หนังสือเล่มนี้เรียบเรียงตรงตามจุดประสงค์รายวิชา สมรรถนะรายวิชา และคำอธิบายรายวิชา หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พุทธศักราช 2556 ของสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

รหัสวิชา 2101-2005

งานไฟฟ้ารถยนต์

ดร.พุทธ ธรรมสุนา

120.-

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พุทธศักราช 2556
ของสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

ผู้เรียบเรียง : ดร. พุทธ ธรรมสุนา (ครูชำนาญการพิเศษ)

พิมพ์ครั้งที่ 1 : กรกฎาคม 2560

จำนวน : 3,000 เล่ม

ผลิตและจำหน่ายโดย :

บริษัทศูนย์หนังสือ เมืองไทย จำกัด
นางสาวปัญจนี วิทยสัมพันธ์
101/14 หมู่บ้านมณียา 3 ซอย 10 ถนนรัตนาธิเบศร์
ตำบลไทรม้า อำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี 11000
โทร. 0-2924-6316, 08-1445-9968, 08-6300-4113
โทรสาร 0-2594-3923
Website : www.muangthaibook.com
E-mail : editor@muangthaibook.com

ISBN : 978-616-281-386-3

ราคา : 120 บาท

"หนังสือเล่มนี้เป็นลิขสิทธิ์ของ บริษัทศูนย์หนังสือ เมืองไทย จำกัด ห้ามทำซ้ำ คัดลอก เลียนแบบ ทำสำเนาดัดแปลงหรือวิธีการอื่นใดไปเผยแพร่ ไม่ว่าจะเป็นส่วนหนึ่งส่วนใดของหนังสือเล่มนี้ นอกจากจะได้รับการยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจาก บริษัทศูนย์หนังสือ เมืองไทย จำกัด"

คำนำ

หนังสือเรียนวิชา งานไฟฟ้ารถยนต์ รหัสวิชา 2101–2005 เล่มนี้ เรียบเรียงขึ้นเพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พุทธศักราช 2556 ของสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

เนื้อหาของหนังสือมีด้วยกันทั้งหมด 10 หน่วยการเรียน ประกอบด้วย (1) ทฤษฎีพื้นฐานไฟฟ้า (2) พื้นฐานไฟฟ้ารถยนต์ (3) เครื่องมือวัดทางไฟฟ้า (4) แบตเตอรี่ (5) ระบบสตาร์ต (6) ระบบจุดระเบิด (7) ระบบประจุไฟ (8) ระบบไฟแสงสว่างและสัญญาณ (9) เกจวัดและหน้าปัดรถยนต์ และ (10) ระบบไฟฟ้าอำนวยความสะดวก พร้อมทั้งแบบฝึกหัด ใบงาน และแบบทดสอบหลังเรียน เพื่อให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะในสถานการณ์ต่าง ๆ มีทักษะการคิดและแก้ปัญหา และบูรณาการกับการทำงานตามสาขาอาชีพต่าง ๆ ต่อไป

ผู้เรียบเรียงและฝ่ายวิชาการ ศูนย์หนังสือ เมืองไทย หวังเป็นอย่างยิ่งว่าหนังสือเรียนวิชา งานไฟฟ้ารถยนต์ เล่มนี้ จะสามารถใช้ศึกษาให้เกิดความรู้และเกิดประโยชน์แก่ผู้เรียน ผู้สอน ตลอดจนผู้สนใจศึกษาทั่วไปเป็นอย่างดี หากมีข้อผิดพลาดประการใดผู้เรียบเรียงและฝ่ายวิชาการ ศูนย์หนังสือ เมืองไทย ขอน้อมรับคำติชมเพื่อเป็นประโยชน์ในการปรับปรุงแก้ไขในโอกาสต่อไป

ดร.พุทธ ธรรมสุนา

และ

ฝ่ายวิชาการ ศูนย์หนังสือ เมืองไทย

รหัสวิชา	ชื่อวิชา	ท–ป–น
2101–2005	งานไฟฟ้ารถยนต์	2–3–3

จุดประสงค์รายวิชา เพื่อให้

1. เข้าใจหลักการทำงานของระบบไฟฟ้ารถยนต์
2. ใช้เครื่องมือวัด เครื่องมือทดสอบของระบบไฟฟ้ารถยนต์
3. ถอด ประกอบ ตรวจสภาพอุปกรณ์ของระบบไฟฟ้ารถยนต์
4. บริการ บำรุงรักษา แก้ไขข้อขัดข้องระบบไฟฟ้ารถยนต์
5. มีกิจนิสัยที่ดีในการทำงาน รับผิดชอบ ประณีต รอบคอบ ตรงต่อเวลา สะอาด ปลอดภัยและรักษาสภาพแวดล้อม

สมรรถนะรายวิชา

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับหลักการทำงานและตรวจสภาพระบบไฟฟ้ารถยนต์
2. ตรวจสภาพอุปกรณ์ในระบบไฟฟ้ารถยนต์ตามคู่มือ
3. ถอด ประกอบชิ้นส่วนอุปกรณ์ในระบบไฟฟ้ารถยนต์ตามคู่มือ
4. แก้ไขข้อขัดข้องของระบบไฟฟ้ารถยนต์ตามคู่มือ

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับหลักการทำงาน การใช้เครื่องมือวัดและเครื่องมือทดสอบ ถอดประกอบ ตรวจสภาพ บริการ บำรุงรักษา การแก้ไขข้อขัดข้อง แบตเตอรี่ ระบบสตาร์ต ระบบจุดระเบิด ระบบประจุไฟ ระบบแสงสว่าง ระบบสัญญาณและอุปกรณ์อำนวยความสะดวกในระบบไฟฟ้ารถยนต์

สารบัญ

หน้า

หน่วยที่ 1 ทฤษฎีพื้นฐานไฟฟ้า 1

1.1 การกำเนิดไฟฟ้า 5

1.2 การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน 6

1.3 ตัวนำไฟฟ้า ฉนวน และวัสดุกึ่งตัวนำ 7

1.4 ทฤษฎีการไหลของกระแสไฟฟ้า 8

1.5 ชนิดของไฟฟ้า 9

1.6 ปริมาณทางไฟฟ้า 10

1.7 กฎของโอห์ม 16

1.8 วงจรไฟฟ้า 17

1.9 กำลังไฟฟ้า 24

1.10 แม่เหล็ก 24

แบบฝึกหัดหน่วยที่ 1 28

แบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 1 30

หน่วยที่ 2 พื้นฐานไฟฟ้ารถยนต์ 33

2.1 สายไฟและขนาดของสายไฟ 35

2.2 ฉนวนสายไฟและรหัสสีสายไฟ 39

2.3 ขั้วต่อสายไฟและข้อต่อสายไฟ 40

2.4 การซ่อมสายไฟและขั้วต่อสายไฟ 42

2.5 อุปกรณ์ป้องกันวงจร 44

2.6 ไดอะแกรม สัญลักษณ์ และอุปกรณ์ไฟฟ้ารถยนต์ 46

แบบฝึกหัดหน่วยที่ 2 52

ใบงานที่ 1 งานต่อสายไฟโดยวิธีบัดกรี 54

ใบงานที่ 2 งานต่อสายไฟเข้ากับขั้วต่อสายไฟ 55

แบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 2 56

หน้า

หน่วยที่ 3 เครื่องมือวัดทางไฟฟ้า 58

3.1 มัลติมิเตอร์แบบอนาล็อก 60

3.2 มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล 68

3.3 หลอดไฟทดสอบ 72

แบบฝึกหัดหน่วยที่ 3 74

ใบงานที่ 3 งานใช้โวลต์มิเตอร์วัดค่าแรงดันไฟฟ้าที่วงจรไฟฟ้ารถยนต์ 77

ใบงานที่ 4 งานใช้โอห์มมิเตอร์วัดความต่อเนื่องของฟิวส์ 79

ใบงานที่ 5 งานใช้หลอดไฟทดสอบตรวจสอบความต่อเนื่องของวงจรไฟหรี่ 80

แบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 3 81

หน่วยที่ 4 แบตเตอรี่ 83

4.1 หน้าที่ของแบตเตอรี่ 85

4.2 โครงสร้างของแบตเตอรี่ 86

4.3 ปฏิกิริยาเคมีภายในแบตเตอรี่ 90

4.4 ความจุแบตเตอรี่ 93

4.5 การประจุไฟแบตเตอรี่ 93

4.6 การบริการและการทดสอบแบตเตอรี่ 98

แบบฝึกหัดหน่วยที่ 4 105

ใบงานที่ 6 งานบำรุงรักษาแบตเตอรี่และตรวจสอบทางกายภาพแบตเตอรี่ 107

ใบงานที่ 7 งานตรวจวัดค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำยาอิเล็กโตรไลต์แบตเตอรี่ 108

ใบงานที่ 8 งานประจุไฟแบตเตอรี่ 109

แบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 4 110

หน่วยที่ 5 ระบบสตาร์ต 112

5.1 หน้าที่ของระบบสตาร์ต 114

5.2 ส่วนประกอบของระบบสตาร์ต 114

5.3 หลักการของมอเตอร์ 115

5.4 โครงสร้างของมอเตอร์สตาร์ต 116

5.5 วงจรไฟฟ้าควบคุมระบบสตาร์ตและการทำงาน 122
5.6 การวิเคราะห์ปัญหาและแก้ไขข้อขัดข้องระบบสตาร์ต 128
แบบฝึกหัดหน่วยที่ 5 131
ใบงานที่ 9 งานทดสอบมอเตอร์สตาร์ต 134
ใบงานที่ 10 งานถอด ประกอบ และตรวจสอบมอเตอร์สตาร์ต 137
แบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 5 145

หน่วยที่ 6 ระบบจุดระเบิด 147
6.1 หน้าที่ของระบบจุดระเบิด 149
6.2 หน้าที่และส่วนประกอบของระบบจุดระเบิด 149
6.3 หลักการเกิดไฟแรงเคลื่อนสูง 153
6.4 หัวเทียน 155
6.5 พื้นฐานวงจรและกระแสไฟของระบบจุดระเบิด 158
6.6 การทำงานของระบบจุดระเบิดแบบธรรมดา 158
6.7 ระบบจุดระเบิดแบบอิเล็กทรอนิกส์และการทำงาน 159
6.8 การวิเคราะห์ปัญหาและการบริการระบบจุดระเบิด 165
แบบฝึกหัดหน่วยที่ 6 168
ใบงานที่ 11 งานตรวจสอบทางกายภาพระบบจุดระเบิด 170
ใบงานที่ 12 งานตรวจสอบระบบจุดระเบิด 171
แบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 6 174

หน่วยที่ 7 ระบบประจุไฟ 176
7.1 หน้าที่ของระบบประจุไฟ 178
7.2 ส่วนประกอบของระบบประจุไฟ 178
7.3 หลักการของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 180
7.4 อัลเทอร์เนเตอร์ 181
7.5 เรกูเลเตอร์ 185
7.6 หลักการทำงานของระบบประจุไฟ 185

หน้า

7.7 ไอซีเรกูเลเตอร์และการทำงาน 190
7.8 การตรวจสอบ วิเคราะห์ปัญหา และการบริการระบบประจุไฟ 194
แบบฝึกหัดหน่วยที่ 7 198
ใบงานที่ 13 งานตรวจสอบทางกายภาพของระบบประจุไฟและทดสอบการจ่ายไฟของอัลเทอร์เนเตอร์ 201
ใบงานที่ 14 งานถอด ประกอบ และตรวจสอบชิ้นส่วนอัลเทอร์เนเตอร์ 206
แบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 7 212

หน่วยที่ 8 ระบบไฟแสงสว่างและสัญญาณ 214
8.1 หน้าที่ของระบบไฟแสงสว่างและสัญญาณ 216
8.2 หลอดไฟหน้ารถยนต์ 217
8.3 สวิตช์ 219
8.4 รีเลย์ 221
8.5 ชนิดของหลอดไฟรถยนต์ 221
8.6 การทำงานของระบบไฟแสงสว่าง 223
8.7 การทำงานของระบบไฟสัญญาณ 227
8.8 การตรวจสอบ วิเคราะห์ปัญหา และบริการระบบไฟแสงสว่างและสัญญาณ 234
แบบฝึกหัดหน่วยที่ 8 238
ใบงานที่ 15 งานเปลี่ยนหลอดไฟหน้ารถยนต์ 241
ใบงานที่ 16 งานตรวจสอบวงจรไฟหน้า 244
ใบงานที่ 17 งานตรวจสอบวงจรไฟเลี้ยวและไฟฉุกเฉิน 247
แบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 8 249

หน่วยที่ 9 เกจวัดและหน้าปัดรถยนต์ 251
9.1 มาตรวัดและเกจวัด 254
9.2 ไฟเตือน 262
9.3 การวิเคราะห์และการตรวจสอบเกจวัดและหน้าปัดรถยนต์ 265
แบบฝึกหัดหน่วยที่ 9 267

หน้า

ใบงานที่ 18 งานตรวจสอบชุดส่งสัญญาณเกจวัดน้ำมันเชื้อเพลิง 269
ใบงานที่ 19 งานทดสอบวงจรไฟเตือนแรงดันน้ำมันเครื่อง 271
แบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 9 272

หน่วยที่ 10 ระบบไฟฟ้าอำนวยความสะดวก 274
10.1 ระบบปัดน้ำฝนและฉีดน้ำล้างกระจก 276
10.2 ระบบละลายฝ้ากระจกหลัง 285
10.3 ระบบล็อกประตู 286
10.4 ระบบกระจกไฟฟ้า 287
10.5 ระบบกระจกมองข้างปรับด้วยไฟฟ้า 288
10.6 การวิเคราะห์และการตรวจสอบระบบไฟฟ้าอำนวยความสะดวก 289
แบบฝึกหัดหน่วยที่ 10 291
ใบงานที่ 20 งานตรวจสอบระบบปัดน้ำฝนและฉีดน้ำล้างกระจก 292
ใบงานที่ 21 งานตรวจสอบระบบกระจกไฟฟ้า 294
แบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 10 295

บรรณานุกรม 297

วิชา งานไฟฟ้ารถยนต์ รหัสวิชา 2101-2005 2-3-3

สัปดาห์ที่	ทฤษฎี	ปฏิบัติ	จำนวนคาบ
1	หน่วยที่ 1 ทฤษฎีพื้นฐานไฟฟ้า	–	5
2	หน่วยที่ 2 พื้นฐานไฟฟ้ารถยนต์	ใบงานที่ 1–ใบงานที่ 2	5
3	หน่วยที่ 3 เครื่องมือวัดทางไฟฟ้า	ใบงานที่ 3–ใบงานที่ 5	5
4–5	หน่วยที่ 4 แบตเตอรี่	ใบงานที่ 6–ใบงานที่ 8	10
6–7	หน่วยที่ 5 ระบบสตาร์ต	ใบงานที่ 9–ใบงานที่ 10	10
8–9	หน่วยที่ 6 ระบบจุดระเบิด	ใบงานที่ 11–ใบงานที่ 12	10
10–11	หน่วยที่ 7 ระบบประจุไฟ	ใบงานที่ 13–ใบงานที่ 14	10
12–14	หน่วยที่ 8 ระบบไฟแสงสว่างและสัญญาณ	ใบงานที่ 15–ใบงานที่ 17	15
15	หน่วยที่ 9 เกจวัดและหน้าปัดรถยนต์	ใบงานที่ 18–ใบงานที่ 19	5
16–17	หน่วยที่ 10 ระบบไฟฟ้าอำนวยความสะดวก	ใบงานที่ 20–ใบงานที่ 21	10
18	วัดผลและประเมินผลปลายภาคเรียน		5
รวม			90

หมายเหตุ เวลาจัดการเรียนการสอนอาจเปลี่ยนแปลงตามความเหมาะสม

หน่วยที่ 1

ทฤษฎีพื้นฐานไฟฟ้า

หน่วยที่ 1

ทฤษฎีพื้นฐานไฟฟ้า

หัวข้อเรื่อง (Topics)

1.1 การกำเนิดไฟฟ้า
1.2 การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน
1.3 ตัวนำไฟฟ้า ฉนวน และวัสดุกึ่งตัวนำ
1.4 ทฤษฎีการไหลของกระแสไฟฟ้า
1.5 ชนิดของไฟฟ้า
1.6 ปริมาณทางไฟฟ้า
1.7 กฎของโอห์ม
1.8 วงจรไฟฟ้า
1.9 กำลังไฟฟ้า
1.10 แม่เหล็ก

แนวคิดสำคัญ (Main Idea)

ความเข้าใจทฤษฎีพื้นฐานไฟฟ้าที่ดี เป็นสิ่งสำคัญเพื่อนำไปสู่การวิเคราะห์ปัญหาข้อขัดข้องของระบบไฟฟ้ารถยนต์ที่ถูกต้อง หลักการพื้นฐานไฟฟ้า ได้แก่ การกำเนิดไฟฟ้า การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน ตัวนำไฟฟ้า ฉนวน และวัสดุกึ่งตัวนำ ทฤษฎีการไหลของกระแสไฟฟ้า ชนิดของไฟฟ้า ปริมาณทางไฟฟ้า กฎของโอห์ม วงจรไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า และแม่เหล็ก

สมรรถนะย่อย (Element of Competency)

แสดงความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการพื้นฐานไฟฟ้า

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (Behavioral Objectives)

1. อธิบายหลักการกำเนิดไฟฟ้าได้ถูกต้อง
2. อธิบายคุณสมบัติของตัวนำไฟฟ้า ฉนวน และวัสดุกึ่งตัวนำได้ถูกต้อง
3. บอกชนิดของไฟฟ้าได้ถูกต้อง
4. อธิบายทฤษฎีการไหลของกระแสไฟฟ้าได้ถูกต้อง
5. บอกนิยามของกระแสไฟฟ้า แรงเคลื่อนไฟฟ้า และความต้านทานได้ถูกต้อง
6. อธิบายคุณสมบัติของกระแสไฟฟ้า แรงเคลื่อนไฟฟ้า และความต้านทานได้ถูกต้อง
7. บอกนิยามกฎของโอห์มได้ถูกต้อง
8. อธิบายคุณสมบัติการต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม แบบขนาน และแบบผสมได้ถูกต้อง
9. คำนวณหาค่าต่าง ๆ ทางไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม แบบขนาน และแบบผสม โดยใช้กฎของโอห์มได้ถูกต้อง
10. อธิบายหลักการเหนี่ยวนำของแม่เหล็กไฟฟ้าได้ถูกต้อง

เนื้อหาสาระ (Content)

ปัจจุบันรถยนต์ได้อาศัยเทคโนโลยีไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์มากยิ่งขึ้น เพื่อควบคุมระบบต่าง ๆ ของรถยนต์ เช่น ระบบแสงสว่าง ระบบควบคุมเครื่องยนต์ด้วยอิเล็กทรอนิกส์ ระบบควบคุมการส่งกำลัง และระบบไฟฟ้าอำนวยความสะดวก เป็นต้น

ดังนั้นจึงเป็นสิ่งสำคัญและจำเป็นที่ช่างเทคนิคจะต้องมีความรู้ ความเข้าใจทั้งทฤษฎีและปฏิบัติไฟฟ้ารถยนต์ นอกจากนี้ต้องเผชิญกับความท้าทาย เมื่อวิเคราะห์ปัญหาระบบไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์รถยนต์ในปัจจุบันที่มีความยุ่งยากและซับซ้อนมากยิ่งขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 1.1 ซึ่งจะต้องมีความรู้ ความเข้าใจเป็นอย่างดี เพื่อนำไปสู่การตรวจสอบ วิเคราะห์ปัญหาและบริการระบบไฟฟ้ารถยนต์ที่เกิดขึ้นในรถยนต์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ด้วยเหตุนี้จึงมีความจำเป็นที่ต้องเรียนรู้ทฤษฎีพื้นฐานไฟฟ้าก่อน

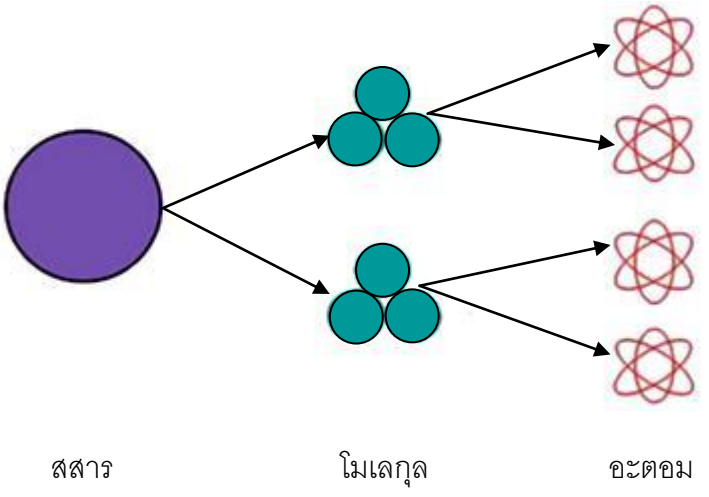
ในหน่วยการเรียนนี้จะอธิบายให้เข้าใจถึงการกำเนิดไฟฟ้า การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน ตัวนำไฟฟ้า ฉนวน และวัสดุกึ่งตัวนำ ทฤษฎีการไหลของกระแสไฟฟ้า ชนิดของไฟฟ้า ปริมาณทางไฟฟ้า กฎของโอห์ม วงจรไฟฟ้าและคุณสมบัติการต่อวงจรไฟฟ้าแบบต่าง ๆ และการคำนวณหาค่าต่าง ๆ ทางไฟฟ้าโดยใช้กฎของโอห์ม กำลังไฟฟ้า และแม่เหล็ก เพื่อนำไปสู่การประยุกต์ทฤษฎีสู่การปฏิบัติในการตรวจสอบ ตรวจวัด วิเคราะห์ปัญหา และบริการระบบไฟฟ้ารถยนต์ที่ถูกต้องและมีประสิทธิภาพโดยรวมต่อไป

รูปที่ 1.1 แสดงระบบไฟฟ้ารถยนต์ในปัจจุบันที่มีความยุ่งยากและซับซ้อน

1.1 การกำเนิดไฟฟ้า

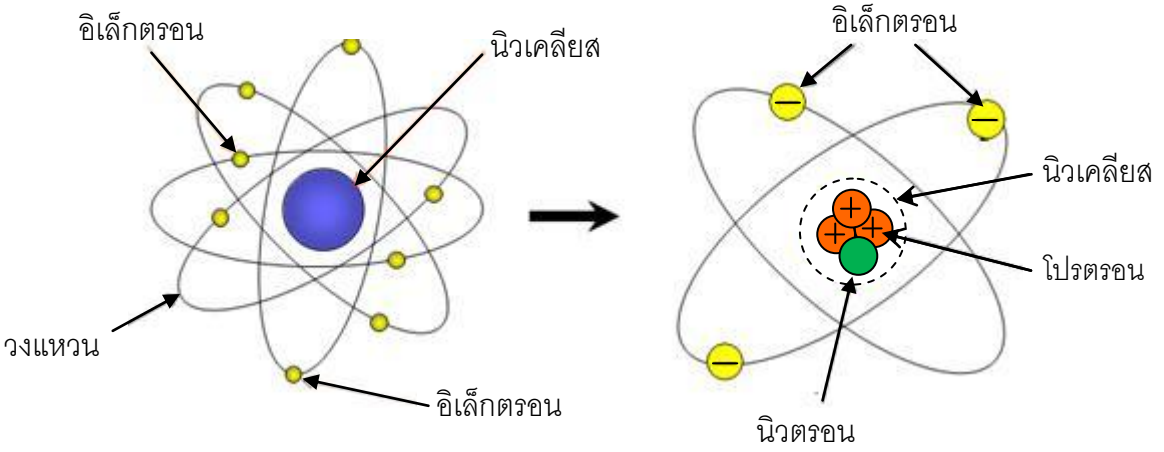
เนื่องจากพลังงานไฟฟ้าไม่สามารถมองเห็น ได้ยิน สัมผัส หรือดมกลิ่นได้ แต่สามารถสังเกตได้จากการสว่างของหลอดไฟ การหมุนของมอเตอร์ และความร้อน เป็นต้น การพิจารณาระบบไฟฟ้ารถยนต์ที่ซับซ้อนได้นั้น ต้องมีแนวคิด หลักการของระบบไฟฟ้ารถยนต์ สิ่งสำคัญต้องเข้าใจพฤติกรรมของไฟฟ้าที่ถูกต้อง ดังนั้นเพื่อให้เข้าใจกฎของไฟฟ้าที่ง่ายขึ้น จะอธิบายในรูปของโครงสร้างอะตอมและทฤษฎีอิเล็กตรอน

ทฤษฎีอิเล็กตรอนจะช่วยอธิบายการกำเนิดไฟฟ้า ทุก ๆ สิ่งในโลกนี้ผลิตขึ้นจากวัตถุหรือสสาร ซึ่งต้องการพื้นที่อาศัยหรือมีมวลนั่นเอง ซึ่งสามารถพบได้ในรูปของของแข็ง ของเหลว และแก๊ส ซึ่งสสารผลิตขึ้นจากโมเลกุลหรืออะตอมเชื่อมต่อเข้าด้วยกัน และอะตอมเป็นส่วนที่มีขนาดเล็กที่สุดของสสารซึ่งไม่สามารถแยกย่อยออกไปได้อีก ดังแสดงในรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.2 โครงสร้างของวัสดุหรือสสาร

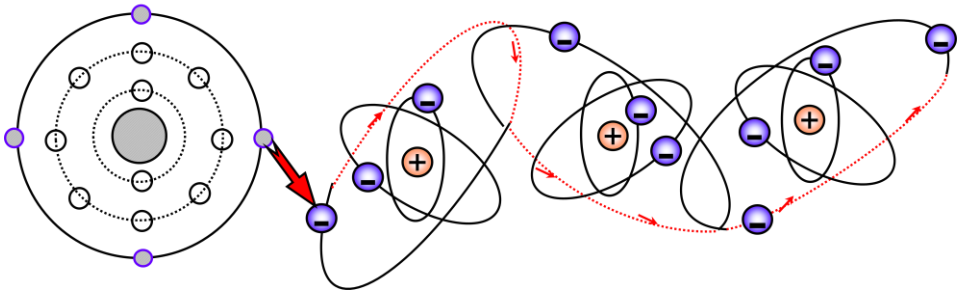
อะตอมเป็นส่วนที่มีขนาดเล็กที่สุดของสสาร ซึ่งอะตอมมีลักษณะโครงสร้างที่คงที่ อิเล็กตรอนที่โคจรรอบ ๆ นิวเคลียสที่อยู่กับที่เรียกว่าวงแหวน คล้ายกับดาวเคราะห์ที่โคจรรอบ ๆ ดวงอาทิตย์ อิเล็กตรอนมีอนุภาคประจุไฟฟ้าลบ ส่วนนิวเคลียสประกอบด้วยอนุภาคประจุไฟฟ้าบวก เรียกว่าโปรตอน (Proton) และอนุภาคที่ไม่มีการประจุไฟฟ้าใด ๆ เรียกว่านิวตรอน (Neutron) ซึ่งเป็นกลางทางไฟฟ้า ทั้งโปรตอนและนิวตรอนประกอบกันขึ้นเป็นนิวเคลียส (Nucleus) ซึ่งยึดเกาะเข้าด้วยกัน โดยปกติอะตอมแต่ละอะตอมจะมีโปรตอนและอิเล็กตรอนจำนวนเท่ากันจึงอยู่ในสภาวะสมดุล ดังแสดงในรูปที่ 1.3



รูปที่ 1.3 โครงสร้างของอะตอมและสภาวะสมดุลอะตอม

1.2 การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน

อิเล็กตรอนอิสระเคลื่อนที่ภายในวงโคจรที่มีระยะทางคงที่รอบ ๆ นิวเคลียส การดึงดูดระหว่างอิเล็กตรอนและโปรตอนเป็นเหตุให้อิเล็กตรอนโคจรรอบ ๆ นิวเคลียส อิเล็กตรอนทั้งหมดที่โคจรรอบ ๆ นิวเคลียสเป็นประจุลบ ดังนั้นจะขับอิเล็กตรอนที่อาศัยอยู่ไกลออกไปจากศูนย์กลาง เนื่องจากมีแรงดึงดูดน้อยกว่าที่ไปยังโปรตอน และพยายามออกจากวงโคจร เรียกว่าอิเล็กตรอนอิสระ (Free Electrons)



รูปที่ 1.4 การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระ

การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนหรือการไหลของอะตอมหนึ่งไปยังอะตอมอื่น เนื่องจากมีความเป็นไปได้สำหรับอะตอมที่จะได้รับหรือสูญเสียอิเล็กตรอน ซึ่งแรงกระตุ้นอิเล็กตรอนอิสระจากอะตอม เรียกว่าการสูญเสียอิเล็กตรอน กล่าวคืออะตอมมีจำนวนโปรตอนมากกว่า ซึ่งผลลัพธ์ที่ประจุบวกมากกว่าประจุลบ ทำให้ประจุบวกดึงดูดอิเล็กตรอนอิสระแทนที่อิเล็กตรอนที่สูญเสียไป ถ้าอะตอมได้รับอิเล็กตรอนจำนวนมาก

นั่นคือมีประจุลบมากกว่าประจุบวก อะตอมจะขับประจุลบ และจะสละอิเล็กตรอนจำนวนมาก ถ้าทำให้ดึงดูดโดยอะตอมประจุบวก

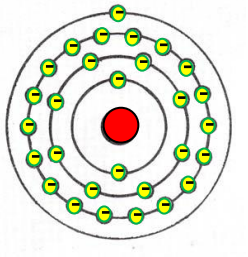
กล่าวโดยสรุปการเคลื่อนที่หรือการไหลของอิเล็กตรอนอิสระจากอะตอมหนึ่งไปยังอะตอมอื่น เป็นการไหลของกระแสไฟฟ้าหรือไฟฟ้านั่นเอง ซึ่งอิเล็กตรอนสามารถทำให้เป็นอิสระโดยแรง เช่น แรงเสียดทาน ความร้อน แสงสว่าง ความดัน ปฏิกิริยาเคมี หรือปฏิกิริยาแม่เหล็ก สิ่งเหล่านี้ทำให้อิเล็กตรอนเป็นอิสระ เกิดแรงขับจากอะตอมหนึ่งไปยังอะตอมอื่นได้ นั่นคือกระแสของอิเล็กตรอนอิสระจะอยู่ในรูปของกระแสไฟฟ้าดังกล่าว

1.3 ตัวนำไฟฟ้า ฉนวน และวัสดุกึ่งตัวนำ

คุณสมบัติของวัสดุที่หลากหลายถูกกำหนดโดยจำนวนของอิเล็กตรอนในวงแหวนรอบนอกของอะตอมเหล่านั้น ซึ่งจะกำหนดเป็นตัวนำไฟฟ้า ฉนวน และวัสดุกึ่งตัวนำ มีรายละเอียดดังนี้

1.3.1 ตัวนำไฟฟ้า (Conductors)

วัสดุที่มีจำนวนอิเล็กตรอน 1–3 อนุภาค ในวงแหวนรอบนอกของอะตอม จะกลายเป็นตัวนำที่ดี การยึดเหนี่ยวของอิเล็กตรอนที่หลวม ซึ่งเป็นพื้นที่สำหรับแรงขับไฟฟ้า เป็นเหตุให้เกิดการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระหรือการไหลของกระแสไฟฟ้านั่นเอง โลหะส่วนใหญ่เป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดี เช่น ทองแดง เงิน และอะลูมิเนียม ซึ่งทองแดงเป็นที่นิยมนำมาใช้เป็นตัวนำสายไฟฟ้า เนื่องจากมีราคาถูกและนำไฟฟ้าได้ดี

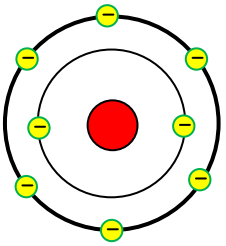


1–3 อิเล็กตรอนใน
วงแหวนรอบนอก

รูปที่ 1.5 ตัวนำไฟฟ้า

1.3.2 ฉนวน (Insulators)

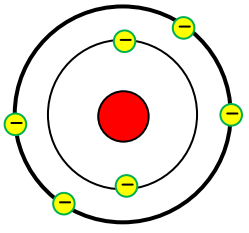
วัสดุที่มีจำนวนอิเล็กตรอน 5–8 อนุภาค ในวงแหวนรอบนอกของอะตอม ทำให้แรงยึดเหนี่ยวอนุภาคในวงโคจรจะมาก และต้องการแรงเคลื่อนไฟฟ้าสูงมากเพื่อขับอิเล็กตรอนให้เคลื่อนที่ได้ วัสดุดังกล่าวเรียกว่า ฉนวน ซึ่งฉนวนจะต้านทานการไหลของกระแสไฟฟ้า เช่น แก้ว ยาง พลาสติก และกระเบื้อง ซึ่งพลาสติกใช้เป็นฉนวนส่วนใหญ่ในปัจจุบัน เพราะทนความร้อน ความชื้น การกัดกร่อน และการหักงอได้ดี



รูปที่ 1.6 ฉนวน

1.3.3 วัสดุกึ่งตัวนำ (Semiconductors)

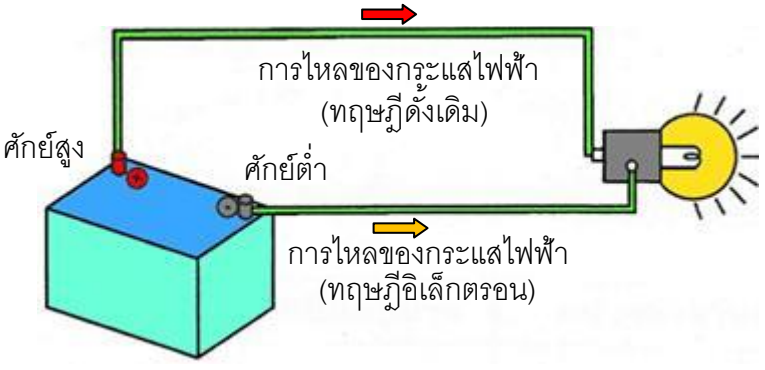
วัสดุที่มีจำนวนอิเล็กตรอน 4 อนุภาค ที่แน่นอนในวงแหวนรอบนอกของอะตอม เรียกว่า สารกึ่งตัวนำ คือวัสดุที่ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้บ้าง แต่ไม่ดีเท่ากับตัวนำ เช่น คาร์บอน เจอร์เมเนียม และซิลิคอน เป็นต้น



รูปที่ 1.7 สารกึ่งตัวนำ

1.4 ทฤษฎีการไหลของกระแสไฟฟ้า

ทฤษฎีที่อธิบายการไหลของกระแสไฟฟ้ามี 2 ทฤษฎี คือ ทฤษฎีดั้งเดิมและทฤษฎีอิเล็กตรอน มีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 1.8 การไหลของอิเล็กตรอนและกระแสไฟฟ้า

1.4.1 ทฤษฎีดั้งเดิม (The Conventional Theory)

ทฤษฎีดั้งเดิมเป็นที่รู้จักกันโดยทั่วไปที่ใช้สำหรับรถยนต์ กล่าวว่ากระแสไฟฟ้าจะไหลจากบวกไปยังลบ อิเล็กตรอนที่มากกว่าปกติจะไหลจากพื้นที่ที่มีความต่างศักย์ไฟฟ้าสูง (+) ไปยังศักย์ไฟฟ้าต่ำ (–)

1.4.2 ทฤษฎีอิเล็กตรอน (The Electron Theory)

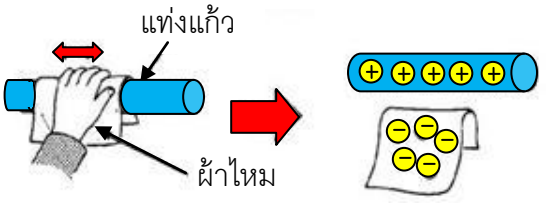
ทฤษฎีอิเล็กตรอนเป็นที่รู้จักกันโดยทั่วไปสำหรับอิเล็กทรอนิกส์ กล่าวว่ากระแสไฟฟ้าจะไหลจากลบไปยังบวก อิเล็กตรอนที่มากเกินไปเป็นเหตุให้พื้นที่ของความต่างศักย์ไฟฟ้าลบ (–) ไหลไปยังพื้นที่ที่ไม่มีอิเล็กตรอน โดยพื้นที่ของความต่างศักย์ไฟฟ้าบวก (+) เพื่อสมดุลการประจุ สำหรับหน่วยวัดของไฟฟ้ามี 3 ลักษณะ คือ แรงเคลื่อน กระแสไฟฟ้าและความต้านทาน

1.5 ชนิดของไฟฟ้า

ชนิดของไฟฟ้า แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ ไฟฟ้าสถิตและไฟฟ้ากระแส ซึ่งไฟฟ้ากระแสสามารถแบ่งเป็นไฟฟ้ากระแสตรง (DC) และไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) มีรายละเอียดดังนี้

1.5.1 ไฟฟ้าสถิต (Static Electricity)

เมื่อนำวัสดุที่แตกต่างกัน 2 ชนิด เช่น ผ้าไหมและแท่งแก้วมาถูเข้าด้วยกัน อิเล็กตรอนบางตัวจะเป็นอิสระ วัสดุทั้งสองจะเปลี่ยนเป็นการประจุไฟฟ้า วัสดุหนึ่งจะไม่มีอิเล็กตรอนและมีประจุไฟฟ้าเป็นบวก ส่วนอีกวัสดุหนึ่งจะมีอิเล็กตรอนจำนวนมากและมีประจุไฟฟ้าเป็นลบ ซึ่งประจุไฟฟ้าที่แตกต่างกันนี้จะทำให้เกิดการดึงดูดระหว่างกันได้ ดังแสดงในรูปที่ 1.9

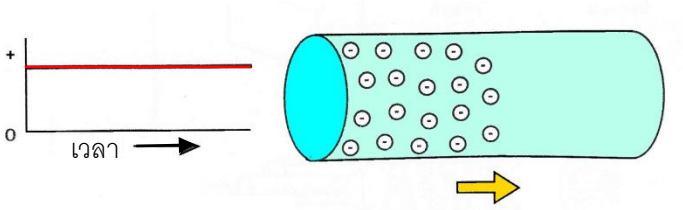


รูปที่ 1.9 ไฟฟ้าสถิต

1.5.2 ไฟฟ้ากระแส (Dynamic Electricity)

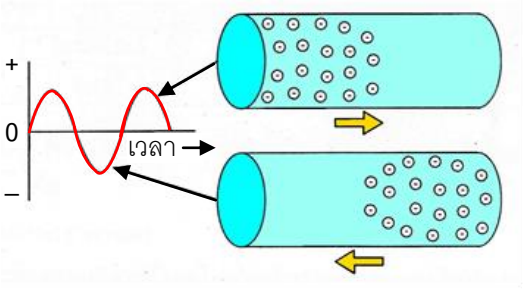
เมื่ออิเล็กตรอนเป็นอิสระจากอะตอมและไหลไปในโลหะ ซึ่งเรียกว่าไฟฟ้ากระแส แบ่งย่อยออกเป็นไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับ

1. **ไฟฟ้ากระแสตรง** (DC) คือ อิเล็กตรอนอิสระที่ไหลในทิศทางเดียวกันอย่างสม่ำเสมอ เรียกว่าไฟฟ้ากระแสตรง เช่น กระแสไฟฟ้าที่ผลิตโดยแบตเตอรี่รถยนต์ ถ่านไฟฉาย เป็นต้น



รูปที่ 1.10 ไฟฟ้ากระแสตรง

2. **ไฟฟ้ากระแสสลับ** (AC) คือ อิเล็กตรอนอิสระที่มีทิศทางการไหลเปลี่ยนแปลงไปตลอดเวลาและมีอัตราคงที่ (เปลี่ยนทิศทางจากบวกไปลบ และกลับไปมา) เช่น กระแสไฟฟ้าที่ผลิตโดยอัลเทอร์เนเตอร์จะเป็นกระแสสลับ ซึ่งจะเปลี่ยนรูปเป็นไฟฟ้ากระแสตรงสำหรับสร้างพลังงานในระบบไฟฟ้ารถยนต์และประจุแบตเตอรี่



รูปที่ 1.11 ไฟฟ้ากระแสสลับ

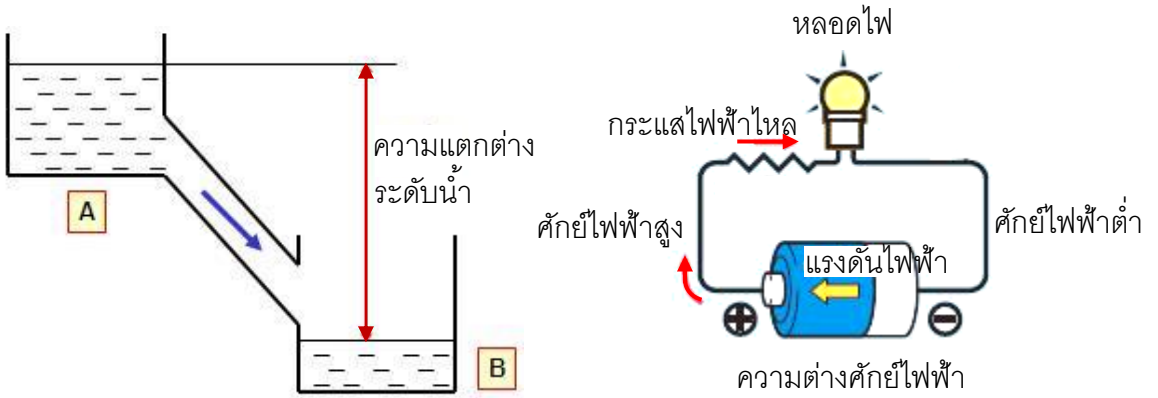
1.6 ปริมาณทางไฟฟ้า

ไฟฟ้าไม่สามารถวัดได้โดยสเกลหรือตาชั่ง แต่สามารถวัดได้แน่นอนในรูปของปริมาณทางไฟฟ้า ประกอบด้วย แรงเคลื่อนไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และความต้านทาน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

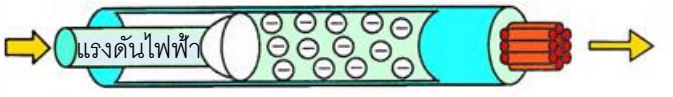
1.6.1 แรงเคลื่อนไฟฟ้า (Electromotive Force)

แรงเคลื่อนไฟฟ้า คือ แรงขับไฟฟ้าหรือกำลังดันไฟฟ้า ซึ่งความต่างศักย์ของกำลังดันหรือความแตกต่างกำลังดันไฟฟ้าระหว่าง 2 จุด จากจุดที่มีแรงดันไฟฟ้าสูงไปยังจุดที่มีแรงดันไฟฟ้าต่ำ หรือกระแสไฟฟ้าไหลจากด้านที่มีศักย์สูงไปยังด้านที่มีศักย์ต่ำ คล้ายกับน้ำในถัง เมื่อน้ำ 2 ถัง ถูกต่อเข้าด้วยกันโดยท่อ น้ำจะไหลจากถังที่มีระดับน้ำสูงกว่า (ถัง A) ไปยังถังที่มีระดับน้ำต่ำกว่า (ถัง B) เป็นผลมาจากความ

แตกต่างของระดับน้ำในถังทั้งสอง จากตัวอย่างนี้ความแตกต่างของระดับน้ำจะทำหน้าที่คล้ายความต่างศักย์ไฟฟ้านั่นเอง จากผลลัพธ์นี้สามารถผลักกระแสไฟฟ้าผ่านไปยังภาระทางไฟฟ้าได้ แรงเคลื่อนไฟฟ้าวัดออกมาเป็นหน่วยโวลต์ (Volts) ซึ่งวัดโดยเครื่องมือที่เรียกว่า โวลต์มิเตอร์ ซึ่งจะต่อขนานกับวงจร



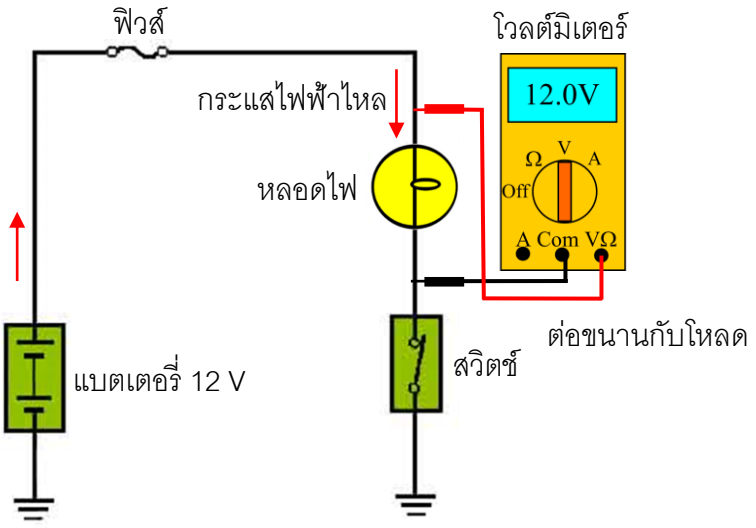
รูปที่ 1.12 ความแตกต่างของระดับน้ำในถังและความต่างศักย์ไฟฟ้า



รูปที่ 1.13 แรงดันไฟฟ้าหรือแรงเคลื่อนไฟฟ้า

แรงเคลื่อนไฟฟ้า	หน่วยพื้นฐาน	หน่วยวัดสำหรับปริมาณที่น้อย		หน่วยวัดสำหรับปริมาณที่มาก	
สัญลักษณ์	V	μV	mV	kV	MV
การออกเสียง	โวลต์	ไมโครโวลต์	มิลลิโวลต์	กิโลโวลต์	เมกะโวลต์
ตัวคูณ	1	1×10^{-6}	1×10^{-3}	1×10^{3}	1×10^{6}

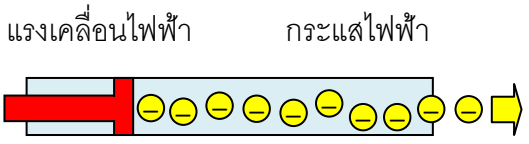
โวลต์มิเตอร์ (Voltmeter) เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดแรงเคลื่อนไฟฟ้าหรือแรงดันไฟฟ้า ขณะวัดต้องต่อขนานกับโหลดหรือภาระ และจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับวงจร ดังแสดงในรูปที่ 1.14



รูปที่ 1.14 การต่อโวลต์มิเตอร์

1.6.2 กระแสไฟฟ้า (Electric Current)

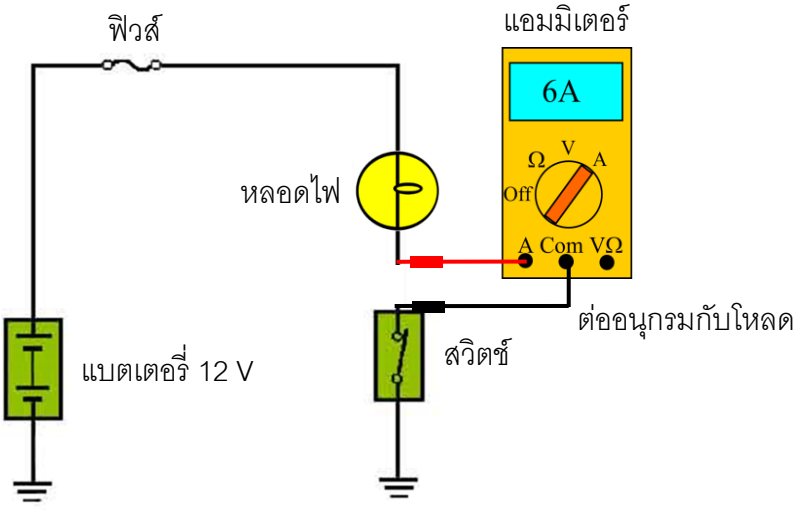
กระแสไฟฟ้า คือ การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระที่ไหลผ่านตัวนำ จะมีกระแสไฟฟ้าไหลในวงจร ซึ่งถูกผลักดันโดยแรงเคลื่อนไฟฟ้า กล่าวคือการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระคือการไหลของกระแสไฟฟ้านั่นเอง ประจุไฟฟ้า 1 คูลอมป์ มีจำนวนอิเล็กตรอนอิสระ 6.25×10^{18} ตัว ที่สามารถไหลผ่านตัวนำได้ต่อเวลา 1 วินาที หน่วยวัดกระแสไฟฟ้า เรียกว่า แอมแปร์ บ่อยครั้งเรียกว่าแอมป์ ซึ่งวัดโดยเครื่องมือที่เรียกว่า แอมมิเตอร์ โดยจะต่ออนุกรมกับวงจร



รูปที่ 1.15 กระแสไฟฟ้า

กระแสไฟฟ้า	หน่วยพื้นฐาน	หน่วยวัดสำหรับปริมาณที่น้อย		หน่วยวัดสำหรับปริมาณที่มาก	
สัญลักษณ์	A	μA	mA	kA	MA
การออกเสียง	แอมป์	ไมโครแอมป์	มิลลิแอมป์	กิโลแอมป์	เมกะแอมป์
ตัวคูณ	1	1×10^{-6}	1×10^{-3}	1×10^{3}	1×10^{6}

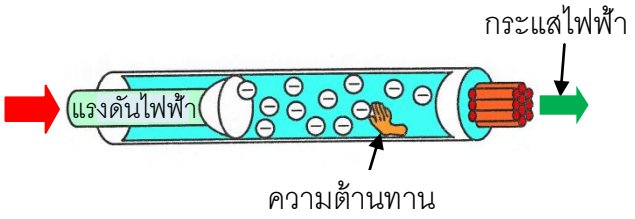
แอมมิเตอร์ (Ammeter) เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดปริมาณกระแสที่ไหลผ่านโหลดหรือภาระในวงจร ขณะวัดต้องต่ออนุกรมกับโหลดหรือภาระและให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านวงจร ดังแสดงในรูปที่ 1.16



รูปที่ 1.16 การต่อแอมมิเตอร์

1.6.3 ความต้านทานไฟฟ้า (Electric Resistance)

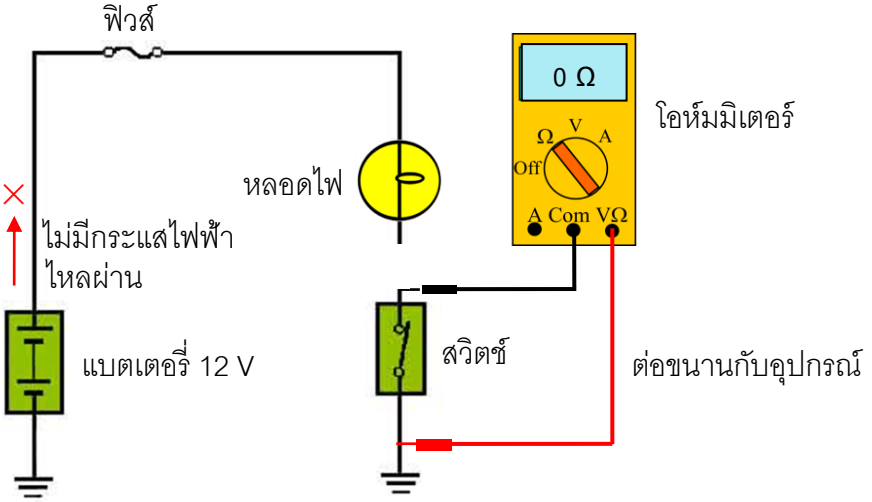
ความต้านทานไฟฟ้า คือ ความต้านทานการไหลของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านวัตถุนั้น ๆ ซึ่งความต้านทานจะตรงกันข้ามกับการไหลของกระแสไฟฟ้า จะคล้ายกับแรงเสียดทานของกระแสไฟฟ้า ความต้านทานนี้จะทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ช้า ส่วนประกอบของไฟฟ้าทุก ๆ สิ่ง หรือวงจรไฟฟ้า มีความต้านทาน และความต้านทานนี้จะเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าในรูปพลังงานอื่น เช่น ความร้อน แสงสว่าง และการเคลื่อนที่ ความต้านทานถูกวัดในรูปของโอห์ม เครื่องมือวัดเรียกว่าโอห์มมิเตอร์



รูปที่ 1.17 ความต้านทานไฟฟ้า

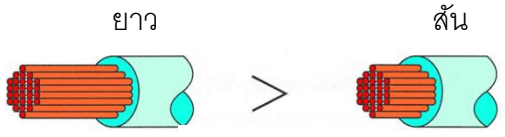
ความต้านทาน	หน่วยพื้นฐาน	หน่วยวัดสำหรับปริมาณที่น้อย		หน่วยวัดสำหรับปริมาณที่มาก	
สัญลักษณ์	Ω	μΩ	mΩ	kΩ	MΩ
การออกเสียง	โอห์ม	ไมโครโอห์ม	มิลลิโอห์ม	กิโลโอห์ม	เมกะโอห์ม
ตัวคูณ	1	1×10^{-6}	1×10^{-3}	1×10^{3}	1×10^{6}

โอห์มมิเตอร์ (Ohmmeter) เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดความต้านทานหรือความต่อเนื่องของอุปกรณ์ไฟฟ้า ขณะวัดต้องต่อขนานกับอุปกรณ์และต้องไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน ดังแสดงในรูปที่ 1.18



รูปที่ 1.18 การต่อโอห์มมิเตอร์

ปัจจัยที่ส่งผลต่อความต้านทานของตัวนำไฟฟ้ามี 5 ปัจจัย ได้แก่ ความยาวของตัวนำไฟฟ้า ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตัวนำไฟฟ้า อุณหภูมิ สภาพทางกายภาพ และวัสดุตัวนำ มีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 1.19 ความยาวของตัวนำไฟฟ้า

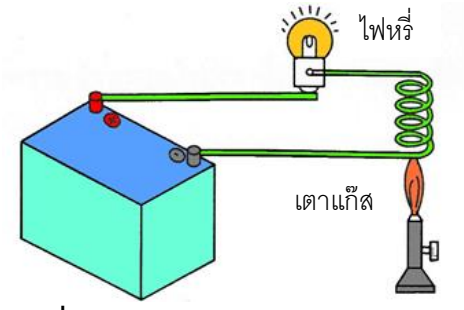
1. **ความยาวของตัวนำไฟฟ้า**

การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนมีค่าคงที่ การชนหรือปะทะรุนแรง เท่ากับแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ผลักอิเล็กตรอนผ่านตัวนำไฟฟ้า ถ้าสายไฟสองเส้นเป็นวัสดุเดียวกันและมีพื้นที่หน้าตัดเท่ากัน สายไฟที่ยาวกว่าจะมีความต้านทานมากกว่าสายไฟที่มีขนาดความยาวสั้นกว่า

รูปที่ 1.20 ขนาดพื้นที่หน้าตัดของตัวนำไฟฟ้า

2. **ขนาดของพื้นที่หน้าตัดตัวนำไฟฟ้า**

ตัวนำไฟฟ้าที่โตกว่าจะยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลได้มากกว่า ถ้าสายไฟ 2 เส้น เป็นวัสดุเดียวกันและความยาวเท่ากัน สายไฟที่ขนาดเล็กกว่าจะมีความต้านทานมากกว่าสายไฟที่ขนาดโตกว่า เมื่อเปลี่ยนสายไฟต้องพิจารณาให้เหมาะสม

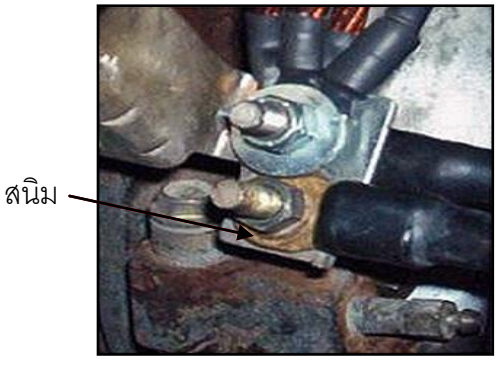


รูปที่ 1.21 อุณหภูมิทำให้ความต้านทานเปลี่ยนแปลง

3. **อุณหภูมิ**

อุณหภูมิจะทำให้สารตัวนำมีความต้านทานเปลี่ยนแปลง ในตัวนำส่วนใหญ่จะมีความต้านทานเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิที่สายไฟเพิ่มขึ้น

จากรูปเมื่อให้ความร้อนแก่ขดลวดตัวนำ ที่มีหลอดไฟต่ออยู่ระหว่างแบตเตอรี่และขดลวดตัวนำ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น หลอดไฟจะมีแสงสว่างหรี่ลง เนื่องจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นนั่นเอง



รูปที่ 1.22 ลักษณะทางกายภาพ

4. **ลักษณะทางกายภาพ**

วัสดุสายไฟที่ไม่สมบูรณ์ เช่น รอยบิ่น รอยแหว่ง คล้ายทำให้สายไฟมีขนาดเล็กลง ซึ่งมีความต้านทานสูงในพื้นที่ที่เสียหาย นอกจากนี้รอยขดหรืองอในสายไฟ การผูกหรือถักสายไฟ การหลวม การเป็นสนิม การกัดกร่อนที่ขั้วต่อ ความชื้น คราบน้ำมัน สิ่งเหล่านี้จะมีความต้านทานเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน

รูปที่ 1.23 วัสดุของตัวนำและฉนวนไฟฟ้า

5. **วัสดุ**

วัสดุที่ดีจะทำให้อิเล็กตรอนอิสระไหลผ่านได้ง่าย โดยตัวนำที่มีความต้านทานต่ำ เพื่อการไหลของกระแสไฟฟ้าที่ดี วัสดุจำนวนมากจะจำกัดอิเล็กตรอน (ฉนวน) ความต้านทานสูงจะจำกัดการไหลของกระแสไฟฟ้า ทองแดง อะลูมิเนียม ทองคำ และเงิน มีความต้านทานต่ำ ส่วนแก้ว กระดาษ เซรามิก พลาสติก มีความต้านทานสูงจะใช้เป็นฉนวน

1.7 กฎของโอห์ม

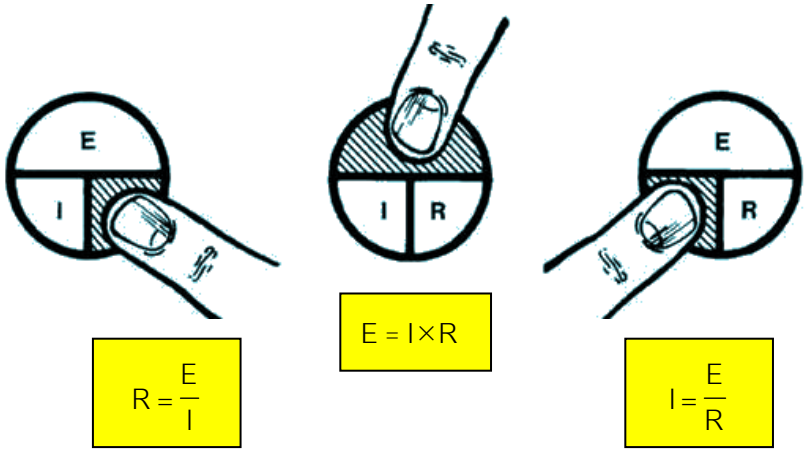
การทำงานของวงจรไฟฟ้าใด ๆ จะมี 3 ปัจจัย ได้แก่ แรงเคลื่อนไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และความต้านทาน ความสัมพันธ์เหล่านี้สามารถอธิบายโดยใช้กฎของโอห์ม

กฎของโอห์มกล่าวไว้ว่า “ปริมาณของกระแสไฟฟ้าในวงจรจะมีสัดส่วนโดยตรงกับแรงเคลื่อนไฟฟ้า และมีปฏิภาคกลับกันกับความต้านทานไฟฟ้า” จากความหมายนี้ สรุปได้ว่า ถ้าแรงเคลื่อนไฟฟ้าเพิ่มขึ้น กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านจะเพิ่มขึ้น และความต้านทานที่เปลี่ยนแปลง กระแสไฟฟ้าจะลดลง กฎของโอห์มสามารถใช้ในการวิเคราะห์ความยุ่งยากของไฟฟ้าได้ อย่างไรก็ตามสามารถคำนวณด้วยค่าที่ถูกต้องและแน่นอน สำหรับแรงเคลื่อนไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และความต้านทาน กฎของโอห์มเขียนเป็นสูตรได้ดังนี้

I คือ กระแสไฟฟ้า (A)

R คือ ความต้านทาน (Ω)

E คือ แรงเคลื่อนไฟฟ้า (V)

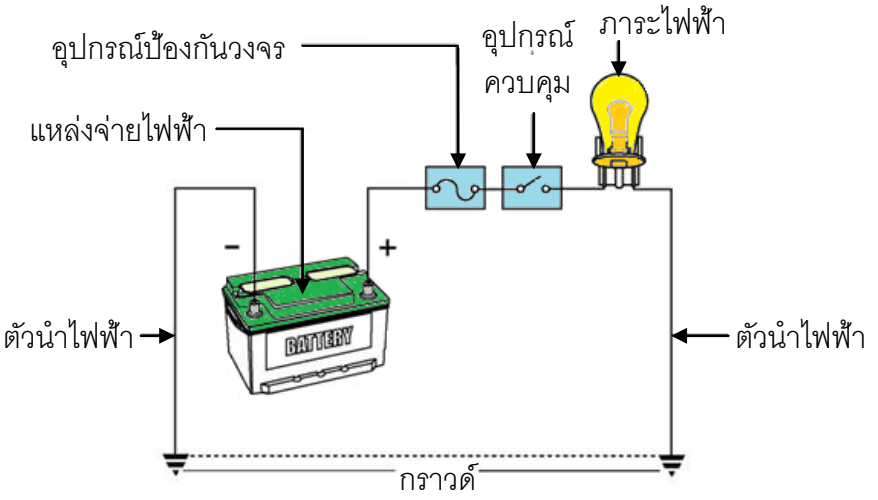


รูปที่ 1.24 กฎของโอห์ม

1.8 วงจรไฟฟ้า

1.8.1 ส่วนประกอบพื้นฐานของวงจรไฟฟ้า

ชนิดของวงจรไฟฟ้ามี 3 แบบ ได้แก่ วงจรอนุกรม วงจรขนาน และวงจรผสม ซึ่งทุกวงจรมีส่วนประกอบพื้นฐานเหมือนกัน ได้แก่ แหล่งจ่ายกำลังงาน อุปกรณ์ป้องกันวงจร ตัวนำไฟฟ้า ภาระทางไฟฟ้า อุปกรณ์ควบคุม และจุดต่อลงดิน (กราวด์) ดังแสดงในรูปที่ 1.25 มีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 1.25 ส่วนประกอบของวงจรไฟฟ้า

1. **แหล่งจ่าย** (Power Source) ในวงจรไฟฟ้ารถยนต์ แหล่งจ่ายที่ใช้จะเป็นแบตเตอรี่

2. **อุปกรณ์ป้องกัน** (Protection Device) วงจรไฟฟ้ารถยนต์มีความต้องการอุปกรณ์ป้องกันจากกระแสไฟฟ้าที่มากเกินไป เนื่องจากกระแสไฟฟ้าที่มากเกินไปจะผลิตความร้อนและสามารถทำให้สายไฟ ขั้วต่อ ส่วนประกอบของฟิวส์ และฟิวส์สายเสียหายได้ ส่วนเซอร์กิตเบรกเกอร์จะป้องกันวงจรโดยการเปิดวงจร (Open Circuit) เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านมากเกินไปหรือเกิดการลัดวงจร

3. **อุปกรณ์ควบคุม** (Control Device) อุปกรณ์ควบคุมอย่างง่าย คือสวิตช์ ซึ่งสวิตช์จะเปิดหรือปิดเส้นทางสำหรับกระแสไฟฟ้า เมื่อสวิตช์ปิดวงจร (Close Circuit) กระแสไฟฟ้าจะไหลไปยังภาระหรือโหลดให้ทำงาน เมื่อสวิตช์เปิดวงจร กระแสไฟฟ้าจะหยุดไหล ภาระทางไฟฟ้าต่าง ๆ จะหยุดทำงาน นอกจากสวิตช์ที่เป็นอุปกรณ์ควบคุมแล้ว ยังมีอุปกรณ์ควบคุมอื่น ๆ เช่น รีเลย์ ทรานซิสเตอร์ และกล่องควบคุมคอมพิวเตอร์ (ECU)

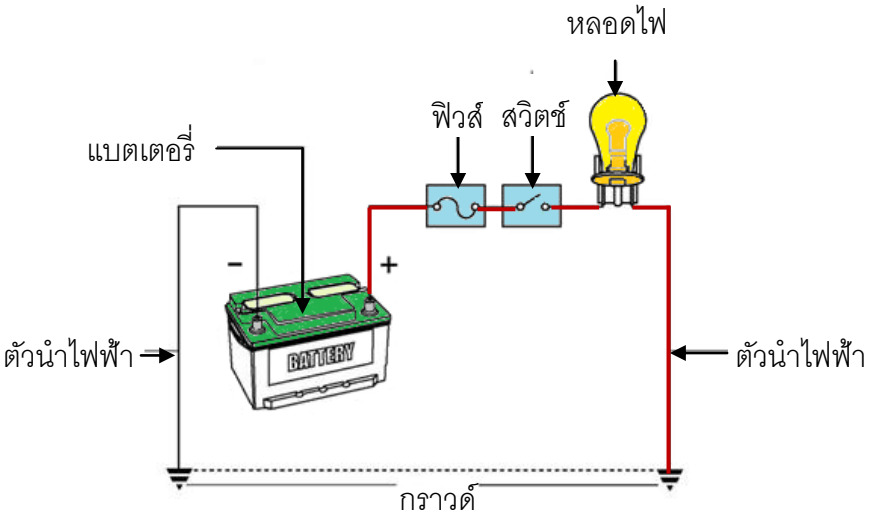
4. **ภาระหรือโหลด** (Load) คือ ส่วนประกอบต่าง ๆ ที่ใช้ไฟฟ้าทำงาน เช่น หลอดไฟ คอยล์ จุดระเบิด และมอเตอร์ เป็นต้น

5. **จุดต่อลงดินหรือกราวด์** (Grounds) การต่อลงกราวด์เพื่อจัดเตรียมเส้นทางลัดตัดตรงไปที่แหล่งจ่าย (ขั้วลบแบตเตอรี่) กราวด์จะเป็นส่วนประกอบหลักของโลหะรถยนต์ (ตัวถังรถ แชสซี) ซึ่งกราวด์จะจัดเตรียมจุดต่อร่วมกันผ่านทางเดินสายกราวด์ไหลกลับไปยังขั้วลบแบตเตอรี่

1.8.2 ลักษณะการต่อวงจรไฟฟ้า

วงจรไฟฟ้ารถยนต์จะแตกต่างกันออกไปตามลักษณะการต่อวงจรแต่ละแบบ มีดังนี้

1. **การต่อแบบอนุกรม** (Series Connection) คือ การเอาตัวต้านทานมาเรียงต่อกันในวงจรไฟฟ้าจนครบวงจรในลักษณะต่อแบบอันดับกัน ดังรูปที่ 1.26 วงจรอนุกรมมีเส้นทางไฟฟ้าเพียงเส้นทางเดียว สำหรับกระแสไฟฟ้า หมายถึง กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านส่วนใดส่วนหนึ่งของวงจร ถ้าส่วนใดส่วนหนึ่งของวงจรไฟฟ้าขาด หรือไม่ต่อวงจร วงจรทั้งหมดจะหยุดทำงาน ไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านวงจรอนุกรม



รูปที่ 1.26 วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม

จากรูปแสดงวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมอย่างง่าย แรงเคลื่อนไฟฟ้าจากแบตเตอรี่จะไหลผ่านฟิวส์ไปยังสวิตช์ เมื่อสวิตช์ปิดวงจร กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านวงจรเพียงทิศทางเดียวไปยังภาระไฟฟ้า (หลอดไฟ) และไหลไปที่กราวด์ครบวงจรทำให้หลอดไฟติดสว่างขึ้น

ลักษณะสำคัญของวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม มีรายละเอียดสำคัญดังนี้

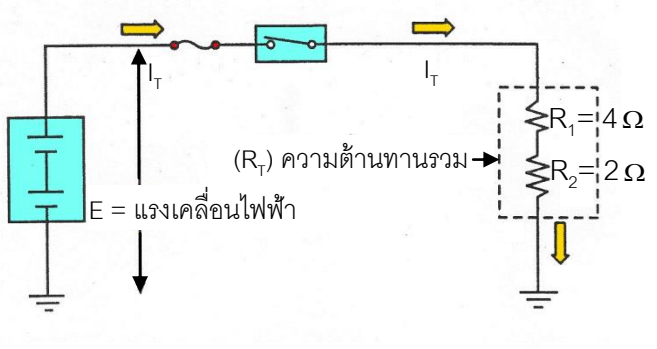
1) กระแสไฟฟ้าจะเท่ากันในทุกส่วนของวงจร

2) ผลรวมของความต้านทานแต่ละตัวมีค่าเท่ากับความต้านทานรวมในวงจร

3) ผลรวมของแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ตกคร่อมในวงจรแต่ละตัวมีค่าเท่ากับแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่แหล่งจ่าย

การประยุกต์ใช้กฎของโอห์ม

(1) การใช้กฎของโอห์มเพื่อทำนายพฤติกรรมของไฟฟ้าในวงจร สำหรับวงจรอนุกรมประยุกต์ใช้กฎของโอห์ม ได้ดังนี้



รูปที่ 1.27 การหากระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรแบบอนุกรม

(ก) ความต้านทานวงจรรวมทั้งหมด (R_T) มีค่าเท่ากับผลรวมของความต้านทานแต่ละตัว ($R_1 + R_2$) เขียนเป็นสูตรได้ว่า $R_T = R_1 + R_2$ ในวงจรรูปที่ 1.27 หาผลรวมความต้านทานทั้งหมดในวงจร คือ 4 + 2 = 6 โอห์ม

(ข) กระแสไฟฟ้า (I_T) เท่ากับแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่แบ่งโดยความต้านทานรวมทั้งหมด (R) เขียนเป็นสูตรได้ว่า $I = \frac{E}{R}$ จากรูป กระแสไฟฟ้า (I_T) เท่ากับ $\frac{12}{6}$ = 2 แอมแปร์

(ค) แรงเคลื่อนไฟฟ้าตกคร่อมในวงจร (E_{R1} , E_{R2}) ที่ผ่านภาระแต่ละตัวเท่ากับกระแสไฟฟ้าที่ผ่านภาระตัวต้านทาน (R_1 , R_2) เขียนเป็นสูตรได้ว่า $E_{RI} = I \times R_1$, $E_{R2} = I \times R_2$ จากรูปสามารถหาแรงเคลื่อนไฟฟ้าตกคร่อมในแต่ละส่วนของวงจร ได้ดังนี้ $E_{RI} = I \times R_1$ เท่ากับ $2 \times 4 = 8$ โวลต์ ส่วน $E_{R2} = I \times R_2$ เท่ากับ 2x2 = 4 โวลต์ ผลรวมของแรงเคลื่อนไฟฟ้าตกคร่อมในวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมจะมีค่าเท่ากับแรงเคลื่อนไฟฟ้าจากแหล่งจ่าย หรือ 4+8 = 12 โวลต์ ซึ่งเป็นจริงตามทฤษฎี

(2) การใช้กฎของโอห์มเพื่อค้นหาจุดบกพร่องในวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม ได้ดังนี้

(ก) ขั้วต่อและส่วนประกอบที่บกพร่อง สามารถเพิ่มความต้านทานได้

(ข) จาก $I = \frac{E}{R}$ ความต้านทานรวมเพิ่มขึ้น กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรจะลดลง

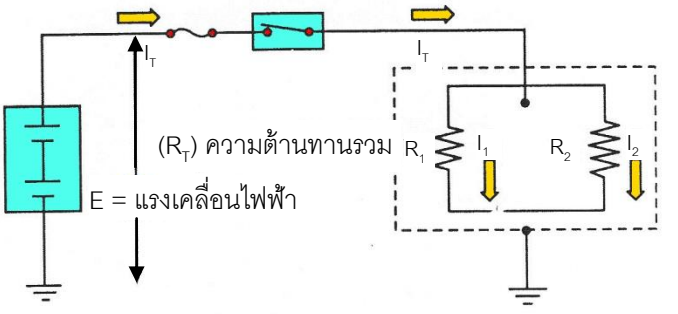
(ค) กระแสไฟฟ้าที่น้อยกว่ามีผลต่อการทำงานของภาระ (เช่นหลอดไฟมืดสลัว)

(ง) ไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลในวงจร ถ้าวงจรขาด (วงจรเปิด)ในทุก ๆ ที่ที่กระแสไหลผ่าน

(จ) จาก $I=\frac{E}{R}$ แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ต่ำ หมายถึงกระแสไฟฟ้าที่น้อย และแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่สูงกว่าหมายถึงกระแสไฟฟ้าที่มากกว่า

(ฉ) แรงเคลื่อนไฟฟ้าสูงขึ้น กระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้น และสามารถส่งผลต่อการทำงานของวงจร (เช่น ฟิวส์ขาด ส่วนประกอบไฟฟ้าเสียหายก่อนกำหนด)

2. **การต่อแบบขนาน (Parallel Connection)** คือ การนำความต้านทาน 2 ตัวหรือมากกว่ามาต่อกันแบบสาขา (Branch) คือปลายด้านหนึ่งของตัวต้านทานทุก ๆ ตัวต่อเข้ากับขั้วบวกและปลายอีกด้านหนึ่งรวมกันต่อเข้ากับขั้วลบ



รูปที่ 1.28 การหากระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรแบบขนาน

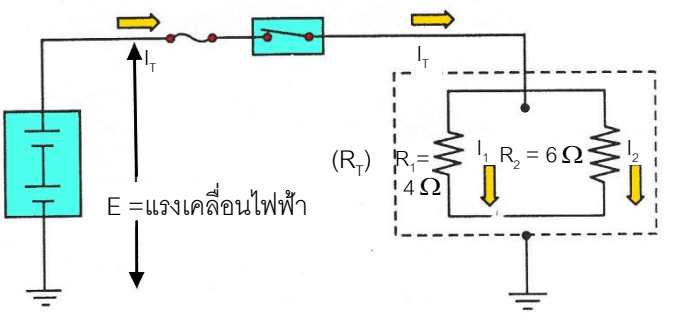
ค่าความต้านทานรวมภายในวงจรขนาน กรณีตัวต้านทาน 2 ตัวต่อขนานกัน คำนวณหาค่าได้จากสูตร $\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$ หรือ $R_T = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$

หากระแสไฟฟ้าทั้งหมดที่ไหลในวงจร จากกฎของโอห์ม $I_T = \frac{E}{R_T}$ เมื่อ I_T = ผลรวมของกระแส I_1 และ I_2 ผ่านตัวต้านทาน R_1 และ R_2 เท่า ๆ กัน เนื่องจากเป็นการต่อแบบขนาน ($E = V_1 = V_2$)

ดังนั้นค่าของกระแส I_1 และ I_2 สามารถหาได้จากกฎของโอห์มดังนี้

$I_1 = \frac{V_1}{R_1}$ และ $I_2 = \frac{V_2}{R_2}$

ตัวอย่างที่ 1.1 จากรูป จงหาความต้านทานรวมในวงจร กระแสไฟฟ้ารวม และกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานแต่ละตัว



รูปที่ 1.29 วงจรไฟฟ้าแบบขนาน

วิธีทำ

ความต้านทานรวม $\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$ หรือ $R_T = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} = \frac{4 \times 6}{4 + 6}$

$= \frac{24\ \Omega}{10}$ $= 2.4\ \Omega$ **ตอบ**

กระแสไฟฟ้ารวม $I_T = \frac{E}{R_T} = \frac{12\ V}{2.4\ \Omega}$

$I_T = 5\ A$ **ตอบ**

กระแสที่ไหลผ่าน R_1 : $I_1 = \frac{V_1}{R_1} = \frac{12\ V}{4\ \Omega}$

$I_1 = 3\ A$ **ตอบ**

กระแสที่ไหลผ่าน R_2 : $I_2 = \frac{V_2}{R_2} = \frac{12\ V}{6\ \Omega}$

$I_2 = 2\ A$ **ตอบ**

พิสูจน์ $I_1 + I_2 = 3 + 2 = 5\ A$ แสดงว่าคำนวณถูกต้องและเป็นจริงตามทฤษฎี

ลักษณะสำคัญของวงจรไฟฟ้าแบบขนาน มีดังนี้

(1) กระแสไฟฟ้าทั้งหมดที่ไหลในวงจรมีค่าเท่ากับผลรวมของกระแสไฟฟ้าแต่ละสาขา

(2) ถ้าเปิดวงจรสาขาเดียว จะส่งผลต่อภาระในสาขาเดียวเท่านั้น ส่วนสาขาอื่น ๆ จะทำงานได้ปกติ

(3) ความต้านทานแต่ละสาขา กำหนดโดยกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านแต่ละสาขา

(4) ถ้าความต้านทานสาขาเหมือนกัน กระแสไฟฟ้าที่สาขาจะมีค่าเท่ากัน ในทางตรงกันข้าม ถ้าความต้านทานสาขาแตกต่างกัน กระแสไฟฟ้าในแต่ละสาขาจะแตกต่างกันด้วย

(5) แรงเคลื่อนไฟฟ้าตกคร่อมผ่านภาระแต่ละตัวจะเท่ากัน เนื่องจากแหล่งจ่ายที่ใช้แต่ละสาขาเท่ากัน

(6) ความต้านทานรวมของวงจรจะน้อยกว่าค่าความต้านทานแต่ละตัว

การวิเคราะห์ปัญหาในวงจรไฟฟ้าแบบขนาน อาศัยการทำงานของวงจรแบบขนานเป็นสิ่งที่ช่วยนำไปสู่การแก้ปัญหาข้อบกพร่องในวงจรไฟฟ้าได้ดังนี้

(1) ถ้าหลอดไฟหลอดหนึ่งทำงาน หลอดที่เหลือไม่ทำงาน แสดงว่าอุปกรณ์แบตเตอรี่ ฟิวส์ และสวิตช์ทำงานถูกต้อง มีความเป็นไปได้ที่เกิดข้อบกพร่องขึ้นที่สาขาของวงจรแบบขนานในสาขานั้น เช่นหลอดไฟชำรุด ขั้วต่อบกพร่อง จุดลงกราวด์บกพร่อง เป็นต้น

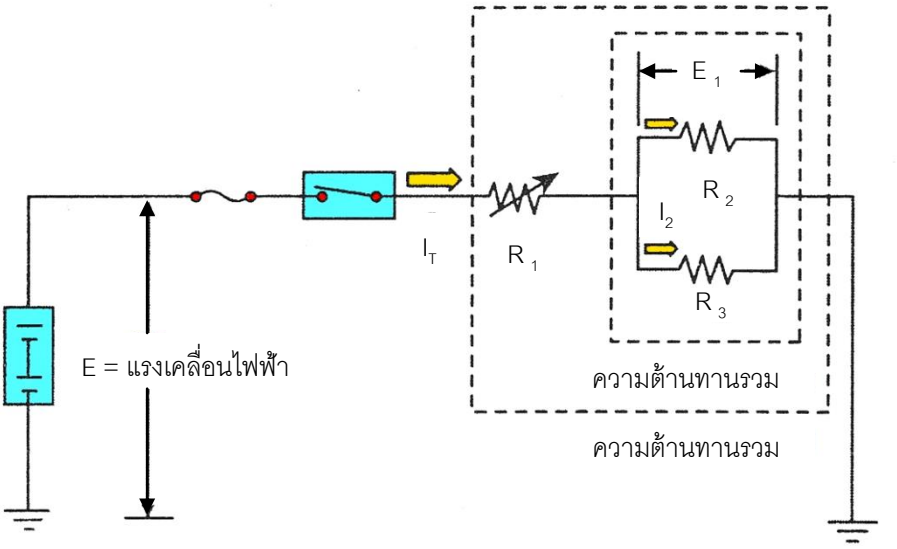
(2) ถ้าหลอดไฟไม่ทำงานทั้งหมด ส่วนใหญ่คล้ายกับการเกิดข้อบกพร่องขึ้นที่วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม (ระหว่างแบตเตอรี่และจุดที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่านไปยังหลอดไฟ) แยกออกจากกัน หรือเป็นไปได้ที่หลอดทั้งสองขาด (เป็นไปได้น้อยกว่า)

3. **การต่อความต้านทานแบบผสม (Series–Parallel)** คือ การนำการต่อความต้านทานแบบอนุกรมและแบบขนานมารวมกันในวงจรเดียวกัน ดังแสดงในรูปที่ 1.30

ลักษณะสำคัญของวงจรไฟฟ้าแบบผสม มีดังนี้

(1) กระแสไฟฟ้าในส่วนของวงจรอนุกรมมีค่าเท่ากับผลรวมของกระแสไฟฟ้าในสาขาของวงจรแบบขนาน

(2) ความต้านทานวงจร คือ ผลรวมของความต้านทานวงจรไฟฟ้าแบบขนานรวมกับความต้านทานในวงจรแบบอนุกรม



รูปที่ 1.30 วงจรไฟฟ้าแบบผสม

รถยนต์ส่วนใหญ่จะใช้วงจรไฟฟ้าแบบผสม ซึ่งรวมเอาวงจรอนุกรมและวงจรขนานรวมเข้าด้วยกันในวงจรเดียวกัน

(1) วงจรอนุกรมมีเส้นทางเดินไฟฟ้าเพียงเส้นทางเดียว

(2) วงจรแบบขนานมีหลายเส้นทางสำหรับกระแสไฟฟ้า

(3) วงจรแบบผสมจะรวมเอาวงจรอนุกรมและวงจรขนานเข้าด้วยกันในวงจรเดียวกัน

การประยุกต์ใช้กฎของโอห์ม

สำหรับวงจรไฟฟ้าแบบผสม กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านในส่วนของวงจรอนุกรม หลังจากนั้นจะแยกไหลผ่านสาขาของวงจรขนาน ซึ่งประยุกต์ใช้กฎของโอห์มได้ดังนี้

คำนวณหาความต้านทานรวมในวงจร หาได้โดยการใช้สูตรของทั้งสองแบบมารวมกัน โดยการหาค่าความต้านทานของแบบขนานก่อนแล้วนำค่าที่ได้มารวมกับแบบอนุกรม จะได้ค่าความต้านทานรวมทั้งหมด

คำนวณกระแสไฟฟ้า (I) ได้จาก $I = E \times R$

คำนวณแรงเคลื่อนไฟฟ้าตกคร่อมในวงจร ได้จาก $E = I \times R$

การใช้กฎของโอห์มเพื่อวิเคราะห์ปัญหาวงจรไฟฟ้าแบบผสม มีดังนี้

(1) ปัญหาข้อบกพร่องในส่วนของวงจรอนุกรม จะมีผลต่อการทำงานของวงจรทั้งหมด

(2) ความต้านทานเพิ่มขึ้นในสาขาเดียวจะส่งผลต่อการทำงานของส่วนประกอบในสาขานั้น อย่างไรก็ตามถ้าความต้านทานสูงขึ้นมากพอ จะสร้างการเปิดวงจร ประสิทธิภาพของวงจรจะสูญเสียในสาขานั้น ในกรณีนี้ความต้านทานเท่ากันเพิ่มขึ้น และกระแสไฟฟ้าลดลงสำหรับวงจรทั้งหมด

(3) ความต้านทานเพิ่มขึ้นในส่วนของวงจรอนุกรม สามารถลดกระแสไฟฟ้า แหล่งจ่ายไฟฟ้าที่ต่ำ สามารถลดกระแสไฟฟ้าเช่นเดียวกัน

(4) แหล่งจ่ายไฟฟ้าที่สูงหรือการลัดวงจรไปที่กราวด์ก่อนถึงภาระทางไฟฟ้า สามารถเพิ่มกระแสไฟฟ้า ทำให้ฟิวส์ขาด และส่วนประกอบของวงจรเสียหาย

1.9 กำลังไฟฟ้า

กำลังไฟฟ้า หมายถึง กำลังของไฟฟ้าที่ใช้ไปในการทำให้เกิดพลังงานรูปต่าง ๆ เช่น พลังงานความร้อน พลังงานแสง และพลังงานกล เป็นต้น หน่วยของกำลังไฟฟ้ามีหน่วยเป็นวัตต์ (W, Watt) หรือกิโลวัตต์ (kW) สามารถหาได้จากสูตรดังนี้

กำลังไฟฟ้า (P) เท่ากับกระแสไฟฟ้า (I) คูณกับแรงเคลื่อนไฟฟ้า (E) นั่นคือ $P = IE$

ตัวอย่างที่ 1.2 กระแสไฟฟ้าในมอเตอร์ขับปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิง กินกระแสไฟฟ้า 2 A แหล่งจ่าย12 V กำลังไฟฟ้ามีค่าเท่ากับเท่าไร

วิธีทำ จากสูตร กำลังไฟฟ้า $P = IE$

$$P = 2\ A \times 12\ V = 24 \text{ วัตต์}$$ **ตอบ**

ตัวอย่างที่ 1.3 มอเตอร์สตาร์ต มีอัตรากำลังไฟฟ้า 1.2 kW ทำงานโดยแบตเตอรี่ 12 V ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้มีค่าเท่าไร

วิธีทำ จากสูตร กำลังไฟฟ้า $P = IE$

$$I = \frac{P}{E}$$

$$I = \frac{1.2\ kW}{12\ V} = 100\ A$$ **ตอบ**

1.10 แม่เหล็ก

ไฟฟ้าและแม่เหล็กมีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิด แม่เหล็กสามารถผลิตกระแสไฟฟ้า ในทางตรงกันข้ามไฟฟ้าสามารถผลิตแม่เหล็กได้เช่นเดียวกัน ซึ่งนำไปใช้ประโยชน์อย่างหลากหลาย คุณสมบัติของแม่เหล็ก คือสามารถดึดดูดโลหะต่าง ๆ ได้ ซึ่งเป็นสารที่มีการเรียงตัวของโมเลกุลอย่างเป็นระเบียบ และมีทิศทางเดียวกัน จะเกิดอำนาจแม่เหล็ก ซึ่งเป็นพลังงานแฝงอยู่ในสารนั้น

แม่เหล็กแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

1. แม่เหล็กธรรมชาติหรือเรียกว่าแร่แม่เหล็ก คือสารประกอบประเภทออกไซด์ของเหล็กชนิดหนึ่งที่เกิดตามธรรมชาติมีชื่อเรียกว่า “แมกนีไทต์ (Fe_3O_4)”

2. แม่เหล็กประดิษฐ์ มี 3 ชนิด คือ

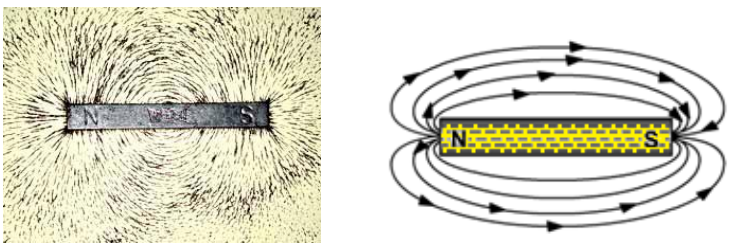
(1) แม่เหล็กถาวร เป็นแม่เหล็กชนิดที่มีอำนาจแม่เหล็กอยู่อย่างถาวร ได้จากการนำเหล็กคุณภาพพิเศษหรือเหล็กกล้ามาผ่านการเหนี่ยวนำทางไฟฟ้าทำให้เกิดเป็นแม่เหล็กถาวร

(2) แม่เหล็กชั่วคราว เป็นแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจากการเหนี่ยวนำเหล็กอ่อน โดยใช้แม่เหล็กถาวรหรือใช้กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำจนมีอำนาจเป็นแม่เหล็กแต่มีอำนาจแม่เหล็กอยู่ไม่ถาวร (ชั่วขณะ)

(3) แม่เหล็กไฟฟ้า เป็นแม่เหล็กที่เกิดจากการนำลวดตัวนำมาพันรอบแท่งเหล็กอ่อน แล้วให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านลวดตัวนำนั้น จะเหนี่ยวนำให้แท่งเหล็กอ่อนเกิดอำนาจแม่เหล็กขึ้น แต่เมื่อหยุดให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านอำนาจแม่เหล็กนั้นจะหมดไป

1.10.1 เส้นแรงแม่เหล็ก (Magnetic Line of Force)

แม่เหล็กจะมีปลายด้านหนึ่งเป็นขั้วเหนือ (N) และปลายอีกด้านหนึ่งเป็นขั้วใต้ (S) เสมอ ทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็กจะมีทิศทางจากขั้วเหนือไปยังขั้วใต้ จำนวนเส้นแรงแม่เหล็กจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอำนาจแรงดึงดูดของแม่เหล็ก บริเวณที่มีเส้นแรงแม่เหล็กเรียกว่า “สนามแม่เหล็ก” (Magnetic Field) ดังแสดงในรูปที่ 1.31



รูปที่ 1.31 ลักษณะสนามแม่เหล็กและทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็ก

คุณสมบัติของแม่เหล็ก มีคุณสมบัติดังนี้

1. แท่งแม่เหล็กประกอบด้วยขั้วเหนือ (N) และขั้วใต้ (S) ซึ่งสนามแม่เหล็กจะเกิดขึ้นระหว่างขั้วทั้งสองนั้น

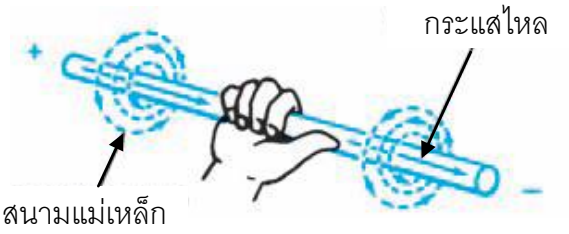
2. แม่เหล็กขั้วเหมือนกันจะผลักกัน ขั้วต่างกันจะดึงดูดกัน

3. สามารถเหนี่ยวนำแท่งเหล็กอ่อนให้กลายเป็นแม่เหล็กได้

4. สามารถเหนี่ยวนำให้เกิดกระแสไฟฟ้าในขดลวดตัวนำได้
5. สามารถดูดโลหะบางชนิดได้

1.10.2 กฎมือขวา (Right Hand Rule)

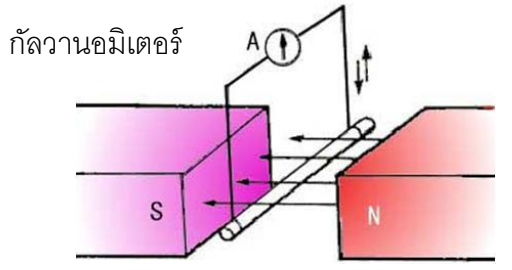
เมื่อปล่อยกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำ จะทำให้เกิดเส้นแรงแม่เหล็กขึ้นรอบ ๆ ขดลวดตัวนำ ทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็กหาได้จากกฎมือขวา โดยใช้มือขวากำรอบลวดตัวนำให้นิ้วหัวแม่มือชี้ทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า นิ้วทั้งสี่ที่กำอยู่จะแสดงทิศทางของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นรอบ ๆ ลวดตัวนำ



รูปที่ 1.32 ทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดขึ้นรอบตัวนำหาได้จากกฎมือขวา

1.10.3 การเหนี่ยวนำของแม่เหล็ก (Magnetic Induction)

เมื่อนำเอาลวดตัวนำไปเคลื่อนที่ตัดผ่านเส้นแรงแม่เหล็ก ระหว่างขั้วแม่เหล็กเหนือ (N) และขั้วแม่เหล็กใต้ (S) จะทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าขึ้นในลวดตัวนำนั้น ซึ่งสามารถสังเกตจากการเคลื่อนที่ของเข็มกัลวานอมิเตอร์ซึ่งต่ออยู่กับขดลวดตัวนำซึ่งเรียกว่า “การเหนี่ยวนำของแม่เหล็ก”



รูปที่ 1.33 การเหนี่ยวนำของแม่เหล็ก

1.10.4 แม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic)

เมื่อปล่อยกระแสไฟฟ้าให้ไหลผ่านขดลวดตัวนำที่พันรอบแกนเหล็กอ่อน จะเหนี่ยวนำให้แกนเหล็กอ่อนนั้นมีอำนาจเป็นแม่เหล็ก แม่เหล็กที่เกิดขึ้นเรียกว่า “แม่เหล็กไฟฟ้า” การหาขั้วของแม่เหล็กไฟฟ้าหาได้จากกฎมือขวา โดยใช้มือขวากำรอบแกนเหล็กอ่อนให้นิ้วทั้งสี่ชี้ทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าในขดลวดตัวนำ นิ้วหัวแม่มือจะชี้ไปในทิศขั้วเหนือของแม่เหล็ก

สรุปสาระสำคัญ

☐ อะตอม คือ โครงสร้างที่มีอิเล็กตรอนโคจรรอบ ๆ นิวเคลียส ถ้าจำนวนของอิเล็กตรอนและโปรตอนมีจำนวนเท่ากัน อะตอมจะอยู่ในสภาวะสมดุลหรือเป็นกลาง

☐ กระแสไฟฟ้าคือการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนจากอะตอมหนึ่งไปยังอะตอมอื่น โดยมีการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนไปในทิศทางเดียวกัน

☐ ตัวนำจะยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ง่าย ส่วนฉนวนจะต้านทานการไหลของกระแสไฟฟ้า ซึ่งจะกั้นการไหลของกระแสไฟฟ้า

☐ กระแสไฟฟ้า คือ การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระที่ไหลผ่านตัวนำ จะมีกระแสไฟฟ้าไหลในวงจร ซึ่งถูกผลักดันโดยแรงเคลื่อนไฟฟ้า หน่วยวัดกระแสไฟฟ้ามีหน่วยเป็นแอมแปร์

☐ กระแสไฟฟ้า มี 2 ชนิด คือ ไฟฟ้ากระแสตรง (DC) และไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ในไฟฟ้ากระแสตรงอิเล็กตรอนจะไหลเพียงทิศทางเดียวเท่านั้น ส่วนไฟฟ้ากระแสสลับ อิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่ในทิศทางที่มีอัตราคงที่

☐ แรงเคลื่อนไฟฟ้า คือ กำลังดันไฟฟ้าหรือแรงที่ผลักหรือดึงดูดอิเล็กตรอนไปยังโปรตอน

☐ ความต้านทานจะต้านทานการไหลของกระแสไฟฟ้า ซึ่งวัดปริมาณความต้านทานที่กระแสไหลโดยวัดออกมาในหน่วยของโอห์ม

☐ ปริมาณของไฟฟ้าที่ถูกใช้โดยภาระหรือโหลด เรียกว่า กำลังไฟฟ้าหรือวัตต์

☐ ความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ระหว่างกระแสไฟฟ้า ความต้านทาน และแรงเคลื่อนไฟฟ้า จะอยู่ในกฎของโอห์มเขียนเป็นสูตรได้ว่า E = IR

☐ วงจรไฟฟ้ารถยนต์ ประกอบด้วย 5 องค์ประกอบ ได้แก่ แหล่งจ่าย ตัวนำไฟฟ้า อุปกรณ์ป้องกันวงจร (ฟิวส์ เซอร์กิตเบรกเกอร์) อุปกรณ์ควบคุม (สวิตช์) โหลดหรือภาระไฟฟ้า และจุดต่อลงดิน (กราวด์)

☐ ชนิดของวงจรไฟฟ้าพื้นฐานรถยนต์ มี 3 แบบ คือ วงจรอนุกรม วงจรขนาน และวงจรผสม

☐ วงจรอนุกรม ประกอบด้วย ตัวต้านทาน 1 ตัวต้านทานหรือมากกว่าที่ต่ออยู่ระหว่างแหล่งจ่ายกำลังงาน โดยกระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ทิศทางเดียวเท่านั้น

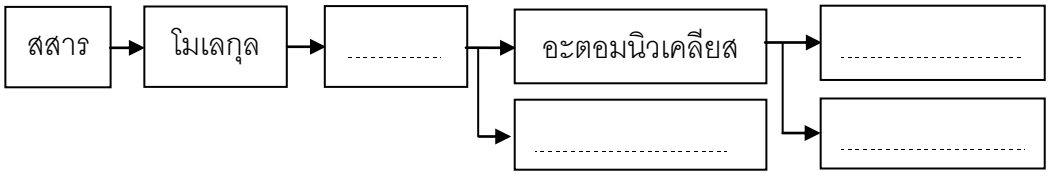
☐ วงจรขนานจัดเตรียมเส้นทาง 2 เส้นทางหรือมากกว่าที่แตกต่างกันสำหรับให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน

☐ วงจรผสม จะรวมเอาวงจรอนุกรมและวงจรขนานอยู่ในวงจรเดียวกัน

แบบฝึกหัดหน่วยที่ 1

ทฤษฎีพื้นฐานไฟฟ้า

ตอนที่ 1 จงเติมคำตอบลงในช่องว่างให้ถูกต้อง

1. 

2. อะตอมผลิตขึ้นจากส่วนประกอบของอนุภาคทั้งสาม ประกอบด้วย

.....

3. อนุภาคในอะตอมที่เพิ่มการไหลของกระแส คือ.....

4. .....เป็นอนุภาคประจุลบ นิวเคลียสประกอบด้วยอนุภาคประจุบวก เรียกว่า.....
และอนุภาคที่ไม่มีการประจุเรียกว่า.....

5. ถ้าเปรียบเทียบตัวนำไฟฟ้าที่บางกับตัวนำไฟฟ้าที่หนา ตัวนำใดที่นำไฟฟ้าได้ดีกว่ากัน

.....

6. ถ้าเปรียบเทียบตัวนำไฟฟ้าที่ความหนาเท่ากัน 2 ชนิด แต่สายไฟชนิดหนึ่งอุ่น อีกชนิดหนึ่งเย็น สภาวะใดที่นำไฟฟ้าได้ดีกว่ากัน ถ้ากระแสไฟฟ้าไหลผ่าน.....

7. .....ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ง่าย และ.....ไม่ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน

8. ชนิดของไฟฟ้า แบ่งเป็น.....ชนิด คือ.....

9. การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระจะไหลจากบวกไปยังลบ เรียกทฤษฎีนี้ว่า.....

10. การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระจะไหลจากลบไปยังบวก เรียกทฤษฎีนี้ว่า.....

11. อิเล็กตรอนอิสระที่เคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกัน เรียกว่า.....

12. อิเล็กตรอนอิสระที่เคลื่อนที่เปลี่ยนทิศทางกลับไปมา และมีอัตราคงที่ เรียกว่า.....

13. ความต้านทานจะ.....การไหลของกระแสไฟฟ้า วัดออกมาในหน่วย.....

14. .....หมายถึง กำลังดันไฟฟ้า

ตอนที่ 2 จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1. จงอธิบายกฎของโอห์ม.....

.....

2. จงเขียนรูปและสูตรทางคณิตศาสตร์ตามกฎของโอห์ม

.....

.....

3. จงอธิบายคุณสมบัติของวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม แบบขนาน และแบบผสม

.....

.....

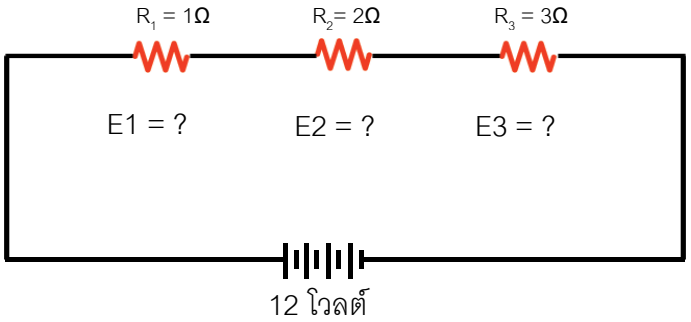
.....

.....

.....

.....

4. จากรูป จงคำนวณหาค่าความต้านทานรวม กระแสไฟฟ้า และแรงเคลื่อนไฟฟ้าแต่ละจุดในวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม



.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

แบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 1

ทฤษฎีพื้นฐานไฟฟ้า

คำสั่ง จงทำเครื่องหมายกากบาท (×) ลงหน้าข้อที่ถูกต้องที่สุด

1. หน่วยที่เล็กที่สุดของสสารคือข้อใด

   ก. นิวตรอน ข. โมเลกุล

   ค. อะตอม ง. โปรตอน

2. อนุภาคที่โคจรรอบ ๆ ศูนย์กลางของอะตอมคือข้อใด

   ก. อิเล็กตรอน ข. โมเลกุล

   ค. นิวเคลียส ง. โปรตอน

3. ข้อใดกล่าว**ไม่ถูกต้อง**

   ก. ธรรมชาติของวัสดุจะมีอะตอม

   ข. ถ้าอิเล็กตรอนอิสระแยกตัว จะเกิดกระแสไฟฟ้า

   ค. การไหลของกระแสไฟฟ้าจะเริ่มต้นขึ้นจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระ

   ง. ถ้าการถ่ายเทของอิเล็กตรอนอิสระมาก ทำให้การถ่ายเทของกระแสไฟฟ้าจะมากขึ้น

4. อุปกรณ์ไฟฟ้าที่จำกัดการไหลของกระแสไฟฟ้าเรียกว่าอะไร

   ก. ฉนวน ข. ตัวนำ

   ค. สารกึ่งตัวนำ ง. กราวด์

5. วัสดุที่มีจำนวนอิเล็กตรอน 4 อนุภาคคงที่ ในวงแหวนรอบนอกของอะตอม เรียกว่าอะไร

   ก. สารประกอบ ข. ฉนวน

   ค. สารกึ่งตัวนำ ง. ตัวนำ

6. ไฟฟ้ากระแสแบ่งเป็นกี่ชนิด

   ก. 1 ชนิด ข. 2 ชนิด

   ค. 3 ชนิด ง. 4 ชนิด

7. สภาวะใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับการไหลของกระแสไฟฟ้า

   ก. ไฟฟ้ากระแสสลับจะสามารถเก็บที่แบตเตอรี่ได้

   ข. ไฟฟ้ากระแสตรงจะเปลี่ยนทิศทางจากบวกไปลบ

   ค. ไฟฟ้ากระแสตรงจะมีทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าในทิศทางเดียวกัน

   ง. กระแสไฟฟ้าเกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนที่ไหลผ่านตัวนำ

8. ทฤษฎีอิเล็กตรอนของการไหลกระแสไฟฟ้า มีทิศทางการไหลตามข้อใด

ก. สุ่มการไหล ข. บวกไปลบ

ค. ลบไปบวก ง. ไม่มีข้อใดถูก

9. แรงที่ทำให้เกิดการขับอิเล็กตรอนให้ไหลผ่านตัวนำเรียกว่าอะไร

ก. กำลังงาน ข. กระแส

ค. แรงเคลื่อนไฟฟ้า ง. ความต้านทาน

10. ข้อใด**กล่าวไม่ถูกต้อง**เกี่ยวกับแรงเคลื่อนไฟฟ้า

ก. ในวงจรอนุกรม แรงเคลื่อนไฟฟ้าจะเท่ากันทุกจุดในวงจร

ข. แรงเคลื่อนไฟฟ้าคือกระแสไฟฟ้า (A) คูณความต้านทาน (R)

ค. แรงเคลื่อนไฟฟ้าคือกำลังดันไฟฟ้า เป็นเหตุให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่

ง. แรงเคลื่อนไฟฟ้าจะเกิดขึ้นระหว่างจุดใด ๆ ในวงจร เว้นแต่ความต่างศักย์ไฟฟ้าตกคร่อมเป็นศูนย์

11. ข้อใด**ไม่มี**ผลต่อค่าความต้านทานตัวนำไฟฟ้าทองแดงที่เป็นแบบเดียวกัน

ก. ความยาวของสายไฟ ข. พื้นที่หน้าตัดสายไฟ

ค. ตำแหน่งการติดตั้งของสายไฟ ง. อุณหภูมิของสายไฟ

12. สภาวะต่อไปนี้ ข้อใดกล่าว**ไม่ถูกต้อง**

ก. ถ้าวงจรเปิด จะไม่ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน

ข. ถ้าแรงเคลื่อนเพิ่มขึ้น แอมแปร์จะเพิ่มขึ้น

ค. กฎของโอห์มเขียนเป็นสูตรทางคณิตศาสตร์ได้ $I = \frac{E}{R}$

ง. ถ้าความต้านทานเพิ่มขึ้น และแรงเคลื่อนมีค่าคงที่ แอมแปร์จะเพิ่มขึ้น

13. ข้อใดกล่าวถึงลักษณะสำคัญของวงจรอนุกรมได้ถูกต้อง

ก. กระแสไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น วงจรจะมีความต้านทานมากขึ้น

ข. ความต้านทานรวมคือผลรวมของความต้านทานในวงจร

ค. กระแสไฟฟ้าสลับจะผลิตแรงเคลื่อนไฟฟ้า ซึ่งกระแสไฟฟ้ามีค่าคงที่และไหลในทิศทางเดียวกัน

ง. ผลรวมของแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ตกคร่อมในวงจรแต่ละตัว มีค่าเท่ากับแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่แหล่งจ่าย

14. ข้อใดกล่าวถึงลักษณะสำคัญของวงจรขนานได้ถูกต้อง

ก. กระแสไฟฟ้าไหลไปที่กราวด์เท่านั้น ข. กระแสมีค่าเท่ากันในทุกชิ้นส่วนของวงจร

ค. ความต้านทานวงจรลดลงตามอุปกรณ์ที่ต่อขนาน ง. ไม่มีข้อใดถูกต้อง

15. หลอดไฟ 2 ดวงเหมือนกัน มีการต่อแบบขนานกับแหล่งจ่ายไฟ 12 โวลต์ แรงดันไฟฟ้าที่หลอดไฟแต่ละดวงมีค่าตามข้อใด

ก. 2 โวลต์ ข. 4 โวลต์

ค. 6 โวลต์ ง. 12 โวลต์

16. การเหนี่ยวนำของแม่เหล็กไฟฟ้าคือข้อใด

ก. กระบวนการแม่เหล็กที่ผลิตการไหลของกระแสไฟฟ้าในสายไฟ

ข. เกิดขึ้นเมื่อสนามแม่เหล็กหรือการเคลื่อนที่ของตัวนำหมุนตัดกัน

ค. ถูกทั้งข้อ ก และ ข

ง. ไม่มีข้อใดถูกต้อง

หน่วยที่ 2

พื้นฐานไฟฟ้ารถยนต์

หน่วยที่ 2

พื้นฐานไฟฟ้ารถยนต์

หัวข้อเรื่อง (Topics)

2.1 สายไฟและขนาดของสายไฟ
2.2 ฉนวนสายไฟและรหัสสีสายไฟ
2.3 ขั้วต่อสายไฟและข้อต่อสายไฟ
2.4 การซ่อมสายไฟและขั้วต่อสายไฟ
2.5 อุปกรณ์ป้องกันวงจร
2.6 ไดอะแกรม สัญลักษณ์ และอุปกรณ์ไฟฟ้ารถยนต์

แนวคิดสำคัญ (Main Idea)

ความเข้าใจพื้นฐานไฟฟ้ารถยนต์ที่ดีเป็นสิ่งสำคัญเพื่อนำไปสู่การวิเคราะห์ปัญหาข้อขัดข้องของระบบไฟฟ้ารถยนต์ได้ถูกต้อง พื้นฐานไฟฟ้ารถยนต์ ได้แก่ สายไฟ ขนาดสายไฟ ฉนวน รหัสสีสายไฟ ขั้วต่อสายไฟ อุปกรณ์ป้องกันวงจร (ฟิวส์ ฟิวส์สาย และเซอร์กิตเบรกเกอร์) การซ่อมสายไฟและขั้วต่อสายไฟ สัญลักษณ์และหน้าที่ของอุปกรณ์ไฟฟ้ารถยนต์

สมรรถนะย่อย (Element of Competency)

1. แสดงความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับพื้นฐานระบบไฟฟ้ารถยนต์
2. การซ่อมสายไฟ ขั้วต่อสายไฟและการบัดกรีสายไฟ

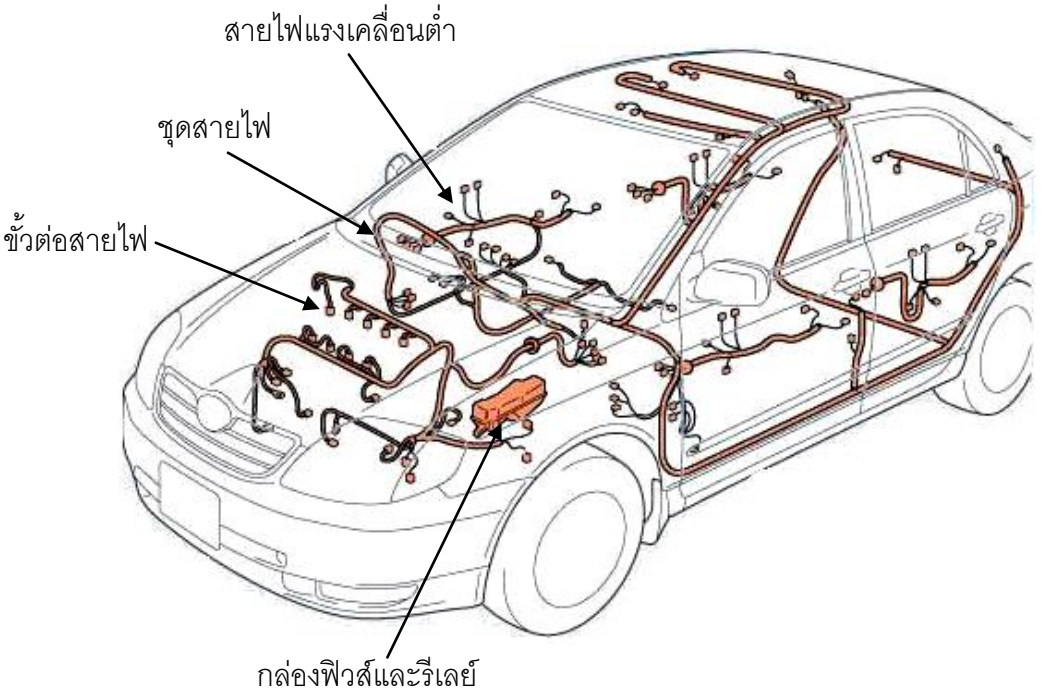
จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (Behavioral Objectives)

1. บอกชนิดของสายไฟและเลือกใช้ขนาดสายไฟในรถยนต์ได้ถูกต้อง
2. บอกความหมายของรหัสสีสายไฟได้ถูกต้อง
3. บอกหน้าที่ของขั้วต่อสายไฟและเลือกใช้ขั้วต่อสายไฟได้ถูกต้อง
4. บอกสาเหตุของการชำรุดของสายไฟและขั้วต่อสายไฟได้ถูกต้อง
5. บอกวิธีการซ่อมสายไฟและขั้วต่อสายไฟได้ถูกต้อง
6. บอกส่วนประกอบของอุปกรณ์ป้องกันวงจรไฟฟ้าได้ถูกต้อง
7. จำแนกฟิวส์ตามลักษณะการใช้งานได้ถูกต้อง
8. อธิบายการทำงานและหน้าที่ของเซอร์กิตเบรกเกอร์ได้ถูกต้อง
9. บอกหน้าที่และเขียนสัญลักษณ์อุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์รถยนต์ได้ถูกต้อง
10. บอกข้อมูลที่สำคัญในไดอะแกรมวงจรไฟฟ้ารถยนต์ได้ถูกต้อง

เนื้อหาสาระ (Content)

ในหน่วยการเรียนนี้จะอธิบายให้เข้าใจถึงพื้นฐานไฟฟ้ารถยนต์ ได้แก่ สายไฟ ขั้วต่อสายไฟ อุปกรณ์ป้องกันวงจรไฟฟ้า (ฟิวส์ ฟิวส์สาย และเซอร์กิตเบรกเกอร์) การซ่อมสายไฟและขั้วต่อสายไฟ สัญลักษณ์และหน้าที่อุปกรณ์ไฟฟ้ารถยนต์ และไดอะแกรมวงจรไฟฟ้ารถยนต์ ซึ่งช่างเทคนิคจะต้องมีความรู้ ความเข้าใจเป็นอย่างดี เพื่อนำไปสู่การบริการระบบไฟฟ้ารถยนต์ได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ

ชุดสายไฟรถยนต์ ประกอบด้วย สายไฟและสายเคเบิล จุดรวมสายไฟ กล่องรวมสายไฟ และขั้วต่อสายไฟ (ขั้วต่อ กล่องฟิวส์ และกล่องรีเลย์) อุปกรณ์ป้องกันวงจร เช่น ฟิวส์ ฟิวส์สาย เซอร์กิตเบรกเกอร์ และอุปกรณ์ป้องกันสายไฟ ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ชุดสายไฟในรถยนต์

2.1 สายไฟและขนาดของสายไฟ

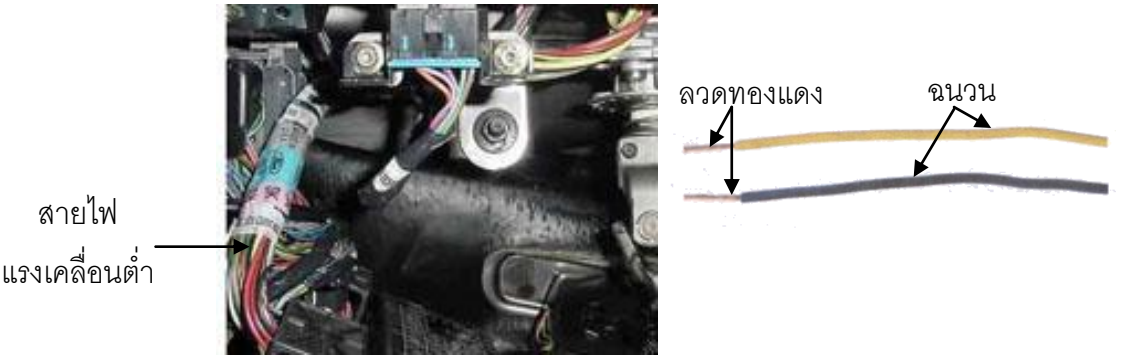
การควบคุมและการกำหนดเส้นทางการไหลของกระแสไฟฟ้า มีความจำเป็นต้องใช้ตัวนำไฟฟ้าและฉนวน ซึ่งตัวนำจะยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านจากแหล่งจ่ายไฟไปที่อุปกรณ์ทำงานหรือภาระ จากนั้นจะไหลกลับไปยังขั้วลบแบตเตอรี่เพื่อให้วงจรไฟฟ้าสมบูรณ์ สายไฟมีขนาดแตกต่างกันและมีหลากหลายชนิด ตัวนำไฟฟ้าจะเป็นวัสดุที่มีความต้านทานต่ำเพื่อให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ง่าย เช่น ทองแดง เนื่องจาก

นำไฟฟ้าได้ดีและมีราคาถูกเมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุตัวนำอื่น ๆ เช่น เงิน หรืออะลูมิเนียม เป็นต้น ดังนั้น ทองแดงจะใช้เป็นตัวนำในสายไฟฟ้ารถยนต์เป็นส่วนใหญ่

สายไฟฟ้าที่ใช้ในรถยนต์จะใช้เป็นสายไฟแบบเส้นเดียว ตัวนำของสายไฟจะทำด้วยเส้นทองแดงอ่อนหลาย ๆ เส้นพันรวมกันแล้วหุ้มด้วยฉนวนที่ทำด้วยพลาสติกชนิดหนึ่งที่เรียกว่า ไวนิลคลอไรด์ (Vinyl Chloride) ซึ่งมีคุณสมบัติที่ทนความร้อน ความชื้น ป้องกันสนิม ไม่หักหรือขาดได้ง่าย ดังแสดงในรูปที่ 2.2 สายไฟฟ้าที่ใช้ในรถยนต์ส่วนใหญ่ แบ่งเป็น 4 ชนิด ตามลักษณะการใช้งาน คือ

2.1.1 สายไฟแรงเคลื่อนต่ำ (Low–Voltage Wire and Cable)

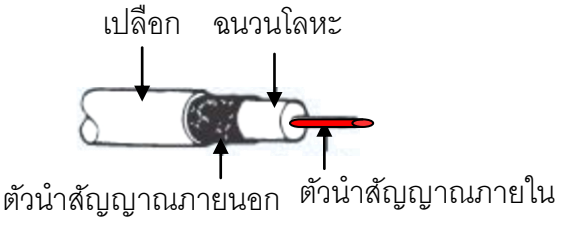
สายไฟแรงเคลื่อนต่ำจะใช้นำกระแสไฟฟ้าแรงเคลื่อนต่ำไปยังระบบไฟฟ้ารถยนต์ทั้งหมด ยกเว้นวงจรไฟแรงเคลื่อนสูงของระบบจุดระเบิด ตัวนำสายไฟทำจากเส้นลวดตัวนำทองแดงชนิดอ่อนตัว หลายเส้นพันรวมกัน และหุ้มด้วยฉนวน



รูปที่ 2.2 สายไฟแรงเคลื่อนต่ำ

2.1.2 สายชีลด์ (Shielded Cable)

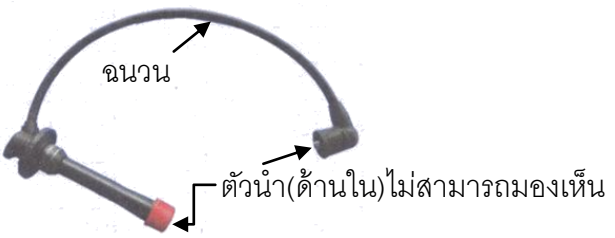
สายชีลด์เป็นสายเคเบิลชนิดหนึ่งที่ออกแบบมาเพื่อป้องกันการเหนี่ยวนำรบกวนจากภายนอก เช่น สายอากาศวิทยุ สายสัญญาณจุดระเบิด เป็นต้น



รูปที่ 2.3 สายชีลด์

2.1.3 สายไฟแรงเคลื่อนสูง (Hi–Tension Cable)

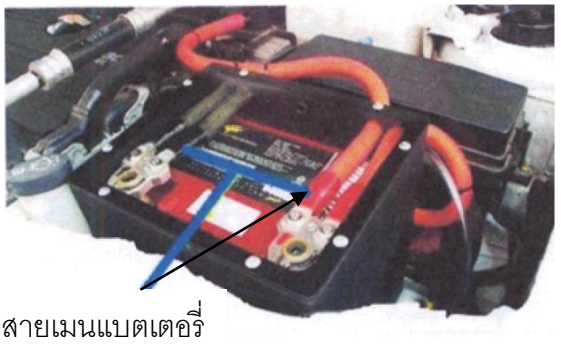
สายไฟแรงเคลื่อนสูงเป็นส่วนหนึ่งของระบบจุดระเบิดของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน ได้แก่ สายคอยล์จุดระเบิดและสายหัวเทียน สายไฟนี้จะใช้คาร์บอนเพื่อลดการรบกวนจากคลื่นวิทยุ และมียางหุ้มเป็นฉนวนที่หนา เพื่อป้องกันกระแสไฟแรงสูงจากการลัดวงจร



รูปที่ 2.4 สายไฟแรงเคลื่อนสูง

2.1.4 สายเมนแบตเตอรี่ (Main Cable)

สายเมนแบตเตอรี่เป็นสายไฟที่มีขนาดใหญ่พิเศษ ซึ่งพันตัวนำสายไฟชนิดแข็งเข้าด้วยกัน เพื่อให้ทนต่อกระแสไฟฟ้าได้สูง และหุ้มด้วยฉนวนที่หนาเพื่อป้องกันการลัดวงจร ติดตั้งอยู่ระหว่างขั้วบวกแบตเตอรี่กับมอเตอร์สตาร์ต และขั้วลบแบตเตอรี่กับกราวด์ที่โครงรถหรือตัวถังรถยนต์


สายเมนแบตเตอรี่

รูปที่ 2.5 สายเมนแบตเตอรี่

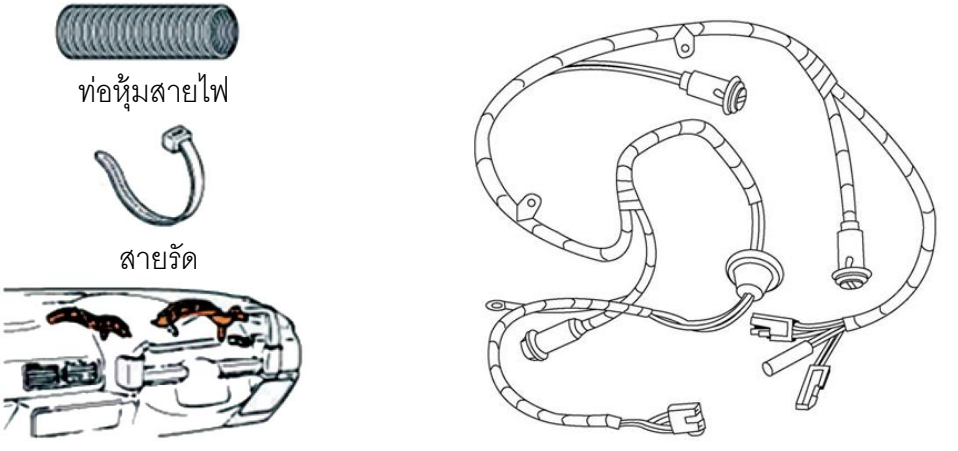
การบอกขนาดสายไฟ นิยมบอกเป็นขนาดพื้นที่หน้าตัดของตัวนำ การเลือกใช้ขนาดของสายไฟจะคำนึงถึงความต้องการใช้กระแสไฟฟ้าในวงจรนั้น ๆ เป็นสำคัญ ขนาดและความยาวของสายไฟเป็นอีกสิ่งหนึ่งที่ต้องนำมาพิจารณา เพราะถ้าหากใช้สายไฟขนาดเส้นเล็กหรือยาวมากเกินไปจะเพิ่มความต้านทานไฟฟ้าในวงจร ทำให้เกิดความร้อนซึ่งจะทำให้ฉนวนหลอมละลายเกิดความเสียหายได้ ขนาดของสายไฟที่โตขึ้นจะลดความต้านทานและแรงเคลื่อนไฟฟ้าตกคร่อมในวงจรไฟฟ้าได้

ดังนั้นควรเลือกขนาดของสายไฟให้ถูกต้อง เหมาะสมกับการใช้งานในวงจรไฟฟ้านั้น ๆ ดังแสดงในตารางที่ 2.1 เป็นตารางบอกขนาดของสายไฟที่ใช้งานในแต่ละวงจรไฟฟ้ารถยนต์

ตารางที่ 2.1 ขนาดสายไฟฟ้ารถยนต์ที่ใช้ในวงจรต่าง ๆ

พื้นที่หน้าตัดตัวนำ มม.^{2} (เส้นผ่านศูนย์กลางตัวนำ มม.)	**กระแสไฟฟ้าสูงสุด (แอมแปร์)**	**วงจรที่ใช้งาน**
0.5 มม.^{2} (0.80 มม.)	10	ไฟหรี่ ไฟส่องป้ายทะเบียน ไฟในเก๋ง
0.75 มม.^{2} (0.97 มม.)	11	ไฟท้าย ไฟเลี้ยว ไฟฉุกเฉิน
0.85 มม.^{2} (1.00 มม.)	12	ไฟเบรก มอเตอร์ปัดน้ำฝน
1 มม.^{2} (1.10 มม.)	15	ที่จุดบุหรี่
2 มม.^{2} (1.60 มม.)	20	แตร
3 มม.^{2} (2.00 มม.)	25	ไฟหน้า ระบบสตาร์ต หัวเผา
5 มม.^{2} (2.50 มม.)	35	ไฟชาร์จ
15 มม.^{2} (4.40 มม.)	70	สายเมนแบตเตอรี่

นอกจากนี้ในรถยนต์จะมีสายไฟฟ้าอยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งสายไฟต่าง ๆ จะถูกรวมเข้าไว้ด้วยกันในท่อหุ้มสายไฟ เพื่อป้องกัน ห่อหุ้ม หรือพันสายไฟและสายเคเบิลเป็นหมวดหมู่ หรือเพื่อความปลอดภัยในการป้องกันชิ้นส่วนต่าง ๆ จากอันตรายที่เกิดจากชุดสายไฟ ซึ่งสายไฟเหล่านี้จะนำกระแสไฟฟ้าไปยังอุปกรณ์ที่หลากหลาย การรวมสายไฟเข้าด้วยกันจะทำให้การตรวจซ่อมสะดวกและรวดเร็ว ซึ่งจะติดตั้งในพื้นที่ทั่วไปของรถยนต์ ดังแสดงในรูปที่ 2.6



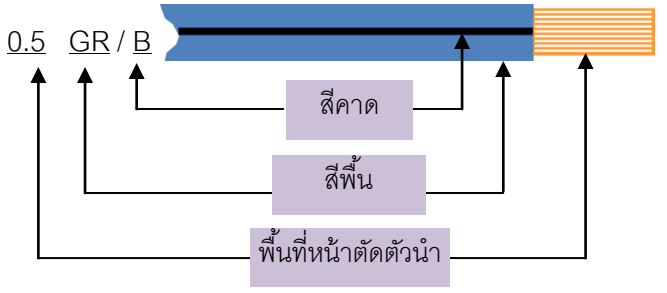
รูปที่ 2.6 ชิ้นส่วนป้องกันสายไฟ

2.2 ฉนวนสายไฟและรหัสสีสายไฟ

ฉนวนสายไฟและรหัสสีสายไฟ (Wire Insulation and Wiring Color Code) ตัวนำสายไฟต้องหุ้มด้วยฉนวน ซึ่งฉนวนจะป้องกันการเสียหายทางกายภาพ และสำคัญกว่านั้นจะรักษากระแส การไหลในสายไฟ ชนิดของฉนวนที่หลากหลายถูกนำไปใช้ตามชนิดของตัวนำ วัสดุที่ใช้เป็นฉนวน เช่น ยาง พลาสติก กระดาษ เซรามิก และแก้ว จะเป็นฉนวนที่ดี

สายไฟและฉนวนจะป้องกันจากความชื้น สิ่งสกปรก และการเปื้อนอื่น ๆ สายไฟต้องหุ้มด้วยฉนวนจากสายไฟอื่น ๆ และกราวด์โครงรถเพื่อป้องกันการลัดวงจร

นอกจากนี้ฉนวนจะใช้สีสายไฟที่แตกต่างกันและหลากหลาย เพื่อเป็นการแยกประเภทของชนิดและอุปกรณ์ไฟฟ้าในรถยนต์ไม่ให้สับสนกัน และสะดวกในการตรวจซ่อมเมื่อเกิดปัญหาขึ้นกับระบบไฟฟ้ารถยนต์ในวงจรนั้น ๆ การบอกรหัสสีสายไฟจะทำการกำหนดเป็นตัวเลขและตัวอักษรภาษาอังกฤษเรียงกัน เช่น 0.5 GR/B (0.5 GR–B)



รูปที่ 2.7 ตัวอักษรแสดงรหัสสีสายไฟ

0.5 หมายถึง สายไฟที่มีพื้นที่หน้าตัดของตัวนำ 0.5 ตารางมิลลิเมตร (มม.^{2})

GR หมายถึง สีเทา (Gray) เป็นสีพื้นสายไฟ

B หมายถึง สีดำ (Black) เป็นสีคาดหรือแถบสีสายไฟ

สีของสายไฟที่หลากหลายในวงจรของระบบไฟฟ้ารถยนต์ จะแสดงเป็นตัวอักษร ดังนี้

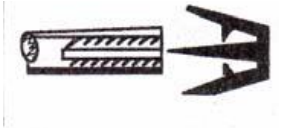
B	= ดำ	L	= น้ำเงิน	R	= แดง
BR	= น้ำตาล	LG	= เขียวอ่อน	V	= ม่วง
G	= เขียว	O	= ส้ม	W	= ขาว
GR	= เทา	P	= ชมพู	Y	= เหลือง

2.3 ขั้วต่อสายไฟและข้อต่อสายไฟ

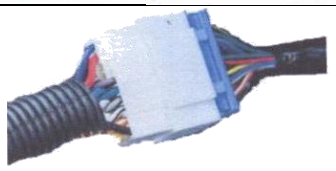
2.3.1 ขั้วต่อสายไฟ

ขั้วต่อปลายสายไฟหรือขั้วต่อสายไฟ ที่ออกแบบมาใช้กับงานไฟฟ้ารถยนต์ โดยปกติจะแบ่งเป็น 3 ชนิด คือ ขั้วต่อสายไฟที่ใช้กับไฟฟ้าแรงเคลื่อนต่ำ ขั้วต่อสายไฟที่ใช้กับไฟฟ้าแรงเคลื่อนสูงและขั้วสายไฟเมนแบตเตอรี่ ขั้วต่อสายไฟมีหลายแบบ หลายขนาด การเลือกใช้แต่ละแบบแต่ละขนาดต้องเลือกให้เหมาะสมกับขนาดของสายไฟและงานต่อหรือการจับยึดสายไฟ ณ จุดนั้น ๆ

ตารางที่ 2.2 ลักษณะขั้วต่อสายไฟและการใช้งาน

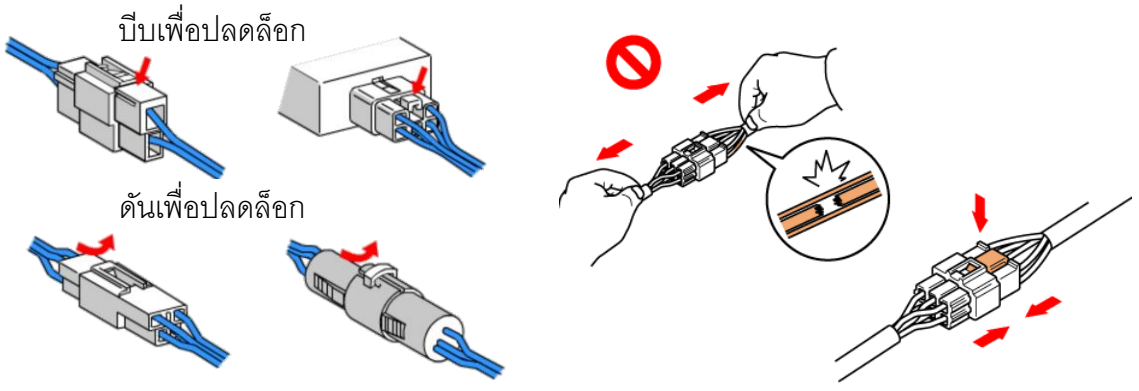
รูปอุปกรณ์	ชื่อ	ลักษณะการใช้งาน
	ขั้วแบตเตอรี่	ต่อขั้วบวกและขั้วลบของแบตเตอรี่
	ขั้วต่อกลม	ต่อกับจุดที่มีสกรูยึด และไม่ต้องการถอดเข้าออกบ่อยครั้ง
	ขั้วเสียบแบบตัวยู	ต่อกับจุดที่มีสกรูยึด แต่ต้องการถอดเข้าออกบ่อยครั้ง
	ขั้วต่อกลม	ต่อสายไฟเข้าด้วยกัน
	ขั้วต่อแบน	ต่อสายไฟเข้าด้วยกัน
	ขั้วต่อสายไฟแรงสูง	ต่อปลายสายคอยล์จุดระเบิดและสายจานจ่าย

ตารางที่ 2.2 (ต่อ) ลักษณะขั้วต่อสายไฟ และการใช้งาน

รูปอุปกรณ์	ชื่อ	ลักษณะการใช้งาน
	ขั้วต่อสายหัวเทียน	ต่อสายไฟแรงเคลื่อนสูงที่ด้านหัวเทียน
	ปลั๊กเสียบ	ต่อสายไฟทีละหลาย ๆ สายหรือเป็นชุด

2.3.2 ข้อต่อสายไฟ (Connector)

ข้อต่อสายไฟที่หลากหลาย ถูกนำมาใช้ในรถยนต์ ซึ่งใช้เชื่อมต่อระหว่างชุดของสายไฟกลุ่มเดียวกันรวมเข้าด้วยกัน หรือใช้เชื่อมต่อระหว่างชุดสายไฟกับอุปกรณ์ของระบบไฟฟ้ารถยนต์ ทำให้เก็บชุดสายไฟได้เรียบร้อย และสะดวกในการตรวจซ่อม ปลั๊กเสียบข้อต่อสายไฟทำจากพลาสติกมีหลายแบบหลายขนาดแล้วแต่จำนวนของสายไฟที่ใช้ในวงจรนั้น ๆ ปลั๊กเสียบข้อต่อสายไฟจะมีร่องสำหรับล็อกขั้วสายไฟไม่ให้หลุดออกจากปลั๊กเสียบ และจะมีตำแหน่งบังคับระหว่างตัวผู้กับตัวเมียให้เสียบเข้าหากันได้ตำแหน่งเดียวเพื่อป้องกันความผิดพลาด ในขณะที่ถอดและติดตั้งเข้าตำแหน่งเดิมในการตรวจซ่อม และยังมีครีบสำหรับล็อกไม่ให้ตัวปลั๊กเสียบหลุดออกจากกันด้วย การถอดปลั๊กเสียบข้อต่อสายไฟควรพิจารณาก่อนที่จะถอดเพื่อป้องกันการชำรุดเสียหาย ซึ่งกลไกล็อกมีทั้งปลดล็อก โดยการดันขึ้นหรือบีบเข้าหากัน บางแบบจะดึงขึ้นหรือกดลง นอกจากนี้การถอดปลั๊กข้อต่อสายไฟ ควรจับที่ตัวปลั๊กสายไฟทั้งสองด้าน ห้ามถอดโดยการดึงที่สายไฟซึ่งอาจทำให้สายไฟชำรุดได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.8

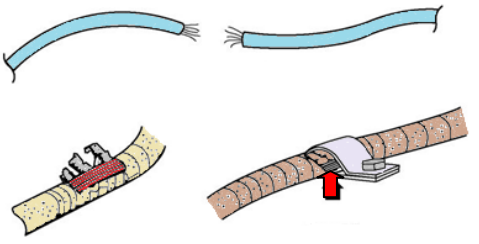


รูปที่ 2.8 ข้อต่อสายไฟ การปลดล็อกกลไกล็อก และข้อควรระวังในการถอดข้อต่อสายไฟ

2.4 การซ่อมสายไฟและขั้วต่อสายไฟ

2.4.1 การซ่อมสายไฟและขั้วต่อสายไฟ

ปัญหาไฟฟ้ารถยนต์จำนวนมาก เกิดขึ้นจากข้อบกพร่องที่สายไฟและขั้วต่อสายไฟ สาเหตุเกิดจากการหลวม การกัดกร่อนหรือการเป็นสนิม รอยถลอก การหลุด การขาด การเปื้อนน้ำมัน ข้อบกพร่องที่ฉนวน ตัวนำ หรือที่ปลั๊กขั้วต่อสายไฟ ด้วยเหตุนี้จึงมีความจำเป็นต้องมีการบริการ ซ่อมสายไฟและขั้วต่อสายไฟให้อยู่ในสภาพสมบูรณ์



รูปที่ 2.9 ปัญหาข้อบกพร่องที่สายไฟ

ปัญหาบ่อยครั้งมีความจำเป็นต้องเปลี่ยนสายไฟ ควรใช้ขนาดสายไฟที่มีขนาดเดียวกันกับสายไฟแบบเดิมหรือโตกว่า อย่างไรก็ตามถ้าสายไฟเส้นโตเกินไปจะเพิ่มน้ำหนัก และสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายตามมา และเกิดความยุ่งยากในการพันสายไฟเข้าด้วยกัน หากสายไฟเส้นเล็กจะเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าตกคร่อมในวงจรได้ และถ้ามีการเพิ่มอุปกรณ์ไฟฟ้าอำนวยความสะดวกด้วยสายไฟใหม่ ต้องพิจารณาให้เหมาะสมและมั่นใจว่ามีความปลอดภัย ปัจจัยสำคัญในการเปลี่ยนสายไฟมี 2 ปัจจัย ควรพิจารณาให้เหมาะสม คือขนาดของสายไฟและความยาวของสายไฟที่ใช้ในแต่ละวงจร รวมทั้งสายกราวด์ เนื่องจากจะมีความต้านทานเพิ่มขึ้นเมื่อสายไฟยาวขึ้น

2.4.2 การต่อสายไฟและขั้วต่อสายไฟ

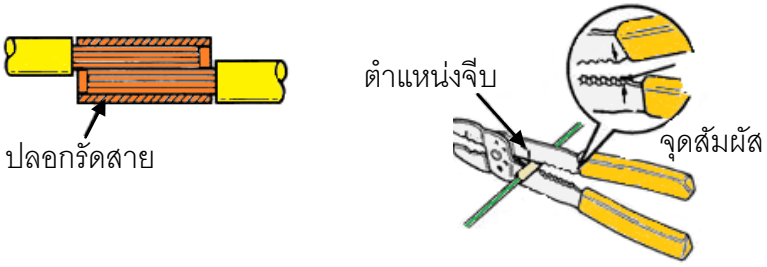
เมื่อมีความจำเป็นต้องต่อสายไฟเข้าด้วยกัน ต้องจับคู่สายไฟใหม่กับสายไฟเก่า วัดความยาวสายไฟ ซึ่งสายไฟเส้นใหม่ควรมีความยาวมากกว่าสายไฟเส้นเดิมเล็กน้อย การต่อสายไฟเข้าด้วยกันมีอยู่หลายวิธี ต้องพิจารณาให้เหมาะสม เช่น การต่อด้วยขั้วต่อ การบัดกรี โดยใช้คีมปอกและย้ำสายไฟ ตะกั่วบัดกรี หัวแร้ง และน้ำยาประสาน การใช้หัวแร้งต้องแน่ใจว่าส่วนปลายหัวแร้งสะอาด และเมื่อบัดกรีเสร็จแล้วให้พันปลายสายไฟด้วยเทปพันสายไฟเข้าด้วยกัน

การต่อสายไฟเพื่อนำกระแสไฟฟ้าไปใช้งานในแต่ละวงจร สามารถทำได้โดยวิธีการบัดกรีหรือใช้ปลอกรัดสายไฟ หากต้องการต่อสายไฟแบบถอดได้ต้องใช้ขั้วต่อกลม หรือขั้วต่อแบบใช้ร่วมกับปลั๊กเสียบ ดังรายละเอียดนี้

1. **การต่อโดยวิธีบัดกรี** เป็นวิธีการต่อแบบถาวร โดยปอกฉนวนหุ้มสายไฟออกข้างละ 8 –10 มิลลิเมตร พันปลายลวดทั้งสองเข้าด้วยกัน หลังจากนั้นบัดกรีและพันด้วยเทปพันสายไฟหรือใช้ท่อหดเพื่อป้องกันการลัดวงจร

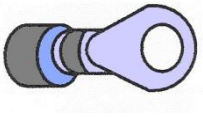
รูปที่ 2.10 ขนาดสายไฟและการต่อโดยวิธีบัดกรี

2. **การต่อโดยใช้ปลอกรัดสาย** การต่อจะต้องใช้คีมบีบปลอกรัดจีบลวดทองแดงทั้งสองปลายให้แน่น จากนั้นพันด้วยเทปพันสายไฟหรือใช้ท่อหดเพื่อป้องกันการลัดวงจร



รูปที่ 2.11 การต่อโดยใช้ปลอกรัดสาย

3. **การต่อโดยใช้ขั้วต่อกลม** การต่อควรบัดกรีปลายลวดทองแดงให้ติดแน่นกับขั้วต่อสายไฟเพื่อป้องกันการหลุดและให้กระแสไฟฟ้าไหลได้สะดวก



รูปที่ 2.12 การต่อโดยใช้ขั้วต่อกลม

4. **การต่อโดยใช้ขั้วต่อแบน** การต่อขั้วต่อแบนต้องใช้คีมย้ำขั้วสายไฟบีบให้แน่น เพื่อไม่ให้ขั้วต่อแบนหลุดง่ายขณะดึงออก การใช้ขั้วต่อแบนต้องใช้ร่วมกับปลั๊กเสียบ

รูปที่ 2.13 การต่อโดยใช้ขั้วต่อแบนและปลั๊กเสียบ

2.5 อุปกรณ์ป้องกันวงจร

วงจรไฟฟ้ารถยนต์มีความต้องการอุปกรณ์ป้องกันวงจร (Circuit Protection Devices) จากกระแสไฟฟ้าที่มากเกินไป หรือการลัดวงจร กระแสไฟฟ้าที่มากเกินไป จะผลิตความร้อน และสามารถทำให้สายไฟ ขั้วต่อสายไฟ ส่วนประกอบของฟิวส์ และฟิวส์สายเสียหายได้ ส่งผลทำให้เปิดวงจรได้ อุปกรณ์ป้องกันวงจรไฟฟ้า ประกอบด้วยฟิวส์ ฟิวส์สาย และเซอร์กิตเบรกเกอร์ อุปกรณ์ป้องกันวงจรที่หลากหลายทั้งชนิด รูปร่าง และอัตรากระแส แสดงในรูปที่ 2.14

รูปที่ 2.14 อุปกรณ์ป้องกันวงจร (ฟิวส์ ฟิวส์สาย และเซอร์กิตเบรกเกอร์)

2.5.1 ฟิวส์ (Fuses) และฟิวส์สาย (Fusible Links)

ฟิวส์ใช้เป็นอุปกรณ์ป้องกันวงจรเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งติดตั้งในวงจรไฟฟ้า ฟิวส์มีส่วนประกอบโลหะที่หลอมละลายได้ง่าย ปิดล้อมด้วยแก้วหรือพลาสติกใส อัตราของฟิวส์จะกำหนดเป็นอัตรากระแสที่ไหลผ่าน มีอัตรากระแสระหว่าง 5–30 แอมป์ ฟิวส์ที่ใช้ในรถยนต์ปัจจุบันส่วนใหญ่เป็นฟิวส์แบบเสียบ (แบบมาตรฐาน) ซึ่งมีขนาดเล็ก กะทัดรัด ส่วนฟิวส์สายจะใช้ฟิวส์ 30 A หรือมากกว่า การทำงานของฟิวส์ เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านวงจรมากเกินกว่าอัตรากระแสของฟิวส์ ไส้ฟิวส์จะร้อนและหลอมละลายขาดออกจากกัน และเปิดวงจรเพื่อป้องกันส่วนประกอบอื่น ๆ ของวงจรเสียหาย

(ก) ฟิวส์แบบสาย

(ข) ฟิวส์แบบกระเบื้องและแบบหลอดแก้ว

(ค) ฟิวส์แบบเสียบ

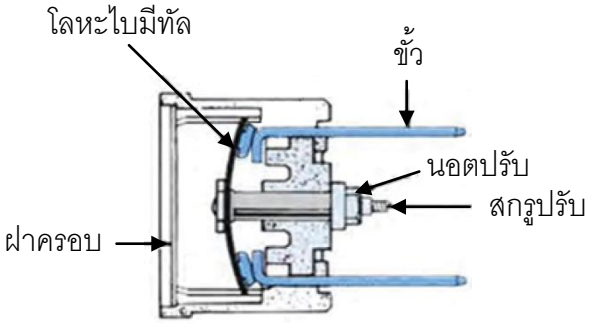
รูปที่ 2.15 ฟิวส์แบบต่าง ๆ

2.5.2 เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker)

เซอร์กิตเบรกเกอร์เป็นอุปกรณ์ป้องกันวงจรที่ทำหน้าที่คล้ายฟิวส์ เพื่อป้องกันวงจรไฟฟ้าที่ซับซ้อนและใช้กระแสมาก เช่น กระจกไฟฟ้า เครื่องปรับอากาศ เป็นต้น การติดตั้งเซอร์กิตเบรกเกอร์จะถูกติดตั้งที่แผงอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือในแนวทางเดินสายไฟ

รูปที่ 2.16 เซอร์กิตเบรกเกอร์

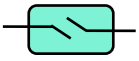
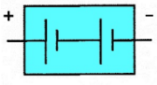
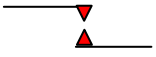
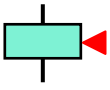
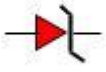
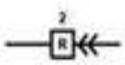
เซอร์กิตเบรกเกอร์มีส่วนประกอบสำคัญ คือ โลหะไบมีทัลและหน้าทองขาวที่สัมผัสอยู่กับขั้วทั้งสอง การทำงานเมื่อโลหะไบมีทัลนำพากระแสไฟฟ้ามากเกินไปจะเกิดความร้อนทำให้โลหะไบมีทัลขยายตัวอย่างรวดเร็วและโก่งตัว เปิดหน้าสัมผัส กระแสไฟฟ้าจะถูกตัดการไหล เมื่อไรก็ตามถ้าอุณหภูมิลดลง เซอร์กิตเบรกเกอร์จะกลับมาอยู่ในตำแหน่งเดิมโดยอัตโนมัติ (แบบอัตโนมัติ) นั่นคือทำงานเปิด–ปิดวงจรเป็นวัฏจักรนั่นเอง (ทำงานกลับไป กลับมา)

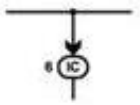
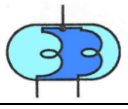
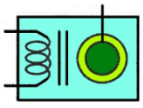
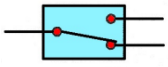
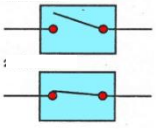
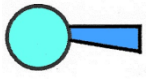


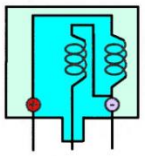
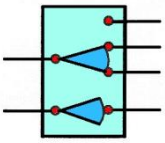
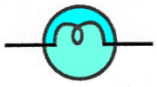
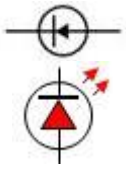
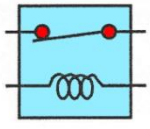
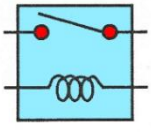
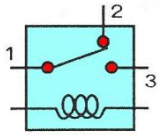
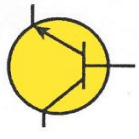
รูปที่ 2.17 ส่วนประกอบของเซอร์กิตเบรกเกอร์

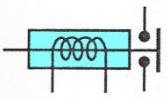
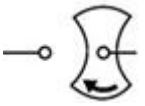
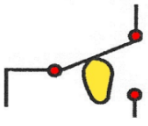
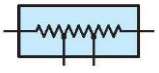
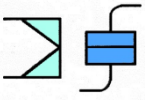
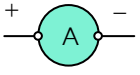
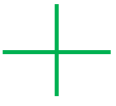
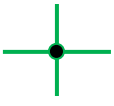
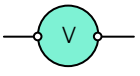
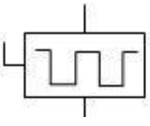
2.6 ไดอะแกรม สัญลักษณ์ และอุปกรณ์ไฟฟ้ารถยนต์

ไดอะแกรมวงจรระบบไฟฟ้ารถยนต์ (Electrical Wiring Diagram; EWD) เป็นวงจรไฟฟ้าที่กำหนดขึ้นโดยใช้สัญลักษณ์แทนอุปกรณ์ไฟฟ้ารถยนต์ ซึ่งมีหลายระบบ ดังนั้นจุดประสงค์ของไดอะแกรมวงจรไฟฟ้ารถยนต์มีไว้เพื่อให้รู้จักสัญลักษณ์ของอุปกรณ์ไฟฟ้ารถยนต์ ซึ่งจะช่วยให้สามารถตรวจสอบ แก้ไขปัญหาข้อขัดข้องได้ง่าย สะดวก และรวดเร็วขึ้น สัญลักษณ์และหน้าที่ของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้กันโดยทั่วไปมีรายละเอียดดังนี้

สัญลักษณ์	ชื่อและหน้าที่	สัญลักษณ์	ชื่อและหน้าที่
	1. **มิเตอร์แบบอนาล็อก** การไหลของกระแสไฟฟ้าจะกระตุ้นขดลวดสนามแม่เหล็กเป็นเหตุให้เข็มวัดเคลื่อนที่แสดงค่าการวัด		2. **เซ็นเซอร์วัดความเร็วแบบอนาล็อก** ใช้แม่เหล็กกระตุ้นเมื่อเปิดหรือปิดสวิตช์ เพื่อสร้างสัญญาณกระตุ้นอุปกรณ์ของไฟฟ้า
	3. **แบตเตอรี่** ทำหน้าที่กักเก็บและเปลี่ยนพลังงานเคมีไปเป็นพลังงานไฟฟ้า เพื่อจัดเตรียมไฟฟ้ากระแสตรงสำหรับวงจรไฟฟ้ารถยนต์		4. **สวิตช์ความร้อนโลหะไบมีทัล** เป็นสวิตช์อัตโนมัติ ซึ่งเปิดหรือปิดโดยอาศัยอุณหภูมิควบคุม
	5. **คาปาซิเตอร์/คอนเดนเซอร์** เป็นหน่วยขนาดเล็ก สำหรับเก็บกระแสไฟฟ้าไว้ชั่วคราว ซึ่งจะต่อกับกราวด์		6. **ที่จุดบุหรี่** เป็นอุปกรณ์ความต้านทานทางไฟฟ้า ซึ่งทำให้เกิดความร้อน ใช้อำนวยความสะดวกจุดบุหรี่
	7. **ซีเนอร์ไดโอด** เป็นไดโอดที่ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านในทิศทางเดียว แต่จะกั้นกระแสไฟฟ้าย้อนกลับได้ในค่าจำกัดแรงดันไฟฟ้าที่กำหนด		8. **เซอร์กิตเบรกเกอร์** ปกติใช้แทนฟิวส์จะตัดวงจรเมื่อร้อน และเปิดวงจรถ้ากระแสไหลผ่านมากเกินไป และกลับมาต่อกันอีกครั้งเมื่ออุณหภูมิต่ำ
	9. **ขั้วต่อ** เป็นขั้วต่อตัวผู้ที่จัดเตรียมการต่อขั้วสาย ซึ่งสวมกับปลั๊กที่มีขั้วต่อตัวเมียติดตั้งอยู่		10. **ขั้วต่อสายไฟ** จะต่อสายไฟเข้าด้วยกัน โดยใช้ขั้วต่อสายไฟ 2 ขั้ว (ขั้วตัวผู้ ตัวเมีย)

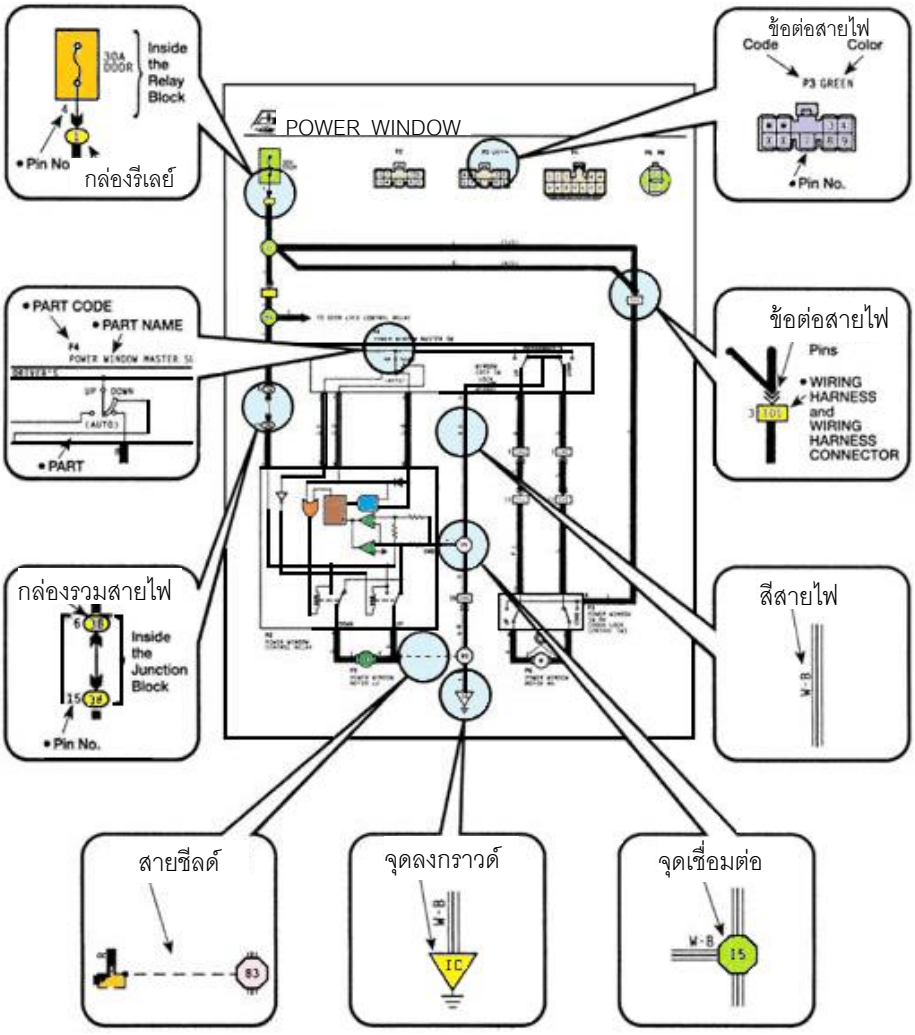
สัญลักษณ์	ชื่อและหน้าที่	สัญลักษณ์	ชื่อและหน้าที่
	11. **กล่องรวมสายไฟ** ต่อสายไฟรวมเข้าด้วยกันในกล่องรวมสายไฟ		12. **มิเตอร์แบบดิจิตอล** กระแสที่ไหลผ่านจะกระตุ้นหลอดไฟ LED , LCD หรือหลอดฟลูออเรสเซนต์ เพื่อแสดงผลเป็นตัวเลข
	13. **ไดโอด** เป็นสารกึ่งตัวนำที่ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านในทิศทางเดียวเท่านั้น	ไส้เดี่ยว ไส้คู่ 	14. **หลอดไฟหน้า** การไหลของกระแสไฟฟ้าเป็นเหตุให้ไส้หลอดเกิดความร้อนและเปล่งแสงสว่างออกมา แบ่งออกเป็นไส้เดี่ยวและไส้คู่
	15. **จานจ่ายแบบรวม** จะจัดเตรียมกระแสไฟแรงเคลื่อนสูงจากคอยล์จุดระเบิดไปยังหัวเทียนแต่ละตัว		16. **สวิตช์สองทาง** เป็นสวิตช์ซึ่งยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านหน้าสัมผัสชุดใด ชุดหนึ่งตลอดเวลา
	17. **ฟิวส์** เป็นโลหะบางซึ่งยอมให้ไหม้ละลาย เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านมากเกินไปหรือเกิดการลัดวงจร ซึ่งจะหยุดการไหลของกระแสไฟฟ้า เพื่อป้องกันการเสียหายของวงจร		18. **ฟิวส์สาย** เป็นฟิวส์ที่ทนกระแสได้สูง ซึ่งยอมให้ละลาย เมื่อภาระไฟฟ้ามากเกินไป เพื่อป้องกันการเสียหายของวงจร
	19. **จุดต่อลงดิน (กราวด์)** เป็นจุดเชื่อมต่อกับแชสซี เพื่อจัดเตรียมการไหลกลับของวงจรไฟฟ้า ถ้าปราศจากกราวด์ กระแสไฟฟ้าจะไม่สามารถไหลผ่านได้	ปกติเปิด  ปกติปิด	20. **สวิตช์** แบ่งเป็นปกติปิดและปกติเปิด ซึ่งใช้เปิดและปิดวงจรไฟฟ้า ดังนั้นจะหยุดหรือยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้
	21. **มอเตอร์** เป็นหน่วยกำลัง ซึ่งเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลหรือหมุนเคลื่อนที่รอบแกน		22. **แตร** เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ผลิตสัญญาณเสียง โดยการสั่นของไดอะแฟรมด้วยความถี่สูง

สัญลักษณ์	ชื่อและหน้าที่	สัญลักษณ์	ชื่อและหน้าที่
	23. **คอยล์จุดระเบิด** จะเปลี่ยนแรงเคลื่อนไฟฟ้าแรงเคลื่อนต่ำไปเป็นแรงเคลื่อนสูงสำหรับจุดประกายไฟที่หัวเทียน		24. **สวิตช์จุดระเบิด** จะทำงานโดยสวิตช์จุดระเบิด ซึ่งยอมให้กระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ไหลผ่านไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้าได้
	25. **หลอดไฟ** กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านไส้หลอด จะทำให้เกิดความร้อนและเปล่งแสงสว่างออกมา		26. **หลอด LED หรือไดโอดเปล่งแสง** กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านไดโอดจะเปล่งแสงสว่างออกมา ใช้ในเกจวัดและหน้าปัดรถยนต์
	27. **เซนเซอร์ (เทอร์มิสเตอร์)** เป็นตัวต้านทานซึ่งความต้านทานจะเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ		28. **ขั้วต่อสั้น** ใช้จัดเตรียมขั้วต่อเข้าด้วยกัน จะติดตั้งภายในกล่องรวมสายไฟ
รีเลย์ปกติปิด  รีเลย์ปกติเปิด 	29. **รีเลย์** เป็นสวิตช์ทางไฟฟ้าแบ่งเป็นปกติปิดและปกติเปิด อาศัยกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดรีเลย์เพียงเล็กน้อย เพื่อสร้างสนามแม่เหล็กซึ่งจะยอมให้เปิดหรือปิดวงจรไฟฟ้า		30. **รีเลย์ 2 ทาง** รีเลย์ซึ่งยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านหน้าสัมผัสชุดใดชุดหนึ่งได้
	31. **ตัวต้านทาน** อุปกรณ์ทางไฟฟ้าซึ่งมีค่าความต้านทานคงที่ ใช้ติดตั้งในวงจรเพื่อลดแรงเคลื่อนไฟฟ้าให้อยู่ในค่ากำหนด		32. **ตัวต้านทานปรับค่าได้** เป็นตัวต้านทานควบคุมที่เปลี่ยนแปลงอัตราความต้านทาน บางครั้งเรียกว่าโพเทนชิโอมิเตอร์หรือรีโอสตัท
	33. **ทรานซิสเตอร์** เป็นอุปกรณ์โซลิดสเตทที่ใช้ในรีเลย์อิเล็กทรอนิกส์ ทำหน้าที่หยุดหรือผ่านกระแสจ่ายไปยังวงจรเมื่อถูกกระตุ้นที่เบส (Base)		34. **ทิศทางกระแสไหลเข้า** ใช้แสดงทิศทางกระแสไฟฟ้าไหลเข้าในวงจร

สัญลักษณ์	ชื่อและหน้าที่	สัญลักษณ์	ชื่อและหน้าที่
	35. **ทิศทางการไหลออกของกระแส** ใช้แสดงทิศทางการไหลออกของกระแสไฟฟ้าในวงจร		36. **โซลีนอยด์** เป็นขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งจะสร้างการเคลื่อนที่ทางกลด้วยตัวเองเมื่อกระแสไหลผ่าน
	37. **ลำโพง** อุปกรณ์ไฟฟ้าทางกลซึ่งผลิตคลื่นเสียงจากกระแสไหลผ่านโดยการสั่นของไดอะแฟรมด้วยความถี่สูง		38. **สวิตช์ควบคุมเวลาปัดน้ำฝน** จะควบคุมการทำงานของปัดน้ำฝนปัดเป็นช่วงจากการฉีดน้ำล้างกระจก
	39. **สวิตช์ปัดน้ำฝนตำแหน่งหยุด** สวิตช์ปัดน้ำฝนจะหมุนไปที่ตำแหน่งหยุดโดยอัตโนมัติเมื่อสวิตช์อยู่ในตำแหน่งปิด		40.**ตัวต้านทานแบบหลายค่า** เป็นตัวต้านทานที่จัดเตรียมค่าความต้านทานสองค่าหรือมากกว่าที่มีค่าแตกต่างกัน ซึ่งไม่สามารถปรับค่าความต้านทานได้
	41. **หน้าทองขาว** ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ทางไฟฟ้า เพื่อเปิดหรือปิดวงจรไฟฟ้า		42. **แอมมิเตอร์** เป็นอุปกรณ์วัดกระแสไฟฟ้าซึ่งต่ออนุกรมกับวงจร
	43. **ตัวนำหรือสายไฟ** อุปกรณ์นำกระแสไฟฟ้าให้ไหลผ่านไปใช้งาน		44. **สายไฟพาดกัน** สายไฟจะพาดผ่านกันปราศจากการเชื่อมต่อวงจร
	45. **สายไฟเชื่อมต่อ** สายไฟจะพาดผ่านและเชื่อมต่อเข้าด้วยกันเพื่อนำกระแสไฟฟ้า		46. **โวลต์มิเตอร์** เป็นอุปกรณ์วัดแรงเคลื่อนไฟฟ้าซึ่งต่อขนานกับวงจร
	47. **เครื่องกำเนิดไฟฟ้า** อุปกรณ์ผลิตกระแสไฟฟ้า เพื่อประจุแบตเตอรี่และจ่ายกระแสไฟฟ้าไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้ารถยนต์		48. **เครื่องกำเนิดพัลส์** เป็นเครื่องกำเนิดพัลส์ เพื่อจัดเตรียมพัลส์แก่อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์
	49. **โฟโต้ทรานซิสเตอร์** อุปกรณ์ที่ใช้หลักการแสงตกกระทบไปยังโฟโต้ทรานซิสเตอร์ ซึ่งจะเปลี่ยนให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า		50.**ขดลวดเหนี่ยวนำ** หน้าที่เป็นตัวนำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านสำหรับสร้างสนามแม่เหล็ก

นอกจากนี้ไดอะแกรมวงจรไฟฟ้าในแต่ละระบบดังแสดงในรูปที่ 2.18 จะแสดงสัญลักษณ์ของอุปกรณ์ไฟฟ้าแล้ว ภายในไดอะแกรมของวงจรในแต่ละระบบจะแสดงถึงแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้า ซึ่งประกอบด้วยแบตเตอรี่ไปยังฟิวส์ ระบบวงจรไฟฟ้าที่แสดงจากฟิวส์ไปยังจุดลงกราวด์ของแต่ละระบบผ่านทางกล่องฟิวส์ กล่องรวมสายไฟ สายไฟ ขั้วต่อสายไฟ อุปกรณ์ควบคุม (สวิตช์) ภาระทางไฟฟ้า (อุปกรณ์ไฟฟ้า)ไปยังจุดลงกราวด์ ซึ่งแสดงวงจรไฟฟ้าที่ต่ออยู่กับจุดลงกราวด์และตำแหน่งของจุดลงกราวด์

ดังนั้นกล่าวได้ว่าไดอะแกรมวงจรไฟฟ้านับได้ว่าเป็นหัวใจสำคัญสำหรับการตรวจซ่อมและบริการระบบไฟฟ้ารถยนต์ที่ช่างบริการจะขาดเสียมิได้ ซึ่งจะช่วยให้เข้าใจการทำงานของวงจรไฟฟ้า นำไปสู่การวิเคราะห์ ตรวจสอบ และบริการระบบไฟฟ้ารถยนต์ได้อย่างถูกต้อง รวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ



รูปที่ 2.18 ไดอะแกรมวงจรไฟฟ้า

สรุปสาระสำคัญ

☐ ชนิดของสายไฟส่วนใหญ่ที่ใช้ในรถยนต์ โดยทั่วไปมี 2 ชนิด คือ สายทองแดงชนิดแข็งและสายทองแดงชนิดอ่อน สายทองแดงชนิดแข็งจะใช้ตัวนำสายไฟชนิดแข็งเส้นเดี่ยวหรือหลายเส้นพันรวมกัน ส่วนสายไฟชนิดอ่อนจะผลิตขึ้นจากสายทองแดงชนิดอ่อนจำนวนหลายเส้นพันรวมกัน ซึ่งจะใช้เป็นตัวนำไฟฟ้าส่วนใหญ่ในระบบไฟฟ้ารถยนต์

☐ รถยนต์จะใช้สายไฟพิเศษโดยเฉพาะสายเคเบิลแบตเตอรี่ และสายหัวเทียน

☐ ขั้วต่อสายไฟและข้อต่อสายไฟในรถยนต์ถูกใช้เชื่อมต่อสายไฟที่หลากหลายเข้าด้วยกัน

☐ การกำหนดรหัสสีสายไฟและจำนวนวงจรถูกใช้เพื่อให้ง่ายต่อการตรวจสอบและบริการ

☐ การกำหนดรหัสสีสายไฟส่วนใหญ่ อักษรกลุ่มแรกจะกำหนดเป็นสีพื้นของฉนวน และอักษรกลุ่มที่สองเป็นแถบสีหรือสีคาด ซึ่งจะระบุสีสายไฟที่ใช้ในแต่ละวงจร

☐ ปัญหาไฟฟ้ารถยนต์ สามารถค้นหาข้อบกพร่องของสายไฟ เช่น การหลวม การกัดกร่อน (สนิม) การฉีกขาด การเปื้อนน้ำมันและข้อบกพร่องที่ฉนวน

☐ ขั้วปลายสายไฟสามารถเชื่อมต่อเข้าด้วยกัน อย่างใดอย่างหนึ่งหรือทั้ง 2 อย่าง เช่น การบัดกรี การต่อขั้วสายไฟด้วยข้อต่อสายไฟ ซึ่งจะต้องมีความแข็งแรงและทนต่อการสั่นสะเทือน

☐ ฟิวส์ ฟิวส์สาย และเซอร์กิตเบรกเกอร์ เป็นอุปกรณ์ป้องกันวงจรจากภาระทางไฟฟ้าที่มากเกินไปและป้องกันการลัดวงจร

☐ อุปกรณ์ไฟฟ้ารถยนต์จะแสดงด้วยสัญลักษณ์ทางไฟฟ้าในไดอะแกรมวงจรไฟฟ้าของระบบไฟฟ้ารถยนต์ต่าง ๆ

☐ ไดอะแกรมวงจรไฟฟ้า จะแสดงอุปกรณ์ของไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ สายไฟ และสีของฉนวนสายไฟระบบไฟฟ้ารถยนต์ ซึ่งจะมีประโยชน์สำหรับค้นหาไดอะแกรมวงจรไฟฟ้า ช่วยให้เข้าใจการทำงานของวงจร นำไปสู่การวิเคราะห์ ตรวจสอบ และบริการระบบไฟฟ้ารถยนต์ได้อย่างถูกต้อง รวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ

แบบฝึกหัดหน่วยที่ 2

พื้นฐานไฟฟ้ารถยนต์

ตอนที่ 1 จงเติมคำตอบลงในช่องว่างให้ถูกต้อง

1. สายไฟส่วนใหญ่ที่ใช้โดยทั่วไปในรถยนต์มี.....ชนิด คือ.....

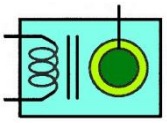
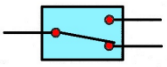
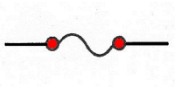
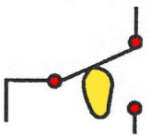
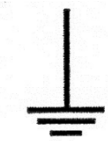
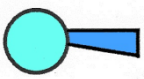
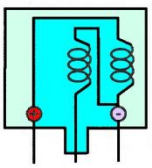
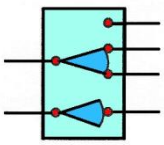
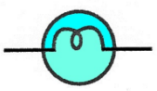
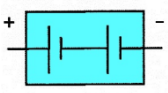
.....

2. ขนาดของสายไฟพิจารณาจาก.....ของตัวนำ
3. สายไฟมาตรฐานโดยทั่วไปใช้สายไฟชนิด.....จำนวนมากและ.....เข้าด้วยกัน
4. ถ้าเปรียบเทียบตัวนำไฟฟ้าที่ยาวกับตัวนำไฟฟ้าที่สั้น (ขนาดพื้นที่หน้าตัดเท่ากัน) ตัวนำใดที่นำไฟฟ้าได้ดีกว่ากัน.....
5. ในการกำหนดรหัสสีสายไฟส่วนใหญ่ กลุ่มอักษรตัวแรกจะระบุ.....ของฉนวน กลุ่มอักษรตัวที่สองจะระบุ.....
6. เลือกใช้ขั้วต่อสายไฟแบบ.....ถ้าไม่ต้องการถอดเข้าออกบ่อยครั้ง
7. สาเหตุการชำรุดของขั้วต่อสายไฟ มีสาเหตุมาจาก.....

.....

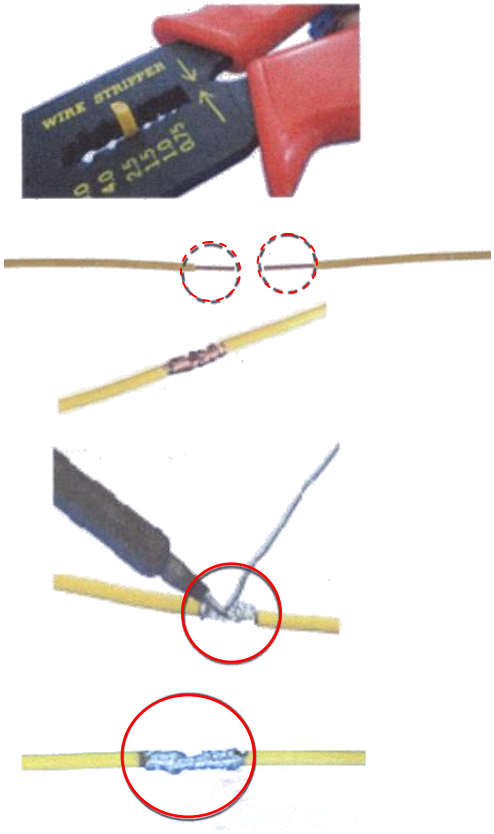
8. การต่อสายไฟ โดยวิธี.....เป็นวิธีการต่อแบบถาวร เสร็จแล้วพันด้วย.....
9. อุปกรณ์ป้องกันวงจรไฟฟ้ารถยนต์ ประกอบด้วย.....
10. .....ใช้เพื่อป้องกันการเสียหายที่สายไฟ ขั้วต่อสายไฟ และอุปกรณ์ไฟฟ้า เมื่อภาระมากเกินไปหรือเกิดการลัดวงจร
11. ฟิวส์แบบ.....จะใช้ป้องกันกระแสไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าที่มากเกินไป (กระแสสูง)
12. การทำงานของเซอร์กิตเบรกเกอร์ เมื่อ.....นำพากระแสไฟฟ้ามากเกินไป จะเกิด.....ขึ้น ทำให้ขยายตัวอย่างรวดเร็วและโก่งตัว เปิดหน้าสัมผัส กระแสไฟฟ้าจะถูกตัดการไหล เมื่อไรก็ตามถ้าอุณหภูมิ.....เซอร์กิตเบรกเกอร์จะกลับมาอยู่ในตำแหน่งเดิม
13. รีเลย์จะเป็นสวิตช์ทางไฟฟ้าที่ยอมให้ปริมาณกระแส.....ไปควบคุมวงจรกระแส.....ได้
14. ไดอะแกรมวงจรไฟฟ้าเป็นแผนผังวงจรไฟฟ้าซึ่งแสดง.....ส่วนประกอบไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (โดยใช้สัญลักษณ์) และ.....ระบบไฟฟ้ารถยนต์

ตอนที่ 2 จงบอกชื่อและหน้าที่ของอุปกรณ์ไฟฟ้าจากสัญลักษณ์ที่กำหนดให้ดังต่อไปนี้

สัญลักษณ์	ชื่อและหน้าที่	สัญลักษณ์	ชื่อและหน้าที่
	1. ชื่อ ..... หน้าที่		2. ชื่อ ..... หน้าที่ .....
	3. ชื่อ ..... หน้าที่		4. ชื่อ ..... หน้าที่ .....
	5. ชื่อ ..... หน้าที่		6. ชื่อ ..... หน้าที่ .....
	7. ชื่อ ..... หน้าที่		8. ชื่อ ..... หน้าที่ .....
	9. ชื่อ ..... หน้าที่		10. ชื่อ ..... หน้าที่ .....

ใบงานที่ 1

งานต่อสายไฟโดยวิธีบัดกรี



จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. เตรียมเครื่องมือ อุปกรณ์บัดกรีสายไฟได้
2. ต่อสายไฟด้วยวิธีบัดกรีได้
3. ใช้เครื่องมือ อุปกรณ์บัดกรีสายไฟได้
4. เก็บเครื่องมือ อุปกรณ์ และทำความสะอาดได้

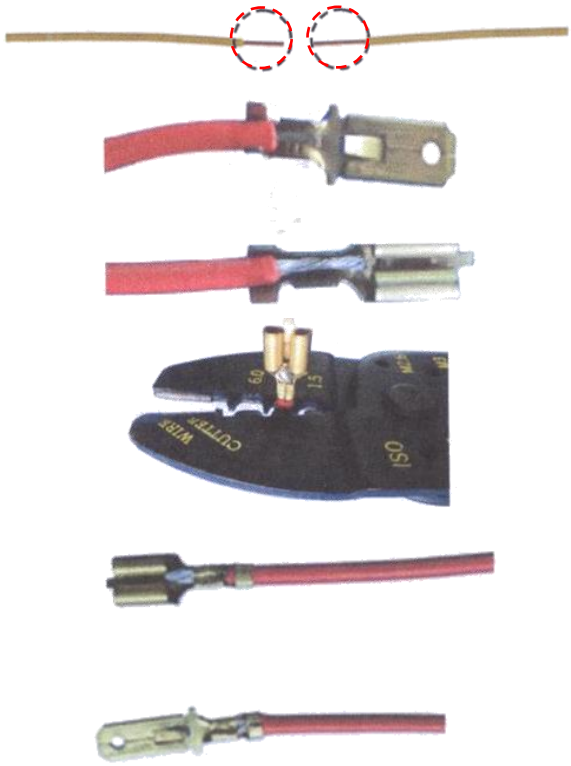
เครื่องมือ วัสดุและอุปกรณ์

1. คีมตัดและปอกสายไฟ
2. หัวแร้งบัดกรี
3. คีม
4. สายไฟ
5. ตะกั่วบัดกรีและน้ำยาบัดกรี

ลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงาน	ผลการปฏิบัติงาน
1. เตรียมเครื่องมือ วัสดุ และอุปกรณ์ 2. ตัดสายไฟและปอกฉนวนสายไฟข้างละ 20 มิลลิเมตร โดยหลีกเลี่ยงไม่ให้สายไฟเกิดการแหว่ง 3. พันสายไฟทั้งสองปลายเข้าด้วยกัน 4. บัดกรีสายไฟส่วนที่พัน โดยจี้หัวแร้งที่ลวดทองแดงจนร้อนแล้วละลายตะกั่วบัดกรีให้ไหลเข้าไปในสายไฟส่วนที่พันเข้าด้วยกันจนทั่วถึง 5. ถอดปลั๊กสายไฟหัวแร้งบัดกรี เมื่องานเสร็จ 6. พันสายไฟส่วนที่บัดกรีด้วยเทปพันสายไฟ 7. จัดเก็บเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์และทำความสะอาด	การพันสายไฟเข้าด้วยกัน ☐ ใช้ได้ ☐ ต้องแก้ไข การต่อสายไฟด้วยวิธีบัดกรี ☐ ใช้ได้ ☐ ต้องแก้ไข การพันสายไฟด้วยเทปพันสายไฟ ☐ ใช้ได้ ☐ ต้องแก้ไข

ใบงานที่ 2

งานต่อสายไฟเข้ากับขั้วต่อสายไฟ



จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. เตรียมเครื่องมือ อุปกรณ์ต่อสายไฟเข้ากับขั้วต่อสายไฟได้ถูกต้อง
2. ต่อสายไฟเข้ากับขั้วต่อสายไฟได้ถูกต้อง
3. ใช้เครื่องมือ คีมปอกและย้ำขั้วต่อสายไฟได้
4. เก็บเครื่องมือ อุปกรณ์ และทำความสะอาดได้ถูกต้อง

เครื่องมือ วัสดุและอุปกรณ์

1. คีมตัดและปอกสายไฟ
2. คีม
3. สายไฟ
4. ขั้วต่อสายไฟ (กลม แบน ห่วง)

ลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงาน	ผลการปฏิบัติงาน
1. เตรียมเครื่องมือ วัสดุ และอุปกรณ์ 2. ตัดสายไฟและปอกฉนวนสายไฟยาวประมาณ 8 –10 มิลลิเมตร โดยหลีกเลี่ยงไม่ให้สายไฟเกิดการเสียหาย 3. สอดปลายทองแดงเข้าไปในขั้วต่อสายไฟฟ้าระหว่างขารัด 4. ใช้คีมบีบรัดจับขารัดด้านในเข้ากับทองแดงให้แน่น 5. ใช้คีมบีบจับขารัดด้านนอกเข้ากับฉนวนสายไฟฟ้า 6. เก็บเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์และทำความสะอาด	การตัดสายไฟและปอกฉนวน ☐ ใช้ได้ ☐ ต้องแก้ไข การต่อสายไฟเข้ากับขั้วต่อสายไฟเข้าด้วยกัน ☐ ใช้ได้ ☐ ต้องแก้ไข

แบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 2

พื้นฐานไฟฟ้ารถยนต์

คำสั่ง จงทำเครื่องหมายกากบาท (×) ลงหน้าข้อที่ถูกต้องที่สุด

1. สายไฟชนิดใดที่ใช้ส่วนใหญ่ในระบบไฟฟ้ารถยนต์

   ก. สายไฟแรงเคลื่อนต่ำ
   ข. สายไฟแรงเคลื่อนสูง
   ค. สายซีลด์
   ง. สายเมนแบตเตอรี่

2. การเลือกขนาดของสายไฟ มีปัจจัยสำคัญ 2 ปัจจัยคือพื้นที่หน้าตัดตัวนำและปัจจัยใด

   ก. ความหนาของฉนวน
   ข. ปริมาณกระแสไฟฟ้า
   ค. ความต้านทานสายไฟ
   ง. ความยาวสายไฟ

3. สายไฟขนาด 15 ตารางมิลลิเมตร สามารถทนกระแสไฟฟ้าได้กี่แอมแปร์

   ก. 40 แอมแปร์
   ข. 70 แอมแปร์
   ค. 90 แอมแปร์
   ง. 100 แอมแปร์

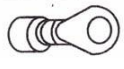
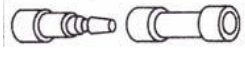
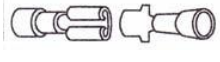
4. รหัสสีสายไฟ 0.75 L–Y ตัวอักษร Y หมายถึงข้อใด

   ก. สีพื้น
   ข. แถบสี
   ค. ขนาดตัวนำ
   ง. ขนาดฉนวน

5. ขั้วต่อสายไฟทำหน้าที่ใด

   ก. เชื่อมต่อสายไฟกับอุปกรณ์
   ข. เป็นจุดรวมขั้วต่อของรีเลย์และฟิวส์
   ค. เป็นจุดรวมของขั้วต่อสายไฟของวงจรไฟฟ้าในรถยนต์
   ง. เป็นจุดเชื่อมต่อระหว่างสายไฟทั้งสองชุดรวมเข้าด้วยกัน

6. เลือกขั้วต่อสายแบบใดถ้าต้องการถอดเข้าออกบ่อยครั้ง

   ก. 
   ข.
   ค. 
   ง. 

7. ข้อใด**ไม่ใช่**สาเหตุของการชำรุดของขั้วต่อสายไฟ

   ก. การกัดกร่อนที่ขั้วปลายสายไฟ
   ข. แหล่งจ่ายสัมผัสกับแชสซี
   ค. ขั้วต่อสายไฟหลวมหรือบกพร่อง
   ง. สายไฟตึง

8. อุปกรณ์ป้องกันวงจรไฟฟ้าประกอบด้วยอุปกรณ์ใด

ก. ฟิวส์ ข. ฟิวส์สาย

ค. เซอร์กิตเบรกเกอร์ ง. ถูกทุกข้อ

9. สภาวะใดกล่าวถึงอุปกรณ์ป้องกันวงจรได้ถูกต้อง

ก. ฟิวส์อัตโนมัติจะกลับมาต่อกันอีกครั้งภายหลังเปิดวงจร

ข. อุปกรณ์ป้องกันวงจรจะเปิดวงจรเมื่อภาระมากเกินไป

ค. วงจรเปิดเป็นสาเหตุให้ฟิวส์ขาด

ง. อัตราของฟิวส์สอดคล้องตามค่าจำกัดแรงเคลื่อนไฟฟ้า

10. ฟิวส์แบบใดจัดได้ว่าเป็นฟิวส์มาตรฐานที่ใช้กันส่วนใหญ่ในระบบไฟฟ้ารถยนต์

ก. ฟิวส์กระเบื้อง ข. ฟิวส์แบบหลอดแก้ว

ค. ฟิวส์แบบเสียบ ง. ฟิวส์สาย

11. ฟิวส์แบบใดที่ใช้ป้องกันกระแสในวงจรไฟฟ้าที่มากเกินไป (กระแสสูง)

ก. ฟิวส์กระเบื้อง ข. ฟิวส์แบบหลอดแก้ว

ค. ฟิวส์แบบเสียบ ง. ฟิวส์สาย

12. เซอร์กิตเบรกเกอร์มีข้อแตกต่างจากฟิวส์และฟิวส์สายอย่างไร

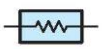
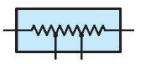
ก. ป้องกันวงจรไฟฟ้าที่ใช้กระแสมาก

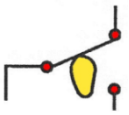
ข. สามารถใช้งานได้ติดต่อกันหลาย ๆ ครั้ง

ค. หน้าทองขาวจะกลับมาต่อวงจรไฟฟ้าได้อีกครั้ง

ง. ถูกทุกข้อ

13. ข้อใดคือสัญลักษณ์ตัวต้านทานแบบปรับค่าได้

ก.  ข. 

ค.  ง.

14. ข้อมูลใด**ไม่มี**อยู่ในไดอะแกรมวงจรไฟฟ้ารถยนต์

ก. รหัสสีสายไฟแต่ละสาย ข. ตำแหน่งทางเดินปลั๊กสายไฟ

ค. ส่วนประกอบของไฟฟ้า ง. ขั้วต่อสายไฟ

หน่วยที่ 3

เครื่องมือวัดทางไฟฟ้า

หน่วยที่ 3

เครื่องมือวัดทางไฟฟ้า

หัวข้อเรื่อง (Topics)

3.1 มัลติมิเตอร์แบบอนาล็อก

3.2 มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล

3.3 หลอดไฟทดสอบ

แนวคิดสำคัญ (Main Idea)

เมื่อระบบไฟฟ้ารถยนต์เกิดปัญหาข้อขัดข้องขึ้น จำเป็นต้องใช้เครื่องมือวัดทางไฟฟ้าไปตรวจสอบและวิเคราะห์ปัญหา นำไปสู่การบริการที่ถูกต้อง แม่นยำ และรวดเร็ว เครื่องมือวัดทางไฟฟ้า ประกอบด้วยมัลติมิเตอร์และหลอดไฟทดสอบ

สมรรถนะย่อย (Element of Competency)

1. แสดงความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับเครื่องมือวัดไฟฟ้า
2. ใช้เครื่องมือวัดทางไฟฟ้าตามหลักการ

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (Behavioral Objectives)

1. บอกส่วนประกอบของมัลติมิเตอร์แบบอนาล็อกได้ถูกต้อง
2. บอกส่วนประกอบของมัลติมิเตอร์แบบดิจิตอลได้ถูกต้อง
3. อธิบายวิธีการใช้มัลติมิเตอร์วัดค่าต่าง ๆ ทางไฟฟ้าได้ถูกต้อง
4. อ่านค่าการวัดค่าต่าง ๆ ทางไฟฟ้าของมัลติมิเตอร์ได้ถูกต้อง
5. บอกข้อควรระวังการใช้และบำรุงรักษามัลติมิเตอร์ได้ถูกต้อง
6. อธิบายวิธีการใช้หลอดไฟทดสอบได้ถูกต้อง

เนื้อหาสาระ (Content)

รถยนต์สมัยใหม่ในปัจจุบัน ได้นำเอาส่วนประกอบของไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์รวมเข้าไว้ด้วยกันในระบบไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์รถยนต์ เช่น ระบบแสงสว่าง ระบบอำนวยความสะดวก ระบบไฟสัญญาณ ระบบควบคุมเครื่องยนต์ และระบบควบคุมการส่งกำลังรถยนต์ เป็นต้น

ดังนั้นช่างเทคนิคจึงจำเป็นต้องรู้แนวคิด หลักการไฟฟ้า เพื่อนำไปสู่การวิเคราะห์ปัญหาที่ยุ่งยากซับซ้อนของระบบไฟฟ้ารถยนต์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้หากระบบไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์รถยนต์มีปัญหาข้อขัดข้องขึ้น จำเป็นต้องเลือกใช้เครื่องมือวัดทางไฟฟ้าที่ถูกต้อง เหมาะสม ไปใช้วิเคราะห์ปัญหาและตรวจซ่อมระบบไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์รถยนต์ เพื่อให้เป็นไปอย่างถูกต้อง แม่นยำ และลดระยะเวลาในการวิเคราะห์ปัญหาและการตรวจซ่อมระบบไฟฟ้ารถยนต์ลงได้ ในหน่วยการเรียนนี้จะอธิบายให้เข้าใจถึงเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าระบบไฟฟ้ารถยนต์ มีรายละเอียดดังนี้

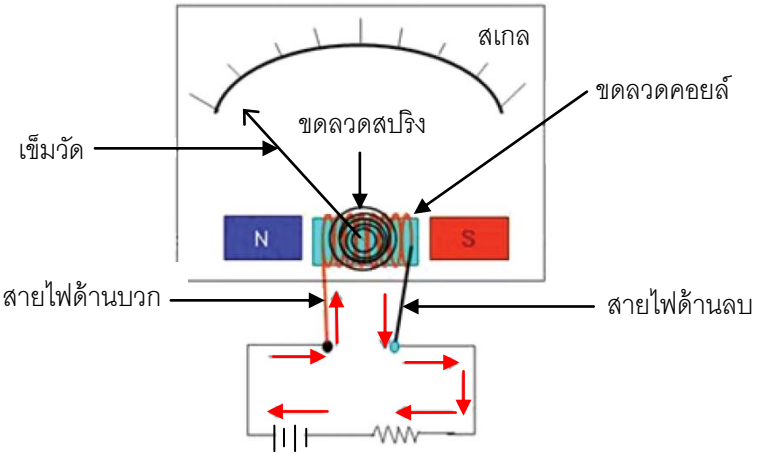
มัลติมิเตอร์เป็นหนึ่งในเครื่องมือที่มีความสำคัญมากที่สุดสำหรับวิเคราะห์ปัญหาระบบไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเป็นเครื่องมือวัดที่นิยมใช้ในระบบไฟฟ้ารถยนต์ ที่สามารถวัดค่าต่าง ๆ ทางไฟฟ้าได้หลากหลาย เช่น ใช้สำหรับวัดค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และความต้านทาน จำแนกเป็นโวลต์มิเตอร์ใช้วัดแรงดันไฟฟ้า แอมมิเตอร์ใช้วัดกระแสไฟฟ้า และโอห์มมิเตอร์ใช้วัดความต้านทาน โดยรวมเครื่องมือวัดทั้ง 3 ชนิดดังกล่าวไว้ในเครื่องเดียวกัน เรียกว่า “มัลติมิเตอร์” เพื่อให้สะดวกต่อการใช้งาน ซึ่งแบ่งเป็น 2 แบบ คือ

1. มัลติมิเตอร์แบบอนาล็อก แสดงผลโดยใช้เข็มวัดชี้ค่าที่วัดบนสเกล
2. มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล แสดงผลการวัดค่าในรูปของตัวเลข

โดยแต่ละแบบ มีคุณลักษณะ รายละเอียด และขั้นตอนการใช้งาน ดังนี้

3.1 มัลติมิเตอร์แบบอนาล็อก

มัลติมิเตอร์แบบอนาล็อก (Analog Multimeters) เป็นเครื่องมือวัดที่รู้จักกันโดยทั่วไป ใช้วัดแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และความต้านทาน ซึ่งใช้อุปกรณ์แม่เหล็กที่อยู่กับที่ ขดลวดเคลื่อนที่ของกัลวานอมิเตอร์กลไกเคลื่อนที่ประกอบด้วยแม่เหล็กแบบถาวรและขดลวดคอยล์หมุนรอบแกนกลางในสนามแม่เหล็ก เข็มวัดจะติดกับขดลวดที่เคลื่อนที่ เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดเคลื่อนที่จะสร้างสนามแม่เหล็ก ซึ่งจะเกิดปฏิกิริยากับสนามแม่เหล็กที่อยู่กับที่ เป็นเหตุให้เข็มวัดหมุนเคลื่อนที่ได้ นี่คือการบ่ายเบนเป็นสัดส่วนกับความเข้มของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดเคลื่อนที่ เมื่อกระแสไฟฟ้าหยุดไหล ขดลวดเคลื่อนที่จะกลับมาอยู่ในตำแหน่งเริ่มต้นอีกครั้ง (Reset) โดยอาศัยขดลวดสปริงซึ่งต่อกับขดลวดคอยล์ตัดกับแรงควบคุมขดลวดสปริง ดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 โครงสร้างมัลติมิเตอร์แบบอนาล็อก

3.1.1 คุณลักษณะของมัลติมิเตอร์แบบอนาล็อก

1. ใช้กลไกเคลื่อนที่เพื่อกระตุ้นเข็มวัด
2. แสดงผลการวัดค่าซึ่งใช้เข็มชี้ตัดไปมาระหว่างสเกล
3. เนื่องจากภายในเครื่องวัดมีความต้านทานต่ำ ไม่เหมาะสำหรับการวัดในวงจรที่ไวต่อการเสียหาย เช่น ส่วนประกอบของอิเล็กทรอนิกส์ (เช่นกล่องควบคุมคอมพิวเตอร์ ECU)
4. มีกลไกอ่อนไหวที่ชำรุดได้ง่ายเมื่อเกิดการสั่นสะเทือนมากกว่ามัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล

3.1.2 ส่วนประกอบ หน้าที่การทำงาน และการใช้งานมัลติมิเตอร์แบบอนาล็อก

มัลติมิเตอร์แบบอนาล็อกดังแสดงในรูปที่ 3.2 มีส่วนประกอบ หน้าที่การทำงานและการใช้งาน ดังนี้

หมายเลข 1 หน้าปัด ใช้แสดงสเกลบอกค่าต่าง ๆ ของปริมาณไฟฟ้าที่วัดได้

หมายเลข 2 เข็มวัด ใช้เป็นเข็มชี้ของมิเตอร์ ซึ่งจะชี้ตัดไป มาระหว่างสเกล

หมายเลข 3 สกรูปรับตั้งเข็ม เป็นสกรูใช้ปรับแต่งเข็มชี้ในสภาวะมิเตอร์ยังไม่ทำงาน ชี้ที่ตำแหน่งซ้ายมือสุดของสเกล ช่วยให้มิเตอร์อยู่ในสภาวะพร้อมใช้งาน และเมื่อใช้งานจะแสดงค่าที่วัดได้ออกมามีค่าถูกต้อง

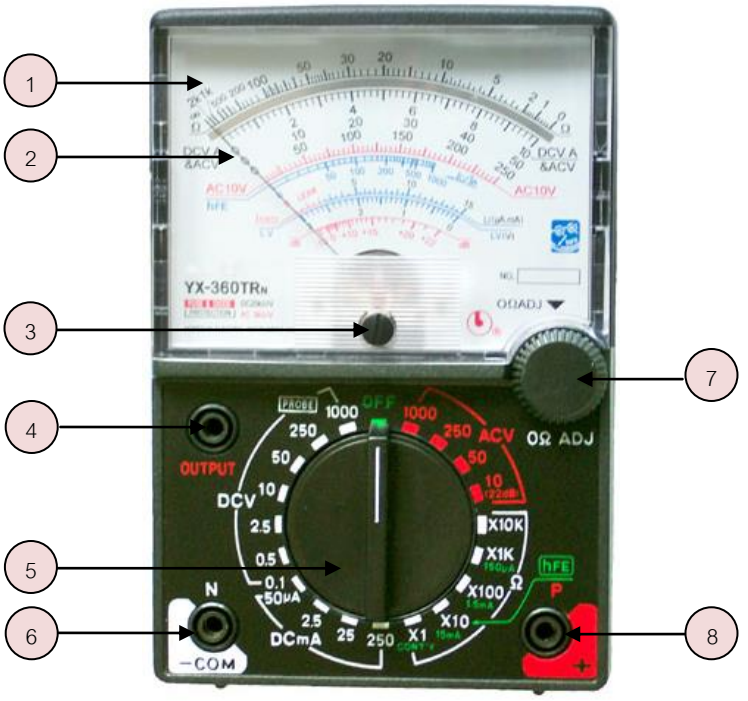
หมายเลข 4 ขั้วต่อเอาต์พุต (OUTPUT) ใช้สำหรับวัดความดัง (dB) ของสัญญาณเสียง

หมายเลข 5 สวิตช์ปรับเลือกย่านวัด ใช้ปรับเลือกย่านวัดค่าปริมาณทางไฟฟ้าที่เหมาะสม

หมายเลข 6 ขั้วต่อสายวัดมิเตอร์ขั้วลบ (COM) ใช้สำหรับต่อสายวัดสีดำ

หมายเลข 7 ปุ่มปรับ 0Ω เป็นปุ่มปรับให้เข็มชี้ของมิเตอร์ชี้ที่ตำแหน่งศูนย์โอห์มพอดี (0Ω ADJ) ใช้ร่วมกับการตั้งย่านวัดโอห์ม (Ω) ขณะที่นำปลายสายวัดมาแตะกัน เข็มมิเตอร์จะต้องบ่ายเบนไปทางขวามือชี้ที่ตำแหน่ง 0Ω พอดี หากไม่อยู่ในตำแหน่ง 0Ω พอดี ต้องปรับปุ่มนี้ช่วย เพื่อทำให้การวัดความต้านทานมีค่าถูกต้อง

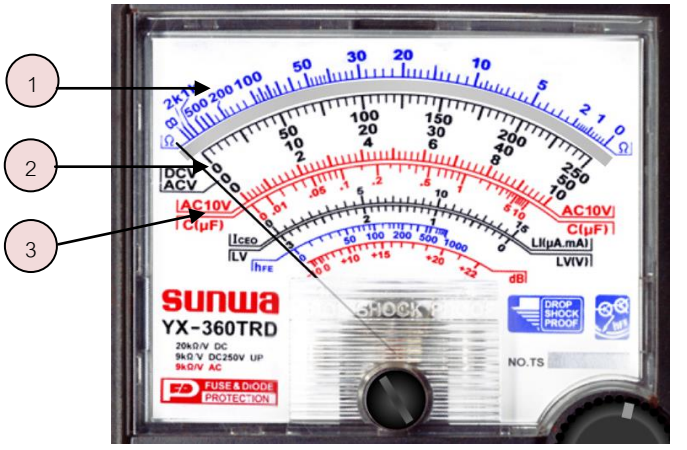
หมายเลข 8 ขั้วต่อสายวัดมิเตอร์ขั้วบวก ใช้สำหรับต่อสายวัดสีแดง (VΩA)



รูปที่ 3.2 ส่วนประกอบของมัลติมิเตอร์แบบอนาล็อก

3.1.3 สเกลหน้าปัดและย่านวัด

สเกลหน้าปัดของมัลติมิเตอร์แบบอนาล็อก จะมีสเกลแสดงค่าปริมาณไฟฟ้าหลายชนิด ปริมาณไฟฟ้าแต่ละชนิดแสดงค่าออกมาแตกต่างกัน และถูกแยกออกเป็นสเกลหลายช่อง หลายแถวตามแต่ปริมาณไฟฟ้าแต่ละชนิดโดยเฉพาะ ดังนั้นการเรียนรู้ทำความเข้าใจการใช้งานและการอ่านค่าจึงเป็นสิ่งจำเป็น เพื่อให้การใช้งานเป็นไปอย่างถูกต้องและมีความแม่นยำ ลักษณะสเกลหน้าปัดของมัลติมิเตอร์แบบอนาล็อก แสดงดังรูปที่ 3.3 ในที่นี้จะขอกล่าวเฉพาะสเกลที่ใช้งานเฉพาะในระบบไฟฟ้ารถยนต์ ได้แก่



รูปที่ 3.3 สเกลต่าง ๆ ของมัลติมิเตอร์แบบอนาล็อก

หมายเลข 1 สเกลโอห์ม (Ω) หรือสเกลความต้านทาน ใช้สำหรับอ่านค่าความต้านทานที่วัดออกมาได้ เมื่อตั้งย่านวัดความต้านทาน

หมายเลข 2 สเกลแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ และกระแสตรง (DCV, DCA& ACV) ซึ่งการอ่านค่าแต่ละสเกลต้องตั้งย่านวัดให้ตรงตามแต่ละชนิดการวัดก่อน

หมายเลข 3 สเกลแรงดันไฟฟ้าสลับ เฉพาะย่าน 10 โวลต์ (AC 10 V) ซึ่งใช้สำหรับอ่านค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสสลับ เมื่อตั้งย่านวัดไว้ที่ 10 ACV

3.1.4 การนำมัลติมิเตอร์ไปใช้งาน

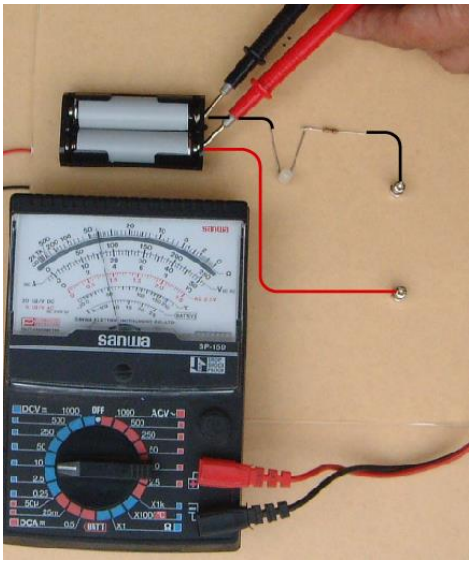
1. **การวัดค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (DCV)** มีขั้นตอนการปฏิบัติดังนี้

(1) เสียบสายวัดสีแดงเข้าที่ขั้วต่อบวก (+) และเสียบสายวัดสีดำเข้ากับขั้วต่อลบ (COM)

(2) ปรับสวิตช์เลือกย่านวัดไปยัง DCV โดยปรับให้เหมาะสม หากไม่ทราบให้เลือกย่านวัดสูง ๆ ไว้ก่อน เช่น หากต้องการวัดแรงดันไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ 12 โวลต์ จะปรับไว้ที่ DC 50 V (สูงกว่าแหล่งจ่าย)

(3) การวัดทุกครั้งต้องต่อแบบขนาน เพื่อวัดแรงดันไฟฟ้า คือสายวัดสีแดงต่อเข้ากับจุดที่ต้องการทดสอบ (ขั้วบวกที่มาจากแหล่งจ่าย) และสายสีดำต่อเข้ากับขั้วลบหรือกราวด์

(4) อ่านค่าจากการวัดที่สเกลบนหน้าปัด



รูปที่ 3.4 การใช้มัลติมิเตอร์วัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง

การอ่านค่าและการใช้สเกลย่านวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง

ย่านการวัด DCV	ตัวเลขที่ใช้อ่าน (มี 3 แถว)	การอ่านค่า (อ่านจากสเกล V–A)	ค่าที่วัดได้ (ต่ำสุด–สูงสุด)
0.1 V	แถว 0–10	นำ 0.01 คูณกับค่าที่อ่านได้	0 V–0.1 V
0.5 V	แถว 0–50	นำ 0.01 คูณกับค่าที่อ่านได้	0 V– 0.5 V
2.5 V	แถว 0–250	นำ 0.01 คูณกับค่าที่อ่านได้	0 V–2.5 V
10 V	แถว 0–10	อ่านค่าได้โดยตรง	0 V–10 V
50 V	แถว 0–50	อ่านค่าได้โดยตรง	0 V–50 V
250 V	แถว 0–250	อ่านค่าได้โดยตรง	0 V–250 V
1,000 V	แถว 0–10	นำ 100 คูณกับค่าที่อ่านได้	0 V–1,000 V

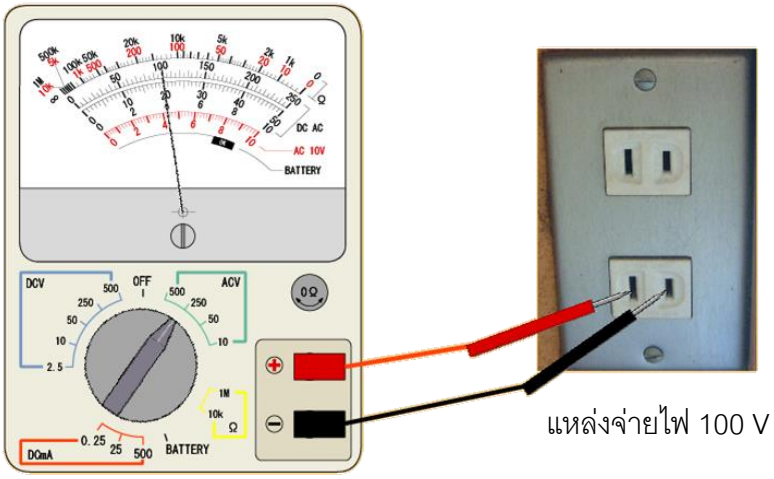
2. **การวัดค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ** (ACV) มีขั้นตอนการปฏิบัติดังนี้

(1) เสียบสายวัดสีแดงเข้าที่ขั้วต่อบวก (+) และเสียบสายวัดสีดำเข้ากับขั้วต่อลบ (COM)

(2) ปรับสวิตช์เลือกย่านวัดไปยัง ACV โดยปรับให้เหมาะสม หากไม่ทราบให้เลือกย่านวัดสูง ๆ ไว้ก่อน เช่น ต้องการวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 100 โวลต์ จะปรับไว้ที่ AC 250 V (สูงกว่าแหล่งจ่าย)

(3) การวัดทุกครั้งต้องต่อแบบขนาน ซึ่งไม่ต้องคำนึงถึงขั้ววัด

(4) อ่านค่าจากการวัดที่สเกลบนหน้าปัด



รูปที่ 3.5 การใช้มัลติมิเตอร์วัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ

การอ่านค่าและการใช้สเกลย่านวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ

ย่านการวัด ACV	**ตัวเลขที่ใช้อ่าน (มี** 3 **แถว)**	**การอ่านค่า (อ่านจากสเกล** V–A)	**ค่าที่วัดได้ (ต่ำสุด–สูงสุด)**
10 V	แถว 0–10	อ่านค่าได้โดยตรง (สเกล AV 10 V สีแดง)	0 V–10 V
50 V	แถว 0–50	อ่านค่าได้โดยตรงจากสเกล V–A	0 V–50 V
250 V	แถว 0–250	อ่านค่าได้โดยตรงจากสเกล V–A	0 V–250 V
1,000 V	แถว 0–10	นำ 100 คูณกับค่าที่อ่านได้	0 V–1,000 V

3. **การวัดกระแสไฟฟ้ากระแสตรง** (DCA) มีขั้นตอนการปฏิบัติดังนี้

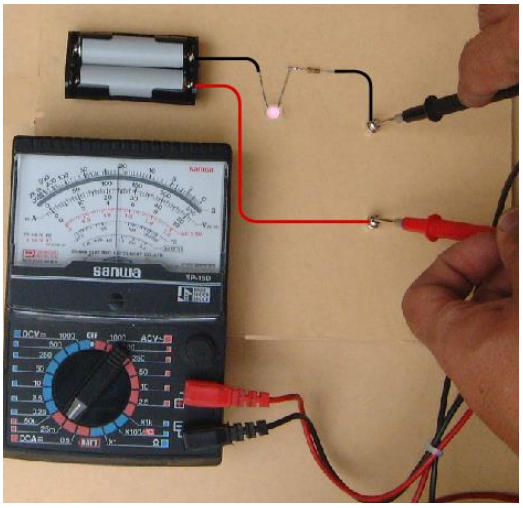
(1) เสียบสายวัดสีแดงเข้าที่ขั้วต่อบวกกระแสไฟฟ้ากระแสตรง (+) และเสียบสายวัดสีดำเข้ากับขั้วต่อลบ (COM)

(2) ปรับสวิตช์เลือกย่านวัดไปยัง DC mA โดยปรับให้เหมาะสม หากไม่ทราบให้เลือกย่านวัดสูง ๆ ไว้ก่อน

(3) การวัดทุกครั้งต้องต่อแบบอนุกรมกับโหลดหรือแหล่งจ่ายกำลังงานเท่านั้น และให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านวงจร

(4) อ่านค่าจากการวัดที่สเกลบนหน้าปัด

ข้อควรระวัง ห้ามต่อแอมมิเตอร์ขนานกับวงจรไฟฟ้า จะทำให้มัลติมิเตอร์ชำรุดได้



รูปที่ 3.6 การใช้มัลติมิเตอร์วัดกระแสไฟฟ้า

การอ่านค่าและการใช้สเกลย่านวัดกระแสไฟฟ้ากระแสตรง

ย่านการวัด DCA	ตัวเลขที่ใช้อ่าน (มี 3 แถว)	การอ่านค่า (อ่านจากสเกล V–A)	ค่าที่วัดได้ (ต่ำสุด–สูงสุด)
50 μA	แถว 0–50	อ่านค่าได้โดยตรง มีหน่วยเป็น μA	0 μA–50 μA
2.5 mA	แถว 0–250	นำ 0.01 คูณกับค่าที่อ่านได้ (mA)	0 mA–2.5 mA
25 mA	แถว 0–250	นำ 0.1 คูณกับค่าที่อ่านได้ (mA)	0 mA–25 mA
250 mA	แถว 0–250	อ่านค่าได้โดยตรง มีหน่วยเป็น mA	0 mA–250 mA

4. **การวัดความต้านทาน (Ω)** มีขั้นตอนการปฏิบัติดังนี้

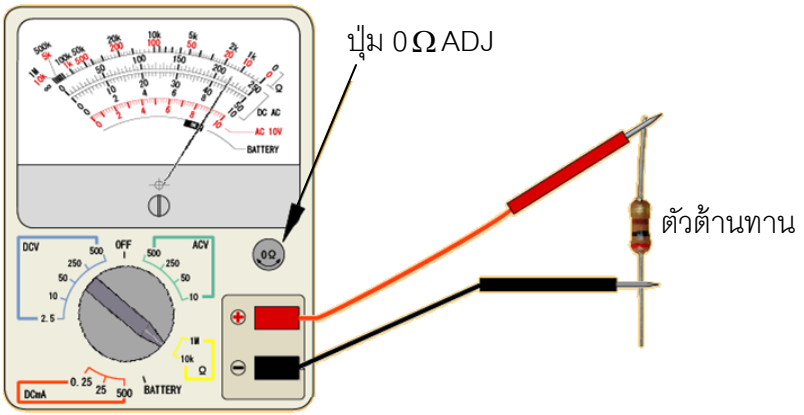
(1) เสียบสายวัดสีแดงเข้าที่ขั้วต่อบวก (+) และเสียบสายวัดสีดำเข้ากับขั้วต่อลบ (COM)

(2) ปรับสวิตช์เลือกย่านวัดไปยังโอห์ม (Ω) โดยปรับให้เหมาะสม หากไม่ทราบให้เลือกย่านวัดต่ำ ๆ ไว้ก่อน หากสเกลวัดที่หน้าปัดอ่านค่าได้หยาบเกินไป ให้ปรับย่านวัดลดลงหรือเพิ่มขึ้น ซึ่งสังเกตจากเข็มวัดจะอยู่ประมาณกึ่งกลางหน้าปัดมาทางขวามือ (เป็นย่านวัดที่เหมาะสม)

(3) ก่อนทำการวัดหรือเปลี่ยนย่านวัดทุกครั้งต้องปรับเข็มชี้ที่ค่า 0 Ω โดยนำปลายสายวัดมาแตะกัน และปรับที่ปุ่ม 0Ω ADJ ทั้งนี้เพื่อให้การวัดทุกครั้งถูกต้องมากขึ้น จากนั้นนำมัลติมิเตอร์ไปวัดค่าความต้านทานของอุปกรณ์ โดยใช้สายวัดทั้งสองข้างวัดขนาน (คร่อม)กับอุปกรณ์ที่ต้องการวัด

(4) อ่านค่าจากการวัดที่สเกลบนหน้าปัด

ข้อควรระวัง ห้ามไม่ให้กระแสไฟฟ้าใด ๆ ไหลผ่านวงจร จะทำให้มัลติมิเตอร์ชำรุดได้



รูปที่ 3.7 การใช้มัลติมิเตอร์วัดความต้านทาน

การอ่านค่าและการใช้สเกลย่านวัดความต้านทาน

ย่านการวัด	สเกลที่ใช้อ่าน	การอ่านค่า	ค่าที่วัดได้
× 1	0–ค่าอนันต์	อ่านได้โดยตรง	0–2 kΩ
× 10		ใช้ 10 คูณค่าที่อ่านได้	0–20 kΩ
× 100		ใช้ 100 คูณค่าที่อ่านได้	0–200 kΩ
× 1 k		อ่านค่าโดยตรงในหน่วย kΩ	0–200 kΩ
×10 k		ใช้ 10 คูณค่าที่อ่านได้ในหน่วย kΩ	0–20 MΩ

3.1.5 ข้อควรระวังและการบำรุงรักษามัลติมิเตอร์

1. ทุกครั้งที่มีการใช้มัลติมิเตอร์ต้องเลือกย่านวัดถูกต้อง
2. การวัดค่าความต้านทาน (Ω) ต้องไม่มีกระแสไฟฟ้าใด ๆ ไหลผ่านในวงจร เนื่องจากจะทำให้มัลติมิเตอร์ชำรุดเสียหายได้
3. การวัดค่าแรงดันไฟฟ้าหรือกระแสไฟฟ้า ควรเลือกย่านวัดสูง ๆ ไว้ก่อน จากนั้นปรับลดลงให้เหมาะสมกับแรงดันหรือกระแสไฟฟ้าในวงจร
4. ระวังอย่าให้มัลติมิเตอร์กระแทกกับพื้นหรือหล่นจากที่สูงเพราะจะทำให้มัลติมิเตอร์ชำรุดเสียหาย
5. เมื่อเลิกใช้มัลติมิเตอร์ให้บิดสวิตช์เลือกย่านวัดไปที่ตำแหน่งปิด (OFF)
6. หากไม่ได้ใช้มัลติมิเตอร์เป็นเวลานาน ควรถอดแบตเตอรี่ในมัลติมิเตอร์ออก
7. แยกเก็บมัลติมิเตอร์ไว้ต่างหาก ห้ามเก็บรวมกับเครื่องมือทั่วไป

3.2 มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล

3.2.1 คุณลักษณะของมัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล (Digital Multimeters)

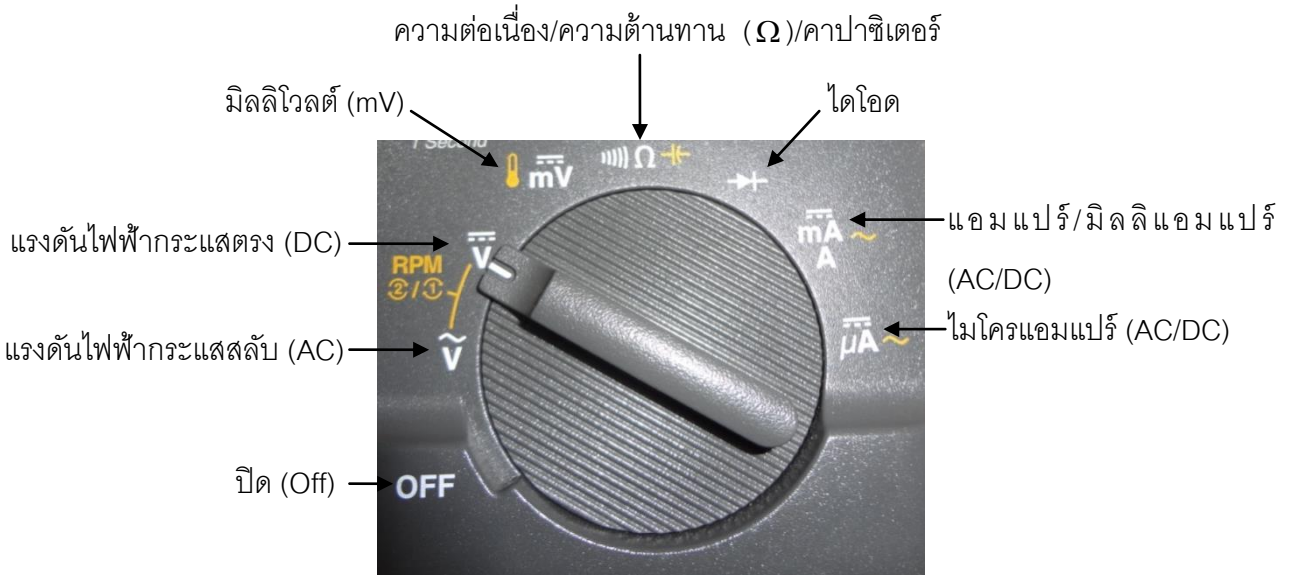
1. ใช้แสดงผลเป็นตัวเลข
2. แสดงผลการวัดค่าในรูปของจำนวนจริง
3. เหมาะสมสำหรับการวัดในวงจรที่ไวต่อการเสียหาย เช่น ส่วนประกอบของกล่องควบคุมคอมพิวเตอร์ (ECUs)
4. การชำรุดเสียหายจากการสั่นสะเทือนกลไกน้อยกว่ามัลติมิเตอร์แบบอนาล็อก
5. แบตเตอรี่มีอายุการใช้งานยาวนาน
6. มีความต้านทานภายในสูง

3.2.2 ส่วนประกอบหลักที่พบในแผงควบคุมด้านหน้าของมัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล ประกอบด้วย

รูปที่ 3.8 ส่วนประกอบของมัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล

โดยแต่ละส่วนประกอบหลัก มีรายละเอียดดังนี้

1. **สวิตช์เลือกรูปแบบการวัด** (Mode Selector) ใช้เพื่อปรับมัลติมิเตอร์สำหรับชนิดของการทดสอบแต่ละชนิด ซึ่งมีรูปแบบการวัดที่หลากหลาย ซึ่งจะใช้สัญลักษณ์หรือตัวย่อแทนรูปแบบการวัด มีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 3.9 สวิตช์เลือกรูปแบบการวัด

(1) ปิด (Off) ใช้หมุนปิดมัลติมิเตอร์เมื่อเลิกใช้งาน และใช้หมุนเปิดไปยังรูปแบบการวัดอื่น ๆ ที่ต้องการวัด

(2) แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ใช้วัดแรงดันไฟฟ้าในวงจรกระแสสลับ

(3) แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ใช้วัดแรงดันไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง

(4) มิลลิโวลต์ (mV) ใช้วัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่มีค่าแรงดันต่ำ ๆ ในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง (DC)

(5) ความต้านทาน (Ω)/ความต่อเนื่อง ใช้วัดค่าความต้านทาน ตรวจสอบความต่อเนื่องและตรวจสอบคาปาซิเตอร์หรือคอนเดนเซอร์

(6) ไดโอด ใช้เพื่อตรวจสอบไดโอดว่าดีหรือเสีย (มัลติมิเตอร์จ่ายกระแสไฟเล็กน้อยผ่านไดโอด)

(7) แอมแปร์หรือมิลลิแอมป์แปร์ (A /mA) ใช้วัดกระแสไฟฟ้าในวงจรทั้งไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับ (AC/DC)

(8) ไมโครแอมแปร์ (μA) ใช้วัดกระแสไฟฟ้าในวงจรที่มีค่าน้อยมาก ๆ ทั้งไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับ (AC/DC)

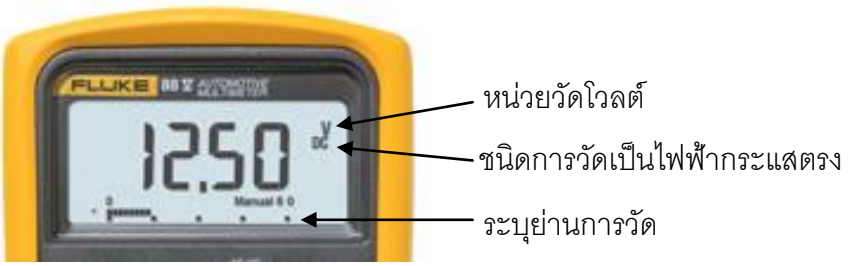
2. **หน้าจอแสดงผล** (Display) หรือหน้าปัด ใช้แสดงผลข้อมูลอย่างละเอียด เพื่อแสดงค่าการวัดที่ถูกต้อง ซึ่งจะแสดงค่าการวัดเป็นตัวเลข (จำนวนจริง) อย่างไรก็ตามควรอ่านค่าขณะที่ตัวเลขอยู่นิ่ง

(1) ชนิดของแรงดันไฟฟ้า (Voltage Type) มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอลจะแสดงผลการวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงหรือแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ (DC/AC) ในมุมขวาบนของหน้าจอแสดงผล

(2) ค่าการวัด (Measure Value) ตัวเลขขนาดใหญ่จะอยู่ตำแหน่งศูนย์กลางหน้าจอแสดงผล ซึ่งเป็นตัวแทนของการวัดค่าต่าง ๆ ตามชนิดของการวัด และค่าทั้งหมดจะประกอบด้วย 4 หรือ 5 ตัวเลขรวมกับจุดทศนิยม

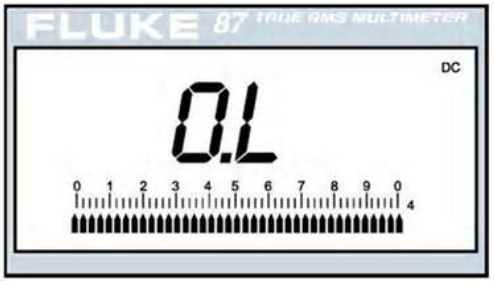
(3) หน่วยการวัด (Units) เพื่อให้การวัดค่าถูกต้อง หน้าจอแสดงผลจะแสดงตัวอักษรที่อธิบายในรูปหน่วยการวัด ได้แก่ V โวลต์ (Volts) A แอมแปร์ (Amperes) และ Ω โอห์ม (Ohms)

(4) ย่านการวัด (Range) หน้าจอแสดงผลมัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล จะแสดงผลย่านการวัดในมุมขวาล่างของหน้าจอแสดงผล รวมทั้งแสดงด้วยกราฟ (บางรุ่น) หรือแถบแสดงผล



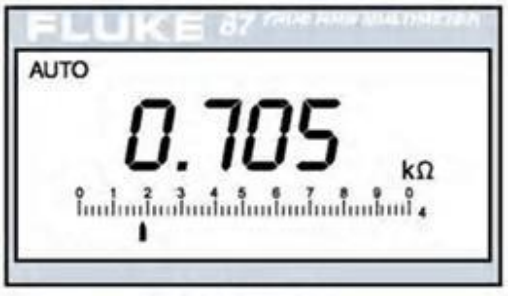
รูปที่ 3.10 หน้าจอแสดงผล

(5) ค่าจำกัดการวัดที่มากเกินไป (Over Limit Display) หน้าจอแสดงผลของมัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล จะแสดงค่าเกินค่าจำกัดการวัด “O.L” (ค่าอนันต์) เมื่อมัลติมิเตอร์วัดแรงดันไฟฟ้าหรือกระแสไฟฟ้าที่มากเกินไป ดังแสดงในรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 ผลการวัดที่เกินค่าจำกัดการวัด (ค่าอนันต์)

(6) ย่านการวัดอัตโนมัติ (Auto Ranging) ส่วนใหญ่มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอลจะแสดงผลหรือให้สัญญาณลักษณะที่เรียกว่า “ย่านการวัดอัตโนมัติ” ซึ่งมัลติมิเตอร์จะแสดงผลการวัดโดยเปลี่ยนแปลงอัตโนมัติตามค่าที่วัดได้ ซึ่งเป็นค่าประมาณจากการวัด ซึ่งสามารถวัดค่าเป็นจุดทศนิยมได้



รูปที่ 3.12 ผลการวัดค่าอัตโนมัติที่ต่อมัลติมิเตอร์วัดตัวต้านทาน 700 โอห์ม

3. **สายวัดและขั้วต่อสายวัด** (Test Lead and Input Jacks) มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอลมีสายวัด 2 สาย และช่องเสียบสายวัด 4 ช่อง มีการใช้งาน ดังนี้

(1) ช่องเสียบสายลบ (สีดำ) ใช้เสียบสายวัดไปที่ช่องเสียบ COM ทุกรูปแบบการวัด

(2) ช่องเสียบสายบวก (สีแดง) ใช้เสียบสายวัดสีแดงเข้าไปที่ช่องเสียบที่เหลืออยู่ ซึ่งขึ้นอยู่กับรูปแบบการวัดที่หลากหลายที่ต้องการวัด มีรายละเอียดดังนี้

(ก) V/Ω/diode สำหรับวัดค่าแรงดันไฟฟ้า ความต้านทาน ตรวจสอบไดโอด (แรงดัน) บางรุ่นสามารถวัดอุณหภูมิและวัดความเร็วรอบเครื่องยนต์ได้ (เฉพาะบางรุ่น)

(ข) ช่องเสียบ (A) สำหรับวัดกระแสไฟฟ้าสูงสุด 10 แอมแปร์

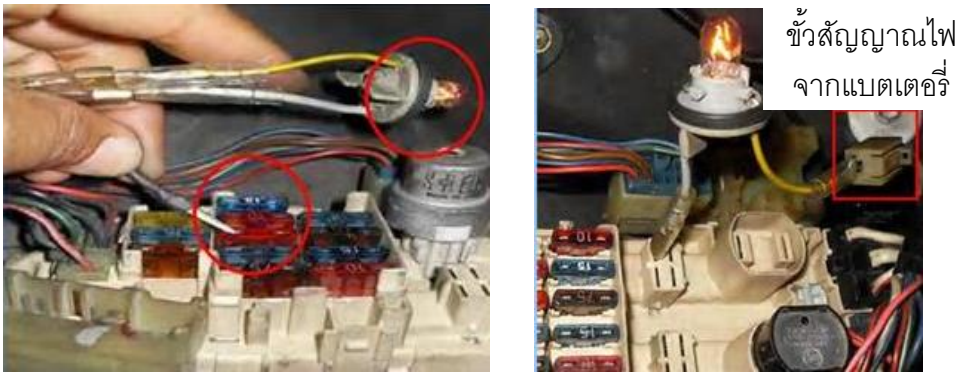
(ค) ช่องเสียบ μA/mA สำหรับวัดกระแสไฟฟ้าสูงสุด 400 มิลลิแอมแปร์

รูปที่ 3.13 ช่องเสียบสายวัดและสายวัด

ส่วนการนำมัลติมิเตอร์แบบดิจิตอลไปใช้งาน โดยภาพรวมจะมีหลักการและขั้นตอนการใช้งานเหมือนกับมัลติมิเตอร์แบบอนาล็อก ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว

3.3 หลอดไฟทดสอบ

หลอดไฟทดสอบเป็นอุปกรณ์ตรวจวัดทางไฟฟ้าชนิดหนึ่ง ใช้เพื่อทดสอบการลัดวงจร (Short Circuit) และการเปิดวงจร (Open Circuit) ทั้งวงจรไฟแรงดันต่ำและวงจรไฟแรงดันสูง หลอดไฟทดสอบมี 2 แบบ คือ แบบใช้กำลังไฟฟ้าและแบบไม่ใช้กำลังไฟฟ้า ซึ่งแบบไม่ใช้กำลังไฟฟ้าจะใช้ตรวจสอบแรงดันไฟฟ้า โดยต่อปลายสายวัดสัมผัสกับส่วนหนึ่งของวงจรที่ต้องการทดสอบ ส่วนอีกปลายด้านหนึ่งต่อลงกราวด์ แล้วค้นหาจุดบกพร่องของวงจรนั้น ๆ โดยสังเกตจากหลอดไฟทดสอบจะติดสว่างขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 3.14 ปริมาณแรงดัน ไฟฟ้า จะถูกกำหนดโดยความสว่างของหลอดไฟทดสอบ ส่วนหลอดไฟทดสอบแบบใช้กำลังไฟฟ้าด้วยตัวเองถูกใช้เพื่อตรวจสอบความต่อเนื่อง โดยต่อคร่อมวงจรหรืออุปกรณ์ ซึ่งหลอดไฟจะสว่างเมื่อวงจรสมบูรณ์ จะใช้ในกรณีไม่มีแหล่งจ่ายไฟสำหรับวงจร หรือส่วนประกอบของวงจรถูกถอดออก



รูปที่ 3.14 การใช้หลอดไฟทดสอบ

สรุปสาระสำคัญ

☐ มัลติมิเตอร์แบ่งเป็น 2 แบบ คือ มัลติมิเตอร์แบบอนาล็อกและมัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล ซึ่งทั้งสองแบบจะรวมเอาเครื่องมือวัดทั้ง 3 ชนิด คือ โวลต์มิเตอร์ โอห์มมิเตอร์ และแอมมิเตอร์ไว้ในเครื่องเดียวกัน ซึ่งเรียกว่า “มัลติมิเตอร์”

☐ มัลติมิเตอร์แบบอนาล็อก จะใช้หลักการของกลไกเคลื่อนที่เพื่อกระตุ้นเข็มวัด และแสดงผลการวัดค่าโดยใช้เข็มชี้ตัดไปมาระหว่างสเกลที่หน้าปัด

☐ มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล จะใช้แสดงผลการวัดค่าเป็นตัวเลขในรูปของจำนวนจริง ซึ่งคอมพิวเตอร์จะคำนวณค่าการวัดจากสัญญาณที่เข้ามา และแสดงผลการวัดออกมาที่หน้าจอแสดงผล ซึ่งเหมาะสมที่จะนำไปวัดอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิส์ที่ไวต่อการเสียหาย

☐ โวลต์มิเตอร์ ใช้วัดแรงดันไฟฟ้า (ความต่างศักย์ไฟฟ้า) ระหว่าง 2 จุดใด ๆ ในวงจร

☐ โอห์มมิเตอร์ ใช้วัดค่าความต้านทานของวงจรหรือส่วนหนึ่งของวงจร

☐ แอมมิเตอร์ เป็นเครื่องมือวัดเฉพาะ ใช้วัดกระแสไฟฟ้าในวงจร

☐ มัลติมิเตอร์ มีหน้าที่หลากหลาย สามารถทดสอบแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงและแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ วัดแรงดันตกคร่อมในวงจร ตรวจสอบการขาดวงจร วัดความต้านทาน วัดความต่อเนื่อง วัดกระแสไฟฟ้า ตรวจสอบไดโอด มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอลบางรุ่นสามารถใช้วัดความเร็วรอบเครื่องยนต์ วัดอุณหภูมิ ความถี่ ความกว้างพัลล์ เป็นต้น

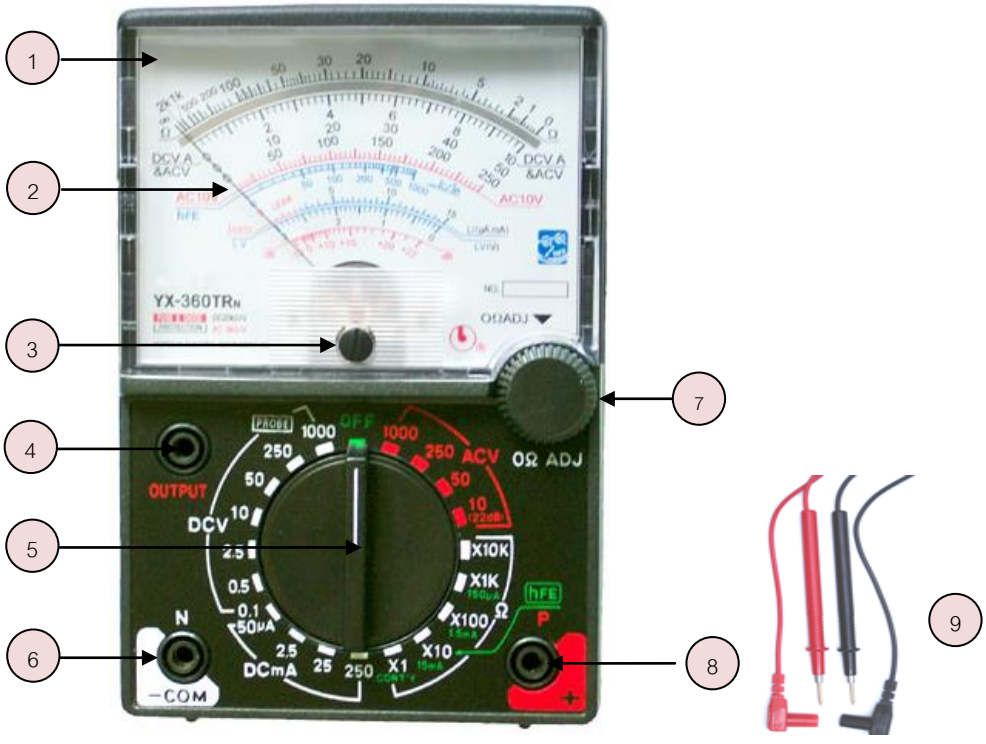
☐ หลอดไฟทดสอบ ใช้เพื่อทดสอบการลัดวงจรและการเปิดวงจรในวงจรไฟฟ้า โดยใช้หลักการให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านหลอดไฟซึ่งจะติดสว่างให้เห็น เพื่อวิเคราะห์ความผิดปกติของวงจร

แบบฝึกหัดหน่วยที่ 3

เครื่องมือวัดทางไฟฟ้า

ตอนที่ 1 จงเติมคำตอบลงในช่องว่างให้ถูกต้อง

1. จากรูปจงบอกส่วนประกอบของมัลติมิเตอร์แบบอนาล็อก



1. ..... 2. .....

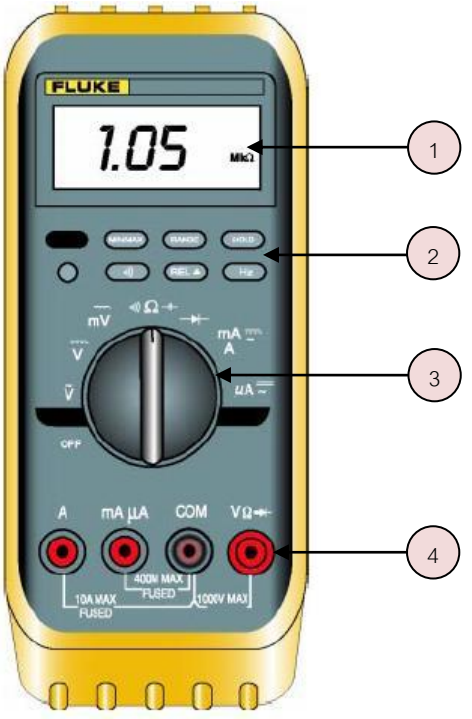
3. ..... 4. .....

5. ..... 6. .....

7. ..... 8. .....

9. .....

2. จากรูปจงบอกส่วนประกอบของมัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล



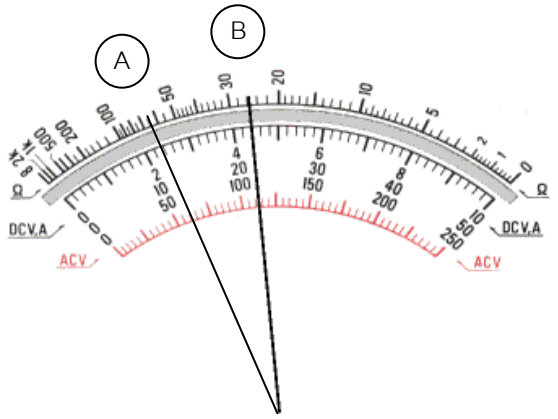
1. .....
2. .....
3. .....
4. .....

ตอนที่ 2 จงขีดเส้นใต้คำตอบจากข้อความที่กำหนดให้ต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1. มัลติมิเตอร์ใช้วัดกระแสไฟฟ้าต้องต่อเข้ากับวงจรแบบใด (อนุกรม ขนาน)
2. เครื่องมือวัดแรงดันไฟฟ้าคืออะไร (โวลต์มิเตอร์ แอมมิเตอร์ โอห์มมิเตอร์)
3. ควรใช้เครื่องมือวัดชนิดใด เพื่อตรวจสอบว่าหลอดไฟขาด (โวลต์มิเตอร์ แอมมิเตอร์ โอห์มมิเตอร์)
4. เครื่องมือวัดชนิดใด สามารถวัดได้ทั้งกระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า และความต้านทาน (โวลต์มิเตอร์ แอมมิเตอร์ โอห์มมิเตอร์ มัลติมิเตอร์)
5. เครื่องมือวัดชนิดใด ใช้ตรวจสอบการขาดวงจร การลัดวงจร และแรงดันตกคร่อมในวงจร (โวลต์มิเตอร์ แอมมิเตอร์ โอห์มมิเตอร์)
6. มัลติมิเตอร์ใช้วัดแรงดันไฟฟ้าต้องต่อเข้ากับวงจรแบบใด (อนุกรม ขนาน)
7. เครื่องมือวัดชนิดใด ใช้เพื่อวัดหาค่าความต้านทานของอุปกรณ์ หรือการต่อเนื่องของวงจร (โวลต์มิเตอร์ แอมมิเตอร์ โอห์มมิเตอร์)
8. การวัดที่ต้องปลดอุปกรณ์ออกจากวงจรและไม่มีแหล่งจ่ายไฟใด ๆ ในวงจร คือ การวัดค่าใด (กระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า ความต้านทาน)

ตอนที่ 3 จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1. จากรูปจงอ่านค่าทางไฟฟ้าต่อไปนี้ให้ถูกต้อง



รายการตรวจสอบ	ตำแหน่งพิกัด	ตำแหน่งเข็มชี้	ค่าที่อ่านได้
1. ความต้านทาน (Ω)	x 1	A	.....
	x 10	B	.....
2. แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง	DCV 10	A	.....
(DCV)	50	B	.....
3. แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ	ACV 250	A	.....
(ACV)	1000	B	.....
4. กระแสไฟฟ้า (DC mA)	DC m A 2.5	A	.....
	25	B	.....

2. จงบอกข้อควรระวังการใช้มัลติมิเตอร์มา 4 ข้อ

.....

.....

.....

3. หลอดไฟทดสอบเป็นเครื่องมือใช้สำหรับทดสอบอะไร

.....

4. จงอธิบายวิธีการใช้งานหลอดไฟทดสอบ

.....

.....

ใบงานที่ 3

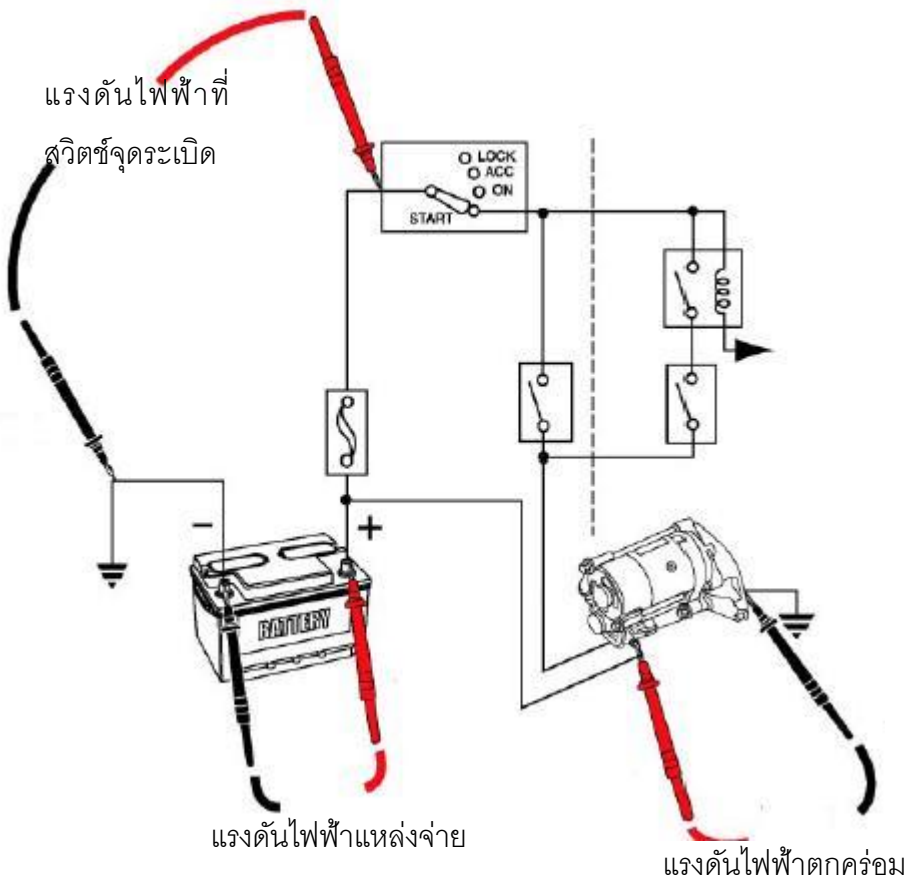
งานใช้มัลติมิเตอร์วัดค่าแรงดันไฟฟ้าที่วงจรไฟฟ้ารถยนต์

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. เตรียมเครื่องมือ วัสดุ และอุปกรณ์ได้ถูกต้อง
2. ตรวจสอบแรงดันแบตเตอรี่ โดยใช้มัลติมิเตอร์ได้ถูกต้อง
3. ตรวจสอบแรงดันไฟฟ้าที่สวิตช์จุดระเบิด โดยใช้มัลติมิเตอร์ได้ถูกต้อง
4. ตรวจสอบแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมที่วงจรสตาร์ต โดยใช้มัลติมิเตอร์ได้ถูกต้อง
5. เก็บเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ และทำความสะอาดได้ถูกต้อง

เครื่องมือ วัสดุและอุปกรณ์

1. รถยนต์ 2. มัลติมิเตอร์ 3. คู่มือไดอะแกรมวงจรไฟฟ้ารถยนต์



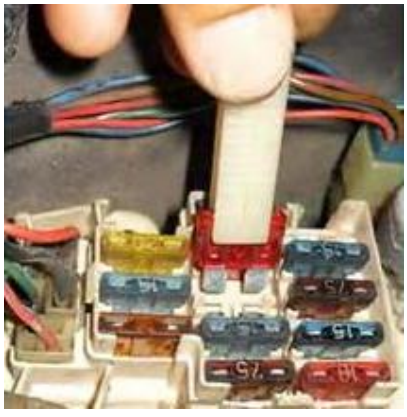
รุ่น/แบบรถยนต์ที่ฝึกปฏิบัติ.....

บันทึกขั้นตอนการปฏิบัติงาน ☑ ถูกต้อง ☒ ไม่ถูกต้อง

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	**ความถูกต้องของงาน**
1. เตรียมเครื่องมือ วัสดุและอุปกรณ์	☐
2. ปรับสวิตช์เลือกย่านวัดของมัลติมิเตอร์ไปที่ DCV	☐
3. ต่อมัลติมิเตอร์ขนานกับแบตเตอรี่ (สายวัดสีแดงไปยังขั้วบวกแบตเตอรี่ สายวัดสีดำไปยังขั้วลบแบตเตอรี่) บันทึกผลการวัดแรงดันแบตเตอรี่.....โวลต์	
4. ต่อมัลติมิเตอร์ขนานกับสวิตช์จุดระเบิด (สายวัดสีแดงไปยังขั้วสายไฟบวกที่มาจากแบตเตอรี่ผ่านฟิวส์สาย ส่วนสายวัดสีดำไปยังขั้วลบแบตเตอรี่) บันทึกผลการวัดแรงดันไฟฟ้า.....โวลต์	
5. ต่อมัลติมิเตอร์ขนานกับมอเตอร์สตาร์ต (สายวัดสีแดงไปยังขั้ว 30 ของมอเตอร์สตาร์ตที่มาจากขั้วบวกแบตเตอรี่ ส่วนสายวัดสีดำไปยังกราวด์ที่เรือนมอเตอร์สตาร์ต) บันทึกผลการวัดแรงดันไฟฟ้า..... โวลต์ แรงดันตกคร่อม.....โวลต์ (< 0.2 V)	
6. เก็บเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ และทำความสะอาด	☐

ใบงานที่ 4

งานใช้มัลติมิเตอร์วัดความต่อเนื่องของฟิวส์



จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

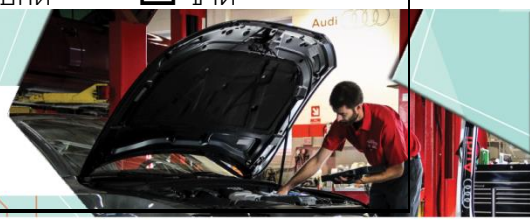
1. เตรียมเครื่องมือ วัสดุและอุปกรณ์ได้ถูกต้อง
2. ตรวจสอบความต่อเนื่องของฟิวส์โดยใช้มัลติมิเตอร์ได้ถูกต้อง
3. วิเคราะห์ผลการทดสอบความต่อเนื่องของฟิวส์ได้ถูกต้อง
4. เก็บเครื่องมือ วัสดุและอุปกรณ์ได้ถูกต้อง

เครื่องมือ วัสดุและอุปกรณ์

1. รถยนต์
2. มัลติมิเตอร์
3. กล่องฟิวส์และฟิวส์
4. ไดอะแกรมวงจรไฟฟ้ารถยนต์

ลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงาน	บันทึกผลการปฏิบัติงาน

1. เตรียมเครื่องมือ วัสดุและอุปกรณ์ 2. ระบุตำแหน่งติดตั้งของฟิวส์จากฝาครอบกล่องฟิวส์ 3. ดึงฟิวส์ตัวที่ต้องการทดสอบออกจากกล่องฟิวส์ 4. ปรับสวิตช์เลือกย่านไปที่ความต้านทาน (Ω) 5. เสียบสายวัดสีแดงเข้าที่ขั้วต่อบวก (+) และเสียบสายวัดสีดำเข้ากับขั้วต่อลบ (COM) 6. วางปลายสายวัดของมัลติมิเตอร์แต่ละสายไปยังขั้วของฟิวส์ทั้ง 2 ขั้ว เพื่อวัดความต่อเนื่องของฟิวส์และบันทึกผลการตรวจสอบ 7. เก็บเครื่องมือ อุปกรณ์ และทำความสะอาด	รุ่น/แบบรถยนต์ที่ฝึกปฏิบัติ .... ฟิวส์ที่ตรวจสอบ ..... ผลการตรวจสอบความต่อเนื่องของฟิวส์ ☐ ต่อเนื่อง ☐ ไม่ต่อเนื่อง สรุปผลการตรวจสอบฟิวส์ ☐ ปกติ ☐ ขาด



ใบงานที่ 5

งานใช้หลอดไฟทดสอบตรวจสอบความต่อเนื่องของวงจรไฟหรี่

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. เตรียมเครื่องมือ วัสดุและอุปกรณ์ได้ถูกต้อง
2. ตรวจสอบความต่อเนื่องในวงจรไฟหรี่โดยใช้หลอดไฟทดสอบได้ถูกต้อง
3. วิเคราะห์ผลการทดสอบความต่อเนื่องในวงจรไฟหรี่ได้ถูกต้อง
4. เก็บเครื่องมือ วัสดุและอุปกรณ์ได้ถูกต้อง

เครื่องมือ วัสดุ และอุปกรณ์

1. รถยนต์ 2.หลอดไฟทดสอบ
3. ไดอะแกรมวงจรไฟฟ้ารถยนต์

ลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงาน	บันทึกผลการปฏิบัติงาน

1. เตรียมเครื่องมือ วัสดุและอุปกรณ์ 2. เปิดคู่มือไดอะแกรมวงจรไฟฟ้ารถยนต์รุ่นที่ฝึกปฏิบัติ 3. ค้นหาสายไฟที่ปลั๊กไฟหรี่ที่ต่อมาจากขั้วบวกแบตเตอรี่ และค้นหาสายไฟที่ต่อไปยังกราวด์ 4. วางปลายสายลบของหลอดไฟทดสอบไปยังขั้วต่อสายไฟที่ปลั๊กไฟหรี่ที่ต่อไปลงกราวด์ 5. วางปลายสายบวกของหลอดไฟทดสอบไปยังจุดที่ต้องการทดสอบที่ขั้วต่อสายไฟที่ปลั๊กไฟหรี่ 6. เปิดสวิตช์ไฟหรี่และสังเกตความสว่างของหลอดไฟทดสอบ พร้อมบันทึกผลการทดสอบ 7. ปิดสวิตช์ไฟหรี่ตำแหน่งปิด (OFF) และถอดปลายสายหลอดไฟทดสอบ ติดตั้งหลอดไฟหรี่เข้ากับปลั๊กขั้วต่อสายไฟ และติดตั้งกลับเข้ากับโคมไฟหรี่ 8. เก็บเครื่องมือ อุปกรณ์ และทำความสะอาด	รุ่น/แบบรถยนต์ที่ฝึกปฏิบัติ..... ..... สีสายไฟที่ปลั๊กไฟหรี่ที่ต่อมาจากขั้วบวกแบตเตอรี่ ..... สีสายไฟที่ปลั๊กไฟหรี่ที่ต่อไปลงกราวด์ ..... ความสว่างของหลอดไฟทดสอบ เมื่อเปิดสวิตช์ไฟหรี่ตำแหน่งเปิด (ON) ☐ สว่าง ☐ ไม่สว่าง สรุปผลการตรวจสอบการขาดวงจรในวงจรไฟหรี่ ☐ ปกติ ☐ ขาดวงจร

แบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 3

เครื่องมือวัดทางไฟฟ้า

คำสั่ง จงทำเครื่องหมายกากบาท (×) ลงหน้าข้อที่ถูกต้องที่สุด

1. ข้อใด**ไม่ใช่**ส่วนประกอบของมัลติมิเตอร์แบบอนาล็อก
   - ก. สายวัด
   - ข. หน้าจอแสดงผลการวัดเป็นตัวเลข
   - ค. สวิตช์เลือกย่านการวัด
   - ง. สกรูปรับค่าศูนย์สเกลวัด
2. ข้อใด**ไม่ใช่**ส่วนประกอบของมัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล
   - ก. สายวัด
   - ข. หน้าจอแสดงผล
   - ค. สวิตช์เลือกย่านการวัด
   - ง. สกรูปรับสเกลศูนย์
3. การใช้มัลติมิเตอร์แบบอนาล็อกปฏิบัติข้อใดเป็นอันดับแรก
   - ก. เลือกย่านการวัด
   - ข. ปรับค่าวัดความต้านทาน
   - ค. ต่อสายวัดมัลติมิเตอร์
   - ง. ปรับค่าศูนย์สเกลวัด
4. เมื่อใช้แอมมิเตอร์วัดกระแสไฟฟ้า ข้อใดกล่าวถูกต้อง

ก. ติดตั้งแบตเตอรี่ใหม่

ข. เปิดวงจรที่ขั้วบวกและขั้วลบของแบตเตอรี่

ค. เชื่อมต่อแอมมิเตอร์คร่อมแบตเตอรี่หรือโหลด

ง. เปิดวงจรในจุดหนึ่งและเชื่อมต่อมิเตอร์อนุกรมกับวงจรที่ปลายทั้งสอง

5. ก่อนเชื่อมต่อโอห์มมิเตอร์กับวงจร ปฏิบัติข้อใดเป็นอันดับแรก

ก. ต่อวงจร

ข. ติดตั้งแบตเตอรี่ใหม่

ค. ตั้งค่าตัวเลือกช่วงการวัดในย่านสูงสุด

ง. ตรวจสอบวงจรด้วยโวลต์มิเตอร์ ว่าไม่มีไฟฟ้าไหลผ่านวงจร

6. ข้อใด**กล่าวไม่ถูกต้อง**เกี่ยวกับการใช้มัลติมิเตอร์วัดความต้านทาน

ก. ค่า “OL” บ่งชี้ถึงค่าจากการวัดเกินค่าจำกัด (ค่าอนันต์)

ข. 0.00 บ่งชี้ถึงไม่มีความต้านทาน

ค. ต่อสายวัดทดสอบของมัลติมิเตอร์ โดยต่ออนุกรมกับภาระ

ง. ต่อมัลติมิเตอร์กับวงจร เมื่อสวิตช์อยู่ในตำแหน่งปิด (Power Off)

7. การวัดความต้านทานของอุปกรณ์ไฟฟ้า หาก**ไม่ทราบค่า**ที่แน่ชัด ให้เลือกย่านวัดใดก่อน

ก. R x 1 ข. x 10

ค. x 1K ง. x 100K

8. การวัดแรงดันไฟฟ้าในรถยนต์ต้องปรับสวิตช์เลือกย่านวัดไปที่ตำแหน่งใด

ก. DCV ข. DCA

ค. ACV ง. ACA

9. ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ถูกใช้วัดค่าทางไฟฟ้า อ่านค่าได้ 3.725 K มีค่าตามข้อใด

ก. 0.3725 โอห์ม ข. 3.725 โอห์ม

ค. 3,725 โอห์ม ง. 3,725,000 โอห์ม

10. หลอดไฟทดสอบ**ไม่สามารถ**ทดสอบอะไรได้

ก. ปริมาณแรงดันไฟฟ้า ข. ความต่อเนื่องของสายไฟและอุปกรณ์

ค. การลงกราวด์ของวงจร ง. การมีกระแสไฟในวงจร

หน่วยที่ 4

แบตเตอรี่

หน่วยที่ 4

แบตเตอรี่

หัวข้อเรื่อง (Topics)

4.1 หน้าที่ของแบตเตอรี่
4.2 โครงสร้างของแบตเตอรี่
4.3 ปฏิกิริยาเคมีภายในแบตเตอรี่
4.4 ความจุแบตเตอรี่
4.5 การประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่
4.6 การบริการและการทดสอบแบตเตอรี่

แนวคิดสำคัญ (Main Idea)

แบตเตอรี่รถยนต์เป็นอุปกรณ์เคมีไฟฟ้าที่จัดเก็บและกำเนิดพลังงานไฟฟ้า เคมีไฟฟ้าจะเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาเคมีของวัสดุที่แตกต่างกันสองชนิด ในน้ำยาอิเล็กโตรไลต์ เมื่อแบตเตอรี่ถูกต่อไปยังภาระทางไฟฟ้า ทำให้เกิดการเปลี่ยนสภาพในการไหลของกระแสไฟฟ้าผ่านไปยังวงจรได้ การบำรุงรักษาแบตเตอรี่ และการทดสอบแบตเตอรี่เป็นสิ่งสำคัญ เพื่อนำไปสู่การบริการแบตเตอรี่ให้อยู่ในสภาพสมบูรณ์และยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่

สมรรถนะย่อย (Element of Competency)

1. แสดงความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับแบตเตอรี่รถยนต์
2. บริการบำรุงรักษาและทดสอบแบตเตอรี่ตามคู่มือการซ่อม

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (Behavioral Objectives)

1. บอกหน้าที่ของแบตเตอรี่ได้ถูกต้อง
2. บอกส่วนประกอบของแบตเตอรี่ได้ถูกต้อง
3. อธิบายการเกิดปฏิกิริยาเคมีภายในแบตเตอรี่ได้ถูกต้อง
4. บอกความหมายของความจุแบตเตอรี่ได้ถูกต้อง
5. อธิบายวิธีการประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่ได้ถูกต้อง
6. อธิบายวิธีการบำรุงรักษาแบตเตอรี่ได้ถูกต้อง
7. อธิบายวิธีการทดสอบแบตเตอรี่ได้ถูกต้อง
8. บำรุงรักษา ตรวจสอบ และทดสอบแบตเตอรี่ได้ถูกต้อง

เนื้อหาสาระ (Content)

แบตเตอรี่รถยนต์เป็นอุปกรณ์เคมีไฟฟ้าที่จัดเก็บและจ่ายพลังงานไฟฟ้า เคมีไฟฟ้าจะเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นระหว่างแผ่นธาตุที่แตกต่างกันที่แช่อยู่ในน้ำยาอิเล็กโตรไลต์ (น้ำยาแบตเตอรี่) ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้น เมื่อแบตเตอรี่ถูกต่อไปยังภาระทางไฟฟ้า เช่นหลอดไฟ จะทำให้เกิดการเปลี่ยนสภาพในการไหลของกระแสไฟฟ้าผ่านไปยังวงจรได้

แบตเตอรี่รถยนต์จะผลิตไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ที่ไหลผ่านวงจรเพียงทิศทางเดียว เมื่อแบตเตอรี่จ่ายกระแสไฟฟ้า แบตเตอรี่จะเปลี่ยนรูปจากพลังงานเคมีไปเป็นพลังงานไฟฟ้า การเปลี่ยนแปลงผ่านแบตเตอรี่นี้จะระบายพลังงานที่กักเก็บไว้ในแบตเตอรี่ ส่วนขณะประจุไฟฟ้า (กระแสจะไหลผ่านแบตเตอรี่จากระบบประจุไฟฟ้า) พลังงานไฟฟ้าจะเปลี่ยนเป็นพลังงานเคมี จากผลลัพธ์นี้แบตเตอรี่จะสามารถกักเก็บพลังงานจนกระทั่งประจุไฟฟ้าเต็ม

ในหน่วยการเรียนนี้จะอธิบายถึงหน้าที่ของแบตเตอรี่ โครงสร้างของแบตเตอรี่ ปฏิกิริยาเคมีภายในแบตเตอรี่ การประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่ การบำรุงรักษาแบตเตอรี่และการทดสอบแบตเตอรี่ ดังหัวข้อต่อไปนี้

4.1 หน้าที่ของแบตเตอรี่

แบตเตอรี่รถยนต์มีหน้าสำคัญที่หลากหลาย ดังนี้

1. แบตเตอรี่เป็นแหล่งพลังงานหลักของรถยนต์ พลังงานแบตเตอรี่สำหรับใช้ในระบบสตาร์ต ระบบจุดระเบิด ระบบประจุไฟฟ้า ระบบไฟแสงสว่าง ระบบอำนวยความสะดวก และอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่น ๆ

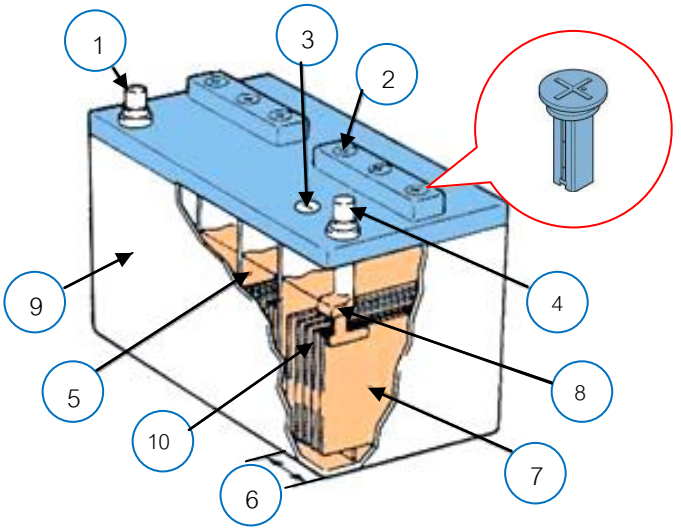
2. ขณะเครื่องยนต์ดับ แบตเตอรี่เป็นแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าสำหรับการทำงานของระบบไฟแสงสว่างและอุปกรณ์อำนวยความสะดวกของรถยนต์

3. ขณะสตาร์ตเครื่องยนต์ ระบบประจุไฟฟ้าจัดเตรียมพลังงานเพื่อการทำงานของมอเตอร์สตาร์ตและระบบจุดระเบิด

4. ขณะเครื่องยนต์ทำงาน แบตเตอรี่จะทำหน้าที่รักษาแรงดันไฟฟ้าให้มีความเสถียรเพื่อป้องกันวงจรไฟฟ้า อุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ที่ไวต่อการเสียหาย และจัดเก็บพลังงานไฟฟ้าไว้ เพื่อนำไปใช้ในระบบไฟฟ้ารถยนต์

4.2 โครงสร้างของแบตเตอรี่

โครงสร้างส่วนประกอบของแบตเตอรี่ แสดงดังรูปที่ 4.1 มีชิ้นส่วนดังนี้

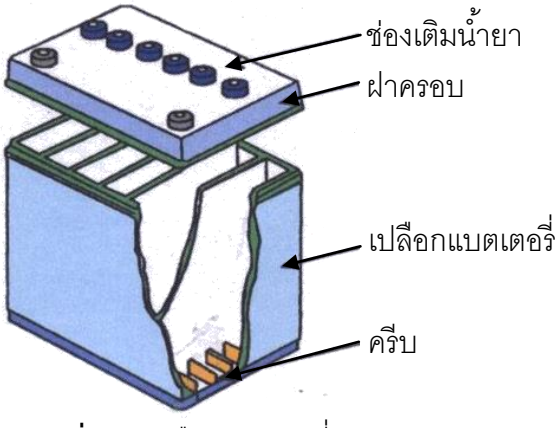


1. ขั้วบวก
2. ฝาปิดช่องระบาย
3. ช่องมองบอกสภาพ
4. ขั้วลบ
5. น้ำยาอิเล็กโตรไลต์
6. เซลล์
7. แผ่นธาตุ
8. สะพานไฟ
9. เปลือกแบตเตอรี่
10. แผ่นกั้น

รูปที่ 4.1 โครงสร้างแบตเตอรี่

4.2.1 เปลือกแบตเตอรี่ (Battery Case)

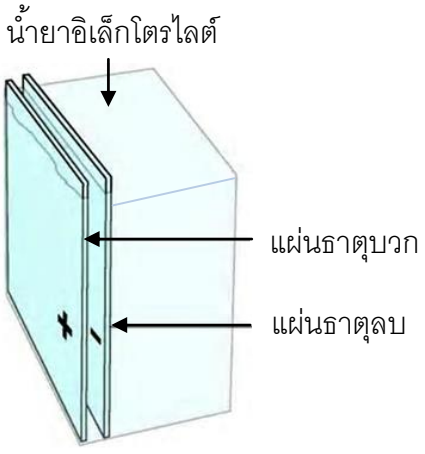
เปลือกแบตเตอรี่ทำจากพลาสติกหรือยางแข็ง ทำหน้าที่รองรับและห่อหุ้มอุปกรณ์ทั้งหมดภายในแบตเตอรี่ เปลือกแบตเตอรี่จะแบ่งเป็นช่อง ๆ สำหรับใส่แผ่นธาตุและน้ำยาอิเล็กโตรไลต์ ด้านล่างจะมีครีบเพื่อเสริมความแข็งแรงและให้ผงตะกอนของตะกั่วกองอยู่ด้านล่าง ส่วนด้านนอกจะมีตัวอักษรบอกขนาดความจุของแบตเตอรี่ และมีขีดบอกระดับของน้ำยาแบตเตอรี่



รูปที่ 4.2 เปลือกแบตเตอรี่

4.2.2 แผ่นธาตุ (Plates)

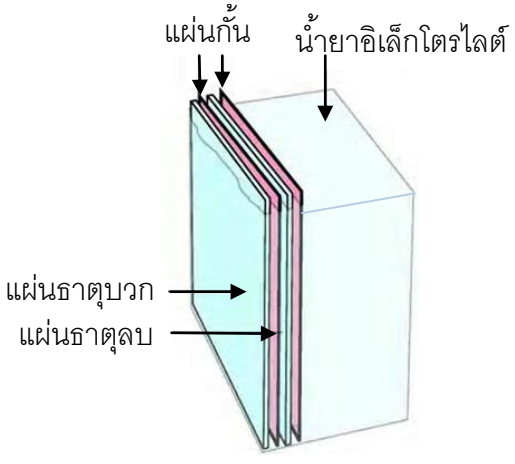
แผ่นธาตุประกอบด้วยแผ่นธาตุบวก ทำจากตะกั่วเปอร์ออกไซด์ (PbO_2) และแผ่นธาตุลบทำจากตะกั่วบริสุทธิ์ (Pb) ซึ่งแผ่นธาตุทั้งสองจะวางเรียงซ้อนสลับกันในแต่ละเซลล์ โดยระหว่างแผ่นธาตุทั้งสองจะถูกกั้นไม่ให้สัมผัสกันด้วยแผ่นกั้น ขณะที่พื้นที่ผิวสัมผัสแผ่นธาตุเพิ่มขึ้นจะผลิตความจุกระแสของแบตเตอรี่ ซึ่งจะถูกกำหนดโดยขนาดแผ่นธาตุแต่ละแผ่น



รูปที่ 4.3 แผ่นธาตุ

4.2.3 แผ่นกั้น (Separators)

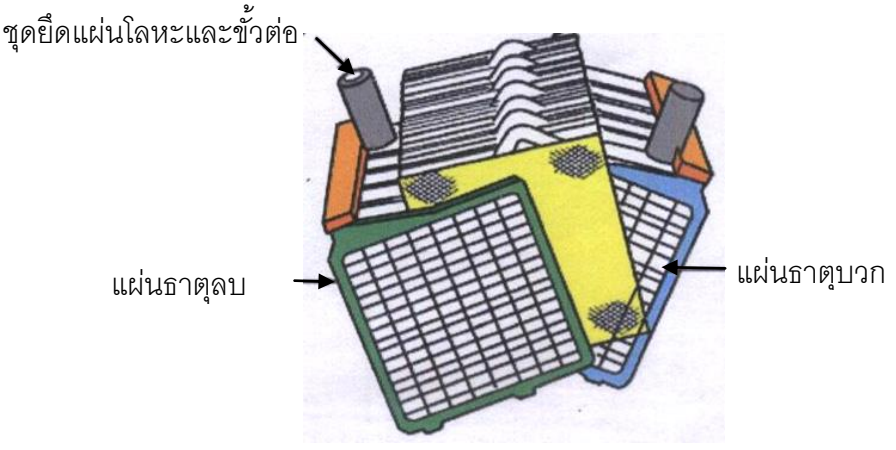
แผ่นธาตุถูกแยกออกจากกันโดยมีแผ่นกั้นบางคั่นกลาง แผ่นกั้นทำจากไฟเบอร์กลาสหรือยางแข็งเจาะรูพรุนซึ่งยอมให้น้ำยาอิเล็กโตรไลต์ไหลผ่านได้อย่างอิสระระหว่างแผ่นธาตุได้ อย่างไรก็ตามแผ่นกั้นจะป้องกันไม่ให้แผ่นธาตุบวกและแผ่นธาตุลบสัมผัสกัน และป้องกันการลัดวงจร



รูปที่ 4.4 แผ่นกั้น

4.2.4 เซลล์ (Cells)

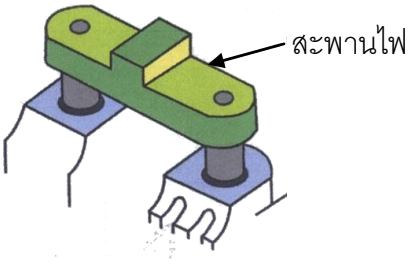
แบตเตอรี่แบบตะกั่วกรด จะรวมไว้ภายในเซลล์ ซึ่งแต่ละเซลล์ประกอบด้วยแผ่นธาตุบวกและแผ่นธาตุลบจำนวนมากแช่อยู่ในน้ำยาอิเล็กโตรไลต์ ซึ่งแต่ละเซลล์จะผลิตแรงเคลื่อนไฟฟ้าประมาณ 2.1 โวลต์ ต่อเข้าด้วยกันแบบอนุกรม ดังนั้นถ้าแบตเตอรี่มี 6 เซลล์ จะเท่ากับ 6×2.1 โวลต์ เท่ากับ 12.6 โวลต์



รูปที่ 4.5 เซลล์

4.2.5 สะพานไฟ (Cell Connectors)

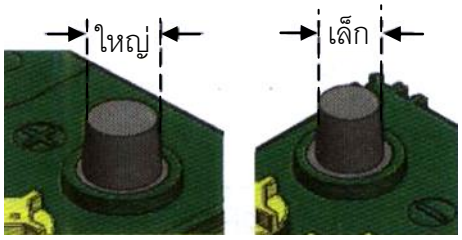
สะพานไฟเป็นตะกั่วหล่อเป็นแท่งต่อรวมเข้าด้วยกันแบบอนุกรมระหว่างเซลล์แต่ละเซลล์ เพื่อให้ได้แรงเคลื่อนไฟฟ้าตามความต้องการ เช่น ถ้าต่อรวมกัน 6 ช่อง จะได้ 12 โวลต์



รูปที่ 4.6 สะพานไฟ

4.2.6 ขั้วแบตเตอรี่ (Battery Pole)

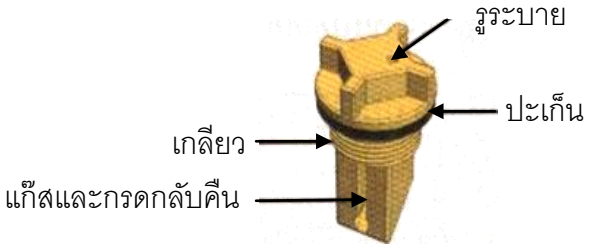
ขั้วแบตเตอรี่เป็นตะกั่วแท่งกลมโผล่พ้นออกจากเปลือกแบตเตอรี่ขึ้นมาภายนอก ขั้วทั้งสองนี้จะเป็นจุดรวมของแผ่นธาตุบวกและแผ่นธาตุลบ แรงเคลื่อนไฟฟ้ารวมของแบตเตอรี่จะวัดได้จากขั้วทั้งสองนี้ โดยปกติขั้วบวกจะใหญ่กว่าขั้วลบ และมีการทำเครื่องหมายบวกและลบที่ขั้วแบตเตอรี่ หรือทำเครื่องหมายที่เปลือกบนของแบตเตอรี่ เพื่อหลีกเลี่ยงการต่อขั้วผิด



รูปที่ 4.7 ขั้วแบตเตอรี่

4.2.7 ฝาปิดช่องระบาย (Vented Caps)

ฝาปิดช่องระบายทำจากพลาสติกติดตั้งบนฝาเซลล์ เพื่อป้องกันฝุ่นละอองที่จะเข้าไปในเซลล์ แบตเตอรี่ส่วนมากจะมีฝาปิดช่องระบาย ซึ่งสามารถถอดเข้าออกได้ เพื่อตรวจระดับน้ำยาอิเล็กโตรไลต์ และสามารถเติมน้ำกลั่นเมื่อระดับน้ำยาลดลง ฝาปิดช่องระบายจะยอมให้แก๊สไฮโดรเจนระบายออกได้ ขณะประจุไฟฟ้า

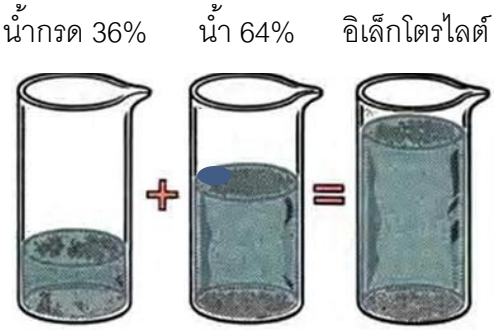


รูปที่ 4.8 ฝาปิดช่องระบาย

4.2.8 น้ำยาอิเล็กโตรไลต์ (Electrolyte)

น้ำยาอิเล็กโตรไลต์เป็นส่วนผสมของกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) และน้ำ (H_2O) ซึ่งจะทำปฏิกิริยาเคมี โดยการกระตุ้นวัสดุของแผ่นธาตุเพื่อผลิตแรงเคลื่อนไฟฟ้า ความเข้มข้นของน้ำยาอิเล็กโตรไลต์ทำให้แบตเตอรี่ได้รับการประจุแทนที่น้ำยาอิเล็กโตรไลต์ในการระบายแบตเตอรี่โดยน้ำหนัก น้ำยาอิเล็กโตรไลต์ใน

การประจุแบตเตอรี่ที่มีไฟเต็มจะมีสัดส่วนน้ำกรด 36% และน้ำ 64% ค่าความถ่วงจำเพาะ (ถ.พ.) ของน้ำมีค่า 1.000 น้ำกรดมีค่า ถ.พ. 1.835 จะได้น้ำยาอิเล็กโตรไลต์ ซึ่งมีค่า ถ.พ. 1.270



รูปที่ 4.9 น้ำยาอิเล็กโตรไลต์

4.3 ปฏิกิริยาเคมีภายในแบตเตอรี่

หน้าที่ของเซลล์ตะกั่วกรดจะอยู่ภายใต้ปฏิกิริยาเคมีอย่างง่าย เมื่อโลหะ 2 ชนิดที่แตกต่างกันแช่อยู่ในสารละลายน้ำกรด ผลของปฏิกิริยาเคมีจะผลิตแรงดันไฟฟ้า ซึ่งใช้ปฏิกิริยานี้ ตะกั่วกรดสามารถประจุไฟฟ้าและจ่ายประจุไฟฟ้าได้ การทำงานของแบตเตอรี่มี 4 กระบวนการ เป็นวัฏจักรดังนี้

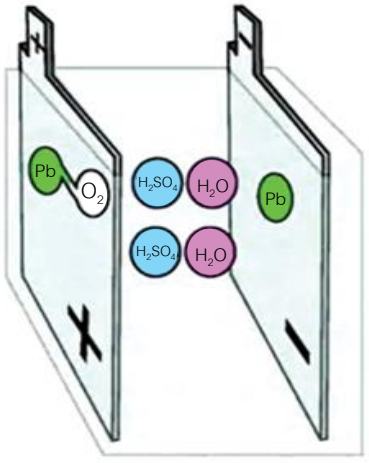
4.3.1 ขณะแบตเตอรี่มีประจุไฟเต็ม

1) ขณะแบตเตอรี่มีประจุไฟเต็ม แผ่นธาตุบวกจะมีสภาพเป็นตะกั่วเปอร์ออกไซด์ (PbO_2)

2) แผ่นธาตุลบเป็นตะกั่วบริสุทธิ์ (Pb)

3) น้ำยาอิเล็กโตรไลต์ ประกอบด้วยน้ำ (H_2O) และกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4)

4) เมื่อแบตเตอรี่ประจุไฟฟ้าเต็ม จะมีค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 1.265 ที่อุณหภูมิ 80 °F (26.7 °C)



รูปที่ 4.10 ขณะแบตเตอรี่มีประจุไฟฟ้าเต็ม

4.3.2 ขณะแบตเตอรี่จ่ายกระแสไฟ

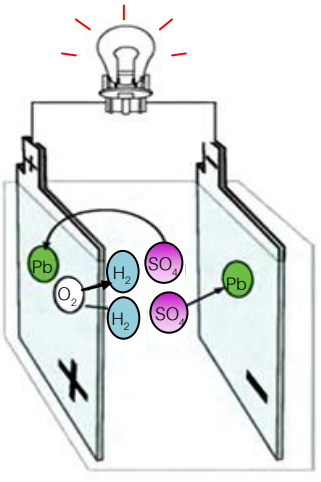
1) เมื่อนำอุปกรณ์ไฟฟ้ามาต่อเข้ากับแบตเตอรี่ เช่นหลอดไฟ แบตเตอรี่จะจ่ายกระแสไฟฟ้าจากปฏิกิริยาเคมีระหว่างการกระตุ้นวัสดุของแผ่นธาตุบวกและแผ่นธาตุลบ และน้ำยาอิเล็กโตรไลต์จะระบายพลังงานไฟฟ้า

2) กระแสไหลในเซลล์จากแผ่นธาตุลบไปยังแผ่นธาตุบวก

3) น้ำยาอิเล็กโตรไลต์จะแยกตัวไปยังไฮโดรเจน (H_2) และซัลเฟต (SO_4)

4) ซัลเฟตอิสระรวมตัวกับตะกั่ว (ทั้งตะกั่วเปอร์ออกไซด์และตะกั่วบริสุทธิ์) จะกลายสภาพเป็นตะกั่วซัลเฟต ($PbSO_4$)

5) ไฮโดรเจนอิสระและออกซิเจนรวมตัวกันในรูปของน้ำ ทำให้อิเล็กโตรไลต์เจือจางลง

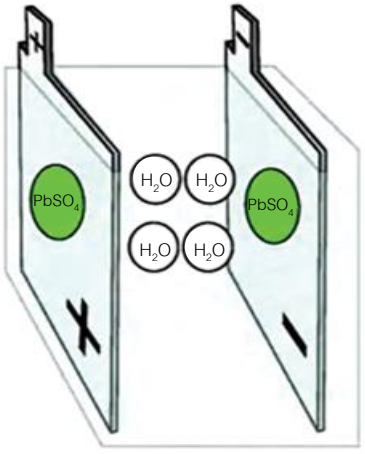


รูปที่ 4.11 ขณะแบตเตอรี่จ่ายกระแสไฟฟ้า

4.3.3 ขณะจ่ายกระแสไฟฟ้าหมด

1) แผ่นธาตุทั้งสองจะกลายเป็นซัลเฟต

2) อิเล็กโตรไลต์จะทำให้เจือจางคล้ายกับน้ำ



รูปที่ 4.12 ขณะจ่ายกระแสไฟฟ้าหมด

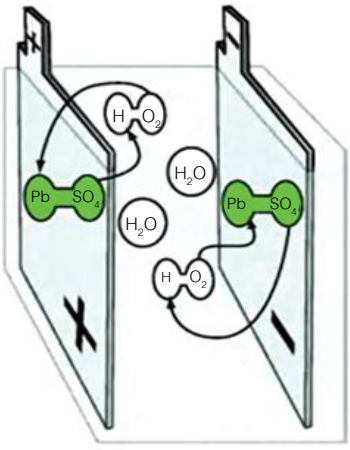
4.3.4 ขณะประจุไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่

1) ปฏิกิริยาเคมีกลับจะทำให้เกิดการประจุไฟฟ้ากลับไปยังแบตเตอรี่ ซึ่งอาศัยไฟฟ้าจากภายนอก เช่นอัลเทอร์เนเตอร์หรือเครื่องประจุไฟฟ้า

2) ซัลเฟต (SO_4) จะแยกตัวออกจากแผ่นธาตุบวกและแผ่นธาตุลบ และรวมตัวกับไฮโดรเจน (H_2) กลายเป็นกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4)

3) แก๊สไฮโดรเจนจะเกิดขึ้นที่แผ่นธาตุลบ และออกซิเจนจะเกิดขึ้นที่แผ่นธาตุบวก

4) ออกซิเจนอิสระรวมตัวกับตะกั่ว (Pb) ที่แผ่นธาตุบวกกลายเป็นตะกั่วเปอร์ออกไซด์ (PbO_2)จากผลลัพธ์นี้แผ่นธาตุลบจะกลับมาอยู่ในรูปของตะกั่วบริสุทธิ์ (Pb) แผ่นธาตุบวกจะกลายเป็นตะกั่วเปอร์ออกไซด์ (PbO_2) เหมือนกับขณะมีประจุไฟฟ้าเต็มดังเดิม



รูปที่ 4.13 ขณะประจุไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่

4.4 ความจุแบตเตอรี่

แบตเตอรี่รถยนต์ต้องสามารถหมุนเพลาข้อเหวี่ยงของเครื่องยนต์สำหรับการติดเครื่องยนต์ และยังรักษาความจุไว้สำหรับการทำงานของระบบไฟฟ้ารถยนต์

ความจุแบตเตอรี่ คือปริมาณของพลังงานไฟฟ้าแบตเตอรี่ที่จ่ายได้เมื่อประจุไฟฟ้าเต็มที่ ซึ่งจะกำหนดโดยขนาดของแผ่นธาตุและจำนวนของแผ่นธาตุทั้งหมด รวมทั้งปริมาตรและความเข้มข้นของน้ำยาอิเล็กโตร–ไลต์ในแบตเตอรี่ ความจุแบตเตอรี่จะบอกอัตราการจ่ายกระแสไฟฟ้าของแบตเตอรี่ต่อชั่วโมงหรือแอมแปร์/ชั่วโมง (AH) เช่น 60 AH 80 AH เป็นต้น โดยจะเทียบกับอัตราภายใน 20 ชั่วโมง ตัวอย่างเช่นแบตเตอรี่ที่มีความจุ 80 แอมป์–ชั่วโมง จะมีความสามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้ 4 แอมแปร์ เป็นเวลานาน 20 ชั่วโมง จนแรงเคลื่อนไฟฟ้าลดลง 10.5 โวลต์

4.5 การประจุไฟแบตเตอรี่

การเกิดปฏิกิริยาเคมีกลับจะทำให้เกิดการประจุไฟฟ้ากลับไปยังแบตเตอรี่ ซึ่งอาศัยแหล่งไฟฟ้าจากภายนอก เช่น อัลเทอร์เนเตอร์หรือเครื่องประจุไฟฟ้า (Battery Charger) ทำให้แบตเตอรี่เก็บประจุไฟฟ้าไว้เพียงพอกับความต้องการใช้งานของระบบไฟฟ้ารถยนต์ อย่างไรก็ตามหากมีความจำเป็นต้องมีการประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่ด้านนอกรถยนต์ จำเป็นต้องถอดแบตเตอรี่ออกมาภายนอก เพื่อทำการประจุไฟฟ้าโดยใช้เครื่องประจุไฟฟ้า

4.5.1 วิธีการประจุไฟแบตเตอรี่

วิธีการประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่ โดยทั่วไปมี 2 วิธี คือ การประจุแบบเร็วและการประจุแบบช้า มีรายละเอียดดังนี้

รูปที่ 4.14 เครื่องประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่

1. **การประจุแบบเร็ว** (Fast Charging) ใช้เพื่อประจุแบตเตอรี่ในระยะเวลาสั้น ด้วยอัตรากระแสสูง การประจุแบบเร็วทำให้แบตเตอรี่มีอายุการใช้งานสั้นลง แบตเตอรี่แบบบำรุงรักษาต่ำไม่สามารถประจุไฟฟ้าแบบเร็วได้

การเตรียมการประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่

(1) ทำความสะอาดสิ่งสกปรก ฝุ่นละออง หรือสนิม การกัดกร่อนออกไปจากแบตเตอรี่และทำความสะอาดขั้วแบตเตอรี่

(2) ตรวจสอบระดับน้ำยาอิเล็กโตรไลต์และเติมน้ำกลั่นแบตเตอรี่เมื่อจำเป็น

(3) ถ้าประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่ ขณะที่ติดตั้งบนรถยนต์ ต้องถอดขั้วต่อสายเคเบิลออกจากขั้วลบและขั้วบวกแบตเตอรี่ (ข้อควรระวัง : ถอดขั้วต่อสายเคเบิลขั้วลบออกเป็นอันดับแรก และถอดขั้วต่อสายเคเบิลขั้วบวกออกเป็นอันดับสุดท้าย)

(4) เลือกกระแสประจุไฟฟ้าและระยะเวลาสำหรับการประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่

(ก) เครื่องประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่บางแบบมีอุปกรณ์ทดสอบสำหรับเลือกกระแสประจุไฟฟ้าและระยะเวลาที่ต้องการประจุไฟฟ้า

(ข) ถ้าเครื่องประจุไฟฟ้าไม่มีอุปกรณ์ทดสอบ อ้างอิงถึงชาร์ตระบุกระแสไฟฟ้าและระยะเวลาการประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่

ตารางที่ 4.1 อัตราการประจุไฟฟ้าสำหรับการจ่ายประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่เต็มที่

อัตราความจุ	อัตรา 20 ชั่วโมง	5 แอมแปร์	10 แอมแปร์	20 แอมแปร์	30 แอมแปร์	40 แอมแปร์
75 นาที หรือ น้อยกว่า	50 AH หรือ น้อยกว่า	10 ชั่วโมง	5 ชั่วโมง	$2\frac{1}{2}$ ชั่วโมง	2 ชั่วโมง	
มากกว่า 75–115 นาที	มากกว่า 50–75 AH	15 ชั่วโมง	$7\frac{1}{2}$ ชั่วโมง	$3\frac{1}{2}$ ชั่วโมง	$2\frac{1}{2}$ ชั่วโมง	2 ชั่วโมง
มากกว่า 115–160 นาที	มากกว่า 75–100 AH	20 ชั่วโมง	10 ชั่วโมง	5 ชั่วโมง	3 ชั่วโมง	$2\frac{1}{2}$ ชั่วโมง
มากกว่า 160–245 นาที	มากกว่า 100–150 AH	30 ชั่วโมง	15 ชั่วโมง	$7\frac{1}{2}$ ชั่วโมง	5 ชั่วโมง	$3\frac{1}{2}$ ชั่วโมง

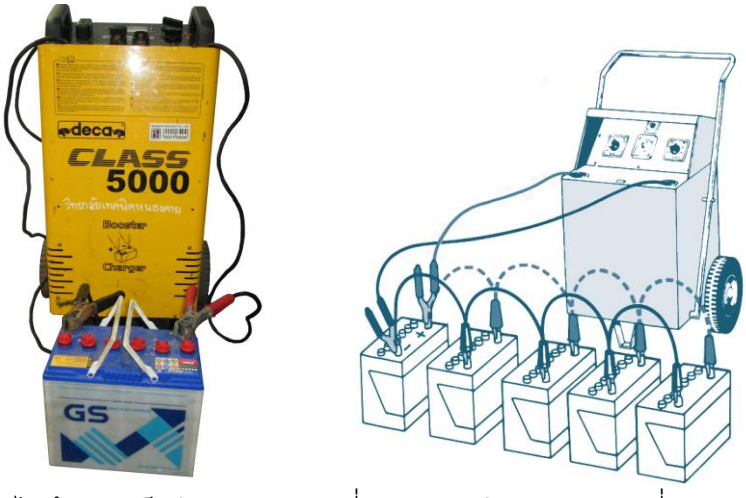
(**ที่มา** : Toyota Motor Sales, U.S.A. Inc.)

การใช้เครื่องประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่

(1) ปิดสวิตช์ควบคุมหลัก (Main Switch) และสวิตช์เลือกเวลาการประจุ (Timer) อยู่ในตำแหน่งปิด (Off) และสวิตช์ปรับกระแสไว้ที่ตำแหน่งต่ำสุด (Minimum)

(2) คีบสายบวก (สีแดง) ของเครื่องประจุไฟฟ้าที่ขั้วบวกแบตเตอรี่ (+) และคีบสายลบ (สีดำ) ของเครื่องประจุไฟฟ้าที่ขั้วลบแบตเตอรี่ (–)

กรณีมีแบตเตอรี่มากกว่า 1 ลูก ในการประจุไฟฟ้าแบบเร็วจะนำแบตเตอรี่มาต่อกันแบบขนาน ดังแสดงในรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.15 การประจุไฟฟ้าแบบเร็วสำหรับแบตเตอรี่ 1 ลูกและสำหรับแบตเตอรี่หลายลูก (ต่อแบบขนาน)

(3) เสียบปลั๊กไฟฟ้าของเครื่องประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่ไปยังแหล่งจ่ายไฟ 220 โวลต์

(4) ปรับสวิตช์แรงดันไฟฟ้าให้ตรงกับแรงดันแบตเตอรี่ให้ถูกต้อง (เช่น 6 โวลต์ 12 โวลต์)

(5) ปรับสวิตช์ควบคุมหลักไปยังตำแหน่งเปิด (On)

(6) ปรับสวิตช์ปรับตั้งเวลา (Timer) และปรับกระแสไฟฟ้าที่ต้องการ (อ้างอิงตามชาร์ตตารางอัตราการประจุไฟฟ้า)

(7) ตรวจสอบสภาพการประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่ โดยใช้มัลติมิเตอร์วัดแรงดันไฟฟ้าภายหลังปรับสวิตช์ปรับตั้งเวลาอยู่ในตำแหน่งปิด (Off)

แรงดันไฟฟ้าที่ถูกต้อง คือ 12.6 โวลต์ หรือสูงกว่า ถ้าแรงดันไฟฟ้าไม่เพิ่มขึ้นหรือเท่าเดิม และแก๊สไม่ระบายออก บ่งชี้ถึงแบตเตอรี่เกิดปัญหาขึ้น เช่น การลัดวงจรภายในแบตเตอรี่

(8) เมื่อแรงดันไฟฟ้าแบตเตอรี่เพิ่มขึ้น การอ่านค่าที่ถูกต้อง เท่ากับ12.6 โวลต์หรือสูงกว่า

(ก) ปรับสวิตช์กระแสไฟฟ้าไว้ที่ตำแหน่งต่ำสุด

(ข) หมุนปิดสวิตช์ควบคุมหลัก

(ค) ปลดสายเครื่องประจุไฟฟ้าออกจากขั้วแบตเตอรี่ทั้งสอง

(ง) ล้างทำความสะอาดเรือนแบตเตอรี่ ขจัดกรดที่ระบายออกมาให้หมด

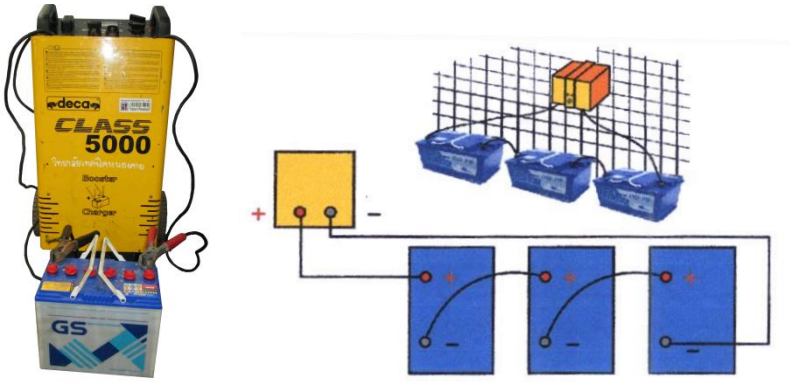
2. **การประจุแบบช้า** (Slow Charging) อัตราการประจุไฟฟ้าที่สูงจากการประจุแบบเร็วไม่ดีสำหรับการประจุแบตเตอรี่ที่สมบูรณ์ ดังนั้นเพื่อให้การประจุไฟฟ้าที่สมบูรณ์ จะใช้การประจุไฟฟ้าแบบช้า ซึ่งจะทำให้การประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่เป็นไปอย่างสมบูรณ์ และช่วยยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ โดยการเลือกกระแสไฟฟ้าที่ต้องการ ขั้นตอนการประจุไฟฟ้าแบบช้าจะเหมือนกับการประจุไฟฟ้าแบบเร็ว เว้นแต่รายละเอียดดังนี้

(1) กระแสไฟฟ้าสูงสุด ควรน้อยกว่า 1/10 ของความจุแบตเตอรี่ ยกตัวอย่างเช่น แบตเตอรี่ความจุ 60 AH ควรปรับกระแสไฟฟ้าไว้ที่ 6 แอมแปร์ หรือน้อยกว่า

(2) ปรับสวิตช์ไปตำแหน่งช้า

(3) ปรับสวิตช์ควบคุมกระแสไฟฟ้าอีกครั้งถ้าต้องการเพิ่มกระแสไฟฟ้าขณะประจุไฟฟ้า

(ก) ถ้าประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่มากกว่า 1 ลูก ให้นำแบตเตอรี่มาต่อกันแบบอนุกรม จากนั้นปรับอัตราประจุไฟฟ้าตามความจุของแบตเตอรี่ที่มีความจุน้อยที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.16 การประจุไฟฟ้าแบบช้าสำหรับแบตเตอรี่ 1 ลูกและสำหรับแบตเตอรี่หลายลูก (ต่อแบบอนุกรม)

(ข) เมื่อแบตเตอรี่ประจุไฟฟ้าใกล้เต็ม สังเกตแก๊สไฮโดรเจนระบายออก เมื่อไม่มีแรงดันแบตเตอรี่เพิ่มขึ้นต่อไปอีก นานกว่าหนึ่งชั่วโมง แสดงว่าแบตเตอรี่ถูกประจุไฟฟ้าอย่างสมบูรณ์

(ค) แรงดันไฟฟ้าแบตเตอรี่ 12.6 โวลต์ หรือสูงกว่า

4.5.2 ข้อควรระวังการประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่

1. ตรวจระดับน้ำกรดแบตเตอรี่ หากระดับน้ำกรดไม่เพียงพอให้เติมน้ำกลั่นแบตเตอรี่จนถึงระดับขีดบน หลีกเลี่ยงการเติมน้ำกลั่นมากเกินไป และอย่าเติมน้ำกรดลงไปจะทำให้ประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ลดลง
2. เปิดฝาปิดช่องเติมน้ำกลั่นออกทุกช่องขณะประจุไฟฟ้า เพื่อระบายแก๊สไฮโดรเจนออก
3. ห้ามทำให้เกิดประกายไฟ หรือสูบบุหรี่บริเวณใกล้ ๆ ที่มีการประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่ เนื่องจากแก๊สไฮโดรเจนที่ระบายออกมาจะรวมตัวกับออกซิเจนที่มีอยู่โดยรอบบริเวณประจุไฟฟ้า สามารถทำให้ติดไฟได้หรืออาจเกิดการระเบิดได้
4. ควรประจุแบตเตอรี่ในบริเวณที่มีอากาศถ่ายเทได้สะดวก
5. หากแบตเตอรี่มีอุณหภูมิสูงผิดปกติ ให้ปรับลดอัตรากระแสไฟฟ้าการประจุลง
6. อย่าปลดสายเครื่องประจุไฟฟ้าออกจากขั้วแบตเตอรี่ ขณะได้รับการประจุไฟฟ้าอยู่ ให้ปิดสวิตช์เครื่องประจุไฟฟ้าก่อน ก่อนที่จะปลดออก
7. ระมัดระวังอย่าให้น้ำกรดถูกร่างกายและเสื้อผ้า ถ้าน้ำกรดกระจายบนผิวหนังหรือเข้าไปในดวงตา รีบใช้น้ำชะล้างออกในปริมาณมาก ๆ และรีบไปพบแพทย์ทันที
8. หากประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่ ขณะติดตั้งบนรถยนต์ให้ถอดขั้วลบและขั้วบวกแบตเตอรี่ออกก่อน เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหายกับไดโอดในอัลเทอร์เนเตอร์ และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ซึ่งไวต่อการเสียหาย

4.6 การบริการและการทดสอบแบตเตอรี่

การบริการและการทดสอบแบตเตอรี่เป็นสิ่งสำคัญของการบริการระบบไฟฟ้ารถยนต์ ซึ่งจะต้องมีการบริการก่อนการทดสอบอื่น ๆ ซึ่งจะต้องแน่ใจว่าแบตเตอรี่มีประจุไฟฟ้าเต็ม หากแบตเตอรี่มีการรั่วไหลของกระแสไฟฟ้าหรือมีไฟอ่อน จะส่งผลต่อการสตาร์ตเครื่องยนต์ แบตเตอรี่นับได้ว่าเป็นหัวใจสำคัญของระบบไฟฟ้ารถยนต์ ดังนั้นไม่ควรละเลยการตรวจสอบเมื่อมีการบริการหรือแก้ไขปัญหาระบบไฟฟ้ารถยนต์

การบริการและการทดสอบแบตเตอรี่มีหลากหลาย เช่น การทำความสะอาดแบตเตอรี่และขั้วแบตเตอรี่ การตรวจสอบทางกายภาพ การทดสอบความถ่วงจำเพาะของน้ำยาอิเล็กโตรไลต์แบตเตอรี่ การประจุไฟฟ้า การทดสอบแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ การทดสอบภาระของแบตเตอรี่ การทดสอบการระบายแบตเตอรี่ เมื่อไรก็ตามที่มีการบริการและการทดสอบแบตเตอรี่ ควรปฏิบัติตามข้อควรระวัง ก่อนจะมีการบริการและทดสอบแบตเตอรี่ดังกล่าว เพื่อป้องกันอุบัติเหตุที่อาจจะเกิดขึ้นได้ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.6.1 ข้อควรระวังทั่วไปในการบริการและทดสอบแบตเตอรี่

1. สวมถุงมือยางและแว่นนิรภัย
2. อย่าทำให้เกิดประกายไฟ เครื่องมือที่ใกล้แบตเตอรี่อาจทำให้เกิดประกายไฟได้
3. อย่าวางเครื่องมือบนแบตเตอรี่
4. ถ้าจำเป็นต้องถอดขั้วสายเคเบิลแบตเตอรี่ ให้ถอดขั้วลบแบตเตอรี่ออกเป็นอันดับแรก
5. เมื่อต่อขั้วสายเคเบิลแบตเตอรี่คืนกลับ ให้ต่อขั้วบวกแบตเตอรี่ก่อนเป็นอันดับแรก และต่อขั้วลบเป็นอันดับสุดท้าย
6. อย่าใช้ขั้วลบแบตเตอรี่เป็นกราวด์ เมื่อตรวจสอบประกายไฟหัวเทียน ซึ่งจะทำให้เกิดการระเบิดได้
7. ห้ามทดลองไฟ โดยใช้เครื่องมือคร่อมสัมผัสกับขั้วแบตเตอรี่ทั้งสอง จะทำให้เกิดการลัดวงจร เป็นเหตุให้เกิดการระเบิดได้
8. ห้ามสวมแหวนหรือนาฬิกาขณะบริการแบตเตอรี่ สิ่งเหล่านี้จะเป็นตัวนำไฟฟ้าอย่างดี เป็นเหตุให้เกิดการไหม้ได้ ถ้ากระแสไฟฟ้าไหลผ่านจากการสัมผัสขั้วบวกแบตเตอรี่และกราวด์ (ลัดวงจร)
9. ระวังอย่าทำให้น้ำยาอิเล็กโตรไลต์เข้าไปในดวงตา ผิวหนัง หรือส่วนใดส่วนหนึ่งของร่างกาย รวมทั้งส่วนใดส่วนหนึ่งของรถยนต์
10. ตรวจสอบขั้นตอนการทดสอบแบตเตอรี่ การประจุไฟฟ้า และการพ่วงสายเคเบิลระหว่างแบตเตอรี่ทั้งสองอย่างใกล้ชิด

4.6.2 การบำรุงรักษาแบตเตอรี่

การบริการแบตเตอรี่ควรเริ่มต้นจากการตรวจสอบทางกายภาพของเบตเตอรี่ก่อนเสมอ เช่น ตรวจสอบสิ่งที่มองเห็นได้ง่าย ปัญหาที่พบได้ง่าย ซึ่งเป็นปัญหาทั่วไปที่พบ มีรายละเอียดดังนี้

1. ตรวจสอบการแตกร้าวของเปลือกแบตเตอรี่ โดยเฉพาะรอบ ๆ ขั้วแบตเตอรี่ ซึ่งมักจะเกิดการเสียหายที่ขั้ว เนื่องจากการถอดและติดตั้งขั้วสายแบตเตอรี่ ควรเปลี่ยนแบตเตอรี่ใหม่ถ้าพบร่องรอยการชำรุดเสียหาย

2. ตรวจสอบการร้าวหรือแตกของสายเคเบิล หรือขั้วต่อ ควรเปลี่ยนสายเคเบิลหรือขั้วต่อเมื่อจำเป็น

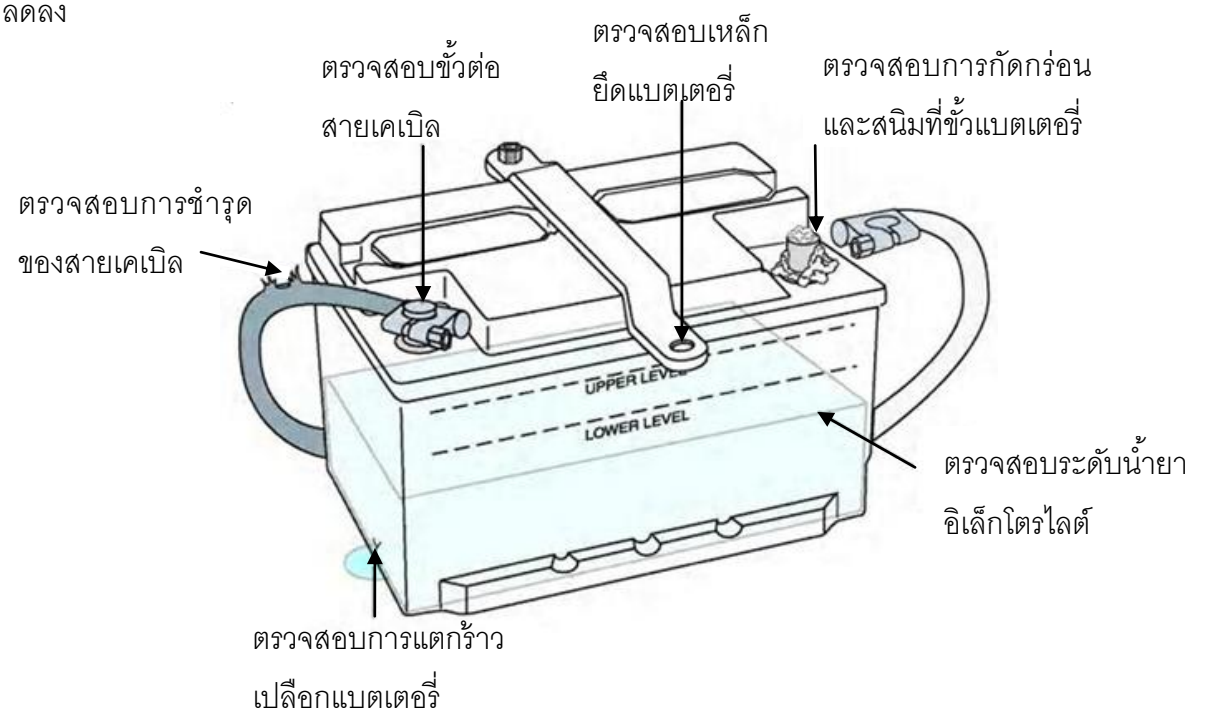
3. ตรวจสอบการกัดกร่อนบนขั้วแบตเตอรี่ และสิ่งสกปรกหรือกรดบนเปลือกแบตเตอรี่ด้านบน ทำความสะอาดขั้วแบตเตอรี่และเปลือกแบตเตอรี่ด้วยส่วนผสมของน้ำและเบกิ้งโซดา และใช้เครื่องมือทำความสะอาด หากไม่มีใช้แปรงลวดหรือกระดาษทรายขัดสนิมที่ขั้วแบตเตอรี่

รูปที่ 4.17 การใช้เครื่องมือทำความสะอาดขั้วแบตเตอรี่และขั้วสายแบตเตอรี่

4. ตรวจสอบการหลวมคลอนของขั้วสายแบตเตอรี่ ขันให้แน่นเมื่อจำเป็น

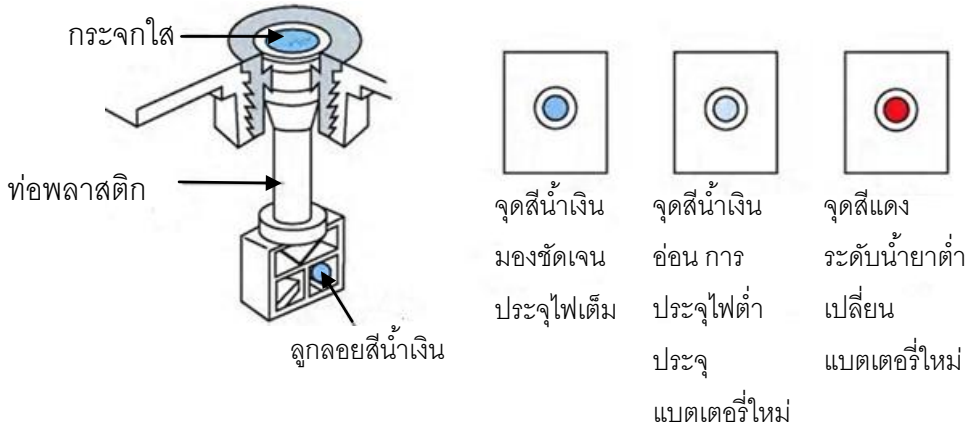
รูปที่ 4.18 การขันขั้วแบตเตอรี่ให้แน่น

5. ตรวจระดับน้ำยาอิเล็กโตรไลต์ ควรอยู่ระดับขีดบนของเปลือกแบตเตอรี่ เติมน้ำกลั่นเมื่อจำเป็น หลีกเลี่ยงการเติมน้ำกลั่นมากเกินไป และอย่าเติมน้ำกรดลงไป จะทำให้ประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ลดลง



รูปที่ 4.19 การตรวจสอบทางกายภาพของแบตเตอรี่

6. ตรวจสอบเครื่องหมายแสดงค่าความถ่วงจำเพาะและระดับน้ำยาอิเล็กโตรไลต์ที่ช่องมองกระจกใสบนเปลือกแบตเตอรี่ (แบตเตอรี่บางแบบ) ซึ่งง่ายต่อการตรวจสอบ ดังแสดงในรูปที่ 4.20



รูปที่ 4.20 เครื่องหมายแสดงค่าความถ่วงจำเพาะและระดับน้ำยาแบตเตอรี่

1) ถ้าแสดงด้วยจุดสีแดง บ่งชี้ว่าน้ำกรดแบตเตอรี่เจือจาง สภาพการประจุไฟฟ้าต่ำ และระดับน้ำยาแบตเตอรี่ต่ำ ควรเปลี่ยนแบตเตอรี่ใหม่

2) ถ้าแสดงด้วยจุดสีน้ำเงินอ่อน บ่งชี้ว่าระดับน้ำยาอิเล็กโตรไลต์เพียงพอ และสถานะการประจุไฟฟ้าอย่างน้อย 25% (ประจุไฟฟ้าต่ำ) ควรนำแบตเตอรี่ไปประจุไฟฟ้าใหม่

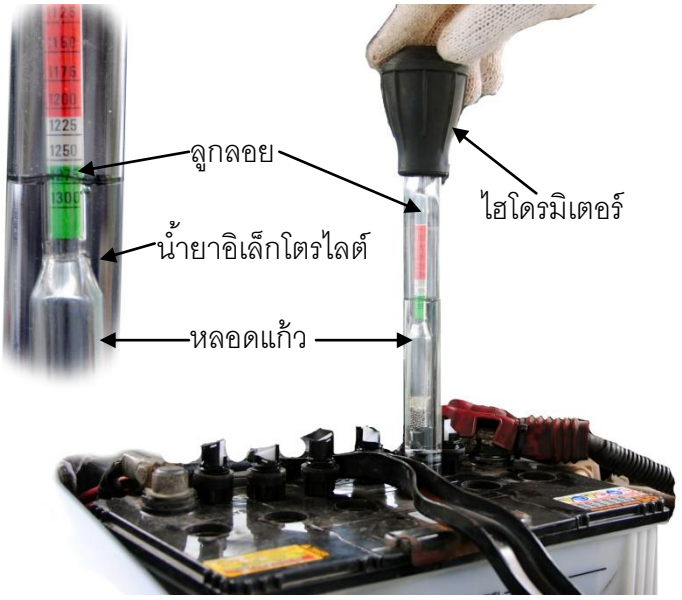
7. ตรวจสอบการมัวหมองหรือสิ่งที่ทำให้สีของน้ำยาเบตเตอรี่เปลี่ยนแปลง ซึ่งมีสาเหตุจากการประจุไฟฟ้ามากเกินไปหรือการสั่นสะเทือนที่มากกว่าปกติ

รูปที่ 4.21 การตรวจสอบการมัวหมองของน้ำยาแบตเตอรี่

4.6.3 การวัดค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำยาอิเล็กโตรไลต์

ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำยาอิเล็กโตรไลต์ในแบตเตอรี่ สามารถวัดเพื่อบ่งชี้ถึงสภาพการประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่ได้ ไฮโดรมิเตอร์ดังแสดงในรูปที่ 4.22 ประกอบด้วยหลอดแก้ว ลูกยาง ท่อดูด และลูกลอยหรือไฮโดรมิเตอร์กับสเกลที่ติดตั้งอยู่ภายใน หลอดแก้วจะห่อหุ้มลูกลอยไว้ในรูปของภาชนะใส่ของเหลวสำหรับทดสอบน้ำยาอิเล็กโตรไลต์ (น้ำยาแบตเตอรี่)

การใช้งาน เมื่อบีบลูกยางจะดูดน้ำยาอิเล็กโตรไลต์จากแบตเตอรี่เข้ามาภายในหลอดแก้วจนกระทั่งลูกลอยลอยตัวได้อิสระ (ลูกลอยไฮโดรมิเตอร์เคลื่อนตัวขึ้นอย่างรวดเร็ว) ความลึกของหลอดแก้วลูกลอยที่จุ่มลงไปภายในระดับน้ำยา จะบ่งชี้ถึงการทดสอบน้ำยาอิเล็กโตรไลต์ ซึ่งจะสัมพันธ์กับน้ำหนักเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำ การอ่านค่าที่สเกลโดยมองไปที่ระดับน้ำยาอิเล็กโตรไลต์ ซึ่งปกติจะมีสีเพื่อบอกค่าความถ่วงจำเพาะ ซึ่งค่าความถ่วงจำเพาะจะแสดงถึงสภาพการประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่ ซึ่งสีแดงแสดงว่าแบตเตอรี่ไฟอ่อน สีขาวแสดงว่าแบตเตอรี่มีไฟพอใช้ (ปานกลาง) สีเขียวหรือสีน้ำเงินแสดงว่าแบตเตอรี่มีไฟเต็ม



รูปที่ 4.22 การตรวจวัดความถ่วงจำเพาะของน้ำยาอิเล็กโตรไลต์แบตเตอรี่

ตารางที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำยาอิเล็กโตรไลต์และสภาพประจุแบตเตอรี่

ค่าความถ่วงจำเพาะ	สภาพการประจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่ (%)
1.260–1.280	100% (มีไฟเต็ม)
1.230–1.260	75% (มีไฟ 3/4)
1.200–1.230	50% (มีไฟ 1/2)
1.170–1.200	25% (มีไฟ 1/4)
1.140–1.170	มีไฟน้อยมาก
1.110–1.140	ไม่มีไฟ

ถ้าค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำยาอิเล็กโตรไลต์ต่ำกว่า 1.260–1.280 ที่อุณหภูมิ 80 °F (26.7 °C) ให้นำแบตเตอรี่ไปประจุไฟฟ้าใหม่ และหลังจากประจุไฟฟ้าแล้ว นำมาวัดค่าความถ่วงจำเพาะอีกครั้ง ถ้าต่ำกว่า 1.210 ให้เปลี่ยนแบตเตอรี่ใหม่

4.6.4 การพ่วงสตาร์ต

การพ่วงสตาร์ตต้องต่อขั้วแบตเตอรี่ให้ถูกต้องเพื่อป้องกันประกายไฟ การพ่วงสตาร์ตมีขั้นตอนดังนี้

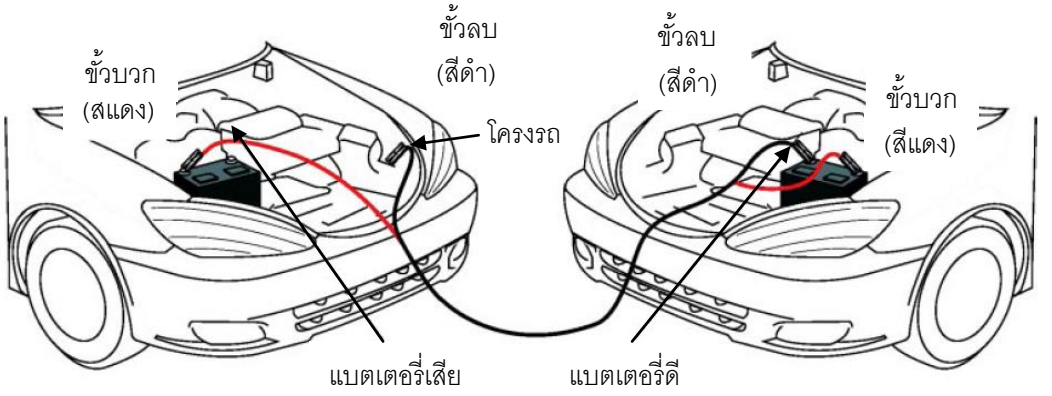
1. คีบสายพ่วงสีแดงที่ขั้วบวกแบตเตอรี่ทั้งสอง
2. คีบสายพ่วงสีดำไปยังขั้วลบแบตเตอรี่ที่มีประจุไฟฟ้าเต็ม (แบตเตอรี่พ่วง)
3. คีบสายพ่วงสีดำที่เหลืออีกข้างไปยังกราวด์ที่โครงรถหรือเรือนเครื่องยนต์

ใช้วิธีการนี้เพื่อให้แน่ใจว่าไม่มีส่วนใด ๆ ที่ทำให้เกิดประกายไฟเกิดขึ้นจากแบตเตอรี่

ข้อควรระวัง

1) สายพ่วงแบตเตอรี่ควรมีคุณภาพสูงและมีตัวนำไฟฟ้าขนาดใหญ่ เพื่อความปลอดภัยในการนำกระแสไฟฟ้า เมื่อมีความจำเป็นที่พ่วงสตาร์ตเครื่องยนต์

2) อย่าพยายามพ่วงสตาร์ตเครื่องยนต์กับแบตเตอรี่ที่ชำรุด หรือไม่มีแบตเตอรี่บนรถยนต์ในขณะนั้น ซึ่งรถยนต์จะเสี่ยงต่อการเสียหายจากการระเบิดของแบตเตอรี่ที่อาจเป็นไปได้



รูปที่ 4.23 การพ่วงสตาร์ต

สรุปสาระสำคัญ

- แบตเตอรี่รถยนต์ถูกออกแบบมาสำหรับเป็นแหล่งจ่ายพลังงานแรกของระบบไฟฟ้ารถยนต์
- แบตเตอรี่เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนรูปพลังงานเคมีไปเป็นพลังงานไฟฟ้าผ่านทางปฏิกิริยาเคมี ไฟฟ้า
- แบตเตอรี่แบบตะกั่วกรด โครงสร้างประกอบด้วย แผ่นธาตุบวก แผ่นธาตุลบ แผ่นกั้น น้ำยาอิเล็กโตรไลต์ สะพานไฟ เซลล์ เปลือกแบตเตอรี่ ฝาจุกเซลล์ ปลั๊กระบาย และขั้วแบตเตอรี่

- สารละลายอิเล็กโตรไลต์ในแบตเตอรี่รถยนต์ ประกอบด้วยน้ำ 64% และกรดซัลฟิวริก 36% โดยน้ำหนัก
- แบตเตอรี่ผลิตขึ้นจากเซลล์เคมีไฟฟ้าที่ต่ออนุกรมเข้าด้วยกัน แต่ละเซลล์มี 3 ส่วนประกอบ คือ แผ่นธาตุบวก แผ่นธาตุลบ และน้ำยาอิเล็กโตรไลต์
- พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตในแบตเตอรี่ โดยปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นระหว่างแผ่นธาตุบวก แผ่นธาตุลบที่จุ่มอยู่ในสารละลายอิเล็กโตรไลต์
- สารละลายอิเล็กโตรไลต์เป็นเหตุให้เกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างตะกั่วเปอร์ออกไซด์ของแผ่นธาตุบวกและตะกั่วบริสุทธิ์ของแผ่นธาตุลบ สารละลายอิเล็กโตรไลต์จะนำกระแสไฟฟ้าระหว่างขั้วบวกและขั้วลบผ่านทางแผ่นกั้น
- อัตรากระแสไฟฟ้าแบตเตอรี่ หรือแอมแปร์–ชั่วโมง (AH) เป็นปริมาณของกระแสไฟฟ้าคงที่แบตเตอรี่ที่มีประจุไฟฟ้าเต็ม ซึ่งสามารถจ่ายไฟเป็นระยะเวลา 20 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 80 °F (26.7 °C)
- การประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่ เป็นการให้กระแสไฟฟ้าผ่านเข้าไปในแบตเตอรี่ในช่วงเวลาที่กำหนด แบ่งออกเป็นการประจุไฟฟ้าแบบเร็วและการประจุไฟฟ้าแบบช้า

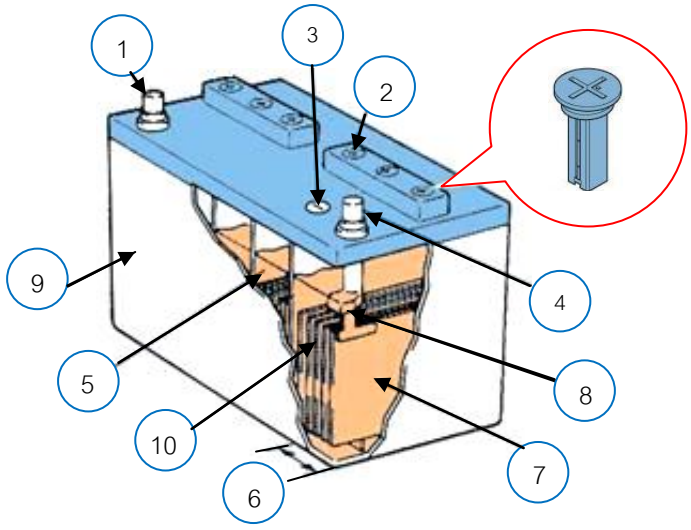
แบบฝึกหัดหน่วยที่ 4

แบตเตอรี่

คำสั่ง จงเติมคำตอบลงในช่องว่างให้ถูกต้อง

1. แบตเตอรี่รถยนต์ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์.....ซึ่งจัดเก็บและเตรียมพลังงาน.....สำหรับระบบไฟฟ้ารถยนต์
2. เมื่อแบตเตอรี่จ่ายกระแสไฟฟ้า จะเปลี่ยนรูปพลังงาน.....ไปเป็นพลังงาน.....
3. ส่วนประกอบของแบตเตอรี่ประกอบด้วย.....
.....
4. ส่วนประกอบของแผ่นธาตุบวก แผ่นธาตุลบ และแผ่นกั้นเรียกว่า.....
5. สารละลายอิเล็กโตรไลต์ในแบตเตอรี่รถยนต์ประกอบด้วยน้ำ.....% และกรดซัลฟิวริก.....%
6. เมื่อแบตเตอรี่ประจุไฟฟ้าเต็ม จะมีค่าความถ่วงจำเพาะที่ถูกต้องเท่ากับ.....ที่ 80 °F (26.7 °C)
7. สารละลายอิเล็กโตรไลต์เป็นเหตุให้เกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างตะกั่วเปอร์ออกไซด์ของแผ่นธาตุ.....และ.....ของแผ่นธาตุ.....
8. ความจุของแบตเตอรี่ คือ.....
9. วิธีการบำรุงรักษาแบตเตอรี่สามารถทำได้โดย.....
.....
10. วิธีการทดสอบแบตเตอรี่ในรถยนต์ปัจจุบันทำได้โดย.....
.....

จำแนกโครงสร้างแบตเตอรี่และหน้าที่ของชิ้นส่วนแบตเตอรี่



11. จงบอกชื่อชิ้นส่วนของแบตเตอรี่จากรูปที่กำหนดให้ โดยนำหมายเลขไว้หน้าข้อความให้ถูกต้องตรงกัน

.....เปลือกแบตเตอรี่	.....ขั้วลบแบตเตอรี่
.....แผ่นธาตุ	.....ฝาปิดช่องระบาย
.....เซลล์	.....น้ำยาอิเล็กโตรไลต์
.....สะพานไฟ	.....แผ่นกั้น
.....ขั้วบวกแบตเตอรี่	.....ช่องมองบอกสภาพ

12. จงเติมหมายเลขของชิ้นส่วนแบตเตอรี่จากรูปที่กำหนดให้ ไว้หน้าข้อความที่อธิบายถึง หน้าที่ของชิ้นส่วนแบตเตอรี่แต่ละชิ้นส่วนให้ถูกต้อง

.....ยอมให้ตรวจสอบระดับน้ำยาอิเล็กโตรไลต์

.....จัดเตรียมทางออกสำหรับกระแสไฟฟ้า

.....แยกเซลล์แบตเตอรี่

.....ยึดชิ้นส่วนทั้งหมดและน้ำยาอิเล็กโตรไลต์ของแบตเตอรี่

.....กำหนดจำนวนและขนาดของกระแสไฟฟ้า

.....เชื่อมต่อแผ่นธาตุของแต่ละเซลล์ไปยังเซลล์อื่น ๆ

.....ส่วนผสมของกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) และน้ำ (H_2O)

.....บ่งบอกสภาพประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่

.....คั่นกลางระหว่างแผ่นธาตุไม่ให้สัมผัสกัน เพื่อป้องกันไม่ให้ลัดวงจรไฟฟ้า

ใบงานที่ 6

งานบำรุงรักษาแบตเตอรี่และตรวจสอบทางกายภาพแบตเตอรี่

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. เตรียมเครื่องมือ วัสดุ และอุปกรณ์ได้ถูกต้อง
2. บำรุงรักษาแบตเตอรี่ได้ถูกต้อง
3. ตรวจสอบทางกายภาพของแบตเตอรี่ได้ถูกต้อง
4. เก็บเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ได้ถูกต้อง

เครื่องมือ วัสดุและอุปกรณ์

1. รถยนต์
2. แบตเตอรี่
3. น้ำกลั่น
4. เบกกิ้งโซดา
5. ถาดทำความสะอาด
6. แปรงทาสีและผ้าทำความสะอาด

ลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงาน	บันทึกผลการปฏิบัติงาน
1. เตรียมเครื่องมือ วัสดุและอุปกรณ์ 2. ตรวจสอบเปลือกนอกแบตเตอรี่ 3. ตรวจสอบขั้วแบตเตอรี่ 4. ตรวจสอบขั้วสายเคเบิลแบตเตอรี่และการยึดแน่น 5. ตรวจสอบการยึดแน่นอุปกรณ์จับยึดแบตเตอรี่ 6. ตรวจสอบระดับน้ำยาและสภาพน้ำยาอิเล็กโตร-ไลต์ 7. เก็บเครื่องมือ อุปกรณ์ และทำความสะอาด	รุ่น/แบบรถยนต์ที่ฝึกปฏิบัติ..... บันทึกผลการตรวจสอบทางกายภาพ 1. เปลือกนอก ☐ ปกติ ☐ ชำรุด 2. ขั้วแบตเตอรี่ ☐ ปกติ ☐ ชำรุด 3. ขั้วสาย ☐ ปกติ ☐ ชำรุด ☐ แน่น ☐ หลวม 4. อุปกรณ์จับยึด ☐ แน่น ☐ หลวม 5. ระดับน้ำยา ☐ พอดี ☐ ต้องเติม 6. สภาพน้ำยา ☐ ขุ่นมัว ☐ สะอาด ทำความสะอาดที่ใดบ้าง ☐ เปลือกนอก ☐ รูระบายอากาศ ☐ ขั้วแบตเตอรี่และขั้วสาย ☐ อื่น ๆ (ระบุ)..... ☐ ขั้วแบตเตอรี่และขั้วสาย

ใบงานที่ 7

งานตรวจวัดค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำยาอิเล็กโตรไลต์แบตเตอรี่

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. เตรียมเครื่องมือ วัสดุ และอุปกรณ์ได้ถูกต้อง
2. ตรวจวัดค่าความถ่วงจำเพาะ (ถ.พ.)ของน้ำยาอิเล็กโตรไลต์ โดยใช้ไฮโดรมิเตอร์ได้ถูกต้อง
3. วิเคราะห์ผลการวัดค่าความถ่วงจำเพาะได้ถูกต้อง
4. เก็บเครื่องมือ อุปกรณ์และทำความสะอาดได้ถูกต้อง

เครื่องมือ วัสดุและอุปกรณ์

1. รถยนต์
2. แบตเตอรี่
3. ไฮโดรมิเตอร์
4. คู่มือการซ่อม

ลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงาน	บันทึกผลการปฏิบัติงาน
1. เตรียมเครื่องมือ วัสดุและอุปกรณ์ 2. เปิดฝาจุกเซลล์ออกจากเปลือกบนแบตเตอรี่ 3. จุ่มท่อยางเข้าไปช่องเติมน้ำยาของแบตเตอรี่ 4. บีบลูกยางให้ดูดน้ำยาอิเล็กโตรไลต์จากแบตเตอรี่เข้ามาภายในหลอดแก้วได้อย่างอิสระ 5. อ่านค่าความถ่วงจำเพาะที่สเกลโดยมองไปที่ระดับน้ำยาอิเล็กโตรไลต์ 6. เปรียบเทียบผลการวัดค่าความถ่วงจำเพาะกับตารางหรือคู่มือการซ่อมและวิเคราะห์ผลการทดสอบ 7. เก็บเครื่องมือ อุปกรณ์ และทำความสะอาด	รุ่น/แบบรถยนต์ที่ฝึกปฏิบัติ ..... ผลการทดสอบค่าความถ่วงจำเพาะ **ช่องที่ อุณหภูมิ สภาพการประจุ (%)** 1. .... 2. .... 3. .... 4. .... 5. .... 6. .... ค่า ถ.พ. เฉลี่ย เท่ากับ ..... ☐ แบตเตอรี่ดี พร้อมใช้งาน ☐ แบตเตอรี่ดี แต่ต้องประจุเพิ่ม ☐ แบตเตอรี่เสีย ต้องเปลี่ยนใหม่ ☐ แบตเตอรี่เป็นที่สงสัยว่าเป็นปัญหาต้องการทดสอบซ้ำ

ใบงานที่ 8

งานประจุไฟแบตเตอรี่

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. เตรียมเครื่องมือ วัสดุและอุปกรณ์ได้ถูกต้อง
2. ประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่ได้ถูกต้อง
3. เก็บเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์และทำความสะอาดได้ถูกต้อง

เครื่องมือ วัสดุและอุปกรณ์

1. แบตเตอรี่
2. เครื่องประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่
3. มัลติมิเตอร์ 4. ไฮโดรมิเตอร์

ลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงาน	บันทึกผลการปฏิบัติงาน
1. เตรียมเครื่องมือ วัสดุและอุปกรณ์ประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่ 2. ปิดสวิตช์ควบคุมหลัก สวิตช์เลือกเวลาประจุ และปรับสวิตช์ปรับกระแสไว้ที่ตำแหน่งต่ำสุดก่อนประจุไฟแบตเตอรี่ 3. คีบปลายสายเครื่องประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่ไปยังขั้วแบตเตอรี่ [สีแดงไปที่ (+) และสีดำไปที่ (–)] 4. เสียบปลั๊กไฟฟ้าเครื่องประจุแบตเตอรี่ไปยังแหล่งจ่ายไฟ 5. ปรับสวิตช์แรงดันไฟฟ้าให้ตรงกับแรงดันไฟฟ้าแบตเตอรี่ 6. ปรับสวิตช์ควบคุมหลักไปยังตำแหน่งเปิด (On) 7. ปรับสวิตช์ปรับตั้งเวลา (Timer) และปรับกระแสไฟฟ้าที่ต้องการ (อ้างอิงตามชาร์ตตารางหรือคู่มือการซ่อม) 8. ตรวจสอบสภาพการประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่ โดยใช้มัลติ-มิเตอร์และไฮโดรมิเตอร์ ภายหลังปรับสวิตช์ปรับตั้งเวลาอยู่ในตำแหน่งปิด (Off) 8. ปิดสวิตช์ควบคุมเครื่องประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่ทั้งหมด 9. ปลดสายเครื่องประจุไฟฟ้าออกจากขั้วแบตเตอรี่ 10. ทำความสะอาดแบตเตอรี่ และเก็บเครื่องมือ อุปกรณ์	เลือกวิธีประจุแบตเตอรี่แบบใด ☐ ประจุช้า ☐ ประจุเร็ว ขนาดของแรงดันแบตเตอรี่ ☐ 6 โวลต์ ☐ 12 โวลต์ ระดับน้ำยาในแต่ละช่อง ☐ ได้ระดับ ☐ ต้องเติมน้ำกลั่น ใช้เวลาในการประจุ ☐ 30 นาที ☐ 1 ชั่วโมง ☐ อื่น ๆ (ระบุ)..... วัดแรงดันไฟฟ้าหลังประจุ เท่ากับ..... วัดค่าความถ่วงจำเพาะเฉลี่ย เท่ากับ..... แสดงว่าแบตเตอรี่มีสภาพการประจุไฟฟ้าอย่างไร ☐ ไฟเต็ม ☐ ไฟไม่เต็ม ข้อเสนอแนะ..... ....

แบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 4

แบตเตอรี่

คำสั่ง จงทำเครื่องหมายกากบาท (×) ลงหน้าข้อที่ถูกต้องที่สุด

1. ข้อใดกล่าวถึงหน้าที่ของแบตเตอรี่**ไม่ถูกต้อง**
   ก. เก็บแรงดันไฟฟ้าสำหรับบรรทุกระบบไฟฟ้า
   ข. เป็นแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าสำหรับระบบสตาร์ต
   ค. จัดเตรียมแรงดันไฟฟ้าสำหรับหัวฉีดโซลีนอยด์เมื่อเครื่องยนต์ทำงาน
   ง. จัดเตรียมพลังงานไฟฟ้าสำหรับอุปกรณ์อำนวยความสะดวกเมื่อเครื่องยนต์ดับ
2. วัสดุใด**ไม่ได้ใช้**ทำแผ่นกั้นแบตเตอรี่
   ก. ยางแข็ง
   ข. ตะกั่ว
   ค. พลาสติก
   ง. พีวีซี
3. แผ่นธาตุที่ปล่อยประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่คือข้อใด
   ก. แผ่นโลหะคล้ายกันจุ่มในน้ำ
   ข. แผ่นโลหะที่แตกต่างกันจุ่มในน้ำ
   ค. แผ่นโลหะที่แตกต่างกันจุ่มในน้ำยาอิเล็กโตรไลต์
   ง. แผ่นโลหะสองชนิดคล้ายกันจุ่มในน้ำยาอิเล็กโตรไลต์
4. ปริมาณแรงดันไฟฟ้าที่ผลิตได้ในแต่ละเซลล์ของแบตเตอรี่มีค่าเท่าใด
   ก. 1.8 โวลต์
   ข. 2 โวลต์
   ค. 2.1 โวลต์
   ง. 2.2 โวลต์
5. ความจุที่เก็บไว้ในแบตเตอรี่ถูกวัดออกมาในหน่วยวัดใด
   ก. แอมแปร์
   ข. วัตต์
   ค. แอมแปร์–ชั่วโมง
   ง. นาที
6. อะไรจะเกิดขึ้นขณะจ่ายกระแสไฟฟ้าประจุแบตเตอรี่
   ก. กระแสไฟฟ้าไหลในเซลล์จากแผ่นธาตุลบไปยังแผ่นธาตุบวก
   ข. ไฮโดรเจนอิสระและออกซิเจนรวมตัวกันในรูปของน้ำทำให้อิเล็กโตรไลต์เจือจางลง
   ค. ปฏิกิริยาเคมีจากการกระตุ้นวัสดุของแผ่นธาตุบวกและแผ่นธาตุลบ และน้ำยาอิเล็กโตรไลต์จะระบายพลังงานไฟฟ้า
   ง. ถูกทุกข้อ

7. ข้อใดจะ**ไม่เกิดขึ้น**ขณะประจุไฟฟ้ากลับแบตเตอรี่
   ก. ซัลเฟตจะตกตะกอนซ้ำในน้ำ
   ข. แผ่นธาตุลบจะกลับมาเป็นตะกั่วบริสุทธิ์
   ค. สารละลายอิเล็กโตรไลต์จะกลับมาเข้มข้นเหมือนเดิม
   ง. ซัลเฟตจะแยกตัวออกจากแผ่นธาตุบวกและแผ่นธาตุลบ
8. อัตราส่วนที่ถูกต้องของน้ำและกรดซัลฟิวริกในสารละลายอิเล็กโตรไลต์ มีค่าประมาณเท่าไรเมื่อประจุไฟเต็ม
   ก. น้ำ 70% กรดซัลฟิวริก 30%
   ข. น้ำ 30% กรดซัลฟิวริก 70%
   ค. น้ำ 64% กรดซัลฟิวริก 36%
   ง. น้ำ 36% กรดซัลฟิวริก 64%
9. การประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่แบบช้า สำหรับแบตเตอรี่ความจุ 60 AH ควรจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่ประมาณกี่แอมแปร์
   ก. 6 แอมแปร์หรือน้อยกว่า
   ข. 7–10 แอมแปร์
   ค. 11–15 แอมแปร์
   ง. 16–20 แอมแปร์
10. ข้อใดอธิบายวิธีการบำรุงรักษาแบตเตอรี่**ไม่ถูกต้อง**
   ก. เติมน้ำกรดให้ได้ระดับเพื่อชดเชยน้ำที่สูญเสียไปจากแบตเตอรี่ในระหว่างการประจุไฟฟ้า
   ข. ตรวจสอบการหลวมคลอนของขั้วสายเคเบิล ขันให้แน่นเมื่อจำเป็น เพื่อให้กระแสไหลผ่านได้เต็มที่
   ค. ขจัดสิ่งสกปรกออกจากขั้วแบตเตอรี่และขั้วสายเคเบิลแบตเตอรี่ เนื่องจากเป็นสาเหตุการเกิดความต้านทานที่เพิ่มขึ้น
   ง. หลีกเลี่ยงการเติมน้ำกลั่นมากเกินไป เนื่องจากจะล้นออกมา จะสูญเสียความจุของแบตเตอรี่ และทำให้เกิดการกัดกร่อนชิ้นส่วนโลหะของรถยนต์ได้

หน่วยที่ 5

ระบบสตาร์ต

หน่วยที่ 5

ระบบสตาร์ต

หัวข้อเรื่อง (Topics)

5.1 หน้าที่ของระบบสตาร์ต
5.2 ส่วนประกอบของระบบสตาร์ต
5.3 หลักการของมอเตอร์
5.4 โครงสร้างของมอเตอร์สตาร์ต
5.5 วงจรไฟฟ้าควบคุมระบบสตาร์ตและการทำงาน
5.6 การวิเคราะห์ปัญหาและแก้ไขข้อขัดข้องระบบสตาร์ต

แนวคิดสำคัญ (Main Idea)

ระบบสตาร์ตจะหมุนสตาร์ตเครื่องยนต์ในช่วงเริ่มต้นการทำงาน เมื่อเครื่องยนต์สตาร์ตติดแล้ว เครื่องยนต์จะหมุนได้ด้วยกำลังของตัวเอง ระบบสตาร์ตจะรวมเอาส่วนประกอบของกลไกและไฟฟ้าทำงานร่วมกัน เพื่อสตาร์ตเครื่องยนต์ ระบบสตาร์ตประกอบด้วยอุปกรณ์หลักคือแบตเตอรี่ สวิตช์จุดระเบิด สวิตช์แม่เหล็ก และมอเตอร์สตาร์ต ซึ่งมอเตอร์สตาร์ตโดยทั่วไปแบ่งเป็น 2 แบบ คือ แบบธรรมดาและแบบทดรอบ และมีวงจรไฟฟ้าควบคุม แบ่งเป็น 2 วงจรย่อย คือ วงจรสตาร์ตและวงจรควบคุม

สมรรถนะย่อย (Element of Competency)

1. แสดงความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับระบบสตาร์ตเครื่องยนต์
2. วิเคราะห์ ทดสอบ ถอด ประกอบ และตรวจสอบชิ้นส่วนมอเตอร์สตาร์ตตามคู่มือซ่อม

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (Behavioral Objectives)

1. บอกหน้าที่ของระบบสตาร์ตได้ถูกต้อง
2. จำแนกส่วนประกอบของมอเตอร์สตาร์ตได้ถูกต้อง
3. อธิบายหลักการของมอเตอร์สตาร์ตได้ถูกต้อง
4. บอกหน้าที่โครงสร้างและส่วนประกอบของมอเตอร์สตาร์ตได้ถูกต้อง
5. จำแนกวงจรไฟฟ้าควบคุมระบบสตาร์ตได้ถูกต้อง
6. อธิบายการทำงานของมอเตอร์สตาร์ตได้ถูกต้อง
7. วิเคราะห์ปัญหาและทดสอบระบบสตาร์ตได้ถูกต้อง
8. ถอด ประกอบและตรวจสอบมอเตอร์สตาร์ตได้ถูกต้อง

เนื้อหาสาระ (Content)

ระบบสตาร์ตจะหมุนสตาร์ตเครื่องยนต์ในช่วงเริ่มต้นการทำงาน เมื่อเครื่องยนต์สตาร์ตติดแล้ว เครื่องยนต์จะหมุนได้ด้วยกำลังของตัวเอง ระบบสตาร์ตจะรวมเอาส่วนประกอบของกลไกและไฟฟ้า ซึ่งจะทำงานร่วมกัน เพื่อสตาร์ตเครื่องยนต์ ระบบสตาร์ตออกแบบมาเพื่อเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าที่กักเก็บไว้ในแบตเตอรี่ไปเป็นพลังงานกล โดยการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้า ผ่านทางเฟืองขับที่ขบอยู่กับเฟืองล้อช่วยแรงที่ติดตั้งบนเพลาข้อเหวี่ยงของเครื่องยนต์ ให้มีความเร็วรอบสูงพอที่จะยอมให้ส่วนผสมน้ำมันเชื้อเพลิงกับอากาศถูกดูดเข้ามาในกระบอกสูบ แล้วเกิดการอัดตัว และจุดระเบิดทำให้เครื่องยนต์ติด หลังจากนั้นจะตัดการขับของเฟืองขับออกจากเฟืองล้อช่วยแรง เมื่อเครื่องยนต์สตาร์ตติดแล้ว

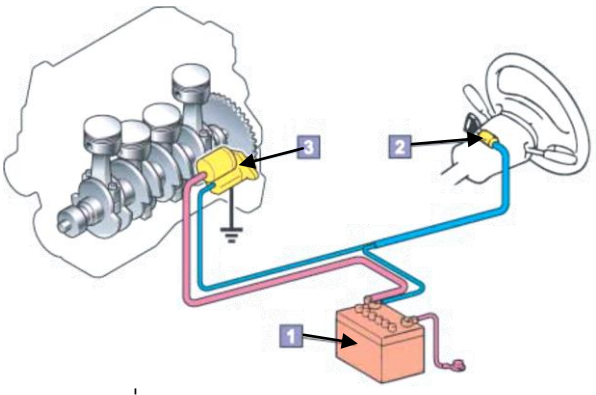
ในหน่วยการเรียนนี้จะอธิบายให้เข้าใจถึงหน้าที่ส่วนประกอบของระบบสตาร์ต หลักการของมอเตอร์ โครงสร้างของระบบสตาร์ต วงจรไฟฟ้าควบคุมระบบสตาร์ต การทำงานของมอเตอร์สตาร์ต การตรวจสอบ วิเคราะห์ปัญหา และการบริการมอเตอร์สตาร์ต ดังหัวข้อต่อไปนี้

5.1 หน้าที่ของระบบสตาร์ต

ระบบสตาร์ตทำหน้าที่ หมุนสตาร์ตเครื่องยนต์ในช่วงเริ่มต้นการทำงาน เมื่อเครื่องยนต์สตาร์ตติดแล้ว จะตัดการทำงานโดยตัดการขับของเฟืองขับออกจากเฟืองล้อช่วยแรง

5.2 ส่วนประกอบของระบบสตาร์ต

ส่วนประกอบหลักของระบบสตาร์ต ประกอบด้วย แบตเตอรี่ สวิตช์จุดระเบิด สวิตช์แม่เหล็ก (สวิตช์โซลีนอยด์) และมอเตอร์สตาร์ต ดังแสดงในรูปที่ 5.1

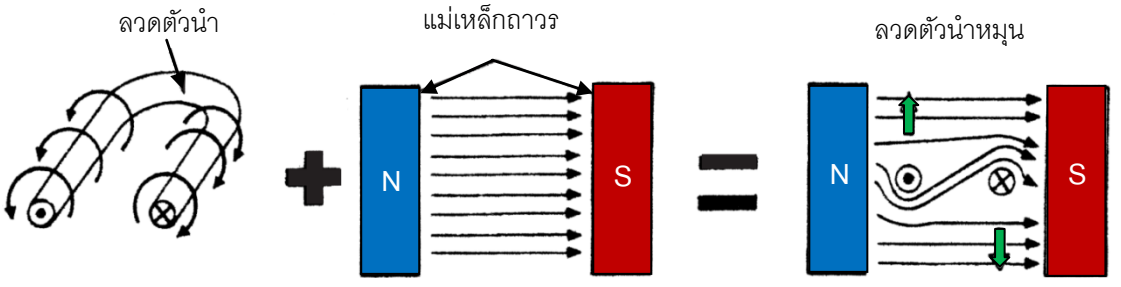


1. แบตเตอรี่ 2. สวิตช์จุดระเบิด 3. มอเตอร์สตาร์ต

รูปที่ 5.1 ส่วนประกอบของระบบสตาร์ต

5.3 หลักการของมอเตอร์

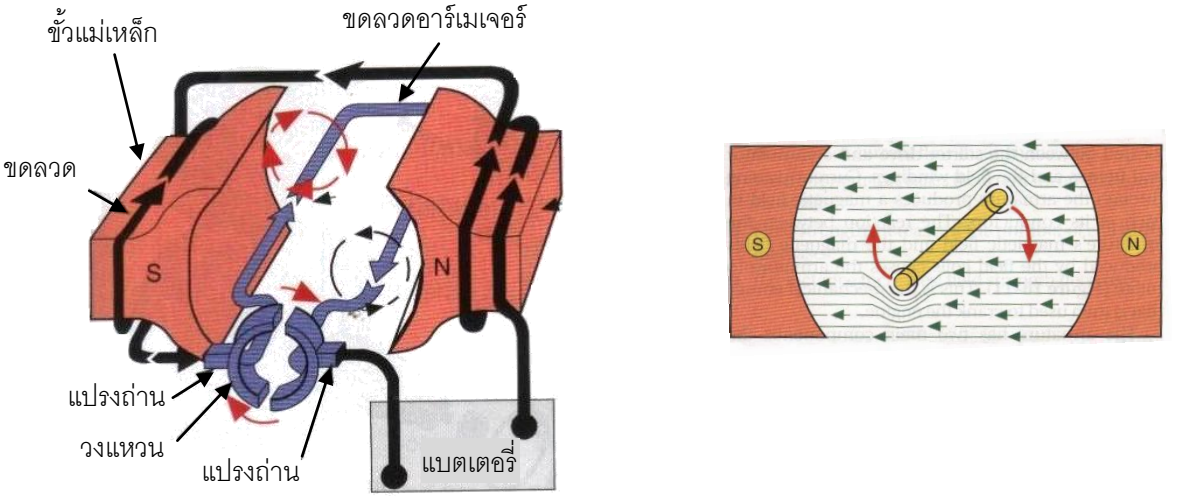
มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจะใช้ปฏิกิริยาซึ่งกันและกันของสนามแม่เหล็ก เพื่อเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าไปเป็นพลังงานกล แนวเส้นแรงของแม่เหล็กจะไหลจากขั้วแม่เหล็กเหนือ (N) ไปยังขั้วแม่เหล็กใต้ (S) ของแม่เหล็ก จากหลักการของแม่เหล็กไฟฟ้า เมื่อปล่อยกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดจะมีสนามแม่เหล็กเกิดขึ้นรอบ ๆ ขดลวดตัวนำ หากนำขดลวดตัวนำรูปตัวยูไปติดตั้งอยู่ระหว่างขั้วแม่เหล็กเหนือและขั้วแม่เหล็กใต้ จะทำให้เส้นแรงแม่เหล็กเกิดการหักล้างกันและเสริมกัน โดยเส้นลวดตัวนำทางด้านขวามือของเส้นแรงแม่เหล็กทางด้านบนจะเข้มมากกว่าทางด้านล่าง และเส้นลวดตัวนำทางด้านซ้ายมือของเส้นแรงแม่เหล็กทางด้านล่างจะเข้มกว่าทางด้านบน ทำให้เส้นลวดตัวนำเกิดการเคลื่อนที่ในทิศทางตามเข็มนาฬิกา ดังแสดงในรูปที่ 5.2



รูปที่ 5.2 การหักล้างกันและเสริมกันของเส้นแรงแม่เหล็กระหว่างขั้วแม่เหล็กเหนือและขั้วแม่เหล็กใต้

มอเตอร์สตาร์ตแม่เหล็กไฟฟ้าอย่างง่าย มีขดลวดด้านในเรียกว่า ขดลวดอาร์เมเจอร์ ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่เคลื่อนที่ของมอเตอร์ ประกอบด้วยตัวนำที่พันรอบ ๆ แกนเหล็กอ่อนที่ซ้อนอัดกันเป็นแผ่นบาง ๆ ซึ่งใช้สร้างสนามแม่เหล็ก อาร์เมเจอร์ที่หมุนอยู่ภายในขดลวดที่อยู่กับที่เรียกว่าขดลวดสนามแม่เหล็ก ซึ่งมีขดลวดพันรอบ ๆ ขั้วแม่เหล็ก ดังแสดงในรูปที่ 5.3

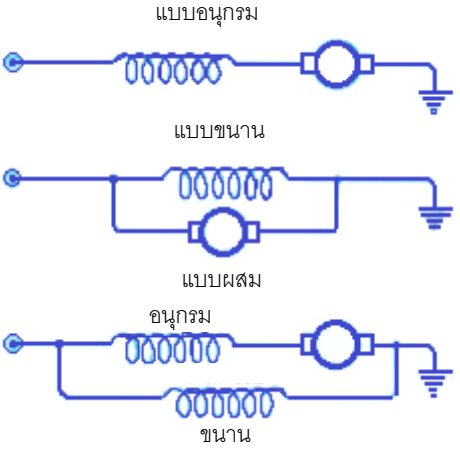
จากหลักการดังกล่าว เมื่อแบตเตอรี่จ่ายกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดสนามแม่เหล็กจะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นระหว่างขั้วแม่เหล็กเหนือและขั้วแม่เหล็กใต้ ขณะเดียวกันกับกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดอาร์เมเจอร์ทำให้ขดลวดอาร์เมเจอร์เกิดสนามแม่เหล็ก เส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดความหนาแน่นจะผลักดันให้อาร์เมเจอร์หมุนได้



รูปที่ 5.3 หลักการของมอเตอร์

การต่อวงจรภายในมอเตอร์จะมี 3 แบบ คือ

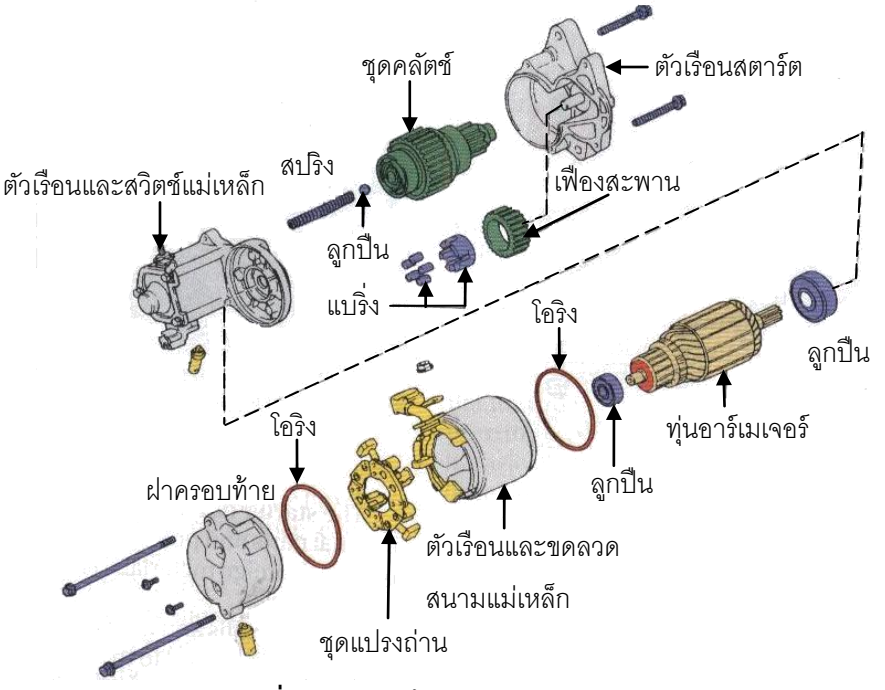
1. Series Motor ขดลวดสนามแม่เหล็กและขดลวดอาร์เมเจอร์ต่อกันแบบอนุกรม
2. Shunt Motor ขดลวดสนามแม่เหล็กและขดลวดอาร์เมเจอร์ต่อกันแบบขนาน
3. Compound Motor ขดลวดสนามแม่เหล็กและขดลวดอาร์เมเจอร์ต่อกันแบบผสม



รูปที่ 5.4 การต่อวงจรภายในมอเตอร์

5.4 โครงสร้างของมอเตอร์สตาร์ต

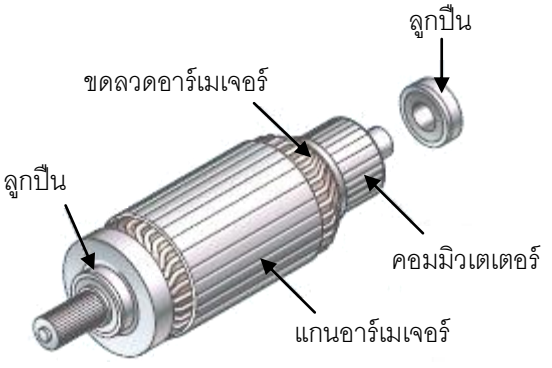
มอเตอร์สตาร์ตโดยทั่วไปออกแบบโครงสร้างคล้ายกัน ประกอบด้วย ตัวเรือน ขดลวดสนามแม่เหล็ก ทุ่นอาร์เมเจอร์ คอมมิวเตเตอร์ แปรงถ่าน สวิตช์แม่เหล็ก และชุดเฟืองขับ



รูปที่ 5.5 โครงสร้างของมอเตอร์สตาร์ต

5.4.1 ทุ่นอาร์เมเจอร์ (Armature)

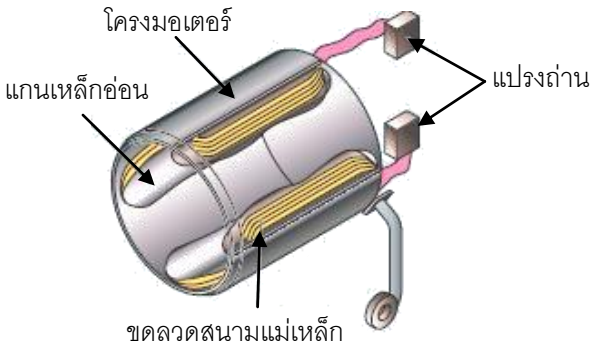
ทุ่นอาร์เมเจอร์ทำขึ้นรูปเป็นทุ่น โดยนำเอาแผ่นเหล็กอ่อนหลายแผ่นซ้อนอัดเข้าเป็นชุดเดียวกัน เพื่อลดกระแสหมุนวน อาร์เมเจอร์เป็นชิ้นส่วนที่หมุนของมอเตอร์สตาร์ต จะติดตั้งอยู่ระหว่างเฟืองขับและคอมมิวเตเตอร์ตรงส่วนปลาย และขดลวดสนามแม่เหล็ก กระแสไฟที่ไหลผ่านอาร์เมเจอร์ จะสร้างสนามแม่เหล็กในตัวนำแต่ละขดลวด ปฏิกิริยาระหว่างขดลวดอาเมเจอร์และสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจากขดลวดสนามแม่เหล็ก เป็นเหตุให้อาร์เมเจอร์หมุน นี่คือพลังงานกลที่ใช้ในการหมุนเพลาข้อเหวี่ยงของเครื่องยนต์



รูปที่ 5.6 ทุ่นอาร์เมเจอร์

5.4.2 ขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field Coil)

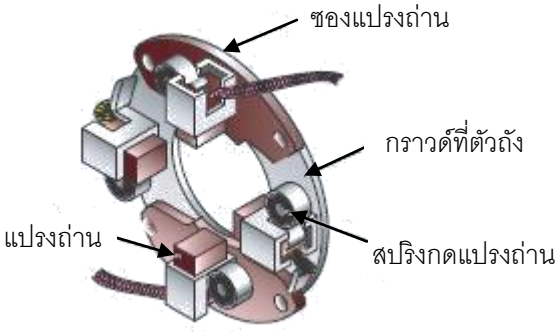
ขดลวดสนามแม่เหล็กเป็นอุปกรณ์ซึ่งทำหน้าที่ในการสร้างสนามแม่เหล็ก ขดลวดสนามแม่เหล็กมีลักษณะเป็นขดลวดทองแดงแบนเรียบพันรอบแกนเหล็กอ่อน และยึดเข้ากับตัวเรือนของมอเตอร์สตาร์ตโดยใช้สกรูยึด ซึ่งแกนเหล็กอ่อนจะทำหน้าที่เป็นขั้วแม่เหล็กเหนือ (N) และขั้วแม่เหล็กใต้ (S) และจะต่ออนุกรมกับทุ่นอาร์เมเจอร์ โดยผ่านแปรงถ่านบวกและแปรงถ่านลบ ซึ่งจะยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดสนามแม่เหล็กไปยังขดลวดอาร์เมเจอร์ได้ ส่วนตัวเรือนมอเตอร์สตาร์ต จะปิดล้อมชิ้นส่วนภายในเพื่อป้องกันการเสียหาย ความชื้น และวัสดุแปลกปลอมเข้าไปภายในมอเตอร์สตาร์ต



รูปที่ 5.7 ขดลวดสนามแม่เหล็ก

5.4.3 แปรงถ่าน (Brush)

มอเตอร์สตาร์ตมีแปรงถ่านจำนวน 2– 6 ตัว สัมผัสรอบ ๆ คอมมิวเตเตอร์ของอาร์เมเจอร์ด้วยสปริงกดแปรงถ่าน ทำให้กระแสไฟฟ้าจำนวนมากจากขดลวดสนามแม่เหล็กไปยังขดลวดอาร์เมเจอร์ให้หมุน ซึ่งแต่ละปลายขดลวดอาร์เมเจอร์จะต่ออยู่กับแปรงถ่านแต่ละปลายที่ต่อมาจากแหล่งจ่ายไฟ แปรงถ่านทำมาจากทองแดงและถ่านคาร์บอน ซึ่งมีคุณสมบัตินำไฟฟ้า และทนต่อการเสียดสีได้ดี



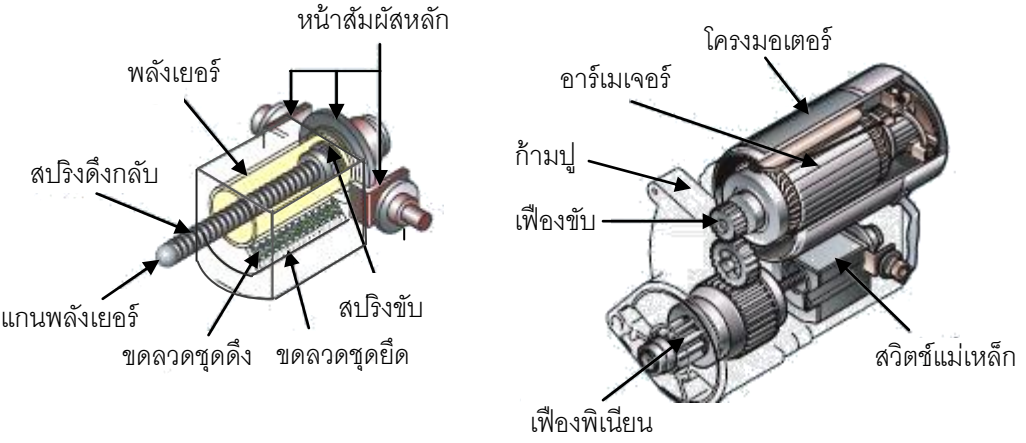
รูปที่ 5.8 แปรงถ่าน

5.4.4 สวิตช์แม่เหล็กหรือโซลีนอยด์ (Magnetic Switch or Solenoid)

สวิตช์แม่เหล็กเป็นอุปกรณ์กลไก ไฟฟ้า ทำหน้าที่ตัดต่อกระแสไฟฟ้าไปยังมอเตอร์สตาร์ต และเป็นอุปกรณ์เลื่อนเฟืองขับให้ขบกับเฟืองล้อช่วยแรง ภายในสวิตช์แม่เหล็กมีขดลวด 2 ชุด คือ

1. **ขดลวดชุดดึง** (Pull–In Coil) ทำหน้าที่ดึงให้พลังเยอร์เคลื่อนที่เพื่อเลื่อนเฟืองขับเข้าขบกับเฟืองล้อช่วยแรง

2. **ขดลวดชุดยึด** (Hold–In Coil) ทำหน้าที่ยึดพลังเยอร์ให้อยู่กับที่ไม่ให้ดีดตัวกลับเมื่อเฟืองขับขบกับเฟืองล้อช่วยแรง และเพื่อให้สะพานไฟในชุดสวิตช์แม่เหล็กทำงานโดยให้กระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ผ่านสะพานไฟไปยังมอเตอร์สตาร์ตได้



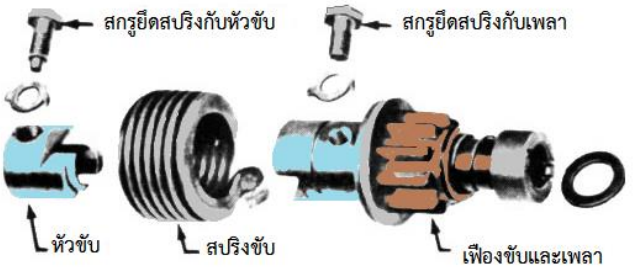
รูปที่ 5.9 สวิตช์แม่เหล็กหรือโซลีนอยด์และตำแหน่งการติดตั้งในมอเตอร์สตาร์ต

5.4.5 ชุดเฟืองขับ (Drive Pinion)

ชุดเฟืองขับมีหน้าที่รับแรงหมุนจากทุ่นอาร์เมเจอร์เข้าขบกับเฟืองล้อช่วยแรง เพื่อหมุนให้เครื่องยนต์สตาร์ตติดได้และป้องกันการเสียหายที่มอเตอร์สตาร์ตเมื่อเครื่องยนต์สตาร์ตติดแล้ว

ชุดเฟืองขับที่ใช้กับมอเตอร์สตาร์ตมี 2 แบบ คือ

1. **แบบเบนดิก** (Bendix Type) เป็นชุดเฟืองขับที่ใช้กับรถยนต์รุ่นเก่า ประกอบด้วย หัวชุดเฟืองขับ สปริง และชุดเฟืองขับ ทั้งหมดสวมอยู่บนปลายแกนอาร์เมเจอร์ ทำงานโดยอาศัยแรงเหวี่ยงของการหมุนทุ่นอาร์เมเจอร์ ทำให้ชุดเฟืองขับเคลื่อนตัวไปขบกับเฟืองล้อช่วยแรง



รูปที่ 5.10 ชุดเฟืองขับแบบเบนดิก

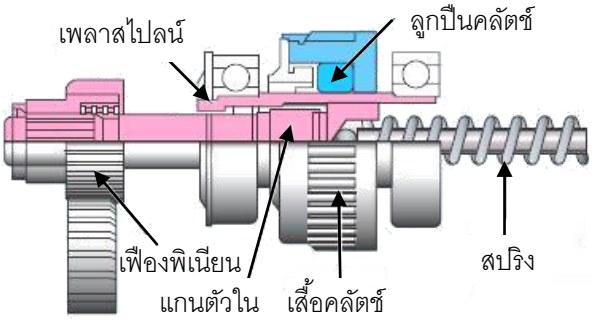
การทำงาน ขณะเริ่มสตาร์ตเครื่องยนต์ : อาร์เมเจอร์จะหมุนเหวี่ยงชุดเฟืองขับออกไปขบกับเฟืองล้อช่วยแรง ทำให้ล้อช่วยแรงหมุนไปด้วยกัน

ขณะเครื่องยนต์ติด : เมื่อเครื่องยนต์สตาร์ตติดแล้ว ล้อช่วยแรงมีความเร็วรอบสูงกว่า จึงสลัดเฟืองขับออกจากการขบเฟืองล้อช่วยแรง และสปริงจะดึงเฟืองขับให้กลับเข้าไปในทุ่นอาร์เมเจอร์ เป็นการป้องกันไม่ให้ชุดเฟืองขับและทุ่นอาร์เมเจอร์เสียหาย

(ก) เฟืองขับเริ่มขบล้อช่วยแรง (ข) เฟืองขับหมุนขับล้อช่วยแรง (ค) เครื่องยนต์เริ่มหมุน

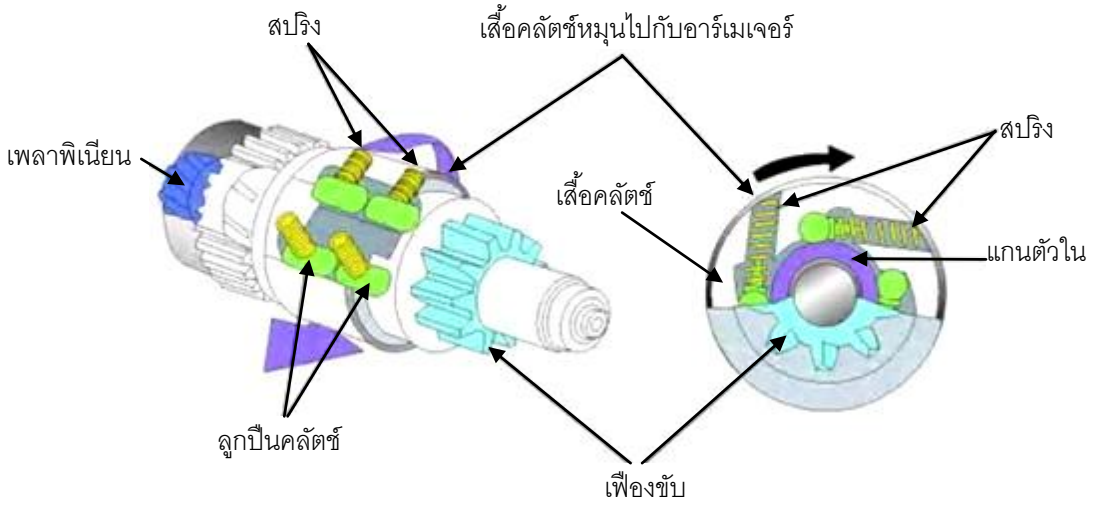
รูปที่ 5.11 การทำงานของชุดเฟืองขับแบบเบนดิก

2. **แบบโอเวอร์รันนิ่งคลัตช์** (Overrunning Clutch) เป็นชุดเฟืองขับแบบที่ใช้กันในปัจจุบันแทนแบบเบนดิก บ่อยครั้งเรียกว่า คลัตช์ทางเดียว ซึ่งชุดโอเวอร์รันนิ่งคลัตช์ประกอบด้วย เสื้อคลัตช์ ลูกปืนคลัตช์ แกนตัวใน และสปริง มีการทำงานดังนี้



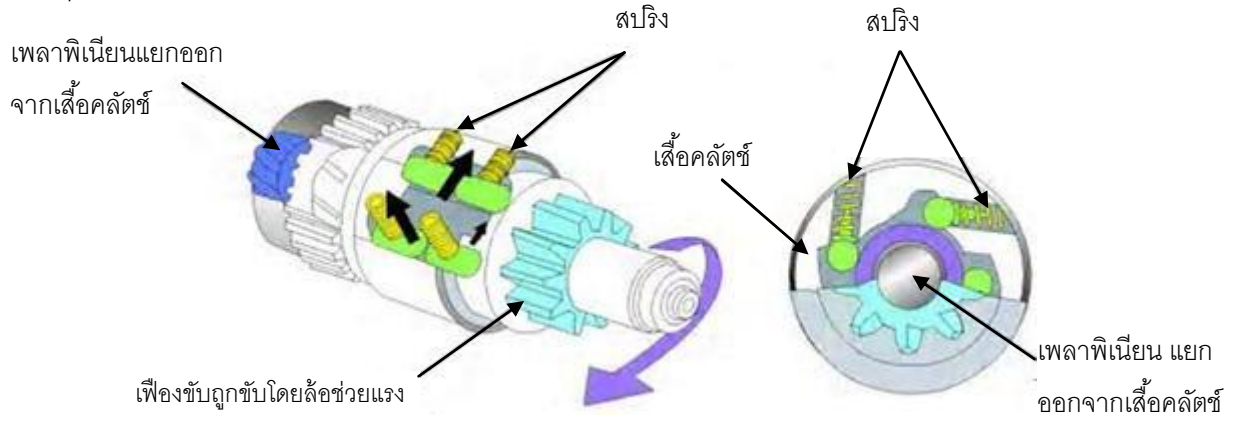
รูปที่ 5.12 ชุดเฟืองขับแบบโอเวอร์รันนิ่งคลัตช์

การทำงาน ขณะเริ่มสตาร์ตเครื่องยนต์ : เมื่อทุ่นอาร์เมเจอร์หมุนจะทำให้เสื้อคลัตช์ซึ่งสวมอยู่บนแกนอาร์เมเจอร์ด้วยร่องสไปล์นหมุนเร็วกว่าแกนตัวใน ทำให้ลูกปืนคลัตช์เลื่อนเข้าไปอยู่ในช่องแคบระหว่างเสื้อคลัตช์กับแกนตัวใน ชิ้นส่วนทั้งสองจะต่อเข้าด้วยกัน ทำให้เฟืองขับหมุนไปกับทุ่นอาร์เมเจอร์ โดยกำลังจะถูกส่งจากทุ่นอาร์เมเจอร์ไปยังเสื้อคลัตช์ผ่านลูกปืนคลัตช์ไปแกนตัวในชุดโอเวอร์รันนิ่งคลัตช์จะเป็นชิ้นเดียวกันกับทุ่นอาร์เมเจอร์ ส่งผ่านกำลังไปหมุนล้อช่วยแรงได้



รูปที่ 5.13 การทำงานของชุดเฟืองขับแบบโอเวอร์รันนิ่งคลัตช์ เมื่อสตาร์ตเครื่องยนต์

เมื่อเครื่องยนต์ติด : ล้อช่วยแรงมีความเร็วรอบสูงกว่าเฟืองขับและจะขับเฟืองขับให้หมุนเร็วกว่าเสื้อคลัตช์ จึงทำให้ลูกปืนคลัตช์ถูกแรงเหวี่ยงออกมาทางด้านกว้างระหว่างเสื้อคลัตช์กับแกนตัวใน ทุ่นอาร์เมเจอร์และเฟืองขับจึงเป็นอิสระต่อกัน เฟืองขับจึงหมุนไปด้วยความเร็วรอบสูงโดยไม่ทำให้ทุ่นอาร์เมเจอร์เสียหาย

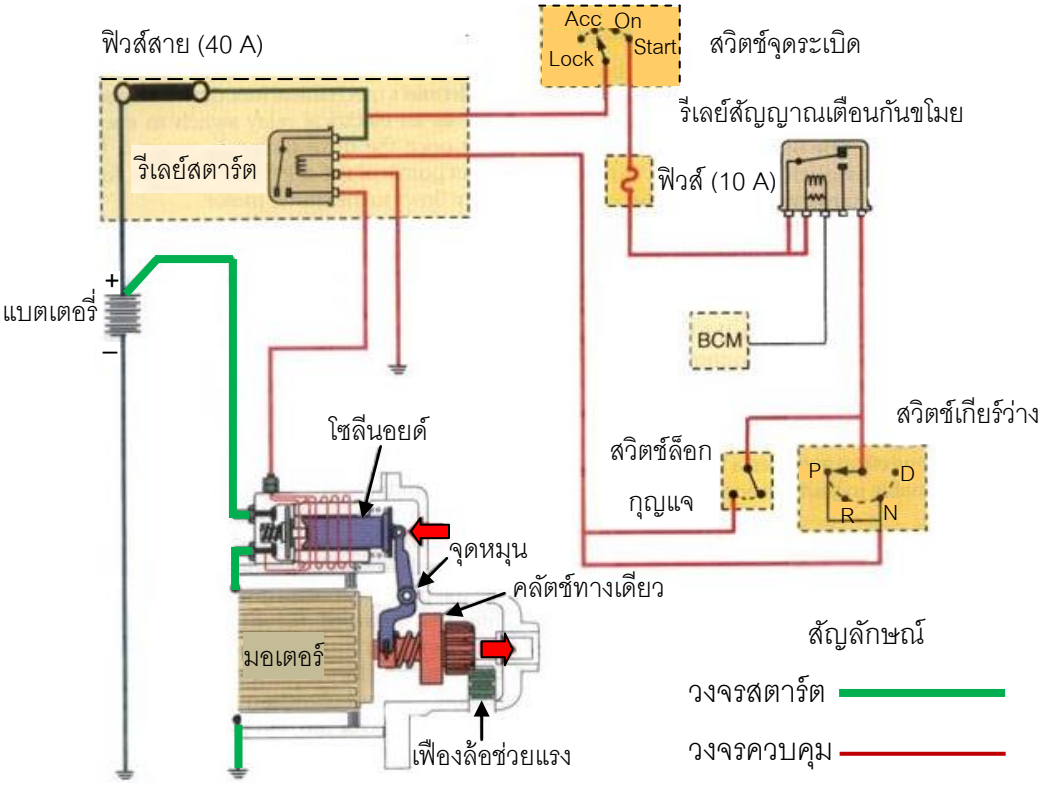


รูปที่ 5.14 การทำงานของชุดเฟืองขับแบบโอเวอร์รันนิ่งคลัตช์ เมื่อเครื่องยนต์ทำงาน

5.5 วงจรไฟฟ้าควบคุมระบบสตาร์ตและการทำงาน

เมื่อสตาร์ตเครื่องยนต์ มอเตอร์สตาร์ตจะดึงกระแสไฟฟ้าจำนวนมากจากแบตเตอรี่ มอเตอร์สตาร์ตขนาดใหญ่มีความต้องการกระแสไฟฟ้า 250 แอมแปร์หรือมากกว่า กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านสายเคเบิลที่ต่ออยู่ระหว่างแบตเตอรี่ไปยังมอเตอร์สตาร์ตและกราวด์ การควบคุมการไหลของกระแสไฟฟ้าจะใช้สวิตช์จุดระเบิดที่ติดตั้งบนคอพวงมาลัย ซึ่งสายเคเบิลแบตเตอรี่ขนาดใหญ่จะไม่ได้ต่อไปยังสวิตช์จุดระเบิดโดยตรง ซึ่งจะแทนที่ด้วยวงจรควบคุมสองวงจรย่อยคือวงจรสตาร์ตและวงจรควบคุม ดังแสดงในรูปที่ 5.15

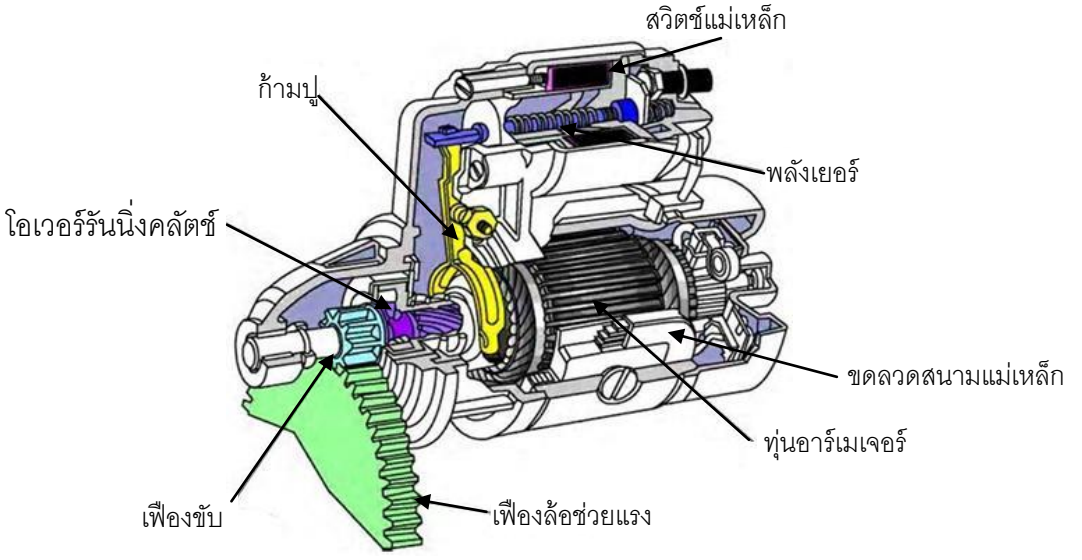
วงจรสตาร์ตจะนำเอากระแสไฟฟ้าจำนวนมากจากแบตเตอรี่ไปยังมอเตอร์สตาร์ตผ่านทางสวิตช์แม่เหล็ก ส่วนวงจรควบคุมจะต่อระหว่างแบตเตอรี่ที่สวิตช์จุดระเบิดไปยังรีเลย์ ซึ่งจะยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านเล็กน้อยไปควบคุมกระแสไฟฟ้าจำนวนมากที่มอเตอร์สตาร์ตได้ วงจรสตาร์ต ประกอบด้วย แบตเตอรี่ สายเคเบิลแบตเตอรี่ สวิตช์แม่เหล็กหรือโซลีนอยด์ และมอเตอร์สตาร์ต ส่วนวงจรควบคุมประกอบด้วย สวิตช์จุดระเบิด รีเลย์สัญญาณเตือนขโมย (บางรุ่น) สวิตช์เกียร์ว่าง และสวิตช์ล็อกกุญแจ อย่างไรก็ตามระบบสตาร์ตบางรุ่นจะมีส่วนประกอบวงจรไฟฟ้าควบคุมแตกต่างกันออกไปบ้าง



รูปที่ 5.15 วงจรไฟฟ้าควบคุมระบบสตาร์ต

5.5.1 มอเตอร์สตาร์ตแบบธรรมดา

มอเตอร์สตาร์ตแบบธรรมดา มอเตอร์จะขับเฟืองขับโดยตรง ซึ่งเฟืองขับหมุนที่ความเร็วรอบเท่ากับความเร็วรอบของมอเตอร์ (อัตราทด 1:1) มอเตอร์สตาร์ตแบบนี้จะมีขนาดใหญ่และดึงกระแสมากกว่ามอเตอร์สตาร์ตแบบทดรอบ ดังแสดงในรูปที่ 5.16

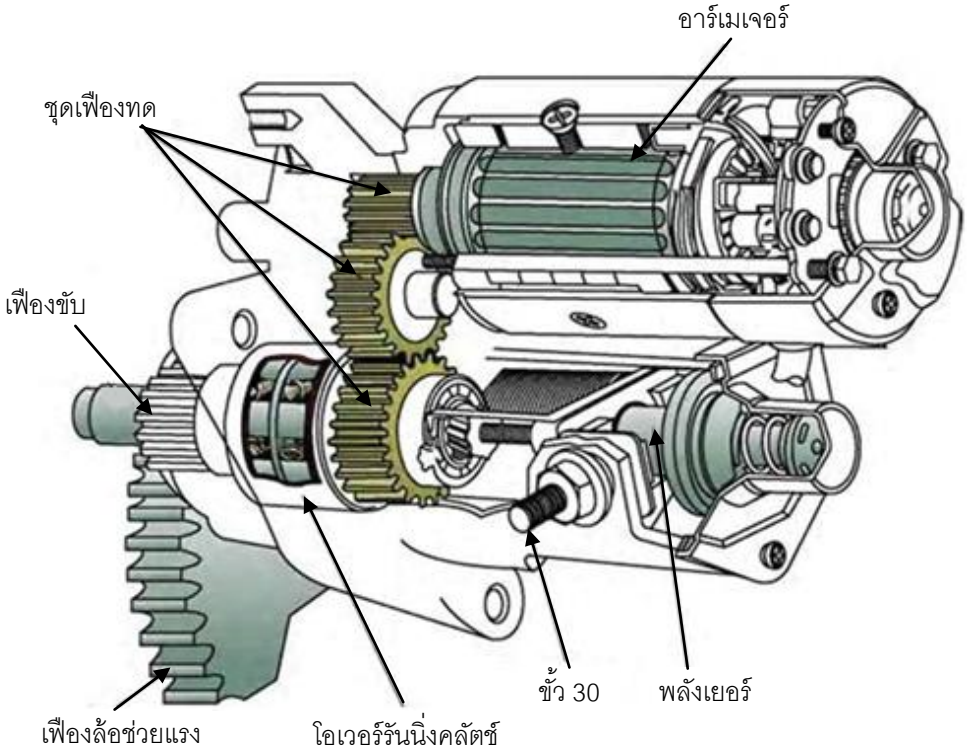


รูปที่ 5.16 โครงสร้างมอเตอร์สตาร์ตแบบธรรมดา

5.5.2 มอเตอร์สตาร์ตแบบทดรอบ

มอเตอร์สตาร์ตแบบทดรอบเป็นที่นิยมใช้กับรถยนต์ในปัจจุบัน ซึ่งมีส่วนประกอบหลักดังแสดงในรูปที่ 5.17 มอเตอร์สตาร์ตแบบนี้มีขนาดเล็ก กะทัดรัด มอเตอร์มีความเร็วรอบสูง และมีเฟืองทดขณะที่มอเตอร์มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบากว่ามอเตอร์แบบธรรมดา เมื่อทำงานที่ความเร็วรอบสูงชุดเฟืองทดจะถ่ายทอดแรงบิดไปที่เฟืองขับซึ่งถูกทดรอบลงประมาณ 1 ใน 4 ของความเร็วมอเตอร์ (มอเตอร์หมุน 4 รอบ เฟืองขับหมุน 1 รอบ) ซึ่งเฟืองขับจะหมุนราบเรียบและมีความเร็วรอบสูงกว่ามอเตอร์สตาร์ตแบบธรรมดา และมีแรงบิดสูง (กำลังขับเพลาข้อเหวี่ยง)

มอเตอร์สตาร์ตแบบทดรอบ วงจรสตาร์ต ประกอบด้วย แบตเตอรี่ สายเคเบิลแบตเตอรี่ สวิตช์แม่เหล็กหรือโซลีนอยด์ และมอเตอร์สตาร์ต ส่วนวงจรควบคุมประกอบด้วยสวิตช์จุดระเบิด ดังแสดงในรูปที่ 5.18



รูปที่ 5.17 โครงสร้างมอเตอร์สตาร์ตแบบทดรอบ

5.5.3 การทำงานของระบบสตาร์ต

ระบบสตาร์ตมีวงจรไฟฟ้าและหลักการทำงานโดยภาพรวมเหมือนกัน ในที่นี้ขอยกตัวอย่างการทำงานของระบบสตาร์ตที่ใช้มอเตอร์สตาร์ตแบบทดรอบ มีรายละเอียดการทำงานดังนี้

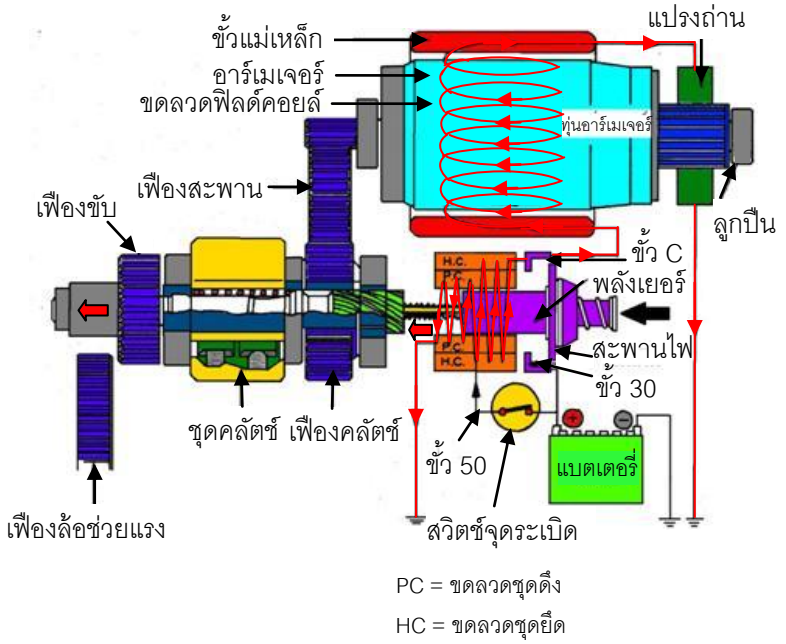
1. **เมื่อสวิตช์จุดระเบิดอยู่ในตำแหน่งสตาร์ต** (ST)

– กระแสไฟฟ้าไหลจากแบตเตอรี่ ผ่านสวิตช์จุดระเบิด และขั้ว 50 ไปยังขดลวดชุดดึงและขดลวดชุดยึด ในขณะเดียวกันกระแสไฟฟ้าจากขดลวดชุดดึงจะไหลผ่านขั้ว C ไปยังขดลวดสนามแม่เหล็ก ผ่านแปรงถ่านบวก ขดลวดอาร์เมเจอร์ และแปรงถ่านลบลงกราวด์ครบวงจร

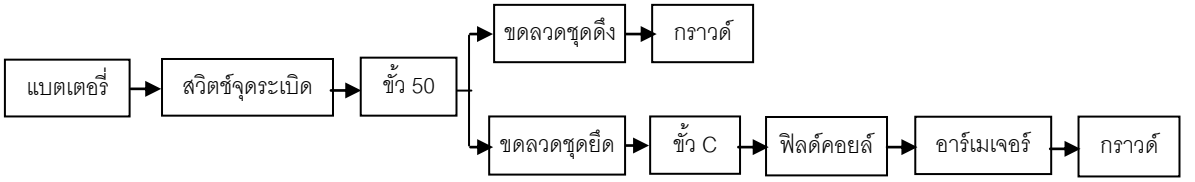
– แรงเคลื่อนไฟฟ้าตกคร่อมตรงข้ามกับขดลวดชุดดึง จะจำกัดกระแสไฟฟ้าไปที่มอเตอร์ ซึ่งจะรักษาให้มอเตอร์หมุนที่ความเร็วรอบต่ำ

– พลังเยอร์สวิตช์แม่เหล็กจะผลักเฟืองขับไปขบกับเฟืองล้อช่วยแรง

– เฟืองสไปลน์และความเร็วรอบของมอเตอร์ที่หมุนด้วยความเร็วรอบต่ำจะช่วยให้เฟืองขับและเฟืองล้อช่วยแรงสัมผัสกันอย่างราบเรียบและนิ่มนวล



กระแสไฟฟ้าไหล



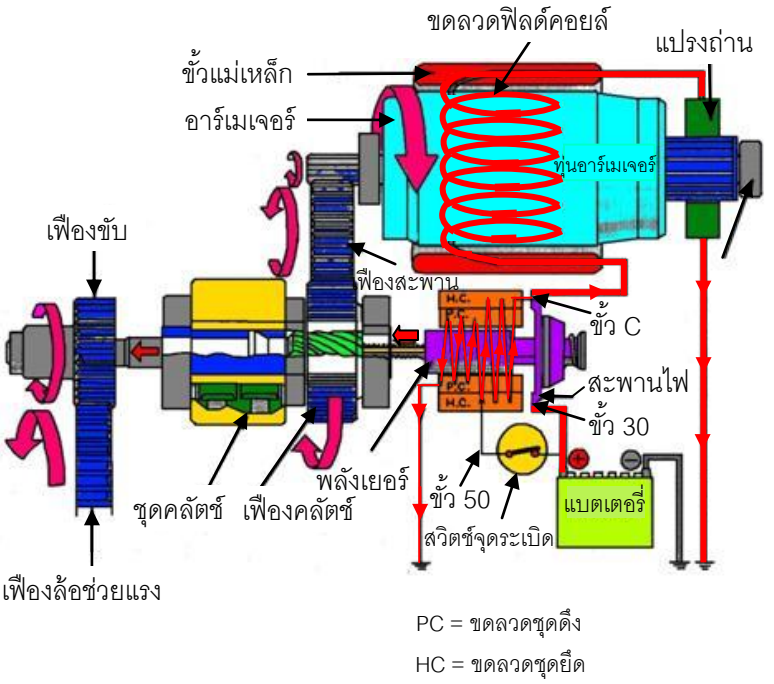
รูปที่ 5.18 การทำงานของมอเตอร์สตาร์ตเมื่อสวิตช์จุดระเบิดอยู่ในตำแหน่งสตาร์ต (ST)

2. **เมื่อสวิตช์จุดระเบิดอยู่ในตำแหน่งสตาร์ต (ต่อเนื่อง)**

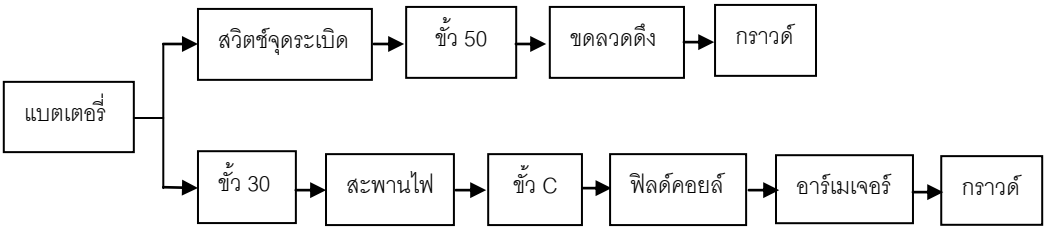
– เมื่อเฟืองขับและเฟืองล้อช่วยแรงขบกันเต็มที่ หน้าสัมผัสของพลังเยอร์จะหมุนสัมผัสกับสะพานไฟที่ต่อระหว่างขั้ว 30 กับขั้ว C

– กระแสไฟฟ้าจำนวนมากไหลไปที่มอเตอร์ และขับเฟืองขับที่ขบกับเฟืองล้อช่วยแรงหมุนด้วยแรงบิดที่เพิ่มขึ้น

– กระแสไฟฟ้าที่ไหลไปยังขดลวดชุดดึงในระยะเวลาสั้น ๆ ชุดพลังเยอร์จะยึดตำแหน่งไว้โดยแรงแม่เหล็กที่ขดลวดชุดดึง



กระแสไฟฟ้าไหล



รูปที่ 5.19 การทำงานของมอเตอร์สตาร์ตเมื่อสวิตช์จุดระเบิดอยู่ในตำแหน่งสตาร์ต (ต่อเนื่อง)

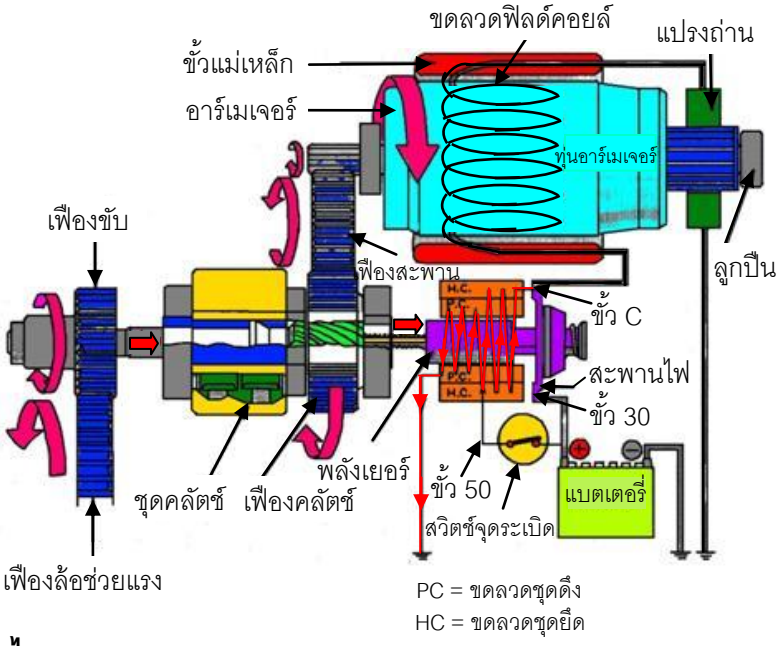
3. **เมื่อสวิตช์จุดระเบิดอยู่ในตำแหน่งเปิด** (ON)

– ไม่มีกระแสไฟฟ้าไปที่ขั้ว 50 อย่างไรก็ตาม สะพานไฟยังยอมให้กระแสไฟฟ้าจากขั้ว C ไหลผ่านไปยังขดลวดชุดดึงไปยังขดลวดชุดยึด

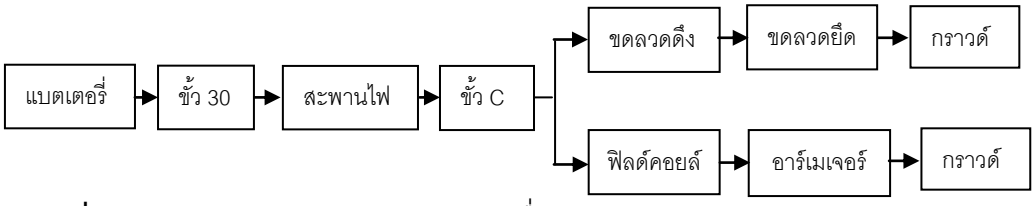
– สนามแม่เหล็กในขดลวดชุดดึงและขดลวดชุดยึดจะถูกยกเลิก และชุดพลังเยอร์จะดึงเฟืองขับเคลื่อนที่กลับด้วยแรงดันสปริง

– กระแสไฟฟ้าที่สูงไปยังมอเตอร์จะถูกตัดออกและเฟืองขับจะถอยจากเฟืองล้อช่วยแรง

– อาร์เมเจอร์ยังคงมีแรงเฉื่อยซึ่งแตกต่างจากมอเตอร์สตาร์ตแบบธรรมดา แรงเสียดทานจะหยุดการหมุนของมอเตอร์

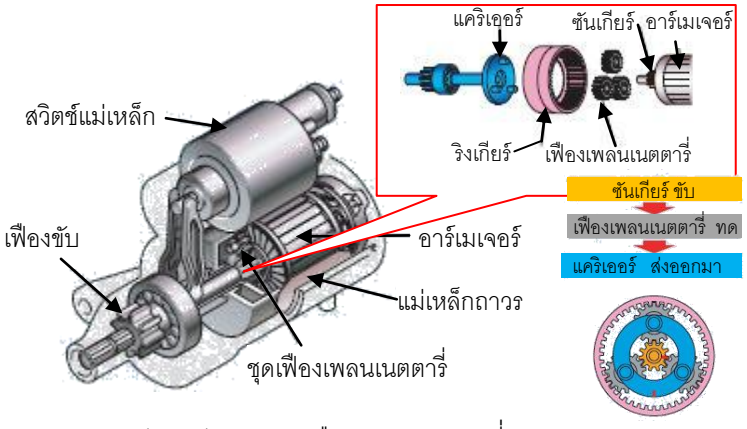


กระแสไฟฟ้าไหล



รูปที่ 5.20 การทำงานของมอเตอร์สตาร์ตเมื่อสวิตช์จุดระเบิดอยู่ในตำแหน่งเปิด (ON)

นอกจากนี้ มอเตอร์สตาร์ตบางแบบจะใช้ชุดเฟืองเพลนเนตตารี่ (Motor Start Planetary Type) ซึ่งจะถ่ายทอดแรงบิดไปที่เฟืองขับ ซึ่งถูกทดรอบลงประมาณ 1 ใน 5 ของความเร็วมอเตอร์ (มอเตอร์หมุน 5 รอบ เฟืองขับหมุน 1 รอบ) ซึ่งเฟืองพิเนียนจะขบกับเฟืองล้อช่วยแรง โดยใช้ก้ามปูเหมือนกับแบบธรรมดา ส่วนโครงสร้างอื่น ๆ จะเหมือนกับมอเตอร์สตาร์ตทั่ว ๆ ไป



รูปที่ 5.21 มอเตอร์สตาร์ตแบบชุดเฟืองเพลนเนตตารี่

5.6 การวิเคราะห์ปัญหาและแก้ไขข้อขัดข้องระบบสตาร์ต

การวิเคราะห์ปัญหาและการแก้ไขข้อขัดข้องของระบบสตาร์ต ดังแสดงในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 การวิเคราะห์ปัญหาและการแก้ไขข้อขัดข้องระบบสตาร์ต

ปัญหา	สาเหตุที่เป็นไปได้	การแก้ไข
1. เครื่องยนต์ไม่หมุน	1. แบตเตอรี่เสีย 2. ฟิวส์สายขาด 3. ขั้วต่อสายหลวม 4. สวิตช์จุดระเบิดชำรุด 5. สวิตช์แม่เหล็ก รีเลย์ สวิตช์เกียร์ว่าง และสวิตช์คลัตช์ชำรุด 6. ปัญหากลไกเครื่องยนต์ 7. ปัญหามอเตอร์สตาร์ต	1. ตรวจสอบสภาพการประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่ 2. เปลี่ยนฟิวส์สายใหม่ 3. ทำความสะอาดและขันขั้วต่อสายให้แน่น 4. ตรวจสอบการทำงานของสวิตช์จุดระเบิด เปลี่ยนเมื่อจำเป็น 5. ตรวจสอบและเปลี่ยนถ้าจำเป็น 6. ตรวจสอบเครื่องยนต์ 7. ตรวจสอบมอเตอร์สตาร์ต เปลี่ยนชิ้นส่วนที่ชำรุด
2. เครื่องยนต์หมุนช้าขณะสตาร์ต	1. แบตเตอรี่อ่อน 2. ขั้วหลวมหรือเป็นสนิม 3. มอเตอร์สตาร์ตบกพร่อง 4. ปัญหากลไกที่เครื่องยนต์หรือมอเตอร์สตาร์ต	1. ตรวจสอบแบตเตอรี่หรือประจุไฟฟ้าใหม่ตามความจำเป็น 2. ทำความสะอาดและขันขั้วต่อให้แน่น 3. ทดสอบมอเตอร์สตาร์ต 4. ตรวจสอบเครื่องยนต์และมอเตอร์สตาร์ต เปลี่ยนชิ้นส่วนที่ชำรุด

ตารางที่ 5.1 (ต่อ) การวิเคราะห์ปัญหาและการแก้ไขข้อขัดข้องระบบสตาร์ต

ปัญหา	สาเหตุที่เป็นไปได้	การแก้ไข
3. มอเตอร์ยังหมุนอยู่ขณะปล่อยสวิตช์ตำแหน่งเปิด (ON)	1. เฟืองขับหรือเฟืองล้อช่วยแรงชำรุด 2. พลังเยอร์ในสวิตช์แม่เหล็กบกพร่อง 3. สวิตช์หรือวงจรควบคุมขัดข้อง 4. สวิตช์จุดระเบิดติด	1. ตรวจสอบการสึกหรอของเฟืองขับและเฟืองล้อช่วยแรงใหม่ 2. ทดสอบขดลวดชุดดึงและขดลวดชุดยึดของสวิตช์แม่เหล็ก 3. ตรวจสอบสวิตช์และส่วนประกอบวงจร 4. ตรวจสอบการเสียหายของสวิตช์จุดระเบิด
4. มอเตอร์สตาร์ตหมุนแต่ไม่เข้าไปขับเพลาข้อเหวี่ยงเครื่องยนต์	1. โอเวอร์รันนิ่งคลัตช์ขัดข้อง 2. เฟืองขับหรือเฟืองล้อช่วยแรงเสียหาย	1. ตรวจสอบการทำงานของโอเวอร์รันนิ่งคลัตช์ 2. ตรวจสอบการเสียหายหรือการชำรุดของเฟืองขับหรือเฟืองล้อช่วยแรงเปลี่ยนใหม่ถ้าจำเป็น
5. เฟืองขับไม่เข้าขบ/ไม่จากออกจากเฟืองล้อช่วยแรง	1. สวิตช์แม่เหล็กชำรุด 2. เฟืองขับหรือเฟืองล้อช่วยแรงชำรุด	1. ตรวจสอบและเปลี่ยนสวิตช์แม่เหล็กตามความจำเป็น 2. ตรวจสอบการชำรุดหรือการสึกหรอของเฟืองขับหรือเฟืองล้อช่วยแรงหรือเปลี่ยนใหม่

สรุปสาระสำคัญ

☐ ระบบสตาร์ต ประกอบด้วย แบตเตอรี่ สายเคเบิล และสายไฟ สวิตช์จุดระเบิด สวิตช์โซลีนอยด์หรือรีเลย์ มอเตอร์สตาร์ต เฟืองขับและเฟืองล้อช่วยแรง สวิตช์คลัตช์ หรือสวิตช์นิรภัย

☐ หลักการของมอเตอร์ จะใช้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดตัวนำ (อาร์เมเจอร์) เพื่อสร้างสนามแม่เหล็กรอบ ๆ ตัวนำ การเคลื่อนที่ของตัวนำผ่านสนามแม่เหล็ก ซึ่งผลิตโดยขดลวดสนามแม่เหล็กทำให้อาร์เมเจอร์หมุน

☐ ระบบสตาร์ตจะนำเอาชิ้นส่วนของกลไกและไฟฟ้ารวมเข้าไว้ด้วยกัน ซึ่งจะทำงานร่วมกันเพื่อสตาร์ตเครื่องยนต์

☐ อาร์เมเจอร์เป็นชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่ของมอเตอร์สตาร์ต ประกอบด้วยตัวนำแผ่นบางที่ซ้อนอัดรอบ ๆ แกนเหล็กอ่อน ซึ่งมีลักษณะเป็นทุ่น ซึ่งใช้สร้างสนามแม่เหล็ก และให้กระแสหมุนวน

☐ แม่เหล็กไฟฟ้าภายในมอเตอร์สตาร์ต ประกอบด้วยขดลวดเรียกว่าอาร์เมเจอร์ การหมุนของอาร์–เมเจอร์ภายในขดลวดที่อยู่กับที่เรียกว่า ขดลวดสนามแม่เหล็ก (ขดลวดฟิลด์คอยล์) ซึ่งมีขดลวดตัวนำพันรอบ ๆ ขั้วแม่เหล็กเหนือและขั้วแม่เหล็กใต้ซึ่งใช้สร้างสนามแม่เหล็ก

☐ เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดสนามแม่เหล็ก (ฟิลด์คอยล์) จะสร้างความเข้มของสนามแม่เหล็กที่ขดลวดที่อยู่กับที่ (ขดลวดฟิลด์คอยล์)

☐ ในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง มีการต่อขดลวดสนามแม่เหล็กและอาร์เมเจอร์ 3 แบบ คือ การต่อแบบอนุกรม การต่อแบบขนาน และการต่อแบบผสม (อนุกรม–ขนาน)

☐ เฟืองขับมอเตอร์สตาร์ต ประกอบด้วยเฟืองพิเนียนซึ่งสัมผัสกับเฟืองล้อช่วยแรงของเครื่องยนต์

☐ เฟืองขับแบบเบนดิกจะอาศัยแรงเฉื่อยเพื่อเตรียมเลื่อนเฟืองขับเข้าขบกับเฟืองล้อช่วยแรงของเครื่องยนต์

☐ ชุดเฟืองขับส่วนใหญ่ จะเป็นแบบโอเวอร์รันนิ่งคลัตช์ ซึ่งจะใช้คลัตช์แบบโรลเลอร์ เพื่อส่งถ่ายแรงบิดให้หมุนได้ทิศทางเดียว ออกแบบมาเพื่อป้องกันเครื่องยนต์จากการหมุนของมอเตอร์และป้องกันการเสียหายของมอเตอร์

☐ ระบบสตาร์ต ประกอบด้วย 2 วงจรย่อย ประกอบด้วย วงจรควบคุมสตาร์ตและวงจรควบคุมมอเตอร์

☐ ส่วนประกอบของวงจรควบคุมสตาร์ต ประกอบด้วย สวิตช์จุดระเบิด สวิตช์นิรภัย ตัวนำสายไฟ สวิตช์แม่เหล็กหรือโซลีนอยด์

☐ วงจรควบคุมมอเตอร์ ประกอบด้วย สายเคเบิลแบตเตอรี่จากแบตเตอรี่ ไปยังรีเลย์และมอเตอร์สตาร์ตหรือตรงไปที่โซลีนอยด์

☐ มอเตอร์สตาร์ตโดยทั่วไป แบ่งเป็น 2 แบบ คือ แบบธรรมดา (ขับตรง) และแบบทดรอบ

แบบฝึกหัดหน่วยที่ 5

ระบบสตาร์ต

คำสั่ง จงเติมคำตอบลงในช่องว่างให้ถูกต้อง

1. หน้าที่ของระบบสตาร์ต คือ.....

.....

2. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจะใช้ปฏิกิริยาซึ่งกันและกันของสนามแม่เหล็ก เพื่อเปลี่ยนพลังงาน.....

.....ไปเป็นพลังงาน.....

3. โครงสร้างชิ้นส่วนของระบบสตาร์ต ประกอบด้วย.....

.....

4. .....เป็นชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่ของมอเตอร์ ซึ่งประกอบด้วยตัวนำที่พันรอบ

แกนเหล็กอ่อนที่ทำหน้าที่เป็น.....ใช้ผลิต.....

5. .....เป็นชิ้นส่วนของมอเตอร์สตาร์ตที่ร่วมกับอาร์เมเจอร์ไปขับเฟืองล้อช่วยแรง

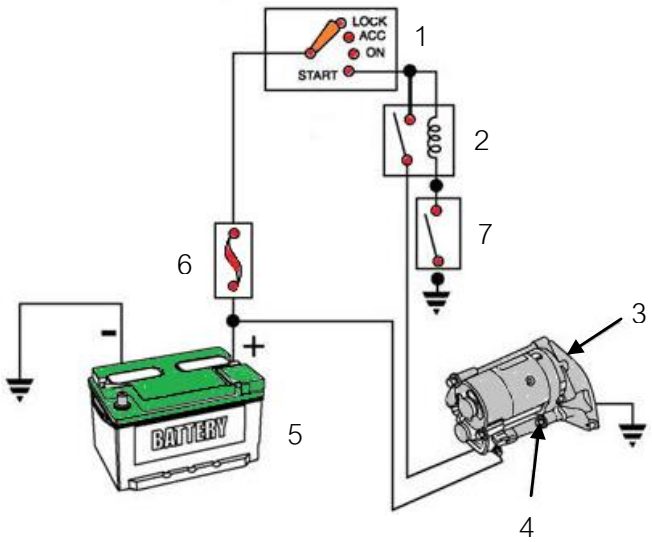
6. เฟืองขับแบบ.....เป็นชุดคลัตช์โรลเลอร์ที่ถ่ายทอดแรงบิดให้หมุนได้ในทิศทางเดียว

7. ชิ้นส่วนของอาร์เมเจอร์ที่แปรงถ่านสัมผัสอยู่รอบ ๆ เรียกว่า.....

8. วงจรไฟฟ้าควบคุมระบบสตาร์ต แบ่งเป็น.....วงจรย่อย ประกอบด้วย.....

.....

จำแนกโครงสร้างระบบสตาร์ตและหน้าที่การทำงานของชิ้นส่วนระบบสตาร์ต



9. จงจำแนกชิ้นส่วนของระบบสตาร์ตจากรูปที่กำหนดให้ โดยเติมหมายเลขไว้หน้าข้อความชื่อชิ้นส่วนให้ถูกต้อง

.....แบตเตอรี่ .....สวิตช์แม่เหล็ก

.....ฟิวส์สาย .....มอเตอร์สตาร์ต

.....สวิตช์คลัตช์ .....สวิตช์จุดระเบิด

.....รีเลย์สตาร์ต

10. จากรูปจงเติมหมายเลขของชิ้นส่วนไว้หน้าข้อความที่อธิบายถึงหน้าที่ชิ้นส่วนของระบบสตาร์ตให้ถูกต้อง

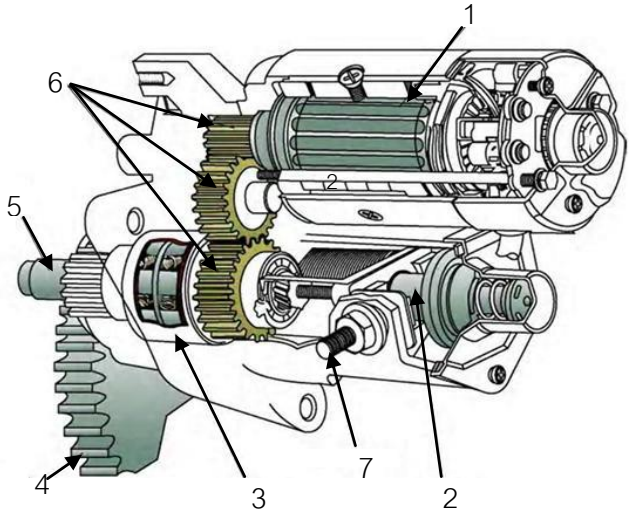
.....หมุนเปิดและปิดควบคุมวงจร .....หมุนเปิดและปิดวงจรมอเตอร์

.....จัดเตรียมพลังงานสำหรับระบบ .....ขับล้อช่วยแรงผ่านเฟืองขับ

.....ป้องกันระบบจากภาระที่มากเกินไป .....ยอมให้สตาร์ตปราศจากแรงกดคลัตช์

.....ป้องกันการหมุนเพลาข้อเหวี่ยงเมื่อคลัตช์ไม่ถูกกด

จำแนกโครงสร้างชิ้นส่วนและหน้าที่ของชิ้นส่วนมอเตอร์สตาร์ต



11. จงจำแนกชิ้นส่วนของมอเตอร์สตาร์ต จากรูปที่กำหนดให้โดยวางหมายเลขไว้หน้าข้อความชื่อชิ้นส่วนให้ถูกต้อง

.....สวิตช์แม่เหล็ก .....อาร์เมเจอร์ .....พลังเยอร์

.....โอเวอร์รันนิ่งคลัตช์ .....เฟืองล้อช่วยแรง .....เฟืองทด

.....เฟืองขับ

12. จากรูป จงวางหมายเลขของชิ้นส่วนที่ถูกต้องไว้หน้าข้อความที่อธิบายถึงหน้าที่ของชิ้นส่วนมอเตอร์สตาร์ตให้ถูกต้อง

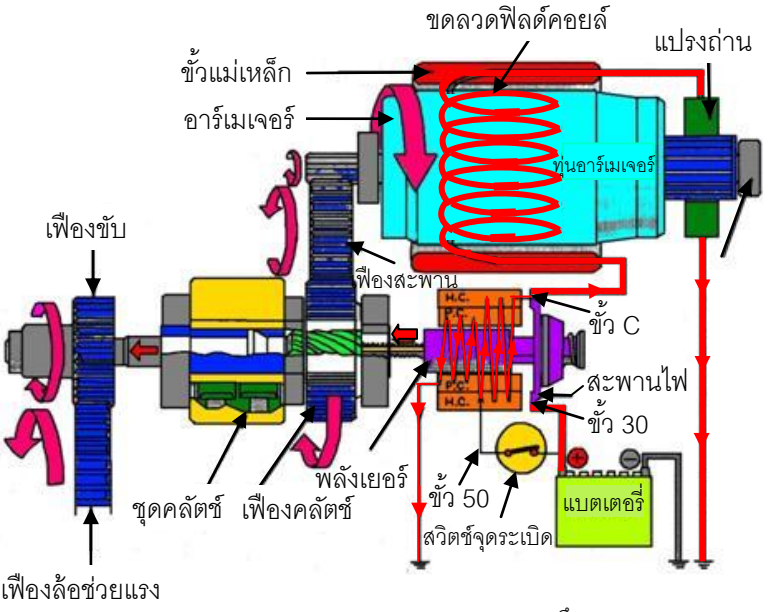
.....เฟืองขับสุดท้าย .....เพิ่มแรงบิดมอเตอร์สตาร์ต

.....เฟืองตามต่อกับเฟืองล้อช่วยแรง .....หมุนเปิดและปิดมอเตอร์

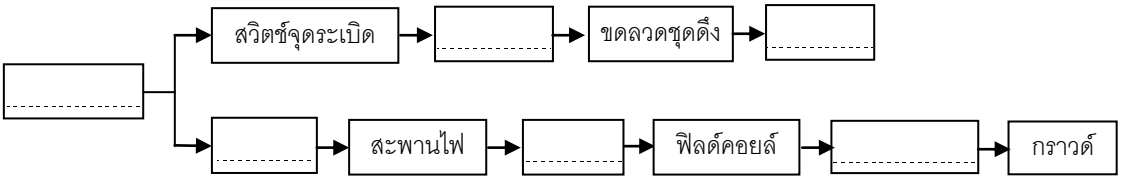
.....ก่อให้เกิดเฟืองขับเข้าขบกับเฟืองล้อช่วยแรง .....ผลิตพลังงานกล

.....ป้องกันการเสียหายมอเตอร์สตาร์ตจากเครื่องยนต์

13. จงอธิบายการทำงานของมอเตอร์สตาร์ตตำแหน่งสตาร์ต (ST) และเติมคำตอบลงในช่องว่างของการไหลกระแสไฟฟ้า จากรูปที่กำหนดให้



กระแสไฟฟ้าไหล



ใบงานที่ 9

งานทดสอบมอเตอร์สตาร์ต

ความรู้เบื้องต้น

หากตรวจสอบระบบสตาร์ตบนรถยนต์ บ่งชี้ชัดเจนว่ามอเตอร์สตาร์ตมีข้อบกพร่อง ต้องถอดมอเตอร์สตาร์ตออกจากเครื่องยนต์ และนำมอเตอร์สตาร์ตมาทดสอบบนโต๊ะปฏิบัติงาน และเปลี่ยนชิ้นส่วนตามความจำเป็น

ข้อควรระวัง

1. ถอดสายเคเบิลขั้วลบแบตเตอรี่ด้านกราวด์เสมอ ก่อนถอดมอเตอร์สตาร์ตออกจากเครื่องยนต์
2. ทดสอบภายใน 3–5 วินาที เพื่อป้องกันขดลวดไหม้
3. ค่ากำหนดเฉพาะการทดสอบ อ้างถึงคู่มือการซ่อมกำหนด

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. เตรียมเครื่องมือ วัสดุและอุปกรณ์ได้ถูกต้อง
2. ทดสอบขดลวดชุดดึงของสวิตช์โซลีนอยด์ได้ถูกต้อง
3. ทดสอบขดลวดชุดยึดของสวิตช์โซลีนอยด์ได้ถูกต้อง
4. ทดสอบการคืนกลับของเฟืองขับมอเตอร์สตาร์ตได้ถูกต้อง
5. ทดสอบสมรรถนะของมอเตอร์สตาร์ตขณะไม่มีภาระได้ถูกต้อง
6. วิเคราะห์ผลการทดสอบมอเตอร์สตาร์ตได้ถูกต้อง
7. เก็บเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์และทำความสะอาดได้ถูกต้อง

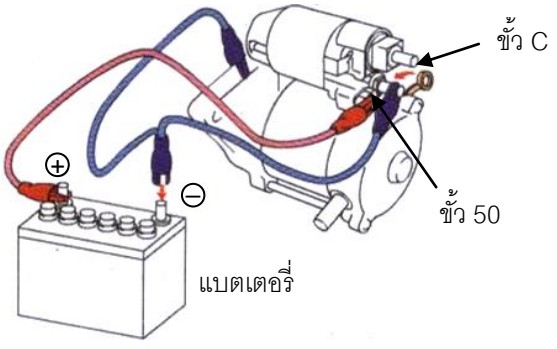
เครื่องมือ วัสดุ และอุปกรณ์

1. แบตเตอรี่
2. มอเตอร์สตาร์ต
3. สายวัดทดสอบ
4. แอมมิเตอร์
5. โต๊ะปฏิบัติงาน
6. เครื่องมือช่างยนต์ทั่วไป
7. คู่มือการซ่อม

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

ทดสอบขดลวดชุดดึง

1. เตรียมเครื่องมือ วัสดุ และอุปกรณ์
2. ถอดขั้วต่อสายไฟของขดลวดสนามแม่เหล็กออกจากขั้ว C
3. ต่อสายไฟทดสอบจากขั้วบวกแบตเตอรี่ไปยังขั้ว 50 และต่อสายไฟทดสอบจากขั้วลบแบตเตอรี่ไปยังเรือนสวิตช์แม่เหล็กและขั้ว C
4. เฟืองขับจะถูกดันออกมาจนสุด ถ้าเฟืองขับไม่ถูกดันออกแสดงว่าขดลวดชุดดึงชำรุด ให้เปลี่ยนสวิตช์แม่เหล็กใหม่

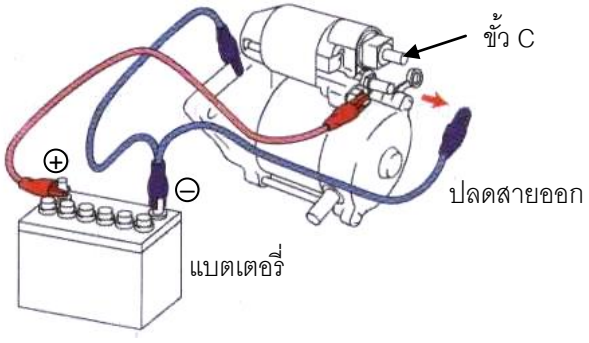


ผลการตรวจสอบการทำงานของขดลวดดึง ☐ ถูกดึง ☐ ไม่ถูกดึง

ขดลวดเป็นอย่างไร ☐ ดี ☐ ชำรุด

ทดสอบขดลวดชุดยึด

1. ทดสอบการเลื่อนตัวกลับของเฟืองขับ โดยถอดสายไฟทดสอบออกจากขั้ว C
2. เฟืองขับควรอยู่ตำแหน่งเดิม ถ้าถอยกลับแสดงว่าขดลวดชุดยึดขาด ให้เปลี่ยนสวิตช์แม่เหล็กใหม่

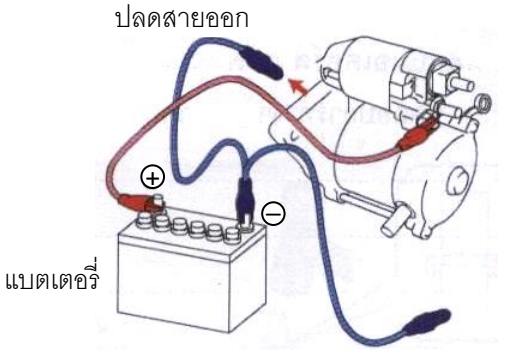


ผลการทดสอบการทำงานของขดลวดชุดยึด ☐ ถูกดึง ☐ ไม่ถูกดึง

ขดลวดเป็นอย่างไร ☐ ดี ☐ ชำรุด

ทดสอบการคืนกลับของเฟืองขับ

1. ถอดสายไฟทดสอบขั้วลบ (–) ออกจากเรือนสวิตช์แม่เหล็ก
2. เฟืองขับต้องเลื่อนกลับเข้าข้างใน ถ้าไม่เลื่อนตัวกลับ ให้เปลี่ยนสวิตช์แม่เหล็กใหม่



ผลการตรวจสอบการกลับของแกนกระทุ้ง ☐ ช้า ☐ เร็ว

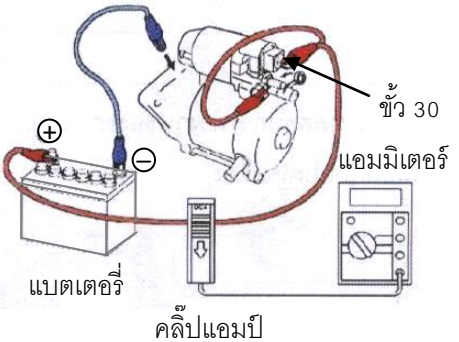
สรุปการทำงาน ☐ ดี ☐ ชำรุด

ทดสอบสมรรถนะของมอเตอร์สตาร์ตขณะไม่มีภาระ

1. ต่อสายไฟทดสอบจากขั้วลบแบตเตอรี่ (–) ไปยังเรือนสวิตช์แม่เหล็ก และต่อสายไฟทดสอบจากขั้วบวก (+) แบตเตอรี่ไปยังขั้ว 30 และขั้ว 50 ของมอเตอร์สตาร์ต

2. ต่อคลิ๊ปแอมป์คร่อมสายไฟทดสอบระหว่างขั้วบวกแบตเตอรี่ไปยังขั้ว 30 และขั้ว 50 ของมอเตอร์สตาร์ต

3. สังเกตการทำงานของมอเตอร์สตาร์ต ควรหมุนราบเรียบ และเฟืองขับจะเลื่อนตัวออกมา กระแสไฟฟ้าที่แอมมิเตอร์ ควรอ่านค่าได้ไม่น้อยกว่า 50 แอมแปร์ ที่แรงดัน 11 โวลต์ หรือตามที่คู่มือกำหนด (อ้างอิงถึงคู่มือการซ่อมกำหนด)



วัดได้.....แอมแปร์

สรุปการทำงาน ☐ ถูกต้อง ☐ ไม่ถูกต้อง

ใบงานที่ 10

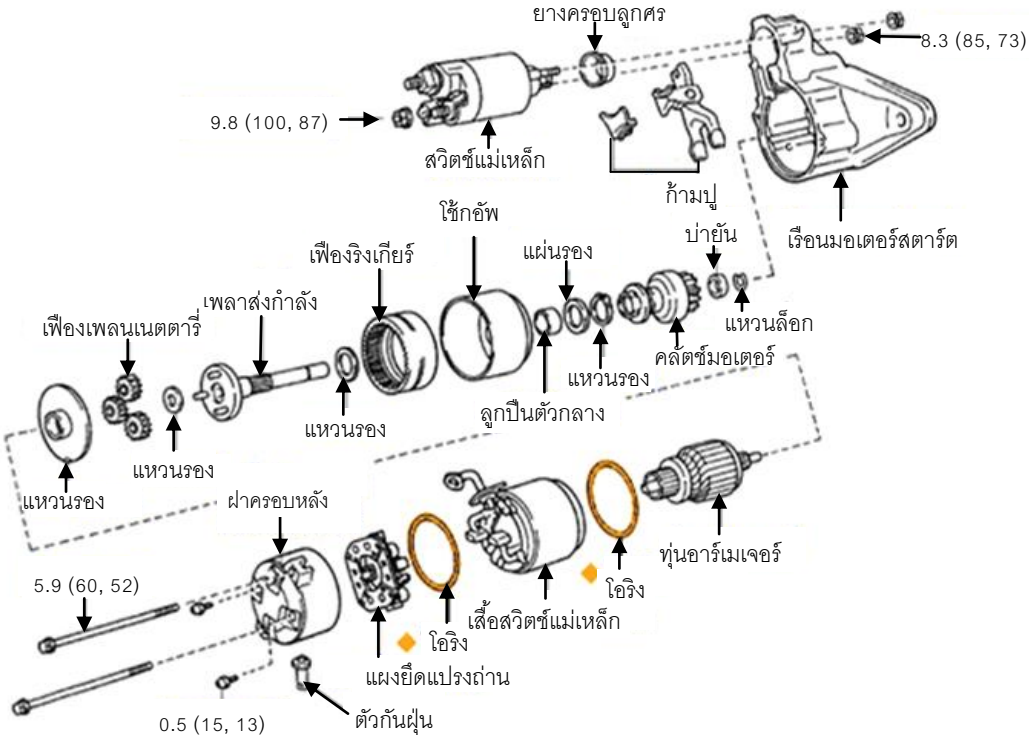
งานถอด ประกอบ และตรวจสอบมอเตอร์สตาร์ต

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. เตรียมเครื่องมือ วัสดุและอุปกรณ์ได้ถูกต้อง
2. ถอด ประกอบชิ้นส่วนมอเตอร์สตาร์ตได้ถูกต้อง
3. ตรวจสอบชิ้นส่วนมอเตอร์สตาร์ตได้ถูกต้อง
4. เก็บเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์และทำความสะอาดได้ถูกต้อง

เครื่องมือ วัสดุ และอุปกรณ์

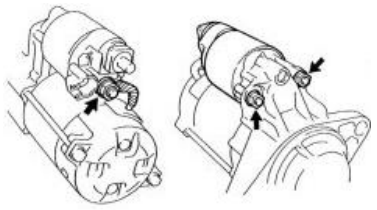
1. แบตเตอรี่
2. มอเตอร์สตาร์ตแบบเฟืองเพลนเนตตารี่
3. มัลติมิเตอร์
4. สายวัดและสายไฟทดสอบ
5. เวอร์เนียร์คาลิเปอร์
6. ไดอัลเกจและแท่นวีบล็อก (V–Block)
7. เครื่องมือประจำตัว
8. จาระบี



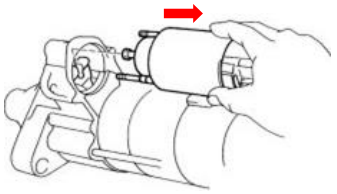
นิวตัน–เมตร (กก.–ซม., นิ้ว–ปอนด์) : ค่าแรงขันมาตรฐาน

◆ ชิ้นส่วนที่ไม่สามารถนำกลับมาใช้ได้อีก

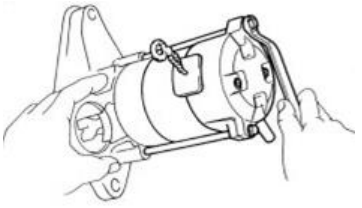
ลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงานการถอดแยกชิ้นส่วนมอเตอร์สตาร์ต



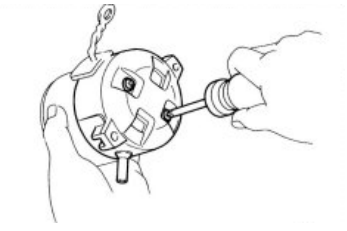
1. เตรียมเครื่องมือ วัสดุและอุปกรณ์ จากนั้นถอดโบลต์ยึดสวิตช์แม่เหล็กออกจากเรือนมอเตอร์สตาร์ต



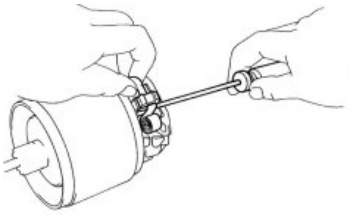
2. ดึงสวิตช์แม่เหล็กออกและปลดขอเกี่ยวออกจากก้ามปู จากนั้นถอดสวิตช์แม่เหล็กออกตามลำดับ



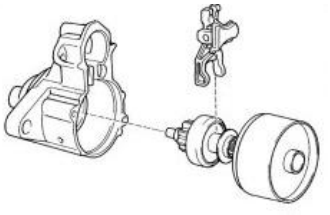
3. ถอดเรือนขดลวดสนามแม่เหล็กและทุ่นอาร์เมเจอร์ โดยถอดโบลต์ 2 ตัวออก จากนั้นดึงตัวเรือนขดลวดสนามแม่เหล็กกับทุ่นอาร์เมเจอร์ออกพร้อมกัน



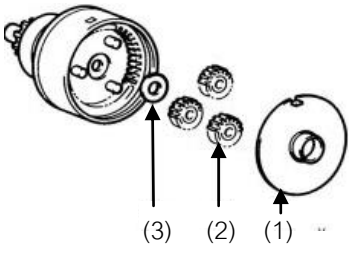
4. ถอดสกรูออก 2 ตัว จากนั้นถอดฝาครอบหลังคอมมิวเตเตอร์ออกและยึดสายไฟไว้ในขณะที่ดึงฝาครอบหลังคอมมิวเตเตอร์ออก



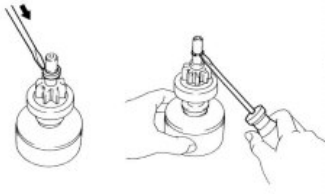
5. ถอดแผงยึดแปรงถ่านและถอดแปรงถ่าน 4 ตัว จากนั้นทำการถอดอาร์เมเจอร์ออกจากเรือนขดลวดสนามแม่เหล็กตามลำดับ



6. ถอดก้ามปูและชุดคลัตช์ออกจากเสื้อมอเตอร์



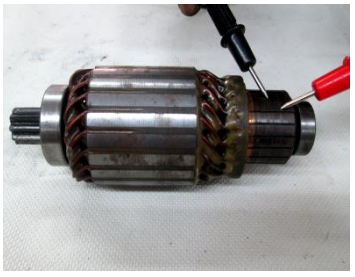
7. ถอดชุดเพลนเนตตารี่เกียร์ ถอดชิ้นส่วนต่อไปนี้ออก
   (1) แผ่นประกับเฟือง
   (2) เฟืองเพลนเนตตารี่ 3 ตัว
   (3) แหวนรอง



8. ถอดชุดคลัตช์ โดยใช้ไขควงตอกบ่ายันลงไปยังชุดคลัตช์ และงัดแหวนล็อกออก จากนั้นทำการถอดบ่ายัน และชุดคลัตช์ออกจากเพลาเพลนเนตตารี่

9. ถอดเพลาส่งกำลังและเฟืองตัวใน โดยใช้คีมถ่างแหวน ถอดแหวนล็อกและแหวนรองออก จากนั้นให้ถอดเพลาส่งกำลังและแหวนรองตามลำดับ

การตรวจสอบและซ่อมมอเตอร์สตาร์ต



ขดลวดอาร์เมเจอร์

1. ตรวจสอบการขาดวงจรของขดลวดอาร์เมเจอร์

1.1 ใช้มัลติมิเตอร์ตรวจสอบการต่อเนื่องระหว่างซี่คอมมิวเตเตอร์

1.2 ถ้าไม่มีการต่อเนื่องระหว่างซี่คอมมิวเตเตอร์เปลี่ยนอาร์เมเจอร์ใหม่

ผลการตรวจสอบ ☐ ขาด ☐ ไม่ขาด

2. ตรวจสอบการรั่วลงกราวด์ของขดลวดอาร์เมเจอร์โดยใช้มัลติมิเตอร์ตรวจสอบการรั่วลงกราวด์ระหว่างคอมมิวเตเตอร์กับแกนขดลวดอาร์เมเจอร์ ถ้ามีการต่อเนื่องเปลี่ยนทุ่นอาร์เมเจอร์ใหม่

ผลการตรวจสอบ ☐ ดี ☐ ลงกราวด์

1. ตรวจสอบความสกปรกและรอยไหม้ที่หน้าสัมผัสคอมมิวเตเตอร์

ถ้าผิวหน้าสัมผัสสกปรกหรือไหม้ แก้ไขโดยขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 400 หรือกลึงตกแต่ง

ผลการตรวจสอบ ☐ สกปรก/ไหม้ ☐ ปกติ

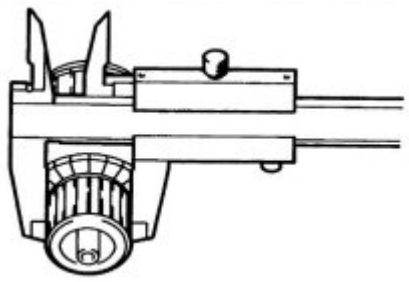
2. ตรวจสอบความบิดเบี้ยวของคอมมิวเตเตอร์

2.1 วางคอมมิวเตเตอร์บนแท่นรูปตัววี

2.2 ใช้ไดอัลเกจวัดความบิดเบี้ยวคอมมิวเตเตอร์ ค่าความบิดเบี้ยวสูงสุด: 0.05 มม. ถ้าค่าความบิดเบี้ยวมากกว่าค่าสูงสุดแก้ไขโดยการกลึง

ผลการวัดค่าความบิดเบี้ยว.....มิลลิเมตร

สรุปผลการตรวจสอบ ☐ ปกติ ☐ บิดเบี้ยว



คอมมิวเตอร์

1. ตรวจสอบขนาดความโตคอมมิวเตเตอร์

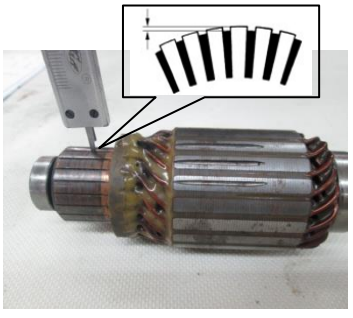
1.1 ใช้เวอร์เนียร์คาลิเปอร์ วัดความโตคอมมิวเตเตอร์

1.2 ค่าความโตมาตรฐาน: 28.0 มม.

1.3 ค่าความโตต่ำสุด: 27.0 มม.

1.4 ถ้าค่าความโตน้อยกว่าค่าต่ำสุดเปลี่ยนทุ่นอาร์–เมเจอร์ใหม่

ผลการตรวจสอบ ☐ ปกติ ☐ ชำรุด



2. ตรวจสอบความลึกของร่องคอมมิวเตเตอร์

2.1 ตรวจสอบว่าร่องคอมมิวเตเตอร์สะอาดปราศจากสิ่งสกปรก และขอบเรียบ

2.2 ค่าความลึกมาตรฐาน: 0.6 มม.

2.3 ค่าความลึกต่ำสุด: 0.2 มม.

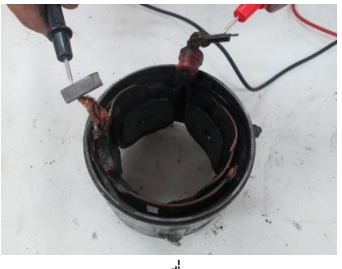
2.4 ถ้าความลึกมาตรฐานน้อยกว่าค่าต่ำสุด แก้ไขโดยการใช้ใบเลื่อยเซาะร่องคอมมิวเตเตอร์

ผลการตรวจสอบ ☐ ปกติ ☐ ชำรุด

ขดลวดสนามแม่เหล็ก

1. ตรวจสอบการขาดวงจรของขดลวดสนามแม่เหล็ก

ใช้มัลติมิเตอร์ ตรวจสอบการต่อเนื่องระหว่างปลายสายต่อและปลายแปรงถ่าน ถ้าไม่ต่อเนื่องให้เปลี่ยนขดลวดสนามแม่เหล็ก



ต่อเนื่อง

ไม่ต่อเนื่อง

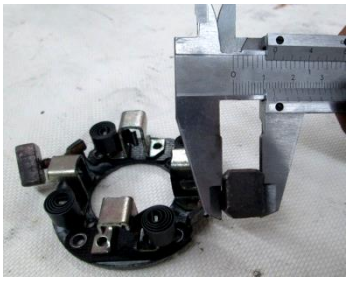
ผลการตรวจสอบ ☐ ต่อเนื่อง ☐ ไม่ต่อเนื่อง

2. ตรวจสอบการรั่วลงกราวด์ของขดลวดสนามแม่เหล็ก

ใช้มัลติมิเตอร์ ตรวจการรั่วลงกราวด์ระหว่างปลายขดลวดสนามแม่เหล็กและตัวเรือน ถ้าต่อเนื่องให้เปลี่ยนชุดขดลวดสนามแม่เหล็กใหม่

ผลการตรวจสอบ ☐ ต่อเนื่อง ☐ ไม่ต่อเนื่อง

แปรงถ่าน



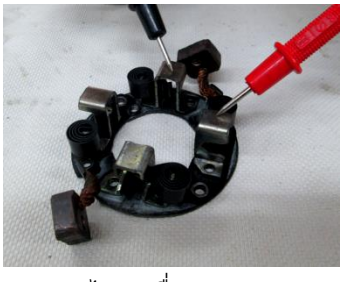
ตรวจสอบความยาวแปรงถ่าน

1. ใช้เวอร์เนียร์คาลิเปอร์วัดความยาวแปรงถ่าน
2. ค่าความยาวมาตรฐาน: 14.0 มม.
3. ค่าความยาวต่ำสุด: 9.0 มม.

ถ้าความยาวน้อยกว่าค่าต่ำสุด เปลี่ยนแปรงถ่านใหม่

ผลการตรวจสอบ ☐ ปกติ ☐ ชำรุด

แผงยึดแปรงถ่าน



ไม่ต่อเนื่อง

ตรวจวัดความเป็นฉนวนของแผงยึดแปรงถ่าน

ใช้มัลติมิเตอร์ตรวจการลงกราวด์ระหว่างขั้วบวก (+) กับขั้ว (–) ของแผงยึดแปรงถ่านถ้าต่อเนื่องแก้ไขหรือเปลี่ยนแผงยึดแปรงถ่านใหม่

ผลการตรวจสอบ ☐ ต่อเนื่อง ☐ ไม่ต่อเนื่อง

ฟันเฟือง

ตรวจสอบการชำรุดสึกหรอของฟันเฟืองบนชุดเพลนเนตตารี่เกียร์เฟืองตัวใน และชุดคลัตช์ ถ้าฟันเฟืองเสียหายให้เปลี่ยนใหม่ และตรวจสอบความสึกหรอหรือชำรุดของเฟืองล้อช่วยแรง

ผลการตรวจสอบ ☐ ปกติ ☐ ชำรุด

ชุดคลัตช์ (โอเวอร์รันนิ่งคลัตช์)

หมุนเฟืองขับตามเข็มนาฬิกาและตรวจสอบว่ามีการหมุนโดยอิสระกับลองหมุนเฟืองขับทวนเข็มนาฬิกา และตรวจสอบดูว่า เฟืองขับจะต้องล็อกอยู่กับที่ถ้าจำเป็นเปลี่ยนชุดคลัตช์ใหม่

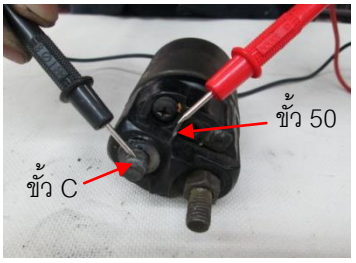
ผลการตรวจสอบ ☐ ปกติ ☐ ชำรุด

สวิตช์แม่เหล็ก

1. ตรวจสอบลูกสูบ (พลังเยอร์)

กดลูกสูบเข้าแล้วปล่อย ตรวจสอบว่ามันจะต้องคืนกลับตำแหน่งเดิมอย่างรวดเร็วถ้าจำเป็นเปลี่ยนสวิตช์แม่เหล็กใหม่

ผลการตรวจสอบ ☐ ปกติ ☐ ชำรุด



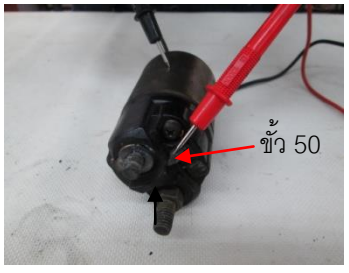
ต่อเนื่อง

2. ทดสอบการขาดวงจรของขดลวดดึง

ใช้มัลติมิเตอร์ตรวจสอบความต่อเนื่องระหว่างขั้ว 50 กับขั้ว C ถ้าไม่ต่อเนื่องเปลี่ยนสวิตช์แม่เหล็กใหม่

ผลการตรวจสอบ ☐ ต่อเนื่อง ☐ ไม่ต่อเนื่อง

เรือนสวิตช์แม่เหล็ก



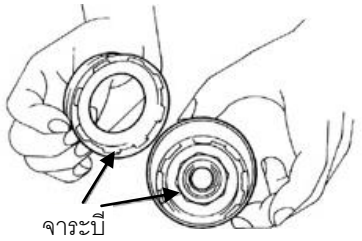
ต่อเนื่อง

3. ทดสอบการขาดวงจรของขดลวดยึด

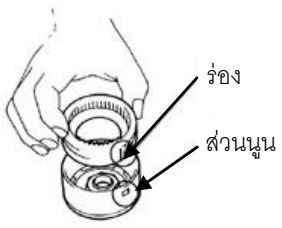
ใช้มัลติมิเตอร์ตรวจสอบการต่อเนื่องระหว่างขั้ว 50 กับเรือนสวิตช์(กราวด์)ถ้าไม่ต่อเนื่องเปลี่ยนสวิตช์แม่เหล็กใหม่

ผลการตรวจสอบ ☐ ต่อเนื่อง ☐ ไม่ต่อเนื่อง

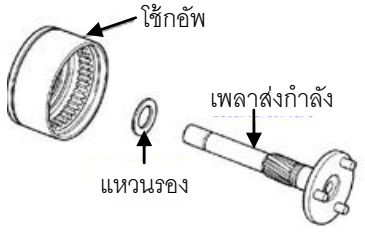
ลำดับขั้นตอนการประกอบชิ้นส่วนมอเตอร์สตาร์ตแบบชุดเฟืองเพลนเนตตารี่



1. เตรียมเครื่องมือ อุปกรณ์ จาระบี ปืนเป่าลมและน้ำมันเบนซิน ทาจาระบีทนความร้อนตามจุดหมุนชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่มีการเคลื่อนที่

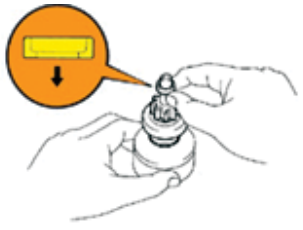


2. ประกอบเฟืองตัวในและเพลาส่งกำลัง โดยจัดร่องของเฟืองตัวในให้ตรงกับส่วนนูนที่ด้านใน

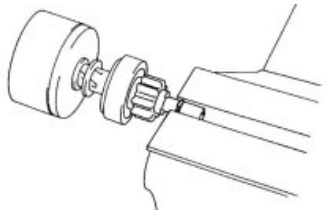


3. ทาจาระบีหล่อลื่น
   – ทาจาระบีเข้ากับแหวนรองและประกอบเข้ากับเพลาส่งกำลัง
   – ประกอบเพลาส่งกำลัง

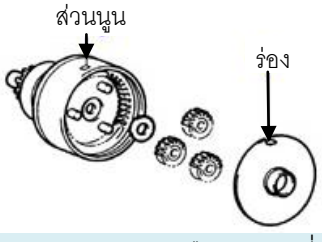
4. ใช้คีมถ่างแหวน ประกอบแหวนรองและแหวนล็อก



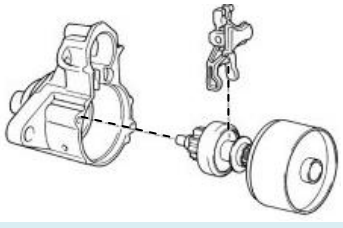
5. ประกอบชุดคลัตช์
   – ทาจาระบีเข้ากับบู๊ชและสไปล์นของบ่ายันชุดคลัตช์
   – สวมชุดคลัตช์และบ่ายันเข้ากับเพลาส่งกำลัง



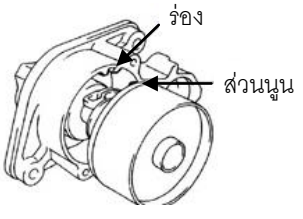
6. บีบแหวนล็อก โดยใช้ปากกาจับชิ้นงาน



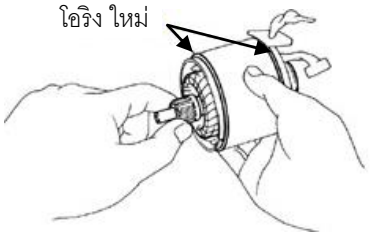
7. ประกอบชุดเพลนเฟืองเนตตารี่ ทาจาระบี และประกอบแหวนรองและเฟืองเพลนเนตตารี่ทั้ง 3 ตัว จัดร่องของแผ่นประกับเฟือง ให้ตรงกับส่วนนูนที่ด้านในและประกอบแผ่นประกับเฟือง



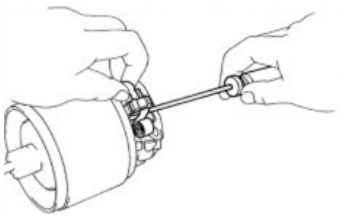
8. ประกอบก้ามปูและชุดคลัตช์พร้อมกับโช้กอัพ
   – ทาจาระบีที่ก้ามปูในส่วนที่สัมผัสกับจุดหมุนของมอเตอร์
   – ใส่ก้ามปู ลงในชุดคลัตช์



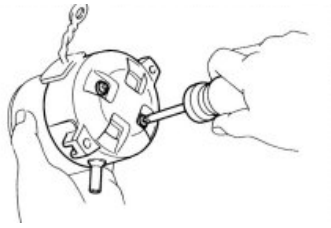
9. จัดส่วนนูนให้ตรงกับร่องของเสื้อมอเตอร์สตาร์ตและประกอบ



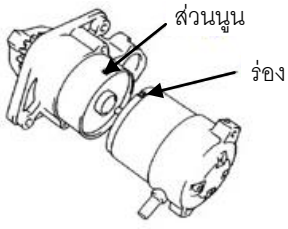
10. ประกอบ โอริงตัวใหม่ เข้ากับเรือนขดลวดสนามแม่เหล็กและสวมอาร์เมเจอร์เข้ากับเรือนขดลวดสนามแม่เหล็ก



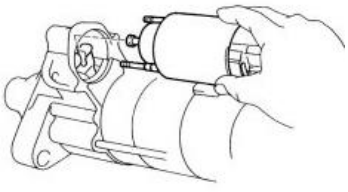
11. ประกอบแผงยึดแปรงถ่าน
– วางแผงยึดแปรงถ่านเข้ากับตำแหน่งบนอาร์เมเจอร์
– ใช้ไขควงงัดสปริงกดแปรงถ่านไว้ และประกอบแปรงถ่านเข้ากับแผงยึดแปรงถ่านทั้ง 4 ตัว



12. ประกอบฝาครอบหลังคอมมิวเตเตอร์
– หล่อลื่นลูกปืนและฝาครอบหลัง
– ประกอบฝาครอบหลังด้วยสกรู 2 ตัว



13. ประกอบเรือนขดลวดสนามแม่เหล็ก และชุดอาร์เมเจอร์



14. ประกอบสวิตช์แม่เหล็ก โดยประกอบพลังเยอร์เข้ากับสวิตช์แม่เหล็ก เกี่ยวพลังเยอร์ของสวิตช์แม่เหล็กเข้ากับด้านบนของก้ามปู และประกอบสวิตช์แม่เหล็กด้วยนอต 2 ตัว

15. ทดสอบการทำงานของมอเตอร์สตาร์ตก่อนติดตั้งเข้ากับเครื่องยนต์ ดูรายละเอียดในใบงานที่ 9 การทดสอบมอเตอร์สตาร์ต

16. ทำความสะอาดเครื่องมือ อุปกรณ์ และจัดเก็บ

แบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 5

ระบบสตาร์ต

คำสั่ง จงทำเครื่องหมายกากบาท (×) ลงหน้าข้อที่ถูกต้องที่สุด

1. หน้าที่ของระบบสตาร์ตคือข้อใด
   ก. หมุนสตาร์ตเครื่องยนต์ในช่วงเริ่มต้นการทำงาน
   ข. เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล โดยการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้าไปขับล้อช่วยแรง
   ค. ตัดการขับของเฟืองขับออกจากเฟืองล้อช่วยแรงเมื่อเครื่องยนต์สตาร์ตติดแล้ว
   ง. ถูกทุกข้อ
2. ข้อใด**ไม่ใช่**ชิ้นส่วนของมอเตอร์สตาร์ต
   ก. อาร์เมเจอร์ ข. คอมมิวเตเตอร์
   ค. ขดลวดสนามแม่เหล็ก ง. สเตเตอร์
3. ข้อใด**กล่าวไม่ถูกต้อง**เกี่ยวกับหลักการของมอเตอร์สตาร์ต
   ก. การเหนี่ยวนำทางไฟฟ้าของขดลวด
   ข. ปฏิกิริยาซึ่งกันและกันของสนามแม่เหล็กระหว่างขดลวด
   ค. การเหนี่ยวนำตัวเองและการเหนี่ยวนำร่วมของขดลวด
   ง. การหักล้างกันและการเสริมกันของเส้นแรงแม่เหล็กระหว่างขดลวด
4. ข้อใดกล่าวถึงทุ่นอาร์เมเจอร์ได้ถูกต้อง
   ก. นำเอากระแสไฟฟ้าผ่านไปยังคอมมิวเตเตอร์
   ข. เป็นชิ้นส่วนที่อยู่กับที่ของมอเตอร์สตาร์ตซึ่งสร้างสนามแม่เหล็ก
   ค. เป็นชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่ของมอเตอร์สตาร์ตซึ่งสร้างสนามแม่เหล็ก
   ง. ป้องกันการเสียหายของมอเตอร์สตาร์ตจากขบกันระหว่างเฟืองขับและเฟืองล้อช่วยแรง
5. ขดลวดฟิลด์คอยล์ในมอเตอร์สตาร์ตทำหน้าที่ใด
   ก. สร้างสนามแม่เหล็ก ข. ผลิตกระแสเหนี่ยวนำ
   ค. สร้างปฏิกิริยาแม่เหล็ก ง. สร้างกระแสวกวน

6. ข้อใดกล่าวถึงสวิตช์แม่เหล็ก (โซลีนอยด์) **ไม่ถูกต้อง**
   ก. ใช้สนามแม่เหล็กไฟฟ้าของขดลวดเพื่อดึงและยึดพลังเยอร์
   ข. ใช้เพื่อการขับกันระหว่างเฟืองขับและเฟืองล้อช่วยแรง
   ค. ทำงานโดยอาศัยการเคลื่อนที่ของพลังเยอร์และกลไกร่วมกัน
   ง. ส่งสัญญาณอิเล็กทรอนิกส์ไปควบคุมโมดูล ซึ่งไม่ใช้ชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่
7. ระบบสตาร์ตมี 2 วงจรย่อยคือข้อใด
   ก. วงจรมอเตอร์และวงจรจุดระเบิด
   ข. วงจรฉนวนและวงจรกำลัง
   ค. วงจรมอเตอร์และวงจรควบคุม
   ง. วงจรกราวด์และวงจรควบคุม
8. ข้อใดกล่าวถึงส่วนประกอบของวงจรสตาร์ตได้ถูกต้องทั้งหมด
   ก. แบตเตอรี่ สวิตช์แม่เหล็ก สายเคเบิล และมอเตอร์สตาร์ต
   ข. แบตเตอรี่ สวิตช์จุดระเบิด สายเคเบิล และมอเตอร์สตาร์ต
   ค. แบตเตอรี่ สวิตช์จุดระเบิด สวิตช์แม่เหล็ก และสายเคเบิล
   ง. แบตเตอรี่ สวิตช์แม่เหล็ก สายไฟแรงดันต่ำ และมอเตอร์สตาร์ต
9. ข้อใด**ไม่ใช่**ชิ้นส่วนของวงจรควบคุมสตาร์ต
   ก. สวิตช์จุดระเบิด
   ข. สวิตช์นิรภัย
   ค. รีเลย์สตาร์ต
   ง. มอเตอร์สตาร์ต
10. เมื่อสตาร์ตเครื่องยนต์ติดแล้ว เฟืองขับถูกตัดออกจากการขับ โดยชิ้นส่วนใด
   ก. สวิตช์แม่เหล็ก
   ข. พลังเยอร์
   ค. โอเวอร์รันนิ่งคลัตช์
   ง. สปริงดันกลับ

หน่วยที่ 6

ระบบจุดระเบิด

หน่วยที่ 6

ระบบจุดระเบิด

หัวข้อเรื่อง (Topics)

6.1 หน้าที่ของระบบจุดระเบิด
6.2 หน้าที่และส่วนประกอบของระบบจุดระเบิด
6.3 หลักการเกิดไฟแรงเคลื่อนสูง
6.4 หัวเทียน
6.5 พื้นฐานวงจรและกระแสไฟของระบบจุดระเบิด
6.6 การทำงานของระบบจุดระเบิดแบบธรรมดา
6.7 ระบบจุดระเบิดแบบอิเล็กทรอนิกส์และการทำงาน
6.8 การวิเคราะห์ปัญหาและการบริการระบบจุดระเบิด

แนวคิดสำคัญ (Main Idea)

ระบบจุดระเบิดจะเตรียมประกายไฟแรงสูงที่เพียงพอ เพื่อไปกระโดดข้ามช่องว่างที่เขี้ยวหัวเทียนเพื่อจุดส่วนผสมน้ำมันเชื้อเพลิงกับอากาศในกระบอกสูบของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนเพื่อให้เกิดการเผาไหม้ อุปกรณ์ระบบจุดระเบิดประกอบด้วย แบตเตอรี่ สวิตช์จุดระเบิด คอยล์จุดระเบิด จานจ่าย สายไฟแรงสูง และหัวเทียน ระบบจุดระเบิดแบ่งออกเป็นหลายแบบ เช่น ระบบจุดระเบิดแบบธรรมดา ระบบจุดระเบิดแบบอิเล็กทรอนิกส์ และระบบจุดระเบิดแบบใช้คอมพิวเตอร์ควบคุม ซึ่งระบบจุดระเบิดทุกแบบจะมีวงจรย่อย 2 วงจร คือ วงจรไฟแรงเคลื่อนต่ำและวงจรไฟแรงเคลื่อนสูง

สมรรถนะย่อย (Element of Competency)

1. แสดงความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับระบบจุดระเบิด
2. วิเคราะห์ ทดสอบ ถอด ประกอบ และตรวจสอบระบบจุดระเบิดตามคู่มือการซ่อม

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (Behavioral Objectives)

1. บอกหน้าที่ของระบบจุดระเบิดได้ถูกต้อง
2. บอกหน้าที่และส่วนประกอบของระบบจุดระเบิดได้ถูกต้อง
3. อธิบายหลักการการเกิดไฟแรงสูงได้ถูกต้อง
4. อธิบายโครงสร้างหัวเทียนได้ถูกต้อง
5. อธิบายพื้นฐานวงจรและกระแสไฟฟ้าของระบบจุดระเบิดได้ถูกต้อง
6. อธิบายการทำงานของระบบจุดระเบิดแบบธรรมดาได้ถูกต้อง
7. อธิบายการทำงานของระบบจุดระเบิดแบบอิเล็กทรอนิกส์ได้ถูกต้อง
8. ถอด ประกอบและตรวจสอบระบบจุดระเบิดโดยใช้คู่มือการซ่อมได้ถูกต้อง

เนื้อหาสาระ (Content)

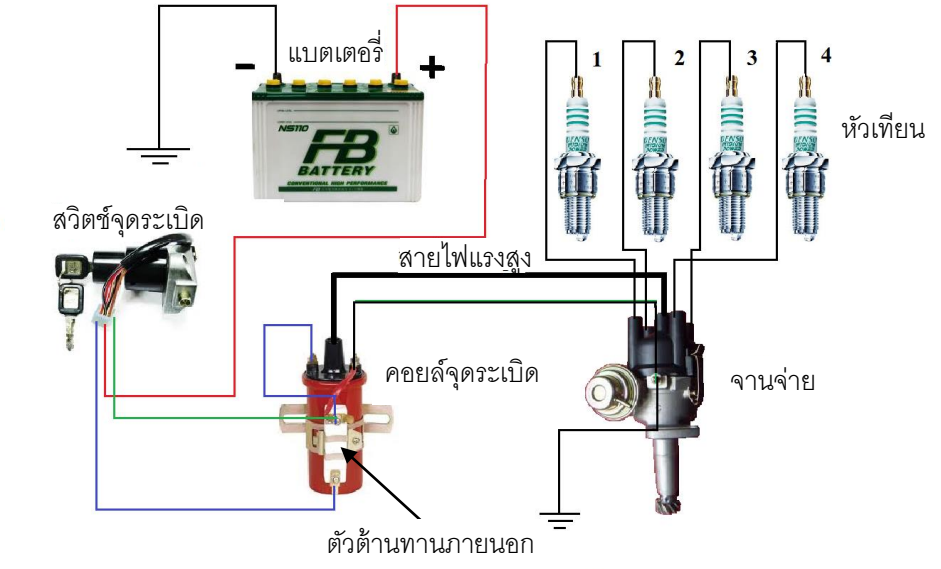
แบตเตอรี่ เป็นแหล่งจ่ายกำลังงานสำหรับระบบไฟฟ้ารถยนต์ ซึ่งมีแรงเคลื่อนไฟฟ้าประมาณ 12 โวลต์ อย่างไรก็ตามความต้องการแรงเคลื่อนไฟฟ้าเพื่อจุดส่วนผสมน้ำมันเชื้อเพลิงกับอากาศภายในกระบอกสูบในปลายจังหวะอัดของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน ประมาณ 5,000 โวลต์ ถึง 40 กิโลโวลต์ เพื่อให้เครื่องยนต์ทำงานอย่างต่อเนื่องด้วยกำลังของตัวเองได้

ดังนั้นความต้องการแรงเคลื่อนไฟฟ้าแรงเคลื่อนสูง มีความจำเป็นเพื่อไปกระโดดข้ามช่องว่างเขี้ยวหัวเทียน เพื่อจุดส่วนผสมน้ำมันเชื้อเพลิงกับอากาศภายในกระบอกสูบของเครื่องยนต์เพื่อให้เกิดการเผาไหม้ ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยระบบจุดระเบิด ในหน่วยการเรียนนี้จะอธิบายให้เข้าใจถึงหน้าที่ ส่วนประกอบ หลักการทำงานของระบบจุดระเบิด การวิเคราะห์ปัญหาและการบริการระบบจุดระเบิด ดังรายละเอียดหัวข้อต่อไปนี้

6.1 หน้าที่ของระบบจุดระเบิด

ระบบจุดระเบิด มีหน้าที่จ่ายพลังงานไฟฟ้าเพื่อจุดประกายไฟที่เขี้ยวหัวเทียนสำหรับจุดส่วนผสมของน้ำมันเชื้อเพลิงกับอากาศภายในกระบอกสูบของเครื่องยนต์ในปลายจังหวะอัดเพื่อให้เกิดการเผาไหม้

6.2 หน้าที่และส่วนประกอบของระบบจุดระเบิด



รูปที่ 6.1 ส่วนประกอบของระบบจุดระเบิดแบบธรรมดา

ส่วนประกอบของระบบจุดระเบิดแบบธรรมดา (แบบใช้หน้าทองขาว) ประกอบด้วย แบตเตอรี่ สวิตช์จุดระเบิด คอยล์จุดระเบิด ตัวต้านทานภายนอก ชุดจานจ่าย (ลูกเบี้ยวจานจ่าย หน้าทองขาว คอนเดนเซอร์ โรเตอร์ ฝาครอบจานจ่าย ชุดกลไกจุดระเบิดล่วงหน้าแบบสุญญากาศ และชุดกลไกจุดระเบิดล่วงหน้าแบบกลไก) สายหัวเทียน และหัวเทียน ดังแสดงในรูปที่ 6.1 โดยแต่ละส่วนประกอบ มีหน้าที่ดังนี้

6.2.1 แบตเตอรี่ (Battery)

แบตเตอรี่ ทำหน้าที่ เป็นแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าแรงเคลื่อนต่ำไปยังวงจรปฐมภูมิของระบบจุดระเบิด ซึ่งแบตเตอรี่จะนำกระแสไฟฟ้าไปยังระบบจุดระเบิด เมื่อสวิตช์อยู่ตำแหน่งเปิด (ON) และตำแหน่งสตาร์ต (ST)

6.2.2 สวิตช์จุดระเบิด (Ignition Switch)

สวิตช์จุดระเบิด ทำหน้าที่ ควบคุมกระแสไฟฟ้าแรงเคลื่อนต่ำจากแบตเตอรี่ผ่านไปยังวงจรปฐมภูมิของระบบจุดระเบิด ซึ่งสวิตช์จะยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านไปยังคอยล์จุดระเบิด เมื่อสวิตช์อยู่ตำแหน่งเปิด (ON) และตำแหน่งสตาร์ต (ST) ส่วนตำแหน่งอื่น ๆ ของสวิตช์จุดระเบิด จะใช้ในวงจรอำนวยความสะดวกและล็อกคอพวงมาลัย

6.2.3 คอยล์จุดระเบิด (Ignition Coil)

คอยล์จุดระเบิด ทำหน้าที่ แปลงไฟฟ้าแรงเคลื่อนต่ำจากแบตเตอรี่ 12 โวลต์ ให้เป็นไฟแรงเคลื่อนสูง ประมาณ 20–40 กิโลโวลต์ โดยจัดเก็บพลังงานในรูปของแม่เหล็กไฟฟ้าและจัดส่งไปที่จานจ่ายผ่านทางสายไฟแรงเคลื่อนสูง (สายหัวเทียน)

6.2.4 ตัวต้านทานภายนอก (Ballast Resister)

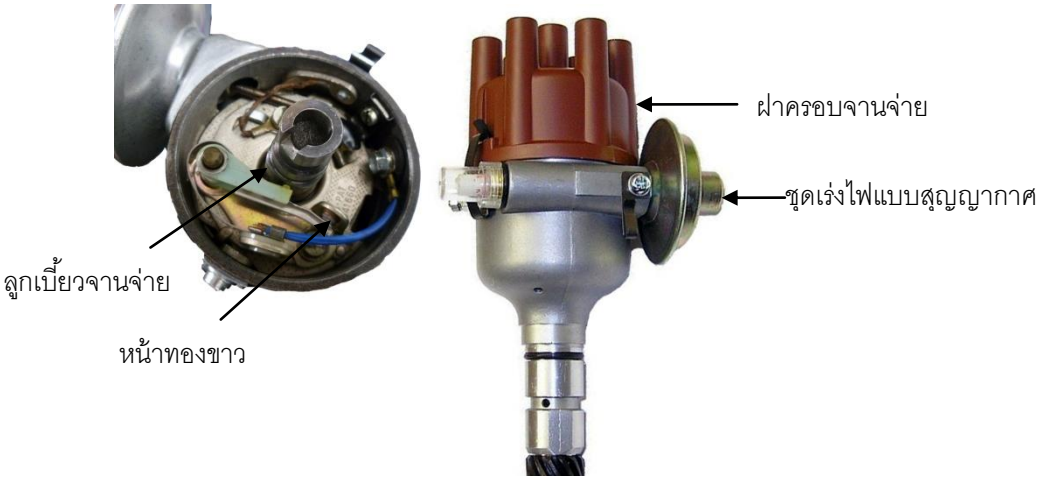
ตัวต้านทานภายนอก ทำหน้าที่ ลัดวงจรขณะสตาร์ตเครื่องยนต์ เพื่อให้เกิดการเหนี่ยวนำไฟฟ้าขึ้นที่ขดลวดของคอยล์จุดระเบิดได้เต็มที่ และเพิ่มประกายไฟในขณะเครื่องยนต์มีความเร็วรอบสูงขึ้น

6.2.5 จานจ่าย (Distributor)

จานจ่าย ทำหน้าที่ เป็นสวิตช์ตัด ต่อวงจรไฟแรงเคลื่อนต่ำของขดลวดปฐมภูมิของคอยล์จุดระเบิด เพื่อให้เกิดไฟแรงเคลื่อนสูง กำหนดเวลาที่จะทำให้เกิดไฟแรงเคลื่อนสูง เพื่อให้เกิดการจุดระเบิดในเวลาที่เหมาะสม และจ่ายไฟแรงเคลื่อนสูงที่เกิดขึ้นไปยังหัวเทียนของสูบต่าง ๆ เพื่อให้เครื่องยนต์ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ชิ้นส่วนประกอบของชุดจานจ่ายที่ทำหน้าที่ดังกล่าว ประกอบด้วย

1. **ลูกเบี้ยวจานจ่าย** (Cam) ทำหน้าที่ ตัดและต่อวงจรหน้าทองขาว เพื่อให้เกิดการเหนี่ยวนำไฟแรงเคลื่อนสูงขึ้นในคอยล์จุดระเบิด



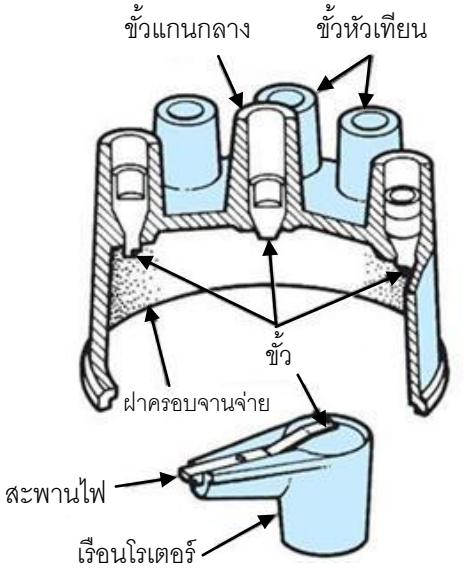
รูปที่ 6.2 ส่วนประกอบของชุดจานจ่าย

2. **หน้าทองขาว** (Breaker Point) ทำหน้าที่ เป็นสวิตช์เปิดและปิดวงจรไฟฟ้าแรงเคลื่อนต่ำที่ไหลผ่านขดลวดปฐมภูมิของคอยล์จุดระเบิด เพื่อให้เกิดการเหนี่ยวนำให้เกิดไฟแรงเคลื่อนสูงขึ้นในขดลวดทุติยภูมิของคอยล์จุดระเบิด

3. **คอนเดนเซอร์** (Condenser) ทำหน้าที่ เก็บประจุและคายประจุให้กับวงจร เพื่อหยุดการไหลของกระแสไฟฟ้าที่ขดลวดปฐมภูมิของคอยล์จุดระเบิด ส่งผลให้สนามแม่เหล็กในคอยล์ยุบตัวเร็วขึ้น ซึ่งทำให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ส่งออกมีแรงเคลื่อนสูงขึ้น

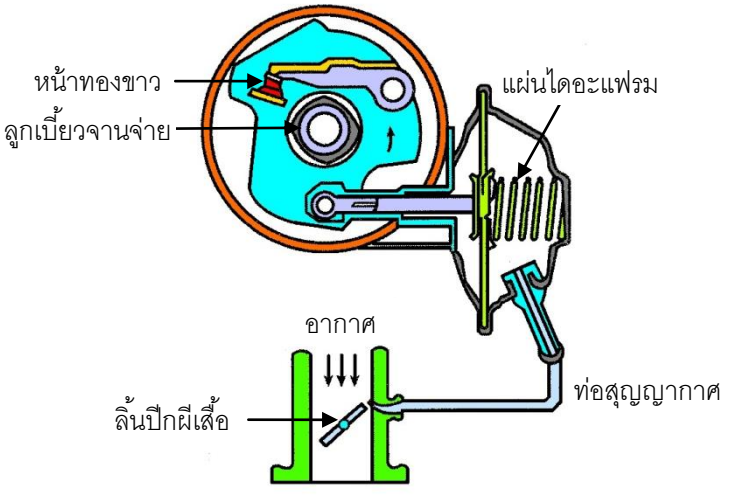
4. **ฝาครอบจานจ่าย** (Distributor Cap) ทำหน้าที่ จ่ายไฟแรงเคลื่อนสูงที่ได้รับจากคอยล์จุดระเบิดผ่านทางโรเตอร์ไปยังหัวเทียนแต่ละสูบตามจังหวะการจุดระเบิด

5. **โรเตอร์** (Rotor) ทำหน้าที่ หมุนจ่ายไฟแรงเคลื่อนสูงที่ได้รับจากคอยล์จุดระเบิดผ่านทางขั้วจานจ่ายไปยังสายไฟแรงเคลื่อนสูงและหัวเทียนตามลำดับการจุดระเบิด



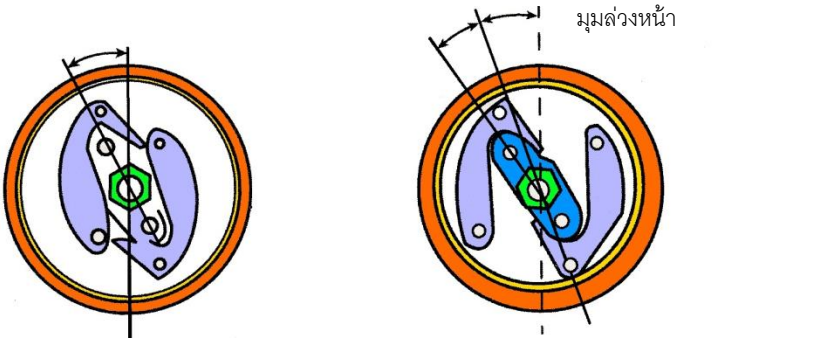
รูปที่ 6.3 ฝาครอบจานจ่ายและโรเตอร์

6. **ชุดกลไกจุดระเบิดล่วงหน้าแบบสุญญากาศ** (Vacuum Advance) ทำหน้าที่ เปลี่ยนแปลงองศาการจุดระเบิดตามภาระของเครื่องยนต์ โดยใช้สุญญากาศในท่อร่วมไอดีควบคุมการทำงาน การทำงานเมื่อลิ้นปีกผีเสื้อเริ่มเปิดจะเกิดสุญญากาศที่ท่อสุญญากาศดึงไดอะแฟรมให้เคลื่อนตัวโดยชนะแรงดันสปริง เป็นผลให้ก้านต่อดึงแผ่นรองรับชุดทองขาวให้เคลื่อนที่หมุนในทิศทางตรงข้ามการหมุนของลูกเบี้ยวจานจ่าย (หน้าทองขาวเปิดเร็วขึ้น) ทำให้จังหวะการจุดระเบิดเกิดล่วงหน้ามากขึ้นนั่นเอง ซึ่งจะใช้ควบคุมการจุดระเบิดล่วงหน้าในช่วงความเร็วต่ำถึงช่วงความเร็วปานกลาง



รูปที่ 6.4 ชุดกลไกจุดระเบิดล่วงหน้าแบบสุญญากาศ

7. **ชุดกลไกจุดระเบิดล่วงหน้าแบบกลไก** (Centrifugal Advance) ทำหน้าที่ เปลี่ยนแปลงองศาการจุดระเบิดตามความเร็วรอบของเครื่องยนต์ ดังนั้นเมื่อความเร็วรอบของเครื่องยนต์สูงขึ้น ทำให้การจุดระเบิดล่วงหน้ามากขึ้นตามไปด้วย โดยตุ้มน้ำหนักของชุดควบคุมการจุดระเบิดล่วงหน้าจะเกิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์มากพอที่จะทำให้ตุ้มน้ำหนักเหวี่ยงตัวออกดันแผ่นลูกเบี้ยวให้เคลื่อนที่ไป โดยชนะแรงดึงของสปริง ทำให้ลูกเบี้ยวจานจ่ายเปิดหน้าทองขาวเปิดเร็วขึ้น เป็นการเพิ่มองศาการจุดระเบิดล่วงหน้า ซึ่งจะทำงานรอบเครื่องยนต์ปานกลางถึงรอบสูง ซึ่งทำงานต่อเนื่องจากชุดระเบิดล่วงหน้าแบบสุญญากาศดังกล่าว



รูปที่ 6.5 ชุดกลไกจุดระเบิดล่วงหน้าแบบกลไกและการทำงาน

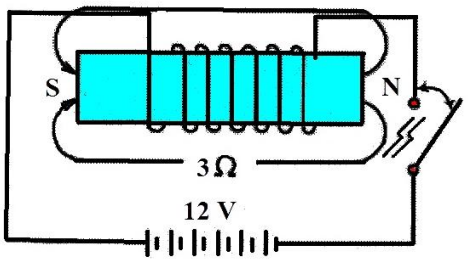
8. **หัวเทียน** (Spark Plug) มีหน้าที่ จุดประกายไฟ โดยการกระโดดของไฟแรงสูงที่เขี้ยวหัวเทียน (ขั้วกราวด์) ทำให้ส่วนผสมน้ำมันเชื้อเพลิงกับอากาศ (ไอดี) ภายในกระบอกสูบเกิดการเผาไหม้

6.3 หลักการเกิดไฟแรงเคลื่อนสูง

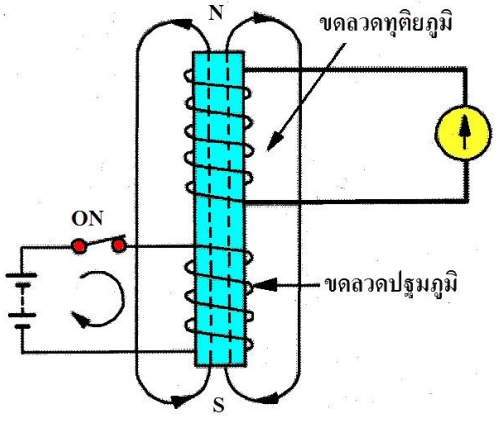
เมื่อปล่อยกระแสไฟฟ้าเข้าขดลวดจะเกิดสนามแม่เหล็กขึ้นรอบ ๆ ขดลวด หากตัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลอย่างทันทีทันใด จะทำให้สนามแม่เหล็กยุบตัวตัดกับขดลวดตัวมันเอง เกิดแรงดันไฟฟ้าขึ้นในขดลวดพยายามกระโดดข้ามสวิตช์หรือหน้าทองขาว เรียกว่า “การเหนี่ยวนำตัวเอง”

เมื่อขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิของคอยล์จุดระเบิดพันรอบ ๆ แกนเหล็กอ่อนอันเดียวกัน การเปลี่ยนแปลงแม่เหล็กไฟฟ้าที่ขดลวดคอยล์จุดระเบิดขดลวดหนึ่ง ส่งผลต่อการเกิดการเหนี่ยวนำไฟฟ้าขึ้นอีกขดลวดหนึ่งได้ เรียกว่า “การเหนี่ยวนำร่วม” นั่นคือหลักการเกิดกระแสไฟฟ้า

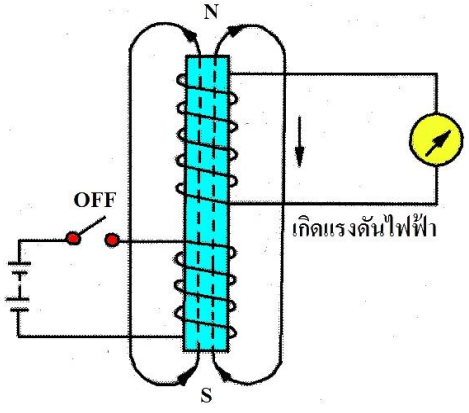
ดังนั้นเมื่อสวิตช์ตัดต่อไฟไปยังขดลวดปฐมภูมิของคอยล์จุดระเบิด ถ้าจำนวนรอบของขดลวดทุติยภูมิมากกว่าขดลวดปฐมภูมิของคอยล์จุดระเบิด จะผลิตแรงเคลื่อนไฟฟ้าแรงเคลื่อนสูง ซึ่งเรียกว่า หม้อแปลงไฟฟ้า ซึ่งเป็นหลักการของคอยล์จุดระเบิด ดังแสดงในรูปที่ 6.6



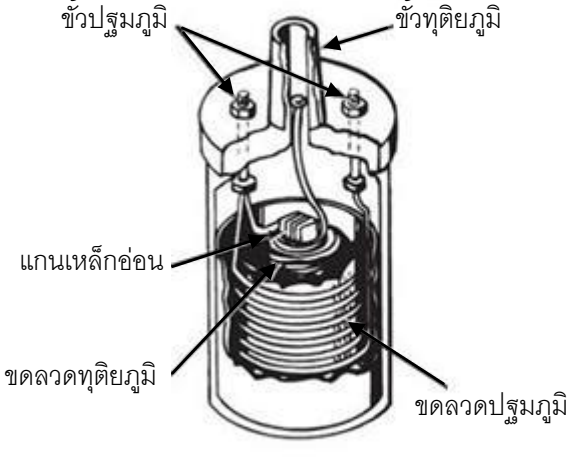
การเหนี่ยวนำตัวเอง

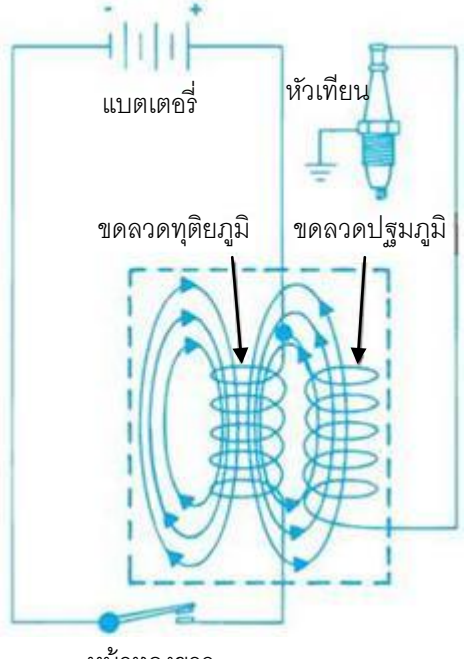


(ก) การเหนี่ยวนำร่วมขณะวงจรปฐมภูมิต่อวงจร



(ข) การเหนี่ยวนำร่วมขณะวงจรปฐมภูมิถูกตัดวงจร





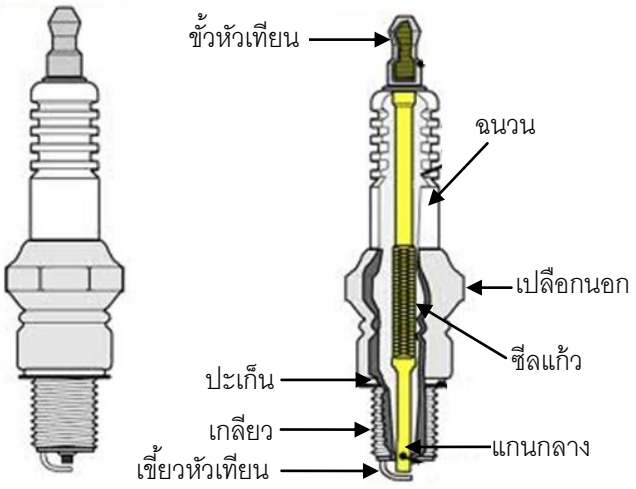
หน้าทองขาว

รูปที่ 6.6 ส่วนประกอบของคอยล์จุดระเบิดและหลักการเกิดไฟแรงเคลื่อนสูง

6.4 หัวเทียน

6.4.1 โครงสร้างหัวเทียน

หัวเทียนมีโครงสร้างดังนี้



รูปที่ 6.7 โครงสร้างของหัวเทียน

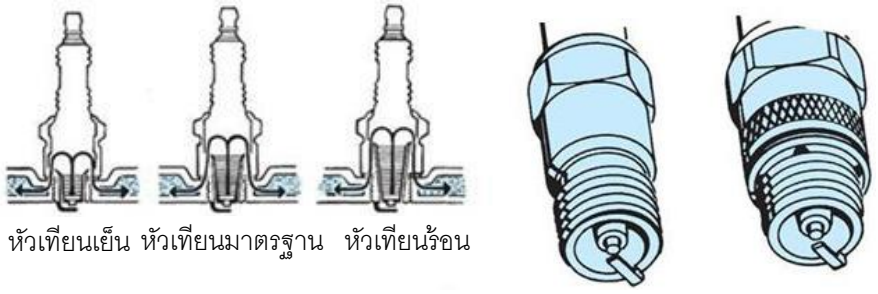
1. **ขั้วหัวเทียน** (Terminal Stud) เป็นที่เสียบของสายไฟแรงสูง
2. **แกนกลาง** (Center Electrode) ทำจากโลหะพิเศษที่ทนต่อการกัดกร่อนของเชื้อเพลิงที่เผาไหม้และยังสามารถนำกระแสไฟฟ้าได้ดี
3. **กระเบื้องฉนวน** (Insulator) ทำหน้าที่ป้องกันแกนกลางไม่ให้ลงกราวด์
4. **เปลือกนอกและเกลียว** (Metal Shell) เป็นส่วนที่ยึดกับฝาสูบของเครื่องยนต์
5. **ปะเก็น** (Gasket) เป็นแหวนป้องกันการรั่วของแก๊สในห้องเผาไหม้
6. **เขี้ยวหัวเทียน** (Ground Electrode) ทำหน้าที่เป็นกราวด์ ให้ไฟแรงสูงกระโดดข้ามช่องว่าง

6.4.2 การแบ่งประเภทของหัวเทียน

เมื่อเครื่องยนต์ทำงาน ปลั๊กหัวเทียนจะสะสมความร้อนอยู่ตรงกลาง ความร้อนที่เกิดขึ้นที่แกนกลางหัวเทียน จะถูกสลายออกไปผ่านทางระบบระบายความร้อน เนื่องจากเป็นส่วนที่เชื่อมติดกับเปลือกนอกและเกลียวหัวเทียน ซึ่งเกลียวหัวเทียนติดตั้งอยู่ภายในฝาสูบของเครื่องยนต์ การหมุนเวียนของน้ำหล่อเย็นในฝาสูบของเครื่องยนต์จะช่วยดูดกลืนความร้อนและพาความร้อนออกไปผ่านระบบระบายความร้อน ความร้อนที่ขั้วแกนกลางหัวเทียนจะผ่านฉนวนภายในเปลือกหัวเทียน หลังจากนั้นจะผ่านไปยัง

ฝาสูบ ดังนั้นย่านความร้อนหัวเทียนจะถูกกำหนดโดยระยะความยาวของฉนวนก่อนสัมผัสกับเปลือกหัวเทียน กล่าวคือการแบ่งประเภทของหัวเทียน สามารถจัดแบ่งตามคุณสมบัติการระบายความร้อนของหัวเทียน ซึ่งแบ่งได้ 3 ประเภท คือ

1. **หัวเทียนร้อน** คือ หัวเทียนที่มีกระเบื้องแกนกลางยาว ความร้อนจึงสะสมได้มาก ใช้กับเครื่องยนต์ที่ทำงานความเร็วต่ำหรือระยะเวลาในการทำงานช่วงสั้น ๆ ความร้อนจึงถึงอุณหภูมิทำงานเร็วขึ้น
2. **หัวเทียนมาตรฐาน** คือ หัวเทียนที่มีกระเบื้องแกนกลางยาวปานกลาง ใช้กับเครื่องยนต์ที่ทำงานด้วยความเร็วปานกลางหรือวิ่งในระยะทางใช้งานทั่ว ๆ ไป
3. **หัวเทียนเย็น** คือ หัวเทียนที่มีกระเบื้องแกนกลางสั้น ระบายความร้อนได้ดี ใช้กับเครื่องยนต์ที่ทำงานด้วยความเร็วสูงหรือวิ่งในระยะทางไกล ๆ



รูปที่ 6.8 ย่านความร้อนหัวเทียน

6.4.3 การเลือกใช้หัวเทียน

การเลือกใช้หัวเทียน จะกำหนดให้ใช้ขนาดความยาวเกลียวหัวเทียนให้ถูกต้องกับฝาสูบ เลือกใช้เบอร์หัวเทียนให้ถูกต้องกับสภาพการใช้งาน ใช้ขนาดการยื่นของแกนหัวเทียนให้ถูกต้องตามที่คู่มือกำหนด และใช้หัวเทียนที่ได้มาตรฐาน

6.4.4 การวิเคราะห์สภาพหัวเทียนจากการใช้งาน

1. **หัวเทียนมีสภาพแห้ง** สีมีน้ำตาลอ่อน ๆ แสดงว่าการเผาไหม้ของเครื่องยนต์สมบูรณ์เป็นปกติ

รูปที่ 6.9 หัวเทียนมีสภาพแห้ง มีสีน้ำตาลอ่อน

2. **หัวเทียนมีคราบเขม่า** สามารถเช็ดออกได้ง่าย แสดงว่าอัตราส่วนผสมของไอดีหนาเกินไป ให้ทำการปรับแต่งส่วนผสมของไอดีให้ถูกต้อง

รูปที่ 6.10 หัวเทียนมีคราบเขม่า

3. **หัวเทียนมีสภาพคราบน้ำมันเครื่องติดเปียก** แสดงว่าลูกสูบ กระบอกสูบ หรือแหวนลูกสูบสึกหรอ ให้ทำการตรวจซ่อมเครื่องยนต์

รูปที่ 6.11 หัวเทียนมีสภาพคราบน้ำมันเครื่องติดเปียก

4. **หัวเทียนมีสภาพร้อนจัด มีรอยไหม้และกร่อน** แสดงว่าอาจใช้หัวเทียนไม่เหมาะสม ให้เปลี่ยนไปใช้หัวเทียนเบอร์เย็นลง

รูปที่ 6.12 หัวเทียนมีสภาพไหม้และกร่อน

6.5 พื้นฐานวงจรและกระแสไฟของระบบจุดระเบิด

ระบบจุดระเบิด ประกอบด้วยวงจรย่อยที่ต่อวงจรระหว่างกัน 2 วงจร ประกอบด้วย วงจรไฟฟ้าแรงเคลื่อนต่ำและวงจรไฟฟ้าแรงเคลื่อนสูง ดังแสดงในรูปที่ 6.13 เมื่อบิดสวิตช์จุดระเบิดไปตำแหน่งเปิด (ON) กระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่จะไหลผ่านสวิตช์จุดระเบิด ไปยังขดลวดปฐมภูมิของคอยล์จุดระเบิด ไหลผ่านชุดหน้าทองขาวไปลงกราวด์ครบวงจร (ขณะหน้าทองขาวปิด) กระแสไฟฟ้าแรงเคลื่อนต่ำในขดลวดปฐมภูมิของคอยล์จุดระเบิดจะสร้างสนามแม่เหล็ก เมื่อหน้าทองขาวเปิดทันทีทันใด (ตัดกระแสไฟฟ้า) จะส่งผลให้เกิด

1. แรงเคลื่อนไฟฟ้าแรงเคลื่อนสูงเกิดการเหนี่ยวนำขึ้นที่ขดลวดทุติยภูมิของคอยล์จุดระเบิด
2. กระแสไฟฟ้าแรงเคลื่อนสูงจะไหลผ่านคอยล์จุดระเบิดไปยังจานจ่าย
3. กระแสไฟฟ้าแรงเคลื่อนสูงจะไหลผ่านจากฝาครอบจานจ่าย โรเตอร์ ผ่านทางช่องว่างโรเตอร์และขั้วด้านในจานจ่าย ผ่านไปยังสายไฟแรงเคลื่อนสูงไปยังหัวเทียนตามลำดับการจุดระเบิด
4. กระแสไฟฟ้าแรงเคลื่อนสูงจะกระโดดข้ามช่องว่างเขี้ยวหัวเทียนไปลงกราวด์เพื่อจุดประกายไฟที่เขี้ยวหัวเทียน ส่งผลให้เกิดการเผาไหม้ส่วนผสมน้ำมันเชื้อเพลิงกับอากาศได้

อย่างไรก็ตาม หากเป็นระบบจุดระเบิดแบบอิเล็กทรอนิกส์หรือแบบใช้คอมพิวเตอร์ควบคุมจะมีวงจรย่อย 2 วงจรเช่นเดียวกัน แต่จะใช้อุปกรณ์กำเนิดสัญญาณ (อุปกรณ์ตัดต่อไฟแรงเคลื่อนต่ำ) แทนชุดหน้าทองขาว และใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ควบคุมการทำงานแทนชิ้นส่วนกลไกของระบบจุดระเบิดแบบธรรมดาดังกล่าว

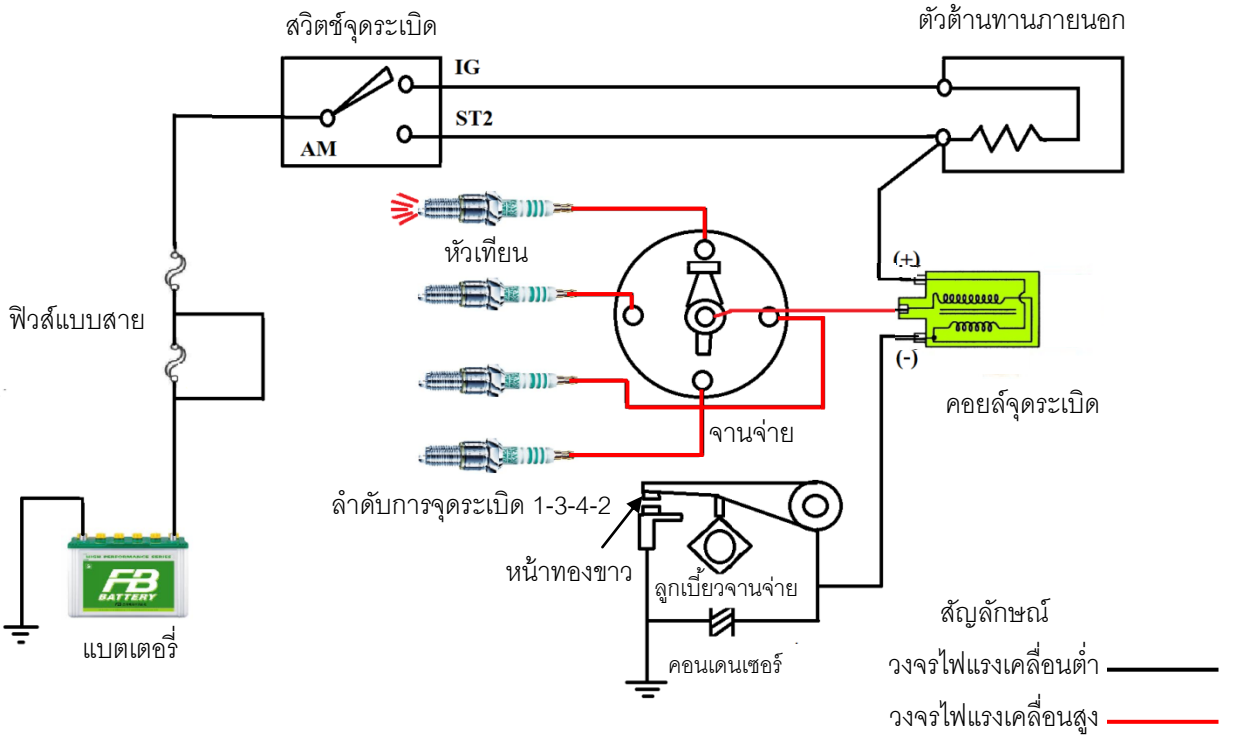
6.6 การทำงานของระบบจุดระเบิดแบบธรรมดา

เมื่อบิดสวิตช์จุดระเบิดไปตำแหน่งเปิด (ON) กระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่จะไหลผ่านสวิตช์จุดระเบิดไปยังขั้วบวกของคอยล์จุดระเบิด ผ่านขดลวดปฐมภูมิ และหน้าทองขาวภายในจานจ่าย เมื่อไรก็ตามถ้าหน้าทองขาวติดกัน จะทำให้กระแสไฟฟ้าจากขดลวดปฐมภูมิไหลผ่านหน้าทองขาวลงกราวด์ครบวงจร จึงเกิดการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กขึ้นรอบ ๆ ขดลวดปฐมภูมิของคอยล์จุดระเบิด

เมื่อไรก็ตาม ถ้าบิดสวิตช์จุดระเบิดไปตำแหน่งสตาร์ต เครื่องยนต์หมุนทำให้ลูกเบี้ยวของจานจ่ายแตะแกนกดหน้าทองขาวให้หน้าสัมผัสแยกออก กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดปฐมภูมิถูกตัดวงจร จึงหยุดการไหลของกระแสไฟฟ้า ทำให้สนามแม่เหล็กรอบ ๆ ขดลวดปฐมภูมิยุบตัวอย่างรวดเร็ว ตัดกับขดลวดทุติยภูมิ

เกิดการเหนี่ยวนำร่วม ทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าประมาณ 20– 30 กิโลโวลต์ ส่งไปฝาครอบจานจ่าย โรเตอร์ และกระโดดข้ามช่องว่างที่เขี้ยวหัวเทียนแต่ละสูบตามจังหวะการจุดระเบิดของเครื่องยนต์ และยังเหนี่ยวนำให้ขดลวดปฐมภูมิเองเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าประมาณ 500 โวลต์ ซึ่งกระแสไฟฟ้านี้พยายามที่จะกระโดดข้ามที่หน้าทองขาวจึงต้องมีคอนเดนเซอร์ต่อขนานกับหน้าทองขาวเพื่อเก็บประจุไฟฟ้าไว้ชั่วขณะ ทำให้สนามแม่เหล็กในคอยล์จุดระเบิดยุบตัวเร็วขึ้น และลดประกายไฟที่ไปกระโดดข้ามหน้าทองขาว

เมื่อหน้าทองขาวต่อกันอีกครั้ง คอนเดนเซอร์ซึ่งเก็บประจุไฟฟ้าอยู่เต็มจะคายประจุไฟฟ้ากลับเข้าสู่วงจร จนกระทั่งคอนเดนเซอร์คายประจุไฟฟ้าหมด กระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่จึงเริ่มต้นไหลเข้าขดลวดปฐมภูมิของคอยล์จุดระเบิด เป็นการเริ่มต้นการทำงานของระบบจุดระเบิดอีกครั้ง ซึ่งจะทำงานเป็นวัฏจักร



รูปที่ 6.13 การทำงานของระบบจุดระเบิดแบบธรรมดา (หน้าทองขวา)

6.7 ระบบจุดระเบิดแบบอิเล็กทรอนิกส์และการทำงาน

ระบบจุดระเบิดแบบอิเล็กทรอนิกส์ มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้กับรถยนต์ในปัจจุบัน เนื่องจากระบบจุดระเบิดแบบธรรมดาจะใช้ชิ้นส่วนกลไกทำงาน ทำให้เกิดข้อบกพร่องขึ้น เช่น

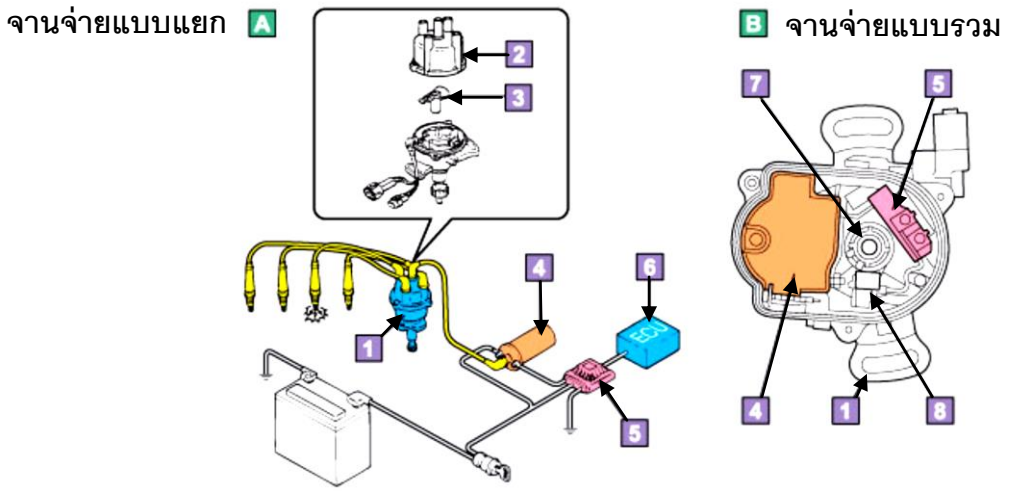
1. ปัญหาของกลไกในชุดจานจ่าย ซึ่งจะทำงานตลอดเวลาขณะเครื่องยนต์ทำงาน นำมาซึ่งการสึกหรอ มีอายุการใช้งานที่สั้นลง และการจุดระเบิดผิดพลาด

2. การจำกัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านวงจรไฟแรงเคลื่อนต่ำประมาณ 4 แอมแปร์ หรือการสึกหรอที่หน้าทองขาวทำให้อายุการใช้งานหน้าทองขาวสั้นลงทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา

3. การออกกฎหมายที่เข้มงวด เพื่อจำกัดมลพิษของไอเสียที่ปล่อยออกสู่บรรยากาศภายนอก นั่นคือการจุดระเบิดจะต้องเผาไหม้ไอดีอย่างสมบูรณ์เพียงพอ

4. ส่วนผสมไอดีที่เบาบาง มีความต้องการประกายไฟที่หัวเทียนที่มากพอ ในระยะเวลาที่ถูกต้อง เพื่อรักษาการจุดระเบิดอย่างสมบูรณ์ เมื่อเครื่องยนต์มีความเร็วรอบสูงขึ้น

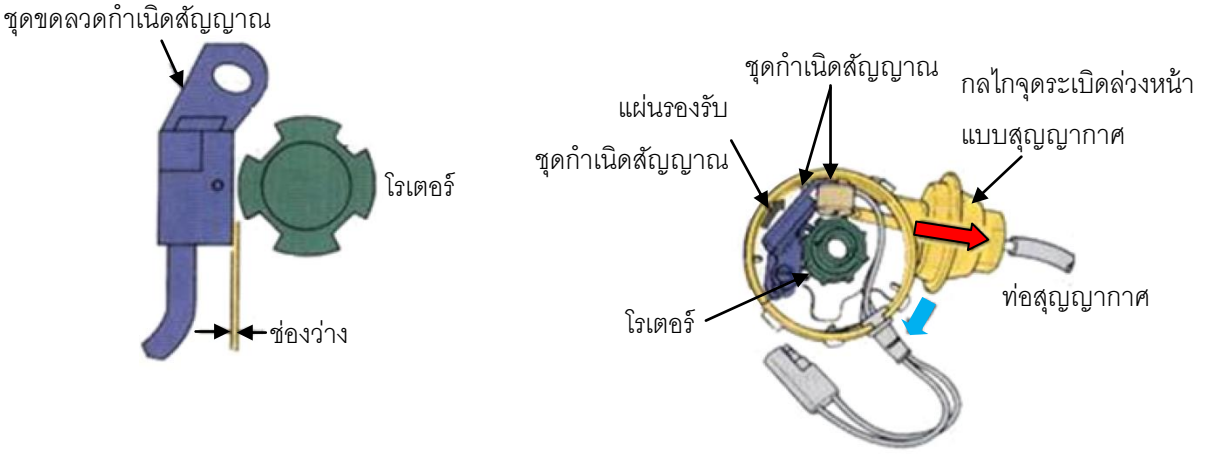
ปัญหาเหล่านี้ จะสามารถเอาชนะได้โดยการใช้ระบบจุดระเบิดแบบอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อเปลี่ยนการทำงานและกำเนิดพัลส์ (Pulse) เพื่อจัดเตรียมสัญญาณการจุดระเบิด เพื่อให้การเผาไหม้มีประสิทธิภาพดีขึ้น ระบบจุดระเบิดนี้ใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อผลิตสัญญาณพัลส์ ซึ่งทำหน้าที่เป็นสวิตช์ตัดต่อ กระแสไฟฟ้าไปยังขดลวดปฐมภูมิของคอยล์จุดระเบิด ดังนั้นจะเกิดการเหนี่ยวนำไฟแรงเคลื่อนสูงที่ขดลวดทุติยภูมิของคอยล์จุดระเบิดตามมา เพื่อผลิตประกายไฟที่เขี้ยวหัวเทียนในระยะเวลาที่ถูกต้อง ระบบจุดระเบิดแบบอิเล็กทรอนิกส์ ประกอบด้วยชิ้นส่วนดังนี้



1. จานจ่าย
2. ฝาครอบจานจ่าย
3. หัวโรเตอร์
4. คอยล์จุดระเบิด
5. ตัวช่วยจุดระเบิด
6. ECU เครื่องยนต์ (ชุดควบคุมอิเล็กทรอนิกส์)
7. โรเตอร์
8. ขดลวดกำเนิดสัญญาณ

รูปที่ 6.14 โครงสร้างระบบจุดระเบิดแบบอิเล็กทรอนิกส์

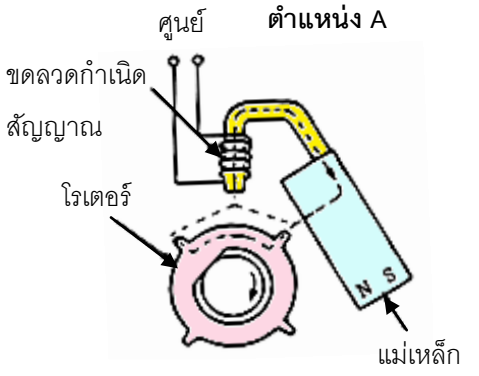
1. **ชุดกำเนิดสัญญาณ** (Signal Generator) ทำหน้าที่คล้ายชุดหน้าทองขาว ซึ่งจะผลิตสัญญาณไฟฟ้าส่งให้ตัวช่วยจุดระเบิดเพื่อตัดต่อวงจรไฟฟ้าแรงเคลื่อนต่ำไปเลี้ยงขดลวดปฐมภูมิของคอยล์จุดระเบิด ชุดกำเนิดสัญญาณ ประกอบด้วย ขดลวดกำเนิดสัญญาณ (Pickup Coil) แม่เหล็กถาวร (Permanent Magnet) และโรเตอร์ (Rotor) การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของโรเตอร์ในตัวกำเนิดสัญญาณ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของแม่เหล็กและแรงดันไฟฟ้าขึ้นได้



รูปที่ 6.15 โครงสร้างของชุดกำเนิดสัญญาณ

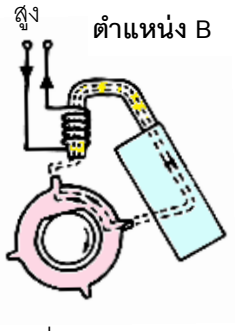
การกำเนิดสัญญาณของเครื่องกำเนิดสัญญาณจะอธิบายในรูปการเปลี่ยนแปลงเส้นแรงแม่เหล็กตามการเคลื่อนที่ของโรเตอร์แต่ละตำแหน่งดังนี้

ตำแหน่ง A ระยะห่างของซี่โรเตอร์กับขดลวดสัญญาณจะห่างมากที่สุด ความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กจึงน้อย ดังนั้นแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นศูนย์



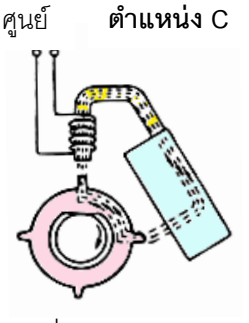
รูปที่ 6.16 การเปลี่ยนแปลงเส้นแรงแม่เหล็กต่ำสุด

ตำแหน่ง B เมื่อโรเตอร์หมุนต่อไป ซี่ของโรเตอร์เคลื่อนที่เข้ามาใกล้ขดลวดสัญญาณ การเปลี่ยนแปลงเส้นแรงแม่เหล็กสูงสุด กำเนิดแรงเคลื่อนไฟฟ้ามากที่สุด



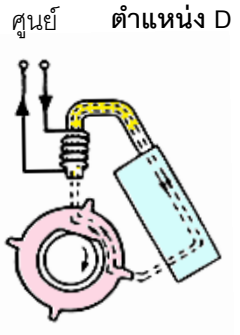
รูปที่ 6.17 การเปลี่ยนแปลงเส้นแรงแม่เหล็กสูงสุด

ตำแหน่ง C ขณะที่โรเตอร์หมุนต่อไปอีก ซี่ของโรเตอร์เคลื่อนที่มาตรงขดลวดสัญญาณ การเปลี่ยนแปลงเส้นแรงแม่เหล็กไม่มี ทำให้ไม่มีการกำเนิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าด้วย



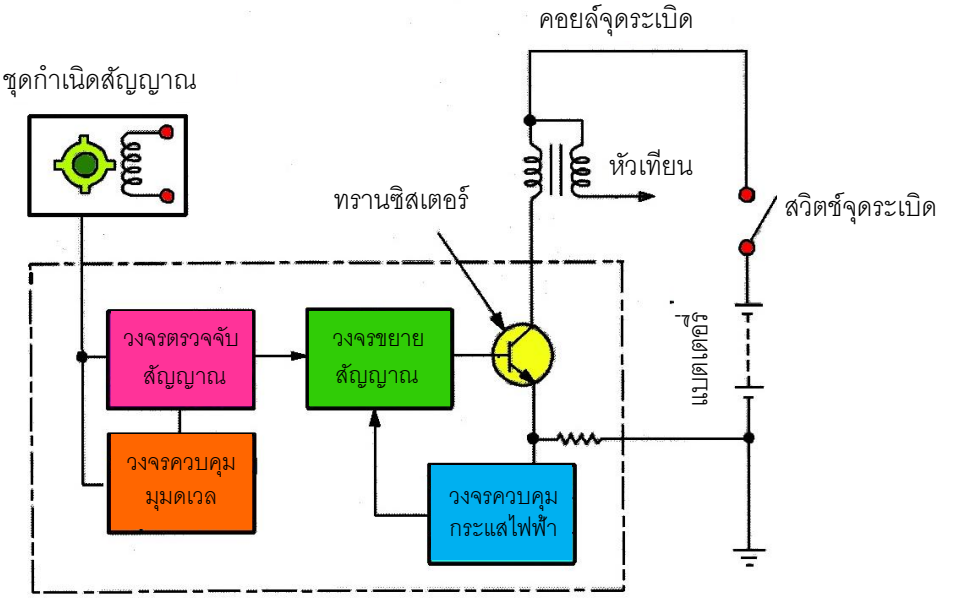
รูปที่ 6.18 การเปลี่ยนแปลงเส้นแรงแม่เหล็กต่ำสุด

ตำแหน่ง D เมื่อซี่ของโรเตอร์หมุนห่างขดลวดสัญญาณต่อไปอีก การเปลี่ยนแปลงเส้นแรงแม่เหล็กจะเกิดขึ้นมากที่สุด และให้กำเนิดแรงดันไฟฟ้ามากที่สุดด้วย แต่มีทิศทางกลับกันกับตำแหน่ง B ดังนั้นกระแสไฟฟ้ากระแสสลับจึงเกิดขึ้นที่ขดลวดสัญญาณที่ตำแหน่ง D



รูปที่ 6.19 การเปลี่ยนแปลงเส้นแรงแม่เหล็กสูงสุด

2. **ตัวช่วยจุดระเบิด** (Igniter) ประกอบด้วยตัวตรวจจับสัญญาณ ซึ่งจะตรวจจับสัญญาณแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดจากชุดกำเนิดสัญญาณ ภาคขยายสัญญาณ และทรานซิสเตอร์กำลัง ซึ่งทำให้กระแสไฟฟ้าในขดลวดปฐมภูมิของคอยล์จุดระเบิดเกิดการเหนี่ยวนำให้สอดคล้องกับภาคขยายสัญญาณ มุมดเวลจะถูกควบคุมเพื่อให้ตรวจแก้สัญญาณไฟปฐมภูมิให้สอดคล้องกับความเร็วของเครื่องยนต์ที่เพิ่มขึ้น โดยถูกรวมเป็นชุดเข้าไปในชุดตัวช่วยจุดระเบิด ตัวช่วยจุดระเบิดบางแบบจะมีชุดควบคุมกระแสไฟฟ้าสำหรับควบคุมกระแสไฟฟ้าสูงสุดในขดลวดปฐมภูมิสูงสุดไว้ด้วย

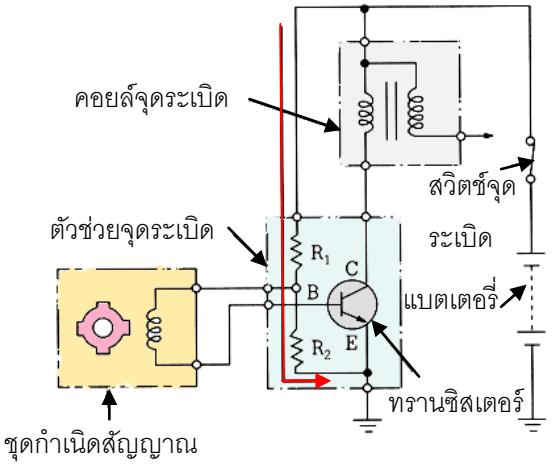


รูปที่ 6.20 วงจรภายในตัวช่วยจุดระเบิด

การทำงานของระบบจุดระเบิดแบบอิเล็กทรอนิกส์

ระบบจุดระเบิดแบบอิเล็กทรอนิกส์ จะใช้เครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าผลิตแรงเคลื่อนไฟฟ้าออกมากำหนดจังหวะการจุดระเบิด อย่างไรก็ตาม กลไกควบคุมการจุดระเบิดล่วงหน้าแบบสุญญากาศและแบบกลไก และอื่น ๆ ยังคงใช้เหมือนกับระบบจุดระเบิดแบบธรรมดา ซึ่งอุปกรณ์ระบบจุดระเบิดแบบอิเล็กทรอนิกส์ ประกอบด้วย เครื่องกำเนิดสัญญาณ ตัวช่วยจุดระเบิด และคอยล์จุดระเบิด วงจรตัวช่วยจุดระเบิดมีความซับซ้อนมาก เนื่องจากใช้ไอซี (วงจรรวม) เพื่อให้เข้าใจหลักการทำงานจะใช้วงจรการทำงานประกอบคำอธิบาย ดังนี้

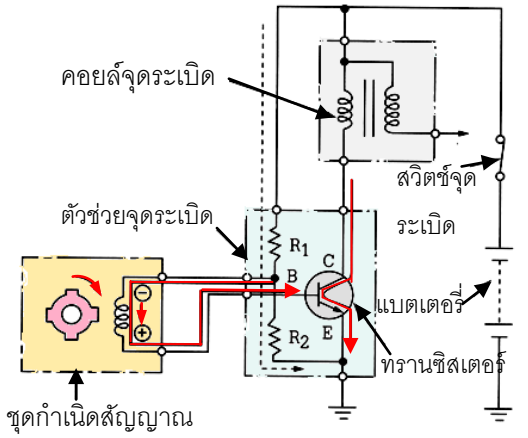
1. **ขณะเปิดสวิตช์จุดระเบิด** เมื่อเปิดสวิตช์จุดระเบิด แรงเคลื่อนไฟฟ้าจะถูกรักษาไว้ให้ต่ำกว่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ขั้ว B ของทรานซิสเตอร์ที่ทรานซิสเตอร์ต้องการในการทำงาน ซึ่งทำให้ทรานซิสเตอร์ไม่ทำงาน โดยการต่อตัวต้านทาน R_1 และ R_2 ไว้ในวงจร จึงเป็นผลให้ทรานซิสเตอร์ไม่ทำงานขณะที่เครื่องยนต์ยังไม่หมุน ดังนั้นจึงไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลในวงจรปฐมภูมิของคอยล์จุดระเบิด



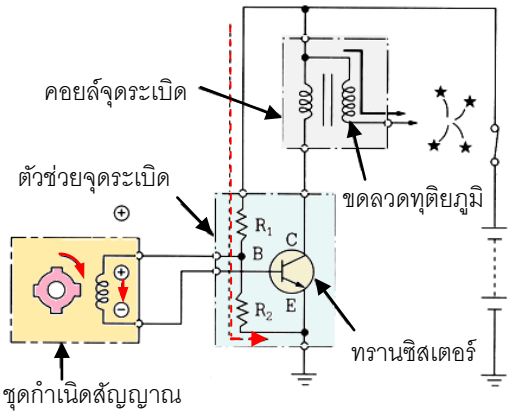
รูปที่ 6.21 การทำงานของระบบจุดระเบิดแบบอิเล็กทรอนิกส์เมื่อเปิดสวิตช์จุดระเบิด

2. **เมื่อเครื่องยนต์ติด** เมื่อเครื่องยนต์หมุน โรเตอร์กำหนดสัญญาณของจานจ่ายจะหมุนผลิตแรงเคลื่อนไฟฟ้าขึ้นในขดลวดกำเนิดสัญญาณ จะมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขั้ว B ออกขั้ว E ของทรานซิสเตอร์ลงกราวด์ได้ เป็นผลทำให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดปฐมภูมิของคอยล์จุดระเบิดไหลผ่านขั้ว C ไปยังขั้ว E และลงกราวด์ครบวงจร ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นรอบ ๆ ขดลวดปฐมภูมิของคอยล์จุดระเบิด เมื่อเครื่องยนต์หมุนต่อไป ทำให้แรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสสลับที่ขดลวดสัญญาณเปลี่ยนขั้วไปจากเดิม จึงไม่มีกระแสไฟฟ้าไปกระตุ้นที่ขั้ว B ของทรานซิสเตอร์ ทรานซิสเตอร์จึงหยุดทำงาน

จากผลดังกล่าวนี้จะทำให้กระแสไฟฟ้าจากขดลวดปฐมภูมิหยุดไหล ดังนั้นจึงเกิดการเหนี่ยวนำขึ้นในขดลวดทุติยภูมิ เกิดกระแสไฟฟ้าแรงเคลื่อนสูงส่งไปยังหัวเทียนตามลำดับการจุดระเบิด



รูปที่ 6.22 การทำงานของระบบจุดระเบิดอิเล็กทรอนิกส์เมื่อเครื่องยนต์ติด



รูปที่ 6.23 เมื่อทรานซิสเตอร์ไม่ทำงาน

6.8 การวิเคราะห์ปัญหาและการบริการระบบจุดระเบิด

ขั้นตอนของการวิเคราะห์ปัญหาของระบบจุดระเบิด อาการที่พบบ่อยบางรายการของระบบจุดระเบิดที่ผิดปกติ และข้อเสนอแนะที่เป็นไปได้ในการตรวจซ่อมและบริการ ดังตารางที่ 6.1

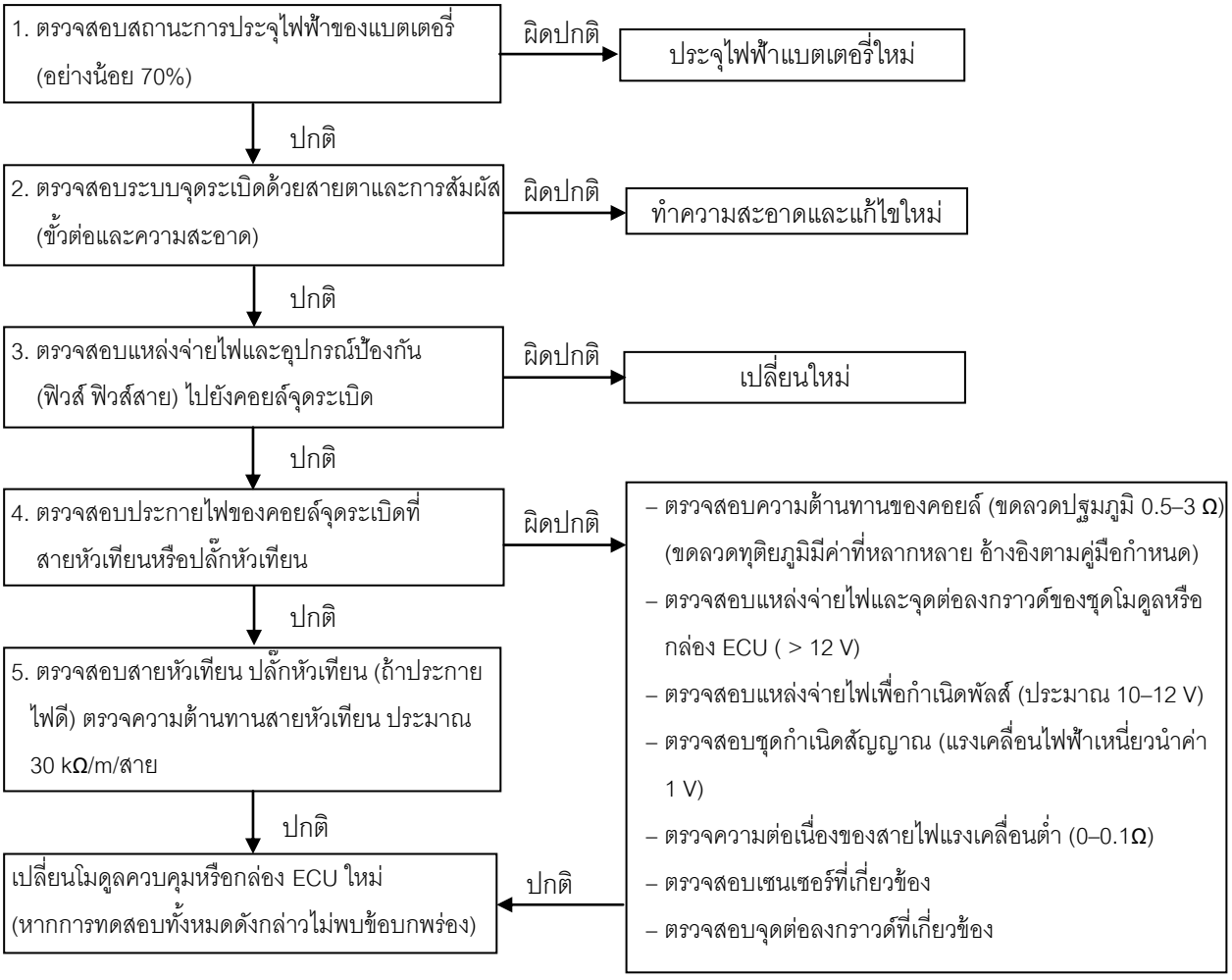
ตารางที่ 6.1 การวิเคราะห์สาเหตุข้อขัดข้องของระบบจุดระเบิด

อาการ	ข้อขัดข้องที่เป็นไปได้	การตรวจสอบและการแก้ไข
1. เครื่องยนต์หมุนปกติ แต่สตาร์ตไม่ติด	1. ส่วนประกอบระบบจุดระเบิดมีความชื้น 2. หัวเทียนสึกหรอมากเกินไป 3. วงจรจุดระเบิดเปิดวงจร	1. ขจัดความชื้นออก 2. เปลี่ยนหัวเทียนใหม่ 3. ตรวจสอบและแก้ไขใหม่
2. เครื่องยนต์สตาร์ตติดยากขณะเย็น	1. หัวเทียนสึกหรอมากเกินไป 2. มีความต้านทานสูงในวงจร	1. เปลี่ยนหัวเทียนใหม่ 2. ตรวจสอบและแก้ไขใหม่
3. ติดเครื่องยนต์แล้วดับทันทีทันใด	1. ระยะช่องว่างเขี้ยวหัวเทียนไม่ถูกต้อง 2. เวลาการจุดระเบิดไม่ถูกต้อง	1. ปรับตั้งระยะห่างเขี้ยวหัวเทียนใหม่ 2. ตรวจสอบและปรับตั้งองศาการจุดระเบิดใหม่
4. เครื่องยนต์เดินเบาไม่เรียบ	1. ระยะช่องว่างเขี้ยวหัวเทียนไม่ถูกต้อง 2. เวลาการจุดระเบิดไม่ถูกต้อง	1. ปรับตั้งระยะห่างเขี้ยวหัวเทียนใหม่ 2. ปรับตั้งองศาจุดระเบิดใหม่
5. เครื่องยนต์เดินเบาไม่ได้	1. คอยล์จุดระเบิดหรือฝาครอบจานจ่ายมีรอยสึกหรอ 2. หัวเทียนสึกหรอมากเกินไป	1. ทำความสะอาดหรือเปลี่ยน 2. เปลี่ยนหัวเทียนใหม่

ตารางที่ 6.1 (ต่อ) การวิเคราะห์สาเหตุข้อขัดข้องระบบจุดระเบิด

อาการ	ข้อขัดข้องที่เป็นไปได้	การตรวจสอบและการแก้ไข
6. จุดระเบิดไม่ได้ทุกความเร็วรอบ (เร่งไม่ขึ้น)	1. ระยะช่องว่างเขี้ยวหัวเทียนไม่ถูกต้อง 2. สายไฟแรงเคลื่อนสูงเสื่อม	1. ตรวจและปรับตั้งระยะช่องว่างเขี้ยวหัวเทียนใหม่ 2. เปลี่ยนสายไฟแรงเคลื่อนสูงใหม่
7. เครื่องยนต์ไม่มีกำลัง	1. เวลาการจุดระเบิดไม่ถูกต้อง 2. ส่วนประกอบไฟแรงเคลื่อนสูงชำรุด	1. ตรวจสอบและปรับตั้งองศาการจุดระเบิดใหม่ 2. แก้ไขหรือเปลี่ยนใหม่

ขั้นตอนการทดสอบระบบจุดระเบิด ที่นำไปสู่การวิเคราะห์และทดสอบที่รวดเร็ว มีขั้นตอนดังต่อไปนี้



รูปที่ 6.24 แผนผังลำดับขั้นตอนการตรวจสอบระบบจุดระเบิด

สรุปสาระสำคัญ

ระบบจุดระเบิดจะแปลงไฟฟ้าแรงเคลื่อนต่ำจากแบตเตอรี่ผ่านการเหนี่ยวนำไฟฟ้าในคอยล์จุดระเบิดไปเป็นไฟฟ้าแรงเคลื่อนสูง เพื่อส่งประกายไฟไปที่หัวเทียน การเหนี่ยวนำไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในคอยล์จุดระเบิดขณะกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดปฐมภูมิของคอยล์จุดระเบิด เพื่อสร้างสนามแม่เหล็ก เมื่อสนามแม่เหล็กในคอยล์จุดระเบิดยุบตัวอย่างรวดเร็วจะเกิดการเหนี่ยวนำไฟฟ้าแรงเคลื่อนสูงที่ขดลวดทุติยภูมิของคอยล์จุดระเบิด

ระบบจุดระเบิดแบ่งเป็น 2 วงจรย่อย ประกอบด้วย วงจรไฟฟ้าแรงเคลื่อนต่ำและวงจรไฟฟ้าแรงเคลื่อนสูง วงจรไฟฟ้าแรงเคลื่อนต่ำ ประกอบด้วย แบตเตอรี่ สวิตช์จุดระเบิด ขดลวดปฐมภูมิของคอยล์จุดระเบิด อุปกรณ์ตัด ต่อกระแสไฟฟ้า และอุปกรณ์ผลิตสัญญาณไฟฟ้า เพื่อกำหนดตำแหน่งเพลาข้อเหวี่ยงของเครื่องยนต์ ซึ่งอดีตที่ผ่านมาระบบจุดระเบิดแบบธรรมดาจะใช้กลไกหน้าทองขาวเป็นอุปกรณ์ตัดต่อกระแสไฟฟ้า เพื่อใช้ในวงจรไฟฟ้าแรงเคลื่อนต่ำ อย่างไรก็ตามระบบจุดระเบิดปัจจุบันมีการใช้ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ (โซลิดสเตท) มาใช้แทนที่กลไกหน้าทองขาว ซึ่งทำหน้าที่เป็นสวิตช์ตัด ต่อกระแสไฟฟ้าเพื่อกำเนิดพัลส์

วงจรทุติยภูมิของระบบจุดระเบิดจะผลิตไฟแรงเคลื่อนสูงและจ่ายกระแสไฟฟ้าไปยังกระบอกสูบของเครื่องยนต์ เพื่อเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิงกับอากาศ วงจรนี้ประกอบด้วยขดลวดทุติยภูมิของคอยล์จุดระเบิด ฝาครอบจานจ่าย และโรเตอร์ สายเคเบิล (สายหัวเทียน) และหัวเทียน ตามลำดับ คอยล์จุดระเบิดจะผลิตไฟแรงเคลื่อนสูงไปกระโดดข้ามช่องว่างที่เขี้ยวหัวเทียนผ่านการเหนี่ยวนำ กระแสไฟฟ้าแรงเคลื่อนต่ำในขดลวดปฐมภูมิของคอยล์จุดระเบิด ซึ่งจะเหนี่ยวนำให้เกิดไฟแรงเคลื่อนสูงในขดลวดทุติยภูมิของคอยล์จุดระเบิดตามมา หัวเทียนจะยอมให้ไฟฟ้าแรงเคลื่อนสูงไปกระโดดข้ามช่องว่างที่เขี้ยวหัวเทียน เพื่อจุดส่วนผสมน้ำมันเชื้อเพลิงกับอากาศภายในห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ การออกแบบหัวเทียนจะต้องมีคุณสมบัติที่เหมาะสม เช่น ช่วงความร้อนของหัวเทียน ขนาดเกลียว ระยะห่างเขี้ยวหัวเทียน และแกนกลางหัวเทียน เป็นต้น นอกจากนี้วัสดุที่ผลิตหัวเทียนต้องทนต่ออุณหภูมิที่สูง และทนต่อแรงดันจากการเผาไหม้ที่สูงได้ และมีอายุการใช้งานยาวนาน

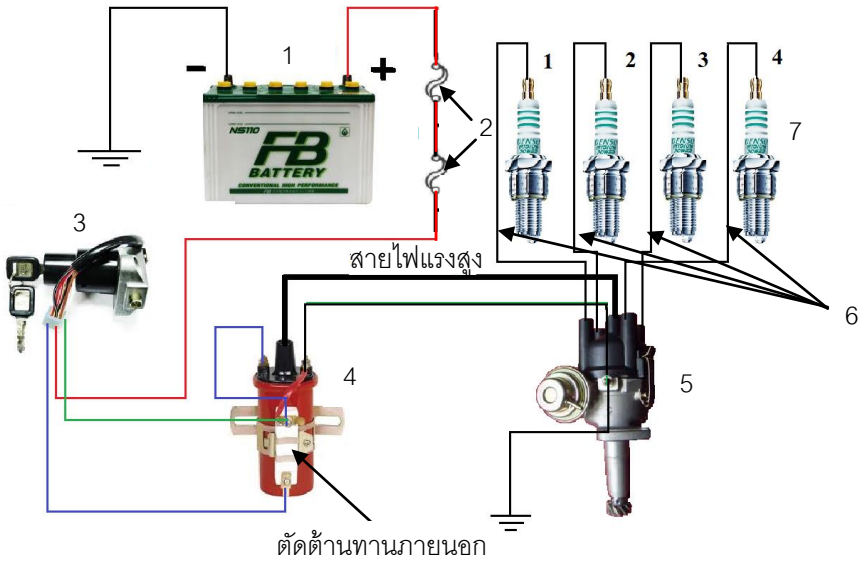
แบบฝึกหัดหน่วยที่ 6

ระบบจุดระเบิด

คำสั่ง จงเติมคำตอบลงในช่องว่างให้ถูกต้อง

1. จงบอกหน้าที่ของระบบจุดระเบิด.....

จำแนกโครงสร้างระบบจุดระเบิดและหน้าที่การทำงานของชิ้นส่วนระบบจุดระเบิด



2. จงจำแนกชิ้นส่วนของระบบจุดระเบิด จากรูปที่กำหนดให้ โดยนำหมายเลขไว้หน้าข้อความชื่อชิ้นส่วนให้ถูกต้อง

.....สวิตช์จุดระเบิด .....หัวเทียน .....คอยล์จุดระเบิด

.....จานจ่าย .....แบตเตอรี่ .....สายไฟแรงสูง

.....ฟิวส์สาย

3. จากรูป จงวางหมายเลขของชิ้นส่วนไว้หน้าข้อความที่อธิบายหน้าที่ชิ้นส่วนของระบบจุดระเบิดให้ถูกต้อง

.....หมุนเปิดและปิดควบคุมวงจร .....อุปกรณ์เพิ่มกำลังดันไฟฟ้า

.....จัดเตรียมพลังงานสำหรับระบบ .....ตัวนำไฟฟ้าแรงเคลื่อนสูงไปยังหัวเทียน

.....ป้องกันระบบจากภาระที่มากเกินไป .....จุดประกายไฟภายในกระบอกสูบของเครื่องยนต์

.....ตัดต่อวงจรไฟแรงเคลื่อนต่ำ ควบคุมการจุดระเบิดและหมุนจ่ายไฟแรงเคลื่อนสูง

4. การเหนี่ยวนำระหว่างขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิ เรียกว่า.....

5. วงจรไฟฟ้าระบบจุดระเบิด แบ่งเป็น.....วงจร คือ วงจร.....และ วงจร.....

6. วงจร.....ประกอบด้วย แบตเตอรี่ สวิตช์จุดระเบิด ขดลวดปฐมภูมิคอยล์จุดระเบิด ตัวต้านทานภายนอก คอนเดนเซอร์ ชุดจานจ่าย หน้าทองขาว และโรเตอร์

7. วงจร.....ประกอบด้วย ขดลวดทุติยภูมิคอยล์จุดระเบิด ฝาครอบจานจ่าย สายไฟแรงสูง และหัวเทียน

8. คอยล์จุดระเบิด ทำหน้าที่.....
ประกอบด้วย ขดลวด.....และขดลวด.....

9. จานจ่าย ทำหน้าที่.....
มีส่วนประกอบ คือ.....

10. กลไกจุดระเบิดล่วงหน้า แบ่งเป็น.....แบบ คือ.....

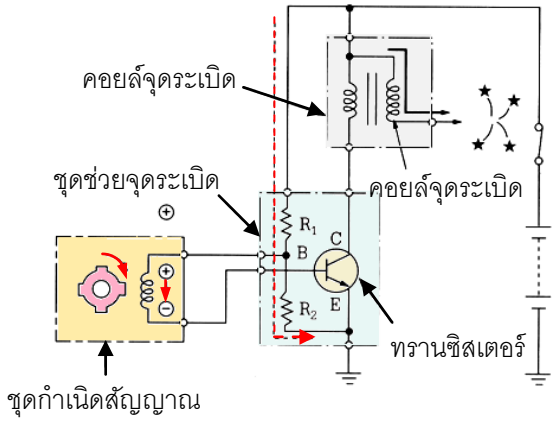
11. หัวเทียนจำแนกตามช่วงความร้อน แบ่งเป็น.....แบบ คือ.....

.....

12. ระบบจุดระเบิดแบบธรรมดาใช้.....เป็นสวิตช์ตัดต่อวงจรไฟฟ้าแรงเคลื่อนต่ำ

13. ระบบจุดระเบิดแบบอิเล็กทรอนิกส์ใช้.....เป็นสวิตช์ตัด ต่อวงจรไฟฟ้าแรงเคลื่อนต่ำ

14. จงอธิบายการทำงานของระบบจุดระเบิดแบบอิเล็กทรอนิกส์ จากรูปที่กำหนดให้



.....

.....

ใบงานที่ 11

งานตรวจสอบทางกายภาพระบบจุดระเบิด

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. เตรียมเครื่องมือ วัสดุและอุปกรณ์ได้ถูกต้อง
2. ตรวจสอบวงจรจุดระเบิดและวิเคราะห์ผลการตรวจสอบได้ถูกต้อง
3. ตรวจสอบทางกายภาพของระบบจุดระเบิดได้ถูกต้อง
4. เก็บเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์และทำความสะอาดได้ถูกต้อง

เครื่องมือ วัสดุ และอุปกรณ์

1. เครื่องยนต์แก๊สโซลีน 2.มัลติมิเตอร์และฟิลเลอร์เกจ 3. เครื่องมือประจำตัว

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

1. เตรียมเครื่องมือ วัสดุและอุปกรณ์
2. ตรวจสอบวงจรไฟฟ้าแรงเคลื่อนต่ำและอุปกรณ์
   - ใช้มัลติมิเตอร์ตรวจสอบแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ขั้วบวก (+) คอยล์จุดระเบิด และกราวด์ ขณะเปิดสวิตช์จุดระเบิดตำแหน่ง (ON) ผลการวัด.....โวลต์ สรุปผลการตรวจ ☐ ปกติ ☐ ผิดปกติ
   - ใช้มัลติมิเตอร์ตรวจสอบแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ขั้วลบ (–) คอยล์จุดระเบิด และกราวด์ ผลการวัด.....โวลต์ ถ้าได้มากกว่า 0.1 โวลต์ ตรวจสอบ สายไฟ ขั้ว กราวด์ และหน้าทองขาวหรือชุดกำเนิดสัญญาณ สรุปผลการตรวจ ☐ ปกติ ☐ ผิดปกติ

     สภาพสายไฟหน้าทองขาวหรือสายไฟชุดกำเนิดสัญญาณ ☐ ดี ☐ ชำรุด

     สภาพหน้าทองขาว ☐ ดี ☐ ชำรุด ระยะห่างหน้าทองขาว..... มม. สรุป ☐ ดี ☐ ชำรุด
3. ตรวจสอบวงจรไฟฟ้าแรงเคลื่อนสูงและอุปกรณ์
   - สภาพของฝาครอบจานจ่าย ☐ ดี ☐ ร้าว ☐ สกปรก ☐ มีร่องรอยชำรุด
   - สภาพของโรเตอร์ ☐ ดี ☐ มีการกัดกร่อน ☐ มีรอยร้าว
   - สภาพของสายหัวเทียน ☐ ดี ☐ มีรอยฉีกขาด
   - สภาพของหัวเทียน ☐ แห้ง ☐ เปียก ☐ มีเขม่าจับแข็ง ☐ มีเขม่าจับบาง ๆ ☐ แกนกลางกัดกร่อน ☐ ฉนวนแตกร้าว
   - ระยะห่างเขี้ยวหัวเทียนที่วัดได้.....มม. ระยะห่างที่คู่มือกำหนด.....มม. ☐ ต้องปรับตั้งใหม่ ☐ ใช้ได้

ใบงานที่ 12

งานตรวจสอบระบบจุดระเบิด

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. เตรียมเครื่องมือ วัสดุและอุปกรณ์ได้ถูกต้อง
2. ตรวจสอบระบบจุดระเบิดและวิเคราะห์ผลการตรวจสอบได้ถูกต้อง
3. เก็บเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์และทำความสะอาดได้ถูกต้อง

เครื่องมือ วัสดุ และอุปกรณ์

1. ชุดจานจ่าย สายไฟแรงเคลื่อนสูง และเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 2. มัลติมิเตอร์และฟิลเลอร์เกจ
3. เครื่องมือประจำตัว ประแจถอดหัวเทียน เกจวัดและปรับตั้งระยะห่างเขี้ยวหัวเทียน คู่มือการซ่อม

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

1. เตรียมเครื่องมือ วัสดุและอุปกรณ์
2. ทดสอบประกายไฟแรงเคลื่อนสูง

ใช้มือจับที่ยางหุ้มขั้วสายหัวเทียน ดึงสายหัวเทียนออกและสัมผัสที่กราวด์ หมุนเครื่องยนต์ทดสอบว่ามีประกายไฟเกิดขึ้นหรือไม่

สายที่	ผลการทดสอบ
1	.....
2	.....
3	.....
4	.....

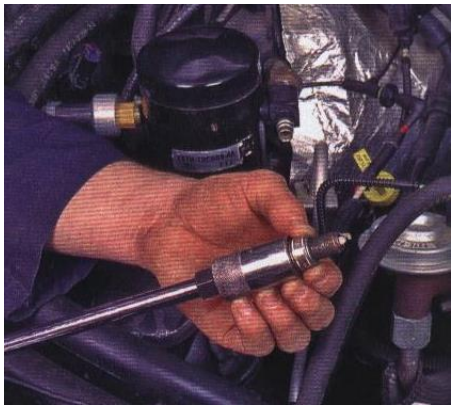
สรุปผลการทดสอบ ☐ ปกติ ☐ ผิดปกติ

มัลติมิเตอร์

3. ตรวจสอบความต้านทานสายหัวเทียน

สายที่	ค่าที่วัดได้	ค่ากำหนด
1	.....	< 25 kΩ
2	.....	< 25 kΩ
3	.....	< 25 kΩ
4	.....	< 25 kΩ

สรุปผลการตรวจ ☐ ปกติ ☐ ผิดปกติ



4. ตรวจสอบสภาพหัวเทียน

ตรวจสอบการสึกหรอของเขี้ยวหัวเทียน การชำรุดเสียหายของเกลียว และฉนวนกระเบื้อง ถ้าผิดปกติเปลี่ยนหัวเทียนใหม่

หัวเทียน	ปกติ	ผิดปกติ
สูบที่ 1	.....	.....
สูบที่ 2	.....	.....
สูบที่ 3	.....	.....
สูบที่ 4	.....	.....

สรุปผลการตรวจ ☐ ปกติ ☐ ผิดปกติ

5. ปรับตั้งระยะห่างเขี้ยวหัวเทียน

ใช้เกจวัดและปรับตั้งเขี้ยวหัวเทียนดัดเขี้ยวหัวเทียนด้วยความระมัดระวังให้ได้ระยะห่างเขี้ยวหัวเทียนที่ถูกต้อง

หัวเทียนตัวที่	ค่าที่วัดได้	ค่ากำหนด
1	.....	1.1 มิลลิเมตร
2	.....	1.1 มิลลิเมตร
3	.....	1.1 มิลลิเมตร
4	.....	1.1 มิลลิเมตร

สรุปผลการตรวจ ☐ ถูกต้อง ☐ ไม่ถูกต้อง

6. ตรวจสอบความต้านทานของขดลวดปฐมภูมิ

- ปลดขั้วสายไฟที่ชุดจุดระเบิดแบบรวม (IIA)
- ถอดฝาครอบจานจ่ายและโรเตอร์ออก
- ถอดฝาครอบกันฝุ่นคอยล์จุดระเบิดออก
- ใช้มัลติมิเตอร์วัดค่าความต้านทานระหว่างขั้วบวก (+) และขั้วลบ (–) ของคอยล์จุดระเบิด

ผลการวัด.....Ω (ค่ากำหนด 1.11–1.75 Ω)

สรุปผลการตรวจ ☐ ถูกต้อง ☐ ไม่ถูกต้อง

7. ตรวจสอบความต้านทานของขดลวดทุติยภูมิ

ใช้มัลติมิเตอร์วัดค่าความต้านทานระหว่างขั้วบวก (+) และขั้วไฟแรงเคลื่อนสูง (ขั้วกลาง)ความต้านทานของขดลวดทุติยภูมิ

ค่ากำหนด ร้อน : 9.0–15.7 kΩ

เย็น : 11.4–18.4 kΩ

ถ้าค่าความต้านทานไม่ได้ตามค่ากำหนดเปลี่ยนคอยล์จุดระเบิดใหม่ ผลการวัด.....kΩ

สรุปผลการตรวจ ☐ ถูกต้อง ☐ ไม่ถูกต้อง

8. ตรวจระยะห่างระหว่างโรเตอร์กับขดลวดกำเนิดสัญญาณ

ใช้ฟิลเลอร์เกจวัดช่องระหว่างโรเตอร์กับขดลวดกำเนิดสัญญาณ ระยะช่องว่าง : 0.2– 0.4 มม. ถ้าระยะช่องว่างไม่ได้ตามค่ากำหนด เปลี่ยนชุดเรือนจานจ่ายใหม่

ผลการวัด.....มิลลิเมตร

สรุปผลการตรวจ ☐ ถูกต้อง ☐ ไม่ถูกต้อง

9. ตรวจสอบค่าความต้านทานชุดกำเนิดสัญญาณ (ปิคอัพคอยล์)

ใช้มัลติมิเตอร์วัดความต้านทานระหว่างขั้ว ค่าความต้านทานขดลวดกำเนิดสัญญาณ

(NE + และ NE –) เย็น : 370–550 Ω

ร้อน : 475–650 Ω

ถ้าค่าความต้านทานไม่ได้ตามค่ากำหนด เปลี่ยนชุดเรือนจานจ่ายใหม่ ผลการวัด.....Ω

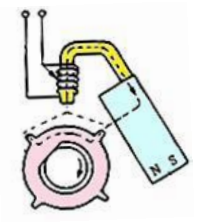
สรุปผลการตรวจ ☐ ถูกต้อง ☐ ไม่ถูกต้อง

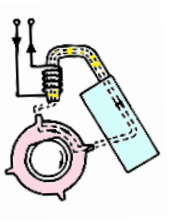
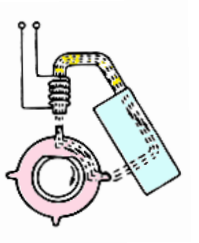
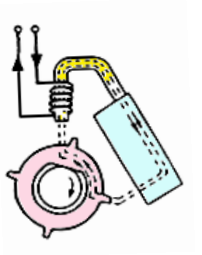
แบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 6

ระบบจุดระเบิด

คำสั่ง จงทำเครื่องหมายกากบาท (×) ลงหน้าข้อที่ถูกต้องที่สุด

1. หน้าที่ของระบบจุดระเบิดคือข้อใด
   - ก. แปลงไฟฟ้าแรงเคลื่อนต่ำไปเป็นไฟฟ้าแรงเคลื่อนสูง
   - ข. กำหนดจังหวะการจุดระเบิดและประกายไฟ
   - ค. ผลิตไฟฟ้าแรงเคลื่อนสูงให้มีแรงดันเพียงพอ เพื่อไปกระโดดข้ามช่องว่างเขี้ยวหัวเทียน
   - ง. ถูกทุกข้อ
2. ข้อใดกล่าวถึงส่วนประกอบของระบบจุดระเบิดได้ถูกต้องทั้งหมด
   - ก. แบตเตอรี่ คอยล์จุดระเบิด จานจ่าย สายไฟแรงเคลื่อนสูง และหัวเทียน
   - ข. สวิตช์จุดระเบิด แบตเตอรี่ คอยล์จุดระเบิด จานจ่าย และสายไฟแรงสูง
   - ค. สวิตช์จุดระเบิด แบตเตอรี่ คอยล์จุดระเบิด จานจ่าย สายไฟแรงเคลื่อนสูง และหัวเทียน
   - ง. คอยล์จุดระเบิด จานจ่าย สายไฟแรงเคลื่อนสูง และหัวเทียน
3. หลักการเกิดไฟฟ้าแรงเคลื่อนสูงในคอยล์จุดระเบิด อาศัยหลักการใด
   - ก. การเหนี่ยวนำตัวเอง
   - ข. การเหนี่ยวนำร่วม
   - ค. การเหนี่ยวนำขดลวดปฐมภูมิ
   - ง. การเหนี่ยวนำขดลวดทุติยภูมิ
4. ส่วนประกอบใดของระบบจุดระเบิดที่เพิ่มกำลังดันไฟฟ้า
   - ก. สวิตช์จุดระเบิด
   - ข. จานจ่าย
   - ค. หัวเทียน
   - ง. คอยล์จุดระเบิด
5. อุปกรณ์ใดเป็นส่วนประกอบทั้งวงจรไฟฟ้าแรงเคลื่อนต่ำและวงจรไฟฟ้าแรงเคลื่อนสูงของระบบจุดระเบิด
   - ก. โรเตอร์
   - ข. คอยล์จุดระเบิด
   - ค. สวิตช์จุดระเบิด
   - ง. อุปกรณ์กำเนิดสัญญาณ
6. ส่วนประกอบพื้นฐานของหัวเทียนคือข้อใด
   - ก. แกนกลางพลาสติก
   - ข. ฉนวนกระดาษ
   - ค. โครงไฟเบอร์กลาส
   - ง. ขั้วอิเล็กโทรด 2 ขั้ว

7. จะเกิดอะไรขึ้นเมื่อกระแสไฟฟ้าแรงเคลื่อนต่ำไหลผ่านขดลวดปฐมภูมิคอยล์จุดระเบิดถูกตัดวงจรทันทีทันใด
   ก. สนามแม่เหล็กยุบตัว
   ข. เกิดการเหนี่ยวนำไฟฟ้าแรงเคลื่อนสูงในขดลวดทุติยภูมิคอยล์จุดระเบิด
   ค. กระแสไฟฟ้าแรงเคลื่อนสูงจะไหลผ่านคอยล์จุดระเบิดไปยังจานจ่าย
   ง. ถูกทุกข้อ
8. การเหนี่ยวนำร่วมที่ขดลวดทุติยภูมิของคอยล์จุดระเบิดเกิดขึ้นเมื่อใด
   ก. สวิตช์จุดระเบิดอยู่ในตำแหน่งปิด
   ข. หน้าทองขาวอยู่ในตำแหน่งปิด
   ค. สวิตช์จุดระเบิดอยู่ในตำแหน่ง ACC
   ง. หน้าทองขาวอยู่ในตำแหน่งเปิด
9. สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นรอบ ๆ ขดลวดกำเนิดสัญญาณ เพื่อผลิตพัลส์ เมื่อโรเตอร์สัญญาณหมุนอยู่ในตำแหน่งใด
   ก. 

   ข. 
   ค. 
   ง. 
10. การเหนี่ยวนำพัลส์ในจานจ่ายแบบอิเล็กทรอนิกส์ จะเกิดขึ้นเมื่อเครื่องยนต์อยู่ในสภาวะใด
   ก. เครื่องยนต์ทำงาน
   ข. หมุนเพลาข้อเหวี่ยง
   ค. เครื่องยนต์หยุดทำงาน
   ง. ถูกกระตุ้น

หน่วยที่ 7

ระบบประจุไฟ

หน่วยที่ 7

ระบบประจุไฟฟ้า

หัวข้อเรื่อง (Topics)

7.1 หน้าที่ของระบบประจุไฟฟ้า
7.2 ส่วนประกอบของระบบประจุไฟฟ้า
7.3 หลักการของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
7.4 อัลเทอร์เนเตอร์
7.5 เรกูเลเตอร์
7.6 หลักการทำงานของระบบประจุไฟฟ้า
7.7 ไอซีเรกูเลเตอร์และการทำงาน
7.8 การตรวจสอบ วิเคราะห์ปัญหา และการบริการระบบประจุไฟฟ้า

แนวคิดสำคัญ (Main Idea)

ระบบประจุไฟฟ้า มีจุดประสงค์เพื่อเปลี่ยนพลังงานกลของเครื่องยนต์ไปเป็นพลังงานไฟฟ้า เพื่อประจุไฟฟ้ากลับไปยังแบตเตอรี่ และจ่ายไฟในปริมาณที่เพียงพอไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้ารถยนต์ขณะเครื่องยนต์ทำงาน ส่วนประกอบของระบบประจุไฟฟ้า ประกอบด้วยแบตเตอรี่ ฟิวส์ ฟิวส์สาย รีเลย์ (บางรุ่น) สวิตช์จุดระเบิด หลอดไฟเตือนการชาร์จ เรกูเลเตอร์ อัลเทอร์เนเตอร์ และสายพานขับ ระบบประจุไฟฟ้าทั้งหมดจะใช้หลักการการเหนี่ยวนำของแม่เหล็กไฟฟ้าเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้า ส่วนการควบคุมแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่จ่ายออกของอัลเทอร์เนเตอร์จะควบคุมความเข้มของกระแสที่ขดลวดโรเตอร์โดยเรกูเลเตอร์ เพื่อป้องกันการเสียหายของอุปกรณ์ไฟฟ้ารถยนต์

สมรรถนะย่อย (Element of Competency)

1. แสดงความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับระบบประจุไฟฟ้า
2. ตรวจสอบ วิเคราะห์ปัญหาและบริการระบบประจุไฟฟ้าตามคู่มือการซ่อม

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (Behavioral Objectives)

1. บอกหน้าที่ของระบบประจุไฟฟ้าได้ถูกต้อง
2. จำแนกส่วนประกอบของระบบประจุไฟฟ้าได้ถูกต้อง
3. บอกหน้าที่ส่วนประกอบของระบบประจุไฟฟ้าได้ถูกต้อง
4. จำแนกส่วนประกอบอัลเทอร์เนเตอร์และบอกหน้าที่ชิ้นส่วนอัลเทอร์เนเตอร์ได้ถูกต้อง
5. อธิบายการทำงานของเรกูเลเตอร์ควบคุมแรงเคลื่อนไฟฟ้าได้ถูกต้อง
6. อธิบายการทำงานของระบบประจุไฟฟ้าได้ถูกต้อง
7. ตรวจสอบ วิเคราะห์ปัญหาและบริการระบบประจุไฟฟ้าโดยใช้คู่มือการซ่อมได้ถูกต้อง

เนื้อหาสาระ (Content)

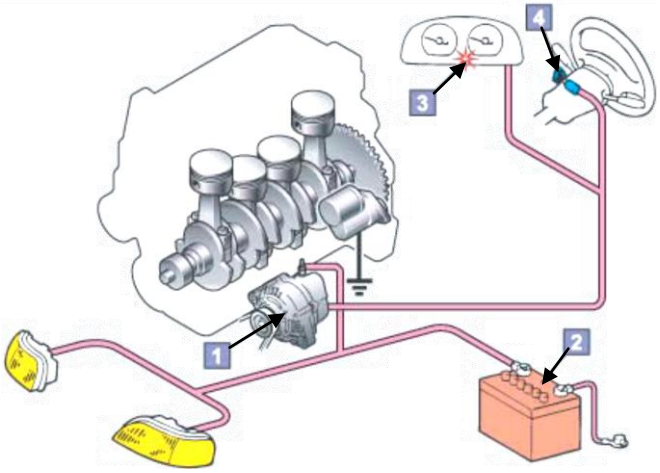
ความต้องการกระแสไฟฟ้าในรถยนต์รุ่นใหม่ ๆ มีความต้องการเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีการนำอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์มาติดตั้งในรถยนต์เพิ่มมากขึ้น ดังนั้นระบบประจุไฟฟ้าจะต้องสามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าให้เพียงพอกับความต้องการของอุปกรณ์ไฟฟ้ารถยนต์ และประจุไฟฟ้ากลับไปยังแบตเตอรี่ได้อย่างรวดเร็วและสม่ำเสมอ

ระบบประจุไฟฟ้าจะเปลี่ยนรูปพลังงานกลของเครื่องยนต์ไปเป็นพลังงานไฟฟ้า เมื่อเครื่องยนต์ทำงาน พลังงานนี้เป็นความต้องการจำเป็นสำหรับการทำงานของภาระในระบบไฟฟ้ารถยนต์ เมื่อระบบประจุไฟฟ้าจ่ายกระแสไฟฟ้าเกินความต้องการของรถยนต์ ระบบนี้จะจ่ายกระแสไฟฟ้าไปยังแบตเตอรี่ เพื่อรักษาสถานะของการประจุไฟฟ้าไว้ การวิเคราะห์ปัญหาและการบริการระบบประจุไฟฟ้าที่เหมาะสม เป็นสิ่งสำคัญที่ช่างเทคนิคจะต้องเข้าใจในหน้าที่ ส่วนประกอบและการทำงานของระบบประจุไฟฟ้า รวมทั้งการตรวจสอบ วิเคราะห์ปัญหาและบริการระบบประจุไฟฟ้า ดังรายละเอียดหัวข้อต่อไปนี้

7.1 หน้าที่ของระบบประจุไฟฟ้า

ระบบประจุไฟฟ้าหรือระบบไฟชาร์จ มีหน้าที่หลัก 2 ประการ คือ จ่ายกระแสไฟฟ้าไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้ารถยนต์ และผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อประจุไฟฟ้าฟ้าให้แก่แบตเตอรี่ ขณะเครื่องยนต์ทำงาน

7.2 ส่วนประกอบของระบบประจุไฟฟ้า



1. อัลเทอร์เนเตอร์ 2. แบตเตอรี่ 3. ไฟเตือนการชาร์จ 4. สวิตช์จุดระเบิด

รูปที่ 7.1 ส่วนประกอบของระบบประจุไฟฟ้า

ส่วนประกอบหลักของระบบประจุไฟฟ้า ประกอบด้วย แบตเตอรี่ สวิตช์จุดระเบิด หลอดไฟเตือนการชาร์จ เรกูเลเตอร์ และอัลเทอร์เนเตอร์ ดังรูปที่ 7.1 โดยแต่ละส่วนประกอบมีรายละเอียดดังนี้

7.2.1 แบตเตอรี่ (Battery)

แบตเตอรี่ ทำหน้าที่ เป็นแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าให้แก่อัลเทอร์เนเตอร์ เมื่อระบบประจุไฟฟ้าทำงาน โดยแบตเตอรี่จะเปลี่ยนรูปพลังงานไฟฟ้าจากอัลเทอร์เนเตอร์ไปเป็นพลังงานเคมี ซึ่งเป็นอุปกรณ์กักเก็บพลังงานไว้ เพื่อรักษาระดับแรงเคลื่อนไฟฟ้าในระบบ เพื่อป้องกันการเสียหายที่ชิ้นส่วนที่ไวต่อการเสียหายในระบบไฟฟ้ารถยนต์

7.2.2 สวิตช์จุดระเบิด (Ignition Switch)

สวิตช์จุดระเบิด ทำหน้าที่ ตัด ต่อกระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ให้กับอัลเทอร์เนเตอร์

7.2.3 อัลเทอร์เนเตอร์ (Alternator)

อัลเทอร์เนเตอร์ ทำหน้าที่ เป็นอุปกรณ์กำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ เพื่อประจุไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่และจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้ารถยนต์ขณะเครื่องยนต์ทำงาน ซึ่งอาศัยพลังงานกลที่เปลี่ยนรูปจากเครื่องยนต์ไปขับอัลเทอร์เนเตอร์ โดยสายพานขับมูเลย์เพลาข้อเหวี่ยงของเครื่องยนต์ การเหนี่ยวนำของเส้นแรงแม่เหล็ก อัลเทอร์เนเตอร์จะเปลี่ยนรูปพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าสลับที่ผลิตได้จะเปลี่ยนเป็นกระแสตรง โดยเรกติไฟเออร์ (กลุ่มของไดโอดที่ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลในทิศทางเดียว)

7.2.4 เรกูเลเตอร์ (Voltage Regulator)

เรกูเลเตอร์ ทำหน้าที่ ควบคุมแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่จ่ายออกจากอัลเทอร์เนเตอร์ เพื่อป้องกันการประจุไฟฟ้าที่มากเกินไปหรือภายใต้การประจุไฟฟ้า

7.2.5 ไฟเตือนการชาร์จ (Indicator)

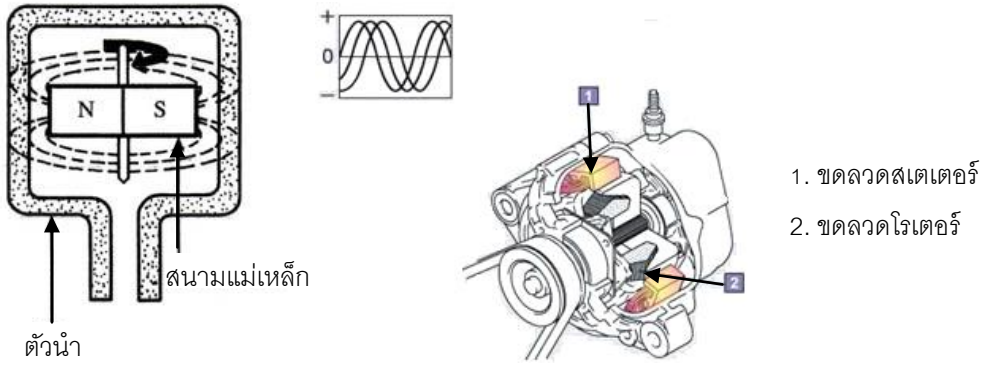
ไฟเตือนการชาร์จ ทำหน้าที่ เป็นอุปกรณ์เตือนการชาร์จ ปกติไฟเตือนการชาร์จจะสว่างขึ้นเมื่อสวิตช์จุดระเบิดอยู่ในตำแหน่งเปิด (ON) สำหรับตรวจสอบวงจรหลอดไฟเตือนการชาร์จ และหลอดไฟเตือนการชาร์จจะดับลงเมื่อเครื่องยนต์ทำงาน

7.2.6 ฟิวส์ (Fuses)

ฟิวส์แบ่งเป็นฟิวส์สาย (Fusing) จะใช้ฟิวส์แยก ทำหน้าที่ป้องกันกระแสไฟฟ้าในระบบประจุไฟฟ้า ส่วนฟิวส์ย่อยจะทำหน้าที่ป้องกันกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านหลอดไฟเตือนการชาร์จที่มากเกินไป

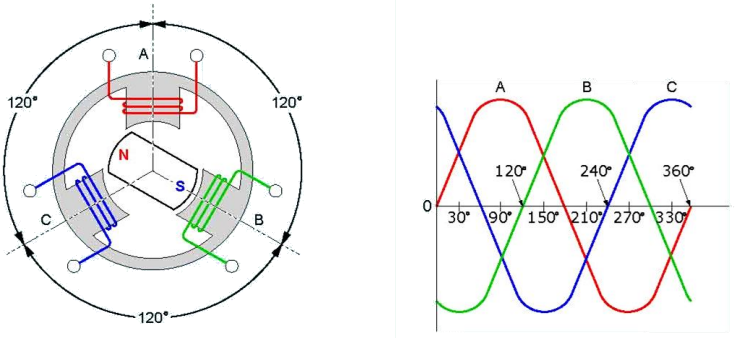
7.3 หลักการของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่รถยนต์ปัจจุบันใช้จะเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ (AC. Generator) หรือที่เรียกว่า “อัลเตอร์เนเตอร์” ในอัลเตอร์เนเตอร์จะใช้แม่เหล็กเป็นตัวหมุนตัดขดลวดตัวนำจะอยู่กับที่ทำให้เกิดการเหนี่ยวนำกระแสไฟฟ้าขึ้น ดังรูปที่ 7.2



รูปที่ 7.2 การหมุนตัดของแม่เหล็กผ่านขดลวดตัวนำที่อยู่กับที่

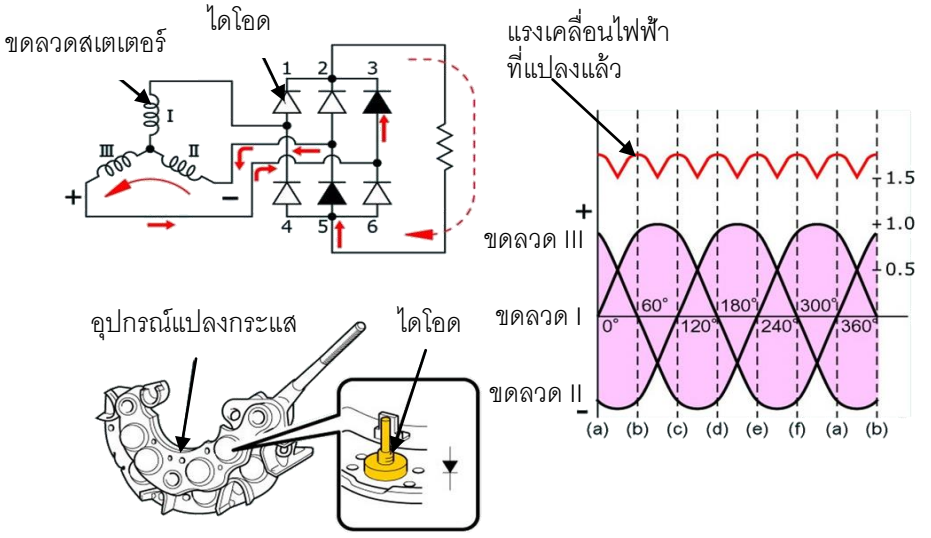
อัลเตอร์เนเตอร์เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้ขดลวดตัวนำ 3 เส้น (หรือ 3 ขด) หรือ 3 เฟส พันยึดกับโครงเหล็กโดยแต่ละเส้นพันทำมุมกัน 120 องศา ดังแสดงในรูปที่ 7.3



รูปที่ 7.3 การพันขดลวดตัวนำแบบ 3 เฟสและคลื่นของกระแสไฟฟ้าที่ได้

การทำงานเมื่อแม่เหล็กหมุนผ่านขดลวดตัวนำที่อยู่กับที่จะเกิดแรงดันไฟฟ้าขึ้นระหว่างปลายขดลวดแต่ละชุดคือชุด A ชุด B และชุด C ซึ่งอยู่ห่างกัน120 ° ในรูปแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างไฟฟ้ากระแสสลับทั้งสามส่วนกับแม่เหล็ก ซึ่งเรียกว่าไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส อัลเทอร์เนเตอร์ในรถสมัยใหม่ทั้งหมดจะผลิตไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส

เมื่อนำชุดไดโอดต่อเข้ากับชุดขดลวดตัวนำแบบ 3 เฟส เพื่อเรียงกระแสไฟฟ้าแบบเต็มคลื่นจะต้องใช้ไดโอด 6 ตัว และจะได้รูปคลื่นของกระแสไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 7.4

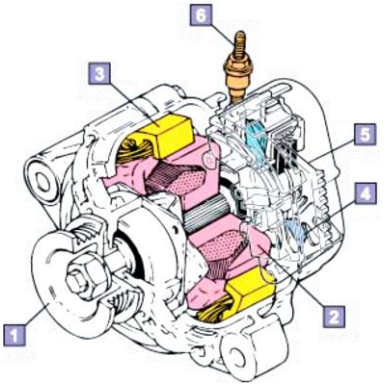


รูปที่ 7.4 กระแสไฟฟ้าที่ได้จากการเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นจะมีความราบเรียบขึ้น

7.4 อัลเทอร์เนเตอร์

จากรูปที่ผ่านมาก่อนหน้านี้ ได้แสดงถึงหลักการทำงานของอัลเทอร์เนเตอร์ เพื่อจัดเตรียมไฟฟ้ากระแสตรงอย่างเพียงพอสำหรับรถยนต์ อัลเทอร์เนเตอร์จะมีการออกแบบชิ้นส่วนที่ซับซ้อนและแตกต่างกันออกไป อย่างไรก็ตามจะมีหลักการทำงานเหมือนกัน การออกแบบอัลเทอร์เนเตอร์จะจำกัดการจ่ายไฟ (Output) ของกระแสไฟฟ้าสำหรับการเปลี่ยนแปลงค่าสูงสุดสำหรับการใช้งาน

ดังนั้นโรงงานผู้ผลิตจะออกแบบชิ้นส่วนของสเตเตอร์ โรเตอร์ และส่วนประกอบอื่น ๆ แตกต่างกันออกไป ดังแสดงในรูปที่ 7.5 โดยมีรายละเอียดแต่ละชิ้นส่วนดังต่อไปนี้

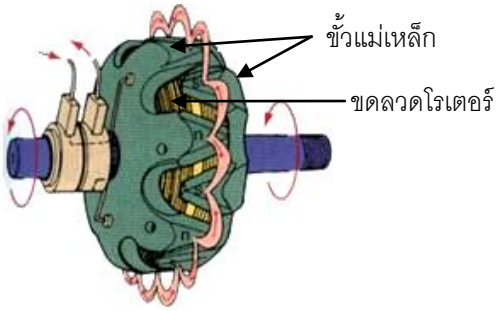


1. มูเลย์
2. โรเตอร์
3. สเตเตอร์
4. ชุดแปลงกระแส (ไดโอด)
5. IC เรกูเลเตอร์
6. ขั้ว B

รูปที่ 7.5 โครงสร้างภายในของอัลเทอร์เนเตอร์

7.4.1 โรเตอร์ (Rotor)

โรเตอร์ ประกอบด้วยขั้วแม่เหล็ก 6–8 คู่ ที่แกนของโรเตอร์ด้านในจะพันด้วยขดลวดทองแดง ซึ่งทำหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็กขึ้นรอบ ๆ อัลเทอร์เนเตอร์ ซึ่งจะถูกขับให้หมุนด้วยสายพาน ทำให้เหนี่ยวนำให้เกิดสนามแม่เหล็กที่ขั้วแม่เหล็ก ขดลวดที่พันอยู่ในโรเตอร์ เรียกว่า “ขดลวดสนามแม่เหล็ก” หรือ “ขดลวดฟิลด์คอยล์ (Field Coil)” หรือ “ขดลวดโรเตอร์” ดังรูปที่ 7.6



รูปที่ 7.6 โครงสร้างของโรเตอร์

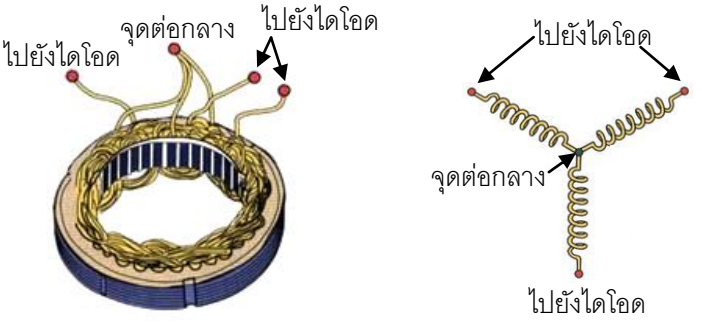
7.4.2 สเตเตอร์ (Stator)

สเตเตอร์เป็นขดลวดทองแดงมีทั้งหมด 3 ขด พันรอบแกนเหล็กอ่อนวางทำมุมกัน 120 องศา ขดลวดสเตเตอร์ทำหน้าที่เป็นขดลวดตัวนำผลิตกระแสไฟฟ้าออกไปใช้งาน โดยการเหนี่ยวนำจากสนามแม่เหล็กของโรเตอร์ พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัย ดังนี้

1. ความเข้มของสนามแม่เหล็กที่โรเตอร์
2. ความเร็วรอบในการหมุนตัดของโรเตอร์
3. จำนวนรอบและขนาดขดลวดสเตเตอร์

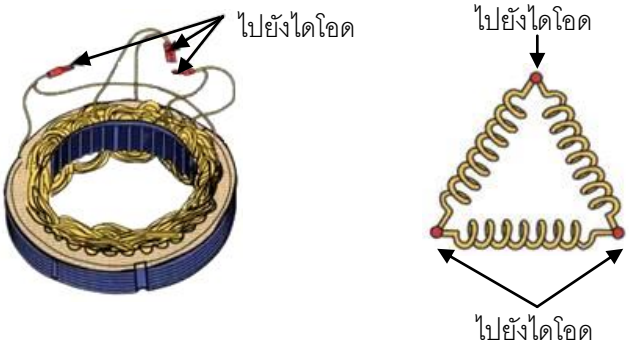
การต่อขดลวดสเตเตอร์ มีลักษณะการต่อ 2 แบบ คือ

1. แบบสตาร์ (แบบ Y) การต่อขดลวดตัวนำแบบนี้นิยมใช้ในอัลเตอร์เนเตอร์ขนาดเล็กที่ใช้ในรถยนต์ โดยจะนำปลายด้านหนึ่งของขดลวดทั้ง 3 เส้น มาต่อรวมกันเรียกว่า “จุดต่อรวม”



รูปที่ 7.7 การต่อขดลวดสเตเตอร์แบบสตาร์

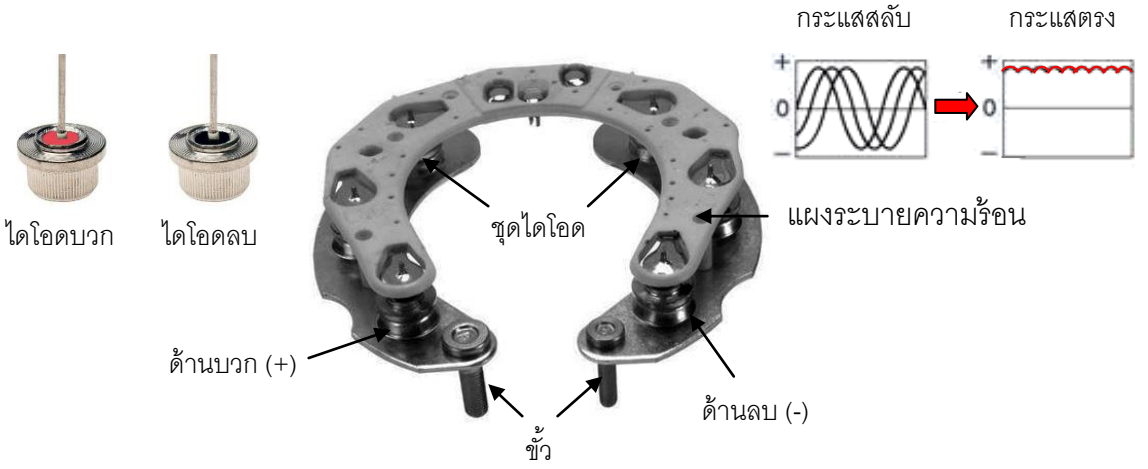
2. แบบเดลตา การต่อขดลวดตัวนำแบบนี้ไม่มีจุดต่อรวม นิยมใช้กับรถขนาดใหญ่



รูปที่ 7.8 การต่อขดลวดสเตเตอร์แบบเดลตา

7.4.3 ชุดแปลงกระแส (Rectifier)

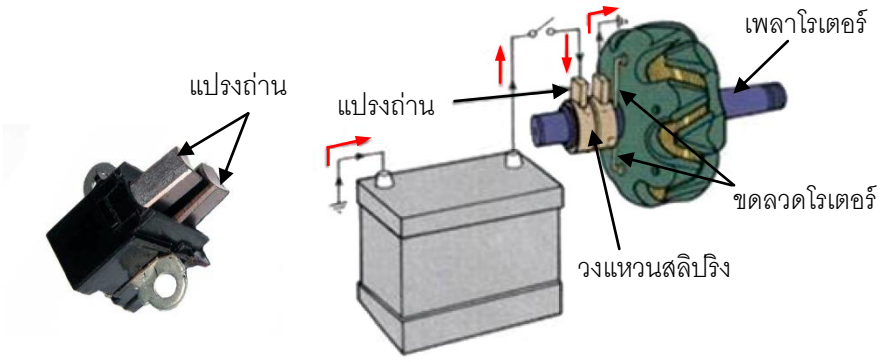
ชุดแปลงกระแส คือ กลุ่มของไดโอดที่ใช้เรียงไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงในอัลเตอร์เนเตอร์ เรียกว่า ชุดเรกติไฟเออร์ ประกอบด้วยไดโอดอยู่ 2 ชุด คือ ชุดไดโอดบวกกับชุดไดโอดลบ ในแต่ละชุดโดยทั่วไปจะมีไดโอดอยู่ 3 ตัว ยึดอยู่บนแผงโลหะเพื่อเป็นตัวระบายความร้อนให้กับตัวไดโอด ในขณะที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน คุณสมบัติที่สำคัญของไดโอดคือจะยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ทิศทางเดียว



รูปที่ 7.9 ไดโอดและแผงไดโอด

7.4.4 แปรงถ่าน (Brush)

แปรงถ่าน ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ให้กระแสไฟฟ้าผ่านไปเลี้ยงขดลวดโรเตอร์โดยผ่านวงแหวนที่เรียกว่า “สลิปริง” จำนวน 2 ตัว ซึ่งอยู่บนเพลาโรเตอร์ สลิปริงแต่ละตัวจะต่อเข้ากับแต่ละปลายของขดลวดโรเตอร์



รูปที่ 7.10 แปรงถ่านและการติดตั้งแปรงถ่านกับวงแหวนสลิปริง

7.4.5 ฝาครอบด้านหน้าและด้านหลัง (Front and Rear Cover)

ฝาครอบด้านหน้าและด้านหลัง ทำหน้าที่เป็นตัวเรือนยึดอุปกรณ์ทั้งหมดเข้าด้วยกัน โดยจะยึดสเตเตอร์ให้อยู่กับที่ติดกับฝาครอบด้านหลัง ส่วนโรเตอร์จะสามารถหมุนอยู่ภายในสเตเตอร์โดยมีลูกปืนรองรับ การหมุนของเพลาโรเตอร์ทั้งด้านหน้า (ซึ่งอยู่กับฝาครอบด้านหน้า) และด้านหลัง ชุดแผงไดโอดจะยึดอยู่กับฝาครอบด้านหลัง โดยมีปลายสายของสเตเตอร์บัดกรีติดอยู่กับชุดไดโอด

รูปที่ 7.11 ฝาครอบด้านหน้าและด้านหลัง

7.4.6 มูเลย์และพัดลม (Pulley and Fan)

มูเลย์ ทำหน้าที่ รับกำลังขับจากเครื่องยนต์ด้วยสายพาน เพื่อหมุนโรเตอร์ทำให้อัลเตอร์เน–เตอร์สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าจ่ายออกไปใช้งาน ขณะเดียวกันพัดลมจะทำหน้าที่ระบายความร้อนออกจากชิ้นส่วนต่าง ๆ ของอัลเทอร์เนเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 7.11

7.5 เรกูเลเตอร์

แบตเตอรี่และอุปกรณ์ระบบไฟฟ้ารถยนต์ ต้องมีการป้องกันแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่มากเกินไปเพื่อป้องกันแบตเตอรี่และอุปกรณ์ไฟฟ้ารถยนต์ชำรุด การควบคุมแรงเคลื่อนไฟฟ้าของระบบประจุไฟฟ้ามีความสำคัญที่สุด ดังนั้นระบบประจุไฟฟ้าจะใช้เรกูเลเตอร์ควบคุมแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ผลิตจากอัลเทอร์เนเตอร์ไม่ให้สูงเกินค่ากำหนด เพื่อป้องกันไม่ให้แบตเตอรี่ อุปกรณ์ไฟฟ้า และอัลเทอร์เนเตอร์เสียหายได้ เนื่องจากความเร็วรอบของอัลเทอร์เนเตอร์ไม่คงที่ ซึ่งจะแปรผันตามความเร็วรอบของเครื่องยนต์ ด้วยเหตุนี้จึงจำเป็นต้องมีการควบคุมแรงเคลื่อนไฟฟ้าให้มีค่าคงที่ตลอดเวลา ซึ่งเรกูเลเตอร์จะควบคุมความเข้มสนามแม่เหล็ก โดยการเพิ่มหรือลดกระแสไฟฟ้าที่เข้าไปยังขดลวดโรเตอร์ เพื่อควบคุมแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ออกจากอัลเทอร์เนเตอร์ให้อยู่ในค่ากำหนด (ประมาณ 13.8–14.8 โวลต์)

ในรถยนต์รุ่นเก่าเรกูเลเตอร์จะเป็นแบบขดลวดรีเลย์และหน้าทองขาว เพื่อเปิดหรือปิดกระแสไฟฟ้าไปยังอัลเทอร์เนเตอร์ ส่วนรถยนต์รุ่นใหม่ในปัจจุบันจะใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์หรือโซลิดสเตท (ไอซีเรกูเลเตอร์) ติดตั้งรวมอยู่ในอัลเทอร์เนเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 7.12

(ก) เรกูเลเตอร์แบบขดลวดรีเลย์และหน้าทองขาว (ข) ไอซีเรกูเลเตอร์

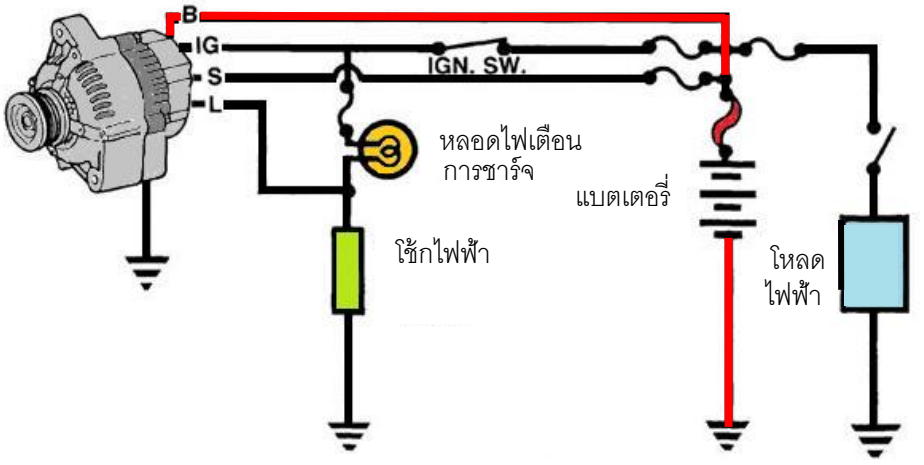
รูปที่ 7.12 เรกูเลเตอร์แบบขดลวดรีเลย์ หน้าทองขาว และแบบไอซีเรกูเลเตอร์

7.6 หลักการทำงานของระบบประจุไฟฟ้า

ภาพรวมการทำงานของระบบประจุไฟฟ้า มีรายละเอียดดังนี้ เมื่อเครื่องยนต์ทำงาน ระบบประจุไฟฟ้าจะประจุไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่ หลังจากนั้นระบบประจุไฟฟ้าจะผลิตกระแสไฟฟ้าไปที่ระบบไฟฟ้ารถยนต์ที่ความเร็วต่ำ ภาระทางไฟฟ้าบางตัวอยู่ในตำแหน่ง ON (เช่น ไฟแสงสว่างและละลายฝ้ากระจก ฯลฯ) ซึ่งมีความต้องการกระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่

อย่างไรก็ตามที่ความเร็วสูง ระบบประจุไฟฟ้าจะเป็นแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าตามความต้องการสำหรับรถยนต์ ขณะเดียวกันจะรักษาสถานะการประจุไฟฟ้าไว้ โดยระบบประจุไฟฟ้าจะจ่ายกระแสไฟฟ้าไปกักเก็บไว้ในแบตเตอรี่ (ประจุแบตเตอรี่)

เมื่อสวิตช์จุดระเบิด อยู่ในตำแหน่ง ON กระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่จะจ่ายไปที่เรกูเลเตอร์ผ่านทางสายไฟที่ต่ออยู่ระหว่างสวิตช์จุดระเบิด และขั้ว IG ของอัลเทอร์เนเตอร์ เมื่ออัลเทอร์เนเตอร์จ่ายกระแสไฟฟ้า กระแสไฟประจุจะไหลผ่านตัวนำสายไฟขนาดใหญ่ที่ต่ออยู่ระหว่างขั้ว B ของอัลเทอร์เนเตอร์ และขั้วบวกของแบตเตอรี่ ในเวลาเดียวกัน แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่จ่ายออก จะควบคุมด้วยเรกูเลเตอร์ เพื่อเปิดหรือปิดกระแสไฟฟ้าไปยังอัลเทอร์เนเตอร์ ซึ่งการควบคุมแรงเคลื่อนไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นหรือลดลง โดยการควบคุมความเข้มของสนามแม่เหล็กไปยังขดลวดโรเตอร์ของอัลเทอร์เนเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 7.13

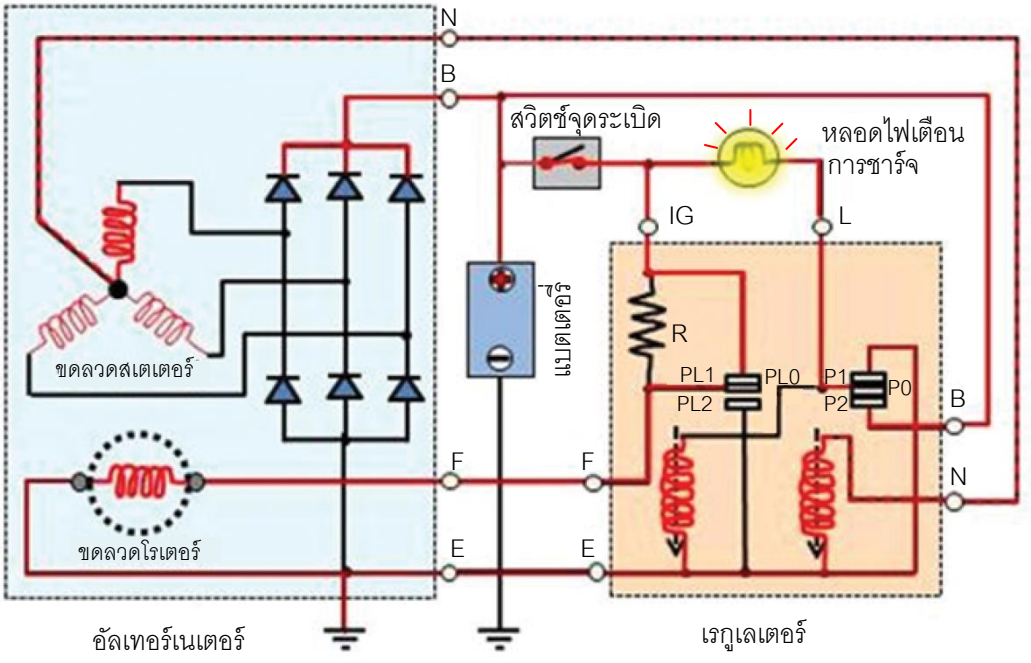


รูปที่ 7.13 หลักการทำงานของระบบประจุไฟฟ้า

เรกูเลเตอร์แบบ 2 หน่วย เป็นที่นิยมใช้กับรถยนต์ในปัจจุบัน โครงสร้างเรกูเลเตอร์แบบ 2 หน่วย จะมีหน่วยสนามแม่เหล็ก 2 หน่วย คือ โวลเตจเรกูเลเตอร์ (รีเลย์ควบคุมการชาร์จ) และรีเลย์ไฟชาร์จ (รีเลย์หลอดไฟเตือน) หน่วยโวลเตจเรกูเลเตอร์ทำหน้าที่ควบคุมอัลเทอร์เนเตอร์ให้จ่ายแรงเคลื่อนไฟฟ้าให้คงที่ และรีเลย์ไฟชาร์จทำหน้าที่ควบคุมหลอดไฟเตือนแสดงการชาร์จ

การทำงานของเรกูเลเตอร์แบบขดลวดรีเลย์และหน้าทองขาว (แบบ 2 หน่วย) มีรายละเอียดการทำงานดังนี้

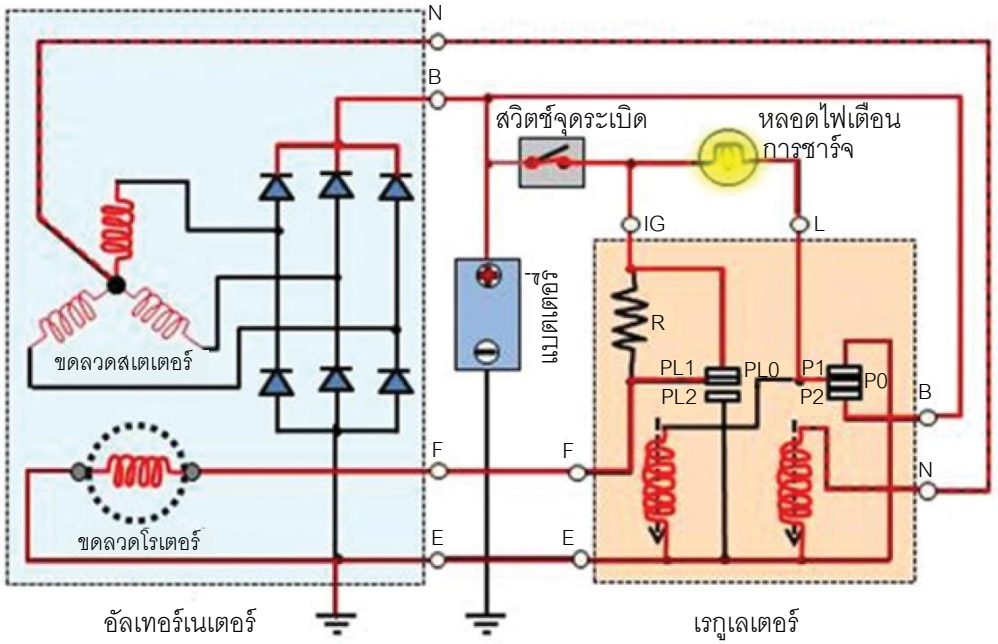
1. **เมื่อสวิตช์จุดระเบิดอยู่ที่ตำแหน่ง** “ON” เมื่อเปิดสวิตช์จุดระเบิดตำแหน่ง (ON) กระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ไหลจากขั้ว IG ของสวิตช์จุดระเบิดไปยังหลอดไฟเตือนการชาร์จเข้าขั้ว L ของเรกูเลเตอร์ไปยังหน้าทองขาว P0 และ P1ลงกราวด์ครบวงจร หลอดไฟเตือนการชาร์จจึงติดสว่างขึ้น ในเวลาเดียวกันกระแสไฟฟ้าอีกทางหนึ่งจากสวิตช์จุดระเบิดจะไหลผ่านขั้ว IG ของเรกูเลเตอร์ ผ่านหน้าทองขาว PL1 และ PL0 เข้าขั้ว F ของเรกูเลเตอร์และไปยังขั้ว F ของอัลเทอร์เนเตอร์ผ่านขดลวดโรเตอร์ลงกราวด์ที่ขั้ว E ครบวงจร จากผลลัพธ์นี้ทำให้ขดลวดโรเตอร์ผลิตความเข้มสนามแม่เหล็ก ดังแสดงในรูปที่ 7.14



รูปที่ 7.14 วงจรระบบประจุไฟฟ้า เมื่อสวิตช์จุดระเบิดอยู่ที่ตำแหน่ง “ON”

2. **เมื่อเครื่องยนต์ทำงานที่ความเร็วรอบต่ำถึงความเร็วรอบปานกลาง** อัลเทอร์เนเตอร์หมุนด้วยความเร็วรอบต่ำ ขดลวดโรเตอร์จะผลิตสนามแม่เหล็กหมุนตัดขดลวดสเตเตอร์เกิดการเหนี่ยวนำไฟฟ้ากระแสสลับขึ้นในขดลวดสเตเตอร์ การเหนี่ยวนำกระแสไฟฟ้าของอัลเทอร์เนเตอร์จะถูกแปลงจากไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ไปเป็นไฟฟ้ากระแสตรง (DC) โดยเรกติไฟเออร์ (ชุดไดโอด) ผ่านทางขั้ว B และขั้ว E ทำให้ผลิตกระแสไฟฟ้าขึ้นที่ขั้ว B และขั้ว N กระแสไฟฟ้าขั้ว N จากอัลเทอร์เนเตอร์ไหลไปยังขั้ว N เรกูเลเตอร์ ผ่านขดลวดโวลเตจรีเลย์ลงกราวด์ ทำให้ขดลวดเกิดอำนาจแม่เหล็กดูดหน้าทองขาว P0 มาติดกับหน้าทองขาว P2 กระแสไฟฟ้าจากขั้ว B ของเรกูเลเตอร์ซึ่งรออยู่ที่หน้าทองขาว P2 จะไหลไปยังหน้าทองขาว P0 ผ่านขดลวดโวลเตจเรกูเลเตอร์ลงกราวด์ครบวงจร ทำให้ขดลวดโวลเตจเรกูเลเตอร์เกิดสนามแม่เหล็กขึ้น

ในเวลาเดียวกันกระแสไฟฟ้าจากขั้ว L ผ่านหน้าทองขาว P0 ไปยังขดลวดโวลเตจเรกูเลเตอร์ จะชนกับกระแสไฟฟ้าจากขั้ว B ทำให้เกิดการสมดุลทางไฟฟ้า ส่งผลให้หลอดเตือนการชาร์จดับลง ดังแสดงในรูปที่ 7.15



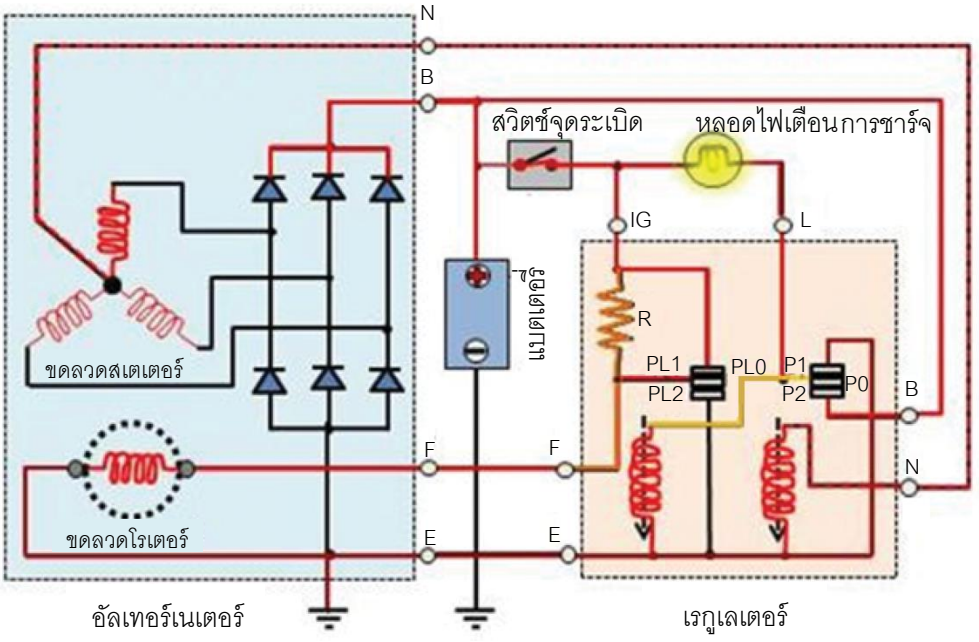
รูปที่ 7.15 วงจรระบบประจุไฟฟ้าเมื่อเครื่องยนต์ทำงานอยู่ความเร็วรอบต่ำถึงความเร็วรอบปานกลาง

3. **เมื่อเครื่องยนต์ทำงานรอบปานกลางถึงรอบสูง** เมื่อเครื่องยนต์ทำงานปกติ ถ้าแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่จ่ายไปประจุแบตเตอรี่หรือจ่ายไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้ารถยนต์มีค่าคงที่ แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่จ่ายออกมาจากอัลเทอร์เนเตอร์จะมีค่าคงที่ด้วย อย่างไรก็ตามแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่จ่ายออกมาจะแปรผันตามความเร็วรอบเครื่องยนต์

ดังนั้นเมื่อความเร็วรอบของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ขั้ว B จะมากขึ้นตามไปด้วยทำให้ขดลวดโวลเตจเรกูเลเตอร์มีอำนาจแม่เหล็กเพิ่มมากขึ้น จนสามารถดูดหน้าทองขาว PL0 แยกออกจาก PL1 มาต่อกับหน้าทองขาว PL2 ลงกราวด์ ทำให้ไม่มีกระแสไฟฟ้าไปยังขั้ว F ของอัลเทอร์เนเตอร์ อัลเทอร์–เนเตอร์จะหยุดการผลิตแรงเคลื่อนไฟฟ้า ความเข้มของสนามแม่เหล็กของขดลวดโวลเตจเรกูเลเตอร์จะลดลงตามไปด้วย ปล่อยให้หน้าทองขาว PL0 แยกจากหน้าทองขาว PL2 แต่ยังไม่ติดกับหน้าทองขาว PL1 กระแสไฟฟ้าที่ขั้ว IG จึงไหลผ่านตัวต้านทาน R ไปยังขั้ว F ของเรกูเลเตอร์ เนื่องจากผ่านตัวต้านทานกระแสไฟจึงลดลง และความเข้มของสนามแม่เหล็กในขดลวดโรเตอร์จะอ่อน เป็นเหตุให้แรงเคลื่อนไฟฟ้า

ที่ผลิตออกจากขั้ว B ของอัลเทอร์เนเตอร์จะลดลงเป็นการควบคุมไม่ให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าสูงเกินค่ากำหนด ถึงแม้ว่าจะเพิ่มความเร็วรอบเครื่องยนต์ให้สูงขึ้นอีกก็ตาม การทำงานเช่นนี้จะอยู่ในช่วงความเร็วรอบเครื่องยนต์ปานกลางถึงความเร็วรอบสูง ดังแสดงในรูปที่ 7.16

เมื่อไรก็ตามถ้าความเร็วรอบของเครื่องยนต์ลดลง แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่จ่ายออกมาจะลดลงตามไปด้วย นั่นหมายถึงแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ใช้กับขดลวดโวลเตจเรกูเลเตอร์จะลดลงตามไปด้วยเช่นเดียวกัน ทำให้แรงดึงดูดของแม่เหล็กจะอ่อน กระแสที่อ่อนนี้ หน้าทองขาว PL1และ PL0 ของโวลเตจเรกูเลเตอร์ จะกลับมาต่อกันอีกครั้ง ทำให้กระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้นที่ขดลวดโรเตอร์ เป็นเหตุให้ขดลวดโรเตอร์ผลิตความเข้มสนามแม่เหล็ก และอัลเทอร์เนเตอร์จะทำการจ่ายไฟออกมาสูงขึ้นอีกครั้ง นี่คือการทำงานซ้ำ ๆ ของเรกูเลเตอร์ เพื่อควบคุมแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่จ่ายออกมาจากอัลเทอร์เนเตอร์ให้มีค่าคงที่ตลอดเวลา ขณะเครื่องยนต์ทำงาน (ประมาณ 13.8–14.8 โวลต์)

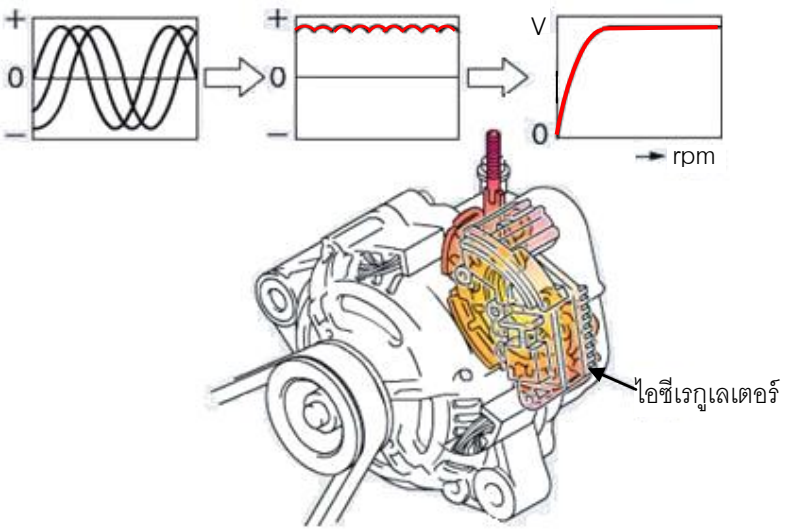


รูปที่ 7.16 วงจรระบบประจุไฟฟ้า เมื่อเครื่องทำงานอยู่รอบปานกลางถึงรอบสูง

7.7 ไอซีเรกูเลเตอร์และการทำงาน

ปัญหาที่เกิดขึ้นกับเรกูเลเตอร์แบบขดลวดรีเลย์และหน้าทองขาว (แบบกลไก ไฟฟ้า) จะเกิดการสึกหรอขึ้นที่หน้าทองขาวและชิ้นส่วนอื่น ๆ ที่มีการเคลื่อนที่ ด้วยเหตุนี้จึงมีการใช้อุปกรณ์โซลิดสเตทหรือไอซีเรกูเลเตอร์ (แบบอิเล็กทรอนิกส์) เข้ามาแทนที่ในระบบประจุไฟฟ้า ซึ่งไอซีเรกูเลเตอร์ มีการทำงานที่ถูกต้อง แม่นยำ มีความทนทาน ตัดต่อได้เร็ว มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา ทนต่อการสั่นสะเทือนได้ดี สามารถลดจำนวนจุดต่อสายไฟลงได้ มีอายุการใช้งานยาวนาน และไม่ต้องทำการปรับแต่งเหมือนกับเรกูเลเตอร์แบบขดลวดและหน้าทองขาว ซึ่งไอซีเรกูเลเตอร์จะติดตั้งรวมอยู่ภายในอัลเทอร์เนเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 7.17

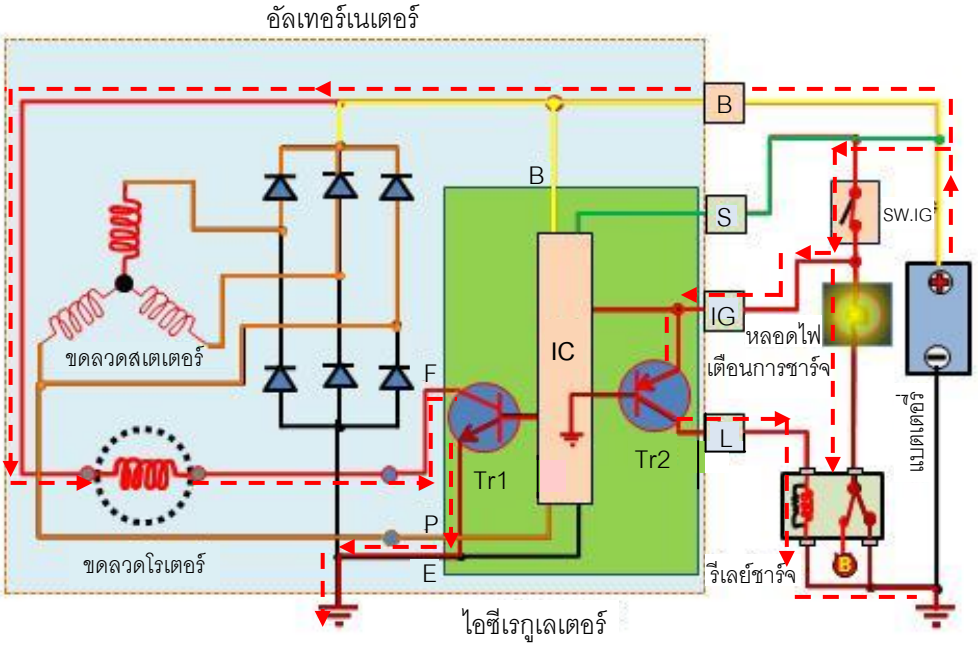
นอกจากนี้ไอซีเรกูเลเตอร์จะมีคุณสมบัติพิเศษ ในการรับภาระของแบตเตอรี่ กล่าวคือเมื่ออัลเทอร์เนเตอร์มีความเร็วรอบเปลี่ยนแปลง แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่จ่ายออกจะมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย (ไม่เกิน 0.1 - 0.2 โวลต์) และมีคุณสมบัติในการจ่ายไฟ จะไม่มีผลของการตกค้างของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเหมือนกับเรกูเลเตอร์แบบขดลวดรีเลย์ และหน้าทางขาว (แบบกลไก ไฟฟ้า) รวมทั้งมีคุณสมบัติทางอุณหภูมิ นั่นคือแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่จ่ายออกมาจะลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น และแรงเคลื่อนไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งจะประจุไฟฟ้าให้เหมาะสมกับการใช้งานในทุก ๆ สภาวะ



รูปที่ 7.17 ลักษณะของอัลเตอร์เนเตอร์ที่ใช้ไอซีเรกูเลเตอร์

การทำงานของไอซีเรกูเลเตอร์ มีรายละเอียดดังนี้

1. **สวิตช์จุดระเบิดอยู่ในตำแหน่ง ON เครื่องยนต์ไม่ทำงาน** เมื่อสวิตช์จุดระเบิดอยู่ในตำแหน่ง ON แรงเคลื่อนไฟฟ้าจากแบตเตอรี่จะจ่ายไปยังขั้ว IG ของไอซีเรกูเลเตอร์ วงจรภายในของไอซีเรกูเลเตอร์จะตรวจจับแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ป้อนเข้าขั้ว IG และจ่ายกระแสไฟฟ้าไปไบอัสทรานซิสเตอร์ Tr1 กระแสไฟฟ้าจากขั้ว B แบตเตอรี่ที่ป้อนเข้าขดลวดโรเตอร์ จึงสามารถไหลผ่านทรานซิสเตอร์ Tr1 ลงกราวด์ที่ขั้ว E ได้ ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นที่โรเตอร์ ทรานซิสเตอร์ Tr1 จะถูกควบคุมปิด เปิดเป็นจังหวะ เพื่อรักษาระดับกระแสไฟฟ้าเข้าขดลวดโรเตอร์ให้อยู่ประมาณ 0.2 A

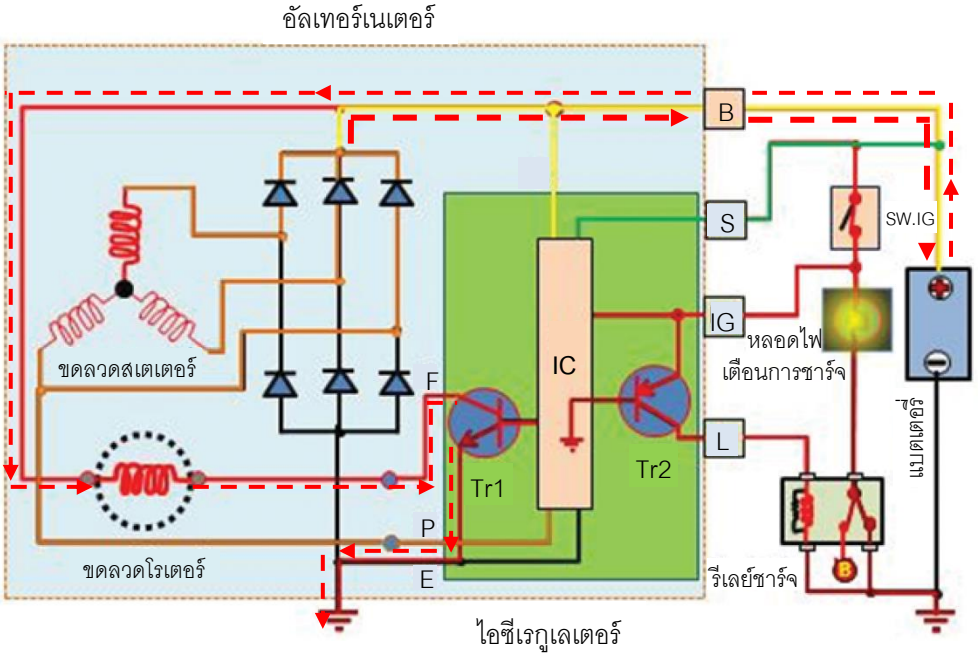


รูปที่ 7.18 การทำงานของไอซีเรกูเลเตอร์ สวิตช์จุดระเบิดอยู่ในตำแหน่ง ON เครื่องยนต์ไม่ทำงาน

ในขณะนี้เปิดสวิตช์จุดระเบิดตำแหน่ง ON แต่เครื่องยนต์ยังไม่ทำงาน อัลเทอร์เนเตอร์จะยังไม่มีการผลิตกระแสไฟฟ้าออกมา แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ขั้ว P จึงมีค่าเท่ากับศูนย์ วงจรภายในไอซีเรกูเลเตอร์จะตรวจจับแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ขั้ว P มีค่าเท่ากับศูนย์ จึงส่งกระแสไฟฟ้าไปไบอัสทรานซิสเตอร์ Tr2 ไปขั้ว L ไปยังขดลวดรีเลย์ไฟชาร์จลงกราวด์ครบวงจร ทำให้เกิดอำนาจแม่เหล็กดูดสะพานไฟของรีเลย์ต่อลงกราวด์ครบวงจร ทำให้กระแสไฟฟ้าผ่านหลอดไฟเตือนการชาร์จจึงติดสว่างขึ้น

2. **สวิตช์จุดระเบิดอยู่ในตำแหน่ง ON เครื่องยนต์ทำงาน อัลเทอร์เนเตอร์ผลิตแรงเคลื่อนไฟฟ้าต่ำกว่าค่ากำหนด** เมื่ออัลเทอร์เนเตอร์เริ่มมีการผลิตกระแสไฟฟ้าออกมา ทำให้มีแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ขั้ว P ของไอซีเรกูเลเตอร์ และไอซีเรกูเลเตอร์ตรวจจับพบแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ขั้ว P จึงกำหนดให้ Tr1 ทำงานอย่างต่อเนื่อง (จากที่ทำงานปิด–เปิด) กระแสไฟฟ้าจึงป้อนเข้าขดลวดโรเตอร์ได้เต็มที่ ผลิตกระแสไฟฟ้า

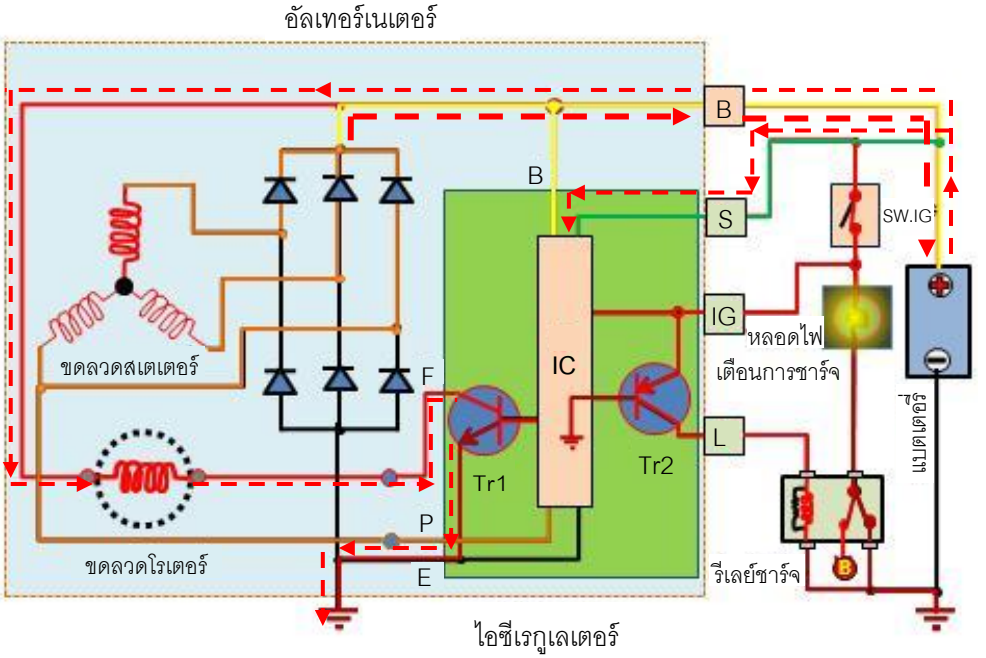
ประจุเข้าแบตเตอรี่ที่ขั้ว B ถ้าหากอัลเทอร์เนเตอร์ผลิตแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่จ่ายออกต่ำกว่า 14.5 V จะเกิดการควบคุมแรงเคลื่อนไฟฟ้า โดยเพิ่มกระแสไฟฟ้าไปยังขดลวดโรเตอร์ ส่งผลให้ แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่จ่ายออกมาสูงขึ้น กระแสการชาร์จจะถูกส่งไปประจุที่แบตเตอรี่ เมื่อมีแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ขั้ว P สูงขึ้น ไอซีเรกูเลเตอร์จะหยุดการส่งกระแสไฟฟ้าไปไบอัสทรานซิสเตอร์ Tr2 ให้หยุดทำงาน กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านหลอดไฟเตือนการชาร์จจะไหลกลับเข้าแบตเตอรี่ จึงไม่เกิดความต่างศักย์ทางไฟฟ้า หลอดไฟเตือนการชาร์จจึงดับลง



รูปที่ 7.19 การทำงานของไอซีเรกูเลเตอร์ เมื่อสวิตช์จุดระเบิดอยู่ในตำแหน่ง ON เครื่องยนต์ทำงาน อัลเทอร์เนเตอร์ผลิตแรงเคลื่อนไฟฟ้าต่ำกว่าค่ากำหนด

3. **สวิตช์จุดระเบิดอยู่ในตำแหน่ง ON เครื่องยนต์ทำงาน อัลเทอร์เนเตอร์ผลิตแรงเคลื่อนไฟฟ้าสูงกว่าค่าที่กำหนด** เมื่อความเร็วรอบของเครื่องยนต์สูงขึ้น แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ผลิตออกที่ขั้ว B จะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ไอซีเรกูเลเตอร์จะตรวจจับค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ขั้ว S ที่ต่อมาจากแบตเตอรี่ว่าสูงกว่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่กำหนดไว้ (14.5 V) หรือไม่ ถ้าสูงกว่า ไอซีเรกูเลเตอร์จะหยุดการทำงานของ Tr1 ทำให้ขดลวดโรเตอร์ไม่ได้รับกระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ ค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ขั้ว S จึงลดต่ำกว่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่กำหนดไว้ ไอซีเรกูเลเตอร์จึงกำหนดให้ Tr1 ทำงานอีกครั้งเพื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวดโรเตอร์

การทำงานลักษณะดังกล่าวนี้จะสลับไปมา เพื่อรักษาแรงเคลื่อนไฟฟ้าให้คงที่ตามค่าที่กำหนดไว้ เพื่อทำการควบคุมแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่จ่ายออกมาจากอัลเทอร์เนเตอร์ให้มีค่าคงที่ตลอดเวลา ขณะเครื่องยนต์ทำงาน (ประมาณ 13.5–14.5 โวลต์)

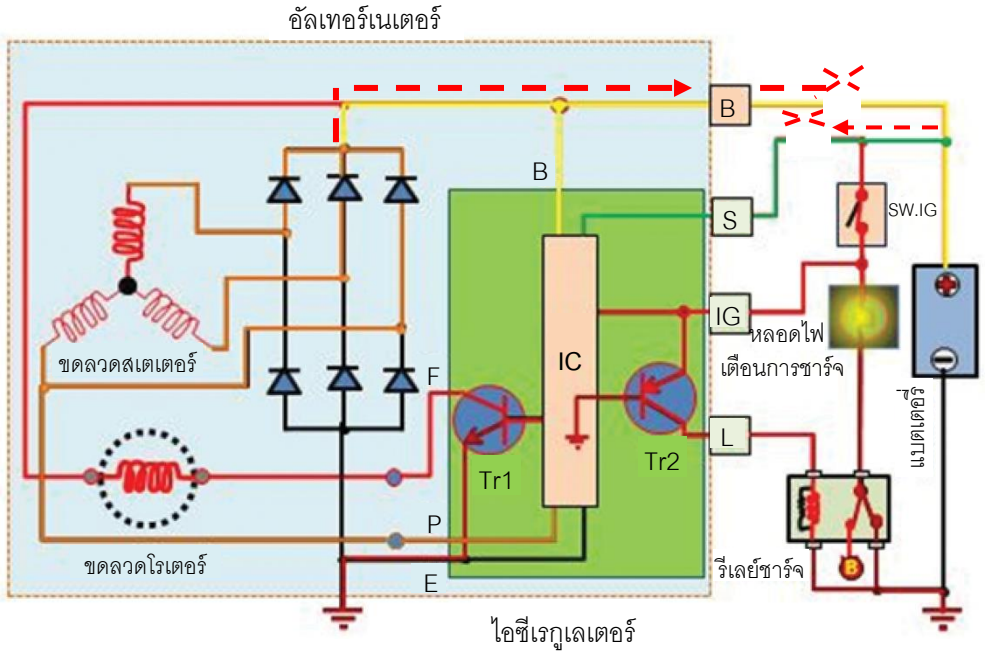


รูปที่ 7.20 การทำงานของไอซีเรกูเลเตอร์ เมื่อสวิตช์จุดระเบิดอยู่ในตำแหน่ง ON เครื่องยนต์ทำงาน อัลเทอร์เนเตอร์ผลิตแรงเคลื่อนไฟฟ้าสูงกว่าค่ากำหนด

นอกจากนี้ เพื่อป้องกันการเสียหายของชิ้นส่วนภายในอัลเทอร์เนเตอร์ ไอซีเรกูเลเตอร์จะตรวจจับแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ขั้ว B หรือขั้ว S ไว้ เมื่อเกิดการขาดวงจร โดยขั้ว S จะส่งสัญญาณไปที่ไอซีเรกูเลเตอร์เพื่อติดตามระดับแรงเคลื่อนไฟฟ้า และขั้ว B จะจ่ายกระแสไฟฟ้าออก

เมื่อขั้ว S ขาดวงจร การควบคุมแรงเคลื่อนไฟฟ้าจะไม่มีการตรวจจับ (ไม่มีกระแสไฟฟ้าออกมาที่ขั้ว S) การควบคุมแรงเคลื่อนไฟฟ้าจะควบคุมแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ขั้ว B ที่แรงเคลื่อนไฟฟ้า 16 โวลต์ และหลอดไฟเตือนการชาร์จจะติดสว่างขึ้น

เมื่อขั้ว B ขาดวงจร ไม่มีการจ่ายแรงเคลื่อนไฟฟ้าไปประจุแบตเตอรี่ สภาวะนี้สามารถควบคุมแรงเคลื่อนไฟฟ้าเพื่อป้องกันการเสียหายแก่อุปกรณ์ไฟฟ้าได้



รูปที่ 7.21 การทำงานของไอซีเรกูเลเตอร์ เมื่อขั้ว S และขั้ว B ขาดวงจร

7.8 การตรวจสอบ วิเคราะห์ปัญหา และการบริการระบบประจุไฟฟ้า

ระบบประจุไฟฟ้า มีความต้องการตรวจสอบและบริการเป็นครั้งคราว ข้อบ่งชี้ปัญหาเฉพาะและสาเหตุที่เป็นไปได้ แสดงในตารางที่ 7.1 ซึ่งนำไปใช้ประโยชน์ได้ การบริการตรวจสอบทางกายภาพอย่างละเอียด การระบุปัญหาจะต้องมีกระบวนการที่ถูกต้องก่อนทดสอบไฟฟ้า การทดสอบไฟฟ้านี้ประกอบด้วยการทดสอบการจ่ายไฟของอัลเทอร์เนเตอร์ การทดสอบแรงเคลื่อนไฟฟ้าตกคร่อมในวงจรระบบประจุไฟฟ้า การทดสอบการควบคุมแรงเคลื่อนไฟฟ้า การทดสอบวงจรไฟฟ้าระบบประจุไฟฟ้า (ฟิวส์ ฟิวส์สาย หลอดไฟ สวิตช์จุดระเบิด และเครื่องยนต์) และการทดสอบอัลเทอร์เนเตอร์บนโต๊ะปฏิบัติงาน

ข้อควรระวังในการตรวจซ่อมและบริการระบบประจุไฟฟ้า

1. ต้องแน่ใจว่าขั้วต่อสายเคเบิลแบตเตอรี่และขั้วต่อสายไฟแน่น และติดตั้งถูกต้อง
2. ทุกครั้งเมื่อถอดสายแบตเตอรี่ ให้ถอดขั้วลบแบตเตอรี่ก่อนเสมอ
3. เมื่อมีความจำเป็นต้องประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่บนรถยนต์ ให้ถอดขั้วต่อสายเคเบิลแบตเตอรี่ขณะประจุไฟฟ้า
4. ห้ามถอดสายเคเบิลแบตเตอรี่ออก ขณะติดเครื่องยนต์ เนื่องจากแบตเตอรี่จะป้องกันและรักษาสถานะการประจุไฟฟ้าไว้ ไม่เช่นนั้นอาจทำให้อิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เกิดการเสียหายได้

5. เมื่อทดสอบประสิทธิภาพการจ่ายไฟของอัลเทอร์เนเตอร์ ห้ามทดสอบการจ่ายแรงเคลื่อนไฟฟ้าเกินกว่า 16 โวลต์

6. ก่อนถอดและติดตั้งขั้วสายไฟใด ๆ สวิตช์จุดระเบิดต้องอยู่ในตำแหน่งปิด (OFF)

7. หลีกเลี่ยงการสัมผัสที่ขั้ว B ของอัลเทอร์เนเตอร์ ขณะติดตั้งขั้วแบตเตอรี่ (แรงเคลื่อนไฟฟ้าแบตเตอรี่จะจ่ายไฟมาที่ขั้วนี้)

ตารางที่ 7.1 การวิเคราะห์ปัญหาระบบประจุไฟฟ้ารถยนต์

ปัญหา	สาเหตุที่เป็นไปได้	การแก้ไข
1. หลอดไฟเตือนการชาร์จไม่ติด ขณะเปิดสวิตช์ตำแหน่ง ON (เครื่องยนต์ยังไม่ติด)	1. ฟิวส์ขาด	1. ตรวจสอบฟิวส์ระบบประจุไฟฟ้า สวิตช์จุดระเบิด และเครื่องยนต์ เปลี่ยนตามความจำเป็นภายหลังพบสาเหตุของปัญหา
	2. หลอดไฟเตือนชาร์จขาด	2. เปลี่ยนหลอดไฟเตือนการชาร์จใหม่
	3. ขั้วต่อสายไฟหลวม	3. ตรวจสอบแรงเคลื่อนไฟฟ้าตกคร่อมในวงจรขันขั้วต่อให้แน่น
	4. รีเลย์การชาร์จขัดข้อง	4. ตรวจสอบรีเลย์การชาร์จ
	5. เรกูเลเตอร์ขัดข้อง	5. ตรวจสอบการจ่ายไฟอัลเทอร์เนเตอร์
2. หลอดไฟเตือนการชาร์จไม่ดับขณะเครื่องยนต์ทำงาน แบตเตอรี่ชาร์จมากเกินไปหรือชาร์จน้อยเกินไป	1. สายพานขับอัลเทอร์เน–เตอร์หย่อน ลื่น หรือสึกหรอ	1. ตรวจสอบการขับสายพาน การชำรุดของสายพาน ปรับความตึงสายพานหรือเปลี่ยนตามความจำเป็น ภายหลังพบสาเหตุของปัญหา
	2. แบตเตอรี่ชำรุดหรือขั้วต่อหลวม ชำรุด	2. ตรวจสอบแบตเตอรี่หรือขั้วต่อสายไฟ
	3. ฟิวส์หรือฟิวส์สายขาด	3. ตรวจสอบฟิวส์และฟิวส์สาย เปลี่ยนใหม่ตามความจำเป็น
	4. รีเลย์ เรกูเลเตอร์ หรืออัลเทอร์เนเตอร์ขัดข้อง	4. ตรวจสอบระบบประจุไฟฟ้า ทดสอบการจ่ายไฟของอัลเทอร์เนเตอร์และการทำงานของอุปกรณ์ถ้าจำเป็น
	5. สายไฟชำรุด	5. ตรวจสอบแรงเคลื่อนไฟฟ้าตกคร่อมในวงจร

ตารางที่ 7.1 (ต่อ) การวิเคราะห์ปัญหาระบบประจุไฟฟ้ารถยนต์

ปัญหา	สาเหตุที่เป็นไปได้	การแก้ไข
3. เสียงดัง	1. สายพานขับอัลเทอร์เน–เตอร์หย่อนหรือสึกหรอ	1. ตรวจสอบการขับสายพาน การชำรุดของสายพาน ปรับความตึงสายพานหรือเปลี่ยนตามความจำเป็นภายหลังพบสาเหตุของปัญหา
	2. แบริ่งอัลเทอร์เนเตอร์ชำรุด	2. เปลี่ยนแบริ่งของอัลเทอร์เนเตอร์ใหม่
	3. ไดโอดชำรุด	3. เปลี่ยนชุดไดโอดของอัลเทอร์เนเตอร์ใหม่

สรุปสาระสำคัญ

☐ หน้าที่ของระบบประจุไฟฟ้า จะเปลี่ยนพลังงานกลของเครื่องยนต์ไปเป็นพลังงานไฟฟ้าเพื่อประจุไฟฟ้ากลับไปยังแบตเตอรี่ และจ่ายกระแสไฟฟ้าไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้ารถยนต์ขณะเครื่องยนต์ทำงาน

☐ ระบบประจุไฟฟ้า ประกอบด้วย แบตเตอรี่ อัลเทอร์เนเตอร์ สายพานขับ เรกูเลเตอร์ หลอดไฟเตือนการชาร์จ สวิตช์จุดระเบิด สายเคเบิลและสายไฟ รีเลย์ไฟชาร์จ (บางรุ่น) และฟิวส์สาย

☐ ระบบประจุไฟฟ้าทั้งหมด จะใช้หลักการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า

☐ หลักการแม่เหล็กไฟฟ้า จะผลิตแรงเคลื่อนไฟฟ้า ถ้าการเคลื่อนที่ระหว่างตัวนำและสนามแม่เหล็กเกิดขึ้น ปริมาณของการผลิตกระแสไฟฟ้า จะเกิดขึ้นโดยความเร็วรอบของขดลวดผ่านทางสนามแม่เหล็ก ความเข้มของสนามแม่เหล็ก และจำนวนรอบของขดลวดตัวนำที่ผ่านทางสนามแม่เหล็ก

☐ ส่วนประกอบหลักของอัลเทอร์เนเตอร์ ประกอบด้วย โรเตอร์ แปรงถ่าน สเตเตอร์ เรกติไฟเออร์ (ชุดไดโอดบวกและชุดไดโอดลบ) โครงอัลเทอร์เนเตอร์ และใบพัดระบายความร้อน

☐ โรเตอร์จะสร้างสนามแม่เหล็กรอบ ๆ อัลเทอร์เนเตอร์ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของอัลเทอร์เนเตอร์ ซึ่งจะถูกหมุนขับโดยสายพานขับของเครื่องยนต์

☐ แปรงถ่านจะนำกระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ไปยังวงแหวนสลิปริง แล้วผ่านไปยังขดลวดโรเตอร์และไหลกลับไปยังสลิปริงอีกตัวไปลงกราวด์ หรือไปยังเรกูเลเตอร์

☐ สเตเตอร์ คือ ขดลวดตัวนำที่อยู่กับที่ ซึ่งจะผลิตกระแสไฟฟ้า ประกอบด้วยกลุ่มของขดลวดตัวนำ 3 ขดที่พันรอบแกนเหล็กอ่อนรูปทรงกระบอกที่อัดแน่นอยู่กับโครงอัลเทอร์เนเตอร์

- การแปลงกระแสไฟฟ้าสลับที่ผลิตจากอัลเทอร์เนเตอร์ไปเป็นไฟฟ้ากระแสตรง โดยเรกติไฟเออร์ (ชุดไดโอดบวกและไดโอดลบ) เพื่อประจุไฟฟ้ากลับไปยังแบตเตอรี่และจ่ายไฟฟ้าไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้ารถยนต์
- เรกูเลเตอร์ที่ใช้โดยทั่วไป มีอยู่ 2 แบบ คือ เรกูเลเตอร์แบบกลไก ไฟฟ้า (ขดลวดและหน้าทองขาว) และเรกูเลเตอร์แบบอิเล็กทรอนิกส์ (ไอซีเรกูเลเตอร์) อย่างไรก็ตามส่วนใหญ่ในรถยนต์ปัจจุบันจะใช้การควบคุมด้วยไอซีเรกูเลเตอร์
- การควบคุมแรงเคลื่อนไฟฟ้าจะถูกควบคุมโดยเรกูเลเตอร์ ซึ่งจะควบคุมแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่จ่ายออกของอัลเทอร์เนเตอร์ ภายใต้ความต้องการของระบบประจุไฟฟ้า โดยการควบคุมกระแสสนามแม่เหล็กผ่านไปยังขดลวดโรเตอร์ ถ้ากระแสสูง แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่จ่ายออกจะสูงตามไปด้วย ในทางตรงกันข้ามถ้ากระแสต่ำ แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่จ่ายออกจะต่ำเช่นเดียวกัน

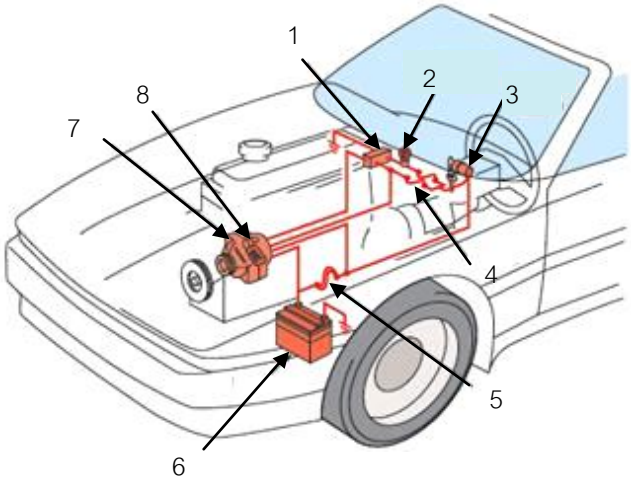
แบบฝึกหัดหน่วยที่ 7

ระบบประจุไฟฟ้า

คำสั่ง จงเติมคำตอบลงในช่องว่างให้ถูกต้อง

1. จงบอกหน้าที่ของระบบประจุไฟฟ้า.....

จำแนกโครงสร้างระบบประจุไฟฟ้าและหน้าที่การทำงานของชิ้นส่วนระบบประจุไฟฟ้า



2. จงจำแนกชิ้นส่วนของระบบประจุไฟฟ้า จากรูปที่กำหนดให้ โดยนำหมายเลขไว้หน้าข้อความชื่อชิ้นส่วนให้ถูกต้อง

.....สวิตช์จุดระเบิด	.....หลอดไฟเตือนการชาร์จ
.....อัลเทอร์เนเตอร์	.....แบตเตอรี่
.....ฟิวส์	.....ฟิวส์สาย
.....รีเลย์	.....เรกูเลเตอร์

3. จากรูป จงวางหมายเลขของชิ้นส่วนไว้หน้าข้อความที่อธิบายหน้าที่ชิ้นส่วนของระบบประจุไฟฟ้าให้ถูกต้อง

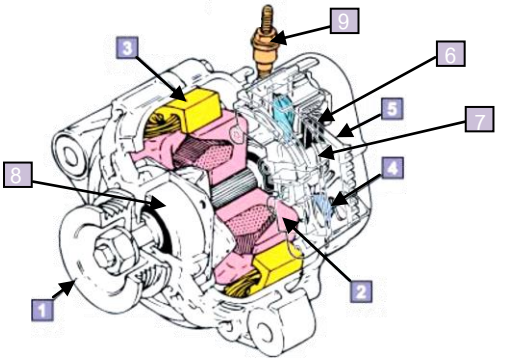
.....ใช้ผลิตพลังงานวงจรประจุไฟฟ้า	.....จัดเก็บและกำเนิดพลังงาน
.....ใช้ควบคุมหลอดไฟเตือนการชาร์จ	.....บ่งชี้ข้อบกพร่องอัลเทอร์เนเตอร์

.....ป้องกันระบบจากภาระทางไฟฟ้าที่มากเกินไป

.....ใช้แม่เหล็กไฟฟ้าเพื่อเปลี่ยนพลังงานกลไปเป็นพลังงานไฟฟ้า

.....ป้องกันการจุดระเบิด การประจุไฟฟ้าและวงจรเครื่องยนต์

จำแนกโครงสร้างอัลเทอร์เนเตอร์และหน้าที่การทำงานของชิ้นส่วนอัลเทอร์เนเตอร์



4. จงจำแนกชิ้นส่วนของอัลเทอร์เนเตอร์ จากรูปที่กำหนดให้ โดยนำหมายเลขไว้หน้าข้อความชื่อชิ้นส่วนให้ถูกต้อง

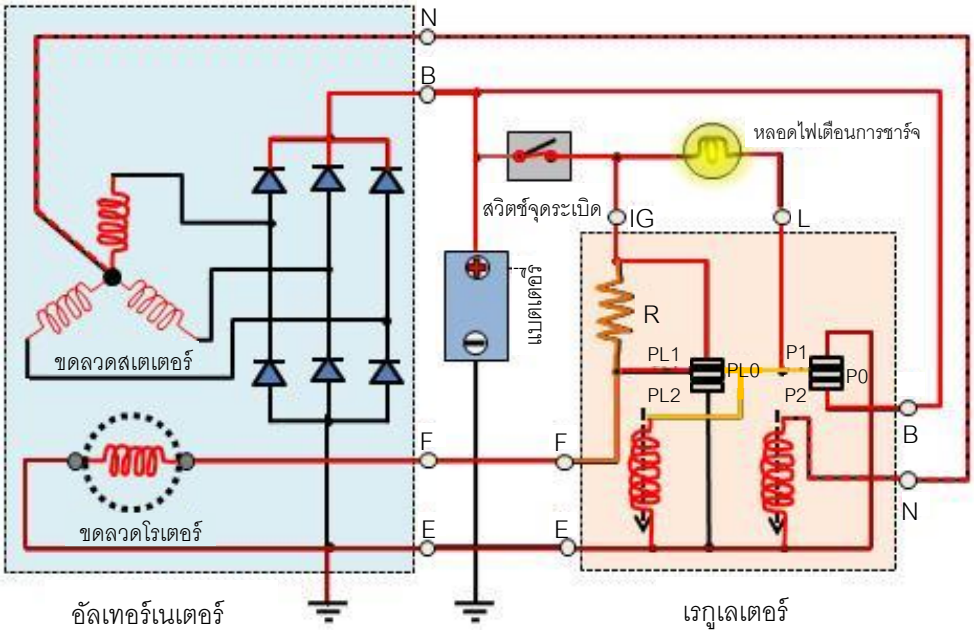
.....แปรงถ่าน	.....โรเตอร์	.....วงแหวนสลิปริง
.....มูเลย์	.....สเตเตอร์	.....แบริ่ง
.....พัดลม	.....ไอซีเรกูเลเตอร์	.....ขั้ว B

5. จากรูป จงวางหมายเลขของชิ้นส่วนไว้หน้าข้อความที่อธิบายหน้าที่ชิ้นส่วนของอัลเทอร์เนเตอร์ให้ถูกต้อง

.....หมุนขับเพลาโรเตอร์	.....ขับไล่ความร้อน
.....ส่งพลังงานกล	.....หมุนเหนี่ยวนำแรงเคลื่อน
.....นำกระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ไปยังวงแหวนสลิปริง	.....จุดจ่ายไฟออก
.....นำกระแสไฟฟ้าจากแปรงถ่านไปยังขดลวดโรเตอร์	
.....มีขดลวด 3 ขดที่พันรอบแกนเหล็กอ่อนเพื่อเหนี่ยวนำแรงเคลื่อนไฟฟ้า	
.....ควบคุมแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่จ่ายออกจากอัลเทอร์เนเตอร์ให้อยู่ในค่ากำหนด	

6. ระบบประจุไฟฟ้าจะเปลี่ยนพลังงาน.....ของเครื่องยนต์ไปเป็นพลังงาน.....
7. ระบบประจุไฟฟ้าทั้งหมด จะใช้หลักการของ.....เพื่อผลิตกำลังไฟฟ้า
8. .....จะสร้างสนามแม่เหล็กวนรอบอัลเทอร์เนเตอร์
9. .....เป็นขดลวดที่อยู่กับที่ซึ่งผลิตกระแสไฟฟ้าในอัลเทอร์เนเตอร์
10. การต่อขดลวดสเตเตอร์แบบ.....จะนำปลายด้านหนึ่งของขดลวดทั้ง 3 เส้น มาต่อรวมกันเรียกว่า.....

11. .....จะควบคุมแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่จ่ายออกจากอัลเทอร์เนเตอร์ ภายใต้ความต้องการของระบบประจุไฟฟ้า โดยการควบคุม.....ของกระแส
12. ไฟฟ้ากระแสสลับที่ผลิตจากอัลเทอร์เนเตอร์จะถูกแปลงเป็นไฟฟ้ากระแสตรง โดย.....
13. จงอธิบายการทำงานของวงจรระบบประจุไฟฟ้าแบบใช้เรกูเลเตอร์กลไก–ไฟฟ้าควบคุม เมื่อเครื่องยนต์ทำงานอยู่รอบปานกลางถึงรอบสูง



.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ใบงานที่ 13

งานตรวจสอบทางกายภาพของระบบประจุไฟและทดสอบการจ่ายไฟของอัลเทอร์เนเตอร์

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

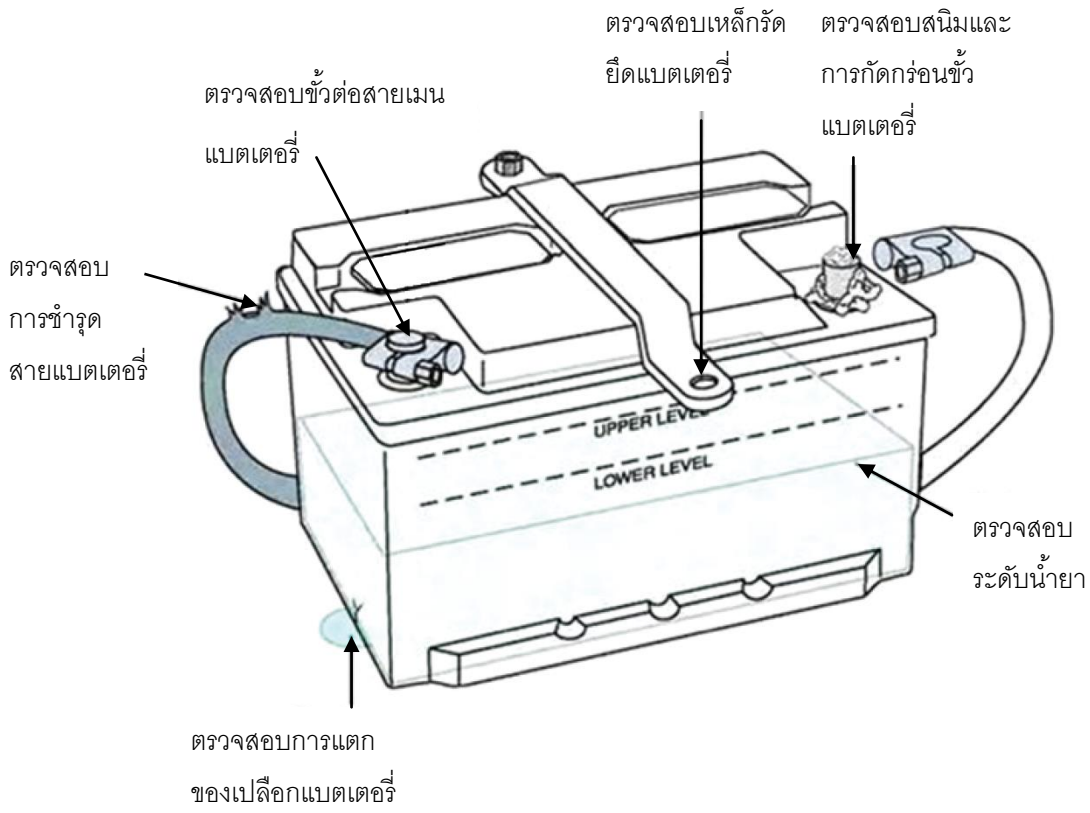
1. เตรียมเครื่องมือ วัสดุและอุปกรณ์ได้
2. ตรวจสอบทางกายภาพและวิเคราะห์ผลการตรวจสอบระบบประจุไฟฟ้าได้
3. ทดสอบการจ่ายไฟของอัลเทอร์เนเตอร์ขณะไม่มีภาระและขณะมีภาระได้
4. วิเคราะห์ผลการทดสอบการจ่ายไฟของอัลเทอร์เนเตอร์ได้

เครื่องมือ วัสดุ และอุปกรณ์

1. รถยนต์ 2.มัลติมิเตอร์ 3.ไฮโดรมิเตอร์ 4. เครื่องมือประจำตัว
5. เครื่องมือตรวจความตึงสายพาน 6. แอมมิเตอร์ 5. โวลต์มิเตอร์

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

1. **เตรียมเครื่องมือ วัสดุและอุปกรณ์**
2. **ตรวจสอบแบตเตอรี่**



รุ่น/แบบรถยนต์ที่ฝึกปฏิบัติ

ผลการตรวจสอบแบตเตอรี่

(1) เปลือกนอก ☐ ปกติ ☐ ชำรุด

(2) ขั้วแบตเตอรี่ ☐ ปกติ ☐ ชำรุด

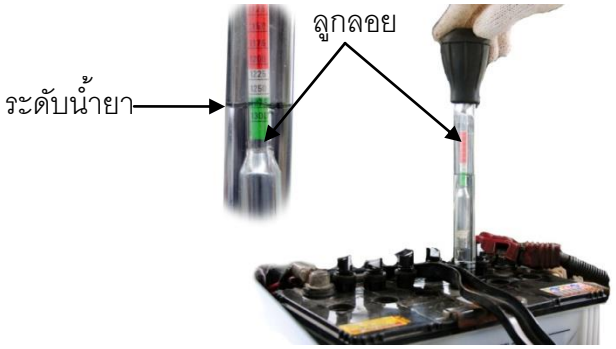
(3) ขั้วสายเคเบิล ☐ ปกติ ☐ ชำรุด ☐ แน่น ☐ หลวม

(4) อุปกรณ์จับยึด ☐ แน่น ☐ หลวม

(5) ระดับน้ำยา ☐ พอดี ☐ ต้องเติม

(6) สภาพน้ำยา ☐ ขุ่นมัว ☐ สะอาด

ตรวจสอบสภาพการประจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่ โดยใช้ไฮโดรมิเตอร์วัดค่าความถ่วงจำเพาะน้ำยาแบตเตอรี่ ค่าความถ่วงจำเพาะ อยู่ระหว่าง 1.25–1.27 (ที่อุณหภูมิ 26.7 °C) แล้ววิเคราะห์สภาพการประจุแบตเตอรี่โดยภาพรวม

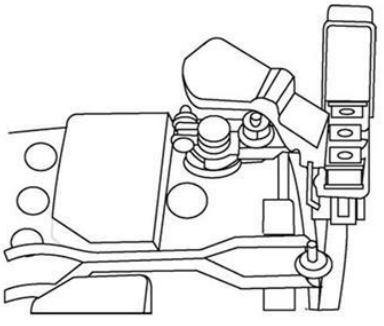


ผลการตรวจสอบ

– ค่าความถ่วงจำเพาะ (ถ.พ.) เฉลี่ยเท่ากับ.....

– แรงเคลื่อนไฟฟ้าแบตเตอรี่ เท่ากับ.....โวลต์

3. **ตรวจสอบฟิวส์และฟิวส์สายของระบบประจุไฟฟ้า**



โดยตรวจสอบความต่อเนื่องของฟิวส์

ผลการตรวจสอบ

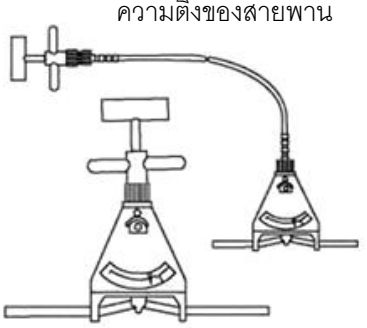
– สภาพของฟิวส์ ☐ ดี ☐ ชำรุด

– สภาพของฟิวส์สาย ☐ ดี ☐ ชำรุด

4. **ตรวจสอบสภาพการชำรุดและความตึงของสายพาน**

สภาพการชำรุดของสายพาน

ความตึงของสายพาน



การติดตั้งสายพาน

ถูกต้อง ไม่ถูกต้อง

ผลการตรวจสอบ

– สภาพของสายพาน ☐ ดี ☐ ชำรุด

– ความตึงสายพาน ☐ สายพานหย่อน ☐ สายพานตึง

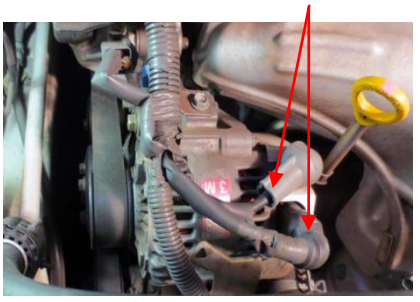
– การติดตั้งสายพาน ☐ ถูกต้อง ☐ ไม่ถูกต้อง

5. **ตรวจสอบขั้วต่อและสายไฟอัลเทอร์เนเตอร์**

– ขั้วต่อสายไฟแน่นและสะอาด

– ตรวจสอบสภาพฉนวนและการชำรุดทางกายภาพอื่น ๆ

ขั้วต่อสายไฟ



ผลการตรวจสอบขั้วต่อสายไฟ

☐ ดี ☐ ชำรุด

ผลการตรวจสอบสายไฟ

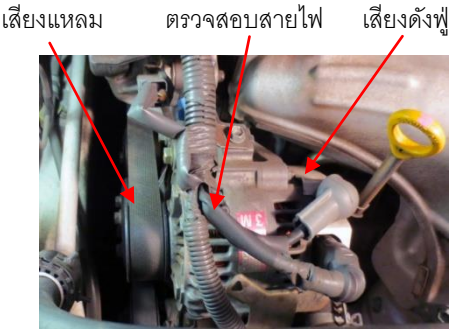
☐ ดี ☐ ชำรุด

6. **ตรวจสอบเสียงดังผิดปกติ**

โดยตรวจสอบเสียงดังผิดปกติขณะที่อัลเทอร์เนเตอร์ทำงาน (ขณะติดเครื่องยนต์)

– เสียงแหลม เป็นตัวบ่งชี้ปัญหาการสึกหรอที่ลูกปืนหรือแบริ่งและการปรับตั้งสายพานขับ หรือความตึงสายพานไม่ถูกต้อง

– เสียงดังฟู่ อาจเป็นตัวบ่งชี้ถึงการชำรุดของไดโอดหนึ่งตัวหรือมากกว่า เนื่องจากการสั่นของสนามแม่เหล็ก



ผลการตรวจสอบเสียงดังผิดปกติ

☐ มี ☐ ไม่มี

7. **ตรวจสอบหลอดไฟเตือนการชาร์จ**

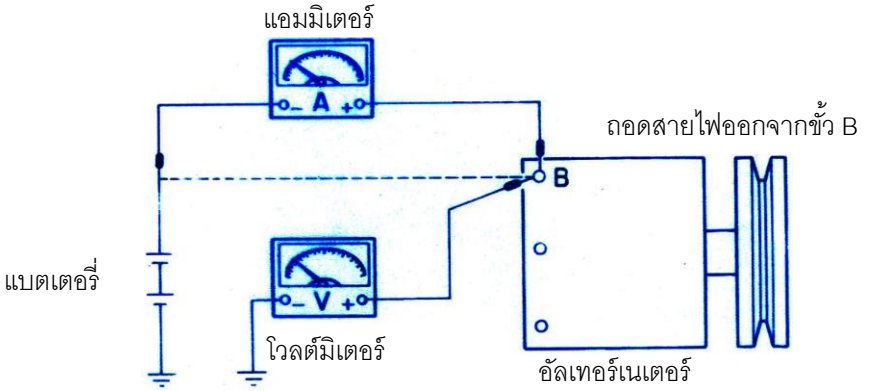
– หลอดไฟเตือนการชาร์จติดสว่าง ขณะเปิดสวิตช์จุดระเบิดตำแหน่ง ON (ไม่ติดเครื่องยนต์)

– หลอดไฟเตือนการชาร์จดับลง เมื่อเครื่องยนต์ทำงาน ถ้าหลอดไฟเตือนการชาร์จไม่ดับลง ให้ตรวจสอบวงจรไฟฟ้าระบบประจุไฟฟ้า

ผลการตรวจสอบไฟเตือนการชาร์จ เมื่อเปิดสวิตช์ตำแหน่งเปิด ☐ ติด ☐ ไม่ติด

ผลการตรวจสอบไฟเตือนการชาร์จดับ เมื่อเครื่องยนต์ติด ☐ ดับ ☐ ไม่ดับ

8. **การตรวจสอบการจ่ายไฟของอัลเทอร์เนเตอร์ ขณะไม่มีภาระ (โหลด)**



คำแนะนำ : ถ้ามีเครื่องทดสอบอัลเทอร์เนเตอร์ให้ต่อเข้ากับวงจรประจุไฟฟ้า ตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต ถ้าไม่มีเครื่องทดสอบให้ต่อโวลต์มิเตอร์และแอมมิเตอร์เข้ากับวงจรประจุไฟฟ้า ดังนี้

(1) ปลดสายไฟออกจากขั้ว B ของอัลเทอร์เนเตอร์ และต่อเข้ากับขั้วบวกสายวัด (+) ของแอมมิเตอร์

(2) ต่อสายลบ (–) ของแอมมิเตอร์เข้ากับขั้วบวก (+) แบตเตอรี่

(3) ต่อสายบวก (+) ของโวลต์มิเตอร์เข้ากับขั้ว B ของอัลเทอร์เนเตอร์

(4) ต่อสายลบ (–) ของโวลต์มิเตอร์ลงกราวด์

ตรวจวงจรประจุไฟฟ้า ดังต่อไปนี้

(1) เร่งเครื่องยนต์ 2000 รอบต่อนาที อ่านค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า

(2) ค่ากระแสไฟฟ้ามาตรฐาน : 10 แอมแปร์ หรือน้อยกว่า

(3) ค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้ามาตรฐาน : ที่ 25 °C (77 °F) : 14.0–15.0 โวลต์ และที่ 115 °C (239 °F) : 13.5–14.3 โวลต์ (อ้างอิงตามคู่มือกำหนด)

(4) ถ้าค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าสูงกว่าค่ากำหนด เปลี่ยน IC เรกูเลเตอร์ใหม่

(5) ถ้าค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าต่ำกว่าค่ากำหนด ให้ตรวจสอบอัลเทอร์เนเตอร์

ผลการตรวจสอบ อ่านค่ากระแสไฟฟ้าได้...แอมแปร์

☐ ตามค่ามาตรฐาน ☐ สูงกว่า ☐ ต่ำกว่าค่ามาตรฐาน

ผลการตรวจสอบ อ่านค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าได้.....โวลต์

☐ ตามค่ามาตรฐาน ☐ สูงกว่า ☐ ต่ำกว่าค่ามาตรฐาน

สภาพของอัลเทอร์เนเตอร์ ☐ ใช้ได้ ☐ ต้องตรวจซ่อม

การตรวจสอบวงจรประจุไฟฟ้า เมื่อมีภาระ

1. เร่งเครื่อง 2000 รอบต่อนาที เปิดสวิตช์ไฟหน้าตำแหน่งไฟสูง และเปิดสวิตช์พัดลมเครื่องปรับอากาศไปตำแหน่งความเร็วสูงสุด (HI)

2. อ่านค่าที่แอมมิเตอร์ ค่ากระแสไฟฟ้ามาตรฐาน: 30 แอมแปร์ หรือมากกว่า

ถ้าอ่านค่ากระแสไฟฟ้าได้ต่ำกว่าค่ามาตรฐาน ให้ทำการซ่อมอัลเทอร์เนเตอร์

คำแนะนำ : ถ้าแบตเตอรี่มีไฟเต็ม บางครั้งเข็มอาจชี้ค่ากระแสไฟฟ้าต่ำกว่าค่ามาตรฐาน

ค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้ามาตรฐาน : ที่ 25 °C (77 °F) : 14.0–15.0 โวลต์ และที่ 115 °C (239 °F) : 13.5–14.3 โวลต์ (อ้างอิงตามคู่มือกำหนด)

ผลการตรวจสอบ อ่านค่ากระแสไฟฟ้าได้.....แอมแปร์

☐ ตามค่ามาตรฐาน ☐ สูงกว่า ☐ ต่ำกว่าค่ามาตรฐาน

ผลการตรวจสอบ อ่านค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าได้.....โวลต์

☐ ตามค่ามาตรฐาน ☐ สูงกว่า ☐ ต่ำกว่าค่ามาตรฐาน

สภาพของอัลเทอร์เนเตอร์ ☐ ใช้ได้ ☐ ต้องตรวจซ่อม

ใบงานที่ 14

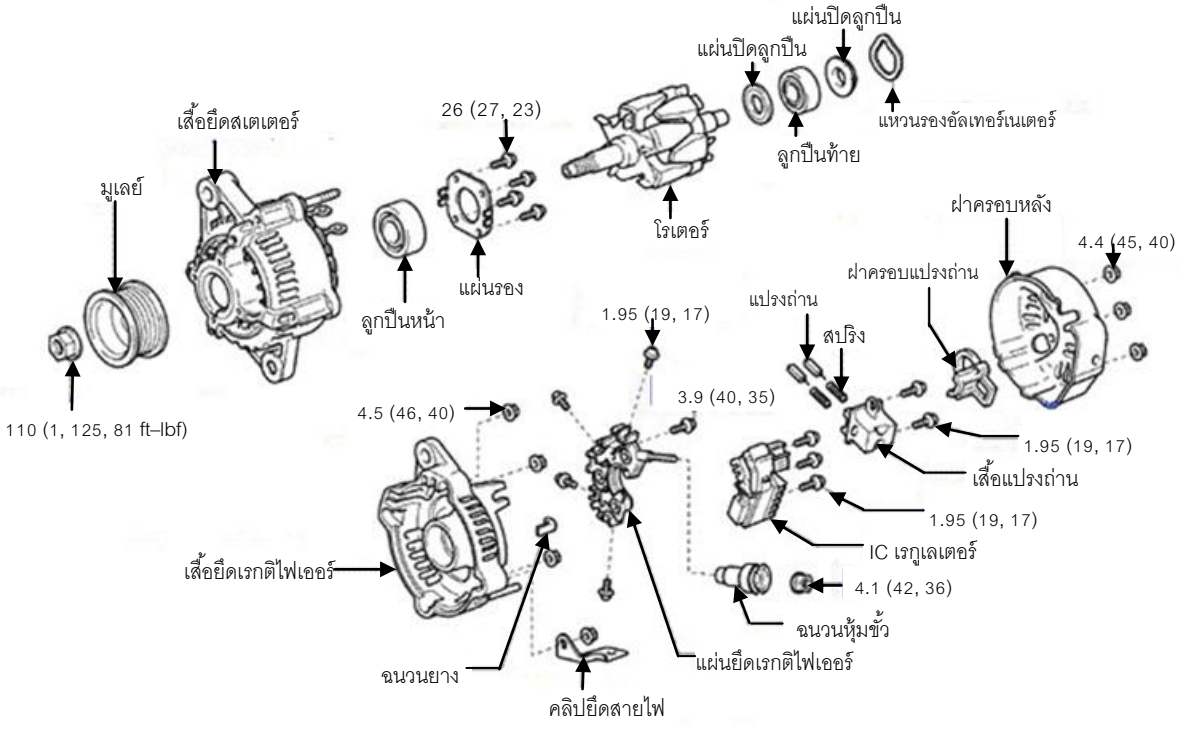
งานถอด ประกอบ และตรวจสอบชิ้นส่วนอัลเทอร์เนเตอร์

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. เตรียมเครื่องมือ วัสดุและอุปกรณ์ได้ถูกต้อง
2. ถอด ประกอบและตรวจสอบชิ้นส่วนอัลเทอร์เนเตอร์ได้ถูกต้อง
3. เก็บเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์และทำความสะอาดได้ถูกต้อง

เครื่องมือ วัสดุ และอุปกรณ์

1. อัลเทอร์เนเตอร์
2. มัลติมิเตอร์
3. เครื่องมือประจำตัว
4. เวอร์เนียร์คาลิเปอร์
5. หัวแร้งและตะกั่วบัดกรี
6. ผ้าทำความสะอาด
7. เครื่องมือพิเศษถอด ประกอบนัตมูเลย์(SST)
8. ประแจวัดแรงบิด
9. หัวแร้งและตะกั่วบัดกรี
10. คู่มือการซ่อมเครื่องยนต์ โตโยต้า รุ่น 5A-FE



นิวตัน–เมตร (กก.–ซม., นิ้ว–ปอนด์) : ค่าแรงขันมาตรฐาน

ลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงาน

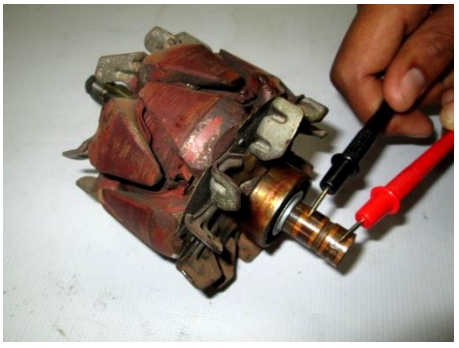
1. เตรียมเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์
   1.1 ชุดเครื่องมือช่างยนต์ทั่วไป
   1.2 ชุดไขควงแฉกและไขควงแบน
   1.3 ค้อนพลาสติก
   1.4 หัวแร้งและตะกั่วบัดกรี
   1.5 เครื่องมือพิเศษถอดนัตมูเล่ย์
   1.6 อัลเทอร์เนเตอร์

2. ใช้ประแจแหวน คลายนัตยึดฝาครอบท้ายออกทั้ง 3 ตัว และคลายนัตยึดขั้ว B ออก และถอดฉนวนออกจากขั้ว B
3. ถอดฝาครอบท้ายออกจากแผงไดโอด
4. ใช้ไขควงแฉกคลายสกรูยึดแปรงถ่านออกทั้ง 2 ตัว
5. ถอดแปรงถ่านออกออกจากแผงไดโอด
6. ใช้ไขควงแฉกคลายสกรูยึดไอซีเรกกูเลเตอร์ออกทั้ง 2 ตัว
7. ถอดแผงยึดไอซีเรกูเลเตอร์ออก
8. ถอดแผงไดโอดออกจากโรเตอร์

9. ถอดนัตมูเลย์ และถอดแยกมูเลย์ออก
   9.1 ใช้ประแจแหวนเบอร์ 22 มม. กับประแจกระบอกเบอร์ 10 มม. คลายนัตยึดมูเลย์ออก
   9.2 นัตยึดและถอดมูเลย์ออก
10. ถอดนอตยึดมูเล่ย์ และถอดแยกมูเลย์ออก

11. ถอดฝาครอบท้ายออกจากโรเตอร์
    11.1 ประกอบเหล็กดูด 2 ขาเข้ากับฝาครอบท้าย
    11.2 ใช้ประแจแหวนเบอร์ 12 มม. ขันเหล็กดูด 2 ขาดูดฝาครอบท้ายออก
12. ถอดชุดโรเตอร์ออก

การตรวจสอบชิ้นส่วนอัลเทอร์เนเตอร์

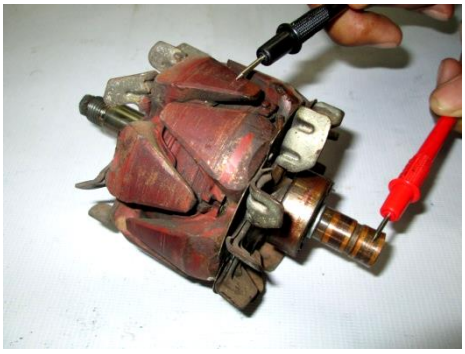


1. ตรวจสอบการขาดวงจรของขดลวดโรเตอร์และสภาพของโรเตอร์

ใช้มัลติมิเตอร์วัดความต่อเนื่องระหว่างวงแหวนสลิปริง ค่าความต้านทานมาตรฐานที่ 20 °C (68 °F) : 2.7–3.1 โอห์ม ถ้าเข็มมิเตอร์ไม่ขึ้น ให้เปลี่ยนโรเตอร์ใหม่ ผลการวัด.....โอห์ม

สรุปผลการตรวจสอบ ☐ ขาด ☐ ไม่ขาด

สรุปการขูดขีดโรเตอร์หรือไหม้ ☐ มี ☐ ไม่มี



2. ตรวจสอบการลงกราวด์ของขดลวดโรเตอร์

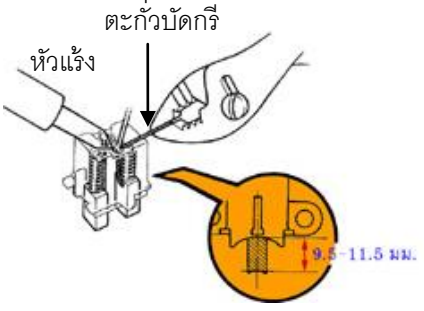
ใช้มัลติมิเตอร์ วัดความต่อเนื่องระหว่างวงแหวนสลิปริงกับกราวด์ ถ้าต่อเนื่อง ให้เปลี่ยนโรเตอร์ใหม่ ผลการวัด.....โอห์ม

สรุปผลการตรวจสอบ ☐ ขาด ☐ ไม่ขาด

3. ตรวจสอบความยาวของแปรงถ่านส่วนที่ยื่นออกจากซองแปรงถ่าน

3.1ใช้เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์วัดความยาวแปรงถ่านส่วนที่ยื่นออก ความยาวมาตรฐาน : 9.5–11.5 มิลลิเมตร ความยาวต่ำสุด : 1.5 มิลลิเมตร (0.059 นิ้ว)

3.2 ถ้าความยาวต่ำกว่าค่าต่ำสุดให้เปลี่ยนแปรงถ่านใหม่ ค่าที่วัดได้.....มิลลิเมตร



4. เปลี่ยนแปรงถ่าน (ถ้าต่ำกว่าค่ากำหนด)

4.1 ละลายตะกั่วบัดกรีออก แล้วถอดแปรงถ่านและสปริงออกจากซองแปรงถ่าน

4.2 สอดสายของแปรงถ่านชุดใหม่ ผ่านสปริงและรูของเสื้อแปรงถ่าน แล้วใส่สปริงและแปรงถ่านเข้าในเสื้อแปรงถ่าน

4.3 บัดกรีสายแปรงถ่านให้ติดกับเสื้อแปรงถ่าน และให้แปรงถ่านยื่นออกมาตามค่ากำหนด(ความยาว 9.5–11.5 มม.)

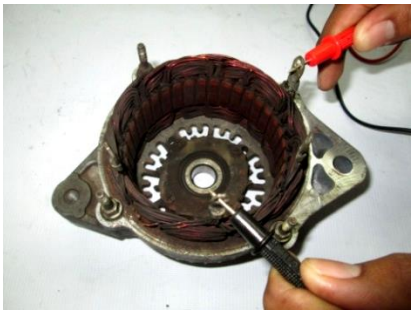
4.4 ตรวจสอบการคล่องตัวของแปรงถ่านในเสื้อแปรงถ่าน

4.5 ตัดสายที่ยื่นเกินออก

ผลการเปลี่ยนแปรงถ่าน ☐ ถูกต้อง ☐ ไม่ถูกต้อง

5. ตรวจสอบลูกปืน

ผลการตรวจ ☐ มีเสียงดัง ☐ ไม่มีเสียงดัง



6. ตรวจสอบการขาดวงจรของขดลวดสเตเตอร์

ใช้มัลติมิเตอร์วัดค่าความต่อเนื่องระหว่างขดลวดสเตเตอร์

สายที่ 1.....

สายที่ 2.....

สายที่ 3.....

สรุปผลการตรวจ ☐ ขาด ☐ ไม่ขาด

7. ตรวจสอบการลงกราวด์ของขดลวดสเตเตอร์

ใช้มัลติมิเตอร์วัดการลงกราวด์ระหว่างขดลวดสเตเตอร์กับเสื้อยึดสเตเตอร์

สรุปผลการตรวจ ☐ ลงกราวด์ ☐ ไม่ลงกราวด์

8. ตรวจสอบชุดไดโอดบวก

8.1 ใช้มัลติมิเตอร์เลือกย่านวัดโอห์ม

8.2 ตรวจสอบขาดวงจรของไดโอด โดยต่อสายสายบวก (+) ของมัลติมิเตอร์เข้ากับแผงไดโอด ต่อสายลบ (-) มัลติมิเตอร์เข้ากับขั้วไดโอดแต่ละตัว ต้องมีการต่อเนื่อง เมื่อสลับสายวัดอีกด้านจะต้องไม่มีการต่อเนื่อง

การวัดครั้งที่ 1.....

การวัดครั้งที่ 2 .....

☐ ไดโอดบวกดี ☐ ไดโอดบวกชำรุด

9. ตรวจสอบชุดไดโอดลบ

ต่อสายบวก (+) มัลติมิเตอร์เข้ากับขั้วไดโอดทีละตัว และต่อสายลบ (-) มัลติมิเตอร์เข้ากับแผงไดโอดต้องมีการต่อเนื่อง เมื่อสลับสายวัดอีกด้านจะไม่ต่อเนื่อง

การวัดครั้งที่ 1.....

การวัดครั้งที่ 2.....

☐ ไดโอดลบดี ☐ ไดโอดลบชำรุด

การประกอบ

1. ประกอบโรเตอร์เข้ากับเสื้อยึดสเตเตอร์
2. ประกอบฝาครอบท้ายเข้ากับโรเตอร์

3. ใช้ค้อนพลาสติกเคาะฝาครอบท้ายเข้ากับโรเตอร์

4. ใช้ประแจแหวนเบอร์ 8 มม. ขันนัตยึดฝาครอบท้ายให้แน่นทั้ง 4 ตัว โดยขันสลับตรงข้ามกัน

5. ประกอบมูเลย์หน้าเข้ากับโรเตอร์

6. ใส่แป้นเกลียวยึดมูเลย์

7.ใช้ประแจแหวนเบอร์ 22 มม. กับประแจกระบอกเบอร์ 10 มม. ขันนัตยึดมูเลย์ให้แน่น

8. ประกอบแผงไดโอดเข้ากับเสื้อยึดด้านหลัง

9. ใช้ไขควงแฉกขันสกรูยึดแผงไดโอดทั้ง 4 ตัวให้แน่น

10. ประกอบไอซีเร็กกูเลเตอร์เข้ากับแผงยึดไดโอด

11. ประกอบฝาครอบท้ายเข้ากับแผงยึดไดโอด

12. ใช้ประแจแหวนเบอร์ 8 มม. ขันนัตยึดฝาครอบท้ายทั้ง 3 ตัวให้แน่น

13. หมุนมูเลย์สายพานไปซ้ายและขวา โรเตอร์ต้องหมุนได้คล่องและไม่มีเสียงดังผิดปกติ

ผลการตรวจ ☐ หมุนคล่องตัว ☐ ฝืด/เสียงดัง/ติดขัด

14. เก็บเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์และทำความสะอาด

แบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 7

ระบบประจุไฟฟ้า

คำสั่ง จงทำเครื่องหมายกากบาท (×) ลงหน้าข้อที่ถูกต้องที่สุด

1. หน้าที่ของระบบประจุไฟฟ้าคือข้อใด
   - ก. ประจุไฟฟ้ากลับไปยังแบตเตอรี่
   - ข. จ่ายกระแสไฟไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้ารถยนต์
   - ค. ควบคุมแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่จ่ายออกจากอัลเทอร์เนเตอร์ให้มีค่าคงที่เพื่อป้องกันการเสียหายของอุปกรณ์ไฟฟ้า
   - ง. ถูกทุกข้อ
2. ข้อใดระบุส่วนของระบบประจุไฟฟ้าได้ถูกต้องทั้งหมด
   - ก. แบตเตอรี่ สวิตช์จุดระเบิด ฟิวส์และฟิวส์สาย อัลเทอร์เนเตอร์
   - ข. แบตเตอรี่ สวิตช์จุดระเบิด ฟิวส์และฟิวส์สาย อัลเทอร์เนเตอร์ เรกูเลเตอร์
   - ค. แบตเตอรี่ สวิตช์จุดระเบิด ฟิวส์และฟิวส์สาย อัลเทอร์เนเตอร์ หลอดไฟเตือนการชาร์จ
   - ง. แบตเตอรี่ สวิตช์จุดระเบิด ฟิวส์และฟิวส์สาย อัลเทอร์เนเตอร์ หลอดไฟเตือนการชาร์จ เรกูเลเตอร์ รีเลย์
3. ชิ้นส่วนใดในระบบประจุไฟฟ้าที่กักเก็บและกำเนิดพลังงาน
   - ก. แบตเตอรี่
   - ข. สวิตช์
   - ค. อัลเทอร์เนเตอร์
   - ง. เรกูเลเตอร์
4. อัลเทอร์เนเตอร์ประกอบด้วยอุปกรณ์ใด
   - ก. สเตเตอร์ โรเตอร์ รีเลย์ แปรงถ่าน และไดโอด
   - ข. สเตเตอร์ โรเตอร์ คอมมิวเตเตอร์ แปรงถ่าน และไดโอด
   - ค. สเตเตอร์ โรเตอร์ วงแหวนสลิปริง แปรงถ่าน และไดโอด
   - ง. สเตเตอร์ อาร์เมเจอร์ วงแหวนสลิปริง แปรงถ่าน และไดโอด
5. อัลเทอร์เนเตอร์เหนี่ยวนำแรงเคลื่อนไฟฟ้าโดยการหมุนของอะไร
   - ก. สปริงผ่านสเตเตอร์
   - ข. สเตเตอร์อยู่ในสนามแม่เหล็ก
   - ค. ตัวนำที่อยู่ภายในสนามแม่เหล็ก
   - ง. สนามแม่เหล็กที่อยู่ภายในขดลวดที่อยู่กับที่

6. ในอัลเทอร์เนเตอร์ กระแสไฟฟ้าของอัลเทอร์เนเตอร์จะถูกเปลี่ยนเป็นไฟฟ้ากระแสตรง โดยชิ้นส่วนใด

ก. สเตเตอร์ ข. แปรงถ่าน

ค. เรกติไฟเออร์ ง. เรกูเลเตอร์

7. ขดลวดตัวนำ 3 ขด ที่พันรอบแกนเหล็กอ่อนรูปทรงกระบอกที่อยู่กับที่คือชิ้นส่วนใด

ก. โรเตอร์ ข. สเตเตอร์

ค. อาร์เมเจอร์ ง. คอมมิวเตเตอร์

8. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับขดลวดสเตเตอร์แบบเดลตา

ก. ไม่มีจุดต่อกลาง

ข. ไม่มีจุดต่อกราวด์

ค. ขดลวดอยู่ในรูปการต่ออนุกรม

ง. ไดอะแกรมวงจรคล้ายวงจรขนาน

9. การควบคุมปริมาณแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่จ่ายออกของอัลเทอร์เนเตอร์สัมพันธ์กับอะไร

ก. ความเข้มของสนามแม่เหล็ก ข. ความเร็วรอบสเตเตอร์

ค. จำนวนเสี้ยวของโรเตอร์ ง. ความโตของโรเตอร์

10. การควบคุมระบบประจุไฟฟ้า อุปกรณ์ที่ควบคุมกระแสไฟฟ้า เปิดและปิดด้วยข้อใด

ก. จุดระเบิดไปยังแบตเตอรี่

ข. แหล่งจ่ายไปยังแบตเตอรี่

ค. อัลเทอร์เนเตอร์ไปยังเทอร์มิสเตอร์

ง. แบตเตอรี่ไปยังอุปกรณ์อำนวยความสะดวก

หน่วยที่ 8

ระบบไฟแสงสว่างและสัญญาณ

หน่วยที่ 8

ระบบไฟแสงสว่างและสัญญาณ

หัวข้อเรื่อง (Topics)

8.1 หน้าที่ของระบบไฟแสงสว่างและสัญญาณ
8.2 หลอดไฟหน้ารถยนต์
8.3 สวิตช์
8.4 รีเลย์
8.5 ชนิดของหลอดไฟรถยนต์
8.6 การทำงานของระบบไฟแสงสว่าง
8.7 การทำงานของระบบไฟสัญญาณ
8.8 การตรวจสอบ วิเคราะห์ปัญหาและบริการระบบไฟแสงสว่างและสัญญาณ

แนวคิดสำคัญ (Main Idea)

ระบบไฟแสงสว่างและสัญญาณมีความสำคัญมากที่สุด ซึ่งจะจัดเตรียมไฟแสงสว่างทั้งภายในและภายนอกรถยนต์เพื่อความปลอดภัยของผู้ขับขี่และผู้ใช้รถร่วมทางบนท้องถนน ระบบไฟแสงสว่างและสัญญาณ ประกอบด้วยไฟหรี่ ไฟท้าย ไฟส่องป้ายทะเบียน ไฟแสงสว่างด้านหน้า ไฟในเก๋ง ไฟประตู ไฟแผงหน้าปัดและสวิตช์ต่าง ๆ ไฟตัดหมอก ไฟเลี้ยว ไฟฉุกเฉิน ไฟแตร ไฟเบรก และไฟเกียร์ถอย

สมรรถนะย่อย (Element of Competency)

1. แสดงความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับระบบไฟแสงสว่างและสัญญาณ
2. ตรวจสอบ วิเคราะห์ปัญหาและบริการระบบไฟแสงสว่างและสัญญาณ

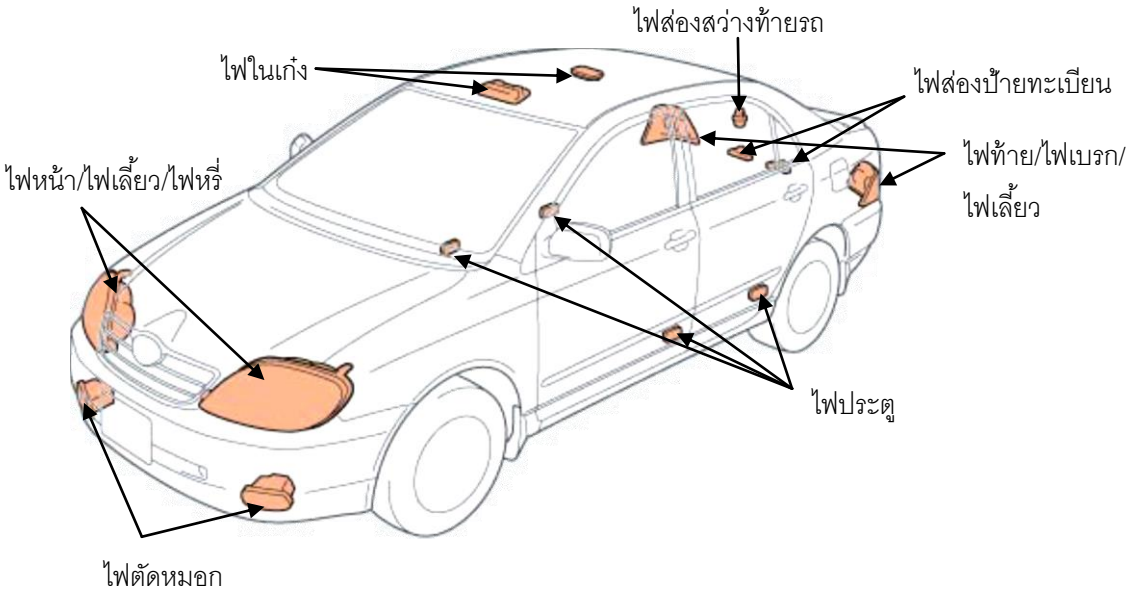
จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (Behavioral Objectives)

1. บอกหน้าที่ของระบบไฟแสงสว่างได้ถูกต้อง
2. บอกหน้าที่ส่วนประกอบของระบบไฟแสงสว่างได้ถูกต้อง
3. จำแนกความแตกต่างระหว่างไฟหน้ารถยนต์แบบซีลบีม และแบบกึ่งซีลบีมได้ถูกต้อง
4. อธิบายการทำงานและการควบคุมวงจรไฟแสงสว่างได้ถูกต้อง
5. อธิบายการทำงานและการควบคุมวงจรไฟสัญญาณได้ถูกต้อง
6. ตรวจสอบ วิเคราะห์ปัญหาและบริการระบบไฟแสงสว่างและสัญญาณโดยใช้คู่มือการซ่อมได้ถูกต้อง

เนื้อหาสาระ (Content)

ระบบไฟแสงสว่างและสัญญาณ เป็นระบบที่มีความสำคัญเกี่ยวกับความปลอดภัย รถยนต์ทุกคันจะต้องมีอุปกรณ์ไฟแสงสว่างและสัญญาณเพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้ขับขี่ที่จะช่วยส่งเสริมความปลอดภัยแก่ผู้ร่วมทางบนท้องถนนรวมไปถึงผู้โดยสาร ดังนั้นช่างเทคนิคต้องมีความรู้ ความเข้าใจในจุดประสงค์ การทำงานและการควบคุมของวงจรไฟแสงสว่างและสัญญาณที่หลากหลายในรถยนต์ เพื่อนำไปสู่การตรวจสอบวิเคราะห์ปัญหาและการบริการได้อย่างถูกต้อง

ระบบไฟแสงสว่างและสัญญาณในรถยนต์ปัจจุบันจะใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าทำงานร่วมกัน ประกอบด้วย รีเลย์ ฟิวส์และฟิวส์สาย สวิตช์ หลอดไฟ และขั้วต่อสายไฟ วงจรไฟฟ้าแสงสว่างและสัญญาณประกอบด้วยไฟแสงสว่างภายในและภายนอกตัวรถยนต์ ประกอบด้วยไฟหน้า ไฟท้าย ไฟหรี่ ไฟในเก๋ง ไฟประตู ไฟส่องป้ายทะเบียน ไฟแผงหน้าปัด และสวิตช์ต่าง ๆ ไฟตัดหมอก (บางรุ่น)ไฟเลี้ยว ไฟฉุกเฉิน ไฟเบรก แตร ไฟเกียร์ถอย ดังแสดงในรูปที่ 8.1 ดังรายละเอียดหัวข้อต่อไปนี้



รูปที่ 8.1 ระบบไฟแสงสว่างและสัญญาณรถยนต์

8.1 หน้าที่ของระบบไฟแสงสว่างและสัญญาณ

รถยนต์ทุกคันจะต้องมีระบบแสงสว่างประกอบอยู่ด้วยเพื่อความปลอดภัยในขณะขับรถยนต์ในเวลากลางคืนไฟในระบบแสงสว่างประกอบด้วย

1. **ไฟหน้าหรือไฟใหญ่** มีหน้าที่ ให้ความสว่างบนถนนด้านหน้ารถยนต์ในเวลากลางคืนจะใช้แสงสีขาวอมส้มหรือขาวอมเหลืองถึงขาวนวล

2. **ไฟหรี่** มีหน้าที่ บอกความกว้างของตัวรถทางด้านหน้าและให้แสงสว่างร่วมกับไฟหน้าจะใช้แสงสีขาวอมส้มหรือสีเหลืองอำพัน (เหลืองอมส้ม)

3. **ไฟท้าย** มีหน้าที่ บอกความกว้างของรถและส่องสว่างด้านท้ายรถทำให้ผู้ขับรถด้านหลังมองเห็นจะใช้แสงสีแดง

4. **ไฟส่องป้ายทะเบียน** มีหน้าที่ ส่องสว่างให้มองเห็นเลขป้ายทะเบียนซึ่งจะติดอยู่บริเวณป้ายทะเบียนด้านท้ายรถจะใช้แสงสีขาวอมส้ม

5. **ไฟห้องโดยสาร** มีหน้าที่ ใช้สำหรับให้ความสว่างภายในรถ

6. **ไฟแผงหน้าปัด** มีหน้าที่ ส่องสว่างบริเวณหน้าปัดให้ผู้ขับรถยนต์มองเห็นเกจวัดต่าง ๆ ได้ชัดเจนในเวลากลางคืน โดยอาจใช้แสงสีขาวหรือสีอื่นๆ หรืออาจใช้เป็นระบบเรืองแสงก็ได้

7. **ไฟตัดหมอก** มีหน้าที่ ใช้สำหรับส่องทางในขณะที่หมอกลงจัดทำให้เห็นทางได้ชัดขึ้นจะใช้แสงสีเหลืองการใช้ไฟตัดหมอกไม่ควรใช้คู่กับไฟสูง

8. **ไฟเบรก** มีหน้า ใช้สำหรับให้รถยนต์ที่ตามมาด้านหลังทราบว่ากำลังชะลอหรือหยุดรถ

9. **ไฟเลี้ยว** มีหน้าที่ ใช้สำหรับให้รถยนต์คันอื่น ๆ ที่อยู่บริเวณใกล้เคียงกันทราบว่ารถยนต์คันนี้จะเลี้ยวซ้ายหรือขวาหรือจะทำการเปลี่ยนช่องทางจราจร

10. **ไฟฉุกเฉิน** มีหน้าที่ ใช้สำหรับให้รถยนต์คันอื่นทราบว่า รถยนต์คันนี้จอดฉุกเฉินหรือจอดอยู่กับที่ โดยสัญญาณไฟเลี้ยวทั้งด้านซ้ายและด้านขวาจะติดกระพริบร่วมกัน

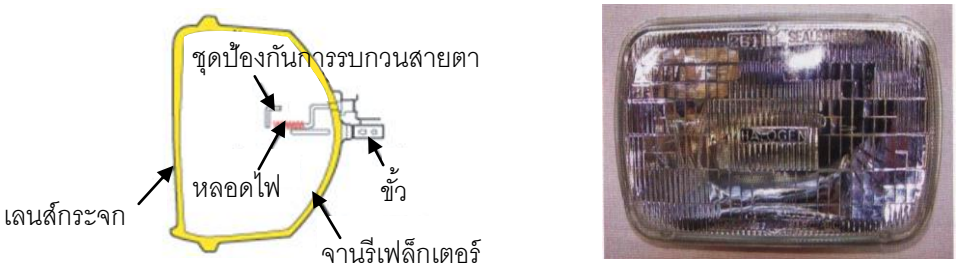
11. **ไฟถอยหลัง** มีหน้าที่ ใช้สำหรับถอยหลัง เพื่อให้รถยนต์คันหลังมองเห็นและจะเว้นระยะให้และส่องสว่างร่วมกับไฟท้ายในตอนกลางคืน

8.2 หลอดไฟหน้ารถยนต์

หลอดไฟหน้ารถยนต์คือ หลอดไฟที่ติดตั้งอยู่ด้านหน้าของรถยนต์ เพื่อให้แสงสว่างบนถนนในเวลากลางคืนหรือเวลาอื่น ๆ ที่ทัศนวิสัยการขับขี่ไม่ดี เพื่อความปลอดภัยของผู้ขับขี่รถยนต์ และผู้ใช้รถร่วมทางบนถนน หลอดไฟหน้ารถยนต์มี 2 ประเภท คือ แบบไส้เดี่ยวและแบบไส้คู่ แบบไส้คู่หลอดไฟหน้ารถยนต์แบ่งเป็น 2 ชนิดใหญ่ ๆ คือ

8.2.1 ชนิดไฟหน้าทั้งดวง (Sealed Beam)

ไฟหน้าทั้งดวงเป็นไฟหน้าที่เลนส์ จานสะท้อนแสง และไส้หลอดรวมอยู่เป็นชุดเดียวกันในโคมแก้วและผนึกแน่น หลอดไฟแบบนี้ไส้หลอดทำด้วยโลหะผสมทังสเตนภายในบรรจุแก๊สเฉื่อยประเภทอาร์กอนมีทั้งแบบ 2 ไส้คือมีทั้งไส้ไฟสูงและไส้ไฟต่ำอยู่ในหลอดเดียวกัน ขนาดของกำลังไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 35 ถึง 55 วัตต์ ให้ลำแสงไฟเป็นสีขาวอมส้ม โคมไฟชนิดนี้มี 2 แบบ คือไส้หลอดโลหะผสมทังสเตน และฮาโลเจน ข้อดีของหลอดไฟหน้าทั้งดวงคือ ป้องกันน้ำ ความชื้น ฝุ่นละอองและวัสดุต่าง ๆ ที่จะเข้าไปภายในหลอดไฟได้ดี มีความส่องสว่างดีไม่มัวหมองง่าย ส่วนข้อเสียหากไส้หลอดขาดจะต้องเปลี่ยนโคมไฟหน้าทั้งดวง ซึ่งไม่สามารถเปลี่ยนไส้หลอดได้ ทำให้เสียค่าใช้จ่ายแพงตามมา



รูปที่ 8.2 หลอดไฟหน้ารถยนต์แบบซีลบีมชนิดไส้หลอดโลหะผสมทังสเตน และฮาโลเจน

8.2.2 ไฟหน้าแบบกึ่งซีลบีม (Semi–Sealed Beam)

จากข้อจำกัดของไฟหน้าแบบซีลบีมดังกล่าว เมื่อไส้หลอดขาดต้องเปลี่ยนโคมไฟหน้าทั้งดวง ทำให้เสียค่าใช้จ่ายสูง บริษัทผู้ผลิตจึงได้ผลิตไฟหน้าแบบกึ่งซีลบีมประกอบด้วยหลอดไฟที่สามารถถอดเปลี่ยนได้ แต่เมื่อใช้ไประยะหนึ่งแผ่นสะท้อนแสงของโคมจะมัวหมอง ทำให้แสงสว่างของไฟหน้าลดลง อย่างไรก็ตามเป็นแบบที่นิยมใช้ในรถยนต์ปัจจุบันซึ่งเมื่อหลอดไฟขาดหรือหลอดไฟเสียจะเปลี่ยนเฉพาะหลอดไฟ ส่วนโคมไฟไม่ต้องเปลี่ยน ไฟหน้าแบบกึ่งซีลบีม โดยทั่วไปมี 2 แบบคือ

1. **หลอดไฟแบบทั่วไป** ไส้หลอดไฟทำด้วยโลหะผสมทังสเตน ภายในหลอดบรรจุแก๊สเฉื่อยประเภทอาร์กอนหลอดไฟมีขนาดกำลังไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 35 ถึง 55 วัตต์ให้ลำแสงไฟเป็นสีขาวอมส้ม

รูปที่ 8.3 หลอดไฟแบบทั่วไป

2. **หลอดไฟแบบฮาโลเจน** เป็นหลอดไฟที่นิยมใช้กันมากในรถยนต์ ไส้หลอดทำด้วยโลหะผสมทังสเตน ภายในหลอดแก้วบรรจุแก๊สฮาโลเจน และแก๊สเฉื่อยประเภทอาร์กอน ทำให้กำลังส่องสว่างสูงกว่าหลอดไฟแบบธรรมดา ซึ่งหลอดไฟมีขนาดของกำลังไฟฟ้าประมาณ 50 ถึง 100 วัตต์ให้ลำแสงไฟเป็นสีขาวอมเหลือง

รูปที่ 8.4 ไฟหน้ารถยนต์แบบฮาโลเจนที่เปลี่ยนไส้หลอดไฟได้

8.3 สวิตช์

8.3.1 สวิตช์ไฟแสงสว่าง

สวิตช์ที่ใช้ในระบบไฟฟ้ารถยนต์ ทำหน้าที่ ปิดเปิดหรือเปลี่ยนทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าในวงจรซึ่งควบคุมโดยคนขับ วงจรไฟฟ้าปกติจะควบคุมโดยสวิตช์ ซึ่งสวิตช์ที่ใช้ในระบบไฟแสงสว่างมีหลากหลาย โครงสร้างภายในเป็นชุดสะพานไฟ ซึ่งทำงานโดยยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านหรือหยุดการไหลของกระแสไฟฟ้า (เปิดวงจร)

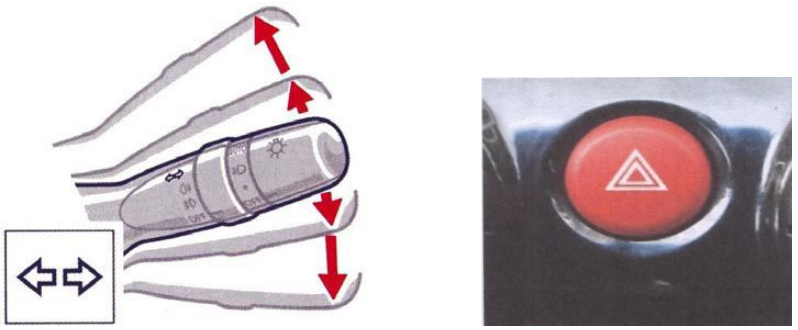
สวิตช์ที่ใช้ในระบบไฟแสงสว่าง ส่วนใหญ่จะเป็นแบบรวม ซึ่งรวมเอาสวิตช์ไฟหรี่ ไฟหน้า ไฟสูงต่ำ และไฟเลี้ยวเข้าไว้ในสวิตช์เดียวกัน ซึ่งทำหน้าที่เปิด ปิดและเปลี่ยนทิศทางวงจรไฟฟ้าที่ได้รับจากแบตเตอรี่ ผ่านไปยังหน้าสัมผัสของสวิตช์ ซึ่งยอมให้ไปควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าและหลอดไฟได้ การติดตั้งสวิตช์ไฟแสงสว่างส่วนใหญ่จะออกแบบติดตั้งไว้ตรงคอพวงมาลัยรถยนต์บางรุ่นติดตั้งบนแผงควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า

รูปที่ 8.5 สวิตช์ไฟแสงสว่างแบบมีระบบควบคุมอัตโนมัติ

8.3.2 สวิตช์ไฟเลี้ยวและสวิตช์ไฟฉุกเฉิน

การเปิดสัญญาณไฟเลี้ยวให้ดันคันสวิตช์ไฟหน้า/ไฟเลี้ยวขึ้นหรือลงไปยังตำแหน่งที่ 1 โดยต้องเปิดสวิตช์จุดระเบิดในตำแหน่ง IG หรือ ON คันสวิตช์จะเลื่อนกลับมาที่เดิมโดยอัตโนมัติหลังจากเลี้ยวรถ แต่อาจดึงกลับเองหลังจากที่ใช้เพื่อขอเปลี่ยนช่องทางวิ่ง การให้สัญญาณขอเปลี่ยนช่องทางวิ่งให้เลื่อนคันสวิตช์ขึ้นหรือลงไปยังตำแหน่งที่ 2 แล้วดันค้างไว้ ถ้าไฟแสดงสถานะไฟเลี้ยว (สีเขียว) ที่แผงหน้าปัดกระพริบถี่ผิดปกติแสดงว่าไฟเลี้ยวหน้าหรือไฟเลี้ยวหลังอาจขาด

การเปิดไฟกระพริบฉุกเฉินให้กดที่สวิตช์ไฟฉุกเฉิน ซึ่งเป็นแบบกดไฟเลี้ยวทุกดวงจะกระพริบพร้อมกันเป็นจังหวะ การปิดให้กดซ้ำอีกครั้ง สวิตช์ไฟเลี้ยวจะไม่ทำงานเมื่อเปิดไฟกระพริบฉุกเฉิน การเปิดสวิตช์ไฟฉุกเฉินเพื่อเตือนให้ผู้ขับขี่รถคันอื่นทราบ ตำแหน่งการติดตั้งสวิตช์ฉุกเฉินส่วนใหญ่จะติดตั้งบนแผงควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า บางรุ่นติดตั้งบนคอพวงมาลัย

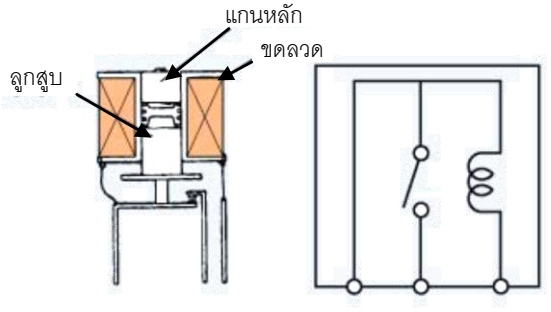


(ก) สวิตช์ไฟเลี้ยว (ข) สวิตช์ไฟฉุกเฉิน

รูปที่ 8.6 สวิตช์ไฟเลี้ยวและสวิตช์ไฟฉุกเฉิน

8.4 รีเลย์

วงจรไฟแสงสว่างทั้งไฟหน้า ไฟท้ายและไฟหรี่ ส่วนใหญ่จะใช้รีเลย์เป็นตัวต่อทางไฟฟ้า เนื่องจากวงจรไฟแสงสว่างจะใช้กระแสไฟฟ้าค่อนข้างสูง การใช้รีเลย์ช่วยให้การควบคุมสะดวก ใช้สวิตช์ควบคุมขนาดเล็กลงได้ สวิตช์มีอายุการใช้งานยาวนาน ทำให้กระแสไฟฟ้าผ่านไปยังภาระ (หลอดไฟ) ได้เต็มที่ และช่วยลดแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมในวงจร กล่าวคือรีเลย์เป็นสวิตช์แม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งใช้หลักการแม่เหล็กไฟฟ้าไปยังสะพานไฟ ซึ่งยอมให้ปริมาณกระแสไฟฟ้าเล็กน้อยไปควบคุมกระแสไฟฟ้าจำนวนมากได้

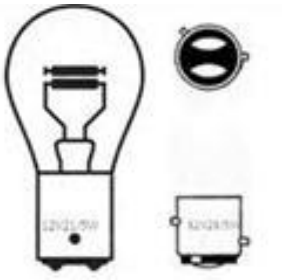


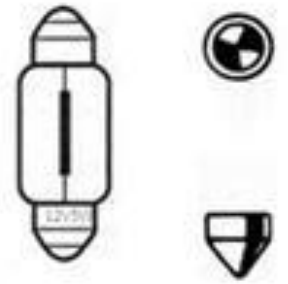
รูปที่ 8.7 รีเลย์

8.5 ชนิดของหลอดไฟรถยนต์

หลอดไฟที่ใช้ในรถยนต์มีอยู่หลากหลาย ซึ่งขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ของการใช้งาน หลอดไฟจะมีการกำหนดขนาดแรงเคลื่อนไฟฟ้า (โวลต์) และกำลังไฟฟ้า (วัตต์) ติดไว้ที่ข้างตัวหลอดเพื่อให้สามารถเลือกใช้หลอดไฟได้อย่างถูกต้องกับวงจรไฟฟ้านั้น ๆ ภายในตัวหลอดแก้วของหลอดไฟจะเป็นสุญญากาศบรรจุพวกแก๊สเฉื่อยไว้ภายในและไส้หลอดไฟจะทำด้วยโลหะผสมทังสเตน

ชนิดของหลอดไฟ	การนำไปใช้งาน
 หลอดไฟหน้า (ไฟใหญ่)	ไฟหน้ารถยนต์ (ไฟสูง/ไฟต่ำ)

ชนิดของหลอดไฟ	การนำไปใช้งาน
 ไฟตัดหมอก	ไฟตัดหมอก
 หลอดไฟแบบไส้เดียว	ไฟหรี่ ไฟเลี้ยวและไฟถอยหลัง ไฟส่องป้ายทะเบียน
 หลอดไฟแบบ 2 ไส้	ไฟท้าย (ไฟเบรก/ไฟหรี่) ซึ่งทั้งสองไส้ของหลอดไฟแบบนี้จะมีวัตต์ต่างกัน
 หลอดไฟแบบเสียบ	ไฟหรี่ ไฟเลี้ยว ไฟถอยหลัง ไฟส่องสว่างหน้าปัด

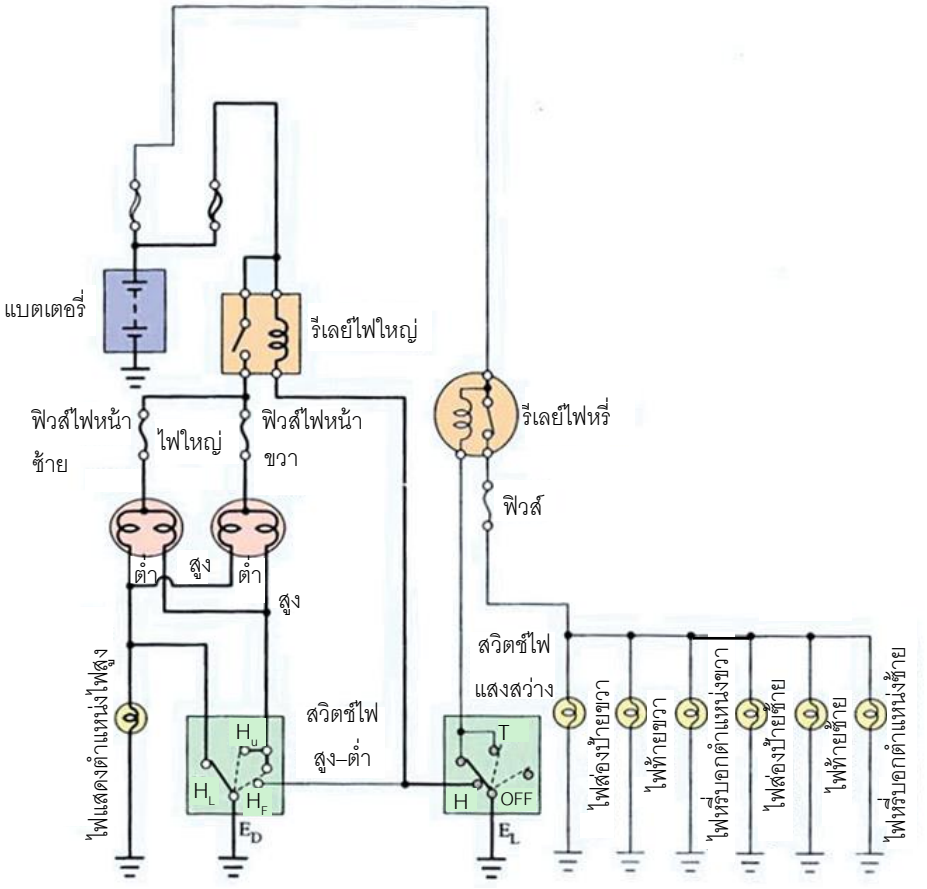
ชนิดของหลอดไฟ	การนำไปใช้งาน
 หลอดไฟแบบ 2 ขั้ว	ไฟในเก๋ง ไฟส่องสว่างที่ประตูรถ ไฟส่องป้ายทะเบียน

8.6 การทำงานของระบบไฟแสงสว่าง

8.6.1 การทำงานของระบบไฟแสงสว่างด้านหน้า (ไฟใหญ่)

อุปกรณ์ระบบไฟแสงสว่าง วงจรไฟฟ้าและการทำงานของวงจรไฟแสงสว่างของรถยนต์แต่ละรุ่นมีความหลากหลายและแตกต่างกันออกไปบ้าง แต่โดยภาพรวมจะเหมือนกัน เช่นบางรุ่นจะใช้รีเลย์ควบคุม บางรุ่นไม่ใช้รีเลย์ควบคุม เป็นต้น ในที่นี้ขออธิบายการทำงานของระบบไฟแสงสว่างด้านหน้าแบบใช้รีเลย์พอเข้าใจดังนี้

ไฟใหญ่ของรถยนต์จะติดสว่างเมื่อผู้ขับขี่รถเปิดสวิตช์ไฟแสงสว่างไปในตำแหน่ง H (ไฟใหญ่) หรือกดสวิตช์ไฟสูง–ต่ำไปในตำแหน่ง HF(ไฟขอทาง) กระแสไฟฟ้าจะไหลไปยังสวิตช์ ผ่านหน้าสัมผัสของสวิตช์ที่ติดกันอยู่ ไปยังรีเลย์ควบคุมไฟแสงสว่าง และไส้หลอดไฟสูงให้ติดสว่างขึ้น วงจรไฟใหญ่จะแยกออกจากวงจรอื่น ๆ โดยมีฟิวส์ควบคุมการทำงานของระบบเพื่อป้องกันวงจร ส่วนรีเลย์ไฟหรี่จะทำงานเมื่อปรับสวิตช์ไฟแสงสว่างไฟในตำแหน่ง T เป็นผลให้ไฟหรี่ ไฟท้าย ไฟส่องสว่างหน้าปัด และไฟส่องป้ายทะเบียนติดสว่างขึ้น



รูปที่ 8.8 การทำงานของวงจรไฟหน้า (ไฟใหญ่)

ตำแหน่งไฟหรี่ เมื่อบิดสวิตช์ไฟแสงสว่างไปในตำแหน่ง TAIL หรือ HEAD กระแสไฟฟ้าจะไหลจากแบตเตอรี่ผ่านขดลวดรีเลย์ลงกราวด์ที่สวิตช์ไฟแสงสว่างหน้า ทองขาวของรีเลย์ไฟหรี่(สะพานไฟ) จะสัมผัสกันเป็นเหตุให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านไฟยังหลอดไฟหรี่ ทำให้ไฟหรี่ติดสว่างขึ้น

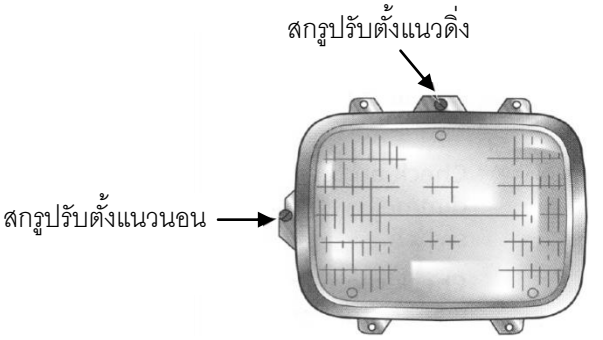
ตำแหน่งไฟต่ำ เมื่อผู้ขับขี่รถเปิดสวิตช์ไฟแสงสว่างไปในตำแหน่งH(ไฟใหญ่)รีเลย์ไฟแสงสว่างทำงาน และในเวลาเดียวกันสวิตช์ไฟสูง–ต่ำก็อยู่ในตำแหน่ง HL (ไฟต่ำ) กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านฟิวส์ไปยังไส้หลอดไฟต่ำของหลอดไฟใหญ่ขั้ว HLและ ED ของสวิตช์ไฟสูงต่ำลงกราวด์ตามลำดับ เป็นเหตุให้ไฟสว่างขึ้นในตำแหน่งไฟต่ำ ในเวลาเดียวกันไฟหรี่ ไฟส่องป้าย ไฟแสดงตำแหน่งรถจะยังทำงานอยู่ เมื่อรีเลย์ไฟหรี่ทำงาน (รีเลย์ไฟหรี่และสวิตช์ไฟหรี่ยังคงทำงานอยู่)

ตำแหน่งไฟสูง เมื่อบิดสวิตช์ไฟแสงสว่างไปในตำแหน่งขั้ว H(ไฟใหญ่)ทำให้รีเลย์ไฟแสงสว่างทำงาน ถ้าในเวลานั้นสวิตช์ไฟสูง–ต่ำอยู่ในตำแหน่ง HU (ลำแสงไฟสูง) กระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่จะไหลผ่านจากหลอดไฟสูงของไฟใหญ่ไปขั้ว HU ED และลงกราวด์ตามลำดับ เป็นเหตุให้ไฟสว่างขึ้นในตำแหน่ง

ไฟสูง ในเวลาเดียวกันไฟหรี่ ไฟส่องป้ายจะติดสว่างเช่นเดียวกัน เป็นเพราะรีเลย์ไฟหรี่ยังทำงานอยู่ ส่วนไฟแสดงตำแหน่งไฟสูงจะติดสว่างขึ้นเมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านไส้หลอดไฟต่ำลงกราวด์

ตำแหน่งไฟขอทางของไฟใหญ่ การเปิดไฟขอทางเป็นการเตือนให้ผู้ขับขี่รถที่สวนทางมาลดระดับลำแสงไฟใหญ่ให้ต่ำลงเมื่อผู้ขับขี่ปรับสวิตช์ไฟสูง–ต่ำไปตำแหน่งHF(ไฟขอทาง)และปล่อยกลับทำให้กระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ไหลโดยตรงผ่านสวิตช์ไฟสูง–ต่ำชั่ว ขณะไฟแสดงตำแหน่งไฟสูงที่หน้าปัดจะติดสว่างขึ้นและดับลง เมื่อสิ้นสุดการทำงานของไฟขอทาง

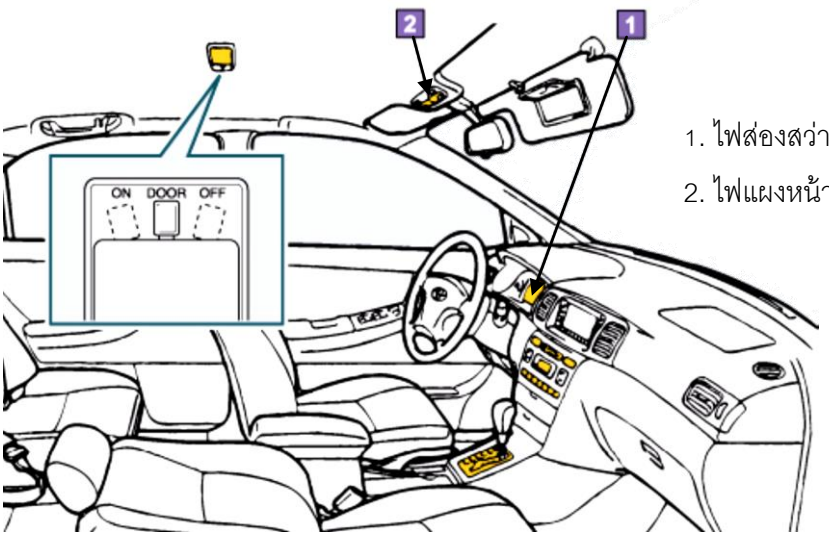
การปรับตั้งไฟหน้า การปรับตั้งโคมไฟหน้าให้สูงขึ้นหรือต่ำลง ทำได้โดยขันหรือคลายสกรูปรับตั้งในแนวดิ่ง ซึ่งหากขันเข้าหรือหมุนตามเข็มนาฬิกา จะทำให้โคมไฟหน้าสูงขึ้น (เงยขึ้น) ถ้าคลายออกหรือหมุนทวนเข็มนาฬิกา โคมไฟหน้าจะต่ำลง (ก้มลง)ส่วนการปรับให้โคมไฟหน้าเอียงไปทางซ้ายหรือขวาทำได้โดยการขันหรือคลายสกรูปรับตั้งในแนวนอน ดังแสดงในรูปที่ 8.9



รูปที่ 8.9 การปรับตั้งไฟหน้า

8.6.2 การทำงานของระบบไฟส่องสว่างภายในห้องโดยสาร (ไฟเก๋ง)

ไฟส่องสว่างภายในห้องโดยสารหรือไฟเก๋งมีสวิตช์ 2 ตัว คือ สวิตช์ที่เปิดปิดไฟ และสวิตช์ที่ประตูรถ ไฟส่องสว่างภายใน อาจติดตั้งที่หลังคารถด้านที่นั่งคนขับหรือด้านผู้โดยสารหรือทั้ง 2 ตำแหน่ง



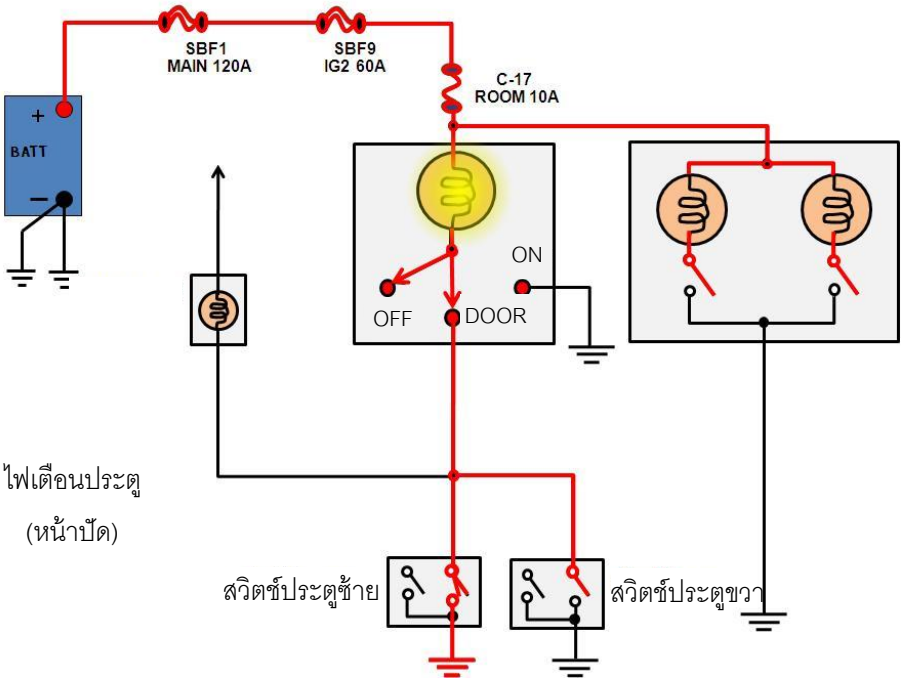
รูปที่ 8.10 ไฟส่องสว่างภายในห้องโดยสาร (ไฟในเก๋ง)

โคมไฟในเก๋งมีการทำงาน3จังหวะคือ

1. **จังหวะปิด**(OFF) เป็นจังหวะที่ต้องการปิดไฟในเก๋ง เป็นจังหวะที่ไม่มีสัญญาณกราวด์มาที่โคมไฟทำให้หลอดไฟไม่สว่าง

2. **จังหวะเปิด**(ON) เป็นจังหวะที่ต้องการเปิดไฟในเก๋งให้หลอดติดโดยไม่ต้องเปิดประตูรถยนต์ โดยดันสวิตช์ไฟมาที่จังหวะ ON หลอดไฟจะติดสว่างโดยอาศัยสัญญาณกราวด์จากตัวถังรถยนต์ที่มารออยู่ที่โคมไฟในเก๋ง

3. **จังหวะเปิดประตู**(DOOR) เป็นจังหวะที่หลอดไฟติด ในขณะที่เปิดประตูรถยนต์ข้างใดข้างหนึ่ง โดยดันสวิตช์โคมไฟในเก๋งมาที่จังหวะ DOOR แล้วเปิดประตูจะทำให้สัญญาณกราวด์จากสวิตช์ประตูไหลผ่านสวิตช์มาที่โคมไฟในเก๋ง ทำให้หลอดไฟติดสว่าง แต่เมื่อปิดประตูสวิตช์ข้างประตูจะถูกตัดสัญญาณกราวด์ทำให้หลอดไฟในเก๋งดับ



รูปที่ 8.11 การทำงานของวงจรไฟส่องสว่างภายในห้องโดยสารหรือไฟในเก๋งและไฟประตู

8.7 การทำงานของระบบไฟสัญญาณ

8.7.1 การทำงานของระบบไฟเลี้ยวและไฟฉุกเฉิน

ระบบไฟเลี้ยวและไฟฉุกเฉินประกอบด้วยอุปกรณ์หลักได้แก่ สวิตช์ไฟเลี้ยวสวิตช์ไฟฉุกเฉิน และแฟลชเชอร์

แฟลชเชอร์(Flasher) **หรือรีเลย์ไฟเลี้ยว** ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ตัดต่อทางไฟฟ้าเพื่อให้ไฟเลี้ยวกระพริบเป็นจังหวะด้วยความถี่ประมาณ 60–120 ครั้งต่อนาทีแฟลชเชอร์ที่ใช้มี 5 แบบคือ

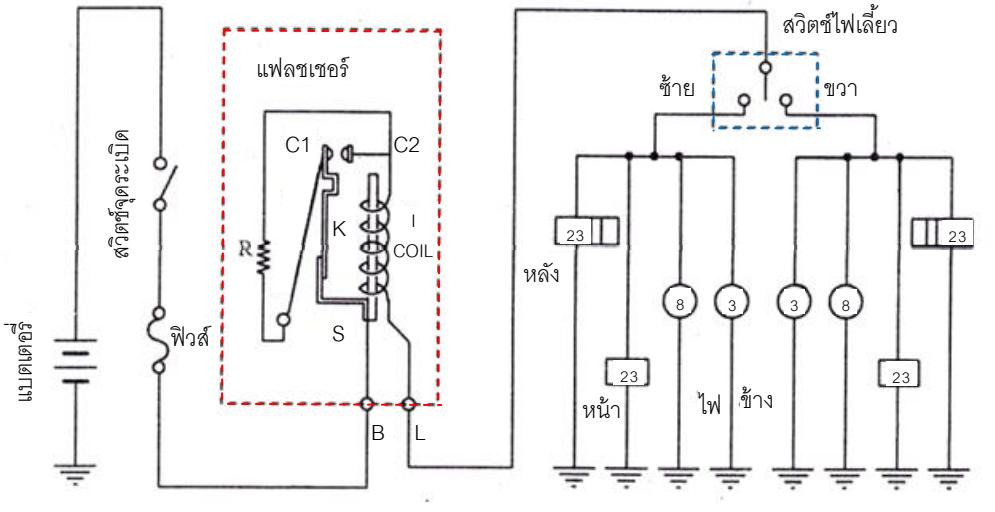
1. แบบลวดความร้อน (Hot Wire Type)
2. แบบโลหะคู่ควบ (Bimetal Type)
3. แบบคอนเดนเซอร์และรีเลย์หรือแบบคาปาซิเตอร์(Condenser and Relay Type)
4. แบบกึ่งทรานซิสเตอร์ (Semi–Transistor)
5. แบบไอซีหรือแบบทรานซิสเตอร์(IC Type or Transistor)

ในที่นี้จะอธิบายการทำงานของวงจรไฟเลี้ยวที่ใช้แฟลชเชอร์บางแบบ ซึ่งทุกแบบมีหลักการทำงานโดยภาพรวมเหมือนกัน ดังนี้

1. แบบขดลวดความร้อน การทำงานของวงจรไฟเลี้ยวแบบใช้แฟลชเชอร์แบบขดลวดความร้อน เมื่อเปิดสวิตช์จุดระเบิดและสวิตช์ไฟเลี้ยว กระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่จะผ่านสวิตช์จุดระเบิดไปยังฟิวส์เข้าขั้ว Bของแฟลชเชอร์คอนแทก C1 ลวดความร้อนความต้านทาน R ผ่านคอยล์ออกขั้ว L ของแฟลชเชอร์เข้าสวิตช์ไฟเลี้ยวผ่านหลอดไฟเลี้ยวลงกราวด์ครบวงจรทำให้คอยล์ของแฟลชเชอร์มีอำนาจแม่เหล็ก อย่างไรก็ตามในช่วงนี้กระแสไฟฟ้าต้องผ่านลวดความร้อนและความต้านทานจึงทำให้มีกระแสไฟฟ้าไปเลี้ยงหลอดไฟเลี้ยวน้อยมาก ไม่สามารถทำให้ไฟเลี้ยวติดได้

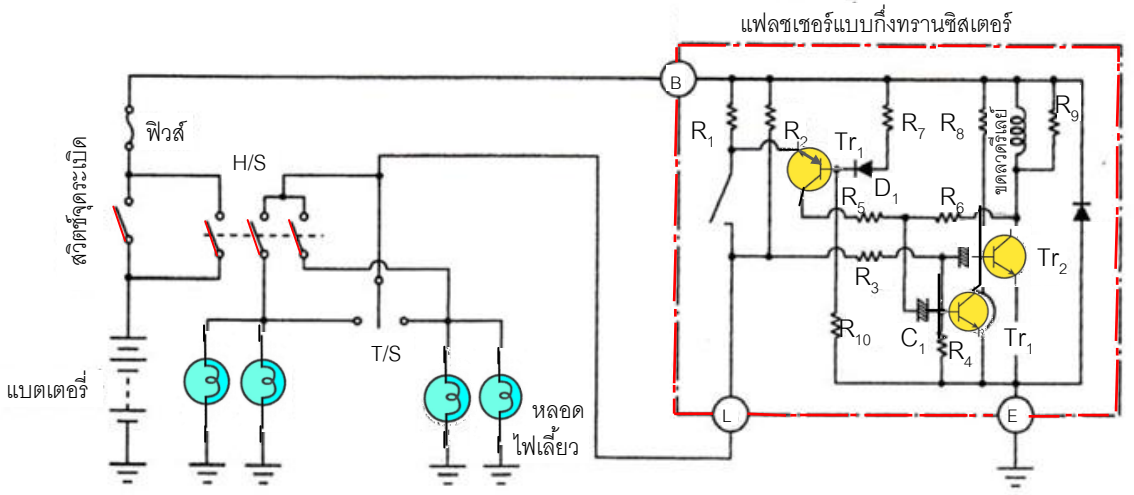
เมื่อไรก็ตามลวดความร้อนมีกระแสไฟฟ้าผ่านลวดความร้อนจะร้อนและยืดตัวออก คอยล์จึงดูดคอนแทก C1 ให้มาต่อกับคอนแทก C2 ทำให้กระแสไฟฟ้าที่มาจากขั้ว B ของแฟลชเชอร์ผ่านคอนแทก C1ซึ่งต่อกับ C2 ผ่านคอยล์ออกขั้ว L ของแฟลชเชอร์ผ่านเข้าสวิตช์ไฟเลี้ยวไปยังหลอดไฟเลี้ยวลงกราวด์ครบวงจรทำให้หลอดไฟเลี้ยวติด ซึ่งขณะนี้ไม่มีกระแสไฟฟ้าผ่านลวดความร้อนของแฟลชเชอร์ลวดความร้อนจะเย็นลงและหดตัวดึงคอนแทก C1 ชนะแรงดูดของคอยล์แยกออกจาก C2 หลอดไฟเลี้ยวจึงดับและกลับไปเริ่มต้นทำงานใหม่ทำให้ไฟเลี้ยวเกิดการกระพริบเป็นจังหวะ

ส่วนแบบโลหะคู่ควบ แบบคอนเดนเซอร์และรีเลย์ (แบบคาปาซิเตอร์) การทำงานภายในมีพื้นฐานคล้ายกับแบบขดลวดความร้อน แต่ต่างกันที่การใช้โลหะควบคู่ คอนเดนเซอร์ และรีเลย์ควบคุมการทำงานร่วมกับลวดความร้อน ซึ่งอาศัยหลักการของอุณหภูมิที่ขดลวดความร้อนทำงานร่วมกับหน้าทองขาว โดยการโก่งตัวและเย็นตัวของโลหะเมื่อมีอุณหภูมิสูงขึ้นหรือลดลง รวมทั้งการเก็บประจุและคายประจุของคาปาซิเตอร์ เพื่อตัดต่อทางไฟฟ้าเพื่อควบคุมให้แฟลชเชอร์ทำงาน ให้หลอดไฟเลี้ยวกระพริบเป็นจังหวะได้



รูปที่ 8.12 วงจรการทำงานของแฟลชเชอร์แบบขดลวดความร้อน

2. แบบกึ่งทรานซิสเตอร์ การทำงานของวงจรไฟเลี้ยวที่ใช้แฟลชเชอร์แบบกึ่งทรานซิสเตอร์แฟลชเชอร์แบบนี้ภายในจะประกอบด้วยวงจรทรานซิสเตอร์และรีเลย์ ดังแสดงในรูปที่ 8.13



รูปที่ 8.13 วงจรการทำงานของแฟลชเชอร์แบบกึ่งทรานซิสเตอร์

การทำงานเมื่อเปิดสวิตช์จุดระเบิด และสวิตช์ไฟเลี้ยว กระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่จะผ่านสวิตช์จุดระเบิดผ่านฟิวส์เข้าขั้ว B ของแฟลชเชอร์ผ่านชุดทรานซิสเตอร์ทำให้มีกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดรีเลย์ของแฟลชเชอร์ลงกราวด์ครบวงจรขดลวดรีเลย์ จึงมีอำนาจแม่เหล็กดูดให้คอนแทกมาต่อกันกระแสไฟฟ้าจากขั้ว B ของแฟลชเชอร์จึงผ่าน R1 ผ่านคอนแทกที่ต่อกันออกขั้ว L ผ่านสวิตช์ไฟเลี้ยวผ่านหลอดไฟเลี้ยวลงกราวด์ครบวงจรทำให้หลอดไฟเลี้ยวติด ในเวลาเดียวกันคอนเดนเซอร์ที่รับประจุไฟฟ้าในขณะที่คอนแทกต่อกันจะหน่วงเวลาไว้เล็กน้อยแล้วจึงคายประจุออกเป็นผลให้ชุดทรานซิสเตอร์หยุดการทำงานกระแสไฟฟ้าที่ไหลเลี้ยงขดลวดรีเลย์ไม่สามารถไปลงกราวด์ได้ ขดลวดรีเลย์จึงหมดอำนาจแม่เหล็กคอนแทกจึงแยกตัวออกทำให้หลอดไฟเลี้ยวดับเป็นการเริ่มต้นการทำงานใหม่

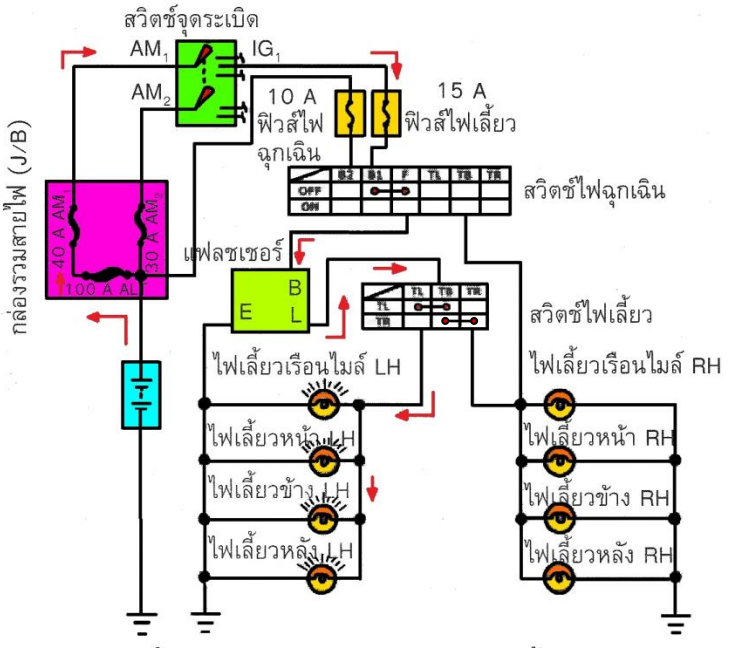
3. แบบไอซี (แบบทรานซิสเตอร์)แฟลชเชอร์แบบนี้จะใช้วงจรทรานซิสเตอร์จึงทำให้มีขนาดเล็กและมีน้ำหนักเบาการทำงานภายในมีพื้นฐานคล้ายกับแบบกึ่งทรานซิสเตอร์แต่จะไม่มีขดลวดรีเลย์และคอนแทก

การทำงานของวงจรไฟเลี้ยวมีรายละเอียดดังนี้

เมื่อเปิดสวิตช์จุดระเบิดตำแหน่ง ON กระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่จะผ่านฟิวส์สาย ขั้ว IG ของสวิตช์จุดระเบิดผ่านฟิวส์ไฟเลี้ยว 15 A เข้าไปที่ขั้ว B1 ของแฟลชเชอร์ออกขั้ว F เข้าขั้ว B ของแฟลชเชอร์ออกขั้ว L ไปรอที่สวิตช์ไฟเลี้ยวที่ขั้ว TB

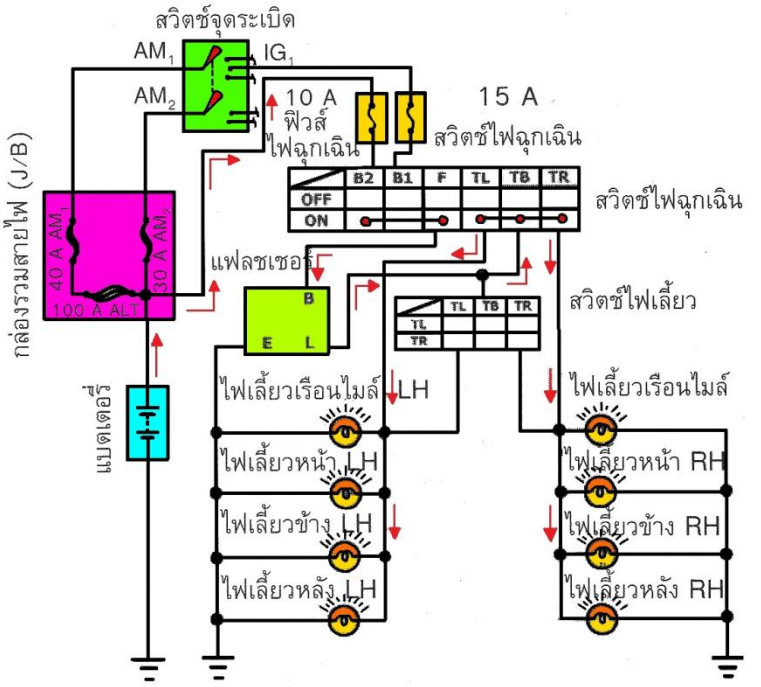
ตำแหน่งไฟเลี้ยวซ้ายเมื่อเปิดสวิตช์ไฟเลี้ยวไปตำแหน่งไฟเลี้ยวซ้ายจะทำให้กระแสไฟฟ้าจากขั้ว L ของแฟลชเชอร์ผ่านไปที่ขั้ว TB และ TL ของสวิตช์ไฟเลี้ยวผ่านเข้าหลอดไฟเลี้ยวซ้ายลงกราวด์ครบวงจร ทำให้หลอดไฟเลี้ยวซ้ายด้านหน้า ด้านหลังและหลอดไฟเตือนบนหน้าปัดติดกระพริบพร้อมกันเป็นจังหวะ

ตำแหน่งไฟเลี้ยวขวาเมื่อเปิดสวิตช์ไฟเลี้ยวไปที่ตำแหน่งเลี้ยวขวา จะทำให้กระแสไฟฟ้าจากขั้ว L ของแฟลชเชอร์ผ่านไปที่ขั้ว TB และ TR ของสวิตช์ไฟเลี้ยวผ่านเข้าหลอดไฟเลี้ยวขวาลงกราวด์ครบวงจรทำให้หลอดไฟเลี้ยวขวาด้านหน้า ด้านหลังและหลอดไฟเตือนบนหน้าปัดติดกระพริบพร้อมกันเป็นจังหวะ



รูปที่ 8.14 การทำงานของวงจรไฟเลี้ยว

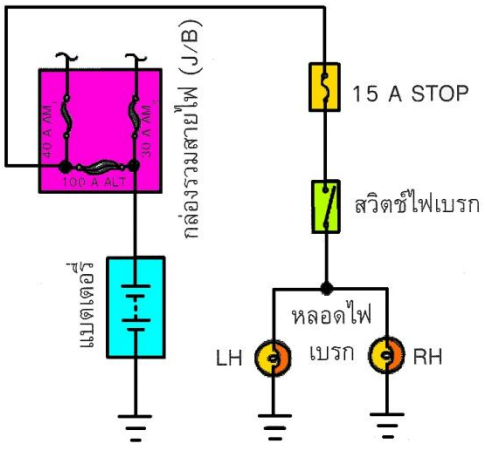
ตำแหน่งไฟฉุกเฉินเมื่อเปิดสวิตช์ไฟฉุกเฉินไปตำแหน่ง ON กระแสไฟฟ้าจากขั้วบวกของแบตเตอรี่จะผ่านฟิวส์ไฟฉุกเฉินเข้าขั้ว B2 ออกขั้ว F ผ่านเข้าไปในแฟลชเชอร์ที่ขั้ว B ออกที่ขั้ว L ไปยังสวิตช์ฉุกเฉินผ่านขั้ว TB และ TL เข้าหลอดไฟเลี้ยวซ้ายและผ่านขั้ว RH เข้าหลอดไฟเลี้ยวขวาลงกราวด์ครบวงจร ทำให้หลอดไฟเลี้ยวทั้งซ้ายและขวารวมทั้งหลอดไฟเตือนไฟเลี้ยวทั้งสองที่หน้าปัดติดกระพริบพร้อมกันเป็นจังหวะจากการทำงานของแฟลชเชอร์ดังกล่าว



รูปที่ 8.15 การทำงานของวงจรไฟฉุกเฉิน

8.7.2 การทำงานของวงจรไฟเบรก

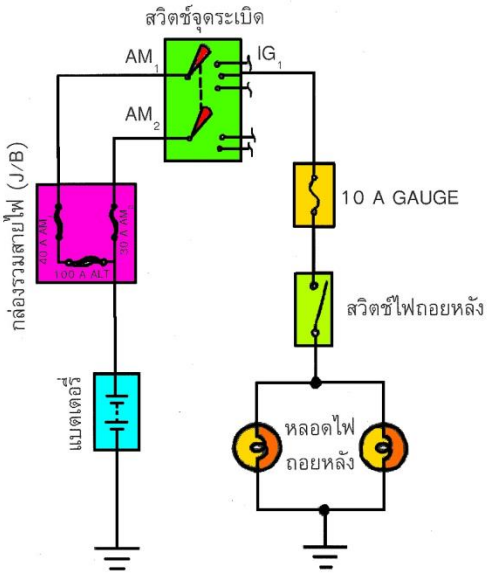
ในวงจรไฟเบรกถ้าเป็นสวิตช์ไฟเบรกแบบกลไกจะรับการตัด ต่อจากคันเหยียบเบรกแต่ถ้าเป็นสวิตช์ไฟเบรกแบบแรงดัน เมื่อเหยียบเบรกแรงดันน้ำมันในแม่ปั๊มเบรกจะเป็นตัวทำให้สวิตช์ไฟเบรกตัดต่อทางไฟฟ้า โดยทั่วไปรถยนต์จะใช้สวิตช์ไฟเบรกแบบกลไกอาศัยการทำงานของคันเหยียบเบรกปกติคันเหยียบเบรกจะดันให้สะพานไฟ (หน้าคอนแทก) จากกันโดยชนะแรงดันสปริงของสวิตช์ เมื่อไม่เหยียบเบรกสปริงดึงคันเหยียบเบรกจะดึงคันเหยียบเบรกให้กดแกนสวิตช์ไฟเบรกดันให้สะพานไฟไม่ต่อกันทำให้กระแสไฟฟ้าไหลไม่ได้หลอดไฟเบรกจึงดับ แต่เมื่อเหยียบเบรกคันเหยียบเบรกจะเคลื่อนตัวลงต่ำปุ่มสวิตช์เบรกจะเป็นอิสระสปริงในสวิตช์จะดันให้สะพานไฟต่อกัน ทำให้กระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ไหลผ่านฟิวส์ไฟเบรก สวิตช์ไฟเบรกไปยังหลอดไฟเบรกทั้งสองข้างและลงกราวด์ครบวงจร หลอดไฟเบรกจึงติดสว่างขึ้น



รูปที่ 8.16 การทำงานของวงจรไฟเบรก

8.7.3 การทำงานของวงจรไฟเกียร์ถอยหลัง

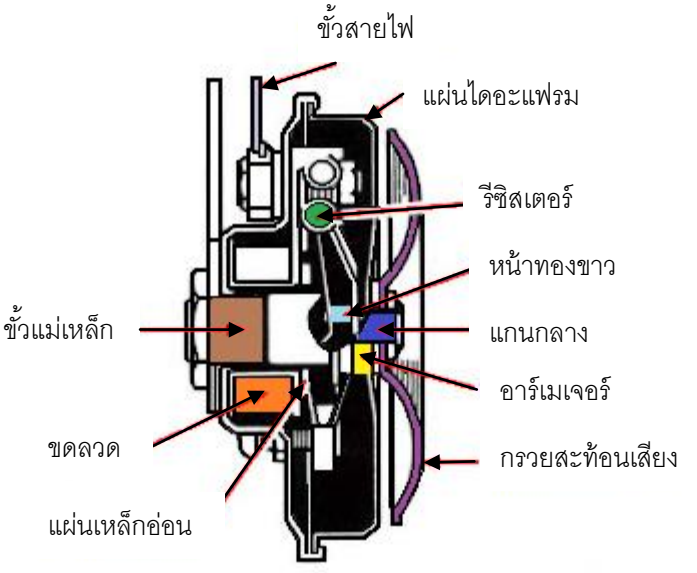
เมื่อเปิดสวิตช์จุดระเบิดตำแหน่งIG และเข้าเกียร์ถอยหลังกระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่จะไหลผ่านสวิตช์จุดระเบิดฟิวส์ไฟถอย สวิตช์ไฟถอย (สวิตช์ไฟถอยจะติดตั้งอยู่ที่ท้ายกระปุกเกียร์จะต่อวงจรเมื่อเข้าเกียร์ถอยหลังเท่านั้น)ผ่านหลอดไฟถอยลงกราวด์ครบวงจร ทำให้หลอดไฟถอยหลังติดสว่างขึ้น เมื่อปลดคันเกียร์จากตำแหน่งถอยหลังจะเป็นการปลดสวิตช์ไฟถอยหลังไม่ให้ต่อทางไฟหลอดไฟถอยหลังจึงดับลง



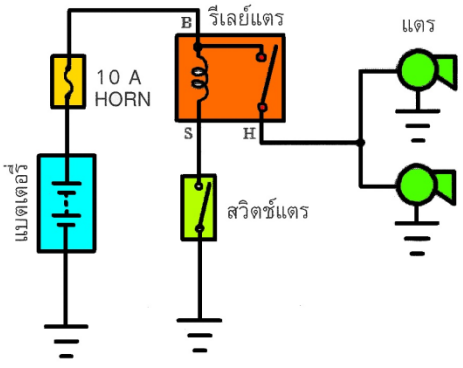
รูปที่ 8.17 การทำงานของวงจรไฟถอยหลัง

8.7.4 การทำงานของวงจรแตร

วงจรแตร โดยทั่วไปจำแนกเป็นแบบธรรมดา (ไม่ใช้รีเลย์) และแบบใช้รีเลย์ ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้รีเลย์ควบคุม เพื่อยืดอายุการใช้งานของสวิตช์แตรและลดแรงเคลื่อนไฟฟ้าตกคร่อมในวงจร การทำงานของวงจรแตรแบบใช้รีเลย์ กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านฟิวส์มารอที่ขั้วของรีเลย์แตร (ไม่ผ่านสวิตช์จุดระเบิด) และอีกทางหนึ่งกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดของรีเลย์แตรมารออยู่ที่สวิตช์แตรบนพวงมาลัย เมื่อกดสวิตช์แตร กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านสวิตช์แตรลงกราวด์ครบวงจรทำให้คอนแทกของรีเลย์แตรต่อเนื่องกัน กระแสไฟฟ้าจึงไหลผ่านคอนแทกของรีเลย์แตรไปยังแตรลงกราวด์ ทำให้แผ่นไดอะแฟรมของแตรสั่นด้วยความถี่สูงทำให้เกิดเสียงดังขึ้น



รูปที่ 8.18 โครงสร้างแตร



รูปที่ 8.19 การทำงานของวงจรแตร

8.8 การตรวจสอบ วิเคราะห์ปัญหาและบริการระบบไฟแสงสว่างและสัญญาณ

การตรวจสอบและวิเคราะห์ปัญหาระบบไฟแสงสว่างและสัญญาณ ปัญหาที่พบโดยทั่วไปดังแสดงในตารางที่ 8.1

ตารางที่ 8.1 การวิเคราะห์ปัญหาระบบไฟแสงสว่างและสัญญาณ

ปัญหา	สาเหตุที่เป็นไปได้	การแก้ไข
1. หลอดไฟทั้งหมดในวงจรไฟแสงสว่างและสัญญาณไม่ทำงาน	1. แหล่งจ่ายไฟหรือวงจรกราวด์เปิดวงจรหรือขัดข้อง 2. ฟิวส์ขาด 3. สวิตช์ชำรุด	1. ตรวจสอบและแก้ไขแหล่งจ่ายไฟหรือวงจรลงกราวด์ 2. เปลี่ยนฟิวส์ใหม่ 3. แก้ไขหรือเปลี่ยนใหม่
2. หลอดไฟหลอดใดหลอดหนึ่งไม่ทำงาน	1. หลอดไฟชำรุด 2. วงจรเปิด	1. เปลี่ยนหลอดไฟใหม่ 2. ซ่อมและแก้ไขวงจรใหม่
3. หลอดไฟทุกดวงในวงจรมืดสลัว(หรี่)	มีความต้านทานสูงในวงจรแหล่งจ่ายไฟและวงจรกราวด์	ตรวจสอบวงจรและแก้ไขใหม่
4. ไฟต่ำของหลอดไฟหน้าทั้ง 2 หลอดไม่ติด	1. หลอดไฟหน้า(ไส้ไฟต่ำ)ขาด 2. สวิตช์ไฟสูง–ต่ำชำรุด 3. ขั้วต่อสายไฟชำรุด 4. ฟิวส์ชำรุด 5. แหล่งจ่ายไฟหรือวงจรกราวด์เปิดวงจรหรือขัดข้อง	1. เปลี่ยนหลอดไฟหน้า 2. แก้ไข/เปลี่ยนถ้าจำเป็น 3. แก้ไข/เปลี่ยนถ้าจำเป็น 4. เปลี่ยนฟิวส์ใหม่ 5. ตรวจสอบและแก้ไขแหล่งจ่ายไฟหรือวงจรกราวด์ใหม่
5. ไฟหน้าทำงานไม่ถูกต้อง	1. ชุดขั้วหลอดไฟหลวม 2. โครงยึดโคมไฟหน้าชำรุด 3. ปรับตั้งไฟหน้าไม่ถูกต้อง	1. ตรวจสอบและแก้ไขใหม่ 2. ตรวจสอบและแก้ไขใหม่ 3. ปรับตั้งไฟหน้าใหม่
6. ไฟสูงของหลอดไฟหน้าไม่ทำงานหลอดใดหลอดหนึ่ง	1. หลอดขาด 2. มีความต้านทานสูงในวงจรจ่ายไฟหรือวงจรกราวด์	1. เปลี่ยนหลอดไฟใหม่ 2. ตรวจสอบและแก้ไขใหม่ในวงจรจ่ายไฟหรือวงจรกราวด์

ตารางที่ 8.1(ต่อ) การวิเคราะห์ปัญหาระบบไฟแสงสว่างและสัญญาณ

ปัญหา	สาเหตุที่เป็นไปได้	การแก้ไข
7. ไฟสูงของหลอดไฟหน้าไม่ทำงานทั้งสองหลอด	1. แหล่งจ่ายไฟหรือวงจรกราวด์เปิดวงจร 2. สวิตช์ชำรุด 3. ฟิวส์ขาด 4. หลอดไฟชำรุด	1. ตรวจสอบและแก้ไขวงจรแหล่งจ่ายไฟหรือวงจรลงกราวด์ใหม่ 2. แก้ไขหรือเปลี่ยนสวิตช์ใหม่ 3. เปลี่ยนฟิวส์ใหม่ 4. เปลี่ยนหลอดไฟใหม่
8. หลอดไฟวงจรไฟหรี่ไม่ทำงาน	1. ฟิวส์ขาด 2. หลอดขาด 3. สายไฟ ขั้วต่อสายไฟและฟิวส์หลวมหรือชำรุด 4. รีเลย์ชำรุด 5. การกัดกร่อน/สนิมในชุดหลอดไฟ (ขั้วหลอดไฟ ขั้วต่อ) 6. สะพานไฟสวิตช์ชำรุด	1. เปลี่ยนฟิวส์ไฟหรี่ 2. เปลี่ยนหลอดไฟใหม่ 3. แก้ไข/เปลี่ยนขั้วต่อสายไฟหรือสายไฟใหม่ 4. ตรวจสอบรีเลย์และเปลี่ยนใหม่ 5. ทำความสะอาดและแก้ไขใหม่ 6. ซ่อมหรือเปลี่ยนสวิตช์ใหม่
9. การทำงานของหลอดไฟเลี้ยวกระพริบช้า	1. แฟลชเชอร์ชำรุด 2. มีความต้านทานสูงในวงจรจ่ายไฟหรือวงจรกราวด์ 3. ติดตั้งหลอดไฟไม่ถูกต้อง	1. เปลี่ยนแฟลชเชอร์ใหม่ 2. ตรวจสอบและแก้ไขวงจรแหล่งจ่ายไฟหรือวงจรลงกราวด์ใหม่ 3. ติดตั้งให้ถูกต้อง
10. หลอดไฟเลี้ยวด้านใดด้านหนึ่งไม่ทำงาน	1. หลอดไฟขาด 2. มีความต้านทานสูงในวงจรจ่ายไฟหรือวงจรกราวด์	1. เปลี่ยนหลอดไฟใหม่ 2. ตรวจสอบและแก้ไขวงจรแหล่งจ่ายไฟหรือวงจรลงกราวด์ใหม่

ขั้นตอนการทดสอบวงจรระบบไฟแสงสว่างและสัญญาณโดยทั่วไป มีรายละเอียดดังนี้

1. ตรวจสอบทางกายภาพ ใช้สายตาและการสัมผัสตรวจสอบการหลวมของสายไฟ ขั้วต่อสายไฟ สวิตช์ หรือข้อขัดข้องอื่น ๆ ที่เกิดขึ้นก่อนหน้านี้ทำความสะอาดขั้วต่อสายไฟทั้งหมด และยึดให้แน่น

2. ตรวจสอบสภาพการประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่ (อย่างน้อย70%) ดูรายละเอียดในหน่วยการเรียนที่ 4

3. ตรวจสอบหลอดไฟ โดยตรวจสอบทางกายภาพของหลอดไฟหรือทดสอบด้วยมัลติมิเตอร์และหรือทดสอบด้วยแบตเตอรี่

4. ตรวจสอบการต่อเนื่องของฟิวส์ด้วยมัลติมิเตอร์หรือหลอดไฟทดสอบ (ไม่ควรตรวจสอบด้วยสายตา)ให้ดูตำแหน่งการติดตั้งฟิวส์แต่ละตัวจากฝาครอบกล่องฟิวส์หรือคู่มือการซ่อม

5. ถ้าฟิวส์ใช้ได้ ให้ตรวจสอบการทำงานรีเลย์โดยใช้แบตเตอรี่และหลอดไฟทดสอบ

6. ตรวจสอบแรงเคลื่อนไฟฟ้าแหล่งจ่ายไฟที่จ่ายมายังสวิตช์ควบคุมไฟแสงสว่างและสัญญาณต่าง ๆ

7. ตรวจสอบแรงเคลื่อนไฟฟ้าแหล่งจ่ายไฟที่เข้ารีเลย์และออกจากรีเลย์

8. ตรวจสอบแรงเคลื่อนไฟฟ้าแหล่งจ่ายไฟไปยังหลอดไฟต่าง ๆ ของระบบไฟแสงสว่างและสัญญาณ

9. ตรวจการลงกราวด์ (ตรวจสอบการต่อเนื่องหรือแรงดัน) 0 โอห์ม หรือ 0 โวลต์

ข้อปฏิบัติทั่วไปในการบริการระบบไฟแสงสว่างและสัญญาณ มีรายละเอียดดังนี้

1. เลือกหลอดไฟให้ถูกต้องทั้งชนิด แบบ รูปร่างและขนาดแรงเคลื่อนไฟฟ้า (โวลต์) และกำลังไฟฟ้า (วัตต์)

2. ขั้วต่อสายไฟจะต้องแน่นและสะอาด

3. ขั้วเสียบสายไฟจะมีตัวล็อก ก่อนถอดจะต้องปลดล็อกออกก่อน เมื่อติดตั้งจะต้องใส่ตัวล็อกให้เข้าที่ เวลาถอดหรือติดตั้งต้องจับที่ปลั๊ก อย่าดึงที่สายไฟ

4. จับหลอดฮาโลเจนที่ฐานของหลอดไฟ ห้ามจับที่หลอดแก้วเพราะความร้อนสูง และจะทำให้หลอดไฟชำรุด

5. ระมัดระวังอย่าปรับสกรูปรับระดับโคมไฟแนวนอนและแนวตั้ง เพราะจะทำให้ลำแสงส่องสว่างผิดไปจากแนวเดิม เกิดอันตรายในการขับขี่

6. โคมไฟหรี่ ไฟท้ายจะมีปะเก็นยางครอบกันความชื้นและฝุ่นละออง จะต้องติดตั้งให้เข้าที่

7. รอยสัมผัสของขั้วไฟกับกราวด์จะต้องแน่นและสะอาดไม่มีสนิมและการกัดกร่อน

สรุปสาระสำคัญ

☐ ระบบไฟแสงสว่างโดยทั่วไปประกอบด้วยไฟหน้า (ไฟใหญ่)และไฟแสงสว่างต่าง ๆ ที่หลากหลายในรถยนต์เพื่อทำหน้าที่ให้แสงสว่างทั้งภายในและภายนอกรถยนต์

☐ ไฟหน้ารถยนต์โดยทั่วไปแบ่งเป็น 2 แบบ คือแบบซีลบีม และแบบกึ่งซีลบีม (แบบถอดแยกได้)

☐ ไส้หลอดไฟหน้าติดตั้งในโคมไฟซึ่งให้แสงสว่างสูงผ่านเลนส์ ซึ่งเลนส์ออกแบบมาเพื่อเปลี่ยนแสงสว่างรอบ ๆ โคมไฟให้แผ่ขยายได้กว้าง ไส้หลอดไฟหน้าจะจัดเตรียมไฟสูงและไฟต่ำเพื่อส่องสว่างด้านหน้ารถยนต์บนถนน

☐ ระบบไฟแสงสว่างและสัญญาณ ประกอบด้วย ไฟแสงสว่างหน้า(ไฟใหญ่)ไฟหรี่ ไฟท้าย ไฟส่องป้ายทะเบียน ไฟส่องสว่างหน้าปัด ไฟในเก๋ง ไฟตัดหมอก ไฟเลี้ยว ไฟฉุกเฉิน ไฟเบรก ไฟเกียร์ถอย และแตร

☐ สวิตช์ไฟหน้าสามารถใช้ควบคุมระบบไฟแสงสว่างที่หลากหลาย ส่วนใหญ่สวิตช์ไฟหน้าจะมีเซอร์กิตเบรกเกอร์ร่วมกับฟิวส์สาย และฟิวส์ย่อยป้องกันวงจร เมื่อภาระมากเกินไปหรือเกิดการลัดวงจร

☐ แฟลชเชอร์ถูกใช้ในวงจรไฟเลี้ยวและไฟฉุกเฉิน ออกแบบมาเพื่อให้หลอดไฟเลี้ยวกระพริบเป็นจังหวะ

☐ สวิตช์ไฟเบรกแบ่งเป็น 2 แบบ คือ แบบกลไกและแบบแรงดัน ทำงานโดยตัดต่อวงจรไฟฟ้าไปยังหลอดไฟเบรกเมื่อเหยียบเบรก

☐ วงจรไฟเกียร์ถอย จะใช้สวิตช์ไฟเกียร์ถอยที่ติดตั้งบนกระปุกเกียร์ ทำงานโดยตัดต่อวงจรไฟฟ้าไปยังหลอดไฟถอยเมื่อเปลี่ยนตำแหน่งเกียร์ถอยหลัง

☐ วงจรแตรรถยนต์ปัจจุบัน ส่วนใหญ่นิยมใช้แบบรีเลย์ควบคุม เพื่อลดแรงเคลื่อนไฟฟ้าตกคร่อมในวงจร ให้กระแสไฟฟ้าไปยังแตรได้เต็มที่ และลดกระแสไฟฟ้าไปยังสวิตช์แตร เป็นการยืดอายุการใช้งานของสวิตช์แตร

แบบฝึกหัดหน่วยที่ 8

ระบบไฟแสงสว่างและสัญญาณ

ตอนที่ 1 จงเติมคำตอบลงในช่องว่างให้ถูกต้อง

1. วงจรไฟแสงสว่างและสัญญาณ ทำหน้าที่.....

.....

2. วงจรไฟแสงสว่าง ประกอบด้วย.....

.....

3. .....เป็นอุปกรณ์ผลิตไฟแสงสว่างจากผลของกระแสไหลผ่าน.....
4. โดยทั่วไปจำนวนสายไฟมีจำนวน.....เส้น ที่ต่อไปหลอดไฟแบบไส้คู่
5. บางโรงงานผู้ผลิตรถยนต์จะใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์เป็นอุปกรณ์ป้องกันวงจรไฟหน้าแทนที่ฟิวส์เพราะ

.....

6. หลอดไฟหน้าแบบ.....ไม่มีไส้หลอด
7. หลอดไฟหน้ารถยนต์มี.....ไส้ คือ.....
8. หลอดไฟหน้าชนิดที่เปลี่ยนไส้หลอดไม่ได้ คือ.....
9. รีเลย์ ทำหน้าที่.....
10. แฟลชเชอร์ ทำหน้าที่.....

ตอนที่ 2จงทำเครื่องหมายถูก (✓)หรือผิด (✗) หน้าข้อความให้ถูกต้อง

.....1. แฟลชเชอร์ไฟเลี้ยว และไฟฉุกเฉิน ส่วนใหญ่ประกอบด้วยแถบโลหะไบมีทัลที่ไวต่ออุณหภูมิและขดลวดความร้อน

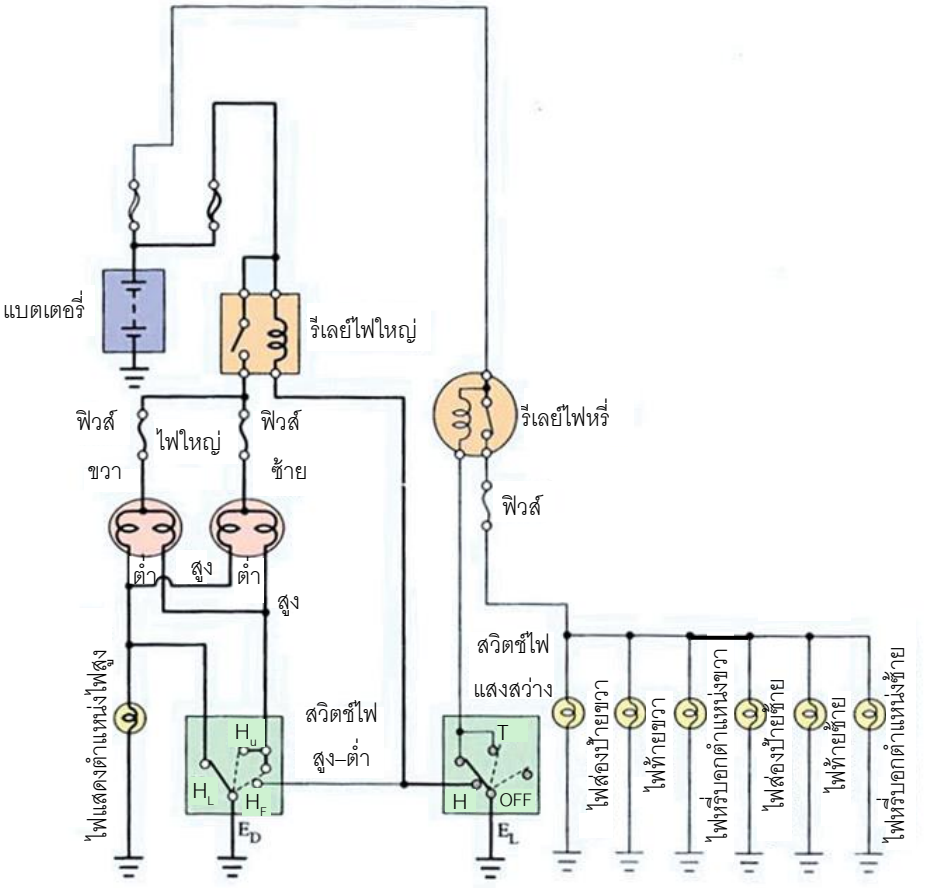
.....2. หลอดไฟหน้าแบบซีลบีม เมื่อไส้หลอดไฟขาด สามารถถอดเปลี่ยนหลอดไฟได้

.....3. รีเลย์ เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านเพียงเล็กน้อยที่สวิตช์ เพื่อไปควบคุมกระแสไฟฟ้าจำนวนมากไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้าได้

.....4. วงจรแตรรถยนต์ ส่วนใหญ่เป็นแบบธรรมดา (ไม่ใช้รีเลย์)

ตอนที่ 3 จงตอบคำถามให้ถูกต้อง

1. จากรูปจงอธิบายการทำงานของวงจรไฟหน้าแบบใช้รีเลย์ควบคุม



1.1 ตำแหน่งไฟหรี่.....

.....

1.2 ตำแหน่งไฟต่ำ.....

.....

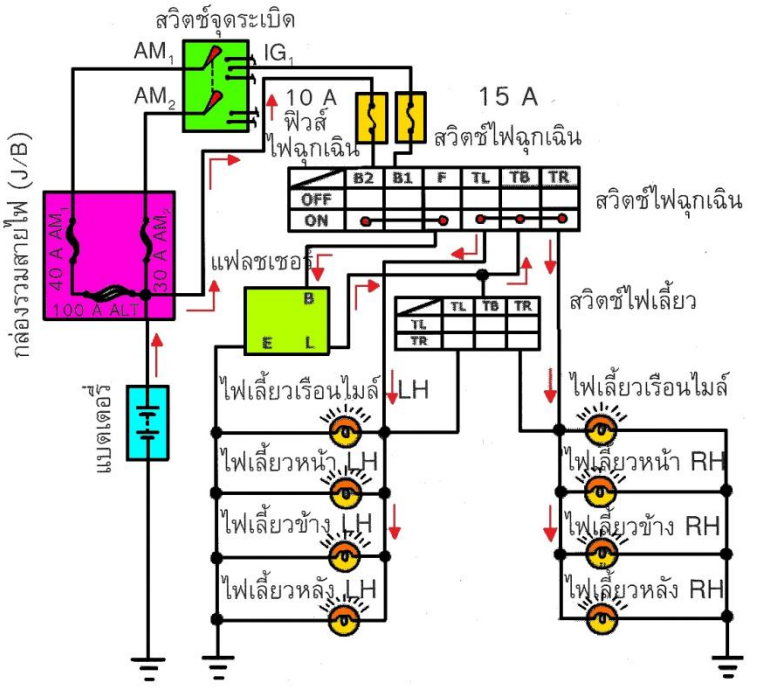
1.3 ตำแหน่งไฟสูง.....

.....

1.4 ตำแหน่งไฟขอทาง.....

.....

2. จงอธิบายการทำงานของวงจรไฟเลี้ยวและไฟฉุกเฉิน



2.1 เปิดสวิตช์ไฟเลี้ยวขวา .....

.....

.....

.....

2.2 เปิดสวิตช์ไฟเลี้ยวซ้าย .....

.....

.....

.....

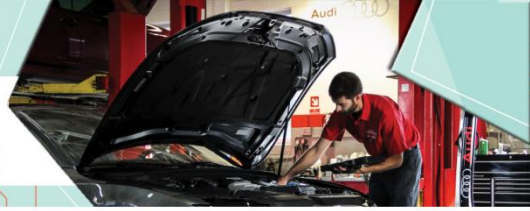
2.3 เปิดสวิตช์ไฟฉุกเฉิน .....

.....

.....

.....

.....



ใบงานที่ 15

งานเปลี่ยนหลอดไฟหน้ารถยนต์

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

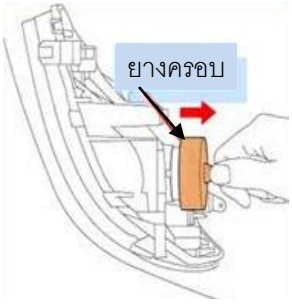
1. เตรียมเครื่องมือ วัสดุและอุปกรณ์ได้ถูกต้อง
2. เปลี่ยนหลอดไฟหน้าได้ถูกต้อง
3. ตรวจสอบอุปกรณ์ระบบไฟแสงสว่างได้ถูกต้อง
4. เก็บเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์และทำความสะอาดได้ถูกต้อง

เครื่องมือ วัสดุ และอุปกรณ์

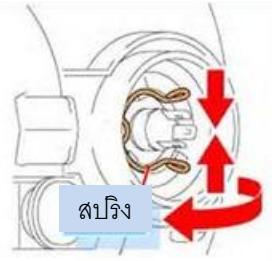
1. มัลติมิเตอร์ 2. หลอดไฟทดสอบ 3. เครื่องมือประจำตัว 4. แบตเตอรี่ 5.สายไฟทดสอบ

ลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงาน

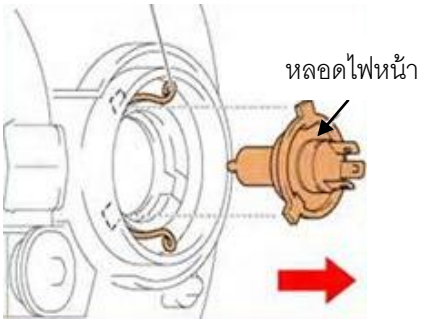
1. เตรียมเครื่องมือ วัสดุและอุปกรณ์
2. ปลดปลั๊กขั้วต่อสายไฟถ้าปลั๊กขั้วต่อแน่นให้โยกเบาๆ



3. ถอดฝาครอบยางโดยการดึงที่แถบยาง



4. ถอดสปริงยึดหลอดไฟ



5. ถอดหลอดไฟ โดยจับที่ฐานหลอด ระมัดระวังอย่าสัมผัสบริเวณหลอดแก้ว จะทำให้อายุการใช้งานสั้นลง

การตรวจสอบหลอดไฟหน้า โดยทั่วไปสามารถทำได้ 2 วิธี คือ

วิธีที่ 1 ใช้กระแสไฟจากแบตเตอรี่ทดสอบ

การตรวจสอบไส้หลอดไฟต่ำ

การตรวจสอบไส้หลอดไฟสูง

ผลการตรวจสอบ ☐ปกติ ☐ ชำรุด

วิธีที่ 2 ตรวจสอบความต่อเนื่องด้วยมัลติมิเตอร์

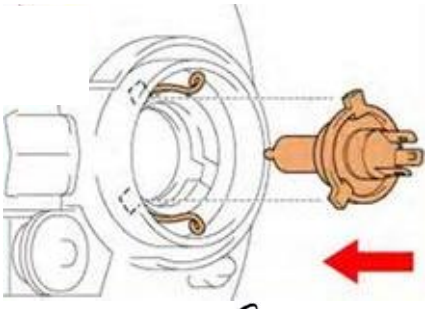
การตรวจสอบไส้หลอดไฟต่ำ

การตรวจสอบไส้หลอดไฟสูง

ผลการตรวจสอบ ☐ ปกติ ☐ ชำรุด

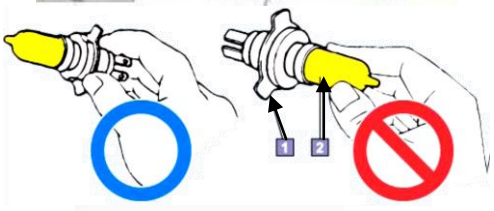
การติดตั้งหลอดไฟหน้า

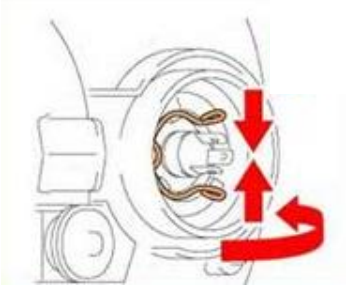
ลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงาน



1. ประกอบหลอดไฟใหม่ในช่องใส่หลอดไฟใหญ่หน้าโดยจับที่ฐานหลอดและจัดให้ตรงตำแหน่งแนบกับแถบภายในช่องโดยให้สันที่ยื่นออกมาของหลอดตรงกับร่องที่ฐานยึดพอดี

ผลการตรวจสอบ ☐ถูกต้อง ☐ไม่ถูกต้อง

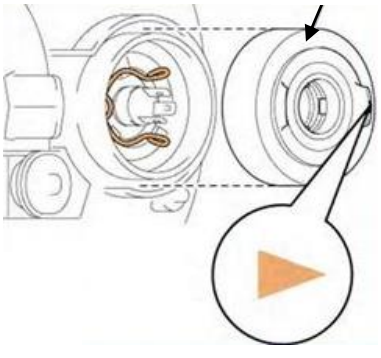




2. ล็อกหลอดไฟด้วยสปริง

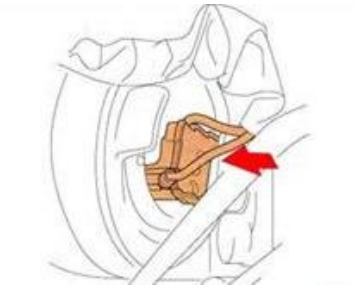
ผลการตรวจสอบ ☐ถูกต้อง ☐ไม่ถูกต้อง

ฝาครอบ



3. ติดตั้งยางครอบขั้วหลอดโดยให้เครื่องหมาย TOP อยู่ด้านบน

ผลการตรวจสอบ ☐ถูกต้อง ☐ไม่ถูกต้อง



4. ต่อปลั๊กต่อสายไฟเข้ากับขั้วหลอดไฟ

ผลการตรวจสอบ ☐ถูกต้อง ☐ไม่ถูกต้อง

5. จัดเก็บเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์และทำความสะอาด

ใบงานที่ 16

งานตรวจสอบวงจรไฟหน้า

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. เตรียมเครื่องมือ วัสดุและอุปกรณ์ได้ถูกต้อง
2. ตรวจสอบวงจรไฟหน้าได้ถูกต้อง
3. แก้ไขข้อขัดข้องของระบบไฟแสงสว่างได้ถูกต้อง
4. เก็บเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์และทำความสะอาดได้ถูกต้อง

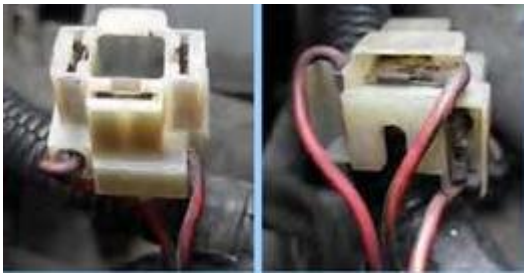
เครื่องมือ วัสดุ และอุปกรณ์

1.มัลติมิเตอร์ 2. หลอดไฟทดสอบ3. เครื่องมือประจำตัว 4. แบตเตอรี่ 5. สายไฟทดสอบ

ลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงาน

1. เตรียมเครื่องมือ วัสดุและอุปกรณ์
2. ตรวจสอบการขาดของฟิวส์ไฟหน้าด้วยมัลติ–มิเตอร์หรือหลอดไฟทดสอบ

ผลการตรวจสอบ ☐ปกติ ☐ชำรุด



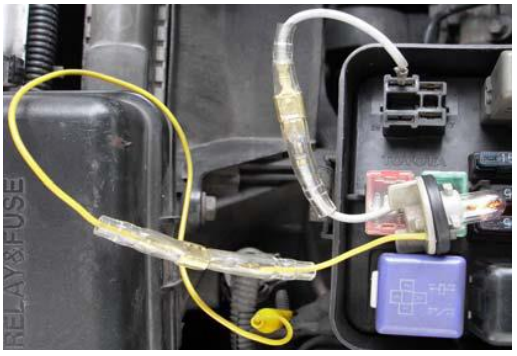
3. ตรวจสอบการชำรุดของปลั๊กขั้วต่อสายไฟด้วยสายตา

ผลการตรวจสอบ ☐ปกติ ☐ชำรุด

4. ตรวจสอบการต่อเนื่องของวงจรด้วยหลอดไฟทดสอบ

นำปลายสายข้างหนึ่งของ TEST LAMPต่อลงกราวด์ที่ตัวถังรถยนต์ส่วนปลายสายอีกข้างต่อเข้าที่ขั้วไฟรวม

ผลการตรวจสอบ ☐มีไฟ ☐ไม่มีไฟ



5. ตรวจสอบการชำรุดของรีเลย์ไฟใหญ่

5.1 นำปลายสายข้างหนึ่งของTESTLAMP (สีเหลือง)ต่อลงกราวด์ที่ตัวถังรถยนต์ส่วนปลายสายอีกข้างต่อที่ขั้วต่อสายไฟที่มาจากแบตเตอรี่ทั้ง 2 ขั้วโดยตรวจสอบทีละขั้ว

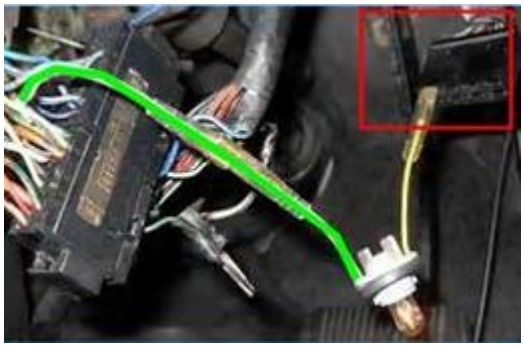
5.2 ถ้าหลอดไฟของTESTLAMP ติดสว่างแสดงว่ามีกระแสไฟฟ้ามาจากแบตเตอรี่

5.3 ถ้าหลอดไฟของ TEST LAMP ไม่ติดให้ทำการตรวจสอบฟิวส์สายของรีเลย์ไฟใหญ่ต่อไป

ผลการตรวจสอบ ☐มีไฟ ☐ไม่มีไฟ

6. ตรวจสอบรีเลย์ไฟใหญ่ (ไฟหน้า)โดยตรง

ผลการตรวจสอบ ☐ปกติ ☐ชำรุด



7. ตรวจสอบปลั๊กขั้วต่อสายไฟ

7.1 ตรวจสอบสภาพภายนอกว่ามีการชำรุดแตกหักหรือไม่ถ้าชำรุดให้เปลี่ยนใหม่

ผลการตรวจสอบ ☐ปกติ ☐ชำรุด

7.2 ถอดปลั๊กขั้วต่อสายไฟของชุดไฟใหญ่ออกจากกันแล้วตรวจสอบว่ามีการชำรุดหลวมหรือหลุด

ผลการตรวจสอบ ☐ปกติ ☐ชำรุด

8. ตรวจสอบสัญญาณกราวด์มาสวิตช์ไฟใหญ่

นำปลายสายข้างหนึ่งของ TEST LAMP ต่อขั้วสัญญาณไฟจากแบตเตอรี่หรือไฟเมนบวกจากขั้วแผงฟิวส์ส่วนปลายสายอีกข้างต่อขั้วสายกราวด์ชุดไฟใหญ่(สายไฟสีขาวล้วน)แล้วสังเกตความสว่างของหลอดไฟทดสอบ

ผลการตรวจสอบ ☐มีไฟ ☐ ไม่มีไฟ

9. ตรวจสอบสวิตช์ไฟใหญ่

9.1 ถอดแยกชุดสวิตช์ไฟใหญ่ออกเพื่อทำการตรวจสอบหน้าสัมผัส

9.2 หากตรวจสอบพบว่าหน้าสัมผัสสกปรกให้ทำความสะอาดบริเวณหน้าสัมผัสด้วยกระดาษทรายละเอียดให้สะอาด

ผลการตรวจสอบ ☐ปกติ ☐ชำรุด

9.3 ประกอบสวิตช์ไฟใหญ่เข้าที่เดิมจากนั้นทดลองเปิดสวิตช์ไฟใหญ่เพื่อตรวจสอบการทำงาน

ผลการตรวจสอบ ☐ทำงาน ☐ไม่ทำงาน

10. จัดเก็บเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์และทำความสะอาด

ใบงานที่ 17

งานตรวจสอบวงจรไฟเลี้ยวและไฟฉุกเฉิน

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. เตรียมเครื่องมือ วัสดุและอุปกรณ์ได้ถูกต้อง
2. ตรวจสอบวงจรไฟเลี้ยวและไฟฉุกเฉินได้ถูกต้อง
3. แก้ไขข้อขัดข้องของระบบไฟเลี้ยวและไฟฉุกเฉินได้ถูกต้อง

เครื่องมือ วัสดุ และอุปกรณ์

1.มัลติมิเตอร์ 2. หลอดไฟทดสอบ 3.เครื่องมือประจำตัว 4.แบตเตอรี่ 5. สายไฟทดสอบ

ลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงาน

1. เตรียมเครื่องมือ วัสดุและอุปกรณ์
2. ตรวจสอบการขาดของฟิวส์ไฟเลี้ยวและไฟฉุกเฉินด้วยมัลติมิเตอร์

ผลการตรวจสอบฟิวส์ไฟเลี้ยว

☐ปกติ ☐ชำรุด

ผลการตรวจสอบฟิวส์ไฟฉุกเฉิน

☐ปกติ ☐ชำรุด

3. ตรวจสอบการชำรุดของแฟลชเชอร์ด้วยสายตา

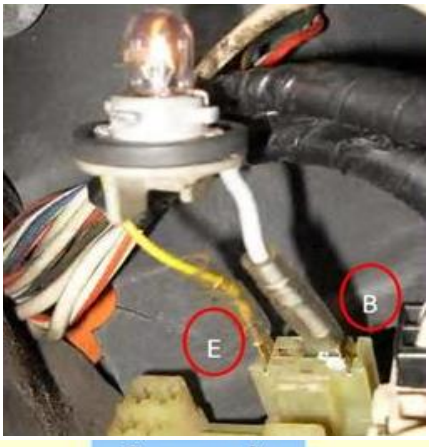
ผลการตรวจสอบ☐ปกติ ☐ชำรุด

4. ตรวจสอบการทำงานของแฟลชเชอร์โดยต่อสายไฟจากขั้วบวก (+) แบตเตอรี่ไปยังขั้วBของแฟลชเชอร์ ต่อสายไฟจากขั้วลบ (–) แบตเตอรี่ไปยังขั้ว E ส่วนขั้ว L ต่อไปยังหลอดไฟทดสอบแล้วสังเกตการกระพริบของหลอดไฟ

ผลการตรวจสอบ

หลอดไฟ ☐กระพริบ ☐ไม่กระพริบ

แฟลชเชอร์ ☐ปกติ ☐ชำรุด



5. ตรวจสอบสัญญาณไฟเข้าและออกจากแฟลช–เซอร์

– นำปลายสายข้างหนึ่งของหลอดไฟทดสอบต่อเข้ากับปลั๊กขั้ว B ของแฟลชเซอร์ส่วนปลายสายอีกข้างต่อเข้าที่ขั้ว E

– สังเกตการสว่างของหลอดไฟทดสอบ

ผลการตรวจสอบ ☐มีไฟ ☐ไม่มีไฟ

6. ตรวจสอบปลั๊กขั้วต่อสายไฟ สายไฟ และหลอดไฟเลี้ยว

ผลการตรวจสอบปลั๊กขั้วต่อสายไฟ

☐ปกติ ☐ชำรุด

ผลการตรวจสอบสายไฟ

☐ปกติ ☐ชำรุด

ผลการตรวจสอบหลอดไฟ

☐ปกติ ☐ชำรุด

7. ตรวจสอบความต่อเนื่องของสายไฟระหว่างปลั๊กสายไฟและขั้วต่อสายไฟที่หลอดโดยใช้มัลติ–มิเตอร์

ผลการตรวจสอบ

☐ต่อเนื่อง ☐ไม่ต่อเนื่อง

8. จัดเก็บเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์และทำความสะอาด

แบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 8

ระบบไฟแสงสว่างและสัญญาณ

คำสั่ง จงทำเครื่องหมายกากบาท (×) ลงหน้าข้อที่ถูกต้องที่สุด

1. หน้าที่ของระบบไฟแสงสว่างคือข้อใด
   - ก. เพื่อความปลอดภัยในการใช้รถบนถนน
   - ข. เพื่อเป็นสัญญาณเตือนแก่ผู้ใช้รถและผู้ใช้ถนน
   - ค. เพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้ขับขี่และผู้โดยสาร
   - ง. ถูกทุกข้อ
2. ไฟหรี่หรือไฟท้ายมีหน้าที่ตามข้อใด
   - ก. บอกระยะความกว้างของตัวรถ
   - ข. บอกตำแหน่งของตัวรถในเวลากลางคืน
   - ค. ให้แสงสว่างร่วมกับไฟหน้าและไฟท้าย
   - ง. ถูกทุกข้อ
3. โคมไฟสีขาวด้านหลังรถยนต์คือข้อใด
   - ก. ไฟถอยหลังและสัญญาณไฟเลี้ยว
   - ข. ไฟถอยหลังและไฟส่องป้ายทะเบียน
   - ค. ไฟส่องป้ายทะเบียนและไฟเลี้ยว
   - ง. ไฟเลี้ยวและไฟถอยหลัง
4. ความแตกต่างที่สำคัญของไฟหน้าแบบซีลบีมกับหลอดไฟหน้าแบบกึ่งซีลบีมคือข้อใด
   - ก. ไส้หลอดขาดต้องเปลี่ยนโคมไฟทั้งชุด
   - ข. ใช้ไส้หลอดธรรมดาเท่านั้น
   - ค. ใช้ไส้หลอดชนิดฮาโลเจนเท่านั้น
   - ง. สามารถเปลี่ยนหลอดไฟหน้าได้
5. ข้อใดกล่าว**ไม่ถูกต้อง**เกี่ยวกับไฟหน้าแบบกึ่งซีลบีม (แบบถอดแยกได้)
   - ก. ใช้หลอดไฟแบบถอดเปลี่ยนได้
   - ข. เป็นส่วนหนึ่งของการออกแบบตัวรถ
   - ค. ใช้เลนส์โพลีคาร์บอเนต
   - ง. มีสีแดงหรือสีเหลืองอำพัน
6. สวิตช์ส่วนใหญ่ที่ใช้ในวงจรไฟแสงสว่างคือข้อใด
   - ก. สวิตช์รวม
   - ข. สวิตช์ดันและดึง
   - ค. สวิตช์ 3 ทาง
   - ง. รีโอสตัท
7. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้าระบบไฟแสงสว่างและสัญญาณ
   - ก. ไส้หลอดไฟมีการเชื่อมต่อแบบอนุกรม
   - ข. วงจรไฟฟ้าทั้งหมดใช้หลอดไฟทั้งไฟสูงและไฟต่ำ
   - ค. วงจรยอมให้มีฉนวนของหลอดไฟและกราวด์ของสวิตช์
   - ง. หลอดไฟหน้ารถยนต์ได้รับพลังงานผ่านทางสวิตช์จุดระเบิด

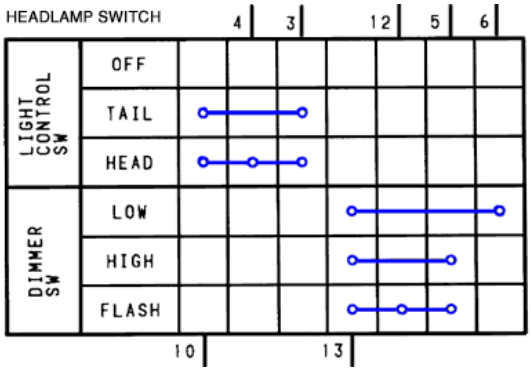
8. ไฟหน้าเป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญต่อความปลอดภัย ซึ่งจะถูกป้องกันโดยอุปกรณ์ใด

ก. ฟิวส์กระแสสูง
ข. ฟิวส์สาย
ค. เซอร์กิตเบรกเกอร์
ง. รีเลย์

9. หลอดไฟหรี่และหลอดไฟส่องป้ายทะเบียนของรถยนต์ โดยทั่วไปจะป้องกันโดยอุปกรณ์ใด

ก. ฟิวส์กระแสสูง
ข. ฟิวส์ย่อย
ค. เซอร์กิตเบรกเกอร์
ง. รีเลย์

10. จากรูปเมื่อเปิดสวิตช์ควบคุมไฟหน้า ตำแหน่ง HEAD วงจรไฟฟ้าที่ถูกต้อง จะต่อระหว่างขั้วใด



ก. ขั้ว 4 และขั้ว 3 เท่านั้น
ข. ขั้ว 10 และขั้ว 3 เท่านั้น
ค. ขั้ว 10 ขั้ว 4 และขั้ว 3 เท่านั้น
ง. ขั้ว 12 ขั้ว 13 ขั้ว 5 และขั้ว 4 เท่านั้น

11. กระแสไฟที่ไปยังหลอดไฟเบรก ปกติสวิตช์ไฟเบรกจะต่อมาจากข้อใด

ก. ไฟเลี้ยงสวิตช์จุดระเบิด
ข. ไฟเลี้ยงสวิตช์ไฟหน้า
ค. ไฟเลี้ยงสวิตช์ไฟเลี้ยว
ง. ไฟเลี้ยงแบตเตอรี่โดยตรง

12. ข้อใดเป็นไปได้มากที่สุดที่**ไม่ใช่**สาเหตุที่ทำให้หลอดไฟทั้งสองข้างของรถยนต์ไม่ทำงาน

ก. เปิดในวงจรกำลัง
ข. สวิตช์ควบคุมชำรุด
ค. ฟิวส์ขาด
ง. อัลเทอร์เนเตอร์ผลิตไฟจ่ายออกต่ำ

หน่วยที่ 9

เกจวัดและหน้าปัดรถยนต์

หน่วยที่ 9

เกจวัดและหน้าปัดรถยนต์

หัวข้อเรื่อง (Topics)

9.1 มาตรวัดและเกจวัด

9.2 ไฟเตือน

9.3 การวิเคราะห์และการตรวจสอบเกจวัดและหน้าปัดรถยนต์

แนวคิดสำคัญ (Main Idea)

รถยนต์ทุกคันต้องมีเกจวัดและไฟเตือนบนหน้าปัด ซึ่งติดตั้งอยู่ที่แผงหน้าปัดซึ่งมีอยู่อย่างหลากหลาย เกจวัดและหน้าปัดรถยนต์ เป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญและจำเป็น เพื่อใช้แสดงผลการทำงานของระบบต่าง ๆ ของรถยนต์ไปยังผู้ขับขี่ให้ทราบถึงสภาพการทำงานของรถยนต์ เกจวัดและหน้าปัดรถยนต์แบ่งเป็น 2 แบบ คือ แบบอนาล็อกและแบบดิจิตอล โดยทั่วไปรถยนต์จะมีเกจวัดและหน้าปัดต่าง ๆ ที่หลากหลาย เช่นเกจวัดอุณหภูมิ เกจวัดน้ำมันเชื้อเพลิง เกจวัดแรงดันน้ำมันเครื่อง มาตรวัดความเร็วรถยนต์ มาตรวัดความเร็วรอบเครื่องยนต์ และไฟเตือนต่าง ๆ

สมรรถนะย่อย (Element of Competency)

1. แสดงความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับเกจวัดและหน้าปัดรถยนต์
2. ตรวจสอบ วิเคราะห์ปัญหาและบริการเกจวัดและหน้าปัดรถยนต์

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (Behavioral Objectives)

1. บอกหน้าที่ของเกจวัดและหน้าปัดรถยนต์ได้ถูกต้อง
2. อธิบายการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมแรงเคลื่อนไฟฟ้าเกจวัดได้ถูกต้อง
3. อธิบายการทำงานและการควบคุมวงจรเกจวัดต่าง ๆ ได้ถูกต้อง
4. อธิบายการทำงานและการควบคุมวงจรของไฟเตือนต่าง ๆ บนหน้าปัดรถยนต์ได้ถูกต้อง
5. วิเคราะห์ปัญหา ตรวจสอบและบริการเกจวัดและไฟเตือนหน้าปัดรถยนต์ได้ถูกต้อง

เนื้อหาสาระ (Content)

รถยนต์ทุกคันจะมีเกจวัดและไฟเตือนที่หน้าปัดเป็นจำนวนมาก ซึ่งแบบและจำนวนเกจวัดจะเกี่ยวข้องกับชิ้นส่วน และเปลี่ยนแปลงไปตามรุ่น แบบของรถยนต์ในแต่ละรุ่น และแต่ละปี ซึ่งจะพบเกจวัด และไฟเตือนบนหน้าปัดจากง่ายไปจนถึงซับซ้อน ดังแสดงในรูปที่ 9.1 เกจวัดต้องอ่านง่ายและให้ข้อมูลที่ถูกต้องเที่ยงตรง เกจวัด หลอดไฟเตือนต่าง ๆ จะมีประโยชน์ในการจัดเตรียมข้อมูลไปยังผู้ขับขี่เพื่อความปลอดภัยในการขับขี่ ซึ่งจะแปรผันตามระบบต่าง ๆ ของรถยนต์

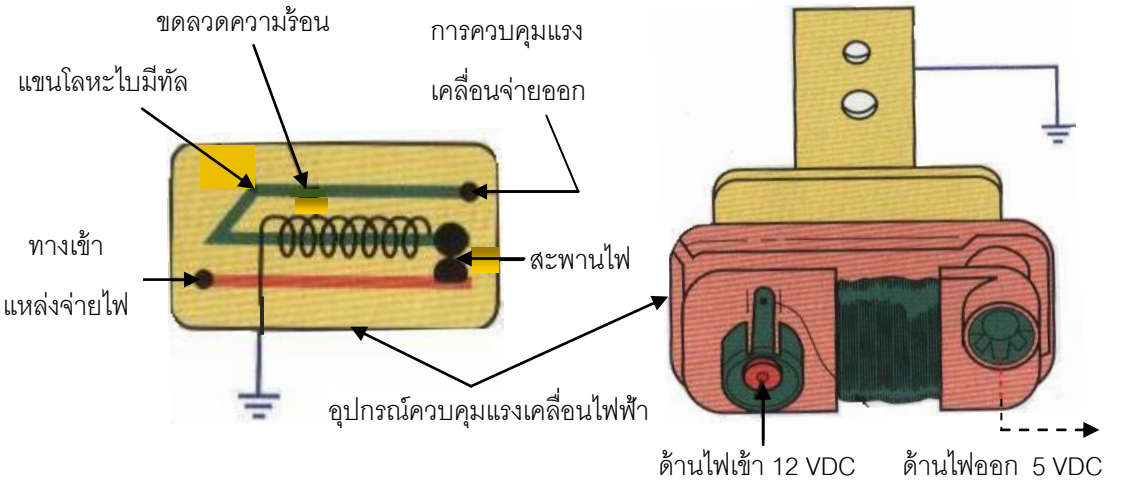
ดังนั้นนักศึกษาต้องเข้าใจหลักการทำงานของอุปกรณ์ดังกล่าว เพื่อนำไปสู่การบริการได้อย่างถูกต้อง ในหน่วยการเรียนนี้จะอธิบายให้เข้าใจถึงส่วนประกอบ หน้าที่ การทำงาน และวงจรไฟฟ้าควบคุมของเกจวัด อุปกรณ์เตือนและไฟเตือน รวมทั้งการวิเคราะห์ การตรวจสอบ และการบริการดังหัวข้อต่อไปนี้

1. มาตรวัดรอบ 2. มาตรวัดความเร็วรถยนต์ 3. เกจวัดอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น
4. เกจวัดน้ำมันเชื้อเพลิง 5. เกจวัดแรงดันน้ำมันเครื่อง 6. โวลต์มิเตอร์

รูปที่ 9.1 มาตรวัดและเกจวัดต่าง ๆ ของรถยนต์

9.1 มาตรวัดและเกจวัด

มาตรวัดและเกจวัดจะจัดเตรียมข้อมูลสภาพต่าง ๆ ของรถยนต์แก่ผู้ขับขี่ด้วยเข็มชี้บนสเกล ซึ่งส่วนประกอบ 2 ชิ้นส่วน มีความจำเป็นสำหรับการทำงานของมาตรวัดและเกจวัดไฟฟ้า คือ อุปกรณ์ควบคุมแรงเคลื่อนไฟฟ้าและชุดส่งสัญญาณ ดังแสดงในรูปที่ 9.2 ซึ่งจะทำงานร่วมกับเกจวัด อุปกรณ์ควบคุมแรงเคลื่อนไฟฟ้าจะใช้หลักการของโลหะควบคู่และตัวต้านทาน เนื่องจากมาตรวัดและเกจวัดจะทำงานไม่คงที่ หากแรงเคลื่อนของแหล่งกำเนิดเปลี่ยนแปลง เพื่อให้เกิดความแม่นยำ จำเป็นต้องมีอุปกรณ์ควบคุมแรงเคลื่อนไฟฟ้าเพื่อจำกัดแรงเคลื่อนไฟฟ้าให้มีค่าคงที่ เพื่อให้การทำงานมีความถูกต้อง แม่นยำ มาตรวัดและเกจวัดต้องการข้อมูลจากชุดส่งสัญญาณอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือเซนเซอร์ ชุดส่งสัญญาณ จะเปลี่ยนหรือการเคลื่อนที่โดยส่วนประกอบภายนอก เป็นเหตุให้ความต้านทานไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงได้ เช่น ความดัน ความร้อน หรือการเคลื่อนที่ของลูกลอย เป็นต้น อย่างไรก็ตามในรถยนต์รุ่นใหม่ เกจวัดจะถูกควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์



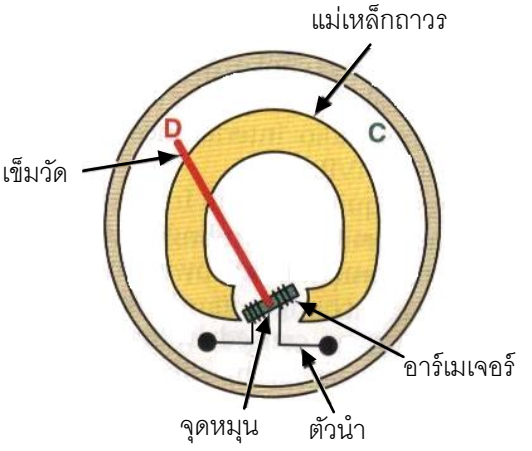
รูปที่ 9.2 อุปกรณ์ควบคุมแรงเคลื่อนไฟฟ้า

หลักการทำงานของเกจวัดจะใช้หลักการทำงานร่วมกัน คือ กลไก โลหะไบมีทัล (แบบอาศัยความร้อน) และแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งเกจวัดแบบกลไกจะทำงานโดยอาศัยเคเบิล แรงดันน้ำมันเครื่อง หรืออุณหภูมิของเหลว เนื่องจากไม่ต้องการอุปกรณ์และวงจรไฟฟ้าควบคุมการทำงาน

9.1.1 มาตรวัดและเกจวัดแม่เหล็ก

มาตรวัดและเกจวัดแม่เหล็กมีอยู่อย่างหลากหลาย ซึ่งดูง่ายไม่ซับซ้อน ในรูปแบบของแอมมิเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 9.3 การทำงาน แรงดึงดูดของแม่เหล็กจะดึงดูดเข็มวัดชี้ตัดไปมาระหว่างสเกล ซึ่งต่ออยู่กับจุดหมุน และยึดเข้ากับศูนย์กลางของเกจวัด อาร์เมเจอร์หรือสายไฟคอยล์พันรอบ ๆ ฐานของเข็มวัดใกล้กับเดือย เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านอาร์เมเจอร์ จะอยู่ในรูปของสนามแม่เหล็ก สนามแม่เหล็กจะตัดกับแม่เหล็กถาวร ทำให้ดึงดูดหรือต้านกัน แรงแม่เหล็กเป็นเหตุให้เข็มวัดชี้ไปมาซ้ายหรือขวาได้ ทิศทางของเข็มวัดจะแกว่งตามทิศทางการจ่ายกระแสไฟฟ้าในอาร์เมเจอร์ เข็มวัดของเกจวัดจะมีจุดหมุนบนอาร์เมเจอร์ เมื่อชุดส่งสัญญาณเปลี่ยนแปลงความต้านทานกระแสไฟฟ้าไหลผ่านจุดหมุนอาร์เมเจอร์ เป็นเหตุให้เกิดความเข้มของสนามแม่เหล็กเกิดขึ้นรอบ ๆ จุดหมุนอาร์เมเจอร์ ความต้านทานในชุดส่งสัญญาณจะเพิ่มขึ้น กระแสไฟฟ้าจะลดลง ส่งผลให้ตำแหน่งเข็มชี้ของเกจวัดต่ำลง ในทางตรงกันข้ามหากความต้านทานในชุดส่งสัญญาณลดลง กระแสไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ตำแหน่งเข็มชี้ของเกจวัดสูงขึ้น

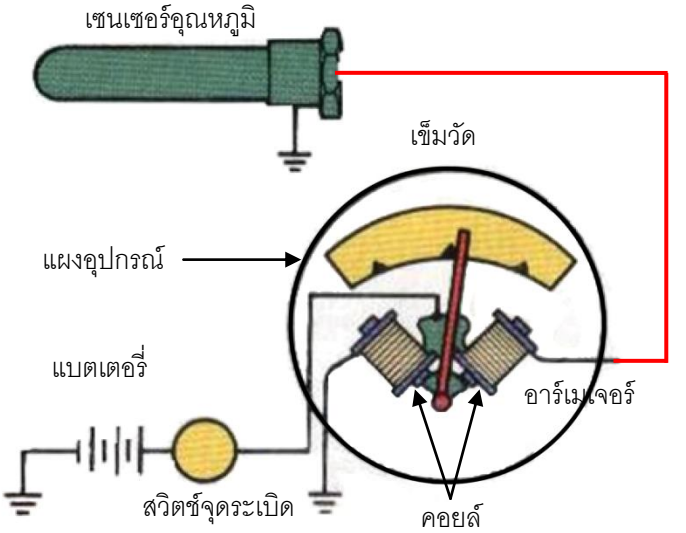
เกจวัดแบบคอยล์สมดุลจะอาศัยหลักการทำงานของแม่เหล็กที่ดึงดูดกันหรือต้านกัน อย่างไรก็ตามเกจวัดที่ไม่ใช้แม่เหล็กถาวร พื้นฐานแกนวัดคือจุดหมุน ประกอบด้วย อาร์เมเจอร์ คอยล์ 2 ตัว ถูกใช้สร้างสนามแม่เหล็ก ดังแสดงในรูปที่ 9.4



รูปที่ 9.3 ตัวอย่างแอมมิเตอร์อย่างง่ายที่อาศัยหลักการของแม่เหล็ก

คอยล์ 2 ตัว จะต่อร่วมกัน ดังนั้นกระแสไฟฟ้าสามารถไหลผ่านขดลวดคอยล์ตัวใดตัวหนึ่งได้ เมื่อความต้านทานของชุดส่งสัญญาณมีค่าต่ำ คอยล์ด้านขวามือได้รับกระแสไฟฟ้าที่มากกว่าคอยล์ด้านซ้ายมือ การดึงดูดอาร์เมเจอร์ทำให้เข็มวัดแกว่งไปทางขวา ในทางตรงกันข้ามเมื่อความต้านทานของชุดส่ง

สัญญาณมีค่ามาก คอยล์ด้านซ้ายมือได้รับกระแสไฟฟ้าที่มาก แรงแม่เหล็กจะสร้างขึ้นในคอยล์ด้านซ้ายมือ และเข็มวัดจะแกว่งไปทางซ้าย ดังแสดงในรูปที่ 9.4

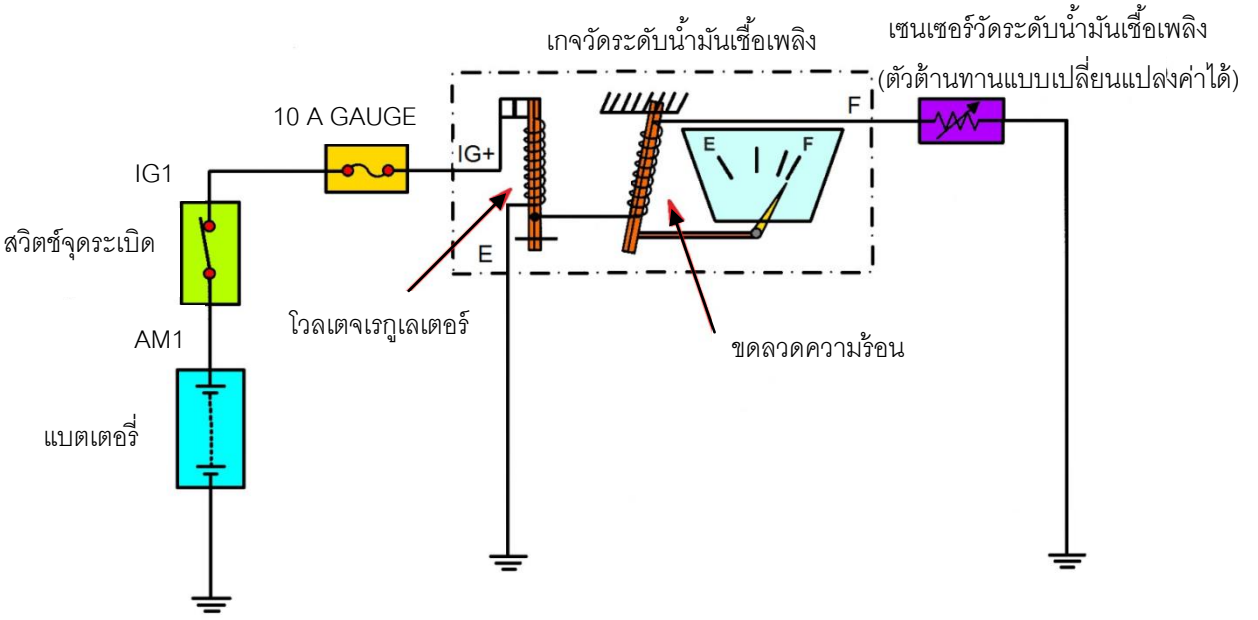


รูปที่ 9.4 เกจวัดแบบคอยล์สมดุล

9.1.2 เกจวัดความร้อนหรือไบมีทัล (Thermal or Bimetal Gauge)

ไบมีทัลหรือเกจวัดความร้อน จะทำงานผ่านการผลิตความร้อน โดยกระแสไฟฟ้าไหลผ่านชุดส่งสัญญาณที่เปลี่ยนแปลงค่าได้ เป็นเหตุให้ความแตกต่างของจำนวนกระแสไฟฟ้าไหลผ่านที่ขดลวดความร้อนผ่านเกจวัด ทำให้สปริงโลหะไบมีทัลที่ติดกับเข็มวัดงอตัวได้ เช่น เกจวัดน้ำมันเชื้อเพลิงจะอาศัยเกจความร้อน ชุดส่งสัญญาณจะควบคุมการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานโดยลูกลอย หากระดับน้ำมันในถังต่ำ ลูกลอยจะเลื่อนต่ำลง ทำให้ค่าความต้านทานที่ชุดส่งสัญญาณมีความต้านทานมาก กระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ไม่สามารถไหลผ่านขดลวดความร้อนที่ตัวเกจวัด ไปลงกราวด์ที่ชุดส่งสัญญาณได้ ขดลวดความร้อนจึงไม่ร้อน โลหะไบมีทัลจึงไม่งอตัว เข็มวัดระดับน้ำมันเชื้อเพลิงจึงชี้อยู่ในตำแหน่งน้ำมันหมดถัง E (Empty)

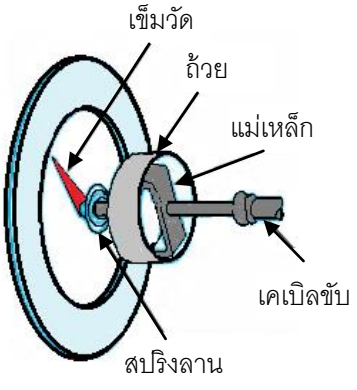
ในทางตรงกันข้ามเมื่อระดับน้ำมันเชื้อเพลิงในถังสูงขึ้น ลูกลอยจะลอยตัวสูงขึ้น ทำให้ค่าความต้านทานที่ชุดส่งสัญญาณลดลง กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านขดลวดความร้อนที่เกจวัดไปลงกราวด์ที่ชุดส่งสัญญาณได้มาก ขดลวดความร้อนจึงร้อนและทำให้โลหะไบมีทัลเกิดการโก่งตัว ตัวเข็มวัดระดับน้ำมันจะถูกดันให้ชี้ไปทางน้ำมันเต็มถัง F (Full)



รูปที่ 9.6 เกจวัดระดับน้ำมันเชื้อเพลิงแบบโลหะไบมีทัลและชุดลูกลอย

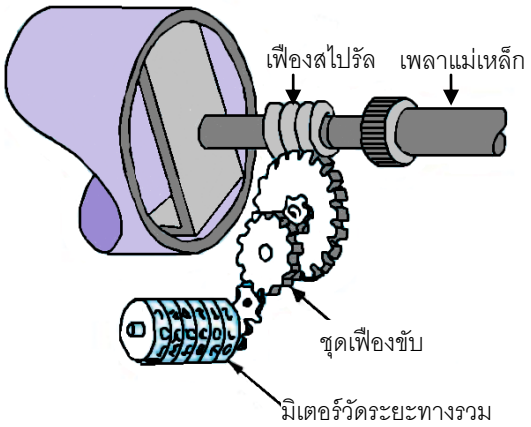
เกจวัดที่พบในหน้าปัดรถยนต์ส่วนใหญ่ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. **มาตรวัดความเร็วรถยนต์** มีหน้าบอกความเร็วของรถยนต์ขณะขับขี่เป็นกิโลเมตรต่อชั่วโมง หรือไมล์ต่อชั่วโมง มีมาตรวัดระยะทางและการเดินทางบอกให้ผู้ขับขี่ได้ทราบ ซึ่งเมื่อก่อนมาตรวัดความเร็วรถยนต์จะใช้มาตรวัดแบบกลไกซึ่งไม่ใช้ไฟฟ้า มาตรวัดมีสายเคเบิลที่ติดกับเฟืองในกระปุกเกียร์ ซึ่งหมุนแม่เหล็กในถ้วยซึ่งติดกับเข็มชี้ที่ยึดอยู่กับขดลวดสปริง สายเคเบิลจะหมุนเร็วเมื่อความเร็วรถยนต์เพิ่มขึ้น แรงแม่เหล็กที่ติดกับถ้วย และแรงขับเคลื่อนที่จากกลไกจะเกิดผลทำให้เข็มวัดเคลื่อนที่มากขึ้นที่สเกลความเร็วรถยนต์



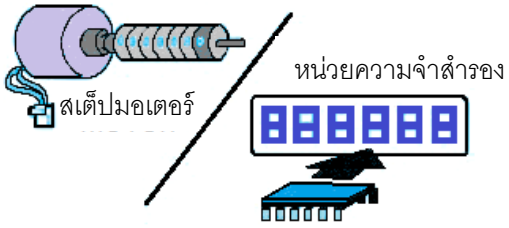
รูปที่ 9.7 เกจวัดความเร็วรถยนต์แบบกลไก

2. **มาตรวัดระยะทาง** มาตรวัดแบบกลไกจะถูกขับจากเฟืองขับในกระปุกเกียร์บนเพลาแม่เหล็กของมาตรวัดความเร็ว ที่เฟืองเพลาส่งกำลังของมาตรวัดความเร็วจะมีเฟืองหมุนสายเคเบิล เมื่อรถยนต์วิ่ง เฟืองของเพลาส่งกำลังของกระปุกเกียร์จะหมุน ทำให้เฟืองสายเคเบิลหมุนด้วยอัตราเร็วของสายเคเบิล ซึ่งจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงเป็นสัดส่วนโดยตรงกับอัตราเร็วของรถยนต์ ดังแสดงในรูปที่ 9.7



รูปที่ 9.7 มาตรวัดระยะทาง

3. **มาตรบันทึกระยะทาง** มีหลักการทำงานเหมือนกับมาตรวัดระยะทาง ซึ่งจะบันทึกระยะทางที่วิ่งได้ในเที่ยวนั้น ๆ ผู้ขับขี่สามารถปรับมาตรวัด โดยกดปรับเลขปรับระยะทางมาที่จุดเริ่มต้นที่ศูนย์ (0) ได้ ซึ่งมาตรวัดความเร็วจะแสดงผลด้วยตัวเลขแบบอนาล็อก หรือดิจิตอล



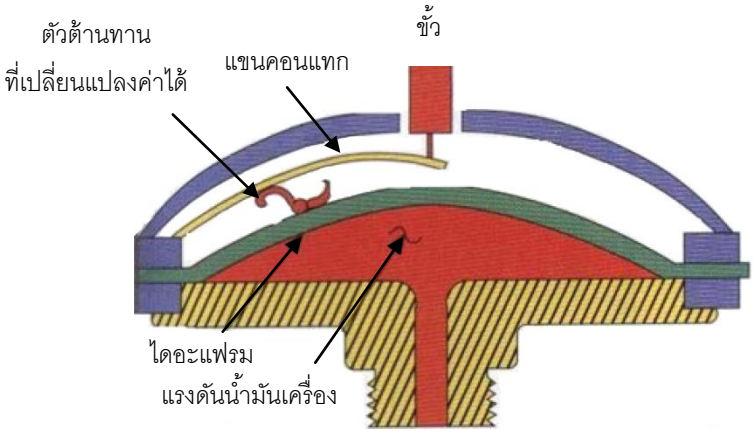
รูปที่ 9.8 มาตรบันทึกระยะทาง

4. **เกจวัดแรงดันน้ำมันเครื่อง** เป็นตัวบอกแรงดันน้ำมันเครื่องของเครื่องยนต์ เกจวัดแรงดันจะเป็นชนิดที่มีค่าระหว่าง 45–75 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (PSI) เมื่อเครื่องยนต์ทำงานที่อุณหภูมิกำหนดแรงดันน้ำมันเครื่องจะต่ำซึ่งเป็นปกติเมื่อเครื่องยนต์มีความเร็วรอบเดินเบา

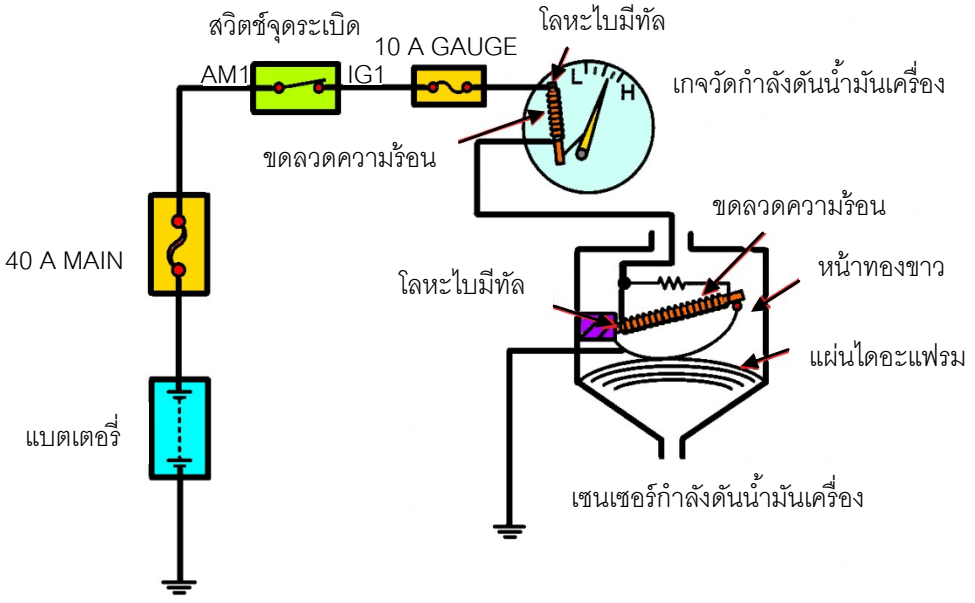
หากแรงดันน้ำมันเครื่องต่ำ สวิตช์แรงดันจะเปิดวงจร ไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดเกจวัด เข็มชี้จะอยู่ที่ตำแหน่งแรงดันต่ำ L (Low) หากแรงดันน้ำมันเครื่องมากกว่าค่าที่กำหนดไว้ สวิตช์จะ

ปิดวงจร กระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดเกจวัดไปลงกราวด์ได้ ตัวต้านทานจะจำกัดกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวด และทำให้แน่ใจว่าเข็มวัดเคลื่อนที่ไปยังกึ่งกลางสเกล ซึ่งแสดงแรงดันน้ำมันเครื่องปกติ

เซนเซอร์แบบความต้านทานจำเพาะที่ทำงานด้วยกลไก (Piezo Resistive Sensor) ดังแสดงในรูปที่ 9.11 น้ำมันเครื่องของเครื่องยนต์จะเข้ามาที่ช่องทางน้ำมันผ่านไปที่ห้องไดอะแฟรม เป็นเหตุให้ไดอะแฟรมเคลื่อนที่ การเคลื่อนที่ของไดอะแฟรมนี้ จะส่งไปยังแขนคอนแทก ซึ่งเลื่อนตามตัวต้านทานที่เปลี่ยนแปลงค่าได้ ตำแหน่งการเลื่อนคอนแทก จะกำหนดค่าความต้านทานและปริมาณของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านเกจวัด



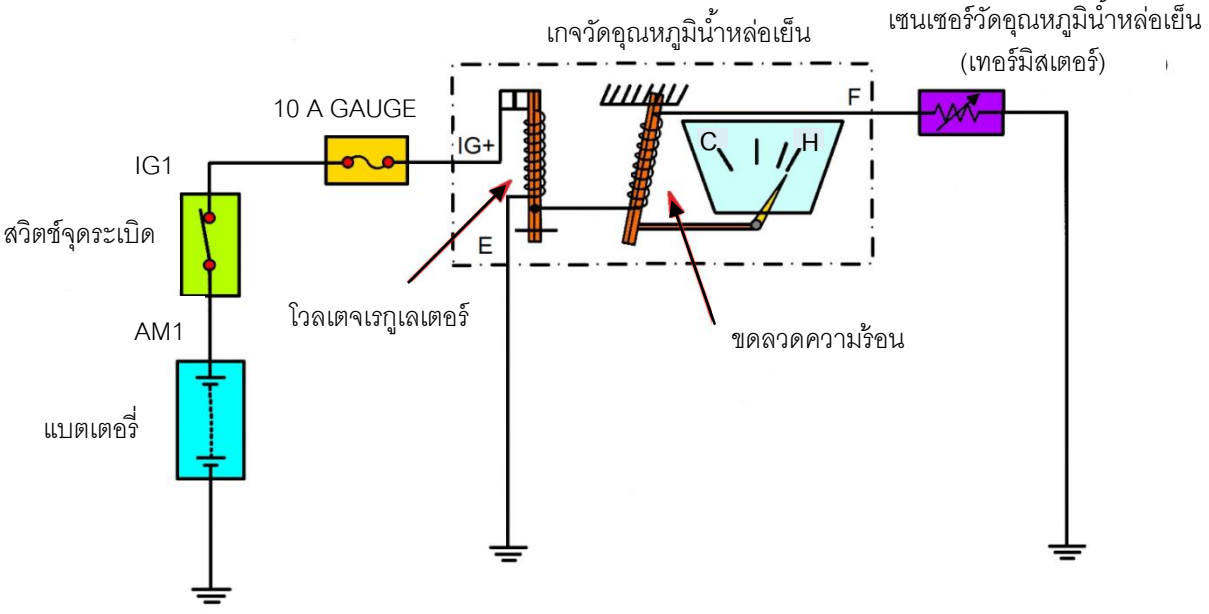
รูปที่ 9.9 เซนเซอร์วัดแรงดันน้ำมันเครื่อง



รูปที่ 9.10 วงจรไฟฟ้าเกจวัดแรงดันน้ำมันเครื่อง

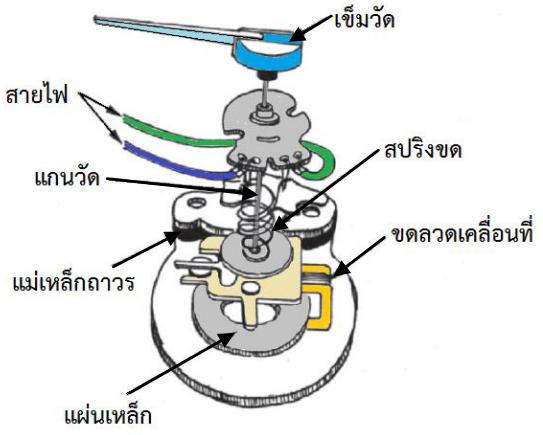
5. **เกจวัดอุณหภูมิเครื่องยนต์** (Temperature Gauge) จะบอกอุณหภูมิของเครื่องยนต์ ปกติจะชี้ระหว่างขีดช่วงเย็น C (Cold) และขีดช่วงร้อน H (Hot) ชุดส่งสัญญาณจะเป็นเทอร์มิสเตอร์แบบสัมประสิทธิ์อุณหภูมิเป็นลบ (NTC) หากอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นต่ำ ชุดส่งสัญญาณ (Sender) จะมีความต้านทานมาก และกระแสไฟฟ้าไหลผ่านไปยังขดลวดเกจวัดอุณหภูมิได้น้อย เข็มวัดจะชี้ไปที่ช่วงเย็น C ในทางตรงกันข้าม ขณะที่อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นสูงขึ้น ค่าความต้านทานชุดส่งสัญญาณจะลดลง กระแสไฟฟ้าไหลผ่านมากขึ้น เข็มวัดจะเคลื่อนที่ไปยังช่วงร้อน H (Hot)

ในกรณีที่เป็นเกจวัดอุณหภูมิบนหน้าปัดดิจิตอล จะกำหนดปริมาณการส่องสว่างที่แถบแสดงผล ซึ่งจะแปรเปลี่ยนตามกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านจากชุดส่งสัญญาณ หากอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นต่ำ แสงส่องสว่างที่แถบแสดงผลจะสว่างน้อย หากอุณหภูมิสูงขึ้นปริมาณการส่องสว่างที่แถบแสดงผลจะเพิ่มขึ้น



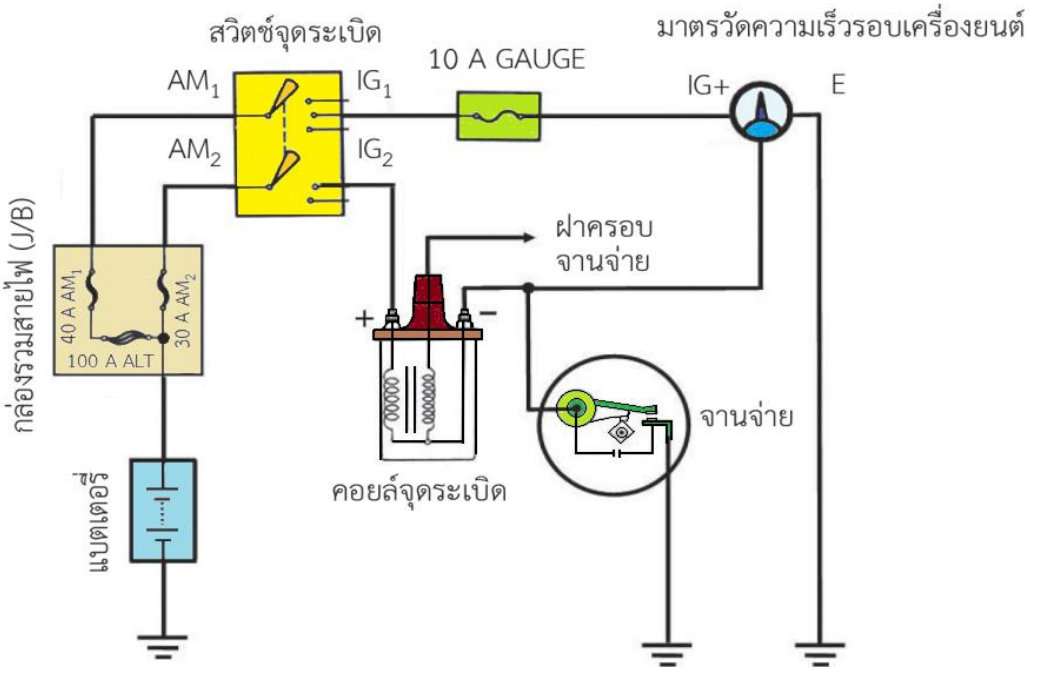
รูปที่ 9.11 เกจวัดอุณหภูมิเครื่องยนต์

6. **เกจวัดความเร็วรอบ** (Tachometer) จะบอกความเร็วรอบของเครื่องยนต์ มีหน่วยวัดเป็นรอบต่อนาที (rpm) โครงสร้างเป็นชุดกลไกไฟฟ้า ประกอบด้วย ขดลวดเคลื่อนที่ สวมอยู่บนแผ่นเหล็กซึ่งยึดอยู่กับแม่เหล็กถาวร และมีเข็มวัดยึดอยู่บนขดลวดเคลื่อนที่ เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวด จะทำให้เกิดอำนาจแม่เหล็กบิดให้เข็มวัดความเร็วรอบเคลื่อนที่แสดงค่าความเร็วรอบของเครื่องยนต์ ซึ่งค่าความเร็วรอบของเครื่องยนต์จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่จ่ายให้ขดลวดเคลื่อนที่



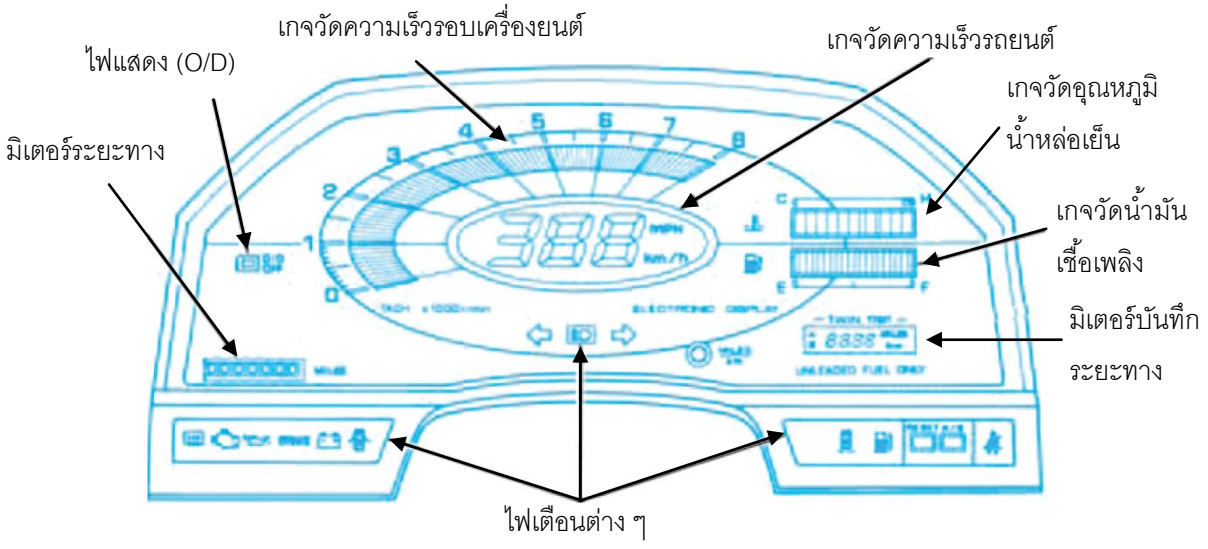
รูปที่ 9.12 โครงสร้างเกจวัดความเร็วรอบ

โดยทั่วไปเกจวัดรอบของเครื่องยนต์จะใช้สัญญาณจากแหล่งจ่ายไฟภายนอกมากระตุ้นให้เกจวัดรอบทำงานได้ เช่นอาศัยสัญญาณจากขั้วลบ (–) คอยล์จุดระเบิด นั่นคือหากแรงเคลื่อนไฟฟ้ามากที่รอบสูง เข็มวัดจะแสดงความเร็วรอบเครื่องยนต์มาก และหากแรงเคลื่อนไฟฟ้าน้อยที่รอบต่ำ เข็มวัดจะแสดงค่าความเร็วรอบเครื่องยนต์น้อย วงจรของเกจวัดความเร็วรอบเครื่องยนต์ ดังแสดงในรูปที่ 9.13



รูปที่ 9.13 วงจรไฟฟ้าเกจวัดความเร็วรอบเครื่องยนต์

ในกรณีเกจวัดรอบแบบอิเล็กทรอนิกส์ จะอาศัยชุดพัลส์ไฟฟ้า มิเตอร์วัดความเร็วรอบจากเซนเซอร์หรือชุดส่งสัญญาณ เกจวัดความเร็วรอบจะใช้เกจวัดชุดขดลวดคอยล์ เปลี่ยนสภาวะแรงผลักให้อ่านค่าความเร็วรอบเครื่องยนต์ได้ หากเครื่องยนต์มีความเร็วรอบสูงขึ้น จำนวนพัลส์จากขดลวดคอยล์จะเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากความเร็วรอบเครื่องยนต์นั่นเอง ในรถยนต์ที่ใช้เครื่องวัดความเร็วรอบแบบดิจิตอล ซึ่งแถบแต่ละแถบของระบบจะใช้ปริมาณของจำนวนเป็นสัญลักษณ์แทนความเร็วรอบที่จำนวน 1000 รอบต่อนาที ดังแสดงในรูปที่ 9.14

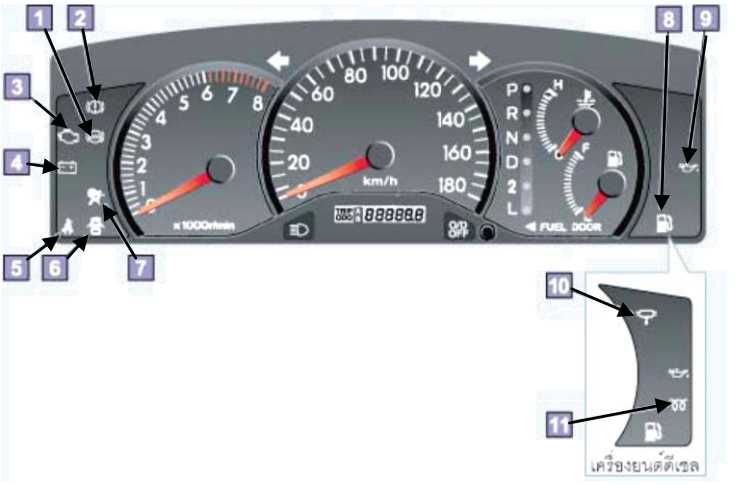


รูปที่ 9.14 หน้าปัดแบบดิจิตอลแสดงผลด้วยผลึกคริสตัลเหลว

7. **เกจวัดเตือนการประจุไฟฟ้า** (Charging Gauge) จะยอมให้ผู้ขับขี่ติดตามระบบการประจุไฟฟ้า ในขณะที่รถยนต์รุ่นเก่าจะใช้แอมมิเตอร์ ส่วนใหญ่ระบบประจุไฟฟ้าจะใช้โวลต์มิเตอร์หรือหลอดไฟแสดงการประจุไฟฟ้า โดยการสว่างของหลอดไฟ เมื่อแรงเคลื่อนไฟฟ้าจากระบบประจุไฟฟ้าต่ำกว่าแรงเคลื่อนแบตเตอรี่

9.2 ไฟเตือน

รถยนต์จะใช้ไฟเตือนที่หลากหลาย ซึ่งรถยนต์แต่ละรุ่นจะมีไฟเตือนที่แตกต่างกันออกไป ดังแสดงในรูปที่ 9.15 เพื่อส่งสัญญาณเตือนผู้ขับขี่ โดยส่วนใหญ่จะเกี่ยวข้องกับความปลอดภัย มีรายละเอียดเบื้องต้นดังนี้



1. ไฟเตือน ABS
2. ไฟเตือนเบรกมือ/ไฟเตือนระดับน้ำมันเบรก
3. ไฟแสดงสถานะเครื่องยนต์บกพร่อง
4. ไฟเตือนไฟชาร์จ
5. ไฟเตือนเข็มขัดนิรภัย
6. ไฟเตือนประตูเปิด
7. ไฟเตือนถุงลมนิรภัย
8. ไฟเตือนระดับน้ำมันเชื้อเพลิงต่ำ
9. ไฟเตือนแรงดันน้ำมันเครื่องต่ำ
10. ไฟเตือนระดับน้ำในน้ำมันเชื้อเพลิง (เฉพาะเครื่องยนต์ดีเซล)
11. ไฟเตือนหัวเผา (เฉพาะเครื่องยนต์ดีเซล)

รูปที่ 9.15 ไฟเตือนต่าง ๆ

1. **ไฟเตือน** (Warning Lights) ไฟเตือนจะบอกผู้ขับขี่ถึงสิ่งผิดปกติ ในทางตรงกันข้ามจะบ่งชี้ถึงการทำงานบางอย่างของวงจร เช่น ละลายฝ้ากระจกหลัง เมื่อสวิตช์อยู่ในตำแหน่งเปิด (ON) จะชี้แสดงการละลายฝ้ากระจกหลังให้ผู้ขับขี่ได้เห็น เป็นต้น ตัวอย่างอื่น ๆ เช่น การควบคุมการตะกุย ระบบนี้ปกติหลอดไฟจะสว่าง เมื่อสวิตช์อยู่ในตำแหน่งปิด และจะสว่างเตือนผู้ขับขี่ หากบางสิ่งทำงานผิดปกติในระบบ เป็นต้น ซึ่งเกจวัดและหลอดไฟเตือนบ่อยครั้งจะทำงานร่วมกัน เพื่อเตือนปัญหาแก่ผู้ขับขี่

2. **ไฟเตือนแสดงถุงลมนิรภัย** (Airbag) จะเตือนผู้ขับขี่ให้ทราบถึงระบบถุงลมนิรภัยว่าพร้อมทำงาน (ปกติหรือผิดปกติ) ซึ่งแสดงด้วยหลอดไฟเตือนถุงลมนิรภัยจะติดสว่างขึ้น เมื่อเปิดสวิตช์จุดระเบิดตำแหน่งเปิด ข้อขัดข้องในระบบถุงลมนิรภัยจะแสดงด้วยความสว่างของไฟเตือนที่ยังคงสว่างอยู่หรือกระพริบเตือน เมื่อเครื่องยนต์ทำงาน นำไปสู่การตรวจสอบ การวิเคราะห์ปัญหาและบริการต่อไป

3. **ไฟเตือนเข็มขัดนิรภัย** จะเพิ่มเสียงเตือนร่วมกันกับการสว่างของหลอดไฟเตือน เมื่อผู้ขับขี่ไม่รัดเข็มขัดนิรภัย เสียงเตือนและความสว่างของหลอดไฟจะยังคงทำงานอยู่ จนกระทั่งคนขับรัดเข็มขัดนิรภัยแล้ว เสียงเตือนพร้อมหลอดไฟเตือนจะดับลง เมื่อสวิตช์อยู่ในตำแหน่งเปิด จะกระตุ้นประมาณ 5 วินาที เมื่อผู้ขับขี่ไม่รัดเข็มขัดนิรภัย บางรุ่นจะส่งเสียงเตือนและหลอดไฟเตือนจะกะพริบถี่ขึ้นซึ่งทำงานร่วมกัน

4. **ไฟเตือนการเบรกมือ** เมื่อหลอดไฟเตือนการเบรกมือสว่างขึ้น จะบอกผู้ขับได้รู้ว่าดึงเบรกมืออยู่หรือกรณีระบบเบรกมีปัญหา

5. **ไฟเตือนระดับน้ำมันเบรก** หลอดไฟเตือนจะต่อกับเซนเซอร์ในกระเปาะน้ำมันเบรก หากระดับน้ำมันเบรกลดลงต่ำกว่าระดับที่กำหนดไว้ เซนเซอร์จะกระตุ้นและหลอดไฟเตือนจะติดสว่างขึ้นขณะเครื่องยนต์ทำงาน

6. **ไฟเตือน** ABS (Antilock Light) หากระบบเบรก ABS มีข้อบกพร่องเกิดขึ้นขณะนั้น ชุดโมดูลระบบป้องกันล้อล็อกตายจะต่อวงจรกราวด์ หลอดไฟเตือนเบรก ABS จะสว่างขึ้น

7. **ไฟเตือนระบบควบคุมการตะกุยและระบบควบคุมการทรงตัว** (Traction/Stability Control) หลอดไฟนี้จะส่องสว่างสีแดง เมื่อเกิดปัญหาข้อขัดข้องขึ้นในระบบควบคุมการตะกุยและการทรงตัวของรถยนต์ ซึ่งจะแสดงโดยความสว่างของหลอดไฟสีแดง เมื่อสวิตช์อยู่ในตำแหน่งปิด

8. **ไฟแสดงสถานะเครื่องยนต์บกพร่อง** (Check Engine Light) หลอดไฟนี้จะเตือนผู้ขับขี่ เมื่อระบบควบคุมเครื่องยนต์เกิดข้อขัดข้องขึ้น โดยการสว่างของหลอดไฟรูปเครื่องยนต์ โดยหน่วยความจำของกล่องควบคุมเครื่องยนต์ (ECU)

9. **ไฟเตือนแรงดันน้ำมันเครื่องต่ำ** (Oil pressure light) ไฟเตือนแรงดันน้ำมันเครื่องต่ำ จะทำงานโดยอาศัยสวิตช์แรงดันน้ำมันเครื่องที่ติดตั้งอยู่ในระบบหล่อลื่นเครื่องยนต์ รถยนต์บางรุ่นการสว่างของหลอดไฟจะแสดงด้วยสีเหลืองหรือสีแดง เพื่อบอกผู้ขับขี่ทราบ สีแดง หมายถึง เครื่องยนต์มีปัญหาเกี่ยวกับแรงดันน้ำมันเครื่อง ควรดับเครื่องยนต์ทันที และสีเหลืองจะบ่งบอกถึงระดับน้ำมันเครื่องต่ำ ควรหยุดรถและหาสาเหตุของปัญหา หรือนำรถเข้าศูนย์บริการเพื่อซ่อมบริการต่อไป

10. **ไฟเตือนการชาร์จ**(Charging Light) หลอดไฟเตือนการชาร์จจะติดสว่างขึ้นเมื่อสวิตช์อยู่ในตำแหน่งเปิด และหลอดไฟเตือนจะดับลง เมื่อเครื่องยนต์ทำงาน ในทางตรงกันข้าม ถ้าระบบประจุไฟฟ้ามีปัญหา หลอดไฟเตือนจะยังสว่างอยู่ เมื่อเครื่องยนต์ทำงาน ให้ตรวจสอบและแก้ไขระบบประจุไฟฟ้าต่อไป

11. **ไฟเตือนระดับน้ำมันเชื้อเพลิงต่ำ** หลอดไฟนี้จะส่องสว่าง เมื่อระดับน้ำมันเชื้อเพลิงต่ำ (1/4 ของถัง) สวิตช์อิเล็กทรอนิกส์จะปิด (ต่อวงจรไฟฟ้า) และกระแสไฟฟ้าจะกระทำต่อหลอดไฟเตือนให้สว่างขึ้น ให้รีบนำรถยนต์ไปเติมน้ำมันที่ปั๊มบริการ

12. **ตัวเตือนละลายฝ้ากระจกหลัง** (Rear Defrost Indicator) เมื่อหลอดไฟเตือนสว่างเล็กน้อย บ่งบอกถึงละลายฝ้ากระจกหลังกำลังทำงาน

13. **ไฟเตือนไฟสูง** (High Beam Indicator) ขณะที่เปิดสวิตช์ไฟหน้าตำแหน่งไฟสูง หลอดไฟจะสว่างเตือนผู้ขับขี่ให้ทราบว่ากำลังเปิดไฟสูงอยู่

14. **ไฟเตือนไฟเลี้ยวขวาหรือเลี้ยวซ้าย** ขณะเปิดสวิตช์ไฟเลี้ยวตำแหน่งเลี้ยวซ้ายหรือเลี้ยวขวา หลอดไฟนี้จะกระพริบเตือนเป็นจังหวะ ให้ผู้ขับขี่ได้ทราบว่าได้เปิดไฟเลี้ยวซ้ายหรือเลี้ยวขวาด้วยการกระพริบเตือนของหลอดไฟ รวมทั้งหลอดไฟเตือนจะกระพริบพร้อมกันเป็นจังหวะ เมื่อเปิดสวิตช์ฉุกเฉิน

15. **ไฟเตือนการตะกุย** (Cruise Control Light) หลอดไฟเตือนจะสว่างขึ้น เมื่อไรก็ตามที่การควบคุมการตะกุยอยู่ในตำแหน่งเปิด

16. **อุปกรณ์เตือนด้วยเสียง** (Sound Warning Devices) เป็นอุปกรณ์ที่มีความหลากหลาย การผลิตสัญญาณเสียง (เสียงกระดิ่งหรือสังเคราะห์เสียงขึ้นมาใหม่) จะถูกใช้เตือนผู้ขับขี่ให้รู้สภาพของรถยนต์ หลอดไฟเตือนนี้ประกอบด้วยไฟเตือนต่าง ๆ เช่น ไฟเตือนการคาดเข็มขัดนิรภัย การทำงานของถุงลมนิรภัย ไฟเตือนลืมสวิตช์จุดระเบิด (กุญแจ) ไว้ที่คอพวงมาลัย เสียงเตือนลืมปิดสวิตช์ไฟแสงสว่าง เป็นต้น

9.3 การวิเคราะห์และการตรวจสอบเกจวัดและหน้าปัดรถยนต์

การวิเคราะห์และการตรวจสอบเกจวัดและหน้าปัดรถยนต์ การวิเคราะห์ ควรเริ่มต้นจากการตรวจสอบทางกายภาพของวงจร ตรวจสอบการเสียหายทางกายภาพของเซนเซอร์และอุปกรณ์ทำงาน ตรวจสอบขั้วต่อสายไฟไปยังอุปกรณ์ทำงาน กล่องควบคุมโมดูล และจุดต่อลงกราวด์ ตรวจสอบสายไฟ เช่น ร่องรอยการไหม้ หรือรอยครูด จุดเสียหายต่าง ๆ ของสายไฟ เป็นต้น

ก่อนตรวจสอบด้วยเครื่องวิเคราะห์ (Scan Tool) ให้อ้างถึงคู่มือการซ่อมจากโรงงานผู้ผลิต ที่จะเสนอแนะขั้นตอนการปฏิบัติงานที่ถูกต้อง เพื่อวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าควบคุมไฟเตือนต่าง ๆ

เมื่อเกจวัดหรือระบบไฟเตือนทำงานไม่ถูกต้อง จะต้องตรวจสอบรายการต่อไปนี้ ประกอบด้วย ฟิวส์ หลอดไฟเตือน สวิตช์ควบคุม ชุดส่งสัญญาณ อุปกรณ์ควบคุมแรงเคลื่อนไฟฟ้า เกจวัด (ระบบเกจวัด) ซึ่งปัญหาที่เกิดขึ้นบ่อยครั้งมีสาเหตุมาจากขั้วต่อสกปรกหรือเป็นสนิม การครูดของสายไฟ ขั้วต่อไม่ดี/สายไฟบกพร่อง และบางส่วนของขั้วต่อบกพร่อง หรือขั้วต่อเสียหาย

สรุปสาระสำคัญ

☐ เกจวัดและไฟเตือนต่าง ๆ บนหน้าปัดรถยนต์ ถูกใช้งานผ่านระบบเกจวัดและไฟเตือนไปยังผู้ขับขี่เพื่อติดตามการทำงานของเครื่องยนต์ และระบบการทำงานของรถยนต์ที่หลากหลาย

☐ หน้าปัดรถยนต์จะแสดงผลด้วยเข็มวัด (อนาล็อก) และตัวเลข (ดิจิตอล) การแสดงผลด้วยเข็มวัดซึ่งเข็มวัดจะชี้ตัดไปมาระหว่างสเกลเพื่อบ่งชี้สภาพ ส่วนการแสดงผลด้วยดิจิตอลจะแทนที่ด้วยแถบกราฟหรือตัวเลข ซึ่งรถยนต์รุ่นใหม่ล่าสุดจะใช้เกจวัดดิจิตอลแทนที่เกจวัดแบบอนาล็อก

☐ วงจรเกจวัดส่วนใหญ่ ประกอบด้วย เกจวัด ชุดส่งสัญญาณ และอุปกรณ์ควบคุมแรงเคลื่อนไฟฟ้า

☐ เกจวัดแบบอนาล็อก มี 2 แบบ คือ เกจวัดแบบความร้อน (โลหะไบมีทัล) และแม่เหล็ก ส่วนใหญ่จะใช้เซนเซอร์หรือชุดส่งสัญญาณทำงานร่วมกันกับเกจวัด

☐ หลอดไฟเตือนและอุปกรณ์เตือน โดยทั่วไปจะกระตุ้นโดยการปิดของสวิตช์ควบคุม กราวด์สวิตช์หรือกราวด์เซนเซอร์

☐ การผลิตสัญญาณเสียงเตือนที่หลากหลาย ประกอบด้วยเสียงต่าง ๆ เช่น เสียงกระดิ่ง หรือเสียงสังเคราะห์ เพื่อใช้เตือนผู้ขับขี่ให้ทราบสภาพต่าง ๆ ของรถยนต์

แบบฝึกหัดหน่วยที่ 9

เกจวัดและหน้าปัดรถยนต์

คำสั่ง จงเติมคำตอบลงในช่องว่างให้ถูกต้อง

1. หน้าที่ของเกจวัดและไฟเตือนต่าง ๆ บนหน้าปัดรถยนต์ทำหน้าที่.....

.....

.....

.....

2. .....เป็นอุปกรณ์ที่ควบคุมแรงเคลื่อนไฟฟ้าไปยังเกจวัดต่าง ๆ ให้ทำงานอย่างถูกต้อง และแม่นยำ
3. ชุดส่งสัญญาณของเกจวัดน้ำมันเชื้อเพลิง ส่วนใหญ่จะใช้.....เป็นตัวต้านทานที่เปลี่ยนแปลงค่าได้
4. ส่วนใหญ่ในระบบเกจวัด จะใช้เกจวัดแม่เหล็กไฟฟ้าแบบ.....

.....

5. ตัวต้านทานจำเพาะที่อาศัยกลไกการทำงาน (Piezo Resistive Sensor) มีการทำงานคือ

.....

.....

6. เทอร์มิสเตอร์ใช้เพื่อ.....

.....

7. ความหมายของกลไก ไฟฟ้าที่ใช้ในเกจวัดคือ.....

.....

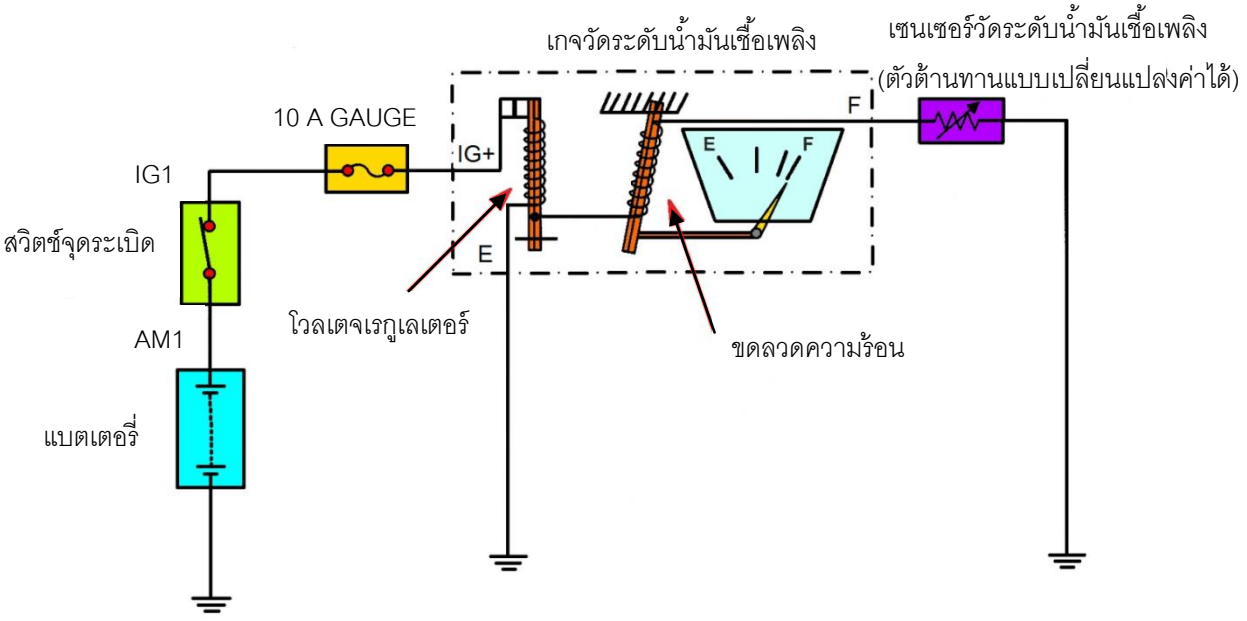
.....

8. ระหว่างเกจวัดแบบอนาล็อกและแบบดิจิตอลมีพื้นฐานที่แตกต่างกันคือ

.....

.....

9. จงอธิบายการทำงานของเกจวัดน้ำมันเชื้อเพลิง จากรูปที่กำหนดให้



10. จงอธิบายหลักการวิเคราะห์และการตรวจสอบระบบเกจวัดและไฟเตือนต่าง ๆ มาพอเข้าใจ

ใบงานที่ 18

งานตรวจสอบชุดส่งสัญญาณเกจวัดน้ำมันเชื้อเพลิง

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. เตรียมเครื่องมือ วัสดุและอุปกรณ์ได้ถูกต้อง
2. ตรวจสอบชุดส่งสัญญาณเกจวัดน้ำมันเชื้อเพลิงได้ถูกต้อง
3. วิเคราะห์ผลการทดสอบชุดส่งสัญญาณเกจวัดน้ำมันเชื้อเพลิงได้ถูกต้อง
4. จัดเก็บเครื่องมือ วัสดุและอุปกรณ์ได้ถูกต้อง

เครื่องมือ วัสดุ และอุปกรณ์

1. มัลติมิเตอร์ 2. คู่มือการซ่อม 3. ชุดส่งสัญญาณเกจวัดน้ำมันเชื้อเพลิง

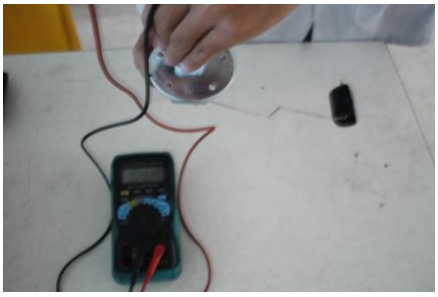
ลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงาน

1. เตรียมมัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล คู่มือการซ่อม และชุดส่งสัญญาณเกจวัดน้ำมันเชื้อเพลิง

2. เลือกสวิตช์รูปแบบการวัดของมัลติมิเตอร์มาที่ย่านวัดโอห์มมิเตอร์

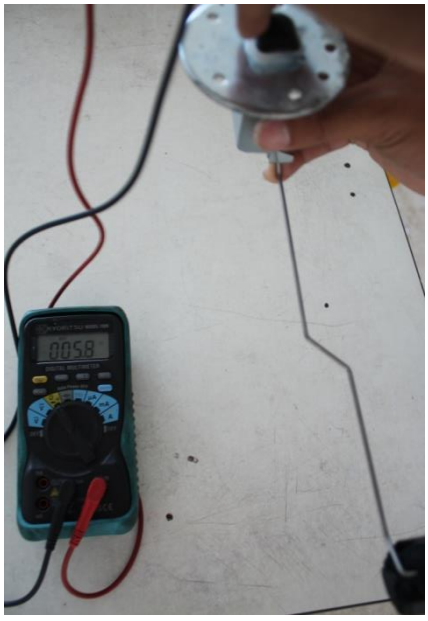
3. ต่อขั้ววัดสายลบของมัลติมิเตอร์ไปยังกราวด์ และต่อสายวัดขั้วบวกของมัลติมิเตอร์ไปยังขั้วของตัวต้านทานที่เปลี่ยนแปลงค่าได้ของชุดส่งสัญญาณเกจวัดน้ำมันเชื้อเพลิง

ผลการปฏิบัติ ☐ ถูกต้อง ☐ ไม่ถูกต้อง



4. ยึดชุดส่งสัญญาณไว้ในตำแหน่งปกติ และปล่อยลูกลอยอยู่ในตำแหน่งต่ำสุด (น้ำมันหมดถัง) แล้วอ่านค่าความต้านทานจากมัลติมิเตอร์

ค่าความต้านทาน..... โอห์ม



5. เลื่อนลูกลอยอย่างช้า ๆ จากตำแหน่งต่ำสุด (น้ำมันหมดถัง) ไปยังตำแหน่งสูงสุด (น้ำมันเต็มถัง) แล้วสังเกตมัลติมิเตอร์ ค่าความต้านทานควรเปลี่ยนแปลงอย่างราบเรียบ และมีค่าคงที่

ผลการวัด ☐ ราบเรียบ ☐ ไม่ราบเรียบ

6. ตรวจสอบค่าความต้านทานขณะที่ยึดลูกลอยไว้ตำแหน่งกึ่งกลาง และตำแหน่งสูงสุดเปรียบเทียบค่าที่วัดได้กับคู่มือการซ่อมกำหนด

ผลการวัดตำแหน่งกึ่งกลาง..... โอห์ม

ผลการวัดตำแหน่งสูงสุด..... โอห์ม

7. ตรวจสอบลูกลอยให้แน่ใจว่าไม่มีรอยชำรุดหรือสึกหรอ

สรุปผลการตรวจสอบ

☐ ปกติ ☐ ชำรุด

8. จัดเก็บเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์และทำความสะอาด

ใบงานที่ 19

งานทดสอบวงจรไฟเตือนแรงดันน้ำมันเครื่อง

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. เตรียมเครื่องมือ วัสดุและอุปกรณ์ได้ถูกต้อง
2. ทดสอบวงจรไฟเตือนแรงดันน้ำมันเครื่องได้ถูกต้อง
3. วิเคราะห์ผลการทดสอบวงจรไฟเตือนแรงดันน้ำมันเครื่องได้ถูกต้อง
4. จัดเก็บเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์และทำความสะอาดได้ถูกต้อง

เครื่องมือ วัสดุ และอุปกรณ์

1. มัลติมิเตอร์ 2. เครื่องมือประจำตัว 3. สายไฟทดสอบ 4. คู่มือการซ่อม 5. รถยนต์ฝึกปฏิบัติ

รุ่น/แบบรถยนต์ที่ฝึกปฏิบัติ.....

บันทึกขั้นตอนการปฏิบัติงาน ☑ **ถูกต้อง** ☒ **ไม่ถูกต้อง**

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	**ความถูกต้องของงาน**
1. เตรียมเครื่องมือ วัสดุและอุปกรณ์	☐

2. เปิดสวิตช์จุดระเบิดตำแหน่งเปิด (ON) อภิปรายสภาพการทำงานของหลอดไฟเตือนแรงดันน้ำมันเครื่อง

ผลการตรวจสอบ ☐ หลอดไฟติดสว่าง ☐ หลอดไฟไม่ติด

3. สตาร์ตเครื่องยนต์ ตำแหน่งเดินเบา สังเกตการทำงานของหลอดไฟเตือนแรงดันน้ำมันเครื่องต้องดับลง

ผลการตรวจสอบ ☐ หลอดไฟดับ ☐ หลอดไฟไม่ดับ

4. อ้างถึงคู่มือการซ่อม และไดอะแกรมวงจรไฟฟ้า ชุดส่งสัญญาณไฟเตือนแรงดันน้ำมันเครื่อง พบว่าเป็น ☐ สวิตช์ปกติปิด ☐ สวิตช์ปกติเปิด

5. ถอดปลั๊กขั้วต่อสายไฟชุดส่งสัญญาณแรงดันน้ำมันเครื่องออก และทดสอบแรงเคลื่อนไฟฟ้าขณะเครื่องยนต์ดับ แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่อ่านได้.....โวลต์

6. สรุปผลการทดสอบและให้ข้อเสนอแนะ

.....

7. จัดเก็บเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ และทำความสะอาด	☐

แบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 9

เกจวัดและหน้าปัดรถยนต์

คำสั่ง จงทำเครื่องหมายกากบาท (×) ลงหน้าข้อที่ถูกต้องที่สุด

1. การติดตามสภาพการทำงานของรถยนต์ สามารถติดตามโดยอะไร
   - ก. ตำแหน่งประตูโดยสัญญาณจากสวิตช์
   - ข. ระดับน้ำมันเชื้อเพลิงในถัง โดยสัญญาณลูกลอย
   - ค. ความสว่างของหลอดไฟเตือนจากการดึงกระแส
   - ง. ถูกทุกข้อ
2. อุปกรณ์ใดป้องกันการเปลี่ยนแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่มีผลต่อการอ่านค่าที่เกจวัด
   - ก. ตัวควบคุมกระแสไฟฟ้า
   - ข. ตัวควบคุมแรงเคลื่อนไฟฟ้า
   - ค. ตัวต้านทานคงที่
   - ง. ตัวต้านทานที่เปลี่ยนแปลงค่าได้
3. ชุดส่งสัญญาณในเกจวัดน้ำมันเชื้อเพลิงใช้อุปกรณ์ใดส่งสัญญาณ
   - ก. ลูกลอย
   - ข. ไดอะแฟรม
   - ค. ตัวต้านทานคงที่
   - ง. ซีเนอร์ไดโอด
4. การชดเชยอุณหภูมิในโลหะไบมีทัลของเกจวัด สามารถทำได้โดยอะไร
   - ก. หน่วยปิดผนึกด้วยซีล
   - ข. รูปร่างของแถบโลหะไบมีทัล
   - ค. ความต้านทานภายนอกวงจร
   - ง. การไหลของกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดความร้อน
5. เครื่องวัดที่ใช้พัลส์จากวงจรปฐมภูมิของคอยล์จุดระเบิดกระตุ้นการทำงาน คือข้อใด
   - ก. แอมมิเตอร์
   - ข. มิเตอร์วัดความเร็ว
   - ค. มิเตอร์วัดความเร็วรอบเครื่องยนต์
   - ง. มิเตอร์วัดระยะทาง
6. เกจวัดแม่เหล็กไฟฟ้า**ไม่ใช้**อุปกรณ์ใดควบคุมการทำงาน
   - ก. กลไกเคลื่อนที่
   - ข. ชุดส่งสัญญาณ
   - ค. ขดลวดคอยล์ 2–3 ตัว
   - ง. การเคลื่อนที่แกนอากาศ

7. เข็มวัดความเร็วจะยึดตำแหน่งอยู่ที่ศูนย์ (0) ได้โดยอะไร

ก. สายเคเบิล ข. ขดลวดสปริง

ค. แรงแม่เหล็ก ง. น้ำหนักเข็มวัด

8. อุปกรณ์ใด**ไม่ใช้**เป็นชุดส่งสัญญาณของเกจวัด

ก. สวิตช์ ข. เทอร์มิสเตอร์

ค. ตัวต้านทานเปลี่ยนแปลงค่าได้ ง. ตัวต้านทานจำเพาะที่ทำงานด้วยกลไก

9. อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ส่งสัญญาณเตือนถูกกระตุ้นโดยอะไร

ก. ไดอะแฟรม ข. ไฟเบอร์ออพติก

ค. แรงเคลื่อนไฟฟ้าตกคร่อม ง. กราวด์สวิตช์

10. เมื่อตรวจสอบเซนเซอร์อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นแบบสัมประสิทธิ์อุณหภูมิเป็นลบ (NTC)

ช่างเทคนิค A กล่าวว่า เซนเซอร์จะมีค่าความต้านทานเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น

ช่างเทคนิค B กล่าวว่า เซนเซอร์จะมีค่าความต้านทานลดลง เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ใครกล่าวถูกต้อง

ก. ช่างเทคนิค A ข. ช่างเทคนิค B

ค. กล่าวถูกต้องทั้งช่างเทคนิค A และ B ง. ไม่มีใครกล่าวถูกต้อง

หน่วยที่ 10

ระบบไฟฟ้าอำนวยความสะดวก

หน่วยที่ 10

ระบบไฟฟ้าอำนวยความสะดวก

หัวข้อเรื่อง (Topics)

10.1 ระบบปัดน้ำฝนและฉีดน้ำล้างกระจก
10.2 ระบบละลายฝ้ากระจกหลัง
10.3 ระบบล็อกประตู
10.4 ระบบกระจกไฟฟ้า
10.5 ระบบกระจกมองข้างปรับด้วยไฟฟ้า
10.6 การวิเคราะห์และการตรวจสอบระบบไฟฟ้าอำนวยความสะดวก

แนวคิดสำคัญ (Main Idea)

ระบบไฟฟ้าอำนวยความสะดวกรถยนต์ เป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญและจำเป็นเพื่ออำนวยความสะดวก สร้างความปลอดภัย และความบันเทิงแก่ผู้ขับขี่และผู้โดยสาร ซึ่งในรถยนต์ปัจจุบันมีอุปกรณ์ไฟฟ้าอำนวยความสะดวกที่หลากหลาย ประกอบด้วยระบบปัดน้ำฝนและฉีดน้ำล้างกระจก นาฬิกา ที่จุดบุหรี่ ระบบละลายฝ้ากระจกหลัง ระบบมัลติมิเดีย ระบบล็อกประตู ระบบควบคุมกระจกไฟฟ้าและระบบควบคุมกระจกมองข้างปรับด้วยไฟฟ้า

สมรรถนะย่อย (Element of Competency)

1. แสดงความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับระบบไฟฟ้าอำนวยความสะดวก
2. ตรวจสอบ วิเคราะห์ปัญหาและบริการระบบไฟฟ้าอำนวยความสะดวก

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (Behavioral Objectives)

1. บอกส่วนประกอบและอธิบายการทำงานระบบปัดน้ำฝนและฉีดน้ำล้างกระจกได้ถูกต้อง
2. อธิบายการทำงานของระบบละลายฝ้ากระจกหลังได้ถูกต้อง
3. อธิบายการทำงานของระบบล็อกประตูได้ถูกต้อง
4. อธิบายการทำงานของระบบกระจกไฟฟ้าได้ถูกต้อง
5. อธิบายการทำงานของระบบกระจกมองข้างปรับด้วยไฟฟ้าได้ถูกต้อง
6. วิเคราะห์และตรวจสอบระบบไฟฟ้าอำนวยความสะดวกได้ถูกต้อง

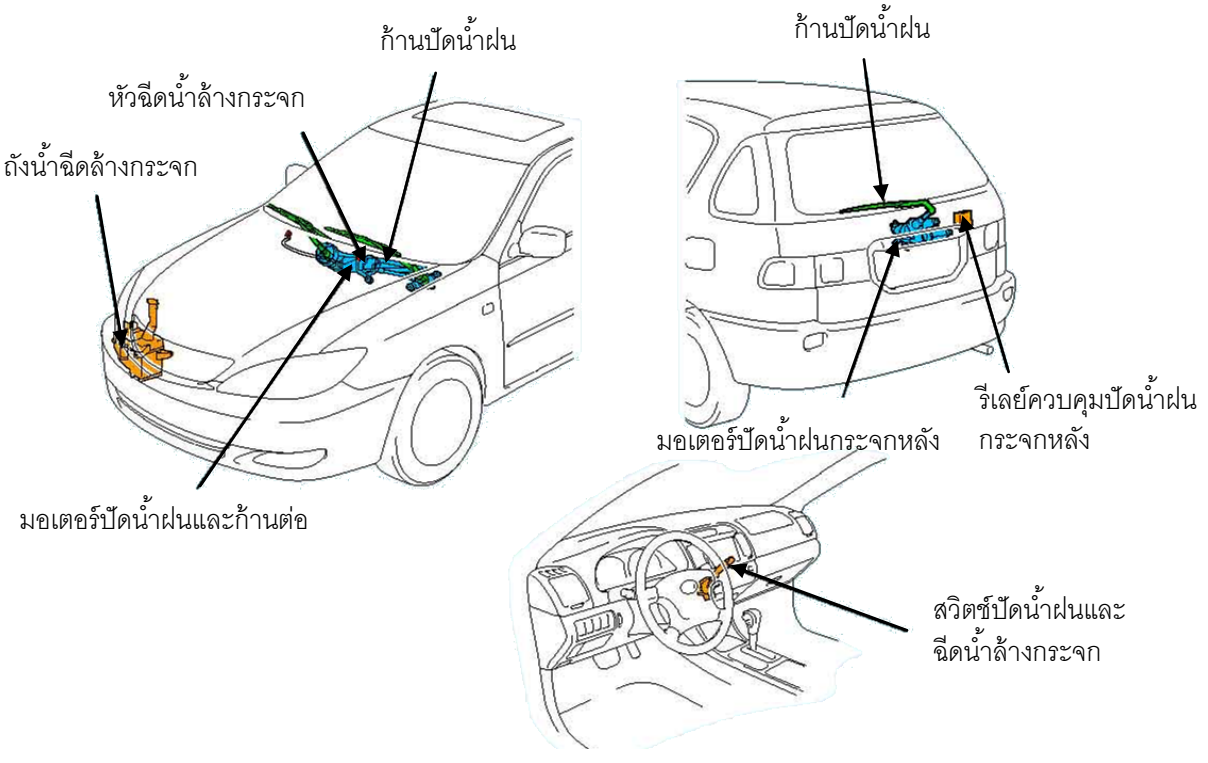
เนื้อหาสาระ (Content)

10.1 ระบบปัดน้ำฝนและฉีดน้ำล้างกระจก

ปัดน้ำฝนและฉีดน้ำล้างกระจก ทำหน้าที่ปัดน้ำฝน หิมะและสิ่งสกปรกออกจากกระจกรถยนต์ร่วมกับการฉีดน้ำล้างกระจกเพื่อเพิ่มทัศนวิสัยในการขับขี่ให้ดีขึ้น และเพื่อความปลอดภัยแก่ผู้ขับ โดยมีรายละเอียดดังนี้

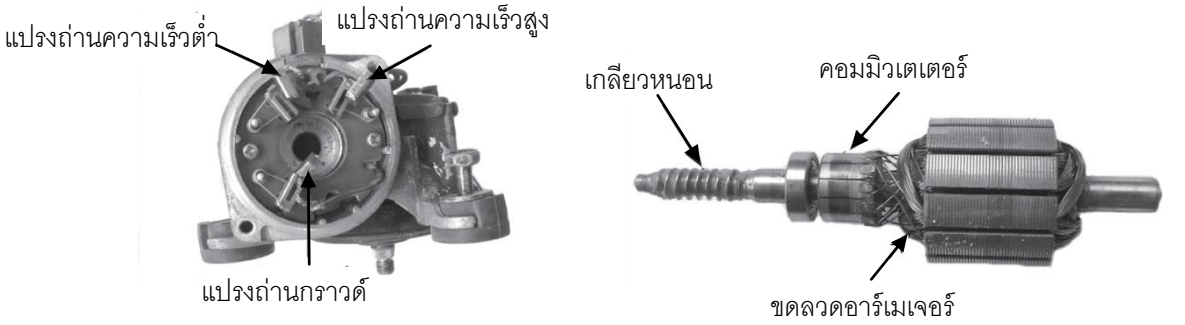
10.1.1 โครงสร้างส่วนประกอบของระบบปัดน้ำฝนและฉีดน้ำล้างกระจก

ระบบปัดน้ำฝนและฉีดน้ำล้างกระจกมีโครงสร้าง ส่วนประกอบที่สำคัญ คือกลไกการทำงานและวงจรไฟฟ้า จำแนกส่วนประกอบหลักได้ 4 ชิ้นส่วน ได้แก่มอเตอร์ปัดน้ำฝน ชุดเฟืองทด กลไกขับเคลื่อน และใบปัดน้ำฝน ส่วนฉีดน้ำล้างกระจก ประกอบด้วยสวิตช์ปัดน้ำฝนและฉีดน้ำล้างกระจก รีเลย์ควบคุมปัดน้ำฝน มอเตอร์ปัดน้ำฝนและก้านต่อ มอเตอร์ฉีดน้ำล้างกระจก ถังฉีดน้ำล้างกระจก ท่อทางน้ำและหัวฉีด ดังแสดงในรูปที่ 10.1 ซึ่งมีรายละเอียดแต่ละชิ้นส่วน ดังนี้



รูปที่ 10.1 โครงสร้างส่วนประกอบของปัดน้ำฝนและฉีดน้ำล้างกระจกรถยนต์

1. **มอเตอร์ปัดน้ำฝน** ระบบปัดน้ำฝนเป็นแขนกลไกที่ปัดกวาดกระจกกลับไปมาในทิศทางเดินหน้าและถอยกลับ เพื่อขจัดน้ำ หิมะ หรือสิ่งสกปรกต่าง ๆ ออกจากกระจกหน้ารถหรือกระจกหลังรถ โดยอาศัยมอเตอร์ควบคุมการทำงาน ซึ่งมอเตอร์ปัดน้ำฝนที่ใช้จะเป็นแบบใช้แม่เหล็กไฟฟ้าหรือแบบแม่เหล็กถาวร ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นแบบแม่เหล็กถาวร การควบคุมความเร็วของมอเตอร์จะควบคุมโดยการติดตั้งแปรงถ่านบนคอมมิวเตเตอร์ ซึ่งแปรงถ่านจำนวน 3 ตัวจะถูกใช้ร่วมกัน เพื่อนำกระแสไฟฟ้าไปยังมอเตอร์ให้หมุนได้ทั้งความเร็วต่ำและความเร็วสูง

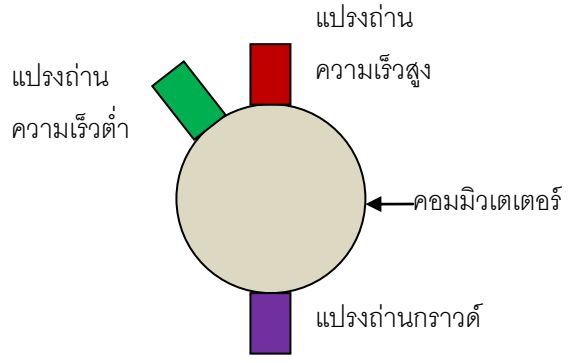


รูปที่ 10.2 แปรงถ่านมอเตอร์ปัดน้ำฝนและมอเตอร์ปัดน้ำฝน

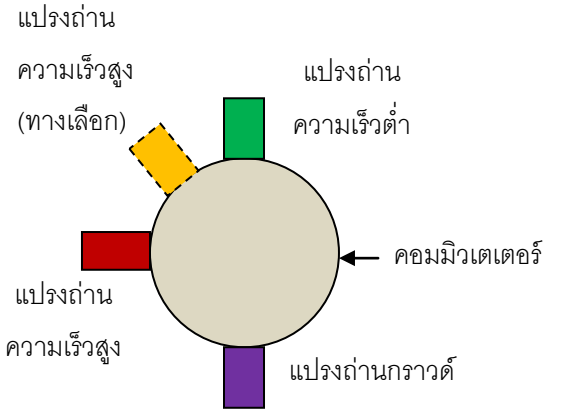
ตำแหน่งการติดตั้งแปรงถ่านจะแตกต่างกันในแต่ละแบบ ภายใต้การออกแบบ ดังนี้

แบบที่ 1 แปรงถ่านความเร็วสูงจะอยู่ตรงข้ามกับแปรงถ่านกราวด์และเยื้องศูนย์กับแปรงถ่านความเร็วต่ำ

แบบที่ 2 แปรงถ่านความเร็วต่ำและแปรงถ่านกราวด์จะอยู่ตรงข้ามกัน และแปรงถ่านความเร็วสูงจะอยู่เยื้องศูนย์หรืออยู่จุดกลางระหว่างแปรงถ่านความเร็วต่ำกับแปรงถ่านกราวด์

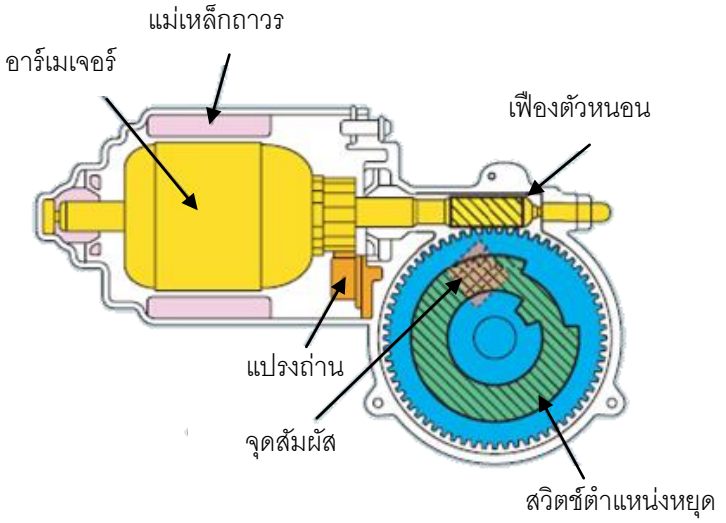


รูปที่ 10.3 ตำแหน่งการติดตั้งแปรงถ่านบนคอมมิวเตเตอร์แบบที่ 1



รูปที่ 10.4 ตำแหน่งการติดตั้งแปรงถ่านบนคอมมิวเตเตอร์แบบที่ 2

สวิตช์ตำแหน่งหยุดหรือสวิตช์ลูกเบี้ยว(Park Switch)จะถูกรวมเข้าด้วยกันภายในมอเตอร์ปัดน้ำฝน ซึ่งทำงานเมื่อลูกเบี้ยวปิดหรือเปิดวงจรผ่านทางคอนแทก สวิตช์จะจัดเตรียมแรงเคลื่อนไฟฟ้าไปยังมอเตอร์ ภายหลังสวิตช์ปัดน้ำฝนอยู่ในตำแหน่งปิด จะยอมให้มอเตอร์หมุนต่อเนื่อง จนกระทั่งหยุด (ใบปัดน้ำฝนอยู่ในตำแหน่งด้านล่างของกระจก)ดังแสดงในรูปที่ 10.5



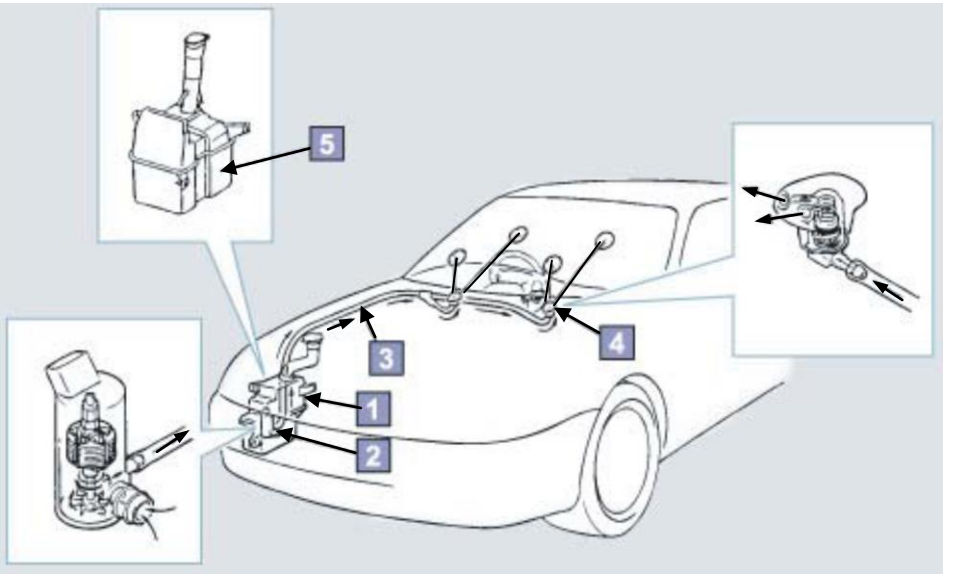
รูปที่ 10.5 ส่วนประกอบมอเตอร์ปัดน้ำฝนและสวิตช์ตำแหน่งหยุดปัดน้ำฝน

เมื่อสวิตช์เคลื่อนที่ไปในตำแหน่งหยุด ปัดน้ำฝนจะเปิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าถูกใช้กับสวิตช์ตำแหน่งหยุด และปัดน้ำฝนทั้งสองยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านไปยังแปรงถ่านความเร็วต่ำ (LO) เมื่อใบปัดน้ำฝนอยู่ในตำแหน่งต่ำสุดของกระจก จะเปิดวงจรไปยังแปรงถ่านและมอเตอร์หยุดทำงาน มอเตอร์ปัดน้ำฝนแบบ 2 ความเร็ว การควบคุมสวิตช์จะกำหนดโดยตัวต้านทาน ถ้าตัวต้านทานใด ๆ ถูกต่อไปยังวงจรใดวงจรหนึ่งของสนามแม่เหล็ก เมื่อสวิตช์อยู่ในตำแหน่งความเร็วต่ำ สนามแม่เหล็กที่ขดลวดทั้งสอง จะมีปริมาณกระแสที่เหมือนกัน ดังนั้นสนามแม่เหล็กทั้งหมดจะอ่อนและมอเตอร์หมุนด้วยความเร็วรอบต่ำ

เมื่อไรก็ตามที่สวิตช์อยู่ในตำแหน่งความเร็วรอบสูง ตัวต้านทานที่ต่ออนุกรมกับสนามแม่เหล็ก การต่อนี้ความเข้มของสนามแม่เหล็กที่ขดลวดจะมากและมอเตอร์หมุนด้วยความเร็วรอบสูง

2. **เครื่องฉีดน้ำล้างกระจก** (Wind Shield Washer) เครื่องฉีดน้ำล้างกระจกจะทำงานร่วมกับปัดน้ำฝน เพื่อทำความสะอาดกระจกหน้ารถหรือกระจกหลังรถ ระบบส่วนใหญ่จะมีมอเตอร์ปั๊มฉีดน้ำล้างกระจกติดตั้งอยู่ภายในถังเก็บน้ำ ท่อทางน้ำ และหัวฉีดน้ำล้างกระจก ดังแสดงในรูปที่ 10.6 ระบบฉีดน้ำล้างกระจกถูกกระตุ้นการทำงานโดยการกดสวิตช์ค้างอยู่ชั่วขณะ หากระบบปัดน้ำฝนและฉีดน้ำล้าง

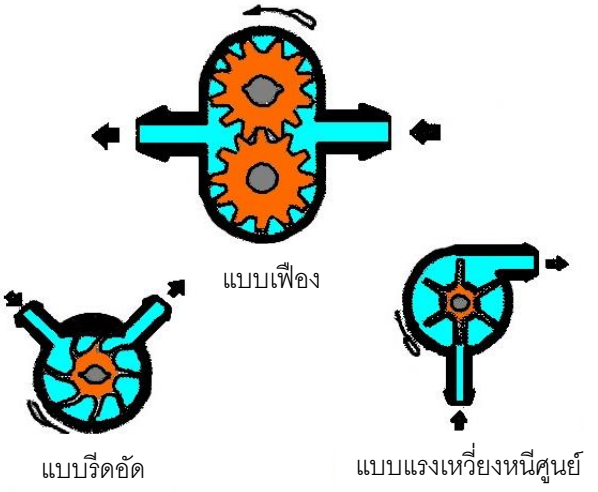
กระจกมีชุดโมดูลปัดเป็นช่วง สัญญาณที่ส่งไปชุดโมดูล เมื่อสวิตช์ถูกกระตุ้นวงจรในชุดโมดูล ส่งผลให้มอเตอร์ทำงานที่ความเร็วรอบต่ำ



1.ถังน้ำล้างกระจก 2. มอเตอร์ฉีดน้ำล้างกระจก 3. ท่อยาง 4. หัวฉีด 5. น้ำยาล้างกระจก

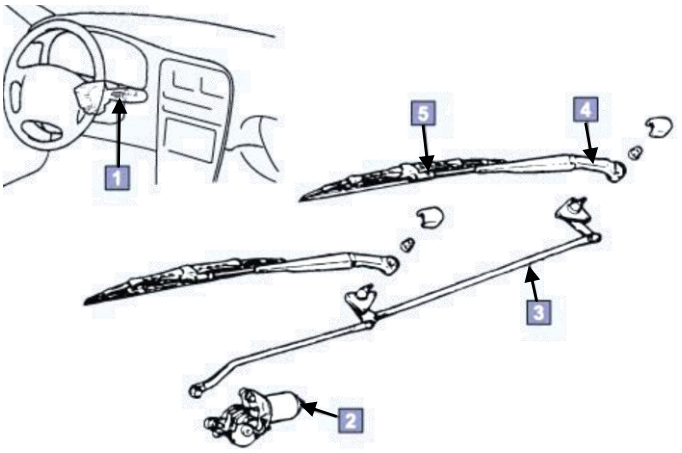
รูปที่ 10.6 เครื่องฉีดน้ำล้างกระจก

ส่วนปั๊มน้ำมีหลายแบบคือแบบเฟืองแบบรีดอัดและแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ซึ่งแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์เป็นแบบที่นิยมใช้มากที่สุด ในขณะที่มอเตอร์ทำงานน้ำจะถูกดูดจากถังเข้าท่อทางดูดแล้วอาศัยแรงเหวี่ยงของใบพัดดันน้ำส่งออกไปที่หัวฉีดฉีดน้ำไปที่กระจกต่อไป



รูปที่10.7 ลักษณะปั๊มน้ำแบบต่าง ๆ

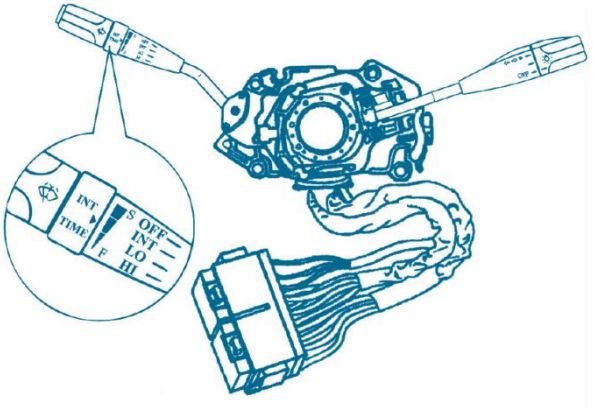
3. **กลไกก้านต่อปัดน้ำฝนและใบปัดน้ำฝน**กลไกก้านต่อและจุดหมุนที่หลากหลายถูกเชื่อมต่อ ใช้เพื่อถ่ายทอดการหมุนของมอเตอร์ เพื่อแกว่งไปมาสำหรับปัดน้ำฝนบนกระจกหน้ารถเมื่อมอเตอร์ทำงาน กลไกจะหมุนแขนให้ทำงานเดินหน้าและถอยกลับ จากผลลัพธ์นี้ทำให้กลไกจุดหมุนปัดน้ำฝนส่ายไปมา ผ่านแกนปัดน้ำฝน และใบปัดน้ำฝนซึ่งถูกเชื่อมโดยตรงไปยังจุดหมุนทั้งสองเพื่อให้ใบปัดน้ำฝนทำงานได้ดังกล่าว



1.สวิตช์ควบคุมปัดน้ำฝน 2. มอเตอร์ปัดน้ำฝน 3. ก้านต่อปัดน้ำฝน 4. ใบปัดน้ำฝน 5. ยางปัดน้ำฝน

รูปที่ 10.8 กลไกก้านต่อปัดน้ำฝนและใบปัดน้ำฝน

4. **สวิตช์ควบคุมมอเตอร์ปัดน้ำฝนและฉีดน้ำล้างกระจก** ทำหน้าที่ควบคุมความเร็วของมอเตอร์ปัดน้ำฝน ทำให้ใบปัดน้ำฝนปัดช้าและปัดเร็วได้



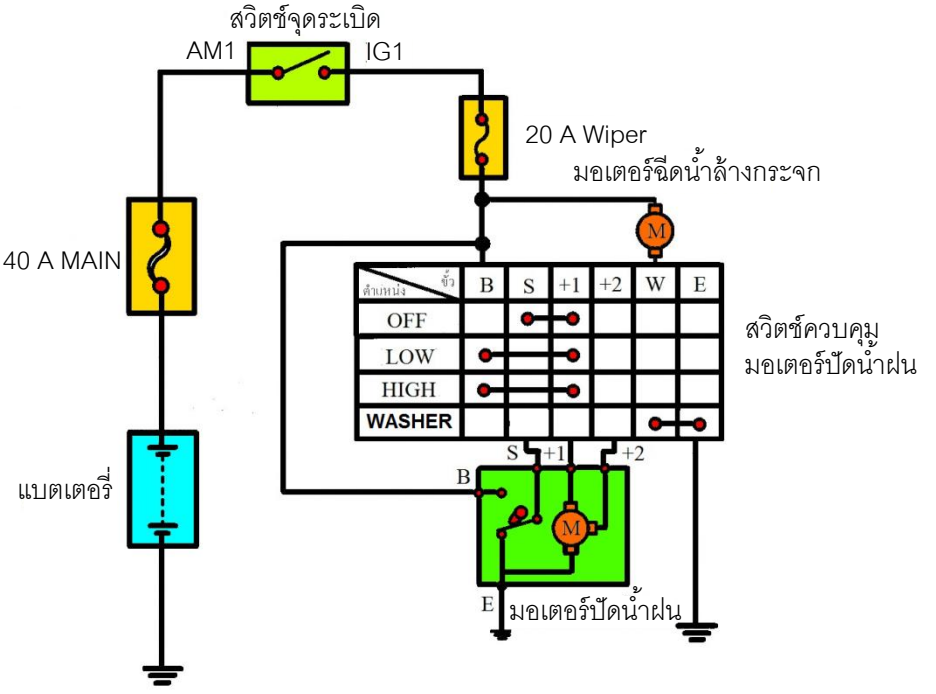
ขั้ว / ตำแหน่ง	B	S	+1	+2	C	T	W	E
OFF		●	●					
INT		●	●		●	●		
LOW	●		●					
HIGH	●			●				
WASHER							●	●
WIPER RELAY								

รูปที่ 10.9 สวิตช์แบบมีตำแหน่ง INT ชนิดปรับตั้งเวลาหยุดชั่วขณะได้และสัญลักษณ์แสดงการทำงานของสวิตช์

5. ระบบปัดน้ำฝนและฉีดน้ำล้างกระจกด้านหลัง ระบบปัดน้ำฝนแบบนี้จะพบในรถตู้ รถตรวจการ ซึ่งระบบนี้จะแยกสวิตช์ควบคุมมอเตอร์ปัดน้ำฝน การทำงานของสวิตช์ปัดน้ำฝนตำแหน่งหยุดจะสิ้นสุดภายในมอเตอร์กระจกด้านหลังและสวิตช์ควบคุมการทำงาน

10.1.2 การทำงานของวงจรไฟฟ้าควบคุมมอเตอร์ปัดน้ำฝนและฉีดน้ำล้างกระจก

การทำงานของวงจรไฟฟ้าควบคุมมอเตอร์ปัดน้ำฝนและฉีดน้ำล้างกระจก อธิบายด้วยวงจรไฟฟ้าแต่ละแบบ ประกอบด้วยวงจรไฟฟ้าควบคุมปัดน้ำฝนแบบธรรมดา วงจรไฟฟ้าควบคุมปัดน้ำฝนแบบมีตำแหน่ง MIST (ปัดหยุด) และวงจรไฟฟ้าควบคุมปัดน้ำฝนแบบมีตำแหน่ง INT (ปัดเป็นช่วง) ดังนี้



รูปที่ 10.10 วงจรไฟฟ้าควบคุมมอเตอร์ปัดน้ำฝนแบบธรรมดา

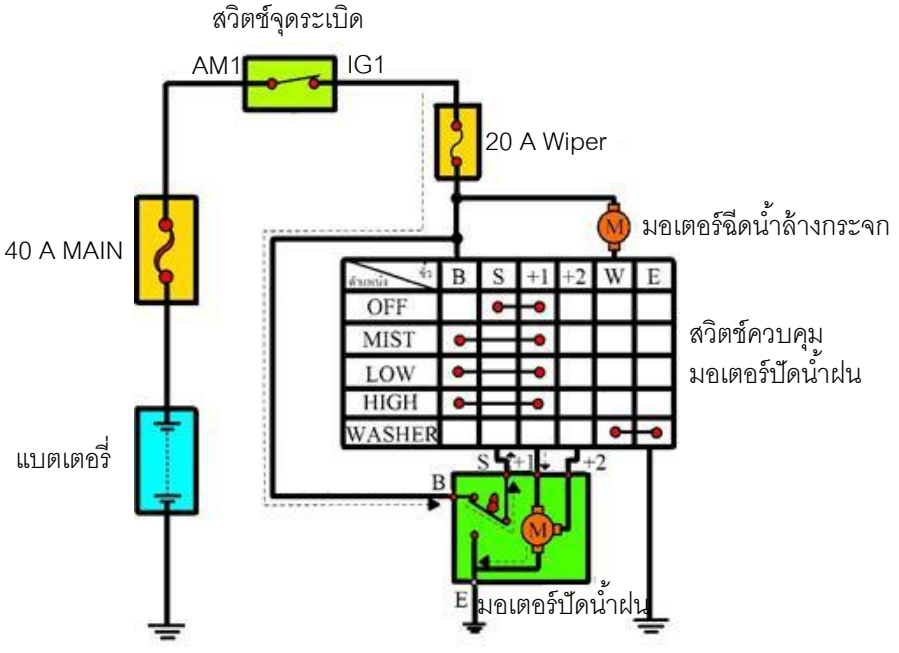
10.1.2.1 แบบธรรมดา วงจรไฟฟ้าควบคุมปัดน้ำฝน มีการทำงานดังนี้ เมื่อเลื่อนสวิตช์ปัดน้ำฝนตำแหน่งช้า(Low) กระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่จะไหลผ่านฟิวส์สาย สวิตช์จุดระเบิดตำแหน่ง IG1 และฟิวส์ย่อยปัดน้ำฝน 20 A เข้าขั้ว B ของสวิตช์ควบคุมปัดน้ำฝนไปที่ขั้ว + 1 ของมอเตอร์ปัดน้ำฝนลงกราวด์ครบวงจร ทำให้มอเตอร์ปัดน้ำฝนทำงานที่ความเร็วรอบต่ำ

เมื่อเลื่อนสวิตช์ตำแหน่งปัดเร็ว (HIGH) กระแสไฟฟ้าที่เข้าขั้ว B ของสวิตช์ควบคุมปัดน้ำฝนจะไปที่ขั้ว + 2 ของมอเตอร์ปัดน้ำฝนและลงกราวด์ ทำให้มอเตอร์ปัดน้ำฝนหมุนเร็ว

เมื่อเลื่อนสวิตช์ไปตำแหน่งปิด(OFF) สวิตช์ลูกเบี้ยว (Cam Switch) ในมอเตอร์ปัดน้ำฝนจะทำให้ขั้ว B และขั้ว S ต่อเนื่องกัน จึงทำให้กระแสไฟฟ้าจากขั้ว B ของมอเตอร์ปัดน้ำฝนไปยังขั้ว S ของสวิตช์ควบคุมผ่านขั้ว +1 ของสวิตช์ควบคุมไปยังขั้ว +1 ของมอเตอร์ปัดน้ำฝนลงกราวด์ทำให้ปัดน้ำฝนเคลื่อนที่ต่อไปอีก จนมาถึงขอบด้านล่าง (ตำแหน่งเก็บใบปัดน้ำฝน) ซึ่งจะทำให้ขั้ว B และขั้ว S ของมอเตอร์ปัดน้ำฝนไม่ต่อเนื่องกัน เนื่องจากสวิตช์ลูกเบี้ยวตัดวงจรทางไฟฟ้า เป็นผลให้มอเตอร์ปัดน้ำฝนหยุดทำงาน

เมื่อกดสวิตช์ฉีดน้ำล้างกระจก(Washer)กระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่จะไหลผ่านฟิวส์สาย สวิตช์จุดระเบิดตำแหน่ง IG1 ผ่านฟิวส์ย่อย ไปที่ขั้ว W ของสวิตช์ปัดน้ำฝน ตำแหน่งฉีดน้ำล้างกระจก ผ่านไปยังมอเตอร์ปั๊มฉีดน้ำล้างกระจกลงกราวด์ที่ขั้ว E ครบวงจร ทำให้มอเตอร์ปั๊มฉีดน้ำล้างกระจกทำงานร่วมกับปัดน้ำฝนได้ ดังแสดงในรูปที่ 10.10

10.1.2.2 ระบบปัดน้ำฝนแบบมีสวิตช์ตำแหน่ง MIST (ปัด-หยุด) เมื่อสวิตช์ปัดน้ำฝนอยู่ตำแหน่ง MIST กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านขั้ว B และขั้ว +1 ของสวิตช์ควบคุมมอเตอร์ปัดน้ำฝนไปยังขั้ว + 1 ของมอเตอร์ปัดน้ำฝนลงกราวด์ มอเตอร์ปัดน้ำฝนจะหมุนด้วยความเร็วเท่ากับตำแหน่ง LOW แต่เมื่อปล่อยมือจากสวิตช์ควบคุมมอเตอร์ปัดน้ำฝน สวิตช์จะคืนกลับไปอยู่ในตำแหน่ง OFF ใบปัดน้ำฝนหยุดทำงาน โดยเคลื่อนที่มาหยุดที่ตำแหน่งขอบกระจกด้านล่าง ดังแสดงในรูปที่ 10.11 ส่วนตำแหน่งการทำงานอื่น ๆ ของสวิตช์ควบคุมมอเตอร์ปัดน้ำฝนทำงานเหมือนกับแบบธรรมดาดังที่กล่าวมาแล้ว



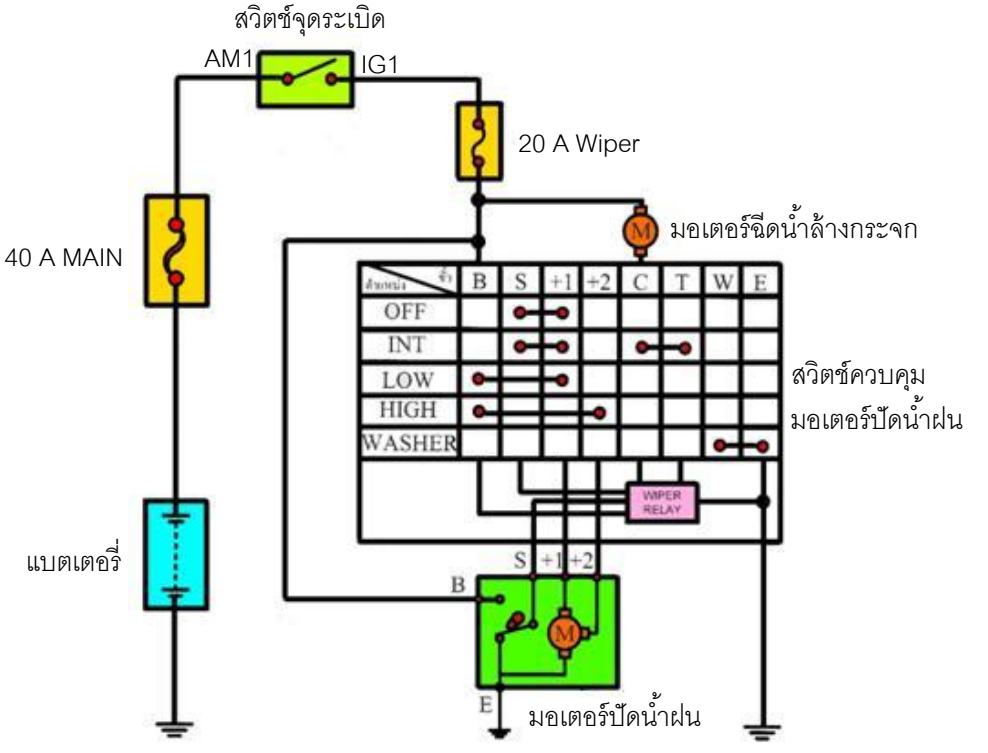
รูปที่ 10.11 วงจรไฟฟ้าควบคุมมอเตอร์ปัดน้ำฝนแบบมีตำแหน่งปัด หยุด (MIST)

10.1.2.3 ระบบปัดน้ำฝนแบบปัดเป็นช่วง(INT)แบบปรับตั้งเวลาหยุดไม่ได้

เมื่อสวิตช์ควบคุมของมอเตอร์ปัดน้ำฝนอยู่ในตำแหน่ง INT รีเลย์ปัดน้ำฝน (Wiper Relay) จะทำงานโดยส่งกระแสไฟฟ้าไปยังขั้ว S ของสวิตช์ควบคุมมอเตอร์ปัดน้ำฝน ผ่านขั้ว +1 ของสวิตช์ควบคุมมอเตอร์ปัดน้ำฝนไปยังขั้ว +1 ของมอเตอร์ปัดน้ำฝนลงกราวด์ครบวงจร มอเตอร์ปัดน้ำฝนจึงทำงาน

เมื่อใบปัดน้ำฝนเคลื่อนที่กลับมาอยู่ขอบกระจกด้านล่าง จะทำให้ขั้ว S กับขั้ว E ของมอเตอร์ปัดน้ำฝนต่อเนื่องกัน รีเลย์ปัดน้ำฝน ซึ่งอยู่ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์จะหยุดทำงานชั่วขณะ (ประมาณ 3 วินาที) จากนั้นจึงเริ่มทำงานใหม่ ใบปัดน้ำฝนจึงเคลื่อนที่ขึ้นลง ลักษณะนี้สลับกันไปเรื่อย ๆ

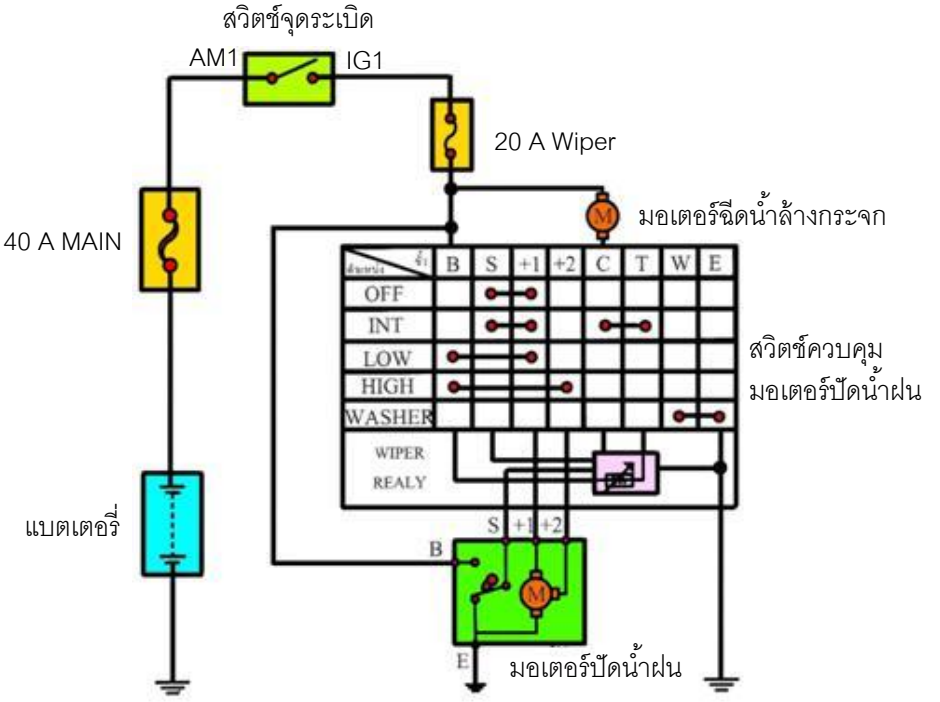
เมื่อกดสวิตช์ฉีดน้ำล้างกระจก กระแสไฟฟ้าจะผ่านมอเตอร์ฉีดน้ำล้างกระจกไปยังขั้ว W และขั้ว E ของสวิตช์ควบคุมลงกราวด์ มอเตอร์ปั๊มน้ำฉีดล้างกระจกทำงาน ขณะที่ชุดอิเล็กทรอนิกส์จะส่งสัญญาณให้รีเลย์ปัดน้ำฝนทำงานควบคุมให้ใบปัดน้ำฝนเคลื่อนที่ขึ้นลง 1–2 ครั้ง แล้วหยุดเพื่อทำความสะอาดและกวาดน้ำบนกระจกให้ออกไป ดังแสดงในรูปที่ 10.12



รูปที่ 10.12 วงจรไฟฟ้าควบคุมมอเตอร์ปัดน้ำฝนแบบปัดเป็นช่วง (INT) ชนิดปรับตั้งเวลาหยุดไม่ได้

10.1.2.4 ระบบปัดน้ำฝนแบบปัดเป็นช่วง (INT) ชนิดปรับตั้งเวลาหยุดได้

การทำงานเหมือนกันกับแบบปรับตั้งเวลาหยุดไม่ได้ แต่ต่างกันที่แบบปรับตั้งเวลาหยุดได้ จะมีตัวต้านทานแบบปรับค่าได้ (โพเทนชิโอมิเตอร์) เพิ่มในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อใช้ควบคุมและหยุดใบปัดน้ำฝนให้เร็วขึ้นหรือช้าลงได้ โดยผู้ขับขี่สามารถปรับตั้งเวลาการหยุดของใบปัดน้ำฝนได้จากสวิตช์ควบคุมเวลา (Timer) ดังแสดงในรูปที่ 10.13

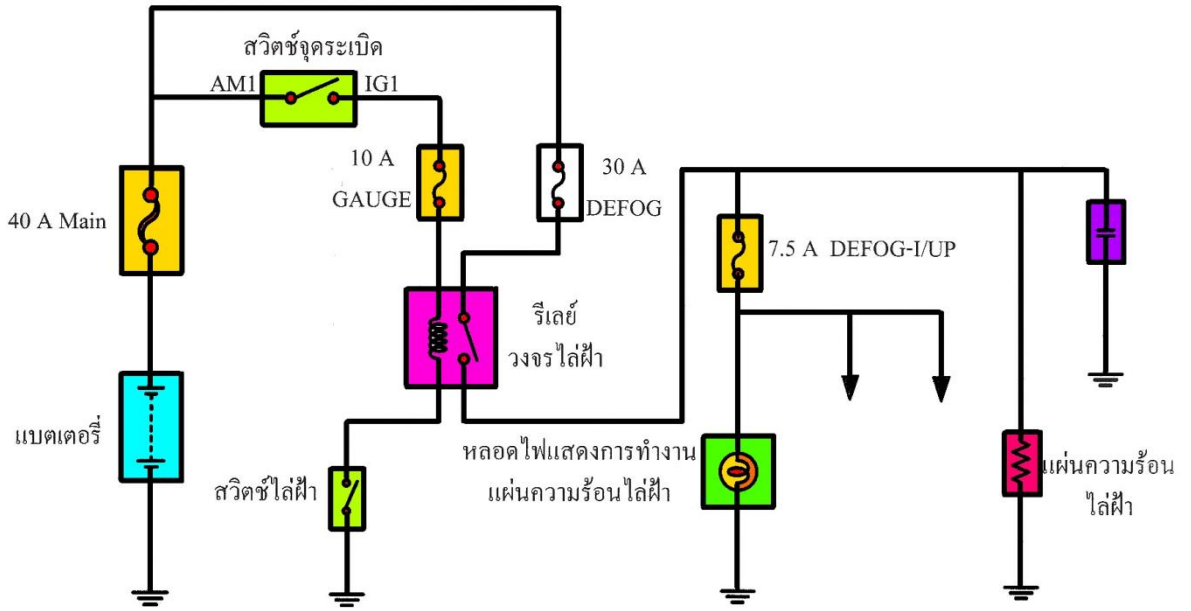


รูปที่ 10.13 วงจรไฟฟ้าควบคุมมอเตอร์ปัดน้ำฝนตำแหน่งปัดเป็นช่วง (INT) แบบปรับหยุดได้

10.2 ระบบละลายฝ้ากระจกหลัง

ระบบละลายฝ้ากระจกหลัง เป็นอุปกรณ์ที่ให้ความร้อนที่ผิวหน้ากระจกหลัง เพื่อขจัดความชื้นและน้ำแข็งออกจากกระจกหลัง รถยนต์บางรุ่นจะควบคุมความร้อนภายนอกกระจกหลัง ส่วนประกอบของระบบละลายฝ้ากระจกหลัง ประกอบด้วยสวิตช์ รีเลย์ และอุปกรณ์ให้ความร้อน (ลวดความร้อน) ดังแสดงในรูปที่ 10.14

การทำงาน เมื่อไรก็ตามที่กดสวิตช์ละลายฝ้ากระจกหลังชั่วขณะ รีเลย์จะทำงาน แรงเคลื่อนไฟฟ้าจากแบตเตอรี่จะผ่านทางสะพานไฟที่สัมผัสกันของสวิตช์ไล่ฝ้ากระจกหลังไปยังลวดความร้อนละลายฝ้ากระจกหลัง กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านฟิวส์แต่ละตัวไปยังลวดความร้อนละลายฝ้ากระจกหลังได้ และกระแสไฟฟ้าอีกทางหนึ่งจะไหลไปยังหลอดไฟเตือนละลายฝ้ากระจกหลังลงกราวด์ครบวงจร ทำให้หลอดไฟเตือนติดสว่างขึ้น ให้ผู้ขับขี่รู้ว่าละลายฝ้ากระจกหลังทำงานอยู่ ภายหลัง 10 นาที วงจรเปิดเส้นทางกราวด์ไปยังขดลวดรีเลย์ (หน่วงการทำงาน) จะป้องกันระบบละลายฝ้ากระจกหลังขณะทำงาน นอกจากนี้ระบบละลายฝ้ากระจกหลัง สามารถควบคุมการทำงานได้ โดยวิธีแมนวล

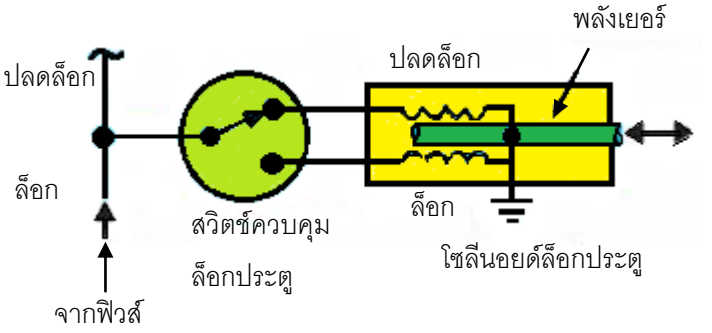


รูปที่ 10.14 วงจรไฟฟ้าระบบละลายฝ้ากระจกหลัง

10.3 ระบบล็อกประตู

แม้ว่าระบบล็อกประตูอัตโนมัติ จะมีความหลากหลายในรถยนต์แต่ละรุ่น อย่างไรก็ตามโดยภาพรวมจะมีจุดประสงค์เดียวกัน คือล็อกประตูที่ภายนอกรถยนต์ เพื่อความปลอดภัยจากการโจรกรรม ระบบล็อกประตูสามารถทำงานแบบปกติ รถยนต์รุ่นใหม่สามารถล็อกโดยใช้รีโมตควบคุมการล็อกประตูหรือเมื่อคันเกียร์ระบบส่งกำลังถูกเลื่อนไปจากตำแหน่งจอด(Parking)หรือเมื่อรถยนต์มีความเร็วเพิ่มขึ้น

การทำงานเมื่อคนขับหรือผู้โดยสารควบคุมสวิตช์ล็อกประตู จะกระตุ้น (ล็อกหรือปลดล็อก) กระแสไฟฟ้าจากฟิวส์ผ่านสวิตช์ไปยังมอเตอร์ให้หมุนกลับทิศทางได้ แกนของล็อกประตูจะเลื่อนขึ้นหรือลง เพื่อล็อกหรือปลดล็อกประตู บางรุ่นจะใช้สัญญาณจากสวิตช์ไปยังรีเลย์ เมื่อกระแสไฟฟ้ากระตุ้น แรงเคลื่อนไฟฟ้าไปยังอุปกรณ์ทำงานล็อกประตูอุปกรณ์ทำงานล็อกประตู ประกอบด้วยมอเตอร์หรือโซลีนอยด์ และวงจรภายในเซอร์กิตเบรกเกอร์ รถยนต์ส่วนใหญ่จะใช้สวิตช์ควบคุมที่ติดตั้งภายในประตูบริเวณที่พักแขนหรือที่แผงควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า บางรุ่นจะใช้สวิตช์ควบคุมที่ประตูหน้าโดยการกดสวิตช์ล็อกประตู



รูปที่ 10.15 วงจรไฟฟ้าระบบควบคุมการล็อกประตูแบบธรรมดา

10.4 ระบบกระจกไฟฟ้า

ระบบกระจกไฟฟ้า ทำหน้าที่ อำนวยความสะดวกของการเลื่อนปิด เปิดกระจกหน้าต่าง ระบบกระจกไฟฟ้าประกอบด้วยรีเลย์หลัก สวิตช์ควบคุมหลัก สวิตช์ควบคุมย่อย มอเตอร์กระจกและกลไกเลื่อนกระจก ดังแสดงในรูปที่ 10.16

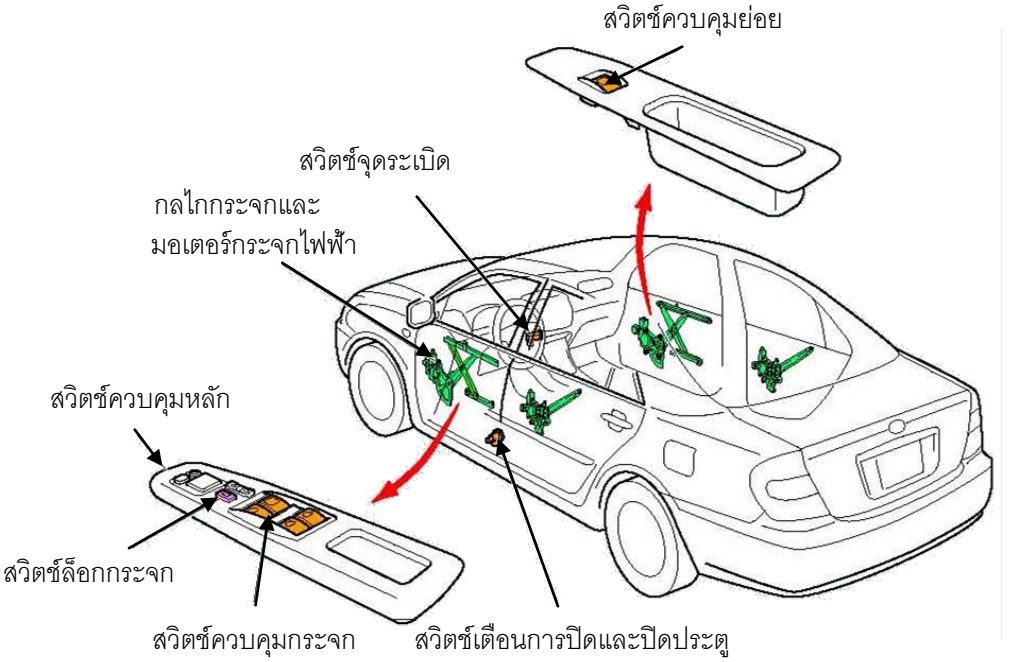
10.4.1 มอเตอร์กระจกไฟฟ้าและชุดควบคุมกระจก

การเคลื่อนที่ของมอเตอร์กระจก จะเปลี่ยนเป็นการเลื่อนขึ้น ลงเพื่อเปิดหรือปิดกระจก มอเตอร์กระจกไฟฟ้า ประกอบด้วย 3 ส่วน คือมอเตอร์ เฟืองและเซนเซอร์ มอเตอร์จะหมุนในทิศทางปกติ หรือหมุนกลับทิศทางด้วยการทำงานของสวิตช์ควบคุมการทำงาน

10.4.2 สวิตช์ควบคุมหลัก (Power Window Master Switch)

สวิตช์ควบคุมหลักจะควบคุมระบบทั้งหมด โดยสวิตช์ควบคุมหลักจะขับมอเตอร์กระจกทุกตัว สวิตช์ล็อกกระจกจะปล่อยการเปิดหรือปิดกระจกด้านอื่น ๆ ยกเว้นกระจกด้านคนขับ

10.4.3 สวิตช์ควบคุมย่อยกระจก (Power Window Switch) สวิตช์ควบคุมย่อยจะควบคุมกระจกไฟฟ้าแต่ละตัว ซึ่งจะขับมอเตอร์กระจกด้านหน้าผู้โดยสาร (ด้านหน้าซ้าย) และด้านหลังผู้โดยสาร (ด้านหลังซ้ายและด้านหลังขวา) ตามลำดับ



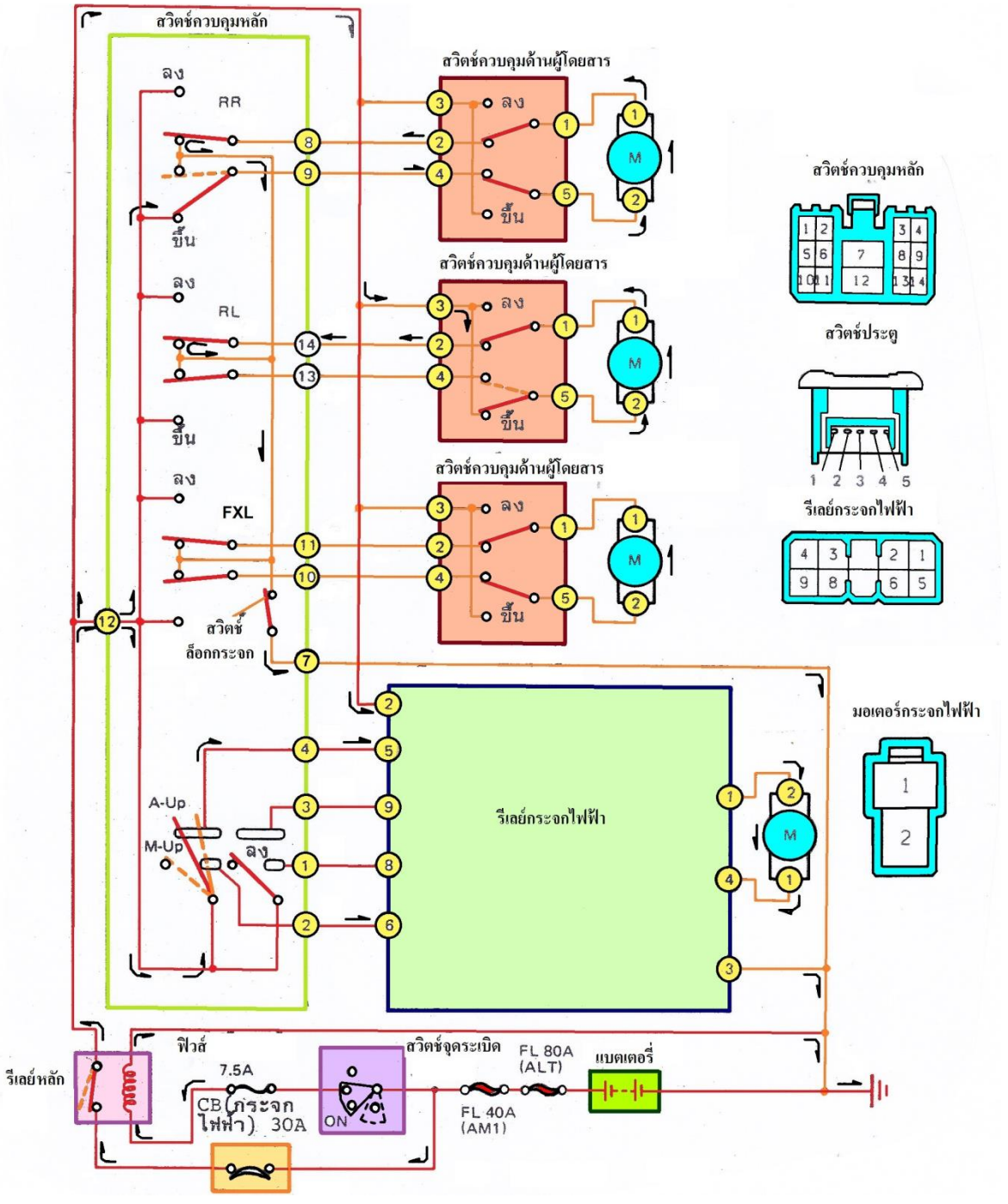
รูปที่ 10.16 ส่วนประกอบระบบกระจกไฟฟ้า

ภาพรวมการทำงานของระบบกระจกไฟฟ้ารุ่น 2 ประตูและรุ่น 4 ประตูจะเหมือนกัน ในที่นี้ขอยกตัวอย่างระบบกระจกไฟฟ้า รุ่น 4 ประตู การทำงานสวิตช์ควบคุมหลักจะควบคุมการทำงานของมอเตอร์ทุกตัว ซึ่งถูกควบคุมโดยคนขับ กระแสไฟฟ้าของระบบมาจากฟิวส์โดยตรง และใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ควบคุมวงจรมอเตอร์ทั้ง 4 ตัว และรีเลย์จะถูกใช้กับประตู 4 บาน (รุ่น 4 ประตู) เพื่อป้องกันการทำงานของระบบ

มอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวร จะควบคุมการทำงานของกระจกแต่ละบาน มอเตอร์แต่ละตัวจะยกกระจกขึ้นหรือดึงกระจกลง เมื่อแรงเคลื่อนไฟฟ้าจ่ายไปยังมอเตอร์ จะเลื่อนกระจกที่ถูกกำหนดโดยความแตกต่างของแรงเคลื่อนไฟฟ้าจากแหล่งจ่าย แรงเคลื่อนไฟฟ้าถูกใช้กับมอเตอร์กระจก เมื่อกดสวิตช์ควบคุมตำแหน่งขึ้น (Up) จะกระตุ้นกราวด์มอเตอร์ผ่านทางหน้าสัมผัสทองขาวตำแหน่งลง (Down) แรงเคลื่อนไฟฟ้าแบตเตอรี่ถูกใช้กับมอเตอร์ในทิศทางตรงกันข้าม

เมื่อสวิตช์ใด ๆ ของสวิตช์ควบคุมหลักอยู่ในตำแหน่งลง(Down) สวิตช์ควบคุมหลักจะกระตุ้นมอเตอร์ผ่านหน้าสัมผัสสวิตช์ควบคุมหลักตำแหน่งขึ้น (Up) มอเตอร์แต่ละตัวจะป้องกันโดยเซอร์กิต

เบรกเกอร์ที่อยู่ภายในมอเตอร์ เมื่อสวิตช์ถูกกดนานเกินไปหรือภายหลังกระจกขึ้นสุดหรือลงสุด วงจรเซอร์กิตเบรกเกอร์จะเปิดวงจร เพื่อป้องกันการเสียหาย ดังแสดงในรูปที่ 10.17



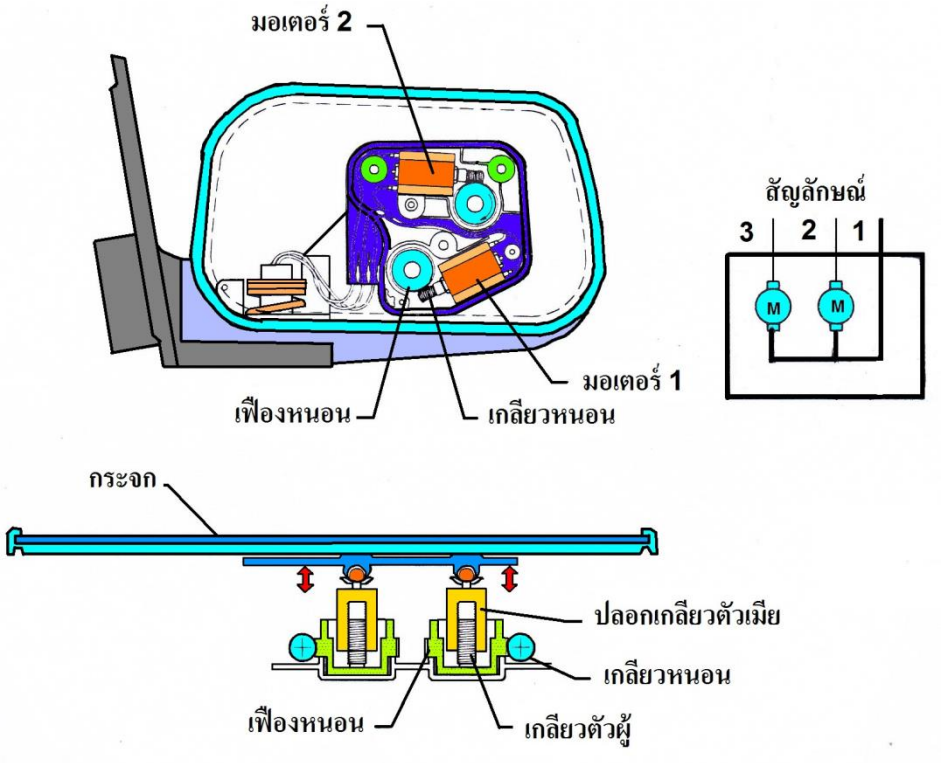
รูปที่ 10.17 วงจรไฟฟ้าควบคุมการทำงานของกระจกไฟฟ้า

10.5 ระบบกระจกมองข้างปรับด้วยไฟฟ้า

ระบบกระจกมองข้างปรับด้วยไฟฟ้า (Power Mirror System) ประกอบด้วย สวิตช์ควบคุมปรับกระจกมองข้าง และมอเตอร์คู่ ในกระจกที่ติดตั้งในส่วนประกอบของกระจกมองข้างแต่ละตัว สวิตช์ควบคุมกระจกมองข้างจะอยู่ด้านซ้ายหรือด้านขวาของกระจกมองข้างดังแสดงในรูปที่ 10.17

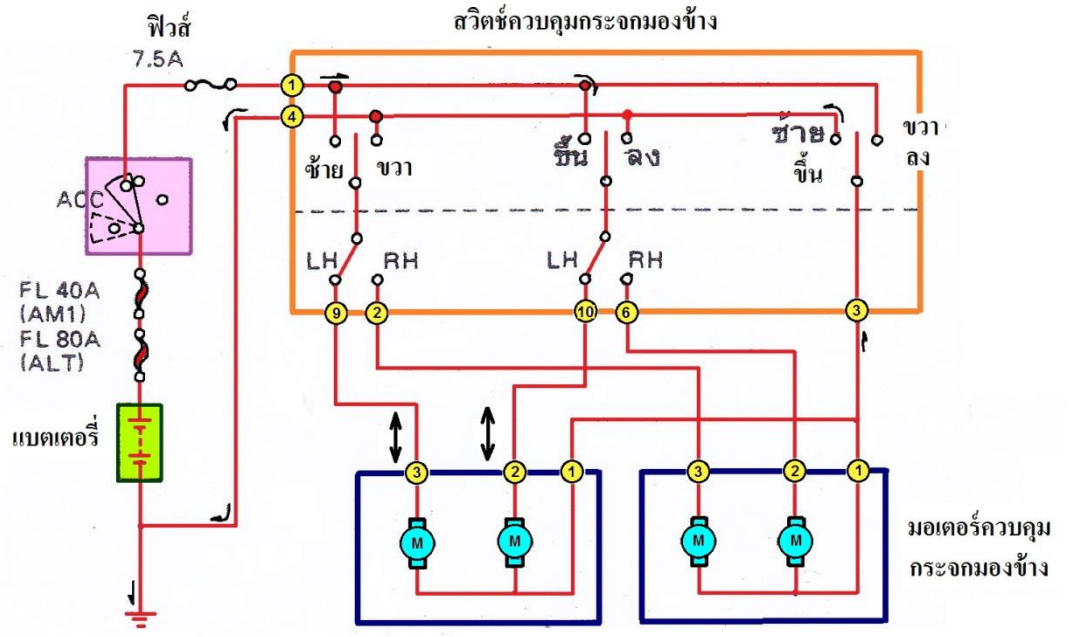
รูปที่ 10.17 แสดงสวิตช์ปรับกระจกมองข้างไฟฟ้า

กระจกมองข้างไฟฟ้าที่ใช้กับรถยนต์โดยทั่วไปจะมีอยู่ 2 แบบ คือ แบบที่มีมอเตอร์พับกระจกและแบบที่ไม่มีมอเตอร์พับกระจก โครงสร้างภายในของชุดกระจกมองข้างไฟฟ้า จะประกอบด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าขนาดเล็ก 2 ตัว เกลียวหนอน และเฟืองพลาสติก สำหรับขับเคลื่อนกลไกดันชุดกระจก



รูปที่ 10.18 โครงสร้างภายในและสัญลักษณ์ของกระจกมองข้างไฟฟ้า

สำหรับการควบคุมการทำงานของมอเตอร์ให้ เคลื่อนที่ขึ้นหรือลง เอียงซ้ายหรือเอียงขวา มอเตอร์คู่ที่ติดตั้งหลังกระจกมองข้างจะทำงานตามสวิตช์ควบคุมการทำงานแต่ละตำแหน่ง ดังแสดงในรูปที่ 10.17



รูปที่ 10.19 วงจรไฟฟ้าระบบกระจกมองข้างปรับด้วยไฟฟ้า

10.6 การวิเคราะห์และการตรวจสอบระบบไฟฟ้าอำนวยความสะดวก

ภาพรวมการวิเคราะห์และการตรวจสอบระบบไฟฟ้าอำนวยความสะดวกรถยนต์

การวิเคราะห์ควรเริ่มต้นจากการตรวจสอบทางกายภาพของวงจร ตรวจสอบการเสียหายทางกายภาพของอุปกรณ์ทำงาน ตรวจสอบขั้วต่อสายไฟไปยังอุปกรณ์ทำงาน ฟิวส์ ฟิวส์สาย สายไฟ และจุดลงกราวด์ โดยอาศัยคู่มือการซ่อม เพื่อให้การปฏิบัติงานเป็นไปอย่างถูกต้องและแก้ปัญหาได้อย่างรวดเร็ว

สรุปสาระสำคัญ

☐ การออกแบบพื้นฐานระบบปัดน้ำฝนกระจกหน้ารถยนต์ในปัจจุบัน ประกอบด้วย 2–3 ความเร็ว รวมทั้งระบบปัดเป็นช่วงหรือปัดหยุด ซึ่งเป็นแบบลักษณะพิเศษเพิ่มเติมเข้ามา

☐ มอเตอร์แบ่งออกเป็นมอเตอร์แบบแม่เหล็กไฟฟ้าหรือมอเตอร์แบบถาวร ความเร็วรอบมอเตอร์ถูกควบคุมโดยแปรงถ่านบนคอมมิวเตเตอร์ ความเร็วรอบของมอเตอร์ แม่เหล็กไฟฟ้าถูกควบคุมโดยความเข้มของสนามแม่เหล็ก

☐ ระบบล็อกประตู แกนสลักสามารถเคลื่อนที่โดยใช้โซลีนอยด์หรือมอเตอร์ บ่อยครั้งจะใช้ควบคุมกระแสไฟฟ้าไปยังโซลีนอยด์หรือมอเตอร์

☐ การวิเคราะห์ระบบปัดน้ำฝนและฉีดน้ำล้างกระจก จะกำหนดโดยปัญหาด้านกลไกและไฟฟ้า

☐ ระบบละลายฝ้ากระจกหลังจะรวมเอาไทเมอร์เข้าไปในวงจร เพื่อป้องกันกระแสไฟฟ้าที่สูงเกินไป รวมทั้งป้องกันการเสียหายของแบตเตอรี่และระบบประจุไฟฟ้า

☐ ก่อนตรวจสอบข้อขัดข้องระบบไฟฟ้าอำนวยความสะดวกรถยนต์ ให้ใช้คู่มือการซ่อมเพื่อจำแนกขั้นตอนการปฏิบัติงาน หรือข้อควรระวังต่าง ๆ เพื่อให้การปฏิบัติงานเป็นไปอย่างถูกต้อง รวดเร็ว และเกิดความปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงาน และป้องกันการเสียหายที่อุปกรณ์ไฟฟ้า

☐ กระจกไฟฟ้าจะเคลื่อนที่โดยมอเตอร์กลับทิศทางการหมุนโดยกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านแปรงถ่าน สวิตช์ควบคุมด้านคนขับจะควบคุมกระจกทุกบาน เนื่องจากสวิตช์ควบคุมย่อยจะใช้กราวด์ผ่านสวิตช์ควบคุมหลัก

แบบฝึกหัดหน่วยที่ 10

ระบบไฟฟ้าอำนวยความสะดวก

คำสั่งจงเติมคำตอบลงในช่องว่างให้ถูกต้อง

1. ระบบไฟฟ้าอำนวยความสะดวกจะจัดเตรียม.....และ.....
2. การกำหนดความเร็วของมอเตอร์ปัดน้ำฝน ถูกกำหนดโดย.....
3. ในระบบปัดน้ำฝนกับ.....จะหยุดใบปัดน้ำฝนให้อยู่ในตำแหน่งด้านล่างของกระจก
4. มอเตอร์ปัดน้ำฝน แบบ 2 ความเร็ว ใช้แปรงถ่าน จำนวน.....ตัว
5. การควบคุมความเร็วของขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้ามอเตอร์ปัดน้ำฝน ที่ใช้กับระบบปัดน้ำฝน จ่ายกระแสไฟฟ้าภายใต้ความเข้มของสนามแม่เหล็กของ.....และ.....
6. ชุดควบคุมการทำงานของปัดน้ำฝนแบบปัดเป็นช่วง (หน่วงการทำงาน) ส่วนใหญ่ใช้.....เป็นอุปกรณ์ควบคุมการทำงาน ร่วมกับสวิตช์ควบคุมปัดน้ำฝน
7. ระบบละลายฝ้ากระจกหลัง ทำงานโดยอาศัยหลักการการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนผ่านไปยัง.....เพื่อผลิตความร้อนและจะหยุดทำงานโดยอาศัย.....
8. ระบบล็อกประตูจะใช้.....เพื่อล็อกหรือปลดล็อกประตู ผ่านทางสวิตช์ควบคุม
9. .....กระจกไฟฟ้า จะเปลี่ยนทิศทางการหมุนของมอเตอร์ไปเป็นการเคลื่อนที่ในแนวตั้งฉากของกระจก
10. ระบบล็อกประตูและระบบกระจกไฟฟ้า ส่วนใหญ่ใช้อุปกรณ์.....ป้องกันวงจร

ใบงานที่ 20

งานตรวจสอบระบบปัดน้ำฝนและฉีดน้ำล้างกระจก

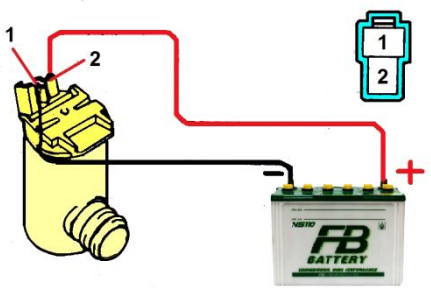
จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. เตรียมเครื่องมือ วัสดุและอุปกรณ์ได้ถูกต้อง
2. ตรวจสอบมอเตอร์ฉีดน้ำล้างกระจกได้ถูกต้อง
3. ตรวจสอบมอเตอร์ปัดน้ำฝนได้ถูกต้อง
4. ตรวจสอบสวิตช์ควบคุมปัดน้ำฝนและฉีดน้ำล้างกระจกได้ถูกต้อง
5. เก็บเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์และทำความสะอาดได้ถูกต้อง

เครื่องมือ วัสดุ และอุปกรณ์

1. มัลติมิเตอร์ 2.เครื่องมือประจำตัว 3. แบตเตอรี่ 4. สายไฟทดสอบ
5. มอเตอร์ปัดน้ำฝน 6. มอเตอร์ฉีดน้ำล้างกระจก 7. สวิตช์ควบคุมปัดน้ำฝนและฉีดน้ำล้างกระจก

ลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงาน



1. เตรียมเครื่องมือ วัสดุและอุปกรณ์
2. ตรวจสอบการทำงานของมอเตอร์ปั๊มฉีดน้ำล้างกระจก

2.1 ป้อนไฟจากแบตเตอรี่ไปยังขั้วทั้งสองของมอเตอร์ปั๊มฉีดน้ำล้างกระจก ดังรูป

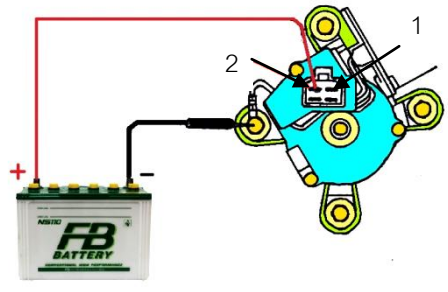
2.2 สังเกตการทำงานของมอเตอร์ปั๊มฉีดน้ำล้างกระจกและบันทึกผลการตรวจสอบ

ผลการตรวจสอบ ☐ปกติ ☐ชำรุด

3. ตรวจสอบการทำงานของมอเตอร์ปัดน้ำฝน

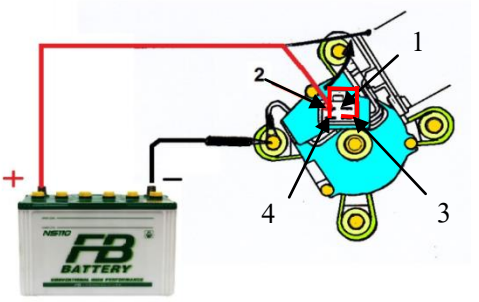
3.1 ป้อนไฟขั้วบวกแบตเตอรี่ไปยังขั้วที่ 1 และขั้วที่ 2 ของมอเตอร์ปัดน้ำฝน และต่อขั้วลบไปยังกราวด์มอเตอร์

3.2 สังเกตการทำงานของมอเตอร์ปัดน้ำฝนและบันทึกผลการตรวจสอบ



ตำแหน่งความเร็วต่ำ ☐ปกติ ☐ชำรุด

ตำแหน่งความเร็วสูง ☐ปกติ ☐ชำรุด



4. ตรวจสอบการทำงานตำแหน่งหยุดของมอเตอร์ปัดน้ำฝน

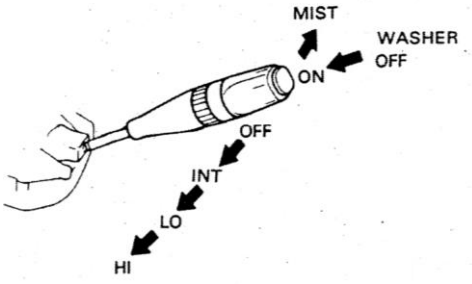
4.1 ต่อสายไฟระหว่างขั้วที่ 2 และขั้วที่ 3 ด้วยกัน

4.2 ป้อนไฟจากขั้วบวกแบตเตอรี่ไปยังขั้วที่ 4 และต่อสายไฟจากขั้วลบแบตเตอรี่ไปยังกราวด์มอเตอร์ ดังรูป

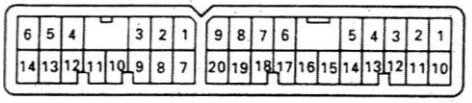
4.3 สังเกตการทำงานของมอเตอร์ปัดน้ำฝน ตำแหน่งหยุด และบันทึกผลการตรวจสอบ

ตำแหน่งหยุด ☐ปกติ ☐ชำรุด

สวิตช์ปัดน้ำฝนและฉีดน้ำล้างกระจก



ขั้วต่อสายไฟสวิตช์ปัดน้ำฝนและฉีดน้ำล้างกระจก



ขั้วต่อ A ขั้วต่อ B

5. ตรวจสอบความต่อเนื่องของสวิตช์ควบคุมปัดน้ำฝนและฉีดน้ำล้างกระจก

ขั้วต่อสายไฟ (สี) / ตำแหน่งสวิตช์		B-4 (L-R)	B-7 (L-B)	B-13 (L-O)	B-18 (L-W)	B-8 (L)	B-16 (B)
ปัดน้ำฝน	MIST		○		○		
	OFF	○	○				
	INT	○	○				
	LO		○		○		
	HI			○	○		
ฉีดน้ำล้างกระจก	OFF						
	ON					○	○

ผลการตรวจสอบ ☐ปกติ ☐ชำรุด

6. จัดเก็บเครื่องมือ วัสดุและอุปกรณ์และทำความสะอาด

ใบงานที่ 21

งานตรวจสอบระบบกระจกไฟฟ้า

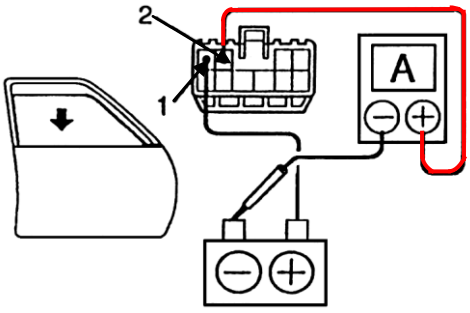
จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. เตรียมเครื่องมือ วัสดุและอุปกรณ์ได้ถูกต้อง
2. ตรวจสอบการทำงานของสวิตช์ควบคุมกระจกไฟฟ้าได้ถูกต้อง
3. ตรวจสอบการทำงานของมอเตอร์กระจกไฟฟ้าได้ถูกต้อง

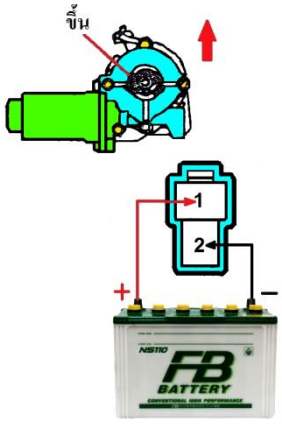
เครื่องมือ วัสดุ และอุปกรณ์

1. มัลติมิเตอร์ 2. แอมมิเตอร์ 3. เครื่องมือประจำตัว 4. แบตเตอรี่
5. สายไฟทดสอบ 6. รถยนต์ 7. มอเตอร์กระจกไฟฟ้า 8.สวิตช์ควบคุมกระจกไฟฟ้า

ลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงาน



แบตเตอรี่



1. เตรียมเครื่องมือ วัสดุและอุปกรณ์

2. ตรวจสอบระบบควบคุมกระจกไฟฟ้า

2.1 ต่อมัลติมิเตอร์อนุกรมระหว่างแบตเตอรี่และขั้วต่อสายไฟสวิตช์ควบคุมหลัก

2.2 สังเกตการทำงานขณะกระจกเลื่อนลง และอ่านค่ากระแสไฟฟ้าจากมัลติมิเตอร์(ค่ากำหนดประมาณ 7 แอมแปร์) กระแสไฟฟ้าที่วัดได้.....แอมแปร์

ผลการตรวจสอบ ☐ปกติ ☐ชำรุด

3. ตรวจสอบการทำงานของมอเตอร์กระจกไฟฟ้า

3.1 ป้อนไฟจากแบตเตอรี่ไปยังขั้วที่ 1 และขั้วที่ 2 ของมอเตอร์กระจกไฟฟ้า

3.2 ต่อสลับขั้วสายไฟมอเตอร์กระจกไฟฟ้า

3.3 สังเกตการทำงานของมอเตอร์กระจกไฟฟ้า

บันทึกผลการตรวจสอบ

มอเตอร์ทำงานหมุนขวา ☐ปกติ ☐ชำรุด

มอเตอร์ทำงานหมุนซ้าย ☐ปกติ☐ชำรุด

4. จัดเก็บเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ และทำความสะอาด

แบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 10

ระบบไฟฟ้าอำนวยความสะดวก

คำสั่งจงทำเครื่องหมายกากบาท (×) ลงหน้าข้อที่ถูกต้องที่สุด

1. ภายในมอเตอร์ปัดน้ำฝนจะใช้ชิ้นส่วนใด หมุนปิดหยุดการทำงานของมอเตอร์ปัดน้ำฝน
   ก. สวิตช์ปัดน้ำฝน ข. สวิตช์ลูกเบี้ยว
   ค. รีเลย์ ง. เฟืองทด
2. มอเตอร์ปัดน้ำฝน โดยทั่วไปจะใช้ชิ้นส่วนใด เพื่อกำหนดให้มอเตอร์หมุนได้ 2–3 ความเร็ว
   ก. ลูกเบี้ยว ข. เฟืองทด
   ค. แปรงถ่าน ง. เฟืองสะพาน
3. มอเตอร์ปัดน้ำฝนแบบ 2 ความเร็ว ส่วนใหญ่ใช้สนามแม่เหล็กแบบใด
   ก. แม่เหล็กไฟฟ้า ข. แม่เหล็กถาวร
   ค. อนุกรม 2 ชุด ง. ขนาน 2 ชุด
4. ข้อใดกล่าวถึงสวิตช์ตำแหน่งหยุดของมอเตอร์ปัดน้ำฝนได้ถูกต้อง
   ก. การทำงานสวิตช์ลูกเบี้ยว 3 ตำแหน่ง ข. สวิตช์โรตารี่ 4 ตำแหน่ง
   ค. สวิตช์สลับสับเปลี่ยน 2 ตำแหน่ง ง. การทำงานสวิตช์ลูกเบี้ยว 2 ตำแหน่ง
5. ช่างเทคนิค Aกล่าวว่า ปั๊มฉีดน้ำล้างกระจกดูดน้ำยาทำความสะอาดจากถังเก็บ และส่งแรงดันผ่านหัวฉีดไปยังกระจกรถ
   ช่างเทคนิค B กล่าวว่า ชุดฉีดน้ำล้างกระจกใช้ปั๊มแบบกวาดหรือแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง
   ใครกล่าวถูกต้อง
   ก. A เท่านั้น ข. B เท่านั้น
   ค. ถูกต้องทั้ง A และ B ง. ไม่ถูกต้องทั้ง A และ B
6. สวิตช์ควบคุมย่อยกระจกไฟฟ้าจะต่อวงจรแบบใดกับสวิตช์ควบคุมหลักด้านคนขับ
   ก. อนุกรม ข. สับเปลี่ยน
   ค. ขนาน ง. อนุกรม–ขนาน
7. ระบบกระจกไฟฟ้าใช้มอเตอร์แบบใดควบคุมการทำงาน
   ก. มอเตอร์ทิศทางเดียว ข. มอเตอร์แบบหมุนกลับทางได้
   ค. สเต็ปมอเตอร์ ง. เซอร์โวมอเตอร์

8. ปกติระบบละลายฝ้ากระจกหลังจะมีรีเลย์กับไทเมอร์ เพื่อยอมให้ทำงานตามข้อใด
   ก. ละลายฝ้ากระจกจะปิดลงภายหลังกำหนดช่วงเวลาทำงาน
   ข. ละลายฝ้ากระจกจะทำงานจนกระทั่งกระจกหลังสะอาด
   ค. ละลายฝ้ากระจกหลังจะอิสระจากสวิตช์จุดระเบิด
   ง. ไม่มีข้อใดถูกต้อง
9. เมื่อตรวจสอบการทำงานของรีเลย์ โดยการฟังเสียงดังคลิ๊กเมื่อสวิตช์ควบคุมทำงานถ้าไม่มีแหล่งจ่ายไฟออกจากรีเลย์ บ่งชี้ถึงข้อใด
   ก. รีเลย์บกพร่อง
   ข. แหล่งจ่ายเปิดวงจร
   ค. สวิตช์บกพร่อง
   ง. ถูกทุกข้อ
10. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับการวิเคราะห์ปัญหากระจกไฟฟ้า
   ก. เมื่อกระจกไฟฟ้าไม่ทำงานทั้งหมดตรวจสอบฟิวส์และสายไฟไปที่สวิตช์ควบคุมหลักและส่วนประกอบของกราวด์
   ข. เมื่อกระจกไฟฟ้าไม่ทำงานเพียงบางตัวให้ตรวจสอบสายไฟไปที่สวิตช์ควบคุมย่อยสวิตช์และมอเตอร์ แล้วตรวจสอบแนวทางเดินกระจกทั้ง 2 ข้าง
   ค. เมื่อกระจกหลังทั้ง 2 ข้างไม่ทำงาน ให้ตรวจสอบสวิตช์เดี่ยว ตรวจสอบการเปิดและสวิตช์ควบคุมหลัก
   ง. เมื่อกระจกไฟฟ้าเคลื่อนที่ในทิศทางเดียวเท่านั้น ให้ตรวจสอบฟิวส์และสายไฟไปยังสวิตช์ และกราวด์

บรรณานุกรม

คณะทำงานการจัดการความรู้ กองโรงงาน กรมการขนส่งทหารเรือ. (2553). **การซ่อมทำระบบไฟฟ้าของยานพาหนะ (ระบบไฟฟ้าแสงสว่างรถยนต์)**. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://www.transport.navy.mi.th/main/kmntd/document/book/7.0/2554_1.pdf. (วันที่ค้นข้อมูล : 18 เมษายน 2559).

บริษัทโตโยต้า มอเตอร์ (ประเทศไทย) จำกัด. (ม.ป.ป.). **ข้อมูลการอบรมด้านบริการของโตโยต้า หลักสูตรช่างเทคนิคโตโยต้า ฉบับซีดีรอม**. ฉะเชิงเทรา : ศูนย์การศึกษาและฝึกอบรม.

_____. (ม.ป.ป.). **คู่มือการซ่อม รถยนต์โตโยต้าโซลูน่า ฉบับซีดีรอม**. ฉะเชิงเทรา : ศูนย์การศึกษาและฝึกอบรม.

_____. (2540). **คู่มือการอบรมระดับ 2 ไฟฟ้าตัวถัง**. ฉะเชิงเทรา : ศูนย์การศึกษาและฝึกอบรม.

ประสานพงษ์ หาเรือนชีพ. (2549). **ทฤษฎีและปฏิบัติไฟฟ้ายานยนต์**. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.

ประภาส พวงชื่น. (2557). **งานไฟฟ้ารถยนต์**. นนทบุรี : ศูนย์หนังสือเมืองไทย.

สุโข แก้วบุญเรือน และ ไพรอัมพล บุญช่วย. (ม.ป.ป.). **ชุดสื่อการเรียนการสอน ไฟฟ้ารถยนต์**. กรุงเทพฯ : สำนักพัฒนาเทคนิคศึกษา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

อัมพร ภักดีชาติ และคณะ. (2553). **ไฟฟ้ารถยนต์**. พิมพ์ครั้งที่ 12. กรุงเทพฯ : อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง.

The Colombo Plan. **เอกสารประกอบการฝึกอบรม Automotive Technology**. (2558). ม.ป.ท. : โครงการความร่วมมือทางวิชาการ Malaysian Technical Cooperation Programme & Colombo Plan Staff College 2015. (เอกสารอัดสำเนา).

Denton Tom. (2000). **Automobile Electrical and Electronic Systems**. 2 nd ed. London : Great Britain Published.

_____. (2004). **Automobile Electrical and Electronic Systems**. 3 rd ed. London : Great Britain Published.

Erjavec Jack. (2010). **Automotive Technology: A Systems Approach**. 5 th ed. United States of America : Delmar, Cengage Learning.

General Motors Corporation. (n.d.). **Corvette service manual Book 2.** n.p.

Hollembeak Barry. (2007). **Today's Technician Classroom Manual for Automotive Electricity & Electronics**. 4 th ed. United States of America : Thomson, Delmar Learning.

John F. Kershaw & James D. Halderman. (2007). **Automobile Electrical and Electronic Systems**. 5 th ed. United States of America : Pearson Education. (Classroom Manual).

Kevin Sullivan's Autoshop 101. (n.d.). **Automotive Technical Training**. [Online]. Available : www.autoshop101.com/autoshop15.html. (Access date : 20 March 2015).

Toyota Motor Corporation. (n.d.). **Electric Wiring Diagram Toyota Soluna AI 50 Series**. n.p.

Toyota Motor Sales, U.S.A. Inc. (n.d.). **Toyota Technical Training**. n.p.