Principle of Ignition Timing Advance) หน้าที่อีกประการหนึ่งของระบบจุดระเบิดให้แก๊ซขึ้น (Advance) หรืออ่อนลง (Retard) เนื่องจากระบบนี้ไม่มีอุปกรณ์เร่งไฟทางกลไก (Mechanical) อุปกรณ์การเร่งไฟจึงไม่มีการสึกหรอเป็นการลดงานการปรับแต่งและบำรุงรักษา ลงโดยสิ้นเชิง

หลักการงานเบื้องต้นของการเร่งไฟให้แก๊ซขึ้นหรืออ่อนลงใช้หลักการเดียวกัน

วงจรกำหนดจังหวะจุดระเบิด (Trigger Circuit) ประกอบด้วย วงจรผลิตคลื่น A (Wave A Generating Circuit) และวงจรผลิตคลื่น B (Wave B Generating Circuit) ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณจากเครื่องกำเนิดสัญญาณ (Pulse Generator) มาเป็นรูปคลื่น A และ B แล้วส่งไปยังวงจรเลือกจังหวะจุดระเบิด (Ignition Timing Selector Circuit)

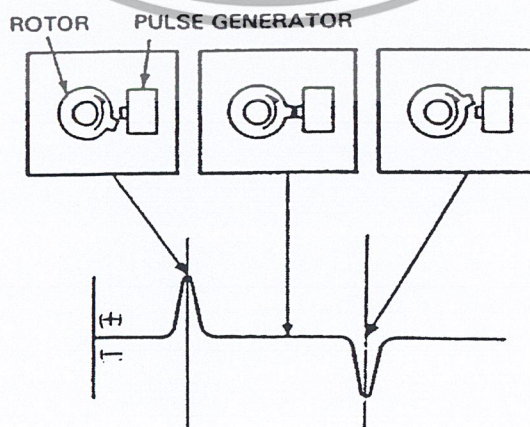


รูปที่ 2-43 หลักการเบื้องต้นของการเรียงไฟให้แก๊ซขึ้นหรืออ่อนลง

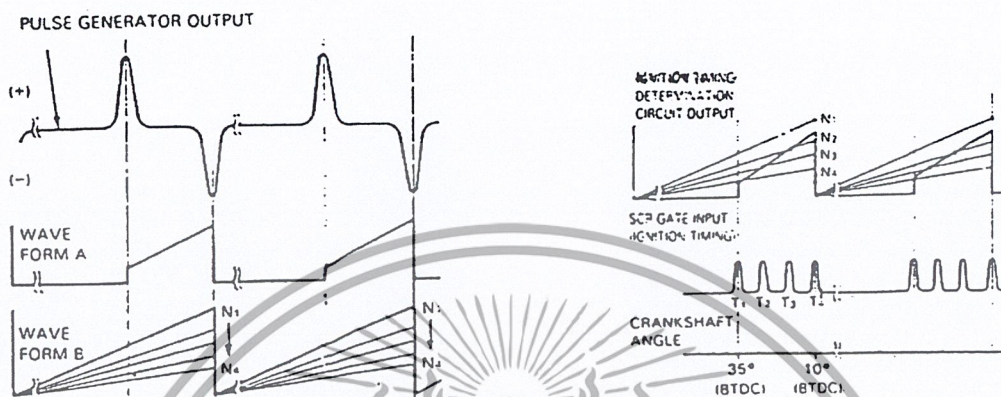
เครื่องกำเนิดสัญญาณ (Pulse Generator) จะผลิตสัญญาณแรงเคลื่อนบวก (+) และลบ (-) เมื่อโรเตอร์หมุนตัดผ่านเครื่องกำเนิดสัญญาณ

สัญญาณจากเครื่องกำเนิดสัญญาณ (Pulse Generator Output) จะถูกเปลี่ยนให้เป็นรูปคลื่น A (Wave From A) และรูปคลื่น B (Wave From B)

รูปคลื่น A จะคงที่ ไม่เปลี่ยนแปลงไปตามความเร็วของเครื่องยนต์  
รูปคลื่น B จะเปลี่ยนแปลงความเอียงหรือความลาดชัน (Gradient) ไปตามความเร็วของเครื่องยนต์



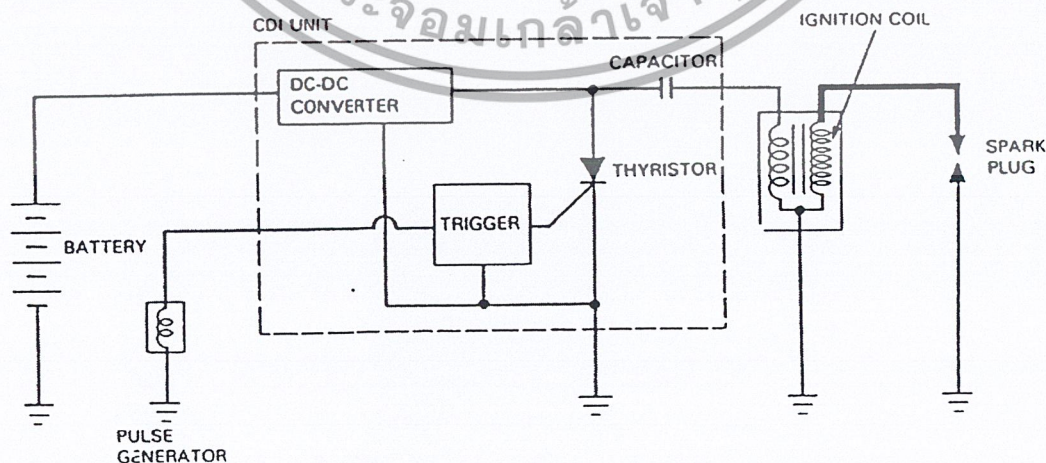
วงจรเลือกจังหวะระเบิด (Ignition Timing Determination / Circuit) จะส่งกระแสไปยัง GATE ของ SCR เมื่อสัญญาณแรงเคลื่อนลบจากเครื่องกำเนิดสัญญาณ ถูกส่งเข้าวงจรเลือกจังหวะระเบิด หรือเมื่อ ยอดคลื่น A สูงกว่ายอดคลื่น B กระแสที่ไปยัง GATE ของ SCR จะต่อวงจร SCR ทำให้เกิดประกายไฟ กระโดดข้ามเข็มหัวเทียน



รูปที่ 2-45 จังหวะการระเบิด (Ignition Timing Diagram)

ขณะเครื่องยนต์มีความเร็วสูงขึ้น รูปคลื่น A ยังคงที่แต่รูปคลื่น B จะเปลี่ยนแปลงไปเมื่อยอดคลื่น B ต่ำกว่ายอดคลื่น A จังหวะจุดระเบิดหรือไฟจะแกว่งขึ้นเรื่อยๆ ( $N_3, N_2$ ) การเร่งไฟจะสิ้นสุดลงที่ความเร็ว  $N_4$  เพราะที่ความเร็วนี้รูปคลื่น A จะไม่ลดขั้นที่ความเร็ว  $N_1$  ยอดคลื่น B จะสูงกว่ายอดคลื่น A ดังนั้น ตำแหน่งหรือจังหวะการจุดระเบิดจะถูกกำหนดโดยสัญญาณแรงเคลื่อนลบจากเครื่องกำเนิดสัญญาณ

2.11.4 ระบบจุดระเบิดชนิดไอใช้กระแสตรง (DC CDI SYSTEM)



รูปที่ 2-46 หลักการทำงานเบื้องต้นของระบบจุดระเบิดแบบชนิดไอใช้กระแสตรง

หลักการดำเนินงานเบื้องต้น (Operating Principle) ของระบบจุดระเบิดซีดีไอใช้กระแสตรง (DC CDI SYSTEM) คล้ายๆ กับระบบจุดระเบิดซีดีไอใช้กระแสสลับ (AC CDI SYSTEM) คงแตกต่างกันเฉพาะแหล่งหรือต้นกำเนิดการผลิตกระแสไฟแรงเคลื่อนต่ำ เพราะแบบนี้ใช้แบตเตอรี่เป็นแหล่งกำเนิด

ระบบจุดระเบิดซีดีไอใช้กระแสตรง (DC CDI SYSTEM) จะมีอุปกรณ์เพิ่มแรงเคลื่อนไฟฟ้า (DC – DC Converter) โดยทำหน้าที่เพิ่มกระแสตรงจากแบตเตอรี่ให้เป็นกระแสตรงที่มีแรงเคลื่อนสูงประมาณ 220 โวลต์ จากนั้นจะเก็บประจุ (Charge) ไว้ในคอนเดนเซอร์ เมื่อเปรียบเทียบกับแบบใช้กระแสสลับ ที่มีชุดขดลวดกระตุ้น (Exciter coil) เป็นแหล่งกำเนิด ระบบจุดระเบิดซีดีไอใช้กระแสตรงจะให้ประกายไฟที่หัวเทียนเมื่อความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่ำได้รุนแรงกว่า

## 2.12 คาร์บูเรเตอร์ (CARBURETOR)

องค์ประกอบที่สำคัญที่จะทำให้เครื่องยนต์ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้น ประกอบด้วยองค์ประกอบ 3 ประการ คือ

1. ระบบน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel System)
2. ระบบจุดระเบิด (Ignition System)
3. กำลั้งอัด (Compression)

คาร์บูเรเตอร์เป็นอุปกรณ์หรือส่วนประกอบที่สำคัญมากของระบบน้ำมันเชื้อเพลิง จึงเปรียบเสมือนหัวใจของระบบ ทำให้น้ำมันเชื้อเพลิงเป็นละอองละเอียด กระจายคลุกเคล้ากับอากาศได้อย่างทั่วถึง ด้วยอัตราส่วนผสมโดยน้ำหนักที่เหมาะสม (Proper mixing ratio) กับสภาพการทำงานต่างๆ ของเครื่องยนต์ กล่าวคือ ทั้งอุณหภูมิ (Temperature) ความเร็ว (Speed) และภาระ (Load) ของเครื่องยนต์ เครื่องยนต์ได้รับส่วนผสมที่เหมาะสมก็จะกลายเป็นไอ (Vaporized) จึงเป็นการง่ายต่อการเผาไหม้ ดังนั้นอาจกล่าวได้โดยง่ายว่า คาร์บูเรเตอร์ คือ ตัวฉีคน้ำมันเชื้อเพลิง (Sprayer) นั่นเอง

### 2.12.1 หน้าที่หลักของคาร์บูเรเตอร์ (FUNCTIONS OF CARBURETOR)

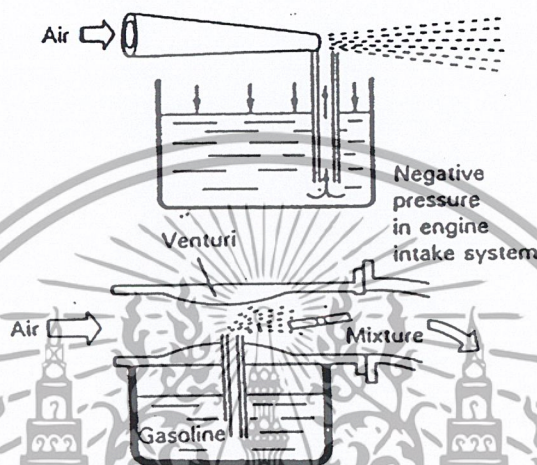
หน้าที่หลักของคาร์บูเรเตอร์มีอยู่ 3 ประการ คือ

1. ทำให้น้ำมันเชื้อเพลิงเป็นละอองละเอียด (Atomization of fuel) ทำให้น้ำมันเบนซินเป็นละอองการคลุกเคล้ากับอากาศจึงเป็นไปได้อย่างสมบูรณ์
2. ควบคุมอัตราส่วนผสม (Control of mixing ratio) ควบคุมอัตราส่วนผสมให้เหมาะกับสภาพการทำงานต่างๆ ของเครื่องยนต์
3. ควบคุมกำลังงานของเครื่องยนต์ (Control of engine power) ควบคุมการจ่ายส่วนผสมให้แก่เครื่องยนต์ เพื่อควบคุมกำลังงานของเครื่องยนต์ ซึ่งได้แก่ รอบเครื่องยนต์และแรงบิด

หน้าที่หลัก 3 ประการดังกล่าว จะกระทำโดยอัตโนมัติด้วยคาร์บูเรเตอร์ โดยลิ้นเร่ง (Throttle valve) และแรงดูดหรือสุญญากาศ (Negative pressure) ในระบบประจุอากาศ (Intake system)

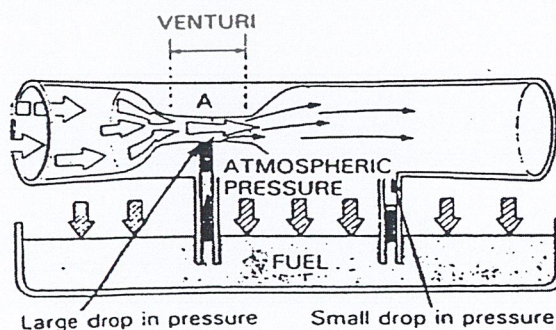
2.12.2 หลักการทำงานเบื้องต้นของคาร์บูเรเตอร์ (PRINCIPLES OF CARBURETOR)

คาร์บูเรเตอร์อาศัยหลักการทำงานเบื้องต้นของกระบอกฉีด ซึ่งใช้กับกระบอกฉีดน้ำ เมื่ออากาศจากกระบอกไหลผ่านรูฉีดด้วยความเร็วสูง แรงดันบริเวณปลายรูฉีดจึงลดลงมาก หรือเป็นสุญญากาศ พื้นผิวของน้ำมันมีแรงดันบรรยากาศ (Atmospheric Pressure) กดอยู่น้ำจึงถูกดูดขึ้นแล้วฉีดเป็นฝอยละอองละเอียดด้วยกระแสอากาศ ดังรูปที่ 2-47



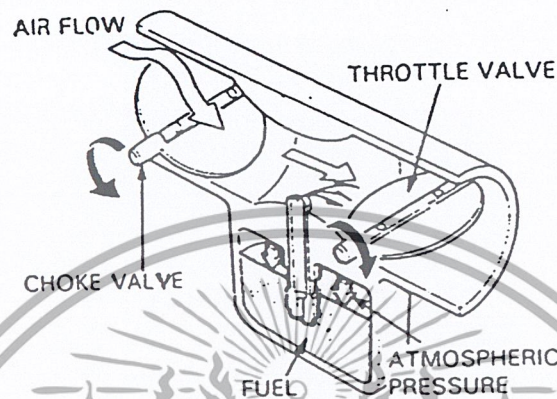
รูปที่ 2-47 หลักการทำงานเบื้องต้นของคาร์บูเรเตอร์

ในการทำงานเดียวกันสำหรับคาร์บูเรเตอร์ เมื่อลูกสูบเคลื่อนลงในจังหวะดูด ปริมาตรบนหัวลูกสูบจึงเพิ่มขึ้น เป็นเหตุให้เกิดสุญญากาศและแรงดูด คูดอากาศเข้ามาแทนที่ อากาศจึงไหลจากไส้กรองอากาศผ่านท่อรับอากาศ (Air horn , Main bore) ของคาร์บูเรเตอร์ เข้าสู่กระบอกสูบ ขณะที่อากาศไหลผ่านท่อรับอากาศเมื่อผ่านส่วนที่เป็นคอคออด (Venturi section , A) ความเร็วจึงเพิ่มขึ้น และแรงดันจะลดลง พื้นผิวของน้ำมันเชื้อเพลิงมีแรงดันบรรยากาศกดอยู่ น้ำมันจึงถูกดูดขึ้น แล้วฉีดเป็นฝอยละอองละเอียดเข้าสู่กระบอกสูบด้วยกระแสอากาศ ดังรูปที่ 2 - 48



รูปที่ 2-48 แสดงการไหลของอากาศผ่านคาร์บูเรเตอร์

นอกจากนั้นคาร์บูเรเตอร์ยังมีกลไกสำหรับควบคุมปริมาณส่วนผสมของอากาศกับน้ำมันเชื้อเพลิง กลไกนี้คือ ลิ้นเร่ง ในขณะที่สตาร์ทเครื่องยนต์ที่ต้องการส่วนผสมที่หนามาก จึงมีกลไกปรับการไหลของอากาศกลไกนี้คือ ลิ้นไช้ค ดังรูปที่ 2 - 49



รูปที่ 2-49 แสดงกลไกสำหรับควบคุมปริมาณส่วนผสมกับอากาศกับน้ำมันเชื้อเพลิง

#### 2.12.2.1 การเผาไหม้และการระเบิด (COMBUSTION AND EXPLOSION)

การเผาไหม้ใดๆ ก็ตาม ต้องประกอบด้วยองค์ประกอบ 3 ประการ คือ

1. อุณหภูมิ
2. อากาศ
3. เชื้อเพลิง

น้ำมันเบนซินจะเผาไหม้ได้โดยง่าย ถ้าเป็นไอ (VapORIZATION) เสียก่อน ก่อนมีเปลวไฟมาจุดซึ่ง การเผาไหม้ตามปกติจะไม่มีการระเบิด

การระเบิดจะเกิดขึ้นเมื่อมีการเผาไหม้ในภาชนะปิด การระเบิดจะยิ่งรุนแรงและแรงดันจะสูงมาก ถ้าส่วนผสมอากาศกับน้ำมันเชื้อเพลิงมีอัตราส่วนผสมที่เหมาะสม แล้วถูกอัดให้มีอุณหภูมิสูงขึ้นในภาชนะปิด กลายเป็นไอมีประกายไฟมาจุดการเผาไหม้จะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว การระเบิดจะรุนแรง ดังเช่นการเผาไหม้ภายในกระบอกสูบของเครื่องยนต์

#### 2.12.2.2 อัตราส่วนผสมและกำลังของเครื่องยนต์ (MIXTURE RATIO AND ENGINE POWER)

- อัตราส่วนผสม (Mixture Ratio)

อัตราส่วนผสมของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิง(Mixture ratio) เรียกว่า “อัตราส่วนผสมของอากาศต่อน้ำมันเชื้อเพลิง” (Air – Fuel Ratio) อัตราส่วนผสมนี้เป็นอัตราส่วนผสมโดยน้ำหนัก (By weight) เช่น อัตราส่วนผสม 14.7 : 1 หมายความว่า อากาศหนัก 14.7 กรัม ผสมกับน้ำมันเบนซินหนัก 1 กรัม

$$\text{Mixture ratio} = \frac{\text{Intake air flow (g)}}{\text{Fuel consumption (g)}} \quad (14)$$

เพื่อให้ น้ำมันเบนซินลุกไหม้อย่างรวดเร็ว จะต้องผสมกับอากาศด้วยอัตราส่วนที่เหมาะสม ถ้าอากาศหรือน้ำมันเบนซินมากเกินไป การลุกไหม้ก็จะเป็นไปได้ช้าๆ หรืออาจไม่เกิดขึ้นเลยก็เป็นได้

ช่วงที่อัตราส่วนผสมของอากาศกับน้ำมันเบนซิน สามารถเกิดการเผาไหม้ได้ เรียกว่า “ช่วงเกิดการเผาไหม้” (Combustion Range) และจุดหัวท้ายของช่วงเรียกว่า “จุดจำกัดการเผาไหม้” (Combustion Limit)

ในทางปฏิบัติหรือตามความเป็นจริงแล้ว เครื่องยนต์จะเผาไหม้โดยการอัดส่วนผสมในห้องเผาไหม้ และมีประกายไฟมาจุด เพื่อให้เกิดการเผาไหม้ การเผาไหม้ส่วนผสมภายใต้สภาพดังกล่าวแล้ว ช่วงเกิดการเผาไหม้ของส่วนผสมซึ่งคาร์บูเรเตอร์ช่วยให้แก่เครื่องยนต์อย่างแท้จริง จึงแคบกว่าช่วงเกิดการเผาไหม้ทางทฤษฎี ช่วงการเกิดการเผาไหม้ภายในเครื่องยนต์ที่แท้จริงเรียกว่า “ช่วงเกิดการเผาไหม้ทางปฏิบัติ” (Practical Combustible Range)

- อัตราส่วนผสมทางเคมีที่ทำให้เกิดการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์

(Chemically Correct Mixture Ratio , Stoichiometric Mixture Ratio)

การเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซิน จะได้แก๊สไอเสียส่วนใหญ่ออกมาเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ อัตราส่วนผสมทางทฤษฎีที่จะทำให้เกิดการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ดังกล่าวแล้ว ก็คือ อัตราส่วนผสมโดยน้ำหนักของอากาศกับน้ำมันเชื้อเพลิง 14.7 : 1 (อากาศ 14.7 กรัม ต่อ น้ำมันเบนซิน 1 กรัม) อัตราส่วนผสมนี้มีชื่อเรียกเฉพาะว่า “อัตราส่วนผสมทางเคมีที่ทำให้เกิดการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์”

อัตราส่วนผสม 14.7 : 1 ดังกล่าวเป็นการวิเคราะห์จากแก๊สไอเสีย ซึ่งถือว่าเป็นทางทฤษฎี แต่ในทางปฏิบัติ อัตราส่วนผสมที่ใช้จะแปรเปลี่ยนไปตามสภาพการทำงานต่างๆ ของเครื่องยนต์ (Engine operation condition)

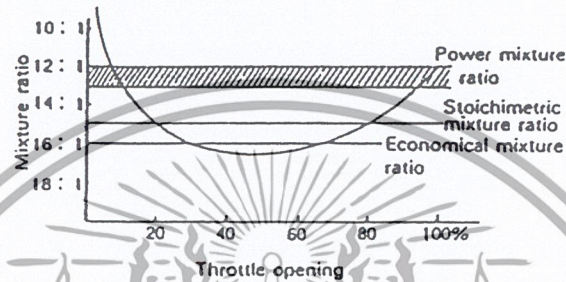
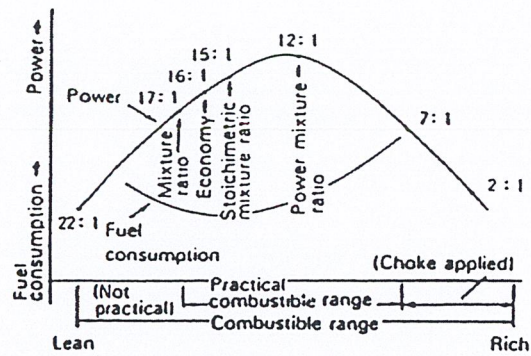
- อัตราส่วนผสมที่ให้กำลังงานสูงสุด (Power Mixture Ratio)

จากการทดสอบที่อัตราส่วนผสมต่างๆ อัตราส่วนผสมที่ให้กำลังงานของเครื่องยนต์สูงสุด (Maximum engine power) คือ อัตราส่วนผสมโดยน้ำหนักของอากาศต่อน้ำมันเชื้อเพลิง 12 : 1 – 13 : 1 อัตราส่วนผสมนี้มีชื่อเรียกเฉพาะว่า “อัตราส่วนผสมที่ให้กำลังงานสูงสุด”

- อัตราส่วนผสมที่ประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงที่สุด (Economical Mixture Ratio)

เมื่ออัตราส่วนผสมประมาณ 16 : 1 การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจะต่ำที่สุด อัตราส่วนผสมนี้มีชื่อเรียกเฉพาะว่า “อัตราส่วนผสมที่ประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงสูงสุด”

การปรับคาร์บูเรเตอร์ ต้องยึดอัตราส่วนผสมดังกล่าวเป็นหลัก นั่นคือ อัตราส่วนผสมที่ทำให้เกิดการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ ให้กำลังงานสูงสุด และประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงที่สุด



รูปที่ 2-50 แสดงอัตราส่วนผสมทางเคมีที่ทำให้เกิดการเผาไหม้ในลักษณะต่างๆ

2.12.3 คาร์บูเรเตอร์ที่ใช้กับรถจักรยานยนต์ สามารถแบ่งตามลักษณะโครงสร้างทั่วไปได้ 2 แบบใหญ่ คือ

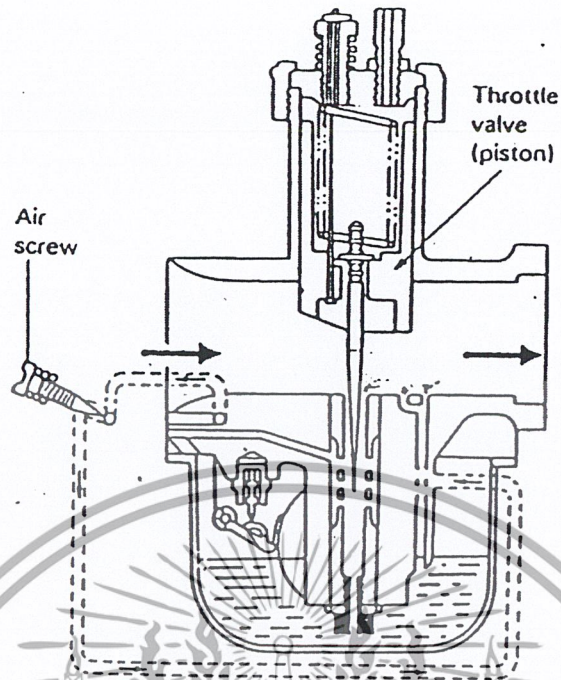
1. คาร์บูเรเตอร์แบบวีเอ็ม (VM Type)
2. คาร์บูเรเตอร์แบบเอสยู (SU Type)

ซึ่งคาร์บูเรเตอร์ที่ใช้ในรถประหยัคน้ำมันเชื้อเพลิงขนาดเล็กนี้ เราใช้คาร์บูเรเตอร์แบบวีเอ็ม เพราะฉะนั้น เราจะพูดถึงแต่ส่วนประกอบและหลักการทำงานของคาร์บูเรเตอร์แบบวีเอ็มเท่านั้น

2.12.4 โครงสร้างของคาร์บูเรเตอร์แบบวีเอ็ม

คาร์บูเรเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่ประกอบด้วยชิ้นส่วนเล็กๆ ที่ทำอย่างประณีต เป็นจำนวนมากมายหลายชิ้น และทำหน้าที่ต่างๆ กัน แต่สำหรับคาร์บูเรเตอร์ที่ใช้กับรถจักรยานยนต์สามารถแบ่งออกเป็นส่วนใหญ่ๆ ได้ดังนี้

1. ห้องลูลอย (Float chamber)
2. ห้องผสม (Mixing chamber)
3. ส่วนประกอบอื่นๆ (Other sub - assemblies) เช่น สตาร์ทเตอร์ (Starter) และอื่นๆ



รูปที่ 2-51 คาร์บูเรเตอร์แบบวีเอ็ม

#### 2.12.4.1 ห้องลูกลอย (FLOAT CHAMBER)

น้ำมันเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนที่ไหลจะผ่านก๊อกลงและท่อทางมายังห้องลูกลอยของคาร์บูเรเตอร์ ซึ่งห้องลูกลอยนี้จะทำหน้าที่สำรองน้ำมันเพื่อจ่ายให้กับวงจรต่างๆ ในคาร์บูเรเตอร์ และรักษาระดับน้ำมันในห้องลูกลอยให้คงที่อยู่เสมอ ห้องลูกลอยแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ

1. ห้องลูกลอยแบบปริมาตรไม่คงที่
2. ห้องลูกลอยแบบปริมาตรคงที่

ซึ่งคาร์บูเรเตอร์ที่เราใช้กับรถประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงจะใช้ลูกลอยแบบปริมาตรไม่คงที่ เราจึงจะกล่าวถึงแต่ห้องลูกลอยแบบปริมาตรไม่คงที่

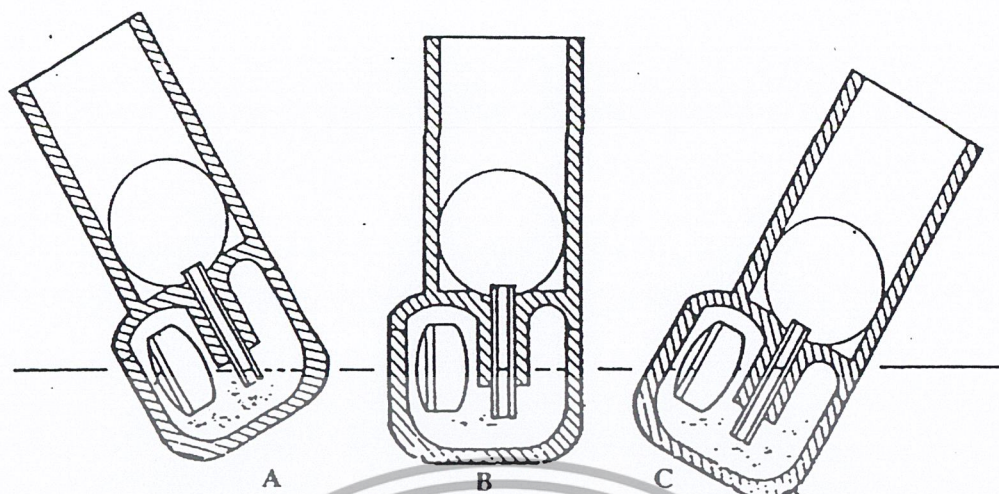
##### ● ห้องลูกลอยแบบปริมาตรไม่คงที่

ติดตั้งตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่งของคาร์บูเรเตอร์ มีลักษณะของลูกลอยเป็นตัวเดียว

A รถเอียงไปด้านที่ลูกลอยติดตั้งอยู่ เข็มจะปิดน้ำมันเร็ว ระดับน้ำมันภายในห้องลูกลอยจะต่ำกว่าปกติ

B รถอยู่ในตำแหน่งตรง ระดับน้ำมันภายในห้องลูกลอยจะถูกต้อง

C รถเอียงไปด้านตรงข้ามที่ลูกลอยติดตั้งอยู่ เข็มจะปิดน้ำมันช้า ระดับน้ำมันภายในห้องลูกลอยจะสูงกว่าปกติ



รูปที่ 2-52 แสดงลักษณะของห้องลูกลอยแบบปริมาตรไม่คงที่

ขณะขับซีรอลจักรยานยนต์บนทางโค้งของถนน ระดับน้ำมันของห้องลูกลอยจะไม่คงที่ ซึ่งมีผลทำให้ส่วนผสมของน้ำมันเชื้อเพลิงหนาหรือบางตามสภาพการเลี้ยวสุดแท้จะเลี้ยวทำไค

แต่ถ้าเรานำไปใช้รถยนต์ จะมีผลน้อยมากเพราะรถยนต์ไม่สามารถเอียงเข้าโค้งได้เหมือนจักรยานยนต์ ซึ่งในตัวห้องลูกลอยมีส่วนประกอบที่สำคัญดังนี้ คือ

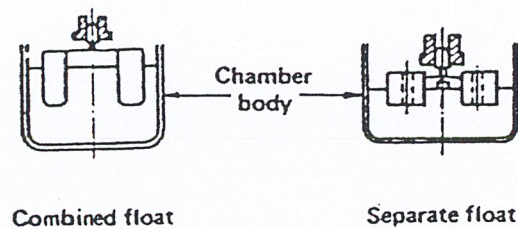
1. เสื้อห้องลูกลอย (Float chamber body)

น้ำมันเชื้อเพลิงที่ไหลจากถัง จะเข้ามาเก็บยังเสื้อห้องลูกลอยเป็นการชั่วคราว ก่อนที่จะจ่ายให้แก่เครื่องยนต์ ในเสื้อห้องลูกลอยจะมีท่อล้น (Overflow pipe) เพื่อระบายน้ำมันออกเมื่อเกินกว่าระดับ และนมหนูสตาร์ท (Starter jet) นอกจากนี้คาร์บูเรเตอร์บางแบบจะมีนมหนูน้ำมันหรือนมหนูความเร็วรอบสูง (Main jet) อยู่ในห้องลูกลอยด้วย เพื่อความสะดวกในการบริการ

2. ลูกลอย (Float)

ลูกลอยทำหน้าที่เปิดและปิดชุดนมหนูลูกลอย (Float valve assembly) โดยลอยขึ้นลงตามระดับน้ำมันเชื้อเพลิงในห้องลูกลอย นั่นคือ เมื่อระดับน้ำมันไหลเข้า เมื่อระดับน้ำมันสูงสุดลูกลอยก็จะดันเข้มนมหนูให้ปิดรูน้ำมัน น้ำมันก็จะหยุดไหลเข้าสู่ห้องลูกลอย และจะเริ่มเปิดอีกเมื่อระดับน้ำมันต่ำลง

ลูกลอยจะทำด้วยโลหะแผ่นหรือพลาสติกแผ่นขึ้นรูปกลวง ลูกลอยมีอยู่ 2 แบบ คือ แบบรวม (Combined float) และแบบแยก (Separate float) ตามลักษณะของเสื้อห้องลูกลอย กล่าวคือ ถ้าเสื้อห้องลูกลอยมีห้องเดียว ลูกลอยก็จะเป็นแบบรวม (ทำงานด้วยระดับน้ำมันเดียวกัน) แต่ถ้าเสื้อห้องลูกลอยแบ่งออกเป็น 2 ห้อง ลูกลอยก็จะเป็นแบบแยก (ทำงานด้วยระดับน้ำมันแต่ละห้องไม่ขึ้นแก่กัน)

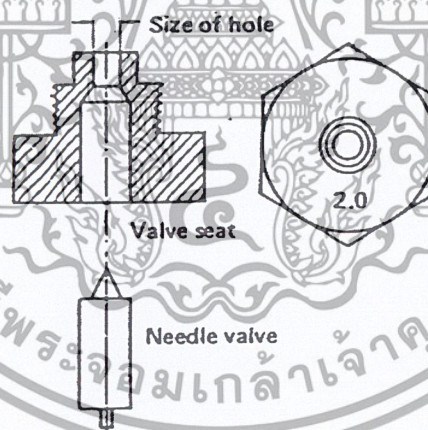


รูปที่ 2-53 แสดงลูกลอย

### 3. ชุดนมหนูลูกลอย (Float valve assembly)

ชุดนมหนูลูกลอยทำหน้าที่ควบคุมการไหลของน้ำมันเชื้อเพลิง จากถังเข้าสู่ห้องลูกลอย ประกอบด้วยเบาะนมหนู (Valve seat) และเข็มนมหนู (Needle valve) ซึ่งประกอบด้วยกันเป็นชุดๆ โดยเฉพาะ โดยมีหน้าที่สัมผัสที่แนบสนิท ผลิตภัณฑ์กรรมวิธีการผลิตที่มีความละเอียดสูงมาก ดังนั้นเมื่อมีการถอดประกอบจึงต้องใช้ความระมัดระวังเป็นพิเศษ

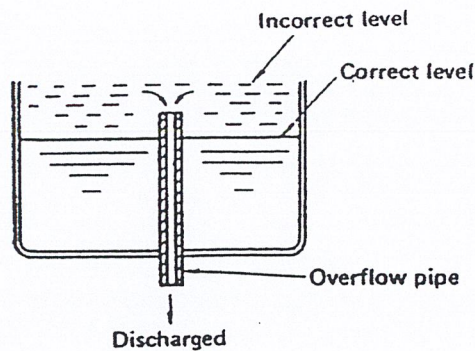
ขนาดของนมหนูลูกลอย จะมีตัวเลขกำหนดไว้ เช่น 1.5 หรือ 2.0 และอื่นๆ ซึ่งหมายถึงขนาดของเบาะนมหนู ขนาดของเบาะนมหนูจะเป็นผลโดยตรงต่ออัตราการไหลของน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าสู่ห้องลูกลอย ตัวเลขยิ่งมากอัตราการไหลยิ่งสูง



รูปที่ 2-54 แสดงชุดนมหนูลูกลอย

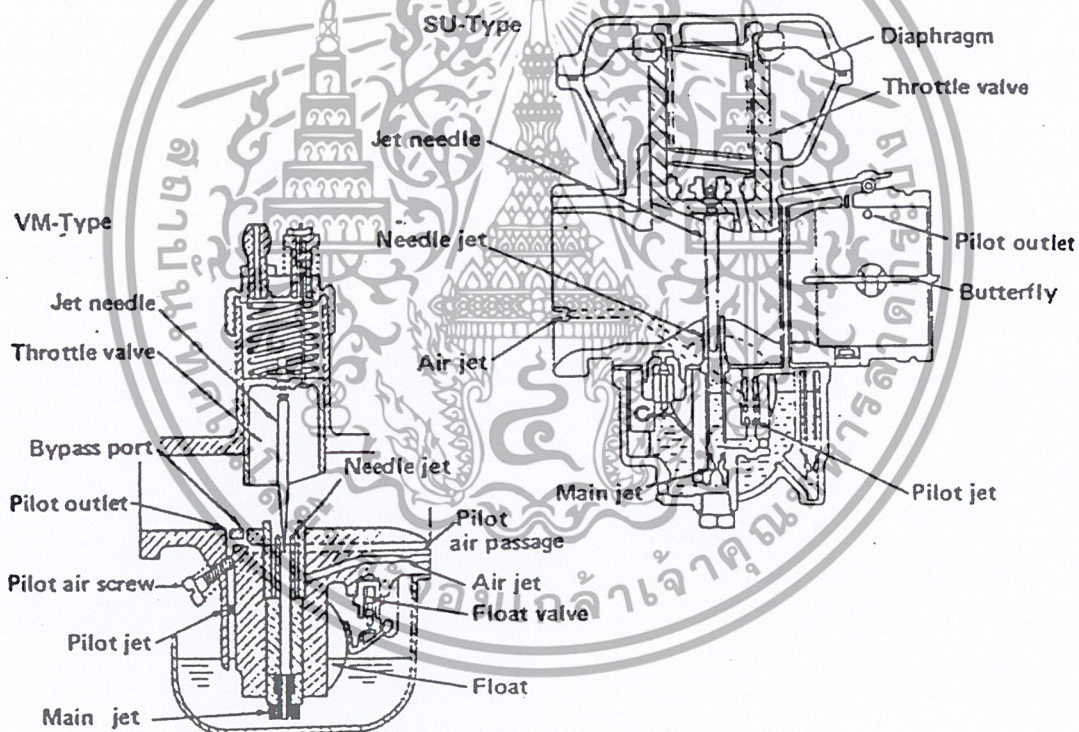
### 4. ท่อล้น (Overflow pipe)

ถ้าหากชุดนมหนูลูกลอยเกิดการขัดข้อง หรือถ้าเครื่องยนต์เกิดเร่งผิดปกติ แสดงว่าระดับน้ำมันเชื้อเพลิงในห้องลูกลอยสูงขึ้นเกินความจำเป็น ท่อล้นจะทำหน้าที่ระบายน้ำมันส่วนเกินออกจากห้องลูกลอย ดังนั้นท่อล้นจึงเป็นอุปกรณ์ที่เกี่ยวกับความปลอดภัยชนิดหนึ่งนั่นเอง



รูปที่ 2-55 ท่อล้น

#### 2.12.4.2 ห้องผสม (MIXING CHAMBER)



รูปที่ 2-56 แสดงห้องผสม

ห้องผสมทำหน้าที่ทั้งผสมและควบคุมอัตราส่วนผสมของอากาศกับน้ำมันเชื้อเพลิงให้อัตราส่วนผสมเหมาะสมกับสภาพการทำงานของเครื่องยนต์ เป็นการทำงานร่วมกันของวงจรรอากาศ (Air circuit) วงจรน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel circuit) และวงจรผสม (Mixing circuit) ประกอบด้วยชิ้นส่วนมากมายหลายชิ้น โดยมีชิ้นส่วนที่สำคัญดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารเพื่อห้องผสม (Mixing chamber body) ารศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เสื้อห้องผสมเปรียบเสมือนหัวใจของคาร์บูเรเตอร์ ประกอบด้วยชิ้นส่วนที่ทำอย่างละเอียดหลายชิ้น ส่วนผสมของอากาศกับน้ำมันเชื้อเพลิงทั้งหมดจะผสมกันในห้องนี้ ก่อนที่จะส่งเข้าไปในเครื่องยนต์

## 2. ลิ้นเร่ง (Throttling valve)

ลิ้นเร่งแบบนี้เป็นแบบลูกสูบ เรียกกันสั้นๆ ว่า “ลูกเร่ง” ลูกเร่งเป็นอุปกรณ์ควบคุมในคาร์บูเรเตอร์ที่มีผลมากที่สุดต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์ในทุกช่วงความเร็วตั้งแต่ความเร็วต่ำจนถึงความเร็วสูง ชายด้านล่างของลูกเร่งที่ถูกเลื่อนออก (Cut - away) จะมีผลโดยตรงต่ออัตราส่วนผสมที่ความเร็วต่ำๆ (ความเร็วเดินเบา)



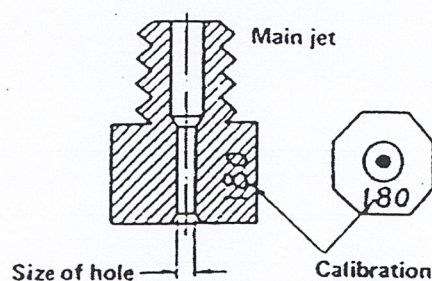
รูปที่ 2-57 แสดงลักษณะของลิ้นเร่ง

ตัวเลขที่แสดงไว้บนส่วนที่ถูกเลื่อนออก แสดงถึงขนาดของส่วนที่ถูกเลื่อนออกเป็นมิลลิเมตร ถ้าตัวเลขยิ่งมาก แสดงว่าขนาดของส่วนที่ถูกเลื่อนออกยิ่งมากขึ้น ช่องทางอากาศไหลผ่านจะเพิ่มขึ้น ทำให้ความต้านทานในการไหลของอากาศลดลง ช่องทางอากาศไหลผ่านจะลดลง ทำให้ความต้านทานในการไหลของอากาศเพิ่มขึ้น อากาศจึงไหลเข้าได้น้อย ดังนั้นส่วนผสมจึงหนาขึ้น

## 3. นมหนูน้ำมัน (Main jet)

นมหนูน้ำมันหรือนมหนูความเร็วสูง ทำหน้าที่ควบคุมอัตราการไหลของน้ำมันเชื้อเพลิง มีผลต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่ความเร็วสูง อัตราการไหลจะขึ้นอยู่กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูนมหนู ถ้าขนาดโต อัตราการไหลจะสูง แต่ถ้าขนาดเล็ก อัตราการไหลจะต่ำ

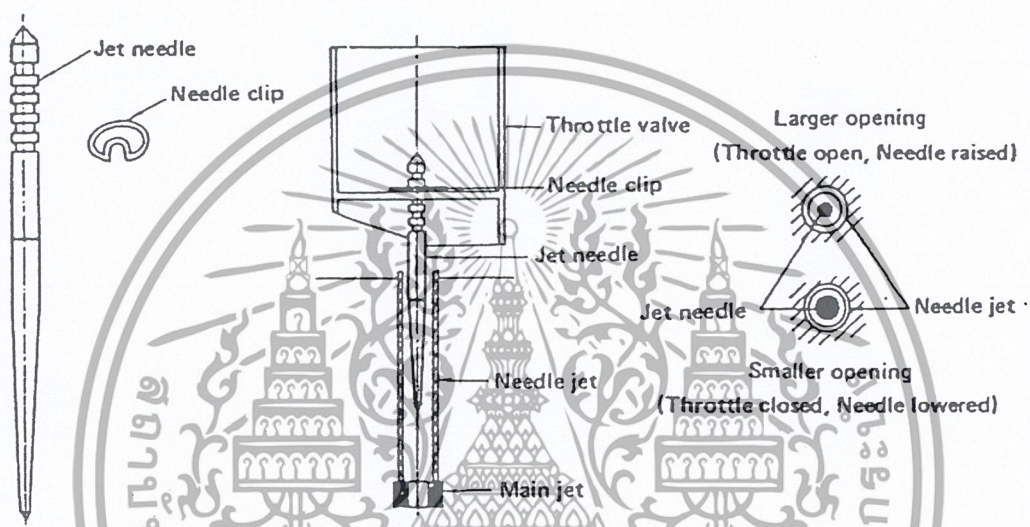
ขนาดของนมหนูที่แสดงไว้เป็นตัวเลขบนนมหนู แสดงให้ทราบถึงอัตราการไหลของน้ำมันเชื้อเพลิง



#### 4. เข็มเร่งหรือเข็มนมหนู (Jet needle)

เข็มเร่งปลายด้านหนึ่งจะทำเป็นรูปเรียว (Tapered) ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งทำเป็นร่องไว้ 5 ร่อง เพื่อล็อกตำแหน่งของเข็มเร่งเข้ากับลูกเร่งด้วยแหวนล็อก (Needle clip) ตามตำแหน่งที่กำหนด

เข็มเร่งประกอบเข้ากับลูกเร่ง เพื่อควบคุมอัตราการไหลของน้ำมันเชื้อเพลิงในช่วงความเร็วจากความเร็วปานกลางถึงความเร็วสูง เมื่อเข็มเร่งยกสูงขึ้นจะเปิดรูนมหนูใหญ่ขึ้น แต่เมื่อเข็มเร่งลดลงต่ำ รูนมหนูจะถูกปิดให้เล็กลง



รูปที่ 2-59 แสดงลักษณะของเข็มเร่งหรือเข็มนมหนู

#### 5. นมหนูเดินเบา

ทำหน้าที่ควบคุมอัตราการไหลของน้ำมันเชื้อเพลิง ความเร็วรอบเดินเบาที่แสดงไว้บนนมหนูเดินเบา แสดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูนมหนูเดินเบา ซึ่งมีผลโดยตรงต่ออัตราการไหลของน้ำมันเชื้อเพลิงนั่นเอง

#### 6. ช่องทางส่วนผสมเดินเบาออก (Pilot outlet)

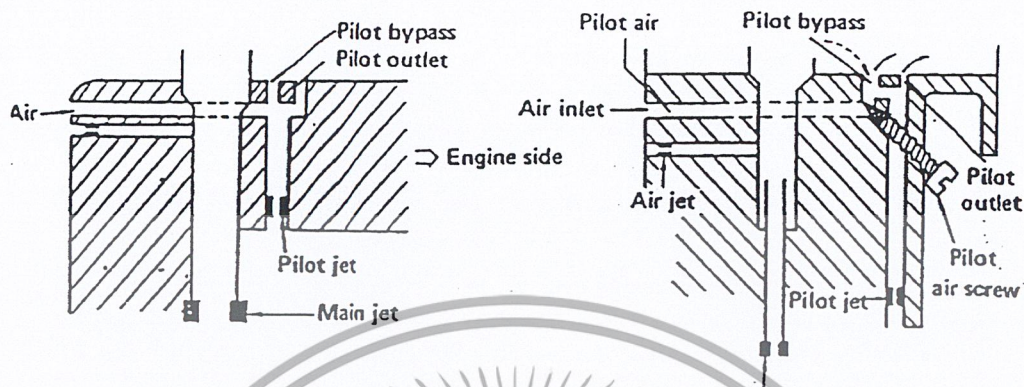
ช่องทางส่วนผสมเดินเบาออก ทำหน้าที่ควบคุมอัตราส่วนผสมของอากาศกับน้ำมันเชื้อเพลิง เข้าสู่ท่อปรับอากาศ (Air horn) ที่ความเร็วเดินเบา ช่องทางนี้อยู่ใกล้กับเครื่องยนต์มากกว่าช่องทางอื่น ดังนั้นจึงมีผลต่อสูญญากาศ ที่เกิดขึ้นจากเครื่องยนต์โดยตรง

อัตราส่วนผสมที่ออกจากช่องทางนี้ (Pilot by pass) จะถูกควบคุมโดยนมหนูเดินเบา (Pilot jet) และสกรูปรับอากาศ (Pilot air screw)

#### 7. ช่องทางอากาศช่วย (Pilot by pass)

ช่องทางอากาศช่วยเป็นช่องทางที่เพิ่มปริมาณอากาศให้กับส่วนผสมที่ออกจากช่องทางส่วนผสมเดินเบา ออก (Pilot outlet) เช่นกรณีเครื่องยนต์จะทำงานที่ความเร็วสูงขึ้น แต่ส่วนผสมไม่เพียงพอ ช่องทางอากาศ

ช่วยที่จะเพิ่มอากาศเพื่อให้ได้ส่วนผสมที่เหมาะสมกับสภาพการทำงานของเครื่องยนต์ โดยผ่านช่องทางอากาศช่วย (Pilot by pass) ดังกล่าว



รูปที่ 2-60 แสดงช่องทางส่วนผสมเดินเบาออก และช่องทางอากาศช่วย

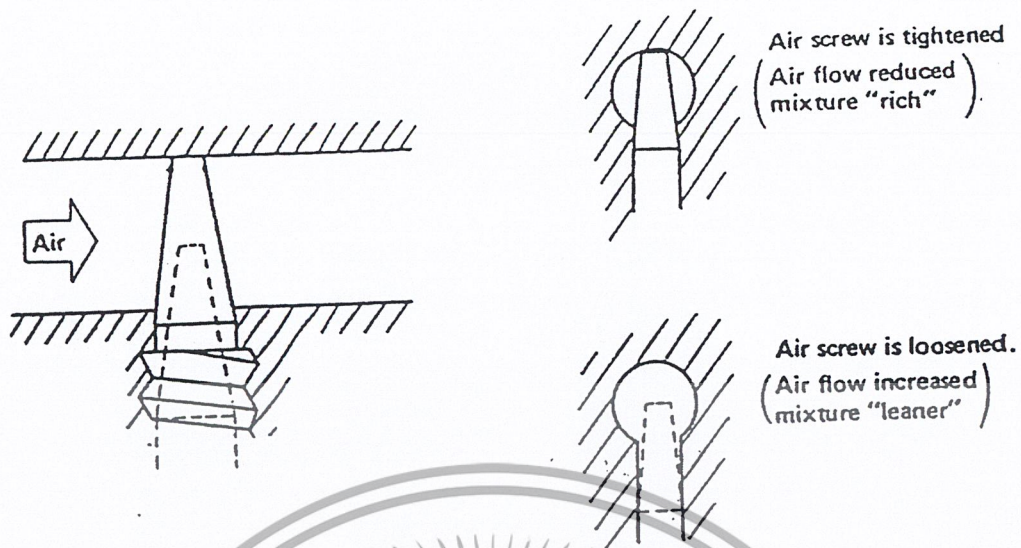
#### 8. นมหนูอากาศ (Air jet)

นมหนูอากาศทำหน้าที่เพิ่มปริมาณอากาศให้กับน้ำมันเชื้อเพลิงในวงจรเร่ง (Main circuit) ดังนั้นจึงเป็นการควบคุมอัตราส่วนผสมและการเป็นฟอยละของของน้ำมันเชื้อเพลิง อัตราการไหลของอากาศขึ้นอยู่กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรูนมหนู รูนมหนูใหญ่อัตราการไหลก็จะสูง รูนมหนูเล็กอัตราการไหลก็จะต่ำ

นมหนูอากาศบางแบบถอดเปลี่ยนได้ บางแบบยึดติดแน่นกับห้องผสม จึงไม่สามารถถอดออกได้นอกจากนั้นบางแบบยังใช้ขนาดของรูที่เจาะผ่านเป็นนมหนูโดยตรง

#### 9. สกรูปรับอากาศ (Pilot air screw)

สกรูปรับอากาศอยู่ในวงจรเดินเบา ทำหน้าที่ควบคุมปริมาณของอากาศที่เข้ามาทางนมหนู ดังนั้นจึงเป็นตัวควบคุมอัตราส่วนผสมโดยตรง กล่าวคือ ส่วนผสมจะหนาหรือบาง ย่อมขึ้นอยู่กับารปรับสกรูนี้



รูปที่ 2-61 แสดงสกรูปรับอากาศ

#### 2.12.4.3 ส่วนประกอบอื่นๆ (OTHER SUB-ASSEMBLIES)

คาร์บูเรเตอร์นอกจากจะมีส่วนประกอบใหญ่ๆ ดังกล่าวแล้ว ซึ่งได้แก่ ห้องลูกลอย ยังมีส่วนประกอบอื่นๆ อีกหลายส่วน ซึ่งเป็นอุปกรณ์ช่วย ส่วนประกอบอื่นที่ควรทราบ เช่น

1. เครื่องช่วยขณะใช้งานระดับสูง (High altitude compensator)
2. โฉกหรือวงจรถาร์ท (Choke or starter carburetor)

#### 2.12.5 การทำงานของคาร์บูเรเตอร์แบบวีเอ็ม

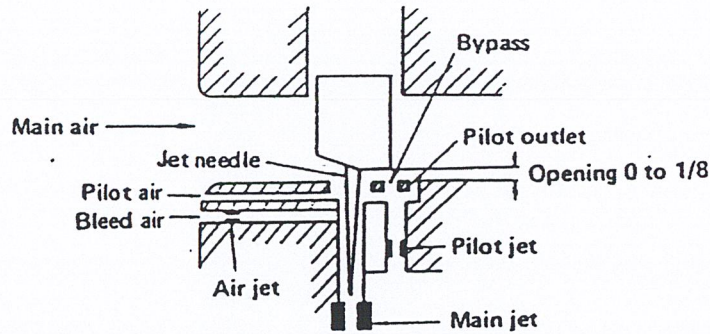
##### (OPERATION OF THE VM – TYPE CARBURETOR)

- การทำงานที่ตำแหน่งลูกเร่งเปิด 0 – 1/8 ของระยะเคลื่อนที่ของลูกเร่ง

(Throttle valve opening 0 to 1/8)

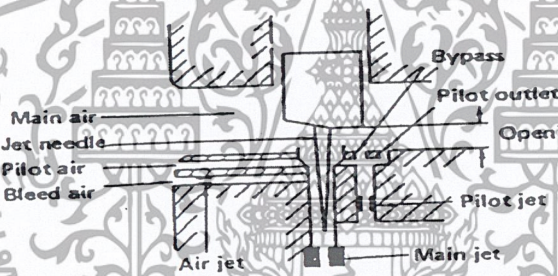
เมื่อลูกสูบเครื่องยนต์เลื่อนขึ้นและลงเกิดสุญญากาศขึ้น (สำหรับเครื่องยนต์ 2 จังหวะ เกิดสุญญากาศขึ้นภายในห้องเพลาช้อเหวียง) ทำให้อากาศถูกดูดผ่านไส้กรองอากาศเข้าสู่คาร์บูเรเตอร์

เนื่องจากลูกเร่งปิดเกือบสนิท อากาศจึงไหลผ่านช่องอากาศช่องเล็ก (Pilot air inlet) ทำให้เกิดสุญญากาศรอบนมหนูเดินเบา (Pilot jet) น้ำมันเชื้อเพลิงถูกดูดผ่านช่องทางส่วนผสมเดินเบาออก (Pilot outlet) ตราบเท่าที่สุญญากาศที่เกิดขึ้นยังสูงอยู่ เข้าสู่ท่อรับอากาศ (Air horn) เพื่อผสมกับอากาศ ดังนั้นตำแหน่งนี้จึงเป็นตำแหน่งเดินเบา (Idle speed) ซึ่งตำแหน่งนี้อัตราส่วนผสมจะหนากว่าทางทฤษฎี เนื่องจากอากาศเข้าได้น้อยและน้ำมันยังไม่ค่อยเป็นฝอยละเอียด ในตำแหน่งเดินเบานี้ก็เกิดสุญญากาศที่บริเวณนมหนูความเร็วสูง (Main nozzle) ด้วย แต่เกิดขึ้นน้อยมาก จึงไม่สามารถดูดน้ำมันให้ออกทางนมหนูความเร็วสูงได้



รูปที่ 2-62 การทำงานของคาร์บูเรเตอร์แบบวีเอเอ็ม  
ที่ตำแหน่งลูกเร่งเปิด 0 – 1/8 ของระยะเคลื่อนที่ของลูกเร่ง

- การทำงานที่ตำแหน่งลูกเร่งเปิด 1/8 – 1/4 ของระยะเคลื่อนที่ของลูกเร่ง  
(Throttle valve opening 1/8 – 1/4)



รูปที่ 2-63 การทำงานของคาร์บูเรเตอร์แบบวีเอเอ็ม  
ที่ตำแหน่งลูกเร่งเปิด 1/8 – 1/4 ของระยะเคลื่อนที่ของลูกเร่ง

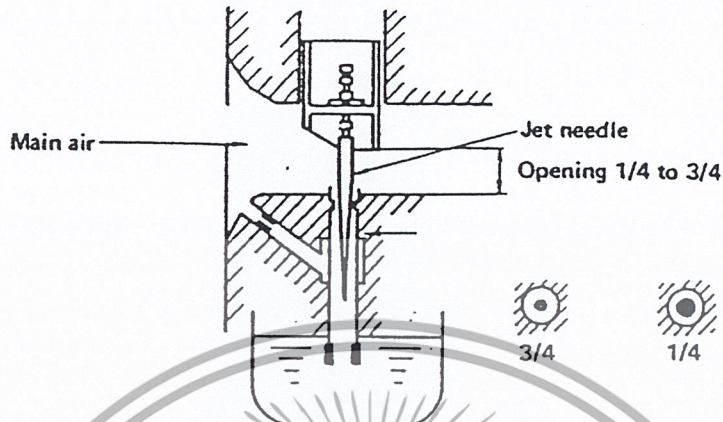
เมื่อลูกเร่งเปิดอยู่ในช่วงตำแหน่งนี้ ส่วนผสมจะถูกจ่ายออกทั้งทางช่องส่วนผสมเดินเบาออก (Pilot outlet) และช่องทางช่วย (By pass) ในขณะที่เดียวกันสูญญากาศที่เกิดขึ้นบริเวณนมหุความเร็วสูง (Main nozzle) ก็มากพอที่จะดูดน้ำมันเชื้อเพลิงให้ไหลออกมาได้

ในกรณีนี้ทั้งวงจรเดินเบา และวงจรความเร็วสูง จะทำงานร่วมกันเพื่อเพิ่มความเร็วรอบเครื่องยนต์จากความเร็วดำเนินเบาสู่ความเร็วปานกลางด้วยการควบคุมของส่วนที่ถูกฉีดออก

- การทำงานที่ตำแหน่งลูกเร่งเปิด 1/4 – 3/4 ของระยะเคลื่อนที่ของลูกเร่ง  
(Throttle valve opening 1/4 to 3/4)

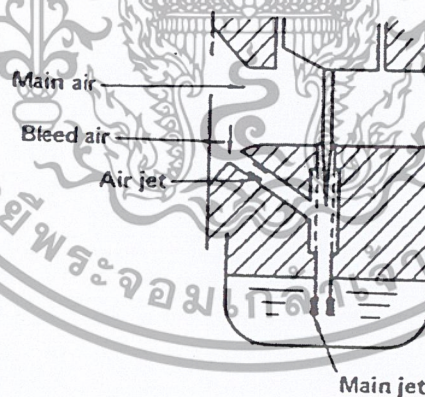
ในตำแหน่งนี้อากาศที่ไหลผ่านนมหุความเร็วสูงเพิ่มมากขึ้น แต่ลูกเร่งยังคงเป็นเสมือนคอคอด (Venturi) สูญญากาศบริเวณนมหุความเร็วสูงจึงทวีมากขึ้น เป็นเหตุให้น้ำมันเชื้อเพลิงที่ถูกดูดออกทางนมหุความเร็วสูงมากขึ้นตามไปด้วย เป็นช่วงของความเร็วกว่าปานกลางสู่ความเร็วสูง

ช่วงนี้การควบคุมปริมาณน้ำมันจะเป็นการทำงานสัมพันธ์ระหว่างเข็มเร่ง ซึ่งเป็นรูปเรียว เลื่อนขึ้นลงอยู่ในนมหงูความเร็วสูง กับอากาศที่ไหลผ่านท่อรับอากาศ



รูปที่ 2-64 การทำงานของคาร์บูเรเตอร์แบบวีเอ็ม  
ที่ตำแหน่งลูกเร่งเปิด  $\frac{1}{4}$  -  $\frac{3}{4}$  ของระยะเคลื่อนที่ของลูกเร่ง

- การทำงานที่ตำแหน่งลูกเร่งเปิด  $\frac{3}{4}$  - 1 ของระยะเคลื่อนที่ของลูกเร่ง  
(Throttle valve opening  $\frac{3}{4}$  to 1)



รูปที่ 2-65 การทำงานของคาร์บูเรเตอร์แบบวีเอ็ม  
ที่ตำแหน่งลูกเร่งเปิด  $\frac{3}{4}$  - 1 ของระยะเคลื่อนที่ของลูกเร่ง

ในตำแหน่งนี้ วงจรความเร็วสูง (High speed circuit) เป็นองค์ประกอบสำคัญ ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดกำลังสูงสุดของเครื่องยนต์เมื่อลูกเร่งเปิดเกือบหมด ความต้านทานการไหลของอากาศจะลดลง ทำให้อากาศเข้าได้มากขึ้น ตำแหน่งนี้ในนมหงูความเร็วสูงจะทำหน้าที่จ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงเพียงลำพังเท่านั้น แต่อย่างไรก็ตาม อัตราส่วนผสมที่แท้จริงจะเปลี่ยนไป ซึ่งขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายประการ เช่น ความเอกลสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แตกต่างระหว่างระดับน้ำมันในห้องลูกลอยกับปลายนมหนูความเร็วสูงความถี่ในการไหลของอากาศ หรือโดยความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของเครื่องยนต์กับขนาดความโตของรูนมหนูความเร็วสูง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3

### การสร้างชิ้นส่วนและการประกอบ

#### 3.1 การสร้างชิ้นส่วนและการประกอบโครงรถ

##### 3.1.1 การสร้างชิ้นส่วน

หลังจากการออกแบบลักษณะ โครงสร้างและการคำนวณเลือกขนาดและชนิดของวัสดุที่ใช้ทำ โครงรถออกมาแล้วในบทที่ 2 จึงทำชิ้นส่วนหลัก ๆ ดังนี้

1. คานหลัก ใช้อะลูมิเนียมกล่องขนาดหน้าตัดกว้าง 1 นิ้ว x 1.5 นิ้ว หนา 1.5 มิลลิเมตร ยาว 1.2 เมตร จำนวน 2 ชิ้น ดังรูป



รูปที่ 3-1 แสดง โครงรถ

2. คานล้อหน้า ใช้ท่ออะลูมิเนียมชนิดกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว หนา 3 มิลลิเมตร ยาว 0.55 เมตร จำนวน 1 ชิ้น

3. ชุดยึดคานล้อหน้า ใช้ท่ออะลูมิเนียมกล่องขนาดหน้าตัด 1 นิ้ว x 1.5 นิ้ว หนา 1.5 มิลลิเมตร ยาว 0.24 เมตร จำนวน 2 ชิ้น

4. ชุดยึดคานล้อหน้ากับพนักพิง ใช้ท่ออะลูมิเนียมกล่องขนาดหน้าตัด 1 นิ้ว x 1.5 นิ้ว หนา 1.5 มิลลิเมตร ยาว

0.68 เมตร จำนวน 2 ชิ้น

ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ชุดยึดคานหลักเข้าด้วยกัน ใช้ท่ออะลูมิเนียมชนิดกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 นิ้ว หนา 1.5 มิลลิเมตร ยาว 0.25 เมตร จำนวน 2 ชิ้น
6. ชุดพนักพิงหลังคนขับ ใช้อะลูมิเนียมกล่องขนาดหน้าตัด 1 นิ้ว x 1.5 นิ้ว หนา 1.5 มิลลิเมตร ยาว 0.217 เมตร จำนวน 2 ชิ้น
7. ชุดพนักพิงหลังคนขับ ใช้ท่ออะลูมิเนียมชนิดกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 นิ้ว หนา 1.5 มิลลิเมตร ยาว 0.372 เมตร จำนวน 1 ชิ้น
8. ชุดพนักพิงหลังคนขับ ใช้แผ่นสังกะสีขนาด 0.355 x 0.655 เมตร หนา 0.5 มิลลิเมตร จำนวน 1 ชิ้น
9. ส่วนหน้าของรถ ใช้ท่ออะลูมิเนียมชนิดกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 นิ้ว หนา 1.5 มิลลิเมตร ตัดเป็นรูปตัว U ยาว 1.2 เมตร จำนวน 1 ชิ้น
10. การยึดส่วนหน้าของรถเข้ากับคานล้อหน้า ใช้ลวดสลิงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 2 มิลลิเมตร ยาว 2.5 เมตร จำนวน 1 เส้น
11. เป็นยึดคานล้อหน้า ใช้อะลูมิเนียมแผ่นขนาดหน้าตัด 0.051 x 0.107 เมตร หนา 9 มิลลิเมตร กัดร่องสำหรับใส่คานล้อจำนวน 2 ชิ้น
12. ส่วนท้ายของรถใช้อะลูมิเนียมกล่องขนาดหน้าตัด 1 นิ้ว x 1 นิ้ว หนา 1.5 มิลลิเมตร ยาว 0.17 เมตร จำนวน 2 ชิ้น
13. ชุดยึดล้อหลังใช้อะลูมิเนียมกล่องขนาดหน้าตัด 1 นิ้ว x 1 นิ้ว หนา 1.5 มิลลิเมตร ยาว 0.25 เมตร จำนวน 4 ชิ้น
14. เป็นยึดคานล้อหลัง ใช้อะลูมิเนียมแผ่นขนาดหน้าตัด 0.04 x 0.14 เมตร หนา 9 มิลลิเมตร กัดร่องสำหรับใส่คานล้อ จำนวน 2 ชิ้น

### 3.1.2 ขั้นตอนการประกอบ

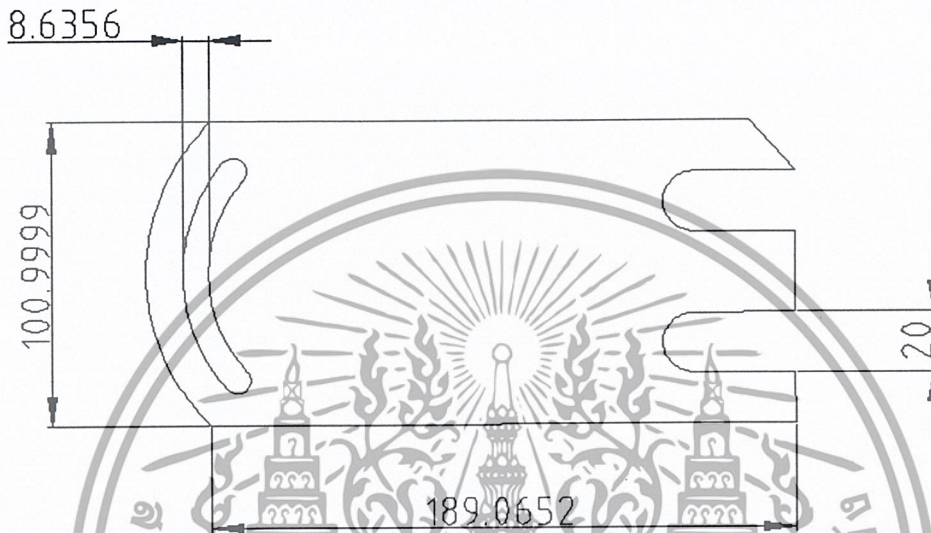
การประกอบชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่เตรียมไว้ตามขนาดที่กำหนดเรียบร้อยแล้ว จะใช้วิธีการเชื่อมซึ่งการเชื่อมจะใช้แบบปกคลุมด้วยก๊าซเฉื่อย หรือ Tungsten Inert Gas (TIG) โดยใช้ก๊าซอาร์กอนเป็นก๊าซเฉื่อย ซึ่งผิวของอะลูมิเนียมหากมีการเคลือบผิวโดยกรรมวิธี Anodizing จะต้องทำการชุบหรือตะไบเอาผิว Anodizing ออกไปก่อนเนื่องจาก ผิวที่ผ่าน Anodizing จะทำให้เชื่อมติดได้ยากและเกิดการแตกร้าวที่ผิว แต่อะลูมิเนียมที่ใช้ทำโครงรถจะเป็นอะลูมิเนียมที่ไม่ได้ผ่านกรรมวิธี Anodizing ซึ่งในการประกอบชิ้นส่วนต่าง ๆ เข้าด้วยกันจะมีขั้นตอนดังนี้

1. ประกอบคานหลัก( หมายเลข 1 )ทั้ง 2 ชิ้นเข้าด้วยกันโดยการเชื่อมเข้ากับชิ้นส่วนหมายเลข 5 ทำให้เราได้โครงหลักของโครงรถ
2. เชื่อมชุดเพลาล้อหน้าเข้าด้วยกัน ( หมายเลข 2,3 )
3. นำชุดคานล้อหน้าเชื่อมต่อกับชิ้นส่วนหมายเลข 4
4. ทำการเชื่อมชุดพนักหลังคนขับ( หมายเลข 6,7,8 )เข้าด้วยกัน
5. ทำการเชื่อมชิ้นส่วนหมายเลข 2,3,4 เข้ากับชิ้นส่วนหมายเลข 6,7,8
6. ทำการเชื่อมชิ้นส่วนที่ได้จากข้อ 5 เข้ากับคานหลัก

เอกสารนี้ 7. เชื่อมชุดยึดล้อหลังเข้าด้วยกัน ( หมายเลข 12,13,14 ) เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. นำชิ้นส่วนที่ได้จากข้อ 7 เชื่อมเข้ากับคานหลัก
9. นำเป็นยึดคานล้อหน้ามาเชื่อมติดกับคานล้อหน้าทั้ง 2 ด้าน

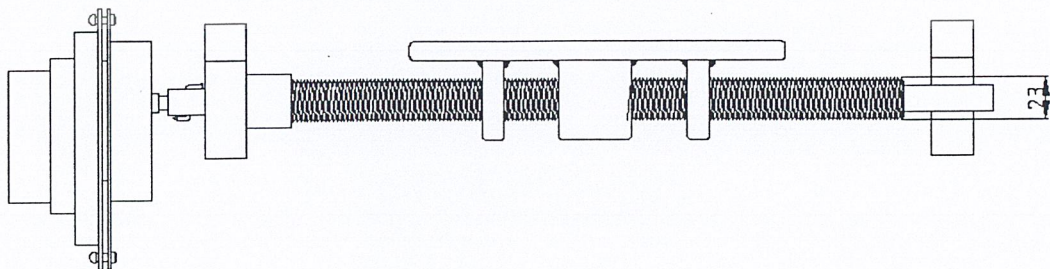
### 3.2 การสร้างชิ้นส่วนและการประกอบชุดเลื่อนเครื่องยนต์



รูปที่ 3-2 แสดงแทนยึดเครื่องยนต์

#### การสร้างชิ้นส่วน

1. แทนยึดเครื่อง เป็นแผ่นอะลูมิเนียมขนาดความหนา 10 มิลลิเมตร ทำการตัดและกัดร่องโค้งให้มีขนาดและลักษณะดังรูป 3-2
2. ปลอกเลื่อนทำการเจาะรูและกลึงเกลียวในแท่งอะลูมิเนียมกลมจำนวน 3 ชิ้นดังรูป



รูปที่ 3-3 แสดงชุดเลื่อนเครื่องยนต์

3. เพลาลื่น ทำการกลึงเกลียวยาวขนาด 23 เซนติเมตรตลอดทั้งอะลูมิเนียมโดยเว้นเนื้อที่หัวท้ายไว้เล็กน้อยเพื่อใช้ในการประกอบเข้ากับเบร้ง

### 3.3 การสร้างชิ้นส่วนและการประกอบชุดบังคับเดียว

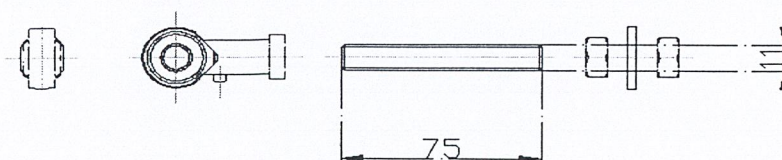
#### 3.3.1 การสร้างชิ้นส่วนและการประกอบคุมล้อ

1. ใช้เหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร จำนวน 2 ชิ้น ทำการขึ้นรูปโดยการกลึง กัด และเจาะรู พร้อมทั้งทำเกลียวให้มีลักษณะดังภาพ

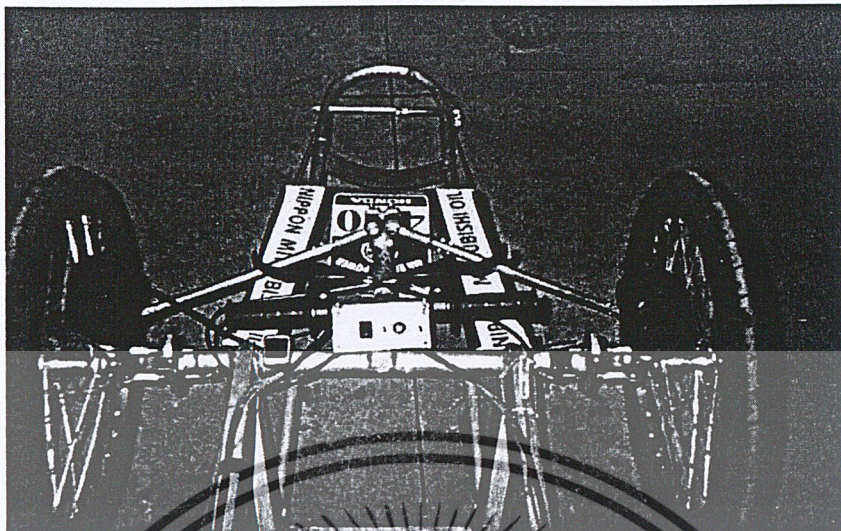


รูปที่ 3-4 แสดงแกนยึดคุมล้อ

2. นำลูกปืนกลิ้ง (Ball Bearing) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลูกปืน 12 มิลลิเมตร จำนวน 4 ตัว มายึดเข้ากับแกนคุมล้อ(หมายเลข 1) ทั้งด้านหัวและด้านท้ายให้ได้ 2 ชุด ดังรูป



รูปที่ 3-5 แสดงรูปลูกปืนกลิ้ง



รูปที่ 3-6 แสดงระบบจับเลียวนแบบอ็คเคมาน

### 3.4 การสร้างชุดทดลอง

1. การติดตั้งงานเบรคงานเบรคจะอยู่ในแนวเดียวกับเครื่องยนต์และ Torque Transducer โดยติดตั้งอยู่บนหน้าแปลนที่ออกแบบสำหรับงานเบรคโดยเฉพาะ
2. การติดตั้งคาลิปเปอร์และปั้มน้ำมันเบรคบนภายในคาลิปเปอร์เบรคจะมีผ้าเบรคทำหน้าที่จับงานเบรค การเคลื่อนที่ของผ้าเบรคจะขึ้นกับปั้มน้ำมันเบรคบนทำการคิดแปลงสกรูกดปั้มน้ำมันเบรคบน ส่งน้ำมันเบรคให้คาลิปเปอร์เบรคด้านล่าง เพื่อจับเคลื่อนผ้าเบรคให้จับกับงานเบรค
3. การสร้างเพลการวัดแรงบิดจากเพลข้อเหวี่ยงโดยตรงจะทำให้แรงบิดมีค่าแม่นยำที่สุด จึงทำการสร้างเพลส่งกำลังจากเครื่องยนต์สู่เครื่อง Torque Transducer โดยตรง ด้านหนึ่งของเพลจะเป็นเกิลียวเพื่อขันอัดเข้ากับเกิลียวที่สะพานไฟของเครื่องยนต์ โดยเกิลียวของสะพานไฟต่อเป็นแนวเดียวกับเพลข้อเหวี่ยง ส่วนปลายเพลอีกด้านหนึ่งจะสวมกับปลั้่งเพื่อส่งผ่านกำลังสู่เพลชุดต่อไป การออกแบบชุดทดลอง กำหนดให้ใช้กับปลั้่ง 2 ชุด ชุดแรกสำหรับส่งกำลังจากเครื่องยนต์ผ่านเข้าสู่เครื่อง Torque Transducer ส่วนอีกชุดต่อจากเครื่อง Torque Transducer เข้าสู่งานเบรค
4. คับปลั้่งเลือกใช้ชนิดเหล็กหล่อสีเทา เนื่องจากการติดตั้งไม่มีการเอียงศูนย์และเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในการทดลอง
5. อุปกรณ์เพิ่มเติมที่ใช้ในการทดลองและวัดค่า  
มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล

เนื่องจากค่าที่อ่านได้จากกล่องรับสัญญาณเป็นแบบ scale จึงทำให้อ่านค่าได้ไม่แม่นยำ ดังนั้นจึงใช้มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอลอ่านสัญญาณให้ออกมาเป็นตัวเลขเพื่อความแม่นยำในการอ่านค่า

### นาฬิกาจับเวลา

ใช้จับเวลาที่เครื่องยนต์ใช้น้ำมัน เพื่อนำมาคำนวณหาอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาก็เท่านั้น เมื่ออนุญาตให้ท่านไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ปีเปิดบรรจุน้ำมัน

สำหรับหาค่าปริมาตรของน้ำมันในการจับเวลาแต่ละครั้ง



รูปที่ 3-7 แสดงเครื่อง Torque transducer

### การปรับตั้ง Torque transducer

สัญญาณที่อ่านได้ผ่านกล่องรับสัญญาณออกมาในรูปหน่วยแรงดันไฟฟ้า ( volt ) ดังนั้นเราจึงต้องหาค่าความสัมพันธ์ที่สามารถแปลงแรงดันไฟฟ้าที่วัดออกมาให้เป็นแรงบิด การหาค่าความสัมพันธ์นี้จะใช้วิธีการ Static Test วิธีการคือ ใช้ภาระที่มีค่าแน่นอนถ่วงไว้ปลายแขนขนาดความยาว 10 เซนติเมตร ซึ่งเชื่อมต่อกับแกนเพลลาของ Torque transducer เมื่อนำน้ำหนักคูณกับความยาวของแขนจะได้เป็นแรงบิดและเปลี่ยนขนาดน้ำหนักไปเรื่อย ๆ หลังจากนั้นจึงอ่านค่าที่ได้จาก มัลติมิเตอร์ นำค่าที่ได้มาหาค่าความสัมพันธ์และค่าคงที่โดยจากการทดลองจะได้ข้อมูลดังนี้

Load	0.2	0.4	0.6	0.8	1	1.2	1.4	1.6	1.8	2	2.2	2.4	2.6
Torque	0.1962	0.3924	0.5886	0.7848	0.981	1.1772	1.3734	1.5696	1.7658	1.962	2.1582	2.3544	2.5506
Volt	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02	0.01	0.01	0	-0.01	-0.02	-0.03	-0.03	-0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้กับโรงเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การถดถอยแบบเชิงเส้น

เราจะทำการประคิยฐัสมการเส้นตรงในรูปแบบของฟังก์ชัน

$$g(x) = a_0 + a_1x$$

โดยที่  $a_0 = [(\sum y_i)(\sum x_i^2) - (\sum x_i y_i)(\sum x_i)] / [n(\sum x_i^2) - (\sum x_i)^2]$

$$a_1 = [n(\sum x_i y_i) - (\sum x_i)(\sum y_i)] / [n(\sum x_i^2) - (\sum x_i)^2]$$

Load	Xi	yi	xi2	xi yi
0.2	0.1962	0.04	0.0385	0.00785
0.4	0.3924	0.04	0.154	0.0157
0.6	0.5886	0.03	0.3464	0.01766
0.8	0.7848	0.03	0.6159	0.02354
1	0.981	0.02	0.9624	0.01962
1.2	1.1772	0.01	1.3858	0.01177
1.4	1.3734	0.01	1.8862	0.01373
1.6	1.5696	0	2.4636	0
1.8	1.7658	-0.01	3.118	-0.01766
2	1.962	-0.02	3.8494	-0.03924
2	2.1582	-0.03	4.6578	-0.06475
2.4	2.3544	-0.03	5.5432	-0.07063
2.6	2.5506	-0.05	6.5056	-0.12753
sum	17.8543	0.04	31.528	-0.12779

กำหนดให้

$$V = a_1 T + a_0$$

จะได้

$$a_0 = [(0.04 \times 31.528) - (-0.12779 \times 17.8543)] / [(13(31.528)) - (17.8543)^2]$$

$$= 0.0379053$$

$$a_1 = [13(-0.12779) - (17.8543 \times 0.04)] / [(13(31.528)) - (17.8543)^2]$$

$$= 0.0103976$$

$$V = 0.0103976T + 0.0379053$$

$$T = (V - 0.0379053) / 0.0103976$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูตรสำหรับการคำนวณการขับเคลื่อนคือ

$$\text{Tractive force}(F) = (T_E \times \rho \times \eta) / r$$

โดย TE = Engine Torque

$\rho$  = Transmission and final gear ratio

r = Tire radius

$\eta$  = Powertrain efficiency

เมื่อ TE = 0.825 Nm,  $\rho$  = 3.75, r = 0.29 m,  $\eta$  = 0.9

จากการคำนวณได้ค่า Tractive force = 9.92 Kgf

สูตรสำหรับการคำนวณแรงต้านทานคือ

$$R = W \sin \theta + \mu_r W \cos \theta + \mu_a A V^2$$

โดย W = mg

$\theta$  = Slope Angle

$\mu_a$  = Coef. of Air Resistance

$\mu_r$  = Coef. of Rolling Resistance

เมื่อ W = 71.5 Kg,  $\theta$  = 5°,  $\mu_a$  = 0.00236,  $\mu_r$  = 0.015

จากการคำนวณได้ค่าแรงต้านทาน (ที่  $\theta$  = 5°) = 7.55 Kgf



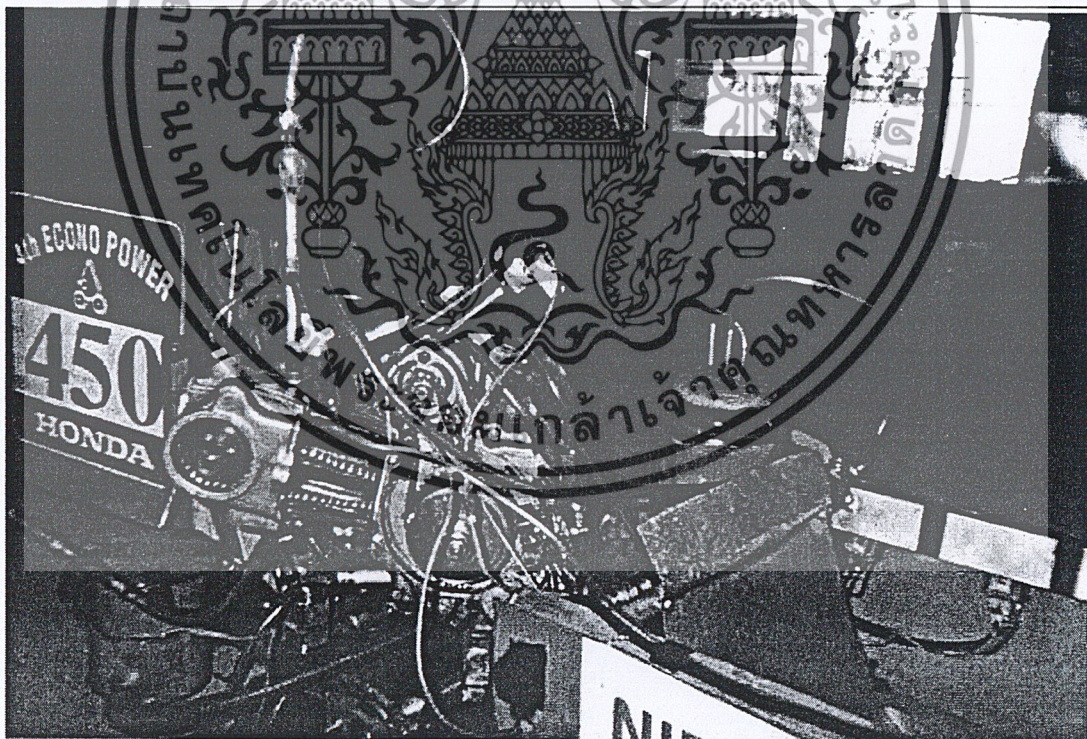
## บทที่ 4

### การดัดแปลงและปรับปรุงเครื่องยนต์

ในการสร้างรถประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงเราได้ทำการปรับปรุงและดัดแปลงเครื่องยนต์ให้มีประสิทธิภาพในการประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงที่สูงขึ้น โดยเราได้ทำการปรับปรุงเครื่องยนต์ในส่วนหลัก ๆ ดังนี้

1. การลดน้ำหนักของเครื่องยนต์
2. การปรับปรุงระบบน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์
3. การปรับปรุงระบบจุดระเบิด
4. การปรับปรุงขนาดความยาวของท่อไอเสีย
5. การปรับปรุงอัตราส่วนการอัดของเครื่องยนต์
6. การปรับปรุงองศาการเปิด-ปิดวาล์วและระยะยก
7. ระบบการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง

#### 4.1 การลดน้ำหนักโดยรวมของเครื่องยนต์



รูปที่ 4-1 แสดงเครื่องยนต์ที่ผ่านการดัดแปลงแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการสำคัญในการสร้างรพระหัยค่น้ำมันที่นำมาพิจารณา คือ การลดน้ำหนักของทุกชิ้นส่วน อุปกรณ์ให้น้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นส่วนต่าง ๆ ได้ดังนี้

- ครีบบระบายความร้อน

ได้ทำการกัคครีบบระบายความร้อนในส่วนต่าง ๆ ของเครื่องยนต์ออก ซึ่งจะสามารถที่จะทำให้น้ำหนักของเครื่องยนต์ลดลงได้มากพอสมควร สำหรับการตัดครีบบระบายความร้อนออกนี้ จะมีผลต่อการทำงานของเครื่องยนต์น้อยมาก เนื่องจากเครื่องยนต์ที่ใช้ในรพระหัยค่น้ำมันเชื้อเพลิง กำหนดให้ทำงานที่ความเร็วรอบสูง ดังนั้นการระบายความร้อนจึงเพียงพอต่อการทำงาน ซึ่งในการตัดครีบบระบายความร้อน เราได้ทำกับ ฝาสูบ และเสื้อสูบ

- ชุดเกียร์

เนื่องจากรพระหัยค่น้ำมันเชื้อเพลิงนี้ได้ทำการพัฒนาการส่งกำลังแบบใหม่ เป็นแบบกรวยอัตราทดชุดเกียร์เดิมที่ติดตั้งมากับเครื่องยนต์จึงไม่จำเป็นต้องการใช้งาน จึงได้มีการถอดชุดเกียร์ รวมถึงระบบส่งกำลังแบบเดิมทั้งหมดออก

- ชุดห้องเกียร์

เมื่อได้ทำการถอดชุดเกียร์ และระบบส่งกำลังเดิมออกจนหมด ห้องเกียร์จึงไม่มีความจำเป็น จึงได้ทำการตัดห้องเกียร์ออก คงเหลือไว้แต่ห้องเพลาช้อเหวียง และได้ทำการอุดรอยรั่วทั้งหมดไว้ เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำมันเครื่องรั่วไหลออกมาภายนอก

- สปริงวาล์ว

เครื่องยนต์มาตรฐานที่ใช้ปกติจะมีสปริงวาล์ว 2 ตัว ต่อ 1 วาล์ว และเนื่องจากเครื่องยนต์ที่ใช้นั้นจะทำงานที่ความเร็วรอบต่ำ ทำให้การติดตั้งสปริงวาล์วที่มีจำนวน 2 ตัว ต่อ 1 วาล์ว เป็นสิ่งที่เกินความจำเป็น เราจึงทำการถอดเอาสปริงวาล์วตัวหนึ่งออก ทำให้สามารถลดน้ำหนักส่วนนี้ลง อีกทั้งสามารถลดความฝืดของเครื่องยนต์ลงได้อีกด้วย

- วาล์ว

ได้ทำการลดขนาดของหัวลิ้น (Valve head) ของวาล์วไอคี่ลงให้มีขนาดเท่ากับหัวลิ้นของวาล์วไอเสี่ย จึงทำให้ลดน้ำหนักลงไปได้เล็กน้อย

- เพลาลูกเบี้ยว

ทำการลดระยะยกของวาล์ว(Valve lift)และการลดองศาการเปิด-ปิด ของเพลาลูกเบี้ยว ทำให้เกิดการลดน้ำหนักลงด้วย

#### 4.2 การปรับปรุงระบบน้ำมันหล่อลื่นของเครื่องยนต์

จากระบบหล่อลื่นของเครื่องยนต์มาตรฐาน จะใช้ปั้มน้ำมันเครื่องแบบกลไก ซึ่งจะใช้กำลังจากเครื่องยนต์ ในการขับปั้ม และชิ้นส่วนของระบบดังกล่าว มีลักษณะที่ก่อให้เกิดความฝืด

และน้ำหนักมาก จึงได้ทำการเปลี่ยนแปลงระบบหล่อลื่นแบบใหม่ เป็นแบบหล่อลื่นเฉพาะจุด โดยมีอุปกรณ์ดังนี้

2. ป้อน้ำมันเครื่องแบบไฟฟ้า จะติดตั้งอยู่ภายในอ่างน้ำมันเครื่อง
3. สวิตช์น้ำมันเครื่อง ใช้สำหรับเปิด-ปิดให้มีการหล่อลื่น
4. ท่อทางเดินน้ำมัน ซึ่งจะเป็นสายยาง และท่อทองแดง ขนาด 3 มิลลิเมตร

#### 4.3 ระบบการจุดระเบิด

จากระบบจุดระเบิดของเครื่องยนต์มาตรฐานจะใช้แบบ CDI ซึ่งจะใช้ไฟฟ้าจากการตัดของขดลวดกับงานแม่เหล็ก ซึ่งจะเกิดความเสียหายต่อการเคลื่อนตัวของเครื่องยนต์ และจากแม่เหล็กมีน้ำหนักมาก เราจึงทำการเปลี่ยนแปลงระบบจุดระเบิดใหม่ โดยใช้ระบบจุดระเบิดแบบ CDI ใช้ไฟฟ้ากระแสตรงจากแบตเตอรี่ 12 โวลต์ โดยการนำชุดไฟจุดระเบิดของเครื่องยนต์ TOYOTA 4A-GE มาทำการดัดแปลง ทำให้สามารถที่จะลดน้ำหนักจากไฟออก และมีแรงเคลื่อนไฟฟ้าสูงขึ้น

#### 4.4 การปรับปรุงขนาดความยาวของท่อไอเสีย

เนื่องจากความยาวของท่อไอเสียมีผลต่อกำลังของเครื่องยนต์ เราจึงได้ทำการเปลี่ยนขนาดของท่อไอเสีย 2 ขนาด คือ 146 เซนติเมตร และ 230 เซนติเมตร เพื่อศึกษาถึงแนวโน้มของกำลังของเครื่องยนต์ที่ขนาดความยาวของท่อไอเสียต่างๆ กัน

#### 4.5 การปรับปรุงอัตราส่วนกำลังอัดของเครื่องยนต์

เครื่องยนต์ก่อนทำการปาดฝาสูบมีค่า

$$V_d = \frac{\pi}{4} d^2 S = 97.193 \text{ cc.}$$

$$V_c = 9.8 + 1.96 = 11.76 \text{ cc.}$$

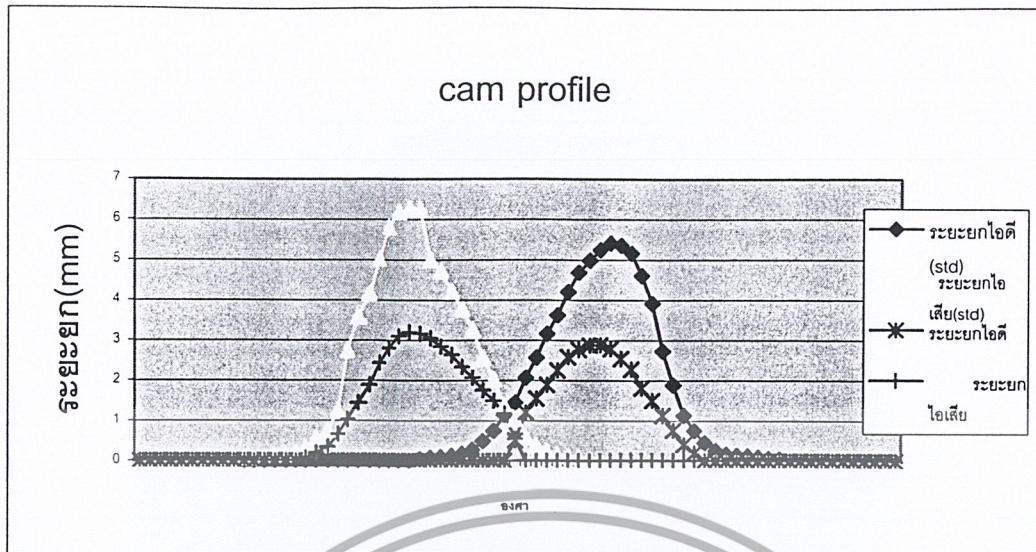
$$R_c = \frac{V_c + V_d}{V_c} = 9.265$$

เมื่อปาดฝาสูบออก 0.1 mm. ได้  $R_c = 10.917$

เราได้ทำการปาดฝาสูบเพื่อเพิ่มอัตราส่วนกำลังอัดเป็น 10.917 ตามที่ได้แสดงไว้

#### 4.6 การปรับปรุงองศาการเปิด-ปิดวาล์วและระยะยก

ในส่วนของเพลาลูกเบี้ยวเราได้ทำการลดระยะยกของวาล์ว (Valve lift) และการลดองศาการเปิด-ปิดของวาล์วรวมไปถึงระยะ Overlap ดังรูป



รูปที่ 4-2 แสดง cam profile

#### 4.7 ระบบการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง

จากเทอมแรกเราได้ใช้ระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์ซึ่งมีปัญหาเรื่องการควบคุมลูกลอยจึงได้เปลี่ยนเป็นระบบจ่ายเชื้อเพลิงเป็นแบบจ่ายไอ



รูปที่ 4-3 แสดงระบบการจ่ายเชื้อเพลิงแบบไอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### การทดลองและผลการทดลอง

ในการทดสอบประสิทธิภาพของรถประหยัคน้ำมันเชื้อเพลิงขนาดเล็กนี้ ได้จัดทำทำการทดลองขึ้นทั้งหมดดังนี้

1. การเปลี่ยนแปลงองศาการเปิด- ปิดวาล์วและระยะยก
2. การเปลี่ยนแปลงระบบจุดระเบิด
3. การเปลี่ยนแปลงขนาดความยาวของท่อ ไอเสีย
4. การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนการอัดของเครื่องยนต์

#### 5.1 วิธีการทดลอง

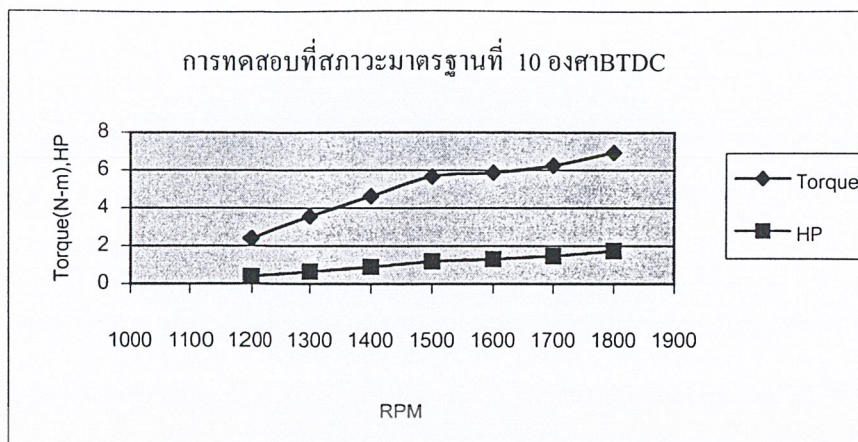
ทดสอบวัดประสิทธิภาพเครื่องยนต์ที่สภาวะมาตรฐาน

1. ติดเครื่องยนต์เร่งความเร็วสูงสุดคงที่ไว้ที่ 2000 รอบ/นาที
2. เพิ่ม โหลดให้กับเครื่องยนต์โดยการกดสกรูที่ยึดกับปั้มน้ำมันเบรคให้รอบเครื่องยนต์ที่ประมาณ 1800 รอบ/นาที โดยอ่านค่าจากเครื่องวัดรอบ
3. อ่านค่าแรงดันจาก Digital volt meter
4. วัดอัตราการการใช้น้ำมัน โดยจับเวลา 2 นาที
5. ทำการทดลองตามข้อ 2 ถึงข้อ 4 โดยบันทึกข้อมูลต่างๆ ที่รอบเครื่องยนต์ 1700,1600,1500,1400,1300,1200รอบ/นาที
6. ทำการเปลี่ยนตัวแปรต่างๆและทดลองซ้ำจาก1-5

#### 5.2 ผลการทดลองที่สภาวะมาตรฐาน

##### 5.2.1การทดลองที่สภาวะมาตรฐานที่การจุดระเบิด 10 องศาBTDC

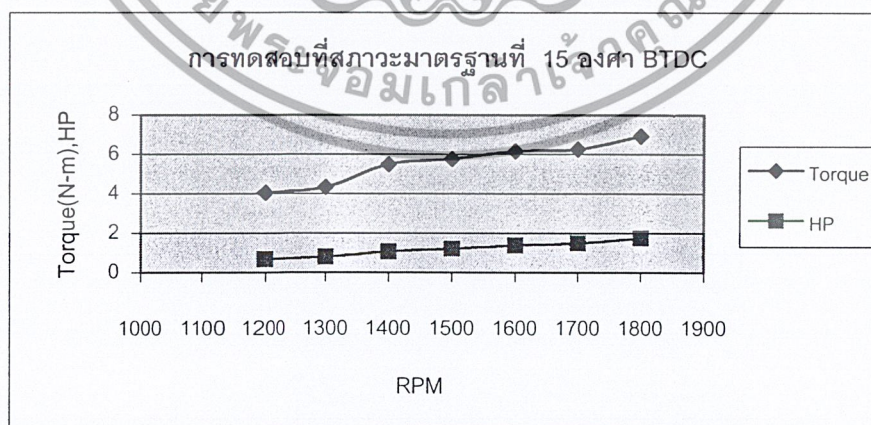
RPM	Volt	T (N.m)	P (Kw)	Hp	SFC
1200	0.063	2.413	0.303	0.406	472.91
1300	0.075	3.568	0.486	0.652	308.28
1400	0.086	4.625	0.678	0.909	224.42
1500	0.097	5.683	0.893	1.197	185.46
1600	0.099	5.876	0.984	1.32	175
1700	0.103	6.26	1.114	1.494	170.68
1800	0.11	6.934	1.307	1.752	150.68



รูปที่ 5-1 แสดงผลการทดสอบที่สภาวะมาตรฐานที่การจุดระเบิด 10 องศา BTDC

### 5.2.2 การทดลองที่สภาวะมาตรฐานที่การจุดระเบิด 15 องศา BTDC

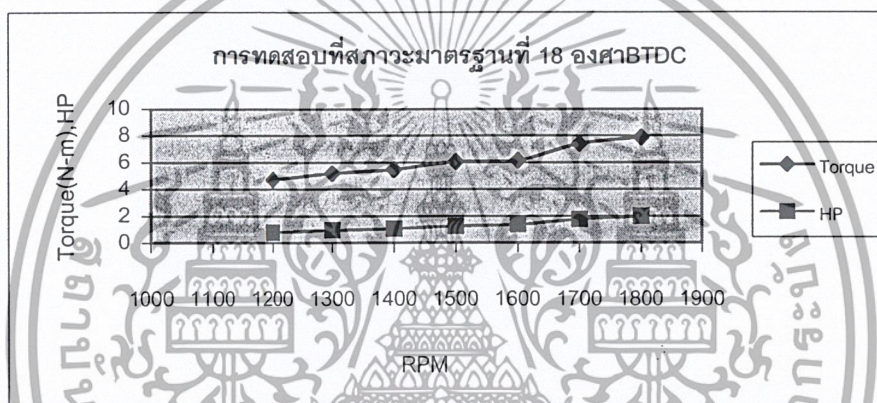
RPM	Volt	T (N.m)	P (Kw)	Hp	SFC
1200	0.08	4.049	0.509	0.682	228.739
1300	0.083	4.337	0.59	0.791	227.56
1400	0.095	5.491	0.805	1.08	188.89
1500	0.098	5.78	0.908	1.218	187.19
1600	0.102	6.164	1.033	1.385	184.11
1700	0.103	6.26	1.114	1.493	178.83
1800	0.11	6.934	1.307	1.752	145.55



รูปที่ 5-2 แสดงผลการทดลองที่สภาวะมาตรฐานที่การจุดระเบิด 15 องศา BTDC

### 5.2.3 การทดลองที่สภาวะมาตรฐานที่การจู่ระเบิด 18 องศา BTDC

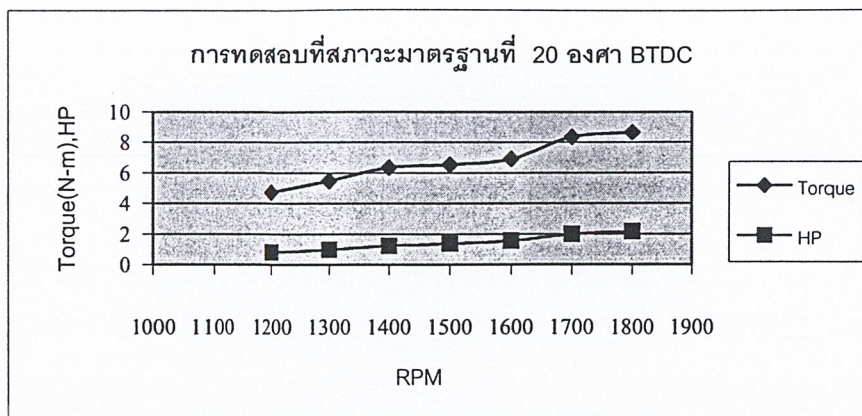
RPM	Volt	T (N.m)	P (Kw)	Hp	SFC
1200	0.087	4.722	0.593	0.795	230.19
1300	0.092	5.203	0.708	0.949	202.32
1400	0.095	5.491	0.805	1.08	180.56
1500	0.101	6.068	0.953	1.278	176.06
1600	0.102	6.164	1.033	1.385	168.95
1700	0.115	7.415	1.32	1.77	144.07
1800	0.12	7.895	1.488	1.995	130.83



รูปที่ 5-3 แสดงผลการทดลองที่สภาวะมาตรฐานที่การจู่ระเบิด 18 องศา BTDC

### 5.2.4 การทดลองที่สภาวะมาตรฐานที่การจู่ระเบิด 20 องศา BTDC

RPM	Volt	T (N.m)	P (Kw)	Hp	SFC
1200	0.087	4.722	0.593	0.795	249.05
1300	0.095	5.491	0.747	1.001	215.78
1400	0.104	6.357	0.932	1.249	189.75
1500	0.106	6.549	1.029	1.38	180.43
1600	0.11	6.934	1.162	1.558	169.44
1700	0.125	8.376	1.491	1.999	132.07
1800	0.128	8.665	1.633	2.189	126.08

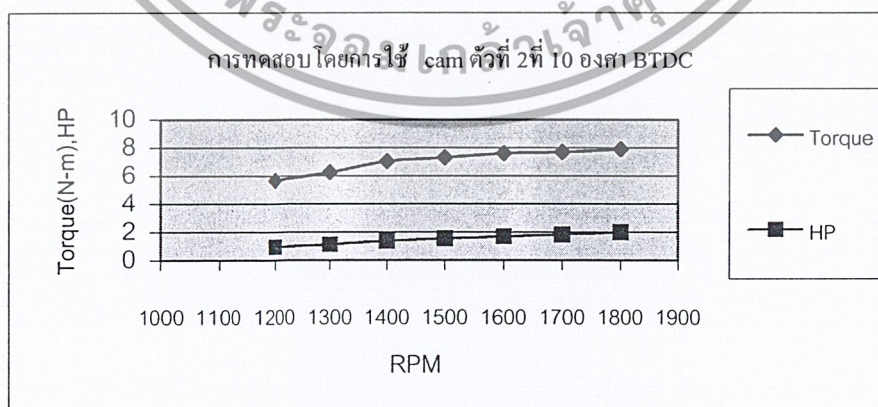


รูปที่ 5-4 แสดงผลการทดลองที่สภาวะมาตรฐานที่การจุดระเบิด 20 องศา BTDC

### 5.3 ผลการทดลองเมื่อใช้ลูกเบี้ยวที่ผ่านปรับแต่งมาแล้ว

#### 5.3.1 การทดลองเมื่อใช้ลูกเบี้ยวที่ผ่านปรับแต่งมาแล้วที่การจุดระเบิด 10 องศา BTDC

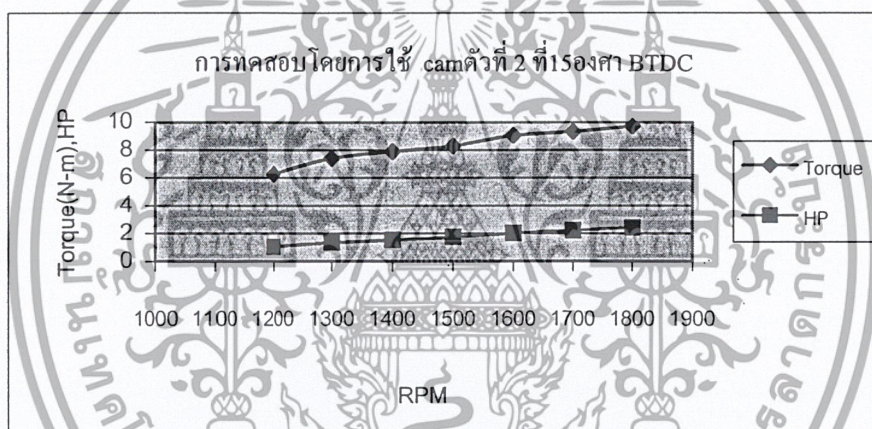
RPM	Volt	T (N.m)	P (Kw)	Hp	SFC
1200	0.097	5.683	0.714	0.957	187.49
1300	0.103	6.26	0.852	1.143	170.6
1400	0.111	7.03	1.031	1.383	143.17
1500	0.114	7.318	1.149	1.541	136.27
1600	0.117	7.607	1.274	1.708	131.73
1700	0.118	7.703	1.371	1.838	130.58
1800	0.12	7.895	1.488	2	127.5



รูปที่ 5-5 แสดงผลการทดลองเมื่อใช้ลูกเบี้ยวที่ผ่านปรับแต่งมาแล้วที่การจุดระเบิด 10 องศา BTDC

### 5.3.2 การทดลองเมื่อใช้ลูกเบี้ยวที่ผ่านปรับแต่งมาแล้วที่การจู่ระเบิด 15 องศา BTDC

RPM	Volt	T (N.m)	P (Kw)	Hp	SFC
1200	0.103	6.26	0.787	1.055	142.18
1300	0.115	7.415	1.009	1.353	128.6
1400	0.12	7.895	1.157	1.552	123.71
1500	0.124	8.28	1.301	1.745	120.34
1600	0.132	9.05	1.516	2.033	118.05
1700	0.135	9.338	1.662	2.23	110.31
1800	0.139	9.723	1.833	2.458	102.52

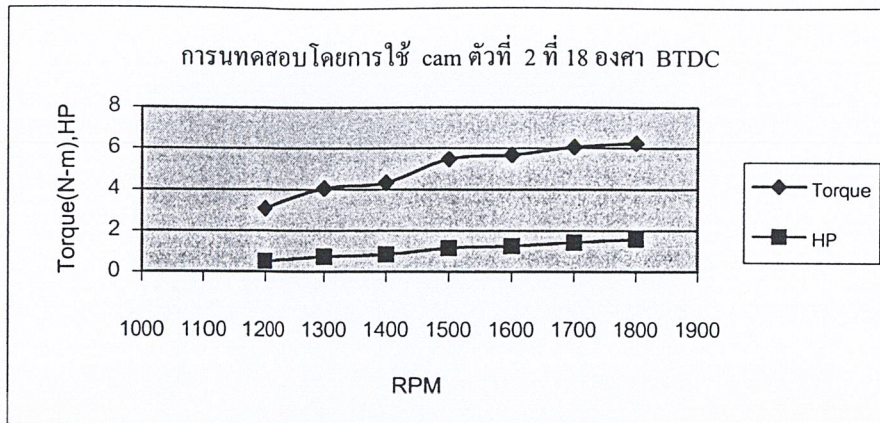


รูปที่ 5-6 แสดงผลการทดลองเมื่อใช้ลูกเบี้ยวที่ผ่านปรับแต่งมาแล้วที่การจู่ระเบิด 15 องศา BTDC

### 5.3.3 การทดลองเมื่อใช้ลูกเบี้ยวที่ผ่านปรับแต่งมาแล้วที่การจู่ระเบิด 18 องศา BTDC

RPM	Volt	T (N.m)	P (Kw)	Hp	SFC
1200	0.07	3.087	0.388	0.52	328.84
1300	0.08	4.048	0.551	0.739	251.69
1400	0.083	4.337	0.636	0.853	221.57
1500	0.095	5.491	0.862	1.156	181.66
1600	0.097	5.683	0.952	1.277	176.19
1700	0.101	6.068	1.08	1.448	161.6
1800	0.103	6.26	1.18	1.582	151.71

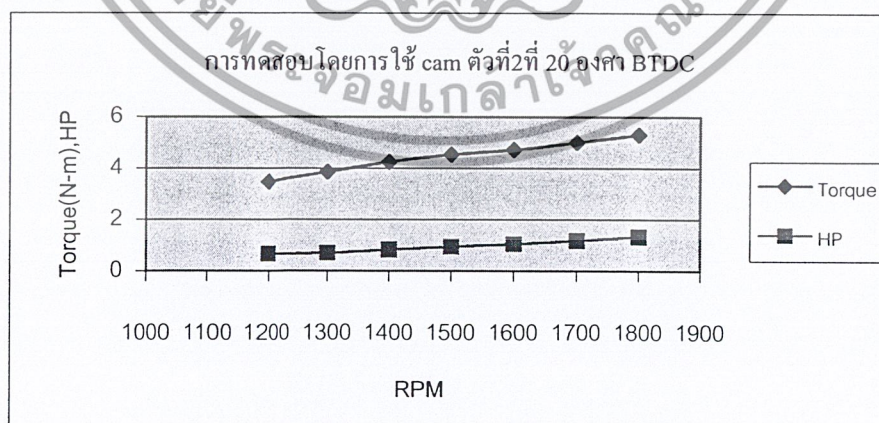
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5-7 แสดงผลการทดลองเมื่อใช้ลูกเบี้ยวที่ผ่านปรับแต่งมาแล้วที่การจุดระเบิด 18 องศา BTDC

### 5.3.4 การทดลองเมื่อใช้ลูกเบี้ยวที่ผ่านปรับแต่งมาแล้วที่การจุดระเบิด 20 องศา BTDC

RPM	Volt	T (N.m)	P (Kw)	Hp	SFC
1200	0.0747	3.471	0.497	0.666	270.27
1300	0.078	3.856	0.525	0.704	268.46
1400	0.082	4.241	0.622	0.834	251.8
1500	0.085	4.529	0.711	0.953	236.1
1600	0.087	4.722	0.791	1.061	223.37
1700	0.09	5.01	0.892	1.196	208.19
1800	0.093	5.299	0.999	1.339	190.44

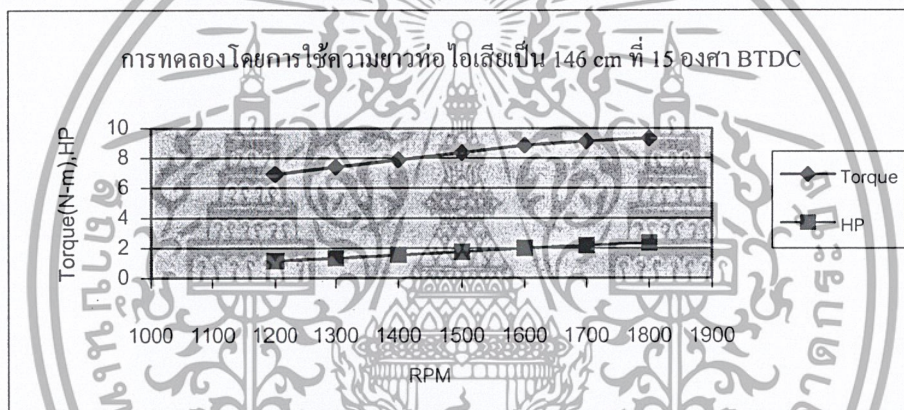


รูปที่ 5-8 แสดงผลการทดลองเมื่อใช้ลูกเบี้ยวที่ผ่านปรับแต่งมาแล้วที่การจุดระเบิด 20 องศา BTDC

#### 5.4 ผลการทดลองเมื่อใช้ท่อไอเสียขนาดยาว 146 cm

##### 5.4.1 การทดลองเมื่อใช้ท่อไอเสียขนาดยาว 146 cm ที่การจุดระเบิด 15 องศา BTDC

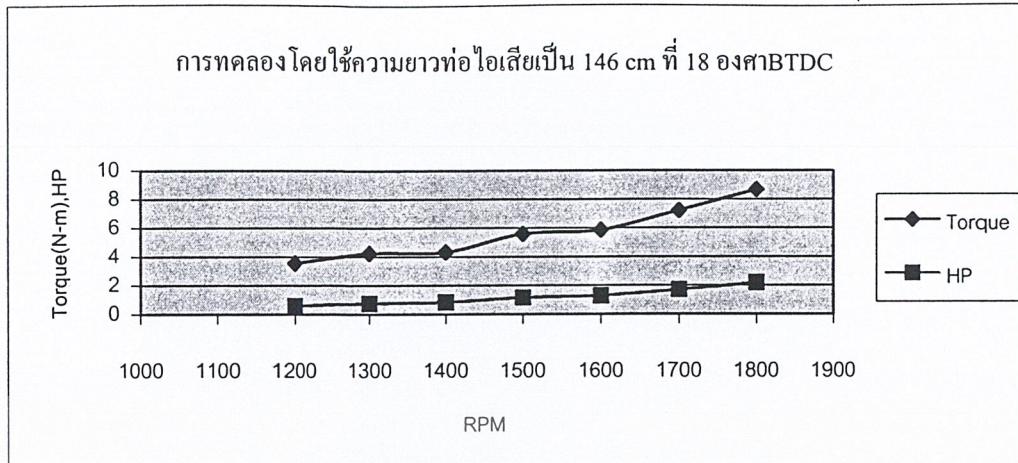
RPM	Volt	T (N.m)	P (Kw)	HP	SFC
1200	0.11	6.934	0.871	1.168	141.27
1300	0.115	7.415	1.009	1.353	133.04
1400	0.12	7.895	1.157	1.554	119.69
1500	0.125	8.376	1.316	1.764	115.65
1600	0.13	8.857	1.484	1.99	110.05
1700	0.133	9.146	1.628	2.183	100.32
1800	0.135	9.338	1.76	2.36	97.88



รูปที่ 5-9 แสดงผลการทดลองเมื่อใช้ท่อไอเสียขนาดยาว 146 cm ที่การจุดระเบิด 15 องศา BTDC

##### 5.4.2 การทดลองเมื่อใช้ท่อไอเสียขนาดยาว 146 cm ที่การจุดระเบิด 18 องศา BTDC

RPM	Volt	T (N.m)	P (Kw)	Hp	SFC
1200	0.075	3.568	0.448	0.6	181.13
1300	0.082	4.241	0.577	0.774	164.43
1400	0.083	4.337	0.636	0.853	164
1500	0.096	5.587	0.878	1.177	157.51
1600	0.099	5.876	0.984	1.32	155.84
1700	0.113	7.222	1.286	1.724	128.72
1800	0.128	8.665	1.633	2.19	109.54

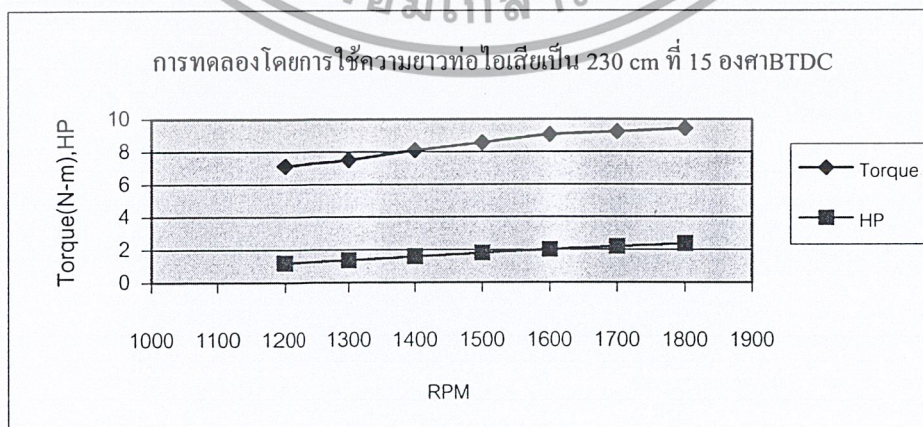


รูปที่ 5-10 แสดงผลการทดลองเมื่อใช้ท่อไอเสียขนาดยาว 146 cm ที่การจู่ระเบิด 18 องศาBTDC

### 5.5 การทดลองเมื่อใช้ท่อไอเสียขนาดยาว 230 cm

#### 5.5.1 การทดลองเมื่อใช้ท่อไอเสียขนาดยาว 230 cm ที่การจู่ระเบิด 15 องศาBTDC

RPM	Volt	T (N.m)	P (Kw)	Hp	SFC
1200	0.112	7.126	0.895	1.2	117.5
1300	0.116	7.511	1.022	1.37	116.05
1400	0.122	8.088	1.186	1.59	113.2
1500	0.127	8.569	1.346	1.805	113.01
1600	0.132	9.05	1.516	2.033	104.77
1700	0.134	9.242	1.648	2.206	101.99
1800	0.136	9.434	1.778	2.384	100.67



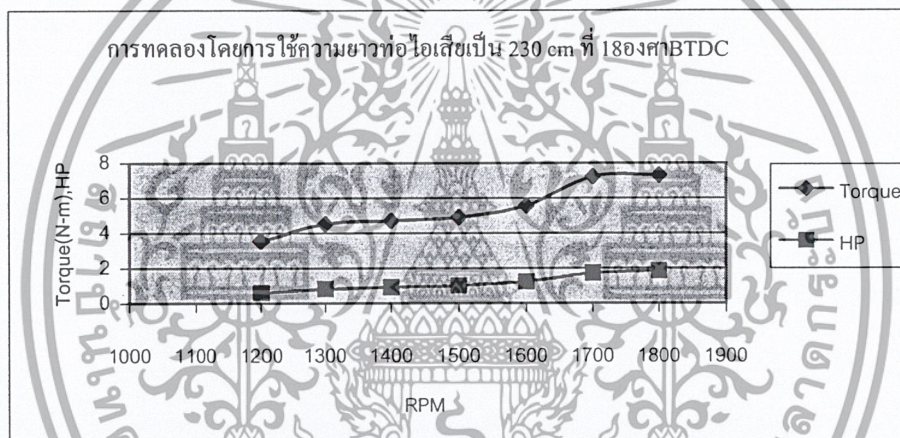
รูปที่ 5-11 แสดงผลการทดลองเมื่อใช้ท่อไอเสียขนาดยาว 230 cm ที่การจู่ระเบิด 15 องศาBTDC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 5.5.2 การทดลองเมื่อใช้ท่อไอเสียขนาดยาว 230 cm ที่การจุดระเบิด 18 องศา BTDC

RPM	Volt	T (N.m)	P (Kw)	Hp	SFC
1200	0.078	3.856	0.485	0.65	244.61
1300	0.088	4.818	0.656	0.879	197.95
1400	0.091	5.106	0.749	1	186
1500	0.095	5.491	0.862	1.156	181.66
1600	0.106	6.549	1.097	1.471	152.95
1700	0.118	7.703	1.371	1.838	127.31
1800	0.128	8.665	1.633	2.19	109.59

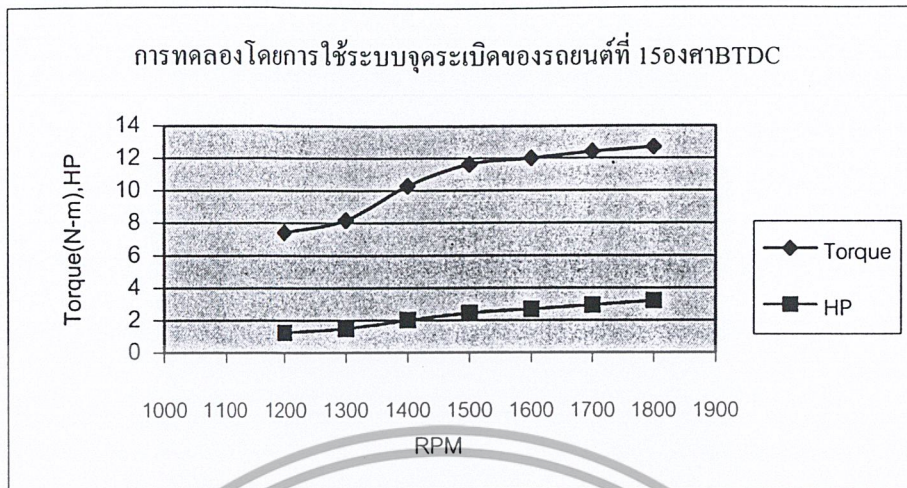


รูปที่ 5-12 แสดงผลการทดลองเมื่อใช้ท่อไอเสียขนาดยาว 230 cm ที่การจุดระเบิด 18 องศา BTDC

### 5.6 ผลการทดลองเมื่อใช้ระบบจุดระเบิดของรถยนต์

#### 5.6.1 ผลการทดลองเมื่อใช้ระบบจุดระเบิดของรถยนต์ที่การจุดระเบิดที่ 15 องศา BTDC

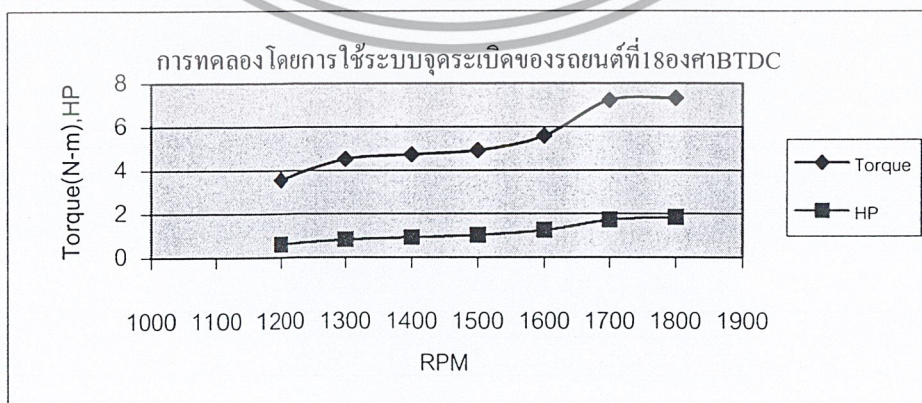
RPM	Volt	T (N.m)	P (Kw)	Hp	SFC
1200	0.115	7.427	0.933	1.251	107.91
1300	0.123	8.184	1.114	1.494	106.42
1400	0.145	10.3	1.51	2.025	90.37
1500	0.159	11.646	1.829	2.453	79.49
1600	0.163	12.031	2.015	2.702	76.61
1700	0.167	12.416	2.21	2.964	73.89
1800	0.17	12.704	2.395	3.212	71.92



รูปที่ 5-13 แสดงผลการทดลองเมื่อใช้ระบบจลน์ของรถยนต์ที่การจลน์ที่ 15 องศา BTDC

### 5.6.2 การทดลองเมื่อใช้ระบบจลน์ของรถยนต์ที่การจลน์ที่ 18 องศา BTDC

RPM	Volt	T (N.m)	P (Kw)	Hp	SFC
1200	0.075	3.568	0.448	0.6	250
1300	0.085	4.529	0.616	0.826	196.12
1400	0.087	4.722	0.692	0.928	193.96
1500	0.089	4.914	0.772	1.035	188.4
1600	0.096	5.587	0.936	1.255	172.11
1700	0.113	7.222	1.286	1.725	132.17
1800	0.114	7.318	1.379	1.85	128.11



รูปที่ 5-14 แสดงผลการทดลองเมื่อใช้ระบบจลน์ของรถยนต์ที่การจลน์ที่ 18 องศา BTDC

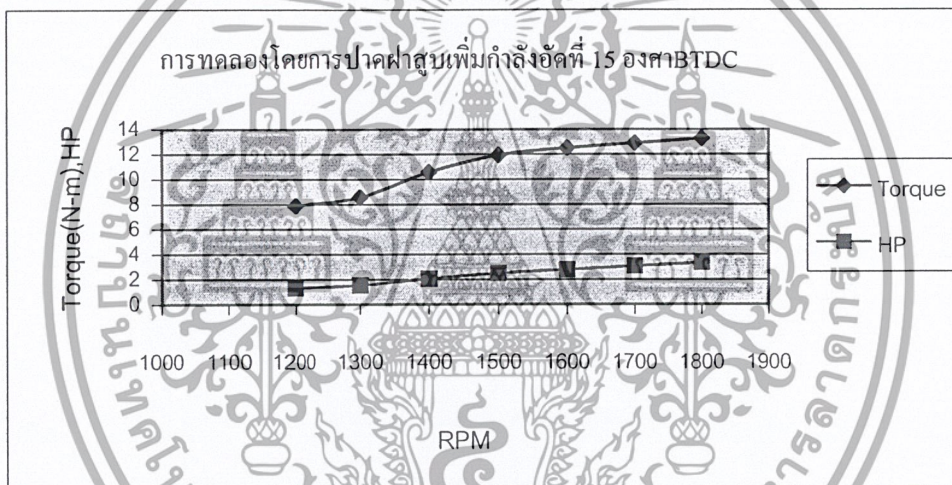
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5.7 ผลการทดลองเมื่อทำการปาดฝาสูบเพิ่มกำลังอัด

### 5.7.1 การทดลองเมื่อทำการปาดฝาสูบเพิ่มกำลังอัดที่การจุดระเบิดที่ 15 องศา BTDC

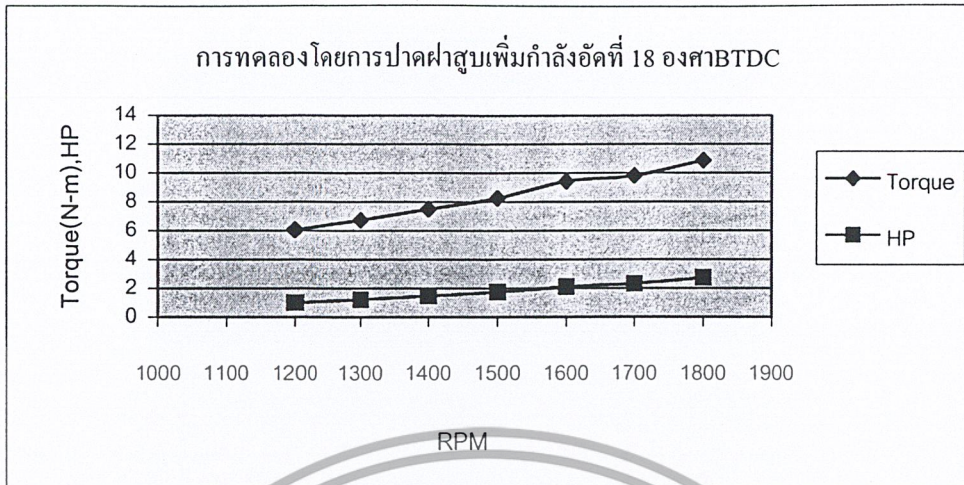
RPM	Volt	T (N.m)	P (Kw)	Hp	SFC
1200	0.12	7.896	0.992	1.33	101.5
1300	0.127	8.569	1.166	1.564	99.74
1400	0.148	10.588	1.552	2.081	86.5
1500	0.162	11.935	1.875	2.514	75.18
1600	0.168	12.512	2.096	2.811	71.5
1700	0.172	12.897	2.296	3.079	67.23
1800	0.176	13.281	2.503	3.356	64.36



รูปที่ 5-15 แสดงผลการทดลองเมื่อทำการปาดฝาสูบเพิ่มกำลังอัดที่การจุดระเบิดที่ 15 องศา BTDC

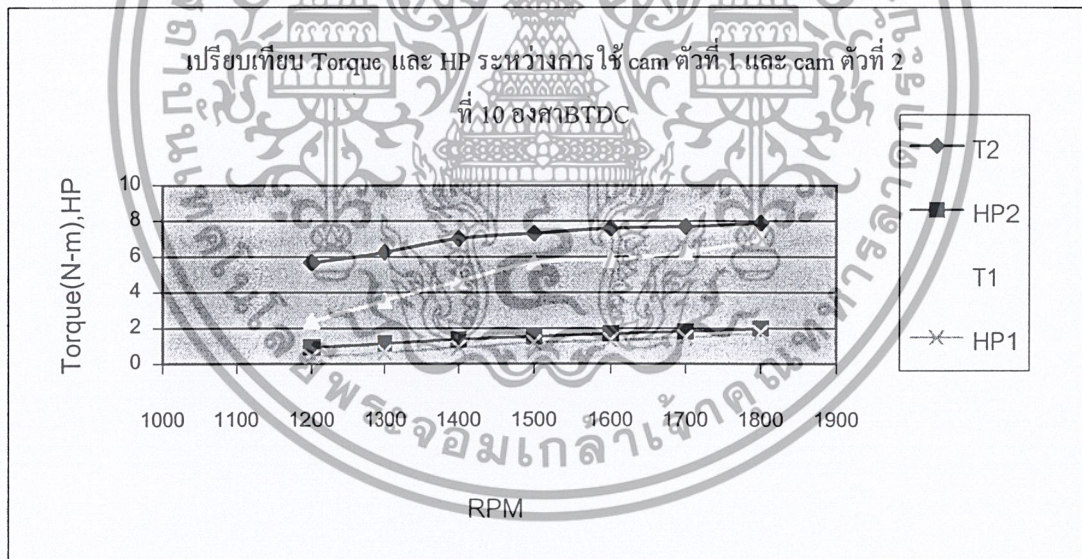
### 5.7.2 การทดลองเมื่อทำการปาดฝาสูบเพิ่มกำลังอัดที่การจุดระเบิดที่ 18 องศา BTDC

RPM	Volt	T (N.m)	P (Kw)	Hp	SFC
1200	0.101	6.068	0.762	1.022	146.77
1300	0.108	6.741	0.918	1.231	129.16
1400	0.116	7.51	1.101	1.476	121.95
1500	0.124	8.28	1.301	1.745	110.03
1600	0.136	9.434	1.581	2.12	100.47
1700	0.14	9.819	1.748	2.344	95.99
1800	0.151	10.877	2.05	2.749	84.03

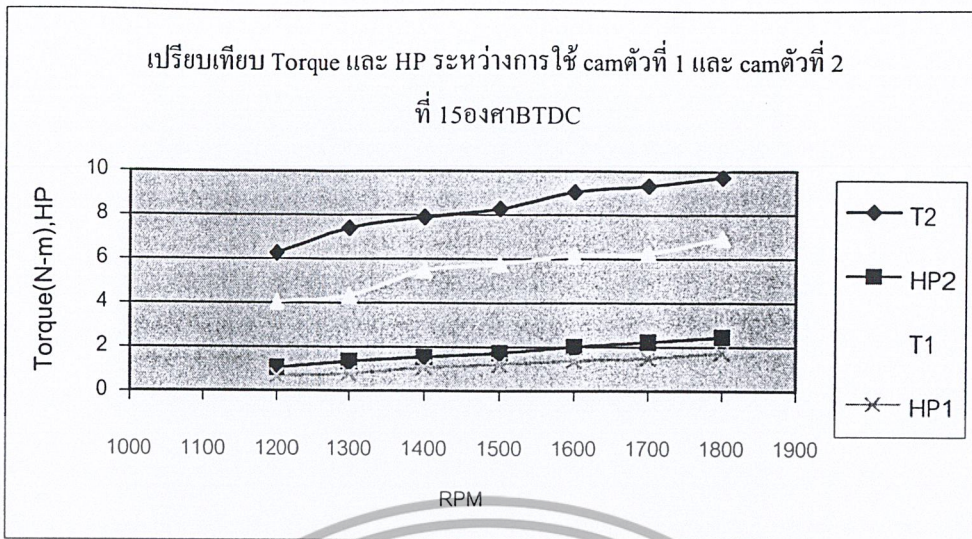


รูปที่ 5-16 แสดงผลการทดลองเมื่อทำการปาดฝาสูบเพิ่มกำลังอัดที่การจุดระเบิดที่ 18 องศาBTDC

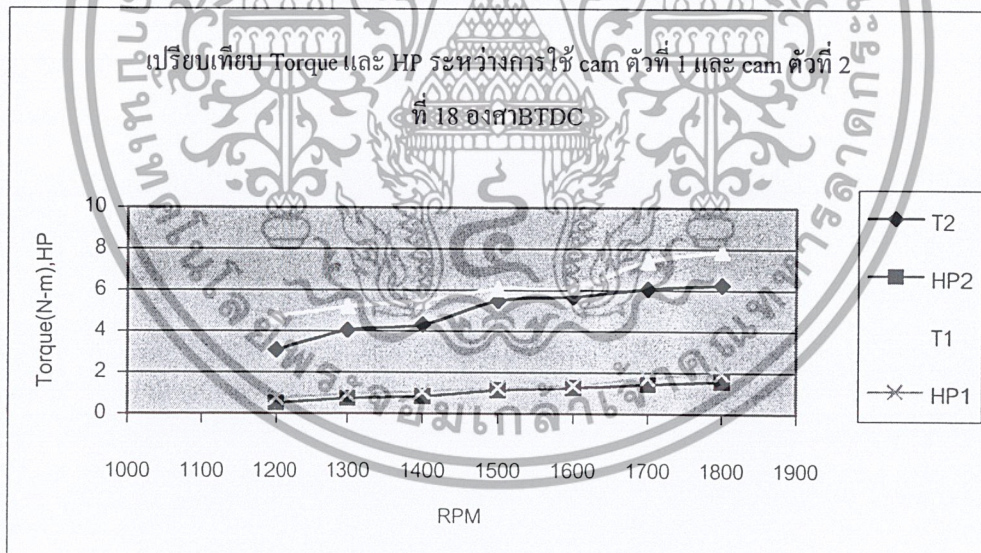
### 5.8 การเปรียบเทียบผลการทดลองเมื่อทำการเปลี่ยนเบี่ยงจ่ายต่างๆ กับสถานะมาตรฐาน



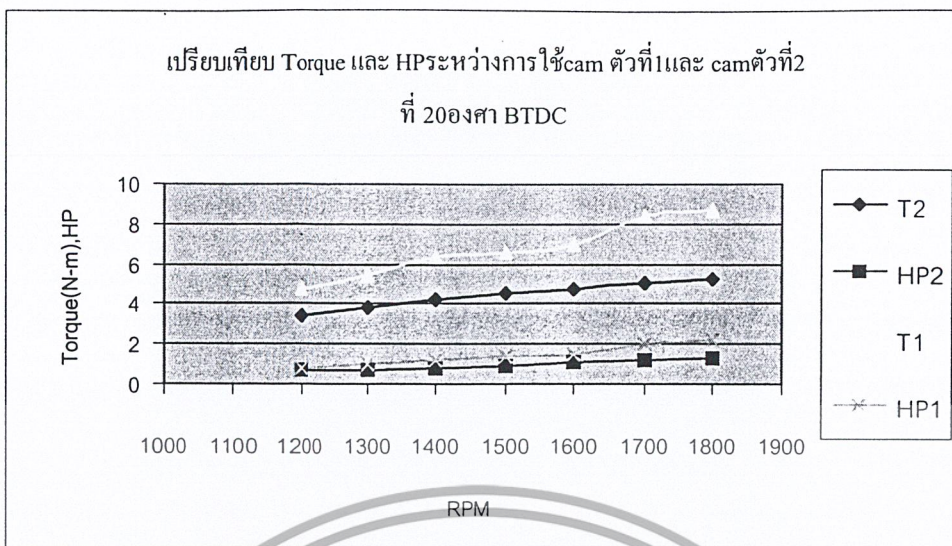
รูปที่ 5-17 แสดงการเปรียบเทียบ Torque และ HP ระหว่างการใช้ cam ตัวที่ 1 และ cam ตัวที่ 2 การจุดระเบิดที่ 10 องศาBTDC (เมื่อ T1 = Torque ที่สถานะมาตรฐาน, T2 = Torque เมื่อใช้ cam ที่ดัดแปลงแล้ว, HP1 = HP ที่สถานะมาตรฐาน, HP2 = HP เมื่อใช้ cam ที่ดัดแปลงแล้ว)



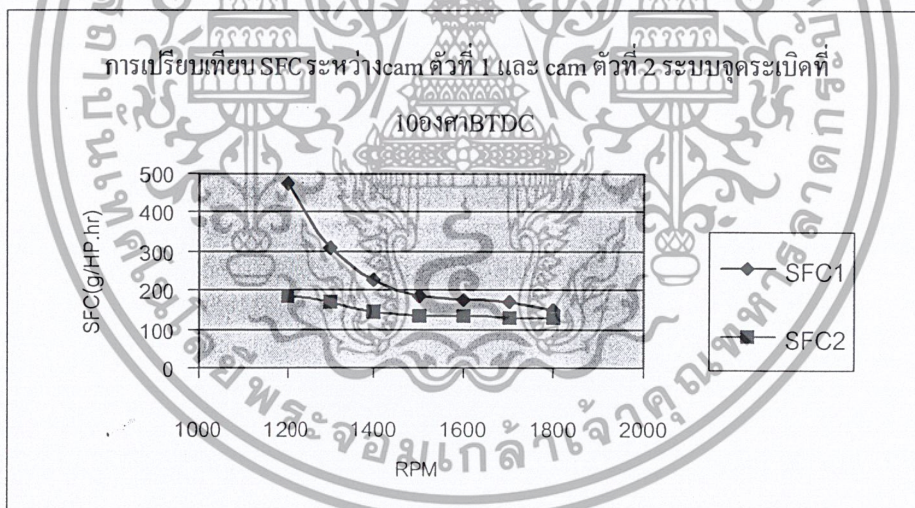
รูปที่ 5-18 แสดงการเปรียบเทียบ Torque และ HP ระหว่างการใช้ cam ตัวที่ 1 และ cam ตัวที่ 2 การจุดระเบิดที่ 15 องศา BTDC (เมื่อ T1 = Torque ที่สภาวะมาตรฐาน, T2 = Torque เมื่อใช้ cam ที่ดัดแปลงแล้ว, HP1 = HP ที่สภาวะมาตรฐาน, HP2 = HP เมื่อใช้ cam ที่ดัดแปลงแล้ว)



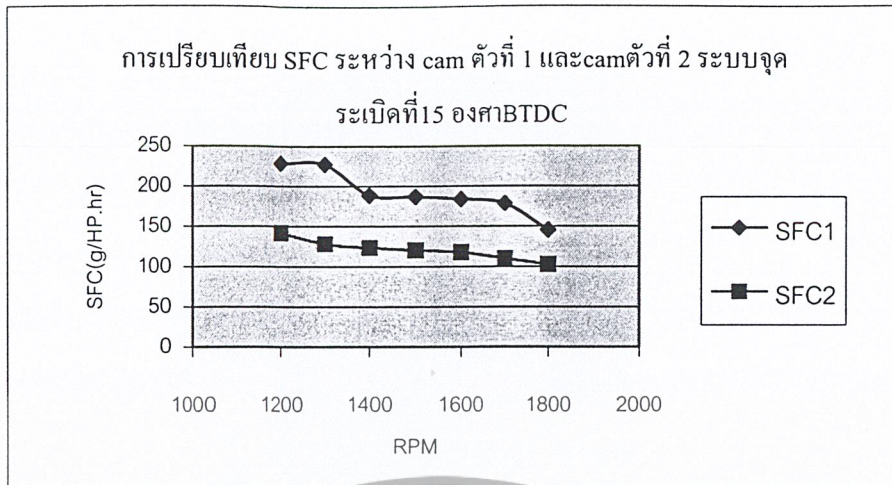
รูปที่ 5-19 แสดงการเปรียบเทียบ Torque และ HP ระหว่างการใช้ cam ตัวที่ 1 และ cam ตัวที่ 2 การจุดระเบิดที่ 18 องศา BTDC (เมื่อ T1 = Torque ที่สภาวะมาตรฐาน, T2 = Torque เมื่อใช้ cam ที่ดัดแปลงแล้ว, HP1 = HP ที่สภาวะมาตรฐาน, HP2 = HP เมื่อใช้ cam ที่ดัดแปลงแล้ว)



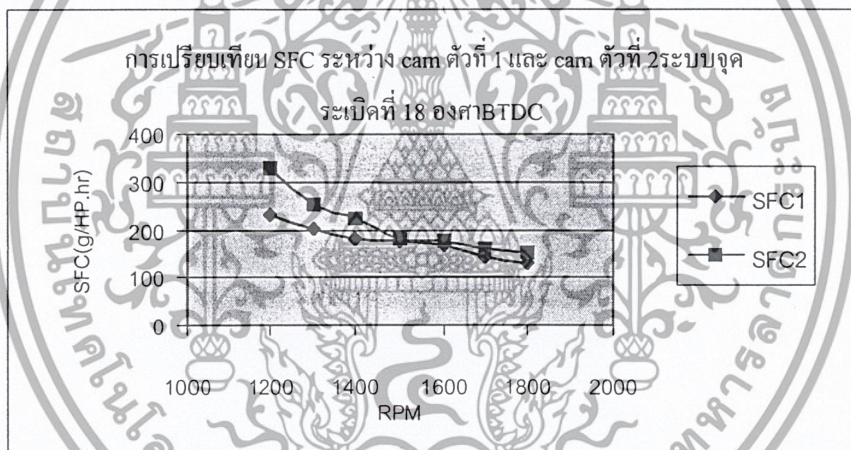
รูปที่ 5-20 แสดงการเปรียบเทียบ Torque และ HP ระหว่างการใช้ cam ตัวที่ 1 และ cam ตัวที่ 2 การจุดระเบิดที่ 20 องศา BTDC (เมื่อ T1 = Torque ที่สภาวะมาตรฐาน, T2 = Torque เมื่อใช้ cam ที่ดัดแปลงแล้ว, HP1 = HP ที่สภาวะมาตรฐาน, HP2 = HP เมื่อใช้ cam ที่ดัดแปลงแล้ว)



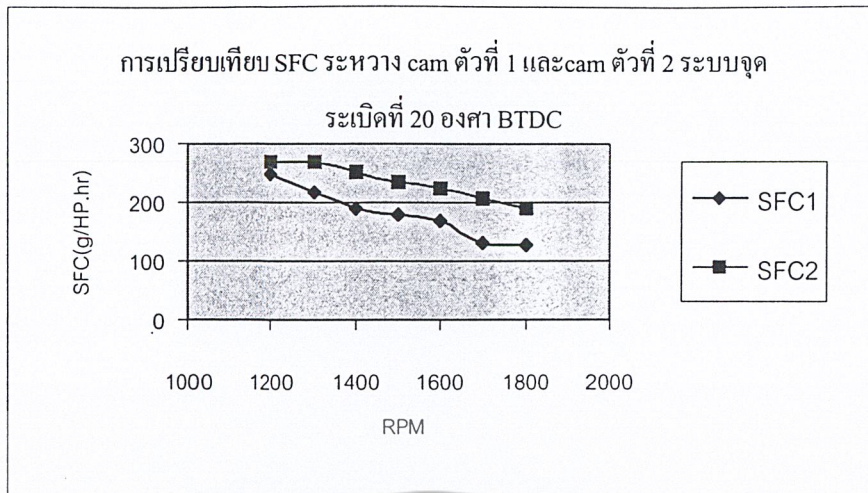
รูปที่ 5-21 แสดงการเปรียบเทียบ SFC ระหว่างการใช้ cam ตัวที่ 1 และ cam ตัวที่ 2 การจุดระเบิดที่ 10 องศา BTDC (เมื่อ SFC1 = SFC ที่สภาวะมาตรฐาน, SFC2 = SFC เมื่อใช้ cam ที่ดัดแปลงแล้ว)



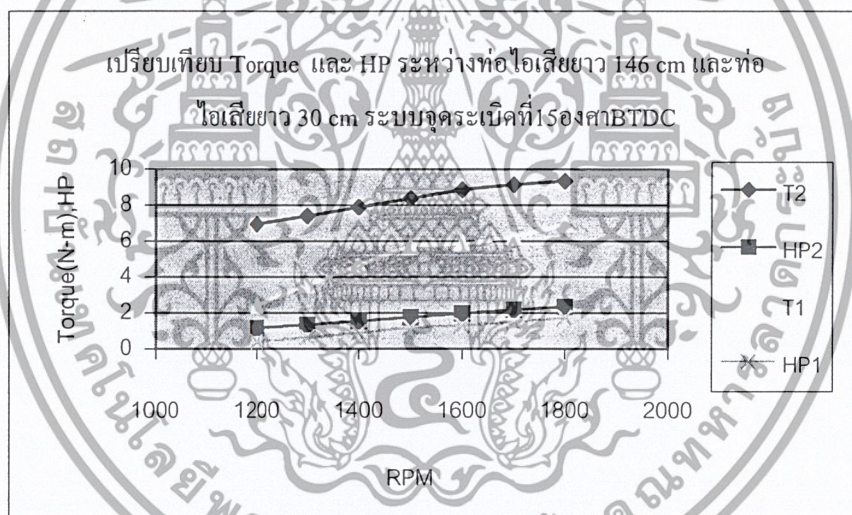
รูปที่ 5-22 แสดงการเปรียบเทียบ SFC ระหว่างการใช้ cam คิวที่ 1 และ cam คิวที่ 2 การจุดระเบิดที่ 15 องศา BTDC (เมื่อ SFC1 = SFC ที่สภาวะมาตรฐาน, SFC2 = SFC เมื่อใช้ cam ที่ดัดแปลงแล้ว)



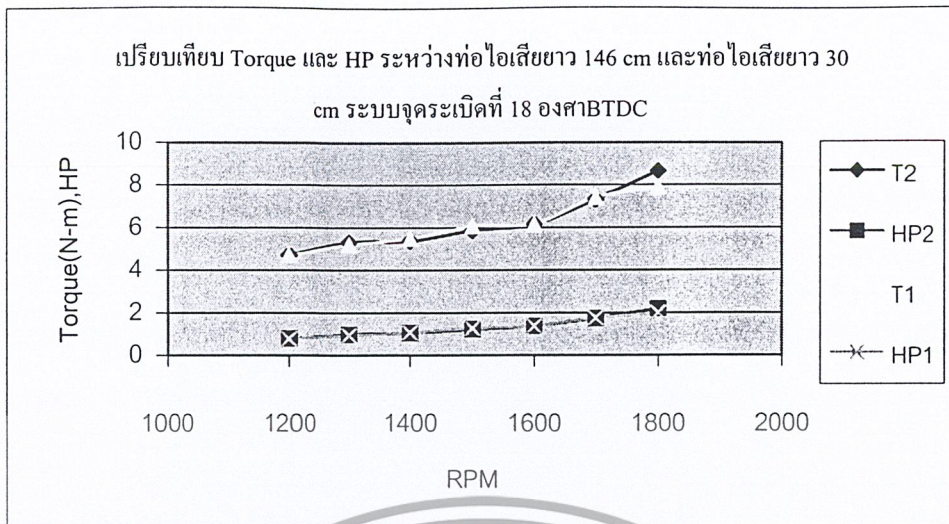
รูปที่ 5-23 แสดงการเปรียบเทียบ SFC ระหว่างการใช้ cam คิวที่ 1 และ cam คิวที่ 2 การจุดระเบิดที่ 18 องศา BTDC (เมื่อ SFC1 = SFC ที่สภาวะมาตรฐาน, SFC2 = SFC เมื่อใช้ cam ที่ดัดแปลงแล้ว)



รูปที่ 5-24 แสดงการเปรียบเทียบ SFC ระหว่างการใช้ cam ตัวที่ 1 และ cam ตัวที่ 2 การจุดระเบิดที่ 20 องศา BTDC (เมื่อ SFC1 = SFC ที่สภาวะมาตรฐาน, SFC2 = SFC เมื่อใช้ cam ที่ดัดแปลงแล้ว)



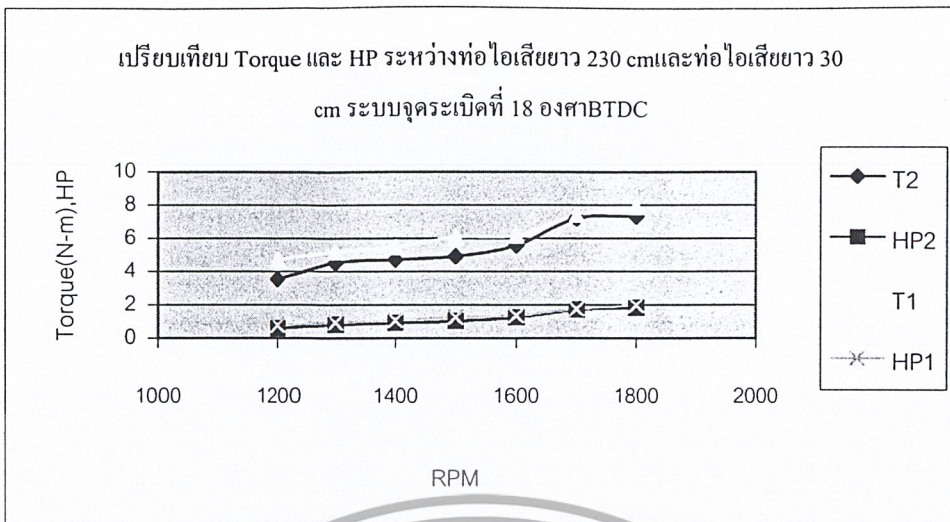
รูปที่ 5-25 แสดงการเปรียบเทียบ Torque และ HP ระหว่างการใช้ท่อไอเสียยาว 146 cm และท่อไอเสียยาว 30 cm การจุดระเบิดที่ 15 องศา BTDC (เมื่อ T1 = Torque ที่สภาวะมาตรฐานท่อไอเสียยาว 30 cm, T2 = Torque เมื่อใช้ท่อไอเสียยาว 146 cm)



รูปที่ 5-26 แสดงการเปรียบเทียบ Torque และ HP ระหว่างการใช้ท่อไอเสียยาว 146 cm และท่อไอเสียยาว 30 cm การจุดระเบิดที่ 18 องศา BTDC (เมื่อ T1 = Torque ที่สภาวะมาตรฐานท่อไอเสียยาว 30 cm, T2 = Torque เมื่อใช้ท่อไอเสียยาว 146 cm)



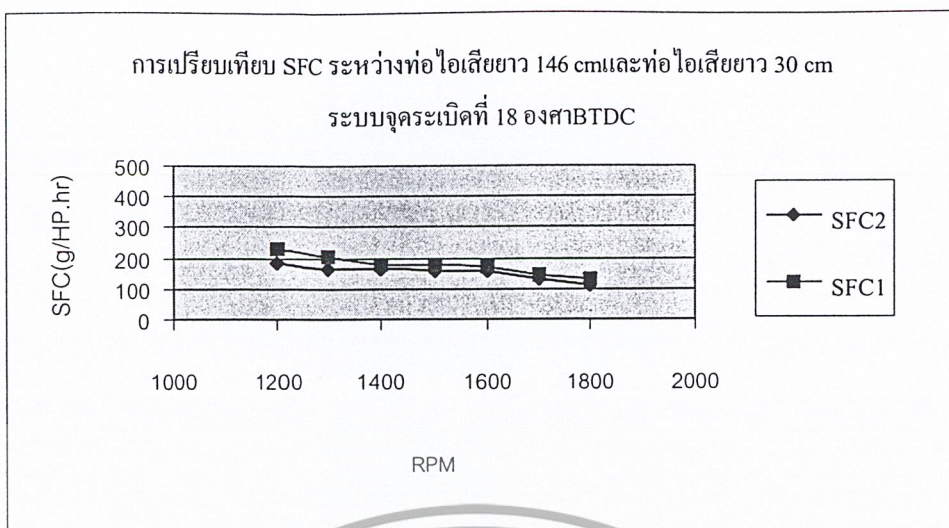
รูปที่ 5-27 แสดงการเปรียบเทียบ Torque และ HP ระหว่างการใช้ท่อไอเสียยาว 230 cm และท่อไอเสียยาว 30 cm การจุดระเบิดที่ 15 องศา BTDC (เมื่อ T1 = Torque ที่สภาวะมาตรฐานท่อไอเสียยาว 30 cm, T2 = Torque เมื่อใช้ท่อไอเสียยาว 230 cm)



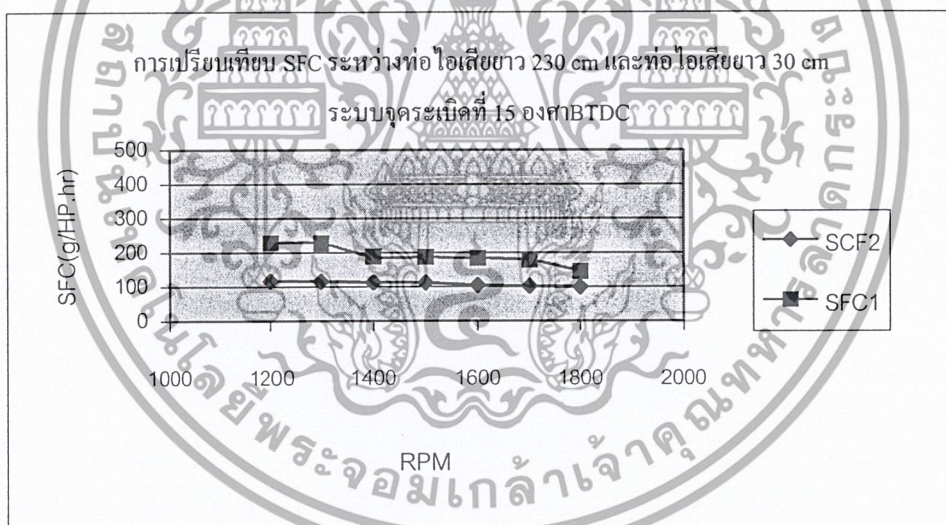
รูปที่ 5-28 แสดงการเปรียบเทียบ Torque และ HP ระหว่างการใช้ท่อไอเสียยาว 230 cm และท่อไอเสียยาว 30 cm การจุดระเบิดที่ 18 องศา BTDC (เมื่อ T1 = Torque ที่สภาวะมาตรฐานท่อไอเสียยาว 30 cm, T2 = Torque เมื่อใช้ท่อไอเสียยาว 230 cm)



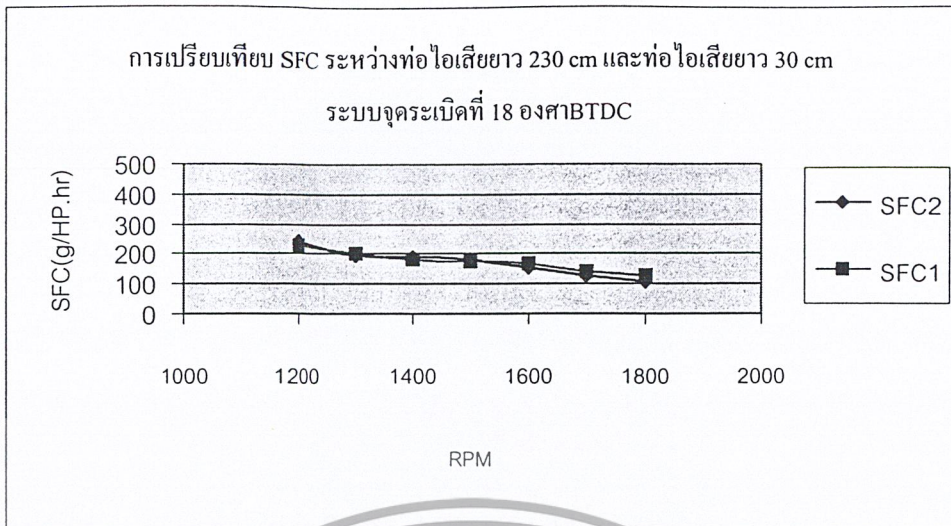
รูปที่ 5-29 แสดงการเปรียบเทียบ SFC ระหว่างการใช้ท่อไอเสียยาว 146 cm และท่อไอเสียยาว 30 cm การจุดระเบิดที่ 15 องศา BTDC (เมื่อ SFC1 = SFC ที่สภาวะมาตรฐานท่อไอเสียยาว 30 cm, SFC2 = SFC เมื่อใช้ท่อไอเสียยาว 146 cm)



รูปที่ 5-30 แสดงการเปรียบเทียบ SFC ระหว่างการใช้ท่อไอเสียยาว 146 cm และท่อไอเสียยาว 30 cm การจุดระเบิดที่ 18 องศา BTDC (เมื่อ SFC1 = SFC ที่สภาวะมาตรฐานท่อไอเสียยาว 30 cm, SFC2 = SFC เมื่อใช้ท่อไอเสียยาว 146 cm)



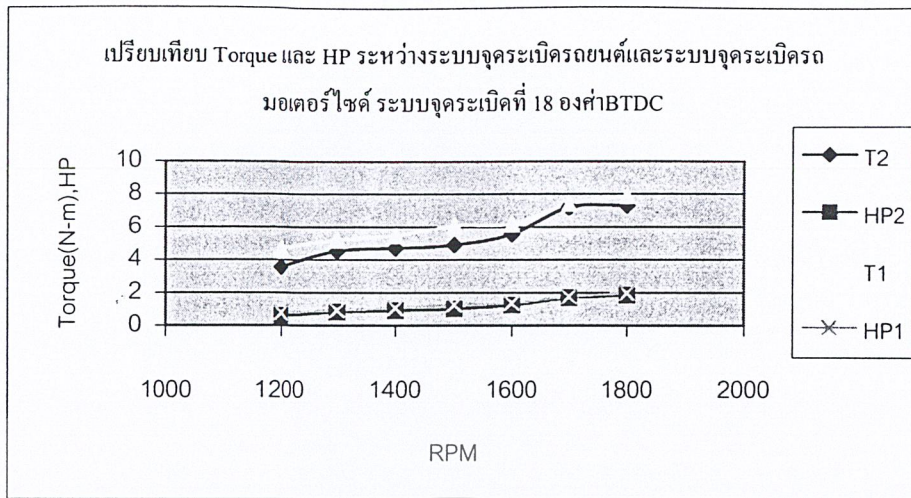
รูปที่ 5-31 แสดงการเปรียบเทียบ SFC ระหว่างการใช้ท่อไอเสียยาว 230 cm และท่อไอเสียยาว 30 cm การจุดระเบิดที่ 15 องศา BTDC (เมื่อ SFC1 = SFC ที่สภาวะมาตรฐานท่อไอเสียยาว 30 cm, SFC2 = SFC เมื่อใช้ท่อไอเสียยาว 230 cm)



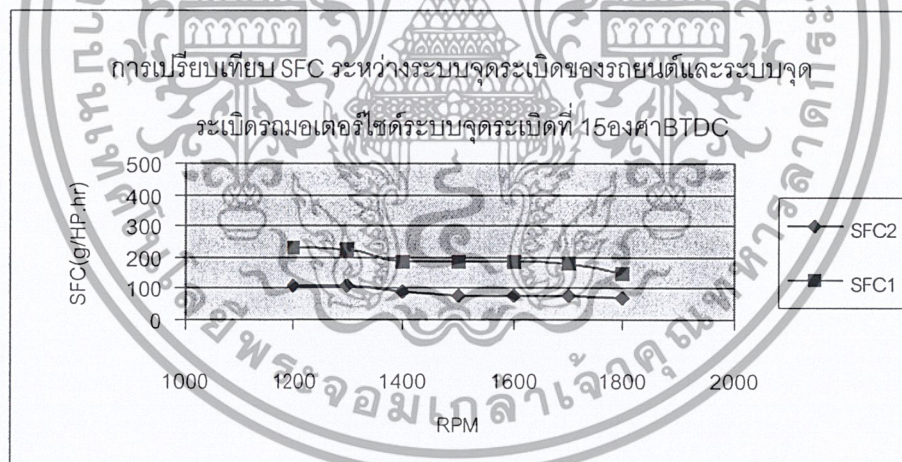
รูปที่ 5-32 แสดงการเปรียบเทียบ SFC ระหว่างการใช้ท่อไอเสียยาว 230 cm และท่อไอเสียยาว 30 cm การจุดระเบิดที่ 18 องศา BTDC (เมื่อ SFC1 = SFC ที่สภาวะมาตรฐานท่อไอเสียยาว 30 cm, SFC2 = SFC เมื่อใช้ท่อไอเสียยาว 230 cm)



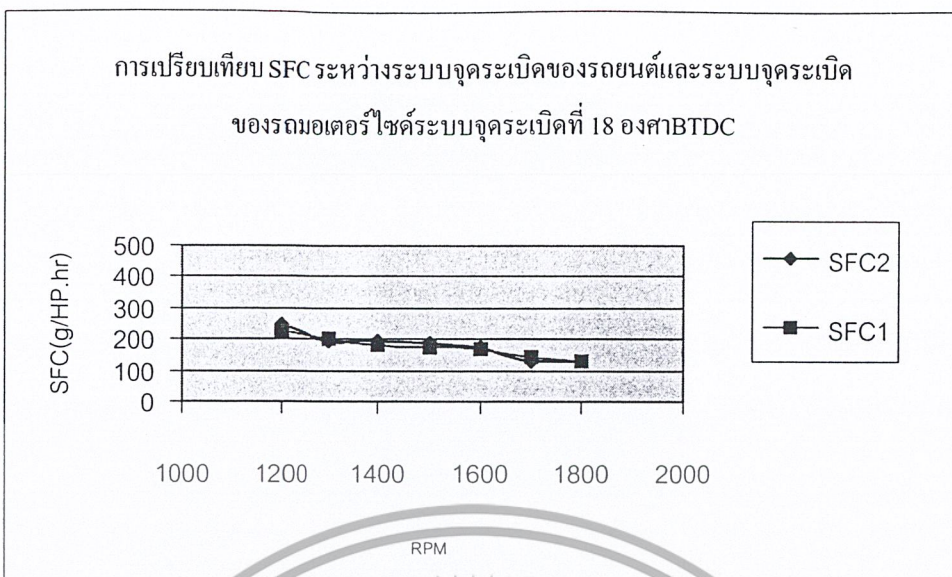
รูปที่ 5-33 แสดงการเปรียบเทียบ Torque และ HP ระหว่างการใช้ระบบจุดระเบิดของรถยนต์และระบบจุดระเบิดของมอเตอร์ไซค์ การจุดระเบิดที่ 15 องศา BTDC (เมื่อ T1 = Torque ที่สภาวะมาตรฐาน, T2 = Torque เมื่อใช้ระบบจุดระเบิดของรถยนต์, HP1 = HP ที่สภาวะมาตรฐาน, HP2 = HP เมื่อใช้ระบบจุดระเบิดของรถยนต์)



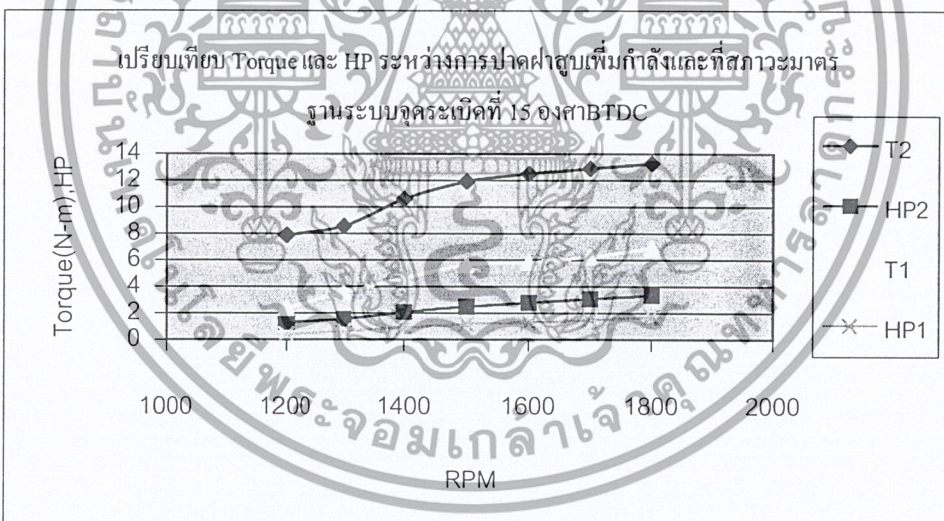
รูปที่ 5-34 แสดงการเปรียบเทียบ Torque และ HP ระหว่างการใช้ ระบบจุดระเบิดของรถยนต์และระบบจุดระเบิดของรถมอเตอร์ไซค์ การจุดระเบิดที่ 18 องศา BTDC (เมื่อ T1 = Torque ที่สภาวะมาตรฐาน, T2 = Torque เมื่อใช้ระบบจุดระเบิดของรถยนต์, HP1 = HP ที่สภาวะมาตรฐาน, HP2 = HP เมื่อใช้ระบบจุดระเบิดของรถยนต์)



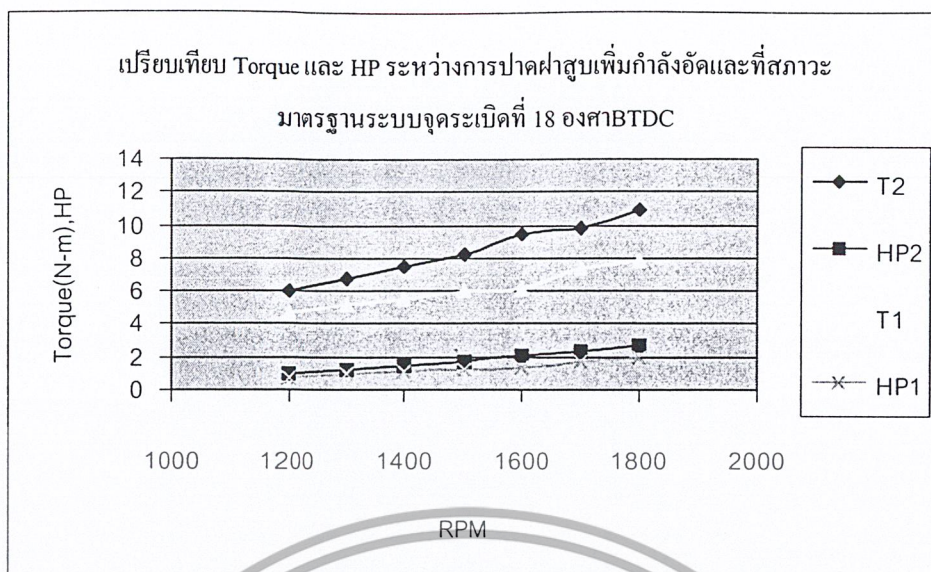
รูปที่ 5-35 แสดงการเปรียบเทียบ SFC ระหว่างการใช้ ระบบจุดระเบิดของรถยนต์และระบบจุดระเบิดของรถมอเตอร์ไซค์ การจุดระเบิดที่ 15 องศา BTDC (เมื่อ SFC1 = SFC ที่สภาวะมาตรฐาน, SFC2 = SFC เมื่อใช้ระบบจุดระเบิดของรถยนต์ )



รูปที่ 5-36 แสดงการเปรียบเทียบ SFC ระหว่างการใช้ระบบจุดระเบิดของรถยนต์และระบบจุดระเบิดของรถมอเตอร์ไซด์ การจุดระเบิดที่ 18 องศา BTDC (เมื่อ SFC1 = SFC ที่สภาวะมาตรฐาน, SFC2 = SFC เมื่อใช้ระบบจุดระเบิดของรถยนต์)



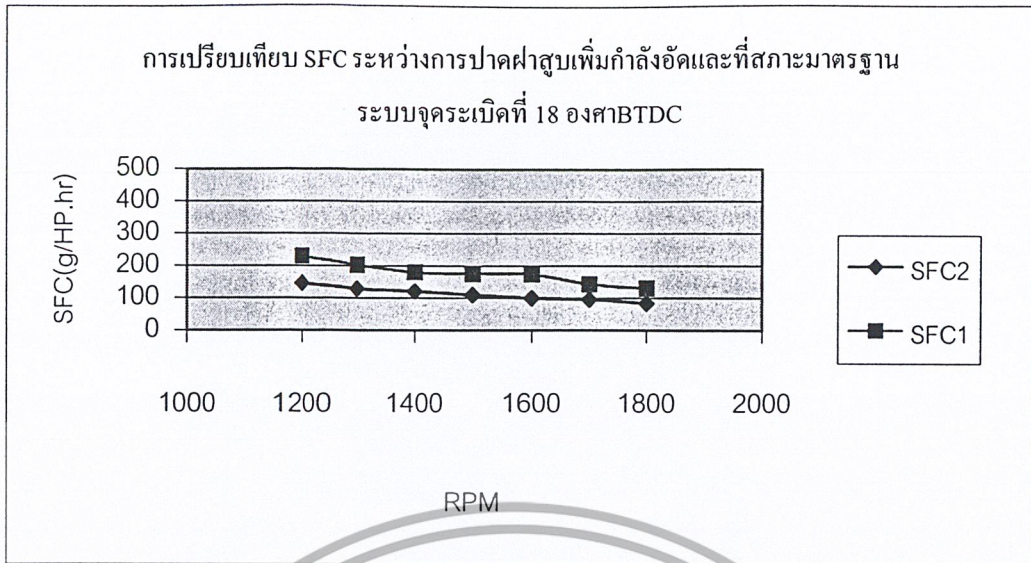
รูปที่ 5-37 แสดงการเปรียบเทียบ Torque และ HP ระหว่างการปาดฝาสูบเพิ่มกำลังอัดและที่สภาวะมาตรฐาน การจุดระเบิดที่ 15 องศา BTDC (เมื่อ T1 = Torque ที่สภาวะมาตรฐาน, T2 = Torque เมื่อทำการปาดฝาสูบเพิ่มกำลังอัด, HP1 = HP ที่สภาวะมาตรฐาน, HP2 = HP เมื่อทำการปาดฝาสูบเพิ่มกำลังอัด)



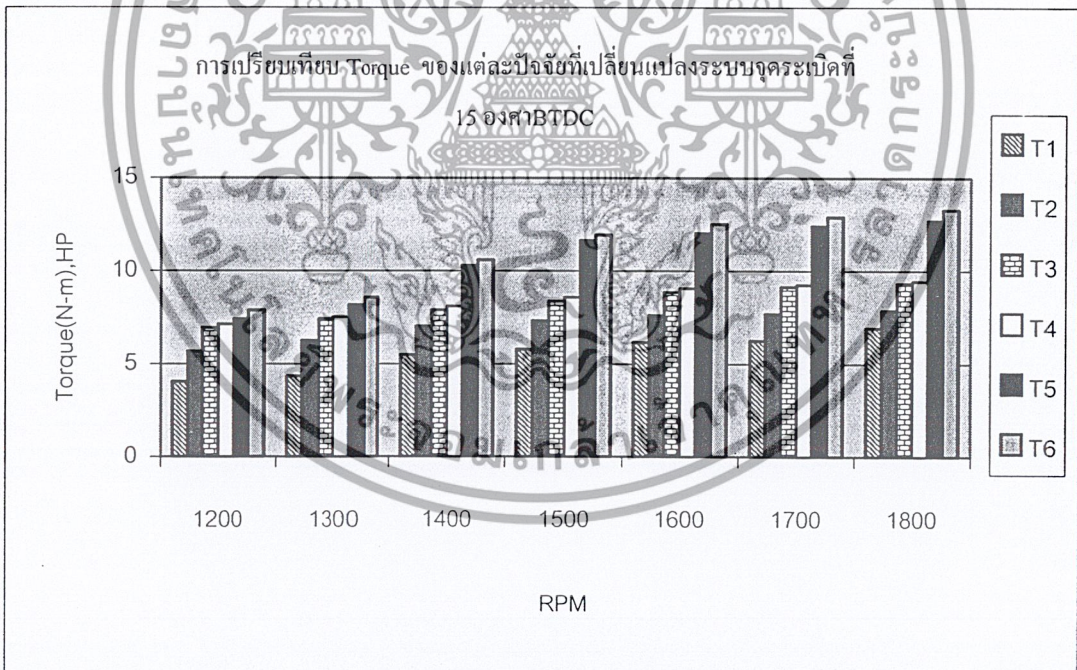
รูปที่ 5-38 แสดงการเปรียบเทียบ Torque และ HP ระหว่างการปาดฝาสูบเพิ่มกำลังอัดและที่สภาวะมาตรฐาน การจุดระเบิดที่ 18 องศา BTDC (เมื่อ T1 = Torque ที่สภาวะมาตรฐาน, T2 = Torque เมื่อทำการปาดฝาสูบเพิ่มกำลังอัด, HP1 = HP ที่สภาวะมาตรฐาน, HP2 = HP เมื่อทำการปาดฝาสูบเพิ่มกำลังอัด)



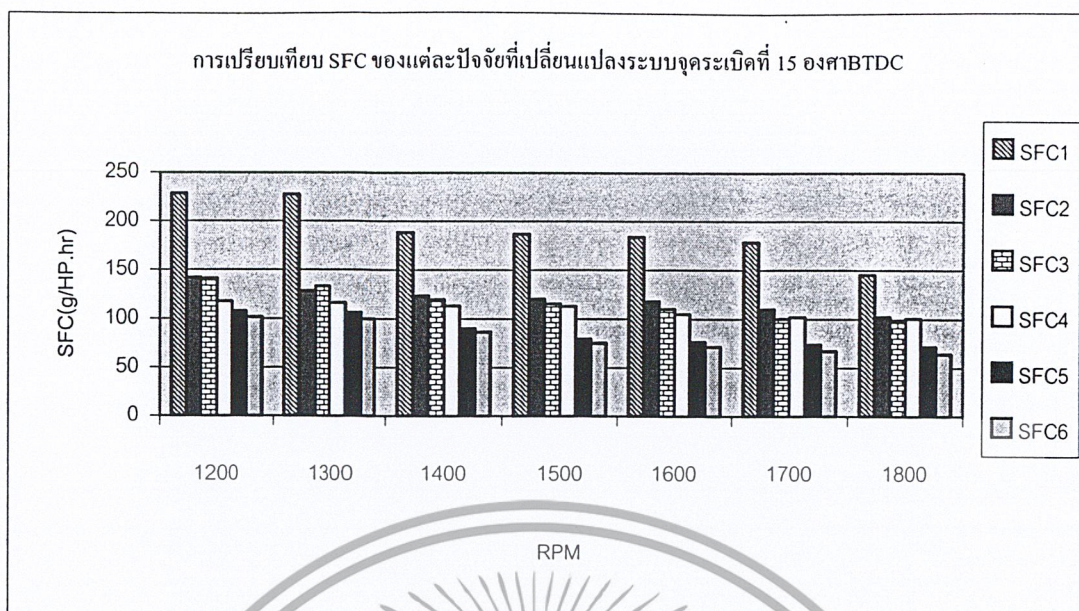
รูปที่ 5-39 แสดงการเปรียบเทียบ SFC ระหว่างการปาดฝาสูบเพิ่มกำลังอัดและที่สภาวะมาตรฐาน การจุดระเบิดที่ 15 องศา BTDC (เมื่อ SFC1 = SFC ที่สภาวะมาตรฐาน, SFC2 = SFC เมื่อทำการปาดฝาสูบเพิ่มกำลังอัด)



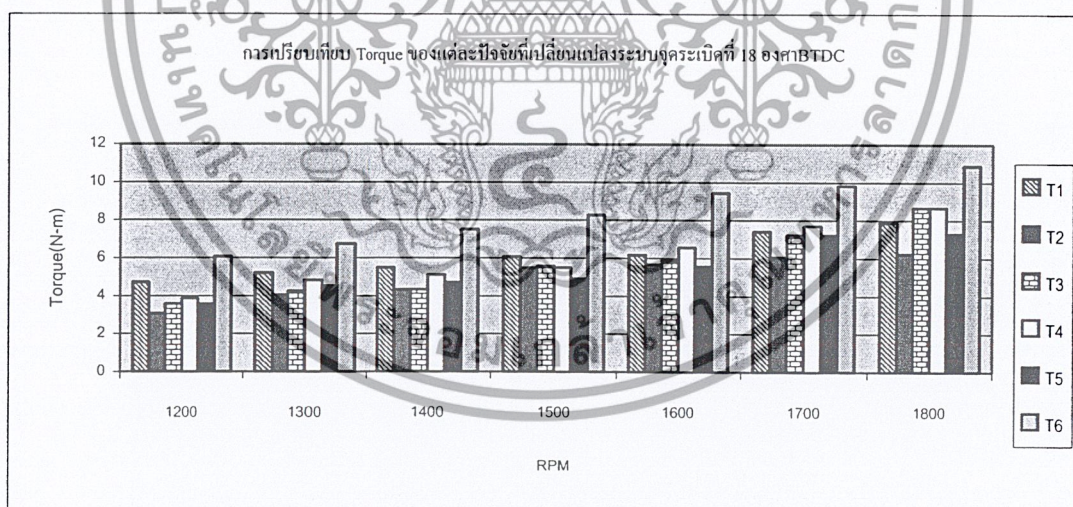
รูปที่ 5-40 แสดงการเปรียบเทียบ SFC ระหว่างการปาดฝาสือบเพิ่มกำลังอัดและที่สภาวะมาตรฐาน การจุดระเบิดที่ 18 องศา BTDC (เมื่อ SFC1 = SFC ที่สภาวะมาตรฐาน, SFC2 = SFC เมื่อทำการปาดฝาสือบเพิ่มกำลังอัด)



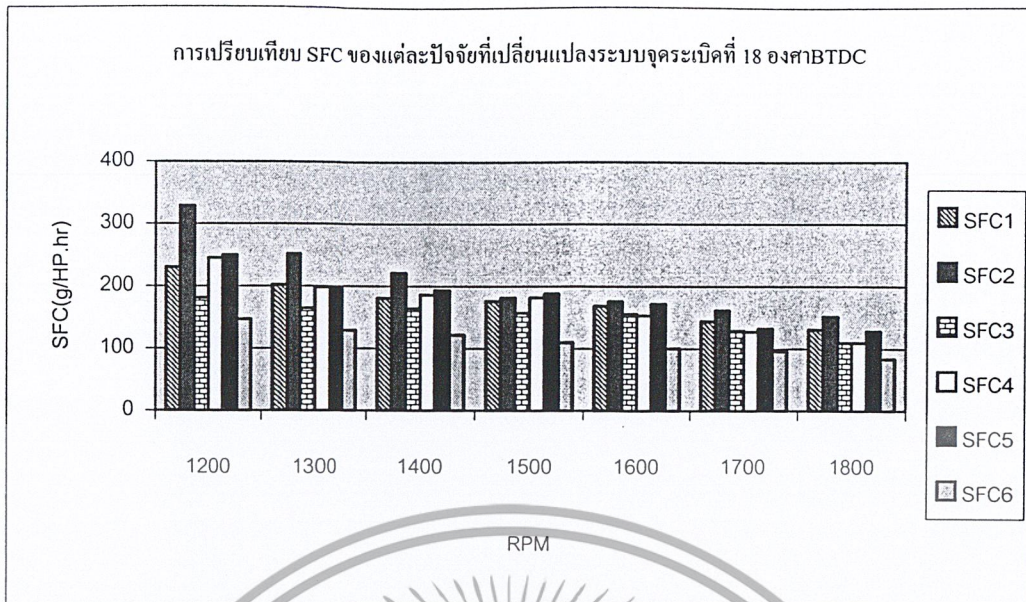
รูปที่ 5-41 แสดงการเปรียบเทียบ Torque ของแต่ละปัจจัยที่เปลี่ยนแปลงระบบจุดระเบิดที่ 15 องศา BTDC (เมื่อ T1 = Torque ที่สภาวะมาตรฐาน, T2 = Torque เมื่อใช้ cam ที่ปรับแต่งแล้ว, T3 = Torque เมื่อใช้ท่อไอเสียยาว 146 cm, T4 = Torque เมื่อใช้ท่อไอเสียยาว 230 cm, T5 = Torque เมื่อใช้ระบบจุดระเบิดของรถยนต์, T6 = Torque เมื่อทำการปาดฝาสือบเพิ่มกำลังอัด)



รูปที่ 5-42 แสดงการเปรียบเทียบ SFC ของแต่ละปัจจัยที่เปลี่ยนแปลงระบบจตุระเบ็ดที่ 15 องศา BTDC (โดย SFC1 = SFC ที่สภาวะมาตรฐาน, SFC2 = SFC เมื่อใช้ cam ที่ปรับแต่งแล้ว, SFC3 = SFC เมื่อใช้ท่อไอเสียยาว 146 cm, SFC4 = SFC เมื่อใช้ท่อไอเสียยาว 230 cm, SFC5 = SFC เมื่อใช้ระบบจตุระเบ็ดของรถยนต์, SFC6 = SFC เมื่อทำการปาดฝาสูบเพิ่มกำลังอัด)



รูปที่ 5-43 แสดงการเปรียบเทียบ Torque ของแต่ละปัจจัยที่เปลี่ยนแปลงระบบจตุระเบ็ดที่ 18 องศา BTDC (โดย T1 = Torque ที่สภาวะมาตรฐาน, T2 = Torque เมื่อใช้ cam ที่ปรับแต่งแล้ว, T3 = Torque เมื่อใช้ท่อไอเสียยาว 146 cm, T4 = Torque เมื่อใช้ท่อไอเสียยาว 230 cm, T5 = Torque เมื่อใช้ระบบจตุระเบ็ดของรถยนต์, T6 = Torque เมื่อทำการปาดฝาสูบเพิ่มกำลังอัด)



รูปที่ 5-44 แสดงการเปรียบเทียบ SFC ของแต่ละปัจจัยที่เปลี่ยนแปลงระบบจุดระเบิดที่ 18 องศา BTDC (โดย SFC1 = SFC ที่สภาวะมาตรฐาน, SFC2 = SFC เมื่อใช้ cam ที่ปรับแต่งแล้ว, SFC3 = SFC เมื่อใช้ท่อไอเสียยาว 146 cm, SFC4 = SFC เมื่อใช้ท่อไอเสียยาว 230 cm, SFC5 = SFC เมื่อใช้ระบบจุดระเบิดของรถยนต์, SFC6 = SFC เมื่อทำการปิดฝาสูบเพิ่มกำลังอัด)



## บทที่ 6

### สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

วัตถุประสงค์หลักของโครงการชิ้นนี้คือ การเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ที่รอบต่ำให้มีอัตรา การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงน้อยที่สุด หลังจากการทดลองและนำค่าต่าง ๆ ที่ได้มาวิเคราะห์ พบว่าปัจจัย ต่าง ๆ ที่ได้ทำการเปลี่ยนแปลงมีผลต่อประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ และเป็นไปตามแนวคิดและหลักการที่ ตั้งไว้ ตลอดระยะเวลาที่ได้ทำโครงการชิ้นนี้ได้พบอุปสรรคและปัญหาต่าง ๆ ซึ่งผู้จัดทำโครงการได้แก้ ปัญหาจนกระทั่งโครงการชิ้นนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี อนึ่ง การสรุปผลปัญหาและข้อเสนอแนะทางผู้จัดทำ ได้นำมาเขียนไว้ในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาและค้นคว้าสำหรับผู้ที่สนใจ ต่อไป

#### 6.1 สรุปผลการทดลอง

1. เมื่อเปลี่ยนเพลาลูกเบี้ยวที่ทำการปรับปรุงมาจะเห็นได้ว่าเครื่องยนต์มีกำลังสูงขึ้นที่ 15°BTDC และที่ 10°BTDC แต่เมื่อเปลี่ยนองศาเป็น 18 °BTDC และ 20 °BTDC กำลังของเครื่องยนต์จะตกลง แต่ค่า SFC จะประหยัดขึ้นอย่างเห็นได้ชัด(รูป 5-42) นั่นคือองศาการเปิดปิดวาล์วมีผลต่อกำลังและความประหยัด ของเครื่องยนต์

2. จากการเปลี่ยนขนาดความยาวท่อไอเสียจาก 30 cm เป็น 146 cm จะเห็นได้ว่าเครื่องยนต์มี กำลังสูงขึ้นและเมื่อเพิ่มขนาดความยาวขึ้น ไปอีกที่ 230 cm จะได้กำลังเพิ่มขึ้นอีกซึ่งก็พอเป็นแนวโน้มได้ ว่าขนาดของท่อไอเสียมีผลกับกำลังของเครื่องยนต์

3. จากการเปลี่ยนระบบจุดระเบิดจากของรถมอเตอร์ไซด์ ไปเป็นของรถยนต์แรงบิดจะเพิ่มขึ้นอย่าง เห็นได้ชัดเนื่องจากค่าความต่างศักย์ที่ได้จากคอยล์ จะสูงกว่าของรถมอเตอร์ไซด์ซึ่งเป็นการลดการเกิด Miss Fire และเครื่องยนต์เดินเรียบขึ้นซึ่งจะ ได้ความประหยัดเพิ่มขึ้นอีกด้วย

4. เมื่อทำการปาดฝาสูบเพิ่มกำลังอัดจาก 9.265 ไปเป็น 10.917 จะเห็นว่าได้ค่าแรงบิดจะมีแนว โน้มสูงขึ้นทั้งที่ 15°BTDC และที่ 18 °BTDC แต่อาจจะไม่มากเพราะว่าเครื่องไม่สามารถปาดฝาสูบไปได้ มากกว่านี้แล้วดังนั้นการเพิ่มกำลังอัดในเครื่องยนต์จะทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องเพิ่มขึ้นด้วย

- ค่าแรงบิดเพิ่มขึ้นสูงสุด 106.5% ที่รอบ 1500 RPM เทียบกับค่ามาตรฐาน
- ค่าการประหยัดน้ำมันเพิ่มขึ้นสูงสุด 62.4% ที่รอบ 1700 RPM เทียบกับค่ามาตรฐาน

## 6.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรปรับปรุงเครื่องยนต์ให้มีประสิทธิภาพในการทำงานให้สูงขึ้น เช่น เพิ่มหัวเทียนเป็น 2 หัว เพื่อลดอาการ Miss Fire
2. ควรหาวิธีควบคุมอัตราส่วนอากาศต่อน้ำมันให้แม่นยำยิ่งขึ้นและวิเคราะห์ไอเสียที่ได้ให้สมบูรณ์ที่สุด
3. ตั้งระยะและมุมของกรวยที่จะบดกับล้อให้เหมาะสมเพื่อที่จะได้ลดการสูญเสียกำลังเนื่องจากการส่งถ่ายกำลัง
4. เพลาลูกเบี้ยวยังสามารถที่จะทำการตัดแปลงให้มีประสิทธิภาพที่ดีกว่านี้ได้
5. ผู้ขับขี่ควรระวังฝีกซ้อมเพื่อให้มีทักษะในการขับและการแก้ปัญหาเฉพาะหน้าระหว่างแข่งขันได้



## บรรณานุกรม

- [1] R.C. Hibbeler, "Mechanics of Materials", Phentice Hall, 1997
- [2] R.C. Hibbeler, "Engineering of Mechanics Dynamics", Phentice Hall, 1995
- [3] ดร.วริทธิ์ อิงภากรณ์, รศ.ชาญ ถนังงาน "การออกแบบเครื่องจักรกล 1", ซีเอ็ดดูเคชั่น, 2541
- [4] พิศาล ขำคม, "ทฤษฎีและปฏิบัติยานยนต์", โครงการส่งเสริมการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ
- [5] รศ.บรรเลง ศรีนิต, ศศ.ประเสริฐ กิ้วยสมบูรณ์, "ตารางงานโลหะ", สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

