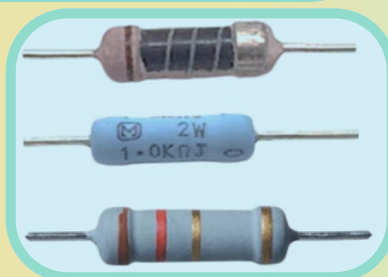
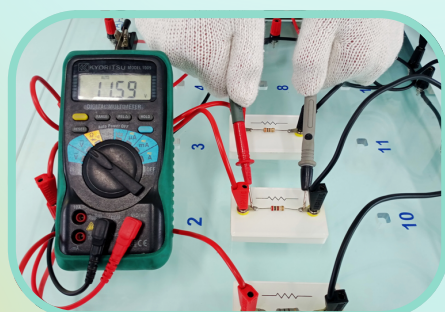
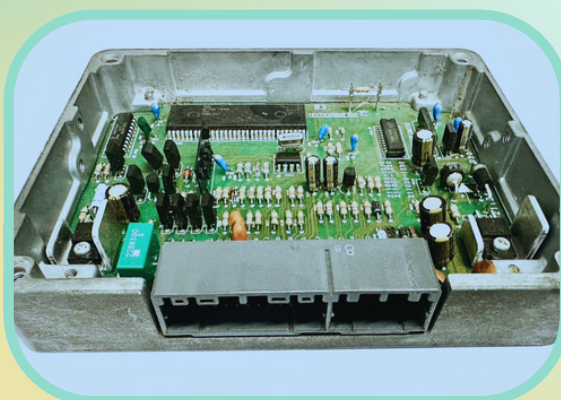




ชุดการสอนที่ 2 ตัวต้านทาน

วิชางานอิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เบื้องต้น
รหัสวิชา 20101-2103
หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562



นายจิรโรจน์ เลิศธนเปี่ยมสุข
ตำแหน่งครู วิทยฐานะครูชำนาญการพิเศษ

วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา
กระทรวงศึกษาธิการ

คำนำ

ชุดการสอนวิชางานอิเล็กทรอนิกส์ยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 20101-2103 นี้ จัดทำขึ้นเพื่อใช้สำหรับประกอบการเรียนการสอน ตามจุดประสงค์รายวิชา สมรรถนะรายวิชาและคำอธิบายรายวิชา หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562

เนื้อหาวิชางานอิเล็กทรอนิกส์ยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 20101-2103 ในชุดการสอนนี้ ประกอบด้วย ชุดการสอนที่ 1 เรื่อง เครื่องมือวัดและทดสอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ชุดการสอนที่ 2 เรื่อง ตัวต้านทาน ชุดการสอนที่ 3 เรื่อง ตัวเก็บประจุ ชุดการสอนที่ 4 เรื่อง อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ ชุดการสอนที่ 5 เรื่อง อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำทางแสง ชุดการสอนที่ 6 เรื่อง อุปกรณ์ตรวจจับและส่งสัญญาณในรถยนต์ ชุดการสอนที่ 7 เรื่อง อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในระบบประจุไฟฟ้ารถยนต์ วัตถุประสงค์ของการจัดทำชุดการสอนนี้ เพื่อต้องการเผยแพร่ให้ผู้ที่ต้องการศึกษา และผู้สนใจได้อ่านและนำไปใช้เป็นประโยชน์ต่อตนเอง และสามารถแนะนำผู้อื่นได้ ในแผนการจัดการเรียนรู้ประกอบด้วยเนื้อหาทฤษฎี ใบแบบฝึกหัด แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ใบมอบงาน และใบงาน เนื้อหามีการลำดับขั้นตอนที่เหมาะสม ในแต่ละหน่วยการเรียนรู้มีการอธิบายขั้นตอนภาพประกอบและนำข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องมาเสริมเนื้อหาให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น กล่าวคือ เมื่อได้อ่านแล้วจะมีความเข้าใจได้ง่ายสามารถนำไปสู่ปฏิบัติงานได้และเป็นพื้นฐานสำหรับการศึกษาในวิชางานอิเล็กทรอนิกส์ยนต์เบื้องต้น ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผู้จัดทำได้เตรียมแบบประเมินผลใบมอบงาน แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน แบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยมและคุณลักษณะอันพึงประสงค์ แบบสรุปผลการประเมินคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ และบันทึกหลังการเรียนรู้เพื่อให้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ระหว่างครูและผู้เรียนบรรลุตามวัตถุประสงค์

ผู้จัดทำมีความตั้งใจ และความมุ่งมั่นในการที่จะพัฒนากระบวนการเรียนการสอนให้เกิดคุณภาพและประสิทธิภาพ หวังเป็นอย่างยิ่งว่าชุดการสอนวิชางานอิเล็กทรอนิกส์ยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 20101-2103 นี้ จะเป็นประโยชน์แก่ครูผู้สอน ความดีของชุดการสอนนี้สำเร็จขึ้นได้ ขอมอบแก้บิดามารดา ครู อาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน หากมีข้อเสนอแนะหรือติชมประการใดผู้จัดทำขอน้อมรับเพื่อนำมาใช้ในการปรับปรุงแก้ไข และพัฒนาจะได้เกิดประโยชน์สูงสุดแก่ผู้ศึกษาและผู้สนใจต่อไป จึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

จิรโรจน์ เลิศธนเปี่ยมสุข

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
คำนำ	ก
สารบัญ	ข
สารบัญรูป	ง
สารบัญตาราง	จ
หลักสูตรรายวิชา	1
การวิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้	2
การกำหนดระดับความสำคัญของแบบทดสอบสอบ	3
โครงการจัดการเรียนรู้ประจำวิชา	4
สมรรถนะประจำหน่วย	6
การวิเคราะห์รายละเอียดหัวข้อการเรียนรู้	9
การวิเคราะห์หัวข้อย่อย	11
การวิเคราะห์จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	19
คู่มือครูชุดการสอนที่ 2 เรื่อง ตัวด้านทาน	28
โครงการจัดการเรียนรู้ประจำหน่วย	33
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5	34
เอกสารประกอบการสอน	43
ลำดับขั้นการเรียนรู้ด้วยชุดการสอน	44
คำแนะนำสำหรับผู้เรียน	45
จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	46
แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน	48
เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน	50
ใบความรู้ เรื่อง ตัวด้านทาน	51
ใบแบบฝึกหัด เรื่อง ตัวด้านทาน	71
ใบเฉลยแบบฝึกหัด เรื่อง ตัวด้านทาน	76
ใบมอບงาน เรื่อง การอภิปรายเรื่องตัวด้านทาน	80
แบบประเมินผลใบมอບงาน เรื่อง การอภิปรายเรื่องตัวด้านทาน	81
เกณฑ์การประเมินผลใบมอບงาน เรื่อง การอภิปรายเรื่องตัวด้านทาน	83
ใบงานที่ 2.1 เรื่อง การต่อวงจรและวัดค่าต่าง ๆ ในวงจร	86

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
แบบประเมินผลใบงานที่ 2.1 เรื่อง การต่อวงจรและวัดค่าต่าง ๆ ในวงจร	98
เกณฑ์การประเมินผลใบงานที่ 2.1 เรื่อง การต่อวงจรและวัดค่าต่าง ๆ ในวงจร	99
แบบประเมินคุณธรรม จริยธรรมและคุณลักษณะอันพึงประสงค์	102
แบบสรุปประเมินคุณธรรม จริยธรรมและคุณลักษณะอันพึงประสงค์	103
เกณฑ์การประเมินคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยมและคุณลักษณะที่พึงประสงค์	105
แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้	107
เกณฑ์การประเมินผลแบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้	108
บันทึกหลังการเรียนการสอน	111
บรรณานุกรม	113
ภาคผนวก	114

สารบัญรูป

เรื่อง	หน้า
รูปที่ 2.1 สัญลักษณ์ของตัวต้านทานแบบค่าคงที่	51
รูปที่ 2.2 ตัวต้านทานแบบคาร์บอน	51
รูปที่ 2.3 ตัวต้านทานแบบฟิล์มคาร์บอน	51
รูปที่ 2.4 ตัวต้านทานแบบฟิล์มโลหะ	53
รูปที่ 2.5 ตัวต้านทานแบบลวดพัน	53
รูปที่ 2.6 ตัวต้านทานชนิดออกไซด์ของโลหะ	54
รูปที่ 2.7 ตัวต้านทานแบบเทอร์มิสเตอร์ชนิด NTC และ PTC และสัญลักษณ์	54
รูปที่ 2.8 ตัวต้านทานแบบเทอร์มิสเตอร์ของเครื่องยนต์	55
รูปที่ 2.9 ตัวต้านทานไวแสง (LDR) และสัญลักษณ์	55
รูปที่ 2.10 ตัวต้านทานชนิดแบ่งค่าได้และสัญลักษณ์	56
รูปที่ 2.11 ตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้และสัญลักษณ์	56
รูปที่ 2.12 การอ่านค่าความต้านทานแบบอ่านค่าโดยตรง	57
รูปที่ 2.13 การอ่านค่าความต้านทานแบบใช้ตัวเลขร่วมกับตัวอักษร	58
รูปที่ 2.14 การอ่านค่าตัวต้านทานแบบรหัส 4 แถบสี	59
รูปที่ 2.15 การอ่านค่าตัวต้านทานแบบรหัส 5 แถบสี	61
รูปที่ 2.16 การต่อวงจรตัวต้านทานแบบอนุกรม	63
รูปที่ 2.17 การไหลของกระแสไฟฟ้าเมื่อต่อวงจรไฟฟ้าตัวต้านทานแบบอนุกรม	63
รูปที่ 2.18 ตัวอย่างการต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม	65
รูปที่ 2.19 การต่อวงจรตัวต้านทานแบบขนาน	66
รูปที่ 2.20 ตัวอย่างการต่อวงจรไฟฟ้าแบบขนาน	67
รูปที่ 2.21 การต่อวงจรตัวต้านทานแบบผสม	69
รูปที่ 2.22 ตัวอย่างการต่อวงจรไฟฟ้าแบบผสม	70
รูปที่ 2.23 การวัดค่าความต้านทาน	72
รูปที่ 2.24 การวัดค่าความต้านทานรวมของการต่อวงจรแบบอนุกรม	72
รูปที่ 2.25 การวัดค่าความต้านทานรวมของการต่อวงจรแบบขนาน	73
รูปที่ 2.26 การวัดค่าความต้านทานรวมของการต่อวงจรแบบผสม	73
รูปที่ 2.27 การวัดแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมของตัวต้านทาน	74

สารบัญรูป (ต่อ)

เรื่อง

หน้า

รูปที่ 2.28 การวัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทาน

74

สารบัญตาราง

เรื่อง	หน้า
ตารางที่ 2.1 ค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดแสดงด้วยอักษรภาษาอังกฤษ	57
ตารางที่ 2.2 แสดงแถบสีตัวด้านทานแบบรหัสสี 4 แถบสี	59
ตารางที่ 2.3 แสดงแถบสีตัวด้านทานแบบรหัสสี 5 แถบสี	60

หลักสูตรรายวิชา

วิชา งานอิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 20101 – 2103
สาขาวิชาเครื่องกล หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562
ประเภทวิชาอุตสาหกรรม

จุดประสงค์รายวิชา เพื่อให้

1. รู้และเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้างและหลักการของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เบื้องต้น
2. สามารถวัดและทดสอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เบื้องต้น
3. มีกิจนิสัยที่ดีในการทำงาน รับผิดชอบ ประณีต รอบคอบ ตรงต่อเวลา สะอาดปลอดภัย

และรักษาสภาพแวดล้อม

สมรรถนะรายวิชา

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างและหลักการของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เบื้องต้น
2. ใช้เครื่องมือวัดและทดสอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เบื้องต้น
3. วัดและทดสอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เบื้องต้น

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับโครงสร้างและหลักการทำงาน การใช้เครื่องมือวัดและทดสอบ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์รถยนต์ สมบัติทางไฟฟ้าของอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ อุปกรณ์ตรวจจับและส่งสัญญาณ ในการควบคุมรถยนต์

การวิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้
 วิชางานอิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 20101-2103
 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 ประเภทวิชา อุตสาหกรรม
 ทฤษฎี 1 ชั่วโมง/สัปดาห์ ปฏิบัติ 3 ชั่วโมง/สัปดาห์ จำนวน 2 หน่วยกิต

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้และความสอดคล้องของหลักสูตรรายวิชา

หน่วย ที่	ชื่อหน่วย	จุดประสงค์รายวิชา			สมรรถนะรายวิชา		
		ข้อ 1	ข้อ 2	ข้อ 3	ข้อ 1	ข้อ 2	ข้อ 3
1	เครื่องมือวัดและทดสอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์รถยนต์		✓	✓		✓	✓
2	ตัวต้านทาน	✓	✓	✓	✓	✓	✓
3	ตัวเก็บประจุ	✓	✓	✓	✓	✓	✓
4	อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ	✓	✓	✓	✓	✓	✓
5	อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำทางแสง	✓	✓	✓	✓	✓	✓
6	อุปกรณ์ตรวจจับและส่งสัญญาณในรถยนต์	✓	✓	✓	✓	✓	✓
7	อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในระบบประจุไฟฟ้ารถยนต์	✓	✓	✓	✓	✓	✓

การกำหนดระดับความสำคัญของแบบทดสอบสอบ
วิชางานอิเล็กทรอนิกส์ยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 20101-2103
หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 ประเภทวิชาอุตสาหกรรม
ทฤษฎี 1 ชั่วโมง/สัปดาห์ ปฏิบัติ 3 ชั่วโมง/สัปดาห์ จำนวน 2 หน่วยกิต

ตารางที่ 2 ตารางกำหนดระดับความสำคัญของแบบทดสอบ (Test Blueprint)

ระดับพฤติกรรม ชื่อหน่วย	พุทธิพิสัย						รวม	ลำดับความสำคัญ
	ความจำ	ความเข้าใจ	ประยุกต์ใช้	วิเคราะห์	ประเมินค่า	สร้างสรรค์		
1. เครื่องมือวัดและทดสอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ยนต์	2	4	10				16	2
2. ตัวต้านทาน	2	4	7				13	4
3. ตัวเก็บประจุ	3	4	8				15	4
4. อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ	4	5	11				20	1
5. อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำทางแสง	3	4	6				13	4
6. อุปกรณ์ตรวจจับและส่งสัญญาณในรถยนต์	3	4	5				12	5
7. อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในระบบประจุไฟฟ้ารถยนต์	2	3	6				11	6
สอบปลายภาค								
รวม	19	28	53				100	
ลำดับความสำคัญ	3	2	1					

โครงการจัดการเรียนรู้ประจำวิชา

ตารางที่ 3 โครงการจัดการเรียนรู้วิชางานอิเล็กทรอนิกส์ยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 20101-2103

โครงการจัดการเรียนรู้						
วิชางานอิเล็กทรอนิกส์ยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 20101-2103 ทฤษฎี 1 ปฏิบัติ 3 หน่วยกิต 2 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาช่างยนต์						
สัปดาห์ ที่	สอนครั้ง ที่	หน่วย ที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	ชม./ครั้ง		ชั่วโมง รวม
				ท.	ป.	
1-4	1-4	1	เครื่องมือวัดและทดสอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ยนต์ 1.1 คุณสมบัติของเครื่องมือวัดและทดสอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ยนต์ 1.2 ส่วนประกอบของเครื่องมือวัดและทดสอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ยนต์ 1.3 การใช้เครื่องมือวัดและทดสอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ยนต์	4	12	16
5	5	2	ตัวต้านทาน 2.1 หน้าที่ของตัวต้านทาน 2.2 ชนิดของตัวต้านทาน 2.3 การอ่านค่าความต้านทาน 2.4 การต่อวงจรตัวต้านทาน 2.5 การวัดค่าความต้านทาน	1	3	4
6	6	3	ตัวเก็บประจุ 3.1 หน้าที่และคุณสมบัติของตัวเก็บประจุ 3.2 โครงสร้างของตัวเก็บประจุ 3.3 ชนิดของตัวเก็บประจุ 3.4 การอ่านค่าความจุไฟฟ้าตัวเก็บประจุ 3.5 การต่อวงจรตัวเก็บประจุ 3.6 การวัดและทดสอบตัวเก็บประจุ	1	3	4
7-10	7-10	4	อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ 4.1 โครงสร้างของอะตอม 4.2 ตัวนำ ฉนวน และสารกึ่งตัวนำ	4	12	16

ตารางที่ 3 โครงการจัดการเรียนรู้วิชางานอิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 20101-2103 (ต่อ)

สัปดาห์ ที่	สอน ครั้งที่	หน่วย ที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	ชม./ครั้ง		ชั่วโมง รวม
				ท.	ป.	
			4.3 คุณสมบัติของสารกึ่งตัวนำชนิด P และชนิด N 4.4 หน้าที่และหลักการทำงานของอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ 4.5 การวัดและทดสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ			
11-12	11-12	5	อุปกรณ์สารตัวนำทางแสง 5.1 โครงสร้างของสารกึ่งตัวนำทางแสง 5.2 หลักการทำงานของสารกึ่งตัวนำทางแสง 5.3 การวัดและทดสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำทางแสง	2	6	8
13-16	13-16	6	อุปกรณ์ตรวจจับและส่งสัญญาณในรถยนต์ 6.1 หน้าที่และโครงสร้างของอุปกรณ์ตรวจจับและส่งสัญญาณในรถยนต์ 6.2 หลักการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับ และส่งสัญญาณในรถยนต์ 6.3 การวัดและทดสอบอุปกรณ์ตรวจจับและส่งสัญญาณในรถยนต์	4	12	16
17	17	7	อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในระบบประจุไฟฟ้ารถยนต์ 7.1 หน้าที่และโครงสร้างของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในระบบประจุไฟฟ้ารถยนต์ 7.2 หลักการทำงานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในระบบประจุไฟฟ้ารถยนต์ 7.3 การวัดและทดสอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในระบบประจุไฟฟ้ารถยนต์	1	3	4
18			สอบปลายภาค	1	3	4
รวม				18	54	72

สมรรถนะประจำหน่วย

ตารางที่ 4 รายละเอียดสมรรถนะประจำหน่วย

หน่วยที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	หัวข้อการเรียนรู้	สมรรถนะประจำหน่วย
1	เครื่องมือวัดและทดสอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์รถยนต์	1.1 คุณสมบัติของเครื่องมือวัดและทดสอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์รถยนต์ 1.2 ส่วนประกอบของเครื่องมือวัดและทดสอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์รถยนต์ 1.3 การใช้เครื่องมือวัดและทดสอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์รถยนต์	1. แสดงความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับคุณสมบัติ ส่วนประกอบของเครื่องมือวัดและทดสอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์รถยนต์ 2. ใช้เครื่องมือวัดและทดสอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์รถยนต์
2	ตัวต้านทาน	2.1 หน้าที่ของตัวต้านทาน 2.2 ชนิดของตัวต้านทาน 2.3 การอ่านค่าความต้านทาน 2.4 การต่อวงจรตัวต้านทาน 2.5 การวัดค่าความต้านทาน	1. แสดงความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับหน้าที่ ชนิด และการอ่านค่าตัวต้านทาน 2. แสดงความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการต่อวงจร และการวัดค่าความต้านทาน 3. ต่อวงจรตัวต้านทานและวัดค่าความต้านทาน
3	ตัวเก็บประจุ	3.1 หน้าที่และคุณสมบัติของตัวเก็บประจุ 3.2 โครงสร้างของตัวเก็บประจุ 3.3 ชนิดของตัวเก็บประจุ 3.4 การอ่านค่าความจุไฟฟ้าตัวเก็บประจุ 3.5 การต่อวงจรตัวเก็บประจุ 3.6 การวัดและทดสอบตัวเก็บประจุ	1. แสดงความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับหน้าที่ โครงสร้าง ชนิด และคุณสมบัติตัวเก็บประจุ 2. แสดงความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการอ่านค่าตัวเก็บประจุ 3. แสดงความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการต่อวงจร การวัดและทดสอบตัวเก็บประจุ 4. ต่อวงจร วัดและทดสอบตัวเก็บประจุ

ตารางที่ 4 รายละเอียดสมรรถนะประจำหน่วย (ต่อ)

หน่วยที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	หัวข้อการเรียนรู้	สมรรถนะประจำหน่วย
4	อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ	4.1 โครงสร้างของอะตอม 4.2 ตัวนำ ฉนวน และสารกึ่งตัวนำ 4.3 คุณสมบัติของสารกึ่งตัวนำชนิด P และชนิด N 4.4 หน้าที่และหลักการทำงานของอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ 4.5 การวัดและทดสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ	1. แสดงความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้างของอะตอม 2. แสดงความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับตัวนำ ฉนวน และสารกึ่งตัวนำ 3. แสดงความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับคุณสมบัติของสารกึ่งตัวนำชนิด P และชนิด N 4. แสดงความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับหน้าที่และหลักการทำงานของอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ 5. วัดและทดสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ
5	อุปกรณ์สารตัวนำทางแสง	5.1 โครงสร้างของสารกึ่งตัวนำทางแสง 5.2 หลักการทำงานของสารกึ่งตัวนำทางแสง 5.3 การวัดและทดสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำทางแสง	1. แสดงความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้างและหลักการทำงานของสารกึ่งตัวนำทางแสง 2. แสดงความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการวัดและทดสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำทางแสง 2. วัดและทดสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำทางแสง
6	อุปกรณ์ตรวจจับและส่งสัญญาณในรถยนต์	6.1 หน้าที่และโครงสร้างของอุปกรณ์ตรวจจับและส่งสัญญาณในรถยนต์	1. แสดงความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับหน้าที่และโครงสร้างของอุปกรณ์ตรวจจับและส่งสัญญาณในรถยนต์

ตารางที่ 4 สมรรถนะประจำหน่วย (ต่อ)

หน่วยที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	หัวข้อการเรียนรู้	สมรรถนะประจำหน่วย
6	อุปกรณ์ตรวจจับและส่งสัญญาณในรถยนต์	6.2 หลักการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับและส่งสัญญาณในรถยนต์ 6.3 การวัดและทดสอบอุปกรณ์ตรวจจับและส่งสัญญาณในรถยนต์	2. แสดงความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับและส่งสัญญาณในรถยนต์ 3. แสดงความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการวัดและทดสอบอุปกรณ์ตรวจจับและส่งสัญญาณในรถยนต์ 3. วัดและทดสอบอุปกรณ์ตรวจจับและส่งสัญญาณในรถยนต์
7	อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในระบบประจุไฟฟ้ารถยนต์	7.1 หน้าที่และโครงสร้างของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในระบบประจุไฟฟ้ารถยนต์ 7.2 หลักการทำงานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในระบบประจุไฟฟ้ารถยนต์ 7.3 การวัดและทดสอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในระบบประจุไฟฟ้ารถยนต์	1. แสดงความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับหน้าที่โครงสร้างและหลักการทำงานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในระบบประจุไฟฟ้ารถยนต์ 2. แสดงความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการวัดและทดสอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในระบบประจุไฟฟ้ารถยนต์ 3. วัดและทดสอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในระบบประจุไฟฟ้ารถยนต์

การวิเคราะห์รายละเอียดหัวข้อการเรียนรู้

ตารางที่ 5 รายละเอียดหัวข้อการเรียนรู้และแหล่งข้อมูลประจำหน่วยการเรียนรู้

หัวข้อการเรียนรู้และแหล่งข้อมูล							
รายวิชางานอิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 20101-2103 ทฤษฎี 1 ปฏิบัติ 3 หน่วยกิต 2							
หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 สาขาวิชาช่างยนต์ สาขางานยานยนต์							
หน่วยที่	ชื่อหน่วย/หัวข้อการเรียนรู้	แหล่งข้อมูลการเรียนรู้					
		A	B	C	D	E	F
1	เครื่องมือวัดและทดสอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์รถยนต์						
	1.1 คุณสมบัติของเครื่องมือวัดและทดสอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์รถยนต์	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	1.2 ส่วนประกอบของเครื่องมือวัดและทดสอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์รถยนต์	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	1.3 การใช้เครื่องมือวัดและทดสอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์รถยนต์	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2	ตัวต้านทาน						
	2.1 หน้าที่ของตัวต้านทาน	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	2.2 ชนิดของตัวต้านทาน	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	2.3 การอ่านค่าความต้านทาน	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	2.4 การต่อวงจรตัวต้านทาน	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	2.5 การวัดค่าความต้านทาน	✓	✓	✓	✓	✓	✓
3	ตัวเก็บประจุ						
	3.1 หน้าที่และคุณสมบัติของตัวเก็บประจุ	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	3.2 โครงสร้างของตัวเก็บประจุ	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	3.3 ชนิดของตัวเก็บประจุ	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	3.4 การอ่านค่าความจุไฟฟ้าตัวเก็บประจุ	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	3.5 การต่อวงจรตัวเก็บประจุ	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	3.6 การวัดและทดสอบตัวเก็บประจุ	✓	✓	✓	✓	✓	✓
4	สารกึ่งตัวนำ						
	4.1 โครงสร้างของอะตอม	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	4.2 ตัวนำ ฉนวน และสารกึ่งตัวนำ	✓	✓	✓	✓	✓	✓

หัวข้อการเรียนรู้และแหล่งข้อมูล							
รายวิชางานอิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 20101-2103 ทฤษฎี 1 ปฏิบัติ 3 หน่วยกิต 2							
หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 สาขาวิชาช่างยนต์ สาขางานยานยนต์							
หน่วยที่	ชื่อหน่วย/หัวข้อการเรียนรู้	แหล่งข้อมูลการเรียนรู้					
		A	B	C	D	E	F
4	สารกึ่งตัวนำ (ต่อ)						
	4.3 คุณสมบัติของสารกึ่งตัวนำชนิด P และชนิด N	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	4.4 หน้าที่และหลักการทำงานของอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	4.5 การวัดและทดสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ	✓	✓	✓	✓	✓	✓
5	สารกึ่งตัวนำทางแสง						
	5.1 โครงสร้างของสารกึ่งตัวนำทางแสง	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	5.2 หลักการทำงานของสารกึ่งตัวนำทางแสง	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	5.3 การวัดและทดสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำทางแสง	✓	✓	✓	✓	✓	✓
6	อุปกรณ์ตรวจจับและส่งสัญญาณในรถยนต์						
	6.1 หน้าที่และโครงสร้างของอุปกรณ์ตรวจจับและส่งสัญญาณในรถยนต์	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	6.2 หลักการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับและส่งสัญญาณในรถยนต์	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	6.3 การวัดและทดสอบอุปกรณ์ตรวจจับและส่งสัญญาณในรถยนต์	✓	✓	✓	✓	✓	✓
7	อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในระบบประจุไฟฟ้ารถยนต์						
	7.1 หน้าที่และโครงสร้างของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในระบบประจุไฟฟ้ารถยนต์	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	7.2 หลักการทำงานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในระบบประจุไฟฟ้ารถยนต์	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	7.3 การวัดและทดสอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในระบบประจุไฟฟ้ารถยนต์	✓	✓	✓	✓	✓	✓

แหล่งข้อมูล A : คำอธิบายรายวิชา B : ประสบการณ์ของผู้สอน C : ผู้เชี่ยวชาญ

D : ตำราหรือเอกสารที่เกี่ยวข้อง E : สถานประกอบการ F : สื่อออนไลน์ อื่นๆ

ลำดับที่	หัวข้อย่อย	แหล่งข้อมูล					
		A	B	C	D	E	F
1	คุณสมบัติของเครื่องมือวัดและทดสอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์รถยนต์	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2	ส่วนประกอบของเครื่องมือวัดและทดสอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์รถยนต์	✓	✓	✓	✓	✓	✓
3	การใช้เครื่องมือวัดและทดสอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์รถยนต์	✓	✓	✓	✓	✓	✓
4	ปฏิบัติตามใบมอบงาน	✓	✓	✓	✓	✓	✓
5	ปฏิบัติงานตามใบงาน	✓	✓	✓	✓	✓	✓

แหล่งข้อมูล

A : หลักสูตรรายวิชา

B : ประสบการณ์ของผู้สอน

C : ผู้เชี่ยวชาญ

D : ตำราหรือเอกสารที่เกี่ยวข้อง

E : สถานประกอบการ

F : สื่อออนไลน์ อื่นๆ

การวิเคราะห์หัวข้อย่อย

ตารางที่ 7 แสดงการวิเคราะห์หัวข้อย่อย วิชางานอิเล็กทรอนิกส์ยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 20101-2103

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 หน่วยที่ 2 เรื่อง ตัวต้านทาน

ลำดับที่	หัวข้อย่อย	แหล่งข้อมูล					
		A	B	C	D	E	F
1	หน้าที่และชนิดของตัวต้านทาน	✓		✓	✓		
2	การอ่านค่าความต้านทาน	✓		✓	✓		
3	การต่อวงจรตัวต้านทาน	✓		✓	✓		
4	การวัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวต้านทาน	✓		✓	✓		
5	ปฏิบัติตามใบมอผลงาน	✓		✓	✓		
6	ปฏิบัติงานตามใบงาน	✓		✓	✓		

แหล่งข้อมูล

A : หลักสูตรรายวิชา

B : ประสบการณ์ของผู้สอน

C : ผู้เชี่ยวชาญ

D : ตำราหรือเอกสารที่เกี่ยวข้อง

E : สถานประกอบการ

F : สื่อออนไลน์ อื่นๆ

การวิเคราะห์หัวข้อย่อย

ตารางที่ 8 แสดงการวิเคราะห์หัวข้อย่อย วิชางานอิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 2101-2103

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 หน่วยที่ 3 เรื่อง ตัวเก็บประจุ

ลำดับที่	หัวข้อย่อย	แหล่งข้อมูล					
		A	B	C	D	E	F
1	หน้าที่และคุณสมบัติของตัวเก็บประจุ	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2	โครงสร้างของตัวเก็บประจุ	✓	✓	✓	✓	✓	✓
3	ชนิดของตัวเก็บประจุ	✓	✓	✓	✓	✓	✓
4	การอ่านค่าความจุไฟฟ้าตัวเก็บประจุ	✓	✓	✓	✓	✓	✓
5	การต่อวงจรตัวเก็บประจุ	✓	✓	✓	✓	✓	✓
6	การวัดและทดสอบตัวเก็บประจุ	✓	✓	✓	✓	✓	✓
7	ปฏิบัติตามใบมอบงาน	✓	✓	✓	✓	✓	✓
8	ปฏิบัติงานตามใบงาน	✓	✓	✓	✓	✓	✓

แหล่งข้อมูล

A : หลักสูตรรายวิชา

B : ประสบการณ์ของผู้สอน

C : ผู้เชี่ยวชาญ

D : ตำราหรือเอกสารที่เกี่ยวข้อง

E : สถานประกอบการ

F : สื่อออนไลน์ อื่นๆ

การวิเคราะห์หัวข้อย่อย

ตารางที่ 9 แสดงการวิเคราะห์หัวข้อย่อย วิชางานอิเล็กทรอนิกส์ยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 20101-2103

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 หน่วยที่ 4 เรื่อง สารกึ่งตัวนำ

ลำดับที่	หัวข้อย่อย	แหล่งข้อมูล					
		A	B	C	D	E	F
1	โครงสร้างของอะตอม	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2	ตัวนำ ฉนวน และสารกึ่งตัวนำ	✓	✓	✓	✓	✓	✓
3	คุณสมบัติของสารกึ่งตัวนำ	✓	✓	✓	✓	✓	✓
4	หน้าที่และหลักการทำงานอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ	✓	✓	✓	✓	✓	✓
5	การวัดและทดสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ	✓	✓	✓	✓	✓	✓
6	ปฏิบัติตามใบมอบงาน	✓	✓	✓	✓	✓	✓
7	ปฏิบัติงานตามใบงาน	✓	✓	✓	✓	✓	✓

แหล่งข้อมูล

A : หลักสูตรรายวิชา

B : ประสบการณ์ของผู้สอน

C : ผู้เชี่ยวชาญ

D : ตำราหรือเอกสารที่เกี่ยวข้อง

E : สถานประกอบการ

F : สื่อออนไลน์ อื่นๆ

การวิเคราะห์หัวข้อย่อย

ตารางที่ 10 แสดงการวิเคราะห์หัวข้อย่อย วิชางานอิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 20101-2103

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 หน่วยที่ 5 เรื่อง สารกึ่งตัวนำทางแสง

ลำดับที่	หัวข้อย่อย	แหล่งข้อมูล					
		A	B	C	D	E	F
1	โครงสร้างของสารกึ่งตัวนำทางแสง	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2	หลักการทำงานของสารกึ่งตัวนำทางแสง	✓	✓	✓	✓	✓	✓
3	การวัดและทดสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำทางแสง	✓	✓	✓	✓	✓	✓
4	ปฏิบัติตามใบมอบงาน	✓	✓	✓	✓	✓	✓
5	ปฏิบัติงานตามใบงาน	✓	✓	✓	✓	✓	✓

แหล่งข้อมูล

A : หลักสูตรรายวิชา

B : ประสบการณ์ของผู้สอน

C : ผู้เชี่ยวชาญ

D : ตำราหรือเอกสารที่เกี่ยวข้อง

E : สถานประกอบการ

F : สื่อออนไลน์ อื่นๆ

[illegible]

A : หลักสูตรรายวิชา B : ประสบการณ์ของผู้สอน C : ผู้เชี่ยวชาญ
D : ตำราหรือเอกสารที่เกี่ยวข้อง E : สถานประกอบการ F : สื่อออนไลน์ อื่นๆ

การวิเคราะห์หัวข้อย่อย

ตารางที่ 12 แสดงการวิเคราะห์หัวข้อย่อย วิชางานอิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 20101-2103
หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราชการ 2562 หน่วยที่ 7 เรื่อง อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์
ในระบบประจุไฟฟ้ารถยนต์

ลำดับที่	หัวข้อย่อย	แหล่งข้อมูล					
		A	B	C	D	E	F
1	หน้าที่ของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในระบบประจุไฟฟ้ารถยนต์	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2	หลักการทำงานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในระบบประจุไฟฟ้ารถยนต์	✓	✓	✓	✓	✓	✓
3	การวัดและทดสอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในระบบประจุไฟฟ้ารถยนต์	✓	✓	✓	✓	✓	✓
4	ปฏิบัติตามใบมอบงาน	✓	✓	✓	✓	✓	✓
5	ปฏิบัติงานตามใบงาน	✓	✓	✓	✓	✓	✓

แหล่งข้อมูล

A : หลักสูตรรายวิชา

B : ประสบการณ์ของผู้สอน

C : ผู้เชี่ยวชาญ

D : ตำราหรือเอกสารที่เกี่ยวข้อง

E : สถานประกอบการ

F : สื่อออนไลน์ อื่นๆ

ตารางที่ 13 Job Listing Sheet. ประจำหน่วยการเรียนรู้ รายวิชางานอิเล็กทรอนิกส์รถยนต์
เบื้องต้นรหัสวิชา 2101-2103 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562

Job Listing Sheet	
วิชางานอิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 2101-2103 ทฤษฎี 1 ปฏิบัติ 3 หน่วยกิต 2	
หน่วยที่/ชื่อหน่วย	ชื่องาน (Jobs)
1. เครื่องมือวัดและทดสอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์รถยนต์	ใบงานที่ 1.1 เรื่อง งานใช้งานมัลติมิเตอร์วัดค่าต่าง ๆ ของอุปกรณ์
	ใบงานที่ 1.2 เรื่อง งานการใช้งานออสซิลโลสโคป
	ใบงานที่ 1.3 เรื่อง งานประยุกต์ใช้เครื่องมือวัดและทดสอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์
2. ตัวต้านทาน	ใบงานที่ 2.1 เรื่อง งานต่อวงจรไฟฟ้าแบบต่าง ๆ และวัดค่าในวงจรตัวต้านทาน
3. ตัวเก็บประจุ	ใบงานที่ 3.1 เรื่อง งานต่อวงจรและวัดค่าในวงจรตัวเก็บประจุ
4. สารกึ่งตัวนำ	ใบงานที่ 4.1 เรื่อง งานวัดและทดสอบไดโอดและซีเนอร์ไดโอด
	ใบงานที่ 4.2 เรื่อง งานวัดและทดสอบทรานซิสเตอร์
	ใบงานที่ 4.3 เรื่อง งานวัดและทดสอบเฟตและเอสซีอาร์
5. สารกึ่งตัวนำทางแสง	ใบงานที่ 5.1 เรื่อง งานวัดและทดสอบไดโอดเปล่งแสง
	ใบงานที่ 5.2 เรื่อง งานวัดและทดสอบโฟโตไดโอดและโฟโตทรานซิสเตอร์
6. อุปกรณ์ตรวจจับและส่งสัญญาณในรถยนต์	ใบงานที่ 6.1 เรื่อง งานวัดและทดสอบตัวตรวจจับและส่งสัญญาณแรงดันอากาศ
	ใบงานที่ 6.2 เรื่อง งานวัดและทดสอบตัวตรวจจับและส่งสัญญาณเพลลาข้อเหวี่ยง
	ใบงานที่ 6.3 เรื่อง งานวัดและทดสอบตัวตรวจจับและส่งสัญญาณอัตราการไหลของอากาศ
7. อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในระบบประจุไฟฟ้ารถยนต์	ใบงานที่ 7.1 เรื่อง งานวัดและทดสอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในระบบประจุไฟฟ้ารถยนต์

การวิเคราะห์จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

ตารางที่ 14 แสดงการวิเคราะห์จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม วิชางานอิเล็กทรอนิกส์ยนต์เบื้องต้น

รหัสวิชา 20101 -2103 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562

ชื่อหน่วย/หัวข้อย่อย	ระดับพฤติกรรมที่พึงประสงค์															
	พุทธิพิสัย						ทักษะพิสัย					จิตพิสัย				
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
หน่วยที่ 1 เครื่องมือวัดและทดสอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์รถยนต์																
1.1 คุณสมบัติของเครื่องมือวัดและทดสอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์รถยนต์		✓											✓			
1.2 ส่วนประกอบของเครื่องมือวัดและทดสอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์รถยนต์		✓						✓					✓			
1.3 การใช้เครื่องมือวัดและทดสอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์รถยนต์		✓						✓					✓			
1.4 ปฏิบัติตามใบมอบงาน		✓						✓					✓			
1.5 ปฏิบัติงานตามใบงาน		✓											✓			
หน่วยที่ 2 ตัวต้านทาน																
2.1 หน้าที่และชนิดของตัวต้านทาน	✓												✓			
2.2 การอ่านค่าความต้านทาน		✓						✓					✓			
2.3 การต่อวงจรตัวต้านทาน		✓						✓					✓			
2.4 การวัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวต้านทาน		✓						✓					✓			
2.5 ปฏิบัติตามใบมอบงาน		✓						✓					✓			
2.6 ปฏิบัติงานตามใบงาน		✓						✓					✓			
หน่วยที่ 3 ตัวเก็บประจุ																
3.1 หน้าที่และคุณสมบัติของตัวเก็บประจุ	✓												✓			
3.2 โครงสร้างของตัวเก็บประจุ		✓											✓			
3.3 ชนิดของตัวเก็บประจุ		✓											✓			
3.4 การอ่านค่าความจุไฟฟ้าตัวเก็บประจุ			✓										✓			
3.5 การต่อวงจรตัวเก็บประจุ		✓						✓					✓			
3.6 การวัดและทดสอบตัวเก็บประจุ		✓						✓					✓			

ตารางที่ 14 แสดงการวิเคราะห์จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม วิชางานอิเล็กทรอนิกส์ยนต์เบื้องต้น
รหัสวิชา 20101 -2103 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 (ต่อ)

ชื่อหน่วย/หัวข้อย่อย	ระดับพฤติกรรมที่พึงประสงค์															
	พุทธิพิสัย						ทักษะพิสัย					จิตพิสัย				
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
หน่วยที่ 3 ตัวเก็บประจุ (ต่อ)																
3.7 ปฏิบัติตามใบมอบงาน		✓						✓					✓			
3.8 ปฏิบัติงานตามใบงาน		✓						✓				✓				
หน่วยที่ 4 สารกึ่งตัวนำ																
4.1 โครงสร้างของอะตอม		✓										✓				
4.2 ตัวนำ ฉนวน และสารกึ่งตัวนำ		✓										✓				
4.3 คุณสมบัติของสารกึ่งตัวนำ		✓											✓			
4.4 หน้าที่และหลักการทำงานของอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ		✓											✓			
4.5 การวัดและทดสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ		✓						✓				✓				
4.6 ปฏิบัติตามใบมอบงาน		✓						✓					✓			
4.7 ปฏิบัติงานตามใบงาน			✓					✓					✓			
หน่วยที่ 5 สารกึ่งตัวนำทางแสง																
5.1 โครงสร้างของสารกึ่งตัวนำทางแสง		✓						✓				✓				
5.2 หลักการทำงานของสารกึ่งตัวนำทางแสง		✓						✓				✓				
5.3 การวัดและทดสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำทางแสง		✓						✓					✓			
5.4 ปฏิบัติตามใบมอบงาน		✓						✓								
5.5 ปฏิบัติงานตามใบงาน		✓						✓					✓			

ตารางที่ 14 แสดงการวิเคราะห์จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม วิชางานอิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เบื้องต้น
รหัสวิชา 20101 -2103 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 (ต่อ)

ชื่อหน่วย/หัวข้อย่อย	ระดับพฤติกรรมที่พึงประสงค์															
	พุทธิพิสัย						ทักษะพิสัย					จิตพิสัย				
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
หน่วยที่ 6 อุปกรณ์ตรวจจับและส่งสัญญาณในรถยนต์																
6.1 หน้าที่และโครงสร้างของ อุปกรณ์ตรวจจับและส่ง สัญญาณในรถยนต์		✓											✓			
6.2 หลักการทำงานของอุปกรณ์ ตรวจจับและส่งสัญญาณ ในรถยนต์		✓											✓			
6.3 การวัดและทดสอบอุปกรณ์ ตรวจจับและส่งสัญญาณ ในรถยนต์		✓						✓					✓			
6.4 ปฏิบัติตามใบมอบงาน		✓						✓					✓			
6.5 ปฏิบัติงานตามใบงาน			✓					✓					✓			
หน่วยที่ 7 อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในระบบประจุไฟฟ้ารถยนต์																
7.1 หน้าที่ของอุปกรณ์ อิเล็กทรอนิกส์ ในระบบประจุไฟฟ้ารถยนต์		✓											✓			
7.2 หลักการทำงานของอุปกรณ์ อิเล็กทรอนิกส์ในระบบประจุ ไฟฟ้ารถยนต์		✓											✓			
7.3 การวัดและทดสอบอุปกรณ์ อิเล็กทรอนิกส์ในระบบประจุ ไฟฟ้ารถยนต์		✓						✓					✓			
7.4 ปฏิบัติตามใบมอบงาน			✓					✓					✓			
7.5 ปฏิบัติงานตามใบงาน			✓					✓					✓			

หมายเหตุ**พุทธพิสัย**

- | | | |
|------------------|-------------------|-------------------|
| 1 = ความจำ | 2 = ความเข้าใจ | 3 = การนำไปใช้ |
| 4 = การวิเคราะห์ | 5 = การสังเคราะห์ | 6 = การประเมินค่า |

ทักษะพิสัย

- | | | |
|-----------------------|-------------------------|-----------------------------|
| 1 = การเลียนแบบ | 2 = การทำตามแบบ | 3 = การทำอย่างถูกต้องแม่นยำ |
| 4 = การทำอย่างผสมผสาน | 5 = การทำอย่างอัตโนมัติ | |

จิตพิสัย

- | | | |
|----------------------|------------------------|-------------------|
| 1 = การรับรู้ | 2 = การตอบสนอง | 3 = การเห็นคุณค่า |
| 4 = การจัดระบบการคิด | 5 = การมีลักษณะเฉพาะตน | |

ตารางที่ 15 รายการงาน (Task Listing Sheet.) ใบงานที่ 2.1

Task Listing Sheet วิชางานอิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 20101-2103 ทฤษฎี 1 ปฏิบัติ 3 หน่วยกิต 2 หน่วยที่ 2 ตัวต้านทาน ใบงานที่ 2.1 เรื่อง การต่อวงจรและวัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวต้านทาน	
ชื่องาน (Jobs)	ขั้นตอนการทำงาน Tasks (steps) in performing the job
ใบงานที่ 2.1 เรื่อง การต่อวงจรและวัดค่า ต่าง ๆ ในวงจรตัว ต้านทาน	1. เตรียมเครื่องมือวัด และอุปกรณ์ 2. การต่อวงจรตัวต้านทาน 3. การใช้มัลติมิเตอร์วัดค่าต่าง ๆ ในวงจร 4. การวัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานในวงจร 5. การวัดแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานในวงจร 6. การปฏิบัติงานเสร็จตรงตามเวลาที่กำหนด 7. การทำความสะอาด จัดเก็บเครื่องมือวัด และอุปกรณ์

ตารางที่ 16 รายละเอียดรายการงาน (Task Detailing Sheet.) ใบงานที่ 2.1

Task Detailing Sheet												
วิชางานอิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 20101-2103 ทฤษฎี 1 ปฏิบัติ 3 หน่วยกิต 2												
หน่วยที่ 2 ตัวต้านทาน												
ใบงานที่ 2.1 เรื่อง การต่อวงจรและวัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวต้านทาน												
Tasks (or steps)	Knowledge	N	O	TK			Skills	N	O	TS		
				R	A	T				I	C	A
1. เตรียม เครื่องมือวัด และ อุปกรณ์	ชื่อเครื่องมือวัด และ อุปกรณ์	x		x	X		การเลือกเครื่องมือวัด และอุปกรณ์	x		x	x	
	ประเภทของมัลติ มิเตอร์	x		x	X		การเลือกใช้มัลติเตอร์ ได้อย่างเหมาะสม	x		x	x	
	ข้อควรระวังและ ความปลอดภัยใน การใช้มัลติมิเตอร์	x		x	X		มีทักษะการทดสอบ การทำงานของเครื่องมือ วัดก่อนใช้งาน	x		x	x	
2. การต่อ วงจรตัว ต้านทาน	มีความรู้และเข้าใจใน การต่อวงจรตัว ต้านทานแบบอนุกรม	x		x	X		มีทักษะต่อวงจรตัว ต้านทานแบบอนุกรม ถูกต้อง	x		x	x	
	มีความรู้และเข้าใจใน การต่อวงจรตัว ต้านทานแบบขนาน	x		x	X		มีทักษะต่อวงจรตัว ต้านทานแบบขนาน ถูกต้อง	x		x	x	
	มีความรู้และเข้าใจใน การต่อวงจรตัว ต้านทานแบบผสม	x		x	X		มีทักษะอ่านค่าความ ต้านทานได้ถูกต้อง	x		x	x	
3. การใช้มัล ติมิเตอร์วัด ค่าต่าง ๆ ในวงจร	การเลือกย่านการวัด ค่าต่าง ๆ ในวงจร	x		x	X		มีทักษะการเลือกย่าน การวัดค่าต่าง ๆ ใน วงจรถูกต้อง	x		x	x	
	การวัดค่าความ ต้านทาน การวัด แรงดันไฟฟ้า และ การวัดกระแสไฟฟ้า	x		x	X		มีทักษะการวัดค่าความ ต้านทาน การวัด แรงดันไฟฟ้าและการ วัดกระแสไฟฟ้าถูกต้อง	x		x	x	

ตารางที่ 16 รายละเอียดรายการงาน (Task Detailing Sheet.) ใบงานที่ 2.1 (ต่อ)

Task Detailing Sheet												
วิชางานอิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 20101-2103 ทฤษฎี 1 ปฏิบัติ 3 หน่วยกิต 2												
หน่วยที่ 2 ตัวต้านทาน												
ใบงานที่ 2.1 เรื่อง การต่อวงจรและวัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวต้านทาน												
Tasks (or steps)	Knowledge	N	O	TK			Skills	N	O	TS		
				R	A	T				I	C	A
	มีความรู้และเข้าใจหลักการอ่านค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวต้านทาน	x		x	X		อ่านค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวต้านทานได้ถูกต้อง	x		x	x	
4. การวัดกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวต้านทานในวงจร	การเลือกย่านการวัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานในวงจรที่เหมาะสม	x		x	X		มีทักษะในการเลือกย่านการวัดกระแสไฟฟ้าในวงจรที่เหมาะสมและถูกต้อง	x		x	x	
	การวัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานในวงจร	x		x	X		วิธีการวัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานในวงจรที่ถูกต้อง	x		x	x	
	การอ่านค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานในวงจรที่	x		x	X		วิธีการอ่านค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานในวงจรถูกต้อง	x		x	x	
5. การวัดแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานในวงจร	การเลือกย่านการวัดแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานในวงจร	x		x	X		การเลือกย่านการวัดกระแสไฟฟ้าที่เหมาะสมและถูกต้อง	x		x	x	
	การวัดแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานในวงจร	x		x	X		การวัดแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานในวงจรที่ถูกต้อง	x		x	x	
	อ่านค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานในวงจร	x		x	X		วิธีการอ่านค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานในวงจรถูกต้อง	x		x	x	

Task Detailing Sheet

วิชางานอิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 20101-2103 ทฤษฎี 1 ปฏิบัติ 3 หน่วยกิต 2
หน่วยที่ 2 ตัวต้านทาน

ใบงานที่ 2.1 เรื่อง การต่อวงจรและวัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวต้านทาน

Tasks (or steps)	Knowledge	N	O	TK			Skills	N	O	TS		
				R	A	T				I	C	A
6.ปฏิบัติงาน เสร็จตรง ตามเวลาที่ กำหนด	มีความรู้ในการวางแผนและจัดลำดับความสำคัญของงาน	x		x	x		มีทักษะการจัดการทำงานให้เหมาะสมเพื่อให้เสร็จตามเวลา	x		x	x	
	มีความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดสรรเวลาอย่างเหมาะสม	x		x	x		การแก้ไขปัญหาและตัดสินใจ ไม่ให้ส่งผลกระทบต่อกำหนดเวลา	x		x	x	
	เข้าใจขั้นตอนและกระบวนการทำงานให้เสร็จตามกำหนด	x		x	x		ทักษะการสื่อสารให้การดำเนินงานเสร็จตามเวลา	x		x		
7. ทำความสะอาด จัดเก็บ เครื่องมือ และอุปกรณ์	ความสำคัญของการทำความสะอาดเครื่องมือและอุปกรณ์	x		x	X		การตรวจสอบสภาพเครื่องมือวัดก่อนและหลังการใช้งาน	x		x	x	
	การจัดเก็บเครื่องมือและอุปกรณ์	x		x	X		จัดเก็บเครื่องมืออุปกรณ์ในตำแหน่งที่เหมาะสม	x		x	x	

TK= Ty of Knowledge

R = Recalled (การฟื้นความรู้), A = Applied (การประยุกต์ความรู้), T = Transferred Knowledge (การส่งถ่ายความรู้)

TS= Ty of Physical Skills

I = Imitation (ทำได้ตามแบบ), C = Control (ทำได้ถูกต้อง), A = Automation (ทำได้ด้วยความชำนาญ)

Objective Listing Sheet

วิชางานอิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 210101-2103 ทฤษฎี 1 ปฏิบัติ 3 หน่วยกิต 2
 หน่วยที่ 2 ตัวต้านทาน
 ใบงานที่ 2.1 เรื่อง การต่อวงจรและวัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวต้านทาน

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (Behavioral Objectives)	ISL						PSL					
	R	U	Ap	An	E	C	I	M	P	A	N	
1. บอกวิธีการต่อวงจรตัวต้านทานแต่ละแบบได้	x	x	I									
2. อธิบายวิธีการต่อวงจรตัวต้านทานแต่ละแบบได้	x	x	I									
3. อธิบายวิธีการวัดและอ่านค่าต่าง ๆ ในวงจรได้	x	x	I									
4. ต่อวงจรตัวต้านทานแบบต่าง ๆ ได้							x	x	I			
5. วัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวต้านทานได้							x	x	I			
6. อ่านค่าต่าง ๆ จากการวัดในวงจรตัวต้านทานได้							x	x	I			
7. ทำความสะอาดเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติงานได้							x	x	I			
8. จัดเก็บเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติงานได้							x	x	I			

ความหมายของระดับพฤติกรรมการเรียนรู้, (Bloom's Taxonomy ; 2001)

ด้านความรู้

R = จำ (Remembering) U = เข้าใจ (Understanding) Ap = ประยุกต์ใช้, (Applying)
 An = วิเคราะห์ (Analyzing) E = ประเมินค่า (Evaluating) C = คิดสร้างสรรค์ (Creating)

ด้านทักษะ

I = ล้างและเลียนแบบ (Imitation) M = ทำตามได้ (Manipulation) P = ทำได้ถูกต้อง (Precision)
 A = เรียนรู้วิธีการทำอย่างถูกต้อง (Articulation) N = ทำได้อย่างอัตโนมัติ (Naturalization)

ระดับความสำคัญ X = สำคัญมากที่สุด, I = สำคัญมาก, O = สำคัญ

คู่มือครู ชุดการสอนที่ 2 เรื่อง ตัวต้านทาน

คำชี้แจง ชุดการสอน เรื่อง ตัวต้านทาน ต้องการให้ผู้เรียนศึกษาเกี่ยวกับหน้าที่ของตัวต้านทาน ชนิดของตัวต้านทาน วิธีการอ่านค่าความต้านทาน การต่อวงจร วัดค่าความต้านทาน วัดกระแสไฟฟ้า และแรงดันตกคร่อมตัวต้านทานในวงจร

1. จุดประสงค์ทั่วไป

เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับหน้าที่ ชนิด วิธีการอ่านค่าตัวต้านทาน และมีทักษะในการปฏิบัติงานเกี่ยวกับการต่อวงจรแบบต่าง ๆ การวัดค่าความต้านทาน การวัดกระแสไฟฟ้าและแรงดันตกคร่อมในวงจร

2. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

เมื่อให้ผู้เรียน เรียนเรื่องตัวต้านทาน แล้วสามารถ

- 2.1 บอกหน้าที่ของตัวต้านทานได้
- 2.2 จำแนกชนิดและสัญลักษณ์ของตัวต้านทานได้
- 2.3 อ่านค่าความต้านทานได้
- 2.4 ต่อตัวต้านทานตัวต้านทานแบบต่าง ๆ ได้
- 2.5 วัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวต้านทานได้
- 2.6 ปฏิบัติตามใบมอบงานได้
- 2.7 ปฏิบัติงานตามใบงานได้

3. ส่วนประกอบของชุดการสอนที่ 2 เรื่องตัวต้านทาน มีดังนี้

- 3.1 คู่มือครูชุดการสอนที่ 2 เรื่อง ตัวต้านทาน
- 3.2 โครงการจัดการเรียนรู้ชุดการสอนที่ 2 เรื่อง ตัวต้านทาน
- 3.3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5
- 3.4 เอกสารประกอบการเรียน เรื่อง ตัวต้านทาน
- 3.5 คำแนะนำสำหรับผู้เรียน
- 3.6 จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
- 3.7 แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง ตัวต้านทาน

- 3.8 เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง ตัวด้านทาน
- 3.9 ใบความรู้ เรื่อง ตัวด้านทาน
- 3.10 ใบแบบฝึกหัด เรื่อง ตัวด้านทาน
- 3.11 เฉลยใบแบบฝึกหัด เรื่อง ตัวด้านทาน
- 3.12 ใบมอบงาน เรื่อง การอภิปรายเรื่องตัวด้านทาน
- 3.13 เกณฑ์การประเมินใบมอบงาน เรื่อง การอภิปรายเรื่องตัวด้านทาน
- 3.14 แบบประเมินใบมอบงาน เรื่อง การอภิปรายเรื่องตัวด้านทาน
- 3.15 ใบงานที่ 2.1 เรื่อง การต่อวงจรและการวัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวด้านทาน
- 3.15 แบบบันทึกผลใบงานที่ 2.1 เรื่อง การต่อวงจรและวัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวด้านทาน
- 3.16 แบบบันทึกคะแนนการปฏิบัติงานใบงานที่ 2.1 เรื่อง การต่อวงจรและวัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวด้านทาน
- 3.17 เกณฑ์การประเมินใบงานที่ 2.1 เรื่อง การต่อวงจรและวัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวด้านทาน
- 3.18 แบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม และคุณลักษณะอันพึงประสงค์
- 3.19 เกณฑ์การประเมินคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม และคุณลักษณะอันพึงประสงค์
- 3.20 แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้
- 3.21 เกณฑ์การประเมินแบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้
- 3.22 สรุปแบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม และคุณลักษณะอันพึงประสงค์
- 3.23 สื่อประกอบการเรียนการสอน เรื่อง ตัวด้านทาน
- 3.24 บันทึกหลังการจัดการสอน
- 3.25 บรรณานุกรม

4. เวลาที่ใช้

ใช้เวลาในการสอนจำนวน 4 ชั่วโมง

5. การเตรียมการล่วงหน้า

สิ่งที่ครูต้องเตรียมการล่วงหน้า มีดังนี้

- 5.1 ศึกษาคู่มือครูและแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5
- 5.2 ศึกษาชุดการสอนที่ 2 เรื่อง ตัวด้านทาน
- 5.3 กิจกรรมเสริมการเรียนรู้ เรื่อง ตัวด้านทาน
- 5.4 แบบทดสอบก่อนเรียน เรื่อง ตัวด้านทาน
- 5.5 แบบทดสอบหลังเรียน เรื่อง ตัวด้านทาน

- 5.6 ใบแบบฝึกหัด เรื่อง ตัวด้านทาน
- 5.7 ใบงานที่ 2.1 เรื่อง การต่อวงจรและวัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวด้านทาน
- 5.8 แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้
- 5.9 แบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม และคุณลักษณะอันพึงประสงค์
- 5.10 สรุปแบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม และคุณลักษณะอันพึงประสงค์

6. สื่อการเรียนการสอน

- 6.1 สื่อสิ่งพิมพ์
 - ชุดการสอนที่ 2 เรื่อง ตัวด้านทาน
- 6.2 สื่อโสตทัศน์
 - สื่อ Power Point ประกอบการสอน เรื่อง ตัวด้านทาน
 - วิดีโอ เรื่อง ตัวด้านทาน
- 6.3 สื่อของจริง ได้แก่ ตัวด้านทานชนิดต่าง ๆ ตัวด้านทานค่าต่าง ๆ เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติงานตามใบงานที่ 2.1 การต่อวงจรและวัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวด้านทาน ได้แก่ มัลติมิเตอร์ แบบดิจิตอล เพาเวอร์ซัพพลาย ชุดฝึกทักษะ

7. การจัดชั้นเรียน

การจัดชั้นเรียนตามปกติสำหรับการสอนทฤษฎี โดยจัดการเรียนการสอนแบบเชิงรุก อภิปราย อธิบายสาธิต จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติ ใช้สื่อภาพเคลื่อนไหว ประกอบ สรุปการเรียนรู้ ภาควิชาปฏิบัติจัดกลุ่มการปฏิบัติงานโดยการแบ่งกลุ่มแบบละความสามารถคน เก่ง ปานกลาง และอ่อน อยู่ในกลุ่มเดียวกัน เพื่อให้ผู้เรียนได้ปฏิบัติงานผ่านกระบวนการกลุ่ม โดยครูเตรียมโต๊ะอุปกรณ์ เครื่องมืออุปกรณ์ให้ใช้ครบทุกกลุ่ม ครูสาธิตให้ดูและควบคุมดูแลพฤติกรรมการปฏิบัติงานให้คำชี้แนะหากพบปัญหา

8. วิธีใช้ชุดการสอน

- 8.1 ศึกษาคู่มือและแผนการจัดการเรียนรู้
- 8.2 ศึกษาวิธีการใช้สื่อการเรียนการสอน
- 8.3 ศึกษาวิธีการใช้เครื่องมือวัดและทดสอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์
- 8.4 ศึกษาวิธีการวัดผลและประเมินผล

9. ขั้นตอนการสอน

- 9.1 ครูชี้แจงให้ผู้เรียนรู้เกี่ยวกับบทบาทของผู้เรียนในการใช้ชุดการสอน
- 9.2 ครูชี้แจงกับผู้เรียนตกลงวิธีการวัดผลประเมินผลพร้อมกำหนดเวลาส่งงานกับครู
- 9.3 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ แบ่งออกเป็นขั้นตอนดังนี้
 - ขั้นที่ 1 ชี้นำเข้าสู่บทเรียน
 - ขั้นที่ 2 ขั้นปฏิบัติกิจกรรม
 - ขั้นที่ 3 ขั้นอภิปรายและสรุป
 - ขั้นที่ 4 ขั้นประเมินผล
- 9.4 ขณะผู้เรียนปฏิบัติงานตามใบงาน ครูควบคุมดูแลการปฏิบัติงานของผู้เรียนหากผู้เรียน หากมี ปัญหาขณะปฏิบัติงานจะได้ให้คำแนะนำช่วยเหลือ
- 9.5 ครูควบคุมและติดตามผลการปฏิบัติงานของผู้เรียนให้เป็นไปตามขั้นตอนตามใบงาน
- 9.6 การสรุปบทเรียนและการปฏิบัติงานควรเป็นกิจกรรมร่วมของผู้เรียนทุกกลุ่ม หรือตัวแทนของกลุ่มร่วมกันสรุปบทเรียนและการปฏิบัติงาน
- 9.7 สังเกตพฤติกรรมผู้เรียนระหว่างการเรียนรู้และการปฏิบัติงาน
- 9.8 ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนชุดที่ 2 เรื่อง ตัวด้านทาน
- 9.9 ตรวจสอบผลงานการปฏิบัติงานตามใบงาน และแบบทดสอบหลังเรียนแล้วแจ้งผลให้ผู้เรียนทราบ
- 9.10 สอนซ่อมเสริมหรือมอบหมายงานเพิ่มเติมให้กับผู้เรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์

10. วิธีการใช้สื่อการเรียนการสอนชุดการสอนที่ 2 เรื่อง ตัวด้านทาน

ผู้เรียนศึกษาวิธีการเรียนรู้ด้วยตนเองจากคู่มือ หรือผู้สอนชี้แจงให้ผู้เรียนทราบถึงวิธีการเรียนรู้ด้วยตนเองโดยใช้ชุดการสอน เรื่อง ตัวด้านทาน

11. บทบาทของผู้เรียน

- 11.1 ผู้เรียนต้องปฏิบัติตามคำแนะนำของครูและกลุ่ม
- 11.2 ผู้เรียนต้องทำกิจกรรมตามที่มอบหมายและร่วมกันอภิปราย
- 11.3 ผู้เรียนต้องปฏิบัติงานตามใบงาน
- 11.4 ผู้เรียนต้องส่งงานให้ตรงตามเวลาที่กำหนด

12. การวัดและประเมินผล

- 12.1 วิธีวัดผล

- 12.1.1 สังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้รายบุคคลระหว่างการเรียนและปฏิบัติงาน
- 12.1.2 ตรวจสอบประเมินผลจากการอภิปราย
- 12.1.3 ตรวจสอบประเมินผลจากแบบฝึกหัด
- 12.1.4 ตรวจสอบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน
- 12.1.5 ตรวจสอบผลการปฏิบัติงานตามใบงาน
- 12.1.6 ตรวจสอบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- 12.2 เครื่องมือวัด
 - 12.2.1 แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ชุดการสอนที่ 2 เรื่อง ตัวด้านทาน
 - 12.2.2 ใบแบบฝึกหัด เรื่อง ตัวด้านทาน
 - 12.2.3 แบบประเมินผลใบมอບงาน เรื่อง การอภิปรายเรื่องตัวด้านทาน
 - 12.2.4 แบบประเมินผลใบงานที่ 2.1 การต่อวงจรและวัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวด้านทาน
 - 12.2.5 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 12.2.6 แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้
 - 12.2.7 แบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม และคุณลักษณะอันพึงประสงค์
- 12.3 เกณฑ์การประเมินผล
 - 12.3.1 ได้คะแนนพฤติกรรมระหว่างการเรียนและการปฏิบัติงานไม่ต่ำกว่าร้อยละ 70
 - 12.3.2 ได้คะแนนรวมตามแบบประเมินผลใบมอບงาน ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 70
 - 12.3.3 ได้คะแนนจากการประเมินผลใบงาน ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 70
 - 12.3.4 ได้คะแนนจากการทำแบบบัตรฝึกหัด ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 70
 - 12.3.5 ได้คะแนนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 70

	โครงการจัดการเรียนรู้ประจำหน่วย	
	ชื่อวิชา งานอิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 20101-2103	หน่วยที่ 2
	ชื่อหน่วย ตัวต้านทาน	จำนวน 4 ชั่วโมง
เรื่อง 1. หน้าที่และชนิดของตัวต้านทาน 2. การอ่านค่าความต้านทาน 3. การต่อวงจรตัวต้านทาน 4. การวัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวต้านทาน		
จุดประสงค์การสอน		รายการสอน
1. บอกหน้าที่ของตัวต้านทานได้ 2. จำแนกชนิดและสัญลักษณ์ของตัวต้านทานได้ 3. อ่านค่าความต้านทานได้ 4. ต่อตัวต้านทานตัวต้านทานแบบต่าง ๆ ได้ 5. วัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวต้านทานได้ 6. ปฏิบัติตามใบมอบงานได้ 7. ปฏิบัติงานตามใบงานได้		1. หน้าที่และชนิดของตัวต้านทาน 2. การอ่านค่าความต้านทาน 3. การต่อวงจรตัวต้านทาน 4. การวัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวต้านทาน
วิธีการสอน บรรยาย ถาม-ตอบ สาธิต ขณะปฏิบัติงานตามใบงาน ครูกำหนดตามความพร้อมของเครื่องมือและอุปกรณ์		
สื่อการสอน สื่อประกอบการสอน ประกอบด้วย บัตรความรู้ใบมอบงาน ใบแบบฝึกหัด ใบงาน แบบทดสอบ Power Point แผ่นที่ 1-63 สื่อของจริง วีดีโอ		
หนังสืออ้างอิง บรรณานุกรม ลำดับที่ 1-2		
การประเมิน คะแนนจากทดสอบก่อนเรียน แบบทดสอบหลังเรียน ใบแบบฝึกหัด ใบมอบงาน แบบประเมินผล ใบงาน แบบประเมินพฤติกรรมระหว่างการเรียนรู้และการปฏิบัติงาน		

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5

รหัสวิชา 20101-2103 ชื่อวิชา งานอิเล็กทรอนิกส์ยนต์เบื้องต้น 2 (4)

สอนครั้งที่ 5

หน่วยที่ 2 ชื่อหน่วย ตัวต้านทาน

จำนวน 4 ชม.

หัวเรื่อง

1. หน้าที่และชนิดของตัวต้านทาน
2. การอ่านค่าความต้านทาน
3. การต่อวงจรตัวต้านทาน
4. การวัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวต้านทาน

สาระสำคัญ

ตัวต้านทาน (Resistor) มีหน้าที่ ด้านการไหลของกระแสไฟฟ้า เพื่อให้กระแสไฟฟ้าภายในวงจรได้ตามที่ต้องการ ขณะไม่มีภาระทางไฟฟ้า ตัวต้านทานจะต้านการไหลเฉพาะกระแสไฟฟ้า แต่แรงดันไฟฟ้าจะผ่านตัวของมันได้เท่ากันทุกตัว แต่เมื่อมีภาระทางไฟฟ้าในวงจรกระแสไฟฟ้า และแรงดันไฟฟ้าจะถูกใช้ไปกับภาระทางไฟฟ้าจึงทำให้แรงดันไฟฟ้าลดลง เพื่อป้องกันความเสียหายของอุปกรณ์ตัวอื่น ๆ ภายในวงจร การเลือกใช้งานตัวต้านทานขึ้นอยู่กับชนิด และค่าความต้านทาน จึงต้องมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับหน้าที่ ชนิด วิธีการอ่านค่า และมีทักษะการปฏิบัติงานเกี่ยวกับการต่อวงจร การวัดค่าความต้านทาน การวัดแรงดันตกคร่อมตัวต้านทานและวัดกระแสไฟฟ้าในวงจร

จุดประสงค์การเรียนรู้

จุดประสงค์ทั่วไป

เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับหน้าที่ ชนิด การอ่านค่า และมีทักษะในการปฏิบัติงานเกี่ยวกับการต่อวงจรต่อต้านทานแบบต่าง ๆ และการวัดค่าความต้านทาน การวัดแรงดันตกคร่อมตัวต้านทานและวัดกระแสไฟฟ้าในวงจร

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. ด้านความรู้ (K)

- 1.1 บอกหน้าที่ของตัวต้านทานได้
- 1.2 จำแนกชนิดและสัญลักษณ์ของตัวต้านทานได้
- 1.3 อ่านค่าความต้านทานได้
- 1.4 ต่อวงจรตัวต้านทานแบบต่าง ๆ ได้
- 1.5 วัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวต้านทานได้

2. ด้านทักษะ (S)

- 2.1 ผู้เรียนต่อวงจรตัวต้านทานแบบอนุกรม แบบขนาน และแบบผสมได้
- 2.2 ผู้เรียนวัดค่าความต้านทานในวงจรแบบอนุกรม แบบขนาน และแบบผสมได้
- 2.3 ผู้เรียนวัดแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมและกระแสไฟฟ้าในวงจรแบบอนุกรม แบบขนาน และแบบผสมได้

3. ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A)

- 3.1 มีความตรงต่อเวลาและความรับผิดชอบ
- 3.2 มีระเบียบวินัยและการแต่งกายเรียบร้อย
- 3.3 มีความประณีต รอบคอบและปลอดภัย
- 3.4 มีความสะอาดและรักษาสภาพแวดล้อม

กิจกรรมการเรียนการสอน

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นเรียนที่ตอบสนองด้านทักษะการจัดการเรียนรู้และการจัดการชั้นเรียน 8 ตัวชี้วัด ดังนี้

ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนประจำหน่วย เรื่อง ตัวต้านทาน จำนวน 10 ข้อ (10 นาที)

1. ชี้นำเข้าสู่บทเรียน (10 นาที)

ตัวชี้วัดที่ 1 ผู้เรียนสามารถเข้าถึงสิ่งที่เรียนและเข้าใจบทเรียน

การจัดการเรียนรู้ที่แสดงให้เห็นถึง “คิดค้นและปรับเปลี่ยน (Invent and Transform)”

ครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้และเนื้อหาการเรียนรู้ ที่ครูได้สร้างและพัฒนาขึ้น เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเข้าถึงสิ่งที่เรียนและเข้าใจบทเรียน เรื่อง ตัวต้านทาน โดยมีจุดประสงค์การเรียนรู้ ดังนี้

1. บอกหน้าที่ของตัวต้านทานได้
2. จำแนกชนิดและสัญลักษณ์ของตัวต้านทานได้
3. อ่านค่าของตัวต้านทานได้
4. ต่อวงจรตัวต้านแบบต่าง ๆ ได้
5. วัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวต้านทานได้

ครูสอบถามผู้เรียนถึงการศึกษาวิดีโอที่ครูได้ส่งให้ผู้เรียนได้ศึกษามาล่วงหน้า เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเข้าถึงสิ่งที่เรียนและเข้าใจบทเรียน โดยศึกษาผ่าน You Tube ช่อง Jirod nine ด้วยลิงค์ต่อไปนี้ คือ

1. [https://www.youtube.com/watch?v=OY-hmbrX5Jg&t=633s,](https://www.youtube.com/watch?v=OY-hmbrX5Jg&t=633s)

2. <https://www.youtube.com/watch?v=WnmWbYQ4k-l&t=259s>,

3. <https://www.youtube.com/watch?v=zUqBR23l8Bg&t=2s>

ครูแจ้งการวัดผลประเมินผลด้วยวิธีที่หลากหลาย ได้แก่ แบบทดสอบก่อนเรียน แบบทดสอบหลังเรียน แบบฝึกหัด แบบประเมินใบมอผลงาน แบบประเมินใบงาน แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้รายบุคคล แบบประเมินคุณธรรมจริยธรรม ค่านิยม และลักษณะอันพึงประสงค์ แจ้งระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้ชุดการสอนที่ 2 เรื่อง ตัวต้านทาน ใช้เวลาเรียนรวมทั้งหมด จำนวน 4 ชั่วโมง

ครูแจ้งให้ผู้เรียนทราบถึงการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดการสอนที่ครูได้สร้างและพัฒนาขึ้นโดยใช้ชุดการสอนร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก เรื่อง ตัวต้านทาน ผู้เรียนสามารถเข้าถึงสิ่งที่เรียนและเข้าใจบทเรียน ผู้เรียนได้เรียนรู้เนื้อหาการเรียนรู้ ได้แก่ หน้าที่ชนิด การอ่านค่าตัวต้านทาน วิธีการต่อวงจรตัวต้าน การวัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวต้านทาน ศึกษาการปฏิบัติกิจกรรม ได้แก่ ใบมอผลงาน ใบงานที่ 2.1 เรื่อง การต่อวงจรและวัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวต้านทาน เมื่อผู้เรียนไม่เข้าใจเนื้อหาในส่วนใดของบทเรียนสามารถทบทวนเนื้อหาใหม่ได้ด้วยตนเอง และสอบถามครูผ่านระบบออนไลน์ได้ แสดงให้เห็นถึงวิธีการคิดค้นและปรับเปลี่ยนวิธีการใหม่ๆ ในการออกแบบกิจกรรมหรือสื่อการเรียนรู้ในบทเรียน

ครูนำเข้าสู่บทเรียนเพื่อให้ ผู้เรียนสามารถเข้าถึงสิ่งที่เรียนและเข้าใจบทเรียน โดยครูได้สอบถามผู้เรียนเกี่ยวกับการใช้สื่อต่าง ๆ ประกอบด้วย ใบความรู้ ใบแบบฝึกหัด ใบมอผลงาน ใบงาน สื่อ Power Point วิดีโอ สื่อของจริง ได้แก่ ตัวต้านทานชนิดต่าง ๆ และมีหลากหลายค่า เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติงานตามใบงาน ประกอบด้วย เครื่องเพาเวอร์ซัพพลายแบบ DC มัลติมิเตอร์แบบดิจิทัล ชุดฝึกทักษะ มาแสดงให้ผู้เรียนดูและใช้คำถามนำ แล้วให้ผู้เรียนร่วมกันอภิปราย ตัวอย่างคำถาม ได้แก่

1. ผู้เรียนเคยเห็นอุปกรณ์นี้หรือไม่ และเคยเห็นที่ไหน
2. ผู้เรียนรู้หรือไม่ว่าอุปกรณ์นี้มีชื่อว่าอะไร และมีหน้าที่อย่างไร

ตัวชี้วัดที่ 2 ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้หรือประสบการณ์เดิมกับการเรียนรู้ใหม่

การจัดการเรียนรู้ที่แสดงให้เห็นถึง “คิดค้นและปรับเปลี่ยน (Invent and Transform)”

จัดกิจกรรมเพื่อให้ ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้หรือประสบการณ์เดิมกับการเรียนรู้ใหม่ ได้แก่ การใช้คำถามเกี่ยวกับเนื้อหาในเรื่องที่เรียนรู่มาก่อนล่วงหน้า เรื่อง ตัวต้านทาน จากวิดีโอที่ครูสร้างและพัฒนาขึ้นและส่งให้ผู้เรียนศึกษามาก่อนล่วงหน้า โดยเฉพาะในส่วนของ การใช้เครื่องมือวัดค่าต่าง ๆ ของอุปกรณ์ที่เคยเรียนผ่านมากจากหน่วยการเรียนรู้ที่ผ่านมา จัดกิจกรรมให้เชื่อมโยงกับเนื้อหาใหม่ที่จะเรียน เรื่อง ความต้านทาน พร้อมกับแสดงสื่อของจริง ได้แก่ เพาเวอร์ซัพพลายแบบ DC

มัลติมีเตอร์แบบดิจิทัล ชุดฝึกทักษะ และตัวต้านทานชนิดต่าง ๆ ที่มีค่าแตกต่างกัน โดยมีกิจกรรมประกอบการเรียนรู้ ดังนี้

กิจกรรมที่ 1 ครูให้ผู้เรียนทำกิจกรรมรูปแบบกระบวนการกลุ่ม โดยละความสามารถทั้งคนเก่ง ปานกลาง และอ่อน แล้วตั้งคำถาม โดยให้ผู้เรียนร่วมกันอภิปรายหรือตอบคำถาม ทบทวนความรู้เดิมของผู้เรียนเพื่อให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้หรือประสบการณ์เดิมกับการเรียนรู้ใหม่ โดยนำเครื่องมือและอุปกรณ์มาจัดวางแสดงให้ผู้เรียนได้เห็น แล้วตั้งคำถาม ดังนี้

1. ถ้าจะวัดค่าความต้านทานจะใช้เครื่องมืออะไรได้บ้าง
2. ถ้าต้องการวัดค่าความต้านทานด้วยการใช้เครื่องมือนี้จะปรับสวิตช์ย่านการวัดไปที่ตำแหน่งใด
3. ถ้าต้องการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าด้วยการใช้เครื่องมือนี้จะปรับสวิตช์ย่านการวัดไปที่ตำแหน่งใด
4. ถ้าต้องการวัดกระแสไฟฟ้าด้วยการใช้เครื่องมือนี้จะปรับสวิตช์ย่านการวัดไปที่ตำแหน่งใด

กิจกรรมที่ 2 ให้ผู้เรียนทำกิจกรรมรูปแบบกระบวนการกลุ่มโดยละความสามารถโดยให้ผู้เรียนทดลองใช้เครื่องมือวัดด้วยการนำอุปกรณ์ต่าง ๆ มาทดลองวัดและอภิปรายวิธีการใช้เครื่องมือวัดที่ถูกต้อง เพื่อให้ผู้เรียนได้ร่วมมือและช่วยเหลือกันในการทำกิจกรรมภายในกลุ่ม สำหรับผู้ที่ยังไม่พร้อมหรืออาจมีความรู้ หรือประสบการณ์เดิมไม่เพียงพอ สามารถไปศึกษาทบทวนเพิ่มเติมจากวิดีโอและชุดการสอนที่ครูได้สร้างขึ้น ทำให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้และประสบการณ์เดิมได้ โดยครูคอยเป็นผู้สนับสนุนให้คำแนะนำอย่างใกล้ชิด

2. ชั้นประกอบกิจกรรม (3 ชั่วโมง)

ตัวชี้วัดที่ 3 ผู้เรียนได้สร้างความรู้เอง หรือได้สร้างประสบการณ์ใหม่จากการเรียนรู้

การจัดการเรียนรู้ที่แสดงให้เห็นถึง “คิดค้นและปรับเปลี่ยน (Invent and Transform)”

ครูจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้ ผู้เรียนได้สร้างความรู้เอง หรือได้สร้างประสบการณ์ใหม่จากการเรียนรู้ เน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมที่ต้องใช้ความรู้หรือทักษะหลากหลาย ได้แก่ ทักษะกระบวนการกลุ่ม ทักษะการคิด ทักษะการพูด ทักษะการแก้ปัญหา ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยครูเป็นผู้ให้การสนับสนุนการเรียนรู้ ให้ผู้เรียนศึกษาด้วยตนเองจากสื่อการเรียนรู้ที่ครูสร้างและพัฒนาขึ้น โดยศึกษาเนื้อหาจากใบความรู้ เรื่อง ตัวต้านทาน ใบมอบงาน และใบงาน ในชุดการสอนวิชางานอิเล็กทรอนิกส์ยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 20101-2103 ให้ผู้เรียนทำกิจกรรมรูปแบบกระบวนการกลุ่ม ดังนี้

ให้ผู้เรียนปฏิบัติกิจกรรมกลุ่ม โดยปฏิบัติตามใบมอบงาน เรื่อง การอภิปรายเรื่องตัวต้านทาน โดยให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็นภายในกลุ่ม การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ภายในกลุ่ม การยอมรับ

ความคิดเห็นของผู้อื่น จากนั้นครูใช้เทคนิคให้ผู้เรียนทุกกลุ่มสรุปประสบการณ์ใหม่แล้วออกมานำเสนอสรุปประสบการณ์ใหม่หน้าชั้นเรียนเป็นกลุ่ม ให้ครูและเพื่อนได้รับฟัง โดยให้มีการวิพากษ์วิจารณ์แสดงความคิดเห็นผลงานกลุ่มอื่นได้ เพื่อเป็นการแลกเปลี่ยนเรียนรู้

ครูและผู้เรียนร่วมกันสรุปผลการปฏิบัติตามใบมอบงาน ให้ผู้เรียนได้รับข้อมูลสะท้อนกลับเพื่อทบทวน และปรับปรุงการเรียนรู้จากประสบการณ์ใหม่

(ใช้ในการบันทึกวีดิโอการสอน 1 ชั่วโมง)

ตัวชี้วัดที่ 5 ผู้เรียนได้รับการพัฒนาทักษะความเชี่ยวชาญจากการเรียนรู้

การจัดการเรียนรู้ที่แสดงให้เห็นถึง “คิดค้นและปรับเปลี่ยน (Invent and Transform)”

ครูตั้งคำถาม เพื่อทบทวนความรู้จากที่ครูได้ส่งวีดิโอให้ผู้เรียนศึกษามาล่วงหน้า ในใบงานที่ 2.1 เรื่อง การต่อวงจรและวัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวต้านทาน ตัวอย่างคำถาม คือ

แนวทางคำถามของครู	แนวทางคำตอบของผู้เรียน
1. การต่อวงจรตัวต้านทานมีกี่แบบ	1. การต่อวงจรตัวต้านทานมี 3 แบบ คือ การต่อวงจรแบบอนุกรม การต่อวงจรแบบขนาน และการต่อวงจรแบบผสม
2. ถ้าจะวัดความต้านทานต้องปรับสวิตช์ย่านการวัดมัลติมิเตอร์ไปที่สัญลักษณ์อะไร และความต้านทานมีหน่วยเป็นอะไร	2. ถ้าจะวัดความต้านทานต้องปรับสวิตช์ย่านการวัดมัลติมิเตอร์ไปที่สัญลักษณ์โอห์ม และความต้านทานมีหน่วยโอห์ม หรือกิโลโอห์ม หรือเมกะโอห์ม
3. ถ้าจะวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงต้องปรับสวิตช์ย่านการวัดของมัลติมิเตอร์ไปที่สัญลักษณ์อะไรและแรงดันไฟฟ้ามีหน่วยเป็นอะไร	3. ถ้าจะวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงต้องปรับสวิตช์ย่านการวัดของมัลติมิเตอร์ไปที่สัญลักษณ์ตัววีที่มีขีดเส้นตรง และแรงดันไฟฟ้ามีหน่วยโวลต์
4. ถ้าจะวัดกระแสไฟฟ้าต้องปรับสวิตช์ย่านการวัดของมัลติมิเตอร์ไปที่สัญลักษณ์อะไรและกระแสไฟฟ้ามีหน่วยเป็นอะไร	4. ถ้าจะวัดกระแสไฟฟ้าต้องปรับสวิตช์ย่านการวัดของมัลติมิเตอร์ไปที่สัญลักษณ์ตัวเอ และกระแสไฟฟ้ามีหน่วยเป็นแอมแปร์

ครูแจ้งกิจกรรมที่จะปฏิบัติ คือ การปฏิบัติกิจกรรมในใบงานที่ 2.1 เรื่อง การต่อวงจรและวัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวต้านทาน แจ้งเวลาในการประกอบกิจกรรม จำนวน 1 ชั่วโมง

ให้ผู้เรียนศึกษาขั้นตอนการปฏิบัติงานเพื่อทบทวนการปฏิบัติงานใบงานที่ 2.1 เรื่อง การต่อวงจรและวัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวต้านทาน พร้อมกับเปิดโอกาสให้ผู้เรียนถามในกรณีที่มีข้อสงสัย ในขั้นตอนการปฏิบัติงาน

ครูเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ให้ผู้เรียนพร้อมปฏิบัติกิจกรรม และครูสาธิตการปฏิบัติงานให้ผู้เรียนดู และให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการสาธิตการปฏิบัติงาน พร้อมกับบอกข้อควรระวังในการปฏิบัติงานตามใบงานที่ 2.1 เรื่อง การต่อวงจรและวัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวต้านทาน ได้แก่ ข้อควรระวังในการใช้มัลติมิเตอร์วัดแรงดันไฟฟ้า การวัดความต้านทาน การวัดกระแสไฟฟ้า การจ่ายไฟให้กับวงจร

ให้ผู้เรียนปฏิบัติกิจกรรมตามกลุ่มที่ได้แบ่งไว้ เพื่อให้ผู้เรียนได้รับการพัฒนาทักษะความเชี่ยวชาญจากการเรียนรู้ บูรณาการทักษะต่าง ๆ และประยุกต์ใช้ทักษะที่ได้รับการพัฒนาในสถานการณ์หรือการแก้ปัญหาใหม่ ผ่านกระบวนการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่ม

ครูให้ผู้เรียนทำการทดสอบเป็นกลุ่ม ตามใบงานที่ 2.1 เรื่อง การต่อวงจรและวัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวต้านทาน

ครูบอกข้อควรปรับปรุงหรือแก้ไขในการปฏิบัติกิจกรรม ได้แก่ การปรับสวิตช์ย่านการวัดค่าต่าง ๆ ของมัลติมิเตอร์ การอ่านค่าและหน่วยการวัด

ครูและผู้เรียนร่วมกันสรุปการปฏิบัติงานร่วมกันโดยครูตั้งคำถามให้ผู้เรียนช่วยกันตอบ ดังนี้

1. การวัดค่าความต้านทานตัวที่ 1 ตัวที่ 2 และตัวที่ 3 ได้ค่าเท่าไร
2. การต่อวงจรตัวต้านทานแบบอนุกรมวัดค่าความต้านทานได้ค่าเท่าไร และมีผลเป็นอย่างไร
3. การต่อวงจรตัวต้านทานแบบขนานวัดค่าความต้านทานรวมได้ค่าเท่าไร และมีผลเป็นอย่างไร
4. ให้ตัวแทนผู้เรียนออกมาเขียนการต่อวงจรตัวต้านทานแบบอนุกรม แบบขนาน และแบบผสม

และกล่าวชมเชยผู้ที่เรียน

(สิ้นสุดการบันทึกวีดีโอ 1 ชั่วโมง)

ตัวชี้วัดที่ 7 ผู้เรียนได้รับการพัฒนาการเรียนรู้ในบรรยากาศชั้นเรียนที่เหมาะสม

การจัดการเรียนรู้ที่แสดงให้เห็นถึง “คิดค้นและปรับเปลี่ยน (Invent and Transform)”

ครูได้จัดบรรยากาศในชั้นเรียน เพื่อให้ผู้เรียนได้รับการพัฒนาการเรียนรู้ในบรรยากาศชั้นเรียนที่เหมาะสม โดยมีการดำเนินการใน 2 ประการ ได้แก่ 1. การจัดบรรยากาศทางกายภาพ คือ การจัดให้มีสื่อการเรียนการสอนที่เพียงพอกับจำนวนผู้เรียนและจัดโต๊ะวางสื่อการเรียนการสอนให้เป็นระเบียบเรียบร้อย ใช้สื่อการเรียนที่หลากหลาย จัดมุมวิชาการ จัดมุมวางคอมพิวเตอร์เพื่อให้ผู้เรียนได้สืบค้นข้อมูล อำนวยความสะดวกในการจัดกิจกรรมและการสืบค้นข้อมูลไว้ให้ผู้เรียนได้เรียนอย่างมีความสุข 2. การจัดบรรยากาศที่ส่งผลต่อด้านจิตใจ คือ การจัดรูปแบบการปฏิบัติกิจกรรมกระบวนการกลุ่ม เพื่อให้ผู้เรียนที่มีพื้นฐานความรู้ที่ไม่ดีได้รับการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน ครูสร้างความอบอุ่น

มีความสัมพันธ์อันดีต่อผู้เรียน ให้ผู้เรียนมีอิสระทางความคิดและการกล้าแสดงออก แสดงให้เห็นถึง การคิดค้นและปรับเปลี่ยนวิธีการใหม่ ๆ ในการสร้างบรรยากาศชั้นเรียน ให้ผู้เรียนได้รับการ พัฒนาการเรียนรู้ในบรรยากาศชั้นเรียนที่เหมาะสม ในการจัดกิจกรรมเสริมสร้างการเรียนรู้ของผู้เรียน

3. ขั้นตอนปรีายและสรุป (20 นาที)

ตัวชี้วัดที่ 4 ผู้เรียนได้รับการกระตุ้นและเกิดแรงจูงใจในการเรียนรู้

การจัดการเรียนรู้ที่แสดงให้เห็นถึง “คิดค้นและปรับเปลี่ยน (Invent and Transform)”

ครูได้วิเคราะห์และวางแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามลำดับความยากง่ายเพื่อให้เหมาะสม กับผู้เรียน จัดให้ผู้เรียนเรียนรู้ในรูปแบบกิจกรรมกลุ่มเป็นการทำให้ผู้เรียนได้ช่วยเหลือกัน ผู้เรียนมี โอกาสสะท้อนถึงความสำเร็จการเรียนรู้ในกลุ่ม หรืออธิบายข้อผิดพลาดจากการเรียนรู้ เป็นการส่งผล ให้ ผู้เรียนได้รับการกระตุ้นและให้เกิดแรงจูงใจในการเรียนรู้ อีกทั้ง ครูอธิบายสรุปเนื้อหาผลการ นำเสนอการอภิปราย และการปฏิบัติงาน สะท้อนการนำเสนอและการปฏิบัติงานที่เกิดจาก ความสำเร็จหรือข้อผิดพลาด โดยใช้แบบสรุปเนื้อหาจากชุดการสอนวิชางานอิเล็กทรอนิกส์รถยนต์ เบื้องต้น ชุดการสอนที่ 2 เรื่อง ตัวต้านทาน กล่าวชมเชยผู้ที่มีความรู้และทักษะที่ดี อีกทั้งให้กำลังใจ ผู้เรียนที่ยังไม่สามารถพัฒนาตนเองได้เท่ากับเพื่อนร่วมชั้นเรียน ครูชี้ให้เห็นถึงประโยชน์ที่เกิดจาก การเรียนรู้ การนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน แสดงให้เห็นถึง การคิดค้นและปรับเปลี่ยน ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการเรียนรู้

ตัวชี้วัดที่ 6 ผู้เรียนได้รับข้อมูลสะท้อนกลับเพื่อปรับปรุงการเรียนรู้

การจัดการเรียนรู้ที่แสดงให้เห็นถึง “คิดค้นและปรับเปลี่ยน (Invent and Transform)”

ครูสังเกตหรือค้นหาข้อผิดพลาดในการปฏิบัติกิจกรรมของผู้เรียนระหว่างเรียน โดยครูใช้แบบ ประเมินพฤติกรรมกรรมการการเรียนรู้ แบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยมและคุณลักษณะอันพึง ประสงค์ และแบบประเมินการปฏิบัติกิจกรรม จาก 2 กิจกรรม ดังนี้

กิจกรรมที่ 1 การปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มตามใบมอบงาน เรื่อง การอภิปรายเรื่องตัวต้านทาน และนำผลจากการปฏิบัติกิจกรรม โดยแต่ละกลุ่มได้นำเสนอผลงานจากการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มตามที่ได้รับมอบหมาย

กิจกรรมที่ 2 การปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มตามใบงานที่ 2.1 เรื่อง การต่อวงจรและวัดค่าต่าง ๆ ใน วงจรตัวต้านทาน โดยผู้เรียนได้ปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มตามขั้นตอนการปฏิบัติงาน

ครูใช้แบบประเมินในระหว่างการปฏิบัติกิจกรรมจากแบบประเมิน ครูและผู้เรียนร่วมกันสรุป เนื้อหา เรื่อง ตัวต้านทาน จากแบบสรุปเนื้อหาในชุดการสอนที่ 2 เรื่อง ตัวต้านทาน และนำผลที่ได้ จากการประเมินการปฏิบัติกิจกรรม สะท้อนกลับให้ผู้เรียนได้รับรู้ข้อมูลว่าตนเอง มีทักษะและองค์

ความรู้ในระดับใดและมีส่วนใดที่ต้องปรับปรุงและพัฒนาตนเอง ครูอธิบายสรุปผลการปฏิบัติให้ผู้เรียน รู้วิธีการปฏิบัติและวิธีการแก้ไขปัญหา เป็นการแสดงให้เห็นถึงวิธีการคิดค้นและปรับเปลี่ยน วิธีการใหม่ๆ ในการให้ข้อมูลสะท้อนกลับเพื่อปรับปรุงการเรียนรู้

ตัวชี้วัดที่ 8 ผู้เรียนสามารถกำกับการเรียนรู้และมีการเรียนรู้แบบนำตนเอง

การจัดการเรียนรู้ที่แสดงให้เห็นถึง “คิดค้นและปรับเปลี่ยน (Invent and Transform)”

ครูใช้วิธีการถาม ตอบ เพื่อประเมินความรู้ความเข้าใจ ครูเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ประเมินตนเองหรือถูกเพื่อนประเมินร่วมกับครูประเมินในระหว่างการเรียนรู้หรือเมื่อจบบทเรียนผ่านกิจกรรมที่หลากหลาย ด้วยการใช้แบบประเมินที่ครูได้สร้างและพัฒนาขึ้น เปิดโอกาสให้ผู้เรียนฝึกฝนเพิ่มเติม ภายหลังจากจบบทเรียน เพื่อพัฒนาความสามารถของผู้เรียนโดยมอบหมายงานให้ผู้เรียนได้ไปศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมจากสื่อต่าง ๆ โดยผู้เรียนได้สืบค้นอย่างอิสระจากสื่อออนไลน์และสรุปสาระสำคัญส่งผ่านระบบออนไลน์ และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ทบทวนการปฏิบัติงานด้วยตนเองตามใบงานที่ 2.1 เรื่อง การต่อวงจรและวัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวต้านทาน ในเวลาว่างเพื่อให้เกิดความชำนาญยิ่งขึ้น ฝึกการวางแผนการปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง ผู้เรียนสามารถกำกับการเรียนรู้และมีการเรียนรู้แบบนำตนเอง แสดงให้เห็นถึงการคิดค้นและปรับเปลี่ยนวิธีการใหม่ ๆ ให้ผู้เรียนสามารถกำกับการเรียนรู้และมีการเรียนรู้แบบนำตนเอง ในการจัดกิจกรรมเสริมสร้างการเรียนรู้ของผู้เรียน

4. ชั้นประเมินผล (20 นาที)

- 4.1 ให้ผู้เรียนทำแบบฝึกหัดหลังเรียน จำนวน 10 นาที
- 4.2 ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน จำนวน 10 ข้อ จำนวน 10 นาที

สื่อการเรียนการสอน

1. บัตรความรู้หน่วยที่ 2 เรื่อง ตัวต้านทาน
2. สื่อประกอบการสอน Power Point
3. มัลติมิเตอร์แอนะล็อกและมัลติมิเตอร์ดิจิทัล
4. ตัวต้านทานชนิดต่าง ๆ ที่มีค่าความต้านทานแตกต่างกัน
5. ชุดฝึกทักษะ จำนวน 4 ชุด
6. ใบมอบงาน เรื่อง ตัวต้านทาน
7. ใบงานที่ 2.1 เรื่อง การต่อวงจรและวัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวต้านทาน

การวัดผลประเมินผล

1. คะแนนจากการอภิปรายงานกลุ่ม จากใบมอบงาน เรื่อง ตัวต้านทาน
2. คะแนนจากการทำใบแบบฝึกหัด เรื่อง ตัวต้านทาน
3. คะแนนแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ชุดการสอนที่ 2 เรื่อง ตัวต้านทาน
4. คะแนนจากใบงานที่ 2.1 เรื่อง การต่อวงจรและวัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวต้านทาน
5. คะแนนจากแบบสังเกตพฤติกรรมระหว่างการเรียน

แหล่งการเรียนรู้เพิ่มเติม

1. ห้องสมุด
2. หนังสือเรียน
3. ข้อมูลจากอินเทอร์เน็ต

กิจกรรมเสนอแนะ

1. ผู้เรียนทบทวนการปฏิบัติงานตามใบงานที่ 2.1 เรื่อง การต่อวงจรและวัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวต้านทาน
2. ผู้เรียนสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมหรือทบทวนเนื้อหาจากวิดีโอที่น่าเชื่อถือจากระบบออนไลน์
3. ผู้เรียนสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมหรือทบทวนเนื้อหาจากเว็บไซต์ที่ห้องศูนย์ข้อมูล คอมพิวเตอร์ในเวลาว่าง
4. ผู้เรียนสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมหรือทบทวนเนื้อหาจากวิดีโอที่ครูสร้างและพัฒนาขึ้น จากแหล่งข้อมูล ดังนี้
 - 4.1 [https://www.youtube.com/watch?v=OY-hmbrX5Jg&t=633s,](https://www.youtube.com/watch?v=OY-hmbrX5Jg&t=633s)
 - 4.2 [https://www.youtube.com/watch?v=WnmWbYQ4k-I&t=259s,](https://www.youtube.com/watch?v=WnmWbYQ4k-I&t=259s)
 - 4.3 <https://www.youtube.com/watch?v=zUqBR23l8Bg&t=2s>
 - 4.4 https://www.youtube.com/watch?v=Ayf3h_DZJe4
 - 4.5 <https://online.fliphtml5.com/iipn/vqzp/>

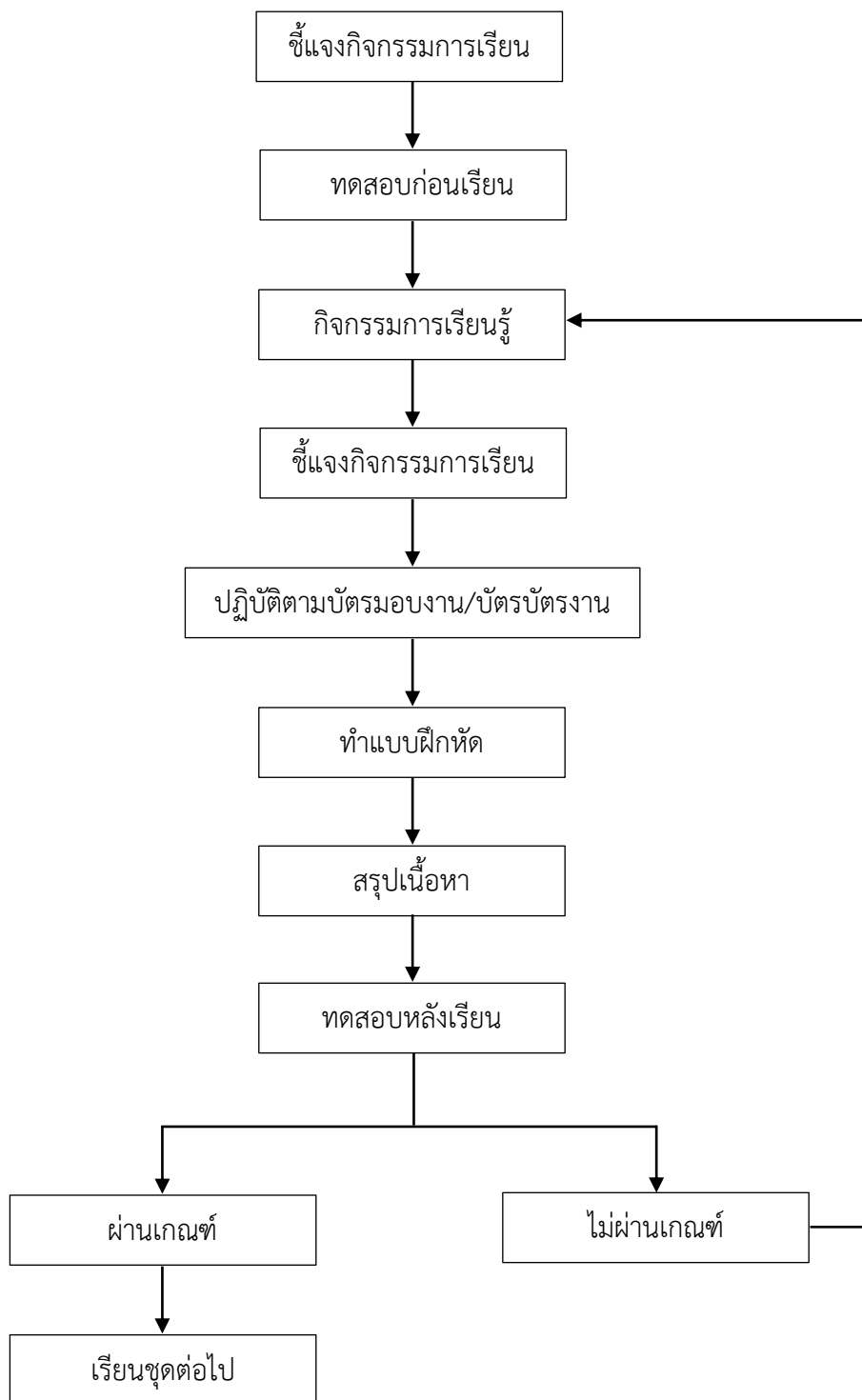
เอกสารประกอบการสอน
วิชางานอิเล็กทรอนิกส์ยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 20101-2103
หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562
ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาช่างยนต์

ชุดการสอนที่ 2
เรื่อง ตัวต้านทาน

นายจิรโรจน์ เลิศธนเปี่ยมสุข

วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ จังหวัดศรีสะเกษ
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

ลำดับขั้นตอนการเรียนรู้ด้วยชุดการสอน



คำแนะนำสำหรับผู้เรียน

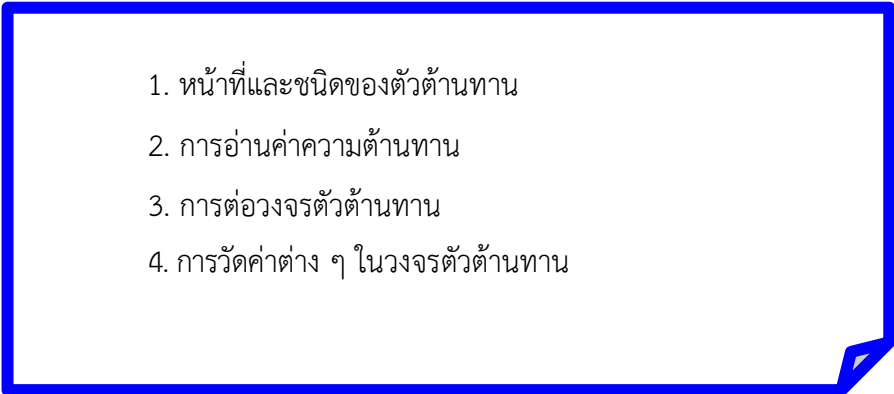
การเรียนรู้ครั้งที่ 5 ให้ผู้เรียนปฏิบัติตามขั้นตอนดังนี้

1. ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน จำนวน 10 ข้อ เวลา 10 นาที
2. ให้ผู้เรียนศึกษาใบความรู้ เรื่อง ตัวต้านทาน
3. ให้ผู้เรียนทำกิจกรรมเสริมความรู้เรื่องตัวต้านทาน
4. ให้ผู้เรียนปฏิบัติตามใบมอบงาน 2.1 เรื่อง การอธิบายเรื่องตัวต้านทาน
5. ให้ผู้เรียนปฏิบัติงานตามใบงานที่ 2.1 เรื่อง การต่อวงจรและวัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวต้านทาน
6. ให้ผู้เรียนทำแบบฝึกหัด เรื่อง ตัวต้านทาน
7. ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน จำนวน 10 ข้อ เวลา 10 นาที

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. บอกหน้าที่ของตัวต้านทานได้
2. จำแนกชนิดและสัญลักษณ์ของตัวต้านทานได้
3. อ่านค่าตัวต้านทานได้
4. อธิบายคุณสมบัติของการต่อวงจรตัวต้านแบบต่าง ๆ ได้
5. อธิบายวิธีการวัดแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมและกระแสไฟฟ้าในวงจรได้
6. ปฏิบัติตามใบมอบงานได้
7. ปฏิบัติตามงานใบงานได้

เนื้อหาชุดการสอนที่ 2
เรื่อง ตัวต้านทาน

- 
1. หน้าที่และชนิดของตัวต้านทาน
 2. การอ่านค่าความต้านทาน
 3. การต่อวงจรตัวต้านทาน
 4. การวัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวต้านทาน

แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

หน่วยที่ 2 เรื่อง ตัวต้านทาน

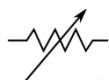
คำชี้แจง ให้เลือกคำตอบข้อที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

1. ข้อใดบอกหน้าที่ของตัวต้านทานได้ถูกต้อง
 - ก. เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการต้านการไหลของกระแสไฟฟ้า
 - ข. เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการลดการไหลของแรงดันไฟฟ้า
 - ค. เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการเพิ่มประจุไฟฟ้า
 - ง. เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการคายประจุไฟฟ้า

2. ตัวต้านทานมีกี่ชนิด

- ก. มี 2 ชนิด
- ข. มี 3 ชนิด
- ค. มี 4 ชนิด
- ง. มี 5 ชนิด

3. จากรูป ข้อใดจำแนกสัญลักษณ์ของตัวต้านทานได้ถูกต้อง



- ก. ตัวต้านทานชนิดค่าคงที่ (Fixed Resistors)
- ข. ตัวต้านทานชนิดเปลี่ยนค่าได้ (Variable Resistors)
- ค. เป็นตัวต้านทานชนิดแบ่งค่าได้ (Tapped Resistors)
- ง. ตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้ (Adjustable Resistors)

4. จากรูป ข้อใดจำแนกชนิดของตัวต้านทานได้ถูกต้อง



- ก. ตัวต้านทานชนิดค่าคงที่ (Fixed Resistors)
- ข. ตัวต้านทานชนิดเปลี่ยนค่าได้ (Variable Resistors)
- ค. เป็นตัวต้านทานชนิดแบ่งค่าได้ (Tapped Resistors)
- ง. ตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้ (Adjustable Resistors)

5. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับการอ่านค่าความต้านทาน

- ก. อ่านได้จากรหัสแถบสีและตัวเลขโดยตรง
- ข. อ่านได้จากแถบสี, รหัสตัวเลขร่วมกับรหัสแถบสี และตัวเลขโดยตรง
- ค. อ่านค่าโดยตรง, อ่านค่าจากรหัสตัวเลขร่วมกับตัวอักษร และอ่านค่าจากรหัสแถบสี
- ง. อ่านได้จากแถบสี, รหัสตัวเลขร่วมกับค่าโดยตรง, และรหัสตัวอักษร

6. จากรูป ถ้าตัวต้านทานมีแถบสีเรียง คือ น้ำตาล ดำ เขียว ทอง ตามลำดับ จะอ่านค่าความต้านทานได้ค่าเท่าใด



- ก. มีค่าเท่ากับ $10 \Omega \pm 5\%$
- ข. มีค่าเท่ากับ $100 \Omega \pm 5\%$
- ค. มีค่าเท่ากับ $10 K\Omega \pm 5\%$
- ง. มีค่าเท่ากับ $1000 K\Omega \pm 5\%$

7. ข้อใดเป็นหน่วยการอ่านค่าความต้านทานที่แสดงการอ่านค่าได้มากที่สุด

- ก. มิลลิโอห์ม
- ข. โอห์ม
- ค. กิโลโอห์ม
- ง. เมกะโอห์ม

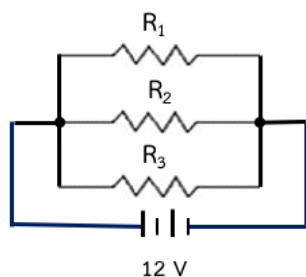
8. ที่เปลือกตัวต้านทานแสดงค่า $1W$ 3.5Ω ข้อใดอ่านค่าความต้านทานได้ถูกต้อง

- ก. ค่าความต้านทาน 3.3Ω ผิดพลาด $\pm 10\%$
- ข. ค่าความต้านทาน 3.5Ω ทนกำลังไฟฟ้าได้ $1 W$
- ค. ค่าความต้านทาน $3.5 K\Omega$ ผิดพลาด $\pm 3\%$
- ง. ค่าความต้านทาน $3.5 K\Omega$ ทนกำลังไฟฟ้าได้ $1 W$

9. ข้อใดเป็นคุณสมบัติของการต่อวงจรตัวต้านทานแบบอนุกรม

- ก. ค่าความต้านทานเพิ่มขึ้น
- ข. ค่าความต้านทานคงที่
- ค. ค่าความต้านทานลดลง
- ง. ค่าความต้านทานน้อยลง

10. จากรูป เป็นการต่อวงจรตัวต้านทาน โดยกำหนดให้ $R_1 = 100\ \Omega$ $R_2 = 200\ \Omega$ และ $R_3 = 300\ \Omega$ ถ้าป้อนเข้าวงจร 12 V จะมีคุณสมบัติตามข้อใด



- ก. การต่อวงจรแบบอนุกรม ทำให้แรงดันไฟฟ้าไหลผ่านตัวต้านทานทุกตัวเท่ากัน และกระแสเท่ากัน
- ข. การต่อวงจรแบบขนาน ทำให้แรงดันไฟฟ้าไหลผ่านตัวต้านทานทุกตัวเท่ากัน แต่กระแสไหลผ่านตัวต้านทานไม่เท่ากัน
- ค. การต่อวงจรแบบผสม ทำให้แรงดันและกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวต้านทานทุกตัวไม่เท่ากัน
- ง. การต่อวงจรแบบเรียง ทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวต้านทานทุกตัวเท่ากัน และแรงดันเท่ากัน

เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

หน่วยที่ 2 เรื่อง ตัวต้านทาน

ข้อ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
เฉลย	ก	ค	ข	ง	ค	ง	ง	ข	ก	ข

ใบความรู้ หน่วยที่ 2 เรื่อง ตัวต้านทาน

ตัวต้านทาน (Resistor) เป็นอุปกรณ์ที่ผลิตขึ้นมาที่มีค่าเฉพาะค่าหนึ่งที่ใช้ในการต้านการไหลของกระแสไฟฟ้าและเป็นอุปกรณ์ที่มีใช้มากในวงจรอิเล็กทรอนิกส์มักเรียกสั้นๆ ว่า อาร์ (R) ในตัวต้านทานจะมีคุณสมบัติในการต้านการไหลของกระแสไฟฟ้า โดยสามารถนำไปใช้ได้ทั้งแรงดันไฟฟ้า กระแสตรง และแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ

2.1 หน้าที่และชนิดของตัวต้านทาน

2.1.1 หน้าที่ของตัวต้านทาน

ตัวต้านทาน (Resistor) มีหน้าที่ ต้านการไหลของกระแสไฟฟ้า เพื่อให้กระแสไฟฟ้าภายในวงจรได้ตามที่ออกแบบไว้

เมื่อต่อแหล่งจ่ายไฟฟ้าในสถานะไม่มีภาระทางไฟฟ้า ตัวต้านทานจะต้านการไหลเฉพาะกระแสไฟฟ้าไว้ แต่แรงดันไฟฟ้าจะผ่านตัวของมันได้เท่ากันทุกตัว แต่เมื่อมีภาระทางไฟฟ้าในวงจรกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าจะถูกใช้ไปกับภาระทางไฟฟ้าจึงทำให้แรงดันไฟฟ้าลดลง

ค่าความต้านทานแต่ละตัวมีค่าแตกต่างกันเนื่องจากความหนาแน่นของวัสดุที่ใช้ทำไม่เท่ากัน และมีค่าความผิดพลาด $\pm 5\%$, $\pm 10\%$ หรือ $\pm 20\%$ ค่าความต้านทานของตัวต้านทานมีหน่วยเป็น โอห์ม (Ohm) เขียนแทนด้วยเครื่องหมายอักษรกรีกโบริก คือ Ω (โอเมก้า หรือ โอห์ม) ซึ่งได้จากค่ามาตรฐาน ด้วยการเอาแรงดันไฟฟ้า 1 โวลต์ ต่อกับความต้านทาน 1 โอห์ม และทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลในวงจรได้ 1 แอมแปร์ หน่วยวัดค่าความต้านทาน มีหน่วยเล็กไปจนถึงหน่วยใหญ่ ได้แก่ โอห์ม (Ω) กิโลโอห์ม (K Ω) เมกะโอห์ม (M Ω) ถ้าต้องการเปลี่ยนหน่วยให้ทำการเทียบค่า ดังนี้

1 K Ω (กิโลโอห์ม) เท่ากับ 1000 Ω (โอห์ม)

1 M Ω (เมกกะโอห์ม) เท่ากับ 1000 K Ω (กิโลโอห์ม)

ตัวต้านทานมีความสามารถในการทนกำลังไฟฟ้า ความสามารถในการทนกำลังไฟฟ้า มีหน่วยวัดเป็นวัตต์ (Watt) อักษรย่อ คือ W เช่น 1 วัตต์ 3 วัตต์ 5 วัตต์ เป็นต้น ถ้าบนตัวต้านทานบอกค่าไว้ 3 W 33 Ω หมายถึง ตัวต้านทานนี้ทนกำลังไฟฟ้าได้เท่ากับ 3 วัตต์ มีค่าเท่ากับ 33 โอห์ม

2.1.2 ชนิดของตัวต้านทาน

ด้วยผู้ผลิตตัวต้านทานได้ทำการผลิตออกมาใช้งานอย่างแพร่หลาย การนำตัวต้านทานไปใช้งาน จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเลือกใช้ให้ตรงกับความต้องการและเหมาะสมกับวงจรที่ได้การออกแบบไว้ ไม่เช่นนั้นจะเกิดความเสียหายแก่วงจรที่ได้ออกแบบไว้ ดังนั้นจึงแบ่งชนิดตัวต้านทานให้เหมาะสมกับการใช้งาน ดังนี้

2.1.2.1 ตัวต้านทานชนิดค่าคงที่ (Fixed Resistors)

ตัวต้านทานชนิดค่าคงที่ คือ ตัวความต้านทานที่มีค่าแน่นอน แต่ละตัวไม่สามารถแปรเปลี่ยนค่าของตัวเองได้ มีค่าหลากหลายตั้งแต่ค่าความต้านทานต่ำ ๆ จนถึงค่าความต้านทานสูง ๆ ผลิตจากโลหะและอโลหะ ตัวต้านทานแบบค่าคงที่ มีสัญลักษณ์ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 สัญลักษณ์ของตัวต้านทานแบบค่าคงที่

ที่มา : จิรโรจน์ เลิศธนเปี่ยมสุข. 2565

1) ตัวต้านทานแบบคาร์บอน (Carbon Resistor) เป็นตัวต้านทานที่ทำมาจากแท่งคาร์บอนผสมกับตัวประสานฟีนอลิก ตัวต้านทานชนิดนี้เป็นแบบที่ใช้ในงานทั่ว ๆ ไป มีค่าความต้านทานใช้งานตั้งแต่ค่าน้อยกว่า 1 โอห์ม จนถึง 2 เมกะโอห์ม สามารถทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ และแรงดันได้ดี ลักษณะภายนอกจะไม่มีน้ำมันวาว ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ตัวต้านทานแบบคาร์บอน

ที่มา : จิรโรจน์ เลิศธนเปี่ยมสุข. 2565

2) ตัวต้านทานแบบฟิล์มคาร์บอน (Carbon film Resistors) ตัวต้านทานชนิดนี้ฉาบด้วยหมึกคาร์บอนลงบนแท่งเซรามิก แล้วนำไปเผาเพื่อให้เกิดเป็นแผ่นฟิล์มคาร์บอน ตัวความต้านทานจะถูกปรับให้มีค่าเที่ยงตรงแล้วฉาบด้วยสารที่เป็นฉนวน ข้อดีของตัวต้านทานชนิดนี้คือทนต่อแรงดันกระชากในช่วงสั้น ลักษณะของตัวต้านทานฟิล์มคาร์บอน คือ จะมีลักษณะมันวาว ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ตัวต้านทานแบบฟิล์มคาร์บอน

ที่มา : จิรโรจน์ เลิศธนเปี่ยมสุข. 2565

3) ตัวต้านทานแบบฟิล์มโลหะ (Metal Film Resistors) เป็นตัวต้านทานที่มีลักษณะโครงสร้างคล้ายคลึงกับแบบฟิล์มคาร์บอน แต่ใช้สารจำพวกฟิล์มโลหะแทน เหมาะสมกับงานที่ต้องการเสถียรภาพและความเที่ยงตรงสูงกว่าแบบคาร์บอน สามารถใช้กับงานที่เป็นกระแสไฟสลับได้ดี คือ จะมีย่านความถี่ต่ำไปจนถึงย่านความถี่สูงเป็นเมกะเฮิรตซ์ได้ และมีค่าสัมประสิทธิ์ทางอุณหภูมิต่ำ ตัวต้านทานชนิดนี้จะมีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยมากโดยจะมีค่าความคลาดเคลื่อน $\pm 1\%$ และทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายนอกได้ดี ป้องกันสัญญาณรบกวนได้ดี ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 ตัวต้านทานแบบฟิล์มโลหะ

ที่มา : จิรโรจน์ เลิศธนเปี่ยมสุข. 2565

4) ตัวต้านทานแบบลวดพัน (Wire Wound Resistors) ทำมาจากเส้นลวดโลหะผสม 2 ชนิด หรือ 3 ชนิด ขึ้นไป เช่น นิเกิล ทองแดง สังกะสี โครเมียม และแมงกานีส พันอยู่บนแกนฉนวนกระเบื้อง หรือ เซรามิก ที่มีการทนความร้อนได้สูง และ ระบายความร้อนได้ดี เคลือบฉนวนที่ผิวด้วยน้ำยาเคลือบ ซีเมนต์ ปลอกแก้ว หรือซิลิโคน และป้องกันความชื้น ตัวต้านทานชนิดนี้เหมาะกับงาน ที่ต้องการความละเอียดและความเที่ยงตรงสูง เป็นตัวต้านทานที่มีขนาดใหญ่ นิยมใช้ในวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า เช่น เป็นตัวความต้านทานแบ่งแรงดันในภาคจ่ายไฟหรือใช้ในวงจรเครื่องไฟฟ้าที่กินกระแสสูง มีค่าผิดพลาดสูง คือ $\pm 5\% \pm 10\%$ โดยค่าของตัวต้านทานพิมพ์ไว้ที่ตัวต้านทาน ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 ตัวต้านทานแบบลวดพัน

ที่มา : จิรโรจน์ เลิศธนเปี่ยมสุข. 2565

5) ตัวต้านทานชนิดออกไซด์ของโลหะ (Metal Oxide Resistor) ตัวต้านทานชนิดนี้มีโครงสร้างตัวต้านทานที่เคลือบด้วยออกไซด์โลหะประเภทดีบุกลงบนวัสดุที่

ใช้เป็นฉนวน คุณสมบัติพิเศษสำหรับตัวต้านทานชนิดออกไซด์ของโลหะ คือ สามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิได้ดี ตัวต้านทานชนิดออกไซด์ของโลหะ มีลักษณะดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ตัวต้านทานชนิดออกไซด์ของโลหะ

ที่มา : จิรโรจน์ เลิศธนเปี่ยมสุข. 2565

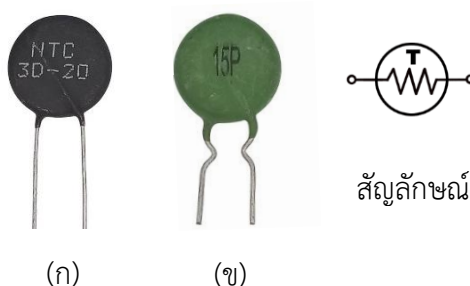
2.2.1.2 ตัวต้านทานชนิดเปลี่ยนค่าได้ (Variable Resistors)

ตัวต้านทานชนิดเปลี่ยนค่าได้ เป็นตัวต้านทานที่มีคุณสมบัติ และการใช้งานที่แตกต่างจากตัวต้านทานทั่ว ๆ ไป เช่น ใช้ในการควบคุมอุณหภูมิ เป็นตัวต้านทานที่สามารถเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานได้ตามอุณหภูมิ หรือความเข้มแสงที่มาตกกระทบตัวต้านทาน ตัวต้านทานชนิดนี้ ได้แก่ เทอร์มิสเตอร์ (Thermistor) ตัวต้านทานไวแสง (Light Dependent Resistor : LDR)

1) เทอร์มิสเตอร์ (Thermistor) เป็นตัวต้านทานที่เปลี่ยนแปลงค่าไปตามอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป แบ่งออกได้ 2 ชนิด คือ

ก. NTC (Negative Temperature Coefficient) ตัวต้านทานชนิดนี้ เมื่ออุณหภูมิต่ำลงจะมีความต้านทานเพิ่มขึ้น และเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะมีความต้านทานลดลง ดังรูปที่ 2.7 (ก)

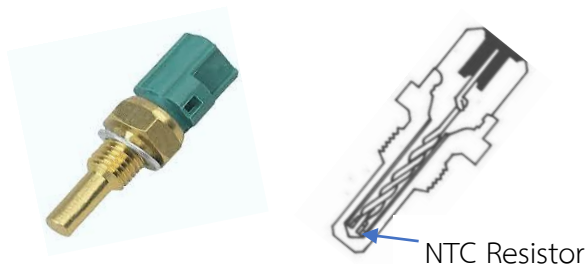
ข. PTC (Positive Temperature Coefficient) ตัวต้านทานชนิดนี้ เมื่ออุณหภูมิต่ำลงจะมีความต้านทานลดลง และเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะมีความต้านทานเพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 2.7 (ข)



รูปที่ 2.7 ตัวต้านทานแบบเทอร์มิสเตอร์ชนิด NTC และ PTC และสัญลักษณ์

ที่มา : จิรโรจน์ เลิศธนเปี่ยมสุข. 2565

ตัวต้านทานแบบเทอร์มิสเตอร์ที่มีสมบัติทางอุณหภูมิเป็นลบที่มีใช้ในรถยนต์ ได้แก่ ตรวจจับอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นของเครื่องยนต์ และตัวตรวจจับอุณหภูมิอากาศ ดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 ตัวต้านทานแบบเทอร์มิสเตอร์ของเครื่องยนต์

ที่มา : จิรโรจน์ เลิศชนเปี่ยมสุข. 2565

2) ตัวต้านทานไวแสง (Light Dependent Resistor : LDR) มีค่าความต้านทานเปลี่ยนไปตามความเข้มของแสงที่ตกกระทบลงบนตัวต้านทานซึ่งเป็นส่วนที่รับแสง หรือเรียกว่า ตัวต้านทานแบบโฟโตคอนดักตีฟเซลล์ (Photoconductive Cells) หรือโฟโต้เซลล์ (Photo Cells) ถูกนำมาใช้ในวงจรของเครื่องมือชนิดต่าง ๆ เช่น เครื่องมือวัดแสงในงานถ่ายภาพ วงจรปิดและเปิดไฟถนนอัตโนมัติ และวงจรที่ใช้แสงเป็นสวิตช์ปิดเปิดอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 ตัวต้านทานไวแสง (LDR) และสัญลักษณ์

ที่มา : จิรโรจน์ เลิศชนเปี่ยมสุข. 2565

2.2.1.3 ตัวต้านทานชนิดแบ่งค่าได้ (Tapped Resistors)

ตัวต้านทานชนิดแบ่งค่าได้จะแบ่งค่าต่อจากขั้วต่อขดลวดตัวต้านทาน ซึ่งทำจากขดลวดความต้านทานขดเป็นวงกลม และแบบปรับค่าความต้านทานได้โดยการหมุนเลื่อน (Tap) ไปทางซ้ายหรือขวาตามต้องการ โดยการคลายสกรูออกและ เลื่อนวงกลมโลหะจนได้ค่าความต้านทานที่ต้องการแล้วจึงขันสกรูแน่น ดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 ตัวต้านทานชนิดแบ่งค่าได้และสัญลักษณ์

ที่มา : จิรโรจน์ เลิศธนเปี่ยมสุข. 2565

2.2.1.4 ตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้ (Adjustable Resistors)

ตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้ (Variable Resistor) คือ ตัวต้านทานสามารถปรับเปลี่ยนค่า ความต้านทานตั้งแต่ต่ำสุดไปจนถึงค่าสูงสุดได้อย่างต่อเนื่อง มีรูปร่างเป็นวงกลมสามารถปรับหมุนได้ โดยมีขายื่นออกมา 3 ขา หรือมากกว่า 3 ขา เป็นขั้วต่อสายไฟฟ้า การปรับค่าความต้านทานจะปรับที่ขั้วกลางของตัวต้านทานนั้น ตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้มีการใช้งานเป็น 2 ลักษณะ คือ การใช้งานเป็นรีโอสตัท และการใช้งานเป็นโพเทนทิโอมิเตอร์ มีลักษณะดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 ตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้และสัญลักษณ์

ที่มา : จิรโรจน์ เลิศธนเปี่ยมสุข. 2565

2.2 การอ่านค่าความต้านทาน

การอ่านค่าของตัวต้านทานจะแบ่งเป็น 3 แบบ คือ แบบอ่านค่าโดยตรง แบบอ่านค่าจากรหัสตัวเลขร่วมกับตัวอักษร และแบบอ่านค่าจากรหัสแถบสี มีรายละเอียด ดังนี้

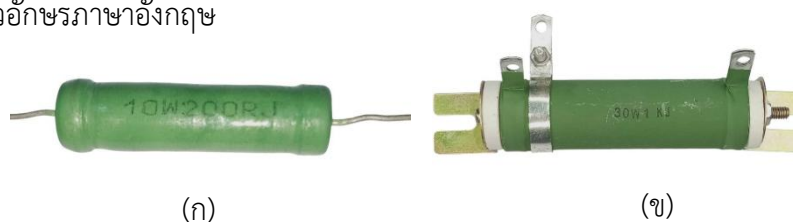
2.2.1 แบบอ่านค่าโดยตรง

ตัวต้านทานที่บอกค่าความต้านทานโดยตรงจะพิมพ์ค่าความต้านทานลงบนเปลือกตัวต้านทานตามค่าความต้านทานนั้น พร้อมกับแสดงหน่วยกำกับไว้เป็นโอห์ม (Ω) กิโลโอห์ม (K Ω) และเมกะโอห์ม (M Ω) มีค่าการทนกำลังไฟฟ้าและค่าร้อยละของความผิดพลาดกำกับไว้ ใช้ตัวอักษร กำกับบอกค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดแทนตัวเลข โดยใช้ตัวอักษรภาษาอังกฤษ มี 9 ตัว คือ A B C D F G J K และ M ตัวอักษรแต่ละตัวจะมีความหมาย ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดแสดงด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษ

ตัวอักษร	ค่าความผิดพลาด (%)	ตัวอักษร	ค่าความผิดพลาด (%)
A	$\pm 0.05 \%$	G	$\pm 2 \%$
B	$\pm 0.1 \%$	J	$\pm 5 \%$
C	$\pm 0.25 \%$	K	$\pm 10\%$
D	$\pm 0.5 \%$	M	$\pm 20 \%$
F	$\pm 1 \%$		

ตัวอย่างการอ่านค่าความต้านทานแบบอ่านค่าโดยตรงและค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดแสดงด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษ



รูปที่ 2.12 การอ่านค่าความต้านทานแบบอ่านค่าโดยตรง
ที่มา : จิรโรจน์ เลิศธนเปี่ยมสุข. 2565

รูปที่ 2.12 (ก) ค่า 10 W 200 R J หมายถึง ทนกำลังไฟฟ้าได้ 10 วัตต์ (W) ค่าความต้านทาน 200 โอห์ม (Ω) มีค่าผิดพลาด $\pm 5 \%$

รูปที่ 2.12 (ข) ค่า 30 W 1 K J หมายถึง ทนกำลังไฟฟ้าได้ 30 วัตต์ (W) ค่าความต้านทาน 1 กิโลโอห์ม ($k\Omega$) มีค่าผิดพลาด $\pm 5 \%$

2.2.2 แบบอ่านค่าจากรหัสตัวเลขร่วมกับตัวอักษร

ค่าความต้านทานแบบใช้ตัวเลขร่วมกับตัวอักษรและบอกค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดด้วย และมีการแสดงค่าไว้ในรูปจุดทศนิยมของเลขฐานสิบ พร้อมบอกหน่วยความต้านทานในรูปตัวคูณร่วมกับ ตัวอักษรที่นิยมใช้แทนตัวคูณ คือ R, K, M และ E ตัวอักษรเหล่านี้ เมื่ออยู่หน้า อยู่กลาง หรืออยู่หลัง ตัวอักษรแสดงค่าเป็นจุดทศนิยม นอกจากนั้นแสดงค่าเป็นตัวคูณ หรือค่าตัวเลขที่เติมเข้าไปด้วย ตัวอักษรมีความหมายดังนี้

ตัว R มีค่าเป็นตัวคูณ = $\times 10$

ตัว K มีค่าเป็นตัวคูณ = $\times 10^3$

ตัว M มีค่าเป็นตัวคูณ = $\times 10^6$

ตัว E แทนเครื่องหมาย = Ω

การอ่านค่าความต้านทานแบบอ่านค่าจากรหัสตัวเลขร่วมกับตัวอักษร ของตัวต้านทานแบบ SMD (Surface Mount Device) ดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 การอ่านค่าความต้านทานแบบใช้ตัวเลขร่วมกับตัวอักษร

ที่มา : จิรโรจน์ เลิศธนเปี่ยมสุข. 2565

จากรูปที่ 2.12 (ก) ตัว R อยู่กลางระหว่างตัวเลขจึงเป็นทศนิยม และมีหน่วยเป็นโอห์ม (Ω) ดังนั้นอ่านค่าความต้านทานได้เท่ากับ 30.9 โอห์ม

จากรูปที่ 2.13 (ข) ตัว k อยู่กลางระหว่างตัวเลขจึงเป็นทศนิยม และมีหน่วยเป็นกิโลโอห์ม ($k\Omega$) ดังนั้นอ่านค่าความต้านทานได้เท่ากับ 6.8 กิโลโอห์ม

จากรูปที่ 2.13 (ค) ตัว M อยู่กลางระหว่างตัวเลขจึงเป็นทศนิยมและมี หน่วยเป็นเมกะโอห์ม ($M\Omega$) ดังนั้นอ่านค่าความต้านทานได้เท่ากับ 5.6 เมกะโอห์ม

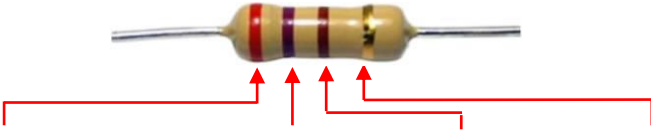
2.2.3 แบบอ่านค่าจากรหัสแถบสี

ค่าความต้านทานที่แสดงเป็นรหัสแถบสี (Color Code) สีที่ระบายเป็นเส้นรอบวง ตัวต้านทานใช้แทนทั้งค่าความต้านทานและค่าความผิดพลาด ต้องแปลงรหัสแถบสีที่กำกับไว้ออกมาเป็นตัวเลข นำตัวเลขทั้งหมดมาแทนตามค่าสีที่กำหนด ได้ค่าตัวตั้ง ตัวคูณ และค่าผิดพลาด และจัดค่าความต้านทานให้เหมาะสม จะได้ค่าความต้านทานและค่าความผิดพลาดออกมาเป็นตัวเลข โดยทั่วไปแถบสีที่เป็นแถบสีค่าผิดพลาดจะอยู่ห่างจากแถบสีอื่นไปทางขวาเป็นแถบสีสุดท้าย แบ่งเป็น 2 แบบ คือ แบบ 4 แถบ และ 5 แถบ ดังรายละเอียด ดังนี้

2.2.2.1 แบบรหัส 4 แถบสี

ตัวต้านทานแบบรหัส 4 แถบสี เริ่มจากซ้ายไปขวา แถบสีที่ 1 และแถบสีที่ 2 แทนตัวเลขค่าความต้านทาน แถบสีที่ 3 แทนค่าตัวคูณ และแถบสีที่ 4 แทนตัวเลขค่าความผิดพลาด ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แสดงแถบสีตัวต้านทานแบบรหัส 4 แถบสี

				
สี	แถบสีที่ 1	แถบสีที่ 2	แถบสีที่ 3 ค่าตัวคูณ	แถบสีที่ 4 ค่าความผิดพลาด
ดำ	0	0	10^0	
น้ำตาล	1	1	10^1	$\pm 1\%$
แดง	2	2	10^2	$\pm 2\%$
ส้ม	3	3	10^3	
เหลือง	4	4	10^4	
เขียว	5	5	10^5	$\pm 0.5\%$
น้ำเงิน	6	6	10^6	$\pm 0.25\%$
ม่วง	7	7	10^7	$\pm 0.1\%$
เทา	8	8	10^8	$\pm 0.05\%$
ขาว	9	9	10^9	
ทอง			10^{-1}	$\pm 5\%$
เงิน			10^{-2}	$\pm 10\%$
ไม่มีสี				$\pm 20\%$

การสังเกตแถบสีให้พิจารณา ดังนี้

1. แถบสีที่อยู่ชิดกัน 3 แถบ แถบสีที่อยู่ชิดขาคตัวต้านทานมากกว่าแถบอื่น เป็นแถบสีที่ 1
2. แถบสีที่ 1 เส้นแถบสีจะเล็กกว่าปกติ
3. แถบสีค่าความผิดพลาด เช่น สีเงิน สีทอง เป็นแถบสีที่ 1 ไม่ได้

ตัวอย่างการอ่านตัวต้านทานแบบแถบสี 4 แถบ ดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 การอ่านค่าตัวต้านทานแบบรหัส 4 แถบสี

ที่มา : จิรโรจน์ เลิศชนเปี่ยมสุข. 2565

จากรูปที่ 2.14 (ก) มีวิธีอ่านค่าความต้านทานได้ ดังนี้

แถบสีที่ 1 สีน้ำตาล มีค่าตัวเลขเท่ากับ 1

แถบสีที่ 2 สีเขียว มีค่าตัวเลขเท่ากับ 5

แถบสีที่ 3 สีดำ มีค่าตัวเลขเท่ากับ X1

แถบสีที่ 4 สีทอง มีค่าความผิดพลาดเท่ากับ $\pm 5\%$

เมื่อนำตัวเลขมาเรียงกันตามแถบสี อ่านค่าความต้านทานได้เท่ากับ $15\ \Omega \pm 5\%$

จากรูปที่ 2.14 (ข) มีวิธีอ่านค่าความต้านทานได้ ดังนี้

แถบสีที่ 1 สีส้ม มีค่าตัวเลขเท่ากับ 3

แถบสีที่ 2 สีดำ มีค่าตัวเลขเท่ากับ 0

แถบสีที่ 3 สีแดง มีค่าตัวเลขเท่ากับ $\times 10^2$

แถบสีที่ 4 สีทอง มีค่าความผิดพลาดเท่ากับ $\pm 5\%$

เมื่อนำตัวเลขมาเรียงตามแถบสี อ่านค่าความต้านทานได้เท่ากับ $3000\ \Omega$ หรือ $3\ \text{k}\Omega$

$\pm 5\%$

2.2.2.2 แบบรหัส 5 แถบสี

ตัวต้านทานแบบรหัส 5 แถบสี เรียงแถบสีจากซ้ายไปขวา โดยกำหนดให้แถบสีที่ 1 อยู่ทางซ้ายมือ ถัดไปเป็นแถบสีที่ 2 และ 3 ตามลำดับ เป็นแถบสีแทนตัวเลขค่าความต้านทาน แถบสีที่ 4 แทนค่าตัวคูณ และแถบสีที่ 5 แทนตัวเลขค่าความผิดพลาด ดังแสดงในตารางที่ 2.3

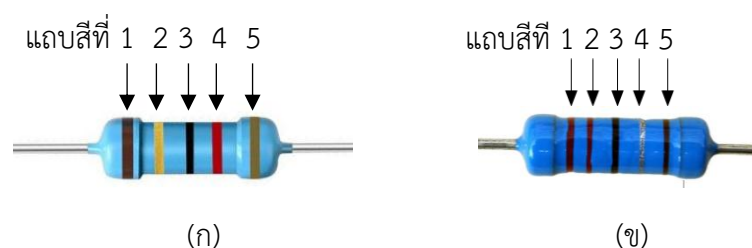
ตารางที่ 2.3 แสดงแถบสีตัวต้านทานแบบรหัส 5 แถบสี

สี	แถบสีที่ 1	แถบสีที่ 2	แถบสีที่ 3	แถบสีที่ 4 ค่าตัวคูณ	แถบสีที่ 5	
					ค่าความผิดพลาด	ตัวอักษร
ดำ	0	0	0	10^0	-	
น้ำตาล	1	1	1	10^1	$\pm 1\%$	F
แดง	2	2	2	10^2	$\pm 2\%$	G
ส้ม	3	3	3	10^3	-	

ตารางที่ 2.3 แสดงแถบสีตัวต้านทานแบบรหัส 5 แถบสี (ต่อ)

สี	แถบสีที่ 1	แถบสีที่ 2	แถบสีที่ 3	แถบสีที่ 4 ค่าตัวคูณ	แถบสีที่ 5	
					ค่าความ ผิดพลาด	ตัวอักษร
เหลือง	4	4	4	10^4	-	
เขียว	5	5	5	10^5	$\pm 0.5\%$	D
น้ำเงิน	6	6	6	-	$\pm 0.25\%$	C
ม่วง	7	7	7	-	$\pm 0.1\%$	B
เทา	8	8	8	-	$\pm 0.05\%$	A
ขาว	9	9	9	-	-	
ทอง				10^{-1}	$\pm 5\%$	J
เงิน				10^{-2}	$\pm 10\%$	K
ไม่มีสี					$\pm 20\%$	M

ตัวอย่างการอ่านตัวต้านทานแบบแถบสี 5 แถบ ดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.15 การอ่านค่าตัวต้านทานแบบรหัส 5 แถบสี

ที่มา : จิรโรจน์ เลิศธนเปี่ยมสุข. 2565

จากรูปที่ 2.15 (ก) มีวิธีอ่านค่าความต้านทานได้ ดังนี้

แถบสีที่ 1 สีน้ำตาล มีค่าตัวเลขเท่ากับ 1

แถบสีที่ 2 สีเหลือง มีค่าตัวเลขเท่ากับ 4

แถบสีที่ 3 สีดำ มีค่าตัวเลขเท่ากับ 0

แถบสีที่ 4 สีแดง มีค่าตัวเลขเท่ากับ $\times 10^2$

แถบสีที่ 5 สีทอง มีค่าความผิดพลาดเท่ากับ $\pm 5\%$

เมื่อนำตัวเลขมาเรียงกันตามแถบสี อ่านค่าความต้านทานได้เท่ากับ $14,000 \Omega \pm 5\%$

หรือ $14 K\Omega \pm 5\%$ แสดงว่าค่าความต้านทาน จะมีค่าอยู่ระหว่าง $13,300 - 14,700 \Omega$

จากรูปที่ 2.15 (ข) มีวิธีอ่านค่าความต้านทานได้ ดังนี้

แถบสีที่ 1 สีแดง มีค่าตัวเลขเท่ากับ 2

แถบสีที่ 2 สีแดง มีค่าตัวเลขเท่ากับ 2

แถบสีที่ 3 สีดำ มีค่าตัวเลขเท่ากับ 0

แถบสีที่ 4 สีเงิน มีค่าตัวเลขเท่ากับ $\times 10^{-2}$

แถบสีที่ 5 สีน้ำตาล มีค่าความผิดพลาดเท่ากับ $\pm 1\%$

เมื่อนำตัวเลขมาเรียงกันตามแถบสี อ่านค่าความต้านทานได้เท่ากับ $2.2 \Omega \pm 1\%$ แสดงว่าค่าความต้านทาน จะมีค่าอยู่ระหว่าง $2.178 - 2.222 \Omega$

2.3 การต่อวงจรตัวต้านทาน

การต่อต้านทาน คือ การนำตัวต้านทานมาต่อรวมกันในวงจรเดียวกัน เพื่อปรับเปลี่ยนค่าความต้านทานในวงจรให้ได้ตามที่ออกแบบไว้ในวงจร การต่อตัวต้านทานแบ่งออกได้ 3 แบบ คือ ต่อแบบอนุกรม ต่อแบบขนาน และต่อแบบผสม การต่อแต่ละแบบจะทำให้ค่าต่าง ๆ ในวงจรเปลี่ยนแปลงไป เช่น กระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า เป็นต้น

เมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับวงจร จะมีกระแสไฟฟ้าไหลในวงจร จะได้ความสัมพันธ์ระหว่าง กระแส แรงดัน และความต้านทาน คือ ความเข้มของกระแสไฟฟ้าภายในวงจรจะแปรผันตรงไปกับแรงดัน และแปรผกผันกับความต้านทานที่ต้องไหลผ่าน ความสัมพันธ์นี้ เรียกว่า กฎของโอห์ม และสามารถแสดงความสัมพันธ์ได้ดังสมการที่ 1

$$I = \frac{V}{R} \quad (1)$$

เมื่อกำหนดให้

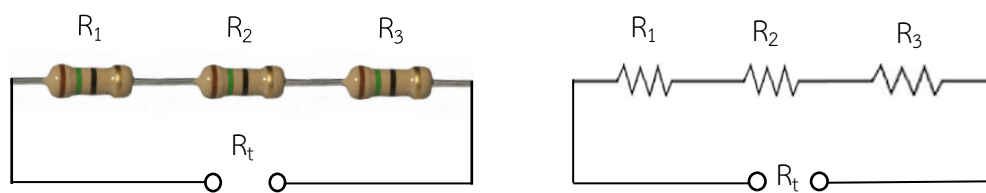
I = กระแสในวงจร มีหน่วยเป็น แอมแปร์ (A)

V = แรงดันไฟฟ้าในวงจร มีหน่วยเป็น โวลต์ (V)

R = ความต้านทานในวงจร มีหน่วยเป็น โอห์ม (Ω)

2.3.1 การต่อแบบอนุกรม (Series Circuit)

การต่อแบบอนุกรม คือ การนำเอาตัวต้านทานแต่ละตัวมาต่อเป็นลำดับต่อเนื่องกัน การต่อแบบนี้ปลายขาของตัวต้านทานตัวที่ 1 จะถูกต่อด้วยหัวปลายขาของตัวต้านทานตัวที่ 2 ส่วนหางปลายขาของตัวที่ 2 จะถูกต่อด้วยหางปลายขาตัวต้านทานตัวที่ 3 และต่อลักษณะเดียวกันนี้ไปเรื่อย ๆ ที่ปลายขาอีกข้างหนึ่งของตัวที่ 1 กับปลายขาของตัวสุดท้ายจะถูกนำไปใช้งาน ดังรูปที่ 2.16



(ก) การต่อวงจรแบบอนุกรมในรูปแบบของจริง (ข) การต่อวงจรแบบอนุกรมในรูปแบบของสัญลักษณ์

รูปที่ 2.16 การต่อวงจรตัวต้านทานแบบอนุกรม

ที่มา : จิรโรจน์ เลิศธนเปี่ยมสุข. 2565

การต่อวงจรแบบอนุกรม จะมีคุณสมบัติ ดังนี้

1. กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรจะไหลผ่านความต้านทานทุกตัวเท่ากัน
2. แรงดันไฟฟ้ารวมของวงจร จะมีค่าเท่ากับผลบวกของแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทาน

แต่ละตัวรวมกัน

3. ค่าความต้านทานรวมของวงจร จะมีค่าเท่ากับค่าความต้านทานแต่ละตัวรวมกัน หรือกล่าวได้ว่า ความต้านทานรวมจะมีค่ามากขึ้น

การหาค่าความต้านทานรวมในวงจรแบบอนุกรม สามารถหาได้จากสมการที่ 2

$$R_t = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n \quad (2)$$

เมื่อกำหนดให้

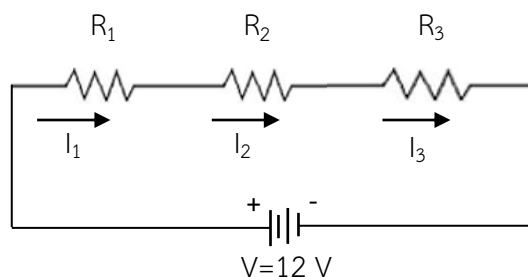
R_t = ความต้านทานรวมของวงจร

R_1 = ความต้านทานตัวต้านทานที่ 1

R_2 = ความต้านทานตัวต้านทานที่ 2

R_3 = ความต้านทานตัวต้านทานที่ 3

R_n = ความต้านทานตัวต้านทานตัวสุดท้าย



รูปที่ 2.17 การไหลของกระแสไฟฟ้าเมื่อต่อวงจรไฟฟ้าตัวต้านทานแบบอนุกรม

ที่มา : จิรโรจน์ เลิศธนเปี่ยมสุข. 2565

การต่อวงจรตัวต้านทานแบบอนุกรม ดังรูปที่ 2.17 เมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับวงจร กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานจะมีค่าเท่ากันทุกตัว ซึ่งกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานแต่ละตัว จะเท่ากับกระแสไฟฟ้าที่มาจากแหล่งจ่าย ดังนั้นจะหากระแสไฟฟ้ารวมได้จากสมการ สมการที่ 3

$$I_t = I_1 = I_2 = I_3 = \dots = I_n \quad (3)$$

เมื่อกำหนดให้

I_t = กระแสไฟฟ้ารวมของวงจร

I_1 = กระแสไฟฟ้าที่ตัวต้านทานตัวที่ 1

I_2 = กระแสไฟฟ้าที่ตัวต้านทานตัวที่ 2

I_3 = กระแสไฟฟ้าที่ตัวต้านทานตัวที่ 3

I_n = กระแสไฟฟ้าที่ตัวต้านทานตัวสุดท้าย

การต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม ผลรวมของแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับตัวต้านทานแต่ละตัวรวมกัน จะเท่ากับแรงดันไฟฟ้าที่แหล่งจ่าย หาแรงดันไฟฟ้ารวมได้จากสมการที่ 4

$$V_t = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n \quad (4)$$

เมื่อกำหนดให้

V_t = แรงดันไฟฟ้ารวมของวงจร

V_1 = แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานตัวที่ 1

V_2 = แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานตัวที่ 2

V_3 = แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานตัวที่ 3

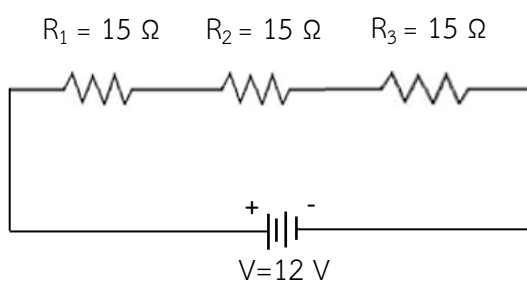
V_n = แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานตัวสุดท้าย

ตัวอย่างที่ 1 ตัวต้านทาน 3 ตัว แต่ละตัวมีค่าความต้านทาน 15 Ω เมื่อนำมาต่อแบบวงจรอนุกรม ตามรูปที่ 2.18 จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้วงจรเท่ากับ 12 โวลต์ จงหาค่าต่าง ๆ ดังนี้

ก. ความต้านทานรวมในวงจร

ข. กระแสไฟฟ้าในวงจร

ค. แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัว



รูปที่ 2.18 ตัวอย่างการต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม
ที่มา : จิรโรจน์ เลิศชนเปี่ยมสุข. 2565

วิธีทำ

ก. หาความต้านทานรวมในวงจร

แทนค่าในสมการที่ 2

$$R_T = 15 \, \Omega + 15 \, \Omega + 15 \, \Omega$$

$$R_T = 45 \, \Omega$$

ดังนั้น ค่าความต้านทานรวมเท่ากับ $45 \, \Omega$

ข. หากระแสไฟฟ้าในวงจร

จากสมการที่ 1

$$I = \frac{V}{R_T} \quad \text{แทนค่าในสมการที่ 1 จะได้}$$

$$I = \frac{12}{45} = 0.266 \, A$$

กระแสไฟฟ้าในวงจรมีค่าเท่ากับ $0.266 \, A$ (กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานทุกตัวมีค่าเท่ากัน นั่นคือ $I_1 = I_2 = I_3 = 0.266 \, A$)

ค. หาแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมความต้านทานแต่ละตัว

จากสมการที่ 1 หาแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัว ได้ดังนี้

$$V = IR$$

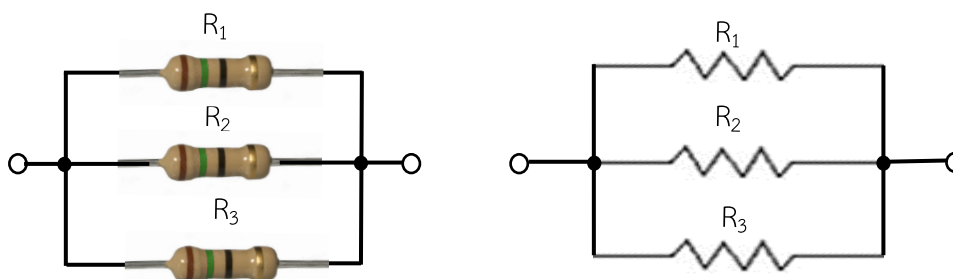
$$V_1 = IR_1 = 0.266 \times 15 = 3.99 \, V$$

$$V_2 = IR_2 = 0.266 \times 15 = 3.99 \, V$$

$$V_3 = IR_3 = 0.266 \times 15 = 3.99 \, V$$

2.3.2 การต่อวงจรแบบขนาน (Parallel Circuits)

การต่อวงจรแบบขนาน คือ การนำปลายขาของตัวต้านทานข้างหนึ่งมาต่อกันทุกตัวที่จุดเดียวกัน และนำปลายขาข้างที่เหลืออยู่มาต่อรวมกันเป็นจุดเดียวกัน ดังรูปที่ 2.18



(ก) การต่อวงจรแบบขนานในรูปของจริง

(ข) การต่อวงจรแบบขนานในรูปของสัญลักษณ์

รูปที่ 2.19 การต่อวงจรตัวต้านทานแบบขนาน

ที่มา : จิรโรจน์ เลิศธนเปี่ยมสุข. 2565

การต่อวงจรแบบขนาน จะมีคุณสมบัติ ดังนี้

1. กระแสไฟฟ้าในวงจรจะแยกไหลผ่านตัวต้านทานแต่ละตัว
2. กรณีในวงจรตัวต้านทานแต่ละตัวมีค่าเท่ากัน กระแสไฟฟ้าที่แยกไหลผ่านความต้านทานแต่ละตัวจะมีค่าเท่ากัน
3. กรณีในวงจรตัวต้านทานแต่ละตัวมีค่าต่างกัน ตัวต้านทานที่มีค่าน้อยจะมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านมากกว่าตัวต้านทานที่มีค่ามาก
4. ถ้าวัดค่าความต้านทานรวมในวงจร จะได้ค่าน้อยกว่าค่าความต้านทานของตัวต้านทานตัวที่มีค่าน้อยที่สุดในวงจร และหาค่าความต้านทานรวมในวงจรได้จากสมการที่ 5

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n} \quad (5)$$

การต่อวงจรตัวต้านทานแบบขนาน เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายจะถูกแบ่งไปที่ตัวต้านทานแต่ละตัว จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับค่าความต้านทานของตัวนั้น ๆ ผลรวมของกระแสไฟฟ้าในวงจรย่อยจะเท่ากับกระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่าย ดังนั้นจะหากระแสไฟฟ้ารวมได้จากสมการที่ 6

$$I_t = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n \quad (6)$$

เมื่อกำหนดให้

I_t = กระแสไฟฟ้ารวมของวงจร

I_1 = กระแสไฟฟ้าที่ตัวต้านทานตัวที่ 1

I_2 = กระแสไฟฟ้าที่ตัวต้านทานตัวที่ 2

I_3 = กระแสไฟฟ้าที่ตัวต้านทานตัวที่ 3

I_n = กระแสไฟฟ้าที่ตัวต้านทานตัวสุดท้าย

การต่อวงจรตัวต้านทานแบบขนาน ดังรูปที่ 2.18 เมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้วงจรแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับตัวต้านทานจะเท่ากันทุกตัว ดังนั้นจะหาแรงดันไฟฟ้ารวมได้จากสมการที่ 7

$$V_t = V_1 = V_2 = V_3 = \dots = V_n \quad (7)$$

เมื่อกำหนดให้

V_t = แรงดันไฟฟ้ารวมของวงจร

V_1 = แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานตัวที่ 1

V_2 = แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานตัวที่ 2

V_3 = แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานตัวที่ 3

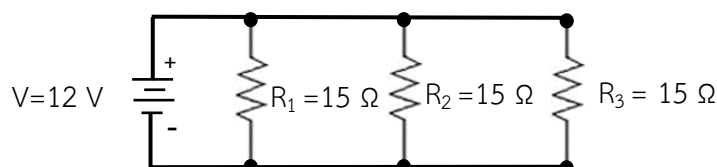
V_n = แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานตัวสุดท้าย

ตัวอย่างที่ 2 ตัวต้านทาน 3 ตัว มีค่า 15 Ω , 15 Ω , 15 Ω ตามลำดับ เมื่อนำมาต่อวงจรแบบขนานตามรูป 2.20 จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้วงจรเท่ากับ 12 โวลต์ จงหาค่าต่าง ๆ ดังนี้

ก. ความต้านทานรวมในวงจร

ข. กระแสไฟฟ้ารวมในวงจร

ค. แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัว



รูปที่ 2.20 ตัวอย่างการต่อวงจรไฟฟ้าแบบขนาน

ที่มา : จิรโรจน์ เลิศธนเปี่ยมสุข. 2565

วิธีทำ

ก. หาความต้านทานรวมในวงจร

แทนค่าในสมการที่ 2

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{15} + \frac{1}{15} + \frac{1}{15}$$

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1+1+1}{15}$$

$$\frac{1}{R_t} = \frac{3}{15}$$

$$R_t = \frac{15}{3} = 5 \Omega$$

ดังนั้น ค่าความต้านทานรวม เท่ากับ 5 Ω

ข. หากระแสไฟฟ้ารวมในวงจร

การหากระแสไฟฟ้ารวมต้องหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานแต่ละตัวก่อน แล้วจึงนำค่าที่ได้ไปบวกกัน จากสมการที่ 1 จะหากระแสไฟฟ้าได้ดังนี้

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

แทนค่าในสมการที่ 1

$$I_1 = \frac{V}{R_1} = \frac{12}{15} = 0.8 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{V}{R_2} = \frac{12}{15} = 0.8 \text{ A}$$

$$I_3 = \frac{V}{R_3} = \frac{12}{15} = 0.8 \text{ A}$$

$$I_t = I_1 + I_2 + I_3$$

$$I_t = 0.8 + 0.8 + 0.8 = 2.4 \text{ A}$$

ค. หาแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมความต้านทานแต่ละตัว

จากสมการที่ 1 หาแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัว ได้ดังนี้

$$V = IR$$

$$V_1 = I_1 R_1 = 0.8 \times 15 = 12 \text{ V}$$

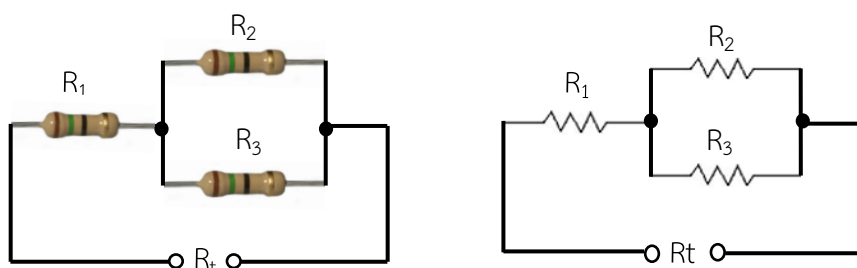
$$V_2 = I_2 R_2 = 0.8 \times 15 = 12 \text{ V}$$

$$V_3 = I_3 R_3 = 0.8 \times 15 = 12 \text{ V}$$

หรือ จากสมการที่ 7 คือ $V_t = V_1 = V_2 = V_3$ เมื่อแทนค่าจะได้ว่า $V_t = 12 \text{ V}$ เพราะว่าการต่อแบบขนานแรงดันไฟฟ้าที่ผ่านตัวต้านทานทุกตัวจะมีค่าเท่ากัน

2.3.3 การต่อวงจรแบบวงจรผสม (Compound Circuits)

การต่อวงจรแบบผสม คือ การต่อตัวต้านทานผสมกันระหว่างการต่อวงจรแบบอนุกรมกับการต่อวงจรแบบขนาน จะคิดค่าความต้านทานรวมจากการต่อแบบวงจรอนุกรมและการต่อแบบวงจรขนานรวมกัน การหาค่าความต้านทานรวมให้ใช้วิธีการหาค่าความต้านทานรวมของตัวที่ขนานกันก่อน ตัวต้านทาน R_2 กับ R_3 ต่อแบบขนานกันอยู่ ส่วน R_1 จะต่อแบบอนุกรมกับ R_2 และ R_3 ดังรูปที่ 2.21



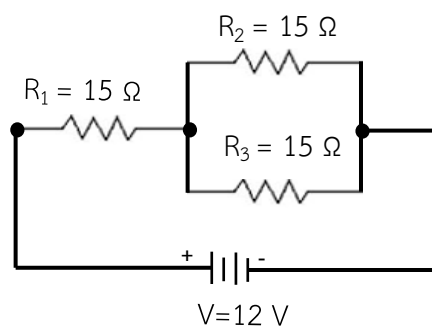
(ก) การต่อวงจรแบบผสมในรูปของจริง (ข) การต่อวงจรแบบผสมในรูปของสัญลักษณ์

รูปที่ 2.21 การต่อวงจรตัวต้านทานแบบผสม

ที่มา : จิรโรจน์ เลิศธนเปี่ยมสุข. 2565

ตัวอย่างที่ 3 ตัวต้านทาน 3 ตัว มีค่า 15 Ω , 15 Ω , 15 Ω ตามลำดับ เมื่อนำมาต่อวงจรแบบวงจรแบบผสมตามรูปที่ 2.22 จ्ञายแรงดันไฟฟ้าให้วงจรเท่ากับ 12 โวลต์ จ्ञหาค่าต่าง ๆ ดังนี้

- ความต้านทานรวมในวงจร
- กระแสไฟฟ้าในวงจร
- แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัว



รูปที่ 2.22 ตัวอย่างการต่อวงจรไฟฟ้าแบบผสม

ที่มา : จิรโรจน์ เลิศธนเปี่ยมสุข. 2565

วิธีทำ

ก. หาความต้านทานรวมในวงจร

จากรูป ต้องพิจารณาตัวต้านทานที่ต่อแบบขนานก่อน จากวงจรจะเห็นว่า R_2 และ R_3 ต่อขนานกันอยู่ ดังนั้นจากสมการที่ 1 จะได้ว่า

$$\frac{1}{R_{23}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

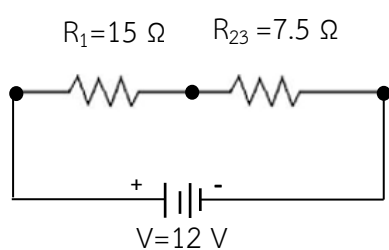
$$\frac{1}{R_{23}} = \frac{1}{15} + \frac{1}{15}$$

$$\frac{1}{R_{23}} = \frac{1+1}{15}$$

$$\frac{1}{R_{23}} = \frac{2}{15}$$

$$R_{23} = \frac{15}{2} = 7.5 \, \Omega$$

จะได้วงจรใหม่เป็นวงจรแบบอนุกรม ดังนี้



จากวงจรใหม่นี้จะเห็นได้ว่า ตัวต้านทาน R_1 กับ R_{23} ต่อวงจรแบบอนุกรมกันอยู่ ดังนั้น จากสมการที่ 1 จะหาความต้านทานรวมได้ ดังนี้

$$R_t = R_1 + R_{23} \quad \text{แทนค่าในสมการ จะได้}$$

$$R_t = 15 + 7.5 = 22.5 \, \Omega$$

ดังนั้น ค่าความต้านทานรวม เท่ากับ $22.5 \, \Omega$

ข. หาค่ากระแสไฟฟ้ารวมของวงจร

จากสมการที่ 1

$$I_t = \frac{V}{R_t} \quad \text{แทนค่าในสมการ จะได้}$$

$$I_t = \frac{12}{22.5} = 0.53 \, \text{A}$$

ค. หาแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัว

$$V_1 = I_t R_1 = 0.533 \times 15 = 7.99 \, \text{V}$$

$$V_2 = V_3 = I_t R_{23} = 0.533 \times 7.5 = 3.99 \, \text{V}$$

2.4. การวัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวต้านทาน

ในการต่อวงจรตัวต้านทานมีลักษณะพื้นฐาน 3 แบบ ได้แก่ แบบอนุกรม แบบขนาน และแบบผสม ซึ่งแต่ละลักษณะของการต่อวงจรจะส่งผลต่อค่าความต้านทานรวม การไหลของกระแสไฟฟ้า และแรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน ซึ่งวิธีการวัดค่าต่าง ๆ รายละเอียดมีดังนี้

2.4.1 การวัดค่าความต้านทาน ในตัวต้านทานมีค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดอยู่ค่าหนึ่ง ถ้าต้องการทราบค่าที่แน่นอน ต้องทำการวัดค่าทีละตัวและทำการต่อโพรบวัดของมัลติมิเตอร์แบบขนานกับตัวต้านทาน โดยไม่ต้องคำนึงถึงขั้วสายวัดของมัลติมิเตอร์ ดังรูปที่ 2.23



รูปที่ 2.23 การวัดค่าความต้านทาน
ที่มา : จิรโรจน์ เลิศชนเปี่ยมสุข. 2565

2.4.2 การวัดค่าความต้านทานรวมของวงจรแบบอนุกรม

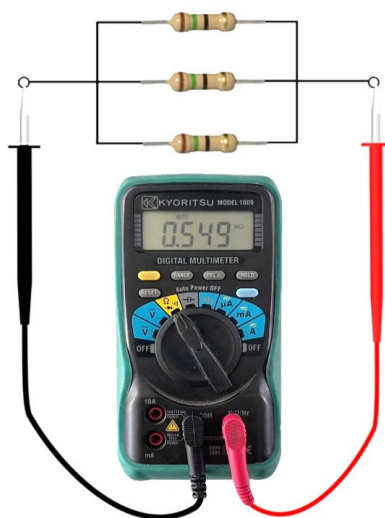
การต่อวงจรตัวต้านแบบอนุกรม ค่าความต้านทานรวมของวงจรจะมีค่าเท่ากับค่าตัวต้านทานทุกตัวรวมกัน และมีวิธีการวัด ดังรูปที่ 2.24



รูปที่ 2.24 การวัดค่าความต้านทานรวมของการต่อวงจรแบบอนุกรม
ที่มา : จิรโรจน์ เลิศชนเปี่ยมสุข. 2565

2.4.3 การวัดค่าความต้านทานรวมของวงจรแบบขนาน

เมื่อต่อวงจรตัวต้านแบบขนาน ค่าความต้านทานรวมของวงจรจะมีค่าน้อยกว่าค่าของตัวต้านทานตัวที่มีค่าน้อยที่สุดในวงจร และมีวิธีการวัด ดังรูปที่ 2.25



รูปที่ 2.25 การวัดค่าความต้านทานรวมของการต่อวงจรแบบขนาน
ที่มา : จิรโรจน์ เลิศชนเปี่ยมสุข. 2565

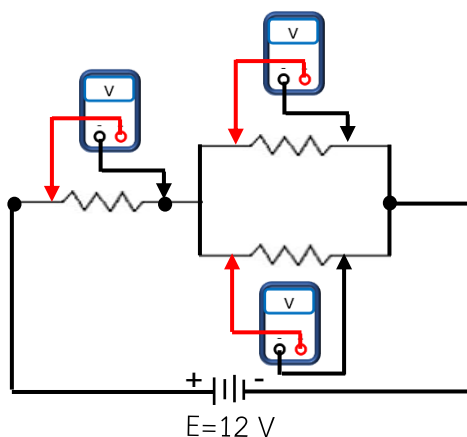
2.4.4 การวัดความต้านทานรวมของวงจรแบบผสม มีวิธีการวัดดังรูปที่ 2.26



รูปที่ 2.26 การวัดค่าความต้านทานรวมของการต่อวงจรแบบผสม
ที่มา : จิรโรจน์ เลิศชนเปี่ยมสุข. 2565

2.4.5 การวัดแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานในวงจร

เมื่อต่อแหล่งจ่ายไฟฟ้าให้กับวงจรของตัวต้านทานทาน จะมีแรงดันไฟฟ้าไหลผ่านตัวต้านทานทุกตัว ค่าแรงดันตกคร่อมที่ตัวต้านทานแต่ละตัวสามารถวัดได้ด้วยการใช้มัลติมิเตอร์ โดยปรับย่านการวัดไปที่การวัดแรงดันไฟฟ้า และต่อโพรบวัดของมัลติมิเตอร์แบบขนานกับตัวต้านทานที่ละตัว ดังรูปที่ 2.27

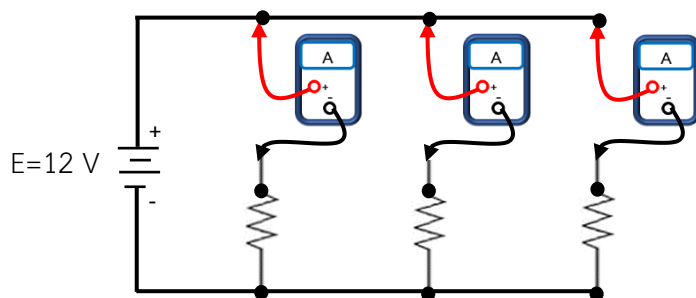


รูปที่ 2.27 การวัดแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมของตัวต้านทาน

ที่มา : จิรโรจน์ เลิศธนเปี่ยมสุข. 2565

2.4.6 การวัดกระแสไฟฟ้า

กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานแต่ละตัวที่อยู่ในวงจรจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับค่าความต้านทานของแต่ละตัว การวัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทาน ให้ปรับย่านการวัดของมัลติมิเตอร์ไปที่มีสัญลักษณ์วัดกระแสไฟฟ้า คือ ตัว A ต่อโพรบวัดมัลติมิเตอร์แบบอนุกรมกับตัวต้านทานที่ต้องการวัดปลายโพรบวัดของมัลติมิเตอร์ขั้วบวก (สีแดง) ให้ต่อที่ขั้วบวกของแหล่งจ่ายไฟฟ้าและปลายโพรบวัดขั้วลบ (สีดำ) ให้ต่อกับขาของตัวต้านทาน ดังรูปที่ 2.28



รูปที่ 2.28 การวัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทาน

ที่มา : จิรโรจน์ เลิศธนเปี่ยมสุข. 2565

สรุป เรื่อง ตัวต้านทาน

ตัวต้านทาน (Resistor) มีหน้าที่ต้านการไหลของกระแสไฟฟ้า เพื่อให้กระแสไฟฟ้าภายในวงจรได้ตามที่ต้องการ มีหน่วยเป็นโอห์ม (Ohm) เขียนย่อว่า Ω ตัวต้านทานมีหลายชนิด ได้แก่ ชนิดค่าคงที่ ชนิดแบ่งค่าได้ ชนิดเปลี่ยนค่าได้ ชนิดปรับค่าได้ การอ่านค่าความต้านทานสามารถอ่านได้ 3 แบบ คือ แบบอ่านค่าโดยตรง แบบเป็นรหัสตัวเลขร่วมกับอักษร และแบบรหัสแถบสี สำหรับการอ่านค่าแบบรหัสแถบสีแบ่งได้เป็นแบบ 4 แถบสี และแบบ 5 แถบสี

การต่อวงจรตัวต้านทาน สามารถต่อได้ 3 แบบ คือ ต่อแบบอนุกรม ต่อแบบขนาน และต่อแบบผสม สำหรับการต่อวงจรตัวต้านทานแต่ละแบบจะมีคุณสมบัติ ดังนี้

การต่อวงจรแบบอนุกรม

1. กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรจะไหลผ่านความต้านทานทุกตัวเท่ากัน
2. แรงดันไฟฟ้ารวมของวงจร จะมีค่าเท่ากับผลบวกของแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทาน

แต่ละตัวรวมกัน

3. ค่าความต้านทานรวมของวงจร จะมีค่าเท่ากับค่าความต้านทานแต่ละตัวรวมกัน หรือกล่าวได้ว่า ความต้านทานรวมจะมีค่ามากขึ้น

การต่อวงจรแบบขนาน

1. กระแสไฟฟ้าในวงจรจะแยกไหลผ่านตัวต้านทานแต่ละตัว
2. กรณีในวงจรตัวต้านทานแต่ละตัวมีค่าเท่ากัน กระแสไฟฟ้าที่แยกไหลผ่านความต้านทาน

แต่ละตัวจะมีค่าเท่ากัน

3. กรณีในวงจรตัวต้านทานแต่ละตัวมีค่าต่างกัน ตัวต้านทานที่มีค่าน้อยจะมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านมากกว่าตัวต้านทานที่มีค่ามาก

4. ถ้าวัดค่าความต้านทานรวมในวงจร จะได้ค่าน้อยกว่าค่าความต้านทานของตัวต้านทานตัวที่มีค่าน้อยที่สุดในวงจร

สำหรับการวัดค่าความต้านทานด้วยมัลติมิเตอร์ต้องทำการต่อโพรบวัดของมัลติมิเตอร์แบบขนานกับตัวต้านทาน ส่วนการวัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานในวงจร ต้องทำการต่อโพรบวัดของมัลติมิเตอร์แบบอนุกรมกับตัวต้านทาน และการวัดแรงดันตกคร่อมของตัวต้านทานในวงจร ต้องต่อสายวัดของมัลติมิเตอร์แบบขนานกับตัวต้านทาน

	ใบแบบฝึกหัด	ชุดการสอนที่ 2
	ชื่อวิชา งานอิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 20101-2103	สอนครั้งที่ 5
	ชื่อหน่วย ตัวต้านทาน	จำนวน 4 ชั่วโมง
ชื่อเรื่อง ตัวต้านทาน		จำนวน 10 นาที

จงเติมคำในช่องว่างให้ถูกต้อง

1. ตัวต้านทาน (Resistor) มีหน้าที่อย่างไร

.....

.....

2. ตัวต้านทานจำแนกได้กี่ชนิด และมีชนิดอะไรบ้าง

.....

.....

3. จากรูป จงจำแนกชนิดของตัวต้านทานให้ถูกต้อง

รูป	ชนิดของตัวต้านทาน
	
	
	
	

4. จากรูป ถ้าตัวต้านทานมีแถบสีแดง ม่วง น้ำตาล ทอง ตามลำดับ จะอ่านค่าความต้านทานที่ถูกต้องได้เท่าไร



อ่านค่าความต้านทานได้เท่ากับ.....

5. การต่อตัวต้านทานมีกี่แบบ คือแบบอะไรบ้าง

.....

.....

6. การต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม จะมีคุณสมบัติอย่างไร

.....

.....

7. จงอธิบายวิธีการวัดกระแสไฟฟ้าและดันไฟฟ้าในวงจรตัวต้านทานที่ถูกต้อง

.....

.....

8. จงแสดงการเขียนวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม แบบขนาน และแบบผสมให้ถูกต้อง

.....

.....

	ใบเฉลยแบบฝึกหัด	ชุดการสอนที่ 2
	ชื่อวิชา งานอิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 20101-2103	สอนครั้งที่ 5
	ชื่อหน่วย ตัวต้านทาน	จำนวน 4 ชั่วโมง
ชื่อเรื่อง ตัวต้านทาน		จำนวน 15 นาที

จงเติมคำในช่องว่างให้ถูกต้อง

1. ตัวต้านทาน (Resistor) มีหน้าที่อย่างไร

ตอบ ตัวต้านทาน (Resistor) มีหน้าที่ต้านการไหลของกระแสไฟฟ้า เพื่อให้กระแสไฟฟ้าภายในวงจรได้ตามที่ต้องการ

2. ตัวต้านทานจำแนกได้กี่ชนิด และมีชนิดอะไรบ้าง

ตอบ ตัวต้านทานจำแนกได้ 4 ชนิด ได้แก่ ชนิดค่าคงที่ ชนิดแบ่งค่าได้ ชนิดเปลี่ยนค่าได้ และชนิดปรับค่าได้

3. จากรูป จงจำแนกชนิดของตัวต้านทานให้ถูกต้อง

ตอบ

รูป	ชนิดของตัวต้านทาน
	ตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้
	ตัวต้านทานชนิดแบ่งค่าได้
	ตัวต้านทานชนิดค่าคงที่
	ตัวต้านทานชนิดเปลี่ยนค่าได้

4. จากรูป ถ้าตัวต้านทานมีแถบสีแดง ม่วง น้ำตาล ทอง ตามลำดับ จะอ่านค่าความต้านทานที่ถูกต้องได้เท่าไร



ตอบ อ่านค่าตัวต้านทานได้ $270\ \Omega$ ค่าความผิดพลาด $\pm 5\%$

5. การต่อตัวต้านทานมีกี่แบบ คือแบบอะไรบ้าง

ตอบ การต่อตัวต้านทานมี 3 แบบ ได้แก่ 1) แบบอนุกรม 2) แบบขนาน 3) แบบผสม

6. การต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม จะมีคุณสมบัติอย่างไร

ตอบ การต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม จะมีคุณสมบัติ ดังนี้

- 1. กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรจะไหลผ่านความต้านทานทุกตัวเท่ากัน
- 2. แรงดันไฟฟ้ารวมของวงจร จะมีค่าเท่ากับผลบวกของแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัวรวมกัน
- 3. ค่าความต้านทานรวมของวงจร จะมีค่าเท่ากับผลบวกของค่าความต้านทานแต่ละตัวรวมกัน หรือค่าความต้านทานรวมจะมีค่ามากขึ้น

7. จงอธิบายวิธีการวัดกระแสไฟฟ้าและดันไฟฟ้าในวงจรตัวต้านทานที่ถูกต้อง

ตอบ

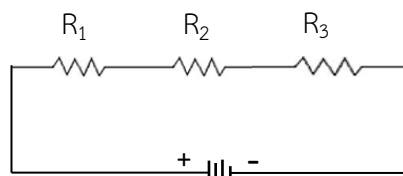
1. วิธีการวัดกระแสไฟฟ้าในวงจรตัวต้านทาน คือ ใช้เครื่องมือวัดต่ออนุกรมระหว่างแหล่งจ่ายไฟกับตัวของตัวต้านทาน

2. วิธีการวัดแรงดันไฟฟ้าในวงจรตัวต้านทาน คือ ใช้เครื่องมือวัดต่อขนานกับวงจร

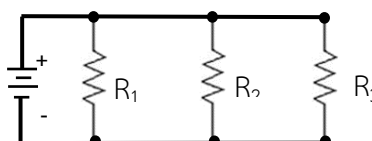
8. จงแสดงการเขียนวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม แบบขนาน และแบบผสมให้ถูกต้อง

ตอบ

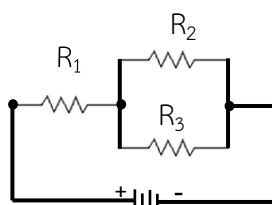
การต่อวงจรแบบอนุกรม



การต่อวงจรแบบขนาน



การต่อวงจรแบบผสม



	ใบมอผลงาน		ชุดการสอนที่ 2
	ชื่อวิชา งานอิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 20101-2103		สอนครั้งที่ 5
	ชื่อหน่วย ตัวต้านทาน		จำนวน 4 ชั่วโมง
ชื่อเรื่อง อภิปราย เรื่อง ตัวต้านทาน			จำนวน 1 ชั่วโมง 30 นาที
จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เพื่อให้ผู้เรียนสามารถอภิปราย สรุปหัวข้อ เรื่อง ตัวต้านทาน			
ข้อตกลงเบื้องต้น ให้ผู้เรียนแบ่งกลุ่มโดยครูจัดให้ผู้เรียนแต่ละคนเก่ง ปานกลาง และอ่อน อยู่ในกลุ่มเดียวกัน ร่วมกันศึกษาและอภิปรายเกี่ยวกับ เรื่อง ตัวต้านทาน จากความคิดของกลุ่ม			
สื่อการเรียนการสอน 1. สื่อสิ่งพิมพ์ 1.1 เอกสารใบความรู้เรื่อง ตัวต้านทาน 1.2 ใบมอผลงานที่ 1 เรื่อง การอภิปราย เรื่อง ตัวต้านทาน 1.3 แบบประเมินผล 2. สื่อโสตทัศน 2.1 สื่อ Power Point ประกอบการเรียน เรื่อง ตัวต้านทาน 2.2 สื่อของจริง ได้แก่ ตัวต้านทานหลายชนิด และหลากหลายค่า			
ลำดับขั้นตอนการดำเนินงาน 1. แบ่งกลุ่มผู้เรียนโดยแต่ละคนเก่ง ปานกลาง และอ่อน โดยให้ผู้เรียนเลือกประธานและเลขากลุ่ม 2. แต่ละกลุ่มอภิปราย เกี่ยวกับเรื่อง ตัวต้านทาน ได้แก่ หน้าที่ ชนิด การอ่านค่า การต่อวงจร 3. ให้แต่ละกลุ่มนำเสนอผลการอภิปรายความรู้เกี่ยวกับ ตัวต้านทานตามแบบประเมินผล ใบมอผลงาน			
เกณฑ์การประเมิน คะแนนรวมตามแบบประเมินผลใบมอผลงาน ไม่ต่ำกว่า ร้อยละ 70			

	แบบประเมินผลใบมอบงาน		ชุดการสอนที่ 2			
	ชื่อวิชา งานอิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 20101-2103		สอนครั้งที่ 5			
	ชื่อหน่วย ตัวต้านทาน		จำนวน 4 ชั่วโมง			
ชื่อเรื่อง อภิปราย เรื่อง ตัวต้านทาน			จำนวน 1 ชั่วโมง 30 นาที			
หัวข้ออภิปราย ตัวต้านทาน ชื่อกลุ่ม สมาชิกกลุ่ม 1..... 2..... 3..... 4..... 5.....						
หัวข้อประเมิน			ระดับคะแนน			
			4	3	2	1
1. การแบ่งหน้าที่ 2. ความรับผิดชอบ 3. การอภิปรายในกลุ่ม 4. การทำงานเป็นทีม 5. ความพร้อมในการนำเสนอ 6. การแสดงความคิดเห็น 7. ความชัดเจนในการนำเสนอ 8. การตอบข้อซักถาม 9. การแต่งกาย บุคลิกภาพ 10. การสรุปประเด็นสำคัญ						
รวมคะแนนทั้งหมด						
..... (.....) ผู้เรียน			 (นายจิรโรจน์ เลิศธนเปี่ยมสุข) ครูผู้สอน			

	แบบสรุปประเมินผลใบมอบงาน		หน่วยที่ 2
	ชื่อวิชา งานอิเล็กทรอนิกส์ยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 20101-2103		สอนครั้งที่ 5
	ชื่อหน่วย เครื่องมือวัดและทดสอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ยนต์		จำนวน 4 ชั่วโมง
ชื่อเรื่อง อภิปราย เรื่อง ตัวต้านทาน จำนวน 1 ชั่วโมง 30 นาที			
หัวข้ออภิปราย เครื่องมือวัดและทดสอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ยนต์ ชื่อกลุ่ม สมาชิกกลุ่ม 1..... 2..... 3..... 4..... 5.....			
รายการประเมิน	คะแนนเต็ม	ผลคะแนน	หมายเหตุ
1. การแบ่งหน้าที่	4		คะแนนเต็ม รวม 40 คะแนน คะแนน เกณฑ์คุณภาพ 35-40 ดีมาก 30 -34 ดี 25 -29 ปานกลาง 20- 24 น้อย น้อยกว่า 20 น้อยมาก
2. ความรับผิดชอบ	4		
3. การอภิปรายกลุ่ม	4		
4. การทำงานเป็นทีม	4		
5. ความพร้อมในการนำเสนอ	4		
6. การแสดงความคิดเห็น	4		
7. ความชัดเจนในการนำเสนอ	4		
8. การตอบข้อซักถาม	4		
9. การแต่งกาย บุคลิกภาพ	4		
10. การสรุปประเด็นสำคัญ	4		
..... (.....) ผู้เรียน (นายจิรโรจน์ เลิศชนเปี่ยมสุข) ครูผู้สอน			

เกณฑ์การประเมินผลในมอผลงาน		
หัวข้อประเมิน	ระดับคะแนน	รายละเอียดเกณฑ์การให้คะแนน
1. การแบ่งหน้าที่	4	มีการแบ่งหน้าที่อย่างชัดเจน เหมาะสมและกระจายภาระงานอย่างสมดุล
	3	มีการแบ่งหน้าที่ค่อนข้างชัดเจน การกระจายงานค่อนข้างสมดุล
	2	การแบ่งหน้าที่ยังไม่ค่อยชัดเจน การกระจายงานไม่ค่อยสมดุล
	1	ไม่มีการแบ่งหน้าที่ที่ชัดเจน การกระจายงานไม่สมดุล
2. ความรับผิดชอบ	4	ทำงานที่ได้รับมอบหมายสำเร็จครบถ้วนและตรงเวลา สม่ำเสมอ มีความกระตือรือร้นในการทำงาน ช่วยเหลือผู้อื่นด้วยความเต็มใจเมื่อทำงานของตนเสร็จแล้ว
	3	ทำงานที่ได้รับมอบหมายสำเร็จและส่งตรงเวลาเป็นส่วนใหญ่ มีความตั้งใจในการทำงานตามที่ได้รับมอบหมาย ให้ความร่วมมือกับผู้อื่น
	2	ทำงานสำเร็จแต่มีข้อผิดพลาดบ้าง ต้องมีการกระตุ้นหรือติดตามจึงจะทำงาน ให้ความร่วมมือกับผู้อื่นเป็นบางครั้ง
	1	ขาดความกระตือรือร้นในการทำงาน ไม่ให้ความร่วมมือกับผู้อื่น
3. การอภิปรายในกลุ่ม	4	ให้ความร่วมมือในการทำงานกลุ่มอย่างเต็มที่ ช่วยสร้างบรรยากาศที่ดีในการอภิปราย
	3	ให้ความร่วมมือในการทำงานกลุ่มดี และมีส่วนร่วมในการสร้างบรรยากาศที่ดี
	2	ให้ความร่วมมือในการทำงานกลุ่มบ้าง และไม่ค่อยมีส่วนร่วมในการสร้างบรรยากาศที่ดี
	1	ไม่ให้ความร่วมมือในการทำงานกลุ่ม และไม่สนใจบรรยากาศการทำงานกลุ่ม

เกณฑ์การประเมินผลใบมอบงาน		
หัวข้อประเมิน	ระดับคะแนน	รายละเอียดเกณฑ์การให้คะแนน
4. การทำงานเป็นทีม	4	มีส่วนร่วมอย่างสม่ำเสมอและแสดงความคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ รับผิดชอบงานที่ได้รับมอบหมายได้ครบถ้วน สื่อสารกับสมาชิกในทีมอย่างชัดเจนและสม่ำเสมอ
	3	มีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น ทำงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จตามกำหนด แต่อาจมีข้อผิดพลาดเล็กน้อย มีการสื่อสารกับทีมในระดับที่เหมาะสม
	2	มีส่วนร่วมน้อย ทำงานที่ได้รับมอบหมายไม่ครบถ้วน ให้ความช่วยเหลือเพื่อนร่วมทีมน้อย การสื่อสารกับทีมไม่สม่ำเสมอ
	1	ไม่มีส่วนร่วมเลย ไม่ให้ความช่วยเหลือเพื่อนร่วมทีม และแทบไม่มีการสื่อสารกับทีม
5. ความพร้อมในการนำเสนอ	4	เนื้อหาครบถ้วน ถูกต้อง และมีการจัดลำดับอย่างเป็นระบบ มีการยกตัวอย่างประกอบที่ชัดเจนและเข้าใจง่าย
	3	เนื้อหาครบถ้วน มีการจัดลำดับที่เข้าใจได้ มีการยกตัวอย่างประกอบ
	2	เนื้อหาค่อนข้างครบ แต่การจัดลำดับยังไม่ชัดเจน มีตัวอย่างประกอบบ้าง แต่ไม่ชัดเจน
	1	เนื้อหาไม่ครบถ้วน ขาดการจัดลำดับ ไม่มีตัวอย่างประกอบ
6. การแสดงความคิดเห็น	4	มีส่วนร่วมในการอภิปรายอย่างสม่ำเสมอและกระตือรือร้น แสดงความคิดเห็นที่เป็นประโยชน์และสร้างสรรค์ตลอดการอภิปราย
	3	มีส่วนร่วมในการอภิปรายเป็นระยะ และแสดงความคิดเห็นที่เป็นประโยชน์หลายครั้ง
	2	มีส่วนร่วมในการอภิปรายเป็นบางครั้ง แสดงความคิดเห็นเมื่อถูกถาม
	1	แทบไม่มีส่วนร่วมในการอภิปราย ไม่แสดงความคิดเห็นแม้จะถูกถาม

เกณฑ์การประเมินผลใบมอบงาน		
หัวข้อประเมิน	ระดับคะแนน	รายละเอียดเกณฑ์การให้คะแนน
7. ความชัดเจนในการนำเสนอ	4	สื่อสารได้ชัดเจน เข้าใจง่าย ใช้น้ำเสียงและภาษากายที่เหมาะสม มีความรู้ในเนื้อหาที่นำเสนอดีมาก
	3	สื่อสารได้เข้าใจ ใช้น้ำเสียงและภาษากายที่เหมาะสมเป็นส่วนใหญ่ มีความรู้ในเนื้อหาที่นำเสนอได้ดี
	2	สื่อสารได้เข้าใจบ้าง น้ำเสียงและภาษากายไม่ค่อยเหมาะสม ขาดความรู้ในเนื้อหาที่นำเสนอเป็นส่วนใหญ่
	1	สื่อสารไม่ชัดเจน เข้าใจยาก น้ำเสียงและภาษากายไม่เหมาะสม และขาดความรู้ในเนื้อหาที่นำเสนอ
8. การตอบข้อซักถาม	4	การตอบข้อซักถามได้ชัดเจน ถูกต้อง เข้าใจง่าย และมีความรู้ในเนื้อหาเป็นอย่างดี
	3	การตอบข้อซักถามได้ชัดเจน ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ และมีความรู้ในเนื้อหาดี
	2	การตอบข้อซักถามได้บ้าง และมีความรู้ในเนื้อหาน้อย
	1	การตอบข้อซักถามไม่ได้เลย และไม่มีความรู้ในเนื้อหา
9. การแต่งกายบุคลิกภาพ	4	การแต่งกายถูกต้องตามระเบียบที่วิทยาลัยกำหนดถูกต้องทั้งหมด มีความสะอาด บุคลิกภาพดี
	3	การแต่งกายไม่ถูกต้องตามระเบียบที่วิทยาลัยกำหนดบ้าง มีความสะอาด บุคลิกภาพดี
	2	การแต่งกายไม่ถูกต้องตามระเบียบที่วิทยาลัยกำหนดเป็นส่วนใหญ่ ขาดความสะอาด บุคลิกภาพไม่เหมาะสม
	1	การแต่งกายไม่ถูกต้องตามระเบียบที่วิทยาลัยกำหนด ขาดความสะอาด บุคลิกภาพต้องปรับปรุง
10. การสรุปประเด็นสำคัญ	4	สรุปประเด็นสำคัญได้ถูกต้องครบถ้วนทั้งหมด
	3	สรุปประเด็นสำคัญได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่
	2	สรุปประเด็นสำคัญได้บ้าง บางหัวข้อ
	1	สรุปประเด็นสำคัญไม่ได้เลย

	ใบงานที่ 2.1	หน่วยที่ 1
	ชื่อวิชา งานอิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 20101-2103	สอนครั้งที่ 5
	ชื่อหน่วย ความต้านทาน	จำนวน 4 ชั่วโมง
ชื่อเรื่อง งานต่อวงจรและวัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวต้านทาน		จำนวน 1 ชั่วโมง

หัวข้อชื่อเรื่องและงาน

ปฏิบัติตามใบงานที่ 2.1 งานต่อวงจรและวัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวต้านทาน

สาระการเรียนรู้

การต่อวงจรตัวต้านทานมีด้วยกัน 3 แบบ คือ การต่อวงจรแบบอนุกรม การต่อวงจรแบบขนาน และการต่อวงจรแบบผสม ในการต่อวงจรแต่ละแบบทำค่าต่าง ๆ ในวงจรเปลี่ยนแปลงไป ได้แก่ ค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมในวงจร ค่าความต้านทานรวมของวงจร และค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทาน

สมรรถนะที่พึงประสงค์

1. สามารถต่อวงจรตัวต้านทานแบบต่าง ๆ ตามใบงานได้
2. สามารถวัดค่าต่าง ๆ ตามใบงานได้

สมรรถนะด้านความรู้ (K)

1. บอกวิธีการต่อวงจรตัวต้านทานแต่ละแบบได้
2. อธิบายวิธีการต่อวงจรตัวต้านทานแต่ละแบบได้
3. อธิบายวิธีการวัดและอ่านค่าต่าง ๆ ในวงจรได้

สมรรถนะด้านทักษะ (S)

1. ต่อวงจรตัวต้านทานแบบต่าง ๆ ได้
2. วัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวต้านทานได้
3. อ่านค่าต่าง ๆ จากการวัดในวงจรตัวต้านทานได้

สมรรถนะด้านเจตคติ (A)

1. มีความตรงต่อเวลา
2. มีระเบียบวินัย
3. มีความประณีต รอบคอบ
4. มีความสะอาดและปลอดภัย
5. รักษาสภาพแวดล้อม

เนื้อหาสาระ

1. การต่อวงจรตัวต้านทานแบบอนุกรม แบบขนานและแบบผสม
2. การวัดค่าความต้านทาน
3. การวัดค่าแรงดันไฟฟ้าในวงจร
4. การวัดค่ากระแสไฟฟ้าในวงจร

ลำดับขั้นการปฏิบัติงาน

1. เตรียมมัลติมิเตอร์และอุปกรณ์ ตามที่กำหนดในใบงาน
2. ตรวจสอบสภาพเครื่องมือ อุปกรณ์
3. เตรียมพื้นที่ปฏิบัติงาน
4. ปฏิบัติตามใบงาน

จุดประสงค์การสอน

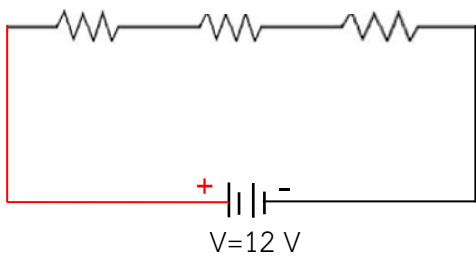
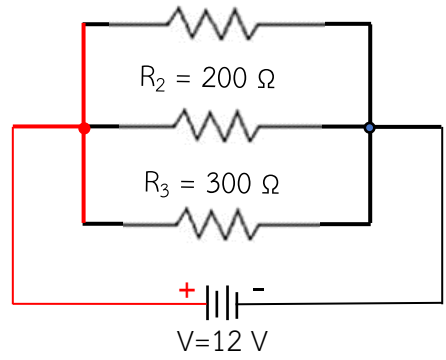
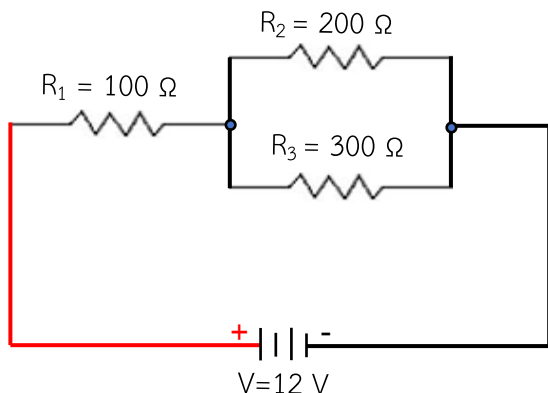
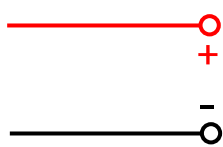
จุดประสงค์ทั่วไป

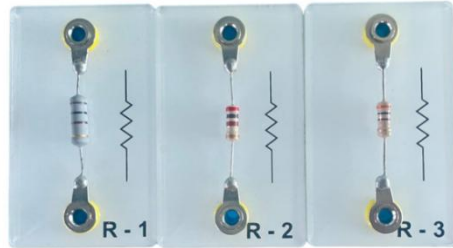
เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการต่อวงจรตัวต้านทานแบบต่าง ๆ การวัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวต้านทาน อย่างประณีต รอบคอบ สะอาดปลอดภัย และรักษาสภาพแวดล้อม

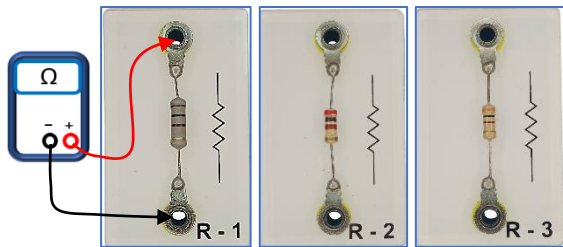
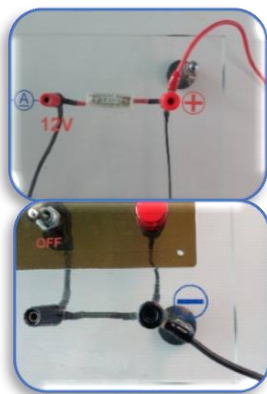
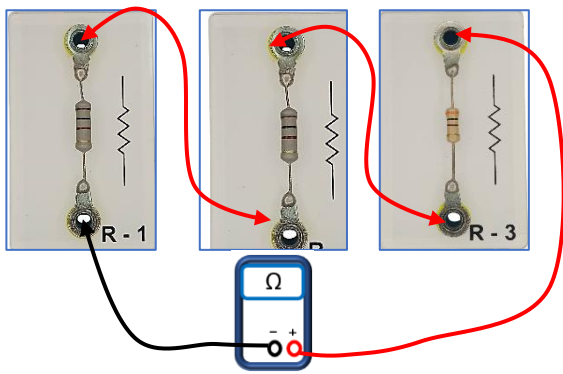
จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

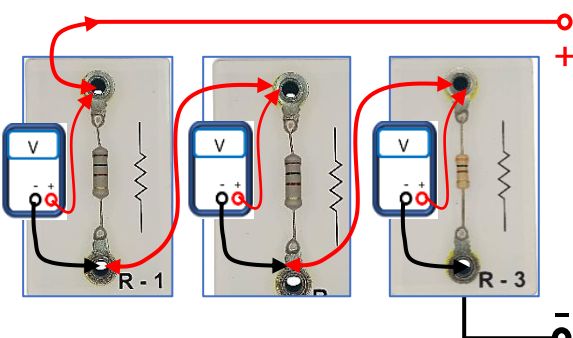
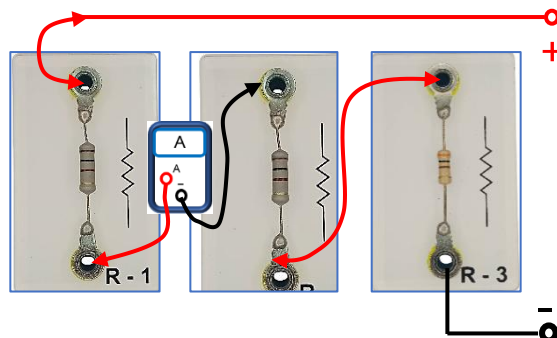
หลังจากเรียนจบหน่วยการเรียนรู้ ผู้เรียนสามารถ

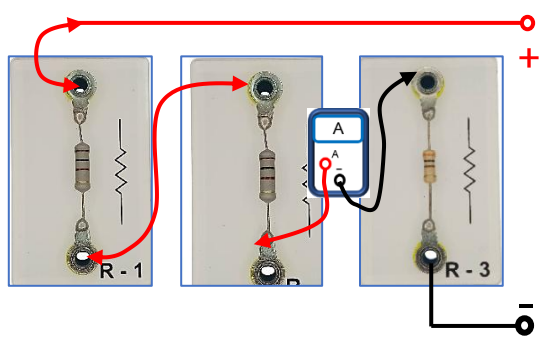
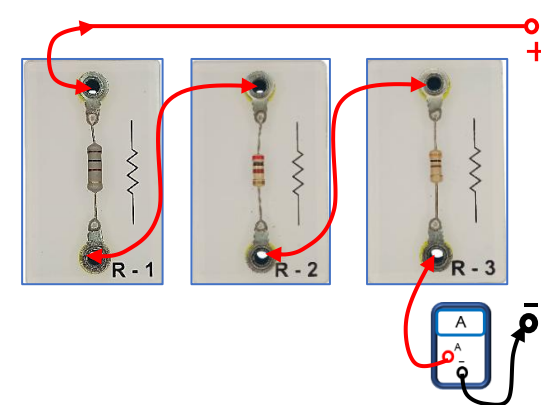
1. บอกวิธีการต่อวงจรตัวต้านทานแต่ละแบบได้
2. อธิบายวิธีการต่อวงจรตัวต้านทานแต่ละแบบได้
3. อธิบายวิธีการวัดและอ่านค่าต่าง ๆ ในวงจรได้
4. ต่อวงจรตัวต้านทานแบบต่าง ๆ ได้
5. วัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวต้านทานได้
6. อ่านค่าต่าง ๆ จากการวัดในวงจรตัวต้านทานได้
7. ทำความสะอาดเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติงานได้
8. จัดเก็บเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติงานได้

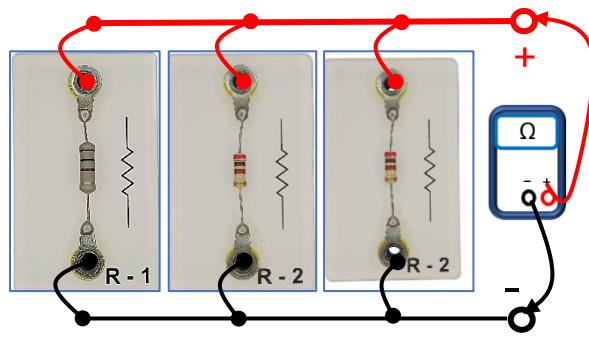
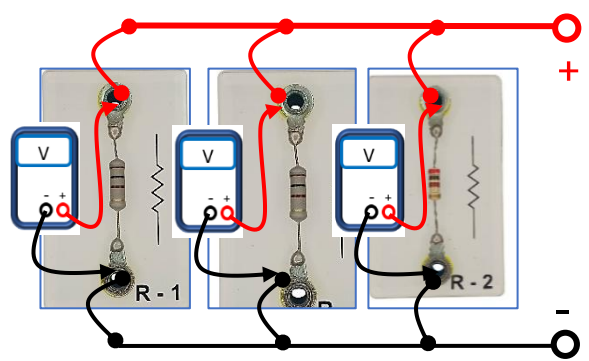
	ใบงานที่ 2.1	หน่วยที่ 2
	ชื่อวิชา งานอิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 20101-2103	สอนครั้งที่ 5
	ชื่อหน่วย ตัวต้านทาน	จำนวน 4 ชั่วโมง
ชื่อเรื่อง งานต่อวงจรและวัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวต้านทาน		จำนวน 1 ชั่วโมง
คำสั่ง - ให้ผู้เรียนปฏิบัติการต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม แบบขนาน และแบบผสมตามที่กำหนดในใบงาน - ให้ผู้เรียนวัดค่าความต้านทานรวม วัดแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทาน และวัดกระแสไฟฟ้าในวงจร ตามที่กำหนดในใบงาน		
$R_1 = 100\ \Omega$ $R_2 = 200\ \Omega$ $R_3 = 300\ \Omega$  $V = 12\text{ V}$ การต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม $R_1 = 100\ \Omega$  $V = 12\text{ V}$ การต่อวงจรไฟฟ้าแบบขนาน $R_1 = 100\ \Omega$ $R_2 = 200\ \Omega$  $V = 12\text{ V}$ การต่อวงจรไฟฟ้าแบบผสม  สัญลักษณ์ขั้วบวก ขั้วลบ ของแผงชุดฝึกทักษะ		

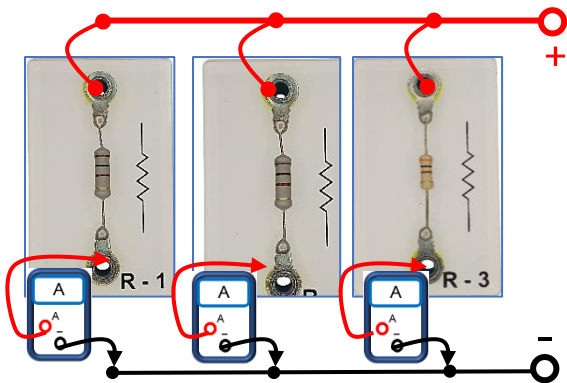
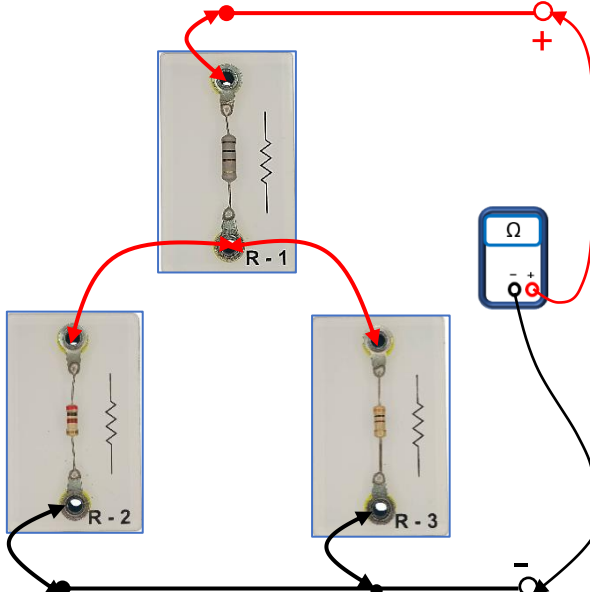
	ใบงานที่ 2.1 (ต่อ)		หน่วยที่ 2
	ชื่อวิชา งานอิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 20101-2103		สอนครั้งที่ 5
	ชื่อหน่วย ตัวต้านทาน		จำนวน 4 ชั่วโมง
ชื่อเรื่อง งานต่อวงจรและวัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวต้านทาน			จำนวน 1 ชั่วโมง
เครื่องมือ อุปกรณ์			
1. มัลติมิเตอร์แบบดิจิทัล		2. เพาเวอร์ซัพพลายแบบ DC	
			
3. ตัวต้านทาน $R_1 = 100 \, \Omega$, $R_2 = 200 \, \Omega$, $R_3 = 300 \, \Omega$,		4. ชุดฝึกทักษะต่อวงจรตัวต้านทาน ประกอบด้วย แผงวางอุปกรณ์ ชุดสายไฟต่อวงจร	
			

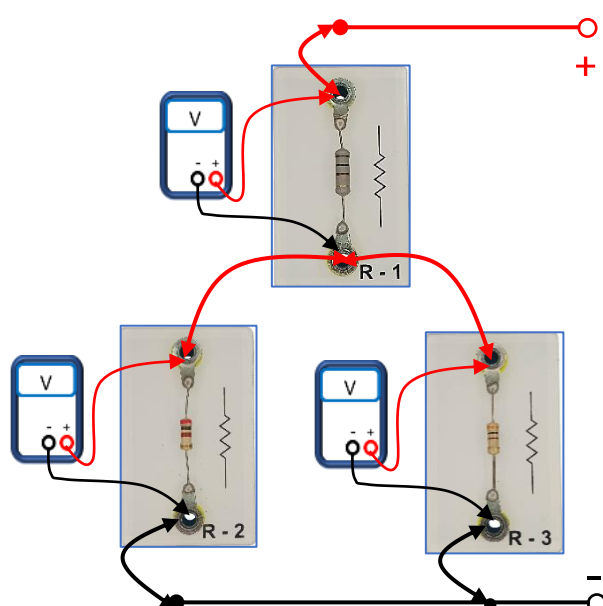
	ขั้นตอนการปฏิบัติงาน		หน่วยที่ 2
	ชื่อวิชา งานอิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 20101-2103		สอนครั้งที่ 5
	ชื่อหน่วย ตัวต้านทาน		จำนวน 4 ชั่วโมง
ชื่อเรื่อง งานต่อวงจรและวัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวต้านทาน			จำนวน 1 ชั่วโมง
ขั้นตอนการปฏิบัติ		รูปขั้นตอนการปฏิบัติงาน	
1. เตรียมเครื่องมือ อุปกรณ์ 2. วางตัวต้านทาน R_1, R_2 และ R_3 บนแผงชุดฝึก ทักะตามลำดับ ดังรูป แล้วทำการวัดค่าความต้านทาน R_1, R_2 และ R_3 ทีละตัว (ปรับสวิตช์ย่านการวัดมัลติมิเตอร์ไปที่การวัดความต้านทาน)			
3. ต่อชุดสายไฟสำหรับป้อนไฟเข้ากับชุดฝึก ทักะแล้วขันให้แน่น ดังรูป จากนั้นต่อสายไฟของเพาเวอร์ซัพพลายเข้ากับแหล่งจ่ายไฟ 220 VAC โดยที่ยังไม่ต้องเปิดสวิตช์เพาเวอร์ซัพพลาย		 ขั้วบวก ขั้วลบ	
4. วางตัวต้านทาน R_1, R_2 และ R_3 บนแผงชุดฝึก ทักะตามรูป แล้วทำการต่อวงจรแบบอนุกรม โดยใช้ชุดสายไฟสำหรับต่อวงจร - ให้ทำการวัดค่าความต้านทานรวมของวงจรแบบอนุกรม หมายเหตุ ขณะนี้ยังไม่ต้องทำการจ่ายไฟฟ้าจากเพาเวอร์ซัพพลายเข้ากับวงจร			

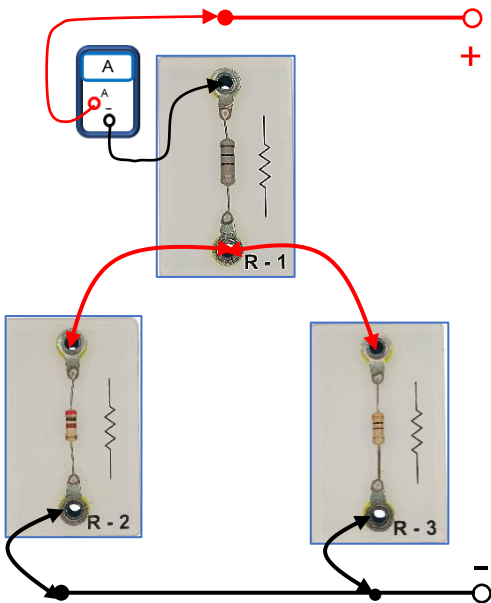
	ขั้นตอนการปฏิบัติงาน (ต่อ)	หน่วยที่ 2
	ชื่อวิชา งานอิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 20101-2103	สอนครั้งที่ 5
	ชื่อหน่วย ตัวต้านทาน	จำนวน 4 ชั่วโมง
ชื่อเรื่อง งานต่อวงจรและวัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวต้านทาน		จำนวน 1 ชั่วโมง
5. เปิดสวิตช์เพาเวอร์ซัพพลาย แล้วปรับแรงดันให้ได้ 12 โวลต์ ปรับกระแสไฟฟ้าไปที่ 2 แอมแปร์	 ปุ่มปรับแรงดันไฟฟ้า ปุ่มปรับกระแสไฟฟ้า	
6. วัดแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานที่ R_1, R_2 และ R_3 ทีละตัว ดังรูป		
7. ถอดสายไฟระหว่างตัวต้านทาน R_1 กับ R_2 ออก - วัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทาน R_1 โดยต่อมัลติมิเตอร์แบบอนุกรม ดังรูป (ปรับสวิตช์ย่านการวัดมัลติมิเตอร์ไปที่การวัดกระแสไฟฟ้า) - ต่อสายไฟระหว่างตัวต้านทาน R_1 กับ R_2 เข้าที่เดิม		

	ขั้นตอนการปฏิบัติงาน (ต่อ)		หน่วยที่ 2
	ชื่อวิชา งานอิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 20101-2103		สอนครั้งที่ 5
	ชื่อหน่วย ตัวต้านทาน		จำนวน 4 ชั่วโมง
ชื่อเรื่อง งานต่อวงจรและวัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวต้านทาน			จำนวน 1 ชั่วโมง
ขั้นตอนการปฏิบัติ		รูปประกอบ	
8. ถอดสายไฟระหว่างตัวต้านทาน R_2 กับ R_3 ออก - วัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทาน R_2 โดยต่อมัลติมิเตอร์แบบอนุกรม ดังรูป - ต่อสายไฟระหว่างตัวต้านทาน R_2 กับ R_3 เข้าที่เดิม			
9. ถอดสายไฟระหว่างตัวต้านทาน R_3 กับขั้วลบของเพาเวอร์ซัพพลายออก - วัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทาน R_3 โดยต่อมัลติมิเตอร์แบบอนุกรม ดังรูป 10. ให้ปรับแรงดันที่เพาเวอร์ซัพพลายให้ลดลงเป็น 0 โวลต์ และปรับกระแสให้ลดลงเป็น 0 แอมแปร์ แล้วปิดสวิตช์เพาเวอร์ซัพพลาย			
หมายเหตุ เมื่อถอดสายไฟออกระหว่างตัวต้านทานแต่ละตัว ก่อนทำการวัดกระแสไฟ เมื่อทำการวัดกระแสไฟฟ้าเรียบร้อยแล้ว ให้ทำการต่อสายไฟเส้นที่ถอดออกเข้าที่เดิมทุกครั้งก่อนทำการวัดกระแสไฟในลำดับถัดไป			

	ขั้นตอนการปฏิบัติงาน (ต่อ)	หน่วยที่ 2
	ชื่อวิชา งานอิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 20101-2103	สอนครั้งที่ 5
	ชื่อหน่วย ตัวต้านทาน	จำนวน 4 ชั่วโมง
ชื่อเรื่อง งานต่อวงจรและวัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวต้านทาน		จำนวน 1 ชั่วโมง
ขั้นตอนการปฏิบัติ	รูปประกอบ	
11. ต่อวงจรตัวต้านทาน R_1 R_2 และ R_3 แบบขนาน โดยใช้ชุดสายไฟสำหรับต่อวงจร - ทำการวัดค่าความต้านทานรวมของวงจรแบบขนาน ดังรูป หมายเหตุ ในขั้นตอนนี้ยังไม่ต้องทำการจ่ายไฟจากเพาเวอร์ซัพพลายเข้ากับวงจร		
12. เปิดสวิตช์เพาเวอร์ซัพพลาย แล้วปรับแรงดันให้ได้ 12 โวลต์ ปรับกระแสไฟฟ้าไปที่ 2 แอมแปร์		
13. วัดแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานที่ R_1, R_2 และ R_3 ทีละตัว (ปรับสวิตช์ย่านการวัดมัลติมิเตอร์ไปที่การวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง)		

	ขั้นตอนการปฏิบัติงาน (ต่อ)		หน่วยที่ 2
	ชื่อวิชา	งานอิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 20101-2103	สอนครั้งที่ 5
	ชื่อหน่วย	ตัวต้านทาน	จำนวน 4 ชั่วโมง
ชื่อเรื่อง งานต่อวงจรและวัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวต้านทาน			จำนวน 1 ชั่วโมง
ขั้นตอนการปฏิบัติ		รูปประกอบ	
14. ถอดสายไฟด้านที่ต่อกับแหล่งจ่ายไฟชั่วคราว ลบออกจากตัวต้านทานทีละตัว - วัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทาน R_1, R_2, และ R_3 ทีละตัว โดยต่อมัลติมิเตอร์แบบอนุกรม ดังรูป 15. ให้ปรับแรงดันที่เพาเวอร์ซัพพลายให้ลดลงเป็น 0 โวลต์ และปรับกระแสให้ลดลงเป็น 0 แอมแปร์ แล้วปิดสวิตช์เพาเวอร์ซัพพลาย			
16. วางตัวต้านทาน R_1 R_2 และ R_3 ดังรูป แล้วทำการต่อวงจรแบบผสม โดยใช้ชุดสายไฟสำหรับต่อวงจร - ให้ทำการวัดค่าความต้านทานรวม ของวงจรแบบผสม ดังรูป หมายเหตุ ขณะนี้ยังไม่ต้องทำการจ่ายไฟจากเพาเวอร์ซัพพลายเข้าที่วงจร			

	ขั้นตอนการปฏิบัติงาน (ต่อ)		หน่วยที่ 2
	ชื่อวิชา งานอิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 20101-2103		สอนครั้งที่ 5
	ชื่อหน่วย ตัวต้านทาน		จำนวน 4 ชั่วโมง
ชื่อเรื่อง งานต่อวงจรและวัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวต้านทาน			จำนวน 1 ชั่วโมง
ขั้นตอนการปฏิบัติ		รูปประกอบ	
17. เปิดสวิตช์เพาเวอร์ซัพพลาย แล้วปรับแรงดันให้ได้ 12 โวลต์ ปรับกระแสไฟฟ้าไปที่ 2 แอมแปร์			
18. วัดแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานที่ R ₁ , R ₂ และ R ₃ ทีละตัว ดังรูป			

	ขั้นตอนการปฏิบัติงาน (ต่อ)		หน่วยที่ 2
	ชื่อวิชา งานอิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 20101-2103		สอนครั้งที่ 5
	ชื่อหน่วย ตัวต้านทาน		จำนวน 4 ชั่วโมง
ชื่อเรื่อง งานต่อวงจรและวัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวต้านทาน			จำนวน 1 ชั่วโมง
ขั้นตอนการปฏิบัติ		รูปประกอบ	
19. ทำการถอดสายไฟระหว่างแหล่งจ่ายไฟกับตัวต้านทาน R_1 ออก - ทำการวัดกระแสไฟฟ้ารวมของวงจรดังรูป 20. ให้ปรับแรงดันที่เพาเวอร์ซัพพลายให้ลดลงเป็น 0 โวลต์ และปรับกระแสให้ลดลงเป็น 0 แอมแปร์ แล้วปิดสวิตช์เพาเวอร์ซัพพลาย 21. ทำความสะอาด เก็บเครื่องมือและอุปกรณ์			

	แบบบันทึกผลใบงานที่ 2.1				หน่วยที่ 2		
	ชื่อวิชา งานอิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 20101-2103				สอนครั้งที่ 5		
	ชื่อหน่วย ตัวต้านทาน				จำนวน 4 ชั่วโมง		
ชื่อเรื่อง งานต่อวงจรและวัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวต้านทาน					จำนวน 1 ชั่วโมง		
ชื่อ นามสกุล.....เลขที่กลุ่ม.....							
รายการ		ผลการวัดค่า					
วัดค่าความต้านทาน R_1		R_1 Ω					
วัดค่าความต้านทาน R_2		R_2 Ω					
วัดค่าความต้านทาน R_3		R_3 Ω					
รายการ	ค่าความต้านทานรวม	ค่าแรงดันไฟตกคร่อมตัวต้านทาน			กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทาน		
		R_1	R_2	R_3	R_1	R_2	R_3
ต่อวงจรแบบอนุกรม	R_T Ω	V	V	V	A	A	A
ต่อวงจรแบบขนาน	R_T Ω	V	V	V	A	A	A
ต่อวงจรแบบผสม	R_T Ω	V	V	V	กระแสไฟฟ้ารวม.....A		
..... (.....) ผู้เรียนผู้ปฏิบัติงาน (นายจิรโรจน์ เลิศชนเปี่ยมสุข) ครูผู้สอน							

	แบบประเมินผลใบงานที่ 2.1		หน่วยที่ 2			
	ชื่อวิชา งานอิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 20101-2103		สอนครั้งที่ 5			
	ชื่อหน่วย ตัวต้านทาน		จำนวน 4 ชั่วโมง			
ชื่อเรื่อง งานต่อวงจรและวัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวต้านทาน			จำนวน 1 ชั่วโมง			
ชื่อ สกุล.....กลุ่ม.....เลขที่.....						
หัวข้อประเมิน			ระดับคะแนน			
			4	3	2	1
1. เตรียมเครื่องมือ อุปกรณ์ได้ถูกต้อง 2. ต่อวงจรตัวต้านทานได้ถูกต้อง 3. ใช้มัลติมิเตอร์วัดค่าต่าง ๆ ในวงจรได้ถูกต้อง 4. วัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานในวงจร ได้ถูกต้อง 5. วัดแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานในวงจรได้ถูกต้อง 6. ปฏิบัติงานเสร็จตรงตามเวลาที่กำหนด 7. การทำความสะอาดและจัดเก็บเครื่องมือ อุปกรณ์						
รวมคะแนนทั้งหมด						
ลงชื่อ.....ผู้เรียน (.....) ลงชื่อ.....ครูผู้สอน (นายจิรโรจน์ เลิศชนเปี่ยมสุข)						

เกณฑ์การประเมินใบงานที่ 2.1		
หัวข้อประเมิน	ระดับคะแนน	รายละเอียดเกณฑ์การให้คะแนน
1. เตรียมเครื่องมืออุปกรณ์ได้ถูกต้อง	4	เตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ครบถ้วนทุกอย่างตามที่กำหนดไว้ และจัดวางเป็นระเบียบ
	3	เตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ครบเกือบทั้งหมด มีการจัดวางเป็นระเบียบ แต่มีการขาดหายไป 1 รายการ
	2	เตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ไม่ครบ มีการขาดหายไป 2 รายการ การจัดวางเป็นระเบียบเป็นบางส่วน
	1	เครื่องมือและอุปกรณ์เตรียมไม่ครบอย่างชัดเจน ส่งผลกระทบต่อการปฏิบัติงาน
2. ใช้มัลติมิเตอร์วัดค่าต่าง ๆ ในวงจรได้ถูกต้อง	4	เลือกย่านการวัด และเลือกช่องต่อสายวัดที่ถูกต้องตามค่าที่ต้องการวัดทุกครั้ง เช่น โหมตแรงดัน (V), กระแส (A), ความต้านทาน (Ω)
	3	เลือกย่านการวัด และเลือกช่องต่อสายวัดตามค่าที่ต้องการได้ถูกต้องเกือบทุกครั้ง มีพลาดเล็กน้อยที่ไม่กระทบการวัด
	2	เลือกย่านการวัด และเลือกช่องต่อสายวัดผิดบ่อยครั้ง ส่งผลให้ไม่สามารถวัดค่าได้ถูกต้อง
	1	ไม่สามารถเลือกย่านการวัด และเลือกช่องต่อสายวัดได้ถูกต้อง ทำให้ไม่สามารถวัดค่าได้
3. ต่อดวงจรตัวต้านทานได้ถูกต้อง	4	ต่อดวงจรตัวต้านทานแบบอนุกรม แบบขนาน และแบบผสมได้ถูกต้องทุกครั้ง
	3	ต่อดวงจรตัวต้านทานได้ถูกต้องเกือบทั้งหมด มีข้อผิดพลาดเล็กน้อยในบางจุด
	2	ต่อดวงจรตัวต้านทานได้ถูกต้องในบางครั้ง มีข้อผิดพลาดบ่อยครั้ง
	1	ไม่สามารถต่อดวงจรตัวต้านทานได้ถูกต้อง ทำให้วงจรไม่ทำงาน

เกณฑ์การประเมินใบงานที่ 2.1		
หัวข้อประเมิน	ระดับคะแนน	รายละเอียดเกณฑ์การให้คะแนน
4. วัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานในวงจรได้ถูกต้อง	4	เลือกย่านการวัดกระแส (DC/AC) ช่วงการวัด และอ่านค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานได้ถูกต้องทุกครั้งตามลักษณะของวงจรและกระแสที่ต้องการวัด
	3	เลือกย่านการวัดกระแส (DC/AC) ช่วงการวัด และอ่านค่ากระแสได้ถูกต้องเกือบทุกครั้ง มีข้อผิดพลาดเล็กน้อยแต่ไม่กระทบต่อผลการวัด
	2	เลือกย่านการวัดกระแส (DC/AC) ช่วงการวัด และอ่านค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานถูกต้องแต่บางครั้งยังมีข้อผิดพลาด
	1	ไม่สามารถเลือกย่านการวัดกระแส (DC/AC) ช่วงการวัด และอ่านค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานได้ถูกต้อง
5. วัดแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานในวงจรได้ถูกต้อง	4	เลือกย่านการวัดแรงดันไฟฟ้า (DC/AC) ช่วงการวัด และอ่านค่าแรงดันไฟฟ้าได้ถูกต้องทุกครั้งตามลักษณะของวงจรและแรงดันที่ต้องการ
	3	เลือกย่านการวัดแรงดันไฟฟ้า (DC/AC) ช่วงการวัด และอ่านค่าแรงดันไฟฟ้าได้ถูกต้องเกือบทั้งหมด มีข้อผิดพลาดเล็กน้อยที่ไม่กระทบต่อการวัด
	2	เลือกย่านการวัดแรงดันไฟฟ้า (DC/AC) ช่วงการวัด และอ่านค่าแรงดันไฟฟ้าผิดบ่อยครั้ง ส่งผลให้ค่าที่วัดได้ไม่ถูกต้อง
	1	ไม่สามารถเลือกย่านการวัดแรงดันไฟฟ้า (DC/AC) ช่วงการวัด และอ่านค่าแรงดันไฟฟ้าได้ถูกต้อง ทำให้ไม่สามารถวัดค่าแรงดันไฟฟ้าได้
6. ปฏิบัติงานเสร็จตรงตามเวลาที่กำหนด	4	สามารถปฏิบัติงานเสร็จตามเวลาที่กำหนดโดยไม่มีการล่าช้า
	3	ปฏิบัติงานเสร็จ แต่มีความล่าช้ามากกว่าเวลาที่กำหนดไว้ไม่เกิน 2 นาที
	2	ปฏิบัติงานเสร็จ แต่มีความล่าช้ามากกว่าเวลาที่กำหนดไว้ไม่เกิน 3 นาที
	1	ปฏิบัติงานเสร็จ แต่มีความล่าช้ามากกว่าเวลาที่กำหนดไว้เกิน 3 นาที ขึ้นไป

เกณฑ์การประเมินใบงานที่ 2.1		
หัวข้อประเมิน	ระดับคะแนน	รายละเอียดเกณฑ์การให้คะแนน
7. การทำความสะอาดและจัดเก็บเครื่องมือ อุปกรณ์	4	ทำความสะอาด จัดเก็บเครื่องมือและอุปกรณ์ทุกชิ้นในตำแหน่งที่กำหนดไว้อย่างเป็นระเบียบ เรียบร้อยทุกรายการ
	3	ทำความสะอาด จัดเก็บเครื่องมือและอุปกรณ์ในตำแหน่งที่กำหนดไว้อย่างเป็นระเบียบ แต่ไม่ครบถ้วน 1 รายการ
	2	ทำความสะอาด จัดเก็บเครื่องมือและอุปกรณ์ในตำแหน่งที่กำหนดไว้อย่างเป็นระเบียบ แต่ไม่ครบถ้วน 2 รายการ
	1	ทำความสะอาด จัดเก็บเครื่องมือและอุปกรณ์ในตำแหน่งที่กำหนดไว้อย่างเป็นระเบียบ แต่ไม่ครบถ้วน 3 รายการ ขึ้นไป

	แบบประเมินคุณธรรม จริยธรรมและคุณลักษณะอันพึงประสงค์	หน่วยที่ 2	
	ชื่อวิชา งานอิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 20101-2103	สอนครั้งที่ 5	
	ชื่อหน่วย ตัวต้านทาน	จำนวน 4 ชั่วโมง	
ชื่อ-สกุล.....ระดับชั้น.....กลุ่ม.....เลขที่.....			
คำชี้แจง ให้ครูผู้สอนสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนแล้วทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องรายการประเมินพฤติกรรม			
คุณลักษณะ อันพึงประสงค์	จุดพิจารณาพฤติกรรม	พฤติกรรม	
		มี	ไม่มี
มีความตรงต่อ เวลาและความ รับผิดชอบ	1. เข้าเรียนตรงตามเวลา		
	2. วางแผนปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จตามที่กำหนด		
	3. สามารถแก้ไขปัญหาที่ได้รับมอบหมายเสร็จตามที่กำหนด		
	4. ปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จตามกำหนด		
	5. ส่งงานที่ได้รับมอบหมายตามที่กำหนด		
มีความมีระเบียบ วินัยและการแต่ง กายเรียบร้อย	1. ทรงผมถูกต้องตามระเบียบและข้อบังคับ		
	2. กระโปรง/กางเกงถูกต้องตามระเบียบและข้อบังคับ		
	3. รองเท้า ถุงเท้าถูกต้องตามระเบียบข้อบังคับ		
	4. แต่งกายสะอาด เรียบร้อย		
	5. มีความพร้อมในการเรียนและการปฏิบัติงาน		
มีความประณีต รอบคอบ และปลอดภัย	1. ปฏิบัติงานโดยคำนึงถึงความปลอดภัยต่อตนเองและผู้อื่น		
	2. ใช้เครื่องมือถูกต้องเหมาะสมกับงาน		
	3. ปฏิบัติงานด้วยความประณีต และรอบคอบ		
	4. แก้ไขปัญหาในการปฏิบัติงานได้		
	5. มีการวางแผนก่อนการปฏิบัติงานอย่างรอบคอบ		
มีความสะอาด และ รักษา สภาพแวดล้อม	1. รักษาความสะอาดตนเองและส่วนรวม		
	2. รักษาความสะอาดห้องเรียนและสภาพแวดล้อม		
	3. ทำความสะอาดเครื่องมือ อุปกรณ์ได้ครบทุกตัว		
	4. บำรุงรักษาเครื่องมือ อุปกรณ์		
	5. จัดเก็บเครื่องมือ อุปกรณ์ ได้อย่างเรียบร้อย		
รวม			

	แบบสรุปประเมินคุณธรรม จริยธรรมและคุณลักษณะอันพึงประสงค์					หน่วยที่ 2	
	ชื่อวิชา งานอิเล็กทรอนิกส์ยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 20101-2103					สอนครั้งที่ 5	
	ชื่อหน่วย ตัวต้านทาน					จำนวน 4 ชั่วโมง	
เลขที่	ชื่อ-สกุล	คะแนน คุณลักษณะอันพึงประสงค์รายข้อ				สรุป	
		มีความตรงต่อเวลาและ ความรับผิดชอบ	มีระเบียบวินัยและการ แต่งกายเรียบร้อย	มีความประพฤติ รอบคอบ และปลอดภัย	มีความสะอาด และรักษาสภาพแวดล้อม	คะแนน เฉลี่ย	ระดับ คุณภาพ
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							

เลขที่	ชื่อ-สกุล	คะแนน คุณลักษณะอันพึงประสงค์รายข้อ				สรุป	
		มีความตรงต่อเวลาและ ความรับผิดชอบ	มีระเบียบวินัยและการ แต่งกายเรียบร้อย	มีความประพฤติ รอบคอบ และปลอดภัย	มีความสะอาด และรักษาสภาพแวดล้อม	คะแนน เฉลี่ย	ระดับ คุณภาพ
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							
31							
32							
33							
34							
35							
36							
37							
38							

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(นายจิรโรจน์ เลิศธนเปี่ยมสุข)

	เกณฑ์การประเมินคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยมและคุณลักษณะที่พึงประสงค์		หน่วยที่ 2
	ชื่อวิชา งานอิเล็กทรอนิกส์ยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 20101-2103		
	ชื่อหน่วย ตัวด้านทาน		จำนวน 4 ชั่วโมง
ข้อที่	คุณลักษณะที่พึงประสงค์	จุดพิจารณาพฤติกรรม	
1	มีความตรงต่อเวลา และความรับผิดชอบ	1. เข้าเรียนตรงตามเวลา 2. วางแผนปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จตามที่กำหนด 3. สามารถแก้ไขปัญหาที่ได้รับมอบหมายเสร็จตามที่กำหนด 4. ปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จตามกำหนด 5. มีความสนใจใฝ่รู้ มีการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง	
2	มีความมีระเบียบวินัย และการแต่งกายเรียบร้อย	1. ทรงผมถูกต้องตามระเบียบและข้อบังคับ 2. กระโปรง/กางเกงถูกต้องตามระเบียบและข้อบังคับ 3. รองเท้า ถุงเท้าถูกต้องตามระเบียบข้อบังคับ 4. แต่งกายสะอาด เรียบร้อย 5. มีความร่วมมือในการเรียนและการปฏิบัติงาน	
3	มีความประณีต รอบคอบ และปลอดภัย	1. ปฏิบัติงานโดยคำนึงถึงความปลอดภัยต่อตนเองและผู้อื่น 2. ใช้เครื่องมือถูกต้องเหมาะสมกับงาน 3. ปฏิบัติงานด้วยความประณีต และรอบคอบ 4. แก้ไขปัญหาในการปฏิบัติงานได้ 5. มีการวางแผนก่อนการปฏิบัติงานอย่างรอบคอบ	
4	มีความสะอาด และรักษาสภาพแวดล้อม	1. รักษาความสะอาดตนเองและส่วนรวม 2. รักษาความสะอาดห้องเรียนและสภาพแวดล้อม 3. ทำความสะอาดเครื่องมือ อุปกรณ์ได้ครบทุกตัว 4. บำรุงรักษาเครื่องมือ อุปกรณ์ 5. จัดเก็บเครื่องมือ อุปกรณ์ ได้อย่างเรียบร้อย	

เกณฑ์การให้คะแนน

จุดพิจารณาพฤติกรรม	ค่าคะแนน	ระดับคุณภาพ
ปฏิบัติครบทุกประเด็น	5	ดีมาก
ปฏิบัติได้ 4 ประเด็น	4	ดี
ปฏิบัติได้ 3 ประเด็น	3	ปานกลาง
ปฏิบัติได้ 1-2 ประเด็น	2	น้อย
ปฏิบัติไม่ได้ทุกประเด็น	1	น้อยมาก

สรุปคะแนนผลการประเมินคุณธรรม จริยธรรมและคุณลักษณะอันพึงประสงค์ คะแนนรวมทุกรายการ (4 รายการ) มีคะแนนเต็ม 20 คะแนน และใช้เกณฑ์พิจารณาสรุปผลการประเมินผู้เรียนรายบุคคล ดังนี้

คะแนน	17 – 20	คะแนน	หมายถึง	มีคุณภาพระดับดีมาก
คะแนน	13 – 16	คะแนน	หมายถึง	มีคุณภาพระดับดี
คะแนน	9 – 12	คะแนน	หมายถึง	มีคุณภาพระดับปานกลาง
คะแนน	5 – 8	คะแนน	หมายถึง	มีคุณภาพระดับน้อย
คะแนน	1 – 4	คะแนน	หมายถึง	มีคุณภาพระดับน้อยมาก

		แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้															หน่วยที่ 2					
		ชื่อวิชา งานอิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 20101-2103															สอนครั้งที่ 5					
		ชื่อหน่วย ตัวต้านทาน															จำนวน 4 ชั่วโมง					
ที่	ชื่อ- นามสกุล	พฤติกรรม																				เฉลี่ย
		ความสนใจใฝ่รู้					ความร่วมมือ					การแลกเปลี่ยนเรียนรู้					การทำงานเป็นทีม					
1		5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	
2																						
3																						
4																						
5																						
6																						
7																						
8																						
9																						
10																						
11																						
12																						
13																						
14																						
15																						
16																						
17																						
18																						

ลงชื่อผู้สังเกต

(นายจิรโรจน์ เลิศธนเปี่ยมสุข)

...../...../.....

เกณฑ์การประเมิน

ระดับ 5 หมายถึง มีพฤติกรรมการเรียนรู้ในระดับมากที่สุด

ระดับ 4 หมายถึง มีพฤติกรรมการเรียนรู้ในระดับมาก

ระดับ 3 หมายถึง มีพฤติกรรมการเรียนรู้ในระดับปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึง มีพฤติกรรมการเรียนรู้ในระดับน้อย

ระดับ 1 หมายถึง มีพฤติกรรมการเรียนรู้ในระดับน้อยที่สุด

การแปลความหมายของระดับคะแนน มีดังนี้

คะแนน 4.51 – 5.00 หมายถึง มีพฤติกรรมการเรียนรู้ในระดับมากที่สุด

คะแนน 3.51 – 4.50 หมายถึง มีพฤติกรรมการเรียนรู้ในระดับมาก

คะแนน 2.51 – 3.50 หมายถึง มีพฤติกรรมการเรียนรู้ในระดับปานกลาง

คะแนน 1.51 – 2.50 หมายถึง มีพฤติกรรมการเรียนรู้ในระดับน้อย

คะแนน 1.00 – 1.50 หมายถึง มีพฤติกรรมการเรียนรู้ในระดับน้อยที่สุด

เกณฑ์การประเมินแบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้		
หัวข้อประเมิน	ระดับคะแนน	จุดพิจารณาการให้คะแนน
1. ความสนใจใฝ่รู้	5	แสดงความกระตือรือร้นในการเรียนรู้สิ่งใหม่อย่างต่อเนื่องตั้งคำถาม แสดงการคิดวิเคราะห์ ค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติมเชื่อมโยงความรู้ใหม่กับประสบการณ์เดิมและนำไปประยุกต์ใช้ สร้างแรงบันดาลใจให้ผู้อื่นเกิดความสนใจเรียนรู้
	4	แสดงความสนใจในการเรียนรู้เป็นประจำ ตั้งคำถามที่แสดงความสนใจและความเข้าใจ ค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติมเมื่อได้รับการสนับสนุน สามารถเชื่อมโยงความรู้และนำไปใช้ได้ มีส่วนร่วมในการสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ แสดงความคิดเป็นครั้งคราว
	3	แสดงความสนใจในการเรียนรู้เมื่อได้รับการกระตุ้น ตั้งคำถามเมื่อไม่เข้าใจ เชื่อมโยงความรู้ได้เมื่อมีแนวทางชัดเจน มีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้เป็นบางครั้ง
	2	แสดงความสนใจในการเรียนรู้เป็นครั้งคราว ตั้งคำถามน้อย ค้นคว้าข้อมูลเมื่อได้รับการติดตาม เชื่อมโยงความรู้ได้บ้างแต่ยังไม่ชัดเจน มีส่วนร่วมในกิจกรรมเมื่อได้รับการกระตุ้น แสดงความคิดได้บ้างแต่ต้องการความช่วยเหลือ

เกณฑ์การประเมินแบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้		
หัวข้อประเมิน	ระดับคะแนน	จุดพิจารณาการให้คะแนน
2. ความร่วมมือ	1	แสดงความสนใจในการเรียนรู้้น้อยมาก ไม่ตั้งคำถามหรือตั้งคำถามที่ไม่เกี่ยวข้อง ไม่ค้นคว้าข้อมูลแม้ได้รับการช่วยเหลือ ไม่มีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ ไม่แสดงความคิดหรือแสดงความคิดที่ไม่เหมาะสม
	5	แสดงความเต็มใจและความกระตือรือร้นในการร่วมมือเคารพและยอมรับความแตกต่างของผู้อื่น สร้างบรรยากาศที่ดีและส่งเสริมการมีส่วนร่วมของทุกคน เป็นแบบอย่างในการแสดงความร่วมมือที่ดี
	4	แสดงความเต็มใจในการร่วมมือเป็นประจำ รับฟังและเคารพความคิดเห็นของผู้อื่น สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีส่วนร่วมในการสร้างบรรยากาศที่ดี ให้ความร่วมมือได้ดีในสถานการณ์ต่างๆ
	3	ร่วมมือในกิจกรรมตามที่ได้รับการขอร้อง รับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นได้พอสมควร ทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ในระดับพื้นฐาน มีความสัมพันธ์ที่ดีกับเพื่อนโดยทั่วไปให้ความร่วมมือเมื่อเห็นประโยชน์ชัดเจน
	2	ร่วมมือในกิจกรรมเมื่อได้รับการกระตุ้น รับฟังความคิดเห็นได้บ้าง ทำงานร่วมกับผู้อื่นได้แต่ต้องการการช่วยเหลือ มีความสัมพันธ์กับเพื่อนในระดับพื้นฐาน ให้ความร่วมมือเมื่อได้รับการชี้แนะ
	1	ไม่ร่วมมือในกิจกรรมหรือต้องการการบังคับ ไม่รับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น มีความยากลำบากในการทำงานร่วมกับผู้อื่น เป็นสาเหตุหลักของข้อขัดแย้งในกลุ่ม ไม่ให้ความร่วมมือ
3. การแลกเปลี่ยนเรียนรู้	5	แบ่งปันความรู้และประสบการณ์อย่างสม่ำเสมอ ตั้งคำถามที่กระตุ้นให้ผู้อื่นคิดวิเคราะห์ นำเสนอข้อมูลใหม่ๆ ที่น่าสนใจ และเป็นประโยชน์ เป็นผู้นำในการสร้างชุมชนแห่งการเรียนรู้
	4	แบ่งปันความรู้และประสบการณ์เป็นประจำ ตั้งคำถามที่เหมาะสมและแสดงความสนใจต่อผู้อื่น นำเสนอข้อมูลได้อย่างชัดเจนและเข้าใจง่าย ช่วยส่งเสริมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ในกลุ่ม

เกณฑ์การประเมินแบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้		
หัวข้อประเมิน	ระดับคะแนน	จุดพิจารณาการให้คะแนน
	3	แบ่งปันความรู้เมื่อได้รับการกระตุ้น ตั้งคำถามเมื่อไม่เข้าใจหรือต้องการข้อมูลเพิ่มเติม นำเสนอข้อมูลได้เมื่อมีโอกาสมناسبة มีส่วนร่วมในการเรียนรู้ระดับพื้นฐาน ช่วยเหลือผู้อื่นเมื่อสามารถทำได้
	2	แบ่งปันความรู้บ่อยและต้องการการสนับสนุน ตั้งคำถามน้อย มีส่วนร่วมในการเรียนรู้เมื่อได้รับการกระตุ้น ช่วยเหลือผู้อื่นได้เป็นครั้งคราว
	1	ไม่แบ่งปันความรู้ ไม่ตั้งคำถามหรือตั้งคำถามที่ไม่เกี่ยวข้องไม่มีส่วนร่วมในการเรียนรู้แม้ได้รับการสนับสนุนไม่ช่วยเหลือผู้อื่นหรือให้การช่วยเหลือที่ไม่เหมาะสม
4. การทำงานเป็นทีม	5	แสดงทักษะการเป็นผู้นำและผู้ตามที่ยืดหยุ่นตามสถานการณ์ สื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพ เป็นตัวอย่างในการสร้างวัฒนธรรมการทำงานเป็นทีมที่ดี
	4	มีบทบาทที่ชัดเจนและปฏิบัติหน้าที่ได้ตัวอย่างสม่ำเสมอ สื่อสารกับสมาชิกในทีมได้อย่างเหมาะสม สนับสนุนและให้กำลังใจแก่สมาชิกทีมอย่างสม่ำเสมอ แสดงภาวะผู้นำเมื่อจำเป็น
	3	ปฏิบัติหน้าที่ตามที่ได้รับมอบหมายโดยทั่วไป สื่อสารกับสมาชิกทีมได้ในระดับพื้นฐาน ให้การสนับสนุนแก่สมาชิกทีมเมื่อมีโอกาส มีส่วนร่วมในกิจกรรมทีมตามแบบปกติ แสดงความเป็นผู้นำเป็นครั้งคราว
	2	ปฏิบัติหน้าที่ได้บางส่วนและต้องการการช่วยเหลือ สื่อสารกับสมาชิกทีมได้บ้างแต่ไม่สม่ำเสมอ ให้การสนับสนุนแก่สมาชิกทีมเป็นครั้งคราว แสดงความเป็นผู้นำได้น้อย
	1	ไม่ปฏิบัติหน้าที่หรือต้องการการควบคุมอย่างใกล้ชิดไม่ช่วยแก้ไขปัญหาหรือเป็นสาเหตุของปัญหา ไม่ให้การสนับสนุนหรือสร้างความขัดแย้งในทีม ไม่มีส่วนร่วมในทีมแม้ได้รับการช่วยเหลือ ไม่แสดงความเป็นผู้นำ

บันทึกหลังการจัดการสอน			
ชื่อวิชา งานอิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 20101-2103 2 (4)			สอนครั้งที่ 5
หน่วยที่ 2 ชื่อหน่วย ตัวต้านทาน			จำนวน 4 ชั่วโมง
ข้อที่	หลักการของการจัดการเรียนรู้	ผลที่เกิดการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน	บันทึก/ร่องรอย
1	ผู้เรียนสามารถเข้าถึงสิ่งที่เรียนและเข้าใจบทเรียน	ผู้เรียนเข้าใจในหลักสูตร/วัตถุประสงค์ของบทเรียน/การวัดประเมินผล/สื่อ ที่ครูจะนำมาใช้ในการประกอบกิจกรรมการเรียนการสอน	มีโครงการจัดการเรียนรู้
2	ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้หรือประสบการณ์เดิมกับการเรียนรู้ใหม่	ผู้เรียนได้เรียนรู้จากกระบวนการกลุ่ม โดยศึกษาเนื้อหา เชื่อมโยงประสบการณ์เดิมกับเนื้อหาใหม่ ให้ผู้เรียนได้เข้าใจเป็นอย่างดี โดยเฉพาะการใช้เครื่องมือวัด ที่เคยเรียนในชุดการสอนที่ 1 เรื่อง เครื่องวัดและทดสอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์รถยนต์ นำมาให้ผู้เรียนได้ใช้เครื่องมือวัด เรื่อง ตัวต้านทาน ในการวัดค่าความต้านทานวัดกระแสไฟฟ้าและแรงดันตกคร่อมในวงจร	มีแผนการจัดการเรียนรู้
3	ผู้เรียนได้สร้างความรู้เอง หรือได้สร้างประสบการณ์ใหม่จากการเรียนรู้	ผู้เรียนได้ปรับเปลี่ยนวิธีการใหม่ๆในการเรียนรู้ด้วยตนเองจากการทำกิจกรรมกลุ่ม จากการปฏิบัติงานตามใบงาน และสืบค้นจากสื่อต่างๆ	แบบฝึกหัด/ใบมอบงาน/ใบงาน
4	ผู้เรียนได้รับการกระตุ้นและเกิดแรงจูงใจในการเรียนรู้	ขณะประกอบกิจกรรมครูได้สังเกตพัฒนาการของผู้เรียนแล้วได้กระตุ้นให้ผู้เรียนมีความตั้งใจ กล่าวชมเชย จูงใจให้มุ่งมั่นในการเรียนรู้อย่างทั่วถึงทุกคน	แบบฝึกหัด/ใบมอบงาน/ใบงาน/ แบบสังเกตพฤติกรรม
5	ผู้เรียนได้รับการพัฒนาทักษะความเชี่ยวชาญจากการเรียนรู้	ผู้เรียนทุกคนได้ฝึกทักษะตามใบมอบงาน ใบงาน และกิจกรรมต่าง ๆ ที่ครูกำหนด เพื่อพัฒนาทักษะให้มีความเชี่ยวชาญตามวัตถุประสงค์การจัดการเรียนรู้	ใบมอบงาน/ แบบฝึกหัด/ ใบงาน

บันทึกหลังการสอน (ต่อ)			
ชื่อวิชา งานอิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 20101-2103 2 (4)			สอนครั้งที่ 5
หน่วยที่ 2 ชื่อหน่วย ตัวต้านทาน			จำนวน 4 ชั่วโมง
ข้อที่	หลักการของการจัดการเรียนรู้	ผลที่เกิดการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน	บันทึก/ร่องรอย
6	ผู้เรียนได้รับข้อมูลสะท้อนกลับเพื่อปรับปรุงการเรียนรู้	ผลจากการสังเกตผู้เรียนระหว่างการเรียนรู้ และจากแบบประเมินใบงาน กิจกรรมต่าง ๆ และแบบฝึกหัด ครูได้สะท้อนกลับข้อมูลให้ผู้เรียนทุกคนได้รับรู้ผลการพัฒนาตนเอง เพื่อให้ผู้เรียนได้ปรับปรุงผลการเรียนรู้ของตนเอง	แบบสังเกต พฤติกรรม/แบบประเมิน
7	ผู้เรียนได้รับการพัฒนาการเรียนรู้ในบรรยากาศชั้นเรียนที่เหมาะสม	ครูได้ให้ผู้เรียนร่วมอภิปรายตอบคำถาม และแสดงความคิดเห็นในบรรยากาศชั้นเรียน ที่ผู้เรียนเรียนอย่างมีความสุข ผู้เรียนส่วนใหญ่กล้าแสดงออกโดยเฉพาะการตอบคำถามที่ครูถามในชั้นเรียนและการร่วมกิจกรรม	แบบสังเกต พฤติกรรม/แบบประเมิน
8	ผู้เรียนสามารถกำกับการเรียนรู้และมีการเรียนรู้แบบนำตนเอง	ครูเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้กำหนดเป้าหมาย และรูปแบบการค้นคว้าฝึกฝนเรียนรู้อย่างต่อเนื่องโดยครูมอบหมายให้ผู้เรียนไปสืบค้นตามความถนัดและความสะดวกของผู้เรียนแบบนำตนเอง	ใบมอบงาน/แบบประเมิน

บรรณานุกรม

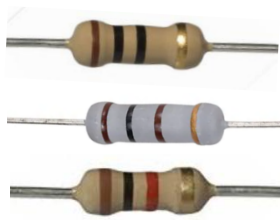
พันธ์ศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์ และคณะ. งานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น. กรุงเทพฯ, ศูนย์ส่งเสริม
อาชีพ, 2562.

อำพล ชีอตรง. งานอิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เบื้องต้น. กรุงเทพฯ : ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ, 2564.

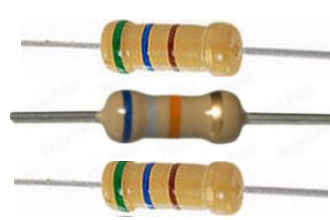
ภาคผนวก

สื่อประกอบการสอน

ตัวต้านทานชนิดต่าง ๆ



ตัวต้านทานแบบคาร์บอน



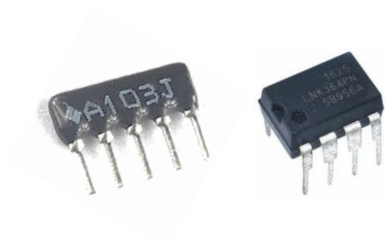
ตัวต้านทานแบบฟิล์มคาร์บอน



ตัวต้านทานแบบฟิล์มโลหะ



ตัวต้านทานแบบลวดพัน



ตัวต้านทานชนิดแผ่นฟิล์มหนา



ตัวต้านทานแบบเทอร์มิสเตอร์ชนิด NTC และ PTC



ตัวต้านทานแบบเทอร์มิสเตอร์ในเครื่องยนต์



ตัวต้านทานไวแสง LDR และสัญลักษณ์

ตัวต้านทานไวแสง LDR และสัญลักษณ์

ตัวต้านทานชนิดปรับแต่งค่าได้

เครื่องมือ อุปกรณ์



แผงชุดฝึกทักษะตัวต้านทาน



เพาเวอร์ซัพพลาย แบบ DC



มัลติมิเตอร์ดิจิทัล

สื่อ Power Point

ชุดการสอนที่ 2

เรื่อง ตัวต้านทาน (Resistor)

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. บอกหน้าที่ของตัวต้านทานได้
2. บอกชนิดของตัวต้านทานได้
3. อ่านค่าความต้านทานได้
4. อธิบายวิธีการต่อวงจรตัวต้านทานได้
5. อธิบายวิธีการวัดค่าความต้านทานได้
6. อธิบายวิธีการวัดกระแสไฟฟ้าและแรงดันตกคร่อมตัวต้านทานในวงจรได้
7. ปฏิบัติตามบัตรมอบงานได้
8. ปฏิบัติงานตามบัตรงานได้

2.1 หน้าที่ของตัวต้านทาน

ตัวต้านทาน (Resistor) มีหน้าที่ต้านการไหลของกระแสไฟฟ้า เพื่อให้กระแสไฟฟ้าภายในวงจรได้ตามที่ต้องการ

เมื่อต่อแหล่งจ่ายไฟฟ้าในสภาวะไม่มีภาระทางไฟฟ้าตัวต้านทานจะต้านการไหลเฉพาะกระแสไฟฟ้า

ไว้แต่แรงดันไฟฟ้าจะผ่านตัวของมันได้เท่ากันทุกตัวแต่เมื่อมีภาระทางไฟฟ้าในวงจรกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าจะถูกใช้ไปกับภาระทางไฟฟ้าจึงทำให้แรงดันไฟฟ้าลดลง

ค่าความต้านทานแต่ละค่าแตกต่างกันเนื่องจากความหนาแน่นของวัสดุที่ใช้ทำไม่เท่ากัน ค่าความต้านทานของตัวต้านทาน กำหนดให้มีหน่วยเรียกเป็น โอห์ม (Ohm) เขียนแทนด้วย เครื่องหมายอักษรกรีกไบรอน คือ Ω (โอเมก้า หรือ โอห์ม)

2.1 หน้าที่ของตัวต้านทาน (ต่อ)

ค่าความต้านทานของตัวต้านทานได้จากค่ามาตรฐาน ด้วยการเอาแรงดันไฟฟ้า 1 โวลต์ ต่อกับความต้านทาน 1 โอห์ม และทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลในวงจรได้ 1 แอมแปร์ หน่วยค่าความต้านทาน มีตั้งแต่หน่วยเล็กไปจนถึงหน่วยใหญ่ ได้แก่ โอห์ม (Ω) กิโลโอห์ม (K Ω) เมกะโอห์ม (M Ω)

การเปลี่ยนหน่วย

1 K Ω (กิโลโอห์ม) เท่ากับ 1000 Ω (โอห์ม)

1 M Ω (เมกะโอห์ม) เท่ากับ 1000 K Ω (กิโลโอห์ม)

ตัวต้านทานมีความสามารถในการทนกำลังไฟฟ้า ความสามารถในการทนกำลังไฟฟ้ามีหน่วยเป็นวัตต์ (Watt) อักษรย่อ คือ W เช่น 1 วัตต์ 3 วัตต์ 5 วัตต์

2.2 ชนิดของตัวต้านทาน

2.2.1 ตัวต้านทานชนิดค่าคงที่ (Fixed Resistors)

มีค่าแน่นอน แต่ละตัวไม่สามารถแปรเปลี่ยนค่าของตัวเองมันเองได้

ผลิตจากโลหะและอโลหะ

2.2.1.1 ตัวต้านทานแบบคาร์บอน (Carbon Resistor)

ทำมาจากแท่งคาร์บอนผสมกับตัวประสานฟีนอลิก

มีค่าความต้านทานตั้งแต่ค่าน้อยกว่า 1 โอห์ม

จนถึง 2 เมโอห์มสามารถทนทานต่อการเปลี่ยนแปลง

ของอุณหภูมิ และแรงดันได้ดี



2.2 ชนิดของตัวต้านทาน

2.2.1.2 ตัวต้านทานแบบฟิล์มโลหะ (Metal Film Resistors)

โครงสร้างคล้ายกับแบบฟิล์มคาร์บอน แต่ใช้สารฟิล์มโลหะแทน เหมาะสมกับงานที่ต้องการเสถียรภาพและความเที่ยงตรงสูงกว่าแบบคาร์บอน สามารถใช้กับงานที่เป็นกระแสโวลต์ได้ดี คือ มีย่านความถี่ต่ำไปจนถึงความถี่สูงเป็นเมกะเฮิรตซ์ได้ และมีค่าสัมประสิทธิ์ทางอุณหภูมิต่ำ ตัวต้านทานชนิดนี้จะมีค่าความคลาดเคลื่อน $\pm 1\%$ ทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายนอกได้ดี เกิดสัญญาณรบกวนน้อย



2.2 ชนิดของตัวต้านทาน

2.2.1.3 ตัวต้านทานแบบลวดพัน (Wire Wound Resistors)

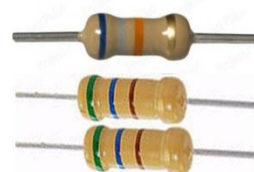
ทำมาจากเส้นลวดโลหะผสม 2 ชนิด หรือ 3 ชนิด ขึ้นไป เช่น นิเกิล ทองแดง สังกะสี โครเมียม และแมงกานีส พันอยู่บนแกนฉนวนกระเบื้อง หรือ เซรามิก ที่มีการทนความร้อนได้สูง และ ระบายความร้อนได้ เคลือบฉนวนที่ผิวด้วยน้ำยาเคลือบ ซีเมนต์ ปลอกแก้ว หรือซิลิโคน และป้องกันความชื้น เหมาะกับงานที่ต้องการความละเอียดและความเที่ยงตรงสูง เป็นตัวต้านทานที่มีขนาดใหญ่ นิยมใช้ในวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า หรือใช้ในวงจรเครื่องไฟฟ้าที่กินกระแสสูง มีค่าผิดพลาดสูง คือ $\pm 5\%$ $\pm 10\%$



2.2 ชนิดของตัวต้านทาน

2.2.1.4 ตัวต้านทานแบบฟิล์มคาร์บอน (Carbon film Resistors)

ฉาบด้วยหมึกคาร์บอนลงบนแท่งเซรามิก แล้วนำไปเผาเพื่อให้เกิดเป็นแผ่นฟิล์มคาร์บอน จะถูกปรับให้มีค่าเที่ยงตรงแล้วฉาบด้วยสารที่เป็นฉนวน ลักษณะของตัวต้านทานฟิล์มคาร์บอน คือ จะมีลักษณะมันวาว ข้อดีของตัวต้านทานชนิดนี้ คือ ทนต่อแรงดันกระชากในช่วงสั้น ผลิตได้ตั้งแต่ค่าความต้านทานต่ำ 1 โอห์ม จนถึงค่า เมกะโอห์ม



2.2 ชนิดของตัวต้านทาน

2.2.1.5 ตัวต้านทานชนิดออกไซด์ของโลหะ (Metal Oxide Resistor)

โครงสร้างเคลือบด้วยออกไซด์โลหะประเภทดีบุก

ลงบนวัสดุที่ใช้เป็นฉนวน โดยอัตราส่วน

ของออกไซด์โลหะจะเป็นตัวกำหนดค่าความต้านทาน

ให้กับตัวต้านทานชนิดนี้ มีคุณสมบัติพิเศษ

คือ ทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิได้ดี



2.2 ชนิดของตัวต้านทาน

2.2.1.6 ตัวต้านทานชนิดแผ่นฟิล์มหนา (Thick - Film Resistor) ตัวต้านทานชนิดแผ่นฟิล์มหนามีอยู่ 2 แบบ

คือ

1) แบบ SIP (Single in - line Package)

2) แบบ DIP จะมีลวดตัวนำ 2 แถว ต่อออกมาภายนอก



ตัวต้านทานแบบฟิล์มหนาทั้งสองแบบจะได้รับการปรับแต่งให้ค่าความคลาดเคลื่อนประมาณ $\pm 2\%$ ค่าความต้านทานอยู่ระหว่าง 22 โอห์ม ถึง 2.2 เมกะโอห์ม

2.2.2 ตัวต้านทานชนิดเปลี่ยนค่าได้ (Variable Resistors)

มีคุณสมบัติและการใช้งานที่แตกต่างจากตัวต้านทานทั่ว ๆ ไป

เช่น ใช้ในการควบคุมอุณหภูมิ ใช้เป็นสวิตช์เปิดปิดไฟด้วยแสง สามารถเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานได้ตามอุณหภูมิ หรือความเข้มแสงที่มาตกกระทบบนตัวต้านทาน เช่น เทอร์มิสเตอร์ (Thermistor) และแอลดีอาร์ (Light Dependent Resistor)

2.2.2.1 เทอร์มิสเตอร์ (Thermistor) เป็นตัวต้านทานที่เปลี่ยนแปลงค่าไปตามอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป แบ่งออกได้ 2 ชนิด คือ

1) NTC (Negative Temperature Coefficient)

ตัวต้านทานชนิดนี้มีสัมประสิทธิ์ของค่าความต้านทานทางอุณหภูมิเป็นลบ คือ เมื่ออุณหภูมิต่ำลงจะมีความต้านทานเพิ่มขึ้น และเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น จะมีความต้านทานลดลง ดังรูปที่ 2.7 (ก)



(ก)



(ข)

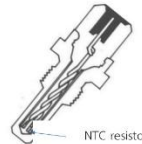


สัญลักษณ์

2) PTC (Positive Temperature Coefficient)

ตัวต้านทานชนิดนี้มีสัมประสิทธิ์ของค่าความต้านทานทางอุณหภูมิเป็นบวก คือ เมื่ออุณหภูมิต่ำลงจะมีความต้านทานลดลง และเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น จะมีความต้านทานเพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 2.7 (ข)

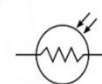
ตัวต้านทานแบบเทอร์มิสเตอร์ที่มีสัมประสิทธิ์ทางอุณหภูมิเป็นลบที่มีใช้ในรถยนต์ ได้แก่ ตรวจจับสนภูมิน้ำหล่อเย็นของเครื่องยนต์ และตัวตรวจจับสนภูมิอากาศ



ตัวต้านทานแบบเทอร์มิสเตอร์ในเครื่องยนต์

2.2.2.2 ตัวต้านทานไวแสง (Light Dependent Resistor : LDR)

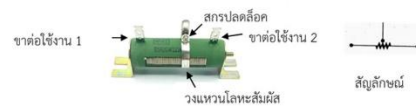
เป็นตัวต้านทานที่มีค่าความต้านทานเปลี่ยนไปตามความเข้มของแสงที่ตกกระทบลงบนตัวต้านทานซึ่งเป็นส่วนที่รับแสง หรือเรียกว่าตัวต้านทานแบบโฟโตคอนดักทีฟเซลล์ (Photoconductive Cells) หรือโฟโต้เซลล์ (Photo Cells) นำมาใช้ในวงจรของเครื่องมือชนิดต่าง ๆ เช่น เครื่องมือวัดแสงในงานถ่ายภาพ วงจรปิดและเปิดไฟถนนอัตโนมัติ และวงจรที่ใช้แสงเป็นสวิตช์ปิดเปิดอุปกรณ์ต่าง ๆ



สัญลักษณ์

2.2.3 ตัวต้านทานชนิดแบ่งค่าได้ (Tapped Resistors)

ตัวต้านทานชนิดแบ่งค่าได้จะแบ่งค่าต่อจากหัวต่อขดลวดตัวต้านทาน ซึ่งทำจากขดลวดความต้านทานขดเป็นวงกลม แล้วแบบปรับค่าความต้านทานได้โดยการหมุนเลื่อน (Tap) ไปทางซ้ายหรือขวาตามต้องการ โดยการคลายสกรูออกและ เลื่อนวงกลมโลหะจนได้ค่าความต้านทาน ที่ต้องการแล้วจึงขันสกรูแน่น ดังรูปที่ 2.10



ตัวต้านทานชนิดแบ่งค่าได้และสัญลักษณ์

2.2.4 ตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้ (Adjustable Resistors)

ตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้ (Variable Resistor) คือ ตัวต้านทานสามารถปรับเปลี่ยนค่า ความต้านทานตั้งแต่ต่ำสุดไปจนถึงค่าสูงสุดได้อย่างต่อเนื่อง มีรูปเค้งเป็นวงกลมสามารถปรับหมุนได้ มีขายื่นออกมา 3 ขาเป็นขั้วต่อสายไฟฟ้า หรืออาจมากหรือน้อยกว่า 3 ขา การปรับค่าความต้านทานจะปรับที่ขั้วกลางของตัวต้านทานนั้น ตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้มีการใช้งานเป็น 2 ลักษณะ คือ การใช้งานเป็น รีโอสตัทและการใช้งานเป็นโพเทนทิโอมิเตอร์



2.3 การอ่านค่าความต้านทาน

การอ่านค่าของตัวต้านทานจะแบ่งเป็น 3 แบบ คือ แบบอ่านค่าโดยตรง แบบอ่านค่าจากรหัสตัวเลขร่วมกับตัวอักษร และแบบอ่านค่าจากรหัสแถบสี

2.3.1 แบบอ่านค่าโดยตรง

พิมพ์ค่าความต้านทานลงบนเปลือกตัวต้านทานตามค่าความต้านทานนั้น พร้อมกับแสดงหน่วยกำกับว่าเป็นโอห์ม (Ω) กิโลโอห์ม ($K\Omega$) และเมกะโอห์ม ($M\Omega$) มีค่าการทนกำลังไฟฟ้าและค่าร้อยละของความผิดพลาดกำกับ ใช้ตัวอักษรกำกับบอกค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดแทนตัวเลข 9 ตัว คือ A B C D F G J K และ M

ตารางที่ 2.1 ค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดแสดงด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษ

ตัวอักษร	ค่าความผิดพลาด (%)	ตัวอักษร	ค่าความผิดพลาด (%)
A	$\pm 0.05 \%$	G	$\pm 2 \%$
B	$\pm 0.1 \%$	J	$\pm 5 \%$
C	$\pm 0.25 \%$	K	$\pm 10 \%$
D	$\pm 0.5 \%$	M	$\pm 20 \%$
F	$\pm 1 \%$		

ตัวอย่างการอ่านค่าความต้านทานและค่าความผิดพลาดด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษ

510 Ω A หมายถึง ความต้านทาน 510 กิโลโอห์ม (K Ω) มีค่าผิดพลาด $\pm 0.05 \%$

2 WG150 k Ω หมายถึง ทนกำลังไฟฟ้าได้ 2 วัตต์ (W) ความต้านทาน 150 กิโลโอห์ม (k Ω)
มีค่าผิดพลาด $\pm 2 \%$

10 W 200 Ω J หมายถึง ทนกำลังไฟฟ้าได้ 10 วัตต์ (W) ความต้านทาน 200 โอห์ม (Ω)
มีค่าผิดพลาด $\pm 5 \%$

2 M Ω K = หมายถึง ความต้านทาน 2 เมกะโอห์ม (M Ω) มีค่าผิดพลาด $\pm 10 \%$

2.3.2 แบบอ่านค่าจากรหัสตัวเลขร่วมกับตัวอักษร

การแสดงค่าความต้านทานบางแบบจะใช้ตัวเลขร่วมกับตัวอักษรและบอกค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดด้วย และมีการแสดงค่าไว้ในรูปจุดทศนิยมของเลขฐานสิบ พร้อมบอกหน่วยความต้านทานในรูปตัวคูณร่วมด้วย ตัวอักษรที่นิยมใช้แทนตัวคูณ คือ R, K, M และ E ตัวอักษรเหล่านี้เมื่ออยู่หน้า อยู่กลาง หรืออยู่หลัง ตัวอักษรแสดงค่าเป็นจุดทศนิยม นอกจากนั้นแสดงค่าเป็นตัวคูณหรือค่าตัวเลขที่เติมเข้าไปด้วย ตัวอักษรมีความหมายดังนี้

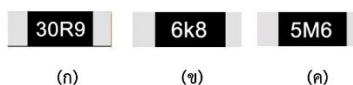
ตัว R มีค่าเป็นตัวคูณ = $\times 10$

ตัว K มีค่าเป็นตัวคูณ = $\times 10^3$

ตัว M มีค่าเป็นตัวคูณ = $\times 10^6$

ตัว E แทนเครื่องหมาย = Ω

การอ่านค่าความต้านทานแบบอ่านค่าจารรหัสตัวเลขร่วมกับตัวอักษร ของตัวต้านทานแบบ SMD (Surface Mount Device)



(ก)

(ข)

(ค)

รูป (ก) ตัว R อยู่กลางระหว่างตัวเลขจึงเป็นทศนิยม อ่านค่าความต้านทานได้เท่ากับ 30.9 โอห์ม

รูป (ข) ตัว k อยู่กลางระหว่างตัวเลขจึงเป็นทศนิยม และมีหน่วยเป็นกิโลโอห์ม (kΩ)

อ่านค่าความต้านทาน ได้เท่ากับ 6.8 กิโลโอห์ม

รูป (ค) ตัว M อยู่กลางระหว่างตัวเลขจึงเป็นทศนิยมและมีหน่วยเป็นเมกะโอห์ม (MΩ)

อ่านค่าความต้านทานได้เท่ากับ 5.6 เมกะโอห์ม

ตัวต้านทานที่แสดงค่าแบบบอกค่าความต้านทานเป็นรหัสตัวเลขร่วมกับตัวอักษรบางแบบตัวเลข และตัวอักษรที่กำกับไว้บนตัวต้านทาน ไม่ได้บอกค่าความต้านทานโดยตรง แต่ค่าที่แสดงไว้บนตัวต้านทานบอกค่าออกมาในรูปรหัส ต้องนำมาแปลงรหัสกลับมาเป็นค่าความต้านทานก่อนอ่านค่าออกมา รหัสความต้านทานมักแสดงไว้ในรูปตัวเลขและตัวอักษรเขียนเรียงกัน 3 หรือ 4 ตัว การอ่านค่าจะแสดงตามตัวอย่าง ดังรูปที่ 2.13



จากรูป รหัส A103J มีวิธีการอ่านค่าความต้านทาน ดังนี้

ตัวตั้งหลักที่ 1 = 1, ตัวตั้งหลักที่ 2 = 0, จำนวนตัวคูณยกกำลัง 3 หรือเติม 000

ดังนั้น จะอ่านค่า ความต้านทานได้ 10,000 โอห์ม (Ω) ความผิดพลาด $\pm 5\%$

2.2.2 แบบอ่านค่าจารรหัสแถบสี

ค่าความต้านทานที่แสดงเป็นรหัสแถบสี (Color Code) หรือแถบสี (Color Band)

สีที่กำหนดไว้ระบายเป็นเส้นรอบวงตัวต้านทานตามลำดับแทนตัวเลขและตัวอักษร

ใช้แทนทั้งค่าความต้านทานและค่าความผิดพลาด จะต้องแปลงรหัสแถบสีที่กำกับไว้ออกมา

เป็นตัวเลข นำตัวเลขทั้งหมดมาแทนลงไปให้ถูกต้องตามค่าสีที่กำหนด

ได้ค่าตัวตั้ง ตัวคูณ และค่าผิดพลาด

จะได้ค่าความต้านทานและค่าความผิดพลาดออกมาเป็นตัวเลข แถบสีที่เป็นแถบสีค่าผิดพลาดจะอยู่

ห่างจากแถบสีอื่นไปทางขวาเป็นแถบสีสุดท้าย

ค่าความต้านทานแบบรหัสแถบสีแบ่งเป็น 2 แบบ คือ แบบ 4 แถบ และ 5 แถบ

ตารางที่ 2.2 แสดงแถบสีตัวต้านทานแบบรหัส 4 แถบสี

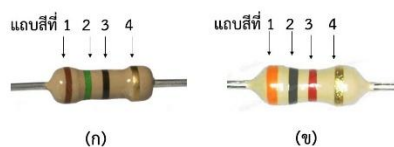


สี	แถบสีที่ 1	แถบสีที่ 2	แถบสีที่ 3 ค่าตัวคูณ	แถบสีที่ 4 (ค่าความ ผิดพลาด)
ดำ	0	0	10^0	
น้ำตาล	1	1	10^1	$\pm 1\%$
แดง	2	2	10^2	$\pm 2\%$
ส้ม	3	3	10^3	
เหลือง	4	4	10^4	
เขียว	5	5	10^5	$\pm 0.5\%$
น้ำเงิน	6	6	10^6	$\pm 0.25\%$
ม่วง	7	7	10^7	$\pm 0.1\%$
เทา	8	8	10^8	$\pm 0.05\%$
ขาว	9	9	10^9	
ทอง			10^{-1}	$\pm 5\%$
เงิน			10^{-2}	$\pm 10\%$
ไม่มีสี				$\pm 20\%$

การสังเกตแถบสีให้พิจารณา ดังนี้

1. แถบสีที่อยู่ชิดขาตัวต้านทานมากกว่า
แถบอื่น เป็นแถบสีที่ 1
2. แถบสีที่อยู่ชิดกัน 3 แถบ
แถบสีที่อยู่ชิดขาตัวต้านทาน เป็นแถบสีที่ 1
3. แถบสีที่ 1 เส้นแถบสีจะเล็กกว่าปกติ
4. สีค่าความผิดพลาด เช่น สีเงิน สีทอง
เป็นแถบสีที่ 1 ไม่ได้

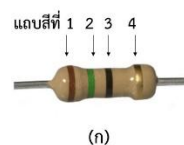
ตัวอย่างการอ่านตัวต้านทานแบบแถบสี 4 แถบ



จากรูป (ก) มีวิธีอ่านค่าความต้านทานได้ ดังนี้

- แถบสีที่ 1 สีน้ำตาล มีค่าตัวเลขเท่ากับ 1
- แถบสีที่ 2 สีเขียว มีค่าตัวเลขเท่ากับ 5
- แถบสีที่ 3 สีดำ มีค่าตัวเลขเท่ากับ X1
- แถบสีที่ 4 สีทอง มีค่าความผิดพลาดเท่ากับ $\pm 5\%$

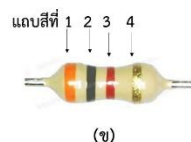
เมื่อนำตัวเลขมาเรียงกันตามแถบสี อ่านค่าความต้านทานได้เท่ากับ $15\ \Omega \pm 5\%$



จากรูป (ข) มีวิธีอ่านค่าความต้านทานได้ ดังนี้

- แถบสีที่ 1 สีส้ม มีค่าตัวเลขเท่ากับ 3
- แถบสีที่ 2 สีดำ มีค่าตัวเลขเท่ากับ 0
- แถบสีที่ 3 สีแดง มีค่าตัวเลขเท่ากับ X102
- แถบสีที่ 4 สีทอง มีค่าความผิดพลาดเท่ากับ $\pm 5\%$

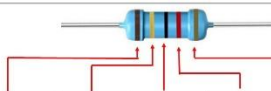
เมื่อนำตัวเลขมาเรียงตามแถบสี อ่านค่าความต้านทานได้เท่ากับ $3000\ \Omega$ หรือ $3\ k\Omega \pm 5\%$



2.2.2.2 แบบรหัส 5 แถบสี

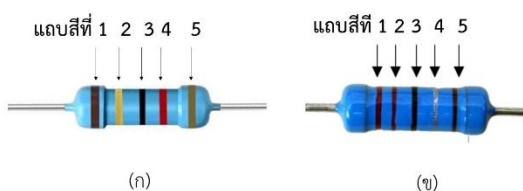
ตัวต้านทานแบบรหัส 5 แถบสี เรียงแถบสีจากซ้ายไปขวา โดยกำหนดให้แถบสีที่ 1 อยู่ทางซ้ายมือ ถัดไปเป็นแถบสีที่ 2 และ 3 ตามลำดับ เป็นแถบสีแทนตัวเลขค่าความต้านทาน แถบสีที่ 4 แทนค่าตัวคูณ และแถบสีที่ 5 แทนตัวเลขค่าความผิดพลาด ดังแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3
แสดงแถบสี
ตัวต้านทาน
แบบรหัส 5 แถบสี



สี	แถบสีที่ 1	แถบสีที่ 2	แถบสีที่ 3	แถบสีที่ 4 ค่าตัวคูณ	แถบสีที่ 5	
					ค่าความผิดพลาด	ค่าตัวอักษร
ดำ	0	0	0	10^0	-	
น้ำตาล	1	1	1	10^1	$\pm 1\%$	F
แดง	2	2	2	10^2	$\pm 2\%$	G
ส้ม	3	3	3	10^3	-	
เหลือง	4	4	4	10^4	-	
เขียว	5	5	5	10^5	$\pm 0.5\%$	D
น้ำเงิน	6	6	6	-	$\pm 0.25\%$	C
ม่วง	7	7	7	-	$\pm 0.1\%$	B
เทา	8	8	8	-	$\pm 0.05\%$	A
ขาว	9	9	9	-	-	
ทอง				10^{-1}	$\pm 5\%$	J
เงิน				10^{-2}	$\pm 10\%$	K

ตัวอย่างการอ่านตัวต้านทานแบบแถบสี 5 แถบ ดังรูป



จากรูป (ก) มีวิธีอ่านค่าความต้านทานได้ ดังนี้

แถบสีที่ 1 สีน้ำตาล มีค่าตัวเลขเท่ากับ 1

แถบสีที่ 2 สีเหลือง มีค่าตัวเลขเท่ากับ 4

แถบสีที่ 3 สีดำ มีค่าตัวเลขเท่ากับ 0

แถบสีที่ 4 สีแดง มีค่าตัวเลขเท่ากับ X102

แถบสีที่ 5 สีทอง มีค่าความผิดพลาดเท่ากับ $\pm 5\%$

เมื่อนำตัวเลขมาเรียงกันตามแถบสี อ่านค่าความต้านทานได้เท่ากับ $14000 \Omega \pm 5\%$

จากรูป (ข) มีวิธีอ่านค่าความต้านทานได้ ดังนี้

แถบสีที่ 1 สีแดง มีค่าตัวเลขเท่ากับ 2

แถบสีที่ 2 สีแดง มีค่าตัวเลขเท่ากับ 2

แถบสีที่ 3 สีดำ มีค่าตัวเลขเท่ากับ 0

แถบสีที่ 4 สีเงิน มีค่าตัวเลขเท่ากับ X10-2

แถบสีที่ 5 สีน้ำตาล มีค่าความผิดพลาดเท่ากับ $\pm 1\%$

เมื่อนำตัวเลขมาเรียงกันตามแถบสี อ่านค่าความต้านทานได้เท่ากับ $2.2 \Omega \pm 1\%$

2.4 การต่อวงจรตัวต้านทาน

การต่อวงจรต้านทาน คือ การนำตัวต้านทานมาต่อรวมกันในวงจรเดียวกัน เพื่อปรับเปลี่ยนค่าความต้านทานในวงจรให้ได้ตามที่ออกแบบไว้ในวงจร การต่อวงจรตัวต้านทานแบ่งออกได้ 3 แบบ คือ ต่อแบบอนุกรม ต่อแบบขนาน และต่อแบบผสม

เมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้า (Electromotive Force) ให้กับวงจร จะมีกระแสไฟฟ้าไหลในวงจร จะได้ความสัมพันธ์ระหว่างกระแส แรงดัน และความต้านทาน คือ ความเข้มของกระแสไฟฟ้าภายในวงจรจะแปรผันตรงไปกับแรงดัน และแปรผกผันไปกับความต้านทานที่ต้องไหลผ่าน ความสัมพันธ์นี้ เรียกว่า กฎของโอห์ม

$$I = \frac{V}{R} \quad \text{สมการที่ 1}$$

เมื่อกำหนดให้

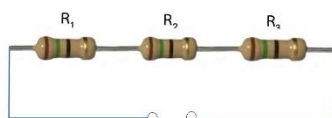
I = กระแสในวงจร มีหน่วยเป็น แอมแปร์ (A)

V = แรงดันไฟฟ้าในวงจร มีหน่วยเป็น โวลต์ (V)

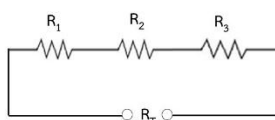
R = ความต้านทานในวงจร มีหน่วยเป็น แอมแปร์ (Ω)

2.4.1 การต่อวงจรแบบอนุกรม (Series Circuits)

การต่อวงจรแบบอนุกรม คือ การนำเอาตัวต้านทานแต่ละตัวมาต่อเป็นลำดับต่อเนื่องกัน การต่อแบบนี้ปลายขาของตัวต้านทานตัวที่ 1 จะถูกต่อด้วยหัวปลายขาของตัวต้านทานตัวที่ 2 ส่วนหางปลายขาของตัวที่ 2 จะถูกต่อด้วยหางปลายขาตัวต้านทานตัวที่ 3 และต่อลักษณะเดียวกันนี้ไปเรื่อย ๆ ที่ปลายขาอีกข้างหนึ่งของตัวที่ 1 กับปลายขาของตัวสุดท้ายจะถูกนำไปใช้งาน



(ก) รูปการต่อวงจรตัวต้านทานแบบอนุกรม



(ข) สัญลักษณ์การต่อวงจรตัวต้านทานแบบอนุกรม

การต่อวงจรแบบอนุกรม ค่าความต้านทานรวมของวงจรจะเพิ่มขึ้นตามจำนวนตัวต้านทานที่นำมาต่อกัน เมื่อจ่ายไฟฟ้าให้กับวงจรจะทำให้กระแสไฟฟ้าไหลไปในทิศทางเดียวกันและไหลผ่านตัวต้านทานแต่ละตัวด้วยค่าที่เท่ากับกระแสที่แหล่งจ่ายไฟฟ้าจ่ายออกมาและเมื่อวัดค่าความต้านทานรวมจะมีค่าเท่ากับผลรวมของตัวต้านทานทุกตัวรวมกัน การหาค่าความต้านทานรวมในวงจรแบบอนุกรมสามารถหาได้จากสมการ ดังนี้

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_N \quad \text{สมการที่ 2}$$

เมื่อกำหนดให้

R_T = ความต้านทานรวมของวงจร

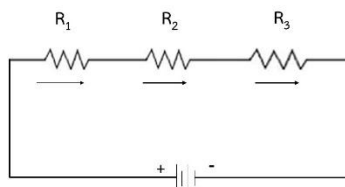
R_1 = ความต้านทานตัวต้านทานที่ 1

R_2 = ความต้านทานตัวต้านทานที่ 2

R_3 = ความต้านทานตัวต้านทานที่ 3

R_N = ความต้านทานตัวต้านทานตัวสุดท้าย

การต่อวงจรตัวต้านทานแบบอนุกรม เมื่อจ่ายไฟฟ้าให้กับวงจร กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานจะมีค่าเท่ากันทุกตัว กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานแต่ละตัวจะเท่ากับกระแสไฟฟ้าที่มาจากแหล่งจ่าย



ดังนั้นจะหากระแสไฟฟ้ารวมได้จากสมการ ดังนี้

$$I_T = I_1 = I_2 = I_3 = \dots = I_N \quad \text{สมการที่ 3}$$

เมื่อกำหนดให้

I_T = กระแสไฟฟ้ารวมของวงจร

I_1 = กระแสไฟฟ้าที่ตัวต้านทานตัวที่ 1

I_2 = กระแสไฟฟ้าที่ตัวต้านทานตัวที่ 2

I_3 = กระแสไฟฟ้าที่ตัวต้านทานตัวที่ 3

I_N = กระแสไฟฟ้าที่ตัวต้านทานตัวสุดท้าย

การต่อวงจรตัวต้านทานแบบอนุกรม ผลรวมของแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับตัวต้านทานแต่ละตัวจะเท่ากับแรงดันไฟฟ้าที่แหล่งจ่าย หาแรงดันไฟฟ้ารวมได้จากสมการ ดังนี้

$$V_T = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_N \quad \text{สมการที่ 4}$$

เมื่อกำหนดให้

V_T = แรงดันไฟฟ้ารวมของวงจร

V_1 = แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานตัวที่ 1

V_2 = แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานตัวที่ 2

V_3 = แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานตัวที่ 3

V_N = แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานตัวสุดท้าย

ตัวอย่างที่ 2.1 ตัวต้านทาน 3 ตัว แต่ละตัวมีค่าความต้านทาน $15 \, \Omega$ เมื่อนำมาต่อ

แบบวงจรอนุกรมตามรูป จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้วงจรเท่ากับ 12 โวลต์

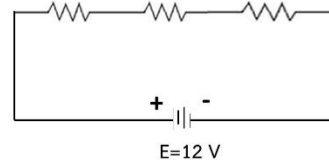
จงหาค่าต่าง ๆ ดังนี้

ก. ความต้านทานรวมในวงจร

ข. กระแสไฟฟ้าในวงจร

ค. แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัว

$$R_1 = 15 \, \Omega \quad R_2 = 15 \, \Omega \quad R_3 = 15 \, \Omega$$



วิธีทำ ก. หาคความต้านทานรวมในวงจร

แทนค่าในสมการที่ 2

$$R_T = 15 \, \Omega + 15 \, \Omega + 15 \, \Omega$$

$$R_T = 45 \, \Omega$$

ดังนั้น ค่าความต้านทานรวมเท่ากับ $45 \, \Omega$

ข. หากระแสไฟฟ้าในวงจร

จากสมการที่ 1

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

แทนค่าในสมการที่ 1 จะได้

$$I = \frac{12}{45} = 0.266 \, \text{A}$$

กระแสไฟฟ้าในวงจรมีค่าเท่ากับ 0.266 A (กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทาน ทุกตัวมีค่าเท่ากัน นั่นคือ $I_1 = I_2 = I_3 = 0.266 \text{ A}$)

ค. หาแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมความต้านทานแต่ละตัว

จากสมการที่ 1 หาแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัว ได้ดังนี้

$$V = IR$$

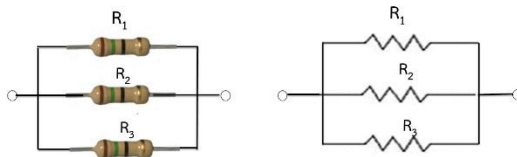
$$V_1 = IR_1 = 0.266 \times 15 = 3.99 \text{ V}$$

$$V_2 = IR_2 = 0.266 \times 15 = 3.99 \text{ V}$$

$$V_3 = IR_3 = 0.266 \times 15 = 3.99 \text{ V}$$

2.4.2 การต่อวงจรแบบขนาน (Parallel Circuits)

การต่อวงจรแบบขนาน คือ การนำปลายขาของตัวต้านทานข้างหนึ่งมาต่อกัน ทุกตัวที่จุดเดียวกัน และนำปลายขาข้างที่เหลืออยู่มาต่อรวมกันเป็นจุดเดียวกัน



(ก) รูปการต่อวงจรตัวต้านทานแบบขนาน (ข) สัญลักษณ์การต่อวงจรตัวต้านทานแบบขนาน

การต่อวงจรแบบขนาน จะได้ค่าความต้านทานรวมในวงจรลดลงน้อยกว่าค่าความต้านทานของตัวต้านทานตัวที่มีค่าน้อยที่สุดในวงจร และหาค่าความต้านทานรวมในวงจรได้จากสมการ ดังนี้

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

สมการที่ 5

การต่อวงจรตัวต้านทานแบบขนาน เมื่อจ่ายไฟฟ้ากระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายจะถูกแบ่งไปที่ตัวต้านทานแต่ละตัว จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับค่าความต้านทานของตัวนั้น ๆ ผลรวมของกระแสไฟฟ้าในวงจรย่อยจะเท่ากับกระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่าย จะหากระแสไฟฟ้ารวมได้

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_N \quad \text{สมการที่ 6}$$

เมื่อกำหนดให้

I_T = กระแสไฟฟ้ารวมของวงจร

I_1 = กระแสไฟฟ้าที่ตัวต้านทานตัวที่ 1

I_2 = กระแสไฟฟ้าที่ตัวต้านทานตัวที่ 2

I_3 = กระแสไฟฟ้าที่ตัวต้านทานตัวที่ 3

I_N = กระแสไฟฟ้าที่ตัวต้านทานตัวสุดท้าย

การต่อวงจรตัวต้านทานแบบขนาน เมื่อจ่ายไฟฟ้าให้วงจร แรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับตัวต้านทานจะเท่ากันทุกตัว ดังนั้นจะหาแรงดันไฟฟ้ารวมได้จากสมการ ดังนี้

$$V_T = V_1 = V_2 = V_3 = \dots = V_N \quad \text{สมการที่ 7}$$

เมื่อกำหนดให้

V_T = แรงดันไฟฟ้ารวมของวงจร

V_1 = แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานตัวที่ 1

V_2 = แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานตัวที่ 2

V_3 = แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานตัวที่ 3

V_N = แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานตัวสุดท้าย

ตัวอย่างที่ 2.2

ตัวต้านทาน 3 ตัว มีค่า 15 Ω , 15 Ω , 15 Ω ตามลำดับ เมื่อนำมาต่อวงจร

แบบขนานตามรูป จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้วงจรเท่ากับ 12 โวลต์

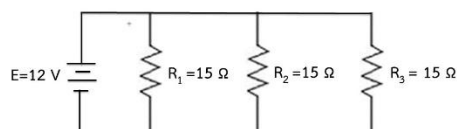
จงหาค่าต่าง ๆ ดังนี้

ก. ความต้านทานรวมในวงจร

ข. กระแสไฟฟ้าในวงจร

ค. แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทาน

แต่ละตัว



วิธีทำ ก. หาความต้านทานรวมในวงจร

แทนค่าในสมการที่ 2

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$\frac{1}{R_T} = \frac{3}{15}$$

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{15} + \frac{1}{15} + \frac{1}{15}$$

$$R_T = \frac{15}{3} = 5 \, \Omega$$

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1+1+1}{15}$$

ดังนั้น ค่าความต้านทานรวม เท่ากับ 5 Ω

ข. หากระแสไฟฟ้าในวงจร จากสมการที่ 1

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

แทนค่า

$$I_1 = \frac{V}{R_1} = \frac{12}{15} = 0.8 \, \text{A}$$

$$I_3 = \frac{V}{R_3} = \frac{12}{15} = 0.8 \, \text{A}$$

$$I_2 = \frac{V}{R_2} = \frac{12}{15} = 0.8 \, \text{A}$$

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3$$

$$I_T = 0.8 + 0.8 + 0.8 = 2.4 \, \text{A}$$

ค. หาแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมความต้านทานแต่ละตัว

จากสมการที่ 1 หาแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัว ได้ดังนี้

$$V = IR$$

$$V_1 = I_1 R_1 = 0.8 \times 15 = 12 \, \text{V}$$

$$V_2 = I_2 R_2 = 0.8 \times 15 = 12 \, \text{V}$$

$$V_3 = I_3 R_3 = 0.8 \times 15 = 12 \, \text{V}$$

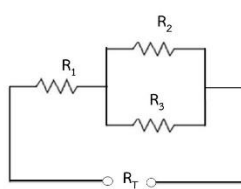
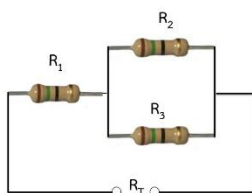
หรือ จากสมการที่ 7 คือ $V_T = V_1 = V_2 = V_3$ เมื่อแทนค่า จะได้ว่า $V_T = 12 \, \text{V}$
 เพราะว่าการต่อแบบขนานแรงดันไฟฟ้าที่ผ่านตัวต้านทานทุกตัวจะมีค่าเท่ากัน

2.4.3 การต่อวงจรแบบวงจรผสม (Compound Circuits)

การต่อวงจรแบบผสม คือ การต่อตัวต้านทานผสมกันระหว่างการต่อวงจรแบบอนุกรมกับการต่อวงจรแบบขนาน จะคิดค่าความต้านทานรวมจากการต่อวงจรอนุกรมและการต่อแบบวงจรขนานรวมกัน การหาค่าความต้านทานรวมให้ใช้วิธีการหาค่าความต้านทานรวมของตัวที่ขนานกันก่อน

จากรูป ตัวต้านทาน R_2 กับ R_3 ต่อแบบขนาน

R_1 จะต่อแบบอนุกรมกับ R_2 และ R_3 แบบอนุกรม



(ก) รูปการต่อวงจรตัวต้านทานแบบผสม

(ข) สัญลักษณ์การต่อวงจรตัวต้านทานแบบผสม

ตัวอย่างที่ 2.3

ตัวต้านทาน 3 ตัว มีค่า $15\ \Omega$, $15\ \Omega$, $15\ \Omega$ ตามลำดับ

เมื่อนำมาต่อวงจรแบบวงจรแบบผสมตามรูป

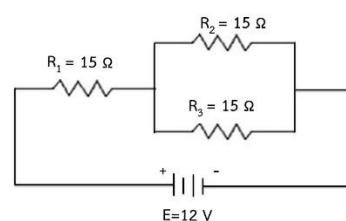
จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้วงจรเท่ากับ 12 โวลต์

จงหาค่าต่าง ๆ ดังนี้

ก. ความต้านทานรวมในวงจร

ข. กระแสไฟฟ้าในวงจร

ค. แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัว

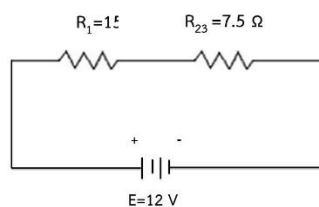


วิธีทำ ก. หาคความต้านทานรวมในวงจร

จากรูป ต้องพิจารณาตัวต้านทานที่ต่อแบบขนานก่อน จากวงจรจะเห็นว่า R_2 และ R_3 ต่อขนานกันอยู่ ดังนั้นจากสมการที่ 1 จะได้ว่า

$$\begin{aligned} \frac{1}{R_{23}} &= \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \quad \rightarrow \quad \frac{1}{R_{23}} = \frac{1}{15} + \frac{1}{15} \quad \rightarrow \quad \frac{1}{R_{23}} = \frac{1+1}{15} \\ &\quad \rightarrow \quad \frac{1}{R_{23}} = \frac{2}{15} \quad \rightarrow \quad R_{23} = \frac{15}{2} = 7.5 \, \Omega \end{aligned}$$

จะได้วงจรใหม่เป็นวงจรแบบอนุกรมดังนี้



จากวงจรใหม่ตัวต้านทาน R_1 กับ R_{23} ต่อวงจรแบบอนุกรมกัน จากสมการที่ 1 หาคความต้านทานรวมได้ ดังนี้

$$R_T = R_1 + R_{23} \quad \text{แทนค่าในสมการ จะได้}$$

$$R_T = 15 + 7.5 = 22.5 \, \Omega$$

ดังนั้น ค่าความต้านทานรวม เท่ากับ $22.5 \, \Omega$

ข. หาค่ากระแสไฟฟ้ารวมของวงจร

จากสมการที่ 1

ข. หาค่ากระแสไฟฟ้ารวมของวงจร

จากสมการที่ 1

$$I_T = \frac{V}{R_T}$$

แทนค่าในสมการ จะได้

$$I_T = \frac{12}{22.5} = 0.533 \, \text{A}$$

ค. หาแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัว

$$V_1 = I_T R_1$$

$$= 0.533 \times 15$$

$$V_1 = 7.99 \, \text{V}$$

$$V_2 = V_3 = I_T R_{23}$$

$$= 0.533 \times 7.5$$

$$= 3.99 \, \text{V}$$

2.5 การวัดค่าความต้านทาน วัดกระแสไฟฟ้าและแรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน

เครื่องมือที่ใช้ในการวัดค่าความต้านทาน คือ มัลติมิเตอร์ และสามารถวัดค่าต่าง ๆ ได้แก่ วัดค่าความต้านทาน แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ กระแสไฟฟ้า อุณหภูมิ เป็นต้น การใช้มัลติมิเตอร์วัดค่าความต้านทาน ต้องปรับย่านการวัดของมัลติมิเตอร์ ไปที่ย่านการวัดความต้านที่มีสัญลักษณ์ Ω

2.5.1 การวัดค่าความต้านทาน

ในตัวต้านทานมีค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดอยู่ค่าหนึ่ง ถ้าต้องการทราบค่าที่แน่นอน ต้องทำการวัดค่าของตัวต้านทานทีละตัวและทำการต่อสายวัดของมัลติมิเตอร์แบบขนานกับตัวต้านทาน ดังรูป



กรณีที่มีการต่อตัวต้านทานหลายตัวในวงจรเดียวกัน ค่าความต้านในวงจรจะเปลี่ยนไปขึ้นอยู่กับวงจรที่ออกแบบไว้ การวัดค่าความต้านทานจึงเป็นการวัดค่าความต้านทานรวมในวงจร

2.5.1.1 การวัดค่าความต้านทานรวม

ของวงจรแบบอนุกรม

เมื่อต่อวงจรตัวต้านแบบอนุกรม ค่าความต้านทานรวมของวงจรจะมีค่าเท่ากับ ค่าของตัวต้านทานทุกตัวรวมกัน และมีวิธีการวัด ดังรูป



2.5.1.2 การวัดค่าความต้านทานรวม

ของวงจรแบบขนาน

เมื่อต่อวงจรตัวต้านแบบขนาน

ค่าความต้านทานรวมของวงจรจะมีค่า
เท่ากับค่าของตัวต้านทานตัวที่มีค่าน้อย
ที่สุดในวงจร และมีวิธีการวัด ดังรูป

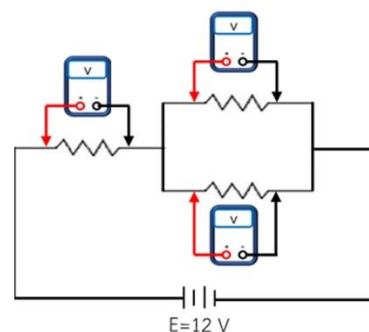


2.5.1.3 การวัดค่าความต้านทานรวมของวงจร แบบผสม มีวิธีการวัดดังรูป



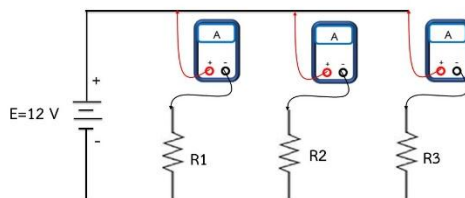
2.5.2 การวัดแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทาน

เมื่อทำการต่อแหล่งจ่ายไฟฟ้าให้กับ
วงจรของตัวต้านทาน จะมี
แรงดันไฟฟ้าไหลผ่านตัวต้านทานแต่ละตัว ค่าแรงดันตกคร่อมที่ตัว
ต้านทานแต่ละตัวสามารถวัดได้ด้วย
การใช้มัลติมิเตอร์ ด้วยการต่อสายวัด
แบบขนานกับตัวต้านทานทีละตัว
ดังรูป



2.5.3 การวัดกระแสไฟฟ้าในวงจร

กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานแต่ละตัวจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับค่าความต้านทาน ของแต่ละตัว การวัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทาน ให้ต่อสายวัดมัลติมิเตอร์แบบอนุกรมกับตัวต้านทานที่ต้องการวัด ดังรูป



สรุป

ตัวต้านทาน (Resistor) มีหน้าที่ ด้านการไหลของกระแสไฟฟ้า เพื่อให้กระแสไฟฟ้าภายในวงจรได้ตามที่ต้องการ มีหน่วยเป็นโอห์ม (Ohm) เขียนย่อว่า Ω ตัวต้านทานมีหลายชนิด ได้แก่ ชนิดค่าคงที่ ชนิดแบ่งค่าได้ ชนิดเปลี่ยนค่าได้ ชนิดปรับค่าได้ แต่ละชนิดของตัวต้านทานที่ผลิตสามารถใช้วัสดุที่เป็นประเภทโลหะและอโลหะ การอ่านค่าความต้านทานสามารถอ่านได้หลายแบบ คือ แบบอ่านค่าโดยตรง แบบเป็นรหัสตัวเลขร่วมกับอักษร และแบบรหัสแถบสี แบ่งได้เป็นแบบ 4 แถบสี และแบบ 5 แถบสี

จิรโรจน์ เลิศอนแปงมสุข สาขาวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ

สรุป (ต่อ)

การต่อวงจรตัวต้านทาน สามารถต่อได้ 3 แบบ คือ ต่อแบบอนุกรม ต่อแบบขนาน และต่อแบบผสม สำหรับการวัดค่าความต้านทานด้วยมัลติมิเตอร์ ต้องทำการต่อสายวัดของมัลติมิเตอร์ แบบขนานกับตัวต้านทาน ส่วนการวัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานในวงจร ต้องทำการต่อสายวัดของมัลติมิเตอร์แบบอนุกรมกับตัวต้านทาน และการวัดแรงดันตกคร่อมของตัวต้านทานในวงจร ต้องต่อสายวัดของมัลติมิเตอร์แบบขนานกับตัวต้านทาน

จิรโรจน์ เลิศอนแปงมสุข สาขาวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ

