SE-ED'S TEXTBOOK

ตรงตามหลักสูตรของ
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

ระดับ ปวส. และปริญญาตรี
2101-1004 งานไฟฟ้ารถยนต์
3101-2007 งานไฟฟ้ายานยนต์

งาน ไฟฟ้ายานยนต์

ประสานพงษ์ หาเรือนชีพ

ซีเอ็ด

งานไฟฟ้ายานยนต์

โดย ประสานพงษ์ หาเรือนชีพ

สงวนลิขสิทธิ์ในประเทศไทยตาม พ.ร.บ. ลิขสิทธิ์ © พ.ศ. 2556 โดย ประสานพงษ์ หาเรือนชีพ
ห้ามคัดลอก ลอกเลียน ดัดแปลง ทำซ้ำ จัดพิมพ์ หรือกระทำอื่นใด โดยวิธีการใดๆ ในรูปแบบใดๆ
ไม่ว่าส่วนหนึ่งส่วนใดของหนังสือเล่มนี้ เพื่อเผยแพร่ในสื่อทุกประเภท หรือเพื่อวัตถุประสงค์ใดๆ
นอกจากจะได้รับอนุญาต

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของหอสมุดแห่งชาติ

ประสานพงษ์ หาเรือนชีพ.
งานไฟฟ้ายานยนต์. --กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2556.
1. รถยนต์ -- เครื่องมือและอุปกรณ์ไฟฟ้า.
I. ชื่อเรื่อง.
629.254

ISBN(e-book) : 978-616-08-0837-3

ผลิตและจัดจำหน่ายโดย

บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน)
SE-EDUCATION PUBLIC COMPANY LIMITED

อาคารทีซีไอเอฟ ทาวเวอร์ ชั้น 19 เลขที่ 1858/87-90 ถนนบางนา-ตราด แขวงบางนา
เขตบางนา กรุงเทพฯ 10260 โทรศัพท์ 0-2739-8000

[หากมีคำแนะนำหรือติชม สามารถติดต่อได้ที่ comment@se-ed.com]

คำนำ

ระบบไฟฟ้ายานยนต์เป็นระบบที่มีความสำคัญอย่างยิ่งสำหรับรถยนต์ในปัจจุบัน ซึ่งระบบไฟฟ้ายานยนต์มักจะทำหน้าที่ควบคุมระบบต่างๆ ภายในรถยนต์ ทั้งนี้เพื่อให้ผู้ขับขี่มีความมั่นใจในการขับขี่รถยนต์ มีความสะดวกสบาย และยังช่วยควบคุมมลภาวะอากาศเป็นพิษที่เกิดขึ้นกับรถยนต์ในปัจจุบัน

ดังนั้นเนื้อหาภายในหนังสือเล่มนี้จึงรวบรวมเอาระบบการทำงานต่างๆ ที่ควบคุมด้วยไฟฟ้า เช่น ระบบสตาร์ต ระบบไฟชาร์จ ระบบควบคุมการทำงานของเครื่องยนต์ (EFI) ระบบควบคุมเกียร์อัตโนมัติ (ECT) ระบบเบรก ABS และระบบอำนวยความสะดวก เช่น กระจกไฟฟ้า ระบบล็อคประตู เป็นต้น

เนื้อหาในหนังสือเล่มนี้ได้รวบรวมทั้งทฤษฎีและปฏิบัติไว้ภายในบทเดียวกัน จุดประสงค์เพื่อทำให้สะดวกในการค้นคว้า ส่วนเนื้อหานั้นจะครอบคลุมตามหลักสูตรวิชาไฟฟ้ายานยนต์ในระดับ ปวส. ของกรมอาชีวศึกษา และระดับปริญญาตรีในสถาบันอุดมศึกษา

ผู้จัดทำขอขอบคุณบริษัทรถยนต์โตโยต้า มิตซูบิชิ มาสด้า ฮอนด้า และนิสสัน เป็นอย่างยิ่งที่อนุญาตให้นำข้อมูลและรูปภาพทางการศึกอบรมของบริษัทลงพิมพ์ และขอขอบคุณ คุณอุดม ไชยเดชาธร ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคนครราชสีมา ที่กรุณาให้การสนับสนุนและให้คำแนะนำเพื่อให้หนังสือ งานไฟฟ้ายานยนต์ มีคุณภาพยิ่งขึ้น

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณฝ่ายตำราวิชาการ บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน) ที่จัดทำหนังสือเล่มนี้ออกมาเป็นรูปเล่มที่สมบูรณ์

หากหนังสือเล่มนี้มีข้อผิดพลาดหรือบกพร่องประการใด ผู้จัดทำขออภัยมา ณ ที่นี้ และขอน้อมรับคำติชมเพื่อนำไปแก้ไขและปรับปรุงในการจัดทำครั้งต่อไป

ประสานพงษ์ หาเรือนชีพ

สารบัญ

บทที่ 1 สายไฟและขั้วต่อ 11

1.1 สายไฟและสายเคเบิล 12
1.2 กล่องรวมสาย 20
1.3 กล่องรีเลย์ 21
1.4 ขั้วต่อสายไฟ 21
1.5 การตรวจสอบขั้วต่อสายไฟ 27
1.6 ขั้วสายไฟที่ใช้กับวงจรไฟแรงเคลื่อนต่ำ 28
1.7 โบลต์ยึดกราวด์ของวงจรไฟแรงเคลื่อนต่ำ 30
1.8 อุปกรณ์ป้องกันวงจรไฟฟ้า 30
1.9 อุปกรณ์ป้องกันสายไฟภายนอก 36
1.10 ไดอะแกรมวงจรไฟฟ้าของระบบต่างๆ ในรถยนต์ 38
แบบฝึกหัด 46

บทที่ 2 สวิตช์และรีเลย์ 51

2.1 สวิตช์ 52
2.2 ค่ากำหนดการทนกระแสไฟฟ้าของสวิตช์แบบต่างๆ ที่ใช้ในรถยนต์ 59
2.3 รีเลย์ 60
แบบฝึกหัด 64

SE-ED

บทที่ 3 ระบบสตาร์ต 67

3.1 หลักการเบื้องต้นของมอเตอร์สตาร์ต 68
3.2 โครงสร้างของมอเตอร์สตาร์ต 71
3.3 การทำงานของมอเตอร์สตาร์ต 76
3.4 มอเตอร์สตาร์ตแบบทดรอบ 79
3.5 การทำงานของชุดกลไกคลัตช์ 80
3.6 การทำงานของมอเตอร์สตาร์ตแบบทดรอบ 81
3.7 มอเตอร์สตาร์ตทดรอบแบบชุดเฟืองแพลนนิทารี 83
3.8 อุปกรณ์ลดแรงกระแทก 83
3.9 การทำงานของมอเตอร์สตาร์ตทดรอบแบบชุดเฟืองแพลนนิทารี 84
3.10 การตรวจสอบมอเตอร์สตาร์ตบนรถยนต์ 85
3.11 การถอดและประกอบมอเตอร์สตาร์ต 86
3.12 การตรวจสอบมอเตอร์สตาร์ตและสวิตช์แม่เหล็ก 92
3.13 การถอดและประกอบมอเตอร์สตาร์ตแบบทดรอบ 94
3.14 การถอดและประกอบมอเตอร์สตาร์ตทดรอบแบบชุดเฟืองแพลนนิทารี 96
แบบฝึกหัด 100

บทที่ 4 ระบบจุดระเบิด 103

4.1 คอยล์จุดระเบิด 105
4.2 คอยล์จุดระเบิดแบบมีความต้านทานภายนอก 107
4.3 จานจ่าย 109
4.4 ชุดหน้าทองขาว 110
4.5 มุมดแวล 112
4.6 คอนเดนเซอร์ 113
4.7 โรเตอร์ 114
4.8 ฝาครอบจานจ่าย 115
4.9 การทำงานของระบบจุดระเบิด 116
4.10 การควบคุมการจุดระเบิดล่วงหน้า 117
4.11 กลไกปรับค่าออกเทน 123
4.12 หัวเทียน 125
4.13 ระบบจุดระเบิดทรานซิสเตอร์ 134

SE-ED

4.14 การแก้ไขปัญหาข้อขัดข้องของระบบจุดระเบิด 149
4.15 การตรวจสอบระบบจุดระเบิด 150
4.16 การตรวจสอบจังหวะการจุดระเบิดล่วงหน้า 156
4.17 การถอดและประกอบจานจ่าย 158
4.18 การตรวจสอบระบบไฟจุดระเบิดด้วยเครื่องออสซิลโลสโคป 160
แบบฝึกหัด 173

บทที่ 5 ระบบประจุไฟฟ้าแบบกระแสไฟสลับ 179

5.1 หลักการเกิดไฟฟ้า 181
5.2 การเรียงกระแสไฟฟ้าของอัลเทอร์เนเตอร์ 183
5.3 อัลเทอร์เนเตอร์แบบ 3 เฟส 184
5.4 การทำงานของอัลเทอร์เนเตอร์ 186
5.5 โครงสร้างของอัลเทอร์เนเตอร์ 189
5.6 การตรวจสอบอัลเทอร์เนเตอร์บนรถยนต์ก่อนถอดออกมาตรวจซ่อม 191
5.7 การถอดและประกอบอัลเทอร์เนเตอร์ 194
5.8 เรกูเลเตอร์ 202
5.9 ไอซีเรกูเลเตอร์ 210
5.10 การตรวจสอบระบบไฟชาร์จบนรถยนต์ 219
5.11 การตรวจสอบเรกูเลเตอร์ 222
5.12 สาเหตุข้อขัดข้องของระบบไฟชาร์จ 224
แบบฝึกหัด 226

บทที่ 6 ระบบไฟแสงสว่างและสัญญาณไฟเตือน 231

6.1 ระบบไฟใหญ่รถยนต์ 233
6.2 ส่วนประกอบของระบบไฟใหญ่ 233
6.3 โคมไฟหน้ารถยนต์ 234
6.4 สวิตช์ไฟแสงสว่างและไฟสูง-ต่ำ 237
6.5 รีเลย์ควบคุมไฟแสงสว่าง 239
6.6 การปรับตั้งโคมไฟหน้ารถยนต์ 244
6.7 สาเหตุข้อขัดข้องของระบบไฟแสงสว่างรถยนต์ 244
6.8 ระบบไฟหน้ารถยนต์แบบยกเปิดและดึงลงปิดอัตโนมัติ 246

SE-ED

6.9 ระบบควบคุมการเปิดและปิดไฟแสงสว่างรถยนต์อัตโนมัติ 263
6.10 ระบบไฟตัดหมอก 274
6.11 ระบบไฟหรี่ 279
6.12 ระบบไฟเลี้ยวและไฟเตือนฉุกเฉิน 280
6.13 ไฟเบรก 287
6.14 ไฟส่องป้าย 287
6.15 แตร 287
6.16 การตรวจสอบระบบไฟเลี้ยวและไฟเตือนฉุกเฉิน 291
แบบฝึกหัด 293

บทที่ 7 ระบบไฟฟ้าอำนวยความสะดวก .....

7.1 ระบบปัดน้ำฝนและฉีดน้ำล้างกระจก 298
7.2 ระบบน้ำล้างกระจกรถยนต์ 312
7.3 ระบบควบคุมการเลื่อนเปิดและปิดกระจกรถยนต์อัตโนมัติ 321
7.4 ระบบล็อคประตูรถยนต์อัตโนมัติ 331
7.5 ระบบกระจกมองข้างปรับด้วยไฟฟ้า 342
7.6 ระบบไล่ฝ้ากระจกหลังรถยนต์ 353
แบบฝึกหัด 359

บทที่ 8 หน้าปัดรถยนต์ .....

8.1 หน้าปัดรถยนต์แบบแอนะล็อก 365
8.2 การตรวจสอบเกจวัดแบบแอนะล็อก 383
8.3 หน้าปัดรถยนต์แบบอิเล็กทรอนิกส์ 385
8.4 การตรวจสอบหน้าปัดรถยนต์แบบอิเล็กทรอนิกส์หรือดิจิตอล 393
แบบฝึกหัด 396

SE-ED

บทที่ 9 ระบบฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ 399

9.1 คุณลักษณะเฉพาะของระบบฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ *401*
9.2 ชนิดของระบบฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ *402*
9.3 โครงสร้างพื้นฐานของระบบฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ *403*
9.4 ระบบเชื้อเพลิง *405*
9.5 ระบบประจุอากาศ *416*
9.6 ระบบควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ *422*
9.7 หน้าที่ของคอมพิวเตอร์ในการควบคุมการฉีดเชื้อเพลิง *440*
9.8 การจุดระเบิดล่วงหน้าด้วยอิเล็กทรอนิกส์ (ESA) *446*
9.9 หน้าที่ของคอมพิวเตอร์ในการควบคุมการจุดระเบิดล่วงหน้าด้วยอิเล็กทรอนิกส์ *451*
9.10 การควบคุมความเร็วรอบเดินเบา (Idle Speed Control) *452*
9.11 หน้าที่ของคอมพิวเตอร์ในการควบคุมความเร็วรอบเดินเบา *457*
9.12 หน้าที่ของคอมพิวเตอร์ในระบบทำงานสำรอง *458*
9.13 หน้าที่ของคอมพิวเตอร์ในการป้องกันการทำงานบกพร่อง *458*
9.14 ระบบการวิเคราะห์ปัญหาข้อขัดข้องของเครื่องยนต์ *459*
9.15 โค้ดวิเคราะห์ปัญหาข้อขัดข้อง *460*
9.16 สัญลักษณ์ขั้วต่อที่กล่องคอมพิวเตอร์ *465*
9.17 การตรวจสอบระบบเชื้อเพลิง *466*
9.18 การตรวจสอบระบบประจุอากาศ *474*
9.19 การตรวจสอบระบบควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ *477*
9.20 การตรวจสอบหาสาเหตุข้อขัดข้องของเครื่องยนต์ฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน ควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ (EFI) *484*
แบบฝึกหัด *502*

บทที่ 10 ระบบป้องกันเบรกล็อคตาย 509

10.1 ส่วนประกอบต่างๆ ของระบบเบรก ABS *511*
10.2 การทำงานของส่วนประกอบต่างๆ ของระบบเบรก ABS *513*
10.3 การทำงานของระบบเบรก ABS *520*
10.4 หน้าที่ของคอมพิวเตอร์ในระบบเบรก ABS *523*
10.5 ระบบวิเคราะห์ปัญหาข้อขัดข้องของระบบเบรก ABS *524*
10.6 โค้ดปัญหาข้อขัดข้องของระบบเบรก ABS *525*

SE-ED

10.7 การลบโค้ดวิเคราะห์ปัญหาข้อขัดข้องของระบบเบรก ABS 529
10.8 การวิเคราะห์ปัญหาข้อขัดข้องของเซนเซอร์วัดความเร็วที่ล้อ 530
10.9 การตรวจสอบเซนเซอร์วัดความเร็วที่ล้อ (TOYOTA CORONA) 534
10.10 การตรวจสอบรีเลย์ควบคุมการทำงานของวาล์วควบคุมระบบเบรกไฮดรอลิก 537
10.11 การตรวจสอบวงจรการทำงานของระบบเบรก ABS 540
แบบฝึกหัด 542

บทที่ 11 เกียร์อัตโนมัติแบบควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ 545

11.1 ข้อเปรียบเทียบระหว่างเกียร์อัตโนมัติแบบควบคุมด้วยไฮดรอลิก กับเกียร์อัตโนมัติแบบควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ 546
11.2 โครงสร้างของเกียร์อัตโนมัติแบบควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ 548
11.3 ทอร์กคอนเวอร์เตอร์ 551
11.4 ชุดแพลนนิทารีเกียร์ 553
11.5 ระบบควบคุมด้วยไฮดรอลิก 555
11.6 ระบบควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ 561
11.7 หน้าที่ของคอมพิวเตอร์ในการควบคุมการทำงานด้วยของเกียร์อัตโนมัติ 576
11.8 การวิเคราะห์ปัญหาข้อขัดข้องของระบบเกียร์อัตโนมัติแบบควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ 577
11.9 การตรวจสอบกล่องคอมพิวเตอร์ 580
11.10 การตรวจสอบชิ้นส่วนต่างๆ ของเกียร์อัตโนมัติแบบควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ 582
แบบฝึกหัด 586

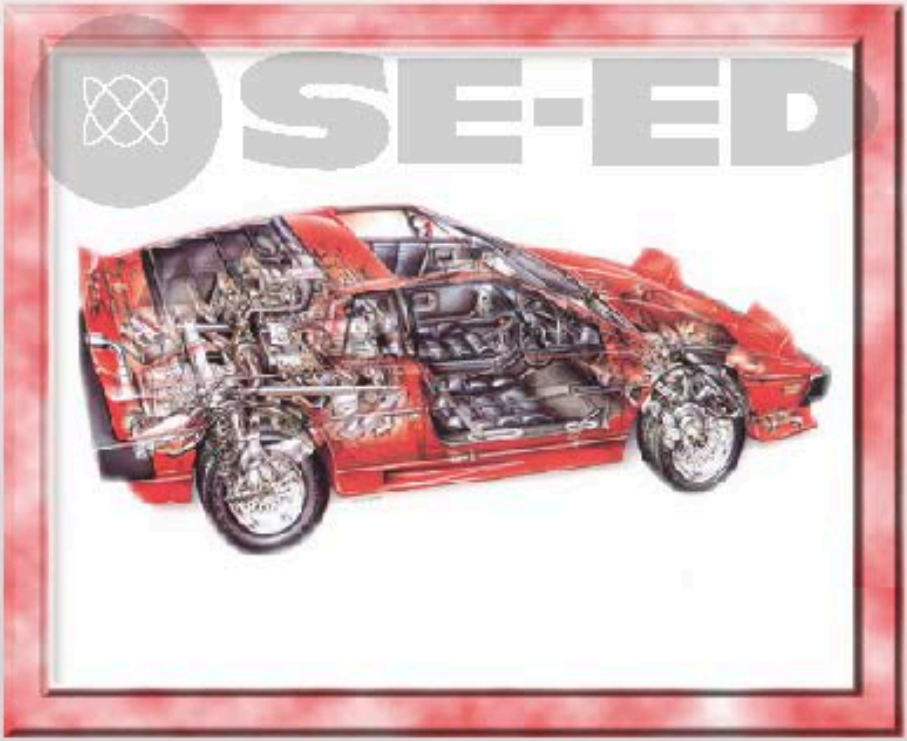
ภาคผนวก 589

เฉลยแบบฝึกหัด 623

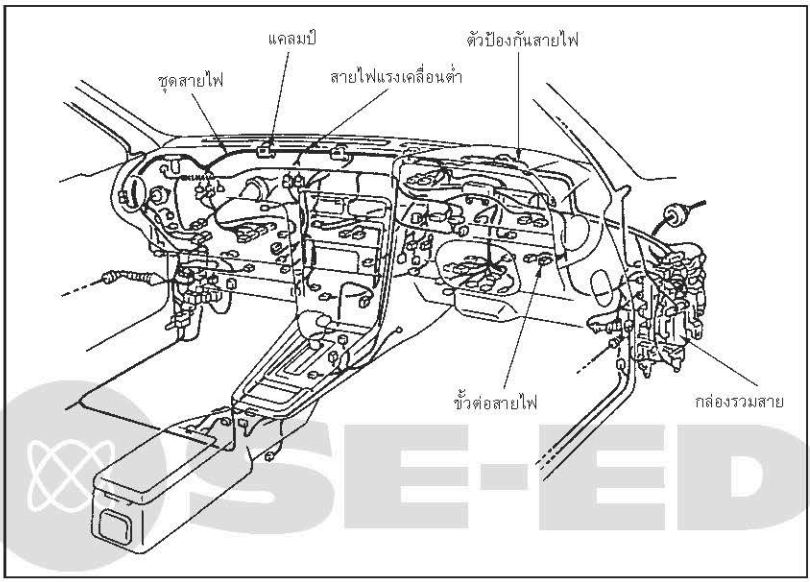
บรรณานุกรม 625

1

สายไฟและขั้วต่อ



ชุดสายไฟรถยนต์ประกอบด้วยสายไฟ สายเคเบิล และขั้วต่อสายไฟ (ขั้วต่อ กล่องฟิวส์ และกล่องรีเลย์) อุปกรณ์ป้องกันวงจร เช่น ฟิวส์ ฟิวส์สาย เซอร์กิตเบรกเกอร์ และอุปกรณ์ป้องกันสายไฟ เป็นต้น ในรูปที่ 1.1 แสดงส่วนประกอบของชุดสายไฟในรถยนต์



รูปที่ 1.1 ส่วนประกอบของชุดสายไฟที่ใช้ในรถยนต์

1.1 สายไฟและสายเคเบิล

สายไฟและสายเคเบิลที่ใช้ในรถยนต์แบ่งออกตามการใช้งานเป็น 3 ชนิดด้วยกันคือ

1. สายไฟที่ใช้กับวงจรแรงเคลื่อนต่ำ (low-voltage wires and cables) โดยทั่วไปจะเรียกว่าสายไฟ AV ตัวนำของสายไฟทำจากทองแดงชนิดอ่อนตัวและหุ้มด้วยฉนวนที่ทำจากพลาสติกประเภทไวนีลคลอไรด์ (vinylchloride) ดังแสดงในรูปที่ 1.2

รูปที่ 1.2 สายไฟแรงเคลื่อนต่ำ

ขนาดของสายไฟ สายไฟขนาดต่างๆ ที่ใช้ในรถยนต์ถูกทำขึ้นเพื่อให้มีความเหมาะสมกับการใช้งาน ทั้งนี้ก็ต้องขึ้นอยู่กับแรงเคลื่อนไฟฟ้า กระแสไฟที่ใช้ในวงจร อุณหภูมิ และความยาวของสายไฟ

สายไฟที่มีความยาวที่มากจะทำให้มีความต้านทานภายในวงจรเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นการออกแบบให้มีขนาดของสายไฟที่โตขึ้นจะช่วยลดความต้านทานและแรงเคลื่อนตกคร่อมได้ ตารางที่ 1.1 แสดงขนาดต่าง ๆ ของสายไฟ

ตารางที่ 1.1 ขนาดต่าง ๆ ของสายไฟ

ขนาดสายไฟ (mm^2)	ตัวนำ		ความหนาของฉนวนไวนิล (mm)	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางทั้งหมด (mm)	ความต้านทานของตัวนำที่ 20° C (Ω/m)	ทนอุณหภูมิได้อย่างต่อเนื่อง	ทนอุณหภูมิในระยะเวลาสั้น (100 ชั่วโมง หรือน้อยกว่า)	น้ำหนัก (g/m)
	จำนวนเส้นทองแดง (mm)	พื้นที่หน้าตัดที่แท้จริง (mm^2)						
0.5f*1	20 (0.18)	0.5087	0.6	2.2	0.0367	80° C	120° C	9
0.5	7 (0.32)	0.5629	0.6	2.2	0.0327			9
0.75f	30 (0.18)	0.7630	0.6	2.4	0.0244			12
0.85	11 (0.32)	0.8846	0.6	2.4	0.0208			12
1.25f	50 (0.18)	1.273	0.6	2.7	0.0147			17
1.25	16 (0.32)	1.287	0.6	2.7	0.0143			17
2	26 (0.32)	2.091	0.6	3.1	0.00881			25
3	41 (0.32)	3.297	0.7	3.8	0.00559			39
5	65 (0.32)	5.228	0.8	4.1	0.00352			60
8	50 (0.45)	7.952	0.9	5.5	0.00232			90
15	84 (0.45)	13.36	1.1	7.0	0.00138			150
20	41 (0.80)	20.61	1.1	8.2	0.000887			220
30	70 (0.8)	35.19	1.4	10.8	0.000520			390
40	85 (0.8)	42.73	1.4	11.4	0.000428			460
50	108 (0.8)	54.29	1.6	13.0	0.000337			590
60	127 (0.8)	63.84	1.6	13.6	0.000287			680

*1 คือสายไฟแบบอ่อน

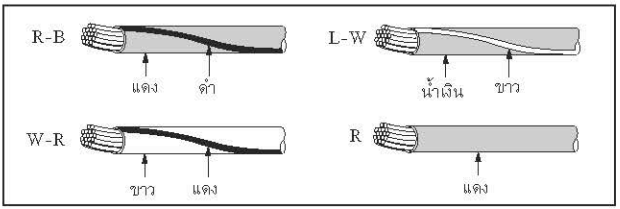
โค้ดสีและสีแถบคาดของสายไฟ สายไฟและสายเคเบิลแรงเคลื่อนต่ำที่ใช้ในวงจรของระบบต่าง ๆ ภายในรถยนต์จะสังเกตได้จากสีพื้นและสีแถบคาดที่สายไฟ ทั้งนี้เพื่อไม่ให้เกิดความสับสนกันขึ้นและสะดวกในการตรวจวิเคราะห์แก้ไขข้อขัดข้องเมื่อเกิดมีปัญหาขึ้นกับวงจรนั้น ๆ

สีของสายไฟที่แสดงในวงจรของระบบต่าง ๆ ของรถยนต์จะแสดงเป็นตัวอักษรดังนี้

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

หมายเหตุ บริษัทผู้ผลิตรถยนต์บางบริษัทจะใช้ตัวอักษรแทนสีของสายไฟในวงจรที่แตกต่างกัน

สำหรับโค้ดสีตัวอักษรที่อยู่ก่อนเครื่องหมายขีด (-) หมายถึงสีพื้น ส่วนตัวอักษรที่อยู่หลังเครื่องหมายขีด (-) หมายถึงแถบสี ดังแสดงในรูปที่ 1.3



รูปที่ 1.3 ตัวอักษรแสดงโค้ดสีของสายไฟ

โค้ดตัวอักษรบนสายไฟและสายเคเบิล เราสามารถจะเลือกใช้ขนาดสายไฟแรงเคลื่อนต่ำหรือสายเคเบิลได้อย่างถูกต้องโดยการอ่านตัวอักษรที่พิมพ์อยู่เหนือสีพื้นและแถบสีบนสายไฟ ซึ่งมันจะบอกถึงชนิดของสายไฟ ดังแสดงในรูปที่ 1.4

รูปที่ 1.4 ตัวอักษรบนสายไฟที่ใช้กับรถยนต์

การทนกระแสไฟของสายไฟและสายเคเบิล สายไฟและสายเคเบิลจะทนกระแสไฟได้ดีนั้น จะต้องขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่สำคัญก็คือ ขนาดของสายไฟ อุณหภูมิในขณะนั้น ช่วงเวลาที่กระแสไฟไหลผ่าน สภาวะของการทำงาน และสัมประสิทธิ์ของเส้นทองแดงภายในสายไฟเป็นหลัก ดังแสดงในตารางที่ 1.2

ตารางที่ 1.2

(ก) การทนกระแสไฟได้อย่างต่อเนื่อง

ขนาดของสายไฟ (mm^2)	0.5	0.85	1.25	2	3	5	8	15	20	อุณหภูมิปกติ
ทนกระแสไฟ	11	15	19	25	34	46	60	82	109	30° C
(A)	6	8	10	14	19	26	34	46	61	50° C

(ข) การทนกระแสไฟฟ้าในเวลาสั้น

ขนาดของสายไฟ (mm^2)	0.5	0.85	1.25	2	3	5	8	15	20	อุณหภูมิปกติ
ทนกระแสไฟ	14	18	23	31	42	57	75	102	136	30° C
(A)	11	14	18	24	33	44	58	79	106	50° C

(ค) ค่าสัมประสิทธิ์ของสายไฟ

จำนวนเส้นทองแดง	1	2~3	4~5	6~8	9~12	13~
ค่าสัมประสิทธิ์	1	0.75	0.6	0.55	0.5	0.4

สายเคเบิลแรงเคลื่อนต่ำที่ใช้กับแบตเตอรี่ สายเคเบิลแรงเคลื่อนต่ำที่ใช้กับแบตเตอรี่รถยนต์มีใช้อยู่ 4 แบบด้วยกัน คือ สายเคเบิลแบบ AV, AVX, EB และแบบ Al-AV ดังแสดงในตารางที่ 1.3 และตารางที่ 1.4

ตารางที่ 1.3 แบบของสายเคเบิลที่ใช้กับแบตเตอรี่รถยนต์

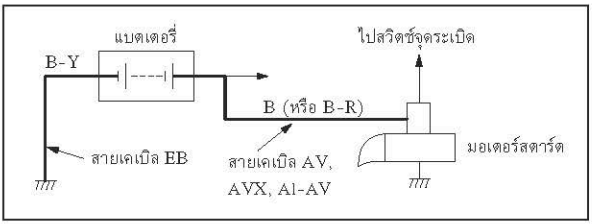
ชื่อ	สัญลักษณ์	ตัวนำ	จำนวน	หมายเหตุ
สายเคเบิลแรงเคลื่อนต่ำ	AV	เส้นทองแดงมาตรฐาน	ไวนีลคลอไรด์	-
	AVX		ครอสลิงค์ไวนีล	
สายเคเบิลแรงเคลื่อนต่ำเฉพาะกราวด์	EB		ไวนีลคลอไรด์	ใช้เฉพาะกราวด์เท่านั้น
สายเคเบิลอะลูมิเนียมแรงเคลื่อนต่ำ	Al-AV	เส้นอะลูมิเนียมมาตรฐาน		-

ตารางที่ 1.4 ขนาดของสายเคเบิลแรงเคลื่อนต่ำที่ใช้กับแบตเตอรี่รถยนต์

สัญลักษณ์ขนาด	ตัวนำ		จำนวนหน่วย (mm)	เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกทั้งหมด (mm)	ความต้านทานของตัวนำที่ 20° C (Ω/m)	น้ำหนักสุทธิ (g/m)	ทนอุณหภูมิต่อเนื่อง (°C)	ทนอุณหภูมิระยะสั้น (°C)
	ขนาดสายไฟ (mm)	ขนาดพื้นที่หน้าตัดที่แท้จริง (mm^2)						
สายเคเบิล EB	5	5.06	0.6	4.3	0.00358	57	80	120
	10	9.16		5.4	0.00196	99		
	15	13.75		6.5	0.00132	150		
	20	19.86		7.7	0.000915	210		
	30	29.02		9.0	0.000625	300		
	40	39.72		10.3	0.000457	410		
	50	48.88		11.3	0.000371	500		
	60	59.58		12.3	0.000304	600		
สายเคเบิล Al-AV	20	21.2	1.1	8.2	0.00136	92		
	30	32.2	1.4	10.2	0.000900	140		
	40	44.0	1.5	11.2	0.000655	190		
	50	55.0	1.6	13.0	0.00525	220		
	60	66.7		13.8	0.000432	260		
	70	75.4	1.8	14.9	0.000382	310		
สายเคเบิล AVX	10	10.02	1.0	6.5	0.00175	120	100	140
	15	13.36	1.1	7.0	0.00138	150		
	20	20.61		8.2	0.000887	220		
	30	35.61	1.4	10.8	0.000520	380		
	40	42.73		11.4	0.000429	450		
	50	54.29	1.6	13.0	0.000337	570		
	60	63.84		13.6	0.000287	660		

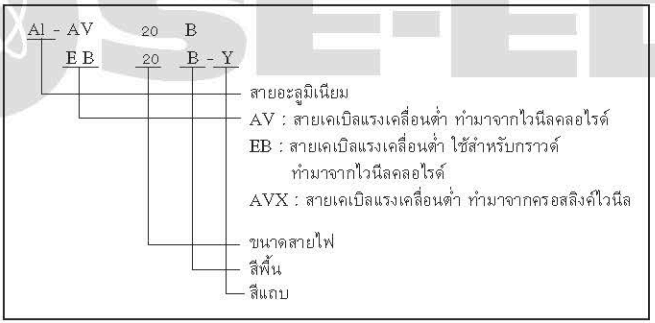
โค้ดสีของสายเคเบิลแรงเคลื่อนต่ำที่ใช้กับแบตเตอรี่รถยนต์ โค้ดสีของสายเคเบิลแรงเคลื่อนต่ำที่ใช้กับแบตเตอรี่รถยนต์มีดังนี้

สายเคเบิลที่ใช้กับขั้วบวก (+) โค้ดสีที่ใช้จะเป็นสีดำ (B) หรือดำแถบแดง (B-R) ส่วนสายเคเบิลด้านขั้วลบ (-) จะใช้โค้ดสีดำแถบเหลือง (B-Y) ดังแสดงในรูปที่ 1.5



รูปที่ 1.5 แสดงโค้ดสีของสายเคเบิลแรงเคลื่อนต่ำที่ใช้กับแบตเตอรี่รถยนต์

โค้ดตัวอักษรบนสายเคเบิล โค้ดตัวอักษรบนสายเคเบิลแรงเคลื่อนต่ำที่ใช้กับแบตเตอรี่รถยนต์สามารถอ่านโค้ดตัวอักษรที่อยู่บนสายเคเบิลได้ ดังแสดงในรูปที่ 1.6



รูปที่ 1.6 โค้ดตัวอักษรบนสายเคเบิลแรงเคลื่อนต่ำที่ใช้กับแบตเตอรี่รถยนต์

การทนกระแสไฟฟ้าของสายเคเบิลแรงเคลื่อนต่ำที่ใช้กับแบตเตอรี่รถยนต์ การทนกระแสไฟของสายเคเบิลแรงเคลื่อนต่ำที่ใช้กับแบตเตอรี่รถยนต์จะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่สำคัญก็คือ อุณหภูมิในการใช้งาน กระแสไฟที่ไหลผ่านตัวนำ เวลาและสภาวะในการใช้งาน สายเคเบิลที่ใช้จะไม่คำนึงถึงค่าสัมประสิทธิ์ของจำนวนสายทองแดงในสายไฟ แต่จะขึ้นอยู่กับกระแสไฟที่ไหลผ่านโดยตรงเท่านั้น ดังแสดงในตารางที่ 1.5

ตารางที่ 1.5 การทนกระแสไฟของสายเคเบิลแรงเคลื่อนต่ำที่ใช้กับแบตเตอรี่รถยนต์

(ก) ทนกระแสไฟได้อย่างต่อเนื่อง

ขนาดของสายไฟ (mm^2)	15	20	30	40	50	60	อุณหภูมิปกติ
ทนกระแสไฟ (A)	129	172	240	269	309	339	0° C
	79	106	147	165	189	208	50° C

(ข) ทนกระแสในระยะเวลาอันสั้น

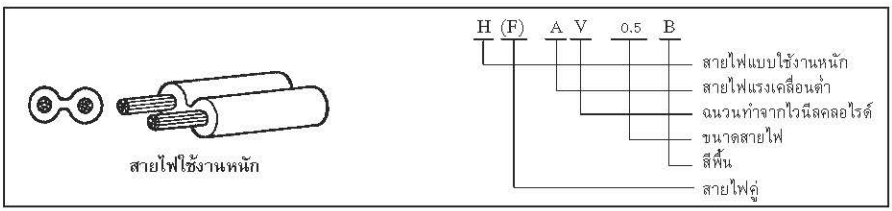
ขนาดของสายไฟ (mm^2)	15	20	30	40	50	60	อุณหภูมิปกติ
ทนกระแสไฟ (A)	258	340	480	540	620	680	0° C
	158	212	294	330	380	420	50° C

สายไฟแรงเคลื่อนต่ำสำหรับใช้งานหนัก (heavy-duty low voltage wire) ฉนวนที่หุ้มสายไฟจะมีลักษณะที่หนากว่าสายไฟ AV ธรรมดา ดังนั้นสายไฟแบบนี้จึงใช้ในบริเวณที่มีการสั่นสะเทือนสูง เช่น ที่ชันรูฟ หรือบริเวณที่ติดตั้งอุปกรณ์ที่ต้องการใช้สายไฟที่ยาวกว่าปกติ เช่น ที่สวิตช์เตือนการเปิดประตูรถ สายไฟตัดหมอก สายไฟที่ใช้กับแผ่นป้ายทะเบียนรถ ไฟถอยหลัง และลำโพงหลัง เป็นต้น ดังแสดงในตารางที่ 1.6

ตารางที่ 1.6 ขนาดของสายไฟแรงเคลื่อนต่ำสำหรับใช้งานหนัก

ขนาดสายไฟ (mm^2)	ตัวนำ: จำนวนสายไฟ (mm)	ตัวนำ: พื้นที่หน้าตัดที่แท้จริง (mm^2)	ความหนาของฉนวน (mm)	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางทั้งหมด (mm)	ความต้านทานของตัวนำที่ 20° C (Ω/m)	น้ำหนักสุทธิ (g/m)	ทนอุณหภูมิต่อเนื่อง	ทนอุณหภูมิในระยะเวลาสั้น (100 ชั่วโมง หรือน้อยกว่า)
2	26 (0.32)	2.091	1.1	4.1	0.00881	33	80° C	120° C
1.25	16 (0.32)	1.287	1.1	3.7	0.0143	24	↑	↑
0.85	11 (0.32)	0.8846	1.0	3.2	0.0208	18	↑	↑
0.5	7 (0.32)	0.5629	1.0	3.0	0.0327	14	↑	↑

โค้ดตัวอักษรบนสายไฟแรงเคลื่อนต่ำสำหรับใช้งานหนัก โค้ดตัวอักษรบนสายไฟแรงเคลื่อนต่ำสำหรับใช้งานหนัก ซึ่งเราจะสามารถอ่านโค้ดตัวอักษรบนสายไฟได้ดังแสดงในรูปที่ 1.7

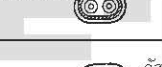


รูปที่ 1.7 โค้ดตัวอักษรบนสายไฟแรงเคลื่อนต่ำสำหรับใช้งานหนัก

2. สายชีลด์ (shielded cable) สายชีลด์ที่ใช้กับรถยนต์ ฉนวนที่ห่อหุ้มจะทำจากวัสดุประเภทครอสลิงค์โพลีเอทิลีน (crosslinked polyethylene) หรือโพลีเอสเตอร์ (polyester)

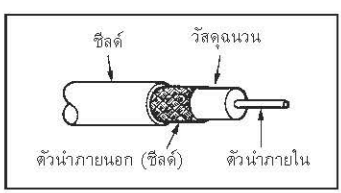
สายชีลด์ที่ใช้ในรถยนต์ส่วนใหญ่จะใช้เป็นสายสัญญาณของเสาอากาศวิทยุ สายสัญญาณจุดระเบิด สายสัญญาณของออกซิเจนเซนเซอร์ เป็นต้น ซึ่งมันจะทำหน้าที่ป้องกันแรงเคลื่อนไฟฟ้าและกระแสไฟไม่ให้เล็ดลอดผ่านสายสัญญาณเหล่านี้ได้ ดังนั้นถ้ามีแรงเคลื่อนไฟฟ้าหรือกระแสไฟไหลผ่านเข้าได้ จะเป็นสาเหตุทำให้สัญญาณเกิดการขัดข้องขึ้นได้ง่าย ซึ่งเป็นผลมาจากการเหนี่ยวนำที่เกิดจากการเปิดและปิดสวิตช์ หรือเสียงรบกวนที่เกิดจากการจุดระเบิด เป็นต้น ดังแสดงในตารางที่ 1.7

ตารางที่ 1.7 ชนิดและขนาดของสายชีลด์ที่ใช้กับสายสัญญาณต่างๆ ในรถยนต์ ซึ่งฉนวนทำมาจากวัสดุประเภทครอสลิงค์โพลีเอสเตอร์

เส้นผ่านศูนย์กลางของสายเคเบิล	สีของฉนวน	สายสีของชีลด์	โครงสร้าง	บริเวณที่ใช้งาน
แกน 0.5f × 1	ขาว (W) หรือดำ (B)	เทา		สายสัญญาณการน็อคและออกซิเจนเซนเซอร์
แกน 0.5f × 2	ขาว (W) และแดง (R)			สัญญาณชุดช่วยจุดระเบิด
แกน 0.5f × 3	ขาว (W), แดง (R) และดำ (B)	น้ำตาล		สายสัญญาณวัดรอบ TCCS
แกน 0.5f × 4	แดง (R), เหลือง (Y), น้ำเงิน (L) และดำ (B)			เซนเซอร์ตำแหน่งลูกเบี้ยวเครื่องยนต์ TCCS

สายชีลด์ชนิดฉนวนทำจากโพลีเอสเตอร์ สายชีลด์ชนิดฉนวนทำจากโพลีเอสเตอร์หรือเรียกว่าสายโคแอกเชียล (coaxial cables) จะประกอบด้วยตัวนำด้านในและตัวนำด้านนอก และฉนวนที่กันอยู่ระหว่างตัวนำทั้งสอง ซึ่งเหมาะที่จะใช้กับอุปกรณ์ที่ต้องการส่งความถี่สูง เนื่องจากป้องกันสัญญาณรบกวนได้ดีที่ความถี่สูง

ตัวนำด้านนอกจะทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้สัญญาณที่ส่งผ่านรั่วออกมาได้ และยังป้องกันสัญญาณภายนอกรบกวนได้ดี สายโคแอกเชียลที่นำมาใช้กับรถยนต์ส่วนใหญ่จะใช้กับสายอากาศวิทยุและโทรศัพท์ติดรถยนต์ ดังแสดงในรูปที่ 1.8

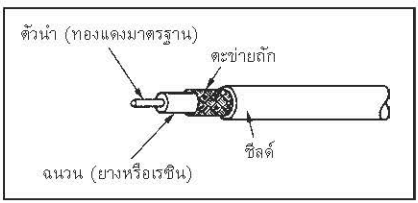


รูปที่ 1.8 ส่วนประกอบของสายชีลด์ชนิดโคแอกเชียล

3. สายไฟแรงเคลื่อนสูง (high–tension cables) สายไฟแรงเคลื่อนสูงถูกนำมาใช้กับวงจรจุดระเบิดของรถยนต์ ซึ่งวงจรนี้ต้องการกระแสไฟที่น้อย แต่ต้องการแรงเคลื่อนไฟฟ้าสูงถึง 10 กิโลโวลต์ในขณะที่เครื่องยนต์ทำงานปกติ และต้องการแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่สูงถึง 20 กิโลโวลต์ในขณะสตาร์ตเครื่องยนต์

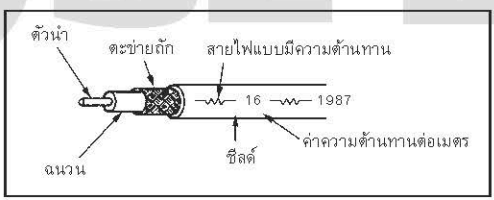
สายไฟที่ใช้กับรถยนต์บางทีเรียกว่าสาย H/T มีใช้กันอยู่ 2 แบบคือ สาย H/T ธรรมดากับสาย H/T แบบมีความต้านทานซึ่งใช้สำหรับป้องกันเสียงรบกวนวิทยุ

- *สายไฟ H/T แบบธรรมดา* จะมีโครงสร้างดังแสดงในรูปที่ 1.9 ปัจจุบันไม่เป็นที่นิยมใช้



รูปที่ 1.9 สายไฟแรงเคลื่อนสูงหรือสาย H/T แบบธรรมดา

- *สายไฟ H/T แบบมีความต้านทาน* จะมีโครงสร้างดังแสดงในรูปที่ 1.10 ส่วนตารางที่ 1.8 เป็นวัสดุที่ใช้ทำสายไฟแรงเคลื่อนสูงหรือสายไฟ H/T แบบมีความต้านทาน



รูปที่ 1.10 สายไฟแรงเคลื่อนสูงหรือสายไฟ H/T แบบมีความต้านทาน

ตารางที่ 1.8 วัสดุที่ใช้ทำสายไฟแรงเคลื่อนสูงหรือสายไฟ H/T แบบมีความต้านทาน

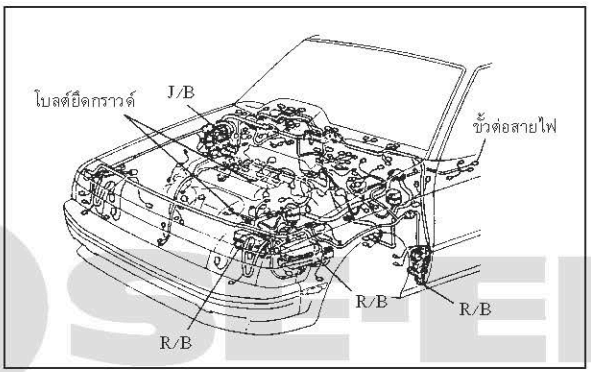
	วัสดุ
ตัวนำ	ไฟเบอร์กลาส, ไฟเบอร์ผสมคาร์บอน
วัสดุนำฉนวน	ยาง, เรซิน หรือแบบผสม
ตะข่ายถัก	ไฟเบอร์
ชีลด์	คลอโรเพน, โพลีเอทิลีนคลอไรด์, EPDM*, SEM (ซิลิคอน + EPDM) หรือซิลิคอน

* EPDM : เอทิลีนโพรพิลีนไดน์โพลีเมทิลีน

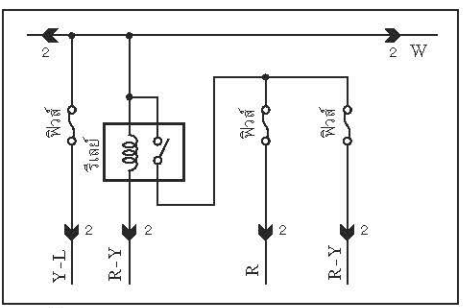
1.2 กล่องรวมสาย

กล่องรวมสาย (junction block) หรือ J/B คือกล่องที่เป็นจุดรวมของขั้วต่อสายไฟของวงจรไฟฟ้าในรถยนต์ ภายในประกอบด้วยแผงวงจรต่างๆ ของฟิวส์ รีเลย์ เซอร์กิตเบรกเกอร์ และอุปกรณ์อื่นๆ

การทนกระแสไฟฟ้าของกล่องรวมสาย (J/B) จะต้องขึ้นอยู่กับจำนวนของขั้วต่อสายไฟ ซึ่งจากสาเหตุนี้เมื่อเปลี่ยนขนาดของสายไฟ จึงต้องคำนึงถึงขั้วต่อสายไฟที่ยังไม่ใช้งานอีกด้วย ดังแสดงในรูปที่ 1.11 ส่วนรูปที่ 1.12 แสดงไดอะแกรมวงจรไฟฟ้าภายในกล่องรวมสาย



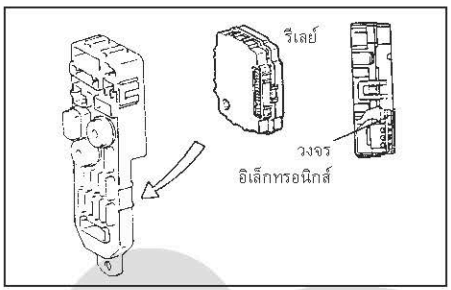
รูปที่ 1.11 แสดงตำแหน่งติดตั้งของกล่องรวมสาย (J/B)



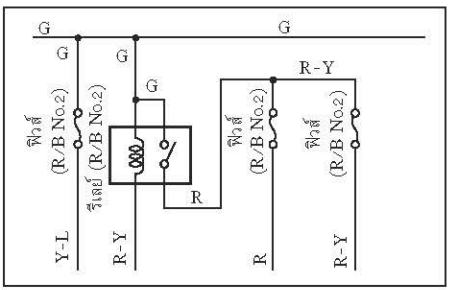
รูปที่ 1.12 ไดอะแกรมวงจรไฟฟ้าภายในกล่องรวมสาย (J/B)

1.3 กล่องรีเลย์

กล่องรีเลย์ (relay block) หรือ R/B ภายในกล่องจะเป็นจุดรวมของขั้วต่อสายไฟของรีเลย์และฟิวส์ในวงจรไฟฟ้าของรถยนต์เช่นเดียวกับกล่องรวมสาย (J/B) อย่างไรก็ตาม มันก็มีวงจรบางวงจรที่ถูกกำหนดไว้เฉพาะ โดยไม่เป็นจุดศูนย์กลางรวมของขั้วต่อเช่นเดียวกับกล่องรวมสาย ดังแสดงในรูปที่ 1.13 และรูปที่ 1.14 แสดงไดอะแกรมของวงจรไฟฟ้าที่ใช้ฟิวส์และรีเลย์รวมกันภายในกล่องรีเลย์



รูปที่ 1.13 แสดงตำแหน่งติดตั้งกล่องรีเลย์ (R/B)



รูปที่ 1.14 ไดอะแกรมวงจรไฟฟ้าภายในกล่องรีเลย์ (R/B)

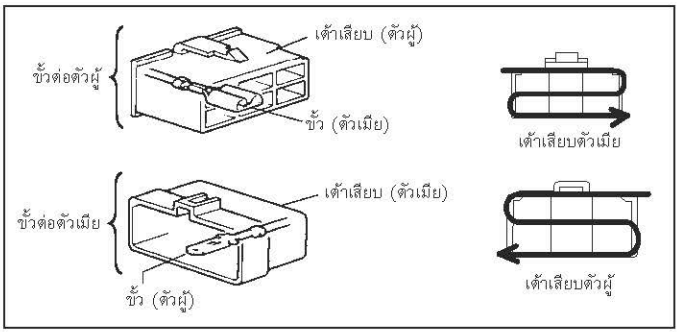
1.4 ขั้วต่อสายไฟ

ขั้วต่อสายไฟ (connectors) ใช้เชื่อมต่อระหว่างชุดของสายไฟทั้งสองชุดเข้าด้วยกัน หรือเชื่อมระหว่างชุดสายไฟกับอุปกรณ์ของระบบไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 1.15

รูปที่ 1.15 แสดงการเชื่อมต่อสายไฟด้วยขั้วต่อสายไฟ

ขั้วต่อสายไฟได้ถูกแยกออกเป็น 2 ส่วนด้วยกันก็คือ ขั้วต่อตัวผู้กับขั้วต่อตัวเมีย อย่างไรก็ตาม ขั้วต่อสายทั้งสองแบบจะมีรูปร่างที่แตกต่างกัน ดังนั้นที่ด้านปลายของขั้วต่อจึงมีตัวล็อคที่แสดงไว้อยู่ด้านบน ดังแสดงในรูปที่ 1.16

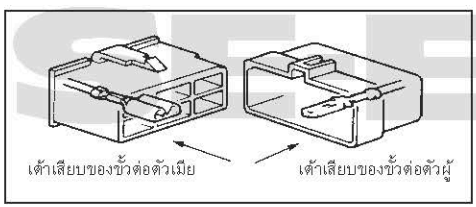
SE-ED



รูปที่ 1.16 ขั้วต่อสายไฟตัวผู้และตัวเมีย

แบบของขั้วต่อสายไฟ ขั้วต่อสายไฟที่ใช้ในวงจรไฟฟ้าของรถยนต์มีอยู่หลายแบบ ซึ่งก็มีตั้งแต่ขั้วต่อตัวเดียวไปจนถึงขั้วต่อหลายขั้ว และแบบที่ทนกระแสไฟได้สูงไปจนถึงแบบที่ทนกระแสไฟได้น้อย

ขั้วต่อสายไฟประกอบด้วยเต้าเสียบที่ทำจากพลาสติก ดังแสดงในรูปที่ 1.17



รูปที่ 1.17 เต้าเสียบของขั้วต่อสายไฟ

เต้าเสียบขั้วต่อสายไฟจะมีขนาดที่แตกต่างกัน แต่ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับขนาดของขั้วต่อ กระแสไฟที่ไหลผ่าน และการนำไปใช้งาน ยิ่งไปกว่านั้นค่าประจุของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านเต้าเสียบจะมีมากเมื่อมีจำนวนของขั้วต่อที่มากขึ้น ซึ่งจากสาเหตุนี้จึงทำให้เกิดความร้อนที่สูงขึ้นตาม อาจจะเป็นผลให้เต้าเสียบหลอมละลายได้ ดังนั้นเมื่อจำเป็นที่จะต้องใช้ขั้วต่อสายไฟหลายขั้ว จึงควรพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ของจำนวนขั้วต่อที่สามารถทนกระแสไฟได้สูง ดังแสดงในตารางที่ 1.9

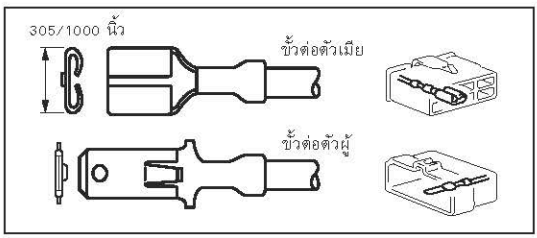
ตารางที่ 1.9 ค่าสัมประสิทธิ์ในการทนกระแสไฟของขั้วต่อในเต้าเสียบ

จำนวนขั้วต่อ	1	2~3	4~5	6~8	9~12	13~
ค่าสัมประสิทธิ์ของจำนวนขั้ว	1	0.75	0.6	0.55	0.5	0.4

โดยทั่วไปแล้วขั้วต่อสายไฟจะทำจากโลหะผสมดีบุก แต่ก็มีขั้วต่อสายบางแบบทำจากโลหะผสมทองคำ อย่างไรก็ตาม การเลือกใช้ขั้วต่อสายจะต้องอยู่ภายใต้ภาวะการนำไปใช้งาน ทั้งนี้เพื่อให้สะดวกในการบำรุงรักษาหรือเปลี่ยนขั้วต่อใหม่ได้ง่าย เช่น ขั้วต่อแบบกันน้ำ (water proof) จะใช้อยู่ในห้องเครื่องยนต์ในบริเวณที่ถูกน้ำ เป็นต้น

ขั้วต่อสายไฟที่ใช้กับรถยนต์มีอยู่หลายแบบด้วยกันดังนี้

1. ขั้วต่อสายแบบ 305 (305 fast-on type connector) ดังแสดงในรูปที่ 1.18 ทำมาจากโลหะผสมของดีบุก มีขนาดความกว้าง 305/1000 นิ้ว ทนกระแสไฟได้ 25 แอมแปร์และ 12 โวลต์อย่างต่อเนื่อง ใช้กับวงจรไฟฟ้าที่ต้องการใช้กระแสไฟสูง เช่น เซอร์กิตเบรกเกอร์ วงจรไล่ฝ้ากระจกหลัง และฟิวส์สาย เป็นต้น



รูปที่ 1.18 ขั้วต่อสายแบบ 305

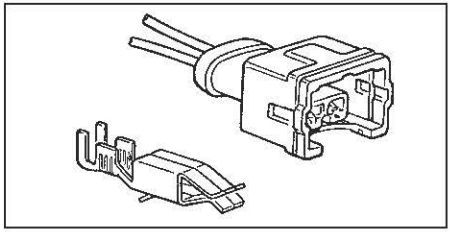
2. ขั้วต่อสายแบบ 250 (250 fast-on type connector) ทำจากโลหะผสมดีบุก มีขนาดความกว้าง 250/1000 นิ้ว ทนกระแสไฟได้ 25 แอมแปร์อย่างต่อเนื่อง ใช้กับวงจรจุดระเบิดและวงจรไฟแสงสว่าง

3. ขั้วต่อสายแบบ 090 (090 fast-on type connector) ทำจากโลหะผสมดีบุก มีขนาดความกว้าง 90/1000 นิ้ว ทนกระแสไฟได้ 10 แอมแปร์อย่างต่อเนื่อง ใช้กับวงจรไฟสัญญาณ

4. ขั้วต่อสายแบบ 070 (070 fast-on type connector) ทำจากโลหะผสมดีบุก มีขนาดความกว้าง 70/1000 นิ้ว ทนกระแสไฟได้ 7 แอมแปร์หรือน้อยกว่าได้อย่างต่อเนื่อง ใช้กับวงจรสัญญาณช่วยจุดระเบิด สวิตช์ต่าง ๆ เป็นต้น

5. ขั้วต่อสายแบบสปริงล็อค (spring lock type connector หรือ SLC) ดังแสดงในรูปที่ 1.19 เป็นขั้วต่อสายที่ถูกออกแบบให้หน้าสัมผัสส่วนบนและส่วนล่างมีลักษณะที่โค้งงอขึ้นทั้งสองด้าน ซึ่งจะเป็นผลให้หน้าสัมผัสทั้งสองด้านบีบรัดขั้วต่อตัวผู้ได้แนบแน่นขึ้น

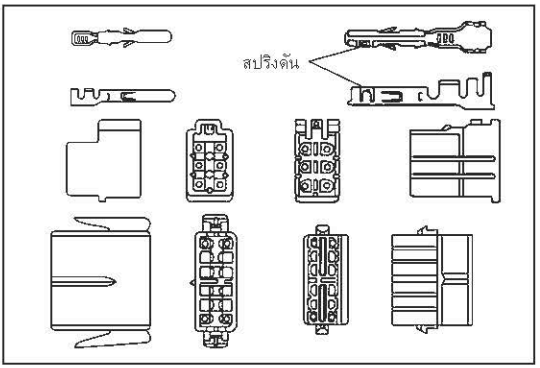
ขั้วต่อแบบสปริงล็อคปกติจะทำมาจากแผ่นดีบุก แต่บางครั้งก็ทำจากแผ่นทองคำเมื่อต้องการใช้เป็นขั้วต่อของเซนเซอร์ที่ต้องการความไวสูง ด้วยเหตุนี้ขั้วต่อแบบสปริงล็อคจึงใช้กับเครื่องยนต์ EFI โดยเฉพาะ



รูปที่ 1.19 ขั้วต่อสายแบบสปริงล็อค

6. ขั้วต่อแบบแขนล็อค (locking arm connector หรือ LAC) เป็นขั้วต่อสายที่ได้รับการพัฒนามาจากขั้วต่อแบบธรรมดา ซึ่งทำให้มีโครงสร้างที่สามารถใช้งานได้กับขั้วต่อหลายขั้วได้ดี

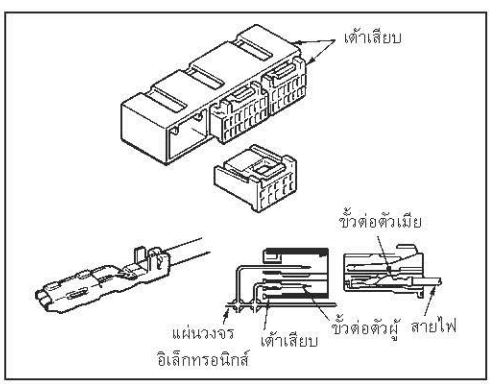
ขั้วต่อตัวผู้ถูกออกแบบให้มีเส้นผ่านศูนย์กลางด้านนอก 20 มิลลิเมตร ซึ่งทำให้มันสวมเข้ากับขั้วต่อตัวเมียที่มีรูปร่างเป็นรูปทรงกระบอกได้อย่างพอดี ดังแสดงในรูปที่ 1.20



รูปที่ 1.20 ขั้วต่อสายแบบแขนล็อคหรือ LAC

7. ขั้วต่อแบบพัลส์ล็อค (pulse lock connector หรือ PLC) เป็นขั้วต่อสายที่ถูกออกแบบเพื่อใช้กับแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ของคอมพิวเตอร์ที่ใช้สำหรับควบคุมการทำงานของเครื่องยนต์ ทำจากแผ่นทองคำ จึงทำให้หน้าสัมผัสมีการจับยึดที่ดี สามารถรับส่งสัญญาณในระดับที่ต่ำของเซนเซอร์ต่าง ๆ ไปยังคอมพิวเตอร์ได้

ขั้วต่อแบบพัลส์ล็อคมีให้เลือกอยู่ 2 แบบ แต่อย่างไรก็ตาม การเลือกไปใช้งานให้เหมาะสมจึงควรพิจารณาการทนกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านอย่างต่อเนื่องเสียก่อน เช่น แบบที่ทนกระแสไฟได้ 10 แอมแปร์ (ใช้กับวงจรแหล่งจ่ายกำลัง) และแบบที่ทนกระแสไฟได้ 2 แอมแปร์ (ใช้กับขั้วต่อสัญญาณต่าง ๆ) ดังแสดงในรูปที่ 1.21



รูปที่ 1.21 ขั้วต่อแบบพัลส์ล็อค

งานไฟฟ้ายานยนต์

หนังสือ **งานไฟฟ้ายานยนต์** เป็นหนังสือที่รวบรวมระบบไฟฟ้าต่าง ๆ ที่ใช้ในรถยนต์ เช่น สายไฟและสวิตช์ ระบบสตาร์ต ระบบจุดระเบิด ระบบไฟชาร์จ ระบบอำนวยความสะดวก ซึ่งประกอบด้วย กระจกไฟฟ้า ระบบล็อคประตูรถยนต์ ระบบเกียร์อัตโนมัติควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ (ECT) ระบบฉีดเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ (EFI) และระบบความปลอดภัย เช่น ระบบเบรก ABS เป็นต้น นอกจากนี้ในภาคผนวกยังได้รวบรวมวงจรไฟฟ้าของระบบต่าง ๆ ไว้อีกด้วย

ประวัติผู้เขียน ประสานมงษ์ หาเรือนชีพ

- ปัจจุบันดำรงตำแหน่งอาจารย์ 3 ระดับ 8 ประจำแผนกวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคนครราชสีมา เป็นอาจารย์ผู้สอนวิชาไฟฟ้ารถยนต์ และวิชาไฟฟ้ายานยนต์
- จบการศึกษาคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
- เข้ารับการฝึกอบรมเรื่องระบบเทคโนโลยีชั้นสูงของรถยนต์ NISSAN ที่ บริษัท สยามนิสสัน จำกัด
- เข้ารับการฝึกอบรมเรื่องระบบไฟฟ้าตัวถังรถยนต์และถุงลมนิรภัยของรถยนต์ TOYOTA ที่ บริษัท โตโยต้า มอเตอร์ ประเทศไทย จำกัด
- เข้ารับการฝึกอบรมเรื่องอิเล็กทรอนิกส์ยานยนต์ชั้นสูงของรถยนต์ TOYOTA ที่ บริษัท โตโยต้า มอเตอร์ ประเทศไทย จำกัด
- เข้ารับการฝึกอบรมเรื่องเทคโนโลยีใหม่ของรถยนต์ TOYOTA (เครื่องยนต์ดีเซล EFI ระบบคอมมอนเรล) ที่วิทยาลัยเทคนิคนครราชสีมา
- เข้ารับการฝึกอบรมเรื่องการใช้ TECH2 และ TIS 2000 ในการตรวจสอบรถยนต์เชฟโรเลต ที่ บริษัท เชฟโรเลต (ประเทศไทย) จำกัด
- เข้ารับการฝึกอบรมเรื่องการออกแบบซอฟต์แวร์ระบบจากฝังตัว ที่สถาบันพัฒนาครูอาชีวศึกษา
- เข้ารับการฝึกอบรมเรื่องเทคโนโลยีรถยนต์ไฮบริด ที่วิทยาลัยเทคนิคนครราชสีมา
- เข้ารับการฝึกอบรมผู้ตรวจสอบและทดสอบรถยนต์ติดตั้งเชื้อเพลิง NGV/CNG ที่กรมธุรกิจพลังงาน กระทรวงพลังงาน

ISBN 978-616-08-0382-0

9 786160 803820

280 บาท

วิทยาการและเทคโนโลยี/คู่มือเรียน-รถยนต์, เครื่องมือและอุปกรณ์ไฟฟ้า

www.se-ed.com