สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบไฮบริดแบบขนานสำหรับรถยนต์ขนาดเล็ก

SMALL PARALLEL HYBRID VEHICLES

นายศุภมิตร คำเพราะ
นายสรวิชญ์ บุญชรัตน์
นายอิศรศักดิ์ วงศ์วนากูล

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน...62403...
วัน,เดือน,ปี..17..ส.ค..2549

b.....11b7307x.....
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบไฮบริดแบบขนานสำหรับรถยนต์ขนาดเล็ก

SMALL PARALLEL HYBRID VEHICLES

โดย

นายศุภมิตร คำเพราะ

นายสรวิชญ์ บุญยรัตน์

นายอิศรศักดิ์ วงศ์วนากุล

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร. จินดา เจริญพรพาณิชย์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2548

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบไฮบริดแบบขนานสำหรับรถยนต์ขนาดเล็ก

SMALL PARALLEL HYBRID VEHICLE

ผู้จัดทำ

1. นายศุภมิตร คำเพราะ	รหัสประจำตัว	45010781
2. นายสรวิชญ์ บุญยรัตน์	รหัสประจำตัว	45010805
3. นายอิศรศักดิ์ วงศ์วนากุล	รหัสประจำตัว	45010977

อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ดร. จินดา เจริญพรพาณิชย์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบไฮบริดแบบขนานสำหรับรถยนต์ขนาดเล็ก

นายศุภมิตร คำเพราะ 45010781
นายสรวิชญ์ บุญยรัตน์ 45010805
นายอิสรศักดิ์ วงศ์วนากุล 45010977
ผศ.ดร. จินดา เจริญพรพาณิชย์ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2548

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการศึกษาและพัฒนารถยนต์ไฮบริดต้นแบบ ซึ่งเป็นรถยนต์ที่ใช้แหล่งพลังงานจากสองแหล่งมาผสมผสานกันอย่างมีประสิทธิภาพระหว่างเครื่องยนต์และมอเตอร์ไฟฟ้า โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ มาควบคุมการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าเพื่อให้รถยนต์สามารถขับเคลื่อนได้ทั้งเครื่องยนต์และมอเตอร์ไฟฟ้าร่วมกัน รวมทั้งหยุดและเริ่มการทำงานของมอเตอร์ที่ความเร็วที่ต้องการศึกษา จุดประสงค์เพื่อช่วยประหยัดเชื้อเพลิงและลดมลภาวะ รวมทั้งให้ความสะดวกสบายในการใช้งาน ซึ่งแนวทางในการทดลองคือทำการศึกษาและสร้างชุดควบคุมที่พัฒนามาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยมีโปรแกรมควบคุมที่เขียนมาจากภาษาซี วิธีการทดลองคือ ทำการติดตั้งเซนเซอร์ที่เพลาขับล้อหน้าเพื่อส่งสัญญาณไปยังชุดควบคุม จากนั้นชุดควบคุมจะทำการประมวลผลและส่งสัญญาณไปควบคุมความเร็วของมอเตอร์ตามฟังก์ชันที่ศึกษา

ซึ่งผลการทดสอบที่ได้กรณีใช้พลังงานร่วมระหว่างเครื่องยนต์กับมอเตอร์ไฟฟ้าหรือไฮบริด พบว่ารถมีการตอบสนองต่อการขับขี่ดีกว่าแบบใช้เครื่องยนต์ธรรมดา และเมื่อนำปริมาณน้ำมันที่ประหยัดขึ้นคำนวณร่วมกับค่าไฟฟ้าปรากฏว่าสามารถประหยัดน้ำมันคิดเป็นเงิน 0.128 บาทต่อกิโลเมตร ใน 1 วัน รถยนต์วิ่งที่ 50 กิโลเมตร ใน 1 ปีคิดที่ 365 วัน เพราะฉะนั้น 1 ปีประหยัดน้ำมันคิดเป็นเงิน 2336 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Small Parallel Hybrid Vehicle

Supamit Khampro 45010781

Sorravit Boonyarat 45010805

Isarasak Wongwanakul 45010977

Assist. Prof. Dr.Chinda Charoenphonphanich

Advisor

ABSTRACT

This paper presents a hybrid car. This car is designed to operate both internal combustion engine and electric motor. By using microcontroller, the electric motor drives front wheels of vehicle at low speed and the engine starts to drive rear wheels at middle and high speed. The controller can switch from the electric motor to the engine at a certain speed. The purpose of this car to reduces fuel consumption and pollution in the city. The vehicle was designed and manufactured for the experiment. The program used for control unit with microcontroller is developed by C language. The speed sensor was set up at front drive axle for signaling to the control unit. Then the control unit sends the signal to control the electric motor speed according to the test conditions.

From the result of this study, when we apply the combination of energy source as engine and electric motor, the response of driving is better than conventional engine. A simple economic analysis shows that the customers will save 0.128 bath per kilometer and 2,336 bath per year if they choose this hybrid car.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี ด้วยความช่วยเหลือและร่วมมือจากบุคคลหลายท่านด้วยกัน ซึ่งบุคคลท่านแรกที่ขอขอบคุณก็คือ อาจารย์จินดา เจริญพรพาณิชย์ อาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้ให้ความเอาใจใส่ ให้คำแนะนำแนวทาง และช่วยเหลือในการทำงานให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี อาจารย์พงษ์ศักดิ์ คำมูล ที่ให้คำปรึกษาด้านเครื่องยนต์ และพี่วรพงศ์ สมงาม ที่ให้คำปรึกษาเรื่องโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ทั้งนี้ยังต้องขอบคุณ อุงมณฑาที่ให้คำแนะนำและช่วยเหลือเกี่ยวกับปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการทำงาน ขอบคุณพ่อแม่ที่ช่วยให้พวกเรามีวันนี้

สุดท้ายต้องขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่ได้มอบความรู้ต่างๆ และประสบการณ์ จนกระทั่งสามารถนำความรู้นั้นมาใช้ในการดำเนินงานในโครงงานนี้จนสำเร็จได้ด้วยดี รวมทั้งอาจารย์และเพื่อนๆ ที่ภาควิชาเครื่องกลทุกคน ที่ได้ให้ความช่วยเหลืออื่นๆ และเป็นกำลังใจในการดำเนินโครงงานนี้ ขอขอบคุณมากครับ

นายศุภมิตร คำเพราะ
นายสรวิชญ์ บุญยรัตน์
นายอิศรศักดิ์ วงศ์วนากุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

		หน้าที่
บทคัดย่อภาษาไทย		I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		II
กิตติกรรมประกาศ		III
สารบัญ		IV
สารบัญรูปภาพ		VII
สารบัญตาราง		VIII
สารบัญกราฟ		VIII
บทที่	1 บทนำ	1
	1.1 ความสำคัญและที่มา	1
	1.2 วัตถุประสงค์ของการดำเนินงาน	1
	1.3 ขอบเขตของโครงงาน	1
	1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	1
บทที่	2 หลักการทำงานและส่วนประกอบของรถยนต์ไฮบริด	3
	2.1 เครื่องยนต์	3
	2.1.1 การจุดระเบิดในเครื่องยนต์	3
	2.1.2 จังหวะการทำงานของเครื่องยนต์	3
	2.1.3 ระบบหล่อเย็น	4
	2.2 สารมลพิษในไอเสีย	4
	2.2.1 สารมลพิษในไอเสียรถยนต์เบนซิน	4
	2.2.2 การควบคุมมลพิษจากไอเสีย	5
	2.3 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบไม่มีแปรงถ่าน	6
	2.3.1 โครงสร้าง	6
	2.3.2 หลักการทำงาน	9
	2.3.3 แรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับ	10
	2.3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับและกระแส	11
	2.3.5 สมการเอาต์พุตของอาร์มาเจอร์	11
	2.3.6 แรงบิด	12
	2.3.7 สมการของแรงบิด	13
	2.3.8 ประสิทธิภาพ	14
	2.4 รีเลย์ (Relay)	14
	2.4.1 ส่วนประกอบของรีเลย์	14
	2.4.2 หลักการทำงานของรีเลย์	15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 ชนิดของรีเลย์ 15
2.4.4 รีเลย์ควบคุมแบบไฟฟ้าเชิงกล 16
2.4.5 ลักษณะรูปร่างของรีเลย์ที่ใช้ในรถยนต์ 18
2.5 แบตเตอรี่ (Battery) 18
2.5.1 หน้าที่ของแบตเตอรี่ 18
2.5.2 โครงสร้างของแบตเตอรี่ 19
2.5.3 ความจุของแบตเตอรี่ 20
2.5.4 อัตราการจ่ายประจุไฟฟ้า 20
2.5.5 การประจุแบตเตอรี่ 20
2.5.6 ประสิทธิภาพแบตเตอรี่ 21
2.5.7 การบำรุงรักษาแบตเตอรี่ 21
2.5.8 การเก็บรักษาแบตเตอรี่ 23
2.6 ระบบการทำงานแบบต่างๆของรถยนต์ไฮบริด 23
2.6.1 ระบบอนุกรม (Series system) 23
2.6.2 ระบบขนาน (Parallel system) 23
2.7 เอ็นโคดเดอร์(Encoder) 24
บทที่ 3 การออกแบบรถไฮบริด 26
3.1 ข้อมูลจำเพาะของรถยนต์ไฮบริด 26
3.2 การออกแบบรถยนต์ 26
3.2.1 กำลังขับเคลื่อนของรถยนต์ 26
3.2.2 การสูญเสียในการส่งกำลัง 27
3.2.3 แรงต้านการหมุนของล้อ 27
3.2.4 แรงต้านอากาศ 29
3.2.5 แรงต้านทางชัน 32
3.2.6 แรงขับเคลื่อน 34
3.2.7 อัตราเร็วรถยนต์ 35
3.2.8 กำลังขับเคลื่อนของเครื่องยนต์ 35
3.2.9 กำลังขับเคลื่อนและแรงต้านต่างๆ 36
3.3 ชุดควบคุมการทำงานของระบบไฮบริด 40
3.3.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ 40
3.3.1.1 การจัดขาต่างๆ ของ MCS-51 43
3.3.1.2 ฐานเวลาของ MCS-51 45
3.3.1.3 โครงสร้างของพอร์ทอินพุตเอาท์พุต (I/O Port Structure) 46
3.4 โปรแกรมควบคุมมอเตอร์ (ภาษา C สำหรับ MSC-51) 46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	3.5 แผนภาพการทำงานของมอเตอร์	50
บทที่	4 การทดสอบและผลการทดสอบของรถไฟฟ้าไฮบริด	51
	4.1 วัตถุประสงค์	51
	4.2 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ	51
	4.3 วิธีการทดสอบ	51
	4.3.1 การทดสอบแบบ Chassis Dynamometer	51
	4.3.2 การทดสอบแบบ Field Test กรณีความเร็วคงที่	52
	4.3.3 การทดสอบโดยจำลองสถานการณ์การใช้งานจริง (Field Test)	52
	4.4 ผลการทดสอบ	53
	4.4.1 การทดสอบแบบ Field test กรณีความเร็วคงที่	53
	4.4.2 การทดสอบโดยจำลองสถานการณ์การใช้งานจริง (Field Test)	54
	4.4.3 การทดสอบบนแท่นทดสอบ (Chassis test) กรณีความเร็วคงที่ ที่ภาระกระทำสูงสุด	54
	4.5 การคิดค่าไฟฟ้าและการประหยัดเงิน	56
	4.6 การคำนวณจุดคุ้มทุนระหว่าง Mode ธรรมดาและ Mode ไฮบริด	57
	4.6.1 ข้อมูลเบื้องต้นและสูตรที่ใช้ในการคำนวณ	57
	4.6.2 ค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นสำหรับ Mode ไฮบริด	57
	4.6.3 ข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการหาจุดคุ้มทุน	58
	4.6.4 การคำนวณ	58
บทที่	5 บทสรุปและวิจารณ์	59
	5.1 วิจารณ์ผลการทดลอง	59
	5.2 สรุปผลการทดลอง	59
	5.3 ปัญหาที่เกิดขึ้นในการทดลอง	59
	5.3.1 ปัญหาที่เกิดกับเครื่องยนต์และตัวรถยนต์	59
	5.3.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทดลอง	59
	5.4 ข้อเสนอแนะและแนวทางแก้ไข	59
ภาคผนวก		61
บรรณานุกรม		80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

หน้าที่

บทที่ 2 หลักการทำงานและส่วนประกอบของรถยนต์ไฮบริด

รูปที่ 2-1 รูปร่างของแกนเหล็กอาร์มาเจอร์ 7

รูปที่ 2-2 แกนเหล็กขั้วแม่เหล็กและโพลชู 7

รูปที่ 2-3 ชุดขดลวดสนาม 8

รูปที่ 2-4 ลักษณะซี่คอมมิวเตเตอร์ 8

รูปที่ 2-5 การติดตั้งซี่คอมมิวเตเตอร์ 9

รูปที่ 2-6 กฎมือซ้าย 9

รูปที่ 2-7 ทิศทางของแรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับ 10

รูปที่ 2-8 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับในวงจรอาร์มาเจอร์ 11

รูปที่ 2-9 โมเมนต์ซึ่งลวดตัวนำอาร์มาเจอร์กระทำรอบจุดศูนย์กลาง 13

รูปที่ 2-10 ส่วนประกอบและการทำงานของรีเลย์ 15

รูปที่ 2-11 สัญลักษณ์ของรีเลย์ชนิดต่างๆ 16

รูปที่ 2-12 การใช้รีเลย์ควบคุมสวิตช์ 16

รูปที่ 2-13 การใช้รีเลย์ควบคุมวงจรแรงดันสูงด้วยวงจรควบคุมแรงดันต่ำ 17

รูปที่ 2-14 การใช้รีเลย์ควบคุมวงจรโหลดกระแสสูงด้วยวงจรควบคุมกระแสต่ำ 17

รูปที่ 2-15 รูปร่างของรีเลย์แบบต่างๆ ที่ใช้ในรถยนต์ 18

รูปที่ 2-16 แบตเตอรี่ที่ใช้กับรถยนต์เป็นแบบเปียกประเภทตะกั่ว-กรด 19

รูปที่ 2-17 ขั้นตอนในการทำความสะอาดแบตเตอรี่ 22

รูปที่ 2-18 Incremental optical shaft encoder 24

รูปที่ 2-19 Three-bit optical position encoder 24

รูปที่ 2-20 แมกเนติกพิกอัพเซ็นเซอร์ 25

บทที่ 3 การออกแบบรถไฮบริด

รูปที่ 3-1 แรงขับเคลื่อนและแรงต้าน 26

รูปที่ 3-2 ระบบส่งกำลังของเครื่องยนต์ขับเคลื่อนล้อหลัง 27

รูปที่ 3-3 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงต้านการหมุนของล้อกับอัตราเร็วรถยนต์ 28

รูปที่ 3-4 การเคลื่อนไหวของอากาศผ่านรถยนต์ทรงต่างๆ 29

รูปที่ 3-5 การเคลื่อนที่ของอากาศผ่านรูปทรงต่างๆ ที่มีพื้นที่หน้าตัดเท่ากัน 30

รูปที่ 3-6 สัดส่วนที่เหมาะสมของวัตถุทรงหยดน้ำ 30

รูปที่ 3-7 การทดลองหาแรงต้านอากาศโดยใช้หุ่นจำลองและอุโมงค์ลม 31

รูปที่ 3-8 ความกว้างและความสูงของรถยนต์ 31

รูปที่ 3-9 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงต้านอากาศกับอัตราเร็วรถยนต์ 32

รูปที่ 3-10 แรงต้านทางชัน 33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3-11 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงต้านทางชันกับอัตราเร็วรถยนต์ 33
รูปที่ 3-12 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงต้านทั้งหมดกับอัตราเร็วรถยนต์ 34
รูปที่ 3-13 แสดงโครงสร้างภายในของ MCS-51 41
รูปที่ 3-14 ตัวอย่างการทำงานของหน่วยความจำสแตก 43
รูปที่ 3-15 แสดงขาต่างๆ ของ 8051 43
รูปที่ 3-16 สัญญาณนาฬิกาและแมชชีนไซเคิล 45
รูปที่ 3-17 โครงสร้างพอร์ททั้ง 4 ของ MCS-51 46
รูปที่ 3-18 แผนภาพการทำงานของมอเตอร์ 50

บทที่ 4 การทดสอบและผลการทดสอบของรถไฟฟ้าไฮบริด
รูปที่ 4-1 สถานที่ใช้ในการทดสอบ 52
รูปที่ 4-2 แสดงอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่ความเร็วคงที่ที่ได้จากการทดสอบแบบ Field test 53
รูปที่ 4-3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับอัตราสิ้นเปลืองน้ำมัน 54
รูปที่ 4-4 แสดงกำลังที่ความเร็วต่างๆ 54
รูปที่ 4-5 แสดงแรงบิดที่ความเร็วต่างๆ 55
รูปที่ 4-6 แสดงความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสัมพัทธ์เฉลี่ยที่ภาระสูงสุด 55
รูปที่ 4-7 แสดงความดันผลเฉลี่ยเพลาเฉลี่ยที่ภาระสูงสุด 56

สารบัญตาราง

บทที่ 3 การออกแบบรถไฮบริด
ตารางที่ 3-1 แสดงไมโครโปรเซสเซอร์ตระกูล MCS-51 เบอร์ต่างๆ 41
ตารางที่ 3-2 แสดงเลขบิตและหน้าที่ต่างๆ ของพอร์ท 3 44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

ในปัจจุบันเทคโนโลยีต่าง ๆ ได้ก้าวหน้าไปอย่างรวดเร็ว มีสิ่งอำนวยความสะดวกอย่างมากมาย โดยเราได้นำพลังงานชนิดต่าง ๆ มาใช้เพื่อปรับปรุงเทคโนโลยี ให้ได้มาซึ่งสิ่งอำนวยความสะดวกเหล่านั้น แต่ในทางตรงกันข้ามในข้อดีของเทคโนโลยี ก็ยังมีข้อเสียเกิดขึ้น และสิ่งเหล่านั้นทำให้โลกของเราเกิดการเสียสมดุล อาทิเช่น โลกร้อนขึ้น, มลพิษ, ชั้นโอโซนถูกทำลาย ฝนฟ้าไม่ตกต้องตามฤดูกาล และเกิดโรคต่าง ๆ ทั้งในมนุษย์และสัตว์ สิ่งหนึ่งที่เป็นปัญหาสำคัญในโลกทุกวันนี้ก็คือปัญหามลพิษ ที่เป็นสาเหตุให้เกิดปัญหาอื่น ๆ ตามมา ทั้งปัญหาฝนกรด บรรยากาศของโลกอยู่ในสภาวะเรือนกระจก ตัวการหนึ่งที่ทำให้เกิดปัญหามลพิษซึ่งเราสามารถพบเห็นในชีวิตประจำวันก็คือ รถยนต์ ที่ทุกวันนี้จะมีปริมาณเพิ่มขึ้น ซึ่งรถยนต์เหล่านี้เองที่ปล่อยไอพิษออกมา ซึ่งเกิดจากการเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ไม่สมบูรณ์ ไอพิษส่วนใหญ่จะประกอบด้วย คาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรคาร์บอน และออกไซด์ของไนโตรเจน นั่นเอง การแก้ปัญหามลพิษก็ทำได้โดยการทำให้เครื่องยนต์ปล่อยไอพิษออกมาน้อยที่สุด ซึ่งอาจจะเป็นการปรับปรุงเครื่องยนต์ให้เผาไหม้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น หรืออาจจะลดปริมาณการใช้ให้น้อยลง แต่อีกวิธีคือ การนำพลังงานอย่างหนึ่งมาใช้ควบคู่ไปกับเครื่องยนต์ พลังงานที่ว่าก็คือพลังงานไฟฟ้า ซึ่งพลังงานนี้จะไม่ก่อให้เกิดไอพิษออกมา และทุกวันนี้บริษัทรถยนต์หลาย ๆ ค่าย ก็หันมาพัฒนายานพาหนะที่เรียกว่ารถยนต์พลังงานร่วม(Hybrid car) ซึ่งเป็นยานพาหนะที่ใช้พลังงานจากสองแหล่งมาผสมผสานกันอย่างมีประสิทธิภาพ ระหว่างเครื่องยนต์และมอเตอร์ไฟฟ้าเพื่อใช้ในการขับเคลื่อน

1.2 วัตถุประสงค์ของการดำเนินงาน

ทำการออกแบบระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าที่ช่วยในการขับเคลื่อนของเครื่องยนต์ เพื่อเพิ่มแรงบิดให้กับรถมากยิ่งขึ้น และเป็นการลดอัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงลง โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

ศึกษาและจัดทำระบบช่วยส่งกำลังของรถยนต์ขนาดเล็กโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) มาควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า (Electric Motor) เพื่อให้รถยนต์สามารถขับเคลื่อนได้ทั้งเครื่องยนต์และมอเตอร์ไฟฟ้า

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับรถยนต์ต้นแบบ
2. ทดสอบรถยนต์ต้นแบบ และเก็บบันทึกค่าต่าง ๆ ทั้งกำลัง ปริมาณการสิ้นเปลืองน้ำมัน
3. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับรถยนต์ไฮบริด เกี่ยวกับระบบต่าง ๆ
4. ออกแบบและคำนวณระบบส่งกำลัง, ระบบควบคุม เพื่อจะนำมาใช้ในรถยนต์ไฮบริด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. จัดทำระบบต่าง ๆ ของรถยนต์ไฮบริด ตามที่ได้ออกแบบ
6. ทำการทดสอบและเก็บบันทึกค่าของรถยนต์ไฮบริด
7. สรุปและวิเคราะห์ผลการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบกับรถยนต์ต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
หลักการทำงานและส่วนประกอบของรถยนต์ไฮบริด

ส่วนประกอบของรถยนต์ไฮบริด

2.1 เครื่องยนต์

เครื่องยนต์ที่นิยมใช้คือเครื่องยนต์สันดาปภายใน (Internal Combustion Engine) ซึ่งเป็นเครื่องยนต์ความร้อน ซึ่งแปลงพลังงานเคมีในเชื้อเพลิงให้เป็นพลังงานกล โดยส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของการหมุนของเพลาส่งกำลัง ในขั้นแรกพลังงานเคมีในเชื้อเพลิงจะถูกแปลงไปเป็นพลังงานความร้อน โดยการสันดาปกับอากาศภายในเครื่องยนต์ พลังงานความร้อนนี้จะเพิ่มทั้งอุณหภูมิและความดันของก๊าซในเครื่องยนต์ แล้วก๊าซความดันสูงนี้ก็จะผลักดันกลไกของเครื่องยนต์ เป็นการแปลงการขยายตัวของก๊าซโดยอาศัยชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ให้เป็นการหมุนของเพลาข้อเหวี่ยงซึ่งก็คือเพลาส่งกำลังของเครื่องยนต์นั่นเอง เพลาข้อเหวี่ยงจะถูกต่อเข้ากับเกียร์และระบบส่งกำลัง เพื่อส่งผ่านพลังงานกลในรูปของการหมุนไปใช้งาน

2.1.1 การจุดระเบิดในเครื่องยนต์

การจุดระเบิดหรือการให้ความร้อนเพื่อเกิดการสันดาปโดยทั่วไปมี 2 แบบ คือ

1. จุดระเบิดด้วยประกายไฟ (Spark Ignition) เครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟจะเริ่มกระบวนการสันดาปในแต่ละวัฏจักรโดยหัวเทียน หัวเทียนจะคายประจุไฟฟ้าแรงสูงออกมาระหว่างอิเล็กโทรดครดทั้งสองขั้ว ประกายไฟจะจุดส่วนผสมระหว่างอากาศและเชื้อเพลิงในห้องเผาไหม้ให้ลุกไหม้บริเวณรอบหัวเทียน

2. จุดระเบิดด้วยการอัด (Compression Ignition) กระบวนการสันดาปภายในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด จะเริ่มโดยการลุกไหม้ขึ้นเองของส่วนผสมเชื้อเพลิงกับอากาศจากความร้อนภายในห้องเผาไหม้

2.1.2 จังหวะการทำงานของเครื่องยนต์

การทำงานของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟแบ่งออกเป็น 4 จังหวะ ได้แก่ จังหวะดูด จังหวะอัด จังหวะกำลังหรือขยายตัว และจังหวะคาย วัฏจักการทำงาน 4 จังหวะในแต่ละกระบอกสูบของเครื่องยนต์จะต้องใช้จังหวะการเคลื่อนที่ของลูกสูบ 4 จังหวะหรือ 2 รอบหมุนของเพลาข้อเหวี่ยง

1. จังหวะดูด (Intake Stroke) ลูกสูบจะเคลื่อนที่จากศูนย์ตายบนไปยังศูนย์ตายล่าง เป็นการขยายปริมาตรของห้องเผาไหม้และทำให้เกิดความดันต่ำกว่าบรรยากาศ ไอดีจะถูกดูดให้ไหลเข้าสู่กระบอกสูบ โดยในระหว่างจังหวะดูดนี้วาล์วไอดีจะเปิดและวาล์วไอเสียจะปิด

2. จังหวะอัด (Compression Stroke) หลังจากลูกสูบเคลื่อนที่ถึงศูนย์ตายล่างแล้วก็จะเคลื่อนที่ขึ้นกลับไปยังศูนย์ตายบน วาล์วไอดีและวาล์วไอเสียปิด ไอดีภายในกระบอกสูบจะถูกลดปริมาตร ทั้งความดันและอุณหภูมิจะสูงขึ้น

3. จังหวะกำลังหรือขยายตัว (Power Stroke or Expansion Stroke) เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ใกล้ถึงศูนย์ตายบนในจังหวะอัด จะเกิดประกายไฟที่หัวเทียนและเริ่มการจุดระเบิดเผาไหม้ไอดี ก๊าซความดันสูงใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องเผาไหม้จะดันลูกสูบเคลื่อนที่ลงจากศูนย์ตายบนไปยังศูนย์ตายล่าง เป็นจังหวะที่เครื่องยนต์ให้กำลังและงาน ในระหว่างจังหวะนี้วาล์วไอดีและวาล์วไอเสียจะปิด

4. จังหวะคาย (Exhaust Stroke) เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ใกล้ถึงศูนย์ตายล่าง วาล์วไอเสียจะเปิดส่วนวาล์วไอดียังคงปิดอยู่ ไอเสียจะถูกไล่ออกจากกระบอกสูบหลังจากลูกสูบเคลื่อนที่ผ่านศูนย์ตายล่างไปยังศูนย์ตายบน เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ผ่านศูนย์ตายบนแล้วก็จะเริ่มเคลื่อนที่ลง วาล์วไอเสียปิด และวาล์วไอดีเปิดเพื่อเริ่มต้นจังหวะดูดอีกครั้งหนึ่ง

2.1.3 ระบบหล่อเย็น

ในปัจจุบันเครื่องยนต์สันดาปภายในจะทำให้เกิดความร้อนมาก เพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้ผนังกระบอกสูบ ลูกสูบ วาล์ว และส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ร้อนเกินไป เราจึงจำเป็นที่จะต้องกำจัดความร้อนเหล่านี้

ระบบหล่อเย็นที่นิยมใช้กันมี 2 ระบบ คือ หล่อเย็นด้วยอากาศ และหล่อเย็นด้วยของเหลว

1. ระบบหล่อเย็นด้วยอากาศ (Air-Cooled) จะใช้อากาศเป็นตัวหล่อเย็นโดยให้ไหลรอบเครื่องยนต์เพื่อระบายความร้อน ในปัจจุบันเครื่องยนต์ที่ใช้ระบบหล่อเย็นแบบนี้จะไม่นิยมใช้กันแล้ว เพราะการระบายความร้อนได้ไม่ดีเท่าระบบหล่อเย็นด้วยของเหลว อุปกรณ์ที่สำคัญของระบบนี้คือ พัดลม

2. ระบบหล่อเย็นด้วยของเหลว (Liquid-Cooled) จะใช้ของเหลวเป็นสารหล่อเย็น โดยความร้อนจะถูกนำออกโดยสารหล่อเย็นที่ไหลเวียนในเครื่องยนต์ สารหล่อเย็นจะถูกปั๊มผ่านไปรอบเครื่องยนต์ และหลังจากที่ดูดซับความร้อนแล้วจะไหลไปที่หม้อน้ำเพื่อระบายความร้อนสู่บรรยากาศ และไหลไปรับความร้อนมาใหม่ อุปกรณ์ที่สำคัญของระบบนี้คือ พัดลม หม้อน้ำ ปั๊มน้ำ และเทอร์มอสแตด (Thermostat)

2.2 สารมลพิษในไอเสีย

2.2.1 สารมลพิษในไอเสียรถยนต์เบนซิน

1. คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น เป็นก๊าซพิษซึ่งเกิดขึ้นในเครื่องยนต์ที่ทำงานด้วยไอดีที่มีความเข้มสูง เมื่อไม่มีออกซิเจนเพียงพอในการทำปฏิกิริยากับคาร์บอนให้ได้คาร์บอนไดออกไซด์ เชื้อเพลิงบางส่วนจึงไม่ถูกสันดาปและทำปฏิกิริยากับออกซิเจนเป็นคาร์บอนมอนอกไซด์ คาร์บอนมอนอกไซด์มิได้เป็นสารพิษไม่พึงประสงค์ในไอเสียเท่านั้น การมีคาร์บอนมอนอกไซด์หมายถึงการสูญเสียพลังงานส่วนหนึ่งไปเพราะคาร์บอนมอนอกไซด์ก็เป็นเชื้อเพลิงที่สามารถให้ความร้อนได้ ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ในไอเสียมีค่าสูงสุดเมื่อไอดีของเครื่องยนต์มีความเข้มมาก เช่น ขณะติดเครื่องยนต์ หรือ เมื่อเร่งเครื่องยนต์ขณะมีโหลด และแม้ไอดีจะมีความเข้มเหมาะแก่การสันดาปที่สุดหรือเจือจาง ก็ยังคงเกิดคาร์บอนมอนอกไซด์ในเครื่องยนต์ได้จากการผสมคลุกเคล้าไม่ทั่วกันของไอดี

2. ไฮโดรคาร์บอน (HC) ไอเสียที่ออกจากห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ มีสารประกอบไฮโดรคาร์บอนสูงถึง 6,000 ส่วนในล้านส่วน (6,000 ppm) หรือ 1-1.5 เปอร์เซ็นต์ของเชื้อเพลิง 40 เปอร์เซ็นต์ของส่วนดังกล่าวนี้ คือสารประกอบของเชื้อเพลิงซึ่งมิได้เผาไหม้ ส่วนอีก 60 เปอร์เซ็นต์ คือสารประกอบที่เกิดขึ้นใหม่มิได้มีอยู่เดิมในเชื้อเพลิง ไฮโดรคาร์บอนที่เกิดขึ้นแตกต่างกันไปตามชนิดของเชื้อเพลิงซึ่งมีส่วนผสมต่างกัน รูปทรงทางเรขาคณิตของห้องเผาไหม้และพารามิเตอร์ต่างๆ ในการทำงานของเครื่องยนต์ก็มีผลต่อรูปแบบของไฮโดรคาร์บอนในไอเสีย ไฮโดรคาร์บอนในไอเสียเมื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกมาผสมกับอากาศจะส่งกลิ่นและทำให้อวัยวะต่างๆ ระคายเคืองและบางส่วนก็เป็นสารก่อมะเร็งด้วย ไฮโดรคาร์บอนเหล่านี้จะทำปฏิกิริยากับอากาศและทำให้เกิดหมอกควัน สาเหตุของการเกิดไฮโดรคาร์บอน เช่น อัตราส่วนอากาศ-เชื้อเพลิงไม่เหมาะสม การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ สารตกค้างที่ผนังห้องเผาไหม้ น้ำมันเครื่องที่ผนังห้องเผาไหม้ การเปิดซ้อนกันของวาล์วไอดี-ไอเสีย

3. ออกไซด์ของไนโตรเจน (NOx) ไอเสียของเครื่องยนต์ทั่วไปมีปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจนประมาณ 200 ppm หรือต่ำกว่านั้น โดยส่วนใหญ่เป็นไนโตรเจนออกไซด์ (NO) มีไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) ปนอยู่เป็นส่วนน้อยเท่านั้น และที่เหลือซึ่งมีปริมาณน้อยมากเป็นสารประกอบต่างๆ ระหว่างไนโตรเจนและออกซิเจน ออกไซด์เหล่านี้ถูกเรียกรวมกันว่า NOx การเกิด NOx ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ถ้าอุณหภูมิสูงจะเกิด NOx ได้เยอะ นอกจากจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิแล้ว การเกิด NOx ยังขึ้นอยู่กับความดัน อัตราส่วนอากาศ-เชื้อเพลิง และช่วงเวลาที่เกิดการสันดาปภายในกระบอกสูบ NOx เป็นสาเหตุหลักของหมอกควัน (smog)

นอกจากนี้ยังมีสารมลพิษอื่นๆ ในไอเสียของเครื่องยนต์ เช่น ออกไซด์ของกำมะถัน กรดคาร์บอน แอมโมเนีย ตะกั่ว ฟอสฟอรัส เป็นต้น

2.2.2 การควบคุมมลพิษจากไอเสีย

เมื่อการสันดาปสิ้นสุดลง สารประกอบในไอดีภายในกระบอกสูบที่ไม่ถูกเผาไหม้จะทำปฏิกิริยาต่อในจังหวะทำงาน ในช่วงระบายไอเสียและในช่วงดายไอเสียด้วย 90 เปอร์เซ็นต์ของไฮโดรคาร์บอนที่ไม่ถูกเผาไหม้จะทำปฏิกิริยาในช่วงนี้ ทั้งในกระบอกสูบส่วนที่ใกล้พอร์ทไอเสีย และภายในพอร์ทไอเสียก่อนถึงท่อร่วมไอเสีย คาร์บอนมอนอกไซด์และไฮโดรคาร์บอนจำนวนเล็กน้อย จะทำปฏิกิริยากับออกซิเจน กลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ซึ่งช่วยลดปริมาณมลพิษในไอเสียได้ ยิ่งอุณหภูมิไอเสียสูงเท่าใด ก็ยิ่งมีปฏิกิริยาช่วงที่สองนี้มากขึ้น และช่วยลดมลพิษในไอเสียของเครื่องยนต์ได้ การใช้ส่วนผสมอากาศ-เชื้อเพลิง แบบสตอยคิโอเมตริก การใช้ความเร็วของเครื่องยนต์สูง การจุดระเบิดให้ล่าลง และการใช้อัตราขยายตัวของก๊าซในกระบอกสูบให้ต่ำ ล้วนช่วยให้ไอเสียมีอุณหภูมิสูงขึ้น

การแปลงไอเสียด้วยความร้อน (Thermal Converters) ปฏิกิริยาในช่วงที่สองเกิดขึ้นได้ง่ายและสมบูรณ์กว่าหากมีอุณหภูมิสูง เครื่องยนต์บางรุ่นจึงมีอุปกรณ์แปลงสภาพไอเสียด้วยความร้อน (Thermal Converters) ซึ่งมีลักษณะเป็นห้องความร้อนสูงสำหรับให้ไอเสียไหลผ่าน ความร้อนช่วยให้คาร์บอนมอนอกไซด์และไฮโดรคาร์บอนในไอเสียทำปฏิกิริยากับออกซิเจน ซึ่งเป็นการลดคาร์บอนมอนอกไซด์และไฮโดรคาร์บอนลง

การใช้ระบบหัวฉีดน้ำมัน (Fuel Injection Systems) เป็นการใช้หัวฉีดส่งน้ำมันเข้าผสมกับอากาศเป็นเชื้อเพลิงเข้าสู่ห้องเผาไหม้ ซึ่งสามารถควบคุมอัตราส่วนผสมระหว่างอากาศกับน้ำมันให้เหมาะสมกับทุกสภาวะของการทำงานของเครื่องยนต์และความต้องการลดปริมาณมลพิษในไอเสีย

การปรับการหมุนวนของส่วนผสมระหว่างอากาศกับน้ำมัน ทำให้เกิดการเผาไหม้ที่ดีขึ้น โดยการออกแบบอย่างรอบคอบในการสร้างท่อไอดีและห้องเผาไหม้ ทำให้การควบคุมองศาการจุดระเบิดเป็นไปอย่างเที่ยงตรงที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การป้อนกลับไอเสีย (Exhaust Gas Recirculation: EGR) การป้อนกลับไอเสียนี้ทำได้โดยการต่อท่อป้อนไอเสียกลับเข้าสู่ระบบทางเดินของไอดี ส่วนใหญ่นิยมป้อนบริเวณหลังลิ้นผีเสื้อ ปริมาณของไอเสียที่ป้อนนี้อาจสูงถึง 30 เปอร์เซ็นต์ของไอดีรวม ไอเสียที่ถูกป้อนกลับนี้รวมทั้งไอเสียที่ตกค้างในกระบอกสูบ สามารถลดอุณหภูมิของการสันดาปลงอย่างได้ผล ซึ่งจะทำให้ ออกไซด์ของไนโตรเจน ลดลงด้วย แต่มีข้อเสียเนื่องจากประสิทธิภาพของเครื่องยนต์จะลดลง และหากเพิ่มอัตราส่วนไอเสียป้อนกลับนี้ขึ้นอีก ก็จะเกิดการเผาไหม้ที่ไม่ทั่วถึง (partial burn) หรืออาจถึงระดับที่จุดระเบิดไม่ติด (misfire)

การใช้อุปกรณ์กำจัดก๊าซพิษ (Catalytic Converters) ระบบบำบัดไอเสียที่ได้ผลที่สุดสำหรับรถยนต์และเครื่องยนต์ขนาดกลาง คือ แคทาลิทิคคอนเวอร์เตอร์ แคทาลิทิคคอนเวอร์เตอร์
เป็นหม้อพักคร่อมอยู่ที่ทางเดินของไอเสีย เพื่อให้ไอเสียผ่าน ภายในบรรจุสารเร่งไว้เพื่อช่วยกระตุ้นให้มลพิษในไอเสียทำปฏิกิริยากับออกซิเจน โดยทั่วไปเราเรียก แคทาลิทิคคอนเวอร์เตอร์ ว่าเป็นคอนเวอร์เตอร์แบบ 3 ทาง เนื่องจากสามารถลดปริมาณสารพิษหลักได้ 3 อย่าง คือ คาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรคาร์บอน และออกไซด์ของไนโตรเจน แคทาลิทิคคอนเวอร์เตอร์
ต้องร้อนเพียงพอจึงจะทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ก็ต้องไม่ร้อนเกินไปด้วย การทำงานบกพร่องของเครื่องยนต์อาจทำให้ประสิทธิภาพของแคทาลิทิคคอนเวอร์เตอร์ต่ำ หรือร้อนจัดจนชำรุดได้

2.3 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบไม่มีแปรงถ่าน

2.3.1 โครงสร้าง

1. อาร์มาเจอร์

อาร์มาเจอร์เป็นส่วนที่หมุนและตัดกับเส้นแรงแม่เหล็กเพื่อผลิตแรงเคลื่อนไฟฟ้า ประกอบด้วย แกนเหล็กอาร์มาเจอร์ (Armature core) และขดลวดอาร์มาเจอร์ (Armature coil) ซึ่งอธิบายได้ดังนี้

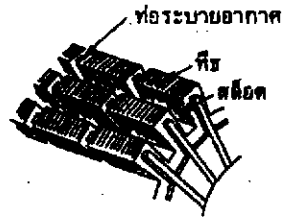
1.1 แกนเหล็กอาร์มาเจอร์ จะทำหน้าที่เป็นทางผ่านของเส้นแรงแม่เหล็กจากขั้วแม่เหล็ก เมื่ออาร์มาเจอร์หมุนเส้นแรงแม่เหล็กภายในแกนเหล็กจะมีทิศทางเปลี่ยนกลับไปกลับมาตลอดเวลา ทำให้เกิดการสูญเสียอันเนื่องจากกระแสไหลวน (Eddy-current loss) และการสูญเสียฮิสเตอรีซิส (Hysteresis loss) ในแกนเหล็ก ผลรวมของการสูญเสียทั้งสองนี้เรียกว่า การสูญเสียในแกนเหล็ก (Core loss)

ก. แกนเหล็กแผ่นซ้อน เพื่อให้การสูญเสียในแกนเหล็กน้อยลงจะใช้แกนเหล็กซึ่งได้จากการนำมาวางซ้อนๆ กัน ของแผ่นเหล็กซิลิคอนขนาดความหนา 0.35 0.5 หรือ 0.7 มิลลิเมตร และแต่ละหน้าของแผ่นเหล็กนี้จะฉาบไว้ด้วยฉนวนวาร์นิช

ข. แผ่นเหล็กซิลิคอน เมื่อผสมซิลิคอนเข้ากับแผ่นเหล็กบางจะทำให้คุณสมบัติของวงจรแม่เหล็กดีขึ้น กล่าวคือ ทำให้การสูญเสียอันเนื่องจากฮิสเตอรีซิสน้อยลง และเพิ่มค่าความต้านทานของแกนเหล็ก เป็นผลให้การสูญเสียอันเนื่องจากกระแสไหลวนน้อยลงด้วย แต่ตรงกันข้ามถ้าส่วนผสมของซิลิคอนมากไป แผ่นเหล็กจะแข็งและเปราะหักง่ายทำให้ความแข็งแรงน้อยลง

ค. การระบายความร้อน เพื่อลดอุณหภูมิของแกนเหล็กให้ต่ำลงที่ทุกๆ ความหนาประมาณ 50 มิลลิเมตรของแผ่นเหล็กที่วางซ้อนจะแบ่งแยกแกนเหล็กออกเป็นส่วนๆ และติดตั้งท่อระบายอากาศในระหว่างช่องแบ่งนั้นๆ เพื่อใช้ทำหน้าที่ในการระบายความร้อนออกจากโรเตอร์ ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-1 รูปร่างของแกนเหล็กอาร์มาเจอร์

ง. ทีธ (Teeth) เป็นส่วนซึ่งอยู่ระหว่างสล๊อตกับสล๊อต

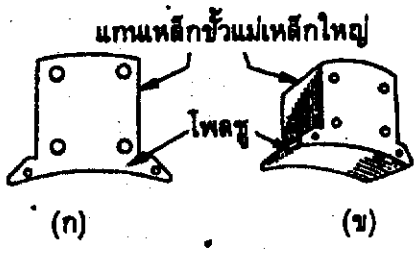
1.2 ขดลวดอาร์มาเจอร์ ลวดตัวนำของขดลวดอาร์มาเจอร์ สำหรับกรณีที่มีกระแสไม่มากนักจะใช้เส้นลวดทองแดงหน้าตัดกลม แต่เมื่อกระแสมีค่ามากขึ้นจะหันมาใช้เส้นลวดตัวนำหน้าตัดสี่เหลี่ยมแบน ขดลวดอาร์มาเจอร์คือขดลวดที่บรรจุลงในช่องสล๊อตของแกนเหล็กอาร์มาเจอร์ ขดลวดอาร์มาเจอร์จะนิยมพันจากแบบภายนอกแล้วจึงนำไปบรรจุลงในสล๊อต เพราะจะทำให้ขดลวดแต่ละขดมีความยาวและมีน้ำหนักสมดุลไม่เกิดการแกว่งขณะหมุน

2. ขั้วแม่เหล็ก

ขั้วแม่เหล็กประกอบด้วยชุดขดลวดสนาม แกนเหล็กของขั้วแม่เหล็ก โพลชู (Pole shoe) และโย้ก (Yoke) ส่วนวงจรแม่เหล็กจะประกอบด้วยโย้ก แกนเหล็กของขั้วแม่เหล็ก โพลชู แก็ป และแกนเหล็กอาร์มาเจอร์

1. โย้ก บางครั้งอาจเรียกว่า เฟรม (Frame) นอกจากจะทำหน้าที่เป็นโครงร่างของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแล้วยังเป็นส่วนที่ทำหน้าที่ยึดตรึงแกนเหล็กของขั้วแม่เหล็กและฝาครอบของเครื่องไว้ด้วย ดังนั้นโย้กที่ใช้นี้จำเป็นต้องมีความแข็งแรงพอ โย้กอาจทำด้วยเหล็กหล่อหรืออาจทำจากแผ่นเหล็กที่พับงอเป็นรูปทรงกระบอก และเชื่อมขอบเข้าด้วยกันก็ได้

2. โพลชู จะเป็นส่วนที่ยื่นออกจากขอบทั้งสองของหน้าขั้วแม่เหล็กใหญ่ และโค้งงอไปตามความโค้งของแกนเหล็กอาร์มาเจอร์ ทั้งนี้เพื่อให้เส้นแรงแม่เหล็กในบริเวณช่องอากาศ (Air gap) ระหว่างขั้วแม่เหล็กใหญ่และแกนเหล็กอาร์มาเจอร์แผ่กระจายไปในลักษณะที่ถูกต้อง แต่เนื่องจากสล๊อตที่มีในแกนเหล็กอาร์มาเจอร์ เส้นแรงแม่เหล็กดังกล่าวจะรวมตัวหนาแน่นตามบริเวณส่วนที่เป็นทีธทำให้การกระจายของเส้นแรงแม่เหล็กตามส่วนของโพลชูมีความหนาแน่นที่ไม่สม่ำเสมอกัน ดังนั้นเมื่ออาร์มาเจอร์หมุน สนามแม่เหล็กตามส่วนดังกล่าวจะมีค่าเปลี่ยนแปลงมากน้อยอยู่ตลอดเวลา และทำให้เกิดการสูญเสียในแกนเหล็กขึ้น เพื่อลดการสูญเสียนี้ให้น้อยลงจึงต้องใช้โพลชูซึ่งประกอบขึ้นจากแผ่นเหล็กอ่อนหนา 0.8 หรือ 1.6 มิลลิเมตร

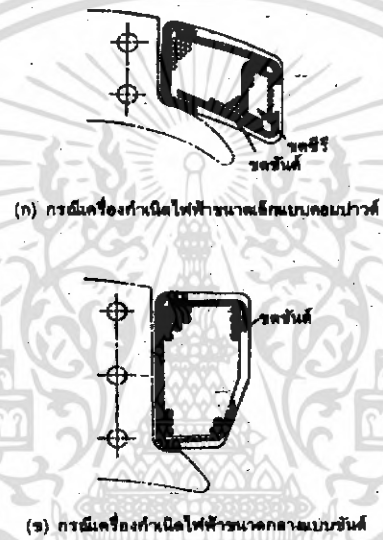


รูปที่ 2-2 แกนเหล็กขั้วแม่เหล็กและโพลชู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. แกนเหล็กของขั้วแม่เหล็ก เนื่องจากเส้นแรงแม่เหล็กที่ผ่านขั้วแม่เหล็กใหญ่มีความหนาแน่นคงที่ไม่เปลี่ยนแปลง การใช้แผ่นเหล็กบางมาประกอบกันขึ้นเพื่อทำเป็นแกนของขั้วแม่เหล็กจึงถือว่าไม่จำเป็น แต่ในการผลิตนั้นเนื่องจากการใช้แผ่นเหล็กซึ่งมีทั้งขั้วแม่เหล็กใหญ่และโพลชูในแผ่นเดียวกันให้ความสะดวกดีจึงนิยมใช้แผ่นเหล็กซึ่งมีรูปร่างดังรูป (ก) มาประกอบกันขึ้นเพื่อทำเป็นแกนเหล็กดังรูป (ข)

4. ชุดขดลวดสนาม จะพันไว้ที่แกนเหล็กของขั้วแม่เหล็กใหญ่ เมื่อให้กระแสไหลผ่านในขดลวดนี้จะมีเส้นแรงแม่เหล็กผ่านแกนเหล็กอาร์มาเจอร์ กรณีที่กระแสมีค่ามากๆ ขดลวดสนามจำเป็นต้องใช้เส้นลวดทองแดงหน้าตัดสี่เหลี่ยมแบน แต่ถ้ากระแสมีค่าไม่มากนักก็สามารถใช้เส้นลวดทองแดงหน้าตัดกลมได้ โดยมากมักจะใช้การสวมชุดขดลวดสนาม ซึ่งอาบฉนวนวาร์นิชอบแห้งและหุ้มฉนวนต่างๆ เรียบร้อยแล้วเข้ากับแกนเหล็กดังรูป



(ก) กรณีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กแบบคอมปาวด์

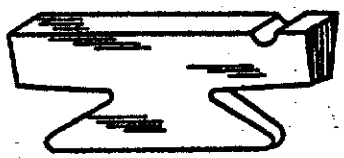
(ข) กรณีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดกลางแบบชันต์

รูปที่ 2-3 ชุดขดลวดสนาม

5. ช่องอากาศ ถ้าให้ช่องอากาศระหว่างโพลชูและแกนเหล็กอาร์มาเจอร์มีขนาดเล็กก็สามารถลดแรงเคลื่อนแม่เหล็กของชุดขดลวดสนามให้น้อยลงได้ แต่ถ้าให้มีขนาดเล็กเกินไปแล้ว จะทำให้คุณสมบัติของเครื่องเลวลงและทำให้เกิดการชำรุดเสียหายทางด้านเครื่องกลได้ง่าย

3. คอมมิวเตเตอร์

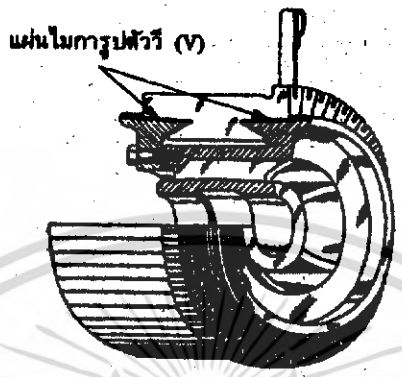
คอมมิวเตเตอร์เป็นส่วนที่ทำหน้าที่เปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับที่เกิดขึ้นในขดลวดให้กลายเป็นกระแสตรง คอมมิวเตเตอร์ที่ใช้กันโดยทั่วไปจะทำจากทองแดงที่มีเนื้อแข็งและมีค่าสภาพนำไฟฟ้า (Conductivity) สูง โดยจะนำมาตัดเป็นชิ้นๆ ในลักษณะดังรูป



รูปที่ 2-4 ลักษณะชิ้นคอมมิวเตเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ละชิ้นนี้เรียกว่า ซี่คอมมิวเตเตอร์ (Commutator bar) โดยที่ส่วนบนจะหนากว่าส่วนล่าง ทั้งนี้เพื่อสามารถประกอบเข้าด้วยกันเป็นรูปทรงกระบอกได้ การประกอบสามารถทำได้โดยการนำซี่คอมมิวเตเตอร์เหล่านี้ และแผ่นไมกาซึ่งทากาวไว้ ติดเรียงสลับกันไปจนครบรอบ ซี่คอมมิวเตเตอร์เหล่านี้จะถูกยึดแน่นไว้ด้วยคอมมิวเตเตอร์สลีฟและคอมมิวเตเตอร์แคลมป์ ซึ่งทั้งสองนี้จะถูกขันยึดไว้ด้วยนอตสกรูอีกที โดยมีฉนวนแผ่นไมการูปตัววี (V) คั่นไว้ดังรูป



รูปที่ 2-5 การติดตั้งซี่คอมมิวเตเตอร์

2.3.2 หลักการทำงาน

เมื่อสนามแม่เหล็กตัดกับขดลวดตัวนำจะทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าหนี่ยวนำขึ้นในขดลวดตัวนำ ทิศการไหลของกระแสไฟฟ้าในขดลวดตัวนำจะไหลในทิศทางด้านการหมุนของขดลวดตัวนำ การพิจารณาว่ามอเตอร์จะหมุนไปทิศทางใดนั้น พบว่าถ้าทราบทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็ก ทิศทางการไหลของกระแสในตัวนำ จะทำให้ทราบทิศทางการหมุนของขดลวดตัวนำได้ จากความสัมพันธ์ดังกล่าว เรียกว่ากฎมือซ้าย ดังรูป

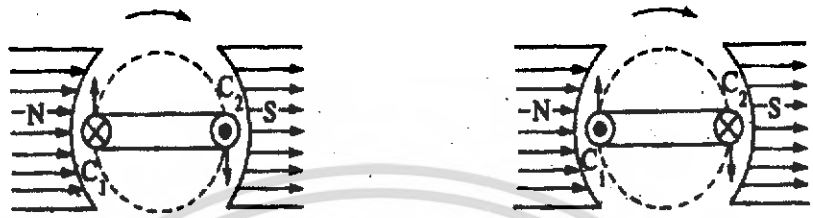
รูปที่2-6 กฎมือซ้าย

ถ้าขดลวดตัวนำมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านจะทำให้เกิดเส้นแรงแม่เหล็กขึ้นรอบๆ ลวดตัวนำนั้น ดังนั้นถ้าขดลวดตัวนำนี้วางอยู่ในสนามแม่เหล็กอื่น สนามแม่เหล็กทั้งสองจะทำปฏิกิริยากันทันที โดยเส้นแรงแม่เหล็กนั้นจะไม่ตัดกัน ดังนั้นจึงทำให้เส้นแรงแม่เหล็กนั้นเกิดผลักกัน เป็นผลให้ด้านหนึ่งจะมีความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กมาก อีกด้านหนึ่งมีความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 แรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับ

เมื่อมอเตอร์กระแสตรงหมุน ลวดตัวนำแต่ละเส้นซึ่งมีกระแสไหลผ่านจะตัดกับเส้นแรงแม่เหล็กจากขั้วแม่เหล็กใหญ่ ทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าขึ้นมาจำนวนหนึ่งในทิศทางที่สวนกับทิศทางของกระแสที่ป้อนให้กับมอเตอร์ พิจารณาทิศทางของแรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับดังรูป



(ก) ทิศทางแรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับของอาร์มาเจอร์ (ข) ทิศทางกระแสของอาร์มาเจอร์

รูปที่ 2-7 ทิศทางของแรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับ

สมมุติให้เส้นแรงแม่เหล็กจากขั้วแม่เหล็กใหญ่ และการหมุนของขดลวดมีทิศทางดังแสดงในรูป (ก) ขณะนี้แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นในลวดตัวนำ C_1 และ C_2 จะมีทิศพุ่งเข้า (X) และพุ่งออก (•) ตามลำดับ แต่การที่ลวดตัวนำจะยังคงหมุนในทิศทางตามเข็มนาฬิกาได้นั้น จากกฎมือซ้าย กระแสที่ไหลในเส้นลวดตัวนำ C_1 และ C_2 จะต้องมีทิศทางดังแสดงในรูป (ข) เท่านั้น นั่นคือมีทิศทางของกระแสที่ตรงกันข้ามกับแรงเคลื่อนไฟฟ้าในรูป (ก) แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นในรูป (ก) สำหรับกรณีมอเตอร์เท่านั้นเรียกว่า แรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับ เนื่องจากแรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับเกิดจากการที่ลวดตัวนำหมุนตัดผ่านเส้นแรงแม่เหล็กจากขั้วแม่เหล็กใหญ่ ดังสมการ

$$E_b = (p\Phi)(n/60)(Z_c/a) \qquad (2.1)$$

กำหนดให้ Φ = จำนวนเส้นแรงแม่เหล็กต่อหนึ่งขั้วแม่เหล็ก

Z_c = จำนวนเส้นลวดตัวนำทั้งหมดบนอาร์มาเจอร์

p = จำนวนขั้วแม่เหล็ก

a = จำนวนวงจรขนานระหว่างขั้วบวกและขั้วลบ

n = จำนวนรอบต่อการหมุนต่อนาที

จากสมการ (2.1) เนื่องจากแรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับแปรผันโดยตรงกับจำนวนรอบหมุนของมอเตอร์ ดังนั้นในกรณีที่มอเตอร์ยังไม่เริ่มหมุน ($n = 0$) แรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับจะมีค่าเท่ากับศูนย์ด้วย กำหนดมอเตอร์กระแสตรงขนาด 4 กิโลวัตต์ 200 โวลต์ ความต้านทานภายในของอาร์มาเจอร์ 0.5 โอห์ม ถ้าป้อนไฟกระแสตรงจากแหล่งจ่ายขนาด 200 โวลต์ ให้กับมอเตอร์ในสภาพที่หยุดหมุน จะเห็นว่ากระแสจะไหลในขดลวดอาร์มาเจอร์ทันทีถึง 400 แอมแปร์ แต่เนื่องจากกระแสที่ไหลในขดลวดอาร์มาเจอร์ แม้ที่ตำแหน่งโหลดเต็มที่จะมีขนาดน้อยกว่านี้มากประมาณ 25 แอมแปร์เป็นอย่างสูง การที่กระแสซึ่งไหลใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขดลวดอาร์มาเจอร์ ขณะที่มอเตอร์หมุนด้วยขนาดของกระแสเพียง 25 แอมแปร์ ได้นั้น เนื่องจากแรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับที่เกิดขึ้นนี้จะพยายามต้านการจ่ายกระแสจากแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง

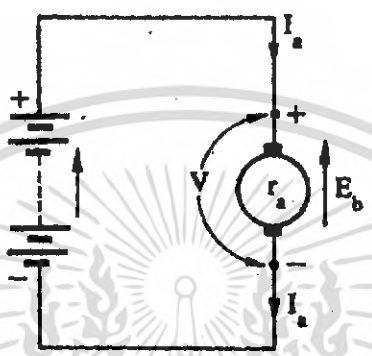
2.3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับและกระแส

กำหนดให้ V คือแรงดันจากแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงระหว่างคู่แปรงถ่าน

E_b คือ แรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับ

r_a คือ ความต้านทานภายในทั้งหมดในวงจรของอาร์มาเจอร์

I_a คือ กระแสอาร์มาเจอร์



รูปที่ 2-8 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับในวงจรอาร์มาเจอร์

จากรูป จะได้ว่า

$$I_a = (V - E_b)/ r_a \qquad (2.2)$$

หรือ

$$V = E_b + I_a r_a$$

$$E_b = V - I_a r_a \qquad (2.3)$$

กรณีที่มอเตอร์ทำงานที่โหลดเต็มที่ แรงดันตกคร่อม $I_a r_a$ จะมีค่าประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ ของ V ขณะที่มอเตอร์หยุดหมุน เนื่องจาก E_b เท่ากับศูนย์ จะได้

$$I_s = V/r_a \qquad (2.4)$$

โดยที่ I_s คือ กระแสตอนเริ่มเดินเครื่อง มีหน่วยเป็นแอมแปร์ (A)

จากสมการที่ (2.2) และ (2.4) สามารถอธิบายได้ว่า ขณะที่มอเตอร์ยังไม่เริ่มหมุน เมื่อป้อนไฟกระแสตรงจะมีกระแส $I_s = V/r_a$ จำนวนมากไหลในขดลวดอาร์มาเจอร์ มอเตอร์จะหมุนด้วยความเร็วรอบสูงในทันที ทำให้ E_b มีค่าสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว กระแสในอาร์มาเจอร์จะมีค่าลดลงเรื่อยๆ จนมีค่าคงที่ในที่สุด

2.3.5 สมการเอาต์พุตของอาร์มาเจอร์

จากสมการที่ (2.3) ได้ว่า

$$E_b = V - I_a r_a$$

เมื่อคูณด้วย I_a ตลอดจะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$E_b I_a = V I_a - I_a^2 r_a$$

โดยที่ VI_a คือ กำลังไฟฟ้าทางด้านอินพุตที่ป้อนให้กับอาร์มาเจอร์

$I_a^2 r_a$ คือ การสูญเสียจากลวดตัวนำในอาร์มาเจอร์

เมื่อหัก $I_a^2 r_a$ ออกจาก VI_a จะเหลือ $E_b \ I_a$ ซึ่งเป็นกำลังไฟฟ้าส่วนที่เปลี่ยนแปลงไปเป็นกำลังกลภายในอาร์มาเจอร์ กำหนดให้เป็น P_{ar} ดังนั้นจะได้

$$P_{ar} = E_b I_a \tag{2.5}$$

กำลังกล (P_{ar}) บางส่วนจะสูญเสียไปในรูปของการสูญเสียทางกล และการสูญเสียในแกนเหล็กจึงไม่สามารถปรากฏออกมาให้เห็นได้หมด จากสมการที่ (2.1)

$$E_b = (p/a)(n/60)(Z_c)(\Phi)$$

เนื่องจากมอเตอร์ซึ่งสร้างสำเร็จรูป นอกจาก n และ $ แล้วค่าอื่นๆ จะมีค่าคงที่ทั้งหมด จึงสามารถเขียนเป็นสมการใหม่ได้ดังนี้

$$E_b = Kn\Phi \tag{2.6}$$

โดยที่ $K = (p/a)(Z_c/60)$

เมื่อคูณ I_a ตลอดจะได้

$$E_b I_a = Kn\Phi I_a = P_{ar} \tag{2.7}$$

2.3.6 แรงบิด

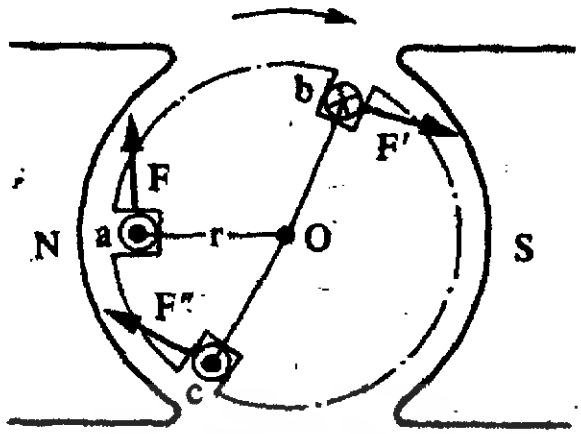
จากรูปแสดงแรงที่กระทำบนขดลวดตัวนำ (a) ซึ่งห่างจากจุดศูนย์กลาง (O) เป็นระยะ r (หน่วยเป็นเมตร) ในทิศทางสัมผัสกับเส้นรอบวงของแกนเหล็กอาร์มาเจอร์ ที่ตำแหน่งนี้กำหนดให้มีค่าเป็น F นิวตัน ดังนั้นแรงที่กระทำบนลวดตัวนำนี้จะมีโมเมนต์เท่ากับ F x r ซึ่งจะพยายามขับเคลื่อนแกนเหล็กอาร์มาเจอร์ให้หมุนเคลื่อนที่ไป แต่เนื่องจากในแกนเหล็กอาร์มาเจอร์มีสล็อตเป็นจำนวนมาก และแต่ละสล็อตก็มีลวดตัวนำจำนวนมากเช่นกัน ดังนั้นแรงที่กระทำบนลวดตัวนำทั้งหมด จะมีโมเมนต์ซึ่งพยายามขับเคลื่อนแกนเหล็กให้หมุนไปในทิศทางเดียวกัน เมื่อรวมโมเมนต์ย่อยทั้งหมดนี้เข้าด้วยกัน จะได้ผลรวมของโมเมนต์ดังนี้

$$T_a = (Fr + F'r + F''r + \dots)$$

โดยที่ T_a คือ แรงบิดที่เกิดขึ้น มีหน่วยเป็น m-N

ดังนั้นแรงบิด คือ ผลรวมของโมเมนต์ของแรงที่กระทำต่อลวดตัวนำรอบจุดศูนย์กลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-9 โมเมนต์ซึ่งลวดตัวนำอาร์มาเจอร์กระทำรอบจุดศูนย์กลาง

2.3.7 สมการของแรงบิด

จากรูป กำลังกล P_a ของลวดตัวนำ (a) ที่เกิดขึ้นจะเท่ากับผลคูณระหว่างแรง (F) มีหน่วยเป็นนิวตันกับระยะทาง $(2\pi r)(n/60)$ มีหน่วยเป็นเมตร ซึ่งเป็นระยะทางที่ลวดตัวนำ (a) เคลื่อนที่ไปในแนวแรงในช่วงเวลา 1 วินาที ดังนั้นจะได้

$$P_a = (2\pi r)(n/60)(F)$$
$$= (2\pi)(n/60)(Fr)$$

แต่เนื่องจาก $2\pi n/60 = \omega$ ซึ่งเป็นความเร็วเชิงมุม (rad/sec) และ Fr คือโมเมนต์ของแรง (F) รอบจุดศูนย์กลาง (O) จะได้

$$P_a = \omega Fr$$

ดังนั้นผลรวมของกำลังกลที่เกิดขึ้น (P_{ar}) ของลวดตัวนำทั้งหมดจะมีค่าดังสมการคือ

$$P_{ar} = P_a + P_b + P_c + \ldots$$
$$= (\omega)(Fr) + (\omega)(F'r) + (\omega)(F''r) + \ldots$$
$$= (\omega)(Fr + F'r + F''r + \ldots)$$

ดังนั้น $$P_{ar} = \omega T_a$$

และจากสมการที่ (2.7)ได้ว่า

$$Kn\Phi I_a = P_{ar}$$

ดังนั้น $$Kn\Phi I_a = \omega T_a$$

เมื่อแทนค่า K และ ω จะได้

$$(nP/a)(Z_c/60)(\Phi I_a) = 2\pi(n60)T_a$$
$$T_a = (1/2\pi)(p/a)(Z_c)(\Phi)(I_a)$$
$$= (K')(\Phi)(I_a)$$
$$K' = (1/2\pi)(p/a)(Z_c)$$

นั่นคือ แรงบิดของมอเตอร์กระแสตรงจะแปรผันโดยตรงกับผลคูณระหว่างจำนวนเส้นแรงแม่เหล็กกับกระแสอาร์มาเจอร์ ไม่เพียงแต่มอเตอร์กระแสตรงเท่านั้น ความสัมพันธ์นี้ยังสามารถใช้ได้กับมอเตอร์กระแสสลับด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.8 ประสิทธิภาพ

ให้ η คือประสิทธิภาพของมอเตอร์ ดังนั้นจะใช้สมการ

$$\eta = [(\text{เอาท์พุต}) / (\text{อินพุต})](100\%)$$
$$= \{[\text{อินพุต}) - (\text{การสูญเสียขณะมีโหลด}) - (\text{การสูญเสียคงที่})] / (\text{อินพุต})\}(100\ \%) \qquad (2.8)$$

เนื่องจากมอเตอร์ เป็นอุปกรณ์เครื่องกลไฟฟ้าซึ่งโดยทั่วไปนั้นการสูญเสียของเครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรงซึ่งมีฟลักซ์คงที่ (การเปลี่ยนแปลงของฟลักซ์จากขั้วแม่เหล็กอันใหญ่อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของโหลดต่ำ เช่น มอเตอร์กระแสตรงแบบชันต์) นั้น สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด

1. การสูญเสียคงที่ซึ่งในทางปฏิบัติถือว่าคงที่ไม่ขึ้นกับขนาดของโหลด
2. การสูญเสียขณะมีโหลดซึ่งมีค่าเปลี่ยนแปลงตามกระแสโหลดยกกำลังสองโดยประมาณ

ประสิทธิภาพของมอเตอร์กระแสตรงที่ค่ากระแส I ใดๆ ภายใต้แรงดันระหว่างขั้วพิกัด v ที่คงที่สามารถแสดงให้เห็นได้ดังนี้

การสูญเสียในขดลวดตัวนำของขดลวดซีรีส์และขดลวดอาร์มาเจอร์ = $I_a^2(r_a + r_s)$

การสูญเสียคงที่ (P_k) = การสูญเสียของขดลวดตัวนำในวงจรขดลวดสนามแบบชันต์ + การสูญเสียในแกนเหล็ก + การสูญเสียทางกล

ทั้งนี้ P_k เป็นการสูญเสียคงที่ที่แรงดันพิกัดและความเร็วรอบพิกัดกรณีมอเตอร์กระแสตรงแบบซีรีส์ I=0 ดังนั้นการสูญเสียของขดลวดตัวนำในวงจรขดลวดสนามแบบชันต์ = 0

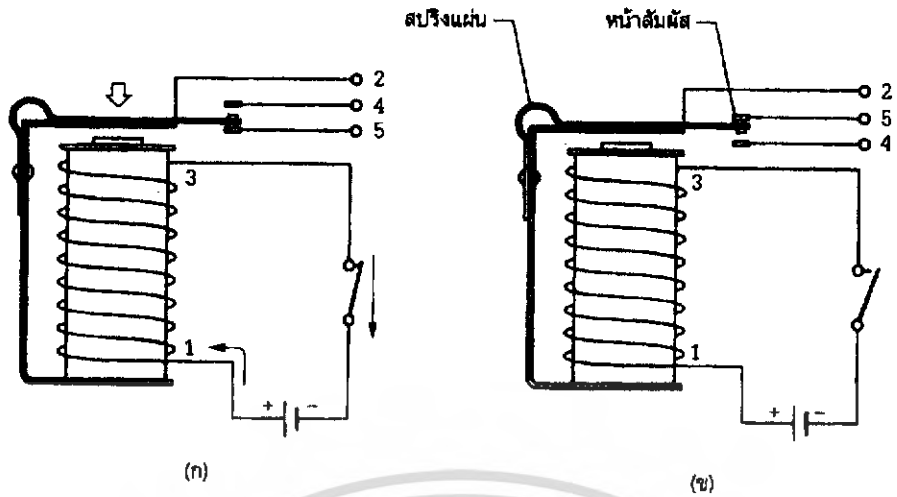
2.4 รีเลย์ (Relay)

รีเลย์ที่ใช้ในรถยนต์ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับตัดต่อกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้อุปกรณ์ต่างๆ ในรถยนต์ เนื่องจากอุปกรณ์ไฟฟ้าบางตัวในรถยนต์ เช่น ไฟหน้า มอเตอร์หมุนใบปัดน้ำฝน มอเตอร์สตาร์ท มอเตอร์พัดลมระบายความร้อน ฯลฯ ใช้กระแสไฟฟ้าสำหรับการขับเคลื่อนให้ทำงานค่อนข้างมาก หากใช้สวิตช์ควบคุมซึ่งมีขนาดเล็กตัดต่อกระแสไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์เหล่านี้โดยตรง ก็จะทำให้เกิดความร้อนหรือเกิดการอาร์กขึ้นที่หน้าสัมผัสของสวิตช์ได้ ทำให้สวิตช์ร้อนจนหลอมละลายชำรุดเสียหาย ดังนั้นจะเห็นว่าในระบบไฟฟ้าของรถยนต์ในปัจจุบัน นิยมใช้รีเลย์เป็นตัวตัดต่อกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับระบบต่างๆ

2.4.1 ส่วนประกอบของรีเลย์

รีเลย์มีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ ขดลวดที่พันอยู่บนแกนเหล็ก และหน้าสัมผัส (Contact) สำหรับตัดต่อกระแสไฟฟ้า อย่างน้อย 1 ชุด ดังแสดงในรูปที่ 2-10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-10 ส่วนประกอบและการทำงานของรีเลย์

2.4.2 หลักการทำงานของรีเลย์

การทำงานของรีเลย์จะอาศัยหลักการของแม่เหล็กไฟฟ้าดูดหน้าสัมผัสให้ต่อกัน หรือแยกจากกัน โดยมีรายละเอียดดังนี้ คือ

1. เมื่อป้อนกระแสไฟฟ้าเข้าขดลวดที่พันอยู่บนแกนเหล็ก จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้น แกนเหล็กก็จะกลายเป็นแม่เหล็กชั่วคราว ดูดกลไกที่เป็นแผ่นเหล็ก บังคับให้หน้าสัมผัสต่อกัน หรือแยกจากกัน ดังแสดงในรูป (ก)

2. เมื่อตัดกระแสไฟฟ้าออกจากขดลวด สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจะหายไป ทำให้กลไกบังคับหน้าสัมผัสคืนกลับตำแหน่งเดิมด้วยแรงดึงของสปริง หน้าสัมผัสก็จะแยกจากกันหรือต่อกันตามเดิมดังแสดงในรูป (ข)

2.4.3 ชนิดของรีเลย์

รีเลย์ที่ใช้งานอยู่โดยทั่วไป จะมีด้วยกัน 3 ชนิด คือ

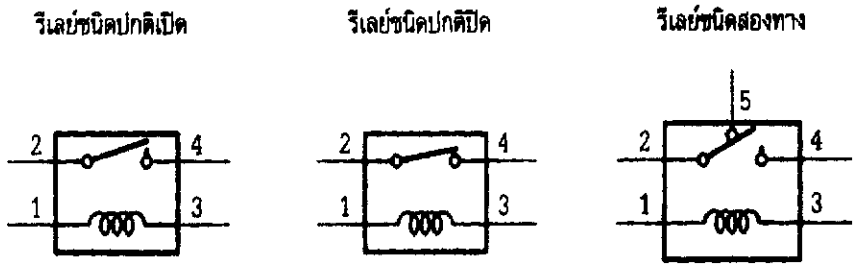
1. รีเลย์ชนิดปกติเปิด (Normally open) หมายถึง รีเลย์ที่ขณะยังไม่มีไฟป้อนเข้าขดลวด หน้าสัมผัสของรีเลย์จะแยกจากกัน หรือไม่ต่อกัน

2. รีเลย์ชนิดปกติปิด (Normally close) หมายถึง รีเลย์ที่ขณะยังไม่มีไฟป้อนเข้าขดลวด หน้าสัมผัสของรีเลย์จะสัมผัสกัน หรือต่อกัน

3. รีเลย์ชนิดสองทาง (Double throw) หมายถึง รีเลย์ที่มีหน้าสัมผัส 2 แบบ ทั้งปกติปิด และปกติเปิดในตัวเดียวกัน

รีเลย์ทั้ง 3 ชนิด จะมีสัญลักษณ์ดังแสดงในรูปที่ 2-11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



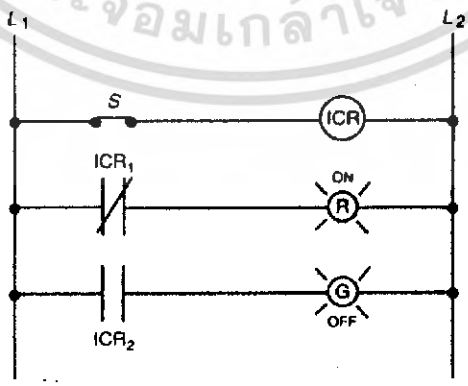
รูปที่ 2-11 สัญลักษณ์ของรีเลย์ชนิดต่างๆ

2.4.4 รีเลย์ควบคุมแบบไฟฟ้าเชิงกล

รีเลย์ไฟฟ้าเชิงกล (Electromechanical relay: EMR) เป็นสวิทช์แม่เหล็กที่ทำหน้าที่เปิดและปิดวงจรของโหลดด้วยการกระตุ้นด้วยแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งทำให้เกิดการคอนแทคหรือไม่ คอนแทคของวงจร การประยุกต์ EMR มีทั้งในวงจรไฟฟ้าและวงจรอิเล็กทรอนิกส์

โดยปกติรีเลย์จะมีขดลวดเพียงขดเดียว แต่สามารถมีหลายคอนแทคได้ รีเลย์ไฟฟ้าเชิงกลประกอบด้วยคอนแทคที่อยู่กับที่และเคลื่อนที่ได้ คอนแทคที่เคลื่อนที่ได้จะติดอยู่กับพลังเจอร์ (Plunger) คอนแทคมีทั้งแบบเปิดปกติและปิดปกติเมื่อกระตุ้นขดลวด ขดลวดจะผลิตสนามแม่เหล็กไฟฟ้า จะทำให้พลังเจอร์เคลื่อนที่ผ่านขดลวดทำให้ปิดการเปิดปกติและเปิดการปิดปกติ ระยะทางที่พลังเจอร์เคลื่อนที่จะไม่เกิน 1/4 นิ้ว คอนแทคแบบเปิดปกติจะเปิดเมื่อไม่มีกระแสไหลผ่านขดลวด และจะปิดทันทีเมื่อมีกระแสไหล คอนแทคแบบปิดปกติจะปิดเมื่อขดลวดไม่ถูกกระตุ้นและจะเปิดเมื่อถูกกระตุ้น

EMR หลายแบบประกอบด้วยชุดคอนแทคหลายคอนแทคในขดลวดเดียวกัน รีเลย์นี้ใช้ควบคุมการทำงานของสวิตช์เดี่ยวหรือหลายสวิตช์แยกกันได้ การควบคุมด้วยรีเลย์ ได้แก่ ใช้ในการควบคุมหลอดไฟฟ้าสองหลอด ดังแสดงในรูปที่ 2-12 เมื่อสวิตช์เปิด ขดลวด ICR จะไม่ถูกกระตุ้นวงจรหลอดไฟสีเขียวจะครบวงจรผ่านปิดปกติ ICR_2 ดังนั้นหลอดจะสว่าง ในขณะเดียวกัน วงจรหลอดไฟสีแดงจะเปิดผ่านการเปิดปกติ ICR_1 ดังนั้นหลอดจะไม่สว่าง ในกรณีที่ปิดวงจร ขดลวดจะได้รับการกระตุ้น คอนแทคเปิดปกติ ICR_1 จะปิดสวิตช์ หลอดไฟสีแดงจะสว่าง ในเวลาเดียวกันคอนแทคปิดปกติ ICR_2 จะเปิดทำให้หลอดไฟสีเขียวไม่สว่าง

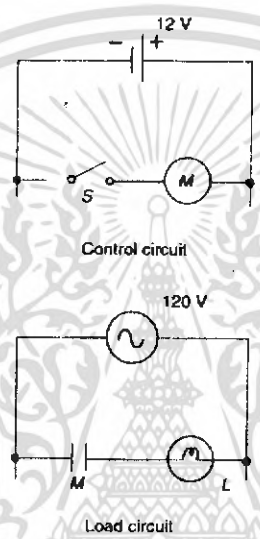


รูปที่ 2-12 การใช้รีเลย์ควบคุมสวิตช์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

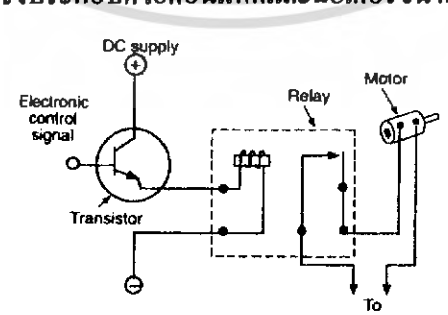
สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

โดยปกติแล้ว การควบคุมด้วยรีเลย์จะเป็นชุดควบคุมช่วยเหลือ การควบคุมวงจรและโหลดได้แก่ มอเตอร์ขนาดเล็ก ขดลวดโซลีนอยด์และหลอดไฟไพล็อต เราอาจจะใช้ EMR เพื่อควบคุมวงจรโหลดแรงดันสูงด้วยวงจรควบคุมแรงดันต่ำ ที่เป็นเช่นนี้ได้ก็เพราะว่า ขดลวดและคอนแทคของรีเลย์เป็นฉนวนซึ่งกันและกัน ในมุมมองที่ปลอดภัย วงจรควบคุมนี้จะช่วยป้องกันผู้ใช้งาน ตัวอย่างได้แก่ การที่ต้องการควบคุมวงจรหลอดไฟ 120 V ด้วยวงจรควบคุม 12 V จะต้องต่อหลอดไฟอนุกรมกับคอนแทคของรีเลย์เข้ากับแหล่งจ่ายไฟ 120 V ดังแสดงในรูปที่ 2-13 สวิตช์จะต่ออนุกรมกับขดลวดรีเลย์ไปยังแหล่งจ่ายไฟ 12 V การทำงานของสวิตช์จะเป็นแบบการกระตุ้นหรือไม่กระตุ้นขดลวด ดังนั้นการปิดหรือเปิดคอนแทคไปยังสวิตช์จะทำให้หลอดสว่างและไม่สว่างได้



รูปที่ 2-13 การใช้รีเลย์ควบคุมวงจรแรงดันสูงด้วยวงจรควบคุมแรงดันต่ำ

การประยุกต์ของรีเลย์อีกประการหนึ่งคือการควบคุมโหลดกระแสสูงด้วยวงจรควบคุมกระแสต่ำ ที่เป็นเช่นนี้ได้เพราะว่าคอนแทคทนกระแสได้สูงกว่ากระแสที่กระตุ้นขดลวด ขดลวดรีเลย์ยังสามารถควบคุมได้ด้วยสัญญาณกระแสต่ำจากวงจร IC และทรานซิสเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 2-14 ในวงจรดังกล่าวนี้สวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ควบคุมสัญญาณให้เปิดหรือปิดทรานซิสเตอร์ได้ จึงทำให้ขดลวดได้รับการกระตุ้นหรือไม่ได้รับการกระตุ้นกระแสในวงจรควบคุม ซึ่งประกอบด้วยทรานซิสเตอร์และขดลวดรีเลย์มีขนาดน้อยมาก กระแสของวงจรกำลังซึ่งประกอบด้วยคอนแทคและมอเตอร์ขนาดเล็ก จะมีค่ามากกว่ามากๆ

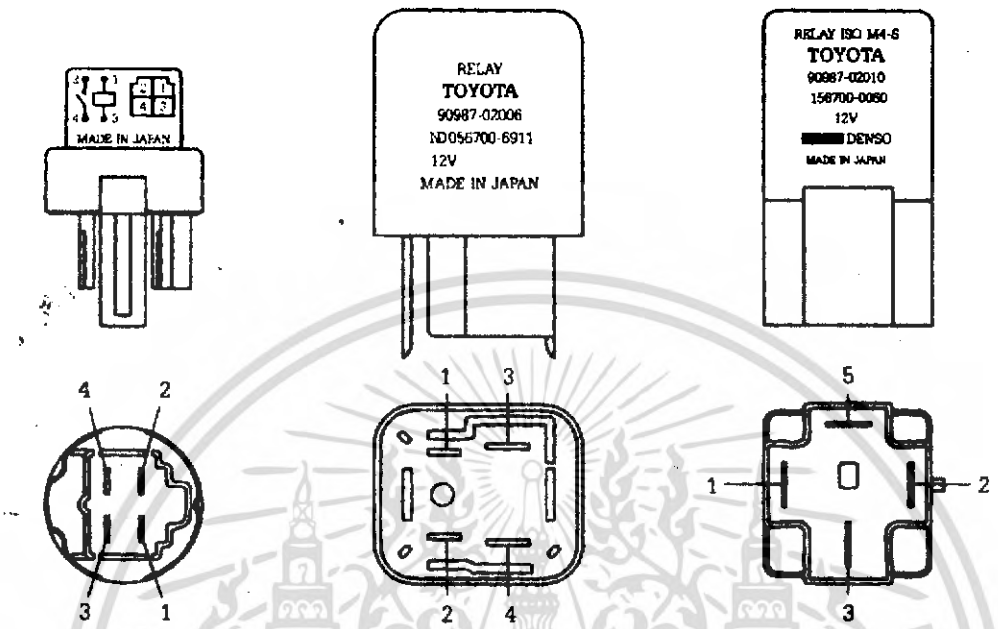


รูปที่ 2-14 การใช้รีเลย์ควบคุมวงจรโหลดกระแสสูงด้วยวงจรควบคุมกระแสต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
62403

2.4.5 ลักษณะรูปร่างของรีเลย์ที่ใช้ในรถยนต์

ลักษณะรูปร่างของรีเลย์ที่ใช้ในรถยนต์ จะมีด้วยกันมากมายหลายแบบ ตามบริษัทผู้ผลิตออกแบบดังตัวอย่างในรูปที่ 2-15



รูปที่ 2-15 รูปร่างของรีเลย์แบบต่างๆ ที่ใช้ในรถยนต์

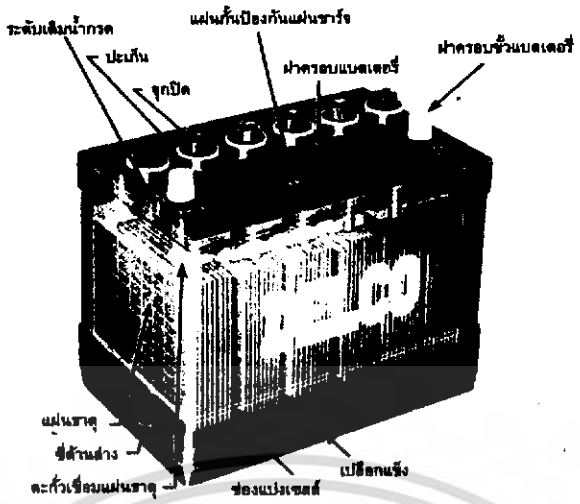
2.5 แบตเตอรี่ (Battery)

2.5.1 หน้าที่ของแบตเตอรี่

ระบบไฟฟ้าภายในรถยนต์ทั้งหมด จะอาศัยกำลังไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้า นั่นก็คือ แบตเตอรี่ ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่สะสมและจ่ายพลังงานให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ในรถยนต์ แบตเตอรี่เป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญมากที่สุดในรถยนต์ เพราะว่าถ้าไม่มีแบตเตอรี่ รถยนต์ก็ไม่สามารถวิ่งได้ หรือแบตเตอรี่อยู่ในสภาพไม่สมบูรณ์ ก็จะทำให้รถยนต์คันนั้นๆ ไม่อยู่ในสภาพที่จะใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพราะฉะนั้นการบำรุงรักษาและดูแลแบตเตอรี่ให้อยู่ในสภาพที่สมบูรณ์ จึงต้องกระทำอย่างถูกวิธี แบตเตอรี่จึงจะมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน

แบตเตอรี่ที่ใช้ในรถยนต์จะเป็นแบตเตอรี่แบบเปียกประเภทตะกั่ว-กรด คือเมื่อแบตเตอรี่ถูกใช้งานไปจนหมดไฟ ก็จะสามารถนำมาทำการประจุไฟเข้าไปใหม่ แล้วนำมาจ่ายพลังงานได้อีกจนกว่าแผ่นธาตุจะหมดอายุการใช้งาน ดังแสดงในรูปที่ 2-16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-16 แบตเตอรี่ที่ใช้กับรถยนต์เป็นแบบเปียกประเภทตะกั่ว-กรด

2.5.2 โครงสร้างของแบตเตอรี่

แบตเตอรี่มีส่วนประกอบดังนี้คือ เปลือกนอกซึ่งทำด้วยพลาสติกหรือยางแข็ง ฝาครอบส่วนบนของแบตเตอรี่ ขั้วของแบตเตอรี่ สะพานไฟ แผ่นชาตุขั้วบวกและลบ แผ่นกั้นที่ทำจากไฟเบอร์กลาสที่เจาะรูพรุน โครงสร้างของแบตเตอรี่มีดังนี้

1. แผ่นชาตุ (Plates) แผ่นชาตุในแบตเตอรี่มี 2 ชนิดคือ แผ่นชาตุขั้วบวกและแผ่นชาตุขั้วลบ แผ่นชาตุบวกทำจากตะกั่วเปอร์ออกไซด์ (PbO_2) และแผ่นชาตุลบทำจากตะกั่วธรรมดา (Pb) วางเรียงสลับซ้อนกันระหว่างแผ่นชาตุบวกและแผ่นชาตุลบจนเต็มพอดี ในแต่ละเซลล์ แผ่นชาตุบวกและแผ่นชาตุลบจะถูกกั้นไม่ให้แตะกัน

2. แผ่นกั้น (Separates) ทำหน้าที่ไม่ให้แผ่นแผ่นชาตุบวกและแผ่นชาตุลบแตะกัน ซึ่งจะทำให้เกิดการลัดวงจรขึ้น จึงต้องมีแผ่นกั้นเอาไว้ โดยทำจากไฟเบอร์กลาสหรือยางแข็งเจาะรูพรุน เพื่อให้น้ำกรดสามารถที่จะไหลถ่ายเทได้ระหว่างแผ่นชาตุ

3. เปลือกแบตเตอรี่ เปลือกนอกของแบตเตอรี่ทำจากพลาสติกหรือยางแข็งที่ทนต่อแรงกระแทก กันไฟฟ้ารั่วและน้ำเข้าได้ จะถูกแบ่งออกเป็น 6 ช่อง มีเครื่องหมายระดับสูงต่ำของน้ำยาทางไฟฟ้าแสดงอยู่บนเปลือก แผ่นที่กันเปลือกแบตเตอรี่จะเป็นโลหะ ถูกยกให้สูงขึ้นจากก้นเปลือกหม้อด้วยขี่ด้านล่าง เพื่อป้องกันการลัดวงจรจากสารที่ทำปฏิกิริยาที่หลุดร่วงจากแผ่นโลหะ

4. สะพานไฟ ทำด้วยตะกั่วที่หล่อเป็นแท่งใช้เชื่อมต่อระหว่างช่องของเซลล์แบตเตอรี่แต่ละเซลล์ เพื่อทำให้ขนาดแรงเคลื่อนไฟฟ้ามากขึ้น เช่น ถ้าต่อ 3 ช่องรวมกันจะได้ 6 โวลต์ แต่ถ้าต่อรวมกัน 6 ช่องจะได้ 12 โวลต์

5. ขั้วแบตเตอรี่ หล่อขึ้นรูปด้วยตะกั่วแท่งให้โผล่ขึ้นเหนือเปลือกแบตเตอรี่ ขั้วบวกจะถูกหล่อให้มีขนาดโตกว่าขั้วลบ ซึ่งขั้วแบตเตอรี่ทั้งสองขั้วเป็นจุดรวมเอาแผ่นชาตุบวกและแผ่นชาตุลบเข้าไว้ด้วยกัน ดังนั้นขนาดแรงเคลื่อนไฟฟ้ารวมทั้งหมดของแบตเตอรี่จะได้จากขั้วทั้งสอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. จุกปิด หรือฝาปิดช่องเติมน้ำกรด จะมีรูระบายแก๊สไฮโดรเจนที่เกิดจากปฏิกิริยาทางเคมีภายในแบตเตอรี่ให้สามารถระบายออกไปได้ ถ้าไม่มีรูระบายนี้ เมื่อเกิดปฏิกิริยา แก๊สไฮโดรเจนจะไม่สามารถระบายออกได้ ทำให้เกิดแรงดันสูงจนอาจทำให้แบตเตอรี่เกิดการระเบิดได้

7. น้ำยาหรือน้ำกรด ในแบตเตอรี่รถยนต์เป็นน้ำกรดกำมะถันเจือจาง จะเป็นตัวที่ทำให้แผ่นธาตุบวกและแผ่นธาตุลบเกิดปฏิกิริยาทางเคมีจนเกิดกระแสไฟฟ้าและแรงเคลื่อนไฟฟ้าขึ้นมาได้

2.5.3 ความจุของแบตเตอรี่

ความจุของแบตเตอรี่ (Battery rating) คือปริมาณของกระแสไฟฟ้าที่แบตเตอรี่สามารถจ่ายออกไปได้ในระยะเวลาที่กำหนดไว้แน่นอน

การวัดความจุของแบตเตอรี่ โดยปกติทั่วๆ ไปมีอยู่ 3 วิธี คือ

1.วิธีการ Cranking ทำได้โดยให้แบตเตอรี่จ่ายกระแสไฟฟ้าจำนวนมากออกมาในขีดที่จำกัดเป็นเวลา 30 วินาที ภายใต้การควบคุมการทดสอบว่าแบตเตอรี่จะเหลือความจุเท่าไร

2. อัตรา 20 ชั่วโมง ทำได้โดยการให้แบตเตอรี่จ่ายกระแสไฟออกมาในปริมาณกระแส (แอมแปร์) ที่แน่นอนเป็นเวลา 20 ชั่วโมง จนกระทั่งแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่วัดได้ตกลงถึง 10.3 โวลต์ อัตราความจุจะมีหน่วยเป็นแอมแปร์-ชั่วโมง

3. อัตราความจุสำรองของแบตเตอรี่ ทำได้โดยการพิจารณาดูว่าแบตเตอรี่จะจ่ายกระแสไฟฟ้าไปตามปกติติดต่อกันยาวนานเพียงใด ซึ่งขึ้นอยู่กับความต้องการของเครื่องยนต์

2.5.4 อัตราการจ่ายประจุไฟฟ้า

อัตราการจ่ายไฟฟ้า คือ ปริมาณของกระแสไฟฟ้าที่แบตเตอรี่สามารถจ่ายออกไปในช่วงระยะเวลาและอุณหภูมิที่แน่นอน อัตราการจ่ายไฟของแบตเตอรี่มีองค์ประกอบ 2 ประการ คือ อัตราการจ่ายประจุไฟฟ้าช้าและอัตราการจ่ายประจุไฟฟ้าสูง

1. อัตราการจ่ายประจุไฟฟ้าช้า เป็นความสามารถในการจ่ายประจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่ จากอัตราคงที่ของแบตเตอรี่ที่มีไฟเต็มไปจนกระทั่งแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ขั้วแบตเตอรี่ลดลงถึงสิ้นสุดการคายประจุ ซึ่งความสามารถในการคายประจุช้าจะวัดเป็นแอมแปร์-ชั่วโมง (Ah) หาได้โดยการคูณกระแสที่แบตเตอรี่คายประจุออกเป็นแอมแปร์ (A) กับจำนวนชั่วโมง (h) ที่มีการจ่ายประจุไฟฟ้าออก

2. อัตราการจ่ายประจุไฟฟ้าสูง เมื่อสตาร์ทเครื่องยนต์ จะต้องใช้กระแสไฟฟ้าจำนวนมากจากแบตเตอรี่ไปจ่ายให้กับมอเตอร์สตาร์ท ปริมาณของกำลังงานที่ได้จากแบตเตอรี่ในขณะนั้นเรียกว่า อัตราการจ่ายประจุไฟฟ้าสูง ซึ่งเป็นค่าที่แสดงให้เห็นถึงช่วงระยะเวลาที่แบตเตอรี่สามารถจ่ายกระไฟฟ้าจำนวนมากออกมาเมื่อมีการจ่ายประจุคงที่ กับแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่มีอยู่ภายหลังจากแบตเตอรี่จ่ายประจุไฟฟ้าออกไปแล้ว ซึ่งแสดงถึงความสามารถในการจ่ายกระแสไฟฟ้าจำนวนมากของแบตเตอรี่

2.5.5 การประจุแบตเตอรี่

เครื่องประจุแบตเตอรี่จะจ่ายกระแสไฟฟ้าตรงผ่านเข้าไปในแบตเตอรี่ในทิศทางการไหลปกติ โดยการคีบสายไฟเครื่องประจุเข้ากับขั้วแบตเตอรี่ ให้สายบวกคีบที่ขั้วบวกและสายลบคีบที่ขั้วลบ การประจุแบตเตอรี่มีการประจุอยู่ 3 วิธี คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การประจุแบบช้า (Slow charging) จะใช้กระแสไฟฟ้าจำนวนน้อยประมาณ 5 ถึง 7 แอมแปร์ ผ่านเข้าไปในแบตเตอรี่เป็นระยะเวลานาน คือประมาณ 4 ถึง 16 ชั่วโมง การประจุแบบช้าจะเหมาะสมกว่าแบบเร็วถ้ามีระยะเวลาพอ การที่จะทำให้แบตเตอรี่มีสภาพที่ดีทนทาน จะไม่ทำการประจุแบบเร็ว การประจุแบบช้าจะทำให้แบตเตอรี่เสียช้ากว่าการประจุแบบเร็ว แบตเตอรี่ที่จะทำการประจุให้ตรวจระดับน้ำกรดและเปิดฝาปิดเซลล์ออกขณะทำการประจุ ถ้าแบตเตอรี่ที่จะทำการประจุติดอยู่ที่รถ ให้ถอดขั้วสายไฟออก เพื่อป้องกันวิทยุเทป หรือระบบจุดระเบิดทรานซิสเตอร์ไม่ให้เสียหาย ถ้าการประจุแบตเตอรี่มีมากกว่าหนึ่งลูก ให้นำแบตเตอรี่มาต่ออนุกรมกัน และปรับแรงเคลื่อนไฟฟ้าให้ตรงกับแรงเคลื่อนไฟฟ้ารวมของแบตเตอรี่ แล้วปรับอัตราการประจุตามความจุของแบตเตอรี่ที่มีความจุน้อยสุด

2. การประจุแบบเร็ว (Fast charging) การประจุแบบเร็วจะใช้กระแสไฟฟ้าจำนวนมากประมาณ 50 ถึง 60 แอมแปร์ สำหรับแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ ผ่านเข้าไปในแบตเตอรี่ในระยะเวลาอันสั้นประมาณ 1 ถึง 2 ชั่วโมง การประจุแบบเร็วจะไม่ประจุจนแบตเตอรี่มีไฟเต็ม แต่จะประจุจนมีไฟประมาณ 3 ใน 4 ของความจุแล้วจึงทำการประจุแบบช้าจนแบตเตอรี่มีไฟเต็ม ถ้ามีแบตเตอรี่มากกว่าหนึ่งลูก ในการประจุแบบเร็วจะตีบแบตเตอรี่รวมกันแบบขนาน แต่จะไม่ประจุแบตเตอรี่ขนาด 6 โวลต์และ 12 โวลต์ร่วมกัน

3. การประจุแบบใช้กระแสน้อย (Trickle charging) แบตเตอรี่ที่มีน้ำกรดและไม่ได้ใช้งาน แต่ต้องการเก็บไว้เป็นระยะเวลานานๆ ให้ทำการประจุโดยใช้กระแสไฟฟ้าจำนวนน้อยๆ คือประมาณ 1 แอมแปร์ หรือน้อยกว่า ทำการประจุเป็นระยะเวลานานๆ ซึ่งการประจุแบบนี้จะต้องใช้เครื่องประจุที่ออกแบบมาโดยเฉพาะ จะใช้เครื่องประจุแบบช้าไม่ได้

2.5.6 ประสิทธิภาพแบตเตอรี่

ความสามารถของแบตเตอรี่ในการจ่ายกระแสไฟฟ้าจะเปลี่ยนแปลงภายในขีดจำกัดที่กว้างซึ่งขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและอัตราการใช้กระแสไฟฟ้า ปฏิกิริยาทางเคมีจะลดลงอย่างมากเมื่ออุณหภูมิต่ำ กรดซัลฟิวริกไม่สามารถทำปฏิกิริยาได้ดีบนแผ่นธาตุ ไม่สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้มากและเป็นเวลานาน (ที่อุณหภูมิของแบตเตอรี่ 26.7 องศาเซลเซียส แบตเตอรี่จะมีประสิทธิภาพการทำงาน 100 เปอร์เซ็นต์) การจ่ายด้วยกระแสสูง ปฏิกิริยาเคมีจะเกิดขึ้นเฉพาะบนผิวหน้าของแผ่นธาตุ โดยไม่มีเวลาในการเจาะเข้าไปภายในแผ่นธาตุเพื่อที่จะใช้เนื้อภายในแผ่นธาตุให้เกิดประโยชน์

2.5.7 การบำรุงรักษาแบตเตอรี่

ขี้เกลือและสิ่งสกปรกต่างๆ บนแบตเตอรี่จะต้องถูกกำจัดออกไปให้หมด เพื่อป้องกันไม่ให้มันสามารถเล็ดลอดเข้าไปในทุกๆ เซลล์ของแบตเตอรี่ได้ ซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ตกต่ำลงและเสียไปในที่สุด ขี้เกลือที่จับที่ขั้วแบตเตอรี่จะเป็นตัวที่ทำให้กระแสไฟฟ้าไหลได้ไม่สะดวกเต็มที่ และสิ่งสกปรกอื่นๆ เช่น น้ำมัน ดินทราย ก็จะทำให้เกิดการรั่วไหลของกระแสไฟฟ้าในแบตเตอรี่ และจะต้องเอาออกไปก่อนที่จะถอดออกจากที่ยึดแบตเตอรี่เมื่อจะนำแบตเตอรี่มาใช้

การทำความสะอาดสามารถทำได้ดังนี้ (ดูรูปที่ 2-17)

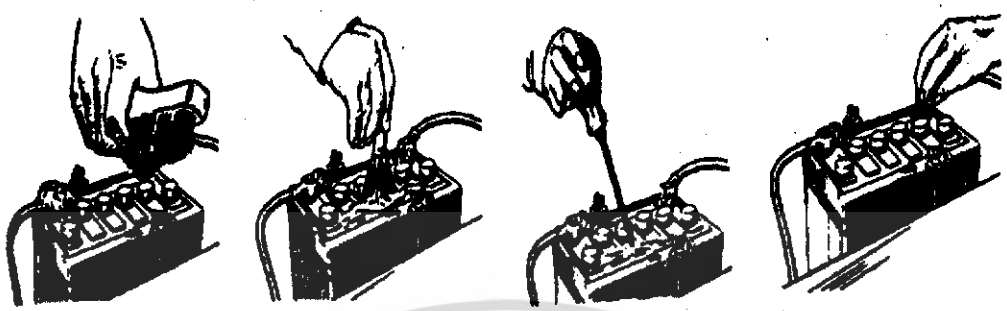
ขั้นที่ 1 ใช้แปรงลวดถูทำความสะอาดบนแบตเตอรี่ให้หมด

ขั้นที่ 2 ใช้แปรงจุ่มเบกิ้งโซดา (Baking soda) ผสมน้ำทำความสะอาด

ขั้นที่ 3 ทำความสะอาดเบกิ้งโซดาด้วยน้ำสะอาด และใช้ลูกยางดูดน้ำออกให้หมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นที่ 4 ถอดขั้วสายแบตเตอรี่ออก (ถอดขั้วลบออกก่อน และเวลาใส่ต้องใส่ขั้วบวกก่อน เพื่อป้องกันประกายไฟ) ทำความสะอาดให้แห้ง เช็ดคราบน้ำมันและจาระบีที่ขั้วแบตเตอรี่ออกก่อนประกอบเข้าที่เดิม



รูปที่ 2-17 ขั้นตอนในการทำความสะอาดแบตเตอรี่

1. การวัดค่าความถ่วงจำเพาะ ของน้ำกรดในแบตเตอรี่ (Specific gravity test) จะทำให้เราสามารถรู้ถึงสภาพความจุของแบตเตอรี่ แบตเตอรี่ที่มีไฟเต็มจะมีความถ่วงจำเพาะ 1.26 ถึง 1.28 ที่อุณหภูมิ 26.7 องศาเซลเซียส เมื่อไฟแบตเตอรี่หมด กรดกำมะถันจะไปรวมตัวกับแผ่นธาตุ ซึ่งจะทำให้ปริมาณของกรดในน้ำกรดกำมะถันลดลง ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำกรดกำมะถันก็ลดลงด้วย เพราะฉะนั้นการใช้ไฮโดรมิเตอร์วัดค่าความถ่วงจำเพาะ จะทำให้สามารถรู้ถึงสภาพต่างๆ ของแบตเตอรี่ ว่าอยู่ในสภาพไฟเต็ม ไฟปานกลางหรือไฟหมดได้

2.การวัดแรงเคลื่อนไฟฟ้า การทดสอบแรงเคลื่อนไฟฟ้าในแต่ละเซลล์ของแบตเตอรี่ (Open circuit no-load voltage test) นี้ ใช้ได้กับแบตเตอรี่ที่มีฝาปิดบนแบตเตอรี่ราดด้วยยางมะตอย แต่ถ้าเป็นพลาสติกแข็งจะใช้การทดสอบแบบนี้ไม่ได้ เพื่อให้การอ่านค่าถูกต้องแม่นยำ ให้ปล่อยแบตเตอรี่ทิ้งไว้ 2 ถึง 3 ชั่วโมงหลังทำการประจุไฟฟ้าเสร็จใหม่ๆ แล้วจึงนำมาทำการตรวจวัดแรงเคลื่อนไฟฟ้าโดยนำโวลต์มิเตอร์จี้คร่อมแต่ละเซลล์ แล้วอ่านค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าแต่ละเซลล์ ถ้าแรงเคลื่อนไฟฟ้าอ่านค่าได้ 1.95 โวลต์หรือมากกว่า และมีค่าแตกต่างระหว่างเซลล์สูงกว่าและต่ำกว่าไม่เกิน 0.05 โวลต์ แสดงว่าแบตเตอรี่อยู่ในสภาพดี

3. การทดสอบความจุด้วยเครื่องทดสอบโวลต์มิเตอร์ แบตเตอรี่ที่ทำการทดสอบจะต้องมีไฟเต็มและต้องมีความถ่วงจำเพาะไม่ต่ำกว่า 1.22 ต่อช่อง ในการทดสอบถ้าค่าที่อ่านได้ต่ำกว่า 9.5 โวลต์ (ต่ำกว่า 4.8 โวลต์สำหรับแบตเตอรี่ 6 โวลต์) เป็นไปได้ที่แบตเตอรี่จะอยู่ในสภาพที่ไม่ดี ให้นำแบตเตอรี่ไปทำการทดสอบแบบประจุ 3 นาที

4. การทดสอบด้วยการสตาร์ทเครื่องยนต์ การทดสอบแบตเตอรี่โดยการให้จ่ายไฟออก (Light load battery test) ทำได้โดยบิดสวิตซ์สตาร์ทเครื่องยนต์เป็นเวลา 3 วินาที แล้วบิดสวิตซ์ไฟหน้าในตำแหน่งไฟต่ำเป็นเวลา 1 นาที และทำการทดสอบแรงเคลื่อนไฟฟ้าในแต่ละเซลล์ ถ้าแต่ละเซลล์อ่านค่าได้ 1.95 โวลต์หรือมากกว่า และแต่ละเซลล์มีค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าแตกต่างกันน้อยกว่า 0.05 โวลต์ แสดงว่าแบตเตอรี่อยู่ในสภาพที่ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. การทดสอบด้วยการประจุ 3 นาที (Three- minutes charge test) จะต้องให้อุณหภูมิแบตเตอรี่สูงกว่า 15.6 องศาเซลเซียส และจะไม่ทำการทดสอบกับแบตเตอรี่ที่หมดสภาพแล้ว รวมถึงจะไม่ต่อสายแบตเตอรี่เข้ากับตัวรถยนต์ทั้งสายบวกและสายลบ

2.5.8 การเก็บรักษาแบตเตอรี่

หลังจากที่หยุดใช้แบตเตอรี่แล้ว และเก็บไว้เป็นเวลานาน แบตเตอรี่จะปล่อยประจุภายในตัวเอง ทำให้ประจุภายในค่อยๆ หมดไปทีละน้อย เพื่อป้องกันไม่ให้แบตเตอรี่เสื่อมคุณภาพควรชาร์จแบตเตอรี่ทุกๆ 30 วัน และอย่าวางแบตเตอรี่ซ้อนกัน เพราะน้ำหนักของแบตเตอรี่อันบนจะทำให้แบตเตอรี่อันล่างเสียหายได้

2.6 ระบบการทำงานแบบต่างๆของรถยนต์ไฮบริด

ระบบของรถยนต์ไฮบริดสามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ

2.6.1 ระบบอนุกรม (Series system)

เครื่องยนต์ของระบบนี้ไม่ไปหมุนเครื่องยนต์โดยตรง แต่จะหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหรือเจนเนอเรเตอร์ อัดไฟให้กับแบตเตอรี่และส่งกำลังงานไปหมุนมอเตอร์ ขับเคลื่อนล้ออีกทีหนึ่งระบบนี้สามารถแบ่งได้เป็น 2 ระบบ คือ

1. Electric Mode ระบบนี้เครื่องยนต์จะไม่ทำงาน พลังงานที่ใช้ในการขับเคลื่อนจะมาจากแบตเตอรี่ แบตเตอรี่จ่ายพลังงานให้กับมอเตอร์ แล้วมอเตอร์จะเป็นตัวขับเคลื่อน

2. Hybrid Mode ระบบนี้เครื่องยนต์จะเป็นตัวขับเจนเนอเรเตอร์ เพื่อให้เจนเนอเรเตอร์ผลิตพลังงานไฟฟ้าขึ้นมา พลังงานไฟฟ้าส่วนหนึ่งจะถูกส่งไปขับมอเตอร์ มอเตอร์จะทำหน้าที่ขับเคลื่อนรถยนต์ พลังงานไฟฟ้าส่วนที่เหลือจะถูกส่งไปเก็บไว้ในแบตเตอรี่

2.6.2 ระบบขนาน (Parallel system)

ภายในมีเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมัน และแบตเตอรี่ให้พลังงานกับมอเตอร์ไฟฟ้า ซึ่งถ้าเป็นการต่อแบบขนาน ทั้งเครื่องยนต์และมอเตอร์ไฟฟ้าต่อเข้ากับระบบเกียร์ ให้กำลังไปพร้อมๆ กัน ระบบนี้สามารถแบ่งได้เป็น 5 ระบบ คือ

1. Engine Mode ใช้กำลังจากเครื่องยนต์ในการขับเคลื่อนอย่างเดียว โดยเฉพาะในการขับขี่ที่ระยะทางไกลและความเร็วคงที่

2. Electric Mode ใช้กำลังจากมอเตอร์ในการขับเคลื่อน โดยใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ จะใช้ในช่วงการออกตัว หรือการขับในเมืองที่มีการจราจรติดขัด เพื่อเป็นการลดมลพิษ และเป็นการประหยัดน้ำมัน

3. Hybrid Mode ใช้กำลังทั้งจากเครื่องยนต์และมอเตอร์ในการขับเคลื่อน เป็นการช่วยเพิ่มกำลังให้กับรถยนต์ จะใช้ในช่วงที่รถยนต์ต้องการกำลังสูงๆ เช่น การขึ้นเขา การเร่งแซง

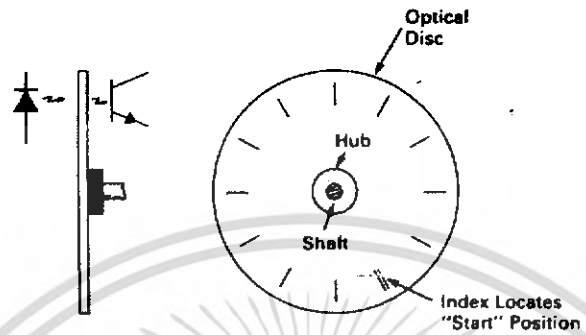
4. Charge Mode เป็นการนำเอากำลังจากเครื่องยนต์ไปปั่นเจนเนอเรเตอร์ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าแล้วนำไปเก็บไว้ในแบตเตอรี่

5. Regenerative Breaking เป็นการนำเอาพลังงานกลที่เกิดขึ้นระหว่างการเบรกไปปั่น เจนเนอเรเตอร์เพื่อให้เกิดพลังงานไฟฟ้าเข้าไปเก็บไว้ในแบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 เอ็นโคดเดอร์(Encoder)

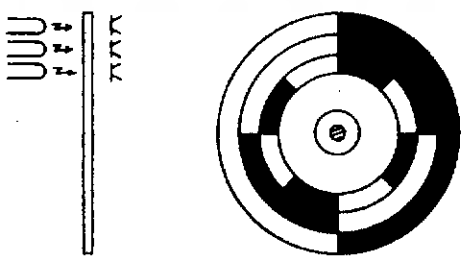
เมื่อต้องการวัดตำแหน่งของเพลาที่หมุนอย่างต่อเนื่องกันนั้น โพเท็นทิโอมิเตอร์แบบธรรมดาๆ จะไม่สามารถทำงานได้ ทั้งนี้เพราะมันมีจุดตาย (Dead spot) ขณะที่มันผ่านส่วนสูงสุดของมัน แต่สำหรับ premium pots ชนิดพิเศษนั้นสามารถช่วยแก้ปัญหานี้ได้ นอกจากนี้ optical disc ก็เป็นอุปกรณ์ที่นิยมใช้กันมากในการวัดการหมุนลักษณะดังกล่าว



รูปที่ 2-18 Incremental optical shaft encoder

Optical disc นั้นประกอบขึ้นด้วยแก้วหรือพลาสติก โดยที่ light source อยู่ด้านหนึ่งและ ไฟโต้ไดโอดอยู่อีกด้านหนึ่ง จึงจะประกอบกันขึ้นเป็นเครื่องสัมผัสสัญญาณ (sensor) ที่สมบูรณ์ ซึ่งแสดงไว้ในรูป 2-18 วงจรดิจิตอลหรือคอมพิวเตอร์นั้นจะทำงานโดยอาศัยจำนวนของพัลซ์ที่ผ่านไปและคำนวณหาตำแหน่งของมุม โดยอาศัยการนับขึ้น-ลง อย่างง่ายๆ และตามความเป็นจริงนั้นอุปกรณ์ชนิดเดียวกันนี้ก็ใช้สำหรับควบคุมความเร็วของมอเตอร์ในการบันทึกข้อมูล ซึ่งสามารถบันทึกข้อมูลได้ในอัตรา megaband สำหรับ disc ที่ทำจากโลหะ ซึ่งมีรูตรงกลางนั้นก็อาจนำมาใช้แทน disc แบบแก้วได้ถ้าผลที่ออกมาเรายอมรับได้

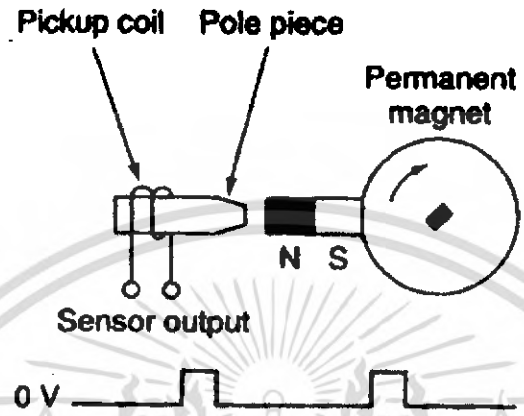
สำหรับอุปกรณ์ที่ใช้วิธีการของ disc ในการทำงานอีกชนิดหนึ่ง ก็แสดงไว้ในรูปที่ 2-19 แล้ว absolute optical encoder แบบ 12 bit สามารถให้ positional feedback ในส่วนหนึ่งใน 4096 หรือประมาณ 0.09 และวิธีการเดียวกันนี้สามารถใช้ในการรายงานตำแหน่งแบบลิเนียร์ แต่ก็น่าเสียดายว่าวิธีการซึ่งสามารถรายงานได้อย่างแม่นยำนี้ต้องอาศัยสายไฟ 13 สายซึ่งอยู่ระหว่าง light sensor และวงจรดิจิตอลของ 12 bit นอกจากนี้ เรายังต้องใช้สายไฟพิเศษสำหรับ light source ด้วย อนึ่ง optical encoders นั้นมักมีปัญหาจากสภาพแวดล้อมอยู่เสมอ เช่น จากฝุ่นละออง คราบน้ำมัน น้ำมันหล่อลื่น ซึ่งปรากฏอยู่ทั่วไปในสภาพแวดล้อมของการอุตสาหกรรม



รูปที่ 2-19 Three-bit optical position encoder

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้การวัดอัตราเร็วของเพลาเราอาจจะใช้แมกเนติกพิกอัพเซ็นเซอร์แม่เหล็ก ที่ต่อกับเพลาขดลวดขนาดเล็กใกล้กับแม่เหล็กจะรับพัลส์แต่ละครั้งที่แม่เหล็กเคลื่อนที่ผ่านโดยการวัดความถี่ของพัลส์ความเร็วของเพลาจะสามารถคำนวณได้ แรงดันเอ้าท์พุทของขดลวดพิกอัพมีขนาดเล็กจึงจำเป็นต้องมีการขยายสัญญาณ ดังแสดงในรูป 2-20



รูปที่ 2-20 แมกเนติกพิกอัพเซ็นเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบรถไฮบริด

3.1 ข้อมูลจำเพาะของรถยนต์ไฮบริด

- เครื่องยนต์ ความจุ 197 ซีซี
  เครื่องยนต์ 4 จังหวะ 5 เกียร์
- มอเตอร์ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบไม่มีแปรงถ่าน 3 เฟส
  กำลัง 800 วัตต์
- มิติรถ กว้าง * ยาว * สูง = 1.35 * 2.6 * 1.5
  น้ำหนัก ประมาณ 500 กิโลกรัม

3.2 การออกแบบรถยนต์

3.2.1 กำลังขับเคลื่อนของรถยนต์

รถยนต์เคลื่อนที่ได้ต้องอาศัยกำลังจากเครื่องยนต์ซึ่งส่งผ่านระบบส่งกำลังมาที่ล้อขับเคลื่อนและอาศัยความฝืดระหว่างยางและผิวถนนทำให้เกิดแรงขับเคลื่อน รถยนต์จึงเคลื่อนที่ได้ในขณะที่รถยนต์กำลังเคลื่อนที่อยู่นั้น จะมีแรงต้านการเคลื่อนที่และมีทิศทางสวนกับแรงขับเคลื่อน ถ้ารถยนต์เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วคงที่ เช่น 60 Km/h และอาศัยกฎข้อที่ 1 ของนิวตัน จะได้ว่า

แรงขับเคลื่อน = แรงต้านทั้งหมด

แต่ถ้าแรงขับเคลื่อนมากกว่าแรงต้านทั้งหมดในขณะนั้น รถยนต์จะมีอัตราเร็วเพิ่มขึ้น เช่น เหยียบคันเร่งเพิ่มน้ำมันเชื้อเพลิงให้กับเครื่องยนต์จะทำให้แรงขับเคลื่อนที่ล้อมากขึ้น และมากกว่าแรงต้านทั้งหมดในขณะนั้น จึงทำให้อัตราเร็วของรถเพิ่มขึ้น ในขณะที่อัตราเร็วของรถยนต์เพิ่มขึ้นนั้นแรงต้านทั้งหมดก็จะเพิ่มตามไปด้วย จนในที่สุดแรงขับเคลื่อนเท่ากับแรงทั้งหมดอีกครั้งหนึ่ง รถยนต์จึงวิ่งด้วยอัตราเร็วคงที่อีกครั้งหนึ่ง เช่น เดิมมีอัตราเร็ว 60 Km/h เพิ่มเป็น 80 km/h

แต่ถ้าแรงขับเคลื่อนน้อยกว่าแรงต้านทั้งหมดในขณะนั้น รถยนต์มีอัตราเร็วลดลง ในขณะที่อัตราเร็วลดลงนั้น แรงต้านทั้งหมดจะลดลงด้วย จนในที่สุดแรงขับเคลื่อนเท่ากับแรงต้านทั้งหมด รถยนต์จึงวิ่งด้วยอัตราเร็วคงที่ต่อไป เช่น เดิมมีอัตราเร็ว 90 Km/h เมื่อถอนคันเร่งลดลง ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่เข้าเครื่องยนต์ แรงขับเคลื่อนจะลดลง รถยนต์จะวิ่งด้วยความหน่วง จนมีอัตราเร็ว 50 km/h

รูปที่ 3-1 แรงขับเคลื่อนและแรงต้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำลังจากเครื่องยนต์ที่ส่งไปยังล้อขับเคลื่อนจะใช้ประโยชน์ไม่เต็มที่เพราะว่ามีบางส่วนสูญเสียไปในระบบส่งกำลัง เรียกว่า การสูญเสียในการส่งกำลัง (Transmission Losses) กำลังส่วนที่เหลือที่ล้อขับเคลื่อนจะใช้ไปเพื่อเอาชนะแรงต้านต่างๆ เพื่อให้รถยนต์เคลื่อนที่ได้ แรงต้านต่างๆ เหล่านี้ได้แก่

1. แรงต้านการหมุนของล้อ (Rolling Resistance)
2. แรงต้านอากาศ (Air Resistance)
3. แรงต้านทางชัน (Gradient Resistance)

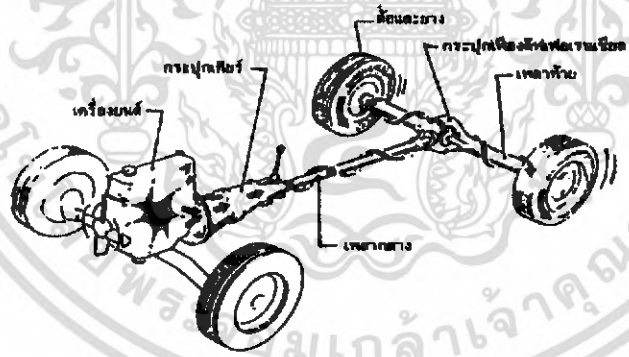
นอกจากนี้ในขณะเร่งเครื่องยนต์ กำลังบางส่วนต้องสูญเสียไปเพื่อเอาชนะความเฉื่อยของรถยนต์ เรียกว่า แรงต้านความเฉื่อย (Inertia Resistance)

3.2.2 การสูญเสียในการส่งกำลัง

กำลังจากเครื่องยนต์ส่งผ่านคลัตช์ ห้องส่งกำลัง ข้อต่ออ่อน เพลากลาง เฟืองท้าย ดิฟเฟอเรนเชียล และเพลาหลัง จนถึงขับเคลื่อนล้อ กำลังที่ล้อขับเคลื่อนจะน้อยกว่ากำลังของเครื่องยนต์ เนื่องจากมีกำลังบางส่วนสูญเสียไปในระบบส่งกำลังดังกล่าว สาเหตุของการสูญเสียกำลังเนื่องมาจาก

1. ความฝืดของส่วนต่างๆ ที่หมุน เช่น ที่แบริ่งและที่ฟันเฟือง
2. ความหนืดของน้ำมันในห้องส่งกำลังและเฟืองท้าย
3. แรงต้านอากาศในขณะที่ชิ้นส่วนต่างๆ กำลังหมุน

การสูญเสียในการส่งกำลังโดยทั่วไปจะมีค่าประมาณ 15 – 20 % ที่เกียร์ต่ำ และประมาณ 10 % ที่เกียร์สูงสุดหรืออาจกล่าวได้ว่า ประสิทธิภาพการส่งกำลัง (Transmission Efficiency) ประมาณ 90 % ที่มีเกียร์สูงสุด



รูปที่ 3-2 ระบบส่งกำลังของเครื่องยนต์ขับเคลื่อนล้อหลัง

3.2.3 แรงต้านการหมุนของล้อ

กำลังจากเครื่องยนต์ที่ขับเคลื่อนจะถูกใช้ไปเพื่อเอาชนะแรงต้านการหมุนของล้อ การหาแรงต้านการหมุนของล้ออาจทำได้ดังนี้ ออกแรงดันรถยนต์ให้เคลื่อนที่ไปด้วยอัตราเร็วคงที่ค่าหนึ่งโดยใส่เกียร์ว่าง แรงที่ใช้ในการดันรถยนต์จะมีค่าเท่ากับแรงต้านการหมุนของล้อจะมากหรือน้อยขึ้นกับสิ่งต่อไปนี้

1. สภาพของผิวถนน เช่นผิวถนนเรียบหรือขรุขระ แรงต้านการหมุนของล้อจะน้อย ถ้าผิวถนนเรียบและจะมากถ้าผิวถนนขรุขระเป็นหลุมเป็นบ่อหรือมีสิ่งกีดขวางบนถนน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. สภาพของยางและความดันลมในยาง ตลอดจนรูปทรงของยาง ยางที่มีดอกละเอียดหรือดอกยางสึกจนเรียบจะไม่มีแรงต้านการหมุนของล้อน้อยกว่าดอกยางหยาบ แรงต้านของล้อจะเพิ่มขึ้นถ้าความดันลมยางต่ำกว่าที่กำหนด และยางที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางโตจะมีแรงต้านการหมุนของล้อน้อยกว่ายางที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเล็ก

3. น้ำหนักของรถยนต์ โดยทั่วไปแรงต้านการหมุนของล้อจะเพิ่มขึ้นเมื่อน้ำหนักของรถยนต์เพิ่มขึ้น

4. อัตราเร็วของรถยนต์ แรงต้านการหมุนของล้อจะเพิ่มขึ้นถ้าอัตราเร็วของรถยนต์เพิ่มขึ้น

แรงต้านการหมุนของล้อสามารถหาได้โดยใช้สูตรต่อไปนี้

$$R_r = K_r W \tag{3.1}$$

เมื่อ R_r = แรงต้านการหมุนของล้อ, N

K_r = สัมประสิทธิ์แรงต้านการหมุนของล้อ

W = น้ำหนักของรถยนต์, N

ค่าของ K_r มีค่าต่างๆตามสภาพของถนนดังนี้

$K_r = 0.0095$ สำหรับถนนที่เรียบดีมาก

$K_r = 0.18$ สำหรับถนนที่เป็นทราย

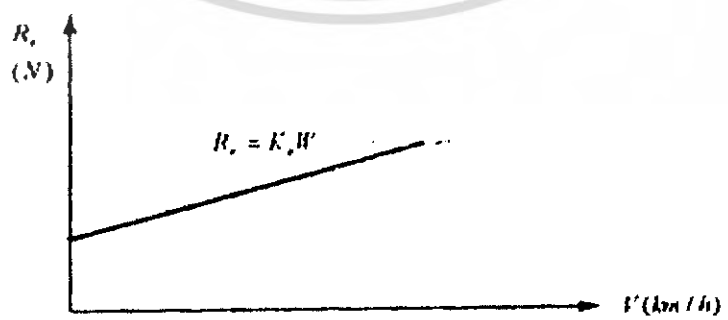
$K_r = 0.015$ สำหรับค่าเฉลี่ยที่ใช้กันโดยทั่วๆ ไป

ทั้งนี้เนื่องจากอัตราเร็วของรถยนต์มีผลต่อแรงต้านการหมุนของล้อ จึงมักนิยมใช้สูตรต่อไปนี้สำหรับหาค่า K_r

$$K_r = 0.015 + 0.0016V \tag{3.2}$$

เมื่อ V = อัตราเร็วของรถยนต์, Km/h

V = อัตราเร็วของรถยนต์, km/h



รูปที่ 3-3 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงต้านการหมุนของล้อกับอัตราเร็วรถยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

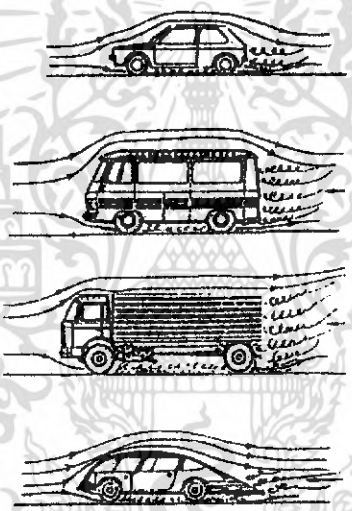
3.2.4 แรงต้านอากาศ

กำลังจากเครื่องยนต์ที่ใช้ในการขับเคลื่อนส่วนมากใช้ไปเพื่อเอาชนะแรงต้านอากาศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่อัตราเร็วสูงๆ แรงต้านอากาศจะเกิดขึ้นเมื่อรถยนต์มีการเคลื่อนที่และจะมากหรือน้อยขึ้นกับรูปทรง อัตราเร็ว และพื้นที่หน้าตัดของรถยนต์

รถยนต์ปัจจุบันมักออกแบบให้คู่ลมตามหลักอากาศพลศาสตร์ (Aerodynamics) เพื่อลดแรงต้านอากาศและทำให้อัตราเร็วสูงสุดของรถยนต์เพิ่มขึ้น ตลอดจนช่วยประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิง

ในบางครั้งต้องออกแบบให้รถยนต์ให้ใช้งานได้สะดวกสบายซึ่งมีความจำเป็นมากกว่าการลดแรงต้านอากาศ รถยนต์พวกนี้จะมีรูปทรงต้านลมจึงทำให้แรงต้านอากาศสูงมาก รถยนต์เหล่านี้ได้แก่ รถเมล์ รถตู้ และรถบรรทุก

แรงต้านอากาศที่เกิดขึ้นในขณะที่รถยนต์กำลังเคลื่อนที่นั้นมาจากความแตกต่างระหว่างความดันด้านหน้ากับด้านหลังรถยนต์และแรงฉุดที่เกิดขึ้นบริเวณผิวสัมผัสของรถยนต์กับอากาศ



รูปที่ 3-4 การเคลื่อนไหวของอากาศผ่านรถยนต์ทรงต่างๆ

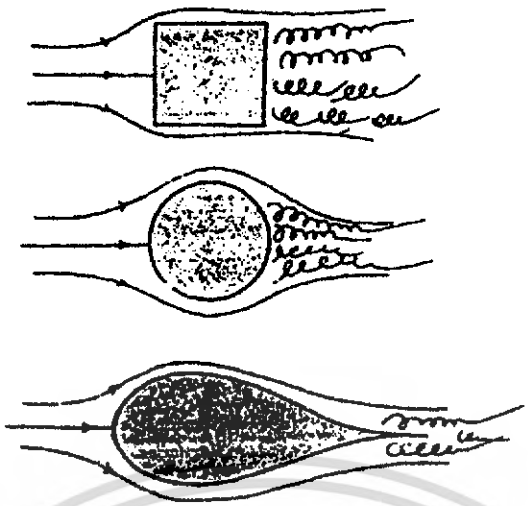
การเคลื่อนไหวของอากาศผ่านรถยนต์ในขณะรถยนต์เคลื่อนที่นั้นแสดงให้เห็นในรูปที่ (1) (2) และ (3) บริเวณท้ายรถยนต์จึงต่ำกว่าอากาศบริเวณหน้ารถยนต์ ดังนั้นความดันอากาศบริเวณท้ายรถจึงต่ำกว่าอากาศบริเวณหน้ารถยนต์ จึงเกิดความแตกต่างของความดันซึ่งทำให้เกิดแรงต้านอากาศขึ้น

รูป (1) แสดงลักษณะของรถยนต์ทั่วๆ ไป อากาศหมุนท้ายรถยนต์มีจำนวนปานกลาง รูป (2) แสดงลักษณะของรถตู้ อากาศหมุนท้ายรถตู้มีจำนวนมาก รูป (3) แสดงลักษณะของรถบรรทุกซึ่งมีอากาศหมุนจำนวนมากกว่ารถตู้ รูปที่ (4) แสดงอากาศหมุนจำนวนน้อยของรถในอุดมคติ

ดังนั้นในการออกแบบรูปทรงรถยนต์ เพื่อลดแรงต้านอากาศจะต้องพยายามลดอากาศหมุนบริเวณท้ายรถให้เหลือน้อยที่สุด

จากการทดสอบวัตถุรูปทรงต่างๆ เพื่อหาแรงต้านอากาศ พบว่า วัตถุที่มีพื้นที่หน้าตัดเท่ากันแต่รูปทรงต่างๆ กันจะมีแรงต้านอากาศไม่เท่ากัน เช่น แท่งทรงกระบอก ทรงกลม ทรงหยดน้ำ

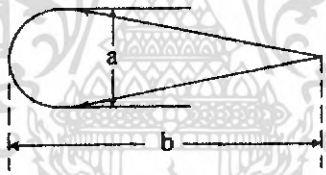
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-5 การเคลื่อนที่ของอากาศผ่านรูปทรงต่างๆ ที่มีพื้นที่หน้าตัดเท่ากัน

วัตถุทรงหยดน้ำที่ยาวเกินไปถึงแม้จะลดอากาศหมุนจนเหลือน้อยมากก็ตามแต่จะเพิ่มแรงฉุดที่เกิดขึ้นบริเวณผิวสัมผัสของทรงหยดน้ำกับอากาศ ทำให้แรงต้านอากาศรวมเพิ่มขึ้น แต่วัตถุทรงหยดน้ำที่สั้นเกินไปจะมีอากาศหมุนบริเวณส่วนท้ายมาก ถึงแม้ว่าแรงฉุดที่บริเวณผิวสัมผัสจะน้อยก็ตาม แต่แรงต้านอากาศรวมจะเพิ่มขึ้น ค่าที่เหมาะสมสำหรับวัตถุทรงหยดน้ำที่ให้แรงต้านอากาศน้อยที่สุด คือ

$$a / b = 1 / 2.5$$



รูปที่ 3-6 สัดส่วนที่เหมาะสมของวัตถุทรงหยดน้ำ

สูตรที่ใช้คำนวณเพื่อหาแรงต้านอากาศ คือ

$$R_a = K_a A V^2 \qquad (3.3)$$

เมื่อ R_a = แรงต้านอากาศ, N

K_a = สัมประสิทธิ์แรงต้านอากาศ

A = พื้นที่หน้าตัดของรถยนต์, m^2

V = อัตราเร็วรถยนต์, Km/h

จากการทดลองพบว่าค่า K_a ขึ้นอยู่กับรูปทรงของรถยนต์ที่ออกแบบ ถ้าออกแบบได้ลู่ลม ค่า K_a ก็จะน้อย แต่ถ้าต้านลมค่า K_a ก็จะมาก ค่า K_a ที่นิยมใช้กันมีดังนี้

K_a = 0.023 สำหรับรถยนต์ที่ออกแบบดีมาก

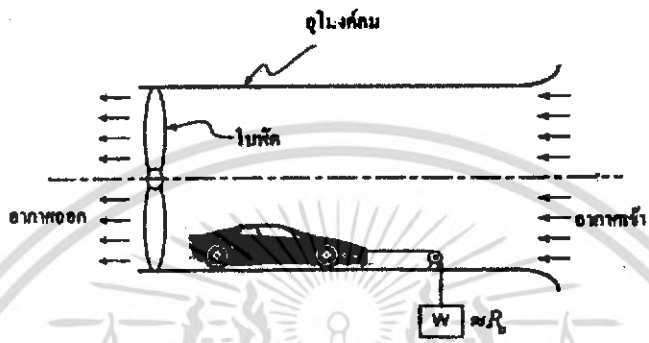
K_a = 0.031 สำหรับรถยนต์ทั่วไป

K_a = 0.045 สำหรับรถบรรทุกและรถเมล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหาค่า K_a หรือแรงต้านอากาศอาจทำได้โดยการสร้างหุ่นจำลองรถยนต์ขนาดเล็กแล้ววางในอุโมงค์ลม ซึ่งสามารถควบคุมปริมาณการไหลของอากาศภายในได้ หรือถ้ามีอุโมงค์ลมขนาดใหญ่ก็อาจใช้รถยนต์จริงในการทดสอบก็ได้

รูปที่ 3-7 แสดงการทดสอบเพื่อหาแรงต้านอากาศของรถยนต์โดยใช้หุ่นจำลองซึ่งวางไว้ในอุโมงค์ลม ด้านหน้าของหุ่นจำลองมีเชือกผูกไว้โดยคล้องกับรอกและห้อยตุ้มน้ำหนัก น้ำหนัก W ที่ใช้ในการตรึงไม่ให้หุ่นจำลองเคลื่อนที่ถอยหลัง จะมีค่าใกล้เคียงกับแรงต้านอากาศ R_a



รูปที่ 3-7 การทดลองหาแรงต้านอากาศโดยใช้หุ่นจำลองและอุโมงค์ลม

เนื่องจากพื้นที่หน้าตัดของรถยนต์นั้นไม่เป็นสี่เหลี่ยม คือ มีส่วนเว้าส่วนโค้งตามความสวยงามของการออกแบบ จึงทำให้ไม่สามารถหาพื้นที่หน้าตัดของรถยนต์ได้อย่างถูกต้อง ดังนั้นจึงหาได้โดยวิธีประมาณดังนี้

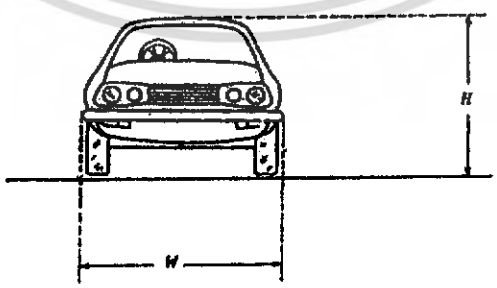
$$A = 0.8WH \tag{3.4}$$

เมื่อ A = พื้นที่หน้าตัดของรถยนต์, m^2

W = ความกว้างของรถยนต์, m

H = ความสูงของรถยนต์, m

ความกว้างของรถยนต์วัดจากขอบตัวถังด้านซ้ายไปยังของตัวถังด้านขวา ความสูงของรถยนต์วัดจากพื้นถนนถึงจุดสูงสุดหลังคารถยนต์ ตามรูปที่ 3-8



รูปที่ 3-8 ความกว้างและความสูงของรถยนต์

สำหรับอัตราเร็วรถยนต์ที่ใช้ในสูตรสำหรับการหา R_a นั้น ถ้ามีอัตราเร็วลมเข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น วิ่งทวนลม วิ่งตามลม จะต้องนำอัตราเร็วลมมาคิดในสูตรด้วย ดังนี้

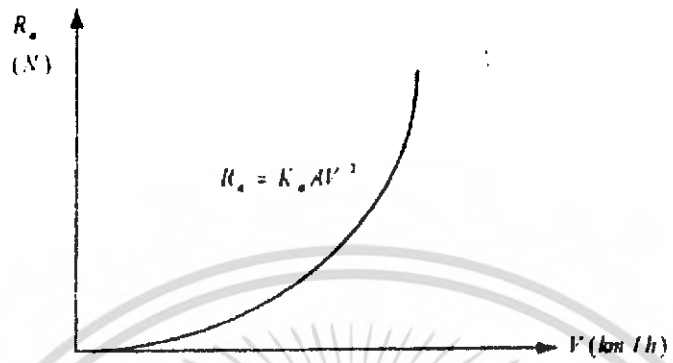
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รถยนต์วิ่งทวนลม ใช้ V = อัตราเร็วรถยนต์ + อัตราเร็วลม

รถยนต์วิ่งตามลม ใช้ V = อัตราเร็วรถยนต์ – อัตราเร็วลม

รถยนต์วิ่งในลมสงบใช้ V = อัตราเร็วรถยนต์

เมื่อนำค่า R_a และ V มาเขียนกราฟ จะได้กราฟลักษณะดังนี้



รูปที่ 3-9 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงต้านอากาศกับอัตราเร็วรถยนต์

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงต้านอากาศกับอัตราเร็วรถยนต์ จะเห็นได้ว่าแรงต้านอากาศจะเพิ่มขึ้นอย่างมากที่อัตราเร็วสูงๆ แรงตานอากาศจึงเป็นตัวการสำคัญอย่างยิ่งในการจำกัดอัตราเร็วสูงสุดของรถยนต์ ดังนั้นเพื่อลดแรงต้านอากาศให้น้อยลงจึงต้องพยายามลดค่า K_a ในขณะที่พื้นที่หน้าตัดเท่ากัน ค่า K_a จะลดลงก็ต่อเมื่อรูปทรงของรถยนต์ต้องดู่ตามที่ได้กล่าวมาแล้ว

3.2.5 แรงต้านทางชัน

ในขณะที่รถยนต์วิ่งขึ้นทางชัน กำลังจากเครื่องยนต์บางส่วนต้องถูกใช้ไปเพื่อเอาชนะแรงต้านทางชัน ทำให้เครื่องยนต์ต้องทำงานหนักมากขึ้นกว่าวิ่งบนถนนระดับแต่ในทางกลับกันรถยนต์วิ่งลงทางลาด เครื่องยนต์จะทำงานเบากว่าเพราะมีแรงเสริม เนื่องจากน้ำหนักรถยนต์ทำให้รถยนต์เคลื่อนที่ได้เอง

แรงต้านทางชันเกิดขึ้นมากหรือน้อยขึ้นกับ

1. น้ำหนักรถยนต์
2. ความชันของรถยนต์

น้ำหนัก W ของรถยนต์ (ดูรูปที่ 3.10) สามารถแตกออกเป็นสองแนวตามรูป ได้แก่ W $\sin\theta$ และ W $\sin\theta$ แรงต้านทางชันเกิดจากค่า W $\sin\theta$

ดังนั้น R_g = W $\sin\theta$

ในกรณีที่ θ มีค่าน้อยกว่า (น้อยกว่า 20°) จะได้ค่า $\tan\theta \cong \sin\theta$

และให้ G = % ความชัน = $\tan\theta * 100$

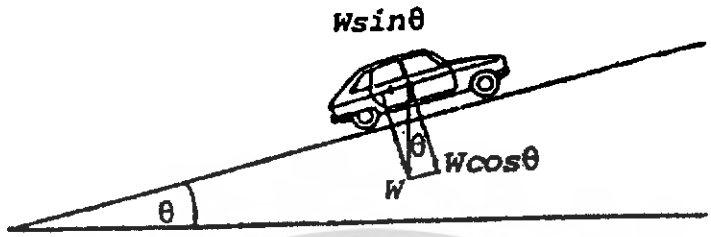
$$\text{ดังนั้น} \quad R_g = \frac{WG}{100} \qquad (3.5)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ R_g = แรงต้านทางชัน, N

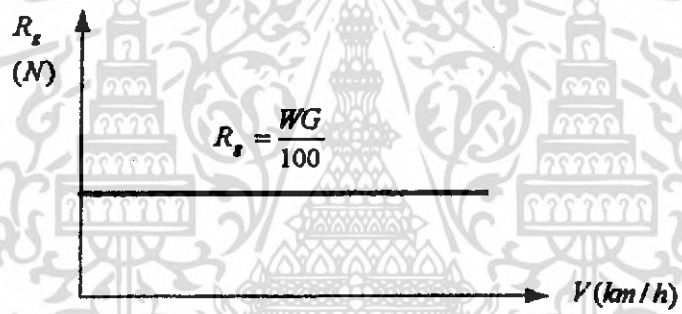
W = น้ำหนักรถยนต์, N

G = ความชัน, %



รูปที่ 3-10 แรงต้านทางชัน

จะเห็นได้ว่า แรงต้านทางชันมีค่าคงที่สม่ำเสมอตราบที่น้ำหนักรถยนต์และความชันของถนนไม่เปลี่ยนแปลง เมื่อเขียนกราฟระหว่างแรงต้านทางชันกับอัตราเร็วรถยนต์จะได้กราฟเส้นตรง



รูปที่ 3-11 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงต้านทางชันกับอัตราเร็วรถยนต์

เมื่อรวมแรงต้านการหมุนของล้อ แรงต้านอากาศ และแรงต้านทางชัน จะได้แรงต้านทั้งหมดของรถยนต์ในขณะที่กำลังวิ่งขึ้นทางชัน (ถ้ารถยนต์วิ่งบนถนนระดับ แรงต้านทั้งหมดจะมีเพียงแรงต้านการหมุนของล้อและแรงต้านอากาศ) ดังนั้นจะได้

$$R_t = R_r + R_a + R_g \qquad (3.6)$$

เมื่อ R_t = แรงต้านทั้งหมด, N

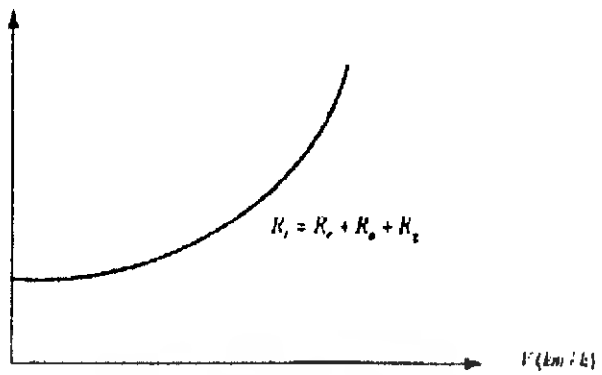
R_r = แรงต้านการหมุนของล้อ , N

R_a = แรงต้านอากาศ , N

R_g = แรงต้านทางชัน , N

เมื่อเขียนกราฟระหว่างค่าแรงต้านทั้งหมดกับอัตราเร็วรถยนต์ จะได้กราฟซึ่งมีลักษณะดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-12 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงต้านทั้งหมดกับอัตราเร็วรถยนต์

3.2.6 แรงขับเคลื่อน

ในขณะที่รถยนต์กำลังวิ่งด้วยอัตราเร็วใดๆ เครื่องยนต์จะต้องส่งกำลังขับเคลื่อนไปยังล้อขับเคลื่อน แรงขับเคลื่อนที่ล้อจะต้องเท่ากับแรงต้านทั้งหมดในขณะนั้น เพื่อรักษาอัตราเร็วรถยนต์ให้คงที่ แรงขับเคลื่อนจะต้องเกิดขึ้นบริเวณผิวสัมผัสระหว่างยางกับถนน ดังนั้นสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างยางกับถนนต้องสูงมากพอที่จะไม่ทำให้เกิดการลื่นไถลบริเวณผิวสัมผัส

แรงขับเคลื่อนที่ล้อสามารถหาได้จากกำลังเครื่องยนต์ หรือในทางกลับกันก็สามารถหากำลังเครื่องยนต์ได้จากแรงขับเคลื่อนที่ล้อ โดยใช้ความสัมพันธ์ดังต่อไปนี้

ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังเครื่องยนต์กับแรงบิดใช้สูตร

$$P_e = 2\pi N T_e \qquad (3.7)$$

เมื่อ P_e = กำลังเครื่องยนต์, W

N = อัตราเร็วรอบเครื่องยนต์, rps

T_e = แรงบิดเครื่องยนต์, N.m

ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดที่ล้อขับเคลื่อนกับแรงบิดเครื่องยนต์ใช้สูตร

$$T_w = \eta_t i_g i_f T_e / 100 \qquad (3.8)$$

เมื่อ T_w = แรงบิดที่ล้อ, N.m

η_t = ประสิทธิภาพการส่งกำลัง, %

i_g = อัตราทดเฟืองเกียร์

i_f = อัตราทดเฟืองท้าย

T_e = แรงบิดเครื่องยนต์, N.m

ความสัมพันธ์ระหว่างแรงขับเคลื่อนและแรงบิดที่ล้อใช้สูตร

$$F = T_w / r \qquad (3.9)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ F = แรงขับเคลื่อน, N

T_w = แรงบิดที่ล้อ, N.m

r = รัศมียางที่ล้อขับเคลื่อน, m

จากสมการ (3.8) และ (3.9) จะได้แรงขับเคลื่อนดังนี้

$$F = \eta_t i_g i_f T_e / 100r \quad (3.10)$$

หรือ $$F = \eta_t i_0 T_e / 100r \quad (3.11)$$

เมื่อ $i_0 = i_g i_f$ = อัตราทดเฟืองทั้งหมด

3.2.7 อัตราเร็วรถยนต์

ในขณะขับขี่รถยนต์ อัตราเร็วรถยนต์จะมีความสัมพันธ์กับอัตราเร็วรอบเครื่องยนต์ โดยขึ้นอยู่กับอัตราทดเฟืองทั้งหมดขณะนั้น

การหาอัตราเร็วรถยนต์ทำได้ดังนี้

ให้อัตราเร็วรอบรถยนต์ = N rps

ดังนั้น อัตราเร็วรอบล้อขับเคลื่อน = N/i_0 rps

เส้นรอบวงของยางรถยนต์ = $2\pi r$ m

ดังนั้น อัตราเร็วรถยนต์ = $(2\pi r)N/i_0$ m/s

หรือ $V = 3.6(2\pi r)N/i_0 \quad (3.12)$

เมื่อ V = อัตราเร็วรถยนต์, Km/h

r = รัศมียางรถยนต์, m

N = อัตราเร็วรอบเครื่องยนต์, rps

i_0 = อัตราทดเฟืองทั้งหมด

3.2.8 กำลังขับเคลื่อนของเครื่องยนต์

เมื่อคำนวณแรงต้านทั้งหมดของรถยนต์ได้แล้ว แรงขับเคลื่อนจะต้องมีค่าเท่ากับแรงต้านทั้งหมด เพื่อรักษาอัตราเร็วรถยนต์ให้คงที่

ดังนั้นกำลังขับเคลื่อนที่ล้อในขณะที่รถยนต์มีอัตราเร็ว = V หาได้จากสูตร

$$FV/3.6 \quad (3.13)$$

และกำลังเครื่องยนต์ในขณะนั้นคำนวณได้จาก

$$P_e = 100P_w/\eta_t = 1000FV/3.6\,\eta_t \quad (3.14)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ P_w = กำลังขับเคลื่อนที่ล้อ, W

F = แรงขับเคลื่อน, N

V = อัตราเร็วรถยนต์, Km/h

η_t = ประสิทธิภาพการส่งกำลัง, %

3.2.9 กำลังขับเคลื่อนและแรงต้านต่างๆ

ข้อมูลทางเทคนิค $\rho_{อากาศ}$ = 1.2 kg/m^3

A = 1.74 m^2

C_d = 0.35

$\eta_{th\ low}$ = 85%

$\eta_{th\ hi}$ = 90%

r = 0.25 m

K_r = 0.018

M = 450 kg

T_{max} = 13 Nm at 7000 rpm.

P_{max} = 10.8 kw at 8000 rpm.

อัตราทดเกียร์

อัตราทดขั้นต้น 73/18 = 4.056

อัตราทดเกียร์

1st 35/14 = 2.5

2nd 31/18 = 1.72

3rd 28/20 = 1.4

4th 24/25 = 0.96

R 35/13 = 2.7

อัตราทดขั้นสุดท้าย 54/18 = 3

แรงต้านการหมุนของล้อ

$R_r = w.K_r$ = 450kg*9.81m/s^2*0.018 = 79.461 N

แรงฉุดหรือแรงต้านอากาศ

$R_a = ½*\rho_{อากาศ}v^2\ A*C_d$ = ½*1.2kg/m^3 (50*5/18m/s)^2 *1.74m^2 *0.35 = 70.486 N

แรงต้านทางชัน ที่ความเอียง 15 องศา ได้ G = 26.795%

$R_g = w*G/100$ = 450*9.81*26.795/100 = 1182.86 N

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงต้านทั้งหมด ที่ 50 กม./ชม.

$R_t = R_r+R_s+R_g = 79.461+70.486+1182.86 = 1332.807$ N

กำลังขับเคลื่อน

$P_e = 2\pi NT_e = 2*\pi*7000/60*13 = 9529.5$ w

อัตราเร็วของรถยนต์

$V = 2\pi N\, r/i_o$

$v_1 = 2\pi 8000/60*0.25/(4.056*2.5*3) = 6.885$ m/s $= 24.768$ km/hr

$v_2 = 2\pi 8000/60*0.25/(4.056*1.72*3) = 9.973$ m/s $= 35.892$ km/hr

$v_3 = 2\pi 8000/60*0.25/(4.056*1.4*3) = 12.30$ m/s $= 44.280$ km/hr

$v_4 = 2\pi 8000/60*0.25/(4.056*0.96*3) = 17.90$ m/s $= 64.440$ km/hr

$v_R = 2\pi 8000/60*0.25/(4.056*2.7*3) = 6.34$ m/s $= 22.824$ km/hr

กำลังขับเคลื่อนเครื่องยนต์ เมื่อขึ้นทางชัน 15 องศา

$P = Fv \quad ; F = R_t$

$P_{w1} = (79.461+1182.86+1/2*1.2*6.885^2*1.74*0.35)*6.88 = 8810.34$ w

$P_{w2} = (79.461+1182.86+1/2*1.2*9.973^2*1.74*0.35)*9.973 = 12951.57$ w

กำลังขับเคลื่อนเครื่องยนต์ เมื่อไม่มีความชัน

$P_{w1} = (79.461+1/2*1.2*1.74*0.35*6.885^2)*6.885 = 666.34$ w

$P_{w2} = (79.461+1/2*1.2*1.74*0.35*9.973^2)*9.973 = 1154.91$ w

$P_{w3} = (79.461+1/2*1.2*1.74*0.35*12.298^2)*12.298 = 1656.84$ w

$P_{w4} = (79.461+1/2*1.2*1.74*0.35*17.9^2)*17.9 = 3518.04$ w

$P_{wR} = (79.461+1/2*1.2*1.74*0.35*6.346^2)*6.346 = 597.64$ w

กำลังเร่งของเครื่องยนต์

จากข้อมูลจะได้อัตราทดรวม

$I_{o1} = 30.42$

$I_{o2} = 21.00$

$I_{o3} = 17.03$

$I_{o4} = 11.70$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

I_{oR} = 33.00

มวลรวมมูล (m_e)

$M_e = m+m_t$

มวลของชิ้นส่วนที่หมุน (m_t)

$m_t = \beta m$

อัตราส่วนมวล (β)

$\beta = 0.05+0.07*i_g^2$

$\beta_1 = 0.05+0.07*2.5^2 = 0.4875$

$\beta_2 = 0.05+0.07*1.72^2 = 0.2570$

$\beta_3 = 0.05+0.07*1.4^2 = 0.1872$

$\beta_4 = 0.05+0.07*0.96^2 = 0.11451$

$\beta_R = 0.0.5+.0.07*2.7^2 = 0.5603$

คำนวณหามวลของชิ้นส่วนที่หมุน (m_t)

$M_{t1} = 450*0.4875 = 219.375$ kg

$M_{t2} = 450*0.2570 = 115.689$ kg

$M_{t3} = 450*0.1872 = 84.24$ kg

$M_{t4} = 450*0.1145 = 51.5304$ kg

$m_{tR} = 450*0.5603 = 252.135$ kg

มวลรวมมูลของรถ (m_e)

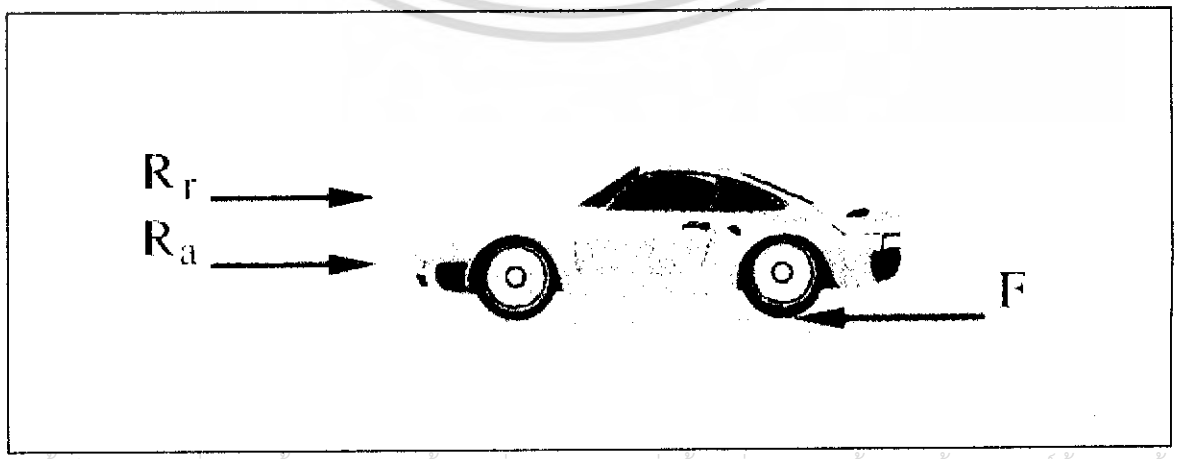
$M_{e1} = 450+219.375 = 669.375$ kg

$M_{e2} = 450+155.689 = 565.689$ kg

$M_{e3} = 450+84.24 = 534.24$ kg

$M_{e4} = 450+51.5304 = 501.5304$ kg

$m_{eR} = 450+2522.135 = 702.135$ kg



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการสมดุลแรงตามกฎข้อที่สองของนิวตัน

$$\Sigma F = m_e a = m_e dv/dt$$

$$F-R_r-R_a = m_e dv/dt$$

$$F-R_r-1/2*\rho_{อากาศ}*v^2*A*C_d = m_e dv/dt$$

$$dv/dt = (F-R_r)/m_e - 1/2*\rho_{อากาศ}*v^2*A*C_d/m_e \quad (1)$$

$2m_e/(\rho_{อากาศ}*A*C_d)$ คูณทั้งสมการที่ผ่านมา

$$2m_e/(\rho_{อากาศ}*A*C_d)*dv/dt = 2(F-R_r)/(\rho_{อากาศ}*A*C_d) - v^2$$

ให้ $$\alpha^2 = (F-R_r)/(1/2*\rho_{อากาศ}*A*C_d) = \text{constant} \quad (2)$$

จะได้ $$m_e/(1/2*\rho_{อากาศ}*A*C_d)*dv/dt = \alpha^2 - v^2$$

$$dv/(\alpha^2 - v^2) = 1/2*\rho_{อากาศ}*A*C_d*dt/m_e$$

$$(1/(\alpha+v) + 1/(\alpha-v))dv/(2\alpha) = 1/2*\rho_{อากาศ}*A*C_d/m_e*dt$$

$$\int_{Vo}^{Vi} (1/(\alpha+v) + 1/(\alpha-v))/(2\alpha)*dv = 1/2*\rho_{อากาศ}*A*C_d/m_e \int_{t_1}^{t_2} dt$$

$$1/2\alpha \{\ln[(\alpha+v)/(\alpha-v)]\}\Big|_{Vo}^{Vi} = 1/2*\rho_{อากาศ}*A*C_d/m_e*\Delta t$$

จากสมการที่ 2 $\alpha = \sqrt{[(F-R_r)\ 1/2*\rho_{อากาศ}*A*C_d]}$

หาแรงที่ใช้ขับเคลื่อน เมื่อแรงบิดเฉลี่ยคือ 9.29 Nm

$F = \eta*I_o T_e/r$

$F_1 = 0.85*30.42*9.29/0.25 = 960.846$ N

$F_2 = 0.85*21.00*9.29/0.25 = 663.306$ N

$F_3 = 0.90*17.03*9.29/0.25 = 569.55$ N

$F_4 = 0.90*11.7*9.29/0.25 = 391.3$ N

$F_R = 0.85*33.00*9.29/0.25 = 1042.338$ N

ดังนั้น

$\alpha_1 = \sqrt{[(960.846-79.461)/(0.5*1.2*1.74*0.35)]} = 49.113$ m/s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

α_2 = $\sqrt{[(663.306-79.461)/(0.5*1.2*1.74*0.35)]}$ = 39.97 m/s

α_3 = $\sqrt{[(569.55-79.461)/(0.5*1.2*1.74*0.35)]}$ = 36.623 m/s

α_4 = $\sqrt{[(391.3-79.461)/(0.5*1.2*1.74*0.35)]}$ = 29.2133 m/s

α_R = $\sqrt{[(1042.338-79.461)/(0.5*1.2*1.74*0.35)]}$ = 51.3 m/s

หาความเร่งจาก 0 ถึง 50 กม./ชม. จากความเร็วที่ทำได้ แบ่งเป็น 4 เกียร์ ดังนี้

1	0	ถึง	24.768 (กม./ชม.)⟶(0ถึง6.88) m/s
2	24	ถึง	35.892(กม./ชม.)⟶(6.88ถึง9.97) m/s
3	35	ถึง	44.28(กม./ชม.)⟶(9.97ถึง12.30) m/s
4	45	ถึง	50.00(กม./ชม.)⟶(12.30ถึง13.89) m/s

3.3 ชุดควบคุมการทำงานของระบบไฮบริด

3.3.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์

โครงสร้างของ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 มีด้วยกันหลายเบอร์ขึ้นกับโครงสร้างภายในของมัน บางเบอร์จะมีหน่วยความจำภายในเป็นแบบ ROM บางเบอร์เป็นแบบ EPROM บางเบอร์มี RAM ภายใน 128 ไบต์ บางเบอร์มี 256 ไบต์ เป็นต้นซึ่งรายละเอียดจะศึกษาได้จากคู่มือของมันโดยตรง และลักษณะของขาต่างๆจะเหมือนกัน คุณสมบัติที่สำคัญของ MCS-51 มีดังนี้

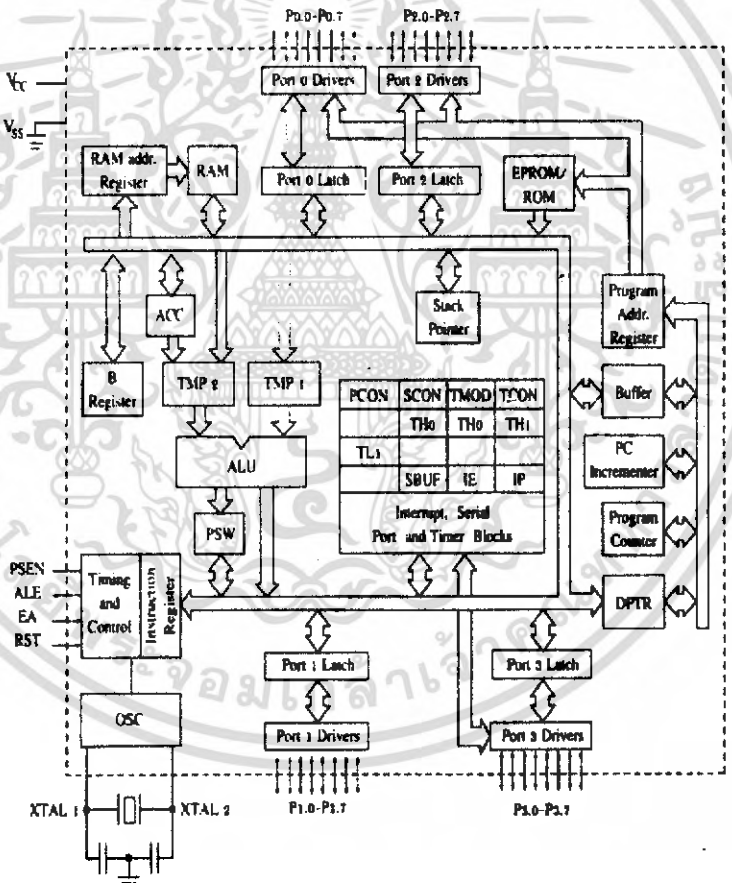
- มีหน่วยความจำ ROM 4K bytes
- มีหน่วยความจำ RAM 128 bytes
- มีพอร์ท I/O ขนาด 8 บิต 4 พอร์ท
- มี Timer 16 บิต 2 ตัว
- สามารถอินเทอรัพท์ได้ 5 แหล่ง
- มีวงจรออสซิลเลเตอร์และวงจรนาฬิกาบนชิพ
- มีพอร์ทอนุกรมที่สามารถรับส่งข้อมูลแบบ Full Duplex ความเร็วสูง
- อ้างหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกได้ 64 K
- สามารถประมวลผลทีละบิตได้
- สามารถอ้างหน่วยความจำแบบบิตได้ 210 ตำแหน่ง
- หนึ่งวัฏจักรคำสั่งกินเวลาประมาณ 1 ไมโครวินาที ขณะทำงานด้วย Clock 12 MHz

ตัวอย่างไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 และลักษณะต่าง ๆ สามารถแสดงได้ในตารางที่ 3-1 สำหรับไดอะแกรมโครงสร้างภายในแสดงได้ดังรูปที่ 3-13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3-1 แสดงไมโครโปรเซสเซอร์ตระกูล MCS-51 เบอร์ต่างๆ

เบอร์	หน่วยความจำโปรแกรมบนชิพ	หน่วยความจำข้อมูลบนชิพ	TIMERS
8051	4K ROM	128 bytes	2
8031	-	128 bytes	2
8751	4K EPROM	128 bytes	2
8052	8K ROM	256 bytes	3
8032	-	256 bytes	3
8752	8K EPROM	256 bytes	3
AT89C51	4K FLASH	128 bytes	2
AT89C52	8K FLASH	256 bytes	3
AT89C2051	2K FLASH	128 bytes	2



รูปที่ 3-13 แสดงโครงสร้างภายในของ MCS-51

การใช้งาน MCS-51 จะต้องมีหน่วยความจำ ROM สำหรับเก็บโปรแกรมควบคุมการทำงาน โดยหน่วยความจำ ROM นี้แบ่งได้เป็น mask ROM, PROM, EPROM, EEPROM/Flash โดย Mask ROM นั้นเป็นโปรแกรมภายในจะต้องถูกโปรแกรมมาจากการผลิตในโรงงาน สำหรับ PROM นั้นผู้ใช้สามารถนำมาโปรแกรมเองได้ แต่จะโปรแกรมได้แค่ครั้งเดียว สำหรับ EPROM / Flash ผู้ใช้สามารถนำโปรแกรมเองได้และลบได้หลายครั้งโดยใช้ไฟฟ้า ตัว MCS-51 บางรุ่นหน่วยความจำ ROM ที่เก็บโปรแกรมนี้ต้องต่อ

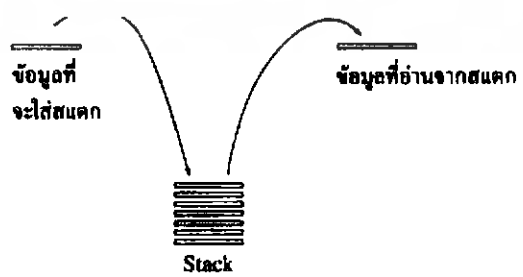
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพิ่มขึ้นภายนอกชิพ แต่บางรุ่นจะมีหน่วยความจำ ROM อยู่ภายในตัวมันเอง เช่น เบอร์ 8051, 8052 จะมีหน่วยความจำประเภท Mask ROM โดยโปรแกรมที่อยู่ภายในชิพจะต้องถูกโปรแกรมมาจากโรงงานที่ผลิต MCS-51 ถ้าหากผู้ใช้งานต้องการโปรแกรมเองอาจใช้เบอร์ 8751 ซึ่งมี ROM แบบ EPROM อยู่ในชิพ ทำให้สามารถโปรแกรมและลบแก้ไขโปรแกรมได้ง่าย แต่ถ้าเป็นเบอร์ 8951 จะมี ROM แบบ EEPROM/Flash ซึ่งเป็นที่นิยมใช้กันมาก โดยการโปรแกรมและแก้ไขโปรแกรมจะทำได้โดยไม่ต้องถอดชิพออกจากแผงวงจร การใช้งาน MCS-51 ที่มีหน่วยความจำโปรแกรมภายในตัวชิพนี้ทำให้สามารถป้องกันการคัดลอกโปรแกรมได้เป็นอย่างดี ปัจจุบันมีไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ของบริษัท Atmel ที่สามารถโปรแกรมข้อมูลลงไปในตัวชิพได้โดยไม่ต้องถอดชิพออกจากแผงวงจร เรียกว่าเป็นโปรแกรมในระบบ (In-systems Programming) เช่น เบอร์ AT89xx ทำให้สามารถแก้ไขโปรแกรมได้ง่ายขึ้น

จากตารางที่ 3-1 เราอาจมองง่าย ๆ ว่า ถ้ามีไมโครลคอนโทรเลอร์ตระกูล MCS-51 เบอร์ที่ลงท้ายด้วย จะมีหน่วยความจำบนข้อมูลชิพ 256 ไบต์ เช่น เบอร์ 8052, 8032 แต่ถ้าลงลงท้ายด้วย 1 จะมีหน่วยความจำข้อมูลจำนวน 128 ไบต์ หรือถ้ามองเป็น 8x51 โดย x มีความหมาย ดังนี้ ถ้า x เป็น 7 หมายความว่า มีหน่วยความจำข้อมูลแบบ EPROM ถ้า x เป็น 9 หมายความว่า มีหน่วยความจำข้อมูลแบบ EEPROM/Flash แต่ถ้ามีตัว C อยู่ด้วยหมายความว่าเทคโนโลยีในการผลิตจะเป็นแบบ CMOS เช่น เบอร์ 87C51, 89C51 เป็นต้น

เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานจะต้องมีหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลต่าง ๆ ที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ ซึ่งอาจเป็นหน่วยความจำของตัวแปรที่ใช้ในการประมวลผล หรือหน่วยความจำเก็บข้อมูลชั่วคราวที่ได้จากการประมวลผล โดยจะใช้หน่วยความจำประเภท RAM (Random – Access Memory) ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์จะมีหน่วยความจำ RAM ภายในตัวมันเอง และสามารถต่อ RAM ภายนอกเพิ่มได้อีกด้วย สำหรับงานเล็ก ๆ อาจใช้หน่วยความจำ RAM ภายในก็เพียงพอ ใน MCS-51 จะมีหน่วยความจำ RAM สำหรับเก็บข้อมูลภายในอยู่ 4 ประเภท คือ เก็บแบบบิต เก็บแบบรีจิสเตอร์ เก็บข้อมูลใช้งานทั่วไป และหน่วยความจำสแตก (Stack Memory)

หน่วยความจำสแตกสามารถใช้เก็บข้อมูลทั่วไปได้ แต่การเขียนและการอ่านข้อมูลจะเป็นการกระทำกับข้อมูลที่ซ้อน ๆ กัน โดยข้อมูลที่ถูกเขียนลงไปที่หลังจะต้องถูกอ่านออกมาก่อน บางครั้งจะเรียกหน่วยความจำนี้ว่า Last In/First Out (LIFO) Memory การอ่านและการเขียนหน่วยความจำแสดงดัง รูปที่ 2-23



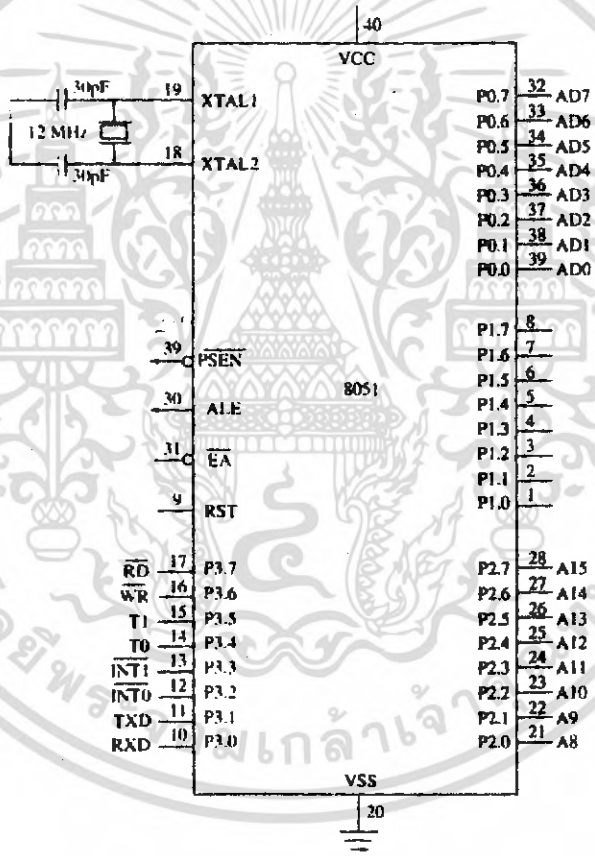
รูปที่ 3-14 ตัวอย่างการทำงานของหน่วยความจำสแตก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเขียนข้อมูลลงหน่วยความจำสแตกเรียกว่าการ Push ส่วนการอ่านข้อมูลออกจากหน่วยความจำสแตกเรียกว่าการ Pop ถ้าหากโปรแกรมมีความซ้ำซ้อนมากหน่วยความจำสแตกจะมีความสำคัญมาก ดังนั้นก่อนที่ตัว MCS-51 จะไปทำงานโปรแกรมย่อย MCS-51 จะนำค่าของตัวชี้คำสั่งซึ่งเป็นค่าแอดเดรสต่อจากคำสั่งเรียกโปรแกรมย่อยเก็บลงหน่วยความจำสแตกเสียก่อน จากนั้นจึงไปทำโปรแกรมย่อย เมื่อทำโปรแกรมย่อยจบ MCS-51 จะอ่านค่าแอดเดรสที่เก็บลงหน่วยความจำสแตกกลับมาให้ตัวชี้คำสั่งเดิม MCS-51 จึงทำงานต่อไปได้อย่างถูกต้อง ใน MCS-51 จะมีรีจิสเตอร์ตัวชี้หน่วยความจำสแตกเรียกว่า ตัวชี้สแตก หรือ SP (Stack Pointer Register)

3.3.1.1 การจัดขาต่างๆ ของ MCS-51

ไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 โครงสร้าง IC เป็นแบบ DIP มีขาทั้งหมด 40 ขาโดยขาต่าง ๆ จะใช้ขาเป็นพอร์ทอินพุต เอาท์พุต ขาสัญญาณควบคุม ขาตำแหน่งหน่วยความจำ และขาข้อมูลดังรูปที่ 3-15



รูปที่ 3-15 แสดงขาต่างๆของ 8051

ความหมายของขาต่างๆมีดังนี้

1. พอร์ท 0 (Port 0)

พอร์ท 0 ได้แก่ขาที่ 32-39 ของ MCS-51 สามารถใช้เป็นอินพุตเอาท์พุตได้นอกจากนี้ในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกยังใช้ขาเป็น Address Bus และ Data Bus อีกด้วย

2. พอร์ท 1 (Port 1)

พอร์ท 1 ได้แก่ขาที่ 1-8 เป็นพอร์ท 8 บิต สามารถอ้างทีละบิตได้ คือ P1.0, P1.1, etc.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. พอร์ท 2 (Port 2)

พอร์ท 2 ได้แก่ขาที่ 21-28 จะใช้งานได้สองหน้าที่ คือใช้เป็นพอร์ท 8 บิต กับใช้เป็นขาแอดเดรส 8 บิตในการอ้างหน่วยความจำภายนอก

4. พอร์ท 3 (Port 3)

พอร์ท 3 ได้แก่ขาที่ 10-17 จะใช้งานทั้งสองหน้าที่คือ เป็นอินพุตและเอาท์พุต และใช้เป็นขาควบคุมต่างๆ ดังตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 แสดงเลขบิตและหน้าที่ต่างๆของพอร์ท 3

บิต	ชื่อ	หน้าที่พิเศษ
P3.0	RXD	ใช้รับข้อมูลทางพอร์ทอนุกรม
P3.1	TXD	ใช้ส่งข้อมูลทางพอร์ทอนุกรม
P3.2	INT0	อินเทอร์รัพท์ภายนอกหมายเลข 0
P3.3	INT1	อินเทอร์รัพท์ภายนอกหมายเลข 1
P3.4	T0	ตัวจับเวลา / ตัวนับเลขตัวที่ 0
P3.5	T1	ตัวจับเวลา / ตัวนับเลขตัวที่ 1
P3.6	WR	สัญญาณเขียนข้อมูลหน่วยความจำภายนอก
P3.7	RD	สัญญาณอ่านข้อมูลภายนอก

5. PSEN (Program Store Enable)

ขา PSEN เป็นขาที่ส่งสัญญาณออกคือขา 29 ขานี้จะแอคทีฟเมื่อ MCS-51 ต้องการอ่าน Code โปรแกรมภายนอก โดยปกติถ้าหน่วยความจำภายนอกเป็น EPROM ขา PSEN จะต่อขากับ Output Enable (OE) ของ EPROM

6. ALE (Address Latch Enable)

เนื่องจากพอร์ท 0 สามารถใช้เป็นขาอ้างตำแหน่ง และขาข้อมูล MCS-51 จะมีขา ALE ได้แก่ขา 30 ขานี้จะใช้ Multiplex สัญญาณ Address Bus ของ Port 0 ในการใช้งานระบบ MCS-51 นั้น จะต้องมีอุปกรณ์มาต่อกับ Port 0 ที่ทำหน้าที่ Latch สัญญาณ Address Bus เมื่อ MCS-51 ต้องการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก MCS-51 จะส่งสัญญาณ Address Bus ออกมาก่อนทาง Port 0 เป็น Data Bus ต่อไป

สำหรับ MCS-51 บางเบอร์ขานี้อาจทำงานอีกหน้าที่หนึ่งคือเป็นขา PROG (Program Pulse Input) สำหรับใช้โปรแกรมข้อมูลลงไปในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์

7. EA (External Access)

ขา EA ได้แก่ขาที่ 31 ถ้าขานี้เป็นลอจิก "1" จะใช้กับเบอร์ 8051/8052 เพื่อบอกว่าให้อ่านโปรแกรมจากหน่วยความจำโปรแกรมภายใน แต่ถ้าเป็นลอจิก "0" จะบอกว่าให้ MCS-51 ทำโปรแกรมโดยอ่านจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก (ถ้าขา EA เป็น "0" ขา PSEN จะแอคทีฟ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าหากเป็นเบอร์ 8031 หรือ 8032 ขา EA จะเป็น "0" เสมอ เพราะว่าไม่มีโปรแกรมหน่วยความจำภายในแต่ถ้าใช้เบอร์ 8051/8052 ซึ่งมีหน่วยความจำโปรแกรมภายในและให้ขา EA เป็น "0" ซึ่งจะ Disabled ROM ภายนอกแทน

สำหรับ MCS-51 ที่มีหน่วยความจำภายในเป็นแบบแฟลช ขานี้จะใช้รับอินพุตแรงดันสูงในการโปรแกรมข้อมูลลงบนชิพ

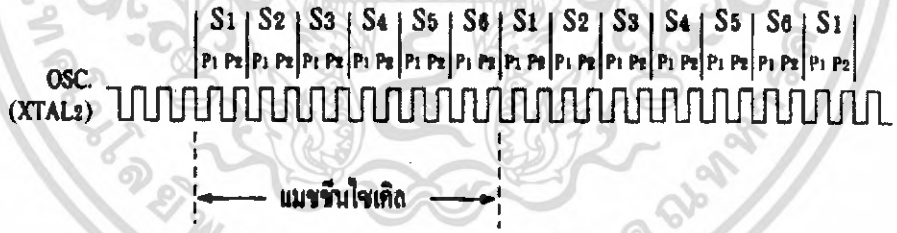
8. RST (Reset)

ขา RST ได้แก่ขา 9 จะใช้การรีเซต MCS-51 โดยจะให้ขานี้เป็นลอจิก "1" อย่างน้อย 2 Machine Cycles จึงจะเซตระบบได้

3.3.1.2 ฐานเวลาของ MCS-51

ตามที่ทราบมาแล้วว่าระบบคอมพิวเตอร์จะทำงานได้ต้องมีฐานเวลาและสัญญาณนาฬิกาเป็นตัวควบคุมการทำงานไมโครโปรเซสเซอร์รุ่นแรก ๆ รวมทั้ง Z-80 จะต้องออกแบบวงจรออสซิลเลเตอร์สำหรับสัญญาณนาฬิกาให้กับมัน สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่นใหม่ ๆ รวมทั้ง MCS-51 จะมีวงจรออสซิลเลเตอร์อยู่ภายใน การกำหนดจังหวะเวลาก็ทำเพียงต่อคริสตอลภายนอกให้กับมันเท่านั้น

สำหรับคาบของสัญญาณนาฬิกาแต่ละลูกจะเรียกว่าคาบเวลาออสซิลเลเตอร์ (Oscillator Period) ใน MCS-51 คาบเวลาสองคาบเวลาเรียกว่าสเตต (State: S) และช่วงเวลาหกสเตตจะเป็นหนึ่งรอบคำสั่งที่เรียกว่าแมชชีนไซเคิล (Machine Cycle) ค่าแมชชีนไซเคิลนี้ถือว่าเป็นเวลาที่น้อยที่สุดของการทำคำสั่งของไมโครคอนโทรลเลอร์ คำสั่งบางคำสั่งอาจใช้เวลาหนึ่ง หรือสอง หรือสามแมชชีนไซเคิล ขึ้นกับความซับซ้อนของการทำงานของคำสั่งนั้น ๆ



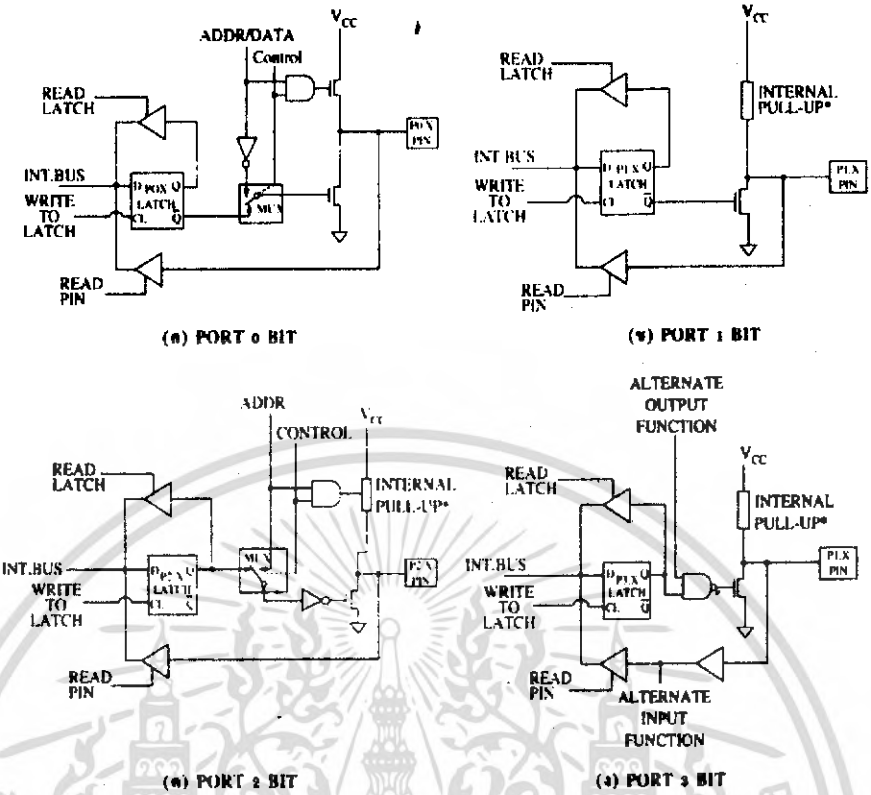
รูปที่ 3-16 สัญญาณนาฬิกาและแมชชีนไซเคิล

ถ้าหาก MCS-51 ใช้ฐานเวลาที่มีความถี่ 12 MHz และหนึ่งแมชชีนไซเคิลต้องใช้สัญญาณนาฬิกา 12 ลูก จะต้องใช้เวลา 1 ไมโครวินาที หรือมีความเร็วในการทำงานเท่ากับ 1 MHz ถ้าหากเราป้อนสัญญาณความถี่นาฬิกาสูงขึ้นก็จะทำให้ MCS-51 ทำงานได้เร็วขึ้นด้วย

3.3.1.3 โครงสร้างของพอร์ทอินพุตเอาท์พุต (I/O Port Structure)

ขาของพอร์ทจะแสดงโครงสร้างภายในได้ ดังรูปที่ 3-17 โดยจะมีโครงสร้างเป็น Field-effect Transistor ต่ออยู่กับขาภายนอก และมีความต้านทานต่อ Pull-up อยู่สำหรับพอร์ท 1, 2, 3 แต่ถ้าเป็นพอร์ท 0 จะไม่มีตัวต้านทาน Pull-up ภายใน เพราะว่าต้องใช้เป็นขา Address Bus และ Data Bus

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-17 โครงสร้างพอร์ททั้ง 4 ของ MCS-51

จากรูปที่ 3-17 จะเห็นว่าพอร์ท 0 จะไม่มีตัวต้านทานต่อพูลอัพอยู่ภายในชิพ ดังนั้นถ้าหากต้องการใช้พอร์ทนี้เป็นพอร์ทอินพุตจะต้องต่อตัวต้านทานพูลอัพภายนอกให้กับพอร์ทนี้ทุกบิตด้วย และจากโครงสร้างของพอร์ท 0 จะเห็นว่ามีวงจรมัลติเพล็กซ์อยู่ภายในเพื่อใช้ในการเลือกว่าจะใช้เป็นพอร์ทหรือใช้ในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก เช่นเดียวกับพอร์ท 2 แต่พอร์ท 2 จะมีตัวต้านทานพูลอัพอยู่ภายในชิพ ถ้าหากจะใช้งานเป็นพอร์ทอินพุตสามารถใช้ได้ทันที สำหรับพอร์ท 3 จะมีโครงสร้างคล้ายกับพอร์ท 1 แต่จะมีสัญญาณอินพุตเอาท์พุตพิเศษเพิ่มเข้ามา เนื่องจากพอร์ทนี้สามารถใช้งานเป็นหน้าที่พิเศษแต่ละบิตได้

3.4 โปรแกรมควบคุมมอเตอร์ (ภาษา C สำหรับ MCS-51)

```
#include <reg51.h>


sbit segment0 = P1^0;
sbit segment1 = P1^1;
sbit segment2 = P1^2;
sbit segment3 = P1^3;


int time = 0;
int pulse = 0;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
int t[4] = {0,0,0,0};

int num[10] = {0xC0, 0xF9, 0xA4, 0xB0, 0x99, 0x92, 0x82, 0xF8, 0x80, 0x90};

void delay(int n)
{
        int i,j;
        for (i=0;i<=n;i++)
          for (j=0;j<=255;j++);
}

void clear7Segment()
{
        segment0 = 0;
        segment1 = 0;
        segment2 = 0;
        segment3 = 0;
}

void speed2Display(int speed)
{
        int tmp = speed;
        int i=0;
        for (i=3;i>=0;i--)
        {
            t[i] = tmp%10;
            tmp = tmp/10;
        }
}

void calculateSpeed()
{
        int speed = pulse * 0.0141372 * 2;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

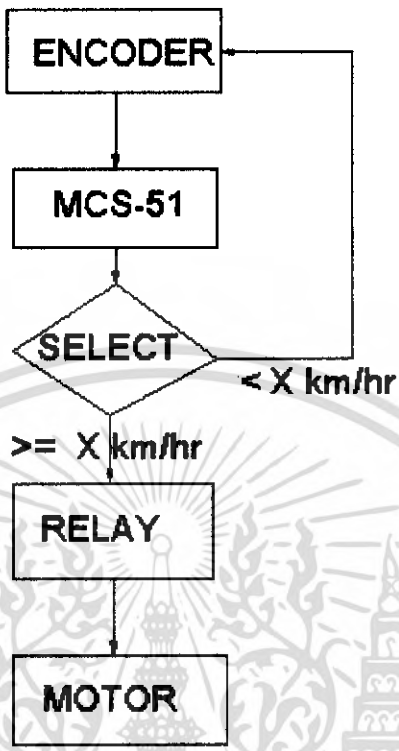
```
            speed2Display(speed);
}

void timer0()interrupt 1
{
            time++;
            if (time>=11) {
                time = 0;
                calculateSpeed();
                pulse = 0;
            }
}

void encoderSignal()interrupt 0
{
            pulse++;
}

void display7segment() {
            clear7Segment();
            P0 = num[t[0]];
            segment0 = 1;
            delay(1);
            segment0 = 0;
            P0 = num[t[1]];
            segment1 = 1;
            delay(1);
            segment1 = 0;
            P0 = num[t[2]];
            segment2 = 1;
            delay(1);
            segment2 = 0;
            P0 = num[t[3]];
            segment3 = 1;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        delay(1);
}

main()
{
        IT0 = 1;
        IT1 = 1;

        TMOD = 0x01;
        TH0 = 0xC4;
        TL0 = 0x00;
        TR0 = 1;

        IE = 0x87;

        clear7Segment();

        while (1)
        {
            display7segment();
        }
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 แผนภาพการทำงานของมอเตอร์



รูปที่ 3-18 แผนภาพการทำงานของมอเตอร์

หลักการทำงาน

เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รับสัญญาณพัลส์มาจาก เอ็นโคดเดอร์(Encoder) จะนำค่ามาเก็บไว้ในหน่วยความจำ แล้วพอถึงเวลาที่ตั้งไว้ก็จะนำค่าสัญญาณมาประมวลผล และสั่งการทำงานของมอเตอร์โดยผ่านรีเลย์ (Relay)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การทดสอบและผลการทดสอบของรถไฟฟ้าไฮบริด

4.1 วัตถุประสงค์

1. เพื่อทำการทดสอบหาประสิทธิภาพการทำงานของแต่ละระบบการทำงานของรถยนต์ไฮบริด
2. เพื่อเป็นข้อมูลในการวิเคราะห์และพัฒนาต่อไปในอนาคต

4.2 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

1. รถยนต์ไฮบริด
2. เครื่องวัดความเร็วรอบ, กำลัง, ความเร็วรถยนต์
3. เครื่องวัดกระแสไฟฟ้า
4. ชุดวัดอัตราการกินน้ำมัน
5. แบตเตอรี่
6. นาฬิกาจับเวลา

4.3 วิธีการทดสอบ

4.3.1 การทดสอบแบบ Chassis Dynamometer

ในการทดสอบเครื่องยนต์เป็นการนำรถยนต์ไฮบริดมาทดสอบสมรรถนะในส่วนการทำงานของเครื่องยนต์ในสภาวะต่างๆ เพื่อหาค่ากำลังที่รถยนต์ให้ออกมาในช่วงความเร็วต่างๆ และหาอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน รวมทั้งหาปริมาณไอเสียด้วย โดยในการทดสอบนี้ใช้เครื่องทดสอบ Chassis Dynamometer ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. ขับรถให้ล้อที่จะทำการทดสอบอยู่กลางลูกกลิ้งในขณะที่ลิฟต์ยกรถถูกยกขึ้นรอไว้โดยกด Push Button ที่ Remote Control
2. กดปุ่มให้ลิฟต์ลง ให้ล้อสัมผัสลูกกลิ้ง ตรวจดูให้มั่นใจว่าล้อสัมผัสเฉพาะลูกกลิ้งเท่านั้น
3. เข้าเกียร์ 1 และเร่งเครื่องให้วิ่งช้าๆ บนลูกกลิ้ง ลูกกลิ้งจะเป็นตัวปรับให้รถอยู่ในตำแหน่งตรง
4. ปรับค่าน้ำหนักรถ ความต้านทานของลมปะทะรถเวลาวิ่งจริง และความต้านทานของยางรถ
5. ลูกกลิ้งจะถูกล็อคโดยอัตโนมัติในกรณีที่กดปุ่มยกลิฟต์ขึ้นเพื่อให้ขับรถออกจากลูกกลิ้งได้ หากขับรถบนลูกกลิ้งความเร็วเกินกว่า 5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ปุ่มยกลิฟต์จะไม่ทำงานเพื่อป้องกันรถเคลื่อนออกจากลูกกลิ้งในขณะทำการทดสอบอยู่
6. ปรับโปรแกรมการทดสอบ กิโลเมตรต่อชั่วโมง ไฟที่ Cabinet จะติด ขณะนี้ Eddy Current Brake จะทำงานโดยอัตโนมัติ
7. ในขณะที่รถวิ่งอยู่บนลูกกลิ้งจะไม่สามารถเปลี่ยนโปรแกรมการทดสอบได้ต้องให้ลูกกลิ้งหยุดก่อนจึงจะเปลี่ยนโปรแกรมได้
8. ตั้งค่าภาระของเครื่องทดสอบที่ความเร็วต่างๆ
9. เร่งความเร็วของเครื่องยนต์จนกระทั่งค่าความเร็วของเครื่องยนต์บนเครื่องทดสอบเพิ่มขึ้นจนไม่มีการเปลี่ยนแปลง ณ ความเร็วที่ตั้งไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. อ่านค่าและบันทึกผลการทดสอบ

4.3.2 การทดสอบแบบ Field Test กรณีความเร็วคงที่

ขั้นตอนการทดสอบ Field Test กรณีความเร็วคงที่ โดยเมื่อทราบระยะทางที่ใช้ในการทดสอบ

1. เปิดวาล์วในถังน้ำมันหลัก

2. ทำการขับรถจนเร่งความเร็วให้ถึงความเร็วที่ใช้ในการทดสอบ

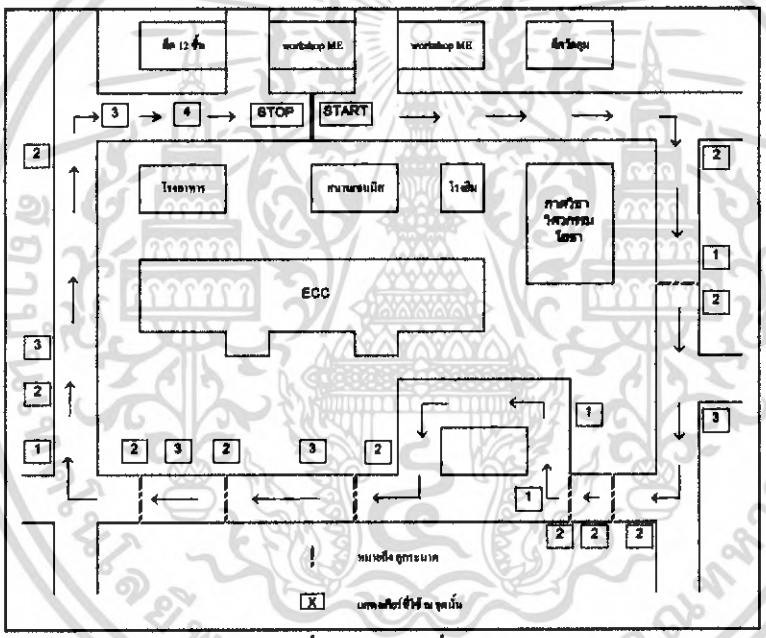
3. เมื่อขับรถด้วยความเร็วคงที่ แล้วจึงจับเวลาที่รถวิ่งผ่านเส้นทางที่ทราบระยะทาง โดยมีการเปลี่ยนใช้ถังน้ำมันที่ใช้ในการทดสอบเพื่อวัดค่าอัตราการสิ้นเปลือง

4. วิ่งรถขณะความเร็วคงที่จนได้ระยะทางที่กำหนด

5. ทำการเปลี่ยนวาล์วถังน้ำมัน โดยเปลี่ยนมาใช้ถังน้ำมันหลัก และกดหยุดเวลา

6. วัดปริมาณน้ำมันที่ถูกใช้ไปในถังน้ำมันที่ใช้ในการทดสอบ

4.3.3 การทดสอบโดยจำลองสถานการณ์การใช้งานจริง (Field Test)



รูปที่ 4-1 สถานที่ใช้ในการทดสอบ

เป็นการเลือกใช้เส้นทางการทดสอบรอบบริเวณคณะวิศวกรรมศาสตร์ (ดังรูป) โดยเริ่มจากจุดเริ่มต้นที่หน้าภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลบริเวณหน้าชมรมยานยนต์ แล้ววิ่งผ่านภาควิชาวิศวกรรมไยชา วิศวกรรมเคมี วิศวกรรมเกษตร โรงอาหารตึก 12 ชั้น ตึก 12 ชั้น แล้วกลับมาที่จุดเริ่มต้นบริเวณชมรมยานยนต์ โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. วัดปริมาณของน้ำมันในถังน้ำมันทดสอบก่อนทดสอบ

2. ติดเครื่องยนต์โดยใช้น้ำมันในถังน้ำมันหลัก

3. เปลี่ยนวาล์วมาใช้น้ำมันในถังน้ำมันทดสอบ ขณะที่รถเริ่มออกตัว พร้อมกับเริ่มจับเวลา

4. ขับรถตามเส้นทางที่กำหนด โดยกำหนดจุดที่มีการเปลี่ยนเกียร์ เหยียบคลัตช์ เบรก แต่ละจุดให้เหมือนกันทุกรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ช่วงที่เริ่มออกตัวจากจุดเริ่มต้นถึงสามแยกหน้าภาควิศวกรรมไยชา ใช้เกียร์สูงสุดคือเกียร์ 4 เหยียบคลัตช์ 5 ครั้ง เบรก 1 ครั้ง

- บริเวณสามแยกหน้าภาควิศวกรรมไยชา ถึงสามแยกบริเวณลานจอดรถหลังภาควิศวกรรมไยชา ใช้เกียร์สูงสุดคือเกียร์ 3 เหยียบคลัตช์ 4 ครั้ง เบรก 2 ครั้ง

- บริเวณสามแยกหลังภาควิศวกรรมไยชาถึงสี่แยกบริเวณ เวิร์คชอบภาควิศวกรรมเกษตร ใช้เกียร์สูงสุดคือ เกียร์ 3 เหยียบคลัตช์ 10 ครั้ง เหยียบเบรก 8 ครั้ง

- จากสี่แยกบริเวณเวิร์คชอบหลังภาควิศวกรรมเกษตรถึง สามแยกบริเวณโรงอาหารดึก 12 ชั้น ใช้เกียร์สูงสุดคือเกียร์ 3 เหยียบคลัตช์ 3 ครั้ง เหยียบเบรก 1 ครั้ง

- บริเวณสามแยกโรงอาหารดึก 12 ชั้นถึง หน้าชมรมยานยนต์ใช้เกียร์สูงสุดคือเกียร์ 4 เหยียบคลัตช์ 1 ครั้ง เหยียบเบรก 1 ครั้ง

- หยุดรถบริเวณจุดเริ่มต้น 3 วินาที

5. ขับรถในลักษณะดังกล่าววนอีก 4 รอบ

6. เมื่อวนครบ 4 รอบแล้วหยุดเวลา เปลี่ยนวาล์วถังน้ำมัน แล้ววัดปริมาณน้ำมันที่ใช้ไปในถังทดสอบ

7. ทำการทดสอบกรณีละ 3 ครั้ง ครั้งละ 4 รอบ รวม 12 รอบต่อ 1 กรณี

8. กรณีที่ใช้ในการทดสอบมี

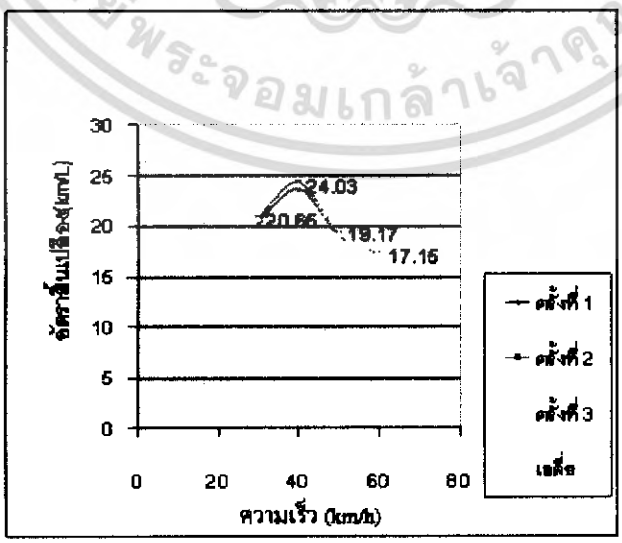
8.1 กรณีไม่มีการใช้มอเตอร์ช่วยกำลัง

8.2 กรณีมีการใช้มอเตอร์ช่วยกำลังและตัดการทำงานของมอเตอร์ที่ความเร็ว 15 กิโลเมตรต่อชั่วโมง 18 กิโลเมตรต่อชั่วโมง 21กิโลเมตรต่อชั่วโมงและ 24 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

9. นำค่าที่ทดสอบอัตราการสิ้นเปลืองมาเปรียบเทียบกันในแต่ละกรณี

4.4 ผลการทดสอบ

4.4.1 การทดสอบแบบ Field test กรณีความเร็วคงที่

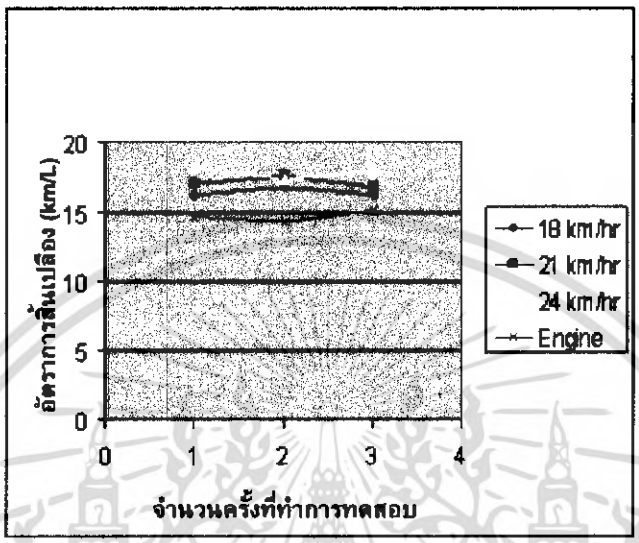


รูปที่ 4-2 แสดงอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่ความเร็วคงที่กรณีทดสอบแบบ Field test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4-2 พบว่าอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจะสิ้นเปลืองน้อยที่สุดที่ความเร็วคงที่ 40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง คือประมาณ 24.03 กิโลเมตรต่อลิตร และอัตราสิ้นเปลืองจะเพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วเพิ่มขึ้น

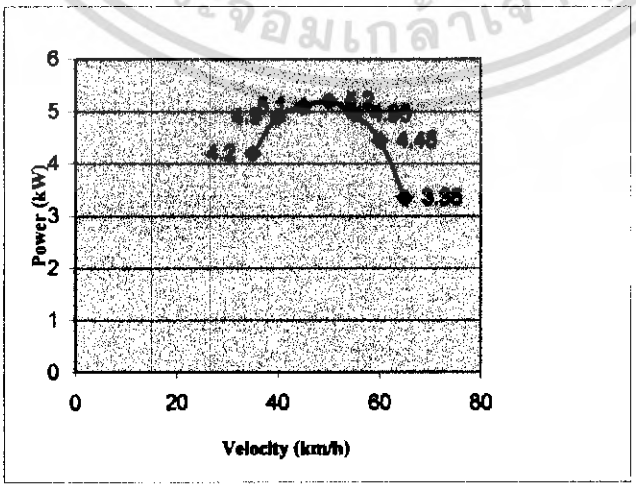
4.4.2 การทดสอบโดยจำลองสถานการณ์การใช้งานจริง (Field Test)



รูปที่ 4-3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน

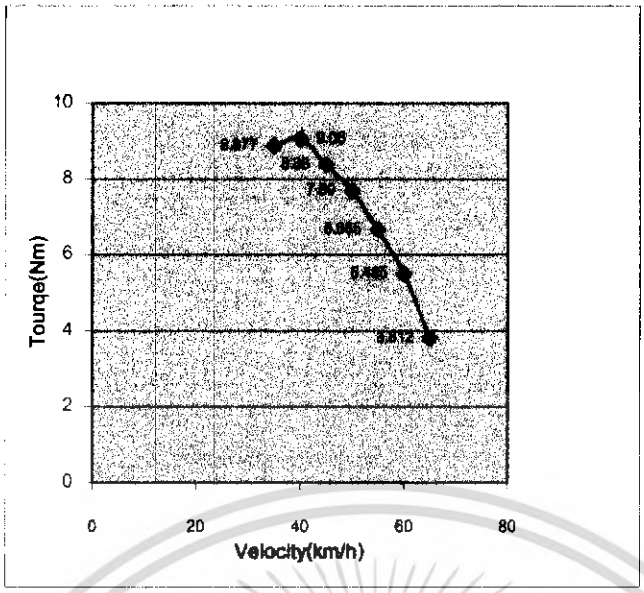
จากการทดสอบหาอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันของกรณีใช้พลังงานร่วมเครื่องยนต์กับมอเตอร์ไฟฟ้าหรือไฮบริดพบว่ามีปริมาณการสิ้นเปลืองน้ำมันต่ำสุด18.22 กิโลเมตรต่อลิตรในการตัดมอเตอร์ที่ความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้า 24 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และมากสุด 16.25 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ในการตัดมอเตอร์ที่ความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้า 18 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีใช้เครื่องยนต์ยนต์ธรรมดา พบว่ามีอัตราการสิ้นเปลืองอยู่ที่ 15.09 กิโลเมตรต่อลิตร ซึ่งจะประหยัดขึ้นสูงสุดประมาณ 20.74 เปอร์เซ็นต์ และในขณะขับรถด้วยความเร่งกรณีใช้พลังงานร่วมเครื่องยนต์กับมอเตอร์ไฟฟ้าหรือไฮบริด รถมีการตอบสนองต่อการขับขี่ดีกว่าแบบใช้เครื่องยนต์ธรรมดาซึ่งรู้สึกได้อย่างชัดเจน

4.4.3 การทดสอบบนแท่นทดสอบ (Chassis test) กรณีความเร็วคงที่ ที่ภาระกระทำสูงสุด



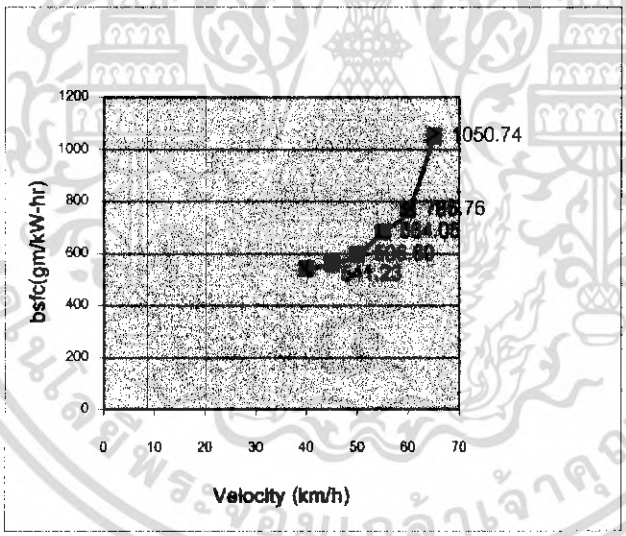
รูปที่ 4-4 แสดงกำลังที่ความเร็วต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-5 แสดงแรงบิดที่ความเร็วต่างๆ

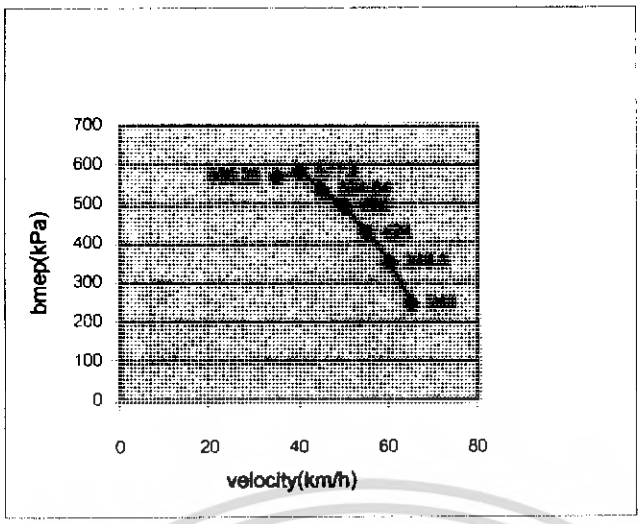
จากรูปที่ 4-4 และ 4-5 พบว่า ค่ากำลังและแรงบิดจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วของเครื่องยนต์ มีค่าเพิ่มขึ้น จนถึงจุดที่ให้กำลังและแรงบิดสูงสุด จากนั้นจะมีค่าลดลงตามความเร็วที่เพิ่มขึ้น



รูปที่ 4-6 แสดงความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสัมพัทธ์เพลาเฉลี่ยที่ภาระสูงสุด

จากรูปที่ 4-6 ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสัมพัทธ์เพลา จะลดลงเมื่อความเร็วของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น เนื่องจากระยะเวลาของการสูญเสียความร้อนสั้นลง แต่เมื่อความเร็วของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้นอย่างมาก ทำให้ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงกลับเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-7 แสดงความดันผลเฉลี่ยเพลาเฉลี่ยที่ภาระสูงสุด

กราฟความดันผลเฉลี่ยเพลา ที่ความเร็วของเครื่องยนต์ต่ำ ระยะเวลาในการเปิด-ปิดของลิ้นไอดีจะนาน ทำให้ไอดีไหลเข้าได้มากทำให้ความดันสูง ในขณะที่ความเร็วของเครื่องยนต์สูง ระยะเวลาในการเปิด-ปิดของลิ้นไอดีจะสั้น ทำให้ไอดีไหลเข้าได้น้อย ความดันจึงต่ำ

4.5 การคิดค่าไฟฟ้าและการประหยัดเงิน

ผู้ใช้ไฟฟ้ามีปริมาณการใช้ไฟฟ้า 120 หน่วยต่อเดือน

การปรับอัตราค่าไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ (F_t) 3.00 สตางค์ต่อหน่วย

<u>ส่วนที่ 1 ค่าไฟฟ้าฐาน</u>

1.1 ค่าพลังงานไฟฟ้า

5 หน่วยแรก (หน่วยที่ 1 — 5)		=0 บาท
10 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 6 -15)	= (10*1.3576)	=13.576 บาท
10 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 16 -25)	= (10*1.5445)	=15.445 บาท
10 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 26 -35)	= (10*1.7968)	=17.968 บาท
65 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 36 -100)	= (65*2.1800)	=141.70 บาท
20 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 101 -120)	= (20*2.2734)	=45.468 บาท
รวม		=234.157 บาท
1.2 ค่าบริการ		=8.19 บาท
รวมค่าไฟฟ้าฐาน	= 234.157+8.19	=242.347 บาท

<u>ส่วนที่ 2 ค่าไฟฟ้าแปรผัน (F_t)</u>

จำนวนพลังงานไฟฟ้า * ค่า F_t	= 120*0.03	=3.60 บาท

<u>ส่วนที่ 3 ค่าภาษีมูลค่าเพิ่ม 7 %</u>

(ค่าไฟฟ้าฐาน + ค่า F_t) * 7/100	= (242.347+3.60)*7/100	=17.2163 บาท
รวมเงินค่าไฟฟ้า	= 242.347+3.60+17.2163	=263.1633 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประจุไฟ 1 ครั้งวิ่งได้ 90 นาที

11 นาที วิ่งได้ 4 รอบ ดังนั้น 90 นาที วิ่งได้ 32.8 รอบ

1 รอบ ได้ระยะทาง 0.792 กิโลเมตร

32.8 รอบ ได้ระยะทาง 25.9776 กิโลเมตร

ประจุไฟ 1 ครั้งมิเตอร์วัดได้ 0.4 หน่วย รถวิ่งประหยัดน้ำมัน 114.8 กรัม

ถ้าประจุไฟ 120 หน่วย รถวิ่งประหยัดน้ำมัน 34.44 กิโลกรัม

น้ำมัน 34.44 กิโลกรัม เท่ากับ 45.92 ลิตร

ราคาน้ำมันลิตรละ 26.44 บาท ดังนั้นน้ำมันที่ประหยัดไปเท่ากับ 1214.1248 บาท

ค่าไฟฟ้า 120 หน่วย ราคา 263.1633 บาท

ดังนั้นประหยัดเงิน 950.9615 บาท

1 หน่วยวิ่งได้ 32.8 รอบ เท่ากับ 25.9776 กิโลเมตร

120 หน่วย วิ่งได้ 7793.25กิโลเมตร

สามารถประหยัดเงิน 950.9615/7793.25 = 0.128 บาทต่อกิโลเมตร

4.6 การคำนวณจุดคุ้มทุนระหว่าง Mode ธรรมดาและ Mode ไฮบริด

จากการคำนวณหาจุดคุ้มทุน เราจะใช้หลักการทางเศรษฐศาสตร์ในการคำนวณ

4.6.1 ข้อมูลเบื้องต้นและสูตรที่ใช้ในการคำนวณ

P = F(PWF,i%,n)

P = A(SPWF,i%,n)

F = P(CAF,i%,n)

F = A(SCAF,i%,n)

i คือ อัตราดอกเบี้ยต่อระยะเวลา (วัน,เดือน,ปี)

n คือ จำนวนระยะเวลาที่กำหนด (วัน,เดือน,ปี)

P คือ ค่าเริ่มต้นหรือค่าราคาปัจจุบัน (Present Sum)

F คือ จำนวนเงินรวม ซึ่งส่วนหนึ่งเป็นจำนวนเงินต้น ส่วนหนึ่งเป็นผลประโยชน์ (Future Sum)

A คือ จำนวนเงินรวม ซึ่งส่วนหนึ่งเป็นจำนวนเงินต้น ส่วนหนึ่งเป็นดอกเบี้ยที่คิดในอัตรา i% แต่เงินจำนวนนั้นจะรับหรือจ่ายไปทุกๆ ปี

CAF คือ Single payment compound amount factor

PWF คือ Single payment present worth factor

SPWF คือ Uniform series present worth factor

SCAF คือ Uniform series compound amount factor

4.6.2 ค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นสำหรับ Mode ไฮบริด

- ค่าใช้จ่ายคงที่

แบตเตอรี่ ราคา 4000 บาท ค่าซากลูกละ 400 บาท อายุใช้งาน 2 ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มอเตอร์ ราคา 8000 บาท ค่าซาก 2000 บาท อายุใช้งาน 5 ปี

ชุดควบคุม ราคา 300 บาท

- ค่าใช้จ่ายรายปีของอุปกรณ์ทั้งหมดประมาณ 200 บาทต่อปี

4.6.3 ข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการหาจุดคุ้มทุน

1. คิดอัตราดอกเบี้ยที่ 3 เปอร์เซ็นต์ต่อปี

2. รถยนต์ไฮบริดประหยัดน้ำมันที่ 0.128 บาทต่อกิโลเมตร ใน 1 วันรถยนต์วิ่งที่ 50 กิโลเมตร ใน 1 ปีคิดที่ 365 วัน เพราะฉะนั้น 1 ปีประหยัดน้ำมันที่ 0.128*50*365=2336 บาท

4.6.4 การคำนวณ

- เปลี่ยนค่าซากของมอเตอร์ และแบตเตอรี่ในอนาคต มาเป็นค่าเทียบเท่า ณ ปีปัจจุบัน

จาก P = F(PWF,i%,n) แทนค่า

มอเตอร์ P=2000(0.8626) แบตเตอรี่ P=1600(0.9426)

=1725.2 บาท =1508.16 บาท

ฉะนั้นราคา ณ ปัจจุบันที่แท้จริงคือ

มอเตอร์	8000-1725.2	=	6274.8 บาท
แบตเตอรี่	4000-1508.16	=	2491.84 บาท
ชุดควบคุม			300 บาท

- เปลี่ยนค่าราคาที่ได้ต่างๆ มาเป็นค่าที่ราคา ณ จุดที่ต้องการหา (ณ เวลาที่คุ้มทุน)

มอเตอร์	6274.8(CAF,3%,n)	บาท
แบตเตอรี่	2491.84(CAF,3%,n)	บาท
ชุดควบคุม	300(CAF,3%,n)	บาท
รวม	9066.64(CAF,3%,n)	บาท

- เปลี่ยนค่าซ่อมบำรุงรายปีเป็นค่าที่ราคา ณ จุดที่ต้องการหา

ค่าบำรุงรายปี 200(SCAF,3%,n) บาท

รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมด ณ เวลานั้น 9066.64(CAF,3%,n) + 200(SCAF,3%,n) บาท

- เปลี่ยนค่าประหยัดน้ำมันของรถยนต์ไฮบริด

ในทางปฏิบัติโดยเฉพาะการวิเคราะห์ปัญหาทางวิศวกรรมในเชิงเศรษฐศาสตร์ จะไม่ถือค่าความสำคัญของความแตกต่างในอัตราดอกเบี้ยที่มีการคิดมากครั้งใน 1 ปี เนื่องจาก ข้อมูลเหล่านี้มีโอกาสผิดพลาดจากความเป็นจริงเพียง 5-10 เปอร์เซ็นต์

เมื่อเปรียบเทียบกันจะเห็นว่าระบบไฮบริดจะประหยัดกว่า 0.128 บาทต่อกิโลเมตร โดยคิดที่วิ่งวันละ 50 กิโลเมตร ใน 1 ปี มี 365 วัน ดังนั้น 1 ปี จะประหยัดได้ 2336 บาท

ประหยัดน้ำมันที่ 2336(SCAF,3%,n) บาท

สมการคือ 2336(SCAF,3%,n) = 9066.64(CAF,3%,n)+ 200(SCAF,3%,n)

จากวิธี Trial and error จะได้ค่า n = 4.6 ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุปและวิจารณ์

5.1 วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดสอบหาอัตราสิ้นเปลืองพลังงานกรณีต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นกรณีใช้เครื่องยนต์อย่างเดียว หรือกรณีใช้พลังงานมอเตอร์ไฟฟ้าร่วมกับเครื่องยนต์ พบว่าตัวแปรที่มีผลมากต่ออัตราเปลืองพลังงานคือ พฤติกรรมการขับขี่รถยนต์ของผู้ทดลองดังแสดงกราฟที่ 4-2 ซึ่งเห็นได้ชัดว่ากราฟอัตราการสิ้นเปลืองของกรณีตัดความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้าที่ 24 กิโลเมตรต่อชั่วโมงตัดกับเส้นกราฟของกรณี ตัดความเร็วที่ 21 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

นอกจากนี้ในการทดสอบหาอัตราสิ้นเปลือง ซึ่งทดสอบบนถนนจริง มีตัวแปรหลายอย่างที่ควบคุมไม่ได้ เช่น สภาพการจราจร อุณหภูมิ ความชื้น ซึ่งล้วนแต่มีผลต่ออัตราการสิ้นเปลืองทั้งสิ้น

5.2 สรุปผลการทดลอง

จากการทดสอบหาอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันของกรณีใช้พลังงานร่วมเครื่องยนต์กับมอเตอร์ไฟฟ้าหรือไฮบริด พบว่า

มีปริมาณการสิ้นเปลืองน้ำมันต่ำสุด 18.22 กิโลเมตรต่อลิตร ในการตัดมอเตอร์ที่ความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้า 24 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และมากสุด 16.25 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ในการตัดมอเตอร์ที่ความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้า 18 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีใช้เครื่องยนต์ยนต์ธรรมดา พบว่ามีอัตราการสิ้นเปลืองอยู่ที่15.09 กิโลเมตรต่อลิตร ซึ่งจะประหยัดขึ้นสูงสุดประมาณ 20.74 เปอร์เซ็นต์

เมื่อนำปริมาณน้ำมันที่ประหยัดขึ้นคำนวณร่วมกับค่าไฟฟ้าปรากฏว่าสามารถประหยัดน้ำมันคิดเป็นเงิน 0.128 บาทต่อกิโลเมตร

และในขณะขับรถด้วยความเร่งกรณีใช้พลังงานร่วมเครื่องยนต์กับมอเตอร์ไฟฟ้าหรือไฮบริด รถมีการตอบสนองต่อการขับขี่ดีกว่าแบบใช้เครื่องยนต์ธรรมดาซึ่งรู้สึกได้อย่างชัดเจน

5.3 ปัญหาที่เกิดขึ้นในการทดลอง

5.3.1 ปัญหาที่เกิดกับเครื่องยนต์และตัวรถยนต์

- คลัตช์ไหม้ 6 ครั้ง
- วาล์วไอเสียหัก 1 ครั้ง
- เพลาขับด้านหน้าขาด
- เปลี่ยนคลัตช์ทางเดียวของมอเตอร์สตาร์ท
- เครื่องยนต์ร้อนง่าย
- เมื่อเกิดปัญหากับเครื่องยนต์ซึ่งจำเป็นต้องเปลี่ยนอะไหล่ แต่ไม่สามารถหาอะไหล่ได้ เนื่องจากเป็นเครื่องยนต์ที่นำเข้ามาจากประเทศจีน หาอะไหล่ได้ยาก

5.3.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทดลอง

- สภาพอากาศที่มีผลต่ออัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สภาวะการจราจรที่ควบคุมไม่ได้ในบางครั้ง กรณีที่ทดสอบโดยจำลองสถานการณ์การใช้งานจริง

5.4 ข้อเสนอแนะและแนวทางแก้ไข

เมื่อทำการทดลองเก็บค่าและทราบผลการทดลองพบว่ามีหลายสิ่งที่ต้องพัฒนาต่อไปคือ

1. อัตราเร่งของมอเตอร์หรือกำลังของมอเตอร์ที่น้อยเกินไปสามารถช่วยให้อัตราการประหยัดน้ำมันลดลงได้ไม่มาก

2. ถ้าหากใช้แบตเตอรี่ที่ใช้กับรถยนต์ไฮบริดที่ถูกต้องจะมีต้นทุนที่สูงมาก

3. ไม่สามารถควบคุมอัตราเร่งของมอเตอร์ให้มากกว่าเครื่องยนต์ตลอดช่วงความเร็วที่ต้องการ

4. ไม่สามารถชาร์จไฟกลับเข้าแบตเตอรี่ได้

แนวทางแก้ไข

1. เปลี่ยนขนาดมอเตอร์ให้มีกำลังมากขึ้นกว่าเดิม

2. ควรมีการจัดหาแบตเตอรี่สำหรับใช้พัฒนารถยนต์ไฮบริดโดยเฉพาะ หรืออาจหาผู้สนับสนุนเงินทุนเพื่อการวิจัยต่อ

3. ถ้าหากจะควบคุมอัตราเร่งของมอเตอร์ให้มากกว่าเครื่องยนต์ตลอดช่วงเวลาที่กำหนด ต้องทำการพัฒนาระบบควบคุมมอเตอร์ขึ้นมาใหม่อีกชุดที่สามารถรับค่าตามความเร็วของรถยนต์และควบคุมมอเตอร์ให้ตอบสนองกับความเร็วของรถยนต์ได้

4. เนื่องจากไฟที่ชาร์จกลับมีปริมาณกระแสน้อย และต้องใช้ความต่างศักย์ถึง 48 โวลต์ ทำให้ไม่สามารถชาร์จกลับได้ หรือถ้าหากจะต้องชาร์จกลับ ต้องอาศัยความรู้ทางด้านอิเล็กทรอนิคส์ที่มากพอสมควรในการพัฒนาต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] ประสานพงษ์ หาเรือนชีพ, " งานไฟฟ้ารถยนต์", ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2545

[2] วิริยะ พิเชฐจำเริญ, เครื่องจักรกลไฟฟ้า 1 ภาควิชาไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2535

[3] วันชุระ ศรีใสดี, ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51, สำนักพิมพ์ควงกมล, 2542

[4] J. Erjavec, "Automotive Technology ". Thomson Delmar Learning, 2005

[5] I. Husain, "Electric and Hybrid Vehicles: Design fundamental", CRC Press, 2001

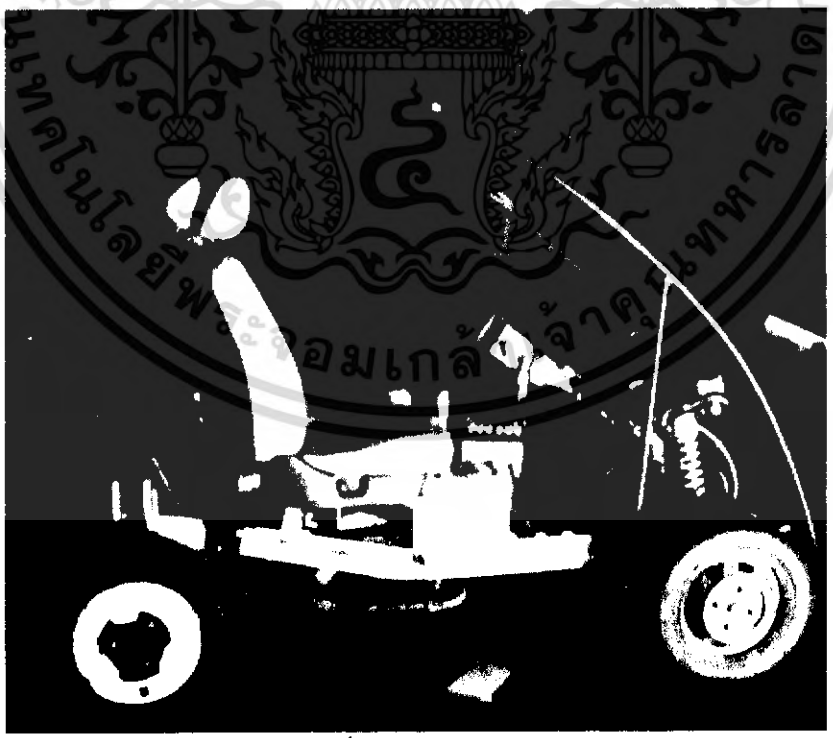
[6] T. Kenjo, s. Nagamari, "Peermanent-Magnet and Brushless DC Motors", Monographic in Electrical and Electronic Engineering, 1992

[7] W. Willard, Pulkrabek, "Internalcombustion Engine", Pearson Education Indochina, 1997

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

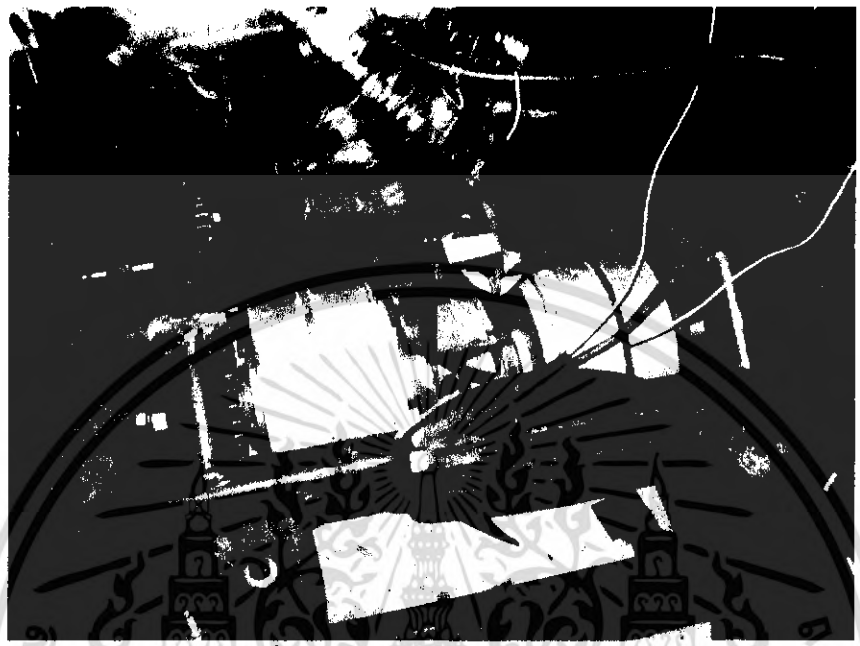
ภาคผนวก

รูปที่ 1 รถยนต์ไฮบริด

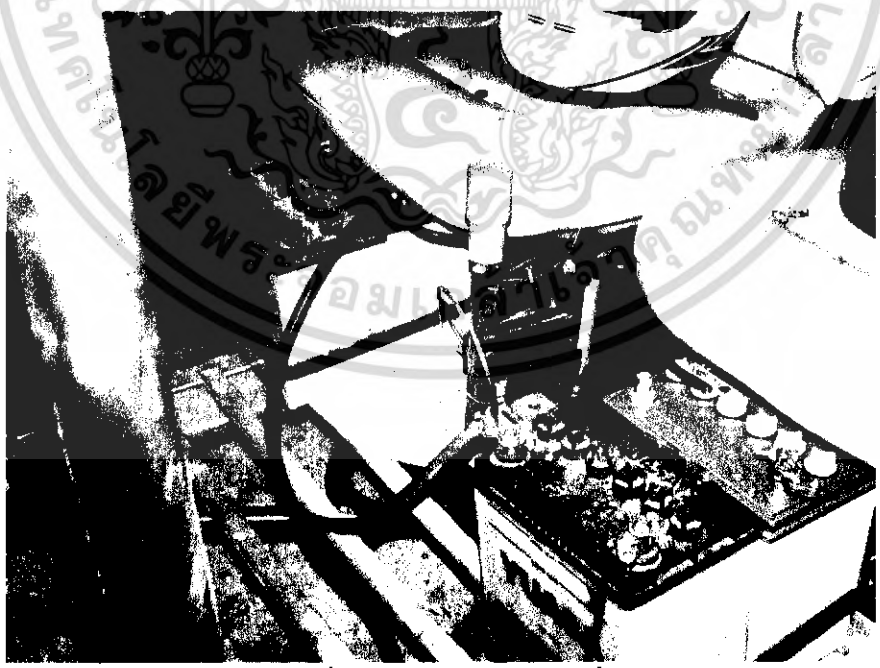


รูปที่ 2 รถยนต์ไฮบริด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

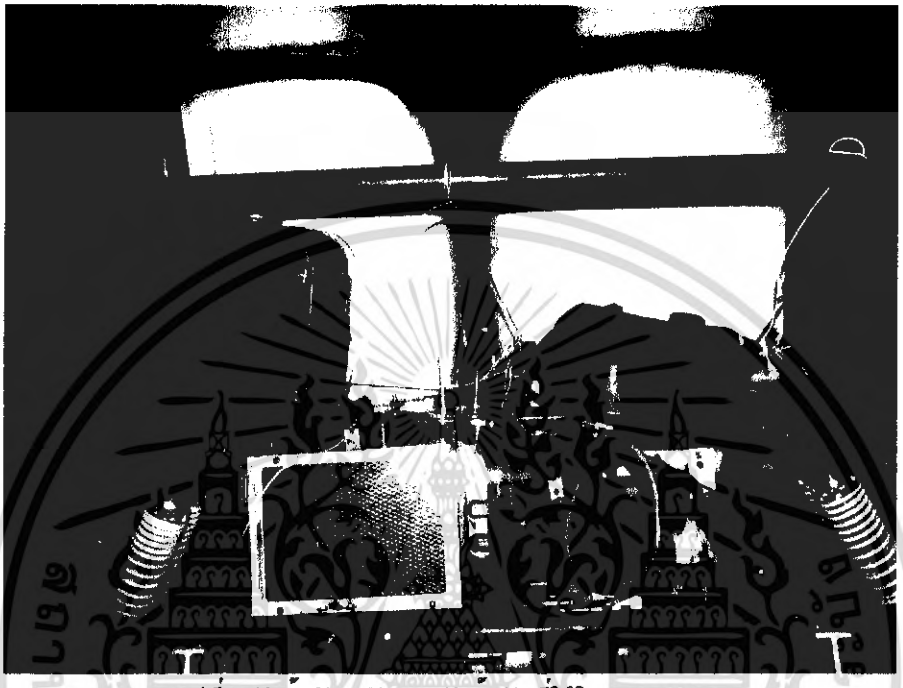


รูปที่ 3 มอเตอร์ไฟฟ้าในรถยนต์ไฮบริด

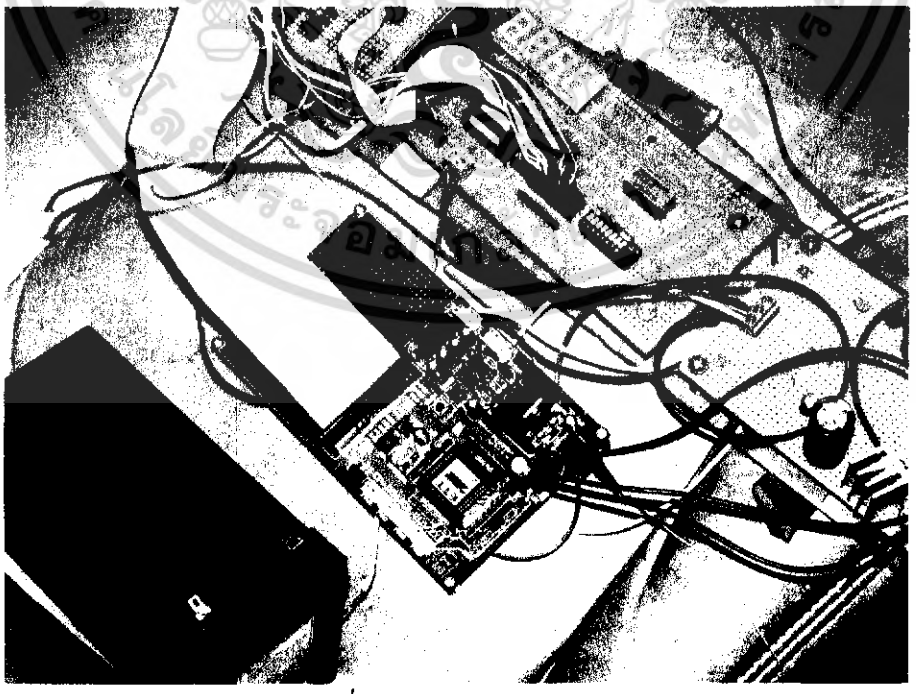


รูปที่ 4 แสดงการวางแบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5 ถังน้ำมันหลักและถังน้ำมันที่ใช้ในการทดลอบ



รูปที่ 6 ไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 7 อุปกรณ์วัดปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิง

รูปที่ 8 อุปกรณ์วัดระยะทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 9 อุปกรณ์วัดปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิง

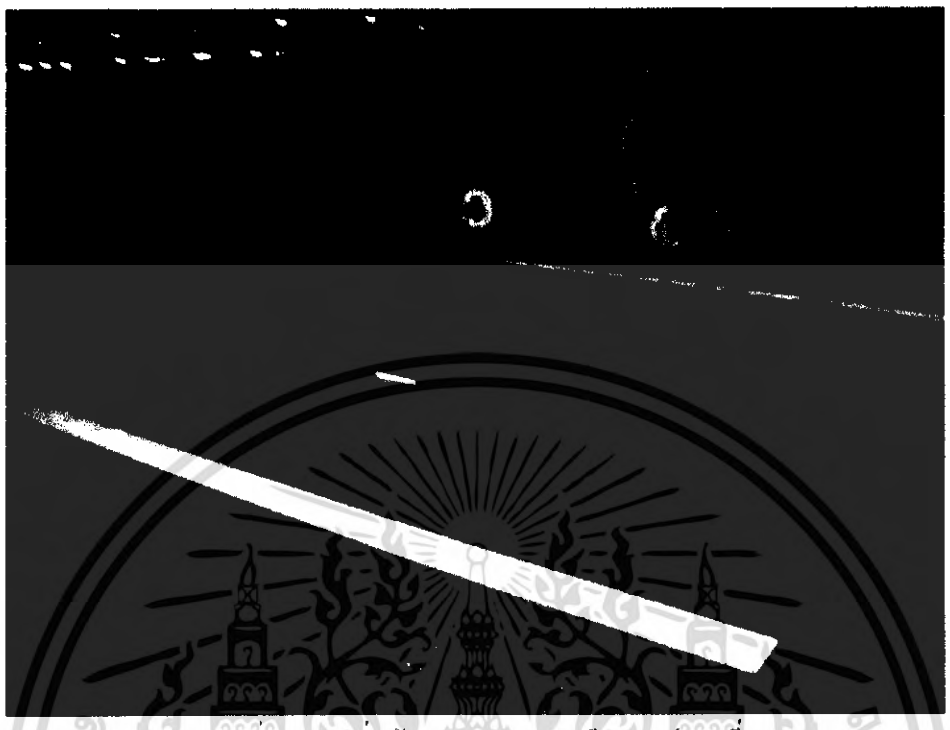
รูปที่ 10 อุปกรณ์วัดระยะทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

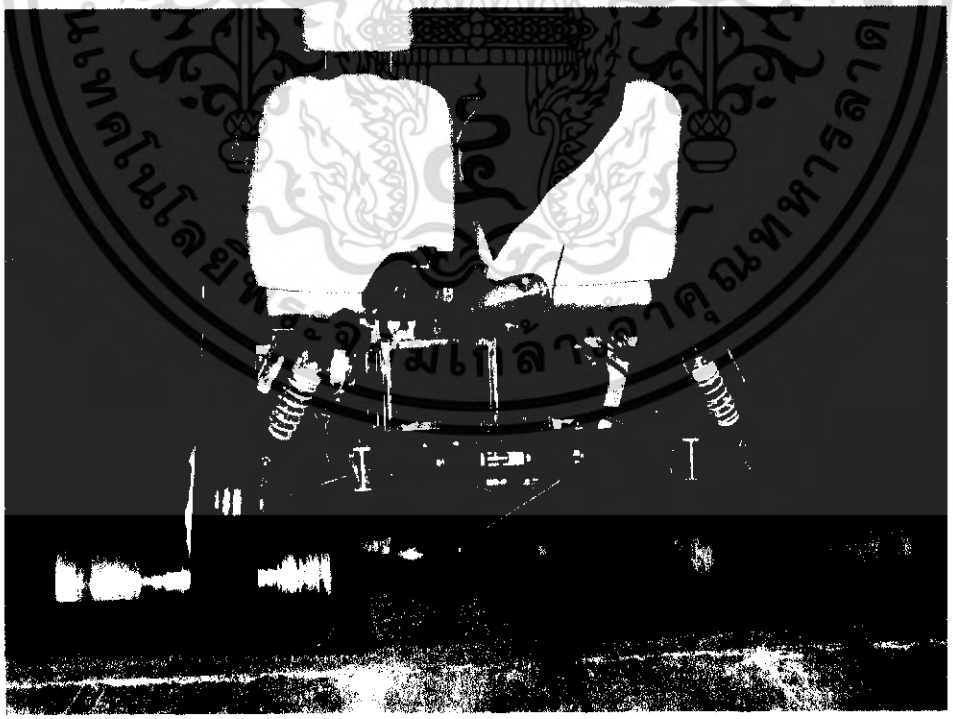
รูปที่ 11 ขณะเตรียมอุปกรณ์ก่อนทดสอบ

รูปที่ 12 วาล์วควบคุมการไหลของน้ำมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 13 จุดเริ่มต้นการทดสอบกรณีความเร็วคงที่



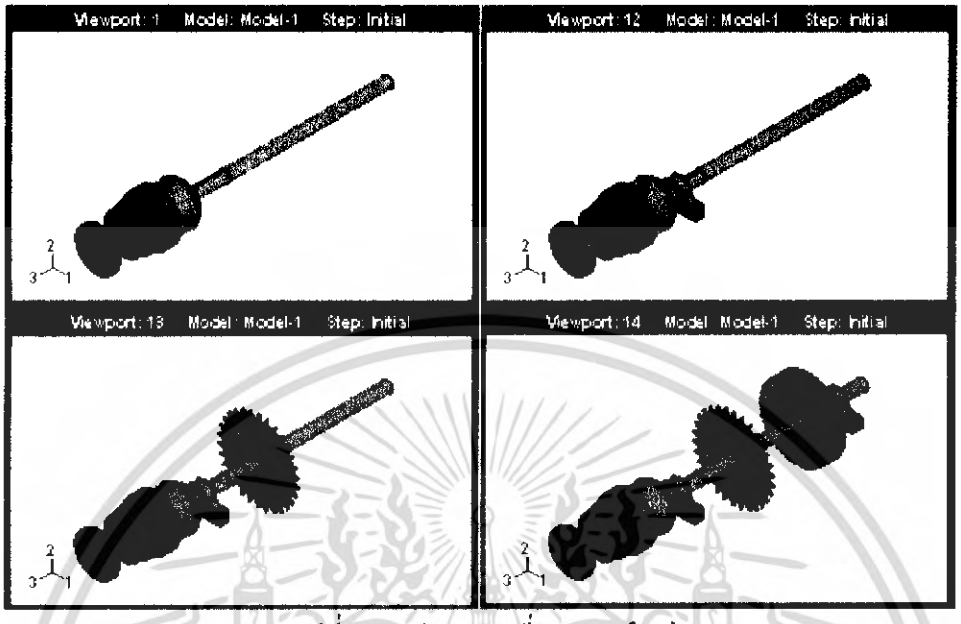
รูปที่ 14 การทดสอบบนแท่นทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 15 เครื่องวัดมลพิษ

รูปที่ 16 เพลาขับที่ได้ความเสียหาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 17 รูปเพลาขับที่ออกแบบใหม่

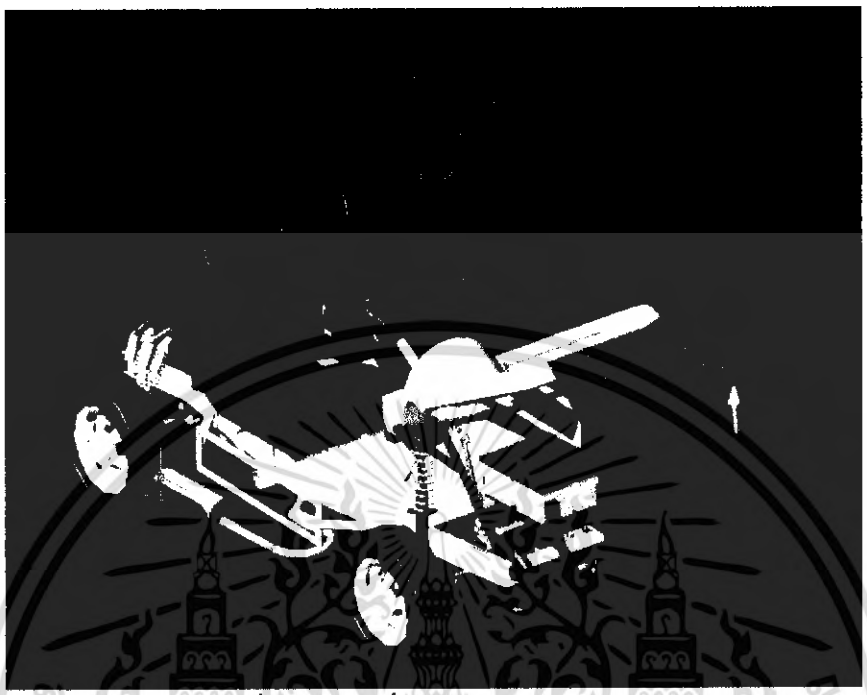
รูปที่ 18 เพลาขับที่ออกแบบใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

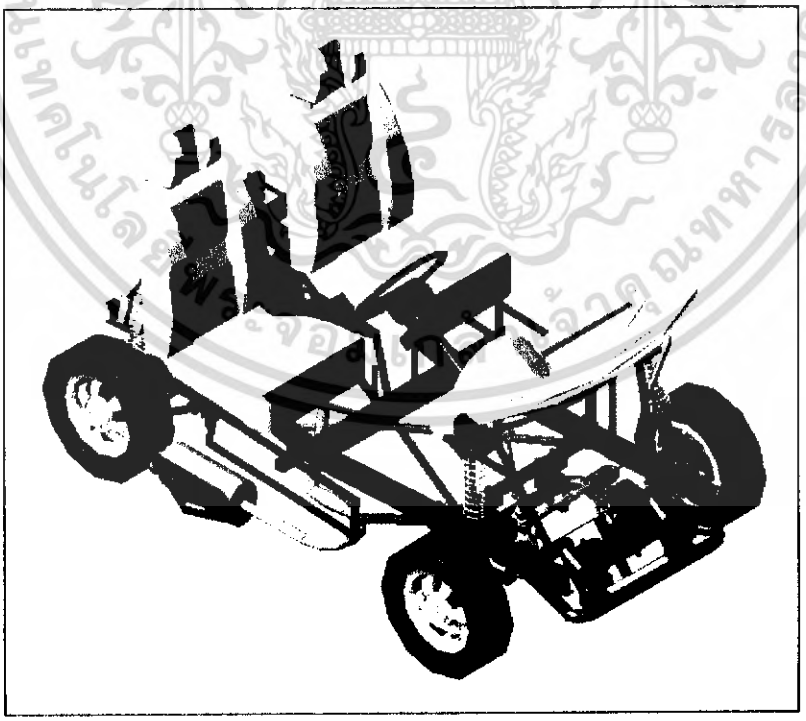
รูปที่ 19 วาล์วไอเสียที่ได้รับความเสียหาย

รูปที่ 20 แผ่นคลัทช์ที่เตรียมถอดออกเปลี่ยน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

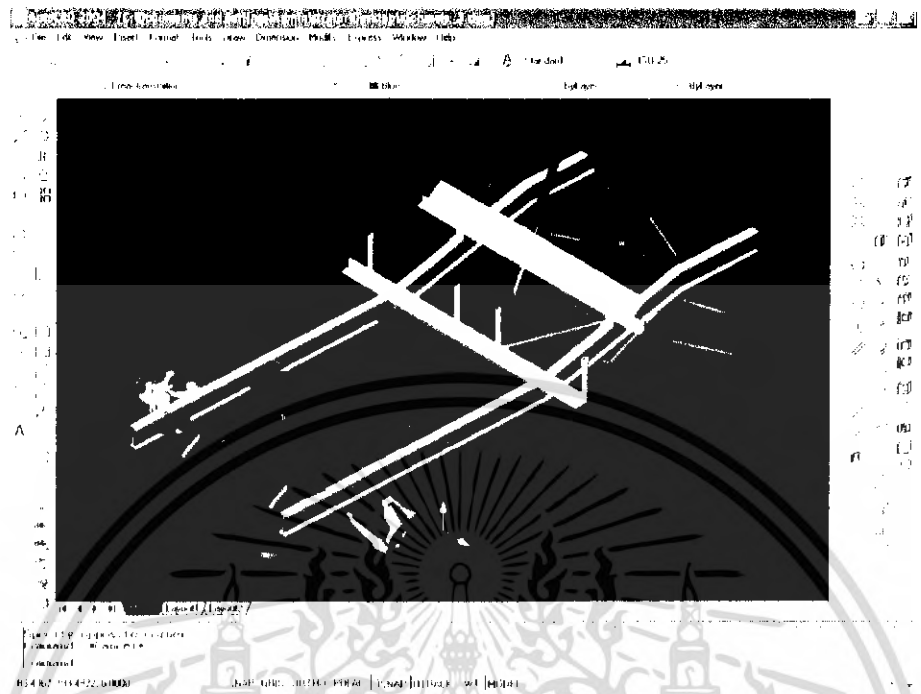


รูปที่ 21 รูปรถที่ได้ออกแบบอย่างสมบูรณ์

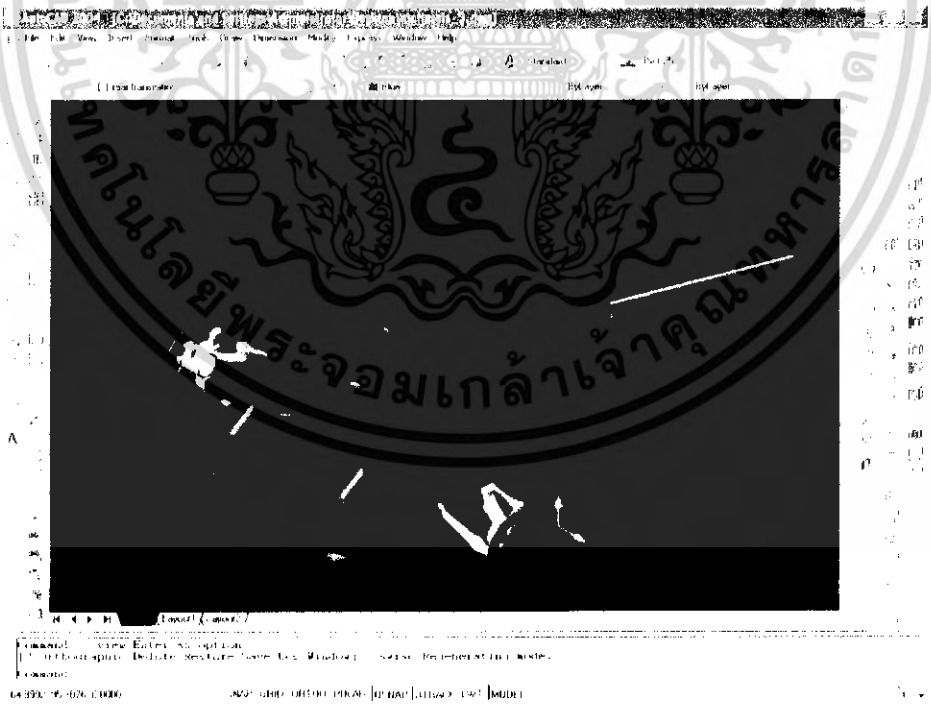


รูปที่ 22 รูปโครงสร้างรถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

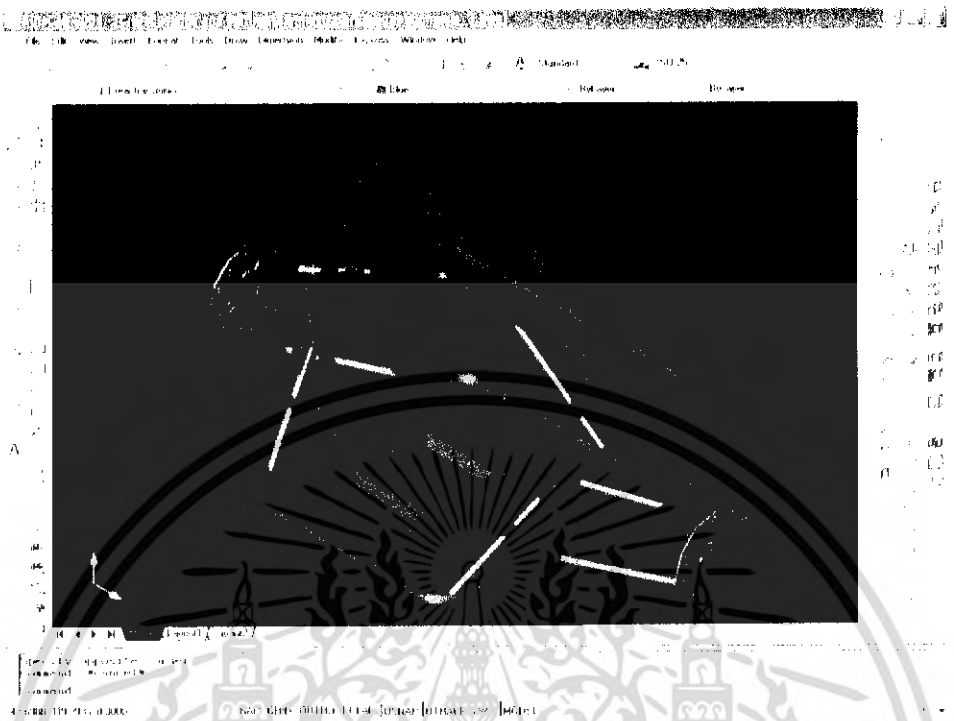


รูปที่ 23 รูปโครงสร้างรถ

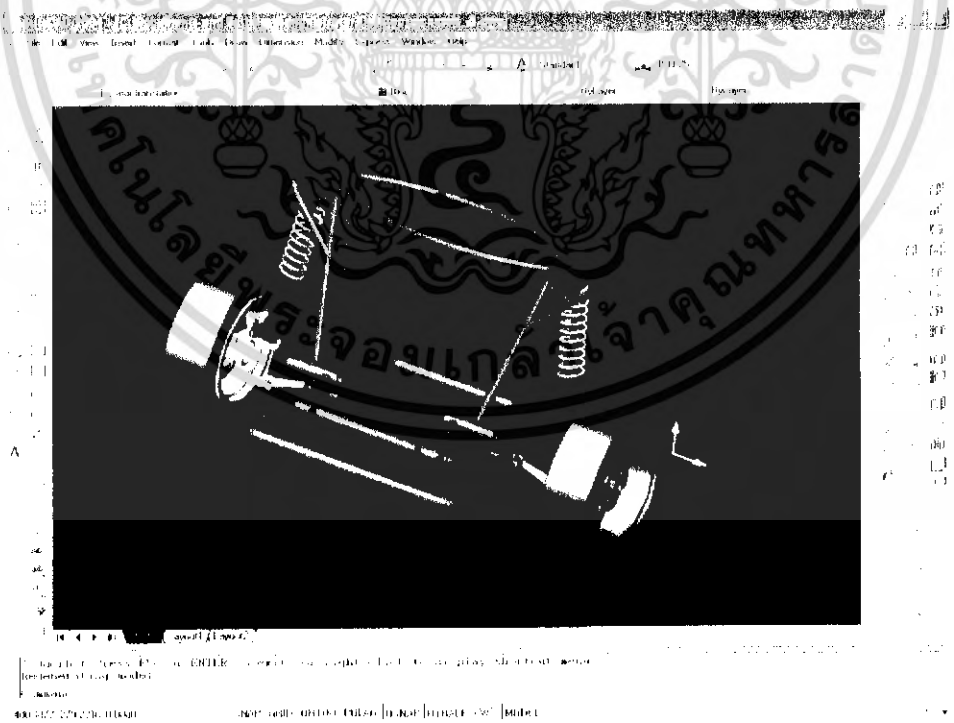


รูปที่ 24 รูปชุดแพหน้ารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

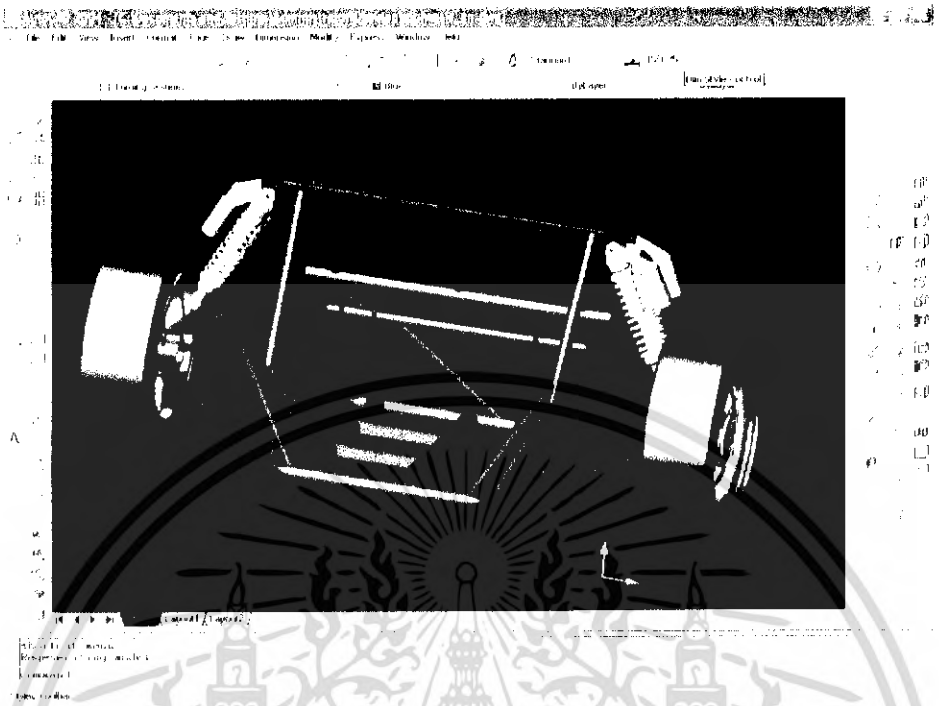


รูปที่ 25 รูปชุดแพหลัง



รูปที่ 26 รูประบบรองรับหน้า

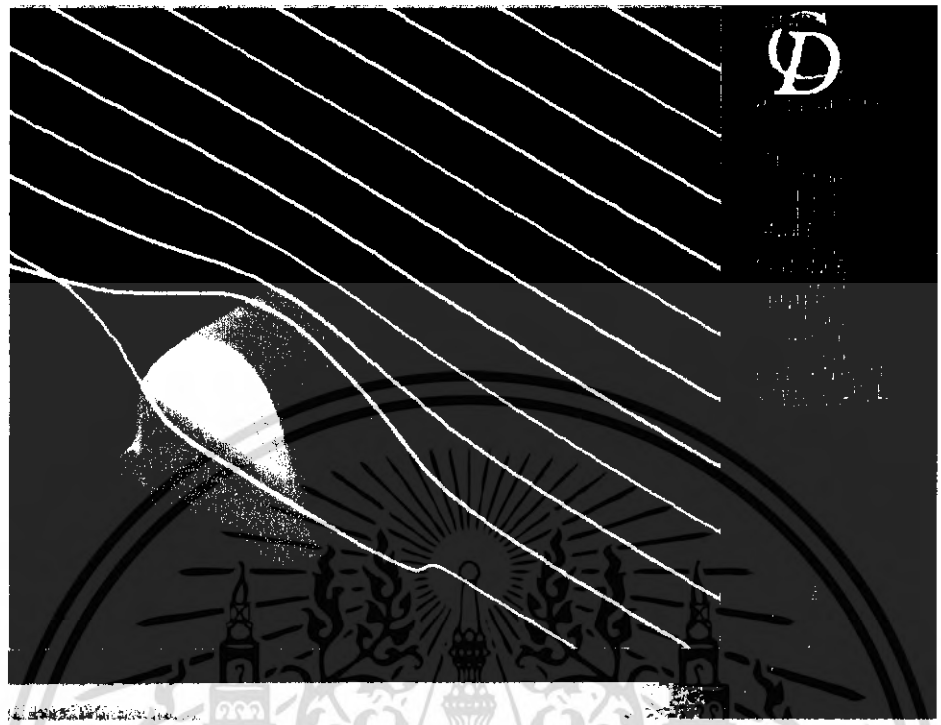
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 27 รูประบบรองรับหลัง

รูปที่ 28 รูประบบบังคับเลี้ยว

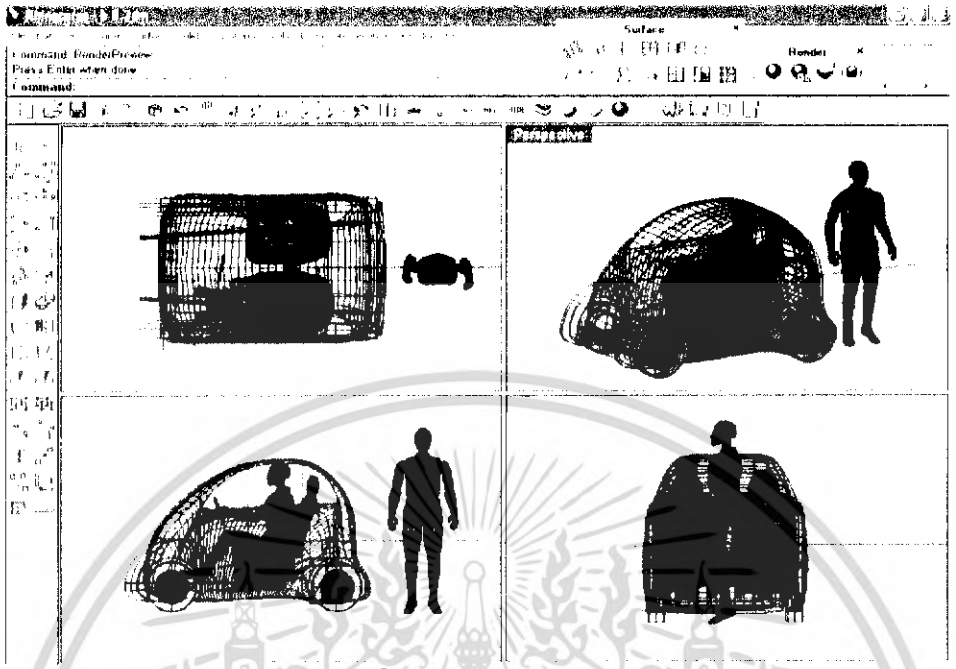
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



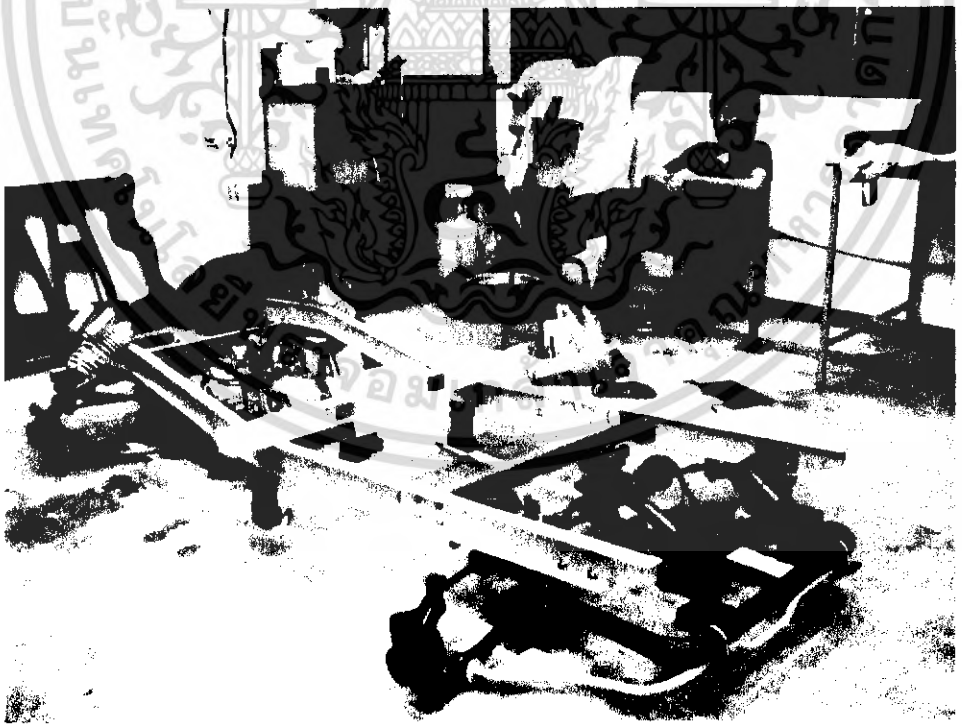
รูปที่ 29 รูปการจัดวางตำแหน่งของภาพถ่ายดาวเทียม

รูปที่ 30 รูปการจัดวางตำแหน่งของภาพถ่ายดาวเทียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

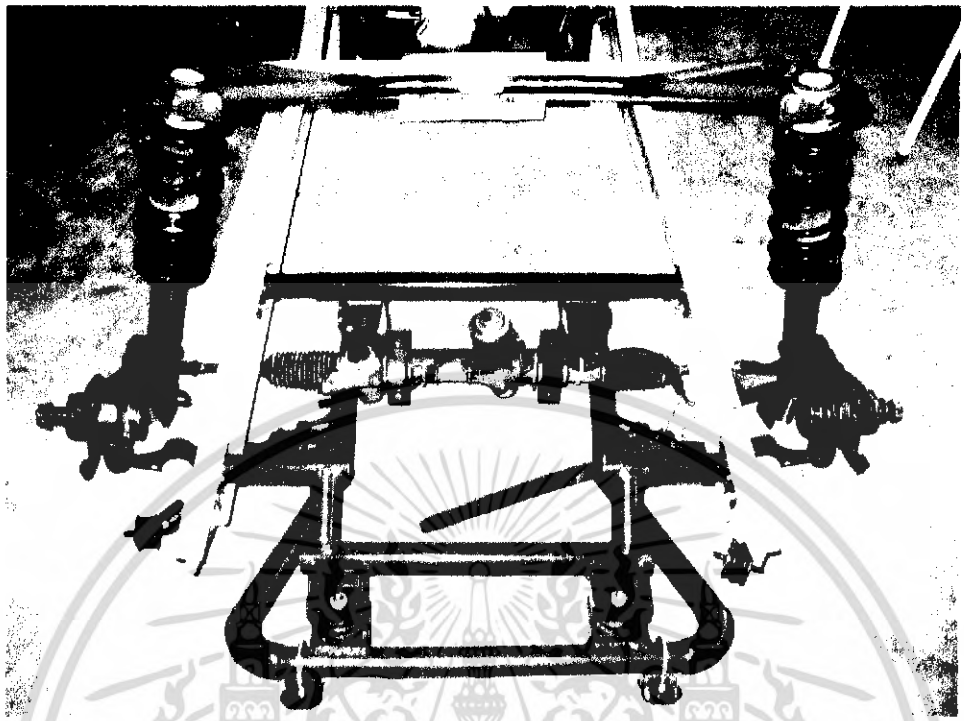


รูปที่ 31 รูปการวิเคราะห์ทางสรีรศาสตร์

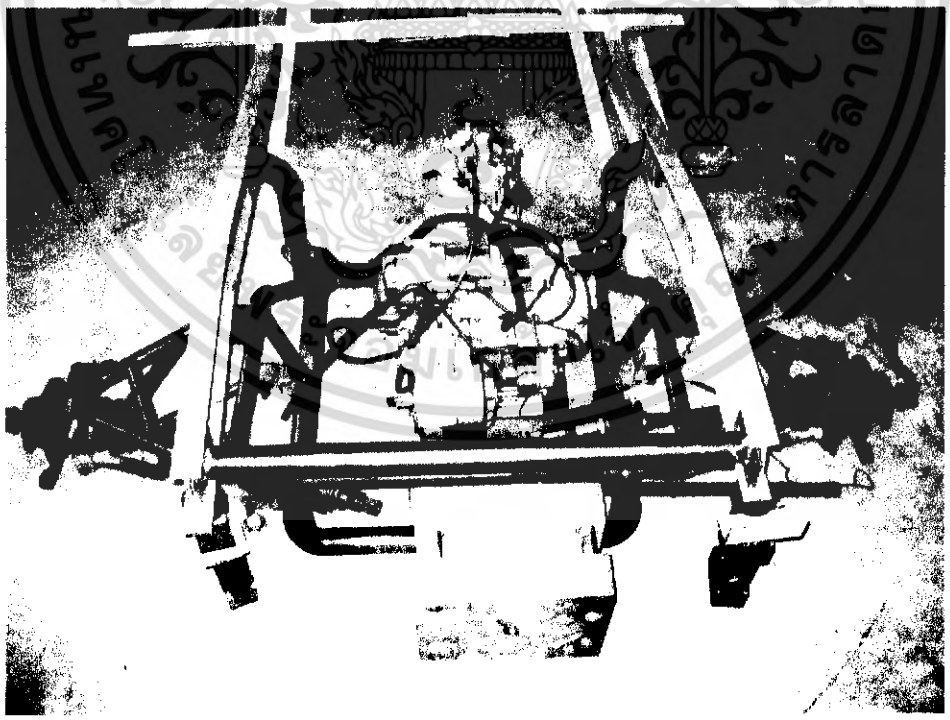


รูปที่ 32 โครงสร้างรถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



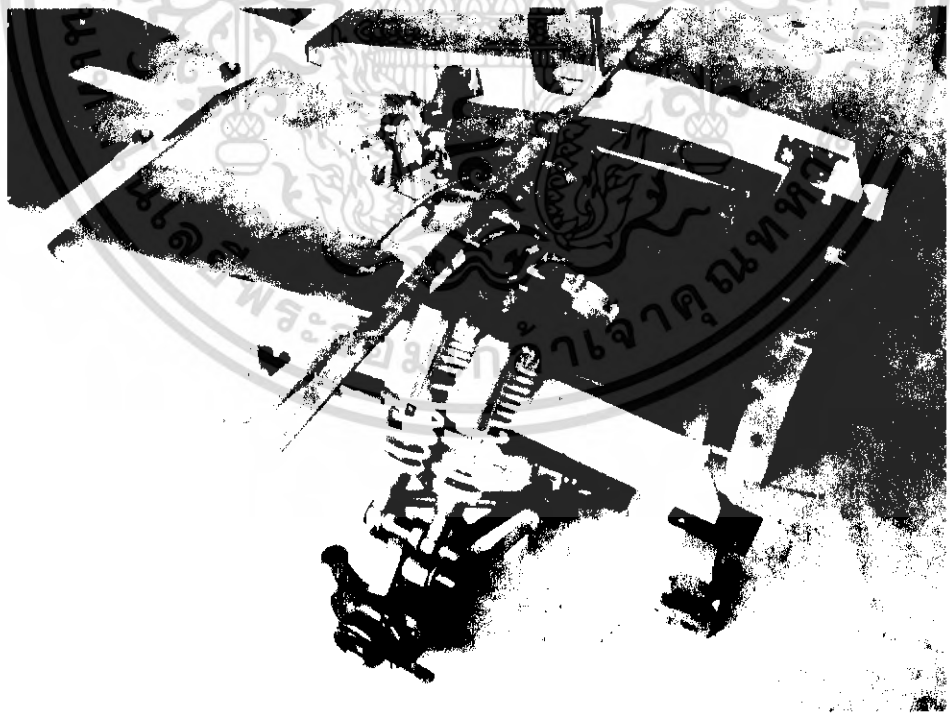
รูปที่ 33 ชุดแพหน้า



รูปที่ 34 แพหลัง

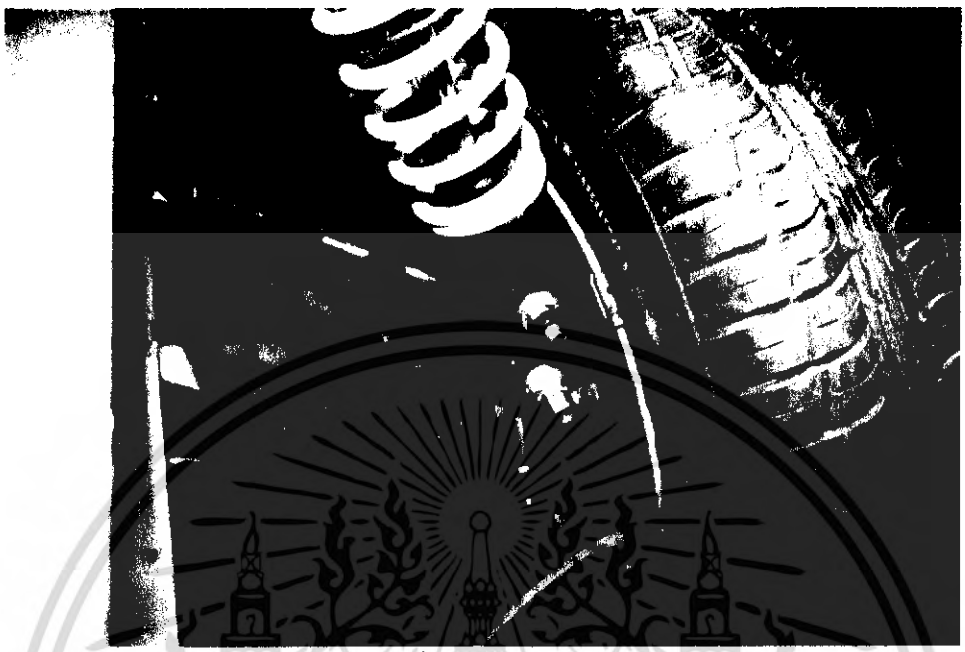
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 35 ระบบกันสะเทือนหน้า



รูปที่ 36 ระบบกันสะเทือนหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 37 ปีกนกหลัง

รูปที่ 38 ชุดบังคับเลี้ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้