



งานไฟฟ้ารถยนต์

ตรงตามจุดประสงค์รายวิชา สมรรถนะรายวิชา และคำอธิบายรายวิชาของหลักสูตร
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556

2101-2005



ประทีป แดงเจริญ



งานไฟฟ้ารถยนต์



หมวดวิชาทักษะวิชาชีพ

กลุ่มทักษะวิชาชีพเฉพาะ

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556

ประทีป แดงเจริญ

บรรณาธิการ : รศ.พลสิทธิ์ ลิทธิขมภู

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของสำนักหอสมุดแห่งชาติ

ประทีป แดงเจริญ.

งานไฟฟ้ารถยนต์.--กรุงเทพฯ : แม็คเอดดูเคชั่น, 2557.

308 หน้า.

1. รถยนต์--เครื่องยนต์. I. ชื่อเรื่อง.

629.25

ISBN 978-616-274-438-9

จัดพิมพ์และจำหน่ายโดย

 **IMACEDUCATION**

ผู้เขียน : ประทีป แดงเจริญ

การสั่งซื้อ : ส่งธนาคัติสั่งจ่าย ไปรษณีย์ลาดพร้าว ในนาม บริษัท แม็คเอดดูเคชั่น จำกัด
เลขที่ 9/99 อาคารแม็ค ซอยลาดพร้าว 38 ถนนลาดพร้าว แขวงจันทระเกษม
เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

☎ : 0-2938-2022-7 FAX : 0-2938-2028

www.MACeducation.com

ราคาจำหน่าย : 150 บาท

สงวนลิขสิทธิ์ : พฤษภาคม 2557

พิมพ์ที่ : บริษัท พี.เอ็น.เค แอนด์ สกายพริ้นตังส์ จำกัด

(สงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมาย ห้ามลอกเลียน ไม่ว่าจะเป็นส่วนหนึ่งส่วนใดของหนังสือเล่มนี้นอกจากจะได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษร)

คำนำ

ตามที่กระทรวงศึกษาธิการได้ประกาศใช้หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556 ทั้งนี้เพื่อให้สอดคล้องกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 11 (พ.ศ. 2555-2559) แผนการศึกษาแห่งชาติ ฉบับปรับปรุง (พ.ศ. 2552-2559) และแผนปฏิบัติการการเตรียมความพร้อมเมืองเพื่อเข้าสู่ประชาคมอาเซียนในปี พ.ศ. 2558 ทั้งนี้หลักสูตรดังกล่าวมุ่งผลิตและพัฒนาากำลังคนระดับฝีมือให้มีสมรรถนะ มีคุณธรรมจริยธรรม และจรรยาบรรณวิชาชีพ สามารถประกอบอาชีพอิสระเป็นผู้ประกอบการที่มีคุณภาพ หรือประกอบอาชีพอื่นๆ ได้ตรงตามความต้องการของสถานประกอบการทั้งในประเทศและในภูมิภาคอาเซียน

บริษัท แม็คเอ็ดดูเคชั่น จำกัด ผู้ผลิตและจำหน่ายหนังสือเรียน สื่อการเรียนรู้ และวารสารทางการศึกษา ทั้งในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน ระดับอาชีวศึกษา ตระหนักถึงภารกิจสำคัญในการมีส่วนร่วมในการสนับสนุนส่งเสริมการศึกษาระดับอาชีวศึกษาให้บรรลุผลสัมฤทธิ์ตามเจตนารมณ์ที่ตั้งไว้ จึงได้แต่งตั้งคณะทำงานซึ่งประกอบด้วยนักวิชาการ และผู้สอนทั้งในระดับอาชีวศึกษาและระดับอุดมศึกษาที่มีความเชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการจัดการเรียนรู้ ดำเนินการวิเคราะห์หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556 ในแต่ละสาขาวิชาเพื่อจัดทำสื่อการเรียนรู้ อันประกอบด้วย

1. หนังสือเรียนที่จัดทำให้ตรงกับจุดประสงค์รายวิชา สมรรถนะรายวิชา และคำอธิบายรายวิชา ทั้งนี้โดยคำนึงถึงความสอดคล้องกับมาตรฐานการศึกษาวิชาชีพทั้ง 3 ด้าน คือ ด้านคุณลักษณะที่พึงประสงค์ ด้านสมรรถนะหลักและสมรรถนะทั่วไป และด้านสมรรถนะวิชาชีพ
2. แผนการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นการพัฒนาสมรรถนะของผู้เรียนผ่านกิจกรรมเพื่อเป็นแนวทางให้ผู้สอนนำไปปรับให้เหมาะสมกับธรรมชาติของผู้เรียนและจุดเน้นของสถานศึกษา
3. คู่มือครูสำหรับผู้สอนใช้เป็นแนวทางในการวางแผนการจัดการเรียนรู้ และการฝึกประสบการณ์ให้แก่ผู้เรียนให้สอดคล้องกับหลักสูตร

จุดเด่นของหนังสือเรียนชุดใหม่ มีดังนี้

1. นำเสนอในรูปแบบหน่วยการเรียนรู้ ที่เนื้อหาง่ายต่อการเรียนรู้ แต่ยังคงไว้ซึ่งความเข้มข้นและทันสมัย ทั้งนี้เนื้อหาในหนังสือเรียนมุ่งเน้นให้สัมพันธ์กับจุดประสงค์การเรียนรู้ หลักการเรียนรู้ตามสภาพจริง (Authentic Learning) และการประเมินผลตามสภาพจริง (Authentic Assessment)
2. แทรกกิจกรรมตรวจสอบความเข้าใจ กิจกรรมการฝึกกระบวนการคิด (Thinking Skills) และกิจกรรมเตรียมความพร้อมสู่ประชาคมอาเซียนให้แก่ผู้เรียน

3. พัฒนาสมรรถนะหลักและสมรรถนะวิชาชีพผ่านกระบวนการปฏิบัติงานโดยใช้ใบช่วยสอน เป็นสื่อสำหรับการฝึกกระบวนการเรียนรู้ที่สำคัญ เช่น การเรียนรู้จากโครงงาน (Project-Based Learning) การพัฒนาเทคโนโลยีให้เป็นเทคโนโลยีสะอาด (Green Technology) และการสร้างสรรค์นวัตกรรมหรือผลิตภัณฑ์ตามแนวคิดเศรษฐกิจเชิงสร้างสรรค์ (Creative Economy) เป็นต้น

4. มีแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยจัดทำแบบทดสอบให้สอดคล้องกับ จุดประสงค์การเรียนรู้ประจำหน่วยการเรียนนั้นๆ ทำหน่วยการเรียนรู้ทุกหน่วย

บริษัท แม็คเอดดูเคชั่น จำกัด ขอขอบพระคุณสถานศึกษา ผู้สอน ผู้เรียน และผู้ที่สนใจทุกท่านที่ให้ความไว้วางใจในสื่อการเรียนรู้ของบริษัท บริษัทหวังเป็นอย่างยิ่งว่าสื่อการเรียนรู้ชุดนี้คงมีส่วนช่วยให้การจัดการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพและประสิทธิผล เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณภาพทัดเทียมระดับสากลต่อไป

บริษัท แม็คเอดดูเคชั่น จำกัด

รหัส 2101-2005

วิชางานไฟฟ้ารถยนต์

ทฤษฎี 2 ชั่วโมง ปฏิบัติ 3 ชั่วโมง 3 หน่วยกิต

จุดประสงค์รายวิชา เพื่อให้

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

สมรรถนะรายวิชา

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับหลักการทำงานและตรวจสอบระบบไฟฟ้ารถยนต์
2. ตรวจสอบสภาพอุปกรณ์ในระบบไฟฟ้ารถยนต์ตามคู่มือ
3. ถอด ประกอบชิ้นส่วนอุปกรณ์ในระบบไฟฟ้ารถยนต์ตามคู่มือ
4. แก้ไขข้อขัดข้องของระบบไฟฟ้ารถยนต์ตามคู่มือ

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับหลักการทำงาน การใช้เครื่องมือวัดและเครื่องมือทดสอบ ถอด ประกอบ ตรวจสอบสภาพ บริการ บำรุงรักษา การแก้ไขข้อขัดข้อง แบตเตอรี่ ระบบสตาร์ท ระบบจุดระเบิด ระบบประจุไฟ ระบบแสงสว่าง ระบบสัญญาณ และอุปกรณ์อำนวยความสะดวกในระบบไฟฟ้ารถยนต์

ตารางวิเคราะห์สมรรถนะประจำหน่วย

หน่วยการเรียนรู้ที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	สมรรถนะประจำหน่วย
1	หลักการเบื้องต้นของไฟฟ้า	1. รู้และเข้าใจการกำเนิดของกระแสไฟฟ้า 2. รู้ชนิดของกระแสไฟฟ้า 3. รู้และเข้าใจการนำกฎของโอห์มมาคำนวณหาค่าต่างๆ ในวงจรไฟฟ้า
2	พื้นฐานของระบบไฟฟ้ารถยนต์	1. รู้จักเลือกใช้สายไฟให้เหมาะสมกับการใช้งานในแต่ละวงจร 2. รู้จักเลือกใช้ข้อต่อและขั้วต่อสายไฟให้เหมาะสมกับงานในลักษณะต่างๆ 3. เข้าใจความหมายของสัญลักษณ์ของอุปกรณ์ไฟฟ้าในรถยนต์
3	เครื่องมือวัดและเครื่องมือทดสอบวงจรไฟฟ้ารถยนต์	1. รู้ลักษณะการใช้งานของส่วนประกอบมัลติมิเตอร์แบบแอนะล็อก 2. รู้และเข้าใจการใช้มัลติมิเตอร์วัดค่าต่างๆ ในวงจรไฟฟ้า 3. รู้และเข้าใจการใช้หลอดไฟทดสอบ ตรวจสอบวงจรไฟฟ้า
4	แบตเตอรี่	1. รู้และเข้าใจหลักการทำงานของแบตเตอรี่ 2. รู้วิธีบำรุงรักษาแบตเตอรี่ 3. รู้วิธีการประจุไฟแบตเตอรี่
5	ระบบไฟสัญญาณ	1. รู้หน้าที่ของอุปกรณ์ต่างๆ ในระบบไฟสัญญาณ 2. รู้และเข้าใจการทำงานของวงจรไฟสัญญาณ 3. รู้วิธีการแก้ไขข้อขัดข้องของวงจรไฟสัญญาณ
6	ระบบไฟแสงสว่าง	1. รู้และเข้าใจการทำงานของระบบไฟแสงสว่างภายในและภายนอกของรถยนต์ 2. รู้วิธีการปรับตั้งไฟหน้ารถยนต์ 3. รู้วิธีการแก้ไขข้อขัดข้องของระบบไฟแสงสว่างในรถยนต์

หน่วยการเรียนรู้ที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	สมรรถนะประจำหน่วย
7	ระบบอำนวยความสะดวก	1. รู้และเข้าใจการทำงานของระบบปิดน้ำฝนและฉีดน้ำล้างกระจก 2. รู้และเข้าใจการทำงานของวงจรที่จุดบุหรี่ 3. รู้และเข้าใจการทำงานของระบบไล่ฝ้ากระจกหลัง 4. รู้วิธีการตรวจสอบและแก้ไขข้อขัดข้องของวงจรในระบบอำนวยความสะดวกได้
8	แผงหน้าปัดรถยนต์	1. รู้หน้าที่ของอุปกรณ์ต่างๆ บนแผงหน้าปัดรถยนต์ 2. รู้และเข้าใจการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ บนแผงหน้าปัดรถยนต์
9	ระบบจุดระเบิดแบบธรรมดา	1. รู้และเข้าใจการทำงานของอุปกรณ์ซึ่งเป็นส่วนประกอบของระบบจุดระเบิด 2. รู้และเข้าใจการทำงานของระบบจุดระเบิด 3. รู้วิธีแก้ไขข้อขัดข้องของระบบจุดระเบิด
10	ระบบจุดระเบิดควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์	1. รู้หน้าที่ของอุปกรณ์ซึ่งเป็นส่วนประกอบของระบบจุดระเบิดควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์แบบต่างๆ 2. เข้าใจการทำงานของระบบจุดระเบิดควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์แบบต่างๆ 3. รู้ถึงข้อแตกต่างของระบบจุดระเบิดควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์แบบต่างๆ 4. รู้วิธีการแก้ไขข้อขัดข้องของระบบจุดระเบิดควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์
11	ระบบสตาร์ท	1. รู้กฎต่างๆ ที่นำมาใช้อธิบายหลักการทำงานของมอเตอร์สตาร์ท 2. รู้และเข้าใจหลักการทำงานของมอเตอร์สตาร์ทแบบต่างๆ 3. รู้วิธีการแก้ไขข้อขัดข้องของระบบสตาร์ท
12	ระบบประจุไฟ	1. รู้และเข้าใจหลักการทำงานของอัลเทอร์เนเตอร์ 2. รู้ข้อแตกต่างของอัลเทอร์เนเตอร์แบบธรรมดาและอัลเทอร์เนเตอร์แบบกะทัดรัด 3. รู้และเข้าใจหลักการทำงานของเรกูเลเตอร์แบบริเลย์ 4. รู้ขั้นตอนการตรวจสอบและการแก้ไขข้อขัดข้องของระบบประจุไฟ

สารบัญ

หน้า

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 หลักการเบื้องต้นของไฟฟ้า

1

1. การกำเนิดไฟฟ้า 2
2. ชนิดของไฟฟ้า 4
3. หน่วยวัดทางไฟฟ้า 5
4. กฎของโอห์ม 6
5. การต่อหลอดไฟและการคำนวณค่าต่างๆ ในวงจรไฟฟ้า 7
- แบบทดสอบเพื่อประเมินผลหลังการเรียนรู้ 14

หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 พื้นฐานของระบบไฟฟ้ารถยนต์

16

1. สายไฟรถยนต์ 17
2. ข้อต่อและขั้วต่อสายไฟ 21
3. สัญลักษณ์ของอุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรไฟฟ้ารถยนต์ 23
- แบบทดสอบเพื่อประเมินผลหลังการเรียนรู้ 31

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เครื่องมือวัดและเครื่องมือทดสอบวงจรไฟฟ้ารถยนต์

33

1. มัลติมิเตอร์ 34
2. หลอดไฟทดสอบ 40
- แบบทดสอบเพื่อประเมินผลหลังการเรียนรู้ 47

หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 แบตเตอรี่

50

1. โครงสร้างและส่วนประกอบของแบตเตอรี่ 51
2. ปฏิกิริยาเคมีภายในแบตเตอรี่ 53
3. ความจุของแบตเตอรี่ 54
4. การบำรุงรักษาแบตเตอรี่ 54
5. การประจุไฟแบตเตอรี่ 56
- แบบทดสอบเพื่อประเมินผลหลังการเรียนรู้ 67

หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ระบบไฟสัญญาณ

69

1. ไฟเลี้ยวและไฟฉุกเฉิน	70
2. ไฟเบรก	74
3. ไฟถอยหลัง	75
4. แตรรถยนต์	75
5. การแก้ไขข้อขัดข้องของวงจรไฟเบรก ไฟถอยหลัง และวงจรแตร	77
แบบทดสอบเพื่อประเมินผลหลังการเรียนรู้	92

หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 ระบบไฟแสงสว่าง

95

1. ไฟแสงสว่างภายนอก	96
2. ไฟแสงสว่างภายใน	100
3. การปรับตั้งไฟหน้ารถยนต์	101
4. การแก้ไขข้อขัดข้องของระบบไฟแสงสว่าง	101
แบบทดสอบเพื่อประเมินผลหลังการเรียนรู้	123

หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 ระบบอำนวยความสะดวก

125

1. ระบบปัดน้ำฝนและฉีดน้ำล้างกระจก	126
2. ที่จุดบุหรี่	132
3. ระบบไล่ฝ้ากระจกหลัง	133
4. การตรวจสอบและแก้ไขข้อขัดข้องของวงจรควบคุมมอเตอร์ปัดน้ำฝน	134
แบบทดสอบเพื่อประเมินผลหลังการเรียนรู้	151

หน่วยการเรียนรู้ที่ 8 แผงหน้าปัดรถยนต์

153

1. มาตรฐานความเร็วรอบของเครื่องยนต์	154
2. เกจวัด	155
3. หลอดไฟแสดงการทำงาน	159
แบบทดสอบเพื่อประเมินผลหลังการเรียนรู้	173

หน่วยการเรียนรู้ที่ 9 ระบบจุดระเบิดแบบธรรมดา

175

1. ระบบจุดระเบิด	176
2. หลักการทำงานของระบบจุดระเบิด	187
3. การแก้ไขข้อขัดข้องของระบบจุดระเบิด	188
แบบทดสอบเพื่อประเมินผลหลังการเรียนรู้	200

หน่วยการเรียนรู้ที่ 10 ระบบจุดระเบิดควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ 202

1. ระบบจุดระเบิดแบบกึ่งทรานซิสเตอร์ 203
2. ระบบจุดระเบิดแบบทรานซิสเตอร์ 205
3. ระบบจุดระเบิดแบบ IIA 209
4. ระบบจุดระเบิดแบบควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ 210
5. ระบบจุดระเบิดแบบไม่ใช้จานจ่าย 211
6. การแก้ไขข้อขัดข้องของระบบจุดระเบิดควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ 212

แบบทดสอบเพื่อประเมินผลหลังการเรียนรู้ 222

หน่วยการเรียนรู้ที่ 11 ระบบสตาร์ท 224

1. หลักการป้องกันของมอเตอร์สตาร์ท 225
2. มอเตอร์สตาร์ทแบบธรรมดา 227
3. มอเตอร์สตาร์ทแบบทดรอบ 232
4. การแก้ไขข้อขัดข้องของระบบสตาร์ท 237

แบบทดสอบเพื่อประเมินผลหลังการเรียนรู้ 251

หน่วยการเรียนรู้ที่ 12 ระบบประจุไฟ 253

1. อัลเทอร์เนเตอร์ 254
2. เรกูเลเตอร์ 258
3. การแก้ไขข้อขัดข้องของระบบประจุไฟ 262

แบบทดสอบเพื่อประเมินผลหลังการเรียนรู้ 294

บรรณานุกรม 297

หลักการเบื้องต้นของไฟฟ้า



หลักการเบื้องต้นของไฟฟ้า

1. การกำเนิดไฟฟ้า

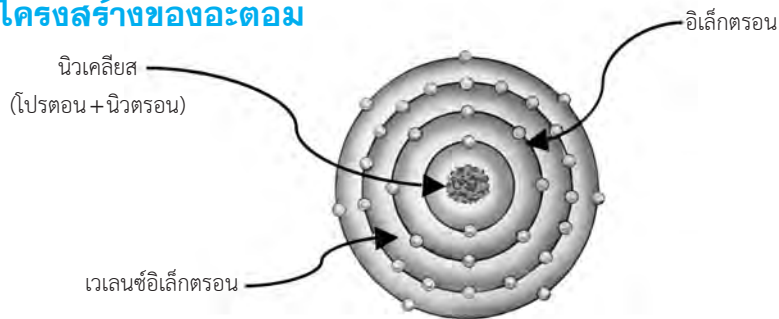
สิ่งต่างๆ ที่อยู่รอบตัวเราซึ่งมีสมบัติ 2 ประการ คือ มีน้ำหนักและต้องการที่อยู่ เช่น ไม้ น้ำ แก้ว อากาศ เป็นต้น เราเรียกลักษณะเหล่านี้ว่า สสาร

สสารมี 3 สถานะ คือ ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส ไม่ว่าสสารจะอยู่ในสถานะใดก็ตาม ส่วนที่เล็กของสสารคือ โมเลกุล (Molecules) ในแต่ละโมเลกุลจะประกอบด้วยอนุภาคที่เล็กลงไปอีก ซึ่งเรียกว่า อะตอม (Atom) ถ้าเป็นอะตอมชนิดเดียวกันประกอบกันขึ้นเป็นโมเลกุล เรียกว่า ธาตุ เช่น ทองแดง เงิน สังกะสี เป็นต้น แต่ถ้าอะตอมต่างชนิดกันประกอบกันขึ้นเป็นโมเลกุลก็เรียกว่า สารประกอบ เช่น โมเลกุลของน้ำ ประกอบด้วย อะตอมของไฮโดรเจน 2 อะตอม และอะตอมของออกซิเจน 1 อะตอม



รูปที่ 1.1 โครงสร้างโมเลกุลของน้ำ

1.1 โครงสร้างของอะตอม



รูปที่ 1.2 โครงสร้างของอะตอม

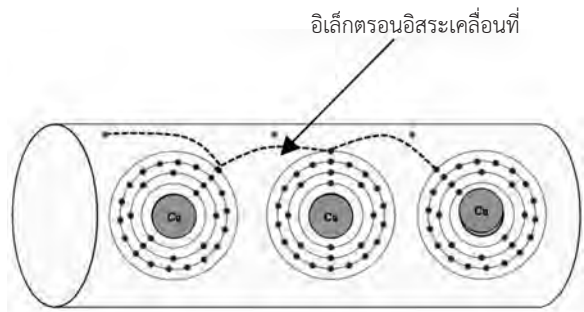
(ที่มา : Erjavec j : 2005 : 149)

ส่วนที่เล็กที่สุดของธาตุหรือสารประกอบก็คือ อะตอม ในหนึ่งอะตอมจะประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ 2 ส่วน คือ

1.1.1 นิวเคลียส (Nucleus) เป็นส่วนที่อยู่ตรงกลางของอะตอม ประกอบด้วยโปรตอนและนิวตรอน โปรตอนจะแสดงสมบัติทางไฟฟ้าเป็นประจุไฟฟ้าบวก ส่วนนิวตรอนไม่แสดงสมบัติทางไฟฟ้า คือ เป็นกลาง

1.1.2 อิเล็กตรอน (Electron) จะแสดงสมบัติทางไฟฟ้าเป็นประจุไฟฟ้าลบ และโคจรรอบๆ นิวเคลียสด้วยความเร็วสูง คล้ายระบบสุริยะที่มีดวงอาทิตย์เป็นศูนย์กลาง และมีดาวเคราะห์โคจรรอบๆ วงโคจรของอิเล็กตรอนอาจมีวงเดียวหรือหลายวงก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของอะตอมของธาตุนั้นๆ อย่างไรก็ตาม ในแต่ละชั้นของวง

โคจรจะมีจำนวนอิเล็กตรอนคงที่ เช่น ชั้นในสุดจะมีจำนวนอิเล็กตรอนอยู่ในวงโคจรได้ไม่เกิน 2 ตัว ชั้นที่ 2 มีจำนวนอิเล็กตรอนไม่เกิน 8 ตัว ชั้นที่ 3 มีจำนวนอิเล็กตรอนไม่เกิน 18 ตัว ชั้นที่ 4 มีจำนวนอิเล็กตรอนไม่เกิน 32 ตัว และชั้นนอกสุดจะมีจำนวนอิเล็กตรอนอยู่ในวงโคจรได้ไม่เกิน 8 ตัว จำนวนโปรตอนและอิเล็กตรอนในแต่ละอะตอมจะมีจำนวนเท่ากัน ดังนั้นแต่ละอะตอมจะอยู่ในสภาวะที่สมดุล คือ ไม่แสดงสมบัติทางไฟฟ้าออกมา (เป็นกลาง)



รูปที่ 1.3 การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระ

(ที่มา : Frank J. Thiessen : 1994 : 122)

1.2 กำเนิดของกระแสไฟฟ้า

โปรตอนที่อยู่ในนิวเคลียส และอิเล็กตรอนในแต่ละชั้นของวงโคจรจะมีแรงดึงดูดซึ่งกันและกัน ดังนั้นอิเล็กตรอนที่อยู่ชั้นในของวงโคจรจะได้รับแรงดึงดูดจากโปรตอนมาก ทำให้อิเล็กตรอนแต่ละตัวหลุดออกจากวงโคจรได้ยาก แต่อิเล็กตรอนที่อยู่ในชั้นนอกสุดของวงโคจรซึ่งเรียกว่า เวเลนซ์อิเล็กตรอน จะได้รับแรงดึงดูดจากโปรตอนน้อย ทำให้อิเล็กตรอนที่อยู่ในชั้นนอกสุดมีโอกาสหลุดออกจากวงโคจรเป็นอิสระได้ง่ายเมื่อมีแรงหรือพลังงานอื่นมากระทำ โดยเฉพาะธาตุใดที่มีอิเล็กตรอนในชั้นนอกสุดน้อย เช่น 1 หรือ 2 ตัว เมื่อมีแรงหรือพลังงานอื่นมากระทำ อิเล็กตรอนแต่ละตัวในชั้นนอกสุดจะรับแรงมาก และมีโอกาสหลุดออกจากวงโคจรเป็นอิสระได้ง่าย ซึ่งธาตุที่มีอิเล็กตรอนในชั้นนอกสุดน้อยจะมีสมบัติเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดี เช่น ทองแดง มีอิเล็กตรอนในชั้นนอกสุด 1 ตัว ทองแดงจึงเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดี ขณะเดียวกันธาตุใดที่มีอิเล็กตรอนชั้นนอกสุดมาก เมื่อมีแรงหรือพลังงานอื่นมากระทำ อิเล็กตรอนในชั้นนอกสุดจะเฉลี่ยกันรับแรง ทำให้ให้อิเล็กตรอนหลุดออกจากวงโคจรเป็นอิสระได้ยาก ทำให้ธาตุเหล่านั้นมีสมบัติเป็นฉนวนไฟฟ้า

ถ้ามีแรงภายนอกหรือพลังงานอื่นมากระทำกับอะตอม จนทำให้อิเล็กตรอนที่อยู่วงนอกสุดหลุดเป็นอิสระ อะตอมนั้นจะมีโปรตอนมากกว่าอิเล็กตรอน จึงดูดให้อิเล็กตรอนชั้นนอกสุดของอะตอมถัดไปมาอยู่ในวงโคจรด้วย ทำให้อะตอมถัดไปขาดอิเล็กตรอน ก็จะเกิดการดูดอิเล็กตรอนจากอะตอมถัดไปเรื่อยๆ การที่อิเล็กตรอนอิสระเคลื่อนที่จากอะตอมหนึ่งไปสู่อีกอะตอมหนึ่งต่อเนื่องไปเรื่อยๆ ทำให้เกิดการไหลของกระแสไฟฟ้านั่นเอง

การให้อิเล็กตรอนวงนอกสุดหลุดเป็นอิสระ มีหลายวิธีดังนี้

1.2.1 การเสียดสี โดยการนำวัตถุที่เป็นฉนวนและมีสมบัติต่างกันมาขัดถูกัน เช่น นำแท่งอำพันมาถูกับผ้าขนสัตว์

1.2.2 การเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยนำตะกั่วไปทำปฏิกิริยาเคมีกับกรดกำมะถัน เช่น ในแบตเตอรี่

1.2.3 แรงกดอัด เมื่อมีแรงกดอัดกระทำกับสารบางชนิด แรงกดอัดจะให้อิเล็กตรอนวงนอกสุดหลุดออกจากอะตอมได้ เช่น ไมโครโฟน

1.2.4 ความร้อน เมื่อให้ความร้อนกับโลหะต่างชนิดกันที่เชื่อมต่อกัน จะทำให้อิเล็กตรอนอิสระหลุดออกจากวงโคจรของอะตอมได้

1.2.5 แสง เมื่อแสงส่องไปกระทบสารบางอย่าง เช่น ลิเทียมหรือเจอร์เมเนียมจะทำให้อิเล็กตรอนอิสระหลุดออกจากวงโคจรของอะตอมได้

1.2.6 แม่เหล็ก เมื่อเส้นแรงแม่เหล็กเคลื่อนที่ตัดกับตัวนำ จะทำให้อิเล็กตรอนวงนอกสุดหลุดเป็นอิสระได้

2. ชนิดของไฟฟ้า

ไฟฟ้าแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

2.1 ไฟฟ้าสถิต (Static Electricity) เกิดจากการนำฉนวนที่มีสมบัติต่างกัน 2 ชนิดมาขัดถูกัน เช่น นำผ้าขนสัตว์มาขัดถูกับแท่งยาง จะทำให้อิเล็กตรอนอิสระจากผ้าขนสัตว์หลุดเข้าไปอยู่ในแท่งยาง ผ้าขนสัตว์เสียอิเล็กตรอนไป จึงส่งผลให้มีประจุไฟฟ้าบวก ส่วนแท่งยางได้รับอิเล็กตรอนเพิ่มเข้ามาจึงมีประจุไฟฟ้าลบ จะเห็นว่าทั้งผ้าขนสัตว์และแท่งยางจะมีประจุไฟฟ้าต่างกัน ซึ่งเราเรียกว่า ไฟฟ้าสถิต คำว่าสถิต หมายถึง ไม่มีการเคลื่อนที่ แต่ถ้าเรานำแท่งยางไปแตะเศษกระดาษ จะพบว่าเศษกระดาษถูกแท่งยางดูดติดขึ้นมาได้ หรือนำผ้าขนสัตว์และแท่งยางมาแตะกันในที่มืด อิเล็กตรอนจากแท่งยางจะถ่ายเทไปยังผ้าขนสัตว์ ทำให้มองเห็นเป็นประกายไฟหรือเกิดเสียงดังขึ้น



รูปที่ 1.4 การนำผ้าขนสัตว์มาถูกับแท่งยางจะเกิดไฟฟ้าสถิต
(ที่มา : Frank J. Thiessen : 1994 : 130)

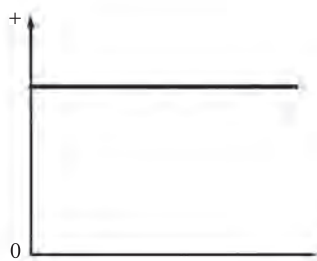
2.2 ไฟฟ้ากระแส (Current Electricity) คือ

ไฟฟ้าที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระต่อเนื่องกันไปในตัวนำ แหล่งกำเนิดของไฟฟ้ากระแส เช่น แบตเตอรี่ แผงเซลล์สุริยะ หรือเกิดจากการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กกับขดลวดตัวนำ เป็นต้น

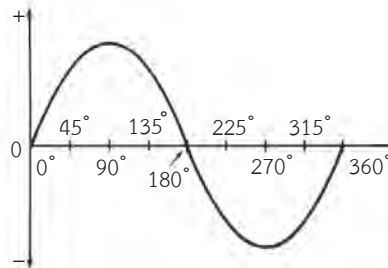
ไฟฟ้ากระแสแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

2.2.1 ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current) คือ ไฟฟ้าที่ไหลในตัวนำ โดยมีทิศทางการไหลไปทางเดียวกันตลอดเวลา

2.2.2 ไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating Current) คือ ไฟฟ้าที่ไหลในตัวนำ โดยมีทิศทางการไหลกลับไปกลับมาตลอดเวลา



รูปที่ 1.5 ไฟฟ้ากระแสตรง

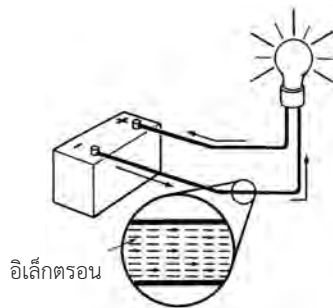


รูปที่ 1.6 ไฟฟ้ากระแสสลับ

จากภาพคลื่นไฟฟ้ากระแสสลับ จะพบว่า แรงเคลื่อนไฟฟ้าจะเริ่มจากศูนย์และเพิ่มมากขึ้นในทางบวกจนถึงจุดสูงสุด แล้วค่อยๆ ลดลงจนเป็นศูนย์และเพิ่มมากขึ้นในทางลบ จนถึงจุดต่ำสุดแล้วค่อยๆ ลดลงจนเป็นศูนย์ตามเดิม เรียกว่า ครบ 1 รอบ ไฟฟ้ากระแสสลับในประเทศไทย จำนวนลูกคลื่นไฟฟ้าจะเปลี่ยนแปลงไป 50 รอบใน 1 วินาที

● ทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า

เมื่อนำสายไฟฟ้ามาต่อเข้ากับขั้วบวกและขั้วลบของแบตเตอรี่แล้วต่อไปยังหลอดไฟฟ้า จะพบว่าหลอดไฟฟ้าสว่างได้ ทั้งนี้เนื่องจากขั้วลบของแบตเตอรี่มีอิเล็กตรอนจำนวนมาก อิเล็กตรอนจำนวนมากเหล่านี้จะเคลื่อนที่ไปตามวัตถุตัวนำผ่านไส้หลอดไฟฟ้าไปยังขั้วบวกของแบตเตอรี่ การที่อิเล็กตรอนเคลื่อนที่จากขั้วลบไปยังขั้วบวกของแบตเตอรี่ เรียกว่า กระแสอิเล็กตรอน (Electron Current) แต่ถ้าพูดถึงกระแสไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าจะมีทิศทางการเคลื่อนที่จากขั้วบวกไปยังขั้วลบ



รูปที่ 1.7 ทิศทางการเคลื่อนที่ของกระแสอิเล็กตรอน

(ที่มา : Frank J. Thiessen : 1994 : 128)

3. หน่วยวัดทางไฟฟ้า

หน่วยวัดทางไฟฟ้า ได้แก่

3.1 แรงดันไฟฟ้าหรือแรงเคลื่อนไฟฟ้า คือ แรงที่ผลักดันให้อิเล็กตรอนอิสระเกิดการเคลื่อนที่ในวัตถุตัวนำ แรงเคลื่อนไฟฟ้าเขียนแทนด้วยอักษรตัว “E” หรือ “V” มีหน่วยวัดเป็นโวลต์ (V) แรงเคลื่อนไฟฟ้า 1 โวลต์ หมายถึง แรงที่ผลักดันให้กระแสไฟฟ้า 1 แอมแปร์ ไหลไปในวัตถุตัวนำที่มีความต้านทาน 1 โอห์ม

3.2 กระแสไฟฟ้า คือ จำนวนของอิเล็กตรอนอิสระที่เคลื่อนที่ผ่านไปตามวัตถุตัวนำ เขียนแทนด้วยอักษรตัว “I” กระแสไฟฟ้ามีหน่วยวัดเป็นแอมแปร์ (A) กระแสไฟฟ้า 1 แอมแปร์ หมายถึง จำนวนของอิเล็กตรอนอิสระ 6.25×10^{18} ตัวเคลื่อนที่ไปตามวัตถุตัวนำในเวลา 1 วินาที

3.3 ความต้านทานทางไฟฟ้า คือ ความต้านทานการไหลของกระแสไฟฟ้า เขียนแทนด้วยอักษรตัว “R” ความต้านทานมีหน่วยวัดเป็นโอห์ม (Ω) ความต้านทาน 1 โอห์ม หมายถึง ความต้านทานทางไฟฟ้า ซึ่งสามารถต้านทานการไหลของกระแสไฟฟ้า 1 แอมแปร์ ที่แรงดันไฟฟ้า 1 โวลต์ ความต้านทานทางไฟฟ้าจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับพื้นที่หน้าตัด ความยาว และอุณหภูมิของสายไฟ

4. กฎของโอห์ม

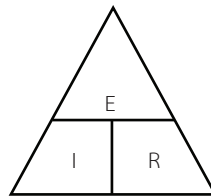
ในวงจรไฟฟ้ารถยนต์ จะประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน คือ

- 1) แหล่งจ่ายพลังงาน เช่น แบตเตอรี่
- 2) ภาระภายในวงจร เช่น หลอดไฟฟ้า มอเตอร์ไฟฟ้าซึ่งล้วนแต่มีความต้านทานในระดับหนึ่ง
- 3) กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรไฟฟ้า

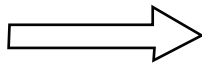
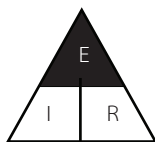
ปัญหาในวงจรไฟฟ้ารถยนต์ส่วนหนึ่งเกิดจากค่าความต้านทานหรือแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ไม่ถูกต้องภายในวงจร ส่งผลให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรเปลี่ยนไป ทำให้หลอดไฟฟ้าหรือมอเตอร์ไฟฟ้าไม่สามารถทำงานได้ตามปกติ ซึ่งกรณีนี้สามารถนำกฎของโอห์มมาใช้เพื่อหาความสัมพันธ์ของแรงเคลื่อนไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าและความต้านทาน ทำให้ทราบถึงสาเหตุของปัญหาในวงจรไฟฟ้าได้เร็วขึ้น

เกออร์ก ซีมอน โอห์ม (George Simon Ohm) นักฟิสิกส์ชาวเยอรมัน ได้ทำการทดลองหาความสัมพันธ์ของแรงเคลื่อนกระแสไฟฟ้า และความต้านทาน พบว่าในวงจรไฟฟ้าใดๆ ก็ตาม “กระแสไฟฟ้าจะแปรผันตรงกับแรงเคลื่อนไฟฟ้าและจะแปรผกผันกับความต้านทาน” จึงสรุปเป็นกฎเรียกว่า **กฎของโอห์ม** ซึ่งสามารถนำมาเขียนเป็นสัญลักษณ์เพื่อให้จดจำได้ง่าย ดังนี้

- I = กระแสไฟฟ้า มีหน่วยเป็น แอมแปร์ (A)
- E = แรงเคลื่อนไฟฟ้า มีหน่วยเป็น โวลต์ (V)
- R = ความต้านทาน มีหน่วยเป็น โอห์ม (Ω)

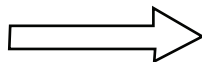
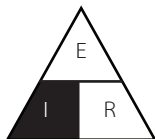


กรณีที่ต้องการหาแรงเคลื่อนไฟฟ้า (E)



$$E = I \times R$$

กรณีที่ต้องการหากระแสไฟฟ้า (I)

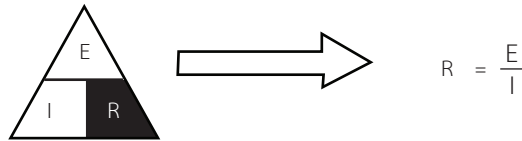


$$I = \frac{E}{R}$$



รูปที่ 1.8 เกออร์ก ซีมอน โอห์ม
(ที่มา : <http://bdeg.sopron.hu/~spider/ohmelete.html>)

กรณีที่ต้องการหาความต้านทาน (R)



● ข้อสังเกตจากกฎของโอห์ม

1) กรณีที่แรงเคลื่อนไฟฟ้าคงที่

ถ้าความต้านทานเพิ่มขึ้น จะมีผลให้กระแสไฟฟ้าลดลง

ถ้ากระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้น จะมีผลให้ความต้านทานลดลง ซึ่งเป็นไปตามสูตร

$$I = \frac{E}{R} \quad \text{หรือ} \quad I \propto \frac{E}{R}$$

สรุป กระแสไฟฟ้าจะแปรผกผันกับความต้านทาน

2) กรณีที่ความต้านทานคงที่

ถ้ากระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้น แรงเคลื่อนไฟฟ้าก็เพิ่มขึ้นด้วย ดังสูตร

$$I = \frac{E}{R} \quad \text{หรือ} \quad I \propto E$$

สรุป กระแสไฟฟ้าจะแปรผันตรงกับแรงเคลื่อนไฟฟ้า

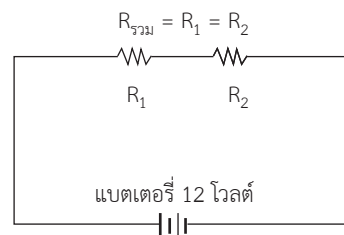
5. การต่อหลอดไฟและการคำนวณหาค่าต่าง ๆ ในวงจรไฟฟ้า

การต่อหลอดไฟ (ภาระ) หลายๆ หลอดเข้ากับวงจรไฟฟ้า จะมีวิธีการต่อได้ 3 แบบ ซึ่งแต่ละแบบจะมีแรงเคลื่อนไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านในวงจรซึ่งจะแตกต่างกันไป ดังนี้

5.1 การต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม เป็นการนำอุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น หลอดไฟมาต่อเรียงลำดับกันไป ค่าความต้านทานรวมทั้งหมดของวงจรจึงเท่ากับ ค่าความต้านทานของหลอดไฟแต่ละหลอดรวมกัน

ดังนั้น

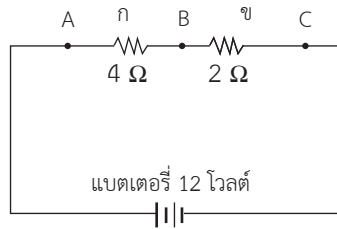
$$R_{\text{รวม}} = R_1 + R_2$$



รูปที่ 1.9 การต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม

ตัวอย่างที่ 1.1 นำหลอดไฟฟ้า 2 หลอดซึ่งมีความต้านทาน 4 โอห์ม และ 2 โอห์ม ตามลำดับ มาต่ออนุกรมเข้ากับแบตเตอรี่ ซึ่งมีแรงเคลื่อนไฟฟ้า 12 โวลต์ ดังรูปที่ 1.10 จงคำนวณหา

1. ค่าความต้านทานรวมทั้งหมดในวงจร
2. กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร
3. แรงเคลื่อนไฟฟ้าตกคร่อมหลอดไฟ ก (ระหว่างจุด A และจุด B)
4. แรงเคลื่อนไฟฟ้าตกคร่อมหลอดไฟ ข (ระหว่างจุด B และจุด C)



รูปที่ 1.10 ตัวอย่างการต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม

วิธีทำ 1. หาค่าความต้านทานรวม

$$R_{รวม} = R_1 + R_2$$

$$R_{รวม} = 4 \text{ โอห์ม} + 2 \text{ โอห์ม} = 6 \text{ โอห์ม}$$

2. หาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร

$$\text{จากกฎของโอห์ม} \quad I = \frac{E}{R}$$

$$I = \frac{12 \text{ โวลต์}}{6 \text{ โอห์ม}} = 2 \text{ แอมแปร์}$$

3. หาค่าแรงเคลื่อนตกคร่อมหลอดไฟ ก (ระหว่างจุด A และ จุด B)

$$\text{จากกฎของโอห์ม} \quad E = I \times R$$

$$E = 2 \text{ แอมแปร์} \times 4 \text{ โอห์ม} = 8 \text{ โวลต์}$$

4. หาค่าแรงเคลื่อนตกคร่อมหลอดไฟ ข (ระหว่างจุด B และ จุด C)

$$\text{จากกฎของโอห์ม} \quad E = I \times R$$

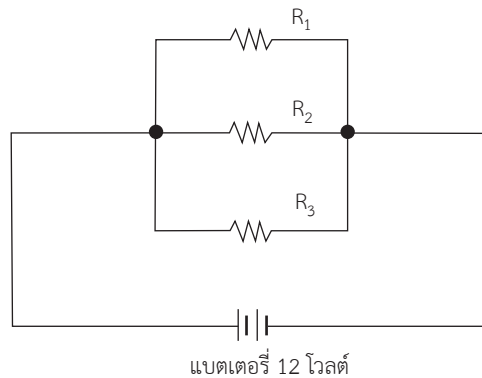
$$E = 2 \text{ แอมแปร์} \times 2 \text{ โอห์ม} = 4 \text{ โวลต์}$$

สรุป วงจรอนุกรม

1. ค่าความต้านทานรวมจะเท่ากับค่าความต้านทานแต่ละตัวในวงจรรวมกัน
2. กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรจะมีค่าเท่ากันทุกจุด
3. แรงเคลื่อนไฟฟ้าจะลดลงเมื่อกระแสไหลผ่านตัวต้านทานแต่ละตัวภายในวงจร
4. แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัวรวมกันจะเท่ากับแรงเคลื่อนไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟ

5.2 การต่อวงจรไฟฟ้าแบบขนาน เมื่อนำหลอดไฟฟ้า 2 หลอดที่มีค่าความต้านทานเท่ากับ R_1 และ R_2 มาต่อขนานกัน ดังรูปที่ 1.11 ค่าความต้านทานรวมทั้งหมดยภายในวงจรสามารถคำนวณหาได้ ดังนี้

$$\begin{aligned} \frac{1}{R_{\text{รวม}}} &= \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \\ \frac{1}{R_{\text{รวม}}} &= \frac{R_1 + R_2}{R_1 \times R_2} \\ \text{ดังนั้น} \quad R_{\text{รวม}} &= \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} \quad (\text{ในกรณีที่มีความต้านทาน 2 ตัว}) \end{aligned}$$



รูปที่ 1.11 การต่อวงจรไฟฟ้าแบบขนาน

ในทำนองเดียวกัน ถ้านำหลอดไฟฟ้า 3 หลอดที่มีค่าความต้านทานเท่ากับ R_1 , R_2 และ R_3 มาต่อขนานกัน ดังรูปที่ 1.11 ค่าความต้านทานรวมทั้งหมดยภายในวงจรสามารถคำนวณหาได้ ดังนี้

$$\begin{aligned} \frac{1}{R_{\text{รวม}}} &= \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \\ \frac{1}{R_{\text{รวม}}} &= \frac{(R_2 \times R_3) + (R_1 \times R_3) + (R_1 \times R_2)}{R_1 \times R_2 \times R_3} \\ \text{ดังนั้น} \quad R_{\text{รวม}} &= \frac{R_1 \times R_2 \times R_3}{(R_1 \times R_2) + (R_2 \times R_3) + (R_3 \times R_1)} \end{aligned}$$

ตัวอย่างที่ 1.2 นำหลอดไฟฟ้า ก, ข และ ค ซึ่งมีค่าความต้านทาน 4 โอห์ม 4 โอห์ม และ 2 โอห์ม ตามลำดับ มาต่อขนานกันแล้วต่อวงจรเข้ากับแบตเตอรี่ ซึ่งมีแรงเคลื่อน 12 โวลต์ จงคำนวณหา

1. ค่าความต้านทานรวมทั้งหมด
2. กระแสไฟฟ้ารวมทั้งหมดที่ไหลผ่านวงจรนี้
3. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านหลอดไฟแต่ละหลอด

วิธีทำ

1. หาค่าความต้านทานรวม

$$R_{\text{รวม}} = \frac{R_1 \times R_2 \times R_3}{(R_1 \times R_2) + (R_2 \times R_3) + (R_3 \times R_1)}$$

$$R_{\text{รวม}} = \frac{4 \times 4 \times 2}{(4 \times 4) + (4 \times 2) + (2 \times 4)}$$

$$R_{\text{รวม}} = \frac{32}{16 + 8 + 8} = \frac{32}{32} = 1 \Omega$$

ดังนั้น $R_{\text{รวม}} = 1 \text{ โอห์ม}$

2. หาค่ากระแสไฟฟ้ารวมทั้งหมดที่ไหลผ่านวงจร

จากกฎของโอห์ม $I = \frac{E}{R}$

$$I = \frac{12 \text{ โวลต์}}{1 \text{ โอห์ม}} = 12 \text{ แอมแปร์}$$

3. หากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านหลอดไฟแต่ละหลอด

- 3.1 หากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านหลอดไฟ ก

จากกฎของโอห์ม $I = \frac{E}{R}$

$$I = \frac{12 \text{ โวลต์}}{4 \text{ โอห์ม}} = 3 \text{ แอมแปร์}$$

- 3.2 หากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านหลอดไฟ ข

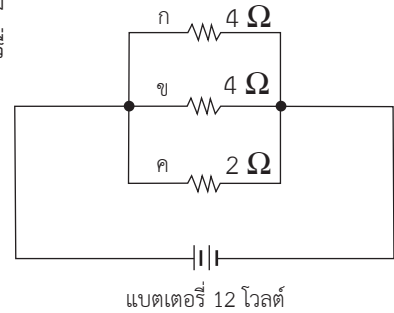
จากกฎของโอห์ม $I = \frac{E}{R}$

$$I = \frac{12 \text{ โวลต์}}{4 \text{ โอห์ม}} = 3 \text{ แอมแปร์}$$

- 3.3 หากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านหลอดไฟ ค

จากกฎของโอห์ม $I = \frac{E}{R}$

$$I = \frac{12 \text{ โวลต์}}{2 \text{ โอห์ม}} = 6 \text{ แอมแปร์}$$



รูปที่ 1.12 ตัวอย่างการต่อวงจรไฟฟ้าแบบขนาน

สรุป วงจรขนาน

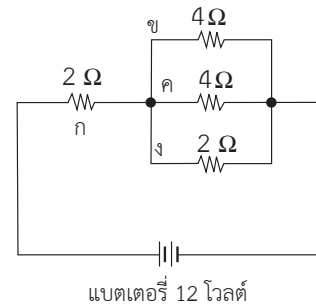
1. แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ตกคร่อมหลอดไฟแต่ละหลอดจะมีค่าเท่ากับแรงเคลื่อนของแหล่งจ่ายไฟ
2. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านหลอดไฟแต่ละหลอดจะไม่เท่ากัน แต่จะเปลี่ยนแปลงไปตามค่าของความต้านทาน
3. ผลรวมของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านหลอดไฟแต่ละหลอดจะเท่ากับกระแสไฟฟ้าทั้งหมดที่ไหลในวงจร

5.3 การต่อวงจรไฟฟ้าแบบผสม การต่อวงจรไฟฟ้าแบบนี้เป็นการนำ

หลอดไฟมาต่อแบบขนานและอนุกรมกัน การหาค่าความต้านทานรวมทั้งหมดจึงต้องหาค่าความต้านทานรวมในแบบขนานก่อน แล้วจึงนำค่าความต้านทานรวมที่ได้ในแบบขนานมารวมกับค่าความต้านทานในแบบอนุกรม

ตัวอย่างที่ 1.3 นำหลอดไฟฟ้า ก, ข, ค และ ง ซึ่งมีค่าความต้านทานเท่ากับ 2 โอห์ม 4 โอห์ม 4 โอห์ม และ 2 โอห์ม ตามลำดับ มาต่อแบบขนานและอนุกรมกัน ดังรูปที่ 1.13 แล้วต่อวงจรเข้ากับแบตเตอรี่ซึ่งมีแรงเคลื่อน 12 โวลต์ จงคำนวณหา

1. ค่าความต้านทานรวมทั้งหมดในวงจร
2. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านหลอดไฟ ก, ข, ค และ ง



รูปที่ 1.13 ตัวอย่างการต่อวงจรไฟฟ้าแบบผสม

วิธีทำ 1. หาค่าความต้านทานรวมในแบบขนาน (หลอดไฟ ข, ค และ ง)

$$\begin{aligned} \text{จากสูตร} \quad R_{\text{รวม}} &= \frac{R_1 \times R_2 \times R_3}{(R_1 \times R_2) + (R_2 \times R_3) + (R_3 \times R_1)} \\ R_{\text{รวม}} &= \frac{4 \times 4 \times 2}{(4 \times 4) + (4 \times 2) + (2 \times 4)} \\ R_{\text{รวม (แบบขนาน)}} &= \frac{32}{16 + 8 + 8} = \frac{32}{32} = 1 \text{ โอห์ม} \end{aligned}$$

หาค่าความต้านทานรวมทั้งหมดในวงจร

$$R_{\text{รวมทั้งวงจร}} = 2 + 1 \text{ โอห์ม} = 3 \text{ โอห์ม}$$

2. หาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านหลอดไฟ ก, ข, ค และ ง

2.1 หาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านหลอดไฟ ก

$$\begin{aligned} \text{จากกฎของโอห์ม} \quad I &= \frac{E}{R} \\ I &= 4 \text{ แอมแปร์} \end{aligned}$$

หาแรงเคลื่อนตกคร่อมหลอดไฟ ก

$$E = I \times R$$

$$E = 4 \text{ แอมแปร์} \times 2 \text{ โอห์ม} = 8 \text{ โวลต์}$$

ดังนั้น แรงเคลื่อนที่หลอดไฟ ข, ค และ ง จึงเหลือ 4 โวลต์

2.2 หากกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านหลอดไฟ ข

$$I = \frac{E}{R} = \frac{4 \text{ โวลต์}}{4 \text{ โอห์ม}} = 1 \text{ แอมแปร์}$$

2.3 หากกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านหลอดไฟ ค

$$I = \frac{E}{R} = \frac{4 \text{ โวลต์}}{4 \text{ โอห์ม}} = 1 \text{ แอมแปร์}$$

2.4 หากกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านหลอดไฟ ง

$$I = \frac{E}{R} = \frac{4 \text{ โวลต์}}{4 \text{ โอห์ม}} = 1 \text{ แอมแปร์}$$

กิจกรรมตรวจสอบความเข้าใจ

จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ได้ใจความสมบูรณ์

1. จงอธิบายถึงโครงสร้างของอะตอมและจำนวนของอิเล็กตรอนในแต่ละชั้นของวงโคจร

.....

.....

.....

2. จงอธิบายถึงการเกิดกระแสไฟฟ้า

.....

.....

.....

3. การทำให้อิเล็กตรอนวงนอกสุดหลุดเป็นอิสระมีกี่วิธี อะไรบ้าง

.....

.....

.....

4. ไฟฟ้ามีกี่ชนิด และแต่ละชนิดแตกต่างกันอย่างไร

.....

.....

.....

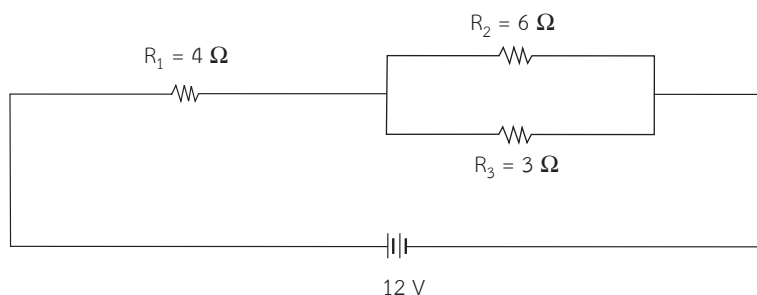
5. จงบอกถึงหน่วยวัดของแรงเคลื่อนไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และความต้านทาน

.....

.....

.....

6. กฎของโอห์มอธิบายความสัมพันธ์ของกระแสไฟฟ้า แรงเคลื่อนไฟฟ้า และความต้านทานไว้อย่างไร
.....
.....
7. การต่อความต้านทานในวงจรไฟฟ้ามีกี่วิธี อะไรบ้าง จงอธิบาย
.....
.....
8. กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมและแบบขนานแตกต่างกันอย่างไร
.....
.....
9. แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ตกคร่อมความต้านทานแต่ละตัวในวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมและแบบขนานแตกต่างกันอย่างไร
.....
.....
10. จากรูป จงคำนวณหาความต้านทานรวมและกระแสไฟฟ้าทั้งหมดที่ไหลในวงจร



สรุป

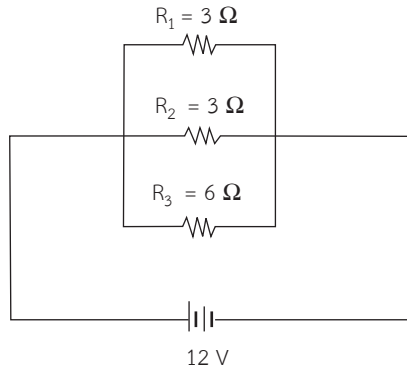
กระแสไฟฟ้าเกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระในวัตถุตัวนำ ซึ่งแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ ไฟฟ้าสถิต และ ไฟฟ้ากระแส กระแสไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กับแรงเคลื่อนไฟฟ้าและความต้านทาน ซึ่งจะหาความสัมพันธ์ดังกล่าวได้จากกฎของโอห์ม การต่อความต้านทานเข้ากับวงจรไฟฟ้ามี 3 แบบ คือ แบบอนุกรม แบบขนาน และแบบผสม

แบบทดสอบเพื่อประเมินผลหลังการเรียนรู้

ตอนที่ 1 จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงข้อเดียว

1. นิวเคลียสจะแสดงสมบัติทางไฟฟ้าเป็นอย่างไร
 1. เป็นประจุบวก
 2. เป็นประจุลบ
 3. เป็นกลาง
 4. เป็นทั้งประจุบวกและประจุลบ
2. วงโคจรของอิเล็กตรอนชั้นในสุดจะมีอิเล็กตรอนได้ไม่เกินกี่ตัว
 1. 2 ตัว
 2. 8 ตัว
 3. 18 ตัว
 4. 32 ตัว
3. สิ่งที่ทำให้อิเล็กตรอนวงนอกสุดหลุดเป็นอิสระคืออะไร
 1. การเสียดสี
 2. การเกิดปฏิกิริยาเคมี
 3. แรกกดอัด
 4. ถูกต้องทุกข้อ
4. ไฟฟ้าที่เกิดจากการเสียดสีของวัตถุคือข้อใด
 1. ไฟฟ้ากระแสตรง
 2. ไฟฟ้าสถิต
 3. ไฟฟ้ากระแสสลับ
 4. ถูกต้องทุกข้อ
5. หน่วยวัดของความต้านทานคืออะไร
 1. โอห์ม
 2. แอมแปร์
 3. โวลต์
 4. คูลอมป์
6. นักฟิสิกส์ที่ค้นพบความสัมพันธ์ของกระแสไฟฟ้า แรงเคลื่อน และความต้านทาน คือใคร
 1. กาลิเลโอ
 2. เกออร์ก ซีมอน โอห์ม
 3. เอดิสัน
 4. ฟาราเดย์
7. จากกฎของโอห์ม ข้อใดถูกต้อง
 1. $R = E \times I$
 2. $I = \frac{R}{E}$
 3. $E = I \times R$
 4. $R = \frac{I}{E}$
8. ในวงจรอนุกรม การหาค่าความต้านทานรวมหาได้จากสูตรในข้อใด
 1. $R_{รวม} = R_1 - R_2$
 2. $R_{รวม} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$
 3. $R_{รวม} = R_1 \times R_2$
 4. ถูกต้องทั้งข้อ 2 และ 3

จากรูปต่อไปนี้ ใช้ตอบคำถามข้อ 9-10

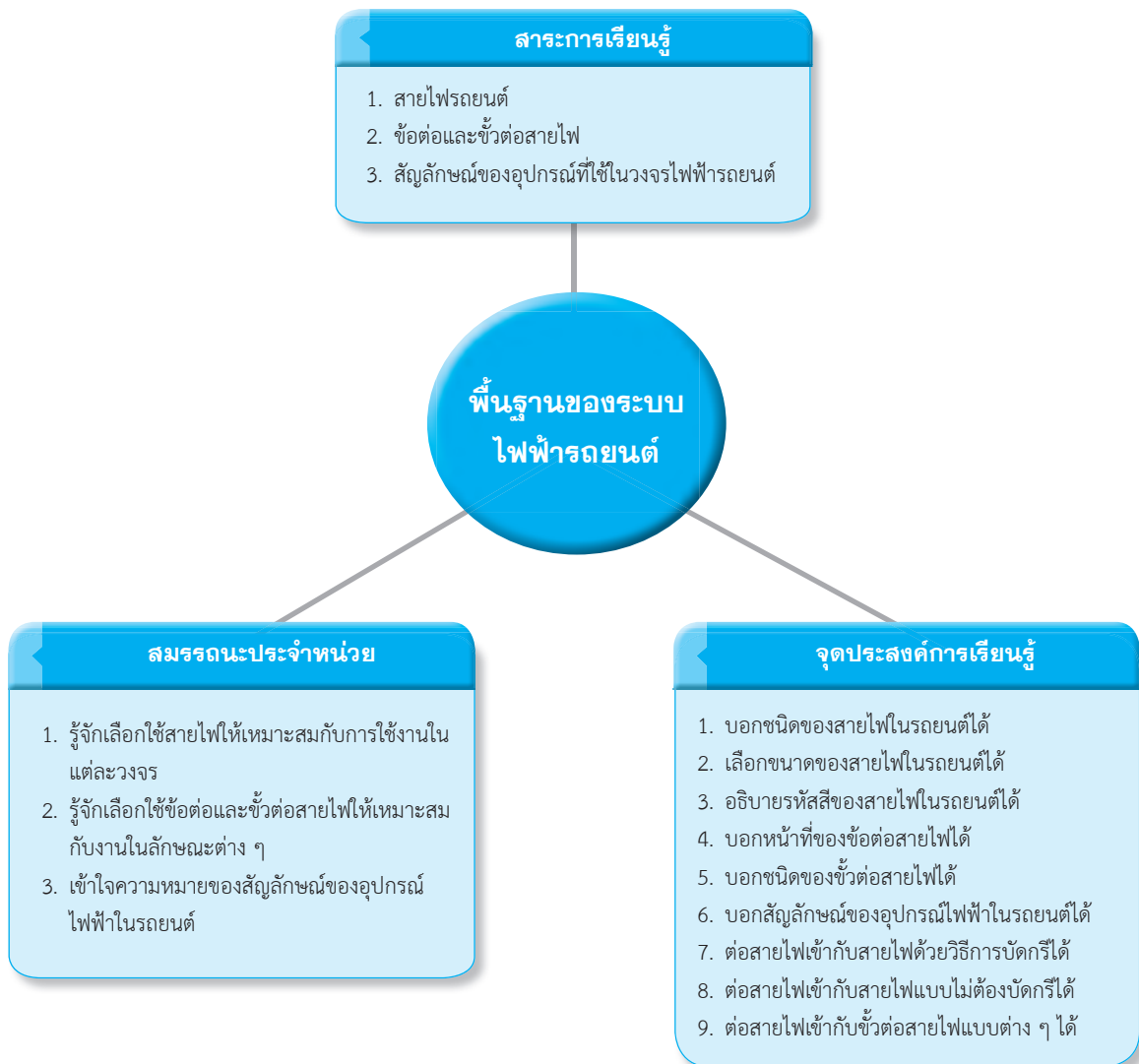


9. จาการูปวงจรไฟฟ้า ความต้านทานรวมมีค่าเท่าใด
1. $1.2\ \Omega$
 2. $2.4\ \Omega$
 3. $4\ \Omega$
 4. $6\ \Omega$
10. จากข้อ 9 กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรมีค่าเท่าใด
1. $2\ \text{A}$
 2. $4\ \text{A}$
 3. $6\ \text{A}$
 4. $10\ \text{A}$

ตอนที่ 2 จงเขียนเครื่องหมาย ✓ หน้าข้อความที่ถูกต้อง และเขียนเครื่องหมาย X หน้าข้อความที่ผิด

- 1. อะตอมชนิดเดียวกันประกอบกันขึ้นเป็นโมเลกุลเรียกว่า สารประกอบ
- 2. โปรตอนจะแสดงสมบัติทางไฟฟ้าเป็นประจุไฟฟ้าบวก
- 3. วงโคจรของอิเล็กตรอนชั้นในสุด จะมีอิเล็กตรอนได้ไม่เกิน 2 ตัว
- 4. ธาตุที่มีอิเล็กตรอนชั้นนอกสุด 1 ตัว คือ สังกะสี
- 5. ไฟฟ้าสถิตเกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระ
- 6. กระแสไฟฟ้ามีหน่วยวัดเป็นแอมแปร์
- 7. ในวงจรไฟฟ้าใดๆ ก็ตาม กระแสไฟฟ้าจะแปรผกผันกับแรงเคลื่อนไฟฟ้า
- 8. ในวงจรอนุกรม กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรจะมีค่าเท่ากันทุกจุด
- 9. ในวงจรขนานผลรวมของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านหลอดไฟแต่ละหลอดจะเท่ากับกระแสไฟฟ้าทั้งหมดที่ไหลในวงจร
- 10. กรณีที่กระแสไฟฟ้าคงที่ ถ้าแรงเคลื่อนไฟฟ้าเพิ่มขึ้นจะมีผลให้ความต้านทานลดลง

พื้นฐานของระบบไฟฟ้ารถยนต์



พื้นฐานของระบบไฟฟ้ารถยนต์

1. สายไฟรถยนต์

1.1 ชนิดของสายไฟ

สายไฟที่ใช้ในรถยนต์เรียกว่า สาย AV (Automotive Vinyl) ตัวนำที่อยู่ภายในทำด้วยทองแดงอ่อนหลายๆ เส้นมารวมกัน แล้วหุ้มด้วยฉนวนพลาสติก PVC เพื่อให้สายไฟอ่อนตัวไม่หักหรือขาดได้ง่ายเมื่อได้รับการสั่นสะเทือน สายไฟที่ใช้ในรถยนต์ แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1.1.1 สายไฟแรงต่ำ (Low Voltage Wires) เป็นสายไฟ AV สายไฟชนิดนี้จะพบอยู่ในวงจรไฟฟ้ารถยนต์ทั่วไป เช่น วงจรไฟแสงสว่างและวงจรไฟสัญญาณ เป็นต้น ส่วนสายแบตเตอรี่เป็นสายไฟ EB (Earth Bone) จัดเป็นสายไฟแรงต่ำเช่นกัน ฉนวนหุ้มสายทำมาจาก PVC แต่จะบางกว่าสาย AV



รูปที่ 2.1 สายไฟรถยนต์

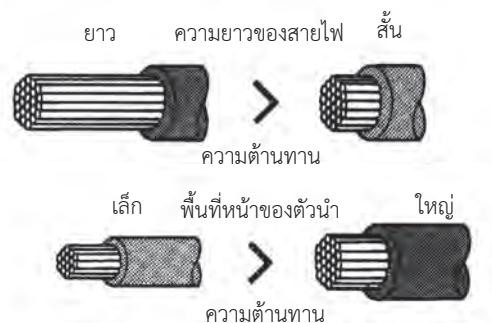
(ที่มา : Toyota Corolla AE11 : 1995 : 5)

1.1.2 สายไฟแรงสูง (High Voltage Wire) สายไฟชนิดนี้ฉนวนที่หุ้มสายไฟจะต้องหนา เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดประกายไฟแรงสูงรั่วลงกราวด์ได้ สายไฟแรงสูงมี 2 ชนิด คือ

- 1) สายไฟแรงสูงแบบธรรมดา สายไฟชนิดนี้ลวดตัวนำจะทำมาจากทองแดง ซึ่งอาจทำให้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากการจุดระเบิดไปรบกวนคลื่นวิทยุได้
- 2) สายไฟแรงสูงแบบสายความต้านทาน สายไฟชนิดนี้ตัวนำในสายไฟจะเป็นคาร์บอน ฉนวนหุ้มสายไฟจะใช้วัสดุประเภทยางสังเคราะห์ ทำให้ลดการรบกวนจากคลื่นวิทยุได้มาก

1.2 ขนาดของสายไฟ

ขนาดของสายไฟจะบอกเป็นขนาดความโตของเส้นผ่านศูนย์กลางของตัวนำ มีหน่วยเป็นตารางมิลลิเมตร สายไฟที่ใช้ในรถยนต์จะมีขนาดแตกต่างกัน ดังนั้นการเลือกขนาดของสายไฟเพื่อใช้งานจึงต้องเลือกให้ถูกต้อง และควรคำนึงถึงกระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรเป็นลำดับแรก เพราะถ้ากระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรมาก แต่เลือกใช้สายไฟขนาดเล็ก สายไฟอาจจะร้อนและไหม้ได้ ขณะเดียวกันถ้าเลือกใช้สายไฟขนาดใหญ่เกินไปก็จะเปลืองเงิน กินเนื้อที่ และเกะกะโดยเปล่าประโยชน์ ส่วนความยาวของสายไฟก็เป็นอีกสิ่งหนึ่ง



รูปที่ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวพื้นที่หน้าตัด และความต้านทานของสายไฟ

ที่ต้องคำนึงถึง เพราะสายไฟยิ่งยาวมากจะทำให้ความต้านทานในสายไฟเพิ่มมากขึ้น เป็นเหตุให้สายไฟร้อนและอาจเกิด ความเสียหายกับวงจรไฟฟ้าได้

อย่างไรก็ตาม การจะทราบว่ากระแสไฟฟ้าไหลในวงจรไฟฟ้าเท่าใด จะพิจารณาจากอุปกรณ์ไฟฟ้าที่อยู่ในวงจรนั้น แล้วนำมาเข้าสู่สูตร $P = IE$ เพื่อหากระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร เช่น ในวงจรไฟฟ้าหน้า มีหลอดไฟหน้าขนาด 90 W/100 W จำนวน 2 ดวง จะมีกระแสไฟฟ้าไหลในวงจรเท่าใด

$$\text{จากสูตร } I = \frac{P}{E}$$

I = กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร

P = กำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์ = 200 วัตต์ (2 ดวง)

E = แรงเคลื่อนไฟฟ้า = 12 โวลต์

$$\text{แทนค่าในสูตร } I = \frac{200}{12} = 16.66 \text{ แอมแปร์}$$

จากนั้นจึงนำค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรไปเทียบกับตารางที่ 2.1 เพื่อหาขนาดของสายไฟ ซึ่งจะได้ขนาดของสายไฟที่มีพื้นที่หน้าตัดเท่ากับ 2 mm^2

ตารางที่ 2.1 แสดงขนาดของสายไฟ การทนกระแส และการนำไปใช้งาน

พื้นที่ หน้าตัด (mm ²)	ตัวนำ			ฉนวน			ความ ต้านทาน ตัวนำ 20° (Ω /m)	กระแสสูงสุด (แอมแปร์)
	จำนวน (NO/mm)	พื้นที่หน้าตัด คำนวณ (mm ²)	ความโต ตีเกลียว (mm)	ความ หนา (mm)	ความโตภายนอก			
					มาตรฐาน (mm)	สูงสุด (mm)		
0.5f	20/0.18	0.5087	0.95	0.6	2.2	2.4	0.0367	8
0.5	7/0.32	0.5629	1.00	0.6	2.2	2.4	0.0327	9
0.75f	30/0.18	0.7630	1.15	0.6	2.4	2.6	0.0244	11
0.85	11/0.32	0.8846	1.25	0.6	2.4	2.6	0.0208	12
1.25f	50/0.18	1.273	1.50	0.6	2.7	2.9	0.0147	15
1.25	16/0.32	1.287	1.50	0.6	2.7	2.9	0.0143	15
2	26/0.32	2.091	1.90	0.6	3.1	3.4	0.008	20
3	41/0.32	3.297	2.40	0.7	3.8	4.1	0.00559	27
5	65/0.32	5.228	3.00	0.8	4.6	4.9	0.00352	37