รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

ชุดฝึกระบบไฟแสงสว่างและระบบไฟสัญญาณรถยนต์
The Practice for Lighting and Signaling Systems on Vehicle

นายบุญสม จันทร์ทอง	หัวหน้าโครงการ
นายประยูร ด้วงศิริ	ผู้ร่วมโครงการ
นายนิยม พรหมรัตน์	ผู้ร่วมโครงการ
ผศ.ดร.ธีระยุทธ หลีวิจิตร	ที่ปรึกษาโครงการ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากเงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์
ประเภทสิ่งประดิษฐ์ การสร้างครุภัณฑ์และสื่อการสอน
ประจำปีงบประมาณ 2556

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างชุดฝึกระบบไฟแสงสว่างและระบบไฟสัญญาณรถยนต์ โดยระบบไฟแสงสว่างประกอบด้วย 7 วงจร คือ ไฟหน้า ไฟท้าย ไฟหรี่ ไฟป้ายทะเบียน ไฟตัดหมอก ไฟแผงหน้าปัดและไฟเก๋ง ระบบไฟสัญญาณประกอบด้วย 5 วงจร คือ ไฟถอย ไฟเบรก ไฟเลี้ยว ไฟฉุกเฉินและแตร ชุดฝึกดังกล่าวใช้สำหรับการเรียนการสอนในรายวิชา 215-202 เทคโนโลยียานยนต์ 2 หลักสูตรปริญญาตรี วิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ในภาคการศึกษาที่ 2/2557 โดยนักศึกษาระดับปริญญาตรีได้ฝึกปฏิบัติด้วยชุดฝึกนี้ เพื่อเรียนรู้ระบบไฟแสงสว่างและระบบไฟสัญญาณรถยนต์ ซึ่งได้ทำการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดฝึกและประสิทธิภาพการเรียนรู้ของผู้เรียนด้วยชุดฝึกดังกล่าว

ผลการวิจัยพบว่านักศึกษามีความพึงพอใจในภาพรวมต่อชุดฝึกที่พัฒนาในระดับมากที่สุด(ระดับคะแนนเฉลี่ย 4.46 จากคะแนนเต็ม 5) โดยระดับคะแนนความพึงพอใจ 3 ด้านที่สำคัญ คือ ประสิทธิภาพการสอน การออกแบบและเอกสารประกอบการสอน มีค่า 4.50, 4.44 และ 4.43 ตามลำดับ นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบผลการสอบภาคปฏิบัติระหว่างนักศึกษาที่เรียนโดยใช้ชุดฝึกปฏิบัติแบบใหม่และชุดฝึกปฏิบัติแบบเก่า พบว่ากลุ่มนักศึกษาที่ใช้ชุดฝึกใหม่ได้คะแนนเฉลี่ย 15.38 จากคะแนนเต็ม 20 ซึ่งสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยของนักศึกษาที่ใช้ชุดฝึกเก่าคิดเป็นร้อยละ 13.52

โดยสรุป โครงการวิจัยเพื่อพัฒนาชุดฝึกระบบไฟแสงสว่างและระบบไฟสัญญาณรถยนต์สำหรับใช้ประกอบการเรียนการสอนประสบผลสำเร็จในระดับมากที่สุดสมความคาดหมาย

Abstract

The objective of this research was to design and construct the practice set of vehicle lighting and signaling systems trainer. The vehicle lighting systems consist 7 circuits: headlights, tail lights, clearance lights, license plate lights, fog lights, meter lights, and dome lights. The vehicle signaling systems consist 5 circuits: backup lights, brake lights, turn signal lights, hazard lights and horn. This practice set was used for teaching in the 215-202 subject of Automotive Technology II in the undergraduate program in the Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Prince of Songkla University. In the semester of 2/2557, the undergraduate students studied the practice set trainer to learn the vehicle lighting and signaling systems, which were used to assess the contentment and learning efficiency of the students.

It could be found that the students have the overall impression for the developed practice set in the level of very good(average score of 4.46 from the maximum scale of 5), in which the impression scores for 3 important items of teaching efficiency, design and teaching document were 4.50 4.44 and 4.43 respectively. Moreover, as comparing the practice test results of the 2 groups of students, it could be found that the students learning with the new developed practice set got the average score of 15.38 from the total score of 20 which higher than the average score of the students learning with the old practice set about 13.52%.

In conclusion, the research project for developing the practice set of vehicle lighting and signaling systems using for teaching could reach the successfulness in the level of very good as expected.

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำโครงการวิจัยครั้งนี้สำเร็จได้เป็นอย่างดี โดยได้รับความอนุเคราะห์และความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก ผศ.ดร.ธีระยุทธ หลีวิจิตร ที่ปรึกษาโครงการวิจัย ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำแนวทางและให้ข้อคิดเห็น ตลอดจนกรุณาแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ในด้านการออกแบบและการสร้างชุดฝึก ตรวจสอบความถูกต้องในด้านเนื้อหาและภาษาที่ใช้ในการทำโครงการวิจัยครั้งนี้ ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือที่ใช้สำหรับสร้างชุดฝึกครั้งนี้

ขอขอบพระคุณเพื่อนร่วมงานในสายงานทุกคนที่คอยช่วยแบ่งเบาภาระงาน ทำให้การทำโครงการวิจัยครั้งนี้บรรลุตามเป้าหมายที่วางไว้ นอกจากนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา พี่น้องและเพื่อนๆ ที่คอยให้กำลังใจและมอบสิ่งดีๆ เสมอมา

ขอขอบพระคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ส่งเสริมและสนับสนุนให้บุคลากรทุกคนพัฒนาตนเองเพื่อความเจริญก้าวในหน้าที่การงาน ตลอดจนสนับสนุนเงินทุนในการดำเนินโครงการวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณนักศึกษาชั้นปีที่ 2 ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ทุกคน ที่ให้ความร่วมมือในการประเมินคุณภาพชุดฝึกที่ผู้วิจัยออกแบบและสร้างขึ้น

ท้ายนี้ผู้วิจัยมีความซาบซึ้งในความกรุณาอันดียิ่งจากทุกท่านที่กล่าวมาและตลอดจนบุคคลอีกหลายท่านที่มิได้กล่าวนามไว้ ที่ได้เป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้การจัดทำโครงการวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี จึงขอขอบพระคุณอีกครั้งไว้ ณ โอกาสนี้

บุญสม จันทร์ทอง

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	**ก**
Abstract	**ข**
กิตติกรรมประกาศ	**ค**
สารบัญ	**ง**
สารบัญตาราง	**ฉ**
สารบัญภาพ	**ช**
บทที่ 1 บทนำ 1	**1**
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 คำสำคัญ(Keywords) ของการวิจัย	2
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	**3**
2.1 สัญลักษณ์ต่างๆ ที่ใช้ในระบบไฟฟ้ารถยนต์	3
2.2 อุปกรณ์พื้นฐานทางไฟฟ้ารถยนต์	5
2.2.1 สายไฟรถยนต์(Wire)	5
2.2.2 ขั้วสายไฟ(Terminal)	6
2.2.3 เต้าเสียบสายไฟ(Connectors)	7
2.2.4 ฟิวส์(Fuse)	8
2.2.5 หลอดไฟ(Bulb)	10
2.2.6 แบตเตอรี่(Battery)	11
2.3 ระบบไฟแสงสว่างและไฟสัญญาณ	12
2.3.1 แผงหน้าปัด	13
2.3.2 ระบบไฟแสงสว่าง	14
2.3.3 ระบบไฟสัญญาณ	21
2.4 วัสดุ	30
2.4.1 เหล็กโครงสร้างรูปพรรณ	30
2.4.2 เหล็กแผ่น	31
2.4.3 อลูมิเนียม(Aluminium)	32
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	**33**
3.1 ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	33
3.2 วิเคราะห์หลักสูตรรายวิชา	33
3.3 ออกแบบสร้างชุดฝึกระบบไฟแสงสว่างและระบบไฟสัญญาณรถยนต์	34

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล	37
3.5 วิเคราะห์ข้อมูล	38
บทที่ 4 ผลการวิจัย	**40**
4.1 ผลการประเมินคุณภาพชุดฝึกในด้านต่างๆ	40
4.2 เปรียบเทียบผลการสอบภาคปฏิบัติ	43
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	**44**
5.1 สรุปผล	44
5.2 อภิปรายผล	44
5.3 ข้อเสนอแนะ	44
บรรณานุกรม	**46**
ภาคผนวก	**47**
ภาคผนวก ก วงจรระบบไฟแสงสว่างและระบบไฟสัญญาณ	48
ภาคผนวก ข แบบโครงสร้างชุดฝึกระบบไฟแสงสว่างและไฟสัญญาณรถยนต์	53
ภาคผนวก ค ขั้นตอนการดำเนินการสร้างและทดสอบการทำงานชุดฝึกระบบไฟแสงสว่างและไฟสัญญาณรถยนต์	64
ภาคผนวก ง เอกสารประกอบการเรียนปฏิบัติการระบบไฟแสงสว่างและระบบไฟสัญญาณรถยนต์	75
ภาคผนวก จ แบบประเมินคุณภาพชุดฝึกระบบไฟแสงสว่างและไฟสัญญาณรถยนต์	104
ภาคผนวก ฉ ข้อมูลจากแบบสอบถามและการทดสอบปฏิบัติ	108
ภาคผนวก ช รายการค่าใช้จ่ายและค่าวัสดุอุปกรณ์	113

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2-1 สัญลักษณ์พื้นฐานทางด้านไฟฟ้ารถยนต์ 3
2-2 ขนาดสายไฟ การทนกระแสของสายไฟและการนำไปใช้งานวงจรต่างๆ 5
2-3 รหัสสีสายไฟฟ้าที่ใช้ในรถยนต์ 6
2-4 การนำขั้วสายไฟและเต้าเสียบสายไฟไปใช้งาน 8
2-5 การเลือกขนาดของฟิวส์สำหรับวงจรต่างๆ 9
2-6 ขนาดและสีของฟิวส์ 10
2-7 ลักษณะหลอดไฟกับการใช้งาน 10
3-1 วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม(ทางด้านการปฏิบัติ) 34
4-1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบประเมินคุณภาพชุดฝึกระบบไฟแสงสว่างและไฟสัญญาณรถยนต์ด้านการออกแบบชุดฝึก 40
4-2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบประเมินคุณภาพชุดฝึกระบบไฟแสงสว่างและไฟสัญญาณรถยนต์ด้านประสิทธิภาพการสอน 41
4-3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบประเมินคุณภาพชุดฝึกระบบไฟแสงสว่างและไฟสัญญาณรถยนต์ด้านเอกสารประกอบการเรียนการสอน 42
4-4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบประเมินคุณภาพชุดฝึกระบบไฟแสงสว่างและไฟสัญญาณรถยนต์โดยภาพรวม 43
4-5 ผลการสอบภาคปฏิบัติของนักศึกษาระหว่างใช้ชุดฝึกระบบไฟแสงสว่างและไฟสัญญาณรถยนต์ที่ออกแบบและสร้างขึ้นใหม่กับชุดฝึกแบบเก่า 43
ง-1 สัญลักษณ์พื้นฐานทางด้านไฟฟ้ารถยนต์ 76
ง-2 ขนาดสายไฟ การทนกระแสของสายไฟและการนำไปใช้งานวงจรต่างๆ 78
ง-3 รหัสสีสายไฟฟ้าที่ใช้ในรถยนต์ 79
ง-4 การนำขั้วสายไฟและเต้าเสียบสายไฟไปใช้งาน 80
ง-5 การเลือกขนาดของฟิวส์สำหรับวงจรต่างๆ 81
ง-6 ขนาดและสีของฟิวส์ 82
ง-7 ลักษณะหลอดไฟกับการใช้งาน 83
ง-8 สัญลักษณ์ต่างๆ ที่ใช้กับชุดฝึก 90
ง-9 ผลการทดลอง 92
ง-10 ผลการทดลอง 103
ฉ-1 ผลการประเมินคุณภาพชุดฝึก 109
ฉ-2 ผลการทดสอบปฏิบัติ 111
ช-1 รายการค่าใช้จ่ายและค่าวัสดุอุปกรณ์ 114

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2-1 ตำแหน่งสีของสายไฟฟ้า	6
2-2 ขั้วสายไฟสำหรับแรงเคลื่อนต่ำแบบต่างๆ	6
2.3 ขั้วสายไฟสำหรับแรงเคลื่อนสูงที่ใช้กับขั้วสายหัวเทียน	7
2-4 ขั้วสายไฟแบตเตอรี่	7
2-5 เต้าเสียบสายไฟแบบต่างๆ	7
2-6 ฟิวส์แบบหลอด	9
2-7 ฟิวส์แบบเสียบ	9
2-8 ลักษณะฟิวส์สายและการนำไปใช้	10
2-9 โครงสร้างแบตเตอรี่แบบที่ต้องตรวจดูระดับน้ำกรด	12
2-10 โครงสร้างแบตเตอรี่แบบที่ไม่ต้องต้องตรวจดูระดับน้ำกรด	12
2-11 หน้าปัดแบบธรรมดาหรือที่เรียกว่าแบบแอนะล็อก	13
2-12 หน้าปัดแบบดิจิตอล	13
2-13 ตำแหน่งของอุปกรณ์ระบบไฟแสงสว่างรถยนต์	14
2-14 แบบที่เป็นหลอดไฟทั้งชุด	14
2-15 แบบที่เปลี่ยนเฉพาะไส้หลอดได้	15
2-16 หลอดไฟแบบธรรมดา	15
2-17 หลอดไฟแบบฮาโลเจน(Halogen)	16
2-18 หลอดไฟแบบฮาโลเจน(Halogen) ลักษณะต่างๆ	16
2-19 หลอดไฟแบบ HID และบัลลาส	17
2-20 สวิทช์ควบคุมและสวิทช์ไฟสูงต่ำ	17
2-21 สวิทช์ควบคุมและสวิทช์ไฟสูงต่ำ	18
2-22 สวิทช์ไฟสูงต่ำ(Dimmer Switch)	18
2-23 ลักษณะของรีเลย์	18
2-24 ไฟตัดหมอก	19
2-25 ไฟเก๋ง	20
2-26 วงจรไฟแสงสว่าง	20
2-27 สวิทช์ไฟเลี้ยวซึ่งอยู่ร่วมกับสวิทช์ไฟแสงสว่าง	21
2-28 วงจรการทำงานของแฟลชเชอร์แบบขดลวดความร้อน	21
2-29 การไหลของกระแสไฟฟ้าขณะเปิดสวิทช์จุดระเบิด	22
2-30 การไหลของกระแสไฟฟ้าขณะเปิดสวิทช์ไฟเลี้ยว(หลอดสว่าง)	22
2-31 การไหลของกระแสไฟฟ้าขณะเปิดสวิทช์ไฟเลี้ยว(หลอดดับ)	23
2-32 การไหลของกระแสไฟฟ้าขณะเปิดสวิทช์ไฟเลี้ยว(หลอดสว่างอีกครั้ง)	23
2-33 วงจรของแฟลชเชอร์แบบกึ่งทรานซิสเตอร์	24
2-34 ไฟเลี้ยว	24
2-35 สวิทช์ไฟเตือนฉุกเฉิน	25

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
2-36 ไฟฉุกเฉิน	25
2-37 วงจรไฟเลี้ยวและไฟฉุกเฉิน	25
2-38 แตรลม	26
2-39 แตรไฟฟ้าแบบแบน(Flat Type)	26
2-40 แตรไฟฟ้าแบบขดเป็นวง(Spiral Type)	26
2-41 เมื่อหน้าทองขาวติดกัน	27
2-42 เมื่อหน้าทองขาวแยกออกจากกัน	27
2-43 วงจรแตร	28
2-44 ไฟเบรก	28
2-45 สวิทช์ไฟเบรก	29
2-46 ตำแหน่งติดตั้งสวิทช์ไฟเบรกที่แป้นเหยียบเบรก	29
2-47 วงจรไฟเบรก	29
2-48 ภาพตัดแสดงชิ้นส่วนภายในของสวิทช์เกียร์ถอย	30
2-49 วงจรไฟถอยหลัง	30
2-50 เหล็กโครงสร้างรูปพรรณรูปแบบต่างๆ	30
2-51 เหล็กแผ่น	31
2-52 อลูมิเนียมเส้นหน้าตัดรูปแบบต่างๆ	32
3-1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	33
3-2 ไฟหน้า ไฟท้าย ไฟเลี้ยว ไฟหรี่ ไฟถอยและหน้าปัด	35
3-3 กล่องฟิวส์ แตร สวิทช์ไฟถอย สวิทช์ไฟเบรกและรีเลย์	35
3-4 ชุดพวงมาลัย	35
3-5 ไฟตัดหมอกและไฟเก๋ง	36
3-6 สายไฟฟ้ารถยนต์และฟิวส์แบบเสียบ	36
3-7 แบตเตอรี่	36
3-8 ขณะใช้ชุดฝึกประกอบการเรียนการสอน	37
ก-1 วงจรไฟฟ้าแสงสว่าง	49
ก-2 วงจรไฟเลี้ยว-ไฟฉุกเฉิน	50
ก-3 วงจรแตร	51
ก-4 วงจรไฟเบรก	51
ก-5 วงจรไฟถอยหลัง	52
ข-1 ภาพประกอบโครงสร้างชุดฝึกระบบไฟแสงสว่างและระบบไฟสัญญาณ	54
ข-2 ขนาดของชุดฝึกระบบไฟแสงสว่างและระบบไฟสัญญาณ	55
ข-3 โครงสร้างตู้ชุดฝึกระบบไฟแสงสว่างและระบบไฟสัญญาณ	56
ข-4 โครงสร้างแผงติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้า	56
ข-5 โครงสร้างประตูตู้ชุดฝึก	57

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
ข-6 ผนังตู้สำหรับเก็บอุปกรณ์(ด้านบน)	57
ข-7 ผนังตู้สำหรับเก็บอุปกรณ์(ด้านหลัง)	58
ข-8 ผนังตู้สำหรับเก็บอุปกรณ์(ด้านซ้าย)	58
ข-9 ผนังตู้สำหรับเก็บอุปกรณ์(ด้านขวา)	59
ข-10 ผนังชุดฝึกด้านขวา	59
ข-11 ชั้นวางอุปกรณ์ชั้นที่ 1	60
ข-12 ชั้นวางอุปกรณ์ชั้นที่ 2	60
ข-13 ผนังประตูตู้	61
ข-14 ผนังแผงติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้า(1)	61
ข-15 ผนังแผงติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้า(2)	62
ข-16 หน้าแปลนล้อเลื่อน	62
ข-17 โครงยึดแผ่นยึดขั้วสวิทช์ต่างๆ	63
ค-1 ตัดเหล็กสำหรับสร้างตู้เก็บอุปกรณ์และแผงยึดอุปกรณ์ระบบไฟแสงสว่างและไฟสัญญาณรถยนต์	65
ค-2 สร้างตู้เก็บอุปกรณ์	65
ค-3 สร้างประตูตู้เก็บอุปกรณ์	66
ค-4 สร้างผนังตู้ด้านบนและชั้นวางตู้เก็บอุปกรณ์	66
ค-5 สร้างที่วางแบตเตอรี่	66
ค-6 แผงยึดอุปกรณ์ระบบไฟแสงสว่างและไฟสัญญาณรถยนต์	67
ค-7 ล้างทำความสะอาดชิ้นงานก่อนพ่นสีรองพื้น	67
ค-8 พ่นสีรองพื้นส่วนต่างๆ ของชุดฝึก	68
ค-9 เชื่อมผนังด้านต่างๆ ของตู้เก็บอุปกรณ์	68
ค-10 นำตู้เก็บอุปกรณ์และแผงยึดอุปกรณ์ระบบไฟแสงสว่างและไฟสัญญาณรถยนต์ประกอบเข้าด้วยกัน	69
ค-11 พับเหล็กแผ่นสร้างชุดยึดพวงมาลัย	69
ค-12 จับยึดอุปกรณ์ระบบไฟแสงสว่างและไฟสัญญาณรถยนต์บนแผ่น PVC หนา 5 mm	70
ค-13 เมื่อนำไปติดตั้งกับแผงยึดอุปกรณ์ระบบไฟแสงสว่างและไฟสัญญาณรถยนต์	70
ค-14 นำชุดยึดพวงมาลัยไปติดตั้งและติดสติกเกอร์บนแผ่น PVC ทียึดอุปกรณ์	70
ค-15 ถอดแยกชิ้นงานพ่นสีรองพื้นใหม่อีกรอบ	71
ค-16 พ่นสีจริงชิ้นงาน	71
ค-17 ประกอบชิ้นงาน	71
ค-18 สร้างหัวเสียบสายไฟสำหรับฝึกต่อวงจรต่างๆ	72
ค-19 ต่อวงวงจรระบบไฟแสงสว่างรถยนต์ตามที่ออกแบบไว้	72
ค-20 ทดสอบการทำงานวงจรระบบไฟแสงสว่างรถยนต์(ตำแหน่งไฟหรี่ ไฟตัดหมอก)	72
ค-21 ทดสอบการทำงานวงจรระบบไฟแสงสว่างรถยนต์(ตำแหน่งไฟหน้าต่ำและสูง)	73
ค-22 ทดสอบการทำงานวงจรไฟเลี้ยว	73

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
ค-23 ทดสอบการทำงานวงจรสัญญาณไฟฉุกเฉิน	74
ง-1 ตำแหน่งสีของสายไฟฟ้า	79
ง-2 ขั้วสายไฟสำหรับแรงเคลื่อนต่ำแบบต่างๆ	79
ง-3 ขั้วสายไฟสำหรับแรงเคลื่อนสูงที่ใช้กับขั้วสายหัวเทียน	79
ง-4 ขั้วสายไฟแบตเตอรี่	80
ง-5 เต้าเสียบสายไฟแบบต่างๆ	80
ง-6 ฟิวส์แบบหลอด	82
ง-7 ฟิวส์แบบเสียบ	82
ง-8 ลักษณะฟิวส์สายและการนำไปใช้	82
ง-9 ตำแหน่งของอุปกรณ์ระบบไฟแสงสว่างรถยนต์	84
ง-10 หน้าปัดแบบธรรมดาหรือที่เรียกว่าแบบแอนะล็อก	84
ง-11 หน้าปัดแบบดิจิตอล	85
ง-12 แบบที่เป็นหลอดไฟทั้งชุด	85
ง-13 แบบที่เปลี่ยนเฉพาะไส้หลอดได้	85
ง-14 หลอดไฟแบบธรรมดา	86
ง-15 หลอดไฟแบบฮาโลเจน(Halogen)	86
ง-16 หลอดไฟแบบฮาโลเจน(Halogen)ลักษณะต่างๆ	86
ง-17 หลอดไฟแบบ HID และบัลลาส	87
ง-18 สวิทช์ควบคุมและสวิทช์ไฟสูงต่ำ	87
ง-19 สวิทช์ควบคุม	88
ง-20 สวิทช์ไฟสูงต่ำ(Dimmer Switch)	88
ง-21 ลักษณะของรีเลย์	88
ง-22 ไฟตัดหมอก	89
ง-23 ไฟเก๋ง	89
ง-24 วงจรไฟฟ้าแสงสว่าง	91
ง-25 สวิทช์ไฟเลี้ยวซึ่งอยู่ร่วมกับสวิทช์ไฟแสงสว่าง	93
ง-26 วงจรการทำงานของแฟลชเชอร์แบบขดลวดความร้อน	93
ง-27 การไหลของกระแสไฟฟ้าขณะเปิดสวิทช์จุดระเบิด	94
ง-28 การไหลของกระแสไฟฟ้าขณะเปิดสวิทช์ไฟเลี้ยว(หลอดสว่าง)	94
ง-29 การไหลของกระแสไฟฟ้าขณะเปิดสวิทช์ไฟเลี้ยว(หลอดดับ)	95
ง-30 การไหลของกระแสไฟฟ้าขณะเปิดสวิทช์ไฟเลี้ยว(หลอดสว่างอีกครั้ง)	95
ง-31 วงจรของแฟลชเชอร์แบบกึ่งทรานซิสเตอร์	95
ง-32 ไฟเลี้ยว	96
ง-33 สวิทช์ไฟเตือนฉุกเฉิน	96
ง-34 ไฟฉุกเฉิน	96

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
ง-35 แตรลม	97
ง-36 แตรไฟฟ้าแบบแบน(Flat Type)	97
ง-37 แตรไฟฟ้าแบบขดเป็นวง(Spiral Type)	97
ง-38 เมื่อหน้าทองขาวติดกัน	98
ง-39 เมื่อหน้าทองขาวแยกออกจากกัน	98
ง-40 วงจรแตร	99
ง-41 ไฟเบรก	99
ง-42 สวิทช์ไฟเบรก	99
ง-43 ตำแหน่งติดตั้งสวิทช์ไฟเบรกที่แป้นเหยียบเบรก	99
ง-44 วงจรไฟเบรก	100
ง-45 ภาพตัดแสดงชิ้นส่วนภายในของสวิทช์เกียร์ถอย	100
ง-46 วงจรไฟถอยหลัง	100
ง-47 วงจรไฟเลี้ยว-ไฟฉุกเฉิน	101
ง-48 วงจรแตร	102
ง-49 วงจรไฟถอยหลัง	102
ง-50 วงจรไฟเบรก	103

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ทรัพยากรบุคคลที่มีความรู้ความสามารถด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เป็นปัจจัยสำคัญประการหนึ่งที่จะช่วยเป็นกำลังและส่งเสริมการขับเคลื่อนให้ประเทศให้มีการพัฒนาเท่าเทียมกับประเทศที่มีความเจริญแล้ว ปัจจัยพื้นฐานที่ช่วยเสริมสร้างและพัฒนาบุคลากรที่สำคัญคือการศึกษา โดยเฉพาะสาขาวิชาที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปัจจุบันมีความสำคัญมากเพราะผู้เรียนต้องเข้าใจและสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้จริง ดังนั้นกระบวนการจัดการเรียนการสอนวิชาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีผู้สอนต้องหาวิธีการสอนและสื่อการสอนที่จะนำมาใช้เพื่อทำให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาและสามารถนำไปประยุกต์กับงานต่างๆ ได้

ปัจจุบันสถาบันการศึกษาต่างๆ ได้จัดการเรียนการสอนในสาขาวิชาต่างๆ มากมาย สำหรับบางสาขาวิชาผู้เรียนต้องเรียนรายวิชาที่มีการฝึกปฏิบัติ ซึ่งกระบวนการจัดการเรียนกาสอนจำเป็นต้องใช้สื่อการสอนประกอบ สำหรับสื่อการสอนที่ใช้ในปัจจุบันส่วนมากได้มาโดยการจัดซื้อทั้งที่ผลิตภายในประเทศและต่างประเทศ บางครั้งสื่อการสอนที่ได้มานั้นอาจจะใช้ได้แต่ไม่ครอบคลุมตรงตามวัตถุประสงค์ของเนื้อหารายวิชาที่สอนและมีราคาสูงจนเกินไป ซึ่งผลที่ได้กับเงินที่ต้องสูญเสียไปอาจจะไม่คุ้มค่า และเมื่อสื่อการสอนมีปัญหาหรือเกิดการชำรุด การซ่อมแซมก็ทำได้ลำบากเนื่องจากอะไหล่บางอย่างหาได้ยากและไม่มีในประเทศทำให้เกิดความยุ่งยากแก่ผู้ใช้และผู้บำรุงรักษา

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ได้มีการจัดการเรียนการสอนทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปัจจุบันได้มีการพัฒนาปรับปรุงหลักสูตรเพื่อให้เท่าทันเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้น และได้มีการกำหนดให้ผู้เรียนสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลทุกคนต้องเรียนมีวิชาเทคโนโลยียานยนต์ 2(Automotive Technology II) เป็นวิชาหนึ่งที่บรรจุไว้ในหลักสูตรของภาควิชาฯ โดยเนื้อหาวิชาจะประกอบด้วยภาคทฤษฎีและปฏิบัติ ผู้เรียนต้องมีความรู้และทักษะเกี่ยวกับระบบส่งกำลังรถยนต์ ระบบรองรับน้ำหนัก ระบบเบรก ระบบบังคับเลี้ยว ระบบไฟฟ้าแสงสว่างและระบบสัญญาณรถยนต์ สำหรับระบบไฟแสงสว่างและระบบไฟสัญญาณรถยนต์นั้น จากคำอธิบายรายวิชาผู้เรียนต้องมีความรู้ ความเข้าใจและทักษะที่เกี่ยวกับระบบไฟแสงสว่างและระบบไฟสัญญาณรถยนต์ ดังนั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่นักศึกษาจะต้องทำการฝึกปฏิบัติเพื่อให้เกิดความรู้และทักษะ ดังที่ ร.ศ. สุชาติ ศิริสุขไพบูลย์(2526:2) ได้กล่าวเกี่ยวกับการฝึกปฏิบัติไว้ว่า “การปฏิบัติหากได้มีการกระทำบ่อยเพียงใดย่อมจะมีผลให้ผู้เรียนได้เรียนรู้คงทนมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการสอนทักษะปฏิบัติจำเป็นที่จะต้องให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติจริง เพื่อให้เกิดความชำนาญ” สุวัฒน์ พุทธเมธา(2523:193) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของการสอนด้วยการทดลองปฏิบัติได้เป็นข้อๆ ดังนี้

1) เป็นการปลูกฝังให้ผู้เรียนมีนิสัยในการค้นคว้า ไม่เชื่ออะไรง่าย
2) ให้ผู้เรียนได้รู้วิธีการทดลองเพื่อค้นคว้าหาข้อเท็จจริงตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
3) ผู้เรียนเกิดประสบการณ์ตรง เป็นการสร้างวิธีที่ดีในการเรียนรู้ด้วยตนเอง
4) เกิดความสนใจในบทเรียน เพราะเป็นการเรียนจากสิ่งที่เป็นจริง
5) เกิดการพัฒนาทางด้านทักษะการใช้เครื่องมือ และการจัดกระบวนการ
6) เกิดการเรียนรู้ได้แจ่มแจ้งแม่นยำสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้
7) มีความเชื่อมั่นในตนเอง ไม่ได้เป็นผู้ที่คอยอาศัยแต่ผู้อื่น

จากเหตุผลและความจำเป็นในการใช้ชุดฝึกประกอบการเรียนการสอน ผู้วิจัยจึงให้ความสนใจที่จะออกแบบและสร้างชุดฝึกระบบไฟแสงสว่างและระบบไฟสัญญาณรถยนต์ที่มีรูปแบบครอบคลุม ความรู้และ

ทักษะตรงตามคำอธิบายรายวิชาเทคโนโลยียานยนต์ 2(Automotive Technology II) เพิ่มประสิทธิภาพการเรียนการสอน และช่วยส่งเสริมให้มีการนำไปพัฒนาใช้กันอย่างแพร่หลายต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อออกแบบและสร้างชุดฝึกระบบไฟแสงสว่างและระบบไฟสัญญาณรถยนต์ สำหรับนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอนวิชาเทคโนโลยียานยนต์ 2(Automotive Technology II)

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ชุดฝึกระบบไฟแสงสว่างและระบบไฟสัญญาณรถยนต์ที่สร้างขึ้นนำมาเป็นสื่อการเรียนการสอนวิชา 215-202 เทคโนโลยียานยนต์ 2(Automotive Technology II) ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

1.3.2 ระบบไฟแสงสว่าง ประกอบด้วย ไฟหน้า ไฟหรี่ ไฟท้าย ไฟส่องป้ายทะเบียน ไฟตัดหมอก และไฟเก๋ง

1.3.3 ระบบไฟสัญญาณ ประกอบด้วย ไฟถอย ไฟเบรก ไฟเลี้ยว ไฟฉุกเฉิน และแตร

1.3.4 ระยะเวลาในการทำวิจัยครั้งนี้ใช้เวลาตั้งแต่ 1 กันยายน 2556 ถึง 31 สิงหาคม 2557

1.4 คำสำคัญ(Keywords)ของการวิจัย

1.4.1 ชุดฝึก หมายถึง อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับฝึกปฏิบัติทางด้านระบบไฟแสงสว่างและระบบไฟสัญญาณรถยนต์

1.4.2 ระบบไฟแสงสว่าง หมายถึง ระบบไฟรถยนต์ที่ทำหน้าที่เพิ่มความปลอดภัยให้แก่ผู้ขับขี่ซึ่งประกอบด้วย ไฟหน้า ไฟหรี่ ไฟท้าย ไฟส่องป้ายทะเบียน ไฟตัดหมอก

1.4.3 ระบบไฟสัญญาณ หมายถึง ระบบไฟรถยนต์ที่ทำหน้าที่เพิ่มความปลอดภัยให้แก่ผู้ขับขี่ซึ่งประกอบด้วย สัญญาณไฟเลี้ยว-ไฟฉุกเฉิน สัญญาณแตร สัญญาณไฟถอยหลัง และสัญญาณไฟเบรก

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 มีชุดฝึกระบบไฟแสงสว่างและระบบไฟสัญญาณรถยนต์ที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์รายวิชา

1.5.3 กระบวนการจัดการเรียนการสอนวิชาเทคโนโลยียานยนต์ 2(Automotive Technology II) มีประสิทธิภาพมากขึ้น

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การทำโครงการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างชุดฝึกระบบไฟแสงสว่างและระบบไฟสัญญาณรถยนต์ ผู้ศึกษาได้ลำดับหัวข้อการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

2.1 สัญลักษณ์ต่างๆ ที่ใช้ในระบบไฟฟ้ารถยนต์

2.2 อุปกรณ์พื้นฐานทางไฟฟ้ารถยนต์

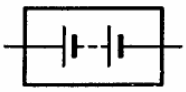
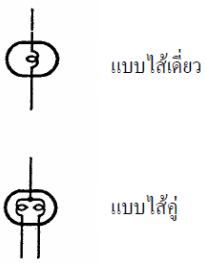
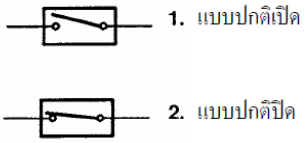
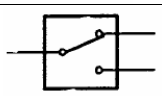
2.3 ระบบไฟแสงสว่างและไฟสัญญาณ

2.4 วัสดุ

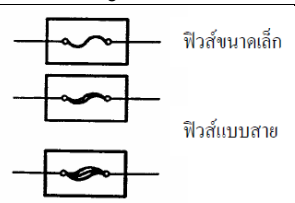
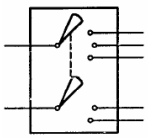
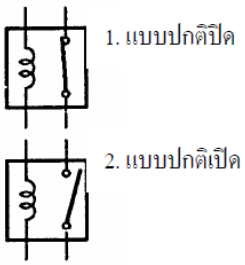
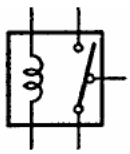
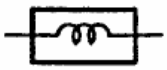
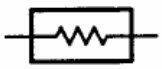
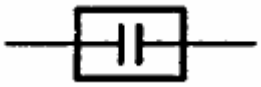
2.1 สัญลักษณ์ต่างๆ ที่ใช้ในระบบไฟฟ้ารถยนต์

ระบบไฟฟ้ารถยนต์มีอุปกรณ์ต่างๆ มากมาย ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่ต้องมีสัญลักษณ์ต่างๆ ที่ใช้แทนอุปกรณ์เพื่อให้ง่ายต่อการเข้าใจ ซึ่งสัญลักษณ์พื้นฐานทางไฟฟ้ารถยนต์ที่เราควรจะทราบดังแสดงในตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 สัญลักษณ์พื้นฐานทางด้านไฟฟ้ารถยนต์

รายการอุปกรณ์	สัญลักษณ์
1. แบตเตอรี่ ทำหน้าที่เก็บสะสมพลังงานกระแสตรง (DC) เพื่อจ่ายให้แก่วงจรไฟฟ้าต่าง ๆ ในรถยนต์	
2. หลอดไฟ กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านไส้หลอดเป็นเหตุให้เกิดความร้อนและเปล่งแสงออกมา	
3. หลอดไฟใหญ่ มี 2 แบบคือ แบบไส้เดี่ยวและแบบไส้คู่	
4. สวิทช์ ทำหน้าที่เปิดและปิดวงจร เพื่อระงับหรือยอมให้กระแสไฟฟ้าไหล มี 2 แบบ ได้แก่ ปกติเปิดและ ปกติปิด	
5. สวิทช์สองทาง เป็นสวิทช์ซึ่งยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านหน้าสัมผัสชุดใดชุดหนึ่งได้ตลอดเวลา	

ตารางที่ 2-1(ต่อ) สัญลักษณ์พื้นฐานทางด้านไฟฟ้ารถยนต์

รายการอุปกรณ์	สัญลักษณ์
6. ฟิวส์ ทำจากโลหะเส้นบางยาว มีหลายขนาด ซึ่งจะขาดออกจากกันเมื่อมีกระแสไหลผ่านมากเกินไป เพื่อหยุดการไหลของกระแสและป้องกันความเสียหายแก่วงจร	
7. สวิทช์จุดระเบิด เป็นสวิทช์ซึ่งใช้กุญแจเป็นตัวทำงาน มีอยู่หลายตำแหน่งสำหรับวงจรต่างๆ โดยเฉพาะการทำงานของวงจรไฟแรงดันต่ำในระบบจุดระเบิด	
8. รีเลย์ ทำหน้าที่เป็นสวิทช์ทางไฟฟ้า ซึ่งมีอยู่ 2 แบบ คือ แบบปกติปิด แบบปกติเปิด การไหลของกระแสผ่านขดลวดเล็กๆ ทำให้เกิดอำนาจแม่เหล็กไปเปิดหรือปิดหน้าสัมผัส	
9. รีเลย์สองทาง เป็นรีเลย์ซึ่งทำให้กระแสไหลผ่านหน้าสัมผัสชุดใดชุดหนึ่งได้ตลอดเวลา	
10. โซลินอยด์ เป็นขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้า เพื่อสร้างสนามแม่เหล็กในขณะกระแสไหลผ่าน	
11. ตัวต้านทาน เป็นอุปกรณ์ทางไฟฟ้าซึ่งมีค่าความต้านทานคงที่ ใช้ติดตั้งในวงจรเพื่อลดแรงดันไฟฟ้าให้อยู่ในค่าที่กำหนด	
12. ตัวต้านทานแบบปรับค่าได้ เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าซึ่งสามารถควบคุมอัตราการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานทางไฟฟ้าได้	
13. ตัวเก็บประจุ(คอนเดนเซอร์) เป็นหน่วยเก็บกระแสไฟฟ้าชั่วคราวขนาดเล็ก	
14. จุดต่อลงดิน(กราวด์) เป็นจุดที่ซึ่งสายไฟต่อลงกับตัวถังหรือโครงรถ เพื่อเป็นส่วนให้กระแสของวงจรไหลกลับ กระแสจะไม่สามารถไหลได้ถ้าไม่มีจุดต่อลงดินในรถยนต์	
15. แตร เป็นอุปกรณ์ที่แปลงพลังงานไฟฟ้าให้เป็นเสียง	

ตารางที่ 2-1(ต่อ) สัญลักษณ์พื้นฐานทางด้านไฟฟ้ารถยนต์

รายการอุปกรณ์	สัญลักษณ์
16. สายไฟ การเขียนสายไฟในแผนผังวงจร มักจะเขียนเป็นเส้นตรง - การเขียนเส้นพาดกันโดยไม่มีจุดดำอยู่ในตำแหน่งที่เส้นตัดกัน แสดงว่าสายไฟไม่เชื่อมต่อกัน - ถ้าเส้นที่พาดกันมีจุดดำที่ตำแหน่งเส้นตัดกัน แสดงว่าสายคู่นั้นเชื่อมต่อกัน	

2.2 อุปกรณ์พื้นฐานทางไฟฟ้ารถยนต์

2.2.1 สายไฟรถยนต์(Wire)

สายไฟที่ใช้จะเป็นสายไฟที่เรียกว่า AV(Automotive Vinyl) ซึ่งฉนวนที่หุ้มเป็น PVC(Poly Vinyl Choride) สามารถทนความร้อนและเป็นฉนวนได้ดี ตัวนำทำด้วยทองแดงอ่อนหลายๆ เส้นรวมกันและฉนวนที่ใช้หุ้มทำด้วย PVC สายไฟฟ้ารถยนต์แบ่งตามการใช้งานออกเป็น 3 ประเภท คือ

1) สายไฟที่ใช้กับวงจรไฟแรงเคลื่อนต่ำ เช่น วงจรไฟแสงสว่าง วงจรสัญญาณ และอุปกรณ์ต่างๆ

2) สายไฟที่ใช้กับวงจรไฟแรงสูง ได้แก่ สายหัวเทียนและสายคอยล์จุดระเบิด

3) สายไฟเมนแบตเตอรี่ เป็นสายไฟที่มีขนาดใหญ่เพราะมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านจำนวนมาก

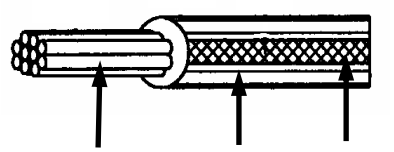
2.2.1.1 ขนาดของสายไฟฟ้า

การบอกขนาดของสายไฟจะบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของตัวนำ หรือพื้นที่หน้าตัดตัวนำ การเลือกใช้สายไฟจะต้องคำนึงถึง ขนาดและชนิดของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ การกินกระแสของอุปกรณ์ และอาศัยการเปรียบเทียบจากของที่ใช้อยู่เดิม

ตารางที่ 2-2 ขนาดสายไฟ การทนกระแสของสายไฟและการนำไปใช้งานวงจรต่างๆ

พื้นที่หน้าตัดตัวนำ (mm^2)	กระแสไฟฟ้าสูงสุด (A)	วงจรที่ใช้งาน
0.5	10	ไฟหรี่ แผงหน้าปัด ไฟเก๋ง
0.75	11	ไฟท้าย ไฟส่องป้ายทะเบียน ไฟเลี้ยว ไฟฉุกเฉิน
0.85	12	ไฟเบรก มอเตอร์ปัดน้ำฝน
1,1.25	15	ไฟจุดระเบิด
2	20	แตร
3	25	ไฟหน้า ระบบสตาร์ท หัวเผา รีเลย์ไฟหน้า รีเลย์สตาร์ท
5	35	ไฟชาร์จ
8	48	สายเมนแบตเตอรี่
15	67	สายเมนแบตเตอรี่

2.2.1.2 รหัสสีของสายไฟฟ้า



ภาพที่ 2-1 ตำแหน่งสีของสายไฟฟ้า

ตารางที่ 2-3 รหัสสีสายไฟฟ้าที่ใช้ในรถยนต์

อักษรย่อ	ความหมาย	อักษรย่อ	ความหมาย
B, BK, BLK	Black(ดำ)	ORN, O, ORG	Orange(ส้ม)
BRN, BR, BN	Brown(น้ำตาล)	P	Pink(ชมพู)
G	Green(เขียว)	RED, R, RD	Red(แดง)
GR	Gray(เทา)	VLT, V	Violet(ม่วง)
L	Blue(น้ำเงิน)	WHT, W, WH	White(ขาว)
LG	Light Green(เขียวอ่อน)	YEL, Y, YL	Yellow(เหลือง)

การบอกรหัสสีสายไฟจะกำหนดเป็นตัวเลขและตัวอักษรเรียงกันเช่น 0.5 G/R หรือ 0.5 GR

0.5 หมายถึง สายไฟที่มีพื้นที่หน้าตัดของตัวนำ 0.5 mm^2

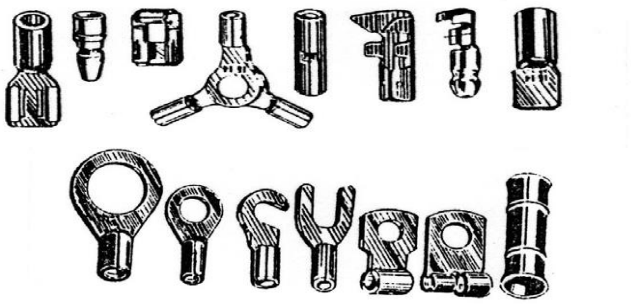
G หมายถึง สีเขียว(Green) เป็นสีพื้น

R หมายถึง สีแดง(Red) เป็นสีคาดหรือแถบสี

2.2.2 ขั้วสายไฟ(Terminal)

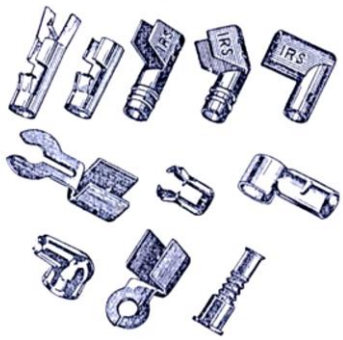
ขั้วสายไฟที่ออกแบบมาใช้กับรถยนต์ โดยปกติแบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ ขั้วสายไฟสำหรับแรงเคลื่อนต่ำ ขั้วสายไฟสำหรับแรงเคลื่อนสูงและขั้วสายไฟแบตเตอรี่

1) ขั้วสายไฟสำหรับแรงเคลื่อนต่ำ โดยปกติมีใช้กันหลายแบบหลายขนาด การเลือกใช้แต่ละแบบแต่ละขนาดก็ต้องเลือกใช้ให้พอดีกับขนาดของสายไฟ ขั้วสายไฟที่ประกอบเข้ากับสายไฟจะต้องแน่นเพราะถ้าหลวมขั้วสายไฟจะเกิดความร้อน กระแสไฟเดินไม่สะดวก อุปกรณ์จะเสียหายและเกิดการลัดวงจรในที่สุด



ภาพที่ 2-2 ขั้วสายไฟสำหรับแรงเคลื่อนต่ำแบบต่างๆ

2) ขั้วสายไฟสำหรับแรงเคลื่อนสูง ปกติจะนำไปใช้กับขั้วสายไฟหัวเทียนจะมี 2 ชนิด คือ ชนิดขั้วเสียบเข้ากับฝาครอบจานจ่าย และชนิดขั้วเสียบเข้ากับหัวเทียน ทั้งสองชนิดมีด้วยกันหลายแบบเพื่อให้เลือกใช้งานอย่างเหมาะสม ดังแสดงในภาพที่ 2-3

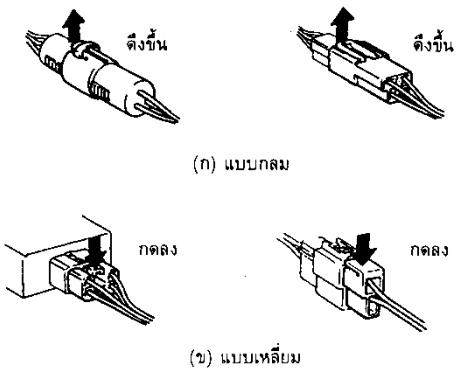


ภาพที่ 2-3 ขั้วสายไฟสำหรับแรงเคลื่อนสูงที่ใช้กับขั้วสายหัวเทียน

3) ขั้วสายไฟแบตเตอรี่ แบตเตอรี่รถยนต์เป็นแหล่งจ่ายและสะสมพลังงานไฟฟ้าที่สำคัญดังนั้นจะต้องประกอบขั้วสายไฟแบตเตอรี่เข้ากับสายไฟแบตเตอรี่ให้แน่นเพื่อป้องกันการสูญเสียแรงเคลื่อนไฟฟ้าภายในสายไฟแบตเตอรี่ ขั้วสายไฟแบตเตอรี่เมื่อใช้งานไปนานๆ จะเกิดการสึกหรอเนื่องจากการกัดกร่อนของสารเคมีจำเป็นต้องเปลี่ยนใหม่

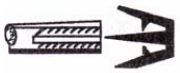
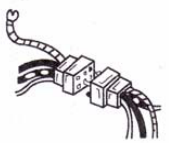
ภาพที่ 2-4 ขั้วสายไฟแบตเตอรี่

2.2.3 เต้าเสียบสายไฟ(Connectors) เต้าเสียบสายไฟเป็นอุปกรณ์ที่เก็บรวบรวมขั้วสายไฟหลายเส้นมารวมไว้ในกลุ่มเดียวกันทำให้ดูเรียบร้อยสวยงามและสะดวกต่อการตรวจซ่อมและแก้ไข เต้าเสียบจะมีหลายแบบและหลายขนาด ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดของสายไฟและจำนวนของสายที่ใช้ในวงจรนั้นๆ



ภาพที่ 2-5 เต้าเสียบสายไฟแบบต่างๆ

ตารางที่ 2-4 การนำขั้วสายไฟและเต้าเสียบสายไฟไปใช้งาน

ลักษณะขั้วสายไฟ และเต้าเสียบสายไฟ	ชื่อ	ลักษณะการใช้งาน
	ขั้วแบตเตอรี่	ใช้ต่อสายไฟแบตเตอรี่ขั้วบวกและลบ
	ขั้วต่อหัวกลม	ใช้ในจุดที่ไม่ต้องการถอดสายไฟเข้าออกบ่อย ๆ
	ขั้วต่อหัวตัว U	ใช้ในจุดที่มีการถอดสายไฟเข้าออกบ่อย ๆ
	ขั้วต่อกลม	ใช้ต่อสายไฟเข้าด้วยกัน โดยนิยมต่อสายแบบสายเดี่ยว
	ขั้วต่อแบน	ใช้ต่อสายไฟเข้าด้วยกัน
	ขั้วต่อสายไฟแรงสูง	ต่อปลายสายคอยล์และสายจานจ่าย
	ขั้วต่อสายหัวเทียน	ต่อสายไฟแรงสูงที่ด้านหัวเทียน
	เต้าเสียบสาย	มีหลายแบบหลายขนาด ใช้สำหรับต่อสายไฟทีละหลายๆ เส้น หรือต่อรวมชุดสายไฟเข้าด้วยกัน

2.2.4 ฟิวส์(Fuse) มีหน้าที่ตัดไฟในวงจรเมื่อเกิดการลัดวงจร หรือเกิดการใช้กระแสมากเกินไปในวงจร วงจรไฟทุกวงจรในรถยนต์จะต้องมีฟิวส์ต่อไว้เพื่อป้องกันความเสียหายเมื่อเกิดการลัดวงจร วงจรต่างๆ ต้องใช้ฟิวส์ที่ค่าการทนกระแสไฟที่เหมาะสม ไม่ใช้ฟิวส์ที่มีค่าการทนกระแสที่ต่ำเกินไปและสูงเกินไป ถ้าใช้ฟิวส์ที่มี

ค่าการทนกระแสที่ต่ำเกินไปตัวฟิวส์ก็จะขาดบ่อยๆ และถ้าใช้ฟิวส์ที่มีค่าการทนกระแสที่สูงเกินไปตัวฟิวส์ก็ไม่ขาดก็จะเป็นอันตรายกับวงจร

ตารางที่ 2-5 การเลือกขนาดของฟิวส์สำหรับวงจรต่างๆ

วงจร	ขนาดของฟิวส์(A)
ไฟหน้าซ้าย ไฟหน้าขวา	10
รีเลย์ไฟหน้า	30
ไฟเลี้ยว ไฟเบรก แตร	15
สตาร์ท จุดระเบิด ปัดน้ำฝน	15
แอร์ ไฟในเก๋ง ไฟหน้าปัด	10

ฟิวส์ที่ใช้ในรถยนต์มี 3 แบบ คือ

1) ฟิวส์แบบหลอด ฟิวส์ชนิดนี้มีใช้กันมานานแล้ว มีขนาดตั้งแต่ 5-50 A ส่วนใหญ่จะใช้ในรถยนต์รุ่นเก่ามีลักษณะเป็นทรงกระบอกบางแบบคล้ายกระดูก ไส้ฟิวส์มีทั้งแบบเป็นลวด หรือแบบเป็นแผ่น มักจะใช้กับสายไฟที่มีกระแสไฟต่ำ

ภาพที่ 2-6 ฟิวส์แบบหลอด

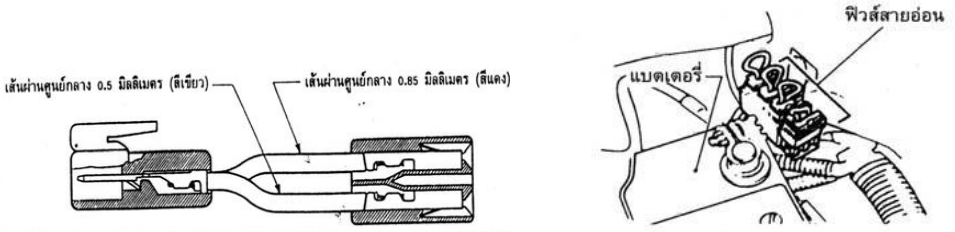
2) ฟิวส์แบบเสียบ เป็นฟิวส์ที่รถยนต์ปัจจุบันนิยมใช้ส่วนมาก จะใช้ควบคุมอุปกรณ์ที่กินกระแสไฟฟ้าไม่มาก มีลักษณะมีรูปเหลี่ยมมีทั้งแบบเป็นกล่องและเป็นแผ่น ฟิวส์แบบเสียบนี้มักจะอยู่รวมกันเป็นชุด ในกล่องฟิวส์

ภาพที่ 2-7 ฟิวส์แบบเสียบ

ตารางที่ 2-6 ขนาดและสีของฟิวส์

Current Rating	Color
3	Violet
5	Tan
7.5	Brown
10	Red
15	Blue
20	Yellow
25	Natural
30	Green

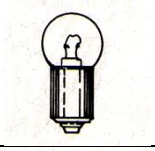
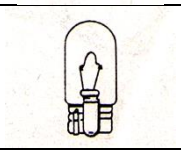
3) ฟิวส์สาย มีลักษณะเป็นสายไฟทำด้วยโลหะผสมตะกั่ว มักจะติดตั้งจากขั้วแบตเตอรี่ไปยังอัลเทอเนเตอร์ สวิตช์จุดระเบิด และชุดสายไฟที่ไปยังไฟหน้า ถ้าเกิดการลัดวงจรในจุดนี้ ฟิวส์แบบสายจะละลายขาดจากกัน



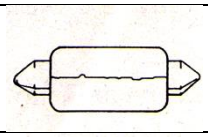
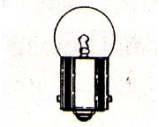
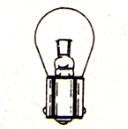
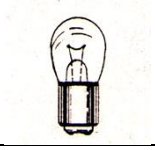
ภาพที่ 2-8 ลักษณะฟิวส์สายและการนำไปใช้

2.2.5 หลอดไฟ(Bulb) ที่ใช้ในรถยนต์มีหลายแบบหลายขนาด โดยมีวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกันไป หลอดไฟจะมีการกำหนดขนาดแรงเคลื่อนและกำลังไว้ที่ตัวหลอดไฟ การนำหลอดไฟไปใช้งานกับวงจรต่างๆ ของรถยนต์มีความแตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 2-7

ตารางที่ 2-7 ลักษณะหลอดไฟกับการใช้งาน

วงจร	ลักษณะตัวหลอด	กำลัง(W)
ไฟตาแมวทั่วไป ไฟหรี่		3-5
ไฟหรี่ ไฟแผงหน้าปัด ไฟเลี้ยวด้านข้าง		3-5

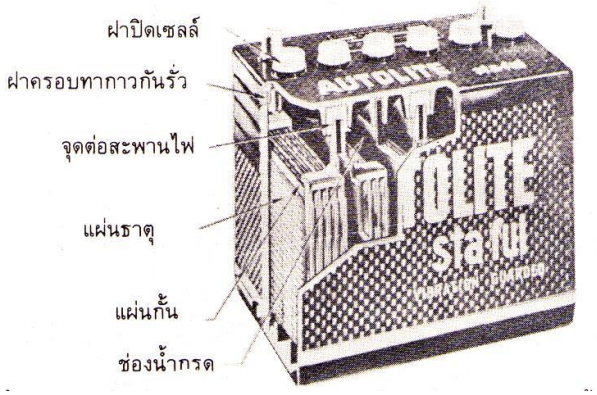
ตารางที่ 2-7(ต่อ) ลักษณะหลอดไฟกับการใช้งาน

วงจร	ลักษณะตัวหลอด	กำลัง(W)
ไฟแสงสว่างในเก๋ง		3-5
ไฟหรี่ ไฟส่องป้าย		3-5
ไฟเลี้ยว		17-21
ไฟเบรก/ท้าย		21/5
ไฟหน้า		55-65

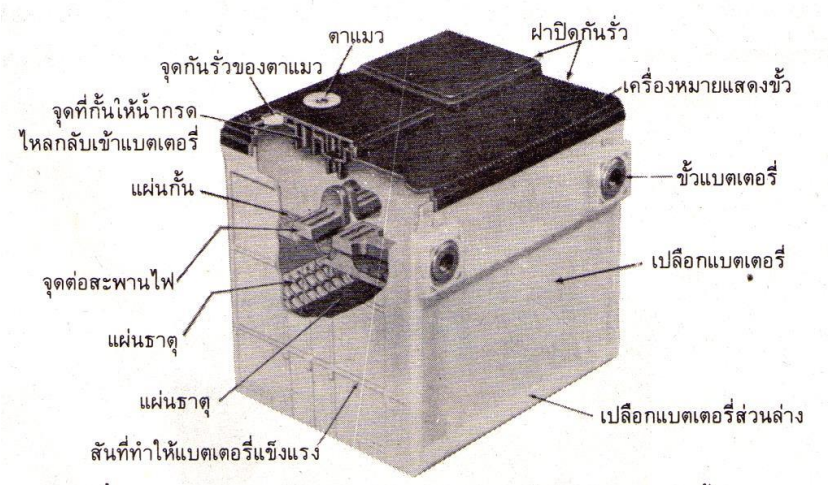
2.2.6 แบตเตอรี่(Battery) แบตเตอรี่เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่สะสมพลังงานและจ่ายพลังงานให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ในรถยนต์ แบตเตอรี่นับว่าเป็นอุปกรณ์พื้นฐานทางไฟฟ้ารถยนต์ที่สำคัญที่สุดอย่างหนึ่ง เพราะถ้าไม่มีแบตเตอรี่รถยนต์จะไม่สามารถสตาร์ทได้หรือถ้าแบตเตอรี่อยู่ในสภาพที่ไม่สมบูรณ์จะทำให้รถยนต์คันนั้นไม่อยู่ในสภาพที่ใช้งานได้อย่างสะดวกสบาย เพราะฉะนั้นการดูแลและบำรุงรักษาแบตเตอรี่ให้อยู่ในสภาพที่สมบูรณ์จึงต้องกระทำอยู่เป็นประจำและอย่างถูกวิธีจึงจะทำให้แบตเตอรี่มีอายุการใช้งานได้ยาวนาน

แบตเตอรี่ที่ใช้ในรถยนต์จะเป็นแบบเปียก ประเภทตะกั่ว-กรด(มีสารเคมีที่เป็นของเหลวอยู่ภายใน) เมื่อแบตเตอรี่ถูกใช้งานไปจนไฟหมด สามารถจะนำแบตเตอรี่ไปประจุไฟใหม่ได้อีก จนกว่าแผ่นธาตุจะหมดอายุการใช้งาน

แบตเตอรี่มีส่วนประกอบที่สำคัญดังนี้ คือ เปลือกนอก ซึ่งทำด้วยพลาสติกหรือยางแข็ง ฝาครอบส่วนบนของแบตเตอรี่ ขั้วของแบตเตอรี่ สะพานไฟ แผ่นธาตุบวกและแผ่นธาตุลบ แผ่นกั้นซึ่งทำจากไฟเบอร์กลาสที่เจาะรูพรุน ปัจจุบันแบตเตอรี่รถยนต์จะมี 2 แบบ คือ แบบที่ต้องคอยตรวจดูระดับน้ำกรดกับแบบที่ไม่ต้องตรวจดูระดับน้ำกรด



ภาพที่ 2-9 โครงสร้างแบตเตอรี่แบบที่ต้องตรวจดูระดับน้ำกรด



ภาพที่ 2-10 โครงสร้างแบตเตอรี่แบบที่ไม่ต้องต้องตรวจดูระดับน้ำกรด

แบตเตอรี่รถยนต์ที่ใช้ในปัจจุบันมีแรงเคลื่อน 12 VDC และความจุของแบตเตอรี่อาจจะไม่เท่ากันในแต่ละลูก ซึ่งความจุของแบตเตอรี่นั้นจะเป็นตัวกำหนดความสามารถในการจ่ายกระแสไฟของแบตเตอรี่ มีหน่วยเป็น Ah(แอมแปร์-ชั่วโมง) ซึ่งจะบอกอัตราการจ่ายกระแสต่อชั่วโมง เช่น 50 Ah , 100 Ah โดยจะเทียบอัตราส่วนภายใน 20 ชั่วโมง เช่น แบตเตอรี่ที่มีความจุ 100 Ah จะมีความสามารถจ่ายกระแสได้สูงสุด 5 แอมแปร์เป็นเวลานาน 20 ชั่วโมง

2.3 ระบบไฟแสงสว่างและไฟสัญญาณ

ระบบไฟแสงสว่างและไฟสัญญาณมีจุดมุ่งหมายและหน้าที่เพื่อให้ผู้ขับขี่รถยนต์สามารถขับขี่รถยนต์ได้อย่างปลอดภัย โดยเฉพาะอย่างยิ่งเวลากลางคืน ระบบไฟแสงสว่างและไฟสัญญาณแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ นอกรถยนต์(Outside Lighting) และในรถยนต์(Inside Lighting)

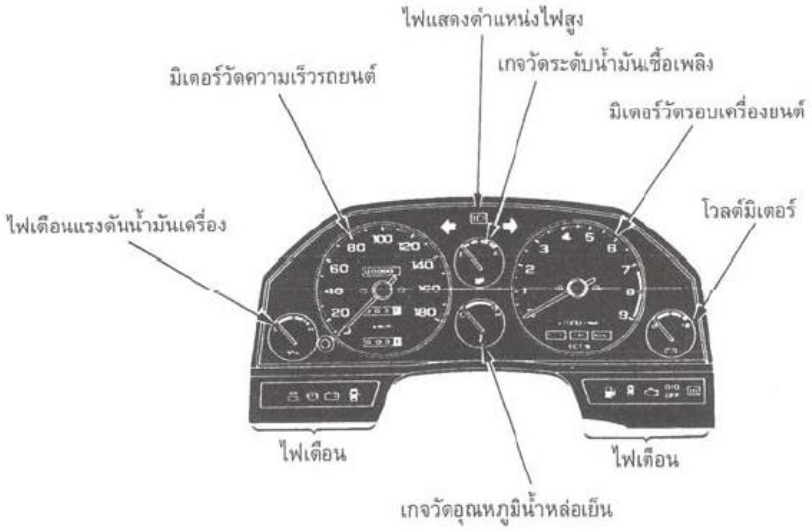
ระบบไฟแสงสว่างและไฟสัญญาณภายนอกรถยนต์(Outside Lighting) ประกอบด้วยไฟต่างๆ ดังนี้ คือ ไฟใหญ่หรือไฟหน้า(Head Lights) ไฟท้าย(Tail Lights) ไฟเบรก(Brake Lights) ไฟความกว้างรถยนต์

(Clearance Lights) ไฟเลี้ยว(Turn Signal Lights) ไฟป้ายทะเบียน(License Plate Lights) ไฟถอยหลัง (Backup Lights) และไฟตัดหมอก(Fog Lights)

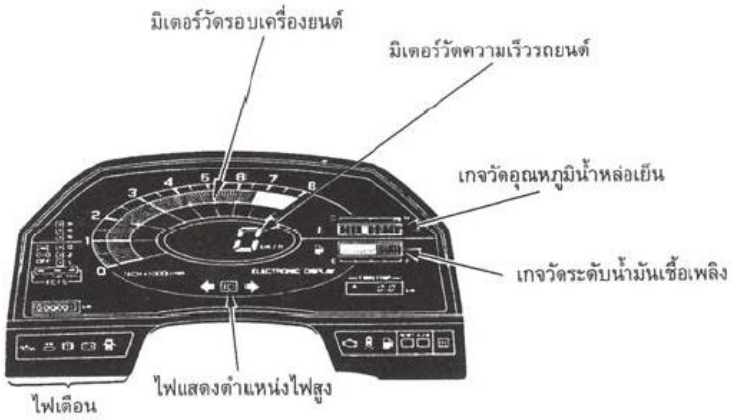
ระบบไฟแสงสว่างและไฟสัญญาณภายในรถยนต์(Inside Lighting) ประกอบด้วยไฟต่างๆ ดังนี้ คือ ไฟแผงหน้าปัด(Meter Lights) ไฟเก๋ง(Dome Lights) ไฟอำนวยความสะดวก(Courtesy Lights) และไฟใช้งานส่วนตัว(Personnal Lights)

2.3.1 แผงหน้าปัด

แผงหน้าปัดจะติดตั้งอยู่บริเวณด้านหน้ารถยนต์ในห้องโดยสารที่ผู้ขับรถสามารถมองเห็นได้ชัดเจน ที่ตัวแผงหน้าปัดจะมี มิเตอร์ เกจวัดและไฟเตือนต่างๆ ติดตั้งอยู่เพื่อเป็นตัวรายงานผลการทำงานของอุปกรณ์ที่สำคัญๆ ในรถยนต์ให้ผู้ขับรถทราบการทำงานของรถยนต์อยู่ในสภาวะปกติหรือเกิดปัญหาข้อขัดข้องเกิดขึ้น จะได้แก้ไขปัญหาได้อย่างทันท่วงที ตัวรายงานผลที่สำคัญที่ติดตั้งอยู่บนแผงหน้าปัดคือ มิเตอร์วัดความเร็วรถยนต์ มิเตอร์วัดความเร็วรอบเครื่องยนต์ ไฟเตือนแรงดันน้ำมันหล่อลื่น เกจวัดระดับน้ำมันเชื้อเพลิง เกจวัดอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น ไฟเตือนไฟเลี้ยว ไฟเตือนเบรกมือไฟเตือนไฟชาร์จ ไฟเตือนไฟสูงและไฟเตือนประตูเป็นต้น



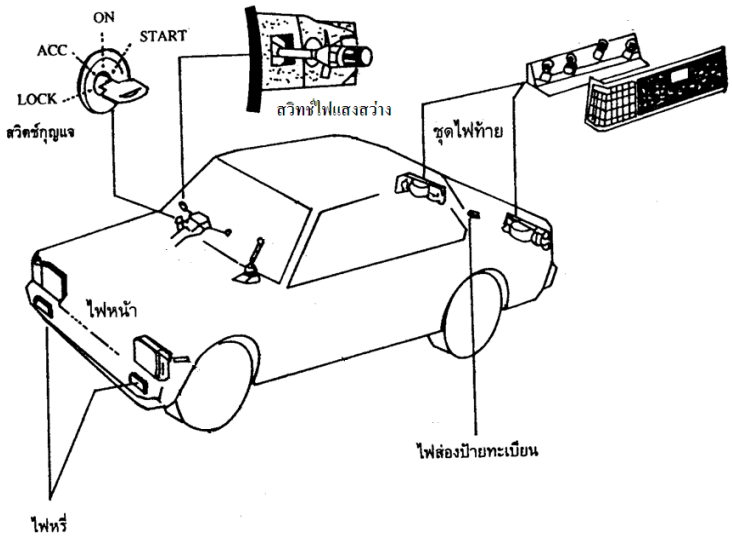
ภาพที่ 2-11 หน้าปัดแบบธรรมดาหรือที่เรียกว่าแบบแอนะล็อก



ภาพที่ 2-12 หน้าปัดแบบดิจิตอล

2.3.2 ระบบไฟแสงสว่าง

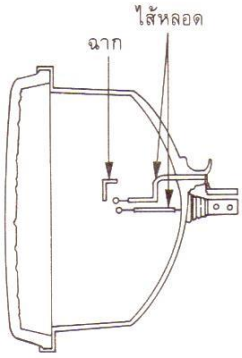
ระบบไฟแสงสว่างรถยนต์ประกอบด้วย ไฟหน้า ไฟหรี่ ไฟท้าย ไฟส่องป้ายทะเบียน ไฟตัดหมอก ไฟเก๋ง



ภาพที่ 2-13 ตำแหน่งของอุปกรณ์ระบบไฟแสงสว่างรถยนต์

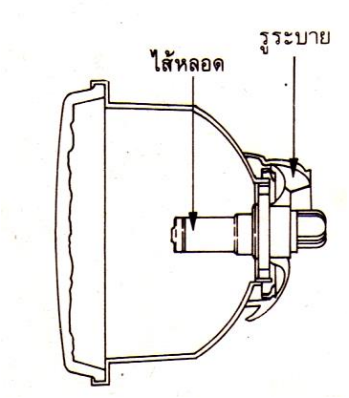
2.3.2.1 ระบบไฟหน้าหรือไฟใหญ่(Headlight System) เป็นระบบไฟแสงสว่างที่ให้ความสว่างด้านหน้ารถยนต์ ระบบไฟหน้าทั่วไปประกอบด้วย ไฟหน้า(Headlight) สวิทช์ควบคุม(Light Control Switch) สวิทช์ไฟสูงต่ำ(Dimmer Switch) และรีเลย์(Relay)

1) ไฟหน้า(Headlight) เป็นหลอดที่ให้แสงสว่างมาก โดยทั่วไปปัจจุบันจะมีไส้หลอด 2 ไส้ คือ ไส้ไฟสูง มีกำลังวัตต์มาก 55–65 W และไส้ไฟต่ำ มีกำลังวัตต์ 45–55 W โดยแบ่งตามโครงสร้างได้ 2 แบบด้วยกัน คือ แบบที่เป็นหลอดไฟทั้งชุดและแบบที่เปลี่ยนเฉพาะไส้หลอดได้ หลอดไฟหน้ารถยนต์แบบที่เป็นหลอดไฟทั้งชุดเมื่อไส้หลอดขาดต้องเปลี่ยนทั้งชุด



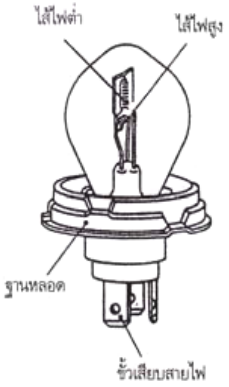
ภาพที่ 2-14 แบบที่เป็นหลอดไฟทั้งชุด

ปัจจุบันหลอดไฟหน้ารถยนต์แบบที่เปลี่ยนเฉพาะไส้หลอดได้ ที่ใช้อยู่มี 3 แบบคือ หลอดไฟแบบธรรมดา หลอดไฟแบบฮาโลเจน(Halogen) และหลอด HID(High Intensity Discharge) โดยรู้จักกันในนามของหลอดซีนอน(Xenon) ปัจจุบันหลอดไฟแบบฮาโลเจน(Halogen)นิยมใช้กันมาก เนื่องจากให้กำลังส่องสว่างดีกว่าและราคาไม่แพง



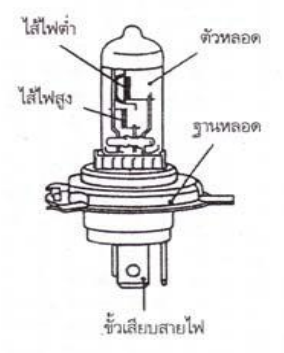
ภาพที่ 2-15 แบบที่เปลี่ยนเฉพาะไส้หลอดได้

- หลอดไฟแบบธรรมดา ไส้หลอดทำด้วยโลหะผสมทังสเตน ซึ่งภายในบรรจุแก๊สเฉื่อยประเภทอาร์กอน ให้กำลังไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 35-55 W ลักษณะของลำแสงไฟจะเป็นสีขาวอมส้ม



ภาพที่ 2-16 หลอดไฟแบบธรรมดา

- หลอดไฟแบบฮาโลเจน(Halogen) ไส้หลอดทำด้วยโลหะผสมทังสเตน ภายในบรรจุด้วยแก๊สฮาโลเจนและแก๊สเฉื่อยประเภทอาร์กอน กำลังส่องสว่างสูงกว่าหลอดไฟแบบธรรมดา โดยจะให้กำลังไฟฟ้าประมาณ 50-100 W



ภาพที่ 2-17 หลอดไฟแบบฮาโลเจน(Halogen)

หลอดไฟหน้าแบบฮาโลเจนจะมีอยู่หลายลักษณะ ตามมาตรฐานต่างๆ ซึ่งจะแตกต่างกันตามลักษณะของขั้วหลอดและรูปทรง ดังภาพที่ 2-18

(a) หลอดไฟมาตรฐาน H4

(b) หลอดไฟมาตรฐาน H3

(c) หลอดไฟมาตรฐาน H7

(d) หลอดไฟมาตรฐาน H1

(e) หลอดไฟมาตรฐาน HB4

ภาพที่ 2-18 หลอดไฟแบบฮาโลเจน(Halogen) ลักษณะต่างๆ

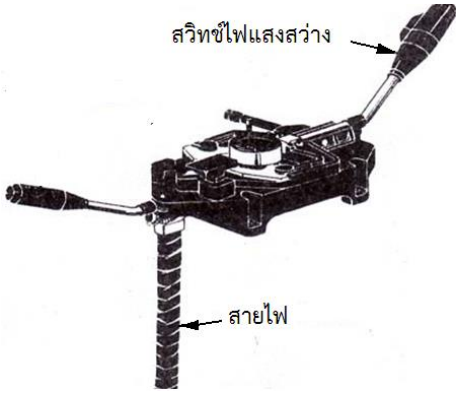
- หลอด HID(High Intensity Discharge) หลอดไฟแบบนี้ให้แสงสว่างมากกว่าหลอดฮาโลเจนธรรมดา 2-2.5 เท่า แต่ในขณะเดียวกันสามารถประหยัดพลังงานมากกว่าถึง 25% ทำงานคล้ายหลอดไฟนีออน ต้องใช้ตัวบัลลาสเป็นตัวแปลงและควบคุมแรงเคลื่อนไฟฟ้า(ตัวบัลลาสจะสร้างแรงดันไฟฟ้า 20,000 กว่าโวลต์ ส่งเข้าไปยังตัวหลอดเพื่อจุดในครั้งแรก และในอีกประมาณ 1-2 วินาที ก็จะลดกระแสไฟฟ้าลงเหลือ 12 โวลต์ต่อเนื่องไป ภายในจะบรรจุแก๊สซีนอน ลำแสงไฟมีตั้งแต่สีเหลือง(ไฟตัดหมอก) สีขาวอมเหลือง(ดีที่สุดในการใช้งาน) สีขาวนวล สีขาวเข้ม สีขาวอมฟ้าจนถึงสีขาวอมม่วง ข้อเสีย คือ ถ้าใช้หลอดไฟทีมี

ลำแสงสีขาวเข้ม(ที่นิยมใช้อยู่ในปัจจุบัน) จะทำให้ผู้ขับรถร่วมทางคันอื่นระคายเคืองนัยน์ตา ทำให้เกิดอุบัติเหตุได้ง่ายขึ้น

ภาพที่ 2-19 หลอดไฟแบบ HID และบัลลาส

2) สวิทช์ควบคุมและสวิทช์ไฟสูงต่ำ(Light Control Switch and Dimmer Switch)

ปัจจุบันสวิทช์ควบคุมและสวิทช์ไฟสูงต่ำที่นำมาใช้กับรถยนต์จะสวิทช์รวม ร่วมกันอยู่ที่คอพวงมาลัยเพื่อความสะดวกแก่ผู้ขับขี่รถยนต์ คันสวิทช์เป็นคันเดียวกัน



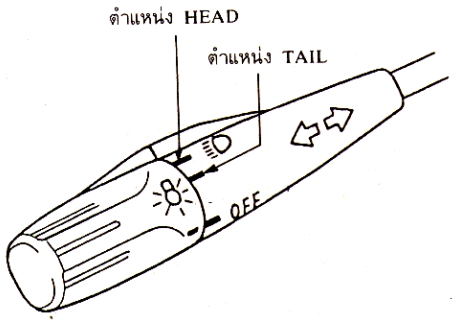
ภาพที่ 2-20 สวิทช์ควบคุมและสวิทช์ไฟสูงต่ำ

โดยทั่วไปสวิทช์ควบคุม(Light Control Switch) เป็นสวิทช์ชนิดหมุน จะมีตำแหน่งการควบคุมไฟหน้า 3 ตำแหน่ง คือ ตำแหน่งตัดวงจร(Off Position) ตำแหน่งไฟหรี่หรือไฟจอด(Parking Position) และตำแหน่งไฟหน้า(Head Light Position)

- ตำแหน่งตัดวงจร(Off Position) เป็นตำแหน่งที่ตัดกระแสไฟที่ไปยังหลอดแสงสว่างทั้งหมด ได้แก่ ไฟหรี่ และไฟหน้ารถยนต์

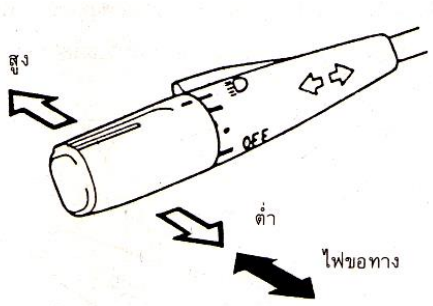
- ตำแหน่งไฟหรี่หรือไฟจอด(Parking Position) เป็นตำแหน่งที่ทำให้ไฟหรี่ ไฟท้าย ไฟส่องป้ายและไฟบนแผงหน้าปัดติดสว่าง

- ตำแหน่งไฟหน้า(Head Light Position) เป็นตำแหน่งที่บิดสวิทช์จนสุดทำให้ไฟหรี่ ไฟท้าย ไฟส่องป้ายและไฟบนแผงหน้าปัดติดสว่าง แลไฟหน้ารถยนต์ติดพร้อมกันทั้งหมด



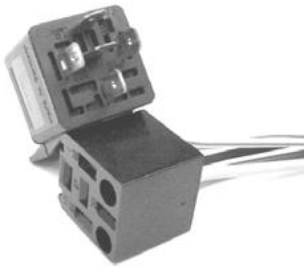
ภาพที่ 2-21 สวิทช์ควบคุมและสวิทช์ไฟสูงต่ำ

สำหรับสวิทช์ไฟสูงต่ำ(Dimmer Switch) เป็นสวิทช์ชนิดโยกขึ้นลง เพื่อควบคุมลำแสงไฟหน้ารถยนต์ให้เป็นไฟสูงหรือต่ำตามสภาพการจราจรบนท้องถนน



ภาพที่ 2-22 สวิทช์ไฟสูงต่ำ(Dimmer Switch)

3) รีเลย์(Relay) ทำหน้าที่ช่วยลดแรงเคลื่อนไฟฟ้าตกคร่อมภายในวงจร ทำให้วงจรนั้นทำงานได้ด้วยกระแสอย่างเต็มที่ ช่วยยืดอายุการใช้งานของสวิตช์เนื่องจากกระแสไฟฟ้าส่วนใหญ่ที่ไปเลี้ยงอุปกรณ์ไฟฟ้า(Load) จะผ่านทางรีเลย์



ภาพที่ 2-23 ลักษณะของรีเลย์

2.3.2.2 ระบบไฟท้าย(Tail Light System) ระบบไฟท้ายติดตั้งอยู่ท้ายรถยนต์เพื่อช่วยระบุให้ทราบความกว้างของท้ายรถยนต์ในเวลากลางคืน ไฟท้ายแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ

1) แบบเฉพาะ(Independent Type) ใช้เป็นไฟท้ายเพียงอย่างเดียว ไส้หลอดจึงมีเพียงไส้เดียว

2) แบบผสม(Combined Type) นอกจากเป็นไฟท้ายแล้วยังไฟเบรกอีกด้วย ไส้หลอดจะมี 2 ไส้ ไส้ที่มีวัตต์ต่ำเป็นไฟท้าย

2.3.2.3 ระบบไฟหรี่หรือไฟความกว้างรถยนต์(Clearance Light System) ไฟความกว้างรถยนต์ติดตั้งอยู่ด้านหน้ารถยนต์เพื่อระบุให้ทราบความกว้างด้านหน้ารถยนต์ในเวลากลางคืน

2.3.2.4 ไฟส่องป้ายทะเบียน(License Light) จะทำหน้าที่ส่องป้ายทะเบียนให้เห็นเด่นชัดในตอนกลางคืน ซึ่งไฟส่องป้ายทะเบียนจะติดพร้อมกับไฟท้าย

2.3.2.5 ไฟตัดหมอก(Fog Light) ไฟตัดหมอก ถือกำเนิดขึ้นมาในแถบประเทศที่มีอากาศหนาว ซึ่งจะมีหมอกเป็นส่วนมาก ดังนั้นเพื่อความปลอดภัยในการใช้ยานพาหนะจึงมีการคิดค้นไฟตัดหมอกขึ้นมา ไฟตัดหมอกจะใช้ไฟที่ให้ความสว่างสูง ส่วนใหญ่หลอดที่ใช้เป็นหลอดไฟแบบ H3 มีความเข้มเพียง 55 วัตต์ ส่องในระนาบขนานกับพื้นถนนหรือตกพื้นในระยะไกล ดังนั้นความสว่างจึงมีมากและไปได้ไกล เพราะหลอดไฟหน้ามุมจะตกลงพื้นถนน แต่ไฟตัดหมอกจะส่องขนานไปกับพื้นถนนหรือตัวรถ หลอดไฟหน้าปกติถ้าเปิดส่องในขณะที่หมอกจัดหรือ ฝนตกหนักเพราะมุมที่เอียงลงจึงทำให้เกิดมุมสะท้อนกลับสู่สายตาของผู้ขับขี่ จึงทำให้แสงที่ส่องผ่านไปมีน้อยหรือมองเห็นแค่ในระยะไม่เกิน 10-15 เมตร แถมแสบตากับแสงที่สะท้อนกลับ แต่ไฟตัดหมอกที่ส่องแบบขนานพื้นจะไม่สะท้อนมาที่ห้องโดยสารสามารถทะลุทะลวงได้มาก และสะท้อนกลับมาก็ในมุมที่ไม่กระทบผู้ขับขี่ ทำให้มองเห็นได้ในระยะมากกว่า 30-80 เมตร การเปิดไฟตัดหมอกในช่วงเวลาที่ไม่เหมาะสม แสงจากหลอดไฟตัดหมอกจะไปแยงและรบกวนสายตาผู้ที่ขับรถสวนมา ทำให้ตาพร่ามัวจึงมีโอกาสที่จะเกิดอุบัติเหตุได้ ดังนั้นเพื่อความปลอดภัยผู้ขับรถควรเปิดไฟตัดหมอกในกรณีต่างๆ ดังนี้

1) ฝนตกปรอยๆ หรือตกหนัก

2) เมื่อขึ้นภูเขา

3) ในช่วงเวลากลางคืนหลังฝนหยุดตก

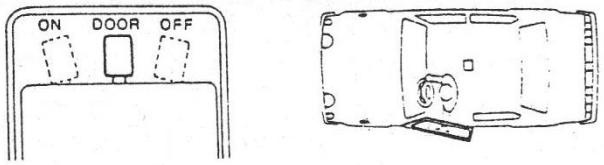
4) ทุกกรณีที่มีหมอกหรือควันเกิดขึ้นบนท้องถนน

5) ปิดไฟตัดหมอกทันทีเมื่อมีรถสวนมา

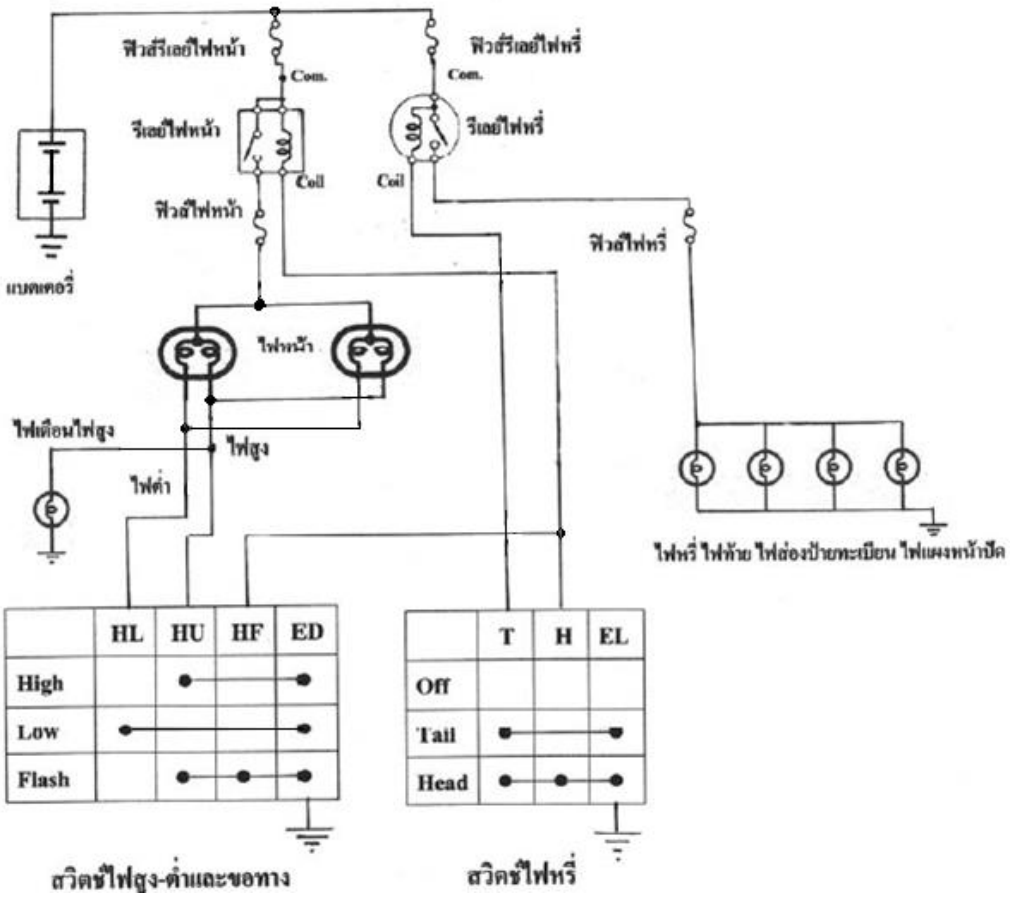
การเปิดใช้ไฟตัดหมอก โดยทั่วไปจะมีการแยกสวิทช์ชุดไฟตัดหมอก ออกจากไฟหน้ารถอย่างชัดเจน เพื่อให้สามารถทำงานแยกส่วนได้ โดยไฟตัดหมอกจะทำงานตั้งแต่เริ่มเปิดไฟหรี่ (ที่มา: http://www.ptmton.police7.go.th)

ภาพที่ 2-24 ไฟตัดหมอก
(ที่มา: http://www.ptmton.police7.go.th)

2.3.2.6 ไฟเก๋ง(Dome Light) ไฟเก๋งให้แสงสว่างภายในห้องผู้โดยสารแต่ออกแบบไม่ให้แสงไปรบกวนผู้ขับขี่รถยนต์ในเวลากลางคืน โดยทั่วไปตำแหน่งติดตั้งอยู่ที่จุดศูนย์กลางเพื่อให้แสงสว่างกระจายอย่างทั่วถึง สำหรับสวิทช์ไฟที่นำมาใช้ควบคุมมี 3 ตำแหน่ง คือ ปิด(On) ประตู(Door)และปิด(Off) เพื่อให้ง่ายสำหรับการเข้าหรือออกจากรถยนต์ในเวลากลางคืน นอกจากนั้นไฟแสงสว่างภายในรถยนต์สามารถปรับให้ติดเฉพาะเมื่อประตูรถยนต์เปิด โดยการปรับตั้งสวิทช์ไปที่ตำแหน่งประตู(Door)



ภาพที่ 2-25 ไฟเก๋ง



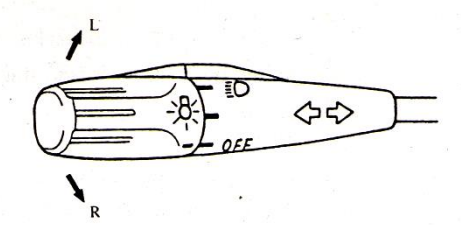
ภาพที่ 2-26 วงจรไฟแสงสว่าง

2.3.3 ระบบไฟสัญญาณ

ระบบไฟสัญญาณจะประกอบไปด้วย ไฟเลี้ยว ไฟฉุกเฉิน แตร ไฟเบรก และไฟถอยหลัง ซึ่งระบบไฟสัญญาณจะประกอบไปด้วยอุปกรณ์ที่สำคัญดังนี้

2.3.3.1 ไฟเลี้ยว(Turn Signal Lights) ไฟเลี้ยวติดตั้งอยู่ด้านหน้า ด้านท้ายและด้านข้างรถยนต์ ช่วยระบุให้รถยนต์ด้านหน้า ด้านหลังและด้านข้างทราบความตั้งใจของผู้ขับขี่รถยนต์ว่าจะเลี้ยวหรือเปลี่ยนเลนส์ การกระพริบของไฟเลี้ยวมีอัตราแน่นอนตายตัวอยู่ระหว่าง 60-120 ครั้งต่อนาที ซึ่งอุปกรณ์ที่สำคัญสำหรับวงจรไฟเลี้ยวมีดังนี้

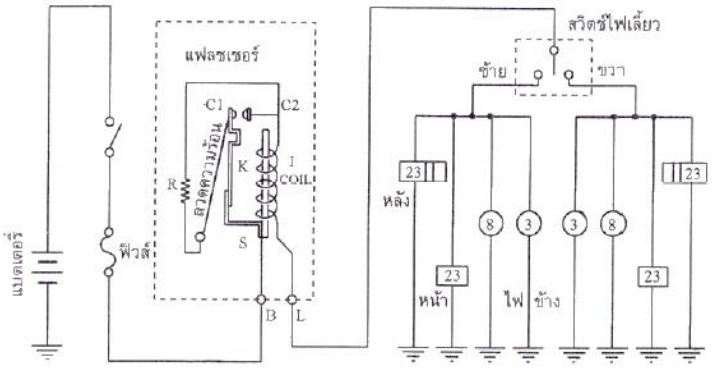
1) สวิทช์ไฟเลี้ยว(Turn Signal Switch) เป็นสวิทช์แบบเลื่อนขึ้น-ลง จะติดตั้งบนแกนพวงมาลัย



ภาพที่ 2-27 สวิทช์ไฟเลี้ยวซึ่งอยู่ร่วมกับสวิทช์ไฟแสงสว่าง

2) แฟลชเชอร์(Flasher) เป็นอุปกรณ์ที่ทำให้หลอดไฟเลี้ยวเกิดการกระพริบ ในปัจจุบันแฟลชเชอร์ที่ใช้มี 4 แบบ คือ แบบเส้นลวดความร้อน(Hot Wire Type) แบบคอนเดนเซอร์และรีเลย์ (Condenser and Relay Type) แบบกึ่งทรานซิสเตอร์(Semi-Transistor Type) และแบบ IC (IC Type)

- แบบเส้นลวดความร้อน(Hot Wire Type)



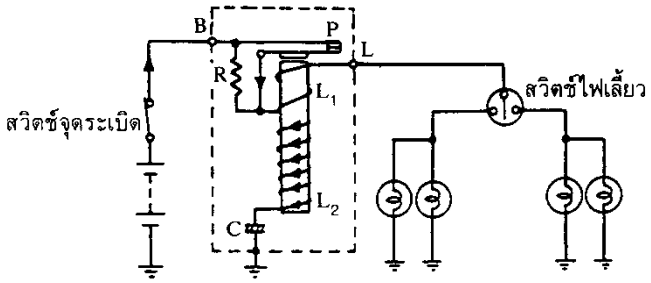
ภาพที่ 2-28 วงจรการทำงานของแฟลชเชอร์แบบขดลวดความร้อน

การทำงาน เมื่อเปิดสวิทช์กุญแจและสวิทช์ไฟเลี้ยว กระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่จะผ่านสวิทช์กุญแจผ่านฟิวส์เข้าขั้ว B ของแฟลชเชอร์ ผ่านคอนแทก C1 ผ่านลวดความร้อน ผ่านความต้านทาน R ผ่านคอยล์ออกขั้ว L ของแฟลชเชอร์ เข้าสวิตช์ไฟเลี้ยว ผ่านหลอดไฟเลี้ยวลงกราวด์ครบวงจร ทำให้คอยล์ของแฟลชเชอร์มีอำนาจแม่เหล็กแต่ในช่วงนี้กระแสไฟฟ้าต้องผ่านลวดความร้อนและความต้านทาน จึงทำให้มีกระแสไฟฟ้าไปเลี้ยงหลอดไฟเลี้ยวน้อยมากไม่สามารถทำให้ไฟเลี้ยวติดได้

เมื่อลวดความร้อนมีกระแสไฟฟ้าผ่าน ลวดความร้อนจะร้อนและยืดตัวออก คอยล์จึงดูดคอนแทก C1 ให้มาต่อกับคอนแทก C2 ทำให้กระแสไฟฟ้าที่มาจากขั้ว B ของแฟลชเชอร์ผ่านคอนแทก C1 ซึ่งต่อกับ C2 ผ่านคอยล์ออกขั้ว L ของแฟลชเชอร์ ผ่านเข้าสวิทช์ไฟเลี้ยว ผ่านหลอดไฟเลี้ยวลงกราวด์ครบ วงจรทำให้หลอดไฟเลี้ยวติด ซึ่งขณะนี้ไม่มีกระแสไฟฟ้าผ่านลวดความร้อนของแฟลชเชอร์ ลวดความร้อนจะเย็นลงและหดตัวดึงคอนแทก C1 ชนะแรงดูดของคอยล์แยกออกจาก C2 หลอดไฟเลี้ยวจึงดับและกลับไปเริ่มต้นทำงานใหม่ทำให้ไฟเลี้ยวเกิดการกระพริบเป็นจังหวะ

- แบบคอนเดนเซอร์และรีเลย์(Condenser and Relay Type) แฟลชเซอร์แบบนี้ใช้การเก็บประจุและคายประจุของคอนเดนเซอร์ ควบคุมการทำของรีเลย์เพื่อให้เกิดการกระพริบของไฟเลี้ยวและไฟฉุกเฉิน แฟลชเชอร์มีการทำงานดังนี้

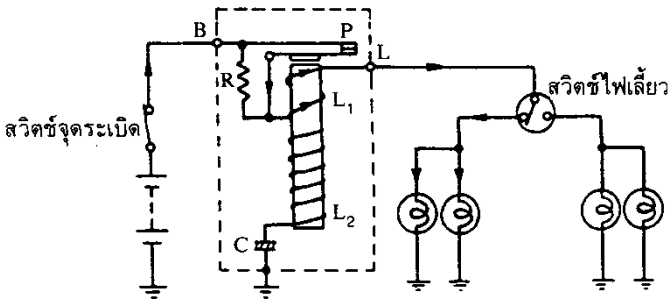
(ก) เมื่อเปิดสวิทช์จุดระเบิด



ภาพที่ 2-29 การไหลของกระแสไฟฟ้าขณะเปิดสวิทช์จุดระเบิด

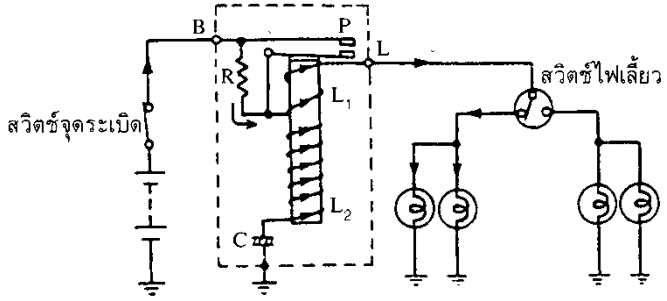
จากภาพที่ 2-29 หน้าทองขาวติดกันกระแสไฟไหลผ่านขดลวด L_2 และคอนเดนเซอร์ ลงกราวด์ครบวงจร คอนเดนเซอร์จะเก็บประจุ

(ข) เมื่อโยกสวิทช์ไฟเลี้ยวไปตำแหน่งเลี้ยวซ้ายหรือขวา



ภาพที่ 2-30 การไหลของกระแสไฟฟ้าขณะเปิดสวิทช์ไฟเลี้ยว(หลอดสว่าง)

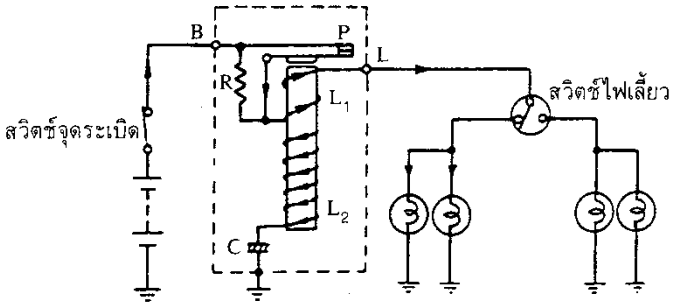
จากภาพที่ 2-30 กระแสไฟผ่านขั้ว B , P และขดลวด L_1 ออกที่ตำแหน่งขั้ว L ไปยังสวิทช์ไฟเลี้ยวและหลอดไฟเลี้ยวลงกราวด์ครบวงจร หลอดไฟเลี้ยวจึงติดสว่าง



ภาพที่ 2-31 การไหลของกระแสไฟฟ้าขณะเปิดสวิทช์ไฟเลี้ยว(หลอดดับ)

จากภาพที่ 2-31 กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวด L_1 (ซึ่งพันรอบแกนเหล็กอ่อน) ออกที่ตำแหน่งขั้ว L ไปยังสวิทช์ไฟเลี้ยวและหลอดไฟเลี้ยวลงกราวด์ครบวงจร ทำให้เกิดอำนาจแม่เหล็กดึงหน้าทองขาวแยกออกจากกัน และขณะนี้คอนเดนเซอร์จะคายประจุ กระแสไฟไหลผ่านขดลวด L_1 และ L_2 ผ่านไส้หลอดลงกราวด์ทำให้เกิดอำนาจแม่เหล็กที่จะดูดหน้าทองขาวมากขึ้น

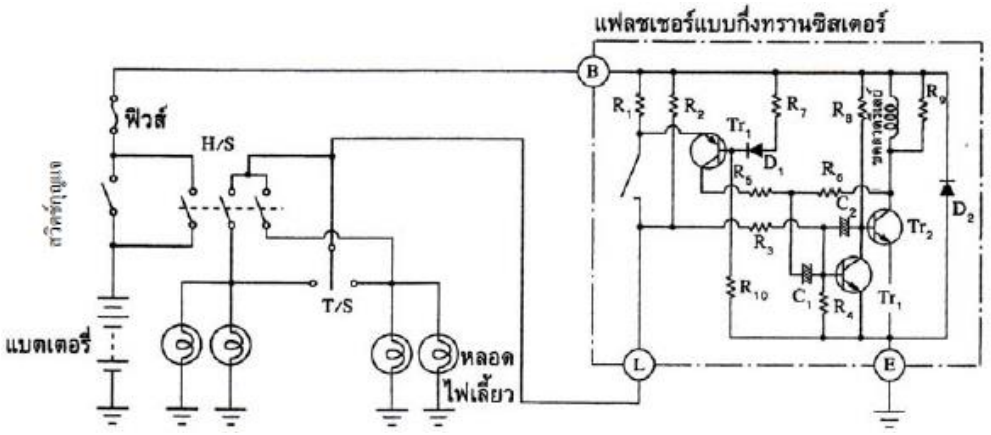
หมายเหตุ กระแสไฟที่ไหลผ่าน R และ เกิดจากการคายประจุของคอนเดนเซอร์ถึงแม้จะลงกราวด์ที่ไส้หลอดแต่กระแสมีน้อยหลอดไฟเลี้ยวไม่สว่าง



ภาพที่ 2-32 การไหลของกระแสไฟฟ้าขณะเปิดสวิทช์ไฟเลี้ยว(หลอดสว่างอีกครั้ง)

จากภาพที่ 2-32 เมื่อคอนเดนเซอร์คายประจุจนหมดหน้าทองขาวจะเริ่มต่อกันอีกครั้ง กระแสไฟผ่านขั้ว B , P และขดลวด L_1 ออกที่ตำแหน่งขั้ว L ไปยังสวิทช์ไฟเลี้ยวและหลอดไฟเลี้ยวลงกราวด์ครบวงจร หลอดไฟเลี้ยวจึงติดสว่างอีก

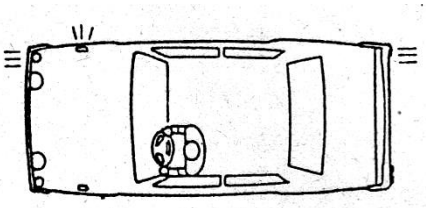
- แบบกึ่งทรานซิสเตอร์(Semi-Transistor Type)



ภาพที่ 2-33 วงจรของแฟลชเซอร์แบบกึ่งทรานซิสเตอร์

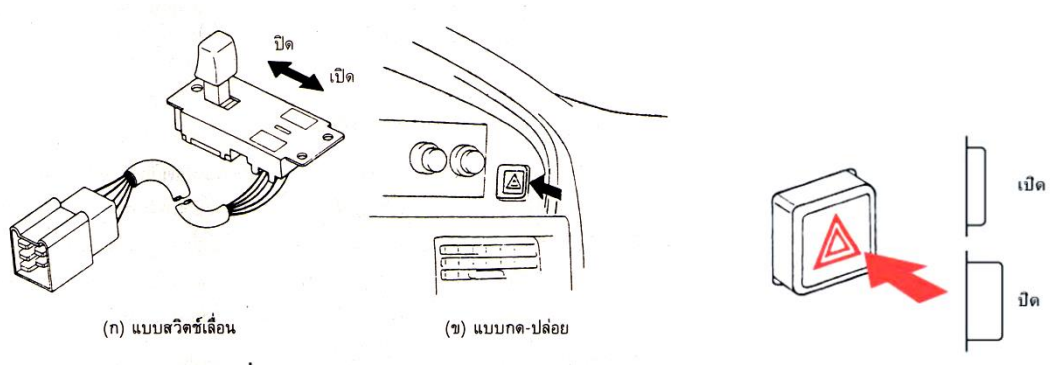
การทำงานแฟลชเซอร์แบบกึ่งทรานซิสเตอร์(Semi-Transistor Type) เมื่อเปิดสวิทช์กุญแจและสวิทช์ไฟเลี้ยว กระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่จะผ่านสวิทช์กุญแจ ผ่านฟิวส์เข้าขั้ว B ของแฟลชเซอร์ ผ่านชุดทรานซิสเตอร์ ทำให้มีกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดรีเลย์ของแฟลชเซอร์ลงกราวด์ครบวงจร ขดลวดรีเลย์จึงมีอำนาจแม่เหล็กดูดให้คอนแทกมาต่อกัน กระแสไฟฟ้าจากขั้ว B ของแฟลชเซอร์จึงผ่าน R1 ผ่านคอนแทกที่ต่อกัน ออกขั้ว L ผ่านสวิทช์ไฟเลี้ยว ผ่านหลอดไฟเลี้ยวลงกราวด์ครบวงจร ทำให้หลอดไฟเลี้ยวติดในขณะเดียวกันคอนเดนเซอร์ที่รับประจุไฟฟ้าในขณะที่คอนแทกต่อกันจะหน่วงเวลาไว้เล็กน้อยแล้วจึงคายประจุออก เป็นผลให้ชุดทรานซิสเตอร์หยุดการทำงาน กระแสไฟฟ้าที่ไหลเลี้ยงขดลวดรีเลย์ไม่สามารถไปลงกราวด์ได้ ขดลวดรีเลย์จึงหมดอำนาจแม่เหล็ก คอนแทกจึงแยกตัวออกทำให้หลอดไฟเลี้ยวดับเป็นการเริ่มต้นการทำงานใหม่

- แบบไอซีหรือแบบทรานซิสเตอร์ แฟลชเซอร์แบบนี้จะใช้วงจรทรานซิสเตอร์ จึงทำให้มีขนาดเล็กและมีน้ำหนักเบา การทำงานภายในมีพื้นฐานคล้ายกับแบบกึ่งทรานซิสเตอร์แต่จะไม่มีขดลวดรีเลย์และคอนแทก

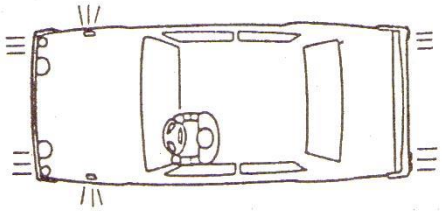


ภาพที่ 2-34 ไฟเลี้ยว

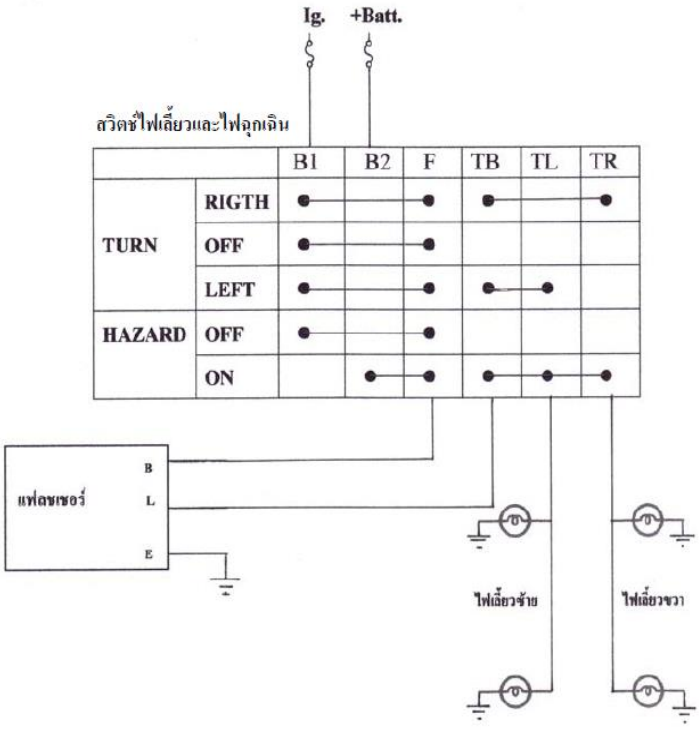
2.3.3.2 ไฟฉุกเฉิน(Hazard Lights) ไฟฉุกเฉินตำแหน่งติดตั้งก็คือตำแหน่งไฟเลี้ยว ทำหน้าที่ระบุให้ทราบว่ารถยนต์กำลังจอดอยู่เนื่องจากมีเหตุฉุกเฉิน ขณะเปิดไฟฉุกเฉินไฟเลี้ยวจะกระพริบพร้อมกันทั้งหมด อุปกรณ์ที่สำคัญของวงจรไฟฉุกเฉิน คือ สวิทช์ไฟฉุกเฉิน(Hazard Warning Switch) ที่ใช้กันมีอยู่ 2 แบบ คือ แบบเลื่อนและแบบกด -ปล่อย ซึ่งปัจจุบันนิยมใช้แบบกด-ปล่อย



ภาพที่ 2-35 สวิทช์ไฟเตือนฉุกเฉิน



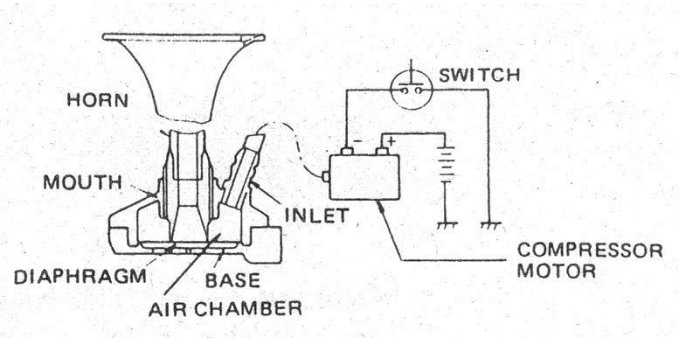
ภาพที่ 2-36 ไฟฉุกเฉิน



ภาพที่ 2-37 วงจรไฟเลี้ยวและไฟฉุกเฉิน

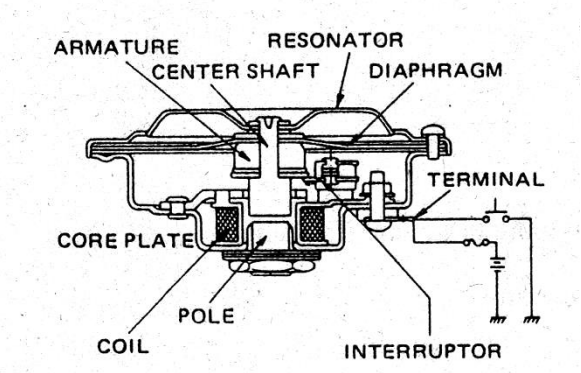
2.3.3.3 แตร(Horn) เป็นอุปกรณ์ที่ทำให้เกิดเสียงดังเพื่อใช้เป็นสัญญาณเตือนผู้ที่ขับขี่รถยนต์คันอื่นๆ และผู้ที่สัญจรไปมาตามท้องถนน ปัจจุบันแตรที่นำมาใช้กับรถยนต์แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1) แตรลม(Air Horn) ใช้ลมทำให้เกิดเสียงดัง

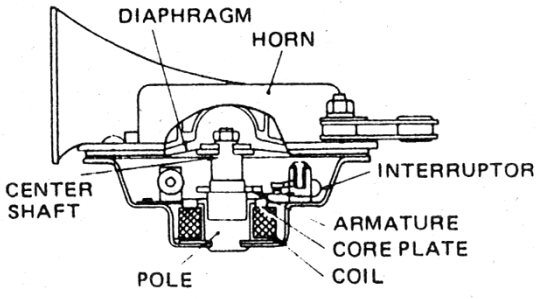


ภาพที่ 2-38 แตรลม

2) แตรไฟฟ้า(Electrical Horn) ใช้ไฟฟ้าทำให้เกิดเสียงดัง แตรไฟฟ้าแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ คือ แบบแบน(Flat Type) และแบบขดเป็นวง(Spiral Type)



ภาพที่ 2-39 แตรไฟฟ้าแบบแบน(Flat Type)



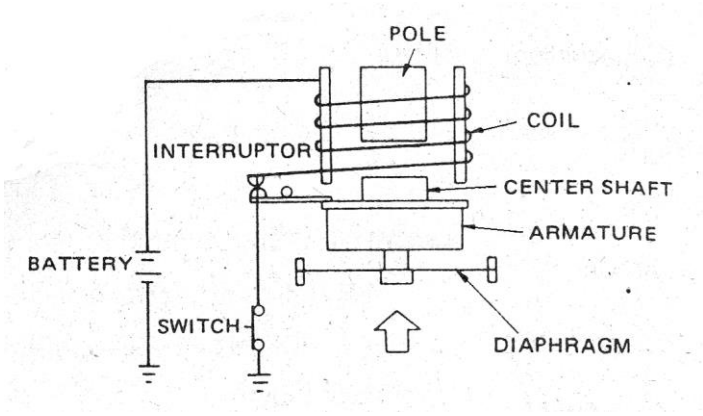
ภาพที่ 2-40 แตรไฟฟ้าแบบขดเป็นวง(Spiral Type)

แตรไฟฟ้าแบบแบนเมื่อเปรียบเทียบกับแบบขดเป็นวงจะให้วามถี่เสียงสูงกว่า มีโครงสร้างที่แบนบางจึงสามารถเลือกตำแหน่งการติดตั้งได้ง่าย ป้องกันความชื้นและฝุ่นละอองได้ดี แตรไฟฟ้าแบบแบนประกอบด้วย ชุดแม่เหล็กไฟฟ้า(Electromanet) ชุดไดอะแฟร(Diaphragm Assembly) และตัวตัดต่อ(Interruptor)

- ชุดแม่เหล็กไฟฟ้า(Electromanet) ประกอบด้วย ขั้วแม่เหล็ก(Pole) ขดลวด(Coil) และแกน(Core Plate) โดยติดตั้งอยู่ที่จุดศูนย์กลางของตัวเรือน

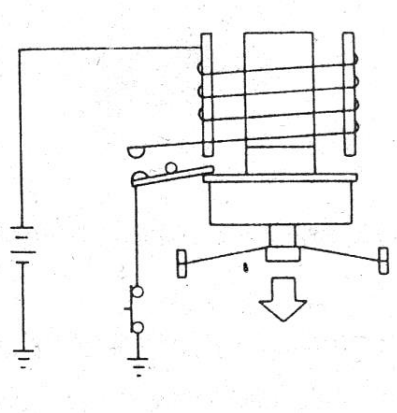
- ชุดไดอะแกรม(Diaphragm Assembly) ประกอบด้วย แกนไดอะแฟรม(Shat) อาร์เมเจอร์(Armature) แผ่นไดอะแฟรม(Diaphragm) และตัวสะท้อนเสียง(Resonator) ติดตั้งตรงข้ามชุดแม่เหล็กไฟฟ้า

- ตัวตัดต่อ(Interruptor) เป็นชุดหน้าทองขาว(Contact) ติดตั้งอยู่ที่พื้นผิวส่วนล่างของอาร์เมเจอร์จะตัดต่อเพื่อให้แผ่นไดอะแฟรมเกิดการสั่นกระพือ อันเป็นผลให้เกิดการสั่นของคลื่นอากาศเกิดเป็นเสียงดังขึ้น มีหลักการทำงานดังนี้



ภาพที่ 2-41 เมื่อหน้าทองขาวติดกัน

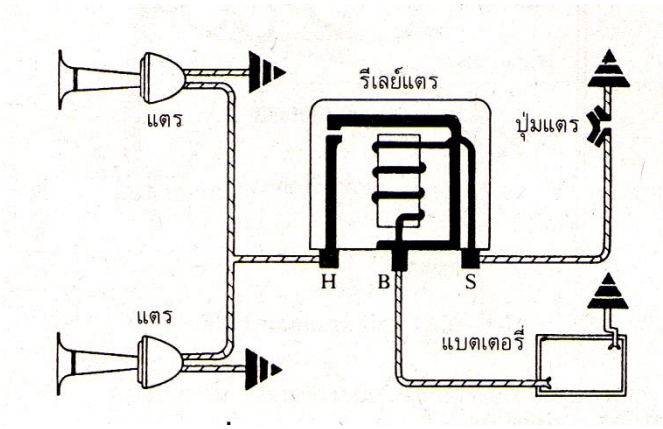
จากภาพที่ 2-41 เมื่อกดสวิทช์แตรจะมีกระแสไหลจากแบตเตอรี่ผ่านขดลวดทำให้เกิดสนามแม่เหล็กดูดอาร์เมเจอร์เข้ามา ในขณะเดียวกันแผ่นไดอะแฟรมก็จะถูกดูดเข้ามาด้วยเช่นกัน



ภาพที่ 2-42 เมื่อหน้าทองขาวแยกออกจากกัน

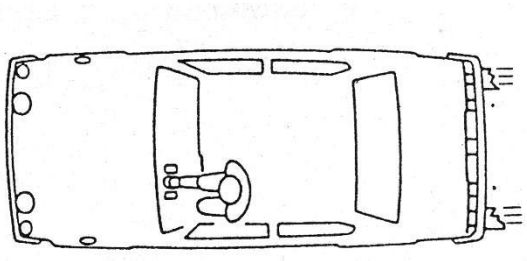
จากภาพที่ 2-42 เมื่ออาร์เมเจอร์ถูกดูดเข้ามาจนทำให้หน้าทองขาวของตัวตัดต่อแยกออกจากกัน กระแสไฟฟ้าไม่สามารถไหลผ่านขดลวดได้ จากความเป็นสปริงของแผ่นไดอะแฟรมจึงดึงอาร์เมเจอร์กลับคืนสู่ตำแหน่งเดิม เป็นการทำให้หน้าทองขาวของตัวตัดต่อติดกันอีก ทำให้เกิดอำนาจแม่เหล็กขึ้นอีกครั้ง การทำงานดังกล่าวจะเกิดขึ้นซ้ำแล้วซ้ำอีกกระตุ้นให้ตัวสะท้อนเสียงด้านหน้าของแผ่นไดอะแฟรมสะท้อนความถี่ที่เกิดขึ้นจากการสั่นสะเทือนเป็นผลให้เกิดคลื่นเสียงดังกระจายผ่านอากาศออกมา

วงจรแตรที่มีการติดตั้งรีเลย์แตร(Horn Relay) เข้าไปในวงจรเพื่อที่จะให้กระแสจำนวนมากจากแบตเตอรี่ไหลไปแตรโดยผ่านรีเลย์และกระแสจำนวนน้อยไหลผ่านสวิทช์แตร ทำให้สวิทช์แตรมีอายุการใช้งานนานและสายไฟที่ต่อไปยังสวิทช์แตรสามารถลดขนาดให้เล็กลงได้ รีเลย์แตรจะมีขั้ว 3 ขั้ว คือ ขั้ว H(ต่อไปแตร) ขั้ว B(ต่อไปขั้วบวกแบตเตอรี่) และ ขั้ว S(ต่อไปสวิทช์แตร)



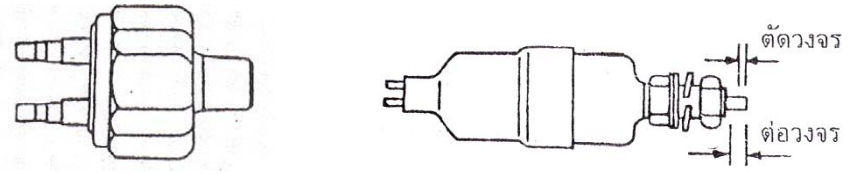
ภาพที่ 2-43 วงจรแตร

2.3.2.4 ไฟเบรก(Brake Light) ไฟเบรกจะติดตั้งอยู่ท้ายรถยนต์เพื่อให้รถที่ตามมาทราบว่ากำลังเบรกเพื่อป้องกันรถยนต์ถูกชนด้านท้าย



ภาพที่ 2-44 ไฟเบรก

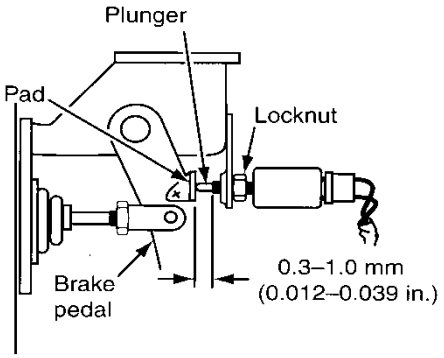
อุปกรณ์ที่สำคัญในวงจรไฟเบรก คือ สวิทช์ไฟเบรกซึ่ง มีอยู่ 2 แบบด้วยกัน คือ สวิทช์ไฟเบรกแบบแรงดัน และสวิทช์ไฟเบรกแบบกลไก



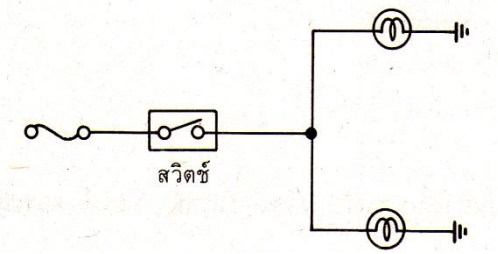
(ก) สวิทช์ไฟเบรกแบบแรงดัน (ข) สวิทช์ไฟเบรกแบบแบบกลไก

ภาพที่ 2-45 สวิทช์ไฟเบรก

สวิทช์ไฟเบรกแบบแรงดันจะติดตั้งอยู่ที่แม่ปั้มเบรกโดยอาศัยแรงดันน้ำมันเบรกจากแม่ปั้มเบรก เป็นตัวควบคุมการตัด-ต่อสวิทช์ ส่วนสวิทช์ไฟเบรกแบบแบบกลไกจะติดตั้งบริเวณคันเหยียบเบรก เมื่อเหยียบเบรกจะทำให้สวิทช์ต่อกันหลอดไฟเบรกจึงสว่าง

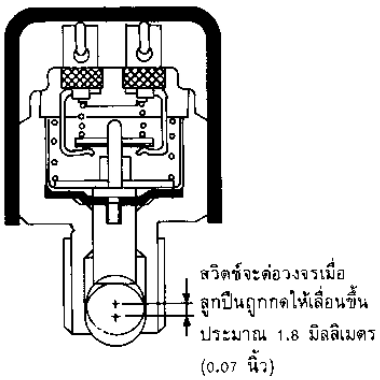


ภาพที่ 2-46 ตำแหน่งติดตั้งสวิทช์ไฟเบรกที่แป้นเหยียบเบรก

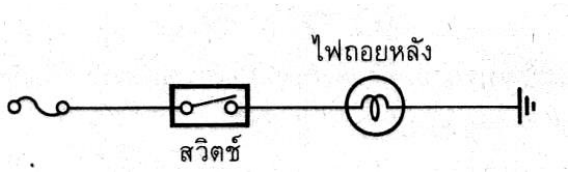


ภาพที่ 2-47 วงจรไฟเบรก

2.3.2.5 ไฟถอย(Brake Light) ไฟถอยหลังจะติดตั้งอยู่ด้านท้ายรถยนต์ มีแสงสว่างสีขาว เป็นหลอดไฟแบบไส้เดียว ขนาด 15-32 W มีสวิทช์ไฟถอยหลังคอยทำหน้าที่ตัดต่อกระแสไฟฟ้าที่ไปยังหลอดไฟถอยหลัง สวิทช์ไฟถอยจะติดตั้งภายในกระปุกเกียร์รถยนต์ เมื่อเข้าเกียร์ตำแหน่งเกียร์ถอยหลัง ลูกปืนจะถูกกดทำให้สวิทช์ต่อกัน ไฟถอยหลังทำหน้าที่เตือนรถยนต์ที่ตามมาด้านหลังให้ทราบว่าผู้ขับรถยนต์คันด้านหน้ากำลังจะถอยหลัง ไฟถอยหลังจะติดเมื่อสวิทช์จุดระเบิด ON และเข้าเกียร์ถอยหลัง



ภาพที่ 2-48 ภาพตัดแสดงชิ้นส่วนภายในของสวิทช์เกียร์ถอย



ภาพที่ 2-49 วงจรไฟถอยหลัง

2.4 วัสดุ

2.4.1 เหล็กโครงสร้างรูปพรรณ

เหล็กที่ผลิตออกมามีหน้าตัดเป็นรูปลักษณะต่างๆ ใช้ในงานโครงสร้าง การขึ้นรูปอาศัยกรรมวิธีรีดร้อน(Hot-Roll Structural Steel Section)และรีดเย็น(Cold Form Structural Steel Section)

ภาพที่ 2-50 เหล็กโครงสร้างรูปพรรณรูปแบบต่างๆ
(ที่มา: http://www.spwiremesh.com/product)

การใช้งานเหล็กรูปพรรณรีดร้อน หน้าตัดที่เป็นรูปทรงของเหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อน ทำให้เหล็กมีคุณสมบัติในการรับแรงในแนวต่างๆอย่างมีประสิทธิภาพ ด้วยน้ำหนักที่เบากว่าโครงสร้างคอนกรีต เหมาะกับสำหรับใช้งานโครงสร้างชนิดต่างๆ เช่น โรงงาน อาคารสูง สนามกีฬา เสาส่งไฟฟ้า ตลอดจนบ้านพัก

อาศัย เหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อน มีหน้าตัดเป็นรูปตัวเอช เรียกกันว่า H-Beam มีปีกกว้าง(Wide Flange) เหมาะกับงานโครงสร้างคาน เสาและโครงหลังคา, ส่วนหน้าตัดรูปตัวไอ หรือ I-Beam ปีกเหล็กจะหนาขึ้นที่โคนปีก จึงรับแรงสั่นสะเทือนได้ดี เหมาะกับงานเครื่องจักร รางเครน สำหรับเหล็กฉากหรือ Angle มีหน้าตัดรูปตัว L ใช้งานโครงสร้างหลังคา เสาส่งไฟฟ้าแรงสูง เสาวิทยุ เสาโทรศัพท์ อีกหน้าตัดหนึ่ง คือ รางน้ำ หรือ Channel มีหน้าตัดรูปตัว C นิยมใช้ทำคานรองรับส่วนประกอบต่างๆ เช่น บันได คานขอบนอก นอกจากนั้น เอชบีมที่นำมาตัดแบ่งตามยาว เรียกว่า Cut Beam หรือ Cut-T ใช้ทำโครงสร้างของ Truss แทนการใช้เหล็กฉากเชื่อมประกบกัน(ที่มา: http://www.siamyamato.com/steel_issue.html**)**

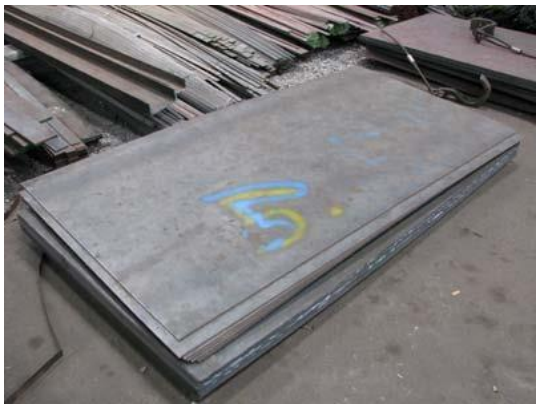
2.4.2 เหล็กแผ่น

เหล็กแผ่นโดยส่วนใหญ่เกิดจากกระบวนการรีดด้วยลูกรีด(Roll Forming) เพื่อให้ได้ความหนาตามที่ต้องการ หากแบ่งประเภทของเหล็กแผ่นตามรูปร่าง แบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ เหล็กแผ่นม้วนและเหล็กแผ่นหนา

1) เหล็กแผ่นม้วน จะมีความหนาตั้งแต่ 0.1–12 mm ซึ่งแบ่งตามลักษณะการผลิตออกเป็นดังนี้

- เหล็กแผ่นรีดร้อน จะมีความหนาตั้งแต่ 1.0–12 mm หรือภาษาตลาดเรียกว่าเหล็กแผ่นดำ โดยมากมักใช้เหล็กแผ่นรีดร้อนในงานท่อ งานถังแก๊ส งานโครงสร้าง งานขึ้นรูปทั่วไปที่ไม่เน้นคุณภาพผิวและเป็นการขึ้นรูปไม่ลึกมาก

- เหล็กแผ่นรีดเย็น จะมีความหนาตั้งแต่ 0.1–3.2 mm หรือภาษาตลาดเรียกว่าเหล็กแผ่นขาว เพราะเป็นผิวที่ไม่มีสนิมร้อนเหมือนเหล็กแผ่นรีดร้อน มีความสามารถในการปั๊มขึ้นรูปลึกมากกว่าขึ้นตามลำดับ โดยมากมักใช้กับงานขึ้นรูปที่เน้นคุณภาพผิวและเป็นการขึ้นรูปไม่ลึก เช่น ตัวถังรถยนต์ ตัวบอดี้เครื่องใช้ไฟฟ้า เฟอร์นิเจอร์



ภาพที่ 2-51 เหล็กแผ่น

- เหล็กแผ่นเคลือบ ชุบผิวจะมีความหนาตั้งแต่ 0.1–3.2 mm ซึ่งโดยส่วนใหญ่จะเป็นเหล็กกล้าชนิดแผ่นเคลือบโลหะผสมสังกะสี เป็นเหล็กกล้าชนิดแผ่นที่มีคุณสมบัติต้านทานการกัดกร่อนในสภาพบรรยากาศทั่วไปเหนือกว่าเหล็กกล้าชนิดแผ่นธรรมดา โดยทั่วไปเหล็กจะถูกกัดกร่อนได้ในสภาพแวดล้อมต่างๆ กระบวนการกัดกร่อนเกิดจากการรวมตัวของเนื้อเหล็กกับออกซิเจนเป็นออกไซด์ของเหล็กซึ่งมีอยู่หลายประเภท การเคลือบเหล็กแผ่นด้วยสังกะสีเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถป้องกันการกัดกร่อนได้เป็นอย่างดี โดยชั้นเคลือบสังกะสีจะทำหน้าที่ 2 ประการ คือ ป้องกันเนื้อเหล็กจากการสัมผัสกับบรรยากาศภายนอก และทำ

หน้าที่ผุกร่อนแทนเหล็กในบริเวณขอบตัดของแผ่นเหล็กหรือบริเวณที่เกิดรอยขีดข่วน(ที่มา: http://engineerknowledge.blogspot.com)

2.4.3 อลูมิเนียม(Aluminium)

อลูมิเนียม คือ แร่ทางธรรมชาติพบมากบนพื้นผิวเปลือกโลก คุณลักษณะที่แข็งแรงในระดับหนึ่ง เนื่องจาก อลูมิเนียมเป็นโลหะประเภทหนึ่ง มีลักษณะมันวาว ไม่ก่อให้เกิดประกายไฟ ขึ้นรูปได้ง่าย คุณสมบัติอลูมิเนียม มีน้ำหนักเบา ไม่เป็นสนิม และเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลายในหลายๆอุตสาหกรรมชั้นนำ อลูมิเนียมบริสุทธิ์เองนั้นไม่แข็งแรง จำเป็นต้องผสมโลหะชนิดอื่นเพื่อเสริมความแข็งแรงในตัว เช่น การผสมอัลลอยทองแดง สังกะสี เป็นต้น

อลูมิเนียมสามารถนำมาผสมโลหะชนิดอื่นเพื่อเสริมความแข็งแรงในตัวเอง ในอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ต่างๆ ข้อดีของ อลูมิเนียม น้ำหนักเบา เหมาะกับการนำไปใช้ผลิตเป็นผลิตภัณฑ์หลากหลายชนิด ไม่เป็นสนิม ส่วนข้อเสีย คือ เป็นวัสดุเปราะบาง ที่ต้องอาศัยความระมัดระวังอย่างสูงในงานติดตั้งและขนส่ง เมื่อได้รับความเสียหายแล้วจะไม่สามารถซ่อมแซมให้เหมือนใหม่ได้อีก

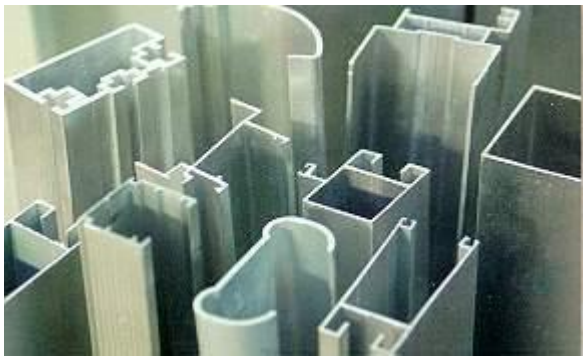
2.4.3.1 อลูมิเนียมเส้นหน้าตัด

อลูมิเนียมเส้นหน้าตัด คือ อลูมิเนียมที่ผ่านการรีดขึ้นรูปเป็นเส้น ผ่านแม่พิมพ์ที่มีหน้าตัดเป็นตัวกำหนดรูปร่างและโครงสร้าง จะมีรูปตัดขวางที่แตกต่างกันไปตามแต่แม่พิมพ์นั้นๆ กำหนด เราพบเห็นอลูมิเนียมเส้นหน้าตัดได้ทั่วไปในลักษณะต่างๆ ดังนี้

1) งานที่ต้องการแสดงให้เห็นอลูมิเนียมเส้นหน้าตัดเป็นองค์ประกอบหลัก เช่น งานก่อสร้างที่ทำจากอะลูมิเนียม ได้แก่ ผนังกระจกเปลือย กรอบประตู หน้าต่าง โครงหลังคา แผงกันแดด กันสาด เป็นต้น

2) งานที่อลูมิเนียมเส้นหน้าตัดแทรกเป็นตัวประกอบ(ไม่ใช่ตัวประกอบหลัก) ได้แก่ ชิ้นส่วนรถยนต์ รถบรรทุก เรือ รถไฟฟ้า หรือชิ้นส่วนเครื่องจักร เครื่องเรือน อะไหล่ยานยนต์ เป็นต้น

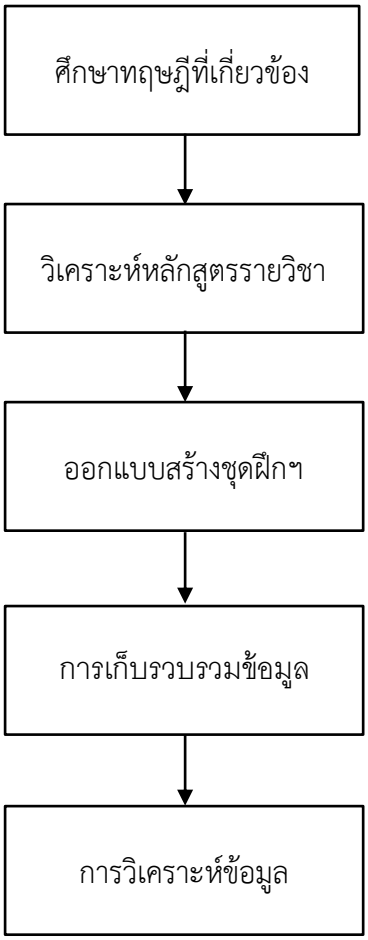
3) งานที่อลูมิเนียมเส้นหน้าตัดซ่อนตัวอยู่ภายในเป็นตัวสนับสนุนกลไกเทคโนโลยีในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น เครื่องระบายความร้อน ระบบทำความเย็น อุปกรณ์อิเลคทรอนิคส์และส่วนประกอบของคอมพิวเตอร์ (ที่มา: http://www.mtaluminium.com/products)



ภาพที่ 2-52 อลูมิเนียมเส้นหน้าตัดรูปแบบต่างๆ
(ที่มา: https://www.google.co.th/search)

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การทำงานวิจัยครั้งนี้เป็นการออกแบบและสร้างชุดฝึกระบบไฟแสงสว่างและระบบไฟสัญญาณรถยนต์ เพื่อใช้ประกอบการจัดการเรียนการสอนวิชา 215-202 เทคโนโลยียานยนต์ 2(Automotive Technology II) ซึ่งผู้วิจัยมีขั้นตอนการดำเนินการวิจัยดังนี้



ภาพที่ 3-1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

3.1 ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับส่วนประกอบของระบบไฟแสงสว่างและระบบไฟสัญญาณรถยนต์ คุณสมบัติของวัสดุและอุปกรณ์ที่นำมาสร้างชุดฝึก

3.2 วิเคราะห์หลักสูตรรายวิชา

การวิเคราะห์หลักสูตรรายวิชา 215-202 เทคโนโลยียานยนต์ 2(Automotive Technology II) เป็นขั้นตอนที่สำคัญขั้นตอนหนึ่งทำให้ทราบวัตถุประสงค์ของรายวิชา เพราะวัตถุประสงค์รายวิชาจะเป็นตัวกำหนด

แนวทางการเลือกเนื้อหา วิธีสอน สื่อการเรียนการสอน และการประเมินผล การวิเคราะห์หลักสูตรรายวิชามีขั้นตอนดังนี้

3.2.1 ศึกษาคำอธิบายรายวิชา 215-202 เทคโนโลยียานยนต์ 2(Automotive Technology II) ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

จากการศึกษาคำอธิบายรายวิชาพบว่า ผู้เรียนต้องเข้าใจหลักการทำงาน ส่วนประกอบของระบบไฟแสงสว่างและไฟสัญญาณรถยนต์ ตลอดจนนักศึกษามีทักษะการปฏิบัติ สามารถทดสอบการทำงานและแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นกับระบบไฟแสงสว่างและไฟสัญญาณรถยนต์

3.2.2 กำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม(ทางด้านการปฏิบัติ)

จากการวิเคราะห์คำอธิบายรายวิชาผู้วิจัยได้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 2 เรื่อง คือ ระบบไฟแสงสว่างและระบบไฟสัญญาณรถยนต์ โดยแต่ละเนื้อหาได้กำหนดวัตถุประสงค์ดังตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม(ทางด้านการปฏิบัติ)

เนื้อหา	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม(ทางด้านการปฏิบัติ)
1. ระบบไฟแสงสว่างรถยนต์	1. เข้าใจหลักการทำงานของอุปกรณ์ระบบไฟแสงสว่างรถยนต์ 2. สามารถปฏิบัติการต่อวงจรระบบไฟแสงสว่างรถยนต์ได้ 3. สามารถวิเคราะห์และไขปัญหาที่เกิดขึ้นกับระบบไฟแสงสว่างรถยนต์ได้
2. ระบบไฟสัญญาณรถยนต์	1. เข้าใจหลักการทำงานของอุปกรณ์ระบบไฟสัญญาณรถยนต์ 2. สามารถปฏิบัติการต่อวงจรระบบไฟสัญญาณรถยนต์ 3. สามารถวิเคราะห์และไขปัญหาที่เกิดขึ้นกับระบบไฟสัญญาณรถยนต์

3.3 ออกแบบสร้างชุดฝึกระบบไฟแสงสว่างและระบบไฟสัญณาณรถยนต์

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ออกแบบสร้างชุดฝึกระบบไฟแสงสว่างและระบบไฟสัญญาณรถยนต์ แยกเป็น 2 ส่วนด้วยกัน คือ ออกแบบวงจรระบบไฟแสงสว่างและไฟสัญญาณรถยนต์ และออกแบบโครงสร้างชุดฝึก โดยมีลำดับขั้นตอนดังนี้

3.3.1 ออกแบบวงจรระบบไฟแสงสว่างและระบบไฟสัญญาณรถยนต์ ซึ่งมีลำดับขั้นตอนการออกแบบดังนี้

1) จัดหาและเลือกอุปกรณ์ระบบไฟแสงสว่างและระบบไฟสัญญาณรถยนต์ ปัจจุบันอุปกรณ์ระบบไฟแสงสว่างและระบบไฟสัญญาณของรถยนต์ได้มีการพัฒนามากขึ้น เช่น มีรูปแบบที่สวยงามยิ่งขึ้น ประสิทธิภาพในการทำงานที่ดีขึ้นและมีอายุการใช้งานของอุปกรณ์ที่ยาวนานขึ้น ดังนั้นการเลือกอุปกรณ์ที่นำมาใช้กับชุดฝึกระบบไฟแสงสว่างและระบบไฟสัญญาณรถยนต์ จะคำนึงถึงในด้านต่างๆ ที่กล่าวมา อีกทั้งต้องหาซื้อได้ง่ายในท้องตลาดและสามารถนำมาติดตั้งไม่ยากจนเกินไป อุปกรณ์ที่ผู้วิจัยได้เลือกมาใช้สำหรับทำชุดฝึกดังแสดงภาพที่ 3-2 ถึง 3-6

ภาพที่ 3-2 ไฟหน้า ไฟท้าย ไฟเลี้ยว ไฟหรี่ ไฟถอยและหน้าปัด

จากภาพที่ 3-2 แสดงอุปกรณ์ที่ผู้วิจัยได้เลือกมาใช้ในการทำชุดฝึก ซึ่งประกอบด้วย ไฟหน้าแบบเปลี่ยนไส้หลอดได้ เป็นหลอดไฟแบบฮาโลเจน(Halogen) มีขนาด 55/65 W , ไฟท้ายแบบผสม (Combined Type) คือ มีไส้ไฟท้ายและไฟเบรกในหลอดเดียวกันหลอดเป็นแบบธรรมดามีขนาด 5/23 W , ไฟเลี้ยวเป็นหลอดแบบธรรมดามีขนาด 23 W และ 5 W ส่วนไฟหรี่ ไฟถอย เป็นหลอดแบบธรรมดามีขนาด 5 W และหน้าปัดเป็นแบบธรรมดา

ภาพที่ 3-3 กล่องฟิวส์ แตร สวิทช์ไฟถอย สวิทช์ไฟเบรกและรีเลย์

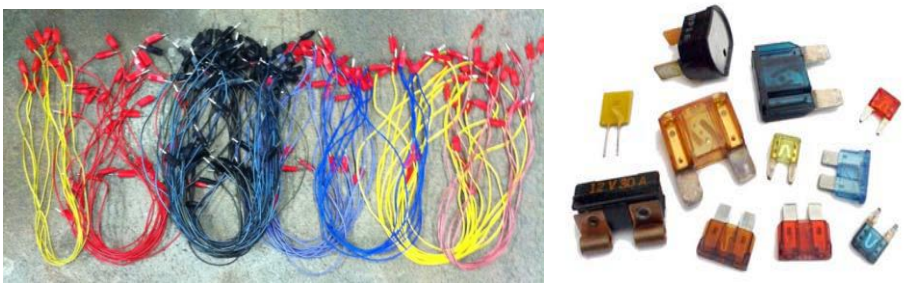
จากภาพที่ 3-3 แสดงอุปกรณ์ที่ผู้วิจัยได้เลือกมาใช้ในการทำชุดฝึก ซึ่งประกอบด้วย กล่องฟิวส์เป็นกล่องฟิวส์ที่ใช้กับฟิวส์แบบเสียบ , แตรเป็นแตรแบบไฟฟ้า , สวิทช์ไฟถอย , สวิทช์ไฟเบรกเป็นสวิทช์แบบกลไก และรีเลย์เป็นแบบปกติเปิด(NO) ขนาด 12 V 30 A

ภาพที่ 3-4 ชุดพวงมาลัย

จากภาพที่ 3-4 แสดงชุดพวงมาลัยรถยนต์ซึ่งประกอบด้วย สวิทช์ควบคุมไฟแสงสว่างเป็นสวิทช์ชนิดหมุน สวิทช์ไฟสูง-ต่ำเป็นสวิทช์ชนิดโยกขึ้นลง สวิทช์ไฟเลี้ยว สวิทช์ไฟตัดหมอกแบบหมุน สวิทช์ควบคุมมอเตอร์ปัดน้ำฝนและล้างกระจก

ภาพที่ 3-5 ไฟตัดหมอกและไฟเก๋ง

จากภาพที่ 3-5 แสดงอุปกรณ์ที่ผู้วิจัยได้เลือกมาใช้ในการทำชุดฝึก ซึ่งประกอบด้วย ไฟตัดหมอกซึ่งหลอดไฟเป็นหลอดไฟแบบ H3 มีความขนาด 55 W และไฟเก๋งที่มีสวิทช์ควบคุมการทำงาน 3 ตำแหน่ง คือ เปิด(On) ประตู(Door) และปิด(Off)



ภาพที่ 3-6 สายไฟฟ้ารถยนต์และฟิวส์แบบเสียบ

จากภาพที่ 3-6 แสดงอุปกรณ์ที่ผู้วิจัยได้เลือกมาใช้ในการทำชุดฝึกซึ่งประกอบด้วยสายไฟฟ้ารถยนต์ซึ่งได้เลือกสายไฟที่มีสีแตกต่างกัน เพื่อสามารถตรวจเช็คข้อผิดพลาดได้ง่ายเมื่อวงจรที่ต่อมีปัญหา และมีขนาดพื้นที่หน้าตัดที่แตกต่างกัน สำหรับฟิวส์ที่นำมาใช้เป็นฟิวส์ที่นิยมใช้กันมากในรถยนต์ปัจจุบันมีขนาด 10 A 15 A และ 30 A

ภาพที่ 3-7 แบตเตอรี่

จากภาพที่ 3-7 แสดงแบตเตอรี่แบบเปียกที่ผู้วิจัยเลือกนำมาใช้ซึ่งมีขนาด 12 V 70 Ah

2) ออกแบบวงจรระบบไฟแสงสว่างและระบบไฟสัญญาณ เมื่อจัดซื้ออุปกรณ์ระบบไฟแสงสว่างและไฟสัญญาณรถยนต์เรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบและศึกษาหลักการทำงานของอุปกรณ์

จากนั้นจึงออกแบบวงจรระบบไฟแสงสว่างและระบบไฟสัญญาณ การออกแบบวงจรคำนึงถึงความปลอดภัย และสอดคล้องกับวงจรที่มีใช้ในรถยนต์ปัจจุบัน โดยวงจรที่ได้ออกแบบดังแสดงในภาคผนวก ก

3.3.2 ออกแบบและสร้างโครงสร้างชุดฝึก การออกแบบโครงสร้างชุดฝึกระบบไฟแสงสว่างและไฟสัญญาณรถยนต์ ผู้วิจัยได้คำนึงถึงคุณลักษณะของโครงสร้างชุดฝึกดังนี้ คือ สร้างจากวัสดุที่เหมาะสม หาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาด มีความสะดวกในขณะฝึกปฏิบัติ มีขนาดที่เหมาะสมสำหรับยึดอุปกรณ์ระบบไฟแสงสว่างและไฟสัญญาณรถยนต์ และง่ายต่อการเคลื่อนย้าย ดังนั้นวัสดุที่ใช้ทำโครงสร้างชุดฝึกที่ผู้วิจัยเลือกใช้ประกอบด้วย เหล็กรูปพรรณ เหล็กแผ่น และอลูมิเนียมเส้นหน้าตัด นอกจากนี้โครงสร้างชุดฝึกได้มีการติดตั้งล้อเลื่อนเพื่อเพิ่มความสะดวกต่อการเคลื่อนย้ายและสามารถแยกชิ้นส่วนได้ โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วนด้วยกัน คือ ตู้เก็บอุปกรณ์และแผงยึดอุปกรณ์ระบบไฟแสงสว่างและไฟสัญญาณรถยนต์ รายละเอียดแบบโครงสร้างชุดฝึกระบบไฟแสงสว่างและไฟสัญญาณรถยนต์ ดังแสดงในภาคผนวก ข

3.3.3 ดำเนินการสร้างและทดสอบการทำงานชุดฝึก เมื่อออกแบบโครงสร้างชุดฝึกระบบไฟแสงสว่างและไฟสัญญาณรถยนต์เรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยดำเนินการจัดซื้อวัสดุ สร้างและทดสอบการทำงาน โดยลำดับขั้นตอนการสร้างดังแสดงในภาคผนวก ค

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ชุดฝึกระบบไฟแสงสว่างและไฟสัญญาณรถยนต์ที่ผู้วิจัยได้ออกแบบสร้างขึ้น ผู้วิจัยได้นำไปใช้ประกอบการเรียนการสอนวิชา 215-202 เทคโนโลยียานยนต์ 2(Automotive Technology II) สำหรับนักศึกษาชั้นปีที่ 2 ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บข้อมูลต่างๆ ดังนี้

1) ข้อมูลที่ได้จากการสอบถามนักศึกษาเกี่ยวกับระดับความพึงพอใจในด้านต่างๆ หลังจากได้ใช้ชุดฝึกประกอบการเรียนรายวิชาเทคโนโลยียานยนต์ 2(Automotive Technology II) ซึ่งผู้วิจัยได้ใช้แบบสอบถามที่สร้างขึ้น ดังแสดงในภาคผนวก จ สำหรับเก็บข้อมูล

2) เปรียบเทียบผลการทดสอบภาคปฏิบัติของนักศึกษาที่ใช้ชุดฝึกระบบไฟแสงสว่างและระบบไฟสัญญาณรถยนต์ที่ออกแบบและสร้างขึ้นใหม่(ภาคการศึกษา 2/2557)กับชุดฝึกแบบเก่า(ภาคการศึกษา 2/2556)

ภาพที่ 3-8 ขณะใช้ชุดฝึกประกอบการเรียนการสอน

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

การทำวิจัยครั้งนี้เป็นการออกแบบและสร้างชุดฝึกระบบไฟแสงสว่างและระบบไฟสัญญาณรถยนต์ เพื่อใช้ประกอบการจัดการเรียนการสอนวิชา 215-202 เทคโนโลยียานยนต์ 2(Automotive Technology II) ผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ ในด้านของค่าเฉลี่ย(Mean) และร้อยละ(Percentage) โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.5.1 ข้อมูลจากแบบสอบถาม

ระดับความพึงพอใจในด้านต่างๆ จากแบบสอบถาม ผู้วิจัยได้กำหนดหลักเกณฑ์การให้คะแนนระดับความคิดเห็นแบ่งออกเป็น 5 ระดับ ดังนี้

5 หมายถึง ระดับความพึงพอใจมากที่สุด

4 หมายถึง ระดับความพึงพอใจมาก

3 หมายถึง ระดับความพึงพอใจปานกลาง

2 หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อย

1 หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อยที่สุด

การวิเคราะห์ระดับความคิดเห็น ผู้วิจัยได้นำเทคนิคการวัดทัศนคติตามแนวคิดของ Likert Scale มาใช้ และได้กำหนดช่วงของค่าเฉลี่ยของคะแนนระดับความคิดเห็นดังนี้

$$\text{เนื่องจาก ความกว้างช่วงชั้น} = \frac{\text{คะแนนสูงสุด - คะแนนต่ำสุด}}{5} = \frac{5-1}{5} = 0.8$$

ดังนั้นช่วงของค่าเฉลี่ยของคะแนนระดับความคิดเห็นคือ

ค่าเฉลี่ยของคะแนน	ระดับความคิดเห็น
4.21 – 5.00	มากที่สุด
3.41 – 4.20	มาก
2.61 – 3.40	ปานกลาง
1.81 – 2.60	น้อย
1.00 – 1.80	น้อยที่สุด

ค่าเฉลี่ย(Mean) นำมาวิเคราะห์ข้อมูลในด้านต่างๆ ที่ได้จากการตอบแบบสอบถามของนักศึกษา ซึ่งสามารถหาได้จากสูตร

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N} \qquad (3\text{-}1)$$

เมื่อ $\bar{X}$ คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูล

$\sum X$ คือ ผลรวมคะแนนระดับความพึงพอใจ

N คือ จำนวนผู้ตอบแบบสอบถาม

3.5.2 การเปรียบเทียบผลการทดสอบปฏิบัติ

ผู้วิจัยนำค่าสถิติร้อยละ(Percentage) มาวิเคราะห์ผลการทดสอบภาคปฏิบัติของนักศึกษาที่ใช้ชุดฝึกระบบไฟแสงสว่างและระบบไฟสัญญาณรถยนต์ที่ออกแบบและสร้างขึ้นใหม่เทียบกับชุดฝึกแบบเก่า โดยสามารถหาได้จากสูตร

$$\text{ร้อยละ} = \frac{\text{ผลต่างคะแนนเฉลี่ยการทดสอบปฏิบัติ}}{\text{คะแนนเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบด้วยชุดฝึกทีออกแบบและสร้างขึ้น}} \times 100 \qquad (3\text{-}2)$$

บทที่ 4
ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างชุดฝึกระบบไฟแสงสว่างและระบบไฟสัญญาณรถยนต์ สำหรับนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอนวิชา 215-202 เทคโนโลยียานยนต์ 2(Automotive Technology II) จากการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการตอบแบบสอบถาม ของนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนวิชา 215-202 เทคโนโลยียานยนต์ 2(Automotive Technology II) ประจำภาคการศึกษาที่ 2/2557 จำนวน 80 คน ผู้วิจัยนำมาวิเคราะห์ผลในหัวข้อต่างๆ ดังนี้

4.1 ผลการประเมินคุณภาพชุดฝึกในด้านต่างๆ

4.1.1 ด้านการออกแบบชุดฝึก

ตารางที่ 4-1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบประเมินคุณภาพชุดฝึกระบบไฟแสงสว่างและไฟสัญญาณรถยนต์ด้านการออกแบบชุดฝึก

หัวข้อประเมิน	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	ระดับความพึงพอใจ
1. ชุดฝึกมีขนาดที่เหมาะสม	4.53	มากที่สุด
2. ความปลอดภัยในการใช้ขณะฝึกปฏิบัติ	4.50	มากที่สุด
3. ความเหมาะสมของการจัดตำแหน่งอุปกรณ์ต่างๆ บนชุดฝึก	4.48	มากที่สุด
4. ความแข็งแรงของชุดฝึก	4.43	มากที่สุด
5. ความสะดวกในการเคลื่อนย้ายและจัดเก็บ	4.28	มากที่สุด
6. ความสะดวกในการติดตั้งและถอดเก็บเมื่อเสร็จการฝึกปฏิบัติ	4.38	มากที่สุด
7. วัสดุที่ใช้ในการสร้างชุดฝึกมีความเหมาะสม	4.54	มากที่สุด
โดยภาพรวม	4.44	มากที่สุด

จากตารางที่ 4-1 พบว่าระดับความพึงพอใจด้านการออกแบบชุดฝึกโดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ =4.44) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่าระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุดทุกข้อ โดยข้อที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด คือ วัสดุที่ใช้ในการสร้างชุดฝึกมีความเหมาะสม($\bar{x}$ =4.54) รองลงมาคือ ชุดฝึกมีขนาดที่เหมาะสม ($\bar{x}$ =4.53) ความปลอดภัยในการใช้ขณะฝึกปฏิบัติ($\bar{x}$ =4.50) ความเหมาะสมของการจัดตำแหน่งอุปกรณ์ต่างๆ บนชุดฝึก($\bar{x}$ =4.48) ความแข็งแรงของชุดฝึก($\bar{x}$ =4.43) ความสะดวกในการติดตั้งและถอดเก็บเมื่อเสร็จการฝึกปฏิบัติ($\bar{x}$ =4.38) และความสะดวกในการเคลื่อนย้ายและจัดเก็บ($\bar{x}$ =4.28) ตามลำดับ

4.1.2 ด้านประสิทธิภาพการสอน

ตารางที่ 4-2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบประเมินคุณภาพชุดฝึกระบบไฟแสงสว่างและไฟสัญญาณรถยนต์ด้านประสิทธิภาพการสอน

หัวข้อประเมิน	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	ระดับความพึงพอใจ
1. ความเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน	4.50	มากที่สุด
2. ความสะดวกในการเตรียมอุปกรณ์การสอน	4.48	มากที่สุด
3. ความสะดวกในการดำเนินการสอน	4.58	มากที่สุด
4. ชุดฝึกก่อให้เกิดแรงจูงใจในการเรียน	4.43	มากที่สุด
5. ชุดฝึกมีความสัมพันธ์กับใบงาน	4.49	มากที่สุด
6. ชุดฝึกให้ประสบการณ์ในการเรียนรู้	4.50	มากที่สุด
7. คุณค่าทางวิชาการที่ได้รับจากการใช้ชุดฝึก	4.49	มากที่สุด
8. ครอบคลุมวัตถุประสงค์ของการฝึกปฏิบัติ	4.53	มากที่สุด
โดยภาพรวม	4.50	มากที่สุด

จากตารางที่ 4-2 พบว่าระดับความพึงพอใจด้านประสิทธิภาพการสอนโดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด($\bar{x}$ =4.50) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่าระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุดทุกข้อ โดยข้อที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด คือ ความสะดวกในการดำเนินการสอน($\bar{x}$ =4.58) รองลงมาคือ ครอบคลุมวัตถุประสงค์ของการฝึกปฏิบัติ($\bar{x}$ =4.53) ความเหมาะสมกับระดับของผู้เรียนและชุดฝึกให้ประสบการณ์ในการเรียนรู้($\bar{x}$ =4.50) ชุดฝึกมีความสัมพันธ์กับใบงานและคุณค่าทางวิชาการที่ได้รับจากการใช้ชุดฝึก($\bar{x}$ =4.49) ความสะดวกในการเตรียมอุปกรณ์การสอน($\bar{x}$ =4.48) และชุดฝึกก่อให้เกิดแรงจูงใจในการเรียน($\bar{x}$ =4.43) ตามลำดับ

4.1.3 ด้านเอกสารประกอบการเรียนการสอนภาคปฏิบัติ

ตารางที่ 4-3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบประเมินคุณภาพชุดฝึกระบบไฟแสงสว่างและไฟสัญญาณรถยนต์ด้านเอกสารประกอบการเรียนการสอน

หัวข้อประเมิน	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	ระดับความพึงพอใจ
1. ใบเนื้อหาสอดคล้องกับวัตถุประสงค์	4.50	มากที่สุด
2. เรียงลำดับเนื้อหาได้อย่างเหมาะสมและเข้าใจง่าย	4.36	มากที่สุด
3. ศึกษาทำความเข้าใจได้ง่าย	4.38	มากที่สุด
4. ใบงานสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การฝึกปฏิบัติ	4.48	มากที่สุด
5. ข้อความในใบงานอ่านเข้าใจง่าย	4.46	มากที่สุด
6. คำถามที่ใช้มีความชัดเจน	4.45	มากที่สุด
7. คำตอบมีเป้าหมายชัดเจน	4.46	มากที่สุด
8. เวลาในการฝึกปฏิบัติแต่ละใบงานมีความเหมาะสม	4.34	มากที่สุด
โดยภาพรวม	4.43	มากที่สุด

จากตารางที่ 4-3 พบว่าระดับความพึงพอใจด้านเอกสารประกอบการเรียนการสอนภาคปฏิบัติโดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด($\bar{x}$ =4.43) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่าระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุดทุกข้อ โดยข้อที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด คือ ใบเนื้อหาสอดคล้องกับวัตถุประสงค์($\bar{x}$ =4.50) รองลงมาคือ ใบงานสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การฝึกปฏิบัติ($\bar{x}$ =4.48) ข้อความในใบงานอ่านเข้าใจง่ายและคำตอบมีเป้าหมายชัดเจน($\bar{x}$ =4.46) คำถามที่ใช้มีความชัดเจน($\bar{x}$ =4.45) ศึกษาทำความเข้าใจได้ง่าย($\bar{x}$ =4.38) เรียงลำดับเนื้อหาได้อย่างเหมาะสมและเข้าใจง่าย($\bar{x}$ =4.36) และเวลาในการฝึกปฏิบัติแต่ละใบงานมีความเหมาะสม($\bar{x}$ =4.34) ตามลำดับ

4.1.4 ผลการประเมินโดยภาพรวมของชุดฝึกระบบไฟแสงสว่างและไฟสัญญาณรถยนต์

ตารางที่ 4-4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบประเมินคุณภาพชุดฝึกระบบไฟแสงสว่างและไฟสัญญาณรถยนต์โดยภาพรวม

ด้านที่ประเมิน	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	ระดับความพึงพอใจ
1. ด้านการออกแบบชุดฝึก	4.44	มากที่สุด
2. ด้านประสิทธิภาพทางการสอน	4.50	มากที่สุด
3. ด้านเอกสารประกอบการเรียนการสอนภาคปฏิบัติ	4.43	มากที่สุด
โดยภาพรวม	4.46	มากที่สุด

จากตารางที่ 4-4 พบว่าชุดฝึกระบบไฟแสงสว่างและไฟสัญญาณรถยนต์ที่สร้างขึ้น โดยภาพรวมของผู้ตอบแบบสอบถามมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด($\bar{x}$ =4.46) เมื่อพิจารณาแต่ละด้านพบว่าทุกด้านมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุดเช่นกัน โดยด้านประสิทธิภาพทางการสอนมีค่าเฉลี่ยมากที่สุด($\bar{x}$ =4.50) รองลงมาคือ ด้านการออกแบบชุดฝึก($\bar{x}$ =4.44) และด้านเอกสารประกอบการเรียนการสอนภาคปฏิบัติ($\bar{x}$ =4.43) ตามลำดับ

4.2 เปรียบเทียบผลการสอบภาคปฏิบัติ

ตารางที่ 4-5 ผลการสอบภาคปฏิบัติของนักศึกษาระหว่างใช้ชุดฝึกระบบไฟแสงสว่างและไฟสัญญาณรถยนต์ที่ออกแบบและสร้างขึ้นใหม่กับชุดฝึกแบบเก่า

ภาคการศึกษา	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ยที่ได้	% ความแตกต่างคะแนนเฉลี่ย
2/2556	20	13.30	13.52
2/2557	20	15.38	

จากตารางที่ 4-5 พบว่าผลการสอบภาคปฏิบัติของนักศึกษาที่ใช้ชุดฝึกระบบไฟแสงสว่างและไฟสัญญาณรถยนต์ที่ออกแบบและสร้างขึ้นใหม่มีคะแนนเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นมากกว่าใช้ชุดฝึกแบบเก่าคิดเป็นร้อยละ 13.52

บทที่ 5
สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

โครงการวิจัยนี้เป็นออกแบบและสร้างชุดฝึกระบบไฟแสงสว่างและระบบไฟสัญญาณรถยนต์สำหรับนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอนวิชา 215-202 เทคโนโลยียานยนต์ 2(Automotive Technology II) จากการทำวิจัยสามารถนำมาสรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะได้ดังนี้

5.1 สรุปผล

เมื่อนำข้อมูลจากการตอบแบบสอบถามของนักศึกษาจำนวน 80 คน มาวิเคราะห์ โดยภาพรวมพบว่านักศึกษามีความพึงพอใจต่อชุดฝึกระบบไฟแสงสว่างและระบบไฟสัญญาณรถยนต์ที่ผู้วิจัยได้ออกแบบและสร้างขึ้นในระดับมากที่สุด($\bar{x}$ =4.46) เมื่อพิจารณาทั้ง 3 ด้าน คือ ด้านการออกแบบชุดฝึก ด้านประสิทธิภาพทางการสอน และด้านเอกสารประกอบการเรียนการสอนภาคปฏิบัติ พบว่าทุกด้านมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุดเช่นกัน ด้านประสิทธิภาพทางการสอนมีค่าเฉลี่ยมากที่สุด($\bar{x}$ =4.50) รองลงมาคือ ด้านการออกแบบชุดฝึก($\bar{x}$ =4.44) และด้านเอกสารประกอบการเรียนการสอนภาคปฏิบัติ($\bar{x}$ =4.43) ตามลำดับ

ผลการสอบภาคปฏิบัติของนักศึกษาเมื่อนำมาเปรียบเทียบจะพบว่ากลุ่มนักศึกษาที่ทดสอบด้วยชุดฝึกระบบไฟแสงสว่างและไฟสัญญาณรถยนต์ที่ออกแบบและสร้างขึ้นใหม่ได้คะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มที่ทดสอบโดยใช้ชุดฝึกแบบเก่าคิดเป็นร้อยละ 13.52

5.2 อภิปรายผล

จากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าระดับความคิดเห็นของนักศึกษาที่มีต่อชุดฝึกทั้ง 3 ด้าน คือ ด้านการออกแบบชุดฝึก ด้านประสิทธิภาพทางการสอน และด้านเอกสารประกอบการเรียนการสอนภาคปฏิบัติอยู่ในระดับมากที่สุด ทั้งนี้อาจเนื่องจากชุดฝึกระบบไฟแสงสว่างและระบบไฟสัญณาณรถยนต์ที่ออกแบบและสร้างขึ้นมามีความน่าสนใจมากขึ้น เช่น อุปกรณ์ต่างๆ ที่นำมาใช้สำหรับฝึกปฏิบัติมีความทันสมัย รูปแบบการออกแบบโครงสร้างชุดฝึกที่เหมาะสม เป็นต้น เมื่อนำมาใช้ประกอบการเรียนการสอนโดยมีเอกสารประกอบการสอนที่สอดคล้องกับชุดฝึกทำให้ผู้เรียนสามารถฝึกปฏิบัติได้ด้วยตนเอง อีกทั้งผู้สอนได้นำวิธีการสอนแบบสาธิต จึงทำให้ผู้เรียนเห็นขั้นตอนการปฏิบัติได้อย่างชัดเจนยิ่งขึ้น ทำให้ผลการประเมินชุดฝึกโดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด

สำหรับผลการสอบภาคปฏิบัติเมื่อเปรียบเทียบระหว่างการใช้ชุดฝึกระบบไฟแสงสว่างและไฟสัญญาณรถยนต์ที่ออกแบบและสร้างขึ้นใหม่กับชุดฝึกแบบเก่าทดสอบ พบว่าคะแนนเฉลี่ยที่ได้เพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากชุดฝึกระบบไฟแสงสว่างและระบบไฟสัญญาณรถยนต์ที่ออกแบบและสร้างขึ้นใหม่นี้มีเอกสารประกอบการฝึกปฏิบัติที่ทำความเข้าใจได้ง่าย ผู้เรียนสามารถศึกษาและฝึกปฏิบัติได้ด้วยตนเอง อีกทั้งชุดฝึกมีอุปกรณ์และส่วนประกอบที่น่าสนใจ

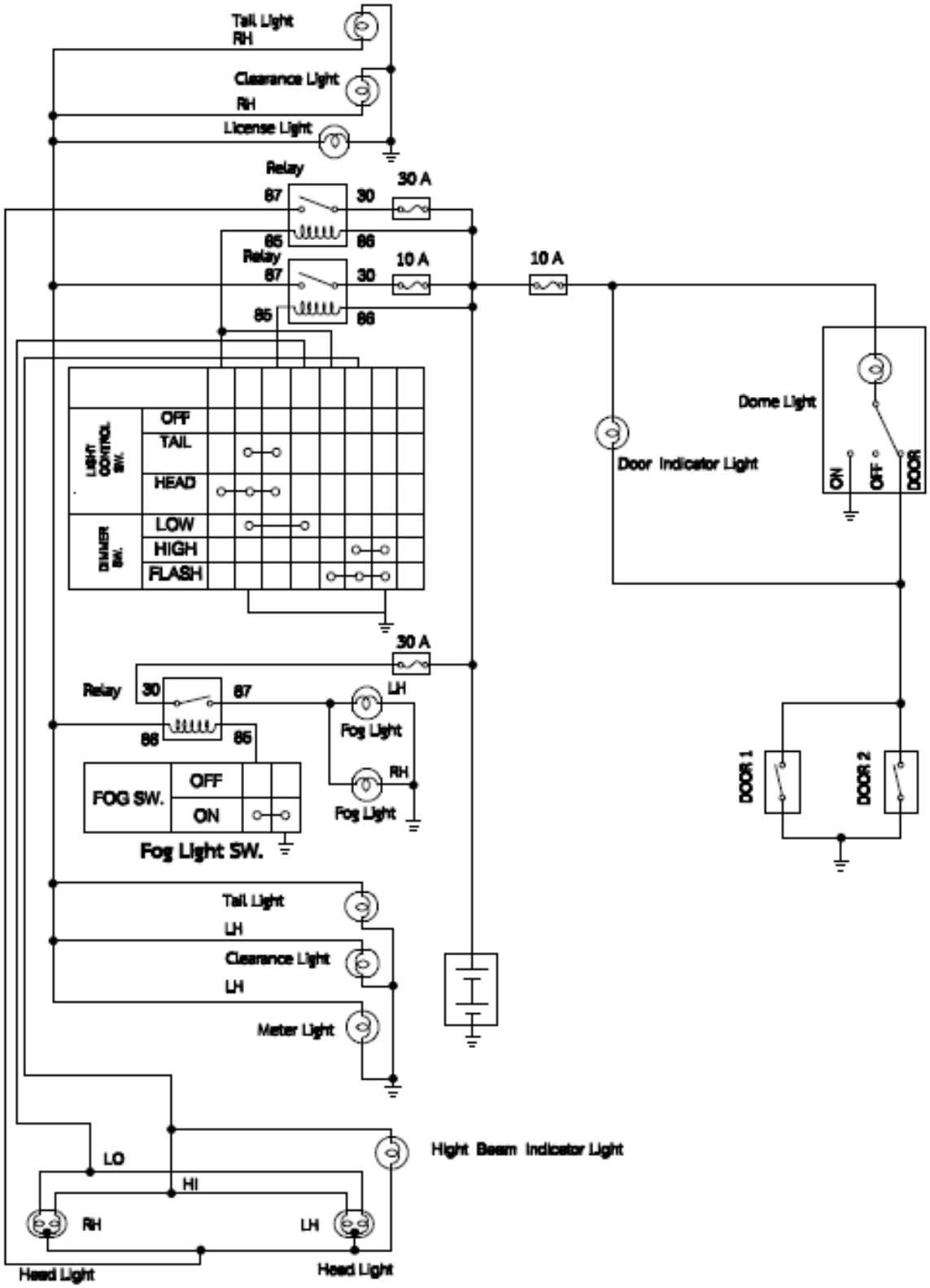
5.3 ข้อเสนอแนะ

การออกแบบและสร้างชุดฝึกระบบไฟแสงสว่างและระบบไฟสัญญาณรถยนต์ วัสดุและอุปกรณ์ที่ผู้วิจัยได้เลือกและนำมาใช้กับชุดฝึกนั้นมีการใช้งานจริงในรถยนต์ปัจจุบัน เพื่อต้องการให้ผู้เรียนได้เกิดการเรียนรู้ที่เท่าทันกับเทคโนโลยี แต่ในการทำวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยมีแนวความคิดว่าแบตเตอรี่ที่นำมาใช้เพื่อเป็นแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ต่างๆ ในชุดฝึกนั้นควรปรับเปลี่ยนจากแบตเตอรี่รถยนต์มาเป็น Power Supply ที่สามารถแปลงแรงดันไฟฟ้าจาก 220 VAC เป็น 12 VDC และจ่ายกระแสไฟฟ้าได้เพียงพอกับอุปกรณ์ในขณะฝึกปฏิบัติ เหตุผลเนื่องจากว่าแบตเตอรี่ที่ใช้กับชุดฝึกนั้นไม่ได้ใช้งานบ่อยมากนักเหมือนกับในรถยนต์จริง ส่งผลให้แบตเตอรี่อาจจะมีอายุการใช้งานที่สั้นลง และผู้ใช้งานต้องตรวจเช็คแบตเตอรี่อยู่บ่อยๆ เพื่อลดปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีข้อเสนอแนะว่าควรนำ Power Supply ที่มีคุณสมบัติดังกล่าวมาใช้แทนแบตเตอรี่รถยนต์ที่ใช้กับชุดฝึกนี้

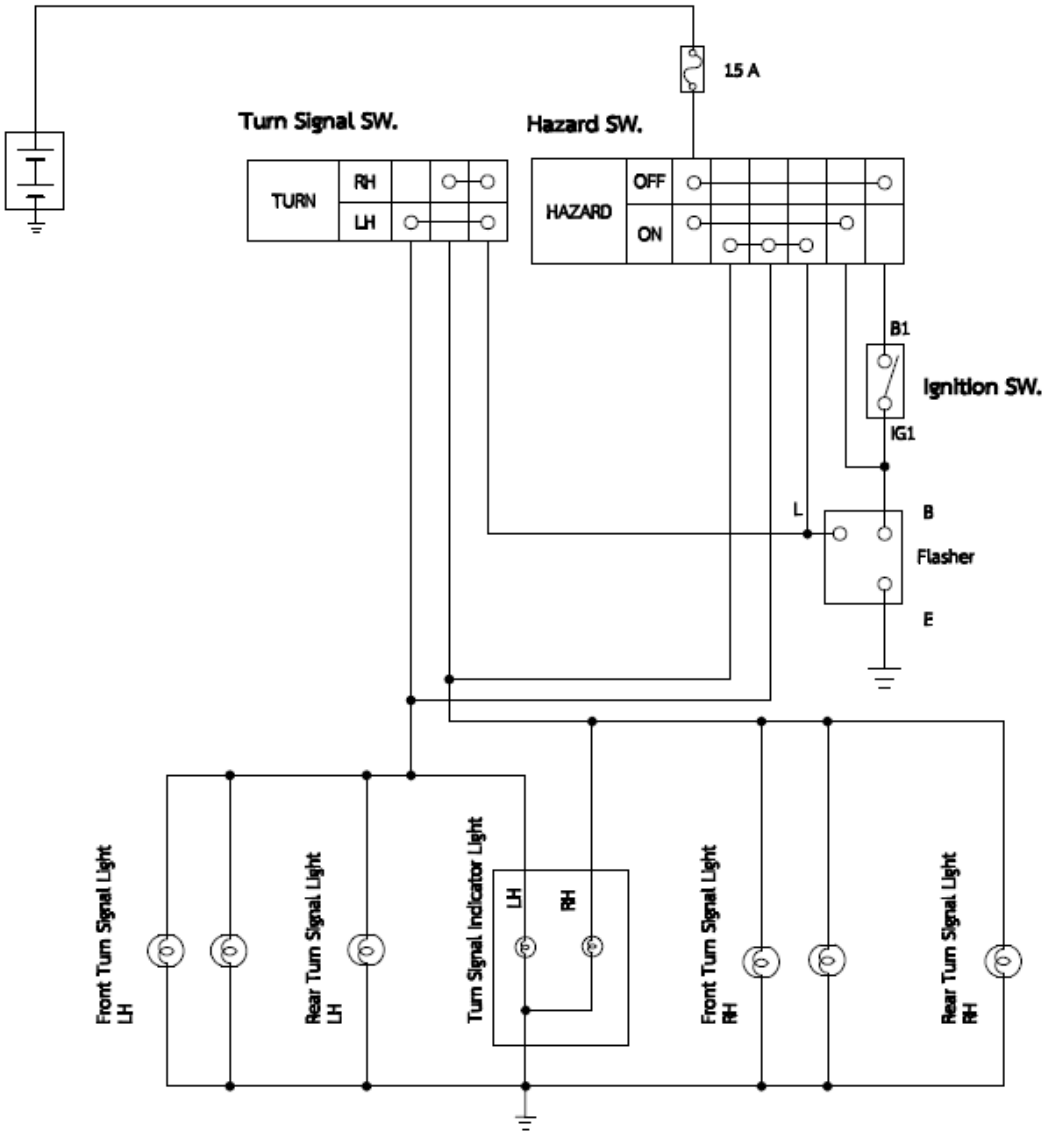
บรรณานุกรม

1. บุญธรรม ภัทราจารุกุล และประสานพงษ์ หาเรือนชีพ.(2544). **ทฤษฎีและปฏิบัติไฟฟ้ารถยนต์**.กรุงเทพฯ: บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด(มหาชน)
2. สุจิตต์ สนองคุณ.(2542). **ไฟฟ้ารถยนต์(Automotive Electrical).**(พิมพ์ครั้งที่ 1).กรุงเทพฯ: เม็ดทรายพริ้นติ้ง
3. Hollembeak, B.(2007).Automotive Electriccity & Electronics.(4th ed.).USA: Delmar Cengage Learning.
4. อุปกรณ์พื้นฐานทางไฟฟ้ารถยนต์. สืบค้นเมื่อวันที่ 5 กันยายน 2556 .เวปไซด์: http://www.chontech.ac.th/~auto/work/ugrit/Electromotive.
5. วิชางานไฟฟ้ารถยนต์. สืบค้นเมื่อวันที่ 8 กันยายน 2556. เวปไซด์: http://www.chontech.ac.th/~auto/work/ugrit/Electromotive/Elec.html.
6. ไฟฟ้าตัวถัง ส่วนประกอบของไฟฟ้าตัวถัง. สืบค้นเมื่อวันที่ 11 กันยายน 2556. เวปไซด์: http://www.loeitech.ac.th/~chatchawan/Manual/ToyotaTechI.
7. ฟิวส์รถยนต์. สืบค้นเมื่อวันที่ 11 กันยายน 2556. เวปไซด์: http://www.techniccar.com.
8. เหล็กรูปพรรณ. สืบค้นเมื่อวันที่ 25 ตุลาคม 2556. เวปไซด์: http://www.spwiremesh.com/product.
9. Siam Yamato Steel Co.,Ltd. สืบค้นเมื่อวันที่ 25 ตุลาคม 2556. เวปไซด์: http://www.siamyamato.com/steel_issue.html
10. ความรู้พื้นฐานทางวิศวกรรม. สืบค้นเมื่อวันที่ 25 ตุลาคม 2556. เวปไซด์: http://engineerknowledge.blogspot.com.
11. อลูมินียมเส้นหน้าตัด. สืบค้นเมื่อวันที่ 25 ตุลาคม 2556. เวปไซด์: http://www.mtaluminium.com/products.

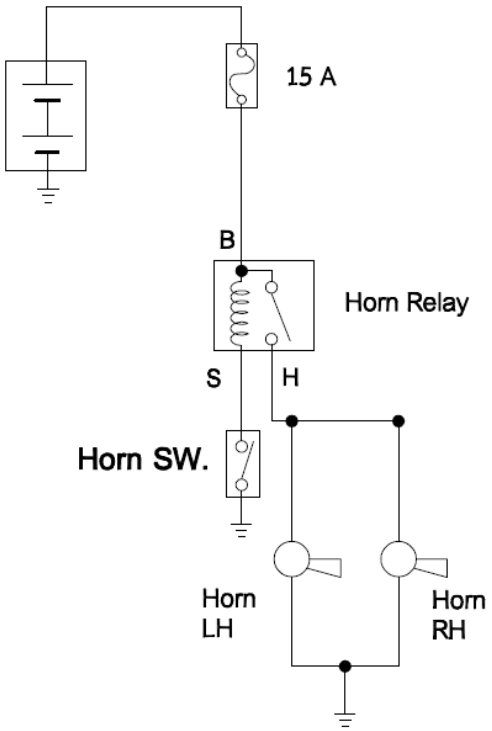
ภาคผนวก ก
วงจรระบบไฟแสงสว่างและระบบไฟสัญญาณ



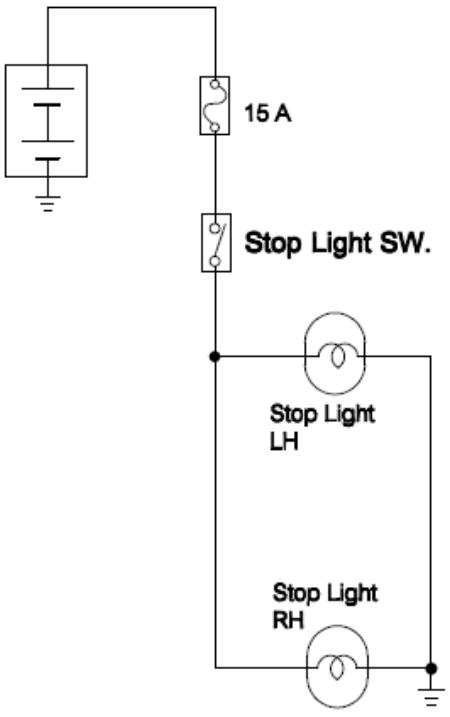
ภาพที่ ก-1 วงจรไฟฟ้าแสงสว่าง



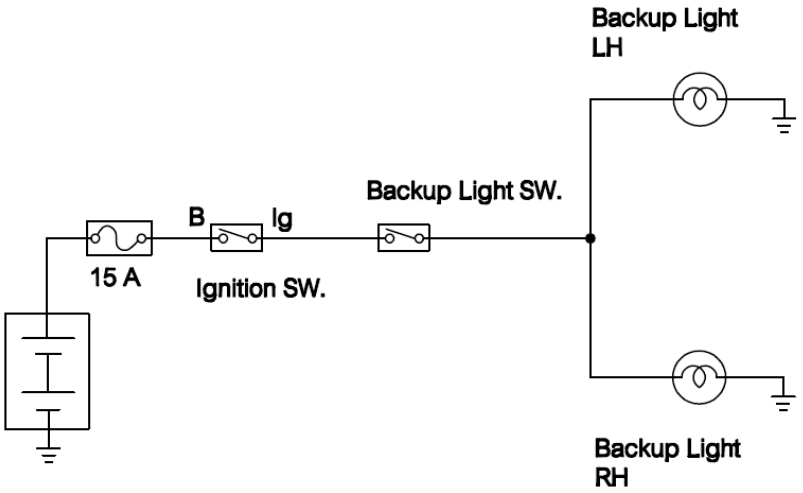
ภาพที่ ก-2 วงจรไฟเลี้ยว-ไฟฉุกเฉิน



ภาพที่ ก-3 วงจรแตร

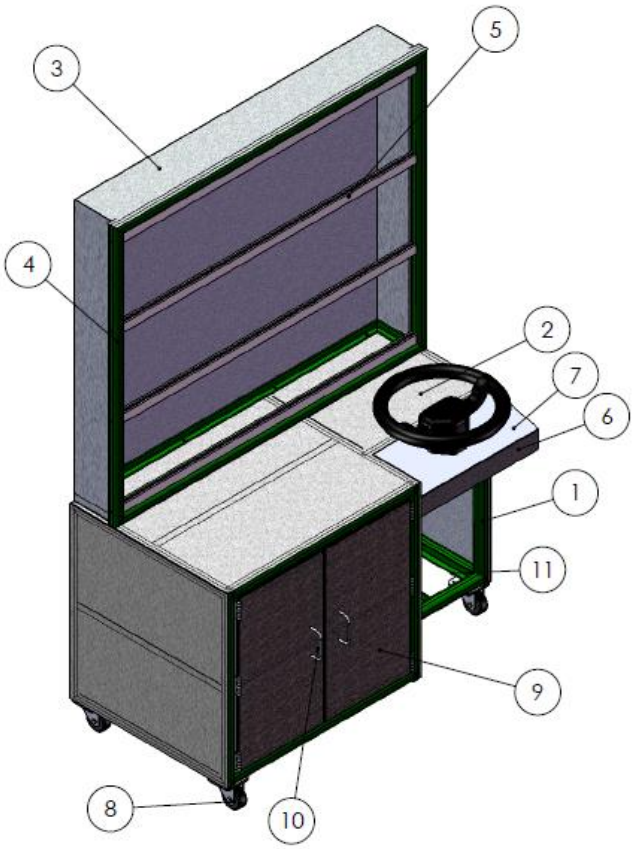


ภาพที่ ก-4 วงจรไฟเบรก



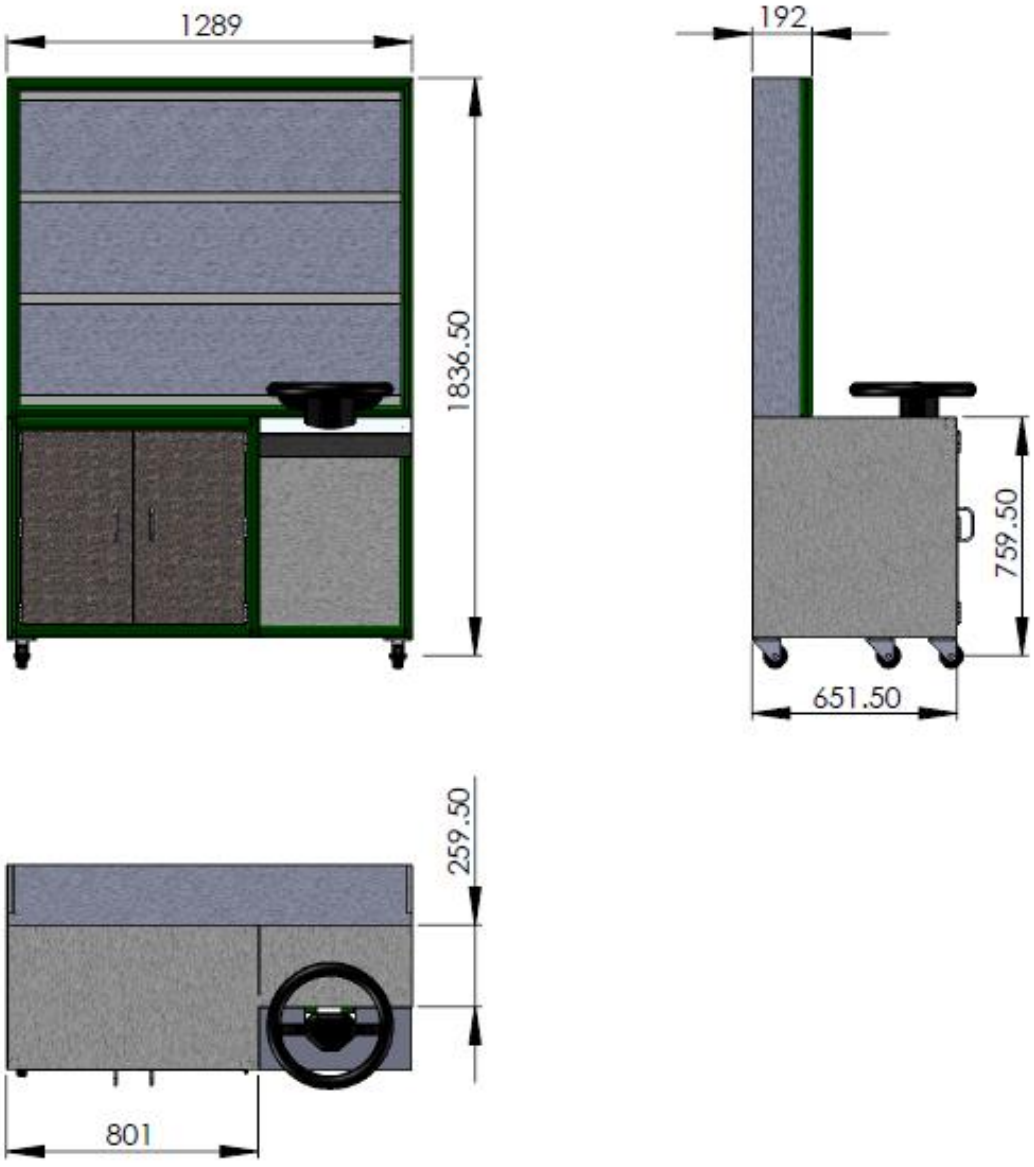
ภาพที่ ก-5 วงจรไฟถอยหลัง

ภาคผนวก ข
แบบโครงสร้างชุดฝึกระบบไฟแสงสว่างและไฟสัญญาณรถยนต์

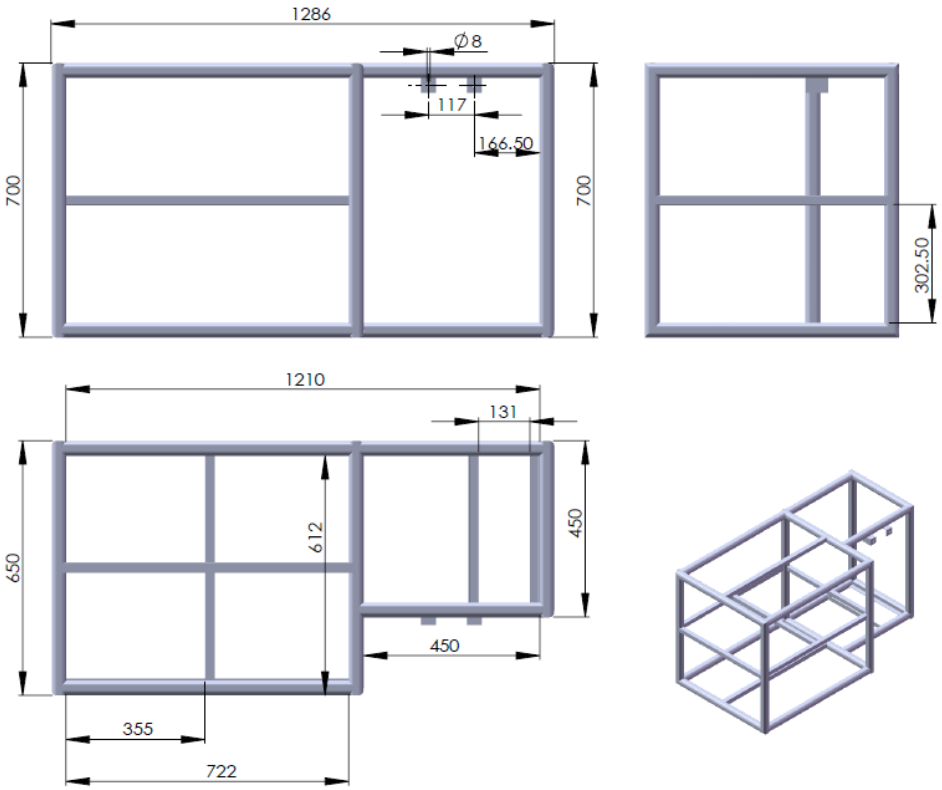


11	หน้าแปลนล้อเลื่อน	เหล็กแผ่น หนา 6mm
10	มือจับ	มือจับสแตนเลสสำเร็จรูป
9	ประตูตู้เก็บอุปกรณ์	เหล็กแผ่นหนา 1.5 mm เหล็กแป๊บขนาด 3/4 x 3/4 in หนา 1.5 mm
8	ล้อเลื่อน	ล้อไนลอน ขนาด Ø 3 in
7	แผ่นยึดขั้วสวิทช์ต่างๆ	แผ่นพีวีซี หนา 5 mm
6	โครงยึดแผ่นยึดขั้วสวิทช์ต่างๆ	แผ่นซิงค์ หนา 1 mm
5	รางสำหรับวางอุปกรณ์ไฟฟ้ารถยนต์	อลูมิเนียมรูปตัว H สำเร็จรูป(สีขาว)
4	โครงสร้างแผงติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้า	เหล็กฉาก ขนาด 1/8 x 1 in
3	ผนังแผงติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้า	แผ่นซิงค์ หนา 1 mm
2	ผนังตู้สำหรับเก็บอุปกรณ์	เหล็กแผ่น หนา 1.5 mm
1	โครงสร้างตู้ชุดฝึก	เหล็กแป๊บขนาด 1.5 x 1.5 in หนา 2.3 mm เหล็กแป๊บขนาด 1 x 1 in หนา 1.5 mm
หมายเลข	**รายการ**	**วัสดุ/ขนาด**
มาตราส่วน 1:15	**ชื่อชิ้นงาน** โครงสร้างชุดฝึกระบบไฟแสงสว่างและไฟสัญญาณรถยนต์ **ผู้เขียน** นายบุญสม จันทร์ทอง	ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

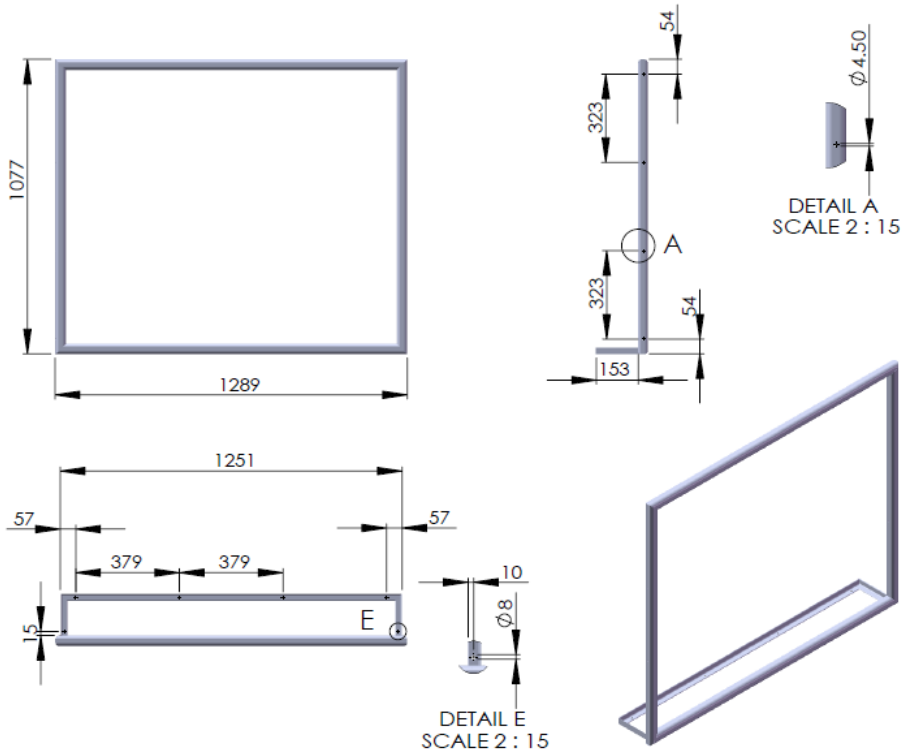
ภาพที่ ข-1 ภาพประกอบโครงสร้างชุดฝึกระบบไฟแสงสว่างและระบบไฟสัญญาณ



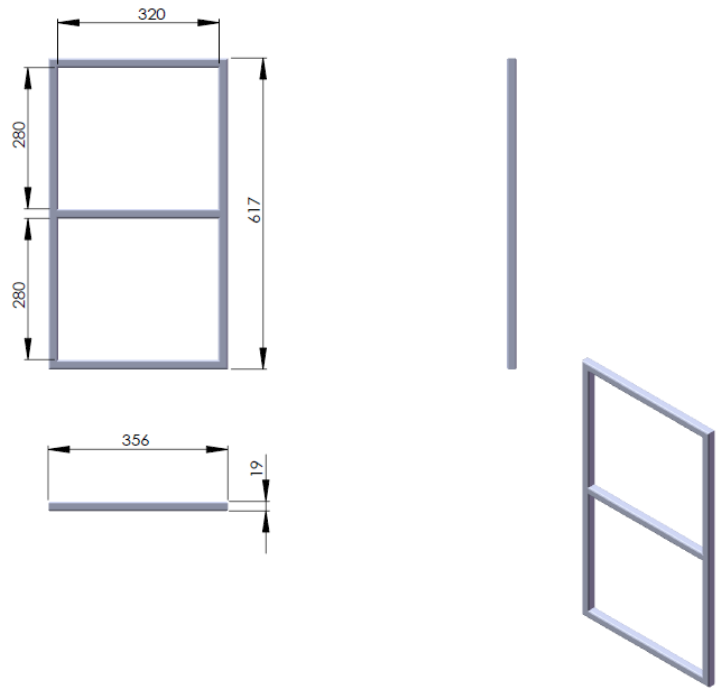
ภาพที่ ข-2 ขนาดของชุดฝึกระบบไฟแสงสว่างและระบบไฟสัญญาณ



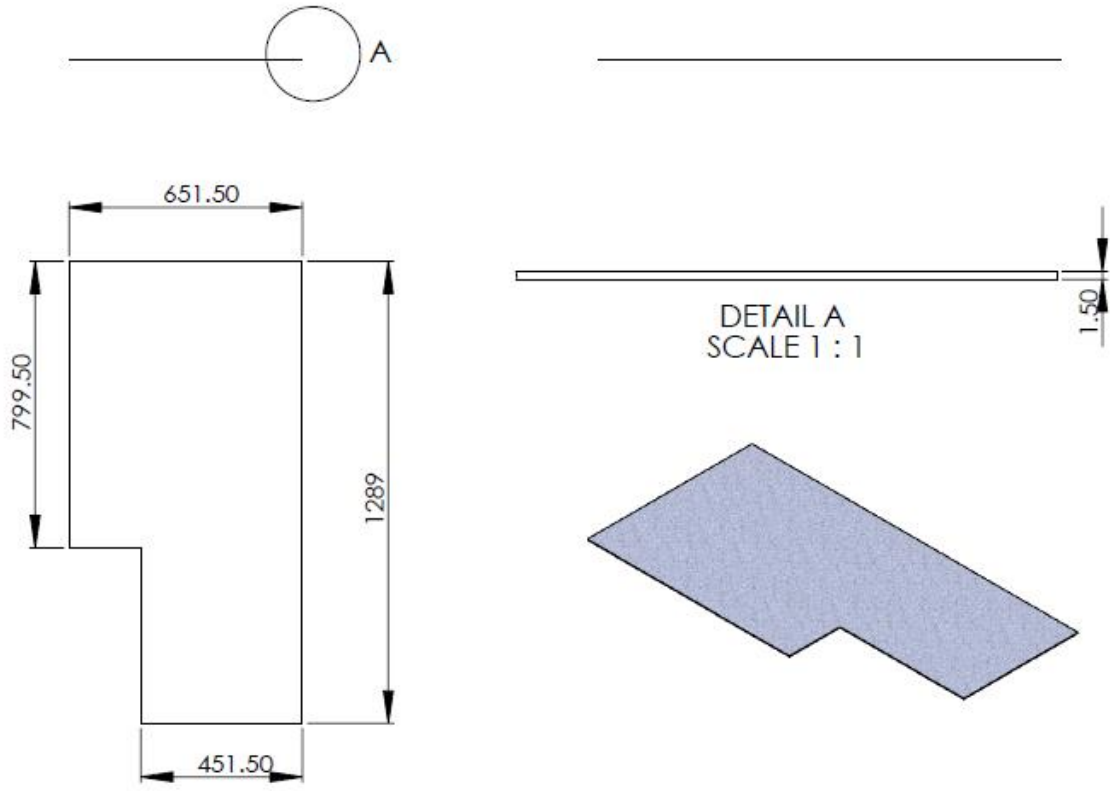
ภาพที่ ข-3 โครงสร้างตู้ชุดฝึกระบบไฟแสงสว่างและระบบไฟสัญญาณ



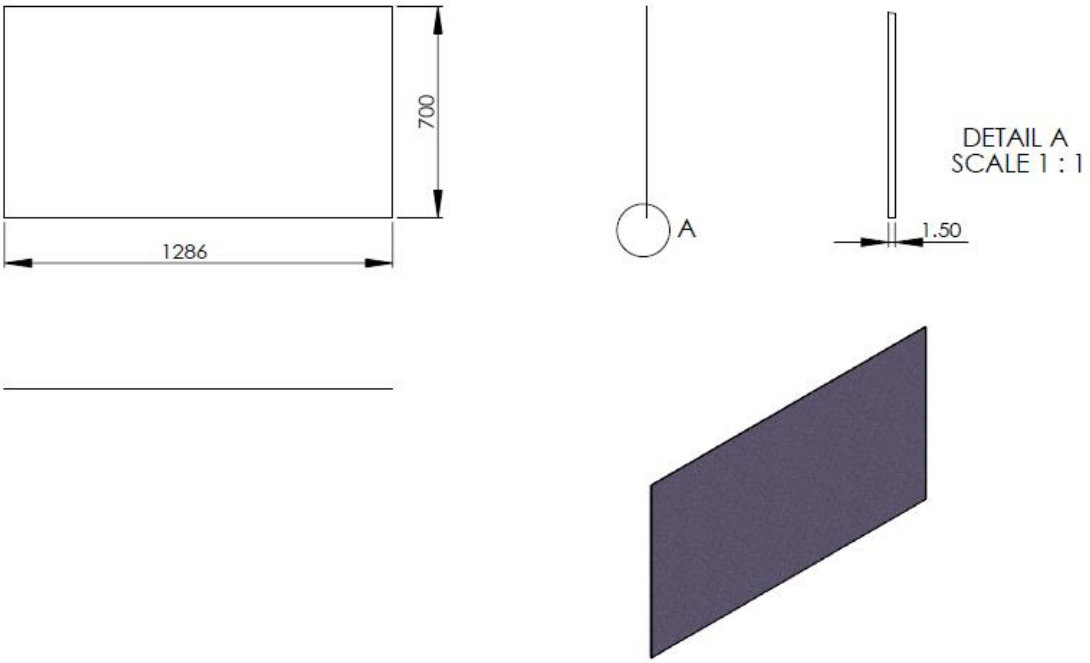
ภาพที่ ข-4 โครงสร้างแผงติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้า



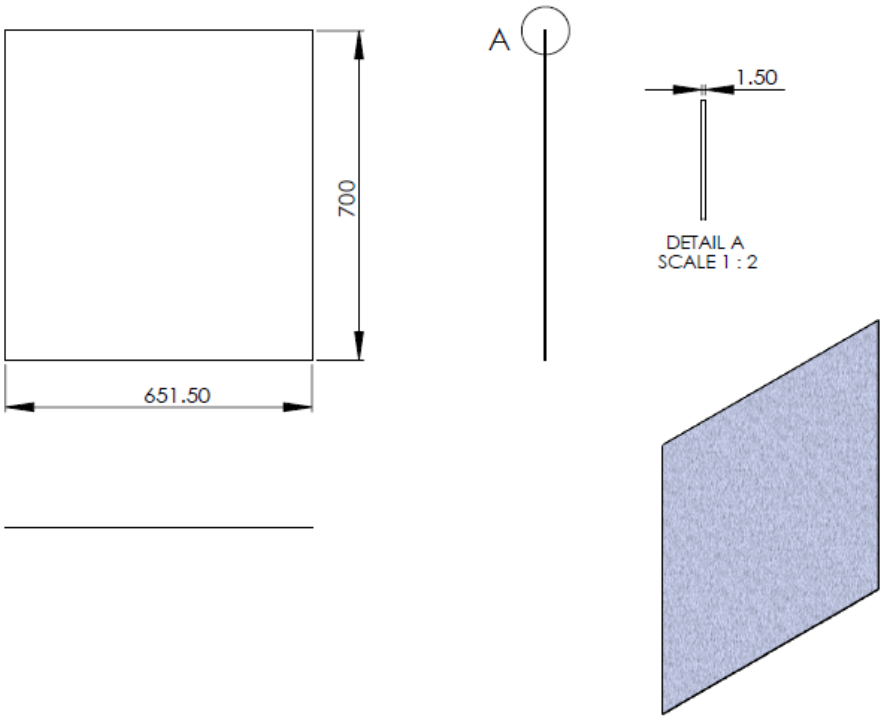
ภาพที่ ข-5 โครงสร้างประตูตู้ชุดฝึก



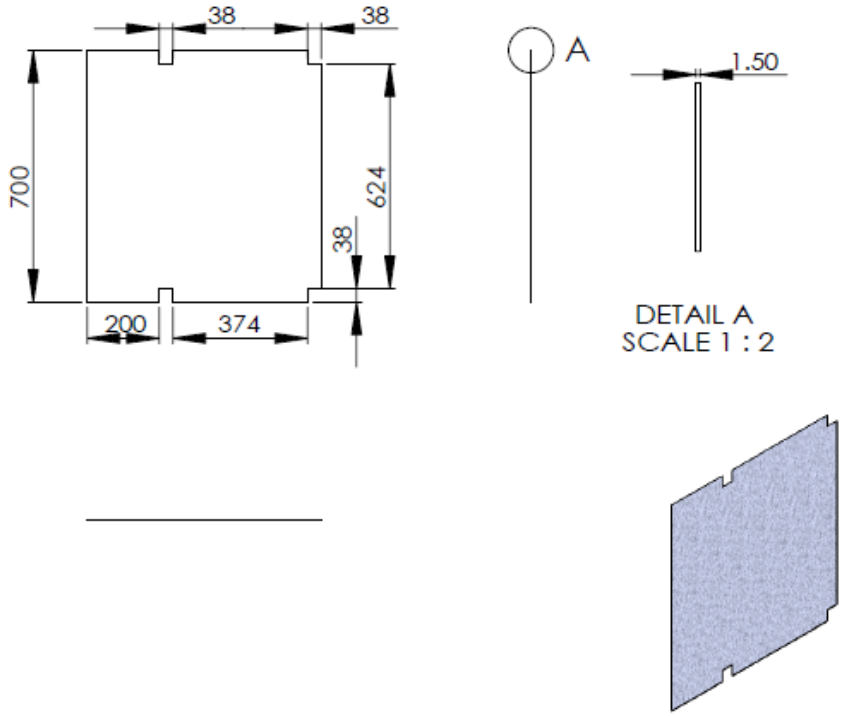
ภาพที่ ข-6 ผนังตู้สำหรับเก็บอุปกรณ์(ด้านบน)



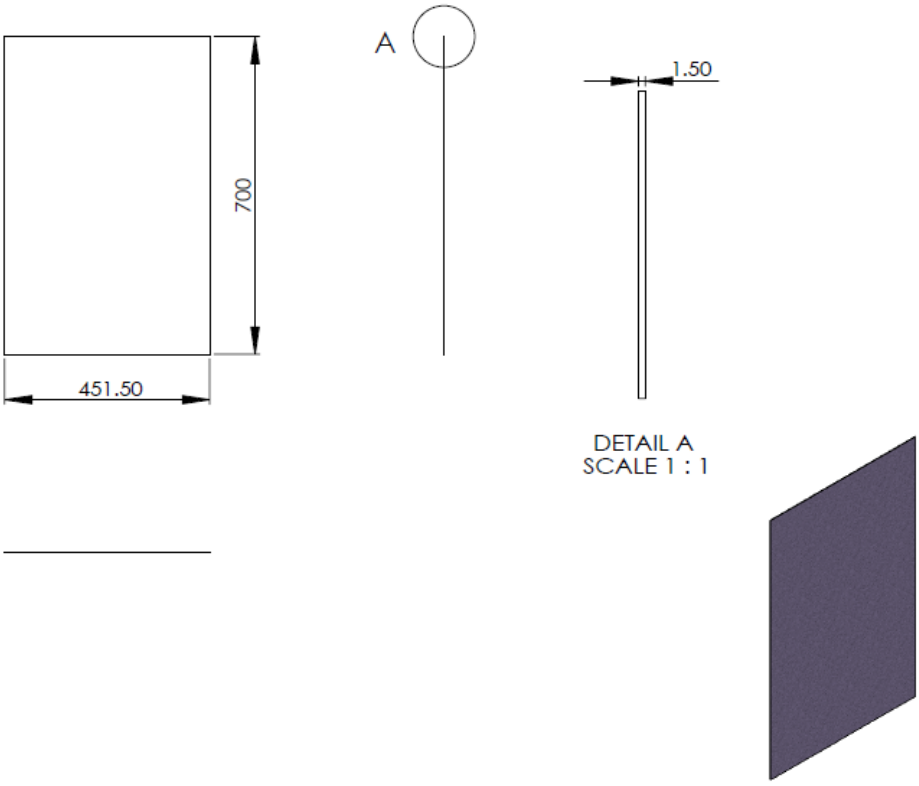
ภาพที่ ข-7 ผนังตู้สำหรับเก็บอุปกรณ์(ด้านหลัง)



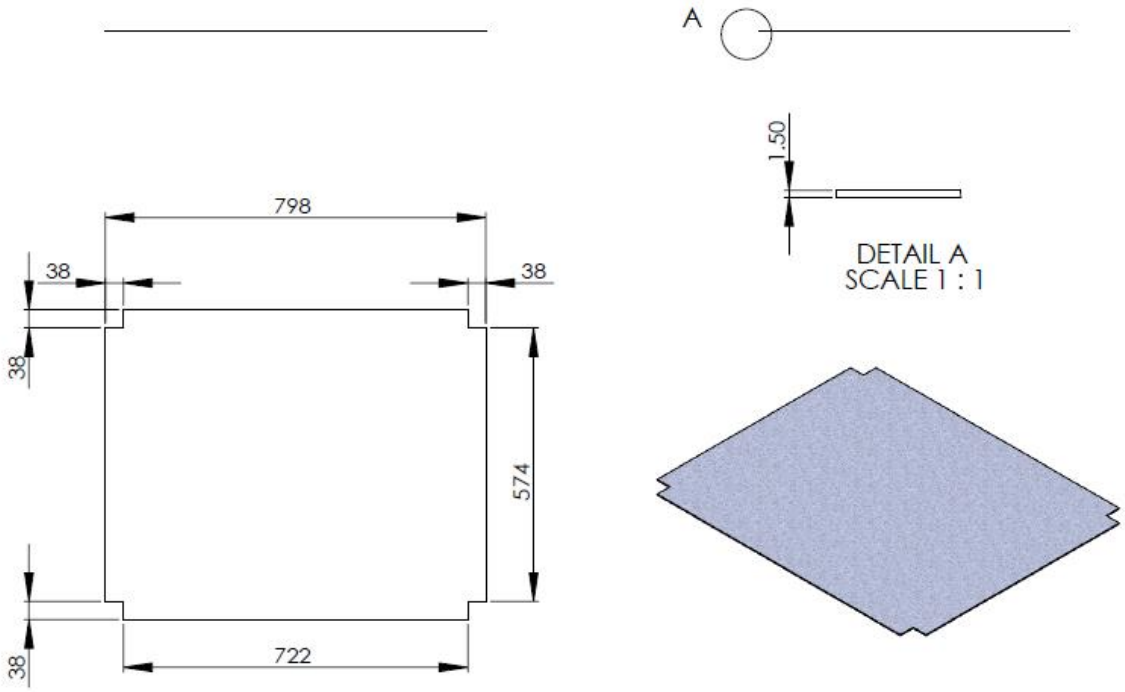
ภาพที่ ข-8 ผนังตู้สำหรับเก็บอุปกรณ์(ด้านซ้าย)



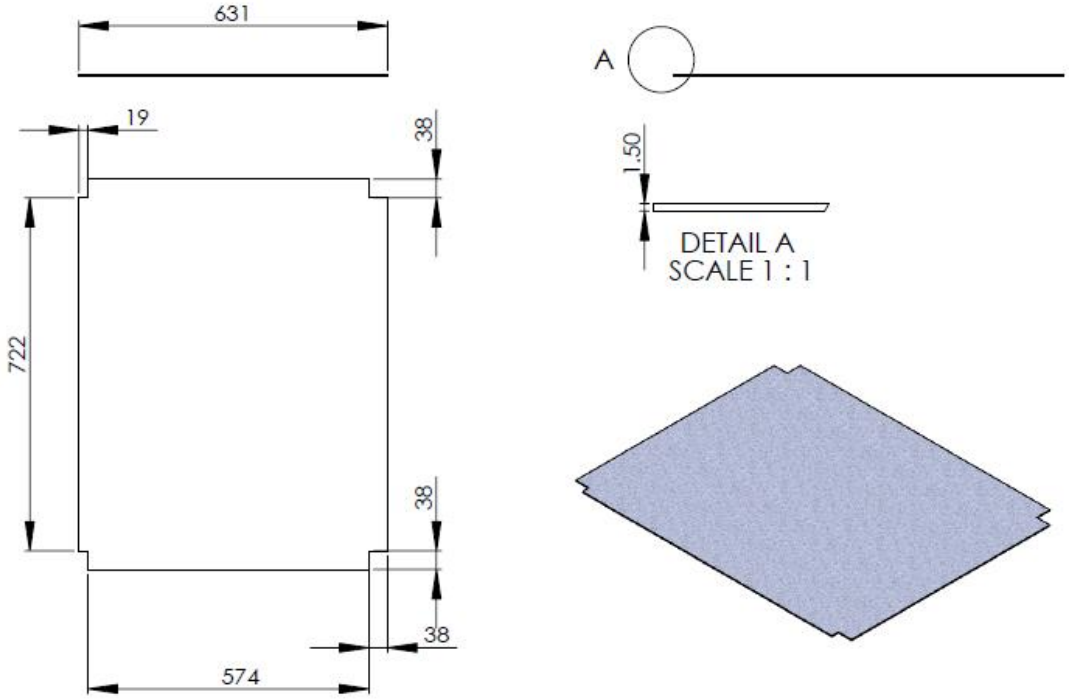
ภาพที่ ข-9 ผนังตู้สำหรับเก็บอุปกรณ์(ด้านขวา)



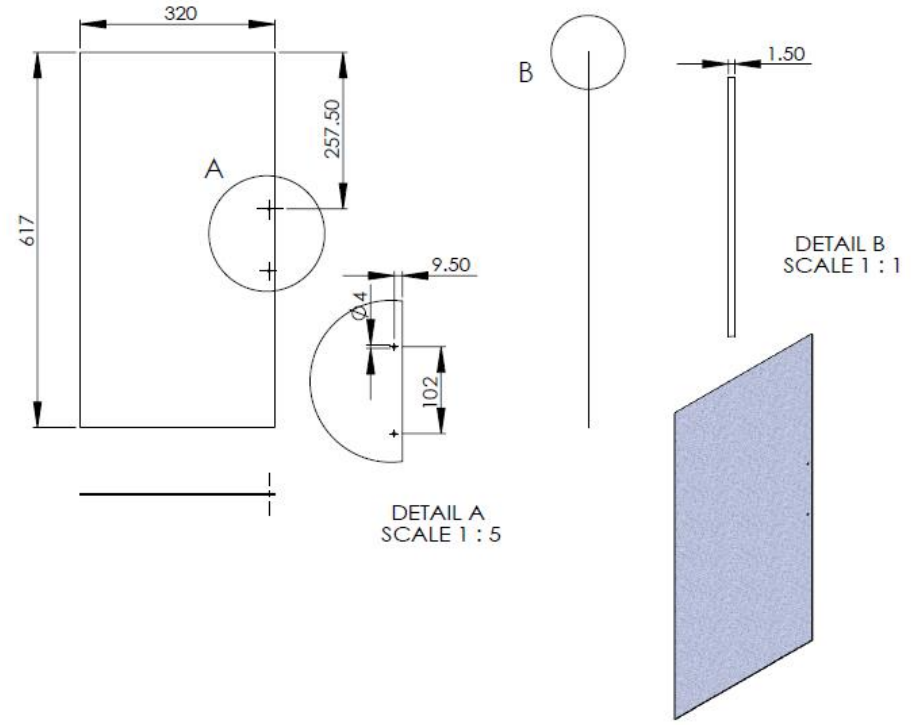
ภาพที่ ข-10 ผนังชุดฝึกด้านขวา



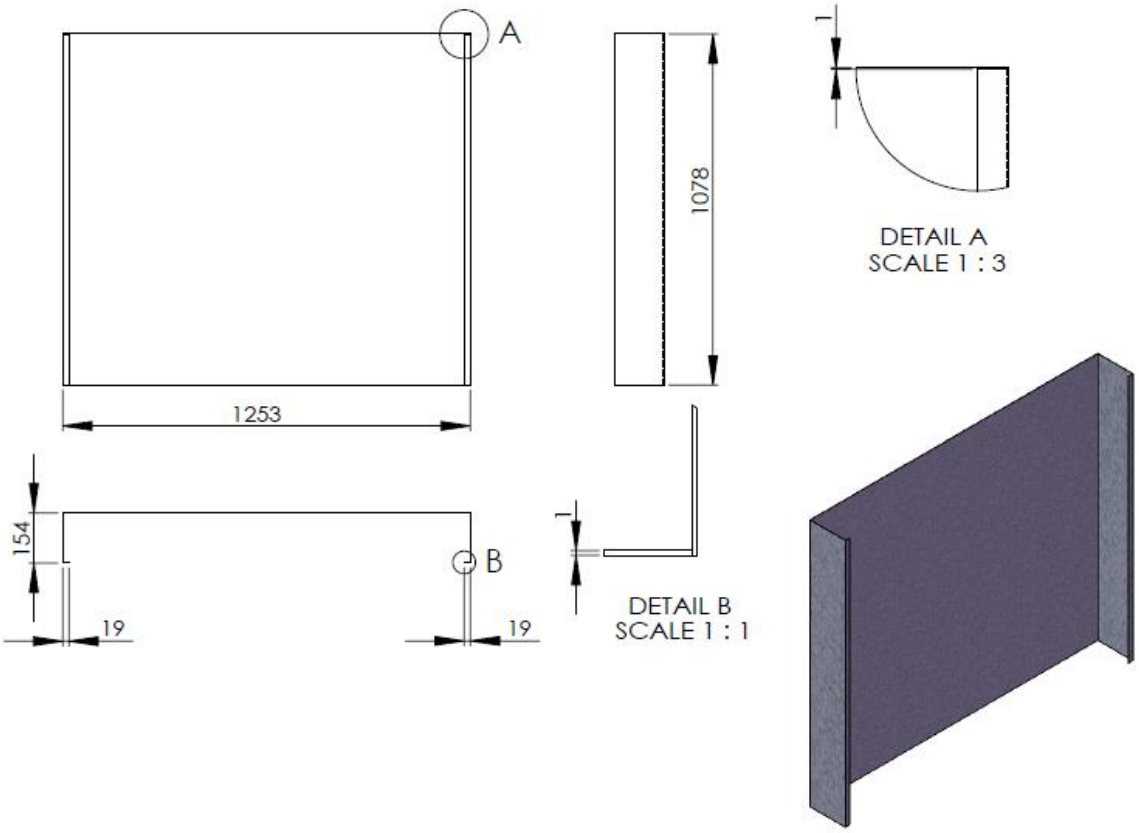
ภาพที่ ข-11 ชั้นวางอุปกรณ์ชั้นที่ 1



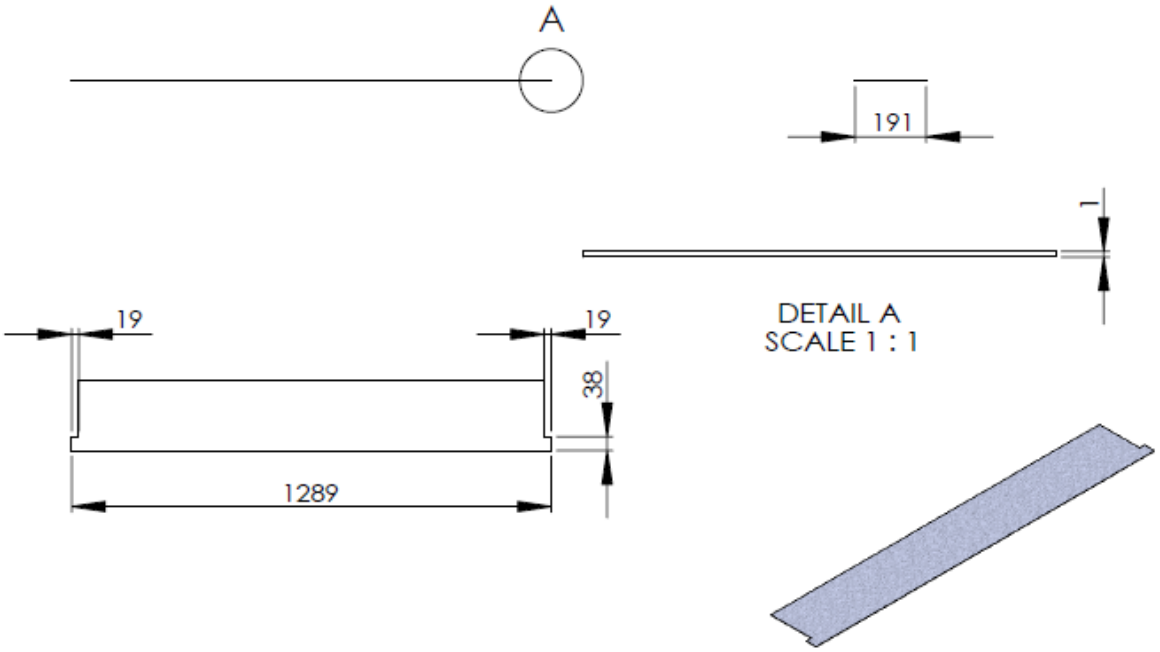
ภาพที่ ข-12 ชั้นวางอุปกรณ์ชั้นที่ 2



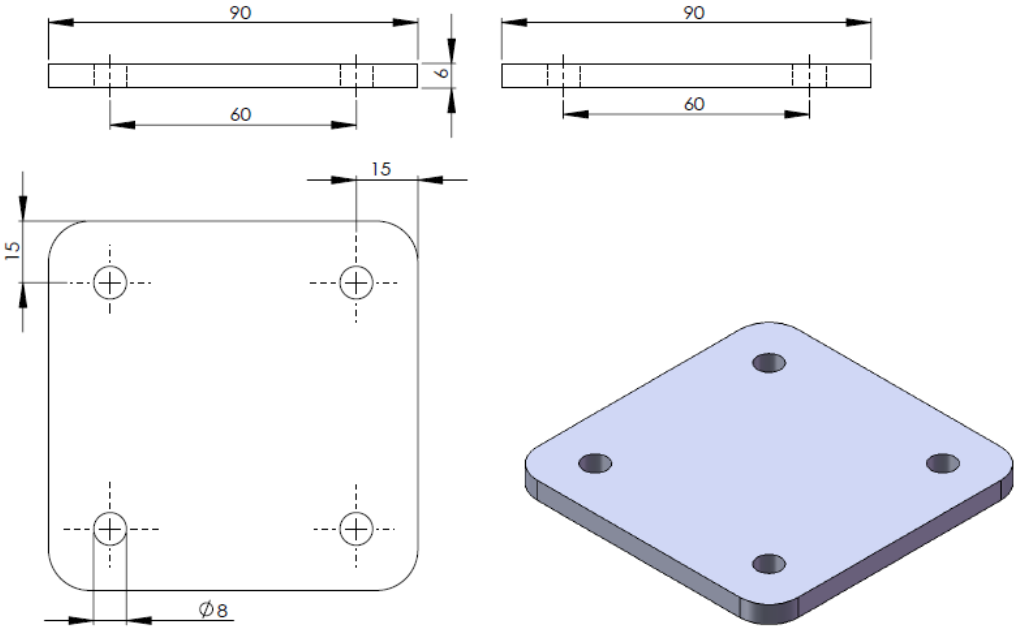
ภาพที่ ข-13 ผนังประตูตู้



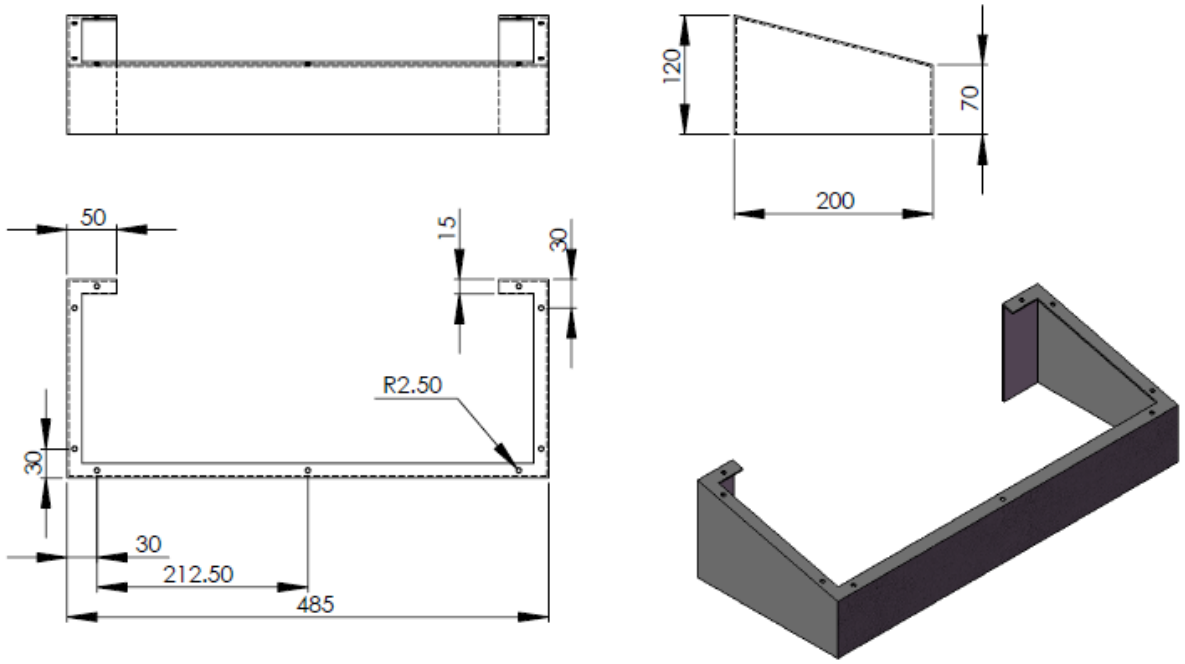
ภาพที่ ข-14 ผนังแผงติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้า(1)



ภาพที่ ข-15 ผนังแผงติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้า(2)



ภาพที่ ข-16 หน้าแปลนล้อเลื่อน



ภาพที่ ข-17 โครงยึดแผ่นยึดขั้วสวิทช์ต่างๆ

ภาคผนวก ค
ขั้นตอนการดำเนินการสร้างและทดสอบการทำงานชุดฝึกระบบไฟแสงสว่างและไฟสัญญาณรถยนต์

1. ขั้นตอนการสร้างตู้เก็บอุปกรณ์และแผงยึดอุปกรณ์ระบบไฟแสงสว่างและไฟสัญญาณรถยนต์

ภาพที่ ค-1 ตัดเหล็กสำหรับสร้างตู้เก็บอุปกรณ์และแผงยึดอุปกรณ์ระบบไฟแสงสว่างและไฟสัญญาณรถยนต์

ภาพที่ ค-2 สร้างตู้เก็บอุปกรณ์

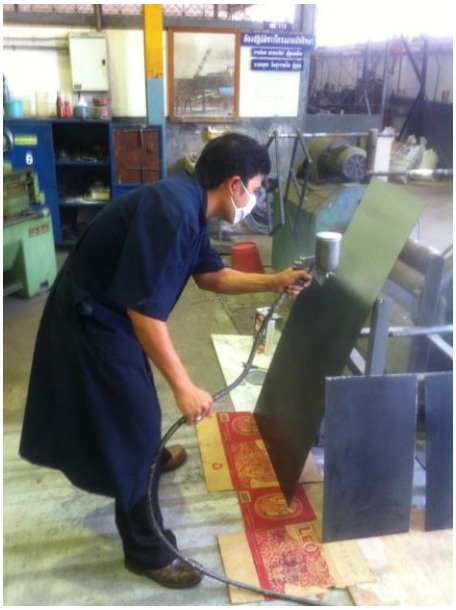
ภาพที่ ค-3 สร้างประตูตู้เก็บอุปกรณ์

ภาพที่ ค-4 สร้างผนังตู้ด้านบนและชั้นวางตู้เก็บอุปกรณ์

ภาพที่ ค-5 สร้างที่วางแบตเตอรี่

ภาพที่ ค-6 แผงยึดอุปกรณ์ระบบไฟแสงสว่างและไฟสัญญาณรถยนต์

ภาพที่ ค-7 ล้างทำความสะอาดชิ้นงานก่อนพ่นสีรองพื้น

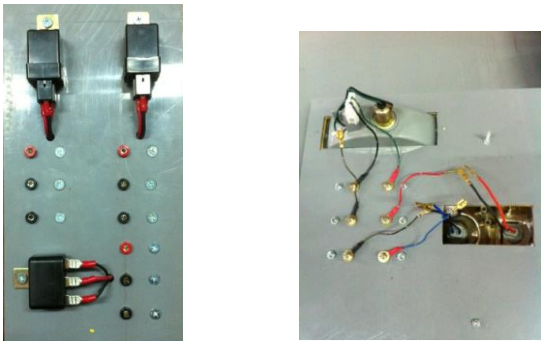


ภาพที่ ค-8 พ่นสีรองพื้นส่วนต่างๆ ของชุดฝึก

ภาพที่ ค-9 เชื่อมผนังด้านต่างๆ ของตู้เก็บอุปกรณ์

ภาพที่ ค-10 นำตู้เก็บอุปกรณ์และแผงยึดอุปกรณ์ระบบไฟแสงสว่างและไฟสัญญาณรถยนต์ประกอบเข้าด้วยกัน

ภาพที่ ค-11 พับเหล็กแผ่นสร้างชุดยึดพวงมาลัย



ภาพที่ ค-12 จับยึดอุปกรณ์ระบบไฟแสงสว่างและไฟสัญญาณรถยนต์บนแผ่น PVC หนา 5 mm

ภาพที่ ค-13 เมื่อนำไปติดตั้งกับแผงยึดอุปกรณ์ระบบไฟแสงสว่างและไฟสัญญาณรถยนต์

ภาพที่ ค-14 นำชุดยึดพวงมาลัยไปติดตั้งและติดสติกเกอร์บนแผ่น PVC ทียึดอุปกรณ์

รูปที่ ค-15 ถอดแยกชิ้นงานพ่นสีรองพื้นใหม่อีกรอบ

ภาพที่ ค-16 พ่นสีจริงชิ้นงาน

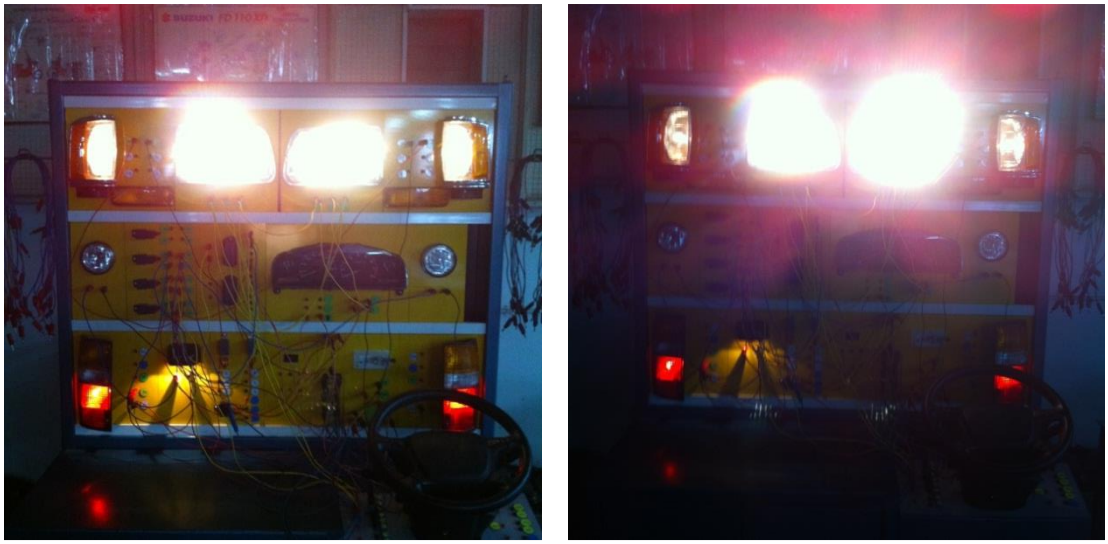
ภาพที่ ค-17 ประกอบชิ้นงาน

ภาพที่ ค-18 สร้างหัวเสียบสายไฟสำหรับฝึกต่อวงจรต่างๆ

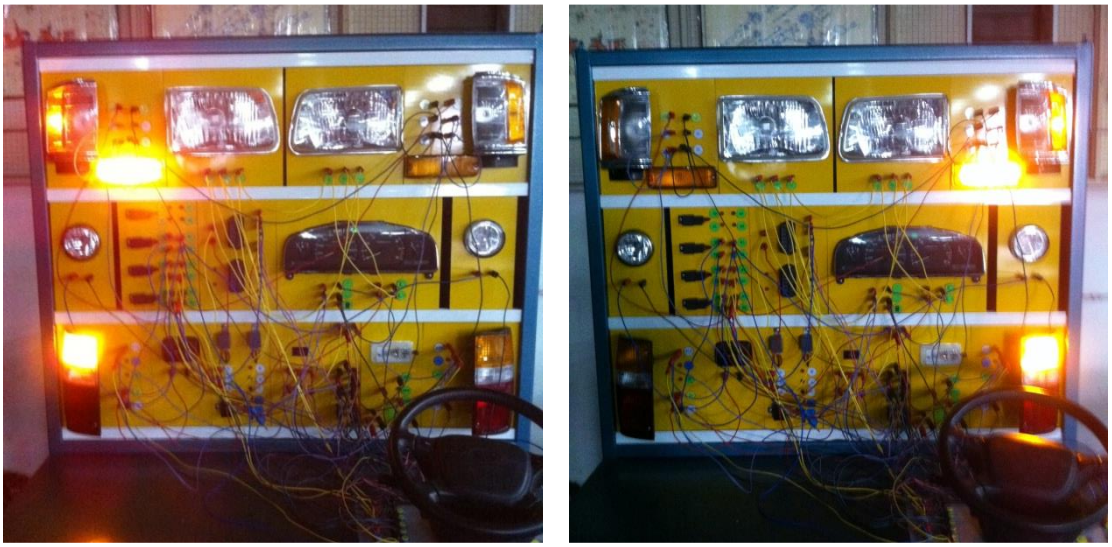
2. ขั้นตอนการทดสอบการทำงานชุดฝึก

ภาพที่ ค-19 ต่อวงวงจรระบบไฟแสงสว่างรถยนต์ตามที่ออกแบบไว้

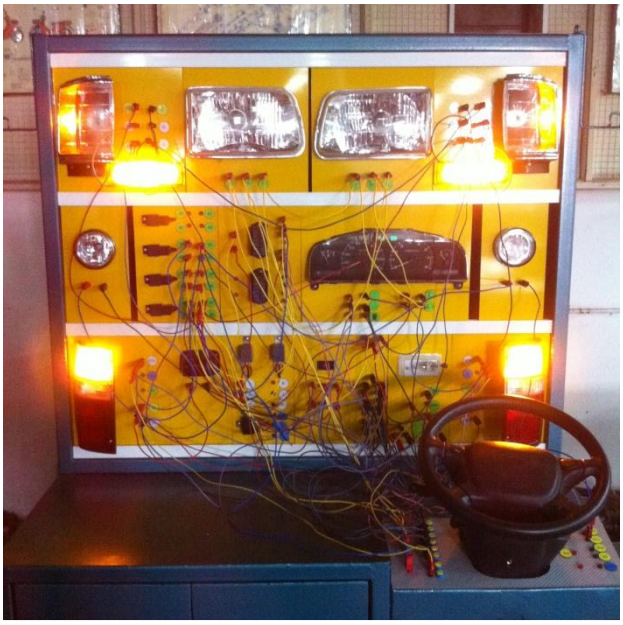
ภาพที่ ค-20 ทดสอบการทำงานวงจรระบบไฟแสงสว่างรถยนต์(ตำแหน่งไฟหรี่และไฟตัดหมอก)



ภาพที่ ค-21 ทดสอบการทำงานวงจรระบบไฟแสงสว่างรถยนต์(ตำแหน่งไฟหน้าต่ำและสูง)



ภาพที่ ค-22 ทดสอบการทำงานวงจรไฟเลี้ยว



ภาพที่ ค-23 ทดสอบการทำงานวงจรสัญญาณไฟฉุกเฉิน

ภาคผนวก ง

เอกสารประกอบการเรียนปฏิบัติการระบบไฟแสงสว่างและระบบไฟสัญญาณรถยนต์

วิชา 215-202 เทคโนโลยียานยนต์ 2(Automotive Technology II) 2(1– 3 – 2)
ใบงานที่ 1 ระบบไฟแสงสว่างรถยนต์ จำนวน 3 ชั่งโมง

.....

วัตถุประสงค์

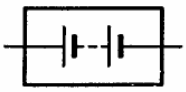
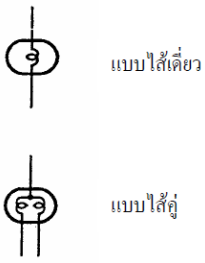
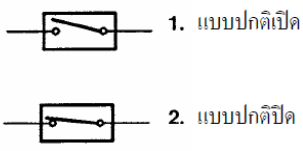
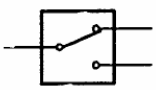
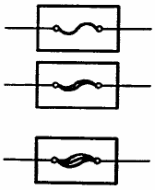
1. เข้าใจหลักการทำงานของอุปกรณ์ระบบไฟแสงสว่างรถยนต์
2. สามารถปฏิบัติการต่อวงจรระบบไฟแสงสว่างรถยนต์ได้
3. สามารถวิเคราะห์และไขปัญหาที่เกิดขึ้นกับระบบไฟแสงสว่างรถยนต์ได้

ทฤษฎี

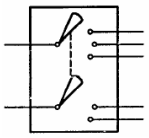
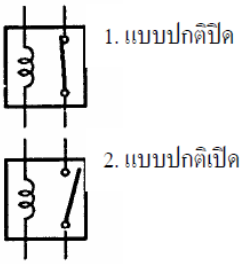
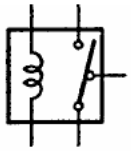
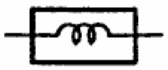
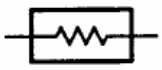
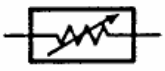
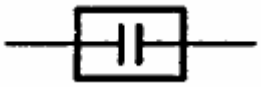
1. สัญลักษณ์พื้นฐานทางด้านไฟฟ้ารถยนต์

ระบบไฟฟ้ารถยนต์มีอุปกรณ์ต่างๆ มากมาย ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่ต้องมีสัญลักษณ์ต่างๆ ที่ใช้แทนอุปกรณ์เพื่อให้ง่ายต่อการเข้าใจ ซึ่งสัญลักษณ์พื้นฐานทางไฟฟ้ารถยนต์ที่เราควรจะทราบดังแสดงในตารางที่ ง-1

ตารางที่ ง-1 สัญลักษณ์พื้นฐานทางด้านไฟฟ้ารถยนต์

รายการอุปกรณ์	สัญลักษณ์
1. แบตเตอรี่ ทำหน้าที่เก็บสะสมพลังงานกระแสตรง (DC) เพื่อจ่ายให้แก่วงจรไฟฟ้าต่าง ๆ ในรถยนต์	
2. หลอดไฟ กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านไส้หลอดเป็นเหตุให้เกิดความร้อนและเปล่งแสงออกมา	
3. หลอดไฟใหญ่ มี 2 แบบคือ แบบไส้เดี่ยวและแบบไส้คู่	
4. สวิทช์ ทำหน้าที่เปิดและปิดวงจร เพื่อระงับหรือยอมให้กระแสไฟฟ้าไหล มี 2 แบบ ได้แก่ ปกติเปิดและ ปกติปิด	
5. สวิทช์สองทาง เป็นสวิทช์ซึ่งยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านหน้าสัมผัสชุดใดชุดหนึ่งได้ตลอดเวลา	
6. ฟิวส์ ทำจากโลหะเส้นบางยาว มีหลายขนาด ซึ่งจะขาดออกจากกันเมื่อมีกระแสไหลผ่านมากเกินไป เพื่อหยุดการไหลของกระแสและป้องกันความเสียหายแก่วงจร	

ตารางที่ ง-1(ต่อ) สัญลักษณ์พื้นฐานทางด้านไฟฟ้ารถยนต์

รายการอุปกรณ์	สัญลักษณ์
7. สวิทช์จุดระเบิด เป็นสวิทช์ซึ่งใช้กุญแจเป็นตัวทำงาน มีอยู่หลายตำแหน่งสำหรับวงจรต่างๆ โดยเฉพาะการทำงานของวงจรไฟแรงดันต่ำในระบบจุดระเบิด	
8. รีเลย์ ทำหน้าที่เป็นสวิทช์ทางไฟฟ้า ซึ่งมีอยู่ 2 แบบ คือ แบบปกติปิด แบบปกติเปิด การไหลของกระแสผ่านขดลวดเล็ก ๆ ทำให้เกิดอำนาจแม่เหล็กไปเปิดหรือปิดหน้าสัมผัส	
9. รีเลย์สองทาง เป็นรีเลย์ซึ่งทำให้กระแสไหลผ่านหน้าสัมผัสชุดใดชุดหนึ่งได้ตลอดเวลา	
10. โซลินอยด์ เป็นขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้า เพื่อสร้างสนามแม่เหล็กในขณะกระแสไหลผ่าน	
11. ตัวต้านทาน เป็นอุปกรณ์ทางไฟฟ้าซึ่งมีค่าความต้านทานคงที่ ใช้ติดตั้งในวงจรเพื่อลดแรงดันไฟฟ้าให้อยู่ในค่าที่กำหนด	
12. ตัวต้านทานแบบปรับค่าได้ เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าซึ่งสามารถควบคุมอัตราการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานทางไฟฟ้าได้	
13. ตัวเก็บประจุ (คอนเดนเซอร์) เป็นหน่วยเก็บกระแสไฟฟ้าชั่วคราวขนาดเล็ก	
14. จุดต่อลงดิน (กราวด์) เป็นจุดที่ซึ่งสายไฟต่อลงกับตัวถังหรือโครงรถ เพื่อเป็นส่วนให้กระแสของวงจรไหลกลับ กระแสจะไม่สามารถไหลได้ถ้าไม่มีจุดต่อลงดินในรถยนต์	
15. แตร เป็นอุปกรณ์ที่แปลงพลังงานไฟฟ้าให้เป็นเสียง	

ตารางที่ ง-1(ต่อ) สัญลักษณ์พื้นฐานทางด้านไฟฟ้ารถยนต์

รายการอุปกรณ์	สัญลักษณ์
16. สายไฟ การเขียนสายไฟในแผนผังวงจร มักจะเขียนเป็นเส้นตรง - การเขียนเส้นพาดกันโดยไม่มีจุดดำอยู่ในตำแหน่งที่เส้นตัดกัน แสดงว่าสายไฟไม่เชื่อมต่อกัน - ถ้าเส้นที่พาดกันมีจุดดำที่ตำแหน่งเส้นตัดกัน แสดงว่าสายคู่นั้นเชื่อมต่อกัน	

2. อุปกรณ์พื้นฐานทางไฟฟ้ารถยนต์

2.1 สายไฟรถยนต์(Wire) สายไฟฟ้ารถยนต์แบ่งตามการใช้งานออกเป็น 3 ประเภท คือ

1) สายไฟที่ใช้กับวงจรไฟแรงเคลื่อนต่ำ เช่น วงจรไฟแสงสว่าง วงจรสัญญาณ และอุปกรณ์ต่างๆ

2) สายไฟที่ใช้กับวงจรไฟแรงสูง ได้แก่ สายหัวเทียนและสายคอยล์จุดระเบิด

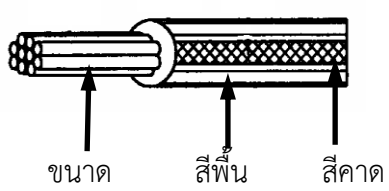
3) สายไฟเมนแบตเตอรี่ เป็นสายไฟที่มีขนาดใหญ่เพราะมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านจำนวนมาก

2.1.1 ขนาดของสายไฟฟ้า

ตารางที่ ง-2 ขนาดสายไฟ การทนกระแสของสายไฟและการนำไปใช้งานวงจรต่างๆ

พื้นที่หน้าตัดตัวนำ (mm^2)	กระแสไฟฟ้าสูงสุด (แอมแปร์)	วงจรที่ใช้งาน
0.5	10	ไฟหรี่ แผงหน้าปัด ไฟเก๋ง
0.75	11	ไฟท้าย ไฟส่องป้ายทะเบียน ไฟเลี้ยว ไฟฉุกเฉิน
0.85	12	ไฟเบรก มอเตอร์ปัดน้ำฝน
1,1.25	15	ไฟจุดระเบิด
2	20	แตร
3	25	ไฟหน้า ระบบสตาร์ท หัวเผา รีเลย์ไฟหน้า รีเลย์สตาร์ท
5	35	ไฟชาร์จ
8	48	สายเมนแบตเตอรี่
15	67	สายเมนแบตเตอรี่

2.1.2 รหัสสีของสายไฟฟ้า

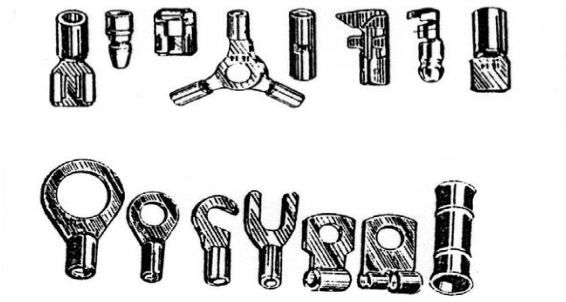


ภาพที่ ง-1 ตำแหน่งสีของสายไฟฟ้า

ตารางที่ ง-3 รหัสสีสายไฟฟ้าที่ใช้ในรถยนต์

อักษรย่อ	ความหมาย	อักษรย่อ	ความหมาย
B, BK, BLK	Black(ดำ)	ORN, O, ORG	Orange(ส้ม)
BRN, BR, BN	Brown(น้ำตาล)	P	Pink(ชมพู)
G	Green(เขียว)	RED, R, RD	Red(แดง)
GR	Gray(เทา)	VLT, V	Violet(ม่วง)
L	Blue(น้ำเงิน)	WHT, W, WH	White(ขาว)
LG	Light Green(เขียวอ่อน)	YEL, Y, YL	Yellow(เหลือง)

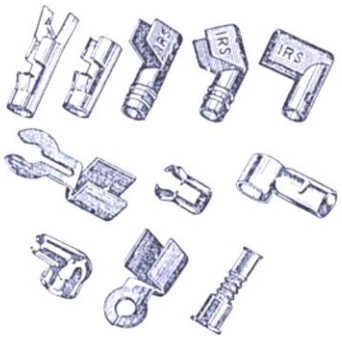
2.2 ขั้วสายไฟ(Terminal)



ขั้วสายไฟแบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ

1) ขั้วสายไฟสำหรับแรงเคลื่อนต่ำ โดยปกติมีใช้กันหลายแบบหลายขนาด การเลือกใช้แต่ละแบบแต่ละขนาดก็ต้องเลือกใช้ให้พอดีกับขนาดของสายไฟ

ภาพที่ ง-2 ขั้วสายไฟสำหรับแรงเคลื่อนต่ำแบบต่างๆ



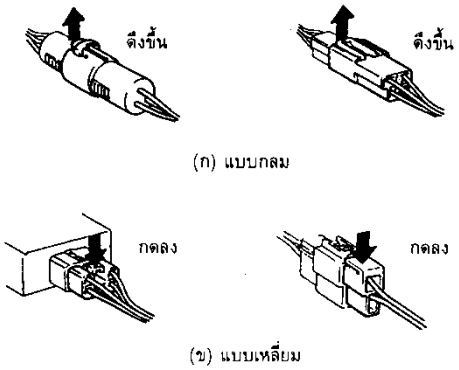
2) ขั้วสายไฟสำหรับแรงเคลื่อนสูง ปกติจะนำไปใช้กับขั้วสายไฟหัวเทียนจะมี 2 ชนิด คือ ชนิดขั้วเสียบเข้ากับฝาครอบจานจ่าย และชนิดขั้วเสียบเข้ากับหัวเทียน ทั้งสองชนิดมีด้วยกันหลายแบบเพื่อให้เลือกใช้งานอย่างเหมาะสม ดังแสดงในภาพที่ ง-3

ภาพที่ ง-3 ขั้วสายไฟสำหรับแรงเคลื่อนสูงที่ใช้กับขั้วสายหัวเทียน

ภาพที่ ง-4 ขั้วสายไฟแบตเตอรี่

3) ขั้วสายไฟแบตเตอรี่ แบตเตอรี่รถยนต์เป็นแหล่งจ่ายและสะสมพลังงานไฟฟ้าที่สำคัญดังนั้นจะต้องประกอบขั้วสายไฟแบตเตอรี่เข้ากับสายไฟแบตเตอรี่ให้แน่นเพื่อป้องกันการสูญเสียแรงเคลื่อนไฟฟ้าภายในสายไฟแบตเตอรี่

2.3 เต้าเสียบสายไฟ(Connectors) เต้าเสียบสายไฟเป็นอุปกรณ์ที่เก็บรวบรวมขั้วสายไฟหลายเส้นมารวมไว้ในกลุ่มเดียวกันทำให้ดูเรียบร้อยสวยงามและสะดวกต่อการตรวจซ่อมและแก้ไข เต้าเสียบจะมีหลายแบบและหลายขนาด ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดของสายไฟและจำนวนของสายที่ใช้ในวงจรนั้นๆ

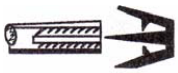
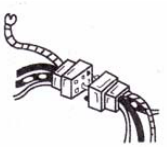


ภาพที่ ง-5 เต้าเสียบสายไฟแบบต่างๆ

ตารางที่ ง-4 การนำขั้วสายไฟและเต้าเสียบสายไฟไปใช้งาน

ลักษณะขั้วสายไฟ และเต้าเสียบสายไฟ	**ชื่อ**	**ลักษณะการใช้งาน**
	ขั้วแบตเตอรี่	ใช้ต่อสายไฟแบตเตอรี่ขั้วบวกและลบ
	ขั้วต่อหัวกลม	ใช้ในจุดที่ไม่ต้องการถอดสายไฟเข้าออกบ่อย ๆ
	ขั้วต่อหัวตัว U	ใช้ในจุดที่มีการถอดสายไฟเข้าออกบ่อย ๆ

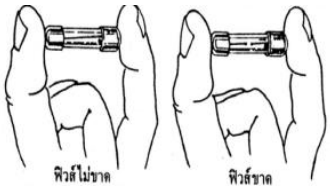
ตารางที่ ง-4(ต่อ) การนำขั้วสายไฟและเต้าเสียบสายไฟไปใช้งาน

ลักษณะขั้วสายไฟและเต้าเสียบสายไฟ	ชื่อ	ลักษณะการใช้งาน
	ขั้วต่อกลม	ใช้ต่อสายไฟเข้าด้วยกัน โดยนิยมต่อสายแบบสายเดี่ยว
	ขั้วต่อแบน	ใช้ต่อสายไฟเข้าด้วยกัน
	ขั้วต่อสายไฟแรงสูง	ต่อปลายสายคอยล์และสายจานจ่าย
	ขั้วต่อสายหัวเทียน	ต่อสายไฟแรงสูงที่ด้านหัวเทียน
	เต้าเสียบสาย	มีหลายแบบหลายขนาด ใช้สำหรับต่อสายไฟทีละหลาย ๆ เส้น หรือต่อรวมชุดสายไฟเข้าด้วยกัน

2.4 ฟิวส์ (Fuse) มีหน้าที่ตัดไฟในวงจรเมื่อเกิดการลัดวงจร หรือเกิดการใช้กระแสมากเกินไปในวงจร วงจรไฟทุกวงจรในรถยนต์จะต้องมีฟิวส์ต่อไว้เพื่อป้องกันความเสียหายเมื่อเกิดการลัดวงจร

ตารางที่ ง-5 การเลือกขนาดของฟิวส์สำหรับวงจรต่างๆ

วงจร	ขนาดของฟิวส์(แอมป์, A)
ไฟหน้าซ้าย ไฟหน้าขวา	10
รีเลย์ไฟหน้า	30
ไฟเลี้ยว ไฟเบรก แตร	15
สตาร์ท จุดระเบิด ปัดน้ำฝน	15
แอร์ ไฟในเก๋ง ไฟหน้าปัด	10



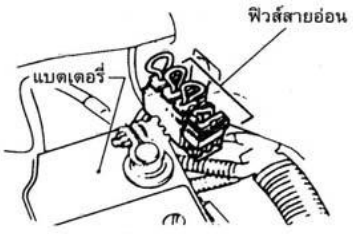
ฟิวส์ที่ใช้ในรถยนต์มี 3 แบบ คือ

1) ฟิวส์แบบหลอด ฟิวส์ชนิดนี้มีใช้กันมานานแล้ว มีขนาดตั้งแต่ 5-50 A ส่วนใหญ่จะใช้ในรถยนต์รุ่นเก่ามีลักษณะเป็นทรงกระบอก

ภาพที่ ง-6 ฟิวส์แบบหลอด

2) ฟิวส์แบบเสียบ เป็นฟิวส์ที่รถยนต์ปัจจุบันนิยมใช้ ส่วนมากจะใช้ควบคุมอุปกรณ์ที่กินกระแสไฟไม่มาก

ภาพที่ ง-7 ฟิวส์แบบเสียบ



3) ฟิวส์สาย มีลักษณะเป็นสายไฟทำด้วยโลหะผสมตะกั่ว มักจะติดตั้งจากขั้วแบตเตอรี่ไปยัง อัลเทอเนเตอร์ สวิตช์จุดระเบิด และชุดสายไฟที่ไปยังไฟหน้า

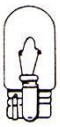
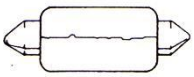
ภาพที่ ง-8 ลักษณะฟิวส์สายและการนำไปใช้

ตารางที่ ง-6 ขนาดและสีของฟิวส์

Current Rating	Color
3	Violet
5	Tan
7.5	Brown
10	Red
15	Blue
20	Yellow
25	Natural
30	Green

2.5 หลอดไฟ(Bulb) ที่ใช้ในรถยนต์มีหลายแบบหลายขนาด โดยมีวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกันไป

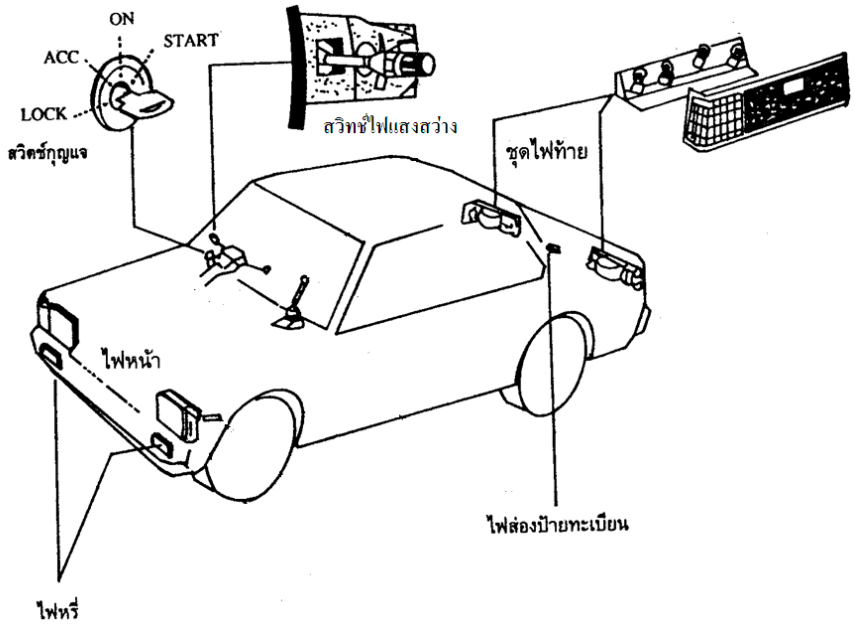
ตารางที่ ง-7 ลักษณะหลอดไฟกับการใช้งาน

วงจร	ลักษณะตัวหลอด	กำลัง(W)
ไฟตาแมวทั่วไป ไฟหรี่		3-5
ไฟหรี่ ไฟแผงหน้าปัด ไฟเลี้ยวด้านข้าง		3-5
ไฟแสงสว่างในเก๋ง		3-5
ไฟหรี่ ไฟส่องป้าย		3-5
ไฟเลี้ยว		17-21
ไฟเบรก/ท้าย		21/5
ไฟหน้า		55-65

3. ระบบไฟแสงสว่าง

ระบบไฟแสงสว่างมีจุดมุ่งหมายและหน้าที่เพื่อให้ผู้ขับขี่รถยนต์สามารถขับขี่รถยนต์ได้อย่างปลอดภัย โดยเฉพาะอย่างยิ่งเวลากลางคืน

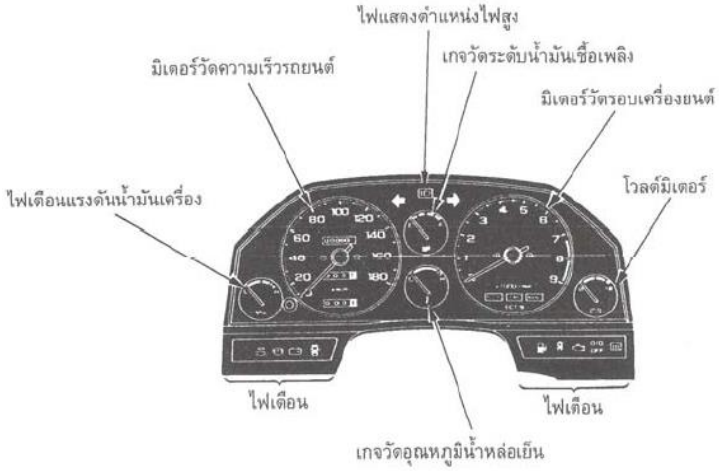
ระบบไฟแสงสว่างรถยนต์ประกอบด้วย แผงหน้าปัด ไฟหน้า ไฟหรี่ ไฟท้าย ไฟส่องป้ายทะเบียน ไฟตัดหมอก ไฟเก๋ง



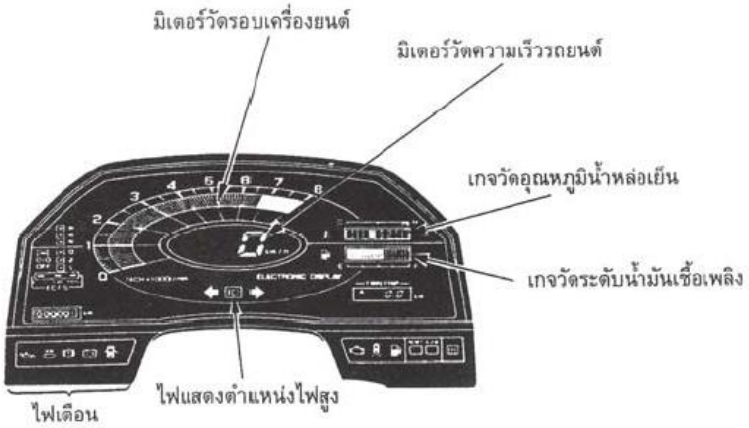
ภาพที่ ง-9 ตำแหน่งของอุปกรณ์ระบบไฟแสงสว่างรถยนต์

3.1 แผงหน้าปัด

แผงหน้าปัดจะติดตั้งอยู่บริเวณด้านหน้ารถยนต์ในห้องโดยสารที่ผู้ขับรถสามารถมองเห็นได้ชัดเจน ที่ตัวแผงหน้าปัดจะมีมิเตอร์ เกจวัดและไฟเตือนต่างๆ ติดตั้งอยู่เพื่อเป็นตัวรายงานผลการทำงานของอุปกรณ์ที่สำคัญๆ ในรถยนต์ให้ผู้ขับรถทราบการทำงานของรถยนต์อยู่ในสภาวะปกติหรือเกิดปัญหาข้อขัดข้องเกิดขึ้น จะได้แก้ไขปัญหาได้อย่างทันท่วงที ตัวรายงานผลที่สำคัญที่ติดตั้งอยู่บนแผงหน้าปัดคือ มิเตอร์วัดความเร็วรถยนต์ มิเตอร์วัดความเร็วรอบเครื่องยนต์ ไฟเตือนแรงดันน้ำมันหล่อลื่น เกจวัดระดับน้ำมันเชื้อเพลิง เกจวัดอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น ไฟเตือนไฟเลี้ยว ไฟเตือนเบรกมือไฟเตือนไฟชาร์จ ไฟเตือนไฟสูงและไฟเตือนประตูเป็นต้น



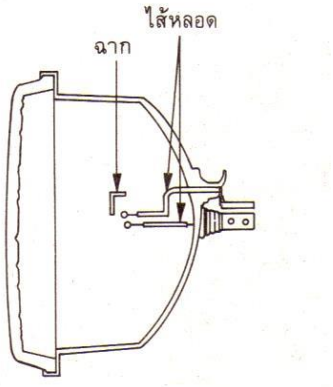
ภาพที่ ง-10 หน้าปัดแบบธรรมดาหรือที่เรียกว่าแบบแอนะล็อก



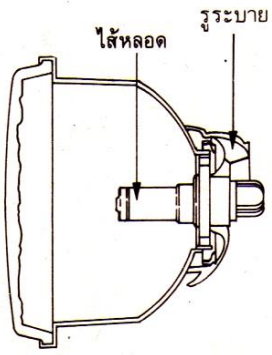
ภาพที่ ง-11 หน้าปัดแบบดิจิตอล

3.2 ระบบไฟหน้าหรือไฟใหญ่(Headlight System) เป็นระบบไฟแสงสว่างที่ให้ความสว่างด้านหน้ารถยนต์ ระบบไฟหน้าทั่วไปประกอบด้วย ไฟหน้า(Headlight) สวิทช์ควบคุม(Light Control Switch) สวิทช์ไฟสูงต่ำ(Dimmer Switch) และรีเลย์(Relay)

3.2.1 ไฟหน้ารถยนต์(Headlight) เป็นหลอดที่ให้แสงสว่างมาก โดยทั่วไปปัจจุบันจะมีไส้หลอด 2 ไส้ คือ ไส้ไฟสูง มีกำลังวัตต์มาก 55 – 65 W และไส้ไฟต่ำ มีกำลังวัตต์ 45 – 55 W โดยแบ่งตามโครงสร้างได้ 2 แบบด้วยกัน คือ แบบที่เป็นหลอดไฟทั้งชุดและแบบที่เปลี่ยนเฉพาะไส้หลอดได้

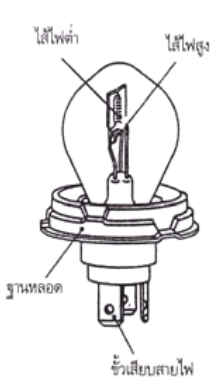


ภาพที่ ง-12 แบบที่เป็นหลอดไฟทั้งชุด



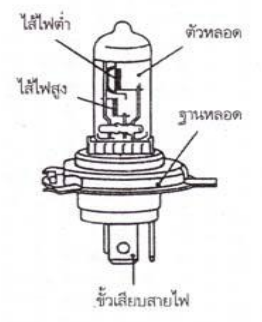
ภาพที่ ง-13 แบบที่เปลี่ยนเฉพาะไส้หลอดได้

ปัจจุบันหลอดไฟหน้ารถยนต์แบบที่เปลี่ยนเฉพาะไส้หลอดได้ ที่ใช้อยู่มี 3 แบบคือ หลอดไฟแบบธรรมดา หลอดไฟแบบฮาโลเจน(Halogen) และหลอด HID(High Intensity Discharge) โดยรู้จักกันในนามของหลอดซีนอน(Xenon) ปัจจุบันหลอดไฟแบบฮาโลเจน(Halogen)นิยมใช้กันมากเนื่องจากให้กำลังส่องสว่างดีกว่าและราคาไม่แพง



- หลอดไฟแบบธรรมดา ไส้หลอดทำด้วยโลหะผสมทังสเตน ซึ่งภายในบรรจุแก๊สเฉื่อยประเภทอาร์กอน ให้กำลังไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 35 - 55 W ลักษณะของลำแสงไฟจะเป็นสีขาวอมส้ม

ภาพที่ ง-14 หลอดไฟแบบธรรมดา



- หลอดไฟแบบฮาโลเจน(Halogen) ไส้หลอดทำด้วยโลหะผสมทังสเตน ภายในบรรจุด้วยแก๊สฮาโลเจนและแก๊สเฉื่อยประเภทอาร์กอน กำลังส่องสว่างสูงกว่าหลอดไฟแบบธรรมดา โดยจะให้กำลังไฟฟ้าประมาณ 50 -100 W

ภาพที่ ง-15 หลอดไฟแบบฮาโลเจน(Halogen)

หลอดไฟหน้าแบบฮาโลเจนจะมีอยู่หลายลักษณะ ตามมาตรฐานต่างๆ ซึ่งจะแตกต่างกันตามลักษณะของขั้วหลอดและรูปทรง ดังภาพที่ ง-16

(a) หลอดไฟมาตรฐาน H4

(b) หลอดไฟมาตรฐาน H3

(c) หลอดไฟมาตรฐาน H7

(d) หลอดไฟมาตรฐาน H1

(e) หลอดไฟมาตรฐาน HB4

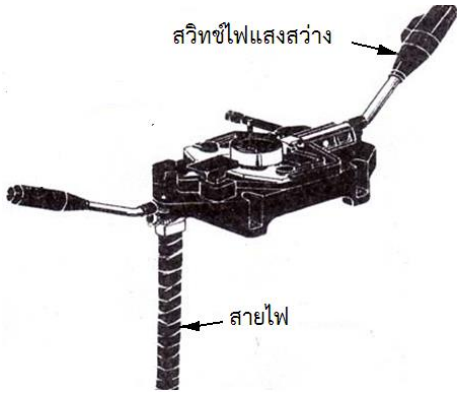
ภาพที่ ง-16 หลอดไฟแบบฮาโลเจน(Halogen)ลักษณะต่างๆ

ภาพที่ ง-17 หลอดไฟแบบ HID และบัลลาส

- หลอด HID(High Intensity Discharge) ให้แสงสว่างมากกว่าหลอดฮาโลเจนธรรมดา 2-2.5 เท่า และประหยัดพลังงานมากกว่าถึง 25% ทำงานคล้ายหลอดไฟนีออน ต้องใช้ตัวบัลลาสเป็นตัวแปลงและควบคุมแรงเคลื่อนไฟฟ้า (ตัวบัลลาสจะสร้างแรงดันไฟฟ้า 20,000 กว่าโวลต์ ส่งเข้าไปยังตัวหลอดเพื่อจุดในครั้งแรก และในอีกประมาณ 1-2 วินาที ก็จะลดกระแสไฟฟ้าลงเหลือ 12 โวลต์ต่อเนื่องไป ภายในจะบรรจุแก๊สซีนอน ลำแสงไฟมีตั้งแต่สีเหลือง(ไฟตัดหมอก) สีขาวอมเหลือง(ดีที่สุดในการใช้งาน) สีขาวนวล สีขาวเข้ม สีขาวอมฟ้าจนถึงสีขาวอมม่วง ข้อเสีย คือ ถ้าใช้หลอดไฟทีมีลำแสงสีขาวเข้ม(ที่นิยมใช้อยู่ในปัจจุบัน) จะทำให้ผู้ขับรถร่วมทางคันอื่นระคายเคืองนัยน์ตา ทำให้เกิดอุบัติเหตุได้ง่ายขึ้น

3.2.2 สวิทช์ควบคุมและสวิทช์ไฟสูงต่ำ(Light Control Switch And Dimmer Switch)

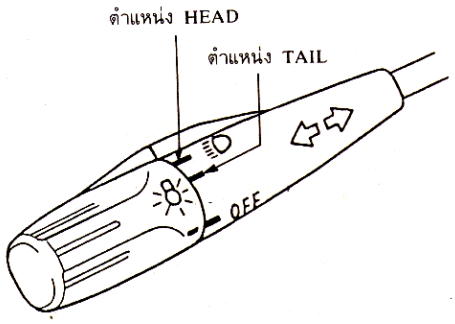
ปัจจุบันสวิทช์ควบคุมและสวิทช์ไฟสูงต่ำที่นำมาใช้กับรถยนต์จะสวิทช์รวม ร่วมกันอยู่ที่คอพวงมาลัยเพื่อความสะดวกแก่ผู้ขับขี่รถยนต์ คันสวิทช์เป็นคันเดียวกัน



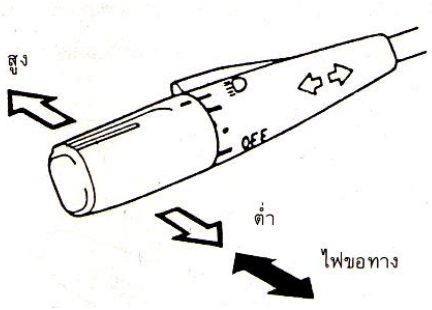
ภาพที่ ง-18 สวิทช์ควบคุมและสวิทช์ไฟสูงต่ำ

1) สวิทช์ควบคุม(Light Control Switch) เป็นสวิทช์ชนิดหมุน จะมีตำแหน่งการควบคุมไฟหน้า 3 ตำแหน่ง คือ

- ตำแหน่งตัดวงจร(Off Position) เป็นตำแหน่งที่ตัดกระแสไฟที่ไปยังหลอดแสงสว่างทั้งหมด ได้แก่ ไฟหรี่ และไฟหน้ารถยนต์
- ตำแหน่งไฟหรี่หรือไฟจอด(Parking Position) เป็นตำแหน่งที่ทำให้ไฟหรี่ ไฟท้าย ไฟส่องป้าย และไฟบนแผงหน้าปัดติดสว่าง
- ตำแหน่งไฟหน้า(Head Light Position) เป็นตำแหน่งที่บิดสวิทช์จนสุดทำให้ไฟหรี่ ไฟท้าย ไฟส่องป้ายและไฟบนแผงหน้าปัดติดสว่าง แลไฟหน้ารถยนต์ติดพร้อมกันทั้งหมด

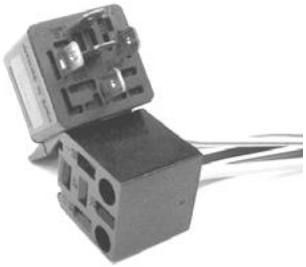


ภาพที่ ง-19 สวิทช์ควบคุม



2) สวิทช์ไฟสูงต่ำ(Dimmer Switch) เป็นสวิทช์ชนิดโยกขึ้นลง เพื่อควบคุมลำแสงไฟหน้ารถยนต์ให้เป็นไฟสูงหรือต่ำตามสภาพการจราจรบนท้องถนน

ภาพที่ ง-20 สวิทช์ไฟสูงต่ำ(Dimmer Switch)



3) รีเลย์(Relay) ทำหน้าที่ช่วยลดแรงเคลื่อนไฟฟ้าตกคร่อมภายในวงจร ทำให้วงจรนั้นทำงานได้ด้วยกระแสอย่างเต็มที่ ช่วยยืดอายุการใช้งานของสวิตช์เนื่องจากกระแสไฟฟ้าส่วนใหญ่ที่ไปเลี้ยงอุปกรณ์ไฟฟ้า(Load) จะผ่านทางรีเลย์

ภาพที่ ง-21 ลักษณะของรีเลย์

3.3 ระบบไฟท้าย(Tail Light System) ระบบไฟท้ายติดตั้งอยู่ท้ายรถยนต์เพื่อช่วยระบุให้ทราบความกว้างของท้ายรถยนต์ในเวลากลางคืน ไฟท้ายแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ

1) แบบเฉพาะ(Independent Type) ใช้เป็นไฟท้ายเพียงอย่างเดียว ไส้หลอดจึงมีเพียงไส้เดียว

2) แบบผสม(Combined Type) นอกจากเป็นไฟท้ายแล้วยังไฟเบรกอีกด้วย ไส้หลอดจะมี 2 ไส้ ไส้ที่มีวัตต์ต่ำเป็นไฟท้าย

3.4 ระบบไฟหรี่หรือไฟความกว้างรถยนต์(Clearance Light System) ไฟความกว้างรถยนต์ติดตั้งอยู่ด้านหน้ารถยนต์เพื่อระบุให้ทราบความกว้างด้านหน้ารถยนต์ในเวลากลางคืน

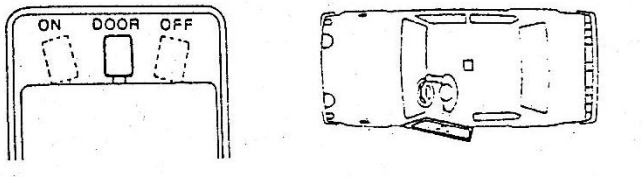
3.5 ไฟส่องป้ายทะเบียน(License Light) จะทำหน้าที่ส่องป้ายทะเบียนให้เห็นเด่นชัดในตอนกลางคืน ซึ่งไฟส่องป้ายทะเบียนจะติดพร้อมกับไฟท้าย

ภาพที่ ง-22 ไฟตัดหมอก

3.6 ไฟตัดหมอก(Fog Light)

ไฟตัดหมอก ถือกำเนิดขึ้นมาในแถบประเทศที่มีอากาศหนาว ดังนั้นเพื่อความปลอดภัยในการใช้ยานพาหนะจึงมีการคิดค้นไฟตัดหมอกขึ้นมา ไฟตัดหมอกจะใช้ไฟที่ให้ความสว่างสูง ส่วนใหญ่หลอดที่ใช้เป็นหลอดไฟแบบ H3 มีความเข้มเพียง 55 วัตต์ การเปิดไฟตัดหมอกในช่วงเวลาที่ไม่เหมาะสม แสงจากหลอดไฟตัดหมอกจะไปแยงและรบกวนสายตาผู้ที่ขับรถสวนมา ทำให้ตาพร่ามัวจึงมีโอกาสที่จะเกิดอุบัติเหตุได้

3.7 ไฟเก๋ง(Dome Light) ไฟเก๋งให้แสงสว่างภายในห้องผู้โดยสารแต่ออกแบบไม่ให้แสงไปรบกวนผู้ขับขี่รถยนต์ในเวลากลางคืน โดยทั่วไปตำแหน่งติดตั้งอยู่ที่จุดศูนย์กลางเพื่อให้แสงสว่างกระจายอย่างทั่วถึง สำหรับสวิทช์ไฟที่นำมาใช้ควบคุมมี 3 ตำแหน่ง คือ ปิด(On) ประตู(Door)และปิด(Off) เพื่อให้ง่ายสำหรับการเข้าหรือออกจากรถยนต์ในเวลากลางคืน นอกจากนั้นไฟแสงสว่างภายในรถยนต์สามารถปรับให้ติดเฉพาะเมื่อประตูรถยนต์เปิด โดยการปรับตั้งสวิทช์ไปที่ตำแหน่งประตู(Door)



ภาพที่ ง-23 ไฟเก๋ง

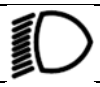
เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ชุดฝึกระบบไฟแสงสว่างและไฟสัญญาณรถยนต์
2. เครื่องมือวัดต่าง ๆ เช่น มัลติมิเตอร์ หลอดทดสอบ(Test Lamp) โวลท์มิเตอร์ แอมมิเตอร์

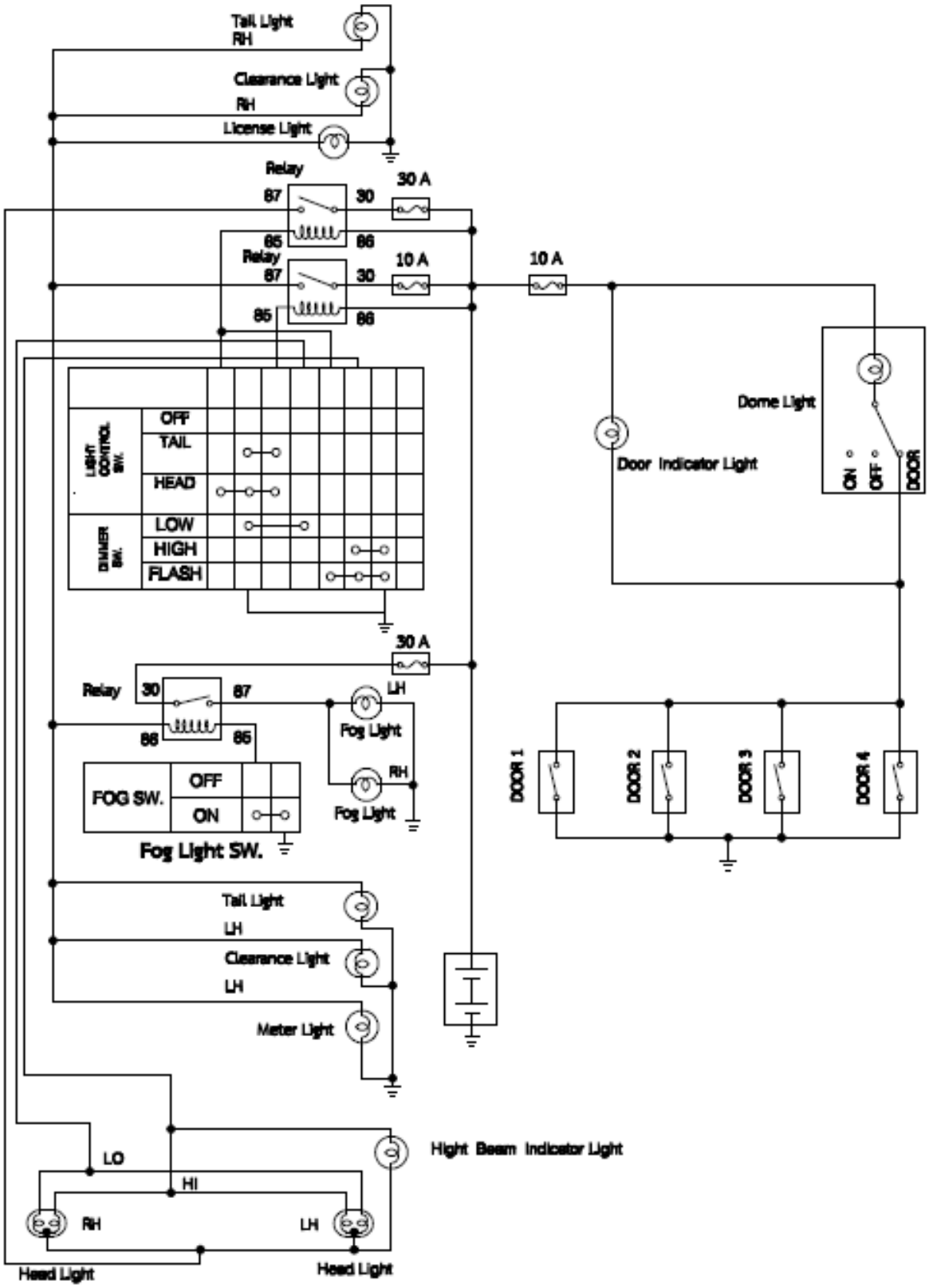
ลำดับขั้นตอนการปฏิบัติ

1. แนะนำส่วนประกอบชุดฝึกระบบไฟแสงสว่างและไฟสัญญาณรถยนต์ อุปกรณ์ระบบไฟแสงสว่าง สัญลักษณ์ต่างๆ ที่ใช้กับชุดฝึก

ตารางที่ ง-8 สัญลักษณ์ต่างๆ ที่ใช้กับชุดฝึก

สัญลักษณ์	ความหมาย
G	กราวด์
Lo	ขั้วหลอดไฟต่ำ
Hi	ขั้วหลอดไฟสูง
CL	ขั้วหลอดไฟหรี่
Ta	ขั้วหลอดไฟท้าย
Ba	ขั้วหลอดไฟถอย
St	ขั้วหลอดไฟเบรก
FTR	ขั้วหลอดไฟเลี้ยวด้านหน้าขวา
FTL	ขั้วหลอดไฟเลี้ยวด้านหน้าซ้าย
RTR	ขั้วหลอดไฟเลี้ยวด้านหลังขวา
RTL	ขั้วหลอดไฟเลี้ยวด้านหลังซ้าย
Ta.Sw	ขั้วหลอดสวิทช์ไฟหรี่
Lo.Sw	ขั้วสวิทช์ไฟหน้าตำแหน่งไฟต่ำ
Hi.Sw	ขั้วสวิทช์ไฟหน้าตำแหน่งไฟสูง
TL.Sw	ขั้วสวิทช์ไฟเลี้ยวตำแหน่งเลี้ยวซ้าย
TR.Sw	ขั้วสวิทช์ไฟเลี้ยวตำแหน่งเลี้ยวขวา
Fl.Sw	ขั้วสวิทช์ไฟขอทาง
Fo.Sw	ขั้วสวิทช์ไฟตัดหมอก
Ho.Sw	ขั้วสวิทช์แตร
	ขั้วหลอดไฟเตือนเลี้ยวขวา
	ขั้วหลอดไฟเตือนเลี้ยวซ้าย
	ขั้วหลอดไฟหน้าปัด
	ขั้วหลอดไฟเตือนไฟสูง
	ขั้วหลอดไฟเตือนประตู
B1	ขั้วสวิทช์กุญแจที่ต่อมาจากขั้วบวกแบตเตอรี่
B2	ขั้วสวิทช์กุญแจที่ต่อมาจากขั้วบวกแบตเตอรี่
ACC	ขั้วสวิทช์กุญแจที่ต่อไปยังอุปกรณ์อื่นๆ
IG1	ขั้วสวิทช์กุญแจที่ต่อไปยังระบบจุดระเบิด
IG2	ขั้วสวิทช์กุญแจที่ต่อไปยังระบบจุดระเบิด
ST	ขั้วสวิทช์กุญแจที่ต่อไปยังระบบสตาร์ท

2. ฝึกปฏิบัติการต่อวงจรไฟแสงสว่างตามวงจรที่ให้มา



ภาพที่ ง-24 วงจรไฟฟ้าแสงสว่าง

ตารางที่ ง-9 ผลการทดลอง

หลอดไฟ	กำลังหลอดไฟ (W)	ค่าที่ได้จากการทดลอง			
		ความต้านทาน, R (Ω)	แรงเคลื่อนไฟฟ้า (V)	กระแสไฟฟ้า, I (A)	กำลังไฟฟ้า ,IV หรือ I^2R (W)
1. ไฟหรี่	5				
2. ไฟท้าย	5				
3. ไฟเก๋ง	5				
4. ไฟส่องป้ายทะเบียน	5				
5. ไฟตัดหมอก	55				
6. ไฟหน้า 6.1 ไฟต่ำ 6.2 ไฟสูง	 55 65				

คำถาม

1. หลอดไฟหน้าเป็นแบบใด
2. หลอดไฟตัดหมอกเป็นแบบใด
3. จงอธิบายหลักการทำงานเมื่อเปิดสวิทช์ไฟไปที่ตำแหน่ง TAIL HEAD HIGHT และ FLASH
4. สวิทช์ไฟแสงสว่างที่นักศึกษาปฏิบัติเป็นแบบใดและมีตำแหน่งการทำงานกี่ตำแหน่ง
5. สวิทช์ไฟสูง-ต่ำ ที่นักศึกษาปฏิบัติเป็นแบบใด
6. รีเลย์ที่นักศึกษาปฏิบัติเป็นแบบใด หากรีเลย์ไฟหน้าไม่ทำงานจะเกิดผลอย่างไร

วิชา 215-202 เทคโนโลยียานยนต์ 2(Automotive Technology II) 2(1– 3 – 2)
ใบงานที่ 2 ระบบไฟสัญญาณรถยนต์ จำนวน 3 ชั่งโมง

.....

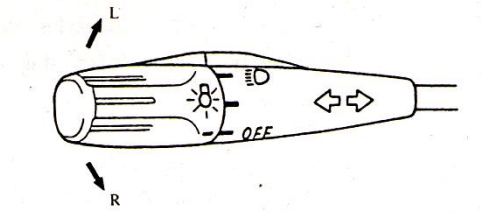
วัตถุประสงค์

1. เข้าใจหลักการทำงานของอุปกรณ์ระบบไฟสัญญาณรถยนต์
2. สามารถปฏิบัติการต่อวงจรระบบไฟสัญญาณรถยนต์
3. สามารถวิเคราะห์และไขปัญหาที่เกิดขึ้นกับระบบไฟสัญญาณรถยนต์

ทฤษฎี

ระบบไฟสัญญาณมีจุดมุ่งหมายและหน้าที่เพื่อให้ผู้ขับขี่รถยนต์สามารถขับขี่รถยนต์ได้อย่างปลอดภัย ประกอบไปด้วย ไฟเลี้ยว ไฟฉุกเฉิน แตร ไฟเบรก และไฟถอยหลัง ซึ่งระบบไฟสัญญาณจะประกอบไปด้วยอุปกรณ์ที่สำคัญดังนี้

1. ไฟเลี้ยว(Turn Signal Lights) ไฟเลี้ยวติดตั้งอยู่ด้านหน้า ด้านท้ายและด้านข้างรถยนต์ ช่วยระบุให้รถยนต์ด้านหน้า ด้านหลังและด้านข้างทราบความตั้งใจของผู้ขับขี่รถยนต์ว่าจะเลี้ยวหรือเปลี่ยนเลนส์ การกระพริบของไฟเลี้ยวมีอัตราแน่นอนตายตัวอยู่ระหว่าง 60-120 ครั้งต่อนาที ซึ่งอุปกรณ์ที่สำคัญสำหรับวงจรไฟเลี้ยวมีดังนี้

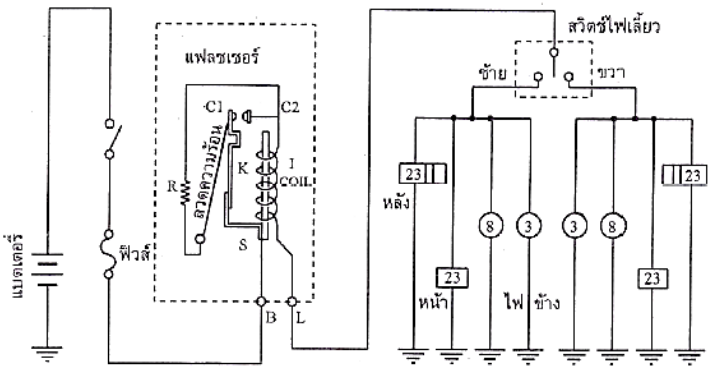


1) สวิทช์ไฟเลี้ยว(Turn Signal Switch) เป็นสวิทช์แบบเลื่อนขึ้น-ลง จะติดตั้งบนแกนพวงมาลัย

ภาพที่ ง-25 สวิทช์ไฟเลี้ยวซึ่งอยู่ร่วมกับสวิทช์ไฟแสงสว่าง

2) แฟลชเชอร์(Flasher) เป็นอุปกรณ์ที่ทำให้หลอดไฟเลี้ยวเกิดการกระพริบ ในปัจจุบันแฟลชเชอร์ที่ใช้มี 4 แบบ คือ แบบเส้นลวดความร้อน(Hot Wire Type) แบบคอนเดนเซอร์และรีเลย์(Condenser and Relay Type) แบบกึ่งทรานซิสเตอร์(Semi-Transistor Type) และแบบ IC (IC Type)

- แบบเส้นลวดความร้อน(Hot Wire Type)

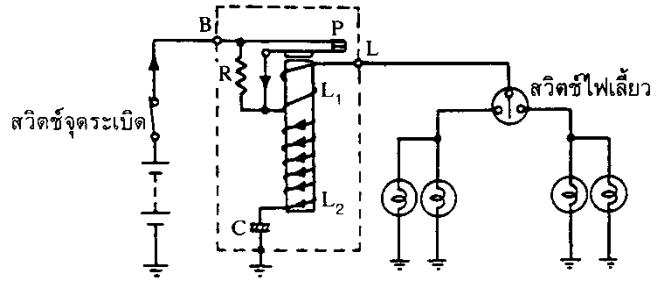


ภาพที่ ง-26 วงจรการทำงานของแฟลชเชอร์แบบขดลวดความร้อน

การทำงาน เมื่อเปิดสวิทช์กุญแจและสวิทช์ไฟเลี้ยว กระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่จะผ่านสวิทช์กุญแจ ผ่านฟิวส์เข้าขั้ว B ของแฟลชเชอร์ ผ่านคอนแทก C1 ผ่านลวดความร้อน ผ่านความต้านทาน R ผ่านคอยล์ ออกขั้ว L ของแฟลชเชอร์ เข้าสวิตช์ไฟเลี้ยว ผ่านหลอดไฟเลี้ยวลงกราวด์ครบวงจร ทำให้คอยล์ของแฟลชเชอร์มีอำนาจแม่เหล็กแต่ในช่วงนี้กระแสไฟฟ้าต้องผ่านลวดความร้อนและความต้านทาน จึงทำให้มีกระแสไฟฟ้าไปเลี้ยงหลอดไฟเลี้ยวน้อยมากไม่สามารถทำให้ไฟเลี้ยวติดได้

เมื่อลวดความร้อนมีกระแสไฟฟ้าผ่าน ลวดความร้อนจะร้อนและยืดตัวออก คอยล์จึงดูดคอนแทก C1 ให้มาต่อกับคอนแทก C2 ทำให้กระแสไฟฟ้าที่มาจากขั้ว B ของแฟลชเชอร์ผ่านคอนแทก C1 ซึ่งต่อกับ C2 ผ่านคอยล์ออกขั้ว L ของแฟลชเชอร์ ผ่านเข้าสวิทช์ไฟเลี้ยว ผ่านหลอดไฟเลี้ยวลงกราวด์ครบ วงจรทำให้หลอดไฟเลี้ยวติด ซึ่งขณะนี้ไม่มีกระแสไฟฟ้าผ่านลวดความร้อนของแฟลชเชอร์ ลวดความร้อนจะเย็นลงและหดตัวดึงคอนแทก C1 ชนะแรงดูดของคอยล์แยกออกจาก C2 หลอดไฟเลี้ยวจึงดับและกลับไปเริ่มต้นทำงานใหม่ทำให้ไฟเลี้ยวเกิดการกระพริบเป็นจังหวะ

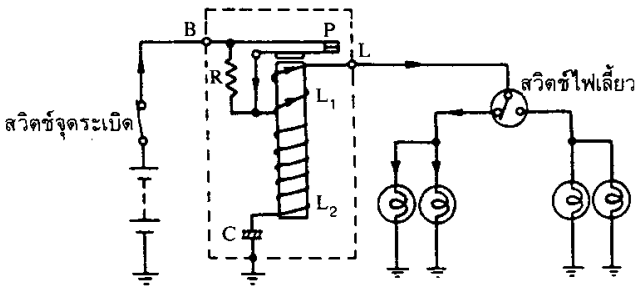
- แบบคอนเดนเซอร์และรีเลย์(Condenser and Relay Type) แฟลชเซอร์แบบนี้ใช้การเก็บประจุและคายประจุของคอนเดนเซอร์ ควบคุมการทำของรีเลย์เพื่อให้เกิดการกระพริบของไฟเลี้ยวและไฟฉุกเฉิน แฟลชเซอร์มีการทำงานดังนี้



(ก) เมื่อเปิดสวิทช์จุดระเบิด

จากภาพที่ ง-27 หน้าทองขาวติดกัน กระแสไฟไหลผ่านขดลวด L_2 และคอนเดนเซอร์ลงกราวด์ครบวงจร คอนเดนเซอร์จะเก็บประจุ

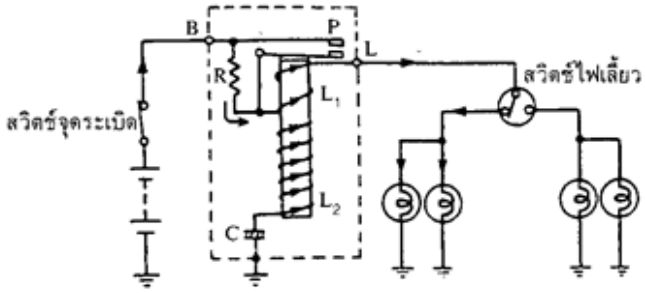
ภาพที่ ง-27 การไหลของกระแสไฟฟ้าขณะเปิดสวิทช์จุดระเบิด



(ข) เมื่อโยกสวิทช์ไฟเลี้ยวไปตำแหน่งเลี้ยวซ้ายหรือขวา

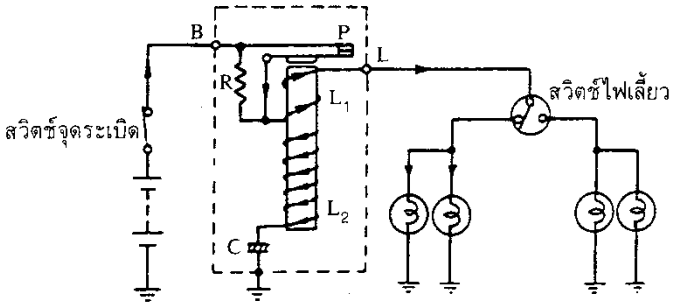
จากภาพที่ ง-28 กระแสไฟผ่านขั้ว B P และขดลวด L_1 ออกที่ตำแหน่งขั้ว L ไปยังสวิทช์ไฟเลี้ยวและหลอดไฟเลี้ยวลงกราวด์ครบวงจร หลอดไฟเลี้ยวจึงติดสว่าง

ภาพที่ ง-28 การไหลของกระแสไฟฟ้าขณะเปิดสวิทช์ไฟเลี้ยว(หลอดสว่าง)



จากภาพที่ ง-29 กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวด L_1 ออกที่ตำแหน่งขั้ว L ไปยังสวิทช์ไฟเลี้ยวและหลอดไฟเลี้ยวลงกราวด์ครบวงจร ทำให้เกิดอำนาจแม่เหล็กดึงหน้าทองขาวแยกออกจากกัน และขณะนี้คอนเดนเซอร์จะคายประจุ กระแสไฟไหลผ่านขดลวด L_1 และ L_2 ผ่านไส้หลอดลงกราวด์ ทำให้เกิดอำนาจแม่เหล็กที่จะดูดหน้าทองขาวมากขึ้น

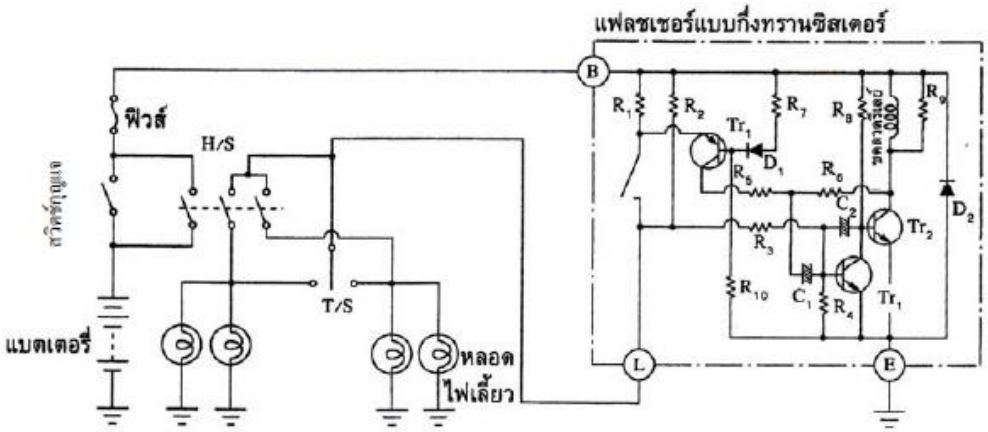
ภาพที่ ง-29 การไหลของกระแสไฟฟ้าขณะเปิดสวิทช์ไฟเลี้ยว(หลอดดับ)



จากภาพที่ ง-30 เมื่อคอนเดนเซอร์คายประจุจนหมดหน้าทองขาวจะเริ่มต่อกันอีกครั้ง กระแสไฟผ่านขั้ว B P และขดลวด L_1 ออกที่ตำแหน่งขั้ว L ไปยังสวิทช์ไฟเลี้ยวและหลอดไฟเลี้ยวลงกราวด์ครบวงจร หลอดไฟเลี้ยวจึงติดสว่างอีก

ภาพที่ ง-30 การไหลของกระแสไฟฟ้าขณะเปิดสวิทช์ไฟเลี้ยว(หลอดสว่างอีกครั้ง)

- แบบกึ่งทรานซิสเตอร์(Semi-Transistor Type)

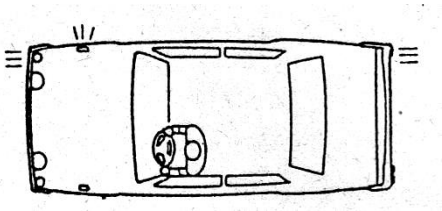


ภาพที่ ง-31 วงจรของแฟลชเซอร์แบบกึ่งทรานซิสเตอร์

การทำงานแฟลชเซอร์แบบกึ่งทรานซิสเตอร์(Semi-Transistor Type) เมื่อเปิดสวิทช์กุญแจและสวิทช์ไฟเลี้ยว กระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่จะผ่านสวิทช์กุญแจ ผ่านฟิวส์เข้าขั้ว B ของแฟลชเซอร์ ผ่านชุดทรานซิสเตอร์ ทำให้มีกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดรีเลย์ของแฟลชเซอร์ลงกราวด์ครบวงจร ขดลวดรีเลย์จึงมี

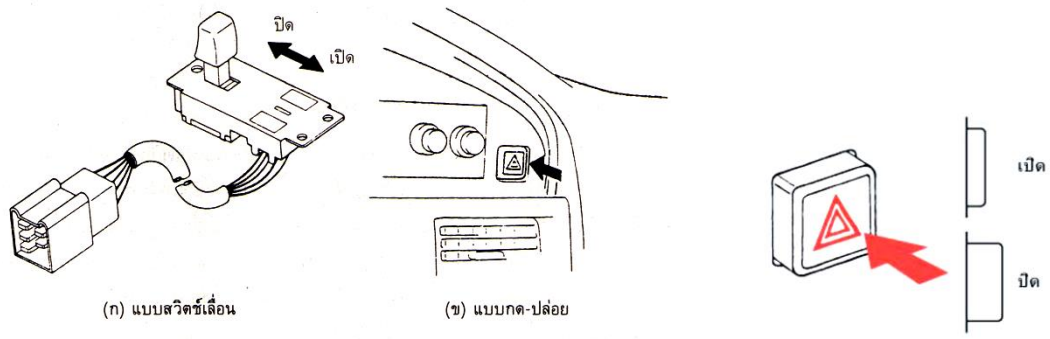
อำนาจแม่เหล็กดูดให้คอนแทกมาต่อกัน กระแสไฟฟ้าจากขั้ว B ของแฟลชเชอร์จึงผ่าน R1 ผ่านคอนแทกที่ต่อกัน ออกขั้ว L ผ่านสวิทช์ไฟเลี้ยว ผ่านหลอดไฟเลี้ยวลงกราวด์ครบวงจร ทำให้หลอดไฟเลี้ยวติด ในขณะเดียวกันคอนเดนเซอร์ที่รับประจุไฟฟ้าในขณะที่คอนแทกต่อกันจะหน่วงเวลาไว้เล็กน้อยแล้วจึงคายประจุออก เป็นผลให้ชุดทรานซิสเตอร์หยุดการทำงาน กระแสไฟฟ้าที่ไหลเลี้ยงขดลวดรีเลย์ไม่สามารถไปลงกราวด์ได้ ขดลวดรีเลย์จึงหมดอำนาจแม่เหล็ก คอนแทกจึงแยกตัวออกทำให้หลอดไฟเลี้ยวดับเป็นการเริ่มต้นการทำงานใหม่

- แบบไอซีหรือแบบทรานซิสเตอร์ แฟลชเชอร์แบบนี้จะใช้วงจรทรานซิสเตอร์ จึงทำให้มีขนาดเล็กและมีน้ำหนักเบา การทำงานภายในมีพื้นฐานคล้ายกับแบบกึ่งทรานซิสเตอร์แต่จะไม่มีขดลวดรีเลย์และคอนแทก

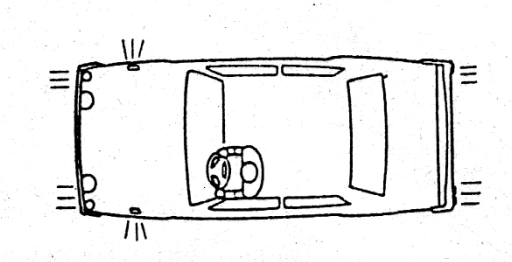


ภาพที่ ง-32 ไฟเลี้ยว

2. ไฟฉุกเฉิน(Hazard Lights) ไฟฉุกเฉินตำแหน่งติดตั้งก็คือตำแหน่งไฟเลี้ยว ทำหน้าที่ระบุให้ทราบว่ารถยนต์กำลังจอดอยู่เนื่องจากมีเหตุฉุกเฉิน ขณะเปิดไฟฉุกเฉินไฟเลี้ยวจะกระพริบพร้อมกันทั้งหมด อุปกรณ์ที่สำคัญของวงจรไฟฉุกเฉิน คือ สวิทช์ไฟฉุกเฉิน(Hazard Warning Switch) ที่ใช้กันมีอยู่ 2 แบบ คือ แบบเลื่อนและแบบกด -ปล่อย ซึ่งปัจจุบันนิยมใช้แบบกด-ปล่อย



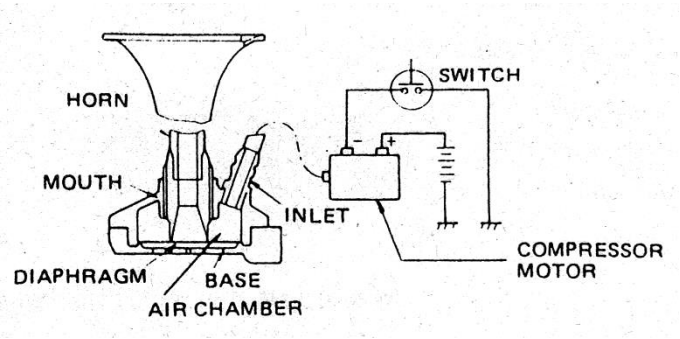
ภาพที่ ง-33 สวิทช์ไฟเตือนฉุกเฉิน



ภาพที่ ง-34 ไฟฉุกเฉิน

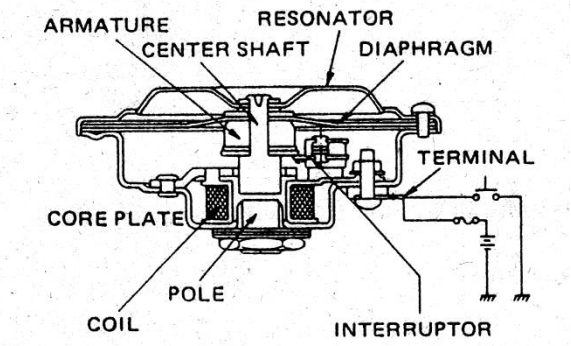
3. แตร(Horn) เป็นอุปกรณ์ที่ทำให้เกิดเสียงดังเพื่อใช้เป็นสัญญาณเตือนผู้ที่ขับขี่รถยนต์คันอื่นๆ และผู้ที่สัญจรไปมาตามท้องถนน ปัจจุบันแตรที่นำมาใช้กับรถยนต์แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1) แตรลม(Air Horn) ใช้ลมทำให้เกิดเสียงดัง

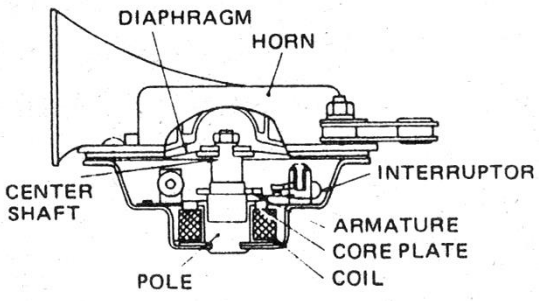


ภาพที่ ง-35 แตรลม

2) แตรไฟฟ้า(Electrical Horn) ใช้ไฟฟ้าทำให้เกิดเสียงดัง แตรไฟฟ้าแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ คือ แบบแบน(Flat Type) และแบบขดเป็นวง(Spiral Type)



ภาพที่ ง-36 แตรไฟฟ้าแบบแบน(Flat Type)



ภาพที่ ง-37 แตรไฟฟ้าแบบขดเป็นวง(Spiral Type)

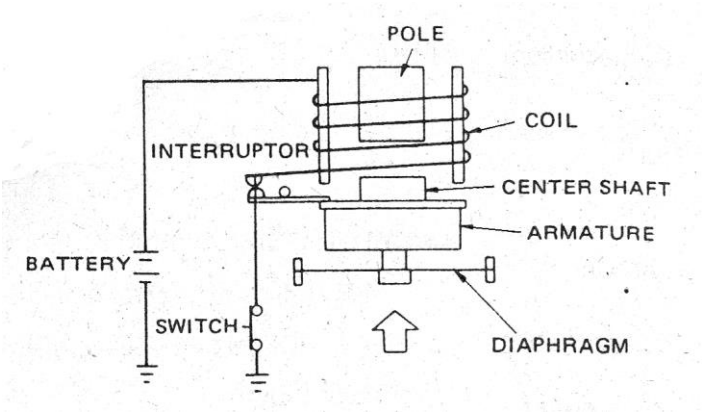
แตรไฟฟ้าแบบแบนเมื่อเปรียบเทียบกับแบบขดเป็นวงจะให้วามถี่เสียงสูงกว่า มีโครงสร้างที่แบนบางจึงสามารถเลือกตำแหน่งการติดตั้งได้ง่าย ป้องกันความชื้นและฝุ่นละอองได้ดี แตรไฟฟ้าแบบแบน

ประกอบด้วย ชุดแม่เหล็กไฟฟ้า(Electromanet) ชุดไดอะแฟร(Diaphragm Assembly) และตัวตัดต่อ (Interruptor)

- ชุดแม่เหล็กไฟฟ้า(Electromanet) ประกอบด้วย ขั้วแม่เหล็ก(Pole) ขดลวด(Coil) และแกน (Core Plate) โดยติดตั้งอยู่ที่จุดศูนย์กลางของตัวเรือน

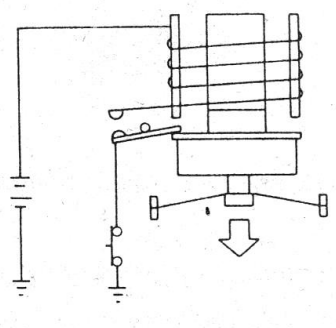
- ชุดไดอะแกรม(Diaphragm Assembly) ประกอบด้วย แกนไดอะแฟรม(Shat) อาร์เมเจอร์ (Armature) แผ่นไดอะแฟรม(Diaphragm) และตัวสะท้อนเสียง(Resonator) ติดตั้งตรงข้ามชุดแม่เหล็กไฟฟ้า

- ตัวตัดต่อ(Interruptor) เป็นชุดหน้าทองขาว(Contact) ติดตั้งอยู่ที่พื้นผิวส่วนล่างของอาร์เมเจอร์จะตัดต่อ เพื่อให้แผ่นไดอะแฟรมเกิดการสั่นกระพือ อันเป็นผลให้เกิดการสั่นของคลื่นอากาศเกิดเป็นเสียงดังขึ้น มีหลักการทำงานดังนี้



จากภาพที่ ง-38 เมื่อกดสวิทช์แตร จะมีกระแสไหลจากแบตเตอรี่ผ่านขดลวด ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กดูดอาร์เมเจอร์เข้ามา ในขณะเดียวกันแผ่นไดอะแฟรมก็จะถูกดูดเข้ามาด้วยเช่นกัน

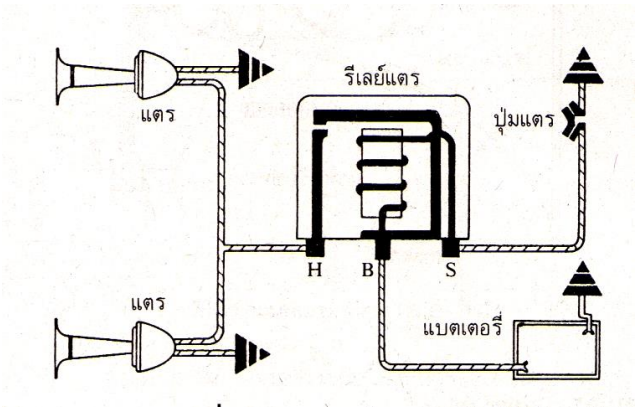
ภาพที่ ง-38 เมื่อหน้าทองขาวติดกัน



จากภาพที่ ง-39 เมื่ออาร์เมเจอร์ถูกดูดเข้ามาจนทำให้หน้าทองขาวของตัวตัดต่อแยกออกจากกัน กระแสไฟฟ้าไม่สามารถไหลผ่านขดลวดได้ จากความเป็นสปริงของแผ่นไดอะแฟรมจึงดึงอาร์เมเจอร์กลับคืนสู่ตำแหน่งเดิม ทำให้หน้าทองขาวของตัวตัดต่อติดกันอีก ทำให้เกิดอำนาจแม่เหล็กขึ้นอีกครั้ง การทำงานดังกล่าวจะเกิดขึ้นซ้ำแล้วซ้ำอีกกระตุ้นให้ตัวสะท้อนเสียงด้านหน้าของแผ่นไดอะแฟรมสะท้อนความถี่ที่เกิดขึ้นจากการสั่นสะเทือนเป็นผลให้เกิดคลื่นเสียงดังกระจายผ่านอากาศออกมา

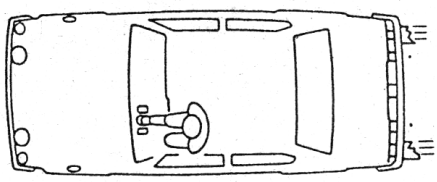
ภาพที่ ง-39 เมื่อหน้าทองขาวแยกออกจากกัน

วงจรแตรที่มีการติดตั้งรีเลย์แตร(Horn Relay) เข้าไปในวงจรเพื่อที่จะให้กระแสจำนวนมากจากแบตเตอรี่ไหลไปแตรโดยผ่านรีเลย์และกระแสจำนวนน้อยไหลผ่านสวิทช์แตร ทำให้สวิทช์แตรมีอายุการใช้งานนานและสายไฟที่ต่อไปยังสวิทช์แตรสามารถลดขนาดให้เล็กลงได้ รีเลย์แตรจะมีขั้ว 3 ขั้ว คือ ขั้ว H(ต่อไปแตร) ขั้ว B(ต่อไปขั้วบวกแบตเตอรี่) และ ขั้ว S(ต่อไปสวิทช์แตร)



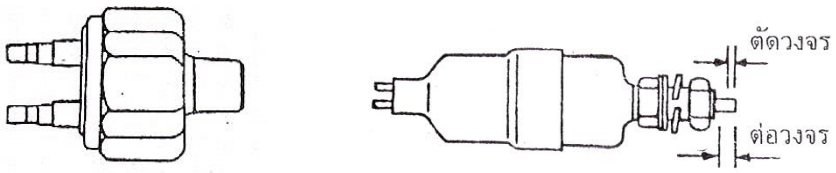
ภาพที่ ง-40 วงจรแตร

4. ไฟเบรก(Brake Light) ไฟเบรกจะติดตั้งอยู่ท้ายรถยนต์เพื่อให้รถที่ตามมาทราบว่ากำลังเบรกเพื่อป้องกันรถยนต์ถูกชนด้านท้าย



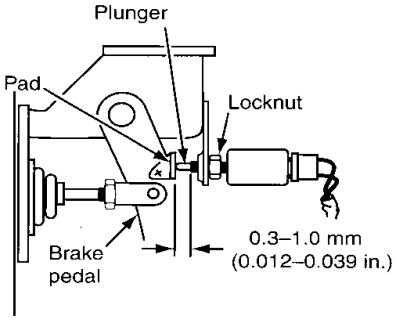
ภาพที่ ง-41 ไฟเบรก

อุปกรณ์ที่สำคัญในวงจรไฟเบรก คือ สวิทช์ไฟเบรกซึ่ง มีอยู่ 2 แบบด้วยกัน คือ สวิทช์ไฟเบรกแบบแรงดัน และสวิทช์ไฟเบรกแบบกลไก



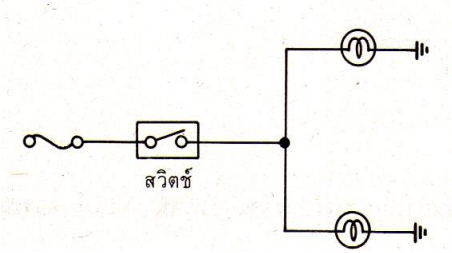
(ก) สวิทช์ไฟเบรกแบบแรงดัน (ข) สวิทช์ไฟเบรกแบบแบบกลไก

ภาพที่ ง-42 สวิทช์ไฟเบรก



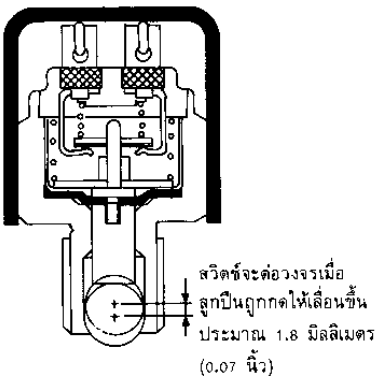
สวิทช์ไฟเบรกแบบแรงดันจะติดตั้งอยู่ที่แม่ปั๊มเบรกโดยอาศัยแรงดันน้ำมันเบรกจากแม่ปั๊มเบรก เป็นตัวควบคุมการตัด-ต่อสวิทช์ ส่วนสวิทช์ไฟเบรกแบบแบบกลไกจะติดตั้งบริเวณคันเหยียบเบรก เมื่อเหยียบเบรกจะทำให้สวิทช์ต่อกัน

ภาพที่ ง-43 ตำแหน่งติดตั้งสวิทช์ไฟเบรกที่แป้นเหยียบเบรก

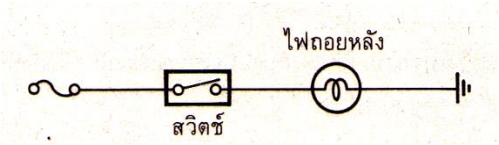


ภาพที่ ง-44 วงจรไฟเบรก

5. ไฟถอย(Backup Light) ไฟถอยหลังจะติดตั้งอยู่ด้านท้ายรถยนต์ มีแสงสว่างสีขาว เป็นหลอดไฟแบบไส้เดียว ขนาด 15-32 W มีสวิทช์ไฟถอยหลังคอยทำหน้าที่ตัดต่อกระแสไฟฟ้าที่ไปยังหลอดไฟถอยหลัง สวิทช์ไฟถอยจะติดตั้งภายในกระปุกเกียร์รถยนต์ เมื่อเข้าเกียร์ตำแหน่งเกียร์ถอยหลัง ลูกปืนจะถูกกดทำให้สวิทช์ต่อกัน ไฟถอยหลังทำหน้าที่เตือนรถยนต์ที่ตามมาด้านหลังให้ทราบว่าผู้ขับรถยนต์คันด้านหน้ากำลังจะถอยหลัง ไฟถอยหลังจะติดเมื่อสวิทช์จุดระเบิด ON และเข้าเกียร์ถอยหลัง



ภาพที่ ง-45 ภาพตัดแสดงชิ้นส่วนภายในของสวิทช์เกียร์ถอย



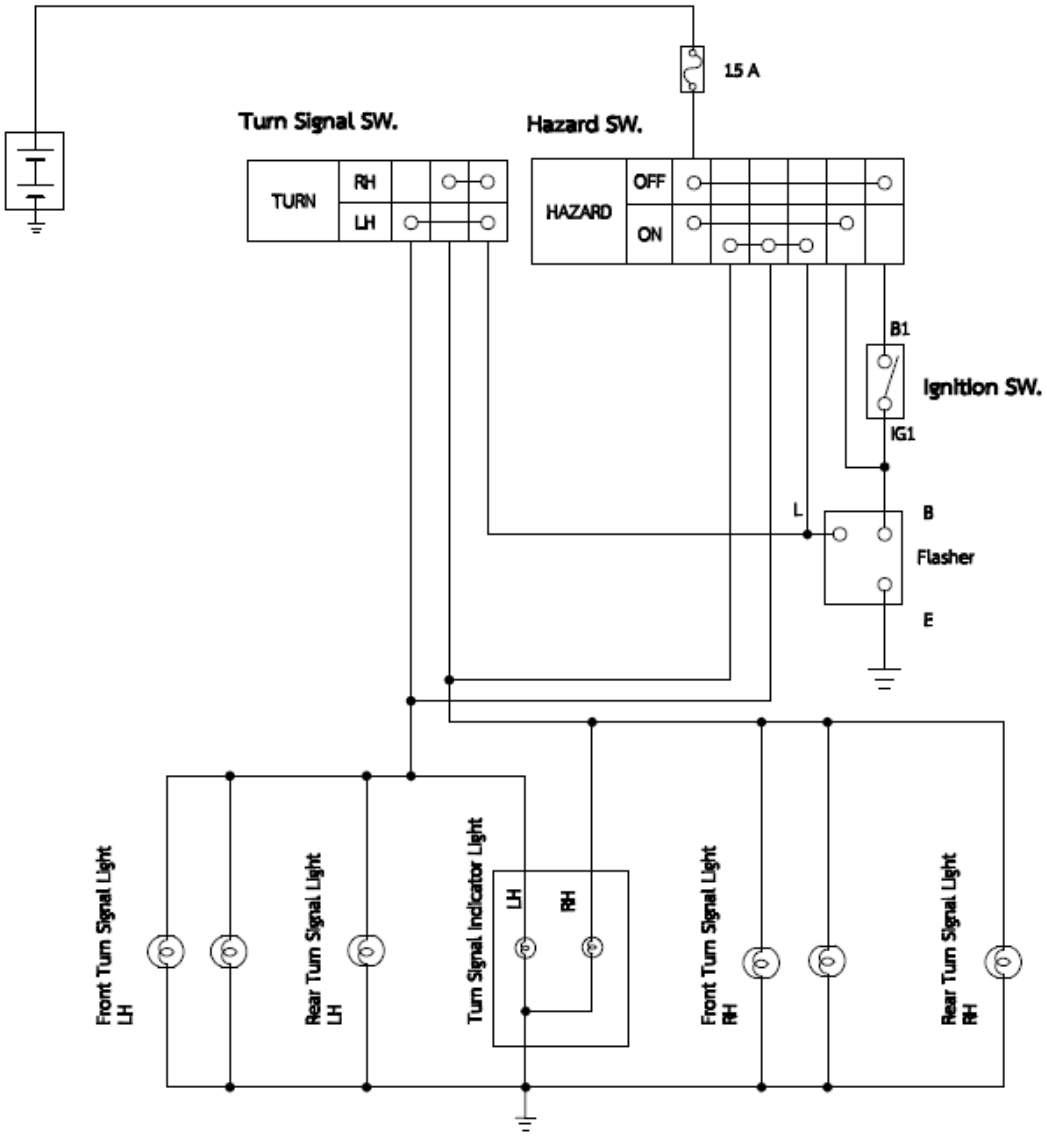
ภาพที่ ง-46 วงจรไฟถอยหลัง

เครื่องมือและอุปกรณ์

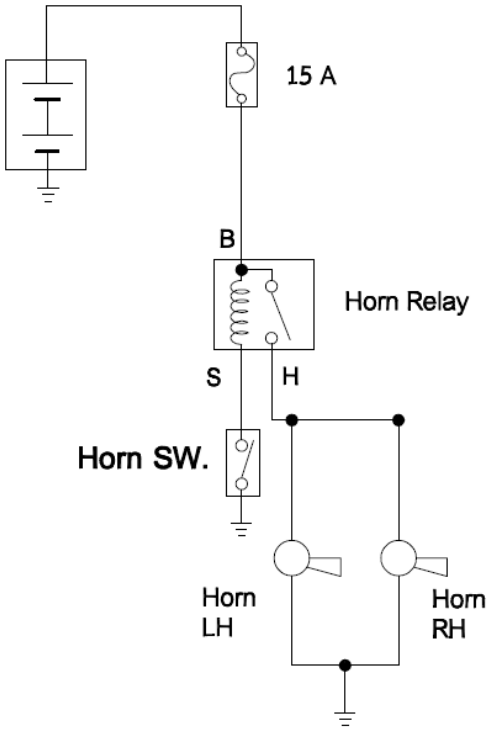
1. ชุดฝึกระบบไฟแสงสว่างและไฟสัญญาณรถยนต์
2. เครื่องมือวัดต่าง ๆ เช่น มัลติมิเตอร์ หลอดทดสอบ(Test Lamp) โวลท์มิเตอร์ แอมมิเตอร์

ลำดับขั้นตอนการปฏิบัติ

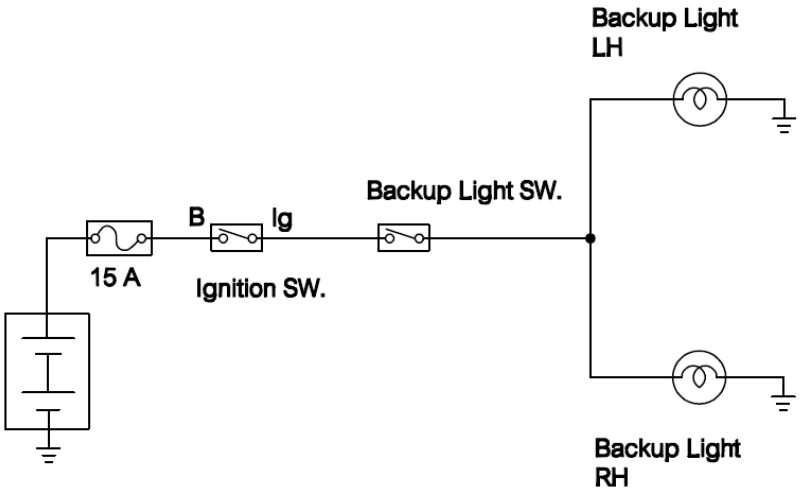
1. แนะนำอุปกรณ์ระบบไฟสัญญาณ
2. ฝึกปฏิบัติการต่อวงจรไฟสัญญาณตามวงจรที่ให้มา



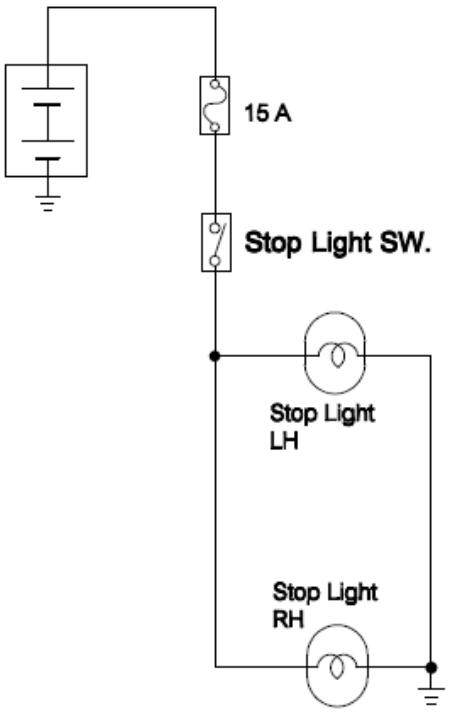
ภาพที่ ง-47 วงจรไฟเลี้ยว-ไฟฉุกเฉิน



ภาพที่ ง-48 วงจรแตร



ภาพที่ ง-49 วงจรไฟถอยหลัง



ภาพที่ ง-50 วงจรไฟเบรก

ตารางที่ ง-10 ผลการทดลอง

หลอดไฟ	กำลังหลอดไฟ (W)	ค่าที่ได้จากการทดลอง			
		ความต้านทาน, R (Ω)	แรงเคลื่อนไฟฟ้า (V)	กระแสไฟฟ้า, I (A)	กำลังไฟฟ้า ,IV หรือ I^2R (W)
1. ไฟเลี้ยว					
1.1 หลอดด้านหน้า	23				
1.2 หลอดด้านหลัง	23				
1.3 หลอดด้านข้าง	5				
2. ไฟถอย	5				
3. ไฟเบรก	21				

คำถาม

1. แฟลชเชอร์(Flasher)ที่ใช้ในระบบไฟเลี้ยวและไฟฉุกเฉินทำหน้าที่อะไร
2. ถ้าหลอดไฟเลี้ยวด้านเดียวกันขาดไปหนึ่งหลอดจะเกิดผลอย่างไรกับระบบไฟเลี้ยว
3. แตรไฟฟ้าเกิดเสียงดังได้อย่างไร
4. รีเลย์แตรทำหน้าที่อะไร
5. จงอธิบายการทำงานวงจรไฟเลี้ยว-ไฟฉุกเฉิน

ภาคผนวก จ
แบบประเมินคุณภาพชุดฝึกระบบไฟแสงสว่างและไฟสัญญาณรถยนต์

แบบประเมินคุณภาพชุดฝึกระบบไฟแสงสว่างและไฟสัญญาณรถยนต์

คำชี้แจง แบบประเมินคุณภาพชุดฝึก แบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 สอบถามความพึงพอใจผู้ที่ได้ใช้ชุดฝึกระบบไฟแสงสว่างและไฟสัญญาณรถยนต์ที่สร้างขึ้น แบ่งออกเป็น 3 ด้าน คือ ด้านการออกแบบชุดฝึก ด้านประสิทธิภาพทางการสอน และด้านเอกสารประกอบการเรียนการสอนภาคปฏิบัติ

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่นๆ

หมายเหตุ : คำอธิบายรายละเอียดของหัวข้อคำถามที่ใช้ประเมินคุณภาพชุดฝึก มีดังนี้

ชุดฝึก หมายถึง ชุดอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ปฏิบัติเกี่ยวกับระบบไฟแสงสว่างและไฟสัญญาณรถยนต์

ด้านการออกแบบชุดฝึก หมายถึง ความเหมาะสมของชุดฝึกที่ได้จัดสร้างขึ้น

ด้านประสิทธิภาพทางการสอน หมายถึง ประโยชน์ของชุดฝึกที่จัดสร้างขึ้นได้ก่อให้เกิดประโยชน์แก่นักศึกษาที่ได้ฝึกปฏิบัติ

ด้านเอกสารประกอบการเรียนการสอน หมายถึง เอกสารที่ใช้ประกอบการเรียนการสอนภาคปฏิบัติ

ตอนที่ 1 สอบถามความพึงพอใจผู้ที่ได้ใช้ชุดฝึกระบบไฟแสงสว่างและไฟสัญญาณรถยนต์

คำชี้แจง: กรุณาทำเครื่องหมาย ✓ลงในช่องที่ตรงกับความพึงพอใจของท่าน ซึ่งได้มีการกำหนดระดับความพึงพอใจ 5 ระดับ ดังนี้

5 หมายถึง ระดับความพึงพอใจมากที่สุด
4 หมายถึง ระดับความพึงพอใจมาก
3 หมายถึง ระดับความพึงพอใจปานกลาง
2 หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อย
1 หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อยที่สุด

แบบประเมินคุณภาพชุดฝึก

หัวข้อการประเมิน	คำถามความพึงพอใจ	ระดับความพึงพอใจ				
		5	4	3	2	1
1.ด้านการออกแบบชุดฝึก	1.1 ชุดฝึกมีขนาดที่เหมาะสม					
	1.2 ความปลอดภัยในการใช้ขณะฝึกปฏิบัติ					
	1.3 ความเหมาะสมของการจัดตำแหน่งอุปกรณ์ต่างๆ บนชุดฝึก					
	1.4 ความแข็งแรงของชุดฝึก					
	1.5 ความสะดวกในการเคลื่อนย้ายและจัดเก็บ					
	1.6 ความสะดวกในการติดตั้งและถอดเก็บเมื่อเสร็จการฝึกปฏิบัติ					
	1.7 วัสดุที่ใช้ในการสร้างชุดฝึกมีความเหมาะสม					
2. ด้านประสิทธิภาพทางการสอน	2.1 ความเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน					
	2.2 ความสะดวกในการเตรียมอุปกรณ์การสอน					
	2.3 ความสะดวกในการดำเนินการสอน					
	2.4 ชุดฝึกก่อให้เกิดแรงจูงใจในการเรียน					
	2.5 ชุดฝึกมีความสัมพันธ์กับใบงาน					
	2.6 ชุดฝึกให้ประสบการณ์ในการเรียนรู้					
	2.7 คุณค่าทางวิชาการที่ได้รับจากการใช้ชุดฝึก					
	2.8 ครอบคลุมวัตถุประสงค์ของการฝึกปฏิบัติ					
3. ด้านเอกสารประกอบการเรียนการสอนภาคปฏิบัติ	3.1 ใบเนื้อหาสอดคล้องกับวัตถุประสงค์					
	3.2 เรียงลำดับเนื้อหาได้อย่างเหมาะสมและเข้าใจง่าย					
	3.3 ศึกษาทำความเข้าใจได้ง่าย					
	3.4 ใบงานสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การฝึกปฏิบัติ					
	3.5 ข้อความในใบงานอ่านเข้าใจง่าย					
	3.6 คำถามที่ใช้มีความชัดเจน					
	3.7 คำตอบมีเป้าหมายชัดเจน					
	3.8 เวลาในการฝึกปฏิบัติแต่ละใบงานมีความเหมาะสม					

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่นๆ
คำชี้แจง: กรุณาแสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่นๆ

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่นๆ.....
.....
.....
.....
.....

ภาคผนวก ฉ
ข้อมูลจากแบบสอบถามและการทดสอบปฏิบัติ

ตารางที่ ฉ-1 ผลการประเมินคุณภาพชุดฝึก

ชุดที่	ด้านการออกแบบ							ด้านประสิทธิภาพทางการสอน								ด้านเอกสารประกอบการเรียนการสอน							
	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8
1	5	5	4	5	5	4	5	5	5	5	5	4	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5
2	4	4	4	4	5	5	4	4	5	4	5	4	4	4	4	5	4	4	3	4	4	4	5
3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
4	5	5	4	5	4	4	5	5	4	5	5	5	4	5	5	5	4	5	4	4	5	5	4
5	5	5	5	4	4	5	5	5	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	5	5	5	5
6	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5
7	5	5	4	4	4	4	5	5	4	4	5	5	4	4	4	5	5	4	4	5	5	5	4
8	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	4	5	5	5	4	5	5
9	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	4	4	4	4	3
10	5	4	4	5	4	4	4	5	4	5	5	5	5	4	4	5	5	5	4	4	5	5	5
11	4	4	4	3	4	4	4	5	5	5	3	4	3	4	4	4	4	3	4	4	3	4	4
12	5	5	5	5	4	4	5	4	4	5	5	5	4	4	5	5	5	4	5	5	5	5	5
13	4	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4
14	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
15	5	4	4	4	4	5	5	4	3	4	5	5	4	5	4	4	4	5	5	5	3	4	4
16	5	5	5	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5
17	4	4	4	5	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	3	4	5	5	4	3	3
18	4	5	4	4	3	4	5	4	4	5	3	4	5	3	4	3	4	3	4	5	4	4	3
19	3	4	3	5	4	5	4	5	4	5	4	4	4	4	4	5	5	4	4	4	4	4	4
20	4	4	3	4	3	3	4	3	3	3	3	4	4	4	4	4	3	3	4	4	4	4	4
21	5	4	4	5	2	5	4	4	3	4	4	4	5	4	4	4	5	4	4	5	4	4	4
22	5	5	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	3	4	5	5	5	5	4
23	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
24	4	4	5	4	4	4	4	5	5	4	4	5	5	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4
25	4	4	4	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	4	4	4	4	4	4
26	5	4	4	5	4	5	4	5	5	5	5	5	4	4	5	4	5	5	4	5	4	5	5
27	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	4	5	4	4	5	5	5	5	5	4	4	5	5
28	4	5	5	5	4	3	4	4	4	4	5	4	4	5	5	5	4	4	4	5	5	5	5
29	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
30	5	5	4	5	4	5	5	4	4	5	5	4	5	5	4	5	4	5	5	5	5	4	5
31	5	4	5	5	5	4	5	5	5	4	5	5	4	5	5	5	4	5	4	5	4	5	4
32	5	4	5	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	5
33	4	4	4	5	3	4	4	5	4	4	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4
34	3	4	3	3	2	2	3	3	3	3	2	3	3	4	3	3	3	2	5	5	5	3	2
35	4	4	4	3	4	4	4	3	4	4	4	4	4	5	5	4	4	5	4	4	4	4	3
36	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	3	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
37	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	5	4
38	4	5	4	5	4	4	4	4	4	4	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3
39	4	5	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	5	4	4	4	3	3	4	3	3	3	3
40	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	4	5	4	4	4	5	5	4	4	4	5	4	4
41	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
42	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5

ตารางที่ ฉ-1(ต่อ) ผลการประเมินคุณภาพชุดฝึก

ชุดที่	ด้านการออกแบบ							ด้านประสิทธิภาพทางการสอน								ด้านเอกสารประกอบการเรียนการสอน							
	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8
43	5	5	5	4	5	5	5	4	4	5	5	5	5	5	4	5	4	5	5	5	5	5	5
44	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	3	4	4	4	3	3	3	3	3	4	4	3
45	4	5	4	5	4	4	4	4	5	4	3	3	5	4	5	4	4	4	5	4	5	4	5
46	4	4	5	5	4	4	3	4	5	5	2	5	3	4	4	5	3	4	4	3	5	5	4
47	4	5	5	5	5	4	4	5	5	5	4	4	5	5	5	4	4	4	5	5	5	5	5
48	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
49	4	4	5	4	5	5	4	4	5	5	4	4	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4
50	4	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
51	4	4	4	3	3	4	5	4	4	4	4	4	4	5	4	3	4	3	4	4	4	4	5
52	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
53	5	5	5	5	5	5	4	4	4	5	5	5	5	4	4	5	5	5	4	5	5	5	5
54	4	5	4	5	4	5	5	5	4	5	5	4	5	4	5	5	5	5	4	5	4	5	5
55	4	4	4	4	4	3	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	4	4
56	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
57	5	5	5	4	5	4	5	5	5	4	4	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	4	5
58	4	4	5	4	4	5	5	5	4	5	5	4	4	5	4	5	4	5	4	4	3	3	4
59	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
60	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
61	4	3	4	4	5	4	4	3	4	3	4	4	4	4	3	4	4	4	4	3	3	4	4
62	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	3	4	4	3	4	4	3	3	4	4	3	4	3
63	5	5	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	5	4	4	4	3
64	5	5	5	5	4	5	5	5	4	5	4	5	5	4	5	4	5	4	5	5	4	5	5
65	5	5	5	4	3	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
66	5	5	5	4	5	5	5	4	5	5	5	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	4	5
67	4	4	5	4	5	4	5	4	5	5	4	4	5	4	5	4	4	5	4	4	5	5	4
68	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	4	4	5	5	4
69	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
70	5	4	4	3	4	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	4	4	5	3
71	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5
72	5	4	5	5	5	4	5	4	4	5	5	5	4	4	5	5	5	4	5	5	5	5	4
73	4	5	4	5	5	4	4	4	5	5	5	5	5	5	4	5	4	4	5	4	3	3	4
74	5	4	4	5	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	4	5	4	4
75	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5
76	5	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	4	4	5	4	4	5	5	5	4	5	5	4
77	5	4	5	5	4	5	5	5	5	5	4	5	4	4	5	4	5	4	4	5	5	4	5
78	5	4	4	3	4	4	4	4	3	4	5	5	4	5	5	4	4	5	4	5	4	5	4
79	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
80	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5

ตารางที่ ฉ-2 ผลการทดสอบปฏิบัติ

ลำดับที่	คะแนนที่ได้ (2/2556)	คะแนนที่ได้ (2/2557)
1	3	8
2	17.5	0
3	3	16
4	18	20
5	18	6
6	11.5	20
7	11.5	16
8	16	20
9	15.5	20
10	16	19
11	11	20
12	2	17
13	19	17
14	14.5	16
15	9.5	19
16	11	17
17	19	20
18	12.5	17
19	19	17
20	14.5	19
21	17.5	20
22	18	14
23	17	19
24	3	17
25	3	16
26	18	11
27	16	14
28	12.5	14
29	12.5	14
30	2	16
31	2	8
32	16	20
33	9.5	15
34	18	10
35	2	10
36	17.5	11
37	17	14
38	18	20
39	18	10
40	17.5	14
41	16	16
42	19	20
43	15.5	15
44	12.5	18
45	18	20
46	15	6
47	20	6
48	4	18
49	11.5	20

ตารางที่ ฉ-2(ต่อ) ผลการทดสอบปฏิบัติ

ลำดับที่	คะแนนที่ได้ (2/2556)	คะแนนที่ได้ (2/2557)
50	20	20
51	9.5	20
52	20	20
53	15	20
54	19	20
55	6	14
56	6	19
57	14.5	18
58	12.5	12
59	9.5	18
60	20	10
61	6	5
62	6	10
63	12.5	17
64	14.5	8
65	4	20
66	19	20
67	18	18
68	18	15
69	10	10
70	20	17
71	10	20
71	19	5
73	12	7
74	11.5	11
75	14.5	20
76	12	20
77	19	7
78	14.5	6
79	20	18
80	20	18
81	7	18
82	4	12
83	7	8
84	4	20
85	20	20
86	15	15
87		14
88		20
89		11
90		20
91		20
92		20
93		19

ภาคผนวก ช
รายการค่าใช้จ่ายและค่าวัสดุอุปกรณ์

ตารางที่ ช-1 รายการค่าใช้จ่ายและค่าวัสดุอุปกรณ์

รายการ	จำนวน	หน่วย	ราคา(บาท)
1. หมวดค่าจ้าง	-	-	-
2. หมวดค่าตอบแทน(ที่ปรึกษาโครงการ)	1	คน	5,000
3. หมวดค่าใช้สอย			
- ค่าจัดทำเอกสารงานวิจัย	5	เล่ม	667
4. หมวดค่าวัสดุ			
1) เสื้อไฟเลี้ยวมุม	2	ชุด	321
2 ไฟในกันชน	2	ชุด	160.50
3) สวิทช์ไฟเบรก	1	ชุด	192.60
4) แตร	2	ตัว	481.50
5) สวิทช์ไฟถอย	1	ชุด	235.40
6) แผงฟิวส์	2	ชุด	535
7) รีเลย์	4	ตัว	321
8) ปลั๊กรีเลย์	4	ตัว	64.20
9) พวงมาลัย	1	ชุด	2,354
10) หน้าปัด	1	ชุด	1,926
11) ไฟท้าย	2	ชุด	385.20
12) โคมไฟหน้า	2	ชุด	2,140
13) จุกไฟมุม	2	ชุด	139.10
14) หลอดไฟ	4	หลอด	85.60
15) ล้อไนลอน 3 in (แป้นเป็นมีเบรก)	4	ล้อ	1,928
16) สกรู(STL ขนาด 5/16 x 3/4 in)	16	ตัว	70.56
17) สกรู น๊อต และแหวน(STL ขนาด 5/16 x 2½ in)	8	ชุด	108
18) หัวน็อต(STL ขนาด 5/16)	4	ตัว	11.52
19) เหล็กแป๊บสี่เหลี่ยม(ขนาด 1x1 in หนา 1.5 mm)	1	เส้น	160.50
20) เหล็กฉาก(ขนาด 1/8 x 1 in)	1	เส้น	203.30
21) แผ่นซิงค์(ขนาด 4x8 ft)	1	แผ่น	877.40
22) ลวดเชื่อมไฟฟ้า(RB ขนาด 2.6 mm)	1	กล่อง	135
23) แผ่น PVC หนา 5 mm	1	แผ่น	4,100
24) แม่เหล็กขนาดเล็ก	5	แผง	300
25) เหล็กแป๊บสี่เหลี่ยม(ขนาด 1½ in หนา 2.3 mm)	3	เส้น	1,260
26) เหล็กแป๊บสี่เหลี่ยม(ขนาด 3/4 in หนา 1.5 mm)	2	เส้น	308
27) เหล็กแผ่น หนา 1.5 mm	2	แผ่น	1,960
28) สีรองพื้น (ขนาด 1/4 แกลลอน)	2	กระป๋อง	360
29) สีจริง (สีเขียว ขนาด 1/4 แกลลอน)	2	กระป๋อง	500
30) ทินเนอร์	2	กระป๋อง	760

ตารางที่ ช-1(ต่อ) รายการค่าใช้จ่ายและค่าวัสดุอุปกรณ์

รายการ	จำนวน	หน่วย	ราคา(บาท)
4. หมวดค่าวัสดุ(ต่อ)			
31) มือจับ	2	อัน	32.10
32) อลูมิเนียม(รูปตัว H สีขาวนม)	1	เส้น	319.50
33) อลูมิเนียม(รูปตัว U สีขาวนม)	1	เส้น	98
34) อลูมิเนียมไม่ชุบ	3.10	กิโลกรัม	477.80
35) สกรูและน็อต(M5x12)	70	ชุด	39.90
36) สกรูและน็อต(M4x60)	4	ชุด	6.40
37) รีเลย์แตร 3 ขา	1	ตัว	64.20
38) ไฟส่องป้ายทะเบียน	1	ชุด	64.20
39) หางปลากลมเบอร์ 10	30	ตัว	57.78
40) หางปลาแบน	20	ตัว	19.26
41) ปลอกหด ขนาด 4 mm	2	เมตร	74.90
42) ไฟในเก๋ง	1	ชุด	85.60
43) แฟลชเชอร์ไฟเลี้ยว	2	ตัว	321
44) ปลอกหด ขนาด 4 mm	2	เมตร	74.90
45) ปลั๊กเสียบ 3 ช่อง	4	คู่	34.24
46) ปลั๊กเสียบ 2 ช่อง	4	คู่	25.64
47) หางปลาแบน(ผู้-เมีย)	40	คู่	38.52
48) หางปลากลม	2	คู่	2.14
49) หางปลาทองเหลือง	130	ตัว	125.19
50) ปลั๊ก 6 ช่อง	2	ตัว	17.12
51) หางปลาจิ๋วอย่างดี	8	ตัว	17.12
52) สายไฟขนาด 1.5 mm	1	เมตร	267.50
53) สวิทช์ไฟฉุกเฉิน	1	ตัว	192.60
54) หางปลากลมทองเหลือง	200	ตัว	428
55) ทินเนอร์อะครีลิค	2	กระป๋อง	760
56) แม่เหล็กประตูตู้เย็น	2	เมตร	53.50
57) เม็ดแม่เหล็กชนิดแผง(ขนาด 20 mm)	2	แผง	64
58) แผ่นแม่เหล็กสติกเกอร์	1	แผ่น	30
59) ปลั๊กอากาศกล้วย	200	ตัว	4,000
60) แจ๊คขั้วอากาศ	160	ตัว	1,120
61) โวลต์มิเตอร์(DC 20 V)	1	ตัว	280
62) แอมป์มิเตอร์(DC 30 A)	1	ตัว	280
63) อลูมิเนียม(ชุบขาว)	2.20	กิโลกรัม	341.33

ตารางที่ ช-1(ต่อ) รายการค่าใช้จ่ายและค่าวัสดุอุปกรณ์

รายการ	จำนวน	หน่วย	ราคา(บาท)
4. หมวดค่าวัสดุ(ต่อ)			
64) สติกเกอร์ ขนาด 1.23 x 50 m	3	เมตร	706.20
65) สายไฟฟ้า ขนาด 1 mm	20	เมตร	214
66) สายไฟฟ้า ขนาด 0.75 mm	20	เมตร	149.80
67) ฟิวส์เสียบ	50	ตัว	214
68) หางปลาแบน	20	ตัว	21.40
69) ปลั๊ก 4 ช่อง	4	คู่	42.80
70) แบตเตอรี่(GS 10SD31L)	1	ลูก	2,900
71) สวิทช์	1	ตัว	374.50
72) หางปลา	10	เส้น	107
73) สปอร์ตไลท์	1	ชุด	2,800
74) สกรูและน็อต(STL M5x12)	10	ชุด	27.60
75) สกรูและน็อต(STL M5x15)	10	ชุด	28.60
76) สายไฟขนาด 1.5 mm	5	ม้วน	1,712
77) หลอดไฟ 5 W	2	หลอด	42.80
78) ปลั๊กเสียบ 2 ช่อง	2	ตัว	8.56
79) ปลั๊กเสียบ 3 ช่อง	2	ตัว	10.70
80) แม่เหล็กแฟนซี	25	ชุด	1,225
81) รีเลย์ 12 V พร้อมหางปลา	1	ชุด	160.50
82) ปลั๊กเสียบไฟหน้า	1	คู่	85.60
83) แฟลชเซอร์ไฟเลี้ยว	4	ตัว	1,284
84) ปลั๊ก (BANANA 53 mm สีแดงและดำ)	40	ตัว	800
85) สติกเกอร์สะท้อนแสง	1	เมตร	642
86) สวิทช์	2	ตัว	160.50
รวม			**51,580.38**