สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รถไฟฟ้าไฮบริด

HYBRID ELECTRIC VEHICLE

โดย

นาย ฉัตรวิทย์ พันธุ์แตง
นาย ชัชวาล วงศ์มหาดเล็ก
นาย สักกภพ โชวใจมีสุข

อาจารย์ที่ปรึกษา

อ. จินดา เจริญพรพาณิชย์
อ. พงษ์ศักดิ์ คำมูล
ดร. ชินรักษ์ เธียรพงษ์

T036822

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต
สาขาวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2542

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 36822
วัน, เดือน, ปี 29 ธ.ค. 2543

ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	รถไฟฟ้าไฮบริด
นักศึกษา	ฉัตรวิทย์ พันธุ์แดง
	ชัชวาล วงศ์มหาดเล็ก
	สักกภพ โชวใจมีสุข
ระดับการศึกษา	วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล
	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.	2542
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	อ. จินดา เจริญพรพาณิชย์
	อ. พงษ์ศักดิ์ คำมูล
	ดร. ชินรักษ์ เธียรพงษ์

(.....) อาจารย์ที่ปรึกษา
อ. จินดา เจริญพรพาณิชย์

(.....) อาจารย์ที่ปรึกษา
อ. พงษ์ศักดิ์ คำมูล

(.....) อาจารย์ที่ปรึกษา
ดร. ชินรักษ์ เธียรพงษ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

โครงการนี้จะกล่าวถึง การพัฒนารถต้นแบบไฮบริด โดยเป็นการนำเอาระบบการทำงานของเครื่องยนต์และไฟฟ้ามาเป็นแหล่งกำเนิดพลังงานร่วมกัน เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพในการทำงานสูงสุด ทั้งยังประหยัดและลดมลภาวะ โดยได้นำเอารถเก่ามาเป็นต้นแบบต่อเติมและใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงซึ่งได้รับบริจาคจากทาง JICA มาใช้เป็นตัวขับเคลื่อน โดยใช้แบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรด ในการเก็บและจ่ายไฟ และยังมีการใช้เจนเนอเรเตอร์เพื่อช่วยในการชาร์จไฟกลับแบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSTRACT

This article examine preliminary requirement for a hybrid vehicle.The electric motor and battery are combined to be the source of energy in order that the hybrid car became most efficient, economical, and minimal pollution. Therefore, the car was environmental friendly. In this project, golf car was used as a model and 1.2 horsepower DC electric motor, donated from JICA, was used to drive the car. Dry batteries were used as electrical source. Moreover, a generator was used to recharge batteries.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

รถไฟฟ้าไฮบริดเป็นการนำเอาแหล่งกำเนิดพลังงานตั้งแต่ 2 แหล่งขึ้นไปมาใช้ร่วมกันอย่างเหมาะสม เพื่อตอบสนองความต้องการในการขับขี่และให้ประสิทธิภาพที่สูงกว่าเมื่อเทียบกับรถไฟฟ้า และยังสามารถขับขี่ได้ไกลกว่ารถไฟฟ้าทั่วไปอีกด้วย ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับรถยนต์ทั่วไปจะประหยัด ลดมลพิษ และรักษาสิ่งแวดล้อม

ในรถไฟฟ้าไฮบริดจะมีแหล่งพลังงานตั้งแต่สองแหล่งขึ้นไป เช่น เครื่องยนต์สันดาปภายนอกกับมอเตอร์ หรือเครื่องยนต์สันดาปภายในกับมอเตอร์ หรือเครื่องยนต์กับมอเตอร์และระบบพลังงานงานแสงอาทิตย์

การทำงานของรถไฟฟ้าไฮบริดแบบเครื่องยนต์สันดาปภายในกับมอเตอร์ไฟฟ้าจะแบ่งการทำงานเป็น การขับเคลื่อนด้วยระบบไฟฟ้า (Electric Mode) การขับเคลื่อนด้วยระบบเครื่องยนต์ (Engine Mode) การขับเคลื่อนด้วยระบบไฮบริด (Hybrid Mode) ระบบเก็บประจุไฟฟ้า (Battery-Charge Mode) และ การประจุไฟฟ้าเมื่อเบรค (Regenerative Braking)

ในปัจจุบันได้มีการนำเอารถไฟฟ้าไฮบริดเป็นรถต้นแบบเพื่อการใช้ในอนาคตข้างหน้า เนื่องจากให้ประสิทธิภาพที่สูง ลดมลภาวะจึงได้มีการทำการวิจัยทดลองเกิดขึ้นและได้มีการนำเอาคอมพิวเตอร์เข้ามาควบคุมในการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	III
ABSTRACT	IV
คำนำ	V
สารบัญ	VI
สารบัญแสดงรูปภาพ	VIII
สารบัญแสดงตาราง	IX
บทที่ 1 INTRODUCTION	1
1.1 จุดประสงค์การดำเนินงาน	1
1.2 ขอบเขตการดำเนินงาน	1
บทที่ 2 การออกแบบรถไฟฟ้าไฮบริด	3
2.1 แหล่งพลังงาน สภาพแวดล้อมกับการใช้รถยนต์	3
2.2 ความสำคัญของรถไฟฟ้า	3
2.3 ความจำเป็นของรถไฟฟ้าไฮบริด	4
2.4 การพิจารณาเครื่องยนต์สำหรับรถไฟฟ้าไฮบริด	6
2.4.1 เครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยหัวเทียน	6
2.4.2 เครื่องยนต์ดีเซล	9
2.4.3 เครื่องยนต์โรตารี่	10
2.4.4 เครื่องยนต์สเตอร์ลิง	13
2.4.5 เครื่องยนต์กังหันก๊าซ	14
2.4.6 บทสรุป	14
2.5 การพิจารณามอเตอร์สำหรับรถไฟฟ้าไฮบริด	16
2.5.1 มอเตอร์กระแสตรง	16
2.5.2 มอเตอร์กระแสสลับ	22
บทที่ 3 การพัฒนารถไฟฟ้าไฮบริด	28
3.1 ระบบเครื่องยนต์	28
3.1.1 เครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ	28
3.1.2 ระบบหล่อลื่น	35
3.1.3 ระบบน้ำมันเชื้อเพลิง	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.4 ระบบระบายความร้อน 39
3.1.5 ระบบจุดระเบิด 40
3.1.6 ระบบส่งกำลัง 45
3.1.7 ระบบกันสะเทือน 46
3.1.8 ระบบเบรค 47
3.2 มอเตอร์กระแสตรง 52
3.2.1 ส่วนประกอบของมอเตอร์กระแสตรง 52
3.2.2 หลักการทำงานของมอเตอร์กระแสตรง 54
3.2.3 ระบบควบคุมมอเตอร์ 61
3.3 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์และ Simulation 68
3.3.1 แบบจำลองกลศาสตร์ของรถ 68
3.3.2 แบบจำลองคุณสมบัติของแบตเตอรี่ 69
3.4 ระบบควบคุม 70
3.5 แบตเตอรี่ 73
บทที่ 4 การออกแบบและการดำเนินงาน 79
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ 83
หนังสืออ้างอิง 83
กิตติกรรมประกาศ 84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญแสดงรูปภาพ

บทที่ 2 การออกแบบรถไฟฟ้าไฮบริด

รูปที่ 2-1 รถไฟฟ้าไฮบริดแบบอนุกรม 5

รูปที่ 2-2 รถไฟฟ้าไฮบริดแบบขนาน 7

รูปที่ 2-3 เครื่องยนต์โรตารี่ 11

รูปที่ 2-4 ชนิดของมอเตอร์ 17

รูปที่ 2-5 ส่วนประกอบและชนิดของมอเตอร์กระแสตรง 20

รูปที่ 2-6 วงจรสตาร์ตชันท์มอเตอร์ 21

รูปที่ 2-7 บล๊อคไดอะแกรมระบบควบคุมอิเล็คทรอนิคมอเตอร์เหนี่ยวนำ 24

บทที่ 3 การพัฒนารถไฟฟ้าไฮบริด

รูปที่ 3-1 วัฏจักรการทำงานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ จังหวะดูด จังหวะอัด 28

รูปที่ 3-2 วัฏจักรการทำงานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ จังหวะกำลัง จังหวะคาย 28

รูปที่ 3-3 ศัพท์เทคนิคของเรื่องยนต์ 30

รูปที่ 3-4 โครงสร้างลูกสูบ 32

รูปที่ 3-5 การเปิด-ปิด วาล์วของ OHC 34

รูปที่ 3-6 คอลย์จุดระเบิด 41

รูปที่ 3-7 โครงสร้างของคอนเดนเซอร์ 42

รูปที่ 3-8 ผังระบบจุดระเบิดอย่างง่าย 43

รูปที่ 3-9 เพลาท้ายและเฟืองท้าย 45

รูปที่ 3-10 รูปตัดแสดงให้เห็นส่วนประกอบภายในของเพลาและเฟืองท้าย 46

รูปที่ 3-11 โครงของมอเตอร์กระแสตรง 53

รูปที่ 3-12 กฎมือซ้าย 54

รูปที่ 3-13 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับในวงจรอาร์มาเจอร์ 56

รูปที่ 3-14 โมเมนต์ซึ่งลวดตัวนำอาร์มาเจอร์กระทำรอบจุดศูนย์กลาง 58

รูปที่ 3-15 มอเตอร์กระแสตรงแบบฟิลด์เป็นแม่เหล็กถาวร 62

รูปที่ 3-16 รูปหน้าตัดด้านข้างของมอเตอร์กระแสตรงแบบมีมอเตอร์ขดลวดเคลื่อนที่ 63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3-17 การควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์อนุกรมด้วยการปรับวงจรขนาน 67
รูปที่ 3-18 ระบบสายพาน 67
รูปที่ 3-19 วงจรปรับความต้านทางของตัวควบคุมแบบเป็นขั้นๆ 72
รูปที่ 3-20 วงจรปรับความต้านทางของตัวควบคุมโดยไม่จำกัด 72
รูปที่ 3-21 การต่อขนาน-อนุกรมของแบตเตอรี่โดยใช้สวิตซ์ควบคุม 73
บทที่ 4 การออกแบบและการดำเนินงาน
รูปที่ 4-1 แสดงถึงวงจรควบคุมมอเตอร์ 82
รูปที่ 4-2 ผังระบบการทำงานของเครื่องยนต์และมอเตอร์ 84
รูปที่ 4-3 การส่งกำลังจากเครื่องยนต์ผ่าน magnetic clutch ผ่านไปสู่ล้อ 85
รูปที่ 4-4 การส่งกำลังจากมอเตอร์ผ่าน magnetic clutch ผ่านไปสู่ล้อ 85
รูปที่ 4-5 การส่งกำลังรวมทั้งมอเตอร์และเครื่องยนต์ไปสู่ล้อ 86
รูปที่ 4-6 ผังการวางตำแหน่งอุปกรณ์ต่างๆ ตามขนาดจริง 86
รูปที่ 4-7 การทำงานของรถไฮบริดแบบอนุกรม 89
รูปที่ 4-8 แสดงถึงการทดสอบการขับเคลื่อน 91
รูปที่ 4-9 แสดงถึงการขับเคลื่อนทางลาดชัน 92
รูปที่ 4-10 แสดงถึงการขับผ่านตัวหนอน 92
รูปที่ 4-11 แสดงถึงการเลี้ยวล้อ 93

สารบัญแสดงตาราง

บทที่ 2 การออกแบบรถไฟฟ้าไฮบริด
ตาราง 2-1 เปรียบเทียบรถยนต์ รถไฟฟ้า และรถไฟฟ้าไฮบริด 12
ตาราง 2-2 เครื่องยนต์สำหรับรถไฮบริด 15
ตาราง 2-3 วัสดุกันความร้อนที่ใช้กับมอเตอร์ 25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

Introduction

1.1 จุดประสงค์การดำเนินงาน

ในการสร้างและทดสอบรถไฟฟ้าไฮบริด เป็นการค้นคว้าและศึกษาวิจัยยานยนต์ซึ่งคาดว่าจะให้ประสิทธิภาพที่ดีกว่าเดิม ซึ่งเป็นการออกแบบส่วนต่างๆที่ต้องใช้ติดตั้ง และปรับปรุงเพื่อให้ใช้งานได้ตามจุดประสงค์ แล้วนำรถที่ติดตั้งเสร็จแล้วมาทำการทดสอบเพื่อเก็บค่าต่างๆ มาประมวลผล ป้อนค่าข้อมูลเข้าไปเก็บไว้แล้วนำมาพัฒนาเพิ่มประสิทธิภาพและวางระบบส่วนที่ต้องใช้ค่าจากผลการทดสอบเพื่อมาเป็นค่าตัวแปร ซึ่งเป็นการพัฒนาระบบยานยนต์ไปอีกระดับหนึ่ง เพื่อวันข้างหน้าพลังงานที่จะนำมาใช้อาจมีน้อยลงหรือไม่มีเลย ทำให้เราพร้อมที่จะรับสถานการณ์ที่จะมาถึง โดยในรถยนต์ปัจจุบัน รถไฟฟ้า หรือรถพลังแสงอาทิตย์ จะใช้การทำงานของระบบ 1-2 ระบบ โดยในรถยนต์จะไม่สามารถเก็บหรือผลิตพลังงานหรือใช้พลังงานส่วนที่เหลือได้ซึ่งเป็นการสูญเปล่า และในรถไฟฟ้าจะใช้ 2 ระบบ คือ ขับเคลื่อนและผลิตกำลังงานมาเก็บไว้ แต่เป็นส่วนน้อย

ในระบบรถไฟฟ้าไฮบริดจะสามารถให้ประสิทธิภาพที่สูงกว่าและแบ่งการทำงานที่สมบูรณ์ นำพลังงานส่วนที่เหลือมาใช้ผลิตพลังงานสะสมและสามารถสร้างพลังงานได้ด้วยตัวเอง โดยแบ่งเป็น 7 ระบบการทำงาน ได้แก่

1. ระบบขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์ (Engine Mode)
2. ระบบขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า (Electric Mode)
3. ระบบขับเคลื่อนด้วยไฮบริด (Hybrid Mode)
4. ระบบการทำงานเสริมด้วยไฟฟ้า (Engine Primary Mode)
5. ระบบการทำงานเสริมด้วยเครื่องยนต์ (Electric Primary Mode)
6. ระบบประจุไฟฟ้า (Battery Charge Mode)
7. ระบบการเบรก (Brake Charge Mode)

1.2 ขอบเขตการดำเนินงาน

ในการสร้างและทดสอบครั้งนี้เป็นการดำเนินงานแค่เพียงบางส่วนเพราะไม่สามารถดำเนินงานได้ครบทุกส่วน เนื่องจากแต่ละส่วนต้องใช้เวลาและการทดลองทดสอบ ปรับปรุงเปลี่ยนแปลงและแก้ไขเพื่อพัฒนานำมาใช้ร่วมกันให้ดีขึ้น ในการดำเนินครั้งนี้ได้ทำการติดตั้ง 2 ใน 7 ระบบการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำงาน โดยระบบการทำงานที่ 1 และ 2 เป็นอิสระต่อกัน ส่วนระบบการทำงานที่ 3-6 เป็นการทำงานที่ต้องทำร่วมกันซึ่งต้องใช้เวลาและการปรับปรุงแก้ไขจากผู้เชี่ยวชาญ และกำลังงานอีกบางส่วนในการพัฒนา เพื่อให้ระบบสมบูรณ์ และได้ประสิทธิภาพ ตามจุดประสงค์ที่ตั้งไว้ ซึ่งในระบบการทำงานที่เกี่ยวข้องกับระบบไฟฟ้าต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวกับระบบไฟฟ้า และระบบควบคุมก็ต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญงานในทางด้านนี้มาทำงาน เพื่อให้ได้ผลที่ดีตามจุดมุ่งหมาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

การออกแบบรถไฟฟ้าไฮบริด

2.1 แหล่งพลังงาน สภาพแวดล้อมกับการใช้รถยนต์

ในปัจจุบันนี้ไม่ว่าประเทศใดในโลก รถยนต์เป็นพาหนะที่สำคัญมากในการเดินทางและนับวันยิ่งเพิ่มจำนวนขึ้นอย่างไร้ขีดจำกัด โดยเฉพาะอย่างยิ่งประเทศที่พัฒนาแล้ว ประชากรส่วนใหญ่นิยมใช้รถยนต์ส่วนตัวในการเดินทางไปทำงาน ติดต่อธุรกิจ หรือไปพักผ่อน สาเหตุจากความสะดวกสบายและความคล่องตัวนั่นเอง จากการวิจัยในปี 1980 พบว่า ในสหรัฐฯ และยุโรป ตะวันตก 30% ของน้ำมันปิโตรเลียมทั้งหมดที่ใช้ในประเทศถูกใช้หมดไปกับรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เผาไหม้ภายใน ไม่ว่าจะเป็น เครื่องยนต์เบนซิน หรือเครื่องยนต์ดีเซล อัตราการใช้น้ำมันปิโตรเลียมในรถยนต์ที่ใช้ในเครื่องยนต์เผาไหม้ภายในนี้จะยังคงเพิ่มขึ้นอย่างมหาศาลตามอัตราการเจริยเติบโตของจำนวนประชากรในโลกที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว

ความเสียหายอย่างใหญ่หลวงอีกอย่างหนึ่งที่มีสาเหตุมาจากรถยนต์ เนื่องมาจาก แก๊สไอเสียที่ขับออกมาจากเครื่องยนต์ ซึ่งก่อให้เกิดมลภาวะต่อสภาพแวดล้อมอย่างมากในทันที และในอนาคต การก่อความรำคาญเนื่องจากเสียงดังจากเครื่องยนต์ สารพิษในไอเสียทำลายระบบประสาท สุขภาพ และก่อให้เกิดโรคภูมิแพ้ ทำให้อุณหภูมิในบรรยากาศสูงขึ้น ความเสียหายเหล่านี้เป็นตัวอย่างส่วนหนึ่งที่เกิดจากรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์เผาไหม้ภายในนั่นเอง

2.2 ความสำคัญของรถไฟฟ้า

ความห่วงใยในปัญหาที่เกิดจากเครื่องยนต์เผาไหม้ภายในที่ใช้กับรถยนต์ในปัจจุบันนี้ ซึ่งก็คือ ปัญหาเกี่ยวกับมลพิษของไอเสียที่ขับออกมาและเสียงดังจากเครื่องยนต์ ทำให้มีการศึกษาค้นคว้าระบบขับเคลื่อนรถยนต์แบบใหม่ขึ้นมา

รถไฟฟ้าเป็นระบบขับเคลื่อนรถยนต์แบบใหม่ที่มีการค้นคว้าขึ้นมาแทนเครื่องยนต์ด้วยจุดประสงค์ ช่วยลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิง และไม่ก่อให้เกิดมลพิษกับสภาพแวดล้อมมากเท่ารถยนต์ เนื่องจากว่า ของเสียพวกไฮโดรคาร์บอน คาร์บอนมอนอกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์ และ ซัลเฟอร์ออกไซด์ จากรถไฟฟ้าสามารถกำจัดได้ง่ายกว่าของเสียจากเครื่องยนต์เผาไหม้ภายในรถยนต์

ยิ่งไปกว่านั้นเสียงของรถไฟฟ้ายังเงียบกว่ารถที่ใช้เครื่องยนต์ ซึ่งจะช่วยลดระดับเสียงของการจราจรที่แออัด ไม่ทำให้อุณหภูมิในบริเวณรอบๆ สูงขึ้นมากนัก มีการใช้น้ำมันหล่อลื่นน้อยมากในรถไฟฟ้า และไม่มีการระบายน้ำมันหล่อลื่นทิ้งไปในสภาวะแวดล้อมอย่างรถยนต์อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ความจำเป็นของรถไฟฟ้าไฮบริด

ไม่มีแหล่งพลังงานใดแหล่งเดียวที่จะให้พลังงานได้ดีที่สุดและเหมาะสมที่สุดสำหรับความต้องการในการขับเคลื่อน การพัฒนาของระบบไฮบริดก็เพื่อค้นหาและพัฒนาข้อได้เปรียบและหลีกเลี่ยงข้อเสียโดยการนำระบบ 2 ระบบมาใช้ร่วมกันเพื่อให้เกิดผลที่ดีที่สุด

ในความสามารถซึ่งระบบไฟฟ้าไม่สามารถได้ เช่น ความเร็ว อัตราเร่ง ความสามารถในการไต่เขา และระยะเวลาของการขับเคลื่อนรถที่สั้นของรถไฟฟ้า เราสามารถใช้ทดแทนได้ด้วยระบบเครื่องยนต์ และเครื่องยนต์ยังมีส่วนที่เหลือของพลังงานส่งกลับมาเก็บเอาไว้ในรูปกระแสไฟฟ้าประจุในแบตเตอรี่ของระบบไฟฟ้าอีกด้วย นั่นคือคำตอบที่ว่ารถไฟฟ้าไฮบริดจะให้ประสิทธิภาพที่สูงกว่ารถไฟฟ้า

ในการเดินทางในเมือง ระบบเครื่องยนต์จะเผาผลาญน้ำมันทำให้เกิดไอเสียและมลภาวะที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ ดังนั้นระบบไฮบริดจึงได้ใช้ระบบไฟฟ้าในเมือง เพื่อลดมลภาวะที่เกิดจากเครื่องยนต์ และเป็นการลดมลภาวะทางเสียงด้วย ส่วนการเดินทางนอกเมืองนั้น รถไฟฟ้าไม่สามารถที่จะให้การเดินทางที่ยาวไกล ซึ่งเป็นการยากต่อการที่จะใช้งาน ดังนั้นเราจึงเลือกใช้เครื่องยนต์เป็นระบบที่สามารถหาจุดเติมน้ำมันได้ง่าย และก็ยังสามารถแบ่งพลังงานส่วนหนึ่งมาประจุไฟฟ้าเข้าไปเก็บไว้ในแบตเตอรี่ได้อีกด้วย และนี่คือคำตอบของระบบรถไฟฟ้าไฮบริด ซึ่งเป็นระบบขับเคลื่อนแบบใหม่ซึ่งให้ประสิทธิภาพสูงสุด ไม่สร้างมลภาวะ เดินทางได้ยาวไกล และให้ความเร็วสูงในการขับขี่

ระบบของรถไฟฟ้าไฮบริด

ระบบของรถไฟฟ้าไฮบริด มี 2 ระบบ ได้แก่

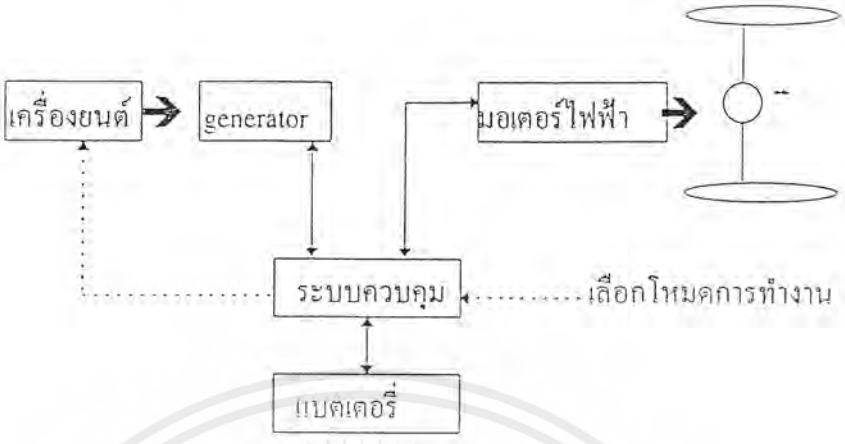
- ระบบอนุกรม
- ระบบขนาน

โดยแต่ละระบบ จะมีหลักในการทำงานดังต่อไปนี้

ระบบอนุกรม

ระบบนี้จะมี 2 โหมดการทำงานหลัก คือ โหมดการทำงานระบบไฟฟ้า และ โหมดการทำงานระบบไฮบริด ในระบบนี้จะต้องมี เจนเนอเรเตอร์ เพื่อเปลี่ยนพลังงานกลของเครื่องยนต์เป็นพลังงานไฟฟ้าเพื่อใช้ขับมอเตอร์ และประจุกระแสไฟฟ้าเก็บไว้ในแบตเตอรี่ พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ขับมอเตอร์ จะได้มาจาก 2 ส่วน คือ ส่วนที่ได้มาจากเครื่องยนต์มาปั่นเจนเนอเรเตอร์ และ พลังไฟฟ้าที่ได้มาจากแบตเตอรี่ โดยตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-1 รถไฟฟ้าไฮบริดระบบอนุกรม

สัญลักษณ์: พลังงานกล

สัญญาณควบคุม

พลังงานไฟฟ้า

ระบบขนาน

ระบบนี้จะมี 3 โหมด การทำงานหลัก คือ โหมดการทำงานระบบเครื่องยนต์ ระบบไฟฟ้า และระบบไฮบริด ในระบบนี้ มอเตอร์ไฟฟ้าจะมี 2 หน้าที่ คือ เป็นมอเตอร์ขับเคลื่อนและเป็นเจนเนอเรเตอร์ ผลิตกระแสไฟฟ้า พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ขับมอเตอร์ จะได้มาจากแบตเตอรี่เท่านั้น

โหมดการทำงานของรถไฟฟ้าไฮบริด

- Electric Mode กำลังทั้งหมดที่ใช้ขับเคลื่อนจะได้มาจากการส่งกำลังของมอเตอร์ไฟฟ้าอย่างเดียว
- Internal Combustion Engine Mode กำลังทั้งหมดที่ใช้ขับเคลื่อนจะได้มาจากการส่งกำลังของเครื่องยนต์อย่างเดียว
- Primary Electric Mode ในสภาพปกติมอเตอร์จะเป็นกำลังหลักในการขับเคลื่อนแต่ในสภาวะที่ต้องการแรงบิดสูงสุด จะใช้เครื่องยนต์เป็นตัวช่วยแบ่งภาระจากมอเตอร์
- Primary Internal Combustion Engine Mode คล้ายกับแบบ Primary Electric Mode โดยเปลี่ยนกำลังที่ใช้ขับเคลื่อน ระบบนี้จะใช้เครื่องยนต์เป็นตัวส่งกำลังหลัก และเมื่อต้องการกำลังเสริมหรือต้องการแรงบิดสูงสุดจะใช้มอเตอร์เป็นตัวช่วยแบ่งภาระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Hybrid Mode การทำงานในโหมดนี้ จะใช้ทั้งเครื่องยนต์และมอเตอร์ร่วมกันส่งกำลังขับเคลื่อน ซึ่งมีข้อจำกัดอยู่ที่ว่าจะต้องควบคุมแรงบิดของทั้งเครื่องยนต์และมอเตอร์ที่ส่งออกมาให้มีขนาดที่เท่ากัน

- Battery-Charge Mode ในสภาวะการใช้เครื่องยนต์ในการขับเคลื่อน เครื่องยนต์นี้จะมีหน้าที่อีกอย่างหนึ่งไปพร้อมๆ กับหน้าที่ขับเคลื่อน คือ การประจุไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่ โดยใช้มอเตอร์เป็น generator ซึ่งหน้าที่นี้จะเกิดขึ้นเมื่อมีพลังงานเหลือจากการขับเคลื่อน

- Regenerative Braking ในระหว่างการเบรก พลังงานจลน์ของรถจะไปขับมอเตอร์ ซึ่งในโหมดนี้มอเตอร์จะทำหน้าที่เป็น generator ประจุไฟเข้าแบตเตอรี่

2.4 การพิจารณาเครื่องยนต์สำหรับรถไฟฟ้าไฮบริด

การทำงานของเครื่องยนต์ที่ใช้ในรถไฟฟ้าไฮบริดจะต่างจากรถยนต์ทั่วไป เครื่องยนต์ในรถไฟฟาไฮบริดจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงความเร็วแบบทันทีทันใด และจะต้องทำงานที่กำลังสูงคงที่เป็นระยะเวลาที่นาน เครื่องยนต์ที่เหมาะสมในการใช้งานจะต้องเป็นเครื่องยนต์ที่มีน้ำหนักเบา และขนาดจะต้องไม่ใหญ่เกินไป ควรใช้ขนาดที่เพียงพอกับความต้องการกำลังเฉลี่ยในการขับเคลื่อนเท่านั้น เนื่องจากมีระบบไฟฟ้าจะเป็นตัวหากำลังเสริมที่เครื่องยนต์ต้องการในคราวจำเป็น เช่น การเร่งความเร็ว หรือการปีนเขา

เครื่องยนต์ของรถยนต์ทั่วไปจะไม่เหมาะกับการใช้งานในรถไฟฟ้าไฮบริด เนื่องจากว่าเครื่องยนต์ของรถทั่วไปมีประสิทธิภาพการใช้งานต่ำ และถูกออกแบบมาเพื่ออายุการใช้งานที่ยาวนาน โดยจะเดินเครื่องที่กำลังเฉลี่ยที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ ของกำลังสูงสุดของเครื่องยนต์

การควบคุมไอเสียของเครื่องยนต์ที่ใช้ในรถไฟฟ้าไฮบริด สามารถทำได้ง่าย เนื่องจากเครื่องยนต์จะทำงานที่ระดับกำลังที่คงที่ ทำให้ไอเสียที่ปล่อยออกจากเครื่องยนต์มีไม่มากนัก

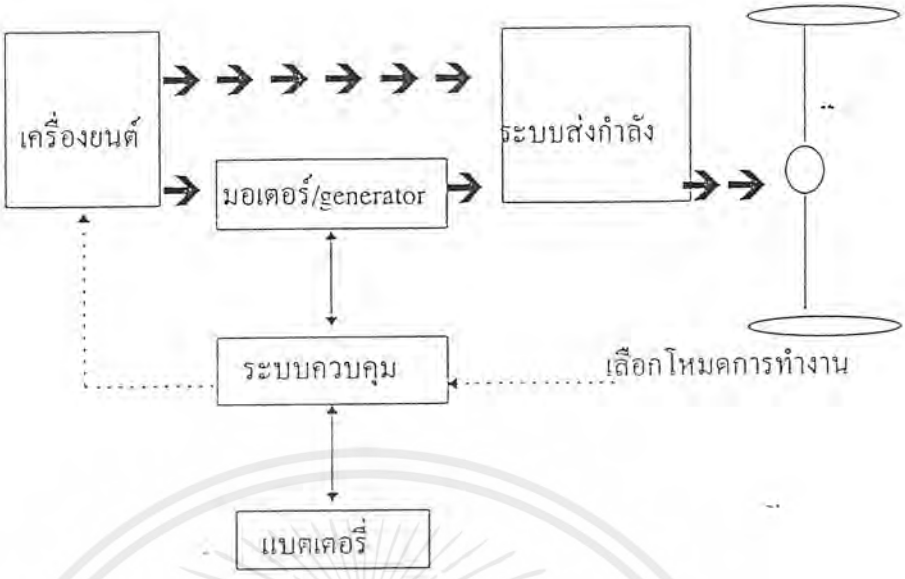
ชนิดของเครื่องยนต์ที่สามารถนำมาพิจารณาเพื่อใช้ในรถไฟฟ้าไฮบริด

2.4.1 เครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยหัวเทียน

ในขณะที่รถยนต์ทั่วไปต้องการระดับกำลังของเครื่องยนต์ขณะใช้งานในระดับกำลังที่แตกต่างกันตามสถานการณ์การใช้งาน ซึ่งถ้านำเครื่องยนต์ของรถยนต์ทั่วๆไปมาใช้งานที่กำลังสูงสุดเป็นระยะเวลานานอย่างต่อเนื่อง ก็จะทำให้อายุการใช้งานของเครื่องยนต์สั้นลงไป

เครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยหัวเทียนที่มีความทนทาน จะสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องที่เปอร์เซ็นต์สูงของกำลังสูงสุด ซึ่งเครื่องยนต์เหล่านี้จะถูกนำมาใช้งานในเครื่องบินและในอุตสาหกรรมหนักทั่วไป โดยเครื่องยนต์ที่ใช้ใน อุตสาหกรรม จะมีน้ำหนักมาก ซึ่งมีน้ำหนักจำเพาะประมาณ 6.6 ถึง 13.2 กิโลกรัมต่อกิโลวัตต์(10 ถึง 20 ปอนด์ต่อแรงม้า) และเครื่องยนต์ที่ใช้ในเครื่องบินจะมีขนาดเล็กและน้ำหนักเบา ซึ่งมีน้ำหนักจำเพาะน้อยกว่า 1.2 กิโลกรัมต่อกิโลวัตต์(2 ปอนด์ต่อแรงม้า) แต่เครื่องยนต์สามารถผลิตกำลังได้ถึง 45 , 75 และ 85 กิโลวัตต์ (60 , 100 และ 115 แรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-2 รถไฟฟ้าไฮบริดระบบขนาน

สัญลักษณ์: → พลังงานกล

⇢ สัญญาณควบคุม

⟶ พลังงานไฟฟ้า

ม้า) หรือมากกว่านั้น ซึ่งเครื่องยนต์ที่ใช้ในเครื่องบินเหล่านี้ สามารถทำงานที่ประสิทธิภาพสูงถึง 50-60 เปอร์เซ็นต์ ของกำลังเครื่องยนต์ และถูกออกแบบให้สามารถทำงานด้วยประสิทธิภาพที่สูงถึง 75 เปอร์เซ็นต์ ของกำลังเครื่องยนต์ และเครื่องยนต์เหล่านี้จะทนทาน และมีน้ำหนักเบากว่าเครื่องยนต์ที่ใช้ในอุตสาหกรรมหนัก แต่ราคาก็สูงตามไปคุณสมบัติพิเศษที่ใช้นี้ด้วยเช่นกัน

การพัฒนาเครื่องยนต์เพื่อให้ลดการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงและลดมลภาวะ โดยใช้อุปกรณ์เสริมหรือเทคนิคพิเศษ ดังนี้

ระบบหัวฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง

น้ำมันเชื้อเพลิงจะถูกจ่ายให้กับเครื่องยนต์ด้วยหัวฉีด ฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าไปผสมกับอากาศในท่อไอดี ด้วยปริมาณน้ำมันตามความต้องการของเครื่องยนต์ กรณีที่เครื่องยนต์เดินเบา หัวฉีดจะฉีดน้ำมันน้อยลง และเมื่อเร่งความเร็วของเครื่องยนต์ หัวฉีดก็จะฉีดน้ำมันมากขึ้น

ใช้วาล์ว อี จี อาร์

เป็นการทำให้ไอเสียวนกลับมาใช้ในการเผาไหม้อีกครั้ง ช่วยลดภาวะ เนื่องจากอุณหภูมิไอเสียลดลง วาล์ว อี จี อาร์ จะถูกควบคุมด้วยระบบสูญญากาศ และจะมีตัว เซ็นเซอร์ ช่วยวัดระดับไอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เสียที่วนกลับเข้ามาเผาไหม้ เพื่อควบคุมปริมาณไอเสียไม่ให้เข้ามามากเกินไป เพราะจะทำให้เครื่องยนต์ดับ ขณะที่เดินเบา ไม่ต้องการกำลังจากเครื่องยนต์มากนัก ไม่เหยียบคันเร่ง ปีกผีเสื้อไม่เปิด สูญญากาศสูง วาล์ว อี จี อาร์ เปิด ไอเสียเข้าเผาไหม้ ส่วนขณะที่เร่งความเร็ว ต้องการกำลังจากเครื่องยนต์มาก เหยียบคันเร่ง ปีกผีเสื้อเปิดเต็มที่ สูญญากาศต่ำ วาล์ว อี จี อาร์ปิด ไอดีเข้าเผาไหม้อย่างเดียว

เพิ่มจำนวนวาล์ว และลดขนาดวาล์ว

การเพิ่มจำนวนวาล์ว จะทำให้ช่วยการดูดและคายไอดี-ไอเสียได้ตามต้องการ การลดขนาดวาล์ว จะช่วยความคล่องตัวในการเปิด-ปิดวาล์ว ซึ่งการเพิ่มจำนวนและลดขนาดของวาล์ว ทำให้ไอเสียออกจากห้องเผาไหม้ได้ดี และไอดีเข้าห้องเผาไหม้ได้เต็มที่ จะได้การเผาไหม้ที่สมบูรณ์มากขึ้น เพิ่มกำลังเครื่องยนต์ให้สูงขึ้น และลดมลภาวะ

การเปลี่ยนแปลงความยาวท่อไอดี

ทำให้อากาศเข้าห้องเผาไหม้ได้ตามความต้องการ ขณะที่เครื่องยนต์เดินเบาท่อยาวกว่าปกติ แต่ในขณะที่เครื่องยนต์เดินเร็วขึ้น จะควบคุมให้ท่อสั้นกว่าปกติ เพื่อให้อากาศเข้าห้องเผาไหม้ได้มากขึ้น การเผาไหม้สมบูรณ์ขึ้น

การเปิดวาล์วล่วงหน้าตามการเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบของเครื่องยนต์

เป็นการตั้งเวลาการเปิดวาล์วไอดีล่วงหน้า ในกรณีที่เร่งความเร็วเครื่องยนต์ หรือเมื่อเครื่องยนต์มีความเร็วรอบมากๆ เพื่อให้อากาศเข้าห้องเผาไหม้ได้ทันกับความต้องการของเครื่องยนต์ เราจะควบคุมเพลาลูกเบี้ยวให้ไปเตะวาล์วไอดีเปิดล่วงหน้า โดยใช้เซ็นเซอร์ เป็นตัวควบคุมการทำงานของเพลาลูกเบี้ยวให้สัมพันธ์กับจังหวะการเปิดวาล์วไอดีที่ความเร็วรอบสูง

ระบบ ลีน เบิร์น

เป็นการควบคุมการเปิด-ปิด ลิ้นไอดี หรือควบคุมปริมาณอากาศที่เข้าห้องเผาไหม้ เพื่อความประหยัดการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง โดยขณะต้องการสตาร์ตเครื่องยนต์ จะควบคุมให้ลิ้นไอดีเปิดเพียงตัวเดียว เพื่อควบคุมปริมาณอากาศเข้าห้องเผาไหม้น้อย ทำให้ส่วนผสมของน้ำมันเชื้อเพลิงหนา สามารถสตาร์ตเครื่องยนต์ติดง่าย หลังจากที่สตาร์ตเครื่องยนต์ติดแล้ว จะควบคุมให้เปิดลิ้นไอดีทั้ง 2 ตัว เพื่อควบคุมปริมาณอากาศเข้าห้องเผาไหม้เต็มที่ ทำให้ได้การเผาไหม้ที่สมบูรณ์ เป็นการลดมลภาวะและประหยัดการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง

จะเห็นว่าเครื่องยนต์ขุดระเบิดด้วยหัวเทียน ได้ถูกพัฒนาขึ้นอย่างมาก จนกระทั่งในปัจจุบันนี้ ความประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์อยู่ในเกณฑ์ที่ดีมาก ซึ่งเหมาะสมกับการใช้งานใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รถไฟฟ้าไฮบริดอย่างมาก ทั้งในด้านประสิทธิภาพการใช้งาน น้ำหนักจำเพาะของเครื่องยนต์ ความประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิง การลดมลภาวะในสภาวะแวดล้อม อีกทั้งยังสามารถหาซื้อได้ทั่วไปในท้องตลาดอีกด้วย

2.4.2 เครื่องยนต์ดีเซล

เครื่องยนต์ดีเซลถูกออกแบบมาสำหรับการใช้งานหนัก จุดเด่นที่เห็นได้ชัดของเครื่องยนต์ชนิดนี้ ซึ่งได้เปรียบเครื่องยนต์ประเภทอื่นคือ ความประหยัดการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง และความทนทานของเครื่องยนต์ ประสิทธิภาพสูงสุดของเครื่องยนต์จะประมาณ 40 – 50 เปอร์เซ็นต์ของกำลังการใช้งาน และประสิทธิภาพของเครื่องยนต์จะยังคงสูงเช่นนี้ ถึงแม้ว่าเครื่องยนต์จะทำงานด้วยกำลังที่สูงขึ้นอีก พบว่าเครื่องยนต์ทำงานที่ 80 เปอร์เซ็นต์ ของกำลังสูงสุด ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์จะลดลงมาเพียง 10 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้น เป็นข้อยืนยันว่าเครื่องยนต์ดีเซลมีความทนทานและให้กำลังสูง

ด้วยเหตุนี้ การนำเอาเครื่องยนต์ดีเซลมาใช้งานในรถยนต์ทั่วไปจึงเป็นที่นิยมมาก กับการใช้งานที่ต้องเดินทางเป็นระยะทางไกลๆ ที่ต้องการความทนทานของเครื่องยนต์ หรือใช้ในงานขนส่งสินค้าจำนวนมากๆ ที่ต้องการกำลังของเครื่องยนต์สูง ที่สำคัญคือความประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิง

การออกแบบเครื่องยนต์ดีเซลที่พบในปัจจุบันมีแบบ 2 แบบ คือ การฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงโดยตรง และ การฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงโดยอ้อม ซึ่งสามารถแยกความแตกต่างได้ดังนี้

แบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงโดยตรง คือ การใช้หัวฉีด ฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าห้องเผาไหม้โดยตรง

แบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงโดยอ้อม คือ การใช้หัวฉีด ฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าห้องเผาไหม้ล่วงหน้า ก่อนเข้าห้องเผาไหม้จริง

ความสูญเสีย เครื่องยนต์แบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงโดยอ้อม มีความสูญเสียมากกว่า เนื่องจากมีห้องเผาไหม้ล่วงหน้า และเนื่องจากมีความสูญเสียมากกว่า ทำให้เครื่องยนต์ชนิดนี้มีความประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงมากกว่าเครื่องยนต์แบบฉีดน้ำมันโดยตรง

อุณหภูมิและความดันการเผาไหม้สูงสุดของเครื่องยนต์ IDI ต่ำกว่า ทำให้เสียงการทำงานของเครื่องยนต์เงียบกว่า น้ำหนักเบากว่า และมลภาวะต่ำกว่า แต่ประสิทธิภาพการใช้งานจะต่ำกว่าเครื่องยนต์แบบ DI ประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์

และได้มีการพัฒนาเครื่องยนต์ดีเซลด้วยเทอร์โบชาร์จ ซึ่งมีอุปกรณ์ที่สำคัญ คือ กังหันต่อตรงกับคอมเพรสเซอร์ และหลักการทำงานคือ การให้ไอเสียผ่านเข้ากังหัน ความเร็วและการขยายตัวของไอเสียจะส่งแรงกระทำกับใบพัดของกังหัน ทำให้กังหันหมุนได้ อัตราเร็วรอบของกังหันจะแปรผันตามแรงทั้งหมดของไอเสียที่กระทำบนกังหัน และเมื่อกังหันหมุนจะทำให้คอมเพรสเซอร์

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ห้ามมิให้ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือนำไปใช้ในการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งต่อตรงกับกังหันหมุนตามไปด้วยอัตราเร็วรอบเท่ากัน โดยคอมเพรสเซอร์ นี้มีหน้าที่อัดไอดีเข้าห้องเผาไหม้ ทำให้ได้ปริมาณไอดีที่มากขึ้นกว่าปกติ

ข้อเสียของเครื่องยนต์ดีเซล พบว่า น้ำหนักและปริมาตรจำเพาะของเครื่องยนต์ดีเซลจะมากกว่าของเครื่องยนต์เบนซิน ประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์

สำหรับเครื่องยนต์ดีเซล ด้วยคุณสมบัติประสิทธิภาพการใช้งานที่สูง สามารถหาซื้อได้ง่าย และความสามารถในการใช้งานด้วยกำลังสูงเป็นระยะเวลาที่ยาวนาน เครื่องยนต์ดีเซลจึงเหมาะสำหรับการใช้งานในรถไฟฟ้าไฮบริดมาก ถ้าไม่มีข้อเสียในเรื่องน้ำหนักจำเพาะของเครื่องยนต์

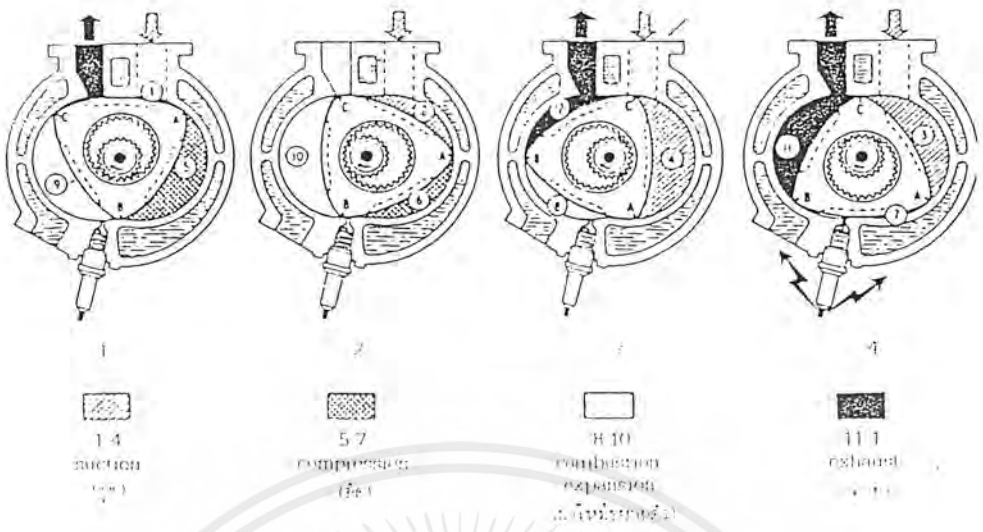
2.4.3 เครื่องยนต์ โรตารี่

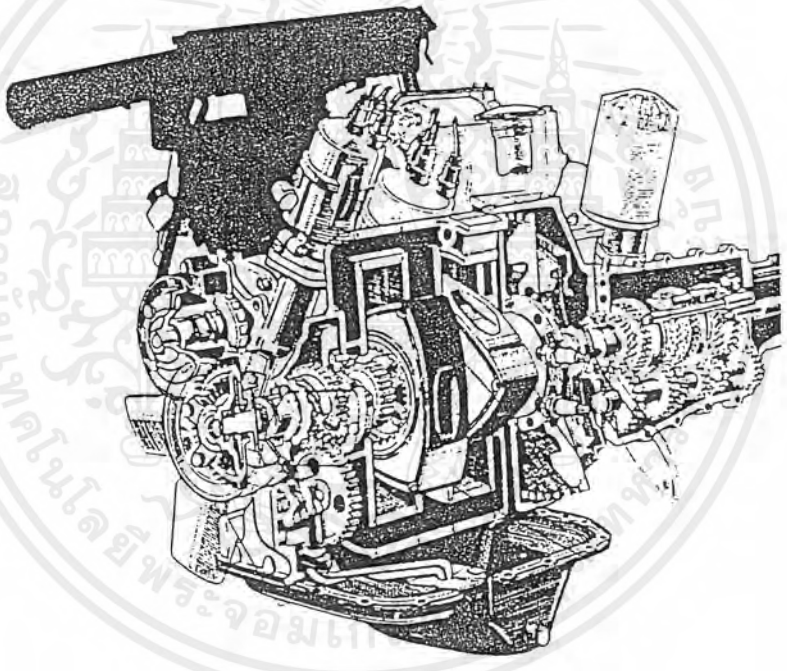
เราสามารถเรียกเครื่องยนต์แบบนี้ได้อีกอย่างหนึ่งว่า เครื่องยนต์แบบลูกสูบหมุน ซึ่งเป็นเครื่องยนต์ที่แตกต่างไปจากเครื่องยนต์ลูกสูบชักทั่วไป ลูกสูบของเครื่องยนต์โรตารี่เรียกว่าโรเตอร์ มีลักษณะคล้ายรูปสามเหลี่ยมและยึดติดกับเพลา ส่งกำลังด้วยลูกเบี้ยวเยื้องศูนย์ โรเตอร์ติดตั้งอยู่ภายในเสื้อโรเตอร์ซึ่งมีห้องเผาไหม้ภายในเป็นรูปไข่ จุดสัมผัสของมุมทั้งสามของโรเตอร์กับผนังห้องเผาไหม้ จะต้องได้รับการออกแบบให้สามารถหมุนได้และอุดรอยรั่วได้ดี เสื้อโรเตอร์มีช่องไอดีและช่องไอเสีย และช่องสำหรับติดตั้งหัวเทียน ในขณะที่เครื่องยนต์ทำงาน โรเตอร์จะหมุนอยู่ภายในห้องเผาไหม้

คุณสมบัติของเครื่องยนต์โรตารี่ คือ มีน้ำหนักเบา ขนาดของเครื่องยนต์กะทัดรัด และการทำงานไม่ซับซ้อน สามารถทำงานได้ที่ความเร็วรอบสูงๆ และสามารถนำเครื่องยนต์ไปต่อได้โดยตรงกับเจนเนอเรเตอร์ ความเร็วรอบสูง โดยไม่ต้องผ่านตัวทดกำลัง ส่วนด้านความทนทานของเครื่องยนต์โรตารี่นั้น จะไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบได้กับเครื่องยนต์แบบอื่นๆ เนื่องจากว่าเครื่องยนต์โรตารี่นี้มีส่วนที่เคลื่อนที่น้อยกว่า ไม่มีวาล์วและเพลาลูกเบี้ยว การเคลื่อนที่ของเครื่องยนต์จะเป็นไปแบบเรียบๆ ซึ่งโดยส่วนมากจะเป็นการเคลื่อนที่แบบหมุน

ชนิดของเครื่องยนต์โรตารี่มี 2 แบบ คือ แบบโรเตอร์ 2 ตัว และแบบโรเตอร์ตัวเดียว แบบโรเตอร์ 2 ตัวจะเป็นเครื่องยนต์ที่มีกำลังอยู่ระหว่าง 72 ถึง 125 กิโลวัตต์ (100 ถึง 170 แรงม้า)และเป็นเครื่องยนต์ที่นำไปใช้ในรถยนต์ทั่วไป ความประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ได้ถูกพัฒนาขึ้นมาอยู่ในเกณฑ์ที่ดี ตัวอย่างเช่น ในรถยนต์ มาสด้า ปี 1997 ซึ่งใช้เครื่องยนต์ขนาด 85 กิโลวัตต์ (115 แรงม้า) สามารถประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงได้เท่ากับหรือประหยัดได้มากกว่าเครื่องยนต์แบบลูกสูบโดยเปรียบเทียบกันที่เครื่องยนต์ขนาดเดียวกัน และในรถยนต์ ออดี้ 871 ที่ใช้เครื่องยนต์โรตารี่ ที่มีกำลังขนาด 125 กิโลวัตต์ (170 แรงม้า) สามารถหาประสิทธิภาพสูงสุดได้ 56 เปอร์เซ็นต์ ของกำลังการใช้งานสูงสุด เป็นเครื่องยนต์ระบายความร้อนด้วยอากาศ และมีน้ำหนัก 140กิโลกรัม (313 ปอนด์) ซึ่งสามารถนำมาใช้ได้กับทั้งในรถยนต์และในเครื่องบิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





รูปที่ 2-3 เครื่องยนต์โรตารี่

แบบโรเตอร์ตัวเดียว ความประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงและมลภาวะจะเหมือนกับแบบโรเตอร์ 2 ตัว เป็นเครื่องยนต์ที่ใช้สำหรับการใช้งานในรถจักรยานยนต์ เรือ และในอุตสาหกรรม ซึ่งจะใช้เครื่องยนต์ที่มีกำลังขนาด 45 กิโลวัตต์ (60 แรงม้า) เป็นเครื่องยนต์ขนาดเล็ก มีทั้งแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ และแบบระบายความร้อนด้วยน้ำ น้ำหนักจำเพาะของเครื่องยนต์แบบนี้จะน้อยมาก ซึ่งอยู่ระหว่าง 1.3 ถึง 1.8 กิโลกรัมต่อกิโลวัตต์(2.2 ถึง 3 ปอนด์ต่อแรงม้า)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2-1

เปรียบเทียบรถยนต์ รถไฟฟ้า และรถไฟฟ้าไฮบริด

	รถยนต์	รถไฟฟ้า	รถไฟฟ้าไฮบริด
1.ระบบขับเคลื่อน	เครื่องยนต์	มอเตอร์	เครื่องยนต์ และมอเตอร์
2.แหล่งพลังงาน	น้ำมัน	กระแสไฟฟ้าจาก แบตเตอรี่	น้ำมันและกระแสไฟ จากแบตเตอรี่
3.การประจุแบตเตอรี่	ใช้เครื่องยนต์ประจุไฟ เข้าแบตเตอรี่ (แบตเตอรี่ใช้ในการ สตาร์ตเครื่อง)	ใช้แหล่งจ่ายพลังงาน จากภายนอกประจุไฟ แบตเตอรี่ เช่น พลัง งานแสงอาทิตย์ เป็นต้น	ใช้เครื่องยนต์ประจุไฟ เข้าแบตเตอรี่ เป็นการประหยัดพลัง งาน
4.เสียงรบกวน	เสียงดัง	ไม่มีเสียงรบกวน	เสียงรบกวนน้อยเนื่อง จากใช้มอเตอร์ขับร่วม กับเครื่องยนต์
5.กลิ่นเหม็นรบกวน	มีกลิ่นน้ำมัน	ไม่มีกลิ่นเหม็นรบกวน	มีกลิ่นเหม็นรบกวน น้อย
6.ควันขาวและ คราบน้ำมัน	มีควันขาวและคราบ น้ำมันจากเครื่องยนต์	ไม่มี	มีน้อย
7.สารพิษที่เป็น อันตรายต่อสุขภาพ	มีสารพิษหลายชนิด	ไม่มีสารพิษ	มีเฉพาะช่วงที่ใช้ เครื่องยนต์
8.การใช้เชื้อเพลิง	เปลืองน้ำมัน	ไม่ใช้น้ำมัน	ไม่เปลืองน้ำมัน
9.การซ่อมบำรุง	ต้องหมั่นซ่อมบำรุง	ค่าซ่อมบำรุงต่ำ	ค่าซ่อมบำรุงสูง
10.ประสิทธิภาพ การใช้งาน	ต่ำ	สูง	สูงทั้งเครื่องยนต์ที่ optimum และมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นได้ว่า เครื่องยนต์โรตารี่ จะไม่นิยมนำมาใช้งานในรถยนต์ ซึ่งโดยส่วนมากแล้วจะนิยมนำไปใช้งานในเครื่องบิน ด้วยเหตุนี้ จึงไม่เหมาะสมที่จะนำเครื่องยนต์โรตารี่ มาใช้งานในรถไฟฟ้าไฮบริดเช่นเดียวกัน

2.4.4 เครื่องยนต์สเตอร์ลิง

เป็นเครื่องยนต์เผาไหม้ภายนอก โดยอาศัยความร้อนไหลผ่านผนังห้องเผาไหม้ ซึ่งก๊าซภายในห้องเผาไหม้จะถูกทำให้ร้อนและเย็นสลับกัน ลูกสูบในกระบอกสูบจึงเคลื่อนที่กลับไปกลับมาได้ เครื่องยนต์สเตอร์ลิง เป็นเครื่องยนต์ในทางทฤษฎีที่ถูกพัฒนาขึ้นมาจากห้องทดลอง และเป็นเครื่องยนต์ที่มีศักยภาพตามทฤษฎี คือ มีประสิทธิภาพการใช้งานสูง และไม่ก่อให้เกิดมลภาวะ การพัฒนาเครื่องยนต์สเตอร์ลิง เพื่อให้สามารถนำไปใช้งานได้จริง ถูกกระทำขึ้นระหว่างทศวรรษที่ 1960 ถึงต้นทศวรรษที่ 1970 โดยในปี 1968 มีการใช้เครื่องยนต์สเตอร์ลิง ติดตั้งและทดสอบในรถโอเปิลคาเดต โดยใช้เครื่องยนต์ที่มีกำลังขนาด 6 กิโลวัตต์(8 แรงม้า) และต่อมาบริษัท ฟอร์ดมอเตอร์ได้มีการพัฒนาเครื่องยนต์สเตอร์ลิง ให้มีขนาดใหญ่ขึ้นเป็นเครื่องยนต์ที่มีกำลังขนาด 218 กิโลวัตต์ (170 แรงม้า) เพื่อใช้งาน และขณะเดียวกันได้มีการใช้เครื่องยนต์สเตอร์ลิง ติดตั้งและทดสอบกับรถยนต์หลายประเภท ตัวอย่างเช่น ในประเทศสวีเดน ได้พัฒนาเครื่องยนต์ที่มีกำลังขนาด 30 ถึง 112 กิโลวัตต์(40 ถึง 150 แรงม้า) เพื่อทำการทดสอบการใช้งาน โดยเครื่องยนต์ขนาด 30 กิโลวัตต์(40 แรงม้า) ถูกติดตั้งและทดสอบในรถยนต์เยอรมัน ส่วนเครื่องยนต์ขนาดอื่นๆ ถูกติดตั้งและทดสอบในเรือ รถบรรทุก และรถเมล์

ข้อมูลเกี่ยวกับเครื่องยนต์สเตอร์ลิง ที่ใช้ในรถยนต์ที่สามารถหาได้นั้นมีน้อยมาก เนื่องจากไม่นิยมนำเครื่องชนิดนี้มาใช้กับรถยนต์ทั่วไป จึงไม่มีการพัฒนาเครื่องยนต์สเตอร์ลิง เพื่อใช้ในรถยนต์กันอย่างกว้างขวาง เหมือนกับเครื่องยนต์เบนซินหรือเครื่องยนต์ดีเซล ข้อมูลที่สามารถหาได้เป็นเครื่องยนต์ที่มีกำลังขนาด 40กิโลวัตต์(53.6 แรงม้า) ซึ่งมีน้ำหนัก 180 กิโลกรัม(396 ปอนด์) และให้ประสิทธิภาพการใช้งานสูงสุดที่ 35 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นเครื่องยนต์ที่ถูกติดตั้งในรถโอเปิลปี 1968 และสามารถทำประสิทธิภาพได้สูงสุด 26.4 เปอร์เซ็นต์ หลังจากทำการติดตั้งและทดสอบ ส่วนข้อมูลด้านมลภาวะของเครื่องยนต์ไม่สามารถหาได้

จะเห็นว่าเครื่องยนต์สเตอร์ลิง มีศักยภาพสูงตามทฤษฎี คือ มีความประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงอย่างมาก และมลภาวะต่ำมาก แต่การพัฒนาเครื่องยนต์นั้นยังนิยมพัฒนาขึ้นมาใช้งานในรถยนต์ จึงทำให้เครื่องยนต์สเตอร์ลิง ไม่เหมาะสมที่นำมาใช้งานในรถไฟฟ้าไฮบริด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.5 เครื่องยนต์กังหันก๊าซ

เป็นเครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซเป็นเชื้อเพลิง คุณสมบัติของเครื่องยนต์กังหันก๊าซ คือ มีน้ำหนักเบา ขนาดของเครื่องยนต์กะทัดรัด ทนทานต่อการใช้งาน และมีมลภาวะต่ำ เครื่องยนต์กังหันก๊าซ ที่มีขนาดใหญ่ตั้งแต่กำลังการใช้งาน 375 กิโลวัตต์(500 แรงม้า) ขึ้นไป เป็นเครื่องยนต์ที่ถูกพัฒนาขึ้นมาด้วยเทคโนโลยีชั้นสูงสำหรับการใช้งานในเครื่องบิน

ส่วนเครื่องยนต์กังหันก๊าซ ที่มีเป้าหมายที่จะพัฒนาขึ้นมาเพื่อการใช้งานในรถยนต์ จะยังอยู่ในภาคทฤษฎี ยังไม่สามารถนำไปใช้งานจริงได้ ซึ่งจากทฤษฎี เครื่องยนต์กังหันก๊าซ ที่จะพัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้งานในรถยนต์ จะมีกำลังอยู่ระหว่าง 75 ถึง 150กิโลวัตต์(100 ถึง 200 แรงม้า) การใช้น้ำมันเชื้อเพลิงประมาณ 0.3 กิโลกรัมต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง (0.5 ปอนด์ต่อแรงม้า-ชั่วโมง) น้ำหนักจำเพาะต่ำประมาณ 1.8 กิโลกรัมต่อกิโลวัตต์ (3 ปอนด์ต่อแรงม้า) และปริมาตรจำเพาะประมาณ 2.8 ลิตรต่อกิโลวัตต์ (0.1 ลูกบาศก์ฟุตต่อแรงม้า) ส่วนประสิทธิภาพการใช้งานของเครื่องยนต์กังหันก๊าซเราไม่สามารถหาได้ เนื่องจากว่า เรายังไม่สามารถพัฒนาเครื่องยนต์จนกระทั่งสามารถใช้งานจริงในรถยนต์ได้ แต่จากการประมาณค่าทางทฤษฎี ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ เท่ากับ 50 เปอร์เซ็นต์ ของกำลังการใช้งาน

2.4.6 บทสรุป

ลักษณะที่สำคัญของเครื่องยนต์ที่จะนำมาพิจารณาเพื่อนำมาใช้งานในรถไฟฟ้าไฮบริด สรุปไว้ในตาราง 2-2 ซึ่งแสดงลักษณะต่างๆ ดังนี้ กำลังใช้งาน ประสิทธิภาพ น้ำหนัก การใช้น้ำมันเชื้อเพลิง และมลภาวะ

เครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยหัวเทียน มีราคาต่ำมาก หาซื้อง่าย และเหมาะสมที่สุดกับการใช้งานในรถไฟฟ้าไฮบริดในทุกคุณสมบัติ ยกเว้นอายุการใช้งานของเครื่องยนต์ เนื่องจากเครื่องยนต์ชนิดนี้ไม่ได้ถูกออกแบบมาเพื่อใช้งานอย่างต่อเนื่องที่ประสิทธิภาพการใช้งานสูงที่ 50 ถึง 70 เปอร์เซ็นต์ ของกำลังการใช้งาน อย่างที่รถไฟฟ้าไฮบริดต้องการ แต่ถึงอย่างไรก็ตาม เราก็สามารถนำเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยหัวเทียนมาใช้กับรถไฟฟ้าไฮบริดได้ ในการทำงานที่ประสิทธิภาพต่ำกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ของกำลังการใช้งาน ซึ่งจะทำให้อายุการใช้งานของเครื่องยนต์ยาวนานขึ้น ถึงแม้ประสิทธิภาพการใช้งานจะต่ำไปบ้างก็ตาม

เครื่องยนต์ดีเซล เป็นเครื่องยนต์ที่น่าสนใจที่จะนำมาใช้งานในรถไฟฟ้าไฮบริด เครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้งานในรถยนต์นั้น คุณสมบัติตรงกับความต้องการในการใช้งานกับรถไฟฟ้าไฮบริด ทั้งในด้านความทนทานต่อการใช้งานที่ประสิทธิภาพสูงเป็นระยะเวลายาวนาน และความประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิง ยกเว้นในเรื่องน้ำหนักจำเพาะของเครื่องยนต์ จึงทำให้เครื่องยนต์ดีเซลด้อยกว่าเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยหัวเทียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2-2

เครื่องยนต์สำหรับรถไฟฟ้าไฮบริด

เครื่องยนต์	กำลังการใช้งาน, กิโลวัตต์ (แรงม้า)	ประสิทธิภาพสูงสุด, % ของกำลังการใช้งาน	น้ำหนัก, กิโลกรัมต่อกิโลวัตต์ (ปอนด์ต่อแรงม้า)	การใช้เชื้อเพลิง, กรัมต่อเมกกะจูล (ปอนด์ต่อแรงม้า-ชั่วโมง)	ความสะดวกในการหาซื้อมาใช้งาน	มลภาวะ
เครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยหัวเทียน:						
รถยนต์	30-90 (40-120)	40-50	2.4-4.3 (4-7)	76-101 (0.45-0.6)	Yes	เกิดมลภาวะ
อุตสาหกรรม	19-45 (25-60)	45-55	3.0-9.1 (5-15)	95-98 (0.56-0.58)		
เครื่องบิน	45,75,86 (60,100,115)	50-65	<1.2 (<2)	เปลืองมาก		
เครื่องยนต์ดีเซล	30-75 (40-100)	40-50	3.6-4.9 (6-8)	76-84 (0.45-0.5)	Yes	เกิดมลภาวะ
เครื่องยนต์โรตารี่:						
โรเตอร์ 2 ตัว	75-127 (100-170)	56	0.79-1.3 (1.3-2.2)	74-95 (0.44-0.56)	Yes	
โรเตอร์ตัวเดียว	37-63 (50-85)		1.4-1.5 (2.3-2.5)	95-101 (0.56-0.60)		
	15-45 (20-60)		1.3-1.8 (2.2-3.0)	101-117 (0.60-0.69)		
เครื่องยนต์สเตอร์ลิง	7-112 (10-150)		4.3-9.1 (7-15)	64-88 (0.38-0.52)	No	มลภาวะต่ำมาก
เครื่องยนต์กังหันก๊าซ	75-150 (100-200)	25-50	1.5-1.8 (2.5-3)	84 (0.5)	No	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องยนต์โรตารี่ เห็นได้ชัดว่าไม่มีคุณสมบัติใดๆ ของเครื่องยนต์ชนิดนี้ที่ดีกว่าเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยหัวเทียนและเครื่องยนต์ดีเซล สำหรับการนำไปใช้งานในรถไฟฟ้าไฮบริด ยกเว้น คุณสมบัติด้านน้ำหนักของเครื่องยนต์ที่เบากว่า และเครื่องยนต์มีขนาดกะทัดรัดกว่า

เครื่องยนต์กังหันก๊าซ และเครื่องยนต์สเตอร์ลิง ทั้ง 2 ชนิดนี้เป็นเครื่องยนต์ที่มีศักยภาพการใช้งานสูง เป็นเครื่องยนต์สำหรับอนาคต และระดับไอเสียของเครื่องยนต์อยู่ในระดับต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ และในระดับไอเสียที่ต่ำนี้ไม่มีผลกระทบกับประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ แต่ปัญหาที่สำคัญที่เราไม่สามารถนำเครื่องยนต์ทั้ง 2 ชนิดนี้มาใช้งานในรถไฟฟ้าไฮบริด ก็คือ เครื่องยนต์ทั้ง 2 ชนิดนี้เป็นเครื่องยนต์ที่อยู่ในชั้นทดลองใช้งานซึ่งยังไม่สามารถนำมาใช้งานจริงได้

2.5 การพิจารณามอเตอร์สำหรับรถไฟฟ้าไฮบริด

มอเตอร์สามารถจำแนกได้ 2 ระบบ ตามหน้าที่การทำงานของโครงสร้างทางไฟฟ้าซึ่งจะแบ่งเป็น มอเตอร์กระแสตรง และมอเตอร์กระแสสลับ และแบ่งย่อยเป็นชนิดต่างๆ ออกไปอีก ด้วยลักษณะการทำงานที่แตกต่างกัน

2.5.1 มอเตอร์กระแสตรง

มอเตอร์กระแสตรงมีลักษณะสร้างประกอบด้วย ขดสนามแม่เหล็ก และทุ่นตัวนำเป็นตัวหมุน ทุ่นตัวนำคือทุ่นอาร์เมเจอร์ หรือเรียกสั้นๆว่า " ทุ่น "

ไฟฟ้ากระแสตรงจะต้องไหลผ่านเข้าใน "ทุ่น " โดยไฟฟ้าจะไหลผ่านคอมมิวเตเตอร์เป็นสะพานไปเสมอ มอเตอร์กระแสตรง มี 3 ชนิดหลักๆ ตามลักษณะการต่อไฟเข้าขดสนามแม่เหล็กและ ทุ่น คือ

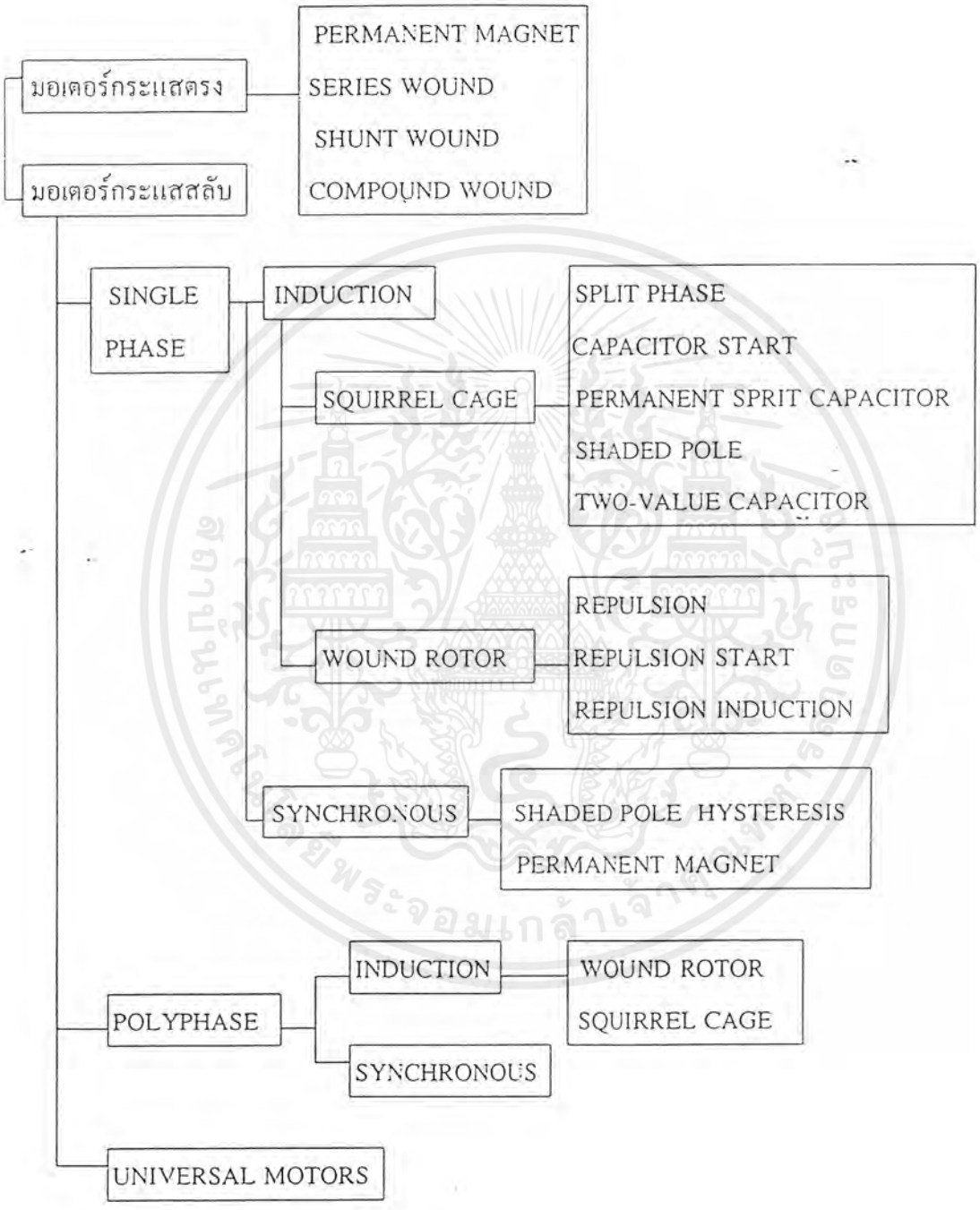
- มอเตอร์ขดสนามแม่เหล็กอนุกรม หรือเรียกสั้นๆว่า "มอเตอร์อนุกรม"
- มอเตอร์ขดสนามแม่เหล็กขนาน หรือเรียกสั้นๆ ว่า "ชั้นท์มอเตอร์"
- มอเตอร์ขดสนามแม่เหล็กอนุกรม-ขนาน หรือเรียกสั้นๆว่า "มอเตอร์ประสม"

มอเตอร์อนุกรม

มอเตอร์ชนิดนี้ ขดสนามแม่เหล็ก และ "ทุ่น " ต่อเป็นอนุกรมของกันและกัน จำนวนกระแสที่ไหลผ่านทุ่น มีจำนวนเท่าใดก็จะไหลผ่านขดสนามแม่เหล็ก ด้วยจำนวนเท่ากันปริมาณกระแสที่ไหลผ่านทุ่นแปรเป็นสัดส่วนกับจำนวนภาระ ภาระมากกระแสมาก และเมื่อลดภาระหรือโหลดลงกระแสก็จะลดลงตาม ส่วนความเร็วรอบของทุ่นจะยิ่งลดลงหากมีภาระเพิ่มมากขึ้น และหากหมุนโดยไม่มีโหลดเลย ความเร็วรอบจะยิ่งหมุนเร็วเลยเถิดออกไปจนควบคุมไม่ได้ เรียกว่าเป็น "ความเร็ววิ่งหนี" ซึ่งเป็นอันตรายมาก เพราะจะเกิดแรงเหวี่ยงจำนวนมหาศาลขึ้นภายในเนื้อทุ่น ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 2-4 ชนิดของมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
36822

ทุ่นอาจชำรุดโดยมีบางส่วนกระเด็นหนีออกมาได้เป็นอันตรายทั้งในเชิงกลและเชิงไฟฟ้าอย่างยิ่ง และ ด้วยเหตุนี้ มอเตอร์อนุกรมจะต้องไม่ให้หมุนโดยไม่มีโหลดเป็นอันขาด เพลามอเตอร์ชนิดนี้จะต้องต่อตรงเข้ากับคัปปลิงขับภาระไว้อย่างแข็งแรง เช่น ต่อผ่านคัปปลิงตรง หรือผ่านชุดฟันเฟือง หรือชุดล้อโซ่ และ ห้าม ต่อเข้ากับชุดสายพานใดๆ เป็นอันขาด เพราะสายพานนั้นมีโอกาสเสียหาย หรือเลื่อนสลิปได้

คุณสมบัติพิเศษ : มอเตอร์อนุกรมให้แรงบิดขับสูงมาก แม้ภาระจะสูงมอเตอร์ก็ยังหมุนอยู่ แต่ยิ่งภาระมีมาก ความเร็วรอบจะลดลง หากหมุนโดยไม่มีโหลดเลย มอเตอร์จะหมุนเร็วไม่รู้เรื่องและเป็นอันตราย

ด้วยคุณสมบัติเหล่านี้ทำให้สามารถพบการใช้งานมอเตอร์อนุกรมทั่วไปในการขับรถไฟฟ้าไฮบริดเนื่องจากแรงบิดและความเร็วในการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้าชนิดนี้ จะตรงกับความต้องการในการใช้งานรถไฟฟ้าไฮบริดได้ดีกว่าชั้นท์มอเตอร์ และ มอเตอร์ประสม อีกทั้งแรงบิดของมอเตอร์อนุกรมขณะเริ่มสตาร์ตยังมีค่าสูง โดยไม่จำเป็นต้องมีทอร์คคอนเวอร์ตเตอร์

ชั้นท์มอเตอร์

ภายในชั้นท์มอเตอร์ ทุ่นและขดสนามแม่เหล็กต่อขนานกันอยู่ แต่ปกติจะมีตัวต้านทานช่วยสตาร์ตสอดแทรกไว้ในวงจรที่ต่อกับทุ่นเพื่อช่วยให้สตาร์ตมอเตอร์ได้สำเร็จ

โดยที่แรงบิดที่เกิดขึ้นมีค่าเป็นสัดส่วนกับความเข้มข้นของสนามแม่เหล็ก ฉะนั้นขณะที่เริ่มสตาร์ตจะต้องจัดให้มีปริมาณกระแสไหลผ่านขดแม่เหล็กให้มากที่สุด ข้อนี้กระทำได้โดยหาทางทำให้ความต้านทานในวงจรขดแม่เหล็กมีค่าต่ำที่สุด หรือลดค่าตัวต้านทานทางรีโอสแตตให้มีค่าเป็นศูนย์ในวงจรขดแม่เหล็กนั่นเอง เมื่อมอเตอร์เริ่มหมุนเราจะเพิ่มความต้านทานเพื่อลดกระแสที่ไหลผ่านขดแม่เหล็กลง สนามแม่เหล็กก็จะลดลงด้วยแต่ต่อมาไม่นานปริมาณกระแสจะไหลผ่านทุ่นมากขึ้น ทำให้มีแรงบิดเกิดขึ้นตามมาอีก แรงบิดที่เกิดขึ้นในช่วงนี้จะแข็งแรงกว่าภาระ ทำให้หมุนขับโหลดนั้นๆ ได้ จำนวนกระแสที่ไหลผ่านมอเตอร์ขณะไม่มีโหลดเลยกับขณะมีโหลดสูงสุดของมอเตอร์ชนิดนี้มีค่าประมาณเท่าๆ กัน มอเตอร์ชนิดนี้ให้แรงบิดขณะสตาร์ตต่ำกว่ามอเตอร์อนุกรม

คุณสมบัติพิเศษ : ชั้นท์มอเตอร์หมุนด้วยความเร็วรอบคงที่ ณ ทุกสภาวะของโหลดเรียกว่าเป็น Constant-speed Motor

มอเตอร์ชนิดนี้สามารถปรับตัวไปใช้งานในโหมด Regenerative Braking ได้ และสามารถพบได้ในการใช้งานกับรถไฟฟ้าไฮบริดอยู่บ้าง และในความเป็นจริงแล้ว มอเตอร์ชนิดนี้ดีกว่ามอเตอร์อนุกรม เนื่องจากมีประสิทธิภาพที่สูงกว่าในระดับแรงบิดที่ต่ำ และมีแรงบิดที่สูงกว่าที่ระดับความเร็วสูง ซึ่งเป็นประโยชน์ในการใช้งานด้านประสิทธิภาพของมอเตอร์ที่ความเร็วต่ำ และใช้งานด้านแรงบิดที่ความเร็วสูง แต่การควบคุมชั้นท์มอเตอร์จะซับซ้อนกว่า ซึ่งเราจะต้องควบคุมแรงดันอาร์เมเจอร์ที่ระดับความเร็วต่ำ แล้วเปลี่ยนมาควบคุมสนามแม่เหล็กที่ความเร็วสูง ส่วนการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้งานของชั้นท์มอเตอร์ในโหมด Regenerative Braking เราจะควบคุมทิศทางการไหลของสนามแม่เหล็ก

มอเตอร์ประสม

มอเตอร์ประสมแบ่งขดลวดสนามแม่เหล็กออกเป็นสองตอน ตอนที่หนึ่งต่ออนุกรมกับทุ่น ตอนที่สองต่อขนานกับวงจรตอนที่หนึ่ง จึงซึ่งมอเตอร์ที่รวมคุณสมบัติของทั้งมอเตอร์อนุกรม และชั้นท์มอเตอร์ไว้ด้วยกัน ความหมายคือ มอเตอร์สามารถใช้งานได้เหมือนกับ มอเตอร์อนุกรมสำหรับการใช้งานเพื่อการขับเคลื่อนรถ และสามารถใช้งานได้เหมือนกับชั้นท์มอเตอร์สำหรับการใช้งานในโหมด Regenerative Braking

ความสามารถในการดึงโหลดได้ของมอเตอร์กระแสตรง

รถไฟฟ้าไฮบริดที่ใช้มอเตอร์กระแสตรงขับเคลื่อน จะต้องมีความสามารถดึงโหลดหรือห้ามล้อโหลดได้ด้วย โดยใช้มอเตอร์นั้นๆ ควบคุมกับ ระบบห้ามล้อเชิงกล หรือห้ามล้อแม่เหล็กหรือห้ามล้อไฮดรอลิกประกอบกัน ตัวมอเตอร์เองก็จะต้องสามารถดึงโหลดหรือห้ามล้อตนเอง และจะต้องสามารถรักษาโหลดไว้ได้ด้วยแรงบิดที่จำนวนเพียงพอด้วยพร้อมกัน

สภาพส่งกำลัง หยุด-เดิน เดิน-หยุด เช่นนี้ใช้ชุดดีซีมอเตอร์เจนเนอเรเตอร์จะเหมาะกับงานที่สุดเพราะขณะดึงโหลด มอเตอร์จะกินกำลังน้อยลง จำนวนกำลังที่เคยดึงออกมามากจะต้องส่งคืนกลับเข้าระบบต้นกำลังโดยโหมด Regenerative Braking เป็นการประหยัดกำลังงาน

ลักษณะงานที่นิยมใช้มอเตอร์กระแสตรง

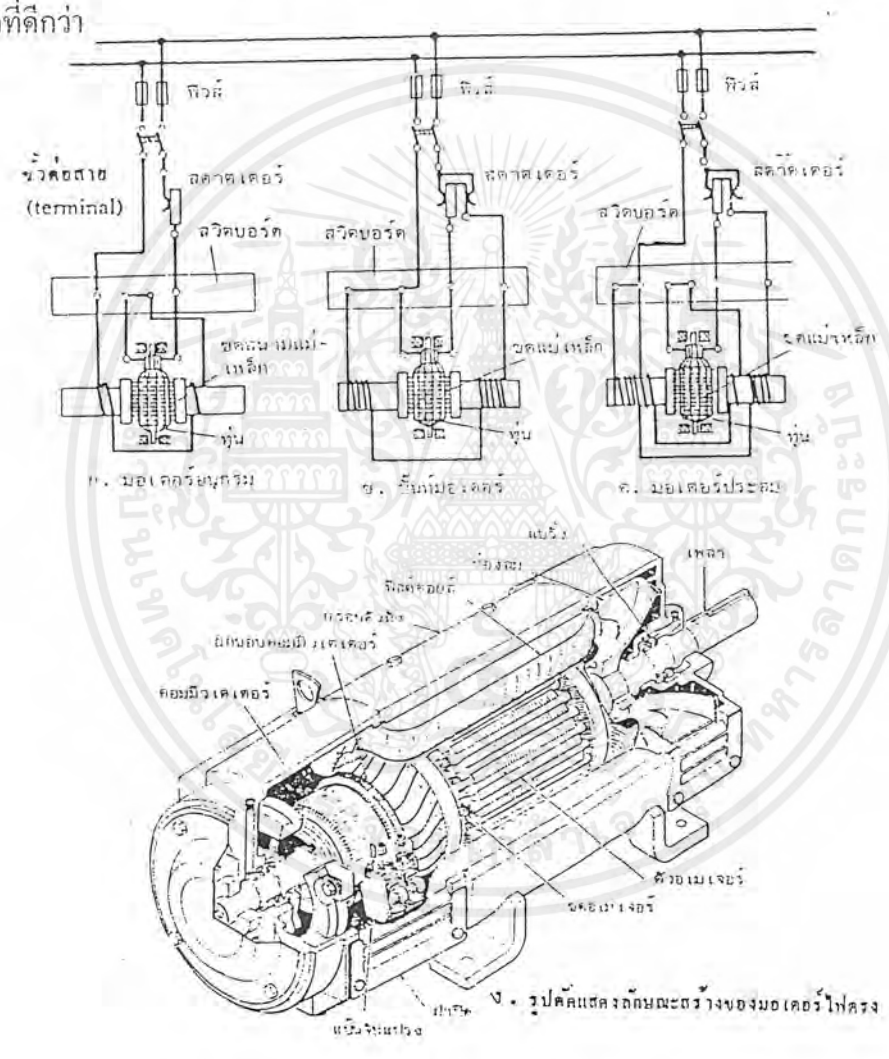
ลักษณะงานที่นิยมใช้มอเตอร์กระแสตรงเป็นต้นกำลังขับ ได้แก่

1. งานที่ต้องใช้ค่าความเร็วรอบต่ำสุดและสูงสุดที่แตกต่างกันได้มาก กล่าวคือ เป็นงานที่ต้องใช้พิสัย ความเร็วรอบกว้าง และสามารถปรับค่าความเร็วรอบได้ตามต้องการ
2. งานที่ต้องการแรงบิดคงที่หรือปรับค่าได้ หรือกระทำได้ทั้งสองอย่างพร้อมกัน
3. งานที่ต้องการการเร่งหรือลดความเร็วรอบได้เร็ว หรือกลับทางหมุนได้เร็ว
4. งานที่ต้องการควบคุมความเร็วรอบได้ละเอียดใกล้ความต้องการได้มากที่สุด และเร็วที่สุด เช่น ล้อดึงลวดด้วยแรงดึงที่สม่ำเสมอ
5. งานที่ต้องการแรงบิดโอเวอร์โหลดจำนวนสูงๆ
6. งานที่ต้องการแรงบิดห้ามล้อ

ส่วนลักษณะการใช้งานของมอเตอร์กระแสตรงขับล้อพาหนะ จะต้องมีลักษณะโครงสร้างที่แข็งแรงมาก ทนต่อความร้อน ความชื้น ความสั่นสะเทือน และความเร็วรอบสูงได้ดี ซึ่งโดยปกติแล้ว มอเตอร์อนุกรมจะเหมาะสมที่สุดในการใช้งานประเภทนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากมอเตอร์กระแสตรงมีน้ำหนักมาก เราจึงสามารถใช้งานได้ที่ความเร็วจำกัด ด้วยข้อจำกัดนี้การใช้งานมอเตอร์ เราจึงนำมาใช้กับรถไฟฟ้าไฮบริดที่มีขนาดเล็ก เพราะถ้าจะนำไปใช้งานในรถทั่วไปแล้ว เราจะต้องใช้มอเตอร์ที่มีขนาดใหญ่และน้ำหนักมาก อีกทั้งจะเกิดปัญหาเรื่องการระบายความร้อน ด้วยเหตุนี้มอเตอร์กระแสตรงจึงถูกจำกัดการใช้งานในรถที่เคลื่อนที่ช้าและมีขนาดใหญ่มาก หรือในรถสมรรถนะต่ำที่มีขนาดเล็ก มอเตอร์อนุกรมจะมีการใช้งานกันอย่างกว้างขวาง ในรถขนาดเล็กในประเทศญี่ปุ่น ทวีปยุโรป และประเทศสหรัฐอเมริกา สำหรับรถทั่วไปที่มีขนาดใหญ่กว่านั้น เราจะต้องใช้มอเตอร์ที่มีกำลังมาก ซึ่งในกรณีนี้มอเตอร์กระแสสลับจะเป็นตัวเลือกที่ดีกว่า



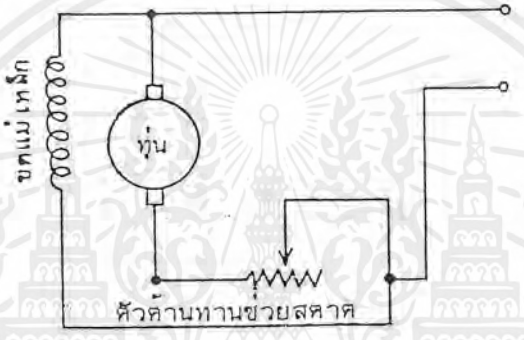
รูปที่ 2-5 ส่วนประกอบและชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

ข้อเสียต่างๆ ของมอเตอร์กระแสตรงในด้านการใช้งานนั้น ซึ่งในที่นี้เราจะขอกล่าวถึงชันท์มอเตอร์เป็นตัวอย่าง ดังนี้

- สมรรถนะของมอเตอร์จะลดลง ขณะที่ความเร็วเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นข้อเสียที่สำคัญสำหรับการใช้งานในช่วงความเร็วสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ในช่วงภาระที่เพิ่มขึ้นของมอเตอร์เป็นช่วงๆ เช่น การเร่งความเร็ว กระแสอาร์เมเจอร์จะต้องป้อนให้กับมอเตอร์ในขณะที่ภาระเพิ่มขึ้นในแต่ละครั้งเป็นช่วงๆ ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดความสูญเสียโดยเปล่าประโยชน์
- สำหรับในกรณีที่มอเตอร์เปลี่ยนการทำงานเป็น ดีซีเจนเนอเรเตอร์ในโหมด Regenerative Braking เราจะต้องควบคุมสนามแม่เหล็กไฟฟ้าย้อนกลับด้วยวงจรควบคุม
- การนำเอาพลังงานระหว่างการเบรกกลับคืนมาใช้ประโยชน์จะเป็นไปได้ที่ประสิทธิภาพการใช้งานต่ำเท่านั้น



รูปที่ 2-6 วงจรสตาร์ตชั้นท์มอเตอร์

สภาพการใช้งานของมอเตอร์กระแสตรง

มอเตอร์กระแสตรงขณะใช้งานด้วยกำลังที่ต่อเนื่อง จะสามารถใช้งานโอเวอร์โหลดได้อย่างปลอดภัยภายในช่วงระยะเวลาหนึ่ง กล่าวคือ

ด้วยระยะเวลา 60 นาที ด้วยโหลด 135 เปอร์เซ็นต์
30 นาที ด้วยโหลด 140 เปอร์เซ็นต์
15 นาที ด้วยโหลด 145 เปอร์เซ็นต์
5 นาที ด้วยโหลด 150 เปอร์เซ็นต์

พิสัยของระยะเวลาโอเวอร์โหลดคือ 5-60 นาที

มอเตอร์ทุกตัวขณะที่ใช้งาน ได้รับแรงดันตามที่ทุ่นที่กำหนดไว้ จะสามารถให้สมรรถนะกำลังคลาดเคลื่อน 10 เปอร์เซ็นต์ ของค่าสมรรถนะกำลังที่กำหนดไว้ทุกครั้ง หากค่าแรงดันเปลี่ยนค่ากำลังก็จะเปลี่ยนด้วย มอเตอร์ตัวใดที่ใช้งาน ณ อุณหภูมิห้องร้อนกว่า 40 องศาเซลเซียส จะให้ค่าสมรรถนะกำลังลดลงจากค่าที่กำหนดไว้เพราะช่วง อุณหภูมิลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างไรก็ตามเรื่องโอเวอร์โหลดนี้ NEMA ได้กำหนดไว้ว่ามอเตอร์ทุกตัวจะต้องสามารถใช้โอเวอร์โหลดได้ 150 เปอร์เซ็นต์ ด้วยค่ากระแสที่โหลดสูงสุดนาน 1 นาที ได้ทุกความเร็วรอบ

2.5.2 มอเตอร์กระแสสลับ

มอเตอร์กระแสสลับ ถูกออกแบบมามากมายหลายชนิดขึ้นอยู่กับการใช้งานซึ่งสามารถแยกออกเป็นชนิดพื้นฐานได้ 3 ชนิด คือ

- มอเตอร์เหนี่ยวนำ
- มอเตอร์ซิงโครนัส
- มอเตอร์คอมมิวเตเตอร์

มอเตอร์เหนี่ยวนำ

มอเตอร์เหนี่ยวนำถูกใช้งานอย่างแพร่หลายมาก จำแนกได้เป็นสองประเภทใหญ่ๆ คือ มอเตอร์ขนาดเล็กเฟสเดียว และมอเตอร์โพลิเฟสขนาดใหญ่ มอเตอร์เหนี่ยวนำใช้เป็นต้นกำลังขับเคลื่อน ที่ต้องการใช้ทั้งความเร็วรอบคงที่ หรือความเร็วรอบที่ช้าลงกว่าเดิม และหมุนกลับทางได้ด้วย(ในบางกรณี) หรือความเร็วรอบหลายชั้น

องค์ประกอบสำคัญของมอเตอร์เหนี่ยวนำได้แก่ ขดสเตเตอร์และทุ่นโรเตอร์ ขดสเตเตอร์นั้นปกติจะติดอยู่กับกรอบตัวถังมอเตอร์ สร้างเป็นแท่งขดแม่เหล็กหรือแกนแม่เหล็ก เป็นแหล่งรวมเส้นแรงแม่เหล็กให้มีความเข้มสูง สนับสนุนพลังงานอำนาจแม่เหล็กของขดปฐมภูมิ ส่วนทุ่นโรเตอร์เป็นแกนทุ่นหมุน แกนแม่เหล็กในทุ่นจะต้องช่วยสร้างทางวงจรแม่เหล็กให้ครบวงจร เรียกว่าขดทุติยภูมิ ทุ่นโรเตอร์ต้องหมุนเพียงอยู่ภายในขดสเตเตอร์ โดยให้มีระยะช่องว่างอากาศห่างกันแคบมาก อย่าให้ทุ่นโรเตอร์และสเตเตอร์ต้องสัมผัสกันเป็นอันขาด ตัวแกนคอร์ที่ทำเป็นร่องฝังขดสเตเตอร์อาจสร้างจากแผ่นเหล็กไฟฟ้าที่นำเส้นแม่เหล็กได้ดีและมีความสูญเสียต่ำ โดยนำแผ่นเหล็กนั้นหลายๆแผ่นมาวางซ้อนกันจนหนาได้ตามความยาวที่ต้องการ ลวดนำสเตเตอร์จะต้องวางในรขดสเตเตอร์ในกรอบโครงตัวถังมอเตอร์ดังกล่าว กระแสปฐมภูมิที่ผ่านเข้าขดสเตเตอร์จะทำให้เกิดขั้วแม่เหล็กไฟฟ้ากลับ ขั้วเหนือและใต้สลับกันอยู่เรื่อยไป เส้นแรงแม่เหล็กจะต้องแล่นผ่านแกนคอร์ของขดสเตเตอร์ ผ่านช่องว่างอากาศ เข้าสู่แกนคอร์ของทุ่นโรเตอร์แล้วแล่นข้ามช่องว่างอากาศ เข้าสู่แกนคอร์ของขดสเตเตอร์ที่อยู่ตรงข้าม ครบวงจรแม่เหล็ก ลักษณะการเกิดของกระแสเหนี่ยวนำในขดทุติยภูมิในทุ่นโรเตอร์นี้เองเป็นตัวให้ชื่อมอเตอร์ชนิดนี้ว่า "มอเตอร์เหนี่ยวนำ" มอเตอร์จะหมุนเมื่อมีการเคลื่อนที่ของสนามแม่เหล็กเหนี่ยวนำกระแสไฟฟ้าในตัวนำ ซึ่งความเร็วในการหมุนของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าจะเป็นความเร็วซิงโครนัสของมอเตอร์โดยสามารถกำหนดได้จากจำนวนในสเตเตอร์และความถี่ของกระแสที่ป้อนเข้าไป ความเร็วซิงโครนัสคือความเร็วสูงสุดของมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มอเตอร์จะสามารถหมุนได้ด้วยความเร็วไม่เกินความเร็วในการหมุนของสนามแม่เหล็ก ในขณะที่ทุ่นโรเตอร์อยู่กับที่เนื่องจากไม่มีการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็ก ไม่มีเส้นแรงผ่านตัวนำของทุ่นโรเตอร์ ซึ่งก็คือแรงบิดเท่ากับศูนย์ และเมื่อทุ่นโรเตอร์หมุน ความเร็วในการหมุนของจะช้ากว่าการหมุนของสนามแม่เหล็กเสมอ ความแตกต่างของความเร็วในการหมุนระหว่างทุ่นโรเตอร์และสนามแม่เหล็กไฟฟ้า เรียกว่า สลิป ซึ่งคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของความเร็วซิงโครนัส

มอเตอร์เหนี่ยวนำที่นำมาใช้งานในรถไฟฟ้าไฮบริดจะเป็นมอเตอร์เหนี่ยวนำชนิด Squirrel Cage ด้วยความเหมาะสมในการใช้งาน คือ สามารถทำงานได้ที่ความเร็วสูง (10,000 ถึง 20,000 รอบต่อนาที) น้ำหนักเบา มีขนาดเล็ก อีกทั้งยังมีอัตราส่วนของกำลังต่อน้ำหนักดีกว่ามอเตอร์กระแสตรงและให้ประสิทธิภาพมากกว่า ซึ่งเราจะใช้ มอเตอร์ชนิดนี้แทนมอเตอร์กระแสตรงสำหรับการใช้งานในรถไฟฟ้าไฮบริด เมื่อต้องการกำลังในการขับเคลื่อนรถตั้งแต่ 40 แรงม้าขึ้นไป และได้มีการพัฒนาปรับปรุงวัสดุสำหรับใช้งานมอเตอร์ไฟฟ้าเพื่อให้มีความสามารถในการทนความร้อนที่อุณหภูมิสูง วัสดุที่พัฒนาขึ้นมานั้นแสดงในตารางที่ 2-3

มอเตอร์ซิงโครนัส

มอเตอร์ซิงโครนัส คือ มอเตอร์ที่หมุนด้วยความเร็วรอบซิงโครนัสตลอดเวลา มีความเร็วในการหมุนที่จำกัด ทำให้สามารถใช้ประโยชน์ได้น้อยกว่ามอเตอร์เหนี่ยวนำ แต่สิ่งหนึ่งที่เหมือนกันกับมอเตอร์เหนี่ยวนำคือ จะต้องมีขดสเตเตอร์รับป้อนไฟฟ้ากระแสสลับเพื่อให้กำเนิดสนามแม่เหล็กหมุนตามจำนวนความถี่เสมอ

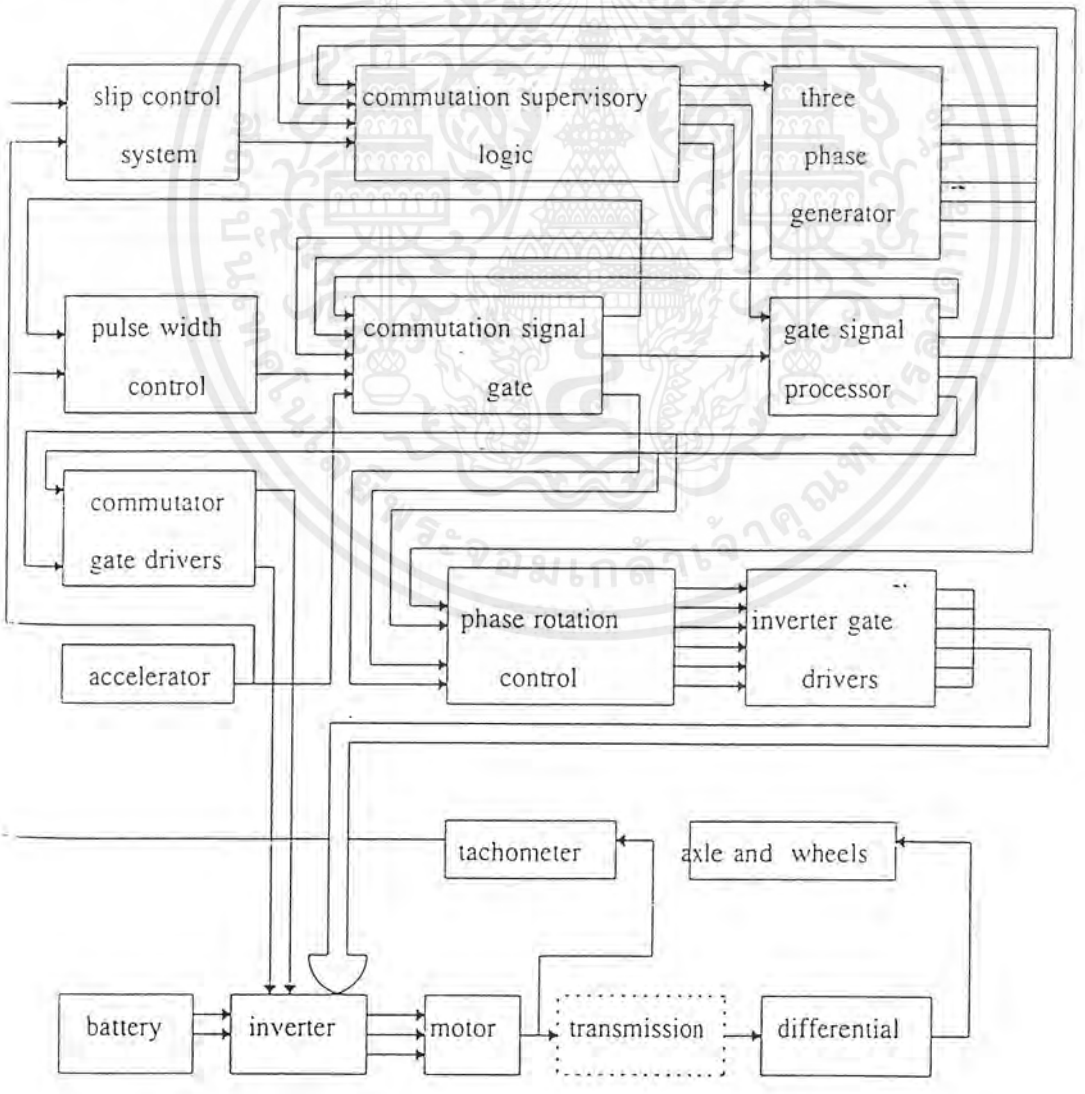
มอเตอร์คอมมิวเตเตอร์

เป็นมอเตอร์ที่รวมคุณสมบัติของมอเตอร์เหนี่ยวนำและมอเตอร์ซิงโครนัสไว้ด้วยกัน สามารถนำมาใช้งานในระดับความเร็วที่แตกต่างกัน โดยใช้แหล่งจ่ายกำลังคงที่ แต่มีข้อเสีย คือ หลักการทำงานจะซับซ้อนและราคาแพง จึงทำให้ไม่นิยมนำมาดัดแปลงใช้งานในรถไฟฟ้าไฮบริด

ประโยชน์ของมอเตอร์กระแสสลับนอกเหนือจากการสามารถใช้งานได้ที่ความเร็วและประสิทธิภาพสูงแล้ว มอเตอร์ยังใช้กระแสไฟฟ้าขณะเริ่มสตาร์ตน้อย ในขณะที่ให้แรงบิดขณะเริ่มสตาร์ตสูง และการไม่มีแปรงถ่านและคอมมิวเตเตอร์ของมอเตอร์กระแสสลับ ทำให้ไม่เกิดปัญหาในด้านความสึกหรอของอุปกรณ์เหล่านี้ ซึ่งลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา อีกทั้งในระหว่างการทำงานของมอเตอร์ยังมีเสียงเงียบและสมรรถนะคงที่ แต่ที่ระดับความเร็วสูงมอเตอร์ต้องการการระบายความร้อน ซึ่ง บริษัท ฟอร์ดมอเตอร์ ได้ทดลองใช้การระบายความร้อนด้วยน้ำมันในระบบไฟฟ้าขนาดใหญ่ พบว่า ให้ประสิทธิภาพสูงและราคาไม่แพง แต่ในรถไฟฟ้าไฮบริดขนาดเล็ก จะมีความต้องการในการระบายความร้อนที่น้อยกว่า เราจึงสามารถใช้พัดลมระบายความร้อนก็เพียงพอแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีการพัฒนาทางด้านเทคนิคขึ้นมาเพื่อที่จะสร้างระบบขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์เหนี่ยวนำที่ควบคุมด้วยวงจรอิเล็คทรอนิค ซึ่งทำให้ไม่จำเป็นต้องใช้คอนแทคเตอร์ จึงเป็นการกำจัดเสียงรบกวนในระบบขับเคลื่อน อีกทั้งยังไม่จำเป็นต้องใช้ตัวต้านทานในการจำกัดกระแสไฟฟ้า ทำให้มีประสิทธิภาพการใช้งานที่สูงขึ้น และมอเตอร์เหนี่ยวนำยังมีราคาต่ำ ในขณะที่กำลังการขับเคลื่อนสูง และการบำรุงรักษาน้อยอีกด้วย แต่เนื่องจากการใช้ระบบอิเล็คทรอนิคเข้ามาควบคุมนี้จึงทำให้การใช้งานมอเตอร์เหนี่ยวนำมีระบบการควบคุมที่ซับซ้อนมากกว่าการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงอย่างมาก ดูรูป 2-7 แสดงบล็อคไดอะแกรมระบบควบคุมของมอเตอร์เหนี่ยวนำอย่างง่าย เพลาขับจะถูกต่อเข้ากับมอเตอร์เหนี่ยวนำ โดยมีอินเวอร์ทเตอร์ ทำหน้าที่แปลงพลังงานจากแบตเตอรี่ ซึ่งพลังงานเป็นไฟฟ้ากระแสตรงไปเป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ส่งให้กับมอเตอร์เหนี่ยวนำในสัดส่วนของกระแสไฟฟ้าที่เหมาะสมกับการใช้งาน เพื่อใช้ในการขับเพลา ซึ่งการทำงานของอินเวอร์ทเตอร์นี้จะถูกกำหนดตามความต้องการของผู้ขับขี่ในการเร่งหรือลดความเร็ว ด้วยระบบควบคุมการทำงานย้อนกลับแบบปิด



รูปที่ 2-7 บล็อคไดอะแกรมระบบควบคุมอิเล็คทรอนิคของมอเตอร์เหนี่ยวนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2-3

วัสดุกันความร้อนที่ใช้กับมอเตอร์

ผลของอุณหภูมิสำหรับวัสดุกันความร้อนที่ใช้กับมอเตอร์จะลดลงถ้าวัสดุนั้นยังคงคุณสมบัติการกันความร้อนที่อุณหภูมิสูง วัสดุกันความร้อนแบ่งเป็น 4 จำพวกตามอุณหภูมิการกันความร้อน คือ A,B,F, และ H			
A-105°C	B-130°C	F-155°C	H-180°C
Varnish			
Modified phenolic Modified asphalt Alkyd polyester	Polyester Epoxy Modified phenolic	Modified polyester Epoxy	Silicone Polyimide Modified polyester
Wire Insulation			
Vinyl acetal enamel Polyurethane	Enamel plus glass yarn Polyurethane-nylon	Modified polyester enamel Esterimide Polyester-amide	Class yarn silicone varnish covered Polyimide enamel
Other			
Rag paper Kraft paper Acetate film Varnished cambric Wood Fiber Cotten cord	Polyester film Polyester mat Varnished glass Polyester glass Asbestos Melamine glass cord Polyamide cord	Varnished glass Laminated glass Mica flake or paper Glass cord Polyester glass Tetrafluoroethylene resin Aromatic polyamid Polyamid cord	Glass cord Mica flake or paper Laminated glass Polyamide fillm Polyamide varnished glass Polyamide filament Aromatic polyamide Polyamide cord

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อพิจารณาในการเลือกใช้งานมอเตอร์

ข้อพิจารณาในการกำหนดมอเตอร์เพื่อใช้งาน คือ ต้องทราบปริมาณภาระที่มอเตอร์นั้นจะต้องขับทั้งหมดและแรงบิด มอเตอร์ที่เลือกกำหนดให้ใช้งาน จะต้องให้แรงบิดพอเพียงกับงาน แม้ว่าขณะใช้งานแรงดันอาจลดลงบ้าง มอเตอร์นั้นก็ยังจะต้องสามารถสตาร์ตและขับโหลดได้เสมอ

ข้อควรสังเกตอย่างยิ่งอีกข้อหนึ่ง คือ บริษัทผู้ผลิตมอเตอร์จะมักให้ค่ากำหนดสมรรถนะกำลังและแรงบิดต่ำกว่าค่าจริงเสมอ ซึ่งหมายความถึงการกำหนดค่าความสามารถในการรับภาระที่ปลอดภัยไว้ เป็นการคูณกำลังม้าเฉลี่ยด้วยตัวคูณที่บอกภาระปลอดภัยที่มอเตอร์ไฟฟ้าสามารถรับได้โดยไม่เกิดความเสียหาย เหตุผลคือเพื่อเป็นการประกันคุณภาพอย่างปลอดภัยไว้ก่อน ฉะนั้น เมื่อนำมาใช้งานจริงๆ มอเตอร์ตัวนั้นจะทำงานด้วยโหลดเพียงบางส่วนไม่ใช่ที่โหลดสูงสุดและด้วยประสิทธิภาพที่ลดลงกว่าค่าที่ควรเป็นจริง

การใช้งานมอเตอร์ให้ได้ผลประโยชน์มากที่สุด จะขึ้นอยู่กับการเลือกมอเตอร์ให้เหมาะสมกับความต้องการในการใช้งาน ความต้องการกำลังและแรงบิดในการขับเคลื่อน โดยไม่เกิดความร้อนที่มอเตอร์มากเกินไปหรืออยู่ในขีดจำกัดของแรงบิดที่มอเตอร์สามารถผลิตได้ และการเปลี่ยนแปลงกำลังของมอเตอร์ก็เป็นสิ่งสำคัญในการเลือกใช้งาน ซึ่งควรมีช่วงการเปลี่ยนแปลงของกำลังการใช้งานมอเตอร์กว้างขวางเพื่อการใช้ขับเคลื่อนพาหนะ ซึ่งในส่วนนี้เราอาจจะใช้ล้อตุนกำลังช่วย โดยล้อตุนกำลังจะทำหน้าที่สำรองกำลังเพื่อการใช้งานที่กำลังสูงสุดในช่วงระยะเวลาที่ต้องการ เช่น การเร่งความเร็ว และหลังจากนั้นมอเตอร์ก็จะสร้างกำลังที่สูญเสียไปให้กับล้อตุนกำลังขึ้นใหม่

ในการเลือกใช้งานมอเตอร์ เราจะต้องพิจารณาถึงแรงบิดของมอเตอร์ 2 ชนิด คือ แรงบิดขณะเริ่มสตาร์ต และ แรงบิดขณะขับเคลื่อน แรงบิดของมอเตอร์จะต้องมีค่ามากกว่าความต้องการของรถขณะเริ่มสตาร์ตไปจนถึงที่ความเร็วสูงสุดของรถ และควรจะมีค่ามากพอเมื่อมีการเพิ่มภาระของรถขณะเริ่มสตาร์ต และอีกกรณีหนึ่ง แรงบิดจะต้องมีค่ามากพอที่จะสามารถเร่งความเร็วด้วยอัตราเร่งที่แตกต่างกัน ซึ่งก็คือ มอเตอร์จะต้องมีแรงบิดส่วนเกินที่มีค่ามากกว่าค่าใช้งานไว้เผื่อในกรณีต่างๆ

ตามที่กล่าวมาข้างต้น เมื่อเวลาเร่งความเร็วแบบทันทีทันใด เมื่อความต้องการของแรงบิดของการเร่งความเร็วที่เพียงพอ เวลาในการเร่งความเร็วของมอเตอร์จะแปรผันโดยตรงกับความเฉื่อยของรถ และแปรผกผันกับแรงบิดของมอเตอร์ใช้งาน นอกเหนือจากนี้ในกรณีการเร่งความเร็วของมอเตอร์กระแสตรง แรงบิดจะมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของความเร็วในการหมุนมอเตอร์ด้วยลักษณะกราฟเส้นตรงในขณะที่ มอเตอร์กระแสสลับจะไม่ใช่กราฟเส้นตรง ดังนั้น เวลาของการเร่งความเร็วของมอเตอร์กระแสสลับ เราจะต้องใช้วิธีการประมาณค่า และในการเลือกกำลังของมอเตอร์เพื่อใช้งานจะต้องคำนึงถึงภาระที่มอเตอร์จะต้องรับหรือแรงม้าที่ต้องการเพื่อใช้ในการขับเคลื่อนรถ ซึ่งจะได้ว่ากำลังของมอเตอร์โดยปกติแล้วควรจะมากกว่ากำลังที่จะต้องรับภาระสูงสุดของรถ และในบางกรณีเราอาจจะต้องใช้งานมอเตอร์ที่ภาระสูงสุดเป็นเวลานานๆ ซึ่งอาจทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มอเตอร์ร้อนจากการรับภาระมากและนานเกินไป ซึ่งการเลือกใช้งานมอเตอร์เราจะต้องคำนึงถึงกรณีนี้ไว้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

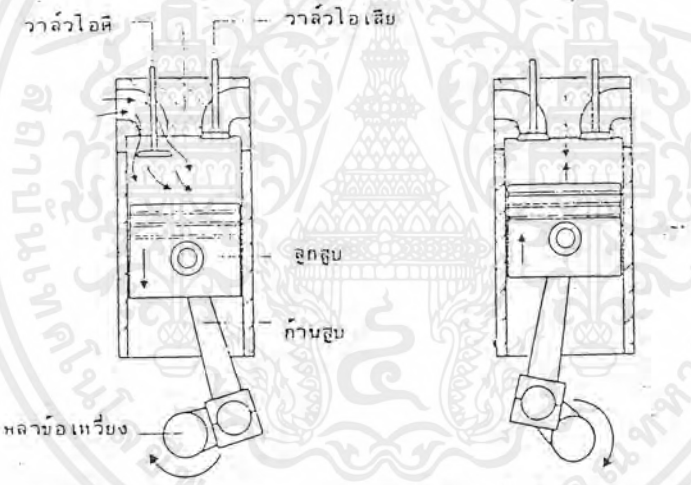
บทที่ 3
การพัฒนารถไฟฟ้าไฮบริด

3.1 ระบบเครื่องยนต์

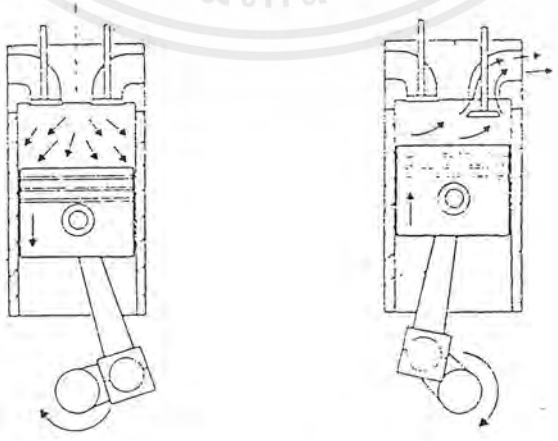
3.1.1 เครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ

วัฏจักรการทำงาน

เพลาข้อเหวี่ยงหมุนสองรอบจึงจะครบวัฏจักรการทำงาน 4 จังหวะ นั่นคือลูกสูบเครื่องยนต์เคลื่อนที่ขึ้นสองครั้งและเคลื่อนที่ลงสองครั้งสลับกัน เครื่องยนต์จะทำงานหนึ่งจังหวะเมื่อเพลาข้อเหวี่ยงหมุนครึ่งรอบ ลำดับการทำงานของจังหวะทั้ง 4 มีดังนี้



รูปที่ 3-1 วัฏจักรการทำงานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ



รูปที่ 3-2 วัฏจักรการทำงานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จังหวะดูด ลูกสูบเคลื่อนที่ลงในขณะที่เพลาข้อเหวี่ยงหมุนครึ่งรอบในขณะเดียวกันวาล์วไอดีเปิดออกและไอดี(ส่วนผสมของอากาศกันน้ำมันเชื้อเพลิง) ถูกดูดเข้ากระบอกสูบ หลังจากสิ้นสุดจังหวะดูด วาล์วไอดีจะปิด ไอดีจะถูกกักได้ในกระบอกสูบ

จังหวะอัด เพลาข้อเหวี่ยงหมุนต่อไปอีกครึ่งรอบ วาล์วไอดีและวาล์วไอเสียปิด ลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้นอัดไอดีจนมีปริมาตรเล็กลงเหนือลูกสูบภายในห้องเผาไหม้ เมื่อสิ้นสุดจังหวะอัด จะเกิดประกายไฟที่หัวเทียนซึ่งทำให้ไอดีถูกอัดนั้นเผาไหม้

จังหวะกำลัง เมื่อสิ้นสุดจังหวะอัด ไอดีภายในห้องเผาไหม้จะเกิดการเผาไหม้เนื่องจากประกายไฟที่หัวเทียน และเกิดแรงดันกระทำให้ลูกสูบเคลื่อนที่ลง แรงที่กระทำกับลูกสูบส่งต่อไปยังเพลาข้อเหวี่ยงของเครื่องยนต์ซึ่งนำไปใช้งาน เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ลงจนเข้าใกล้จุดต่ำสุด วาล์วไอเสียจะเปิดออกเพื่อปล่อยให้ไอเสียไหลออกจากกระบอกสูบ

จังหวะคาย หลังจากวาล์วไอเสียเปิดออกแล้ว ลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้นและดันให้ไอเสียภายในกระบอกสูบออกไปทางช่องไอเสีย อย่างไรก็ตามก็ยังมีไอเสียจำนวนเล็กน้อยติดค้างอยู่ในห้องเผาไหม้เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ถึงจุดสูงสุด เมื่อสิ้นสุดจังหวะคายลูกสูบเริ่มเคลื่อนที่ลงเป็นการเริ่มต้นจังหวะดูดใหม่อีกครั้งหนึ่ง

ศัพท์เทคนิคของเครื่องยนต์

เครื่องยนต์มีศัพท์เทคนิคเฉพาะซึ่งจำเป็นต้องทำความคุ้นเคย แสดงชิ้นส่วนภายในที่ควรทราบของเครื่องยนต์ซึ่งได้แก่ กระบอกสูบ ลูกสูบ ก้านสูบ และเพลาข้อเหวี่ยง พร้อมศัพท์เทคนิคที่ควรทราบบางคำ

ศูนย์ตายบน เป็นตำแหน่งสูงสุดของลูกสูงที่สามารถเคลื่อนที่ขึ้นไปได้ในกระบอกสูบ จะเกิดเมื่อสิ้นสุดจังหวะอัดและจังหวะคาย

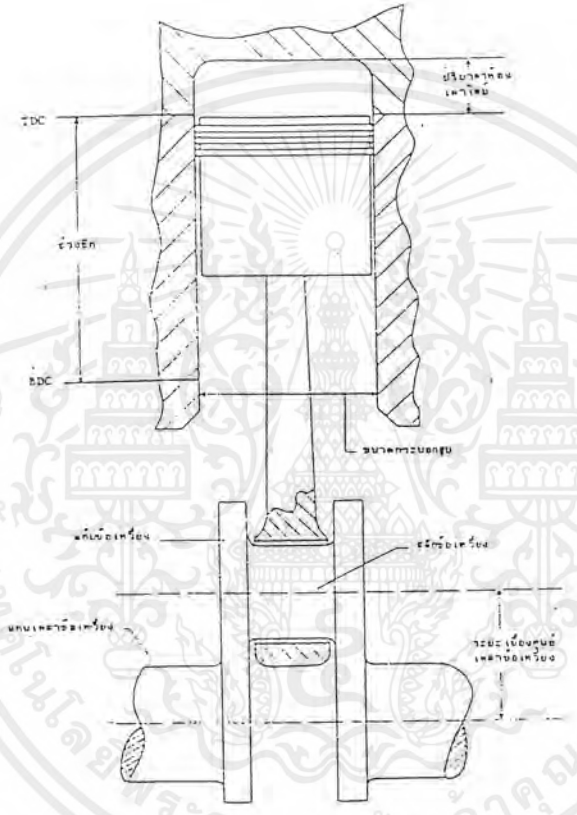
ศูนย์ตายล่าง เป็นตำแหน่งต่ำสุดของลูกสูบที่สามารถเคลื่อนที่ขึ้นไปได้ในกระบอกสูบ เมื่อสิ้นสุดจังหวะดูดและจังหวะกำลัง ลูกสูบจะอยู่ที่ตำแหน่งศูนย์ตายล่าง

ช่วงชัก ในเครื่องยนต์แบบลูกสูบชัก ระยะการเคลื่อนที่ของลูกสูบจากศูนย์ตายบนถึงศูนย์ตายล่าง หรือกลับกัน คือ ช่วงชักของลูกสูบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะเยื้องศูนย์เพลาข้อเหวี่ยง เป็นระยะห่างระหว่างศูนย์กลางแบริ่งเพลาข้อเหวี่ยงกับศูนย์กลางสลักข้อเหวี่ยง ระยะเยื้องศูนย์เพลาข้อเหวี่ยงมีความยาวเป็นครึ่งหนึ่งของช่วงชัก

ขนาดกระบอกสูบ เป็นความยาวเส้นผ่านศูนย์กลางของกระบอกสูบ ถ้าขนาดกระบอกสูบเท่ากับช่วงชักเรียกว่า "สแควร์" ถ้าขนาดกระบอกสูบยาวกว่าช่วงชักเรียกว่า "โอเวอร์สแควร์" ถ้าขนาดกระบอกสูบสั้นกว่าช่วงชักเรียกว่า "อันเดอร์สแควร์"



รูปที่ 3-3 ศัพท์เทคนิคของเครื่องยนต์

ปริมาตรขจัด เป็นปริมาตรที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของลูกสูบในกระบอกสูบระหว่าง ศูนย์ตายบน และ ศูนย์ตายล่าง ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$V = \frac{(\pi b^2 sn)}{4}$$

เมื่อ V = ปริมาตรขจัด

B = ขนาดกระบอกสูบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

s = ช่วงชัก

n = จำนวนกระบอกสูบ

โดยทั่วไปนิยมบอกปริมาตรขจัดเป็นลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งเขียนย่อว่า ซีซี

อัตราส่วนการอัด ลูกสูบเครื่องยนต์เคลื่อนที่ระหว่าง ศูนย์ตายบนและศูนย์ตายล่าง ทำให้เกิดปริมาตรขจัดตามที่ได้กล่าวมาแล้ว ในขณะที่ลูกสูบอยู่ตำแหน่งศูนย์ตายบน จะมีช่องว่างระหว่างส่วนบนของลูกสูบกับฝาสูบซึ่งเรียกว่าห้องเผาไหม้ ปริมาตรห้องเผาไหม้รวมกับปริมาตรขจัดเรียกว่า ปริมาตรกระบอกสูบ ดังนั้น อัตราส่วนระหว่างปริมาตรกระบอกสูบกับปริมาตรห้องเผาไหม้เรียกว่า อัตราส่วนการอัด นั่นคือ

อัตราส่วนการอัด = (ปริมาตรกระบอกสูบ)/(ปริมาตรห้องเผาไหม้)

แรงบิดเครื่องยนต์

แรงบิด คือ ความพยายามในการหมุน ความดันที่เกิดขึ้นภายในกระบอกสูบเนื่องจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง ทำให้เกิดแรงกระทำกับลูกสูบและแรงนี้ส่งผ่านไปยังเพลาข้อเหวี่ยงโดยก้านสูบ จึงทำให้เกิดแรงบิดเพลาข้อเหวี่ยงให้หมุน หน่วยของแรงบิดคือ นิวตัน-เมตร

ส่วนประกอบหลักของเครื่องยนต์

เสื้อสูบและเรือนเครื่องยนต์

เสื้อสูบมีกระบอกสูบซึ่งทำหน้าที่นำการเคลื่อนที่ของลูกสูบที่อยู่ภายใน ส่วนล่างของเสื้อสูบคือเรือนเครื่องยนต์ซึ่งทำหน้าที่รองรับเพลาข้อเหวี่ยงเครื่องยนต์ ส่วนล่างสุดของเรือนเครื่องยนต์ยึดกับอ่างน้ำมันหล่อลื่นด้วยหมุดเกลียว

อ่างน้ำมันหล่อลื่น

ทำจากเหล็กกล้าและยึดติดกับส่วนล่างของเรือนเครื่องยนต์ด้วยสลักเกลียว โดยมีปะเก็นป้องกันการรั่วไหลของน้ำมันหล่อลื่น ทำหน้าที่ปิดส่วนล่างของเรือนเครื่องยนต์ และเป็นแหล่งเก็บน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้ในระบบหล่อลื่น ภายในอ่างน้ำมันหล่อลื่นจะมีแผ่นกันกระฉอกเพื่อป้องกันไม่ให้น้ำมันหล่อลื่นกระฉอกขึ้นมาส่วนบน และทำให้ปั๊มน้ำมันหล่อลื่นไม่ขาดน้ำมันหล่อลื่นเป็นช่วงๆ ส่วนล่างของอ่างน้ำมันมีช่องถ่ายน้ำมันหล่อลื่นซึ่งใช้ในการเปลี่ยนน้ำมันหล่อลื่น ช่องดังกล่าวจะมีหมุดเกลียวอุดไว้เพื่อไม่ให้น้ำมันรั่วไหลออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

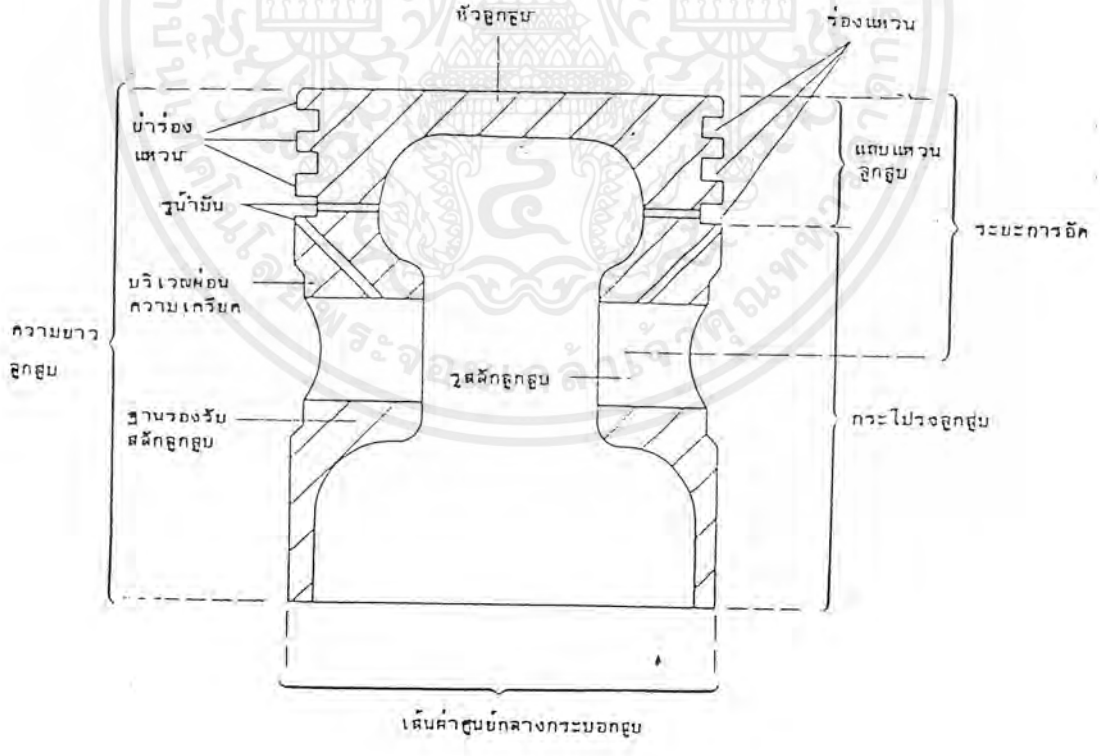
ฝาสูบ

- ส่วนบนสุดของเครื่องยนต์คือฝาสูบ ซึ่งยึดติดกับเสื้อสูบด้วยหมุดเกลียวหรือสตัดโดยมีปะเก็นคั่นกลาง ทำหน้าที่ซีลส่วนเปิดด้านบนของกระบอกสูบ ประกอบด้วยห้องเผาไหม้และวาล์ว

ปะเก็นฝาสูบ

ปะเก็นฝาสูบซึ่งอยู่ระหว่างฝาสูบกับเสื้อสูบ ทำหน้าที่ ซีลไปให้ความดันและน้ำหล่อเย็นรั่วไหล ถึงแม้ว่าผิวหน้าของฝาสูบและเสื้อสูบจะได้รับการตัดแต่งจนเรียบและขนานกัน แต่ก็ยังคงมีบางแห่งไม่สม่ำเสมอ ดังนั้นปะเก็นจึงทำหน้าที่ชดเชยส่วนที่ไม่สม่ำเสมอดังกล่าว และทำให้สามารถป้องกันการรั่วไหลของความดันจากกระบอกสูบได้ ปะเก็นจะมีรูเจาะไว้ซึ่งตรงกับช่องเปิดต่างๆ บนฝาสูบและเสื้อสูบ

ลูกสูบ



รูปที่ 3-4 โครงสร้างลูกสูบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลูกสูบทำหน้าที่ อัดไอดีหรืออากาศภายในกระบอกสูบ และเป็นตัวกลางส่งผ่านพลังงานจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงไปยังก้านสูบ ลูกสูบทำจากอลูมิเนียมผสม เพราะมีความแข็งแรงและน้ำหนักเบา ลูกสูบต้องได้รับการออกแบบให้สามารถทนต่อความดันและความร้อนสูงได้ดีและต้องมีน้ำหนักเบา ลูกสูบมีรูเจาะในแนวเส้นผ่านศูนย์กลาง สำหรับสอดสลักลูกสูบเพื่อยึดให้ลูกสูบติดกับก้านสูบโดยที่ลูกสูบสามารถขยับหมุนได้รอบสลักลูกสูบ โครงสร้างของลูกสูบ ดูรูป 3-4 หัวลูกสูบมักแบนแต่อาจมีรูปร่างที่ได้รับการออกแบบให้เหมาะสมกับการออกแบบห้องเผาไหม้ หัวลูกสูบอาจเป็นหลุมหรือนูนขึ้นเพื่อควบคุมการเผาไหม้และอัตราส่วนการอัดภายในกระบอกสูบจากหัวลูกสูบลงมาคือแถบแหวนลูกสูบซึ่งประกอบด้วยร่องแหวนจำนวน 3 ร่อง สำหรับสวมแหวนลูกสูบ ซึ่งแหวนลูกสูบ 2 อันบนเป็นแหวนอัด และแหวนอันล่างเป็นแหวนน้ำมัน ส่วนนูนระหว่างร่องแหวนเรียกว่าบ่าร่องแหวน ส่วนของลูกสูบถัดจากแถบแหวนลูกสูบลงมาเรียกว่ากระโปรงลูกสูบ ใต้หัวลูกสูบด้านในอาจมีสันหรือครีบยื่นออกมาสำหรับช่วยในการกระจายความร้อนออกจากหัวลูกสูบไปยังแหวนลูกสูบ ฐานรองรับสลักลูกสูบซึ่งอยู่ใต้รูสลักลูกสูลทำหน้าที่ช่วยรับแรงที่สลักลูกสูบกระทำกับลูกสูบ

แหวนลูกสูบ

แหวนลูกสูบซึ่งสวมอยู่ในร่องแหวนส่วนบนของลูกสูบ แบ่งออกเป็นสองพวกใหญ่ๆ คือ แหวนอัดและแหวนน้ำมัน โดยที่แหวนอัด ทำหน้าที่ ซีลระยะช่องว่างระหว่างลูกสูบกับผนังกระบอกสูบ ช่วยในการอัดก๊าซภายในกระบอกสูบ ป้องกันการรั่วไหลของความดันออกจากลูกสูบและแหวนน้ำมัน ทำหน้าที่ควบคุมปริมาณน้ำมันหล่อลื่นบริเวณแหวนอักและลูกสูบ และป้องกันไม่ให้มีน้ำมันหล่อลื่นส่วนเกินไหลเข้าไปในห้องเผาไหม้ ช่วยในการระบายความร้อนออกจากลูกสูบและช่วยในการปรับปริมาณน้ำมันหล่อลื่นที่บริเวณผนังกระบอกสูบให้เหมาะสม

สลักลูกสูบ

ลูกสูบยึดต่อกับก้านสูบด้วยสลักลูกสูบซึ่งสอดผ่านรูสลักลูกสูบบนลูกสูบและบนก้านสูบ โดยที่ก้านสูบอยู่ตรงศูนย์กลางสลักลูกสูบ สลักลูกสูบมักทำจากเหล็กกล้าผสมนิกเกิลและหล่อแข็งเพื่อให้มีอายุการใช้งานยาวนาน สลักลูกสูบมีลักษณะกลวงเพื่อลดน้ำหนักและแรงเฉื่อย

ก้านสูบ

ทำหน้าที่ เชื่อมต่อระหว่างลูกสูบกับเพลาข้อเหวี่ยงและเปลี่ยนการเคลื่อนที่ในแนวกลับไปกลับมาของลูกสูบเป็นการเคลื่อนที่แบบหมุนของเพลาข้อเหวี่ยง ทำจากเหล็กกล้าผสมและทำส่วนตัดขวางเป็นรูปตัว "I" เพื่อความแข็งแรงแต่น้ำหนักเบา ปลายด้านบนของก้านสูบยึดติดกับลูกสูบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วยสลัก ส่วนปลายด้านล่างยึดติดกับสลักข้อเหวี่ยงของเพลาข้อเหวี่ยงโดยมีแบริ่งเป็นตัวกลางรองรับ

เพลาข้อเหวี่ยงและแบริ่ง

เพลาข้อเหวี่ยง ทำหน้าที่ เปลี่ยนการเคลื่อนที่แบบกลับไปกลับมาของลูกสูบไปเป็นการเคลื่อนที่แบบหว่านโดยอาศัยก้านสูบ เพลาข้อเหวี่ยงมีเครื่องยนต์รองรับโดยใช้แบริ่งเป็นตัวกลางในการรับแรงและลดความฝืดของการหมุน

การคำนวณจำนวนองศาของการหมุนของเพลาข้อเหวี่ยงก่อนเกิดจังหวะกำลัง ให้ใช้สูตรดังนี้

จำนวนองศา = 720/n เมื่อ n = จำนวนกระบอกสูบ

ดังนั้น เครื่องยนต์ของรถไฟฟ้าไฮบริดต้นแบบ จะได้

จำนวนองศา = 720/1 = 720 องศา =2 รอบ

หมายความว่าเพลาข้อเหวี่ยงหมุน 2 รอบจะเกิดจังหวะกำลัง 1 ครั้ง

วาล์วและชุดกลไกวาล์ว

การไหลของไอดีเข้ากระบอกสูบและไอเสียออกจากกระบอกสูบควบคุมโดยวาล์วไอดีและวาล์วไอเสียตามลำดับ การเปิดและปิดวาล์วไอดีและวาล์วไอเสียควบคุมโดยชุดกลไกวาล์วซึ่งเป็นแบบโอเวอร์เฮดแคม โดยมีเพลาลูกเบี้ยวติดตั้งอยู่เหนือฝาสูบแทนการติดตั้งในเสื้อสูบ โอเวอร์เฮดแคมช่วยในการตอบสนองต่อการเปิดและปิดวาล์วให้รวดเร็วทันใจ เป็นการช่วยเพิ่มสมรรถนะเครื่องยนต์

รูปที่ 3-5 การเปิด-ปิดวาล์วของ OHC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงบิดที่หมุนเพลาข้อเหวี่ยงของเครื่องยนต์จะเปลี่ยนแปลงอย่างมากในระหว่างการทำงานของแต่ละวัฏจักร ดังนั้นจึงต้องมีล้อช่วยแรงเพื่อสะสมพลังงานให้กับเพลาข้อเหวี่ยง เพื่อรักษาให้เพลาข้อเหวี่ยงยังคงหมุนได้ต่อไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอัตราเร็วรอบต่ำๆ

3.1.2 ระบบหล่อลื่น

ชิ้นส่วนต่างๆ ที่เคลื่อนที่ของเครื่องยนต์ทำงานที่อุณหภูมิสูงและอัตราเร็วสูง บางชิ้นส่วนอยู่ภายใต้ความดันสูง การหล่อลื่นจึงมีความสำคัญอย่างมากเพื่อหลีกเลี่ยงการสึกหรออย่างผิดปกติและการกัดกร่อน และยืดอายุการใช้งานของเครื่องยนต์

หน้าที่เบื้องต้นของน้ำมันหล่อลื่นคือแยกหน้าสัมผัสที่เคลื่อนที่ไม่ให้สัมผัสกัน โดยแทรกตัวเป็นฟิล์มบางๆ ซึ่งจะป้องกันไม่ให้โลหะเสียดสีกับโลหะโดยตรง ความหนาของฟิล์มน้ำมันหล่อลื่นขึ้นอยู่กับความหนืดของน้ำมัน ฟิล์มน้ำมันหล่อลื่นจะแทรกตัวระหว่างหน้าสัมผัสของเพลากับแบริ่ง โดยความหนาของฟิล์มสม่ำเสมอตลอดเส้นรอบวงของเพลาเป็นสภาพในอุดมคติ ฟิล์มน้ำมันหล่อลื่นซึ่งจะมีความบางมากที่ส่วนล่างของเพลาทั้งนี้เนื่องจากการขาดน้ำมันหล่อลื่นที่ป้อนเข้าแบริ่ง ฟิล์มน้ำมันอาจบางน้อยกว่า 0.00635 มิลลิเมตร กรณีเช่นนี้มักพบภายในกระบอกสูบของเครื่องยนต์เมื่อเริ่มสตาร์ตเครื่องยนต์ใหม่ๆ ในขณะเครื่องเย็น ดังนั้นในขณะสตาร์ตเครื่องยนต์ใหม่ๆ ไม่ควรเร่งเครื่องยนต์จนมีอัตราเร็วรอบสูง เพราะฟิล์มน้ำมันยังบางมากจะทำให้เครื่องยนต์สึกหรอเร็วกว่าปกติ

ระบบน้ำมันหล่อลื่นแบบป้อนด้วยความดัน

ระบบน้ำมันหล่อลื่นของรถไฟฟ้าไฮบริดต้นแบบเป็นแบบป้อนด้วยความดัน น้ำมันหล่อลื่นถูกดูดจากอ่างน้ำมันหล่อลื่นซึ่งขับเคลื่อนด้วยเพลาลูกเบี้ยว ปั๊มส่งน้ำมันหล่อลื่นออกมาด้วยความดันในช่วง 240-550 กิโลนิวตันต่อตารางเมตร หัวดูดซึ่งจมอยู่ในอ่างน้ำมันมีตะแกรงกรองสำหรับกรองชั้นต้นเพื่อป้องกันไม่ให้สิ่งแปลกปลอมชิ้นใหญ่ๆเข้าสู่ปั๊ม น้ำมันหล่อลื่นไหลออกจากปั๊มเข้าสู่กรองน้ำมันหล่อลื่นสำหรับกรองสิ่งแปลกปลอมชิ้นเล็กๆออกจากน้ำมันหล่อลื่น เมื่อออกจากกรองน้ำมันหล่อลื่นจะไหลเข้าสู่ช่องน้ำมันหลักซึ่งลำเลียงน้ำมันไปส่วนต่างๆจากช่องน้ำมันหลักจะมีช่องแยกไปยังแบริ่งเพลาข้อเหวี่ยงไปยังแบริ่งก้านสูบ

แบริ่งมีรูน้ำมันภายในสำหรับลำเลียงน้ำมันจากแบริ่งก้านสูบไปเลี้ยงสลักลูกสูบ น้ำมันหล่อลื่นที่ฉีดออกจากส่วนบนของแบริ่งสลักลูกสูบมีส่วนทำให้ลูกสูบเย็นลงได้บางส่วน และในการออกแบบเครื่องยนต์ชนิดมีรูน้ำมันเจาะไว้ที่ส่วนบนของก้านสูบและฐานรองสลักลูกสูบ ซึ่งทำให้หน้าสัมผัสของแบริ่งมีน้ำมันหล่อลื่นอย่างทั่วถึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำมันหล่อลื่นบางส่วนจะถูกฉีดออกจากรูน้ำมันบนฐานก้านสูบไปเลี้ยงผนังกระบอกสูบ และลูกสูบน้ำมันหล่อลื่นที่ไหลออกจากแบริ่งต่างๆ จะไหลกลับสู่อ่างน้ำมันเพื่อนำกลับไปใช้ใหม่ต่อไป

วาล์วระบายความดันน้ำมันหล่อลื่น

วาล์วระบายความดัน ทำหน้าที่ ป้องกันไม่ให้ความดันในระบบหล่อลื่นสูงขึ้นมากเกินไป เมื่อเครื่องเย็นหรือเมื่อเครื่องยนต์วิ่งด้วยอัตราเร็วรอบสูง ความดันน้ำมันหล่อลื่นในระบบสูงขึ้นจนกระทั่งมีความดันเท่ากับความดันทำงานซึ่งมีค่าเท่ากับความดันของสปริงในวาล์วระบายความดัน ถ้าความดันน้ำมันสูงเกินกว่านี้ สปริงในวาล์วระบายความดันจะถูกกดเพื่อระบายความดันส่วนเกินออก น้ำมันหล่อลื่นบางส่วนจะไหลผ่านวาล์วระบายความดันกลับสู่อ่างน้ำมัน

ระบบกรองน้ำมันหล่อลื่น

เมื่อใช้งานน้ำมันหล่อลื่นภายในเครื่องยนต์ น้ำมันหล่อลื่นจะมีสิ่งแปลกปลอมเข้าปะปน เช่น คาร์บอน ซึ่งเกิดขึ้นระหว่างการเผาไหม้ กรดซึ่งเกิดจากการกลั่นตัวของไอภายในตัวเครื่องยนต์ อนุภาคของโลหะซึ่งเกิดจากการสึกหรอของชิ้นส่วนต่างๆ และฝุ่นละอองซึ่งผ่านเข้าตัวเครื่องยนต์หรือช่องอากาศของคาร์บูเรเตอร์ ถ้าใช้น้ำมันหล่อลื่นอย่างต่อเนื่องเป็นระยะทาง 10000 กิโลเมตร แล้วนำมาวิเคราะห์สิ่งแปลกปลอมที่เข้าปะปนในน้ำมันหล่อลื่น จะสามารถหาส่วนผสมโดยประมาณได้

ถ้าสิ่งแปลกปลอมเหล่านี้ไม่ได้นำออกไปจากน้ำมันหล่อลื่น มันจะไหลวนเวียนไปพร้อมกับน้ำมันหล่อลื่นและจะทำให้แบริ่งและชิ้นส่วนต่างๆที่เคลื่อนที่เกิดการสึกหรออย่างรวดเร็ว อายุการใช้งานของเครื่องยนต์จึงสั้นกว่าปกติ ดังนั้นในระบบหล่อลื่น ควรจะมีระบบกรองน้ำมันเพื่อกรองสิ่งแปลกปลอมออกจากน้ำมันหล่อลื่นก่อนนำไปใช้งาน ผังทางเดินน้ำมันหล่อลื่นของระบบกรองน้ำมันหล่อลื่นก็จะแตกต่างกันไปตามชนิด และ ระบบของเครื่องยนต์แต่ละรุ่นไป ซึ่งเราควรจะเลือกให้เหมาะสมตามความต้องการ

3.1.3 ระบบน้ำมันเชื้อเพลิง

หน้าที่ของระบบน้ำมันเชื้อเพลิง คือ ป้อนน้ำมันเชื้อเพลิงและผสมน้ำมันเชื้อเพลิงกับอากาศก่อนลำเลียงเข้าเครื่องยนต์ภายใต้การทำงานทุกสภาพ

ระบบความดัน

ถังน้ำมันเชื้อเพลิงอยู่ต่ำกว่าระดับของคาร์บูเรเตอร์ จะต้องใช้ปั๊มเพื่อดูดน้ำมันเชื้อเพลิงจากถังแล้วส่งไปยังคาร์บูเรเตอร์ ระบบการป้อนน้ำมันเชื้อเพลิงประกอบด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ถังน้ำมันเชื้อเพลิง
2. ท่อลำเลียงน้ำมัน
3. ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิง
4. กรองน้ำมันเชื้อเพลิง
5. คาร์บูเรเตอร์

ถังน้ำมันเชื้อเพลิง

ทำหน้าที่ เก็บน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับป้อนเข้าเครื่องยนต์ ในรถไฟฟ้าไฮบริดต้นแบบเป็นรถที่มีเครื่องยนต์อยู่ ดังนั้นถังน้ำมันจึงอยู่ตรงกลาง ถังน้ำมันทำมาจากพลาสติกและเคลือบด้วยสารป้องกันการกัดกร่อน ภายในถังจะมีแผ่นกันกระฉอกซึ่งทำหน้าที่ลดการกระฉอกไปมาของน้ำมันเชื้อเพลิงในถังและยังทำให้ถังน้ำมันมีความแข็งแรงมากขึ้นอีกด้วย ก้นถังน้ำมันเป็นแอ่งสำหรับสะสมตะกอนต่างๆภายในถัง ปลายท่อลำเลียงน้ำมันอยู่สูงจากก้นถังเล็กน้อยเพื่อป้องกันไม่ให้ตะกอนก้นถังถูกดูดเข้าไปในท่อซึ่งจะทำให้คาร์บูเรเตอร์อุดตันได้ ถังน้ำมันมีท่อหายใจสำหรับปรับความมดันภายในถังให้เท่ากับบรรยากาศภายนอกตลอดเวลาทั้งในขณะเติมและใช้น้ำมันเชื้อเพลิง ถังน้ำมันส่วนมากมีชุดลูกลอยบอกระดับน้ำมันเชื้อเพลิงภายในถังซึ่งทำงานด้วยระบบไฟฟ้า

ท่อลำเลียงน้ำมัน

ท่อลำเลียงน้ำมันเชื้อเพลิงจากถังน้ำมันไปยังคาร์บูเรเตอร์มักทำจากเหล็กกล้าอ่อนและเคลือบสารกันกัดกร่อน ท่อลำเลียงน้ำมันมักอยู่ด้านตรงข้ามกับท่อไอเสียเพื่อป้องกันการเกิดไฟไหม้และการกลายเป็นไอของน้ำมันเชื้อเพลิง และช่วยป้องกันไม่ให้ท่อเสียหายเนื่องจากการสั่นสะเทือนของเครื่องยนต์จึงใช้ท่อต่ออ่อนระหว่างท่อเหล็กกล้ากับปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิงและระหว่างปั๊มกับคาร์บูเรเตอร์

ระบบการป้อนน้ำมันเชื้อเพลิง

ระบบการป้อนน้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งทำงานได้เนื่องจากการหมุนของลูกเบี้ยวบนเพลาลูกเบี้ยวมีปั๊มกลไกทำหน้าที่ดูดน้ำมันเชื้อเพลิงจากถังและลำเลียงผ่านท่อเข้าสู่คาร์บูเรเตอร์ก่อนเข้าคาร์บูเรเตอร์มักมีกรองน้ำมันเชื้อเพลิงคั่นอยู่เพื่อกรองสิ่งแปลกปลอมชิ้นเล็กๆออกจากน้ำมันเป็นการป้องกันไม่ให้คาร์บูเรเตอร์เกิดการอุดตัน ควรเปลี่ยนกรองน้ำมันเชื้อเพลิงดังกล่าวเมื่อใช้งานเป็นระยะทาง 16,000 กิโลเมตร มิฉะนั้นอาจทำให้การไกลของน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าคาร์บูเรเตอร์ไม่เพียงพอเพราะการอุดตันที่กรองน้ำมันเชื้อเพลิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปั๊มกลไก

ปั๊มกลไกที่ใช้ดูดน้ำมันเชื้อเพลิงจากถังน้ำมันและส่งไปยังคาร์บูเรเตอร์ จะมีลักษณะเป็นแบบแผ่นไดอะแฟรม ในขณะที่เพลาลูกเบี้ยวหมุน กระเดื่องถูกดันให้สูงขึ้นโดยหมุนไปรอบแกนหมุน ก้านต่อจะดึงแกนไดอะแฟรมทำให้ไดอะแฟรมเคลื่อนที่ลง น้ำมันเชื้อเพลิงจึงถูกดูดผ่านวาล์วน้ำมันเข้าลงสู่ห้องปั๊ม และในขณะนั้นวาล์วน้ำมันยังคงปิดอยู่ ห้องปั๊มจึงมีน้ำมันเต็มพร้อมที่จะส่งออกต่อไป จังหวะดังกล่าวเรียกว่าจังหวะดูด

เมื่อเพลาลูกเบี้ยวหมุนต่อไป กระเดื่องจะเคลื่อนที่ต่ำลงไดอะแฟรมจะถูกดันด้วยสปริงขดให้เคลื่อนที่ขึ้น น้ำมันเชื้อเพลิงในห้องปั๊มจะถูกดันออกจากห้องปั๊มผ่านวาล์วน้ำมันออกไปยังห้องลูกลอยในคาร์บูเรเตอร์ จังหวะดังกล่าวเรียกว่าจังหวะลำเลียงออก

ถ้าน้ำมันในห้องลูกลอยมีมากเพียงพอ วาล์วเข็มในห้องลูกลอยจะตัดไม่ให้น้ำมันเข้าห้องลูกลอย ดังนั้นจึงไม่มีน้ำมันไหลออกจากปั๊มทำให้ห้องปั๊มมีความดันเพิ่มขึ้น และมีความดันสูงกว่าความดันของสปริงขด ไดอะแฟรมจึงถูกกดให้อยู่ที่ตำแหน่งต่ำ ดังนั้นการเคลื่อนที่ขึ้นและลงของกระเดื่องจึงไม่มีผลกระทบต่อไดอะแฟรม ลักษณะเช่นนี้เรียกว่าจังหวะเดินเบาของปั๊ม

คาร์บูเรเตอร์

คาร์บูเรเตอร์ นั้นทำหน้าที่ใช้ผสมน้ำมันเชื้อเพลิงกับอากาศในสัดส่วนที่เหมาะสมแล้วป้อนเข้าสู่เครื่องยนต์ภายใต้การทำงานทุกสภาพ สัดส่วนที่เหมาะสมกับการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ตามทฤษฎีคือ อากาศ 15 ส่วน ต่อน้ำมันเชื้อเพลิง 1 ส่วน (โดยน้ำหนัก)

แต่อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติจำเป็นต้องเปลี่ยนสัดส่วนให้เหมาะสมกับสภาพการทำงานของเครื่องยนต์ เช่น ในขณะสตาร์ตเครื่องยนต์ เมื่ออากาศเย็นมากสัดส่วนอากาศต่อน้ำมันเชื้อเพลิงอาจเท่ากับ 4:1 และในขณะเครื่องยนต์เดินเบา สัดส่วนอาจเป็น11:1 ถึง 13:1 และในขณะที่วาล์วปีกผีเสื้อเปิดบางส่วนและเครื่องยนต์วิ่งด้วยอัตราเร็วรอบคงที่ สัดส่วนอากาศต่อน้ำมันเชื้อเพลิงจะอยู่ในช่วง 14:1 - 17:1

หลักการทำงานของคาร์บูเรเตอร์

โครงสร้างของคาร์บูเรเตอร์แบ่งออกเป็นสองส่วนใหญ่ๆ คือส่วนที่เกี่ยวข้องกับการป้อนน้ำมันเชื้อเพลิงและส่วนที่เกี่ยวข้องกับการป้อนอากาศ ส่วนที่เกี่ยวข้องกับการป้อนน้ำมันเชื้อเพลิงประกอบด้วยห้องลูกลอยและท่อฉีดน้ำมัน ห้องลูกลอยทำหน้าที่ 2 อย่าง คือ

1. ปรับและรักษาระดับน้ำมันเชื้อเพลิงภายในคาร์บูเรเตอร์
2. ควบคุมการป้อนน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าเครื่องยนต์

ห้องลูกลอยของคาร์บูเรเตอร์รับน้ำมันเชื้อเพลิงจากถังโดยอาศัยปั๊ม ระดับน้ำมันเชื้อเพลิงในห้องลูกลอยต้องคงที่สม่ำเสมอ ถ้าระดับน้ำมันต่อเกินไปอาจทำให้ส่วนผสมระหว่างอากาศกับน้ำมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จางเกินไป แต่ถ้าระดับน้ำมันสูงเกินไปอาจทำให้ส่วนผสมหนาเกินไป วาล์วเข็มทำหน้าที่ควบคุมปริมาณน้ำมันที่ไหลเข้าสู่ห้องลูกลอย เมื่อน้ำมันไหลเข้าห้องลูกลอยมากขึ้น ลูกลอยจะลอยตัวสูงขึ้นและทำให้วาล์วเข็มปิดช่องทางน้ำมันเข้า ระดับน้ำมันเชื้อเพลิงในห้องลูกลอยจะต้องต่ำกว่าระดับปากท่อฉีดน้ำมัน ถ้าระดับน้ำมันเชื้อเพลิงในห้องลูกลอยอยู่สูงกว่าปากท่อฉีดน้ำมัน จะทำให้น้ำมันบางส่วนกระฉอกออกจากท่อฉีดน้ำมันในขณะเบรกหรือเร่งความเร็ว

ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ถูกดูดออกจากห้องลูกลอยต้องสมดุลกับปริมาณที่ไหลเข้าห้องลูกลอย ซึ่งควบคุมด้วยการเปิดและปิดของวาล์วเข็ม ห้องลูกลอยมีช่องอากาศหายใจเชื่อมต่อกับบรรยากาศภายนอกเพื่อปรับความดันภายในห้องลูกลอยไม่ให้สูงกว่าหรือต่ำกว่าบรรยากาศ

ภายในท่ออากาศจะมีลักษณะเป็นคอคอดในขณะที่อากาศไหลผ่านคอคอด อัตราเร็วของอากาศจะเพิ่มขึ้นและในขณะเดียวกันความดันของอากาศบริเวณคอคอดจะลดลง

การทำงานของคาร์บูเรเตอร์

การทำงานของคาร์บูเรเตอร์จะเริ่มต้นมาจากห้องลูกลอยมีท่อน้ำมันต่อไปยังปริมาณคอคอดของท่ออากาศ ในขณะที่เครื่องยนต์ยังไม่ได้ใช้งานความดันในห้องลูกลอยเท่ากับความดันที่บริเวณคอคอด จึงไม่มีน้ำมันเชื้อเพลิงไหลออกจากท่อฉีดน้ำมัน แต่ในขณะที่เครื่องยนต์ทำงาน อากาศจะถูกดูดผ่านคอคอด ทำให้บริเวณคอคอดมีความดันต่ำกว่าความดันในห้องลูกลอย น้ำมันเชื้อเพลิงในห้องลูกลอยจึงถูกดูดออกจากท่อฉีดน้ำมันออกมาตามทางเดิน และผสมกับอากาศเข้าสู่กระบอกสูบของเครื่องยนต์

ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ออกจากท่อฉีดน้ำมันจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอัตราเร็วของอากาศที่ไหลผ่านคอคอด ถ้าเปิดวาล์วปีกผีเสื้อออก อากาศจะไหลเข้าด้วยอัตราเร็วสูงขึ้น น้ำมันเชื้อเพลิงจึงถูกดูดออกจากท่อฉีดน้ำมันมากขึ้น แต่ในทางกลับกันถ้าปิดวาล์วปีกผีเสื้อ น้ำมันเชื้อเพลิงจะถูกดูดออกมาน้อยลง

เพื่อความสามารถของคาร์บูเรเตอร์ทำงานได้ดีในทุกสภาพการทำงานของเครื่องยนต์คือสามารถให้ส่วนผสมระหว่างอากาศกับน้ำมันเชื้อเพลงได้อย่างเหมาะสมทุกๆอัตราความเร็วรอบของเครื่องยนต์ จึงต้องออกแบบระบบเสริมอากาศ และระบบเสริมน้ำมันเชื้อเพลิง ขึ้นมาใช้กับคาร์บูเรเตอร์เพื่อการทำงานที่สมบูรณ์

3.1.4 ระบบระบายความร้อน

ในรถไฟฟ้าไฮบริดต้นแบบระบบระบายความร้อนเป็นแบบระบายความร้อนโดยใช้อากาศเป็นตัวระบายความร้อน โดยขณะที่รถแล่นไปจะมีลมมาปะทะกับรถช่วยถ่ายเทความร้อนแบบพาความร้อนออกจากรถยนต์ เพื่อช่วยลดอุณหภูมิของรถยนต์ไม่ให้มากเกินไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดประสงค์ของการระบายความร้อน

ความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิงภายในกระบอกสูบสามารถละลายโลหะได้ ดังนั้นจึงต้องมีระบบระบายความร้อนทำหน้าที่ระบายความร้อนบางส่วนออกจากเครื่องยนต์ เพื่อป้องกันไม่ให้เครื่องยนต์ร้อนจัดเกินไป จนทำให้น้ำมันหล่อลื่นไม่สามารถหล่อลื่นได้อย่างเหมาะสม และป้องกันไม่ให้ชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ร้อนจัดจนทำให้ไม่ปลอดภัยต่อการใช้งานเนื่องจากความแข็งแรงของชิ้นส่วนเหล่านั้นลดลง

พลังงานที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิงประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ เปลี่ยนเป็นงานที่เพลาข้อเหวี่ยงเครื่องยนต์ และประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ ถูกนำออกไปในระบบระบายความร้อนและที่เหลือประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ ถูกนำออกไปกับไอเสียเครื่องยนต์

3.1.5 ระบบจุดระเบิด

ระบบจุดระเบิดของเครื่องยนต์รถไฟฟ้าไฮบริดต้นแบบเป็นระบบจุดระเบิดแบบอิเล็คทรอนิค ประกอบด้วยชิ้นส่วนสำคัญ ดังนี้

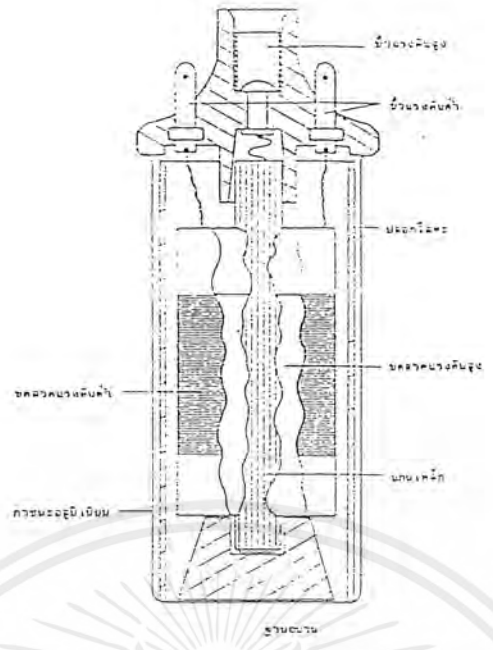
1. แบตเตอรี่ เป็นแหล่งป้อนกระแสไฟฟ้าแรงดันต่ำเข้าวงจรระบบจุดระเบิด
2. คอยล์จุดระเบิด ทำหน้าที่คล้ายหม้อแปลงและเปลี่ยนกระแสไฟฟ้าแรงดันต่ำเป็นกระแสไฟฟ้าแรงดันสูงเพื่อการจุดระเบิดที่หัวเทียน
3. คอนเดนเซอร์ ต่อขนานกับวงจรอิเล็กทรอนิคและช่วยลดปริมาณประกายไฟที่บริเวณขั้วสัมผัส
4. หัวเทียน กระแสไฟฟ้าแรงดันสูงไหลผ่านขั้วกลางแล้วกระโดดข้ามช่องว่างไปยังขั้วดิน หรือเรียกว่าเขี้ยวหัวเทียน การกระโดดดังกล่าวจะเกิดเป็นประกายไฟขึ้นซึ่งใช้ในการจุดระเบิดน้ำมันเชื้อเพลิง
5. ตัวจ่ายอิเล็คทรอนิค เป็นกลไกซึ่งทำหน้าที่จ่ายกระแสไฟฟ้าแรงดันสูงไปตามหัวเทียนโดยจะลำดับการจุดระเบิดที่ถูกต้อง
6. จานจ่าย จะคอยจ่ายไฟให้แก่หัวเทียนเป็นจังหวะๆ โดยที่ผู้ใช้อาจจะปรับการส่งไฟที่จานจ่ายให้เป็นแบบ Advance หรือ Retard ก็ได้

คอยล์จุดระเบิด

การเกิดประกายไฟที่หัวเทียน จำเป็นต้องป้อนกระแสไฟฟ้าแรงดันสูงเข้าหัวเทียน คอยล์จุดระเบิดจะเปลี่ยนกระแสไฟฟาแรงดันต่ำจากแบตเตอรี่ไปเป็นกระแสไฟฟ้าแรงดันสูง ซึ่งเพียงพอกับการกระโดดข้ามเขี้ยวหัวเทียน

โครงสร้างโดยทั่วไปของคอยล์จะซึ่งประกอบด้วยแกนเหล็กจำนวนประมาณ 20,000 รอบ ขดลวดแรงดันสูงประกอบด้วยเส้นลวดขนาดใหญ่พันรอบด้วยขดลวดแรงดันสูง โดยจะพันรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 คอลย์จุดระเบิด

จำนวน 350 รอบ โดยมีความต้านทานประมาณ 3 โอห์ม การพันขดลวดแรงดันต่ำไว้รอบนอกขดลวดแรงดันสูงเพื่อให้ความร้อนที่เกิดขึ้นในขดลวดแรงดันต่ำระบายออกได้ง่าย ชิ้นส่วนทั้งหมดบรรจุในภาชนะทรงกระบอกซึ่งทำจากอลูมิเนียม โดยมีฐานรองรับภายในเป็นกระเบื้องซึ่งเป็นฉนวนระหว่างแกนเหล็กกับภาชนะ ปลายข้างหนึ่งของขดลวดแรงดันสูงต่อกับขดลวดแรงดันต่ำและปลายอีกข้างหนึ่งต่อกับแกนเหล็กซึ่งต่อกับขั้วแรงดันสูงของคอยล์ ปลายทั้งสองข้างของขดลวดแรงดันต่ำต่อเข้ากับขั้วแรงดันต่ำทั้งสองของคอยล์

เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดแรงดันต่ำ จะเกิดสนามแม่เหล็กโดยรอบขดลวดทั้งสองและแกนเหล็ก และถ้ากระแสไฟฟ้าหยุดไหลผ่านขดลวดแรงดันต่ำอย่างทันทีทันใด จะทำให้สนามแม่เหล็กดังกล่าวสลายตัวอย่างทันทีทันใดซึ่งมีผลทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าขึ้นภายในขดลวดแรงดันต่ำและขดลวดแรงดันสูง แรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในขดลวดแรงดันต่ำประมาณ 300 โวลต์ ส่วนแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในขดลวดแรงดันสูงประมาณ 25,000-30,000 โวลต์ ทั้งนี้เพราะว่าขดลวดแรงดันสูงมีจำนวนขดลวดมากกว่าขดลวดแรงดันต่ำตามที่ได้กล่าวมาแล้ว แรงดันไฟฟ้าดังกล่าวเกิดขึ้นเพียงช่วงเวลาสั้นๆ ซึ่งมีค่าเพียงพอที่จะทำให้เกิดประกายไฟที่หัวเทียน

แต่อย่างไรก็ตามยังมีสภาพต่างๆที่มีผลต่อการเกิดประกายไฟที่หัวเทียน ซึ่งได้แก่

1. อุณหภูมิทำงานของหัวเทียน
2. อัตราส่วนการอัดภายในกระบอกสูบของเครื่องยนต์
3. อัตราเร็วรอบเครื่องยนต์
4. ธรรมชาติและโครงสร้างของก๊าซซึ่งอยู่โดยรอบหัวเทียน
5. สภาพของเขี้ยวหัวเทียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

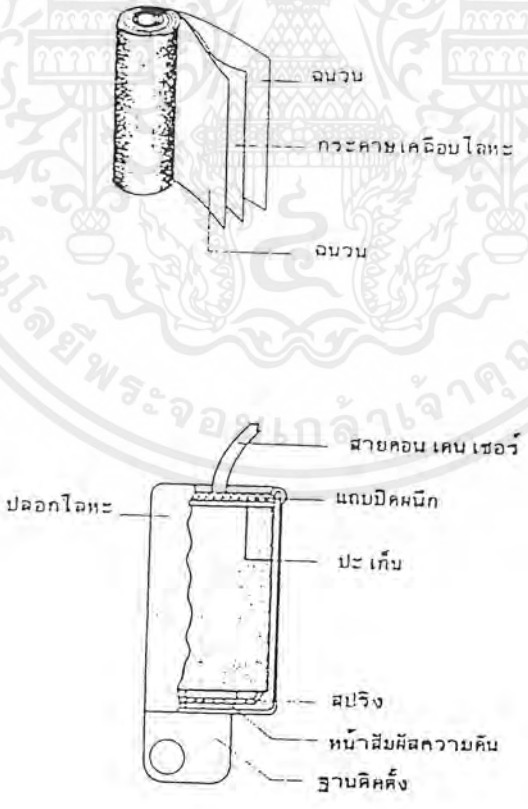
คอนเดนเซอร์

หน้าที่ของคอนเดนเซอร์ในระบบจุดระเบิด มีดังนี้

1. ช่วยลดประกายไฟที่กระโดดข้าม ซึ่งมีผลช่วยยืดอายุการใช้งาน
2. ช่วยเร่งและควบคุมการสลายตัวของสนามแม่เหล็กในคอยล์

เพื่อให้คอนเดนเซอร์ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ควรติดตั้งคอนเดนเซอร์ให้ใกล้กับหน้าทองขาวมากที่สุด เพื่อให้สายไฟที่ใช้ต่อสั้นที่สุดซึ่งจะมีความต้านทางน้อยมาก โดยต่อแบบขนาน

โครงสร้างโดยทั่วไปของคอนเดนเซอร์ประกอบด้วยแผ่นกระดาษเคลือบโลหะทั้งสองด้าน ซึ่งมักใช้โลหะประเภทอลูมิเนียม แผ่นกระดาษเคลือบโลหะดังกล่าวพันซ้อนกันโดยมีแผ่นกระดาษบางเป็นฉนวน ปลายข้างหนึ่งของแผ่นกระดาษเคลือบโลหะต่อกับสายไฟแรงดันต่ำส่วนปลายอีกข้างหนึ่งต่อกับปลอกโลหะซึ่งเป็นสายดิน คอนเดนเซอร์ต้องปิดผนึกอย่างแน่นหนาเพื่อป้องกันไม่ให้ความชื้นเข้าภายในซึ่งจะมีผลเสียต่อกระดาษเคลือบโลหะ ความจุของคอนเดนเซอร์โดยทั่วไปอยู่ในช่วง 0.18-0.25 ไมโครฟารัด



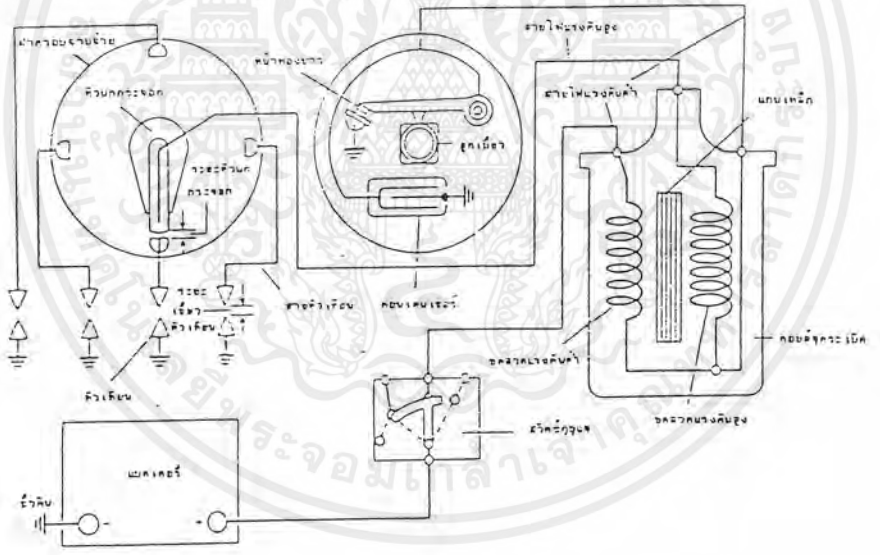
รูปที่ 3-7 โครงสร้างของคอนเดนเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขณะที่หน้าตัดสัมผัสกัน จะมีกระแสไฟฟ้าไหลในวงจรไฟแรงดันต่ำ คือ กระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดแรงดันต่ำในคอยล์แล้วกลับสู่แบตเตอรี่ ภายใต้สภาพดังกล่าวคอนเดนเซอร์ยังอยู่ในลักษณะวงจรเปิด แต่ในขณะที่แยกจากกัน จะเกิดแรงดันไฟฟ้าประมาณ 300-400 โวลต์ในขดลวดแรงดันต่ำ และกระแสไฟฟ้าในวงจรไฟแรงต่ำมีแนวโน้มที่ไหลอายุการใช้งานสั้นลง เมื่อมีคอนเดนเซอร์ต่อขนาน ก็จะมีทางเดินของกระแสไฟฟ้าทางใหม่ซึ่งจะช่วยลดประกายไฟลงได้มาก ในขณะเดียวกันคอนเดนเซอร์จะถูกชาร์จและจะปล่อยประจุออกไหลกลับผ่านขดลวดแรงดันต่ำในคอยล์ เป็นการเร่งการสลายตัวของสนามแม่เหล็ก

การทำงานของระบบจุดระเบิด

จากรูป 3-8 แสดงผังของระบบจุดระเบิดอย่างง่ายซึ่งประกอบด้วยวงจรไฟแรงต่ำ และวงจรไฟแรงสูง วงจรไฟแรงดันต่ำประกอบด้วย แบตเตอรี่ สวิตช์กุญแจ ขดลวดแรงดันต่ำในคอยล์ หน้าทองขาว และคอนเดนเซอร์



รูปที่ 3-8 ผังระบบจุดระเบิดอย่างง่าย

สำหรับวงจรไฟแรงดันสูงประกอบด้วย ขดลวดแรงดันสูงในคอยล์ หัวนกกระจอก ฝาครอบจานจ่าย สายหัวเทียน และหัวเทียน เมื่อเปิดสวิตช์กุญแจและหมุนกุญแจ ระบบจุดระเบิดจะเริ่มทำงานดังนี้ ในขณะที่หน้าทองขาวสัมผัสกัน กระแสไฟฟ้าจะไหลออกจากแบตเตอรี่ผ่านสวิตช์กุญแจผ่านขดลวดแรงดันต่ำ และผ่านหน้าทองขาวลงสายดินกลับสู่แบตเตอรี่ กระแสไฟฟ้าที่ไหล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผ่านขดลวดแรงดันต่ำ และผ่านหน้าทองขาวลงสายดินกลับสู่แบตเตอรี่ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดแรงดันต่ำดังกล่าว จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กโดยรอบขดลวด การหมุนของลูกเบี้ยวในจานจ่ายทำให้หน้าทองขาวแยกออกจากกัน กระแสไฟฟ้าจึงหยุดไหลและสนามแม่เหล็กในคอยล์สลายตัว การสลายตัวของสนามแม่เหล็กก่อให้เกิดแรงดันไฟฟ้าสูงในขดลวดแรงดันสูงของคอยล์ ไฟฟ้าแรงดันสูงจะไหลออกจากคอยล์ผ่านหัวนกกระจอก และผ่านสายหัวเทียนเข้าสู่หัวเทียน เป็นการเริ่มการจุดระเบิดเผาไหม้เชื้อเพลิงในจังหวะกำลัง หลังจากนั้นหน้าทองขาวจะสัมผัสกันอีกครั้งหนึ่งเพื่อเริ่มต้นวัฏจักร

ระบบจุดระเบิดที่กล่าวมาแล้วเป็นอย่างง่ายไม่คำนึงถึงอัตราเร็วรอบเครื่องยนต์ แต่ในทางปฏิบัติแล้ว ต้องมีอุปกรณ์ปรับไทม์มิ่งการจุดระเบิดซึ่งเปลี่ยนแปลงตามอัตราเร็วรอบ และภาระของเครื่องยนต์

หัวเทียน

หน้าที่ของหัวเทียน คือ ทำให้ไฟฟ้าแรงดันสูงกระโดดข้ามเขี้ยวหัวเทียนเพื่อให้เกิดประกายไฟในการจุดระเบิดส่วนผสมของอากาศกับน้ำมันเชื้อเพลิงในกระบอกสูบ คุณสมบัติของหัวเทียนที่ดีต้อง

1. สามารถให้ประกายไฟได้หลายล้านครั้งภายใต้ความร้อนและความดันสูง
2. สามารถนำกระแสไฟฟ้าแรงดันสูงซึ่งอาจสูงถึง 25,000-30,000 โวลต์ เข้าสู่ห้องเผาไหม้ได้หลายครั้งติดต่อกัน
3. มีเขี้ยวหัวเทียนที่ทนทานและมีประสิทธิภาพในการให้ประกายไฟเพื่อจุดระเบิดเผาไหม้เชื้อเพลิง

หัวเทียนมีส่วนที่ยื่นเข้าไปในห้องเผาไหม้ซึ่งได้แก่เขี้ยวหัวเทียน ในขณะที่ส่วนผสมของอากาศกับน้ำมันเชื้อเพลิงเผาไหม้ อุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้จะสูงขึ้นอย่างรวดเร็วซึ่งสูงกว่า 1,650 องศาเซลเซียส และหลังจากนั้นจะเย็นตัวลงอย่างรวดเร็วเช่นกัน เมื่ออากาศและน้ำมันเชื้อเพลิงถูกดูดเข้ากระบอกสูบในจังหวะดูด หลังจากการเผาไหม้เกิดขึ้น จะมีสิ่งตกค้างภายในห้องเผาไหม้ในรูปของคาร์บอน ตะกั่ว ฯลฯ โดยจะจับตัวบนผนังห้องเผาไหม้และบริเวณเขี้ยวหัวเทียนซึ่งเป็นการเพิ่มภาระให้กับหัวเทียน นอกจากนี้หัวเทียนจะต้องมีความสามารถในการระบายความร้อนออกจากบริเวณเขี้ยวหัวเทียนได้ดี เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการชิงจุดระเบิด

ไฟฟ้าแรงดันสูงที่ไหลออกมาจากคอลย์ผ่านหัวนกกระจอกเข้าหัวเทียนที่ขั้วปลาย กระแสไฟฟ้าไหลผ่านขั้วกลางและกระโดดข้ามระยะเขี้ยวหัวเทียนไปยังขั้วดิน การกระโดดของไฟฟ้าแรงดันสูงทำให้เกิดประกายไฟสำหรับจุดระเบิดเผาไหม้เชื้อเพลิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.6 ระบบส่งกำลัง

ระบบส่งกำลังทำหน้าที่ส่งกำลังจากเครื่องยนต์ไปยังล้อด้วยอัตราทดของเฟือง ในอัตราต่างๆ กันระหว่างเพลาข้อเหวี่ยงและเพลาล้อของรถยนต์ อัตราทดที่ออกแบบไว้อาจเป็นเกียร์เดินหน้า 4 อัตราทด และถอยหลัง 1 อัตราทด

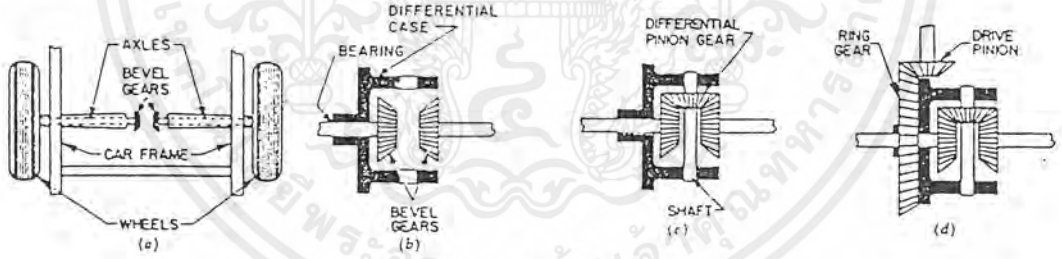
ส่วนประกอบของระบบส่งกำลัง

สายพานส่งกำลัง

ใช้ส่งกำลังจากอุปกรณ์หนึ่งไปอีกอุปกรณ์หนึ่ง โดยอาศัยพู่เลย์ที่มีขนาดต่างๆ กันเพื่อช่วยเพิ่มหรือลดความเร็วให้ได้ตามต้องการ

เฟืองท้าย

ถ้าขับรถในแนวตรงไม่มีการเลี้ยวเลย ก็ไม่จำเป็นต้องใช้เฟืองท้าย แต่เมื่อมีการเลี้ยว ล้อด้านนอกจะต้องเคลื่อนที่ไปเป็นระยะทางมากกว่าล้อด้านใน ถ้าล้อหลังทั้งสองข้างยึดติดแน่นกับเพลาหลังท่อนเดียวกัน ล้อทั้งสองจะเคลื่อนที่เป็นระยะทางเท่าๆ กัน เมื่อรถเลี้ยว ล้อจะไถลหรือครูดไปกับถนนซึ่งทำให้ยางสึกหรอมาก นอกจากนี้ยังทำให้การบังคับรถขณะเลี้ยวทำได้ยาก เฟืองท้ายจะขจัดปัญหานี้ให้หมดไป เพราะเฟืองท้ายจะทำให้ล้อหมุนไม่เท่ากันขณะเลี้ยว



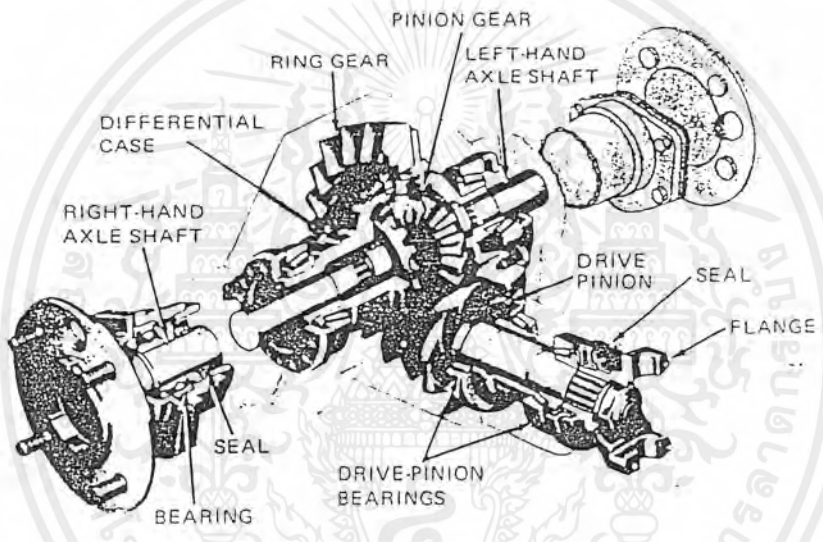
รูปที่ 3-9 เพลาท้ายและเฟืองท้าย

ในการศึกษาโครงสร้างแลการทำงานของเฟืองท้าย เราลองพิจารณาเฟืองท้ายแบบง่ายๆ ล้อทั้งสองยึดอยู่กับเพลาล้อละหนึ่งท่อน ซึ่งมีเฟืองท้ายหรือเฟืองหัวเพลา สวมอยู่ที่ปลายเพลา และเฟืองทั้งสองนี้สวมอยู่ในเรือนเฟืองดอกจอก เพลาด้านซ้ายหมุนเป็นอิสระกับตัวเรือนเฟืองดอกจอก มีเฟืองดอกจอกตัวเล็กขบอยู่ระหว่างเฟืองเพลาทั้งสอง โดยมีแกนสอดยึดติดกับตัวเรือน ดังนั้นเมื่อเรือนเฟือนดอกจอกหมุนไปก็จะเอาเฟืองทั้งสามหมุนไปด้วย ทำให้ล้อทั้งสองหมุนไปพร้อมกัน สมมติว่าล้อหนึ่งอยู่กับที่ เมื่อเรือนเฟืองดอกจอกหมุนไป แกนเฟืองดอกจอกตัวเล็กจะพาเฟืองดอกจอกเคลื่อนที่ตามไป แต่เนื่องจากเฟืองเพลาท้ายข้างหนึ่งอยู่กับที่(ตามที่สมมติ) ฉะนั้นเฟืองดอกจอกตัวเล็กจะหมุนรอบแกนของมันไต่ไปตามฟันเฟืองที่อยู่กับที่ ขณะเดียวกันนี้ฟันเฟืองของเฟืองดอกจอกตัวเล็กก็จะขบฟันเพลาท้ายอีกด้านหนึ่งเพื่อให้หมุนเร็วขึ้น อาการเช่นนี้จะเห็นได้จาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อล้อหลังข้างหนึ่งหมุนเร็วกว่าล้อหลังอีกข้างหนึ่งอย่างไรก็ตามถ้าล้อแล่นทางตรงล้อทั้งสองจะหมุนด้วยความเร็วเท่าๆ กัน อาการเช่นนี้แสดงว่าเฟืองดอกจอกตัวเล็กไม่หมุนรอบแกนของมัน

การที่เฟืองดอกจอกหมุนไปได้ก็มีเฟืองวงแหวนยึดติดอยู่ เฟืองวงแหวนนี้ขบอยู่กับเฟืองขับซึ่งต่ออยู่กับปลายเพลากลางดังรูป 3-10 เมื่อรถแล่นทางตรง เฟืองวงแหวน เรือนเฟืองดอกจอก เฟืองดอกจอก และเฟืองเพลาท้ายหรือเฟืองหัวเพลาทั้งสอง จะหมุนไปคล้ายกับเป็นโลหะแห่งเดียวกันต่อเมื่อรถเริ่มเลี้ยว เฟืองดอกจอกตัวเล็กจะหมุนรอบแกนของมัน ทำให้เพลาท้ายทั้งสองข้างหมุนด้วยความเร็วไม่เท่ากัน เฟืองท้ายที่ใช้กับรถยนต์ที่แท้จริงนั้นจะมีส่วนประกอบที่ยุ่งยากและซับซ้อนมาก ดังรูป 3-10



รูปที่ 3-10 รูปตัดแสดงให้เห็นส่วนประกอบภายในของเพลาและเฟืองท้าย

3.1.7 ระบบกันสะเทือน

ระบบกันสะเทือนของรถยนต์เป็นอุปกรณ์อีกส่วนหนึ่งที่จำเป็นมากสำหรับรถยนต์ เพื่อช่วยลดแรงกระแทกและดูดกลืนการสั่นสะเทือน ทำให้ผู้ขับขี่รู้สึกสบายและป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับชิ้นส่วนต่างๆ ได้อีกด้วย

ระบบกันสะเทือนคือชุดสปริงที่ติดตั้งอยู่ระหว่างโครงฐานกับเพลาท้าย ทำหน้าที่ป้องกันแรงกระแทกไม่ให้ส่งผ่านจากถนนเข้าสู่ตัวถังรถยนต์และห้องผู้โดยสาร ความยืดหยุ่นของชิ้นส่วนในระบบกันสะเทือน จะยอมให้ล้อเลื่อนที่ขึ้นลงได้อย่างอิสระซึ่งช่วยลดแรงกระแทกที่กระทำต่อตัวถังรถยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.8 ระบบเบรก

ในรถไฟฟ้าไฮบริด ใช้เบรกหรือห้ามล้อแบบจานเบรก โดยก้ามปูจะจับจานเบรกเพื่อใช้ในการเบรก

ห้ามล้อรถยนต์เป็นอุปกรณ์ความฝืด ทำหน้าที่เปลี่ยนกำลังงาน ให้เป็นความร้อน ดังนั้นอาจจะอธิบายห้ามล้อได้ในรูปของอุปกรณ์ทางกล เพื่อลดหรือหน่วงความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถลงในรูปของความฝืด เครื่องยนต์เปลี่ยนความร้อนของการเผาไหม้ซึ่งเป็นผลจากการลุกไหม้ของเชื้อเพลิงให้เป็นกำลังงานใช้ในการขับเคลื่อนรถ ห้ามล้อเปลี่ยนกำลังงานของโมเมนตัม (พลังงานจลน์) ของรถที่กำลังเคลื่อนที่ ให้เป็นความร้อนในรูปของความฝืด

ตัวประกอบที่ควบคุมการหยุดของรถ

ความเร็วรถ ชนิดและสภาพของถนนจะเป็นตัวประกอบสำคัญที่ต้องพิจารณาในการควบคุมการหยุดของรถ นอกจากนี้ยังมีตัวประกอบอื่นๆที่เกี่ยวข้องอีก ได้แก่

1. ความเร็วและน้ำหนักของรถ เนื่องจากการหยุดรถเกี่ยวข้องกับการรับเอาพลังงานมาสะสมไว้ ความเร็วยิ่งสุด และน้ำหนักยิ่งมาก พลังงานที่จะต้องใช้เพื่อทำให้รถหยุดยิ่งมาก
2. ผิวหน้าถนน งานสูงสุดที่ห้ามล้อสามารถทำงานได้คือยึดล้อรถไว้ไม่ให้หมุน อย่างไรก็ตามการหยุดรถที่รวดเร็วที่สุดไม่ใช่เกิดขึ้นในขณะที่ล้อหยุดหมุนหรือลื่นไถล แต่เกิดขึ้นในขณะที่ล้อกำลังจะหยุดหมุนหรือลื่นไถล สัมประสิทธิ์ทางความฝืดระหว่างผิวหน้าถนนกับยางรถจะมีค่าสูงสุดคือ ก่อนที่ล้อจะเริ่มต้นลื่นไถลเล็กน้อย สัมประสิทธิ์ทางความฝืดระหว่างยางกับถนนจะแตกต่างกันตาม ความแตกต่างของแบบและสภาพของผิวหน้าถนน
3. ดอกยาง สภาพของดอกยางเป็นตัวประกอบที่สำคัญในการควบคุมการหยุดของรถ ดอกยางใหม่มีร่องระบายน้ำลึกมาก จะให้สัมประสิทธิ์ของความฝืดสูงกว่ายางหัวโล้น
4. สภาพถนน ถ้ารถแล่นขึ้นเขาและทำการห้ามล้อในช่วงนี้ แรงโน้มถ่วงจะช่วยให้การหยุดรถได้เร็วขึ้น แต่ถ้ารถแล่นลงเขาและทำการห้ามล้อแรงโน้มถ่วงก็จะพยายามทำให้รถเคลื่อนที่ ดังนั้นต้องเพิ่มแรงในการเหยียบเบรกมากขึ้น
5. จำนวนล้อที่ถูกเบรก ล้อทุกล้อควรจะมีอุปกรณ์ในการเบรกอยู่ด้วยเพื่อทำให้เกิดการห้ามล้อได้ดีที่สุด เพราะถ้าล้อที่ไม่มีอุปกรณ์เบรกประกอบอยู่จะต้องใช้เวลาในการหยุดรถเพิ่มขึ้น ด้วยเหตุนี้รถยนต์จึงมีอุปกรณ์เบรกประกอบอยู่ทุกล้อ (เบรกทั้ง 4 ล้อ)
6. ความฝืดระหว่างผ้าเบรกและจานเบรกดรัม สัมประสิทธิ์ความฝืดระหว่างผ้าเบรกกับจานเบรกดรัมจะเป็นตัวควบคุมความสามารถของห้ามล้อที่จะป้องกันล้อไม่ให้หมุนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. แรงดันในการห้ามล้อ ตัวประกอบที่สำคัญอีกประการหนึ่ง ได้แก่ แรงที่ใช้ในการเหยียบเบรกและการได้เปรียบเชิงกลของก้านต่อ(จากคันเหยียบเบรคและแม่ปั๊มกระบอกเบรกที่ล้อ และขาเบรก)
8. การเพิ่มแรงดันในตัวเองและขาเบรก มีในเฉพาะดรัมเบรกเท่านั้น เมื่อขาเบรกถูกดันออกด้านกับจานเบรกดรัม ขาเบรกมีแนวโน้มที่จะหมุนตามจานเบรกดรัมไป จึงเกิดแรงในรูปลิ่ม ทำให้ผ้าเบรกอัดกับดรัมแน่นขึ้น อาการดังกล่าวนี้คือการเพิ่มกำลังดันในตัวเองของขาเบรก ตำแหน่งที่ติดตั้งสลักยึด เป็นตัวประกอบที่สำคัญในการทำให้เกิดการเพิ่มกำลังดันในตัวเองของขาเบรก
9. การถ่ายเทน้ำมัน น้ำหนักที่ลงบนระบบการรองรับน้ำหนักล้อหน้าและระบบการรองรับน้ำหนักล้อหลังของรถส่วนมากจะเท่ากันหรือเท่าเทียมกัน แต่เมื่อห้ามล้อทำงาน น้ำหนักของล้อหลังจะถ่ายเทไปยังล้อหน้า ซึ่งเกิดขึ้นโดยความโน้มเอียงของรถที่จะเคลื่อนที่ไปข้างหน้าต่อไป ถ้าห้ามล้อทำงานรุนแรงมากขึ้น (คือเบรกให้รถหยุดเร็วขึ้น) การถ่ายเทน้ำหนักจากล้อหลังไปยังล้อหน้าจะยิ่งมากขึ้น ดังนั้นในการออกแบบห้ามล้อจะออกแบบให้ล้อหน้ามีแรงเบรกมากกว่าล้อหลัง ซึ่งอาจจะทำได้โดยทำให้กระบอกเบรกที่ล้อหน้าใหญ่กว่าล้อหลัง
10. แรงในการเบรกของเครื่องยนต์ ใช้เครื่องยนต์ในการเบรกรถให้ช้าลงได้ ผลของการเบรกของเครื่องยนต์จะเกิดขึ้นน้อยในขณะขับด้วยเกียร์ที่สูง แต่ในตำแหน่งเกียร์ต่ำการใช้เครื่องยนต์เบรกจะมีผลมากกว่า หรือในกรณีที่รถแล่น เกียร์ 4 แล้วเปลี่ยนเป็นเกียร์ 3 รถจะแล่นช้าลง เรียกว่า ใช้เกียร์ช่วยในความเร็วของรถ

แรงในการห้ามล้อ

เมื่อทำการห้ามล้อรถจะต้องใช้แรงเป็นจำนวนมาก ทั้งนี้เพราะจะต้องหยุดรถในเวลาที่สั้นกว่าเมื่อเร่งความเร็ว วิธีง่ายๆ ที่จะอธิบายก็คือการเปรียบเทียบระหว่างแรงม้าที่ต้องการในการเร่งความเร็วของรถ และแรงม้าที่ต้องการในการหยุดรถ

รถที่ใช้เครื่องยนต์ขนาด 100 แรงม้า จะต้องใช้เวลาประมาณ 60 วินาที เพื่อเร่งความเร็วของรถขึ้นไปถึง 60 ไมล์/ชั่วโมง แต่รถคันนี้จะต้องสามารถหยุดจากความเร็ว 60 ไมล์/ชั่วโมง ในเวลาไม่เกิน 6 วินาที ซึ่งอาจจะกล่าวอีกอย่างหนึ่งได้ว่า ห้ามล้อจะต้องทำงานเท่ากับเครื่องยนต์ แต่ใช้เวลาเพียง 1/10 ของเครื่องยนต์ นั่นคือ ห้ามล้อจะต้องทำงานโดยสร้างแรงม้าขึ้นประมาณ 1,000 แรงม้าเพื่อหยุดรถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลเนื่องจากน้ำหนักและความเร็ว

น้ำหนักและความเร็วของรถมีผลในการห้ามล้อ ถ้าน้ำหนักของรถเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า พลังงานของการเคลื่อนที่ซึ่งจะเปลี่ยนไปเป็นพลังงานความร้อนจะเป็นสองเท่าด้วย หรือกล่าวอีกอย่างหนึ่งได้ว่า ถ้าน้ำหนักเป็นสองเท่าจำนวนความร้อนที่ได้รับมาและกระจายไปจะเป็นสองเท่าด้วย ด้วยเหตุนี้ไม่ควรบรรทุกน้ำหนักมากเกินไป

ความเร็วที่เพิ่มขึ้นยิ่งเป็นอันตรายมากกว่า เพราะถ้าความเร็วเป็นสองเท่า ความเร็วที่จะทำให้รถหยุดจะเพิ่มเป็นสี่เท่า และห้ามล้อต้องรับแรงและกระจายความร้อนเป็นสี่เท่าด้วย

ความฝืดของยางและห้ามล้อ

เมื่อเหยียบคันเบรคให้เบรกทำงาน ขาเบรกจะถูกดันให้กางออกไปสัมผัสหรือเสียดสีกันจานเบรกดรัม ทำให้การหมุนของล้อช้าลง พร้อมกันนั้นความฝืดระหว่างยางกับพื้นถนนทำให้ความเร็วของรถช้าลง อย่างไรก็ตาม ความฝืดระหว่างขาเบรกกับจานเบรกจะไม่อยู่คงที่ แต่พยายามเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น จากผลการทดสอบสัมประสิทธิ์ของความฝืดของผ้าเบรกจะอยู่ในช่วง 0.35-0.50 ความแตกต่างกันอยู่ที่วัสดุที่ใช้ทำผ้าเบรกและจานเบรกดรัมความฝืดของยางถนนกับถนนจะมีประมาณ 0.02 แต่ก็แตกต่างกันระหว่างผิวหน้าถนน เช่นกัน

ในการหยุดรถให้ได้รวดเร็วที่สุดนั้นจะกระทำได้ต่อเมื่อล้อกำลังหมุนอยู่ ในทันทีที่ล้อถูกล็อคหรือถูกจับแน่นไม่สามารถหมุนได้ จะมีความฝืดน้อย และรถจะไม่หยุดโดยเร็ว (ล้อจะลื่นไถลไปอีกเป็นระยะทางจำนวนหนึ่ง)

สัมประสิทธิ์ของความฝืดของผ้าเบรกส่วนมากจะเพิ่มตามอุณหภูมิที่สูงขึ้น แต่ก็ไม่เสมอไป ดังรูป แสดงสัมประสิทธิ์ของความฝืดของผ้าเบรกชนิดหนึ่งซึ่งเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่สูงขึ้น เป็นผลทำให้เบรกตาย ผ้าเบรกอันที่สองค่อนข้างคงที่ แต่ผ้าเบรกอันที่สามสัมประสิทธิ์ตกต่ำลงอย่างรวดเร็ว เป็นผลให้เบรกไม่อยู่

การถ่ายเทน้ำหนัก

การที่ทำกระบอกเบรกล้อหน้า ใหญ่กว่าที่ล้อหลัง เหตุผลก็คือเพื่อชดเชยการถ่ายเทน้ำหนักไปทางข้างหน้าของรถเมื่อเหยียบเบรก ให้ห้ามล้อทำงานเพื่อหยุดรถอย่างรวดเร็ว จากผลของการถ่ายเทน้ำหนักนี้เบรกของล้อหน้าจะต้องทำงานมากกว่าเบรกของล้อหลัง

ผลของการถ่ายเทน้ำหนักนี้เกิดขึ้นเพราะจุดศูนย์ถ่วงของรถอยู่เหนือจุดศูนย์กลางของล้อรถ ผลลัพธ์ของอาการดังกล่าวนี้สังเกตได้จากการที่ส่วนหน้าของรถต่ำลง และส่วนท้ายของรถยกขึ้นเมื่อทำการเบรกอย่างรุนแรง หรือพูดง่ายๆก็คือขณะที่เบรกอย่างรุนแรงส่วนหน้าจะคว่ำลงส่วนตอนท้ายจะกระดกขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประสิทธิผลของห้ามล้อ

มีองค์ประกอบหลายอย่างที่มีผลต่อการห้ามล้อดังนี้

1. พื้นที่ของผ้าเบรก
2. จำนวนแรงดันที่กระทำต่อขาเบรก
3. รัศมีของจานเบรกดรัม
4. รัศมีของล้อรถ (จากศูนย์กลางของล้อถึงดอกยางด้านนอก)
5. สัมประสิทธิ์ของความฝืดระหว่างผิวหน้าของการเบรก
6. สัมประสิทธิ์ของความฝืดระหว่างผิวหน้าของยางกับถนน

ในข้อ 3 และ 4 เป็นเรื่องของการได้เปรียบเชิงกล ถ้าใช้จานเบรกดรัมที่รัศมีสั้นกับล้อที่มีรัศมียาวจะต้องการพื้นที่ผิวหน้าผ้าเบรกมากขึ้น หรือจะต้องใช้แรงดันกดผ้าเบรกสูงขึ้นมากกว่าใช้จานเบรกดรัมขนาดใหญ่กับล้อขนาดเล็ก

ถ้าผิวถนนเป็นโคลนหรือมีน้ำมันลื่นอยู่ในสภาพที่คล้ายคลึงกันนี้ ความฝืดระหว่างยางกับผิวหน้าถนนจะมีเพียงเล็กน้อย ผลของการห้ามล้อจะลดลงมาก นอกจากนี้ถ้าดอกยางข้างหนึ่งสึกหรอมากและดอกยางข้างหนึ่งยังใหม่อยู่จะทำให้การห้ามล้อไม่เท่ากัน ดังได้กล่าวแล้วว่าแรงพยายามในการห้ามล้อสูงสุดจะเกิดขึ้นตราบเท่าที่ล้อยังคงหมุนอยู่ เมื่อเหยียบคันเหยียบเบรกล้อยังคงกลิ้งตัว หรือลื่นไถล ขึ้นอยู่กับค่าความสัมพันธ์ของสัมประสิทธิ์ของความฝืดระหว่างผิวหน้ากับเบรก (ผ้าเบรกกับจานเบรก) และระหว่างยางกับถนน การกดดันผิวหน้าการเบรกเข้าด้วยกันอย่างรุนแรงเพื่อพยายามเพิ่มความฝืดให้ถึงจุดที่ว่าล้อจะถูกล็อค (ไม่หมุน) และเกิดการลื่นไถล เมื่อเป็นเช่นนี้ อาการเบรกจะเกิดขึ้นระหว่างยางกับถนน ซึ่งทำให้เกิดความร้อนสูง ทำให้ยางสึกหรอ นั่น คือ เมื่อล้อถูกล็อคผลของการเบรกจะลดลงด้วย

ผลของการห้ามล้อจะดีที่สุดเมื่อความฝืดของผิวหน้าจานเบรกทำให้ล้อเกือบจะถูกล็อค ที่จุดนี้ความฝืดระหว่างผิวหน้าจานเบรกกับผ้าเบรก และผิวหน้ายางกับถนนเกือบจะเท่ากันหรือเท่ากัน ความฝืดที่เกิดขึ้นนี้คือความฝืดสูงสุดที่ใช้ในการหน่วงหรือทำให้การเคลื่อนที่ของรถช้าลง ความฝืดที่เกิดขึ้นระหว่างยางกับถนนเป็นตัวบังคับขีดจำกัดของการเบรกซึ่งอาจจะแสดงอาการที่เกิดขึ้นเมื่อล้อหมุนหรือกลิ้งตัวอยู่ และเมื่อล้อถูกล็อคเกิดการลื่นไถล เมื่อล้อกลิ้งไปตามถนนส่วนของยางที่สัมผัสกับถนนจะไม่มีการเคลื่อนที่สัมพันธ์กัน แต่เมื่อล้อลื่นไถลจะมีการเคลื่อนที่สัมพันธ์กันเกิดขึ้นที่จุดของยางจะสัมผัสกับถนนเนื่องจากล้อไม่ได้หมุนในขณะเคลื่อนที่ไป ดังนั้นเมื่อล้อลื่นไถล อย่างไรก็ตาม ห้ามล้อก็ยังได้รับการออกแบบให้ผู้ขับรถสามารถที่จะล็อคล้อได้ถ้าคนขับออกแรงเหยียบคันเหยียบเบรกมากพอ

ในข้อที่ 2 มีความสำคัญมากซึ่งจะต้องพิจารณาสำหรับผลของห้ามล้อ แรงดันที่ออกจากขาเบรกด้านกับจานเบรกจะเริ่มเกิดขึ้นเมื่อผู้ขับรถเหยียบเบรก แรงที่ต้นขาเบรกนี้จะเพิ่มขึ้นอีก ถ้าใช้ชุดห้ามล้อกำลัง ช่วย แรงดันไฮดรอลิกหรือน้ำมันเบรกนี้ยังเพิ่มขนาดแม่ปั๊มและขนาดกระบอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เบรกที่ล้อ นอกจากนี้ยังมีตัวประกอบอื่นๆ ที่สำคัญคือการเพิ่มแรงดันในตัวเอง และอาการเซอโว ซึ่งจะเพิ่มแรงดันในการดันขาเบรกด้านกับจานเบรกดรัมมากขึ้น

อาการเซอโวและการเพิ่มแรงดันในตัวเองนี้เกิดจากตำแหน่งของสลักยึด และการหมุนของจานเบรกดรัมซึ่งลากขาเบรกตามไปด้วย เมื่อจานเบรกหมุนไป แรงดันที่เกิดจาก ขาเบรกจะถูกดันให้ต้านกับจานเบรกมากขึ้นซึ่งมากกว่าแรงดันที่ใช้ในการผลักดันขาเบรก ลักษณะเช่นนี้เรียกว่าการเพิ่มกำลังในตัวเอง

ยิ่งใกล้สลักยึดมากเท่าไร กำลังงานที่เกิดขึ้นในขณะรูปลิ่มจะยิ่งมากขึ้น กำลังงานนี้เริ่มจากด้านโท ของขาเบรก และเพิ่มมากขึ้นตามลำดับเมื่อใกล้สลักยึด ถ้าจานเบรกดรัมหมุนไปในทิศทางตรงข้ามจะไม่มีการเพิ่มกำลังงานในตัวเอง แต่เนื่องจากขาเบรกมีสองอันดังนั้นจะมีขาเบรกขาหนึ่งทำให้เกิดกำลังงานในตัวเอง ไม่ว่าจานเบรกดรัมจะหมุนไปในทิศทางใด

การเพิ่มกำลังงานในตัวเองของขาเบรกนี้สามารถทำได้ทั้ง 2 ขา โดยให้ขาเบรกข้างหนึ่งช่วยผลักดันขาเบรกอีกข้างหนึ่ง ในลักษณะเช่นนี้เรียกว่าอาการเซอโว เพื่อทำให้เกิดอาการเซอโวดังกล่าวนี้ ปลายด้านล่างของขาเบรกทั้งสองจะยึดติดเข้าด้วยกันโดยใช้สปริงและสกรูปรับแต่ง ส่วนปลายด้านบนของขาเบรกทั้งสองสามารถเคลื่อนไปได้เล็กน้อย เพื่อสัมพันธ์กับเพลาหรือแกนล้อ เมื่อห้ามล้อทำงานขาเบรกทั้งสองจะเคลื่อนที่ไปกับจานเบรกดรัม จนกระทั่งปลายด้านบนของขาเบรกอันหลังยันกับสลักยึดไม่สามารถเคลื่อนที่ต่อไปได้ และขาเบรกอันหน้าก็หยุดเคลื่อนที่ เพราะยึดอยู่กับเบรกอันหลัง ขาเบรกที่เริ่มต้นทำให้เกิดอาการเซอโวเรียกว่า ขาเบรกไพรมารี่ ขาเบรกอีกขาหนึ่งเรียกว่า ขาเบรกเซคั่นนารี่

หน้าที่และชนิดของห้ามล้อ

ดังได้กล่าวมาแล้วว่าห้ามล้อเป็นกลไสำหรับทำให้รถแล่นช้าลงหรือทำให้รถหยุด ซึ่งทำงานโดยไฮดรอลิก กลไกในการทำงานจะดันขาเบรก หรือแผ่นเบรก ด้านการหมุนของจานเบรกดรัม ที่ล้อเมื่อผู้ขับรถเหยียบคันเหยียบเบรก ความฝืดระหว่างขาเบรก (ฝักเบรก) หรือแผ่นเบรก กับจานเบรกดรัม ทำให้ล้อช้าลงหรือหยุด

เนื่องจากขาเบรกมีผ้าเบรกทำด้วยวัตถุแอสเบสทอส(ใยหิน) สามารถทนต่อความร้อนและอาการดึงหรือลากได้เป็นอย่างดี เมื่อขาเบรกถูกดันให้ต้านกับจานเบรคดรัมในระหว่างการห้ามล้ออย่างรุนแรงขาเบรกหรือแผ่นเบรกอาจจะถูกกดต้านกับดรัมด้วยแรงดันสูงถึง 1000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว(70.31 กก./ตร.ซม.) เนื่องจากความฝืดที่เพิ่มขึ้นตามน้ำหนักหรือกำลังดันที่เพิ่มขึ้นจะเกิดอาการลากที่เกิดจากความฝืดรุนแรงขึ้นที่ดรัม ทำให้ล้อได้รับการเบรกอย่างรุนแรงเช่นเดียวกัน

ดังได้กล่าวมาแล้วว่า ผลของความฝืดระหว่างผ้าเบรกกับแผ่นเบรกกับดรัม ทำให้เกิดความร้อนสูง เมื่อเราถูมือไปมาแรงๆ หลายๆ ครั้ง จะรู้สึกอุ่นขึ้นหรือร้อนขึ้นเช่นกัน และถ้าทำการห้ามล้ออย่างรุนแรงอุณหภูมิจะสูงถึง 500 องศาฟาเรนไฮต์ (260 องศาเซลเซียส) ความร้อนนี้จะกระจายออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกไปหลายทาง ในแบบดรัมความร้อนบางส่วนจะไปยังผ้าเบรกและไปยังขาเบรก และแผ่นจากรองรับชุดเบรก แล้วกระจายไปในอากาศ แต่ความร้อนส่วนใหญ่จะถูกดรัมรับเอาไว้ ถ้าความร้อนมากเกินไปเกิดผลเสียต่อการห้ามล้อ เพราะอาจทำให้ผ้าเบรกไหม้ได้ นอกจากนี้การที่ผ้าเบรกและขาเบรกร้อน จะทำให้ประสิทธิภาพของการเบรกลดลง คือ เบรกไม่ค่อยอยู่ เช่น ในกรณีขับรถลงเขาเป็นระยะทางยาว และเหยียบเบรกติดต่อกันเป็นระยะเวลานาน

การทำงานของชุดเบรก

เมื่อกระบอกเบรกที่ล้อได้รับกำลังดันจากแม่ปั๊ม ลูกสูบและก้านต่อจะดันขาเบรกให้กางออกต้านกับจานเบรกดรัมที่หมุนอยู่ เนื่องจากขาเบรกหมุนไม่ได้ มันจะทำให้จานเบรกและล้อหยุดหมุน

พลังงานจลน์ (พลังงานที่สะสมอยู่ในวัตถุเคลื่อนที่) ของรถที่กำลังเคลื่อนที่ จะถูกเปลี่ยนความร้อนโดยเบรก รถที่เคลื่อนที่เร็วจะมีพลังงานจำนวนมาก การที่จะทำให้มันหยุดได้จะทำให้เกิดความร้อนจำนวนมากด้วยเช่นเดียวกัน ความร้อนที่เกิดขึ้นนี้เกือบทั้งหมดจะกระจายออกไปยังอากาศ โดยผ่านจานเบรกความร้อนบางส่วนจะผ่านไปยังขาเบรกและผ่านการรองรับชุดเบรก

เมื่อผ้าเบรกร้อนจัดจะทำให้สูญเสียคุณสมบัติทางความฝืดไปจำนวนมาก ทำให้เกิดอาการที่เรียกว่าเบรกไม่อยู่ ถึงแม้จะออกแรงเหยียบเบรกเต็มที่หรือเพิ่มขึ้นก็ไม่สามารถทำให้รถหยุดได้อย่างรวดเร็ว

รถบางคันออกแบบสำหรับให้แล่นด้วยความเร็วสูง จะใช้ผ้าเบรกทำด้วยโลหะพิเศษที่มีความต้านทานสูงต่อการเบรกไม่อยู่เนื่องจากความร้อนดังกล่าว

3.2 มอเตอร์กระแสตรง

ข้อมูลจำเพาะของมอตอร์กระแสตรงของรถไฟฟ้าไฮบริดต้นแบบ

มอเตอร์กระแสตรง 1.2 แรงม้า 60-200 โวลต์

3.2.1 ส่วนประกอบของมอเตอร์กระแสตรง

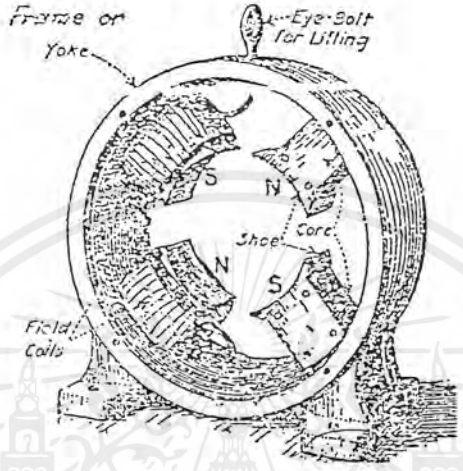
1. โครง
2. ขั้วสนามแม่เหล็ก
3. แปรงถ่าน
4. อาร์เมอเจอร์
5. คอมมิวเตเตอร์
6. ฝาครอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. วงจรควบคุมความเร็ว

โครง

เป็นโครงสำหรับยึดขั้วสนามแม่เหล็ก ทำหน้าที่เชื่อมวงจรแม่เหล็กให้ครบวงจร ซึ่งจะจำเอาวัสดุชนิดที่ไม่ใช่สารแม่เหล็กมาสร้างเป็นโครงไม่ได้ ดูรูป 3-11



รูปที่ 3-11 โครงของมอเตอร์กระแสตรง

ขั้วสนามแม่เหล็ก

เป็นเหล็กแผ่นบางๆ หนาประมาณ 0.025 นิ้วอาบน้ำยาแล้วนำมาอัดกันเป็นปึกเมื่อสร้างเป็นขั้วสนามแม่เหล็ก ทำหน้าที่ให้เกิดสนามแม่เหล็ก เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดที่พันรอบตัวมัน

แปรงถ่าน

เป็นส่วนผสมของถ่านแกรไฟท์ทำเป็นแท่งสี่เหลี่ยม ทำหน้าที่เป็นตัวนำกระแสไฟฟ้าเข้ายังคอมมิวเตเตอร์ แปรงถ่านจะต้องกดอยู่ในตำแหน่งที่เลื่อนไปมาไม่ได้ ต้องมีสปริงกดแท่งแปรงถ่านเพื่อกันหลุดและมีซองถ่าน ซึ่งทำด้วยโลหะบังคับไว้ เรียกว่า Brush Holder สปริงมีแรงกดประมาณ 1.5 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว จากแปรงถ่านมีสายทองแดงเล็กๆ หลายเส้นพันเป็นเกลียวต่อไปยังขั้วต่อสาย

อาร์เมเจอร์

สร้างด้วยเหล็กแผ่นบางๆ เรียกว่า Laminated Iron Core แต่ละแผ่นหนาประมาณ 0.025นิ้ว การทำด้วยเหล็กแผ่นบางๆ หลายๆ แผ่นอัดแน่นก็เพื่อลดกระแสไหลวนในแกนเหล็ก รอบตัวอาร์เม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เจอร์จะมีช่องว่างขนาดกว้างเท่าๆ กัน สำหรับพันขดลวดเรียกว่า Slot ปลายของขดลวดทุกปลายต่อไปยังคอมมิวเตเตอร์

คอมมิวเตเตอร์

การสร้างประกอบด้วยชิ้นส่วนของทองแดงหลายๆ ชิ้นส่วน มี ไมก้า เป็นฉนวนคั่นระหว่างชิ้นส่วนของทองแดงเหล่านี้ มีหน้าที่เป็นตัวนำกระแสไฟฟ้าเข้าไปยังขดลวด ของอาร์เมเจอร์และเป็นหัวต่อขั้วของขดลวดทั้ง 2 ปลาย

ฝาครอบ

คือ ฝาครอบมอเตอร์ หน้าที่เพื่อบังคับให้อาร์เมเจอร์หมุนตรงอยู่ในแนวเส้นแรงแม่เหล็กและให้อยู่ในแนวศูนย์กลางของมอเตอร์

3.2.2 หลักการทำงานของมอเตอร์กระแสตรง

มอเตอร์กระแสตรง คือ อุปกรณ์ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล และขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้ากระแสตรง เมื่อป้อนกระแสให้กับมอเตอร์ ทิศทางการหุนของมอเตอร์จะเป็นไปตามกฎมือซ้าย

รูปที่ 3-12 กฎมือซ้าย

เมื่อใช้กฎมือซ้ายจะได้ทิศทางการหมุนของมอเตอร์ในทิศทางตามเข็มนาฬิกา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับ

เมื่อมอเตอร์กระแสตรงหมุน ลวดตัวนำแต่ละเส้นซึ่งมีกระแสไหลผ่านจะตัดกับเส้นแรงแม่เหล็กจากขั้วแม่เหล็กใหญ่ ทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าขึ้นมาจำนวนหนึ่งในทิศทางที่สวนกับทิศทางของกระแสที่ป้อนให้กับมอเตอร์ ลองพิจารณาทิศทางของการเคลื่อนไฟฟ้ากลับ

เนื่องจากแรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับเกิดจากการที่ลวดตัวนำหมุนตัดผ่านเส้นแรงแม่เหล็กจากขั้วแม่เหล็กใหญ่ มีสมการดังนี้

$$E_b = p\phi \times \frac{n}{60} \times \frac{Z_c}{a} \qquad (3.1)$$

เมื่อให้ ϕ คือ จำนวนเส้นแรงแม่เหล็กต่อหนึ่งขั้วแม่เหล็ก (Wb)

Z คือ จำนวนเส้นลวดตัวนำทั้งหมดบนอาร์เมเจอร์

p คือ จำนวนขั้วแม่เหล็ก

a คือ จำนวนวงจรขนานระหว่างขั้วบวกและขั้วลบ

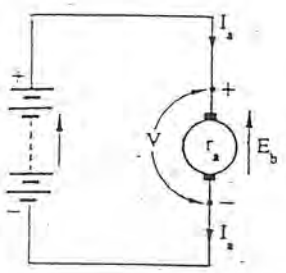
n คือ จำนวนรอบหมุนต่อนาที

จากสมการ (3.1) เนื่องจากแรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับแปรผันโดยตรงกับจำนวนรอบหมุนของมอเตอร์ ดังนั้นในกรณีที่มอเตอร์ยังไม่เริ่มหมุน (n=0) แรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับจะมีค่าเท่ากับศูนย์ด้วย กำหนดมอเตอร์กระแสตรงขนาด 4 กิโลวัตต์ 200 โวลต์ ความต้านทานภายในของอาร์เมเจอร์ 0.5 โอห์ม ถ้าป้อนไฟฟ้ากระแสตรงจากแหล่งจ่ายขนาด 200 โวลต์ ให้กับมอเตอร์ในสภาพที่หยุดหมุน จะเห็นว่ากระแสจะไหลในขดอาร์เมเจอร์ทันทีถึง 400 แอมแปร์(200/0.5) แต่เนื่องจากกระแสที่ไหลในขดอาร์เมเจอร์ แม้ที่ในขดอาร์เมเจอร์ขณะที่มอเตอร์หมุนด้วยขนาดของกระแสเพียง 25 แอมแปร์เป็นอย่างสูง การที่กระแสซึ่งไหลในขดอาร์เมเจอร์ขณะที่มอเตอร์หมุนด้วยขนาดของกระแสเพียง 25 แอมแปร์ได้นั้น เนื่องจากแรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับที่เกิดขึ้นนี้จะพยายามต้านการจ่ายกระแสจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง

(ก) ทิศทางแรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับของอาร์มาเจอร์ (ข) ทิศทางกระแสของอาร์มาเจอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสัมพันธ์ระหว่างแรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับและกระแส



รูปที่3-13 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับในวงจรอาร์มาเจอร์

เมื่อกำหนดให้ V คือ แรงดันจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงระหว่างคู่แปรงถ่าน

E_b คือ แรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับ

r_a คือ ความต้านทานภายในทั้งหมดในวงจรของอาร์เมเจอร์

I_a คือ กระแสอาร์เมเจอร์

จากรูป จะได้ว่า

$$I_a = \frac{V - E_b}{r_a} \qquad (3.2)$$

หรือ $$V = E_b + I_a r_a$$

$$E_b = V - I_a r_a \qquad (3.3)$$

กรณีที่มอเตอร์ทำงานที่โหลดเต็มที่แรงดันตกคร่อม $I_a r_a$ จะมีค่าประมาณ 10 เปอร์เซนต์ของ V ขณะที่มอเตอร์หยุดหมุน เนื่องจาก $E_b = 0$ จะได้

$$I_s = \frac{V}{r_a} \qquad (3.4)$$

โดยที่ I_s คือ กระแสตอนเริ่มเดินเครื่องมีหน่วยเป็นแอมแปร์ (A)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จาก สมการที่ (3.2) และ (3.4) สามารถอธิบายได้ว่า ขณะที่มอเตอร์ยังไม่เริ่มหมุน เมื่อป้อนไฟฟ้ากระแสตรงจะมีกระแสจำนวนมากไหลในขดอาร์เมเจอร์ มอเตอร์จะหมุนด้วยความเร็วรอบสูงในทันที ทำให้ E_b มีค่าสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว กระแสในอาร์เมเจอร์จะมีค่าลดลงเรื่อยๆจนมีค่าคงที่ในที่สุด

สมการเอาต์พุตของอาร์เมเจอร์

จากสมการที่ (3.3) ได้ว่า

$$V = E_b + I_a r_a \quad (V)$$

หรือ $$E_b = V - I_a r_a \quad (V)$$

เมื่อคูณ I_a ตลอดจะได้

$$VI_a = E_b I_a + I_a^2 r_a \quad (W)$$

หรือ $$E_b I_a = VI_a - I_a^2 r_a \quad (W)$$

โดยที่ VI_a คือ กำลังไฟฟ้าทางด้านอินพุตที่ป้อนให้กับอาร์เมเจอร์

$I_a^2 r_a$ คือ การสูญเสียจากลวดตัวนำในอาร์เมเจอร์

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

$$\boxed{P_{ar} = E_b I_a} \quad (3.5)$$

กำลังกล (P_{ar}) บางส่วนจะสูญเสียไปในรูปของการสูญเสียทางกล และการสูญเสียในแกนเหล็กจึงไม่สามารถปรากฏออกมาให้เห็นได้หมด จากสมการที่ (3.1)

$$E_b = \phi \times Z_c \times \frac{n}{60} \times \frac{p}{a} \quad (V)$$

เนื่องจากมอเตอร์ซึ่งสร้างสำเร็จรูป นอกจาก n และ ϕ แล้วค่าอื่น ๆ คือ p/a, , Zc มีค่าคงที่หมด จึงสามารถเขียนสมการใหม่ได้ดังนี้

$$\boxed{E_b = Kn\phi} \quad (3.6)$$

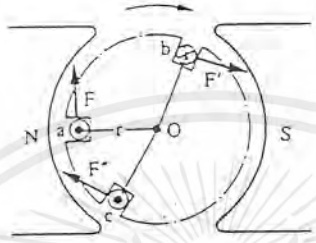
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ $K = \frac{Z_c}{60} \times \frac{p}{a}$

เมื่อคูณ I_a ตลอดจะได้

$$\boxed{E_b I_a = Kn\phi I_a = P_{ar}} \qquad (3.7)$$

แรงบิด



รูปที่ 3-14 โมเมนต์ซึ่งลวดตัวนำอาร์มาเจอร์กระทำรอบจุดศูนย์กลาง

รูปที่ 3-14 แสดงแรงที่กระทำบนลวดตัวนำ (a) ซึ่งห่างจากจุดศูนย์กลาง (O) เป็นระยะ r (หน่วยเป็นเมตร) ในทิศทางสัมผัสกับเส้นรอบวงของแกนเหล็กอาร์เมเจอร์ ที่ตำแหน่งนี้กำหนดให้มีค่าเป็น F นิวตัน ดังนั้นแรงที่กระทำบนลวดตัวนำนี้จะมีโมเมนต์เท่ากับ F*r ซึ่งจะพยายามขับเคลื่อนแกนเหล็กอาร์เมเจอร์ให้หมุนเคลื่อนที่ไป แต่เนื่องจากในแกนเหล็กอาร์เมเจอร์มีสล็อตเป็นจำนวนมาก และแต่ละสล็อตก็มีลวดตัวนำจำนวนมากเช่นกัน ดังนั้นแรงที่กระทำบนลวดตัวนำทั้งหมดนี้เข้าด้วยกัน จะได้ผลรวมของโมเมนต์ ดังนี้

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

โดยที่ T_a คือ แรงบิดที่เกิดขึ้นมีหน่วยเป็น N-m

ดังนั้นแรงบิดคือ ผลรวมของโมเมนต์ของแรงที่กระทำต่อลวดตัวนำรอบจุดศูนย์กลาง

สมการของแรงบิด

จากรูปที่ 3-14 กำลังกล P_a ของลวดตัวนำ (a) ที่เกิดขึ้นจะเท่ากับผลคูณระหว่างแรง (F) มีหน่วยเป็นนิวตันกับระยะทาง $(2\pi r)(n/60)$ มีหน่วยเป็นเมตร ซึ่งเป็นระยะทางที่ลวดตัวนำ (a) เคลื่อนที่ไปในแนวแรงในช่วงเวลา 1 วินาที ดังนั้นจะได้

$$P_a = 2\pi r \times \frac{n}{60} \times F$$

$$= 2\pi \times \frac{n}{60} \times Fr \qquad (W)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

$$P_a = \omega Fr \qquad (W)$$

ดังนั้นผลรวมของกำลังกลที่เกิดขึ้น (P_{ar}) ของลวดตัวนำทั้งหมดจะมีค่าดังสมการ คือ

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

ดังนั้น $$P_{ar} = \omega T_a \qquad (W)$$

และจากสมการที่ (3.7) ได้ว่า

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

ดังนั้น $$Kn\phi I_a = \omega T_a$$

เมื่อแทนค่า K และ $\omega \left(K = \frac{p}{a} \times \frac{Z_c}{60}, \omega = 2\pi\frac{n}{60}\right)$

$$n\frac{p}{a} \times \frac{Z_c}{60} \times \phi I_a = 2\pi\left(\frac{n}{60}\right)T_a$$

$$\boxed{T_a = \frac{1}{2\pi} \times \frac{p}{a} \times Z_c \times \phi \times I_a} \quad (N\text{-}m) \qquad (3.8)$$

$$= K'\phi I_a \quad (N\text{-}m)$$

ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยที่ใช้จริงของแรงบิดกับเอาท์พุต

หน่วยที่ใช้จริงของแรงบิด คือ m-kg ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยที่ใช้งานจริงกับหน่วย MKS สามารถแสดงได้ดังนี้

เนื่องจาก น้ำหนัก 1 kg = แรง 9.8 N

1 (m-kg) = 9.8 (m-N)

หรือ 1 (m-N) = 1/9.8 (m-kg)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการที่ (3.8) จะได้

$$T_a = \frac{1}{9.8 \times 2\pi} \times \frac{p}{a} \times Z_c \times \phi \times I_a \quad (m\text{-}kg)$$

$$= 0.01623 \times \frac{p}{a} \times Z_c \times \phi \times I_a \quad (m\text{-}kg)$$

$$= K'' \phi I_a \quad (m\text{-}kg)$$

โดยที่ $K'' = 0.01623 \times \frac{p}{a} \times Z_c$

ความสัมพันธ์ระหว่างเอาต์พุต แรงบิด และความเร็วรอบ สามารถหาได้ดังนี้

กำหนดให้ P คือ กำลังเอาต์พุตของมอเตอร์มีหน่วยเป็น kW

T คือ แรงบิดซึ่งใช้งานได้จริงกับโหลดมีหน่วยเป็น m-kg

n คือ ความเร็วรอบหมุนมีหน่วยเป็น rpm

จาก $1(m\text{-}kg) = 9.8(m\text{-}N)$

$$\boxed{1(m\text{-}kg/sec) = 9.8 \quad (m\text{-}N/sec)} \qquad (3.9)$$

เนื่องจาก $10^3 * P = \omega(rad/sec) * T(m\text{-}N) \quad (W)$

หรือ $10^3 * P = 2\pi(n/60) * T \quad (W)$

$$T = (60/2\pi) * 10^3 * (P/n) \quad (N\text{-}m)$$

จากสมการที่ (3.9) จะได้

$$\boxed{T = \frac{60 \times 10^3}{2\pi \times 9.8} \times \frac{P}{n} = 974 \times \frac{P}{n} \quad (m\text{-}kg)} \qquad (3.10)$$

จะเห็นว่าแรงบิดแปรผันโดยตรงกับเอาต์พุต P(kW) แต่จะแปรผกผันกับจำนวนรอบหมุน n (rpm)

สมการของความเร็วรอบ

จากสมการที่ (3.3) และ (3.7) จะได้

$$E_b = V - I_a r_a$$

และ $E_b = K\phi n$

ดังนั้น $n = E_b/K\phi = (V - I_a r_a)/K\phi$

$$\boxed{n = V/K\phi \quad (rpm)} \qquad (3.11)$$

$I_a r_a$ ในสมการนี้ประมาณว่ามีค่าน้อยมาก ซึ่งควรใช้เฉพาะกรณีที่มี I_a หรือกระแสโหลดไม่มากนักเท่านั้น จะเห็นว่าความเร็วรอบแปรผันโดยตรงกับแรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับ และแปรผกผันกับจำนวนเส้นแรงแม่เหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สปีดเรกูเลชั่น

สปีดเรกูเลชั่น คือ เทอมซึ่งแสดงขนาดการเปลี่ยนแปลงของความเร็วรอบอันเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของโหลดในมอเตอร์ที่ให้ความเร็วรอบคงที่ และหมายถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงของจำนวนรอบหมุนจากสภาวะโหลดเต็มที่มาเป็นสภาวะไร้โหลดภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดไว้ และอัตราการเปลี่ยนแปลงนี้จะอยู่ในรูปเปอร์เซ็นต์ของความเร็วรอบในสภาวะโหลดเต็มที่

3.2.3 ระบบควบคุมมอเตอร์

กล่าวโดยทั่วๆ ไป ระบบควบคุมมอเตอร์และป้องกันอันตรายมอเตอร์นั้นใช้ระบบประสมแม่เหล็กไฟฟ้าให้สตาร์ตมอเตอร์คล่อมคู่สายต้นกำลัง วิธีสตาร์ตและหยุดมอเตอร์ควรจะกระทำจากแผงสวิตซ์บอร์ดที่อยู่ใกล้ๆตำแหน่งใช้งานมอเตอร์ เพื่อความปลอดภัยสวิตซ์สตาร์ตควรมีทั้งที่ใกล้มอเตอร์นั้นๆ เอง และที่แผงคอนโทรล

ระบบควบคุมมอเตอร์นอกจากจะใช้ควบคุมสตาร์ตและหยุดเดินมอเตอร์แล้ว ยังจะต้องสามารถป้องกันอันตรายอื่น ๆ ได้อีก เช่น จากการโอเวอร์โหลด แรงดันต่ำลงไปเกินควร หรือมอเตอร์เริ่มเดินสะดุด ในสภาวะดังกล่าวสวิตซ์ไฟจะต้องเปิดออกตัดไฟได้โดยอัตโนมัติ เพื่อป้องกันมิให้มอเตอร์ต้องชำรุดเสียหายหรือในกรณีเกิดวงจรลัดขึ้นในมอเตอร์อีกด้วยเช่นกัน

ระบบควบคุมมอเตอร์จะต้องยอมให้กระแสขณะสตาร์ตโอเวอร์โหลดมอเตอร์นานๆ ไม่ได้เด็ดขาด ฉะนั้นการที่จะตั้งปริมาณกระแสที่ยอมให้ผ่านไปได้ จะตั้งต่ำเกินไปนักไม่ได้ มิฉะนั้นกระแสสตาร์ตจะแล่นผ่านไปไม่ได้ มอเตอร์ก็จะสตาร์ตหมุนไม่ติด

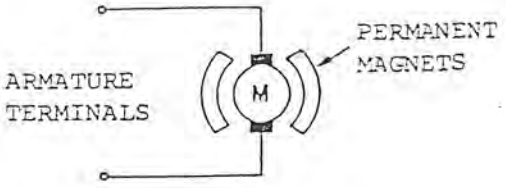
มอเตอร์ที่โอเวอร์โหลดในช่วงระยะเวลาสั้นๆ เป็นการชั่วคราวขณะใช้งาน จะทำให้อายุการใช้งานลดลง เช่น ลดจาก 12 ปี เหลือ 10 ปี ในกรณีเช่นนี้อาจยอมให้เกิดโอเวอร์โหลดได้บ้างและคุ้มค่ากว่าต้องหยุดการทำงาน

มอเตอร์กระแสตรงแบบเส้นแรงแม่เหล็กคงที่

ระบบการกระตุ้นฟิลด์ของมอเตอร์โดยทั่วไปในปัจจุบันมักใช้เป็นแบบ แม่เหล็กถาวร ดังแสดงไว้ในรูป 3.15

สมการต่างๆ ของมอเตอร์แบบแยกกระตุ้นฟิลด์จะเหมือนกับแบบกระตุ้นฟิลด์คงที่ อย่างไรก็ตามข้อดีของมอเตอร์แบบฟิลด์แม่เหล็กถาวรซึ่งเหนือกว่ามอเตอร์แบบมีโครงสร้างของฟิลด์ด้วยการพันของขดลวดคือ ไม่มีกำลังสูญเสียในฟิล์ม มีประสิทธิภาพสูงกว่าและมีขนาดเล็กกว่าเมื่อเทียบกับมอเตอร์ที่มีขนาดของกำลังม้าเท่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-15 มอเตอร์กระแสตรงแบบ ฟิลด์เป็นแม่เหล็กถาวร

ในระบบนี้เส้นแรงของฟิลด์มีค่าคงที่ ดังนั้น อัตราส่วนระหว่างกระแสอาร์มาเจอร์และแรงบิดจะมีค่าคงที่ ดังนั้นสมการ (3.8) เขียนให้ง่ายขึ้นเป็น

$$T = K'I \qquad (3.14)$$

และสมการ (3.1) ได้เป็น

$$E = K_e\omega \qquad (3.15)$$

ระบบนี้จะให้ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสอาร์มาเจอร์ แรงบิดและความเร็วอยู่ในลักษณะลิเนียร์ สมการทางไฟฟ้าของมอเตอร์กระแสตรงแบบนี้เขียนได้เป็น

$$V = K_e\omega + L(di/dt) + Ri \qquad (3.16)$$

เมื่อ V คือโวลท์เตจที่ป้อนให้กับมอเตอร์

K_e คือค่าคงที่ของโวลท์เตจย้อนกลับ

L คืออินดัคแต้นซ์ของอาร์มาเจอร์

R คือความต้านทานที่ขั้วของมอเตอร์

สมการไดนามิคของมอเตอร์คือ

$$T_g = J(d\omega/dt) + B\omega + T_f + T_L \qquad (3.17)$$

เมื่อ T_g คือแรงบิดที่กำเนิดโดยมอเตอร์

J คือผลรวมของโมเมนท์ของแรงเฉื่อยของมอเตอร์และโหลด

B คือสัมประสิทธิ์ของวิสคอสแด้มพ์ปิ้ง

T_f คือแรงบิดเสียดทานภายใน

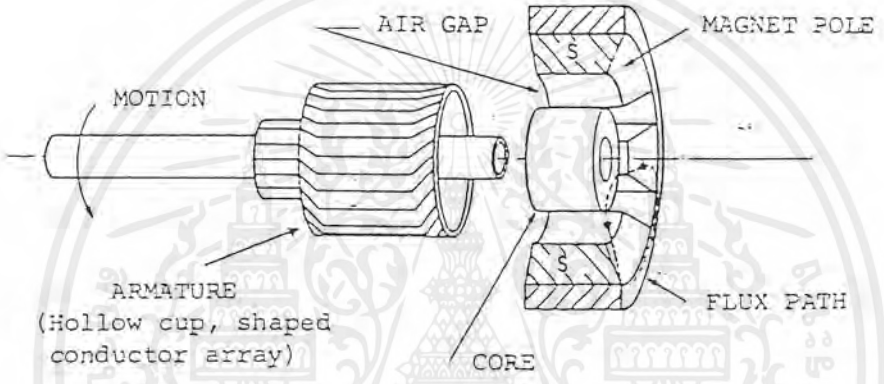
T_L คือแรงบิดโหลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระแสอาร์เมเจอร์ที่สูงกว่ามอเตอร์กระแสตรงแบบฟิลด์เป็นขดลวด การประยุกต์ใช้งานเหมาะกับระบบที่ต้องการแรงบิดของโหลดสูง

มอเตอร์ กระแสตรงแบบอาร์เมเจอร์เป็นขดหมุน

มอเตอร์แบบขดลวดหมุนชนิดนี้ได้รับการออกแบบมาเพื่อให้มีโมเมนต์ของแรงเฉื่อยน้อยมาก โดยมอเตอร์แบบขดลวดหมุนจะมีรูปหน้าตัดด้านข้างแสดงได้ให้เห็นได้ดังรูป 3.16



รูปที่ 3-16 แสดงถึงรูปหน้าตัดซึ่งมองด้านข้างของมอเตอร์กระแสตรงแบบมีมอเตอร์ ขดลวดเคลื่อนที่

โครงสร้างของมอเตอร์แบบนี้จะมีช่องว่างอากาศระหว่างแม่เหล็กมากกว่ามอเตอร์แบบอื่นๆ ดังนั้นจำเป็นต้องออกแบบโครงสร้างของแม่เหล็กให้ใหญ่ขึ้นเพื่อให้ได้ช่องว่างของอากาศระหว่างเส้นแรงของแม่เหล็กที่เท่ากันกับของมอเตอร์ทั้งสองแบบดังกล่าว ดังนั้นราคาของมอเตอร์แบบนี้จึงมีราคาค่อนข้างแพง

นอกจากนี้โครงสร้างของโรเตอร์มีความจุความร้อนต่ำมาก ถ้าหากเกิดโอเวอร์โหลดก็จะทำให้มอเตอร์เสียหายได้ง่าย และโรเตอร์ลักษณะนี้จะมีค่าดินดัคแต้นซ์ต่ำมาก คือ น้อยกว่า 10 ไมโครเฮนรี่ ซึ่งจะทำให้เกิดความเสียหายได้ง่าย และยังมีราคาค่อนข้างแพง ในทางปฏิบัติจึงไม่ค่อยนิยมจะนำมาใช้กัน

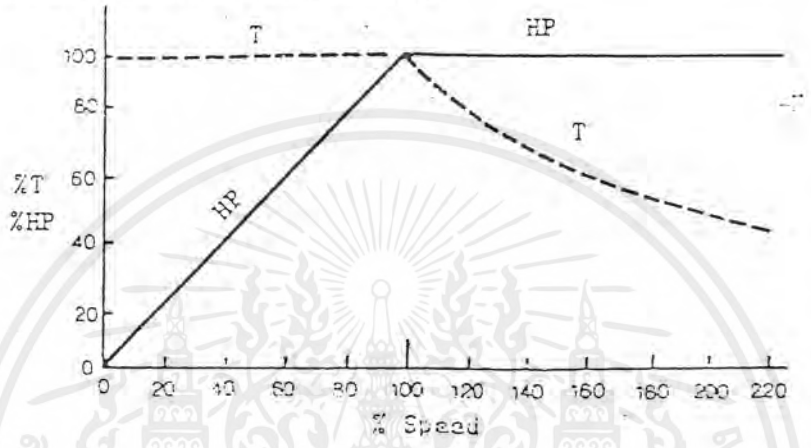
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟความสามารถทำงานของมอเตอร์กระแสตรง

ความสามารถทำงานของมอเตอร์กระแสตรง จะต้องสามารถทำงานได้ตามลักษณะโหลด ซึ่งจำแนกได้ 2 ประการ คือ

1. โหลดที่ต้องการแรงบิดคงที่
2. โหลดที่ต้องการกำลังคงที่

ความสามารถของมอเตอร์กระแสตรงดูได้จากกราฟในรูป ในรูปนี้พื้นฐานของกราฟคือ เบสสปีด หรือ "ความเร็วรอบกำหนด" ของมอเตอร์นั้น



รูปที่ 3-17 ความสามารถทำงานของมอเตอร์กระแสตรง

เบสสปีด คือ ความเร็วรอบของมอเตอร์กระแสตรงขณะใช้กับแรงดันและกระแสที่กำหนด ด้วยสนามแม่เหล็กที่เต็มที่

มอเตอร์ที่จะต้องให้แรงบิดคงที่

ได้แก่กราฟส่วนที่อยู่ทางซ้ายของเบสสปีดในรูป ซึ่งให้แรงบิดคงที่ และปรับค่าความเร็ว รอบได้ด้วย และโดยสมการ

$$HP = Speed * Torque * Constant$$

วิธีควบคุมมอเตอร์ชนิดนี้จะต้องควบคุมให้ความเร็วรอบแปรได้ แต่ไม่สูงกว่าค่าเบสสปีด โดยควบคุมเฉพาะด้านอาร์เมเจอร์เท่านั้น ดังได้บรรยายไว้ข้างต้น

มอเตอร์ที่จะต้องให้กำลัง หรือ HP คงที่

ได้แก่กราฟส่วนที่อยู่ทางขวาของเบสสปีดในรูป ซึ่งให้ค่าสมรรถนะกำลังคงที่ แต่ค่าแรงบิด เปลี่ยนแปลงได้ วิธีควบคุมจะต้องควบคุมด้วยฟิลด์และค่าความเร็วรอบจะต้องหมุนเร็วกว่าเบส สปีด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีเร่งความเร็วรอบกระทำได้โดยลดกำลังสนามแม่เหล็กของฟิลด์ แต่รักษาแรงดันที่อาร์เมเจอร์ให้คงที่ไว้ด้วยสมการ

$$HP = (kW/0.746) * Efficiency$$
$$= (V_a I_a/0.746) * Efficiency = K_1$$
$$= A\ constant\ (\text{โดยประมาณ})$$

หรือ $Torque = (HP / Speed) * K_2$

หรือ $Torque = (K_3 / Speed)$ โดยที่ $(K_1, K_2, K_3 = \text{ค่าคงที่})$

ดังนั้น ค่าแรงบิด ณ ความเร็วรอบเหนือเบสสปีดจะเป็นสัดส่วนผกผันกับค่าความเร็วรอบนั้นๆ

ข้อสังเกต

การใช้งานมอเตอร์กระแสตรง จะต้องทราบว่า

- ค่าเบสสปีดของมอเตอร์ตัวนั้นๆ มีค่าเท่าใด
- การปฏิบัติงานด้วยโหลดที่มี ต้องใช้แรงบิดคงที่ หรือสมรรถนะกำลังคงที่อย่างใดอย่างหนึ่ง หรือทั้งสองอย่าง

กลวิธีควบคุมมอเตอร์ของแต่ละโหลดนั้นแตกต่างกัน

มอเตอร์กระแสตรงที่ต้องการให้แรงบิดคงที่ จะใช้ความเร็วรอบต่ำกว่าเบสสปีด และจะควบคุมด้วยกระแสที่ผ่านเข้าอาร์เมเจอร์ด้วยค่า R

มอเตอร์ที่ต้องให้ค่าสมรรถนะกำลัง จะต้องใช้ความเร็วรอบสูงกว่าเบสสปีด และจะควบคุมเฉพาะทางด้านขดลวดฟิลด์เท่านั้น กับจะต้องรักษาแรงดันที่อาร์เจอร์ให้คงที่ด้วย

การสตาร์ตมอเตอร์

การทำให้มอเตอร์ซึ่งหยุดนิ่งหมุนเคลื่อนที่ด้วยการป้อนแรงดันระหว่างขั้วอินพุตนั้นเรียกว่าการเดินเครื่องหรือสตาร์ต

กำหนดให้

V คือแรงดันแหล่งจ่าย

E_b คือแรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับ

I_a คือกระแสอาร์มาเจอร์

จะได้ $I_a = \frac{V - E_b}{R_a + r_a}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ r_a คือความต้านทานในขดลวดอาร์มาเจอร์

r_s คือความต้านทานของขดซีรี

จะเห็นว่า เมื่อรักษาแรงดันให้คงที่ ขณะที่ E_b มากขึ้น I_a ดังนั้นที่แรงดันคงที่ที่ค่าแรงดันพิกัดนั้น กรณีที่ความเร็วรอบมีค่ามาก E_b :ซึ่งแปรผันโดยตรงกันความเร็วรอบจะมีค่ามากทำให้ (V-E_b) และแม้ ($r_a + r_s$) มีค่าน้อยก็ตาม I_a ก็จะมีค่าจำกัดค่าหนึ่งแต่ในขณะที่เริ่มเดินเครื่องมอเตอร์ให้หมุนนั้น เนื่องจากความเร็วรอบเท่ากับศูนย์ และ E_b ก็เท่ากับศูนย์ด้วย และถ้าป้อนแรงดันที่ค่าแรงดันพิกัดโดยทันทีแล้ว I_a จะมีค่าสูงเกินค่าพิกัดมาก (หลายสิบเท่าของค่าพิกัด) ซึ่งจะเป็นอันตรายต่อขดอาร์มาเจอร์ได้ ดังนั้นเพื่อเป็นการจำกัด I_a ให้มีค่าต่ำลงในระยะแรกสุดของการเดินเครื่อง จะป้อนแรงดันระหว่างขั้วแรงดันให้มีค่าต่ำกว่าแรงดันพิกัดมาก หลังจากนั้นจึงค่อยๆ เพิ่มแรงดันให้มีค่าสูงขึ้นเรื่อยๆ ในขณะที่ความเร็วรอบสูงขึ้นจนถึงค่าแรงดันพิกัด

แต่ในทางปฏิบัติแรงดันระหว่างขั้วจะมีค่าคงที่ที่แรงดันพิกัดตลอดนับตั้งแต่เริ่มทำการเดินเครื่องและในวงจรอาร์มาเจอร์จะมีสตาร์ตติงรีโอสตัต หรือสตาร์ตเตอร์ต่ออนุกรมกับอาร์มาเจอร์ ในขณะที่เริ่มเดินเครื่องจะปรับสตาร์ตติงรีโอสตัตและฟิลด์รีโอสตัตในวงจรสนามจะต่างกันไม่มากนัก ในกรณีของสตาร์ติงรีโอสตัต เนื่องจากมีกระแสอาร์มาเจอร์ไหลผ่านลวดความต้านทานที่ใช้จึงต้องเป็นเส้นหนาหรือมีลักษณะเป็นแถบ ในกรณีที่กระแสไหลผ่านมีค่ามากๆ นั้นจะใช้แผ่นความต้านทานซึ่งได้จากการหล่อ

การควบคุมความเร็วรอบ

ความเร็วรอบของมอเตอร์ดีซีสามารถเขียนแสดงได้ดังสมการ

$$\frac{E}{K\phi} = \frac{V-I_a r_a}{K\phi} \qquad (3.18)$$

ดังนั้นในการปรับความเร็วรอบมอเตอร์จึงสามารถทำได้โดยการปรับค่า V หรือ I หรือสนามแม่เหล็ก อย่างใดอย่างหนึ่ง การปรับความเร็วรอบจึงสามารถแบ่งออกเป็นคร่าวๆ ได้ 3 ชนิด

1. การปรับวงจรสนาม เป็นวิธีปรับความเร็วรอบโดยการปรับกระแสของสนามแม่เหล็ก

2. การปรับความต้านทาน เป็นวิธีปรับความเร็วรอบโดยการปรับค่า R ซึ่งต่ออนุกรมอยู่กับอาร์มาเจอร์ เพื่อเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันตกคร่อม

3. การปรับแรงดัน เป็นวิธีปรับความเร็วรอบโดยการปรับแรงดันแหล่งจ่าย V

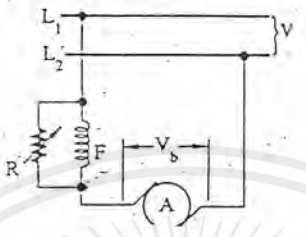
การปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ดีซีแต่ละแบบสามารถอธิบายได้ในหัวข้อต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การปรับความเร็วรอบของมอเตอร์อนุกรม

การปรับความเร็วรอบของมอเตอร์อนุกรมมีด้วยกัน 2 วิธี ดังนี้

1. การปรับวงจรสนาม จะใช้ตัวต้านทานซึ่งปรับเปลี่ยนค่าได้ ต่อคร่อมชุดขดลวดสนามไว้ เพื่อให้ส่วนหนึ่งของกระแสกระตุ้นไหลผ่านตัวต้านทาน ดังรูป 3-17



รูปที่ 3-17 การควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์อนุกรมด้วยการปรับวงจรขนาน

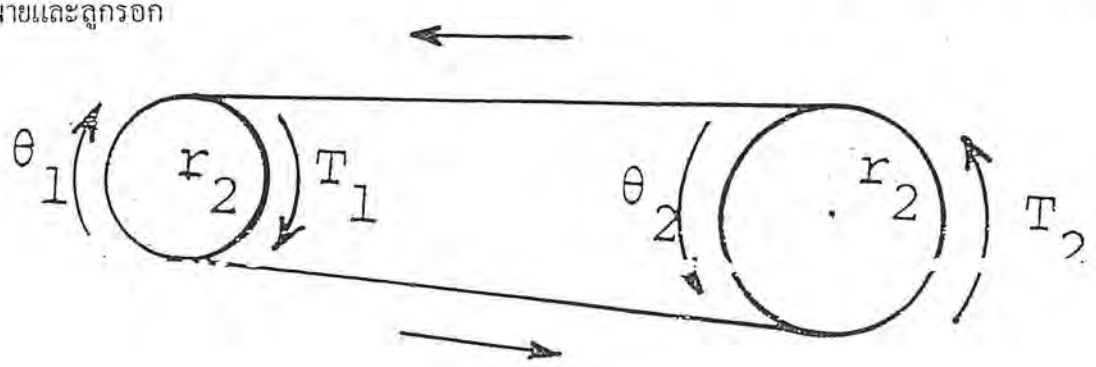
กระแสกระตุ้น ที่ได้จึงมีค่าเปลี่ยนแปลงมากน้อยตามค่าความต้านทานที่ปรับไว้ซึ่งจะเท่ากับการปรับเปลี่ยนความเร็วรอบ

นอกจากจะใช้ความต้านทานช่วยในการปรับเปลี่ยนความเร็วรอบแล้วยังสามารถใช้วิธีการเพิ่มหรือลดจำนวนรอบของชุดขดลวดสนามด้วยการดึงจุดแท็บปลายๆ จุดออกจากขดซีดี เพื่อที่จะลัดวงจรหรือตัดบางส่วนของขดซีดีออกก็สามารถทำให้ฟลักซ์เปลี่ยนแปลงได้เช่นกัน

2. การปรับความต้านทาน จะใช้ความต้านทาน R ซึ่งปรับค่าได้ ต่ออนุกรมกับอาร์มาเจอร์และอาศัยชุดควบคุมในการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทาน

ระบบสายพาน

ระบบการขับด้วยสายพายก็มีจุดมุ่งหมายเดียวกับระบบเกียร์ นอกจากว่าระบบสายพานสามารถส่งพลังงานไปได้ระยะทางไกลกว่าโดยที่ไม่ต้องใช้เกียร์จำนวนมาก รูป แสดงถึงไดอะแกรมของระบบการขับด้วยสายพานระหว่างลูกรอกทั้งสอง สมมติว่าไม่มีการเลื่อนไปได้ระหว่างสายพายและลูกรอก



รูปที่ 3-18 ระบบสายพาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์และ Simalation

รถไฟฟ้าไฮบริด มีแบบจำลองประกอบด้วย 2 ส่วนดังนี้

1. แบบจำลองกลศาสตร์ของรถ
2. แบบจำลองคุณสมบัติของแบตเตอรี่

3.3.1 แบบจำลองกลศาสตร์ของรถ

มีองค์ประกอบหลายๆ อย่าง ที่มีอิทธิพลต่อการเคลื่อนที่และความต้องการกำลังที่ใช้ในการขับเคลื่อนรถไฟฟ้าไฮบริด องค์ประกอบที่สำคัญที่สุด คือ ความสามารถในการแทรกตัวในกระแสลมของรถ ซึ่งอยู่ในรูปสัมประสิทธิ์การฉุดลาก และรวมถึงความเสียดทานระหว่างรถกับกระแสลม โดยทั่วไป รถที่มีความสูงมาก และรถที่มีรูปร่างเป็นรูปสี่เหลี่ยม จะมีผลทำให้มีค่าสัมประสิทธิ์การฉุดลากสูง หรือเรียกได้ว่า มีความสามารถในการแทรกตัวในกระแสลมของรถต่ำ ความต้องการกำลังของรถไฟฟ้าไฮบริดเพื่อใช้ขับเคลื่อน ขึ้นอยู่กับ แรงต้านทาน 4 แรงที่ต้องการเอาชนะเพื่อการเคลื่อนที่ของรถ

แรงต้านทานเนื่องจากล้อ

ขึ้นอยู่กับสภาพื้นผิวถนน เช่น ชนิดของพื้นผิว หรือสภาพพื้นผิวถนนที่เปียกหรือแห้ง เป็นต้น ความดันยาง และความเร็วในการหมุนของล้อ โดยปกติจะมีค่า 1-2 เปอร์เซ็นต์ ของแรงกดหรือน้ำหนักรถยนต์

แรงต้านทานเนื่องจากลม

เป็นแรงต้านทานที่สำคัญ โดยขึ้นอยู่กับ

1. พื้นที่หน้ารถ
2. สัมประสิทธิ์การฉุดลาก

เป็นค่าของความเสียหายที่เกิดจากกระแสลมกับตัวรถ ถ้าการออกแบบรูปร่างของรถที่ทำให้กระแสลมผ่านตัวรถไปได้ง่ายๆ จะทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การฉุดลากต่ำ

3. ความเร็วของรถ
4. ความเร็วของลม
5. ทิศทางลม

แรงต้านทานเนื่องจากความชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้ารถวิ่งในที่ราบ ความชันเท่ากับศูนย์ จะไม่เกิดแรงต้านทานนี้ แต่ถ้ารถวิ่งในที่ที่มีความชันจะมี 2 กรณี

1. วิ่งขึ้น น้ำหนักของรถจะตกลงมาตรงข้ามกับทิศการเคลื่อนที่ของรถ แรงนี้จะเป็นแรงต้านการเคลื่อนที่

2. วิ่งลง น้ำหนักของรถจะตกลงมาทิศเดียวกับการเคลื่อนที่ของรถ แรงนี้จะเป็นแรงช่วยในการเคลื่อนที่

แรงต้านเนื่องจากการเร่งความเร็ว

ใช้กฎทั้ง 2 ข้อของนิวตัน แรง = มวลของรถ * อัตราเร่ง

จากที่กล่าวมาทั้งหมดจะเป็นแรงต้านทานการเคลื่อนที่ที่เกิดขึ้นกับตัวรถ หรือจะกล่าวได้ว่าเป็นแรงที่ล้อของล้อที่ใช้ในการขับเคลื่อน แต่เนื่องจากในระบบส่งกำลังจะมีการสูญเสียแรงไปเนื่องจากความเสียดทานต่างๆ ในระบบ ดังนั้นจึงทำให้ต้นกำลังขับต้องออกแรงมากกว่าแรงที่ต้องการที่ของล้อซึ่งเราจะสามารถคำนวณแรงขับของต้นกำลังขับได้ดังนี้

กำลังที่ใช้ในการขับเคลื่อน

เมื่อรถยนต์เคลื่อนที่ไปจะต้องใช้กำลังจากต้นกำลังขับทำให้ล้อหมุนเพื่อให้เกินกำลังขับเคลื่อน กำลังนี้จะต้องมากพอที่จะเอาชนะกำลังที่สูญเสียไปเนื่องจากแรงต้านทานต่างๆ รถจึงจะเคลื่อนที่ไปได้ โดยกำลังต้นกำลังขับที่ใช้ขับเคลื่อนรถไฟฟ้าไฮบริดนั้นจะต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพของระบบส่งกำลังด้วย กำลังของต้นกำลังขับที่ใช้ขับเคลื่อน

3.3.2 แบบจำลองคุณสมบัติของแบตเตอรี่

แบตเตอรี่ที่ใช้สารต่างชนิดกัน เช่น ตะกั่ว-กรด โซเดียม-ซัลเฟอร์ ลิเทียม-ซัลเฟอร์ เป็นต้น จะมีความจุประจุไฟฟ้าแตกต่างกัน ซึ่งจะมีผลต่อกำลังการฉุดลากที่แตกต่างกันด้วย พบว่าแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด จะมีราคาถูกที่สุดและหาง่ายที่สุด

ในการศึกษาแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด 8 units โดยแต่ละ units มีแรงเคลื่อนไฟฟ้า 12 โวลต์ ความจะกระแสไฟฟ้า 100 แอมแปร์-ชั่วโมง และมี 6 เซลล์ ต่อ 1 units นำไปใช้ขับเคลื่อนรถ ซึ่งการต่อแบตเตอรี่จะต่อกันแบบอนุกรม จะได้พลังงานเฉลี่ย 9.6 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ที่แรงเคลื่อนไฟฟ้า 96 โวลต์ ในสถานะการประจุและการใช้กระแสไฟฟ้าและจำนวนกระแสไฟฟ้าที่ประจุเข้าไปหรือที่ถูกใช้ออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด จะเป็นการวิเคราะห์ลักษณะของแบตเตอรี่ แต่อาจมีข้อผิดพลาดจากการใช้งานจริงบ้างเล็กน้อย เนื่องมาจากองค์ประกอบหลายๆ อย่าง

a) **สภาวะการประจุไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่**

แบบจำลองของแรงดันไฟฟ้าจะเป็นความสัมพันธ์ระหว่าง แรงดันไฟฟ้า(V) กับ กระแสไฟฟ้า (I) และ STATE OF CHARGE (SOC)

b) **สภาวะการใช้กระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่**

ความสัมพันธ์ของการใช้กระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ ระหว่างแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ กระกระแสไฟฟ้าที่ใช้ ที่ SOC

3.4 ระบบควบคุม

ตัวควบคุมจะควบคุมการไหลของพลังงานจากแบตเตอรี่ไปยังมอเตอร์ในการทำงานโดยตรง ถ้าใช้ระบบ Regenerative Braking ตัวควบคุมจะควบคุมการไหลของพลังงานในทิศทางกลับกัน

ในตัวควบคุมที่ใช้ในรถไฟฟ้าไฮบริดจะต้องกำหนด

1. การทำงานต้องราบเรียบที่ความเร็วเท่ากับศูนย์และใกล้ศูนย์
2. สามารถเร่งความเร็วขึ้นไปที่ความเร็วต่างๆ ได้อย่างราบเรียบ
3. สามารถทำงานได้ที่ความเร็วคงที่
4. สามารถหน่วงความเร็วได้อย่างราบเรียบขณะที่ใช้ Regenerative Braking
5. มีประสิทธิภาพ ความปลอดภัย ขณะใช้งาน
6. ป้องกันการเกิด Overload การย้อนกลับของกระแสในมอเตอร์ และการกินไฟเปลือง
7. มีความน่าเชื่อถือสูงในการใช้งาน
8. มีความทนทาน แข็งแรง ง่ายต่อการซ่อมแซม

ระบบควบคุมในรถไฟฟ้า

ระบบควบคุมในรถไฟฟ้าไฮบริดเป็นการเชื่อมโยงระหว่างแหล่งจ่ายพลังงาน(แบตเตอรี่) กับมอเตอร์ ระบบนี้มีหน้าที่หลัก 7 อย่างที่เกี่ยวข้องกันสองหน้าที่หลักที่ได้รับความสนใจเป็นพิเศษ คือ การควบคุมความเร็วและการใช้พลังงานได้อย่างเหมาะสม การควบคุมความเร็วในขั้นต้นจะใช้ต้านทานจำกัดกระแสของมอเตอร์ และใช้สวิตซ์กลไกทางไฟฟ้าด้วย วิธีเหล่านี้เป็นการใช้พลังงานซึ่งบ่อยครั้งการจ่ายพลังงานให้มอเตอร์จะไม่ราบเรียบ จึงมีการเพิ่มอุปกรณ์จำพวก Power

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

semiconductor โดยเฉพาะ Diodes และ Tyhristors มาใช้ในการปิดเปิดแหล่งจ่ายพลังงานเพื่อช่วยในการเก็บรักษาพลังงาน การปิดเปิดก็จะราบเรียบขึ้น

หน้าที่ของตัวควบคุม

1. เชื่อมโยงแหล่งจ่ายพลังงานกับมอเตอร์
2. เปลี่ยนแปลงโวลท์เตจของมอเตอร์และกำหนดการควบคุมความเร็วเฉลี่ย
3. ควบคุมการใช้พลังงานอย่างเหมาะสม
4. กำหนดให้มอเตอร์ใช้งานกลับทิศ
5. การใช้ระบบ Regenerative Braking
6. ควบคุมการทำงานของระบบให้สมบูรณ์
7. ควบคุมการทำงานของรถขณะเคลื่อนที่ได้อย่างเหมาะสม

ระบบควบคุม

โดยปกติชนิดของตัวควบคุมความเร็วเป็นพื้นฐานของชนิดของกระแสไฟ ไม่กระแสสลับก็กระแสตรง ตัวควบคุมอาจเป็นอุปกรณ์ตัวเดียว หรือมีหลายตัวอยู่ในระบบหนึ่ง หัวข้อนี้จะอธิบายถึงหลักการพื้นฐานในการควบคุมความเร็วและแสดงให้เห็นถึงวงจรที่ใช้

ระบบกระแสตรง

1. การต่ออนุกรมโดยการจำกัดความต้านทาน เป็นวิธีที่ง่ายในการคควบคุมโวลท์เตจของมอเตอร์โดยต่ออนุกรมความต้านทานเข้ากับมอเตอร์ ระหว่างการสตาร์ทหรือขณะทำงานมีความเร็วต่ำจะใช้ความต้านทานมากในวงจร ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับระบบมีดังนี้

- พลังงานสูญเสียสูง โดยเฉพาะสภาวะที่ต้องการแรงบิดสูงๆ
- จะเกิดปัญหาด้านความร้อนตามมาเมื่อมีพลังงานสูญเสีย
- เกิดการสึกหรอขึ้นกับส่วนประกอบตามมา เมื่อมีการปรับโวลท์เตจเป็นขั้นๆ

ปัญหาต่างๆ สามารถลดลงได้โดยใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้ที่เคลือบผิวด้วยคาร์บอน และใช้วงจรสำหรับปรับความต้านทานของตัวควบคุมเป็นขั้นๆ และวงจรปรับความต้านทานของตัวควบคุมโดยไม่จำกัด

2. การต่อขนาน-อนุกรมของแบตเตอรี่โดยใช้สวิตช์ควบคุม

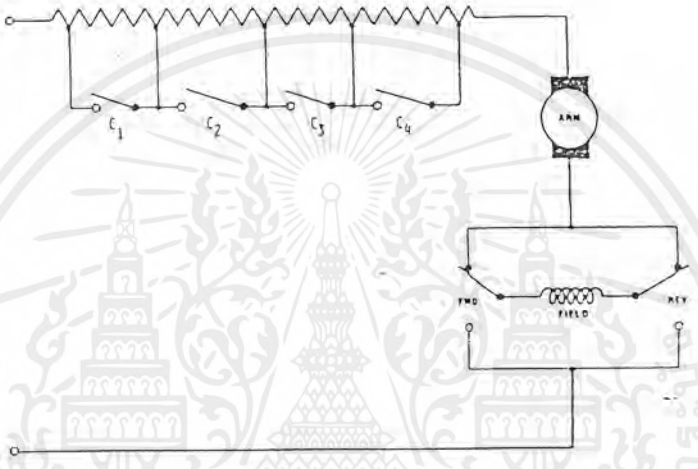
ในการรวมแบตเตอรี่ของระบบ แบตเตอรี่จะต่อขนานในการทำงานที่ความเร็วต่ำ และสับสวิตช์เปลี่ยนเป็นอนุกรม เมื่อต้องทำงานที่ความเร็วรอบสูงหรือแรงบิดมากๆวิธีนี้อาจจะมีประสิทธิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

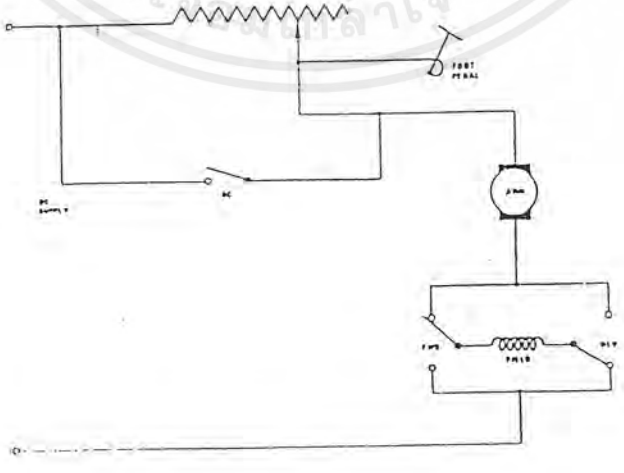
ภาพมากกว่าการกำจัดความต้านทาน อย่างไรก็ตามจะเกิดปัญหาในการปรับโวลต์เตจเป็นขั้นๆ บางส่วนใช้อุปกรณ์ Solid-State มากกว่าสวิตซ์ทางกล ซึ่งจะใช้ในวงจรของแบตเตอรี่ที่ใช้สวิตซ์ควบคุม

3. การต่อขนาน-อนุกรมของมอเตอร์โดยใช้สวิทซ์ควบคุม

วิธีควบคุมแบบนี้จะใช้ในรถแบบมอเตอร์หลายตัวเท่านั้น สำหรับการทำงานที่ความเร็วรอบต่ำ มอเตอร์จะถูกต่อเป็นแบบอนุกรม สำหรับที่ความเร็วรอบสูง สวิตซ์จะควบคุมให้ต่อแบบในแบบขนาน ซึ่งจะคล้ายกับแบตเตอรี่ ระบบนี้จะมีประสิทธิภาพสูงกว่าแบบต่ออนุกรมความต้านทาน แต่ยังคงมีปัญหาในการปรับโวลต์เตจและกระแสเป็นขั้นๆ

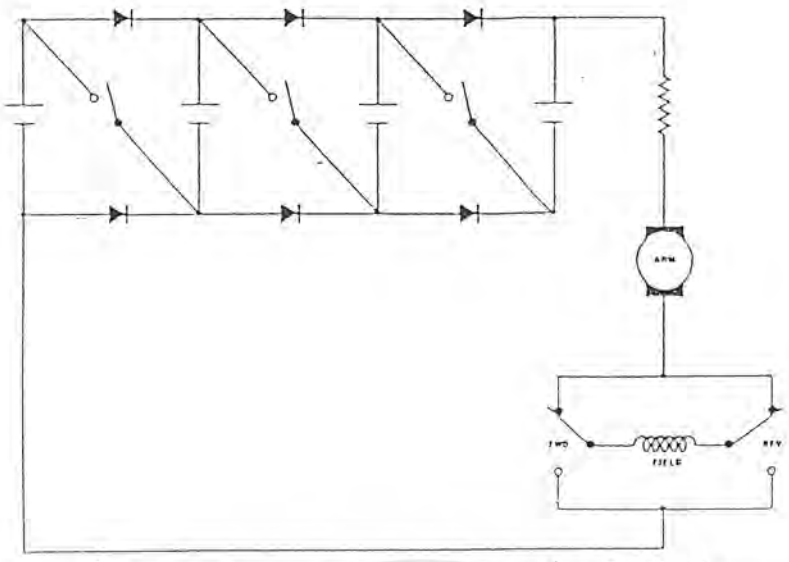


รูปที่ 3-19 แสดงวงจรสำหรับปรับความต้านทานของตัวควบคุมแบบเป็นขั้นๆ



รูปที่ 3-20 แสดงวงจรปรับความต้านทานของตัวควบคุมโดยไม่จำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-21 การต่อขนาน-อนุกรมของแบตเตอรี่โดยใช้สวิตซ์ควบคุม

3.5 แบตเตอรี่

แบตเตอรี่ถือว่าเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญอีกส่วนในรถไฟฟ้า เนื่องจากแบตเตอรี่เป็นแหล่งจ่ายพลังงานให้กับมอเตอร์ นอกจากนี้แบตเตอรี่ยังเป็นตัวบ่งบอกความสามารถและประสิทธิภาพการทำงานของรถไฟฟ้าอีกด้วย เพราะฉะนั้นการพัฒนาระบบของรถไฟฟ้า จึงขึ้นอยู่กับการพัฒนาแบตเตอรี่ด้วยเป็นส่วนใหญ่

หลักการทำงานของแบตเตอรี่

แบตเตอรี่ประกอบด้วย หนึ่งเซลล์หรือ หลายๆ เซลล์ ต่ออนุกรมกัน ในแต่ละเซลล์จะมีแผ่นธาตุอยู่ 2 แผ่น คือ แผ่นบวก และแผ่นลบ และจะแช่อยู่ในสารละลายอิเล็คโตรไลท์ เมื่อแบตเตอรี่ดิสชาร์จ องค์ประกอบ ทางเคมีของทั้งสามส่วนนี้จะมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อชาร์จ สภาวะต่างๆ จะกลับมาเหมือนเดิม ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นจะแตกต่างกัน ซึ่งอยู่กับชนิดของแบตเตอรี่ แบตเตอรี่ที่ใช้มากที่สุด คือ ชนิดตะกั่ว-กรด เพราะจะทำให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูงสุด

แรงดันที่ขั้วเซลล์ จะเพิ่มขึ้น เมื่อมีการชาร์จ และจะตกลงเมื่อถูกดิสชาร์จ แรงดันของแบตเตอรี่หาได้จากผลคูณของแรงดันต่อเซลล์และจำนวนเซลล์ที่ต่ออนุกรมกัน การต่อเซลล์มี 3 แบบ ได้แก่

1. การต่อแบบอนุกรม
2. การต่อแบบขนาน
3. การต่อแบบอนุกรมขนาน

ความจุของแบตเตอรี่ของเซลล์ประมาณว่าขึ้นอยู่กับ พื้นที่ของแผ่นธาตุ อัตราการดิสชาร์จ ซึ่งถูกกำหนดโดยแอมแปร์-ชั่วโมง ที่อุณหภูมิมาตรฐาน 25 C ความจุของเซลล์จะลดลง เมื่ออัตราการดิสชาร์จสูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนประกอบและโครงสร้างของแบตเตอรี่ ชนิดตะกั่ว-กรด

ส่วนประกอบที่สำคัญของของแบตเตอรี่ ชนิดตะกั่ว-กรด ประกอบด้วย

1. แผ่นธาตุบวก เป็นแผ่นอิเล็กโทรดที่มีศักย์สูง
2. แผ่นธาตุลบ เป็นแผ่นอิเล็กโทรดที่มีศักย์ต่ำ จะมีจำนวนแผ่นมากกว่าจำนวนแผ่นในเซลล์บวกอยู่หนึ่งแผ่นในแต่ละเซลล์
3. อิเล็กโตรไลน์ เป็นสารละลายที่แตกตัวเป็นไอออนบวกและไอออนลบ ทำหน้าที่เป็นตัวนำกระแสไฟฟ้า
4. น้ำกรดกำมะถันชนิดเจือจาง ต้องมีความบริสุทธิ์มากกว่าปกติ คือมีส่วนผสมของแร่ธาตุต่างๆ น้อยที่สุด
5. แผ่นกั้น ใส่ระหว่างแผ่นธาตุบวกและแผ่นธาตุลบ ป้องกันแผ่นธาตุทั้ง 2 ชนิดติดกัน
6. แผ่นใยแก้ว ทำหน้าที่เป็นผิวสัมผัสกับแผ่นธาตุบวก ป้องกันการหลุดร่วงของวัสดุไวปฏิกิริยา
7. เปลือกหม้อ เป็นภาชนะสำหรับใส่ส่วนประกอบแบบต่างๆ แบ่งออกตามวัสดุ ได้เป็น 4 ชนิด ได้แก่ พลาสติก ยาง แห้ว และ ไม้บุแผ่นแก้ว
8. ฝาหม้อ ทำหน้าที่ป้องกันอิเล็กโตรไลน์กระเด็นออกจากเซลล์ภายในออกสู่ภายนอกของเปลือกหม้อ
9. จุดที่ใช้ปิดช่องในฝาหม้อแบตเตอรี่ ทำไว้เพื่อการเติมอิเล็กโตรไลท์
10. ระบบอุปกรณ์ป้องกันแก๊ส
11. เปลือกนอกของแบตเตอรี่

ขนาดความจุของแบตเตอรี่

ขนาดความจุของแบตเตอรี่จะกำหนดเป็นค่า แอมแปร์-ชั่วโมง หมายถึง ปริมาณไฟฟ้าที่แบตเตอรี่สามารถจ่ายออกมาได้ ภายใต้อุณหภูมิที่กำหนดด้วยค่ากระแส และแรงดันสุดท้ายที่กำหนด

จากการกำหนดของ มอก. ฉบับที่ 9 ว่าด้วยเรื่องแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรด ขนาดความจุของแบตเตอรี่ ให้ระบุอัตราการจ่ายไฟฟ้าต่อ 20 ชั่วโมงเป็นมาตรฐาน

ความจุที่อัตรา 20 ชั่วโมง คือ ขนาดความจุที่ได้จากการจ่ายไฟเป็นเวลา 20 ชั่วโมงซึ่งจะเป็นค่าความจุที่ระบุไว้ที่ตัวแบตเตอรี่

ขนาดความจุของการจ่ายไฟ หรือ C สามารถหาได้จากสมการ

$$C = \int_0^t I(t)dt$$

เมื่อ t คือ Discharge Time คือ เวลาตั้งแต่เริ่มจ่ายไฟจนถึงระดับแรงดันสุดท้ายที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(t) คือ กระแสที่จ่ายออกจากแบตเตอรี่ โดยทั่วไปถือว่าคงที่ เท่ากับ 1

ดังนั้น C = I*t

จุดสิ้นสุดการใช้งานของแบตเตอรี่ จะถูกกำหนดด้วยแรงดันสุดท้ายสำหรับแบตเตอรี่ ชนิดตะกั่ว-กรด ระดับแรงดันสุดท้ายจะประมาณ 1.8-1.9 โวลต์ต่อเซลล์

ความจุของแบตเตอรี่จะสูงขึ้นถ้า Discharge ต่ำกว่าพิกัด ในทางกลับกัน ความจุของแบตเตอรี่จะลดลง ถ้าการ Discharge สูงกว่าพิกัด

แรงดันแบตเตอรี่

แรงดันแบตเตอรี่เป็นค่าความต่างศักย์ระหว่างขั้วของแบตเตอรี่ ค่าแรงดันที่ไฟฟ้าที่ขั้วขณะไร้โหลด(แบตเตอรี่ปิดวงจร) จะเป็นฟังก์ชั่นของการเกิดประจุของแบตเตอรี่ แต่ขณะที่มีโหลดแรงดันที่ขั้วจะเป็นฟังก์ชั่นของกระแสโหลด การเปลี่ยนแปลงระดับแรงดันของแบตเตอรี่ จะมีผลต่อการควบคุมความเร็วของรถไฟฟ้าเป็นอย่างมาก

ความต้านทานภายในแบตเตอรี่

ค่าความต้านทานภายในแบตเตอรี่จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงระดับแรงดันไฟฟ้า ที่ขั้วของแบตเตอรี่ขณะมีโหลด รวมทั้งมีผลต่อความจุของแบตเตอรี่ด้วย ค่าความต้านทานภายในแบตเตอรี่นั้นเกิดจากปรากฏการณ์ทางเคมีที่เกิดขึ้นภายในของแบตเตอรี่ในขณะที่เกิดการถ่ายเทประจุไฟฟ้า เช่น ปรากฏการณ์โพลาไรเวชั่น ซึ่งจะทำให้เกิดประจุไฟฟ้าใกล้ๆ ผิวของแผ่นขั้วอิเล็กโทรด ซึ่งจะทำให้กระแสไฟฟ้าที่เกิดการไหลของอิออนระหว่างแผ่นขั้วอิเล็กโทรด มีค่าลดลง ดังนั้นปรากฏการณ์นี้จึงเปรียบเสมือนค่าความต้านทานภายในของแบตเตอรี่นั่นเอง

คุณสมบัติการอัดไฟ่

ในการอัดไฟเข้าแบตเตอรี่นั้น สิ่งที่ต้องคำนึงถึงมากที่สุดคือ ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนที่เกิดขึ้นเนื่องจากไฮโดรเจนเป็นก๊าซไวไฟ ดังนั้น จึงต้องมีระบบระบายที่เกิดขึ้นให้ดี การอัดไฟที่ใช้กระแสยิ่งสูง ก็จะยิ่งทำให้เกิดความร้อนขึ้น เป็นผลทำให้เกิดก๊าซมากขึ้นด้วย ความร้อนที่เกิกขึ้นในช่วงระหว่างการอัดไฟไม่ควรเกิน 55 องศาเซลเซียส

วิธีการอัดไฟ มีอยู่ด้วยกัน 4 วิธี คือ

1. การอัดไฟด้วยกระแสคงที่
2. การอัดไฟด้วยกระแสเป็นช่วงๆ
3. การอัดไฟด้วยแรงดันคงที่และจำกัดกระแส
4. การอัดไฟด้วยกระแสไม่คงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การอัดไฟด้วยกระแสคงที่ จะใช้เวลาในอารอัดไฟนาน (มากกว่า 12 ชั่วโมง) ส่วนการอัดไฟที่ต้องการใส้เวลาในการอัดสั้น โดยทั่วไปมักใช้วิธี IE Characteristic มากกว่า W Characteristic

คุณสมบัติในการจ่ายไฟ

ขณะที่ใช้กำลังงานมากขึ้น พลังงานที่สะสมไว้ในแบตเตอรี่จะค่อยๆลดลง ตามไปด้วย การที่พลังงานเหล่านี้ลดลง เนื่องจากการลดลงของแรงดันที่ขั้วของแบตเตอรี่ ซึ่งเกิดจากการเพิ่มของกระแสโหลด ประจุในตัวแบตเตอรี่จะค่อยๆลดลง ในขณะที่มีการใช้กำลังงานมากขึ้น ซึ่งการที่พลังงานในแบตเตอรี่ ลดลงนี้มีสาเหตุมาจาก

1. พลังงานลดลงเนื่องจาก การลดลงของประจุในแบตเตอรี่ตามขนาดของกระแสไฟฟ้าที่จ่ายออกไป
2. พลังงานลดลงเนื่องจาก ระดับแรงดันที่ขั้วลดลง

จากสาเหตุทั้งสองนี้ ทำให้เกิดความสัมพันธ์ของประจุของแบตเตอรี่ กระแสที่จ่ายออกไป และเวลาที่ใช้ ซึ่งเรียกว่า สมการของ Perkert ซึ่งมีความสัมพันธ์ดังนี้

$$I^n * t = C$$

เมื่อ N และ t เป็นค่าคงที่

I คือ กระแสที่จ่ายออกไปมีค่าคงที่ มีหน่วยเป็นแอมแปร์

ค่า N และ C นั้นหาได้จากข้อมูลที่ได้จากการทดสอบที่กระแสคงที่

$$I_1^n t_1 = C$$

$$I_2^n t_2 = C$$

$$n \log I_1 = \log C - \log t_1$$

$$n \log I_2 = \log C - \log t_2$$

$$n = \frac{\log t_2 - \log t_1}{\log I_1 - \log I_2}$$

โดยที่ n = 1.0 สำหรับกระแสต่ำมากๆ

n = 2.0 สำหรับกระแสสูงมากๆ

ขั้นตอนในการอัดไฟเข้าแบตเตอรี่

การอัดแบบกระแสคงที่

1. ทำความสะอาดสิ่งที่สกปรก หรือ สิ่งที่แปลกปลอมอื่นๆ ที่จับอยู่บนแบตเตอรี่โดยเฉพาะที่ขั้วแบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เปิดฝาจุกเติมน้ำยาอิเล็กโตรไลท์ เพื่อให้ก๊าซที่เกิดขึ้นในขณะอัดไฟระบายออกไปได้โดยง่าย
3. ตรวจระดับน้ำยาอิเล็กโตรไลท์ จะต้องอยู่เหนือแผ่นตะกั่ว 10-15 มม. ถ้าขาด ให้รีบเติมน้ำกลั่นบริสุทธิ์
4. ต่อขั้วเครื่องบรรจุเข้ากับขั้วของแบตเตอรี่ให้ถูกต้อง โดยต่อขั้วบวก ของเครื่องประจุเข้ากับขั้วบวก ของแบตเตอรี่ และขั้วลบ ของเครื่องประจุเข้ากับ ขั้วลบของแบตเตอรี่
5. ทำการอัดไฟด้วยกระแสประมาณ 1/10 ของขนาดความจุแบตเตอรี่
6. ในขณะทำการอัดไฟ ต้องคอยระวัง อย่าให้อุณหภูมิของน้ำยาอิเล็กโตรไลน์สูงเกินกว่า 40 องศาเซลเซียส ถ้าเกินให้ลดกระแสในการอัดไฟให้ต่ำลง หรือ หยุดการอัดไฟ จนกว่าอุณหภูมิของน้ำยาจะต่ำลง
7. อย่าให้เกิดประกายไฟ หรือ นำเปลวไฟมาเข้าใกล้แบตเตอรี่ ในขณะที่ทำการอัดไฟ เพราะจะมีก๊าซไฮโดรเจนเกิดขึ้น แผ่กระจายในขณะที่ทำการอัดไฟ
8. การอัดไฟจะเสร็จสิ้น เมื่อค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำยาอิเล็กโตรไลน์สูงกว่าที่กำหนด ดูดน้ำยาออกทิ้งบางส่วน แล้วเติมด้วยน้ำกลั่น ในทางตรงกันข้าม ถ้าค่าถ่วงจำเพาะต่ำกว่าค่าที่กำหนด ให้ดูดน้ำยาทิ้ง แล้วเติมด้วยน้ำกรดกำมะถันเจือจาง

ข้อควรระวังในการใช้งาน และการบำรุงรักษาแบตเตอรี่

1. อย่าทำการอัดไฟเข้าแบตเตอรี่ด้วยกระแสไฟที่มากเกินไป เพราะจะทำให้เกิดความร้อนสูงในแบตเตอรี่ เป็นเหตุให้น้ำยาอิเล็กโตรไลน์กลายเป็นไอและเกิดก๊าซไฮโดรเจนมาก เกิดปฏิกิริยาเคมีอย่างรุนแรง เป็นเหตุให้แผ่นตะกั่วเกิดการบิดตัว สารที่เคลือบไว้จะหลุดร่วงและเปลือกแบตเตอรี่จะเกิดความเสียหาย
2. อย่าปล่อยให้แบตเตอรี่ปล่อยไฟออกมามากเกินไป การปล่อยให้แบตเตอรี่ปล่อยไฟออกมาจนหมด จะทำให้เกลือกำมะถัน(ตะกั่วซัลเฟต) ไปจับที่แผ่นตะกั่ว การที่มีเกลือกำมะถันไปจับที่แผ่นตะกั่วมากๆ จะทำให้ประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ลดลง และการแก้ไขให้กลับสู่สภาพเดิมทำได้ยาก
3. รักษาขั้วแบตเตอรี่ให้สะอาด และแน่นอยู่เสมอ หากมีเกลือกำมะถันไปจับอยู่ที่ขั้ว ให้ใช้น้ำร้อนล้างทำความสะอาด และควรเคลือบขั้วแบตเตอรี่ไว้ด้วยจารบีซิลิคอน หรือวาสลีน เพื่อป้องกันการสึกกร่อน
4. ทำการตรวจสอบค่าความถ่วงจำเพาะตามระยะเวลา (1 หรือ 2 สัปดาห์ต่อครั้ง) และรักษาให้ระดับของน้ำยาอิเล็กโตรไลน์อยู่เหนือแผ่นตะกั่ว 10 – 15 มม. เสมอ หากทิ้งให้แผ่นตะกั่วแห้งเป็นระยะเวลานาน จะทำให้ประสิทธิภาพของแผ่นตะกั่วเสื่อมลง ขนาดของความจุของแบตเตอรี่จะลดลงด้วย หากเครื่องเติมน้ำยาต่ำเกินไปให้เติมด้วยน้ำกลั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. อย่าปล่อยให้แบตเตอรี่จ่ายไฟด้วยกระแสไฟจำนวนมากๆ เป็นเวลานานๆ ติดต่อกัน ควรหยุดทิ้งช่วงระยะเวลาประมาณ 30 วินาที เพื่อให้แบตเตอรี่มีเวลาคืนสภาพ
6. เมื่อไม่ได้ใช้แบตเตอรี่เป็นเวลานานๆ ให้ปลดขั้วแบตเตอรี่ออก และนำแบตเตอรี่ไปอัดไฟให้เต็มทุกๆ 2 สัปดาห์ เพื่อป้องกันไม่ให้แบตเตอรี่เกิดการเสื่อมสภาพ
7. แบตเตอรี่ใหม่ที่ยังไม่มีการเติมน้ำยาอิเล็กโตรไลน์มา เมื่อทำการอัดไฟให้เติมน้ำยาอิเล็กโตรไลน์แล้วทิ้งไว้ประมาณ 8 ชั่วโมง เพื่อให้แผ่นตะกั่วอาบน้ำยาจนอิ่มตัว แล้วจึงทำการจ่ายไฟเข้าด้วยกระแสไฟฟ้าประมาณ 3 – 5 แอมแปร์ (หรือขนาด 1/10 ของขนาดความจุ) เป็นเวลาไม่น้อยกว่า 8 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การออกแบบและการดำเนินงาน

การออกแบบระบบรถไฮบริด

ในการออกแบบได้แบ่งระบบออกเป็น 7 ระบบ ได้แก่

Engine Mode

เวลาที่เลือกใช้ในระบบนี้ จะมีการสั่งให้ CLUTCH2 จับ เมื่อหน้าคลัตช์จับจะสามารถส่งกำลังจากเครื่องยนต์ไปยังระบบส่งกำลังได้ ในระบบนี้จะทำการขับเคลื่อนเหมือนรถยนต์ทั่วไป

Electric Mode

เวลาเลือกระบบนี้ CLUTCH2 จะจากและ CLUTCH1 จะจับและจะมีกระแสไฟจ่ายไปยังมอเตอร์ การส่งผ่านกำลังจะผ่านเพลา คลัตช์ เฟืองโซ่ มายังเพลากลางและไปสู่ระบบขับเคลื่อนโดยการเพิ่มความเร็วจะถูกแยกออกจากระบบเครื่องยนต์ โดยจะใช้การกดเพื่อเพิ่มความเร็ว และกดเพื่อลดความเร็วเช่นกัน การห้ามล้อจะใช้ระบบเบรคเหมือนรถทั่วไป

Engine Primary Mode

ในการทำงานด้วยระบบนี้ จะเริ่มต้นการทำงานด้วยเครื่องยนต์โดย CLUTCH2 จะสัมผัสและมีการส่งกำลังไปยังระบบขับเคลื่อนและเมื่อมีการเร่งเครื่องจนรอบสูงขึ้นหรือต้องการกำลังเพิ่มขึ้น SENSOR ที่วัดสัญญาณ จะส่งสัญญาณไปยังระบบประมวลผล แล้วจะส่งสัญญาณเพื่อจ่ายไฟให้แก่ มอเตอร์ และ CLUTCH2 เมื่อมอเตอร์ทำงานจะส่งกำลังมาเสริมให้แก่เครื่องยนต์

Electric Primary Mode

ในระบบนี้จะกลับกันกับ Engine Primary Mode โดยในระบบนี้จะเริ่มต้นการทำงานด้วยมอเตอร์โดย CLUTCH1 จะจับและส่งกำลังมาผ่านโซ่มายังเพลากลางเพื่อขับเคลื่อน และเมื่อต้องการกำลังเพิ่มหรือเร่งความเร็ว SENSOR จะส่งสัญญาณมายังระบบประมวลผล จากนั้นระบบจะทำการประมวลผลเพื่อที่จะทำการจ่ายไฟไปให้แก่ CLUTCH2 และหลังจากนั้นจะมี กำลังจากเครื่องยนต์ซึ่งจะมาเสริมกำลังให้แก่มอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Hybrid Mode

เป็นระบบการทำงานร่วมกันที่ดีที่สุด ในการทำงาน CLUTCH1 และ CLUTCH2 จะจับและส่งกำลัง โดยมีการประมวลผลของ อัตราเร็ว ความเร่ง อัตราการกินน้ำมัน แรงม้า แรงบิด ก่อนแล้ว จึงส่งสัญญาณไปยังเครื่องยนต์และมอเตอร์พร้อมกัน เพื่อให้การทำงานสัมพันธ์กัน ในระบบนี้เราอาจไม่ต้องเพิ่มความเร็วเองเพราะ ระบบจะค่อยๆ ทำการเพิ่มความเร็วจนถึง Optimum Speed แล้วรถจะวิ่งด้วยความเร็วคงที่จนกว่าจะมีการเพิ่มหรือลดความเร็ว หรือเบรกซึ่งจะทำให้ระบบประมวลผลทำงานใหม่

Battery Charge Mode

ในระบบการทำงานนี้ถ้าต้องการให้การทำงานมีการเลือกใช้ได้มากขึ้นควรมี CLUTCH3 โดยการทำงานแบบนี้ ถ้า CLUTCH3 ไม่จับจะเป็นการประจุไฟโดยรถไม่ต้องเคลื่อนที่ ถ้า CLUTCH3 จับจะเป็นการทำงานในขณะรถวิ่งโดยจะแบ่งพลังงานส่วนเกินมาประจุไฟฟ้า เพราะกำลังงานที่หมุนมอเตอร์ทำให้เกิดการเหนี่ยวนำทำให้เกิดการประจุไฟฟ้าไปยังแบตเตอรี่ มอเตอร์จะทำหน้าที่เป็นเจนเนอเรเตอร์

Brake Charge Mode

ทุกครั้งที่ทำการเบรกจะมีแรงเฉื่อยเกิดขึ้นที่มอเตอร์ ทำให้มอเตอร์หมุนและเกิดการเหนี่ยวนำจะเกิดการประจุไฟฟ้าไปยังแบตเตอรี่ ดังนั้นพลังงานที่สูญเสียจะกลายเป็นพลังงานไฟฟ้า

แผนการและการดำเนินงาน

เป้าหมายเดิม

จากเป้าหมายเดิมที่เราตั้งไว้ต้องการที่จะสร้างเป็นรถไฮบริดระบบขนาน ซึ่งมีลักษณะการทำงานผสมกันระหว่าง เครื่องยนต์และมอเตอร์ โดยมีการรวมกำลังโดยมี magnetic เป็นตัวช่วยในการรวมแรง

แผนการดำเนินงานเดิม

1.การศึกษาทฤษฎีและข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับรถไฮบริด

ทางคณะนักศึกษาผู้ร่วมโครงการได้ค้นคว้าศึกษาทฤษฎีและข้อมูลต่างๆตามหัวข้อต่อไปนี้

-ทฤษฎีระบบการทำงานของรถไฮบริด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-การคำนวณออกแบบโครงรถเบื้องต้น

-ระบบกันสะเทือน

-ระบบบังคับเสียง

-ระบบเบรก ฯลฯ

เพื่อช่วยในการออกแบบรถไฮบริด ซึ่งรายละเอียดในแต่ละหัวข้อนั้นไม่สามารถอธิบายอย่างละเอียดในที่นี้ได้

2.การจัดซื้อจัดหาวัสดุอุปกรณ์

-สถานที่ปฏิบัติงานที่จัดหาได้คือบริเวณที่ว่างใน CNC LAB ตึกวิศวกรรมเครื่องกล

-ซื้อเครื่องยนต์จากเซียงกง โดยซื้อเป็นรถเก่าทั้งคันมีทั้งโครงรถและเครื่องยนต์ด้วยกัน

-ซื้อหาน้ำมัน แบตเตอรี่และอุปกรณ์อื่นๆเรียบร้อย

3.การออกแบบและวางผังระบบการทำงานของรถไฮบริด

-โครงรถตัดสินใจดัดแปลงโครงรถเก่าที่ซื้อมา

-ออกแบบและวางผังระบบการทำงานของเครื่องยนต์และมอเตอร์ ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว

4.การปฏิบัติงาน

-ทดลองสร้างโครงรถขึ้นใหม่ แต่ประสบปัญหาในด้านน้ำหนักจึงได้ระงับไป

-ตรวจสอบและทำความสะอาดเครื่องยนต์และชิ้นส่วนต่างๆ

อุปกรณ์ที่ได้จัดหามา

- รถกอล์ฟ ขนาดประมาณ 5 แรงม้า
- เจอเนอเรเตอร์ ผลิตกระแสไฟได้ ทั้ง AC ขนาด 220 โวลต์ และ DC 12 โวลต์
- มอเตอร์ ขนาด 1.2 แรงม้า
- พู่เลย์ ขนาดต่างๆ
- แบริ่ง ขนาดต่างๆ
- สายพานขนาดต่างๆ
- หม้อแปลงไฟ 220 - 110
- Magnetic clutch
- ท่อ ขนาดต่างๆ
- เหล็กเส้น น็อต สกรู ขนาดต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การดำเนินการและการทำลองเบื้องต้น

ได้ทำการถอดชิ้นส่วนของตัวรถออก เพื่อที่จะดูพื้นที่ที่จะทำการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ โดยชิ้นส่วนที่ถอดออกมานั้นส่วนใหญ่ ไม่ได้นำมาใช้งานอีก ส่วนตัวเครื่องยนต์ได้ทำการถอดมาเพื่อศึกษาชิ้นส่วนและทำความสะอาด เปลี่ยนถ่ายน้ำมันเครื่อง

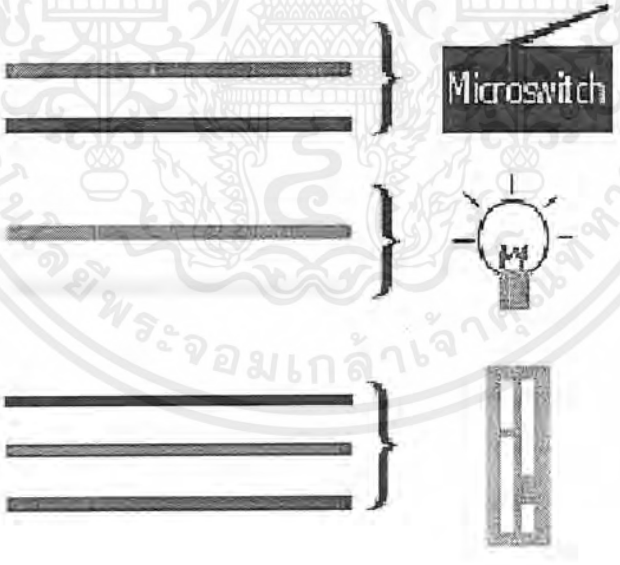
ปัญหาที่เกิดขึ้นในการปฏิบัติงาน

เครื่องยนต์

หลังจากที่ได้ผ่าดูโครงสร้างภายในดู พบว่าเครื่องยนต์ภายในค่อนข้างเก่าและหลวม ซึ่งคาดว่าประสิทธิภาพในการทำงานจะไม่เต็มที่จึงได้ทำการซ่อมแซม และปรับแต่งเครื่อง และในการประกอบเครื่องกลับชิ้นส่วนต่างๆที่นำมาประกอบกลับบางชิ้นสภาพชำรุด

มอเตอร์

เนื่องจากมอเตอร์ที่ได้มา จะมีวงจรไว้ใช้สำหรับควบคุมและทางเราไม่ได้วิธีควบคุมวงจรมาด้วย จึงทำให้ลำบากในการที่จะหาสัญญาณควบคุมมอเตอร์นี้ แต่ในภายหลังก็สามารถแก้ไขได้ ส่วนวงจรที่เราทำการหา มีดังนี้



รูปที่ 4.1 แสดงถึงวงจรควบคุมมอเตอร์

3 ขาแรกนี้เป็นตัวต้านทาน(2 K) ปรับค่าได้ใช้ในการเร่งความเร็ว

2 ขาต่อมาแสดงสัญญาณเมื่อมอเตอร์เกิด โอเวอร์โหลด ทำให้มอเตอร์ร้อน สัญญาณไฟจะติด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.ขาสุดท้ายเป็นสัญญาณสตาร์ทมอเตอร์ เมื่อ on มอเตอร์จะหมุน (normally open)

การเปลี่ยนแปลงการทำงานเนื่องจากปัญหาต่างๆ

จากเดิมที่ตั้งเป้าหมายไว้ได้คิดระบบการทำงานเป็นแบบระบบขนานโดยใช้การรวมแรงไว้ที่เพลาๆ เดียว โดยมีเฟืองดอกจอกตรงเพลารวมกำลังเป็นตัวส่งกำลังไปที่เฟืองดอกจอกอีกตัวตรงเฟืองท้ายเพื่อส่งกำลังออกไปขับ แต่เนื่องจากว่าระบบที่ได้ทำการคิดนี้ไม่สามารถทำงานได้จริง เนื่องจากว่า

1. เนื่องจากระบบที่ได้ทำการวางแผนไว้เป็นการทำงานย้อนกลับกับการทำงานของระบบเฟืองท้ายที่ทำงานจริง ซึ่งจะมีปัญหาในเรื่องของอัตราทด ของเฟืองที่จะทำให้เครื่องยนต์ ที่ต้องการความเร็วรอบสูงในการขับเคลื่อน ทำให้เครื่องยนต์ต้องมี ทอล์กสูงที่รอบสูง ซึ่งจะเป็นการสิ้นเปลือง

2. ในการใช้งานระบบเฟืองท้ายจริงต้องมีการสร้างระบบหล่อลื่นโดยต้องมีการจัดสร้างเป็นบล๊อคน้ำมัน ซึ่งมีความยุ่งยากในการสร้าง และมีปัญหาในการจัดวาง

3. ปัญหาในเรื่องของน้ำหนักของระบบเฟืองท้ายซึ่งมีน้ำหนักสูงมาก ทำให้ศูนย์ถ่วงของตัวรถมีตำแหน่งที่สูงขึ้น จะมีผลทำให้การทรงตัวไม่ค่อยดี

4. ปัญหาในการติดตั้ง เพราะว่าระบบเฟืองท้ายมีขนาดใหญ่ เมื่อเทียบกับตัวรถแล้วจะมีขนาดไม่เหมาะสมต่อการวางตำแหน่ง

ดังนั้นจึงได้ทำการเปลี่ยนแปลงจากระบบรถไฮบริดแบบขนาน จากเดิมที่ใช้เฟืองท้าย มาใช้เป็น magnetic clutch แทน

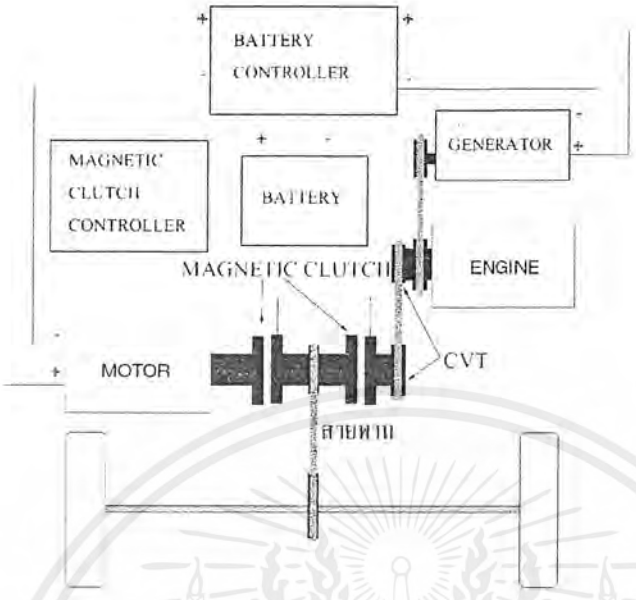
ระบบการทำงานที่ใช้ magnetic clutch ในการทำงาน

การออกแบบการวางผังตำแหน่งของอุปกรณ์ต่างๆ

จะทำการย้ายเครื่องยนต์จากตำแหน่งเดิมที่ได้มีการวางเครื่องยนต์เอาไว้ตรงกลางโครงรถแล้วต่อมาจะดำเนินการจัดย้ายอุปกรณ์บางส่วนที่สำคัญไปไว้บนเพลาท้ายของโครงรถซึ่งตรงกลางจะว่างไว้จัดเป็นที่นั่งคนขับและต่อเติมด้านข้างเพื่อวางแบตเตอรี่ซึ่งจะประหยัดเวลาในการออกแบบและสร้างโครงรถใหม่ได้มากทั้งยังไม่ต้องออกแบบระบบบังคับเลี้ยว ใหม่ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

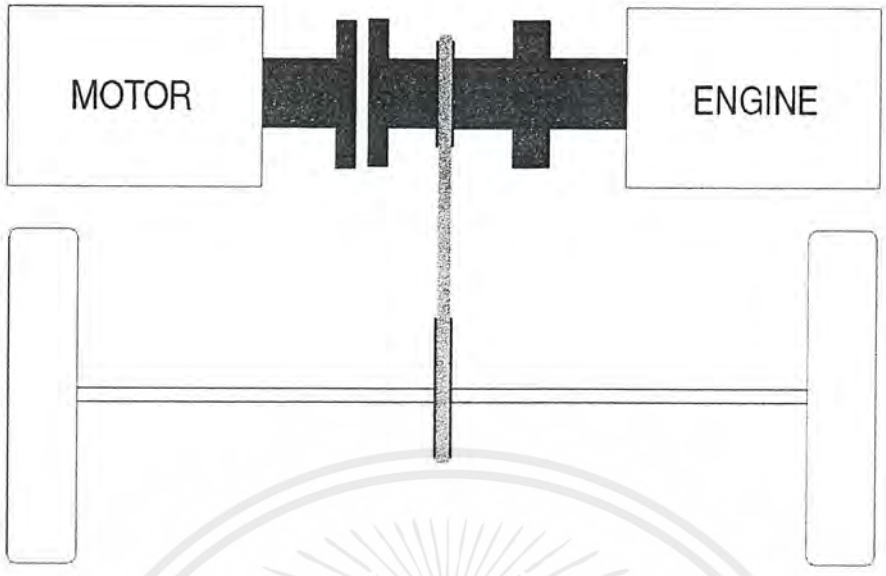
ระบบการทำงานของเครื่องยนต์และมอเตอร์



รูปที่ 4-2 ผังระบบการทำงานของเครื่องยนต์และมอเตอร์

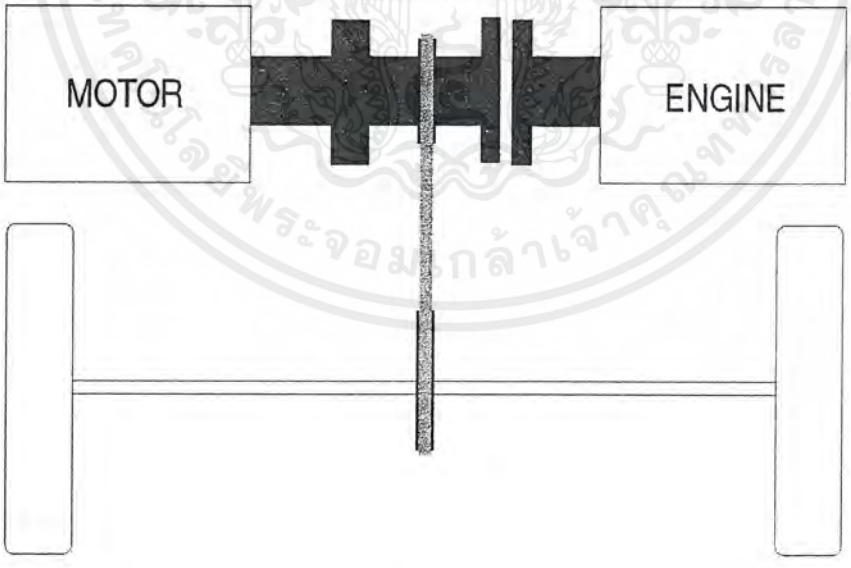
ระบบนี้ประกอบด้วยเครื่องยนต์, CVT, MAGNETIC CLUTH 2 ตัว, เพลาส่งกำลังหลัก และมอเตอร์ไฟฟ้า ดังรูปที่ 4-2 เครื่องยนต์จะใช้ส่งกำลังผ่าน CVT ซึ่งเป็นเกียร์อัตโนมัติชนิดหนึ่ง เพื่อให้เครื่องยนต์สามารถทำงานในช่วง optimum point ได้ จากนั้นจะมี magnetic clutch ตัวหนึ่งเพื่อ เพื่อควบคุมการส่งกำลังเข้าสู่เพลาส่งกำลังหลัก และจะมีสายพาน ต่อเข้าเจนเนอเรเตอร์เพื่อไปปั่นกระแสไฟฟ้าไปสู่ระบบแบตเตอรี่ battery control ซึ่งจะเป็นวงจรที่จะคอยควบคุมการใช้จ่ายกระแสไฟฟ้า หรือ ชาร์จกลับของแบตเตอรี่ มอเตอร์จะใช้ไฟฟ้าจากแบตเตอรี่หรือจากเจนเนอเรเตอร์ เพื่อส่งกำลังผ่าน magnetic clutch อีกตัวหนึ่ง เข้าสู่เพลาส่งกำลังหลัก แล้วจะมีสายพานอีกตัวส่งกำลังไปที่เฟืองท้าย เพื่อไปขับเคลื่อนรถต่อไป ซึ่งมีการควบคุมการใช้กำลังดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-3 การส่งกำลังจากเครื่องยนต์ผ่าน magnetic clutch ผ่านไปสู่ล้อ

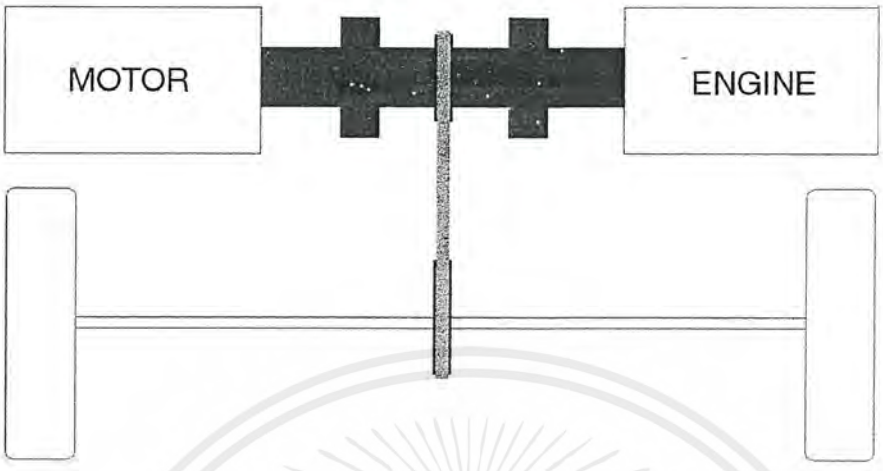
เมื่อต้องการใช้กำลังจากเครื่องยนต์ก็จะจ่ายสัญญาณไฟฟ้าให้ MAGNETIC CLUTH ด้านเครื่องยนต์ประกบกัน เชื่อมต่อเพลาส่งกำลังหลักกับเพลาส่งกำลังของเครื่องยนต์ดังรูปที่ 4-3



รูปที่ 4-4 การส่งกำลังจากมอเตอร์ผ่าน magnetic clutch ผ่านไปสู่ล้อ

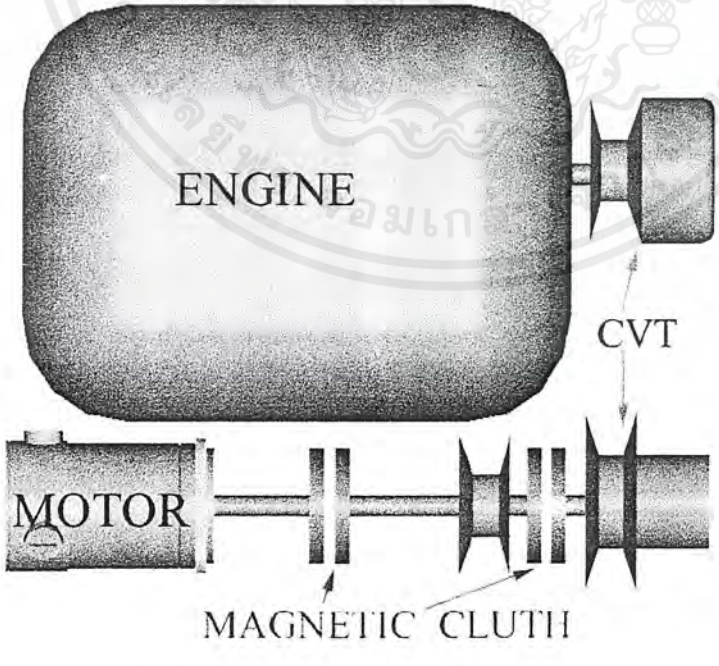
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อต้องการใช้กำลังจากmotorก็จ่ายสัญญาณไฟฟ้าเข้าที่ MAGNETIC CLUTH ด้านมอเตอร์ ให้ประกบกัน เชื่อมต่อเพลาส่งกำลังหลักกับเพลาส่งกำลังของมอเตอร์ ดังรูปที่ 4-4



รูปที่ 4-5 การส่งกำลังรวม ทั้งมอเตอร์และเครื่องยนต์ ผ่านไปสู่ล้อ

เมื่อต้องการใช้กำลังจากทั้งเครื่องยนต์และมอเตอร์ก็จ่ายสัญญาณไฟฟ้าเข้าที่ MAGNETIC CLUTH ทั้ง 2 ตัว ให้ประกบกัน เชื่อมต่อเพลาส่งกำลังหลัก เพลาส่งกำลังของเครื่องยนต์และเพลาส่งกำลังของมอเตอร์เข้าเป็นเพลาเดียวกัน ดังรูปที่ 4-5



รูปที่ 4-6 ผังการวางตำแหน่งอุปกรณ์ต่างๆ ตามขนาดจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยเครื่องยนต์จะอยู่ในตำแหน่งเดิมตรงกลางรถ แล้วจะแยกเพลามอเตอร์และเพลาส่งกำลังหลัก จากกันต่างหาก จากเครื่องยนต์ โดยเครื่องยนต์จะต่อกับเพลาส่งกำลังหลักด้วย ระบบ CVT ติดตั้งมอเตอร์ให้เป็นเพลาในแนวเดียวกับเพลาส่งกำลังหลัก และ เชื่อมต่อด้วย magnetic clutch ดังรูป 4-6

ปัญหาที่เกิดขึ้นในการเปลี่ยนแปลงระบบ

1. คลัชต์แม่เหล็ก (magnetic clutch)

ปัญหาเกี่ยวกับ magnetic clutch

- ที่ซื้อมารับ torque ได้น้อยเกินไป เมื่อเทียบกับน้ำหนัก
- magnetic clutch ที่มีคุณภาพดีจะมีราคาสูงมาก
- น้ำหนักของ magnetic clutch ส่วนใหญ่จะมีน้ำหนักมากทำให้การจัดวางลำบาก

2. เจนเนอเรเตอร์

ปัญหาเกี่ยวกับ เจนเนอเรเตอร์

- รายละเอียดที่ต้องการของตัว เจนเนอเรเตอร์ ไม่สามารถหาให้ได้สอดคล้องกับการคำนวณ
- เจนเนอร์เตอร์ มีรายละเอียดในการทำงานมาก ทำให้มีปัญหาในการศึกษา
- เมื่อใช้ความเร็วรอบที่สูงเกินไป จะไม่มีระบบการป้องกันความเสียหาย ซึ่งอาจทำให้เสียหายได้

3. มอเตอร์

ปัญหาเกี่ยวกับมอเตอร์

- ต้องการใช้ความต่างศักย์ในการขับเคลื่อนสูง (60-200 โวลต์) ทำให้ต้องใช้แบตเตอรี่เป็นจำนวนมาก ซึ่งจะมีผลต่อน้ำหนักของตัวรถ (แบตเตอรี่ 1 ก้อน หนักประมาณ 9 กิโลกรัม) โดยเราจำเป็นต้องใช้แบตเตอรี่เป็นจำนวน 8 ก้อนเพื่อใช้ในการขับเคลื่อนมอเตอร์
- เนื่องจากมอเตอร์ตัวนี้เป็นของประเทศญี่ปุ่น รายละเอียดต่างๆ จึงไม่สามารถหาได้ บางครั้งปัญหาที่เกิดขึ้นเนื่องจากการควบคุม จึงไม่สามารถทำการแก้ไขได้
- เนื่องจากเราไม่รู้รายละเอียดเกี่ยวกับมอเตอร์ตัวนี้มากนัก จึงต้องทำชุดทดลองโดยนำหม้อแปลงขนาด 220-110 มาทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เครื่องยนต์

ปัญหาเกี่ยวกับเครื่องยนต์

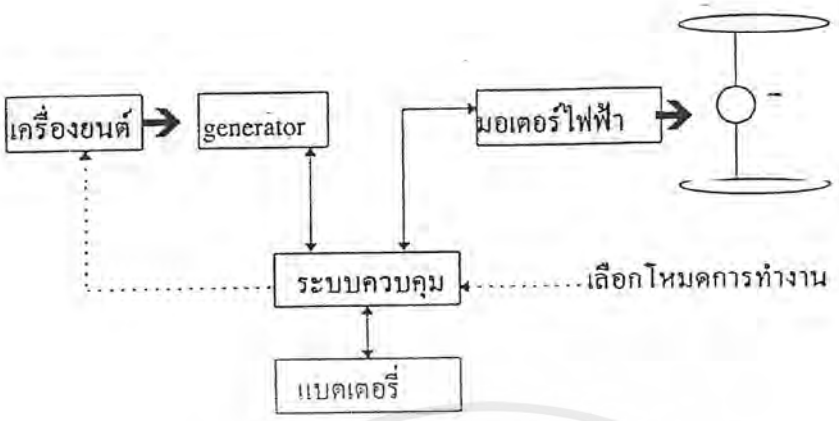
- เครื่องยนต์นี้สภาพค่อนข้างเก่า และมีบางชิ้นส่วนมีสภาพไม่สมบูรณ์ทำให้การทำงานไม่ค่อยมีประสิทธิภาพ
- การตั้งรอบไม่สามารถทำได้โดยง่ายเพราะการจุดระเบิดของเครื่องยนต์ไม่สามาตรถจุดระเบิดได้อย่างต่อเนื่อง
- ระบบการจุดระเบิดของเครื่องยนต์เครื่องนี้ เป็นระบบ CDI (Control Direct Injection) ซึ่งต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้าน ทำให้ไม่สามารถตั้งระบบจุดระเบิดได้ตามต้องการที่จะใช้งาน
- ปัญหาการสั่นของเครื่องยนต์เนื่องจากการโดนจุดดึงระหว่างสายพานที่ต่อไปยังเจนเนอเรเตอร์
- เครื่องยนต์ตัวนี้ออกแบบมาโดยต้องมีมอเตอร์ช่วยในการสตาร์ตเครื่องยนต์ก่อน ซึ่งการทำงานระบบนี้ จะมีผลทำให้การสตาร์ตเริ่มต้นมี torque ที่น้อย
- เมื่อต่อสายพานกับเจอเนอเรเตอร์แล้วขนาดของพู่เล่ย์ที่ใช้เดิมจำเป็นที่จะต้องใช้ torque ที่สูงกว่ากำลังที่เครื่องจะผลิตได้ จึงทำให้เครื่องเกิดการกระตุกและน้ำมันเชื้อเพลิงทะลักท่วมเครื่องออกมาจากท่อทิ้งน้ำมัน
- ลูกลอยในคาร์บูเรเตอร์ ตกลงทำให้ไม่สามารถกักเก็บน้ำมันไว้ได้จึงจำเป็นที่จะต้องมีการแต่งลูกลอยใหม่
- เนื่องจากท่อไอเสียเดิมมีขนาดยาวเกินไปทำให้การจัดวางตำแหน่งของอุปกรณ์ต่างๆที่เข้ามาเสริมไม่สามารถทำได้ จึงต้องตัดท่อไอเสียให้สั้นลง ทำให้เกิดเสียงดังและมีควันมาก
- เครื่องยนต์มีปัญหาคือ ระบบการเหวี่ยงน้ำมันเครื่อง ไม่ทำการเหวี่ยงน้ำมันเครื่องขึ้นไปหล่อลื่นที่โซ่ timing ซึ่งเมื่อทำงานนานๆ อาจทำให้เครื่องเสียหายได้

จากปัญหาที่เกิดขึ้นทั้งหมดนี้ จึงจำเป็นที่จะต้องเปลี่ยนระบบการทำงาน ให้เป็นรถไฮบริดแบบอนุกรม เพื่อให้ง่ายต่อการติดตั้ง

การทำงานของเครื่องยนต์ไฮบริดแบบอนุกรม

ระบบอนุกรม (Series System) เริ่มต้นที่ความต้องการของผู้ใช้งาน ผู้ใช้งานสามารถเลือกการทำงานได้ 2 ระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-7 การทำงานของรถไฮบริดแบบอนุกรม

(1) ระบบไฟฟ้า: เมื่อผู้ใช้งานเลือกการทำงานด้วยระบบไฟฟ้า แบตเตอรี่จะเป็นตัวจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับมอเตอร์ เพื่อให้มอเตอร์ใช้ในการขับเคลื่อน ซึ่งการทำงานด้วยระบบไฟฟ้านี้เครื่องยนต์จะไม่ทำงาน

(2) ระบบไฮบริด: เมื่อผู้ใช้งานเลือกการทำงานด้วยระบบไฮบริดนี้โดยสั่งไปที่ระบบควบคุมระบบควบคุมนี้จะสั่งให้เครื่องยนต์ทำงาน เครื่องยนต์จะผลิตพลังงานกล และพลังงานงานกลทั้งหมดนี้จะถูกเปลี่ยนไปเป็นพลังงานไฟฟ้า โดย Generator พลังงานไฟฟ้านี้จะถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ด้วยระบบควบคม พลังงานไฟฟ้าส่วนแรกจะถูกส่งไปขับมอเตอร์ มอเตอร์นี้จะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าไปเป็นพลังงานกลเพื่อใช้ในการขับเคลื่อน พลังงานไฟฟ้าอีกส่วนหนึ่งจะเป็นพลังงานไฟฟ้าส่วนที่เหลือจากพลังไฟฟ้าส่วนแรก พลังงานไฟฟ้าส่วนนี้จะถูกส่งไปประจุไว้ในแบตเตอรี่เพื่อเก็บไว้ใช้ในการทำงานของมอเตอร์ แต่ถ้ากำลังของเครื่องยนต์ไม่พอใช้กับเครื่องมอเตอร์จะใช้พลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่มาช่วยเครื่องยนต์ขับเคลื่อนอีกขั้นหนึ่ง ด้วยการทำงานของระบบไฮบริดนี้สามารถทำให้เครื่องยนต์ทำงานด้วยอัตราเร็วคงที่ที่ Optimum point เพื่อช่วยในการประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิง โดยใช้มอเตอร์ เป็นตัวเสริมกำลังที่ขาดไป และแบตเตอรี่เป็นตัวเก็บกำลังที่เกินออกมา ประจุเก็บไว้ในรูปของพลังงานไฟฟ้า

การดำเนินงาน

ได้ทำการดำเนินงานในส่วนประกอบต่างๆ ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบพู่เล่ย์

เมื่อทราบความต้องการ Torque แรงม้า และอัตราทด ก็จะสามารถเลือกขนาดของพู่เล่ย์ที่จะติดตั้งได้โดยเพิ่มหรือลดขนาดตามความต้องการขยายหรือลด Torque

การออกแบบเพลา

เนื่องด้วยรูสวมของพู่เล่ย์ที่ใช้มีขนาด ¾ " และ 1 " เพลาที่ใช้ในการออกแบบเพื่อความสะดวกจึงใช้เพลาขนาด ¾ " และ 1 " ส่วนแบริ่งที่ใช้ในการทดลองเป็นแบบลูกปืนตามแกนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ¾ " และ 1 "

การออกแบบเจนเนอเรเตอร์

เมื่อทราบความต้องการใช้ขนาดโวลต์ในการชาร์จแบตเตอรี่ ก็นำไปเทียบกันสินค้าที่มีขายในตลาดแล้วนำมาใช้

การออกแบบ CVT

จากเดิม CVT อยู่ที่เครื่องยนต์ เราได้ทำการย้าย CVT มาอยู่เหนือเพลาท้าย โดยการจัดทำเพลา CVT ขึ้นมาใหม่

ผลการทดสอบรถไฮบริด

ทดสอบความเร็วที่ใช้ในการขับเคลื่อนรถ

การทดสอบมีประโยชน์เพื่อที่จะทำให้เรารู้ได้ว่าประสิทธิภาพของรถที่ได้จะเป็นอย่างไร โดยในการทดสอบเราได้ทำการทดสอบบนผิวเรียบ และน้ำหนักมีผลต่อการขับเคลื่อนของรถมากน้อยเพียงใด

ข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบ

มีข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบดังนี้คือ

-	น้ำหนักของคนขับ	70	กิโลกรัม
-	น้ำหนักของรถ	200	กิโลกรัม
-	อื่นๆ	30	กิโลกรัม
-	รวมน้ำหนักทั้งหมด	300	กิโลกรัม

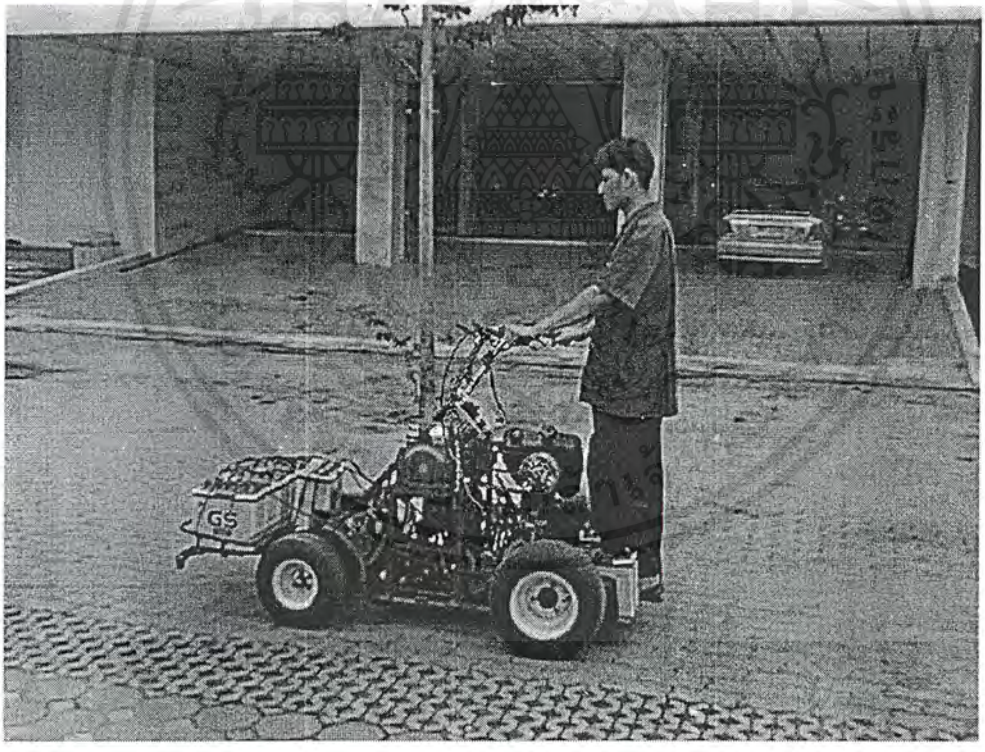
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนในการทดสอบ

- เตรียมสถานที่โดยเตรียมจุดเริ่มต้นและสุดท้าย เพื่อทำการทดสอบ โดยกำหนดระยะทางให้เป็น 20 เมตร
- ทำการจับเวลาเดินหน้าและถอยหลังโดยเริ่มต้นตั้งแต่จุดเริ่มต้นไปยังจุดสุดท้าย
- บันทึกเวลาที่ได้แล้วนำไปคำนวณหาความเร็ว

ผลการทดสอบ

สถานการณ์ขับเคลื่อน	ความเร็วเฉลี่ย (km/hr)
เดินหน้า	11.2
ถอยหลัง	11.18



รูปที่ 4-8 แสดงการขับเคลื่อนรถเดินหน้า

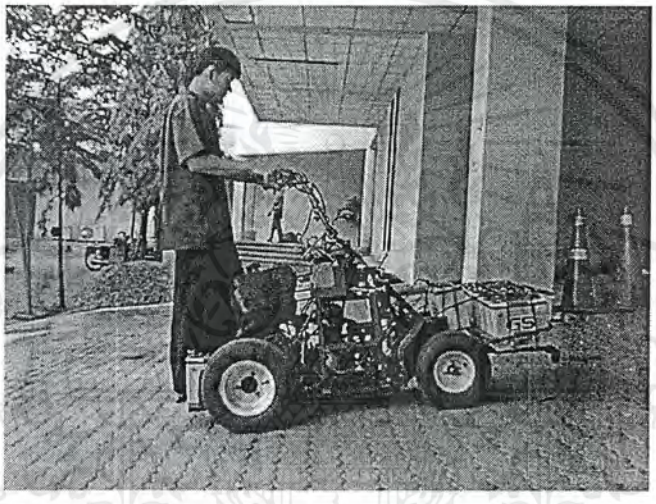
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดสอบ

จากผลการทดสอบทำให้เราทราบได้ว่า อัตราการทดในเฟืองท้ายทั้งการเดินหน้าและถอยหลังมีค่าเท่ากัน

การทดลองขึ้นทางลาดชัน และ ตัวหนอน

โดยปกติแล้วการขึ้นทางลาดชันหรือขึ้นตัวหนอนจะเป็นการลำบากอย่างยิ่งเนื่องจากต้องใช้แรงในการขับเคลื่อนเป็นจำนวนมาก ดังนั้นการทดสอบนี้จึงมีขึ้นเพื่อที่จะดูว่าประสิทธิภาพในการขับเคลื่อนของรถสามารถทำได้เท่าไร และยังดูด้วยว่าสามารถขึ้นตัวหนอนตามถนนได้รึเปล่าซึ่งในการทดสอบจะสามารถแสดงได้ดังรูปต่อไปนี้



รูปที่ 4-9 แสดงการขับรถขึ้นทางลาดชัน

รูปที่ 4-10 แสดงการขับผ่านตัวหนอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดสอบ

รถมีประสิทธิภาพในการขึ้นทางชันระดับมุมประมาณ 30 องศา และสามารถผ่านตัวหนอนได้

สรุปผลการทดสอบ

จากการทดสอบทำให้เราทราบได้ว่ารถนั้นมี torque ที่สูงมากสามารถดัดแปลงเพื่อที่จะเพิ่มเติมความเร็วของรถให้สูงขึ้นได้อีก

การทดสอบมุมเลี้ยวของล้อ

เพื่อดูว่ามุมเลี้ยวมีค่าเท่าไร และความกว้างของรัศมีความเลี้ยวโค้งที่ใช้ในการกลับรถมีค่าเท่าไร

รูปที่ 4-11 แสดงการเลี้ยวล้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดสอบ

จากการวัดในขณะทำการทดลองได้ผลออกมาดังนี้

มุมเลี้ยวของล้อ	30	องศา
รัศมีการเลี้ยวโค้ง	1.33	เมตร

การทดสอบการชาร์จไฟกลับ

เพื่อเป็นการทดสอบโหมดการทำงาน Battery – Charge Mode ว่าสามารถทำงานได้จริงหรือไม่ ซึ่งมีผลการทดสอบดังนี้

ผลการทดสอบ

จากการทดสอบทำให้เราทราบว่า ไฟที่ออกมาจากเจนเนอเรเตอร์เป็นไฟกระตุกไม่คงที่ คือมีอยู่ด้วยกัน 3 สภาวะ คือ

1. สภาวะไฟตก ในสภาวะนี้จะไม่เกิดการชาร์จไฟกลับ
2. สภาวะชาร์จ เป็นสภาวะส่วนใหญ่ที่เจนเนอเรเตอร์กำเนิดไฟออกมา ซึ่งจะทำการชาร์จไฟเข้าแบตเตอรี่
3. สภาวะไฟเกิน จะเกิดไฟกระชาก แต่ไฟก็จะตกลงอย่างทันที ซึ่งมีผลเพียงเล็กน้อยต่อแบตเตอรี่ ไม่ทำให้เกิดความเสียหาย

ข้อควรระวัง

เนื่องจากเครื่องยนต์มีสภาพที่เก่าและระบบระบายความร้อนไม่ดี จึงไม่ควรติดเครื่องยนต์เป็นเวลานานเกินกว่า 10 นาที เพราะอาจทำให้เกิดการไหม้ของลูกสูบได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและข้อแนะนำ

สรุป

ในการดำเนินการออกแบบ ติดตั้ง ครั้งนี้ เป็นการดำเนินงานเพียงแค่บางระบบเพราะในการที่จะทำการติดตั้งให้ครบทุกระบบ จำเป็นต้องใช้เวลา และผู้เชี่ยวชาญในด้านต่างๆ โดยเฉพาะและอุปกรณ์บางตัวไม่มีทั่วไป ต้องใช้เวลาในการออกแบบและทำการผลิตโดยเฉพาะ ทำให้เป็นการลำบากที่จะหาอุปกรณ์ต่างๆมาใช้งานร่วมกัน และบางทีเมื่อได้มาแล้วนำมาติดตั้งแล้วก็เกิดปัญหา จึงต้องทำการแก้ไข ซึ่งต้องใช้เวลา การติดต่อ การติดตั้ง และทุนทรัพย์ทำให้การติดตั้งและทดสอบได้เพียงแค่ 2 ระบบ ได้แก่ Electric Mode และ Battery Charge Mode

ข้อแนะนำ

ในการออกแบบติดตั้ง และทดสอบ รถไฮบริด ควรร่วมมือกันระหว่างผู้เชี่ยวชาญในแขนงต่างๆ เพื่อให้เกิดชิ้นงานที่สมบูรณ์ที่สุด และควรใช้เวลาในการทดสอบ ปรับปรุง แก้ไขให้มาก และเลือกใช้หรือสร้างอุปกรณ์ที่เหมาะสมที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1. ศาสตราจารย์บุญญศักดิ์ ใจจงกิจ,อนุกรมเครื่องต้นกำลัง 4 มอเตอร์ไฟฟ้า พิมพ์ครั้งที่1 ,2521 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
2. รศ.ดร. วิริยะ พิเชฐจำเริญ , เครื่องจักรกลไฟฟ้า 1 ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง , บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด , 2535
3. พงศ์ สุวรรณปีฎก , มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง กระแสสลับ พิมพ์ครั้งที่ 2 , 2525
4. คำนึง สาขากร , ระบบเครื่องล่างรถยนต์ , 2536
5. ธีระยุทธ สุวรรณประทีป , ศัพท์วิศวกรรมยานยนต์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องยนต์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ , บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, 2536
6. ธีระยุทธ สุวรรณประทีป , วิศวกรรมยานยนต์ภาคบรรยาย ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องยนต์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ , ฟิสิกส์เซนเตอร์ การพิมพ์
7. เกษม ประพฤติธรรม , อำพร ภักดีชาติ , คำนึง สาขากร , บุญทัน สมนึก , ระบบส่งกำลังรถยนต์ พิมพ์ครั้งที่ 5 , 2538
8. เผด็จ แสนเกษม , กลศาสตร์ยานยนต์ สถาบันเทคโนโลยี ราชมงกล , 2530
9. ผศ. โยธิน เปรมปราณีรัชต์ , วิเคราะห์และออกแบบระบบควบคุมมอเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมระบบควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ , สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง , กันยายน 2536
10. Mathmatic Modeling Of Solar/Heat Engine Hybrid Electric Vehicle , AIT
11. M.J. collie , Electric And Hybrid Vehicles, Noyes Data Corporation, New Jersey, 1979

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการรถไฟฟ้าไฮบริดสามารถสำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลือและอุปการะจาก อาจารย์ จินดา เจริญพรพาณิชย์, อาจารย์ พงษ์ศักดิ์ คำมูล , อาจารย์ ชินรักษ์ เธียรพงษ์ ที่ได้ให้คำปรึกษาและคำแนะนำ ช่วยประสานงานด้านต่างๆ

JICA ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์บริจาค มอเตอร์ไฟฟ้า DC มา

พี่ มณฑา เทียมเมือง ที่ได้ให้คำปรึกษาด้านเทคนิค และช่วยเหลือด้านเทคนิคต่างๆ ขอขอบพระคุณมากๆ ครับ

เพื่อน กล้วย , กิจ , เอส (Flow)

เพื่อน นัท , ตอง , แชมป์ (E.C.U.)

เพื่อน ปอนด์ ภาควิชา อิเล็กทรอนิกส์ ลาดกระบัง ที่ช่วยเหลือด้านวงจรมอเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง ที่ได้สั่งสอนวิชาความรู้ต่างๆ จนกระทั่งสามารถทำโครงงานนี้จนสำเร็จลุล่วง รวมทั้งอาจารย์และเพื่อนๆ ที่ภาควิชาเครื่องกล ที่ให้ความช่วยเหลืออื่นๆ และกำลังใจในการทำโครงการนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้