

ได้ผ่านการตรวจประเมินคุณภาพหนังสือเรียนอาชีวศึกษา หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2565 ประกาศลำดับที่ 559



รหัสวิชา 20101-2103

หนังสือเล่มนี้เรียบเรียงตามจุดประสงค์รายวิชา สมรรถนะรายวิชาและคำอธิบายรายวิชา หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ
พุทธศักราช 2562 ของสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

งานอิเล็กทรอนิกส์ รถยนต์เบื้องต้น

Basic Automotive Electronic Job

พศ. น.อ. รามจิตติ ฤทธิศร

118.-

งานอิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เบื้องต้น (Basic Automotive Electronic Job)

20101-2103

หมวดวิชาสมรรถนะวิชาชีพ กลุ่มสมรรถนะวิชาชีพเลือก สาขางานยานยนต์

ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาช่างยนต์

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สอศ.) กระทรวงศึกษาธิการ





งานอิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เบื้องต้น (Basic Automotive Electronic Job)

ISBN 978-616-495-214-0

จัดพิมพ์และจัดจำหน่าย โดย...



บริษัทวังอักษร จำกัด

69/3 ถนนอรุณอมรินทร์ แขวงวัดอรุณ เขตบางกอกใหญ่ กรุงเทพฯ 10600

โทร. 0-2472-3293-5 โทรสาร 0-2891-0742 Mobile 08-8585-1521

e-Mail : wangaksorn9@gmail.com

Facebook : สำนักพิมพ์ วังอักษร

www.wangaksorn.com

ID Line : wangaksorn



พิมพ์ครั้งที่ 1 พ.ศ. 2565

จำนวนที่พิมพ์ 3,000 เล่ม

สงวนลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2561

โดยบริษัทวังอักษร จำกัด ห้ามนำส่วนใดส่วนหนึ่งของหนังสือเล่มนี้ไปทำซ้ำ
ดัดแปลง หรือเผยแพร่ต่อสาธารณชน ไม่ว่ารูปแบบใด ๆ นอกจากได้รับอนุญาต

เป็นลายลักษณ์อักษรล่วงหน้าจากทางบริษัทฯ เท่านั้น
ชื่อและเครื่องหมายการค้าอื่น ๆ ที่อ้างอิงในหนังสือฉบับนี้

เป็นสิทธิโดยชอบด้วยกฎหมายของเจ้าของแต่ละราย
โดยบริษัทวังอักษร จำกัด มิได้อ้างความเป็นเจ้าของแต่อย่างใด



งานอิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เบื้องต้น (Basic Automotive Electronic Job)

รหัสวิชา 20101-2103

ท-ป-น 1-3-2

จุดประสงค์รายวิชา เพื่อให้

1. รู้และเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้างและหลักการทำงานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เบื้องต้น
2. สามารถวัดและทดสอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เบื้องต้น
3. มีกิจนิสัยที่ดีในการทำงาน รับผิดชอบ ประณีต รอบคอบ ตรงต่อเวลา สะอาดปลอดภัย และรักษาสภาพแวดล้อม

สมรรถนะรายวิชา

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างและหลักการทำงานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เบื้องต้น
2. ใช้เครื่องมือวัดและทดสอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เบื้องต้น
3. วัดและทดสอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เบื้องต้น

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับโครงสร้างและหลักการทำงาน การใช้เครื่องมือวัดและทดสอบ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์รถยนต์ สมบัติทางไฟฟ้าของอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ อุปกรณ์ตรวจจับและส่งสัญญาณในการควบคุมรถยนต์



ตารางวิเคราะห์สมรรถนะรายวิชา

วิชา งานอิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 20101 - 2103

ท - ป - น 1-3-2 จำนวน 4 คาบ/สัปดาห์ รวม 72 คาบ

บทที่	สมรรถนะรายวิชา	แสดงความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างและหลักการ ทำงานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์รถยนต์ เบื้องต้น	ใช้เครื่องมือวัดและทดสอบอุปกรณ์ อิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เบื้องต้น	วัดและทดสอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ รถยนต์เบื้องต้น
บทที่ 1	พื้นฐานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เบื้องต้น	✓		
บทที่ 2	อุปกรณ์ไฟฟ้ารถยนต์ การต่อสายไฟ และการวัด ทางไฟฟ้าเบื้องต้น	✓	✓	
บทที่ 3	ระบบกระแสจกไฟฟ้า	✓	✓	✓
บทที่ 4	ระบบล็อกประตูรถยนต์อัตโนมัติ	✓	✓	✓
บทที่ 5	ระบบเบรกป้องกันล้อล็อกตาย	✓	✓	✓
บทที่ 6	ระบบควบคุมเสถียรภาพการขับขี่ (ตอนที่ 1) : ระบบป้องกันล้อหมุนฟรี	✓	✓	✓
บทที่ 7	ระบบควบคุมเสถียรภาพการขับขี่ (ตอนที่ 2) : ระบบควบคุมเสถียรภาพการทรงตัว	✓	✓	✓
บทที่ 8	ถุงลมนิรภัย (Airbag System)	✓	✓	✓
บทที่ 9	ระบบบังคับเลี้ยวรถยนต์ (Automotive Steering Systems)	✓	✓	✓
บทที่ 10	ระบบอำนวยความสะดวก	✓	✓	✓
บทที่ 11	ระบบควบคุมความเร็วคงที่	✓	✓	✓
บทที่ 12	ระบบยับยั้งการทำงานของเครื่องยนต์	✓	✓	✓



คำนำ

วิชา **งานอิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เบื้องต้น** รหัสวิชา **20101-2103** จัดอยู่ในหมวดวิชาสมรรถนะวิชาชีพ กลุ่มสมรรถนะวิชาชีพเลือก สาขางานยานยนต์ ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาช่างยนต์ ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สอศ.) กระทรวงศึกษาธิการ ผู้เขียนได้บริหารสาระการเรียนรู้ แบ่งเป็น 12 บทเรียน ได้**จัดแผนการจัดการเรียนรู้/แผนการสอนที่มุ่งเน้นฐานสมรรถนะ (Competency Based) และการบูรณาการ (Integrated)** ตรงตามจุดประสงค์รายวิชา สมรรถนะรายวิชา และคำอธิบายรายวิชาในแต่ละบทเรียนมุ่งให้ความสำคัญส่วนที่เป็นความรู้ ทฤษฎี หลักการ กระบวนการ ตัวอย่างแบบฝึกปฏิบัติและคำถามเพื่อการทบทวน เพื่อฝึกทักษะประสบการณ์ **เร่งพัฒนาบทบาทของผู้เรียนเป็นผู้จัดการแสวงหาความรู้ (Explorer)** เป็นผู้สอนตนเองได้ สร้างองค์ความรู้ใหม่ และบทบาทของผู้สอนเปลี่ยนจากผู้ให้ความรู้มาเป็นผู้จัดการ **ชี้แนะ (Teacher Roles)** จัดสิ่งแวดล้อมเอื้ออำนวยต่อความสนใจเรียนรู้ และเป็นผู้ร่วมเรียนรู้ (Co-investigator) จัดห้องเรียนเป็นสถานที่ทำงานร่วมกัน (Learning Context) จัดกลุ่มเรียนรู้ให้รู้จักทำงานร่วมกัน (Grouping) ฝึกความใจกว้างมุ่งสร้างสรรค์คนรุ่นใหม่ สอนความสามารถที่นำไปทำงานได้ (Competency) สอนความรัก ความเมตตา (Compassion) ความเชื่อมั่น ความซื่อสัตย์ (Trust) เป้าหมายอาชีพอันยังประโยชน์ (Productive Career) และชีวิตที่มีศักดิ์ศรี (Noble Life) เหนือสิ่งอื่นใดเป็นคนดีทั้งกาย วาจา ใจ มีคุณธรรม และมีจรรยาบรรณต่อวิชาชีพ

ส่งเสริมสนับสนุนยุทธศาสตร์การพัฒนาระบบคุณวุฒิวิชาชีพ (Vocational Qualification System) ให้สอดคล้องตามมาตรฐานอาชีพ (Occupational Standard) เพื่อสร้างภูมิคุ้มกันเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ กำลังแรงงาน การพัฒนามาตรฐานการปฏิบัติงานระดับชาติ (National Benchmarking) และการวิเคราะห์หน้าที่การงาน (Functional Analysis) เพื่อให้เกิดผลสำเร็จในภาคธุรกิจ อุตสาหกรรมทุกสาขาอาชีพ เป็นการเตรียมความพร้อมของผู้เรียนเข้าสู่สนามการแข่งขันในประชาคมอาเซียน

ขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ผู้สอน ผู้ประสาทวิชาความรู้ เอกสาร หนังสือที่ใช้ประกอบในการเรียบเรียงไว้ ณ โอกาสนี้

ผศ.นอ. รามจิตติ ฤทธิศร



สารบัญ

บทที่ 1 พื้นฐานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เบื้องต้น	1
ชนิดของไฟฟ้า	3
กระแสไฟฟ้าภายในรถยนต์	6
แรงดันไฟฟ้าหรือแรงเคลื่อนไฟฟ้า	7
ความต้านทานและกำลังงานไฟฟ้าในระบบรถยนต์	8
สนามแม่เหล็กในรถยนต์	11
อุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์	16
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ บทที่ 1	24
 บทที่ 2 อุปกรณ์ไฟฟ้ารถยนต์ การต่อสายไฟ และการวัดทางไฟฟ้าเบื้องต้น	 26
สัญลักษณ์ทางไฟฟ้าของรถยนต์	28
สายไฟ หลอดไฟ และขั้วสายไฟ	32
การต่อขั้วสายไฟเข้ากับสายไฟ	42
การต่อสายไฟในรถยนต์และการติดตั้ง	44
ฟิวส์ในวงจรรถยนต์	45
เต้าเสียบสายไฟในรถยนต์	47
การใช้มัลติมิเตอร์	49
ทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ บทที่ 2	55
 บทที่ 3 ระบบกระจกไฟฟ้า	 59
หน้าที่และการทำงานของระบบกระจกไฟฟ้า	61
ส่วนประกอบของระบบกระจกไฟฟ้า	64
ชุดจ่ายไฟของประตูเลื่อน	68



การป้องกันสิ่งกีดขวางกระจก	69
วงจรการทำงานของระบบเลื่อนกระจกประตูรถยนต์พื้นฐาน	71
การทำงานของระบบเลื่อนกระจกประตูรถยนต์อัตโนมัติ	74
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ บทที่ 3	77
บทที่ 4 ระบบล็อกประตูรถยนต์อัตโนมัติ	79
หน้าที่ของระบบล็อกประตูรถยนต์อัตโนมัติ	81
ส่วนประกอบของระบบล็อกประตูรถยนต์อัตโนมัติ	82
การทำงานของระบบล็อกประตูยนต์	85
โซลินอยด์ล็อกประตู	89
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ บทที่ 4	90
บทที่ 5 ระบบเบรกป้องกันล้อล็อกตาย	93
ส่วนประกอบต่าง ๆ ของระบบเบรกป้องกันล้อล็อกตาย	96
การทำงานของส่วนประกอบต่าง ๆ ของระบบเบรกป้องกันล้อล็อกตาย	98
การทำงานของระบบไฮดรอลิกของระบบเบรกป้องกันล้อล็อกตาย	104
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ บทที่ 5	109
บทที่ 6 ระบบควบคุมเสถียรภาพการขับขี่ (ตอนที่ 1) :	113
ระบบป้องกันล้อหมุนฟรี	
ระบบป้องกันล้อหมุนฟรี	116
รหัสวิเคราะห์ปัญหาในระบบป้องกันล้อรถยนต์หมุนฟรี	130
การไล่ลมโซลินอยด์วาล์วควบคุมแรงดัน TRC และวาล์วควบคุมแรงดันไฮดรอลิก	131
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ บทที่ 6	134



บทที่ 7 ระบบควบคุมเสถียรภาพการขับขี่ (ตอนที่ 2) :	137
ระบบควบคุมเสถียรภาพการทรงตัว	
หน้าที่ส่วนประกอบระบบช่วยการทรงตัวรถยนต์	140
การควบคุมระบบช่วยการทรงตัวรถยนต์	146
ส่วนประกอบและการทำงานแม่ปั๊มเบรก	150
ไฟเตือนระบบช่วยการทรงตัวรถยนต์	151
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ บทที่ 7	153
บทที่ 8 ถุงลมนิรภัย (Airbag System)	155
ความปลอดภัยของรถ	157
ตัวถังแบบโครงสร้างดูดซับแรงกระแทก	157
เข็มขัดนิรภัย	158
ถุงลมนิรภัย (ระบบเสริมความปลอดภัย)	159
ถุงลมและชุดประจุก๊าซ	165
เซนเซอร์ถุงลมนิรภัย	172
การตัดสินใจและสภาวะในการจุดชนวน	177
ความจำเป็นของเข็มขัดนิรภัยและถุงลมนิรภัย	179
เบาะนิรภัยสำหรับเด็ก	180
ข้อแนะนำในการใช้ถุงลมนิรภัย	180
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ บทที่ 8	183
บทที่ 9 ระบบบังคับเลี้ยวรถยนต์ (Automotive Steering Systems)	185
ระบบบังคับเลี้ยวแบบแรงมือ	188
ระบบบังคับเลี้ยวแบบแรงกำลัง	193
ระบบบังคับเลี้ยวสปีล	199
ระบบบังคับเลี้ยวไฟฟ้า	202
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ บทที่ 9	206



บทที่ 10 ระบบอำนวยความสะดวก	209
แผงหน้าปัดรถยนต์อิเล็กทรอนิกส์	211
ระบบไฟเลี้ยวและไฟเตือนฉุกเฉิน	221
ระบบปัดน้ำฝนและน้ำฉีดล้างกระจก	229
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ บทที่ 10	239
บทที่ 11 ระบบควบคุมความเร็วคงที่	243
วิธีใช้ระบบควบคุมความเร็วคงที่	246
ส่วนประกอบของระบบควบคุมความเร็วคงที่	248
การทำงานของแอคชูเอเตอร์	256
ระบบควบคุมความเร็วคงที่แบบควบคุมด้วย ETCS - i	260
ฟังก์ชันระบบควบคุมความเร็วคงที่ด้วยเลเซอร์	262
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ บทที่ 11	265
บทที่ 12 ระบบยับยั้งการทำงานของเครื่องยนต์	267
การตั้งหรือยกเลิกระบบยับยั้งการทำงานของเครื่องยนต์	270
การลงทะเบียนรหัสของกุญแจรหัส	271
ความแตกต่างระหว่างกุญแจหลักและกุญแจสำรอง	273
ส่วนประกอบของระบบยับยั้งการทำงานของเครื่องยนต์	274
หลักการทำงานของระบบยับยั้งการทำงานของเครื่องยนต์	
(แบบควบคุมด้วย ECU กุญแจรหัส)	275
หลักการทำงานของระบบยกเลิกระบบยับยั้งการทำงานของเครื่องยนต์	
(แบบควบคุมด้วย ECU กุญแจรหัส)	277
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ บทที่ 12	280



ใบงาน

281

ใบงานที่ 1 การต่อวงจรและการวัดพื้นฐาน	282
ใบงานที่ 2 การวัดค่าทางไฟฟ้าด้วยมัลติมิเตอร์	287
ใบงานที่ 3 งานบัดกรีและเข้าขั้วสายไฟ	290
ใบงานที่ 4 การตรวจการทำงานมอเตอร์สล็อตประตู่	293
ใบงานที่ 5 งานตรวจสอบหาขั้วรีเลย์	297
ใบงานที่ 6 การตรวจเซนเซอร์ความเร็วล้อ ABS	301
ใบงานที่ 7 การตรวจสอบรหัสความผิดปกติของ ABS	305
ใบงานที่ 8 การตรวจสอบรหัสความผิดปกติของถุงลมนิรภัย	309
ใบงานที่ 9 การตรวจสอบรหัสความผิดปกติของระบบบังคับเลี้ยวไฟฟ้า	312
ใบงานที่ 10 การตรวจสอบหาขั้วของสวิตช์ไฟเลี้ยวไฟฉุกเฉิน	317
ใบงานที่ 11 การตรวจสอบหาขั้วของสวิตช์ไฟปัดน้ำฝน	320
ใบงานที่ 12 การตรวจสอบท่อลม ตัวดูดสายคันเร่งของระบบควบคุมความเร็วคงที่	324

คำถามเพื่อการทบทวน

328

คำศัพท์

334

บรรณานุกรม

340





บทที่ 1

พื้นฐานไฟฟ้าและ อิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เบื้องต้น

แนวคิด

ไฟฟ้ามีอยู่ 2 ชนิด คือ ไฟฟ้าสถิต (Static Electrical) และไฟฟ้ากระแส (Dynamic Electrical)

หน่วยวัดของกระแสไฟฟ้า คือ แอมแปร์ (Ampere) สัญลักษณ์ คือ A และตัวกระแสไฟฟ้า (Current) สัญลักษณ์ คือ I (ตัวไอ)

แรงดันไฟฟ้า หรือแรงเคลื่อนไฟฟ้า (Voltage) หรือเรียกว่า **ความต่างศักย์** มีหน่วยวัดเป็นโวลต์ สัญลักษณ์ คือ V

ความต้านทาน (Resistance) คือ การต้านทานการไหลของกระแสไฟฟ้าหรืออิเล็กทรอนิกส์



อุปกรณ์ไฟฟ้าที่เป็นอุปกรณ์ประเภทไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ ได้แก่ ไดโอดชนิดต่าง ๆ ทรานซิสเตอร์ เทอร์มิสเตอร์ ผลึกแร่ เซลล์เหนียวนำด้วยแสง และไอซี ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่นำมาใช้ในวงจรต่าง ๆ ของรถยนต์ เพื่อให้การทำงานในวงจรต่าง ๆ เกิดประสิทธิภาพและสะดวกสบายในการใช้งาน

สาระการเรียนรู้

1. ชนิดของไฟฟ้า
2. กระแสไฟฟ้าภายในรถยนต์
3. แรงดันไฟฟ้าหรือแรงเคลื่อนไฟฟ้า
4. ความต้านทานและกำลังงานไฟฟ้าในระบบรถยนต์
5. สนามแม่เหล็กในรถยนต์
6. อุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์

สมรรถนะประจำบท

1. เรียนรู้และเข้าใจพื้นฐานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เบื้องต้น
2. เลือกใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. ระบุนิยามของไฟฟ้าได้
2. อธิบายเกี่ยวกับกระแสไฟฟ้าภายในรถยนต์ได้
3. สรุปรื่องแรงดันไฟฟ้าหรือแรงเคลื่อนไฟฟ้าได้
4. อธิบายความต้านทานและกำลังงานไฟฟ้าในระบบรถยนต์ได้
5. อธิบายเกี่ยวกับสนามแม่เหล็กในรถยนต์ได้
6. ปฏิบัติการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ได้

บทที่ 1

พื้นฐานไฟฟ้าและ อิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เบื้องต้น

การศึกษาหลักการทำงานของไฟฟ้าและอุปกรณ์ไฟฟ้าของระบบวงจรไฟฟ้าต่าง ๆ จนเข้าใจในการทำงาน จะทำให้การปฏิบัติงานในการตรวจ และแก้ไขข้อขัดข้องของอุปกรณ์ไฟฟ้าเป็นไปอย่างถูกต้อง ทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้ามีอายุการใช้งานที่ยาวนาน และไม่เกิดการเสียหายกับรถยนต์ด้วย

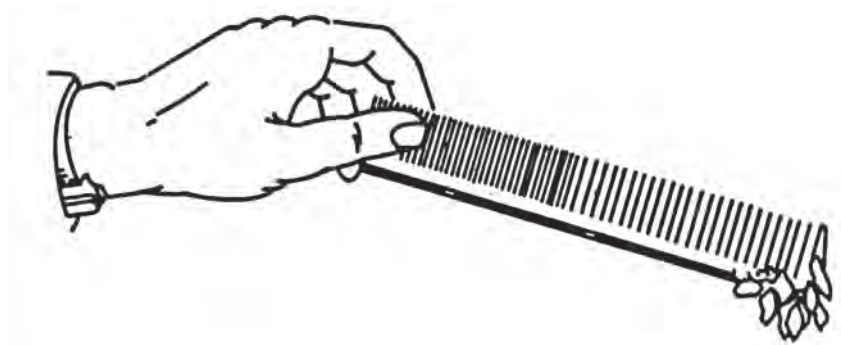
หลักการทำงานของไฟฟ้าที่ควรจะศึกษา คือ ชนิดของไฟฟ้า วงจรไฟฟ้า แม่เหล็กไฟฟ้า และอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ



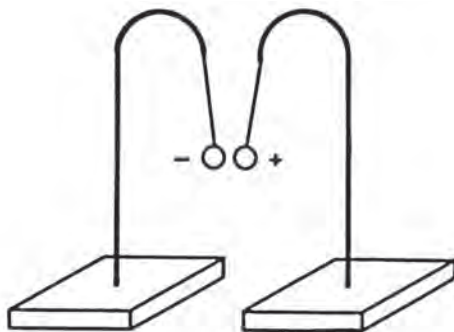
ชนิดของไฟฟ้า

ไฟฟ้ามีอยู่ 2 ชนิด คือ ไฟฟ้าสถิต และไฟฟ้ากระแส ทั้ง 2 ชนิดมีแหล่งกำเนิดไฟฟ้าที่แตกต่างกัน

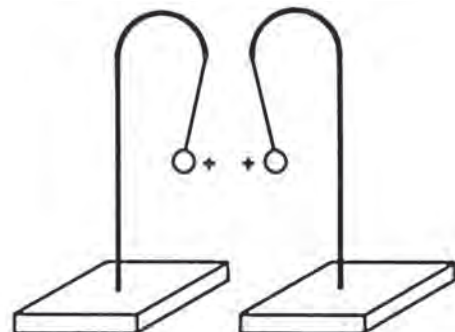
1. ไฟฟ้าสถิต (Static Electrical) เกิดจากการเอาวัตถุสองชนิดที่แห้งและแตกต่างกันมาถูกัน วัตถุทั้งสองจะเกิดประจุไฟฟ้าขึ้น เป็นประจุไฟฟ้าบวกและประจุไฟฟ้าลบกับวัตถุทั้งสอง ซึ่งประจุไฟฟ้าที่แตกต่างกันนี้จะทำให้เกิดการดูดกัน ตัวอย่างดังรูปที่ 1.1 นำหวีซึ่งทำด้วยยางแข็งไปถูกับผ้าแห้งจะเกิดไฟฟ้าสถิตขึ้น เมื่อนำหวีไปใกล้กับเศษกระดาษจะทำให้หวีดูดกระดาษขึ้นมาติดได้ คุณสมบัติของไฟฟ้าสถิต คือ วัตถุที่มีประจุไฟฟ้าเหมือนกันจะดูดกันและวัตถุที่มีประจุไฟฟ้าต่างกันจะผลักรัน ดังรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.1 หวีซึ่งถูกับผ้าแห้งจะเกิดไฟฟ้าสถิตสามารถดูดเศษกระดาษได้



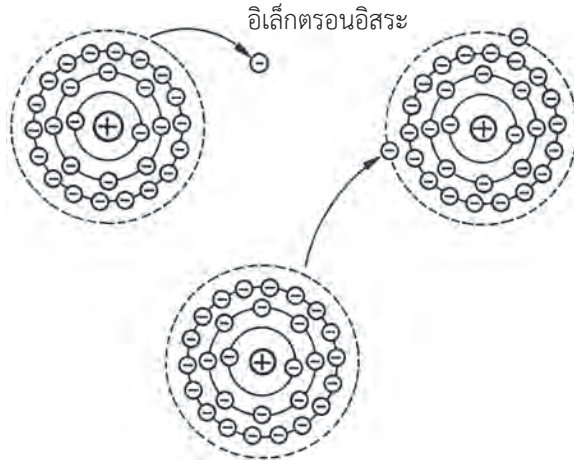
(ก)



(ข)

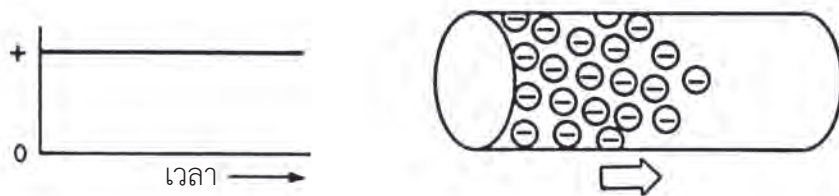
รูปที่ 1.2 ลูกบอลที่มีประจุไฟฟ้าต่างกันจะดูดกัน และลูกบอลที่มีประจุไฟฟ้าเหมือนกันจะผลักกัน

2. ไฟฟ้ากระแส (Dynamic Electrical) เกิดขึ้นจากการไหลของอิเล็กตรอนอิสระที่แยกตัวออกจากอะตอมและเคลื่อนที่ไปในสารตัวนำนั้น ดังรูปที่ 1.3

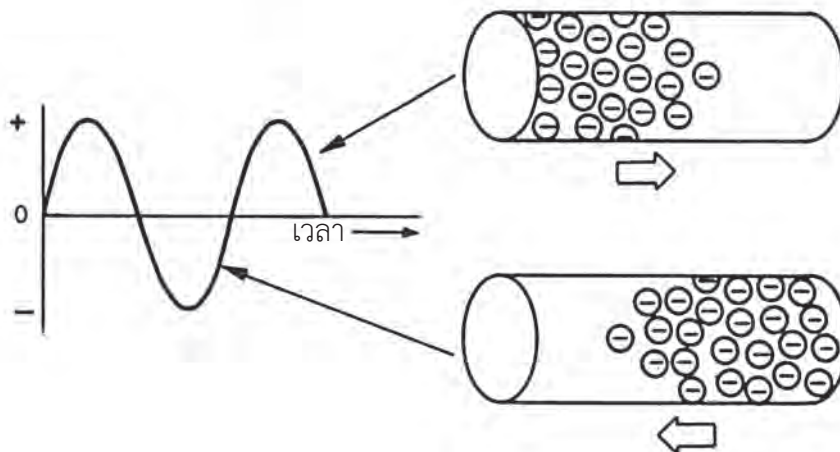


รูปที่ 1.3 อิเล็กตรอนอิสระเคลื่อนที่ไปยังอีกอะตอม

อิเล็กตรอนอิสระที่เคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกันตลอดเวลา คือ **ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current หรือ DC)** ดังรูปที่ 1.4 (ก) อิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลาในขณะที่เคลื่อนที่ไปในตัวนำ คือ **ไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating Current หรือ AC)** ดังรูปที่ 1.4 (ข)



(ก) ไฟฟ้ากระแสตรง



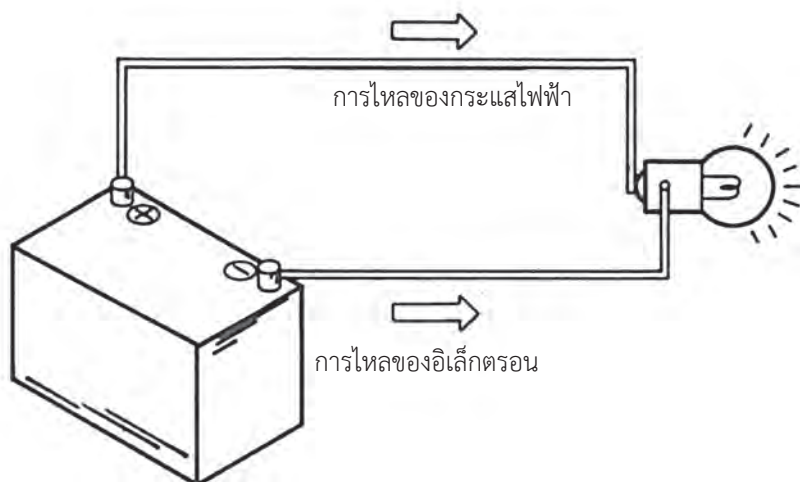
(ข) ไฟฟ้ากระแสสลับ

รูปที่ 1.4 การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับ



กระแสไฟฟ้าภายในรถยนต์

เมื่อนำแบตเตอรี่และหลอดไฟมาต่อเข้าด้วยกัน หลอดไฟจะสว่าง ทิศทางการไหลของอิเล็กตรอนอิสระจะไหลจากขั้วลบของแบตเตอรี่ผ่านตัวนำไปยังหลอดไฟ แล้วกลับเข้าแบตเตอรี่ทางขั้วบวก แต่ถ้าวัดเป็นการไหลของกระแสไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าจะไหลจากขั้วบวกของแบตเตอรี่ผ่านตัวนำไปยังหลอดไฟ แล้วกลับเข้าแบตเตอรี่ทางขั้วลบ หรืออีกนัยหนึ่งว่า กระแสไฟฟ้าจะไหลจากขั้วบวกไปยังขั้วลบ แต่ถ้ากล่าวถึงอิเล็กตรอน อิเล็กตรอนจะไหลจากขั้วลบไปยังขั้วบวก ดังรูปที่ 1.5



รูปที่ 1.5 แสดงทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าและอิเล็กตรอน

หน่วยวัดของกระแสไฟฟ้า คือ แอมแปร์ (Ampere) สัญลักษณ์ คือ A และตัวกระแสไฟฟ้า (Current) สัญลักษณ์ คือ I (ตัวไอ) กระแสไฟฟ้า 1 แอมแปร์ คือ การไหลของอิเล็กตรอนอิสระ $6.25 \times 1,018$ ตัวต่อ 1 วินาที หรือ 1 แอมแปร์ หมายถึง กระแสไฟฟ้า 1 คูลอมบ์ต่อ 1 วินาที

การไหลของกระแสไฟฟ้าจะทำให้เกิด

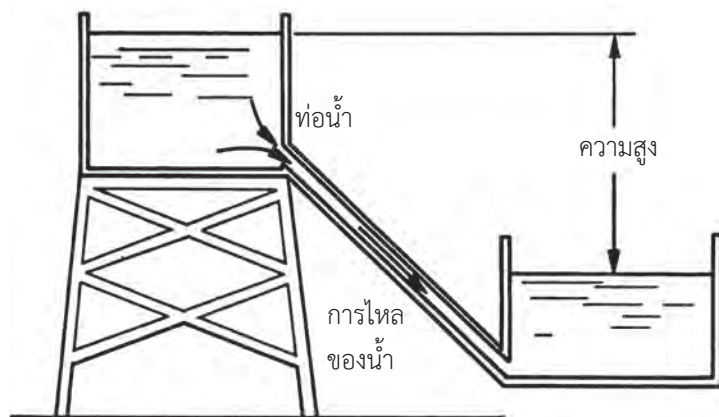
- 1. ความร้อน (Heating)** เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดความต้านทาน จะเกิดความร้อนออกมา เช่น หลอดไฟ เตาไฟฟ้า
- 2. สนามแม่เหล็ก (Magnetic Field)** เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดที่พันอยู่บนแกนเหล็ก จะเกิดสนามแม่เหล็กขึ้น เช่น มอเตอร์สตาร์ท คอยล์จุดระเบิด อัลเทอร์เนเตอร์ (Alternator) เป็นต้น
- 3. ปฏิกิริยาทางเคมี (Chemical Action)** เมื่อเกิดการไหลของกระแสไฟฟ้า ก็จะทำให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีขึ้น เช่น แบตเตอรี่ เซลล์ไฟฟ้าเคมี เป็นต้น



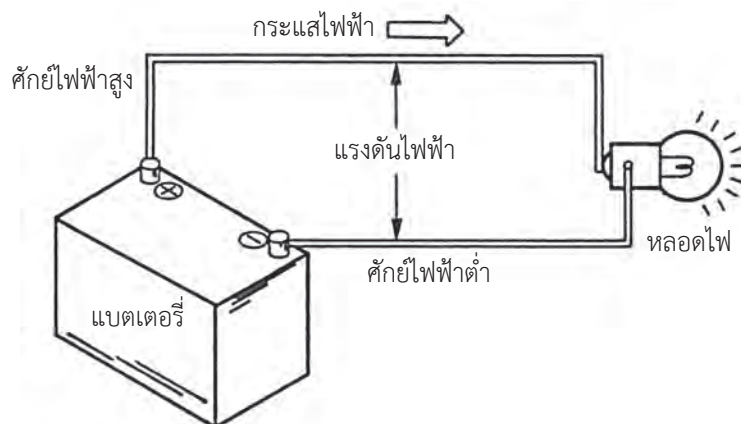
แรงดันไฟฟ้าหรือแรงเคลื่อนไฟฟ้า

แรงดันไฟฟ้า หรือแรงเคลื่อนไฟฟ้า (Voltage) หรือเรียกว่า **ความต่างศักย์** มีหน่วยวัดเป็นโวลต์ สัญลักษณ์ คือ V แรงดันไฟฟ้าหรือความต่างศักย์ 1 โวลต์ สามารถทำให้กระแส 1 แอมแปร์ไหลผ่านตัวนำ ซึ่งมีความต้านทาน 1 โอห์มได้

เมื่อนำถึงน้ำ 2 ใบมาต่อเข้าด้วยกัน โดยให้มีระดับความสูงระหว่างถังทั้ง 2 แตกต่างกัน น้ำก็จะไหลจากถังน้ำที่สูงกว่าไปยังถังน้ำที่ต่ำกว่า เรียกว่า **กำลังดันของน้ำ** เมื่อเปรียบจากน้ำมาเป็นไฟฟ้า จะมีลักษณะเช่นเดียวกัน กล่าวคือ กระแสไฟฟ้าจะไหลจากศักย์ที่สูงกว่าไปยังศักย์ที่ต่ำกว่า แรงดันไฟฟ้าจะทำให้เกิดการไหลของกระแสไฟฟ้า ซึ่งทำให้หลอดไฟติดสว่างขึ้นได้ ดังรูปที่ 1.6 และรูปที่ 1.7



รูปที่ 1.6 แสดงน้ำจากถังสูงจะไหลไปยังถังที่อยู่ต่ำกว่า



รูปที่ 1.7 แรงดันไฟฟ้าจากศักย์ไฟฟ้าสูงจะไหลไปยังศักย์ไฟฟ้าต่ำ

เมื่อต่อวงจรไฟฟ้าครบวงจร กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวความต้านทานหรืออุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ เช่น หลอดไฟ จะทำให้แรงดันไฟฟ้าหรือแรงเคลื่อนไฟฟ้าตกลง เรียกว่า **ไฟฟ้าแรงดันตกคร่อม (Voltage Drop)** สามารถใช้ปรากฏการณ์นี้หาสาเหตุข้อขัดข้องภายในวงจรไฟฟ้าได้ โดยการตรวจวัดหาค่าแรงดันตกคร่อมที่เกิดขึ้น จะทำให้ตรวจพบการขาดในวงจรไฟฟ้า การลัดวงจร และการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานที่เพิ่มขึ้นได้ ถ้าการวัดพบว่าเกิดแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมมากกว่าปกติ แสดงว่ามีการเพิ่มค่าความต้านทานในวงจรที่ทำการตรวจวัด หรือเกิดการลัดวงจร หรือขั้วสายไฟต่าง ๆ ไม่แน่น เป็นต้น



ความต้านทานและกำลังงานไฟฟ้าในระบบรถยนต์

ความต้านทาน (Resistance) คือ การต้านทานการไหลของกระแสไฟฟ้าหรืออิเล็กตรอน ความต้านทานจะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความยาวพื้นที่หน้าตัด และคุณสมบัติความต้านทานจำเพาะของสารตัวนำนั้น ๆ หน่วยวัดความต้านทานมีค่าเป็นโอห์ม สัญลักษณ์คือ Ω (โอเมก้า) และใช้สัญลักษณ์ตัว R แสดงความต้านทาน ความต้านทาน 1 โอห์ม หมายถึง ความต้านทานการไหลของกระแสไฟฟ้า 1 แอมแปร์ ที่แรงดันไฟฟ้า 1 โวลต์

สารที่ใช้ในทางไฟฟ้าสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ

1. **สารตัวนำ (Conductors)** คือ สารที่ยอมให้ไฟฟ้าไหลผ่านได้ง่าย เช่น เงิน ทองแดง อะลูมิเนียม เหล็ก คาร์บอน เป็นต้น
2. **สารที่ไม่เป็นตัวนำ หรือฉนวน (Non - Conductors)** คือ สารที่ไม่ยอมให้ไฟฟ้าไหลผ่านได้ง่าย หรือผ่านไม่ได้ เช่น แก้ว ยาง กระดาษ พลาสติก ไวนิล กระเบื้อง เป็นต้น
3. **สารกึ่งตัวนำ (Semi - Conductors)** คือ สารที่ให้ไฟฟ้าไหลผ่านได้บ้าง แต่ไม่สามารถไหลผ่านได้ง่าย เช่น ซิลิคอน และเจอร์เมเนียม เป็นต้น



กฎของโอห์ม

โอห์มได้ค้นพบความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และความต้านทาน ซึ่งเรียกว่า **กฎของโอห์ม (Ohm's law)** อธิบายได้ว่า ความเข้มของกระแสไฟฟ้าซึ่งไหลภายในวงจร เป็นปฏิกิริยาโดยตรงกับแรงดันไฟฟ้าซึ่งจ่ายให้แก่วงจร และเป็นปฏิกิริยาโดยกลับกับความต้านทานซึ่งมันไหลผ่านไป จากกฎของโอห์ม สามารถนำความสัมพันธ์นี้มาเขียนในรูปของสมการได้เป็น

$$I = \frac{V}{R}$$

โดยที่ I คือ กระแสไฟฟ้า มีหน่วยเป็นแอมแปร์ (A)
 V คือ แรงดันไฟฟ้าหรือแรงเคลื่อนไฟฟ้า มีหน่วยเป็นโวลต์ (V)
 R คือ ความต้านทานไฟฟ้า มีหน่วยเป็นโอห์ม (Ω)

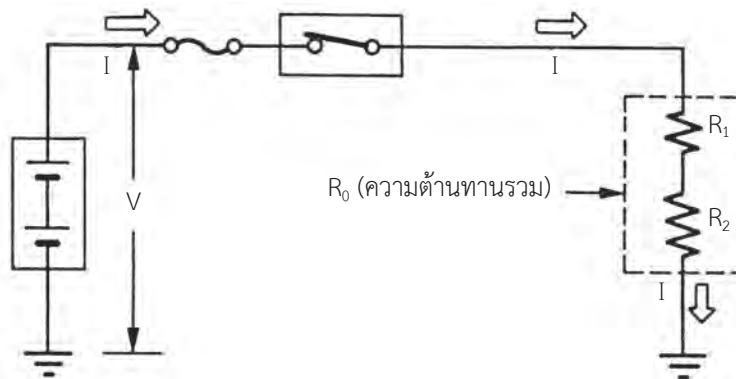


การต่อความต้านทาน

ในวงจรไฟฟ้าที่มีตัวความต้านทานมากกว่า 1 ตัว จะมีการต่อกัน 3 วิธี คือ

1. การต่อแบบอนุกรม (Series Connection) คือ การนำตัวความต้านทาน 2 ตัว หรือมากกว่ามาต่อเรียงกันไปในวงจรไฟฟ้าจนครบวงจร ดังรูปที่ 1.8 ค่าความต้านทานรวมภายในวงจรเท่ากับผลรวมของตัวความต้านทานรวมกันดังสมการ

$$R_0 = R_1 + R_2 + R_3 + \dots R_N$$



รูปที่ 1.8 การต่อตัวความต้านทานแบบอนุกรม

2. การต่อแบบขนาน (Parallel Connection) คือ การนำเอาตัวความต้านทาน 2 ตัว หรือมากกว่ามาต่อกัน โดยปลายด้านหนึ่งของตัวความต้านทานทุก ๆ ตัวต่อเข้ากับขั้วบวก และปลายอีกด้านหนึ่งของตัวความต้านทานต่อเข้ากับขั้วลบ ดังรูปที่ 1.9 ค่าความต้านทานรวมภายในวงจรหาได้ดังสมการ

$$\frac{1}{R_0} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots \frac{1}{R_N}$$