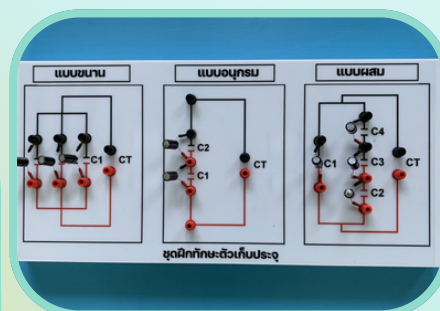
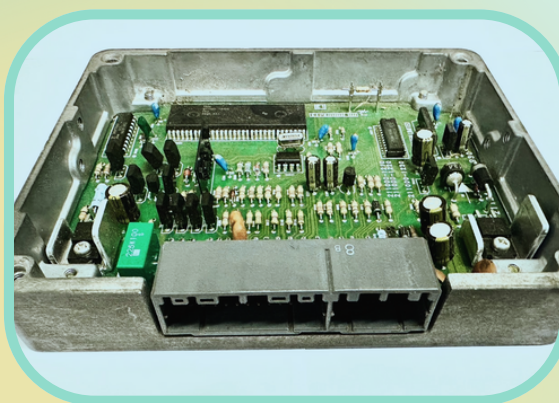




ชุดการสอนที่ 3 ตัวเก็บประจุ

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 สารกึ่งตัวนำ ชุดการสอนที่ 5 เรื่อง สารกึ่งตัวนำทางแสง ชุดการสอนที่ 6 เรื่อง อุปกรณ์ตรวจจับและส่งสัญญาณในรถยนต์ ชุดการสอนที่ 7 เรื่อง อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในระบบประจุไฟฟ้ารถยนต์ วัตถุประสงค์ของการจัดทำชุดการสอนนี้ เพื่อต้องการเผยแพร่ให้ผู้ที่ต้องการศึกษา และผู้สนใจได้อ่านและนำไปใช้เป็นประโยชน์ต่อตนเอง และสามารถแนะนำผู้อื่นได้ ในแผนการจัดการเรียนรู้ประกอบด้วยเนื้อหาทฤษฎี ใบแบบฝึกหัดแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ใบมอบงาน และใบงาน เนื้อหามีการลำดับขั้นตอนที่เหมาะสมในแต่ละหน่วยการเรียนรู้มีการอธิบายขั้นตอนภาพประกอบและนำข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องมาเสริมเนื้อหาให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น กล่าวคือ เมื่อได้อ่านแล้วจะมีความเข้าใจได้ง่ายสามารถนำไปสู่ปฏิบัติงานได้ และเป็นพื้นฐานสำหรับการศึกษาในวิชางานอิเล็กทรอนิกส์ยนต์เบื้องต้น ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผู้จัดทำได้เตรียมแบบประเมินผล ใบมอบงาน แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน แบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยมและคุณลักษณะอันพึงประสงค์ แบบสรุปผลการประเมินคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ และบันทึกหลังการสอนเพื่อให้การจัดกิจกรรมระหว่างครูและผู้เรียนบรรลุตามวัตถุประสงค์

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

จิรโรจน์ เลิศชนเปี่ยมสุข

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
คำนำ	ก
สารบัญ	๒
สารบัญรูป	ง
สารบัญตาราง	จ
หลักสูตรรายวิชา	1
การวิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้	2
การกำหนดระดับความสำคัญของแบบทดสอบสอบ	3
โครงการจัดการเรียนรู้ประจำวิชา	4
สมรรถนะประจำหน่วย	6
การวิเคราะห์รายละเอียดหัวข้อการเรียนรู้	9
การวิเคราะห์หัวข้อย่อย	11
การวิเคราะห์จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	19
คู่มือครูชุดการสอนที่ 3 เรื่อง ตัวเก็บประจุ	28
โครงการจัดการเรียนรู้ประจำหน่วย	33
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6	34
เอกสารประกอบการสอน	43
ลำดับขั้นการเรียนรู้ด้วยชุดการสอน	44
คำแนะนำสำหรับผู้เรียน	45
จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	46
แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน	48
เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน	50
ใบความรู้ เรื่อง ตัวเก็บประจุ	51
ใบแบบฝึกหัด เรื่อง ตัวเก็บประจุ	71
ใบเฉลยแบบฝึกหัด เรื่อง ตัวเก็บประจุ	75
ใบมอบบงาน เรื่อง ตัวเก็บประจุ	78
แบบประเมินผลใบมอบบงาน เรื่อง ตัวเก็บประจุ	79
เกณฑ์การประเมินบัตรมอบบงาน	81
ใบงานที่ 3.1 เรื่อง งานต่อวงจรและวัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวเก็บประจุ	84

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
แบบประเมินผลใบงานที่ 3.1 เรื่อง งานต่อวงจรและวัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวเก็บประจุ	92
เกณฑ์การประเมินใบงานที่ 3.1 งานต่อวงจรและวัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวเก็บประจุ	93
แบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยมและคุณลักษณะอันพึงประสงค์	95
แบบสรุปประเมินคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยมและคุณลักษณะอันพึงประสงค์	96
เกณฑ์การประเมินคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยมและคุณลักษณะที่พึงประสงค์	98
แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้	100
เกณฑ์การประเมินแบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้	101
บันทึกหลังการสอน	105
บรรณานุกรม	107
ภาคผนวก	108

สารบัญรูป

เรื่อง	หน้า
รูปที่ 3.1 โครงสร้างและสัญลักษณ์ของตัวเก็บประจุ..	52
รูปที่ 3.2 การเก็บประจุของตัวเก็บประจุ	52
รูปที่ 3.3 การคายประจุของตัวเก็บประจุ	53
รูปที่ 3.4 ตัวอย่างตัวเก็บประจุแบบค่าคงที่	54
รูปที่ 3.5 ตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กทรอนิกส์แบบต่าง ๆ	54
รูปที่ 3.6 ตัวเก็บประจุชนิดแทนทาลัมอิเล็กทรอนิกส์	55
รูปที่ 3.7 ตัวเก็บประจุชนิดโปไลลาร์	55
รูปที่ 3.8 ตัวเก็บประจุชนิดเซรามิค	55
รูปที่ 3.9 ตัวเก็บประจุชนิดฟิล์ม	56
รูปที่ 3.10 ตัวเก็บประจุชนิดกระดาษ	57
รูปที่ 3.11 ตัวเก็บประจุชนิดไมก้า	58
รูปที่ 3.12 ตัวเก็บประจุชนิดฟิวดู	58
รูปที่ 3.13 ตัวเก็บประจุชนิดแบบเปลี่ยนค่าได้และสัญลักษณ์	58
รูปที่ 3.14 ตัวเก็บประจุชนิดแบบเลือกค่าได้และสัญลักษณ์	59
รูปที่ 3.15 ตัวอย่างการอ่านค่าตัวเก็บประจุแบบบอกค่าความจุไฟฟ้าโดยตรง	61
รูปที่ 3.16 การอ่านค่าความจุไฟฟ้าแบบรหัสตัวเลข	62
รูปที่ 3.17 ค่าความจุและค่าทนแรงดันไฟฟ้าของตัวเก็บประจุ	63
รูปที่ 3.18 วิธีทำการคายประจุของตัวเก็บประจุ	63
รูปที่ 3.19 วิธีทำการวัดตัวประจุ	64
รูปที่ 3.20 การต่อตัวเก็บประจุแบบอนุกรม	65
รูปที่ 3.21 การต่อตัวเก็บประจุแบบอนุกรม	68
รูปที่ 3.22 การต่อตัวเก็บประจุแบบอนุกรม	70

สารบัญตาราง

เรื่อง	หน้า
ตารางที่ 3.1 แสดงอักษรย่อและความหมายของตัวเก็บประจุชนิดฟิล์มพลาสติก	57
ตารางที่ 3.2 แสดงตัวอักษรแทนค่าความผิดพลาดของตัวเก็บประจุ	60
ตารางที่ 3.3 แสดงค่าทนแรงดันไฟฟ้าของตัวเก็บประจุไฟฟ้าแบบรหัสตัวเลข	61

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 การใช้เครื่องมือวัดและทดสอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์รถยนต์ สมบัติทางไฟฟ้าของอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ อุปกรณ์ตรวจจับและส่งสัญญาณในการควบคุมรถยนต์

การวิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้
 วิชางานอิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 2101-2103
 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
วิชางานอิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 2101-2103
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. เครื่องมือวัดและทดสอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์รถยนต์	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 โครงการจัดการเรียนรู้ประจำวิชางานอิเล็กทรอนิกส์ยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 2101-2103

โครงการจัดการเรียนรู้						
วิชางานอิเล็กทรอนิกส์ยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 2101-2103 ทฤษฎี 1 ปฏิบัติ 3 หน่วยกิต 2 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาช่างยนต์						
สัปดาห์ที่	สอนครั้งที่	หน่วยที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	ชม./ครั้ง		ชั่วโมงรวม
				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 โครงการจัดการเรียนรู้ประจำวิชางานอิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 20101-2103 (ต่อ)

สัปดาห์ ที่	สอน ครั้งที่	หน่วย ที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	ชม./ครั้ง		ชั่วโมงรวม
				ท.	ป.	
			4.3 คุณสมบัติของสารกึ่งตัวนำชนิด P และชนิด N 4.4 หน้าที่และหลักการทำงานของอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ 4.5 การวัดและทดสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ			
11-13	11-13	5	อุปกรณ์สารตัวนำทางแสง 5.1 โครงสร้างของสารกึ่งตัวนำทางแสง 5.2 หลักการทำงานของสารกึ่งตัวนำทางแสง 5.3 การวัดและทดสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำทางแสง	3	9	12
14-16	14-16	6	อุปกรณ์ตรวจจับและส่งสัญญาณในรถยนต์ 6.1 หน้าที่และโครงสร้างของอุปกรณ์ตรวจจับและส่งสัญญาณในรถยนต์ 6.2 หลักการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับและส่งสัญญาณในรถยนต์ 6.3 การวัดและทดสอบอุปกรณ์ตรวจจับและส่งสัญญาณในรถยนต์	3	9	12
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							
รายวิชางานอิเล็กทรอนิกส์ยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 2101-2103 ทฤษฎี 1 ปฏิบัติ 3 หน่วยกิต 2 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 สาขาวิชาช่างยนต์ สาขางานยานยนต์							
หน่วยที่	ชื่อหน่วย/หัวข้อการเรียนรู้	แหล่งข้อมูลการเรียนรู้					
		A	B	C	D	E	F
1	เครื่องมือวัดและทดสอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ยนต์						
	1.1 คุณสมบัติของเครื่องมือวัดและทดสอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ยนต์	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	1.2 ส่วนประกอบของเครื่องมือวัดและทดสอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ยนต์	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	1.3 การใช้เครื่องมือวัดและทดสอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ยนต์	✓	✓	✓	✓	✓	✓
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	✓	✓	✓	✓	✓	✓

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	ปฏิบัติตามใบมอບงาน	✓		✓	✓		
6	ปฏิบัติงานตามใบงาน	✓		✓	✓		

แหล่งข้อมูล

A : หลักสูตรรายวิชา

B : ประสบการณ์ของผู้สอน

C : ผู้เชี่ยวชาญ

D : ตำราหรือเอกสารที่เกี่ยวข้อง

E : สถานประกอบการ

F : สื่อออนไลน์ อื่นๆ

การวิเคราะห์หัวข้อย่อย

ตารางที่ 8 แสดงการวิเคราะห์หัวข้อย่อย วิชางานอิเล็กทรอนิกส์ยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 20101-2103

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 วิชางานอิเล็กทรอนิกส์สัณยนต์เบื้องต้น 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	ปฏิบัติตามใบมองาน	✓	✓	✓	✓	✓	✓
5	ปฏิบัติงานตามใบงาน	✓	✓	✓	✓	✓	✓

แหล่งข้อมูล

A : หลักสูตรรายวิชา

B : ประสบการณ์ของผู้สอน

C : ผู้เชี่ยวชาญ

D : ตำราหรือเอกสารที่เกี่ยวข้อง

E : สถานประกอบการ

F : สื่อออนไลน์ อื่นๆ

การวิเคราะห์หัวข้อย่อย

ตารางที่ 12 แสดงการวิเคราะห์หัวข้อย่อย วิชางานอิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 2101-2103
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. เครื่องมือวัดและทดสอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์	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 งานต่อวงจรและวัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวเก็บประจุ
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 วิชางานอิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เบื้องต้น

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 หน้าที่ของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในระบบประจุไฟฟ้า รถยนต์		✓											✓			
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 3.1

Task Listing Sheet วิชางานอิเล็กทรอนิกส์ยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 20101-2103 ทฤษฎี 1 ปฏิบัติ 3 หน่วยกิต 2 หน่วยที่ 2 ตัวต้านทาน ใบงานที่ 3.1 เรื่อง งานต่อวงจรและวัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวเก็บประจุ	
ชื่องาน (Jobs)	ขั้นตอนการทำงาน Tasks (steps) in performing the job
ใบงานที่ 3.1 งานต่อ วงจรและวัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวเก็บประจุ	1. เตรียมเครื่องมือ อุปกรณ์ได้ถูกต้อง 2. อ่านค่าตัวเก็บประจุได้ถูกต้อง 3. ใช้มัลติมิเตอร์วัดค่าตัวเก็บประจุได้ถูกต้อง 4. ต่อวงจรตัวเก็บประจุได้ถูกต้อง 5. วัดแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวเก็บประจุในวงจรได้ถูกต้อง 6. ปฏิบัติงานเสร็จตรงตามเวลาที่กำหนด 7. การทำความสะอาดและจัดเก็บเครื่องมือ อุปกรณ์

ตารางที่ 16 รายละเอียดรายการงาน (Task Detailing Sheet.) ใบงานที่ 3.1

Task Detailing Sheet												
วิชางานอิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 20101-2103 ทฤษฎี 1 ปฏิบัติ 3 หน่วยกิต 2												
หน่วยที่ 2 ตัวต้านทาน												
ใบงานที่ 3.1 เรื่องงานต่อวงจรและวัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวเก็บประจุ												
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	
	มีความรู้และเข้าใจ การเลือกใช้เครื่องมือ วัด	x		x	X		การเลือกใช้เครื่องมือวัด ได้อย่างเหมาะสม	x		x	x	
	ข้อควรระวังและ ความปลอดภัยใน การใช้เครื่องมือวัด	x		x	X		มีทักษะการทดสอบ การทำงานของเครื่องมือ วัดก่อนใช้งาน	x		x	x	
2. การอ่าน ค่าตัวเก็บ ประจุ	มีความรู้และเข้าใจใน การอ่านค่าความจุ ของตัวเก็บประจุ	x		x	X		มีทักษะการอ่านค่า ความจุของตัวเก็บ ประจุถูกต้อง	x		x	x	
	มีความรู้และเข้าใจใน การอ่านค่าทน แรงดันไฟของตัวเก็บ ประจุ	x		x	X		มีทักษะการอ่านค่าทน แรงดันไฟถูกต้อง	x		x	x	
3. ใช้มัลติ มิเตอร์วัด ค่าตัวเก็บ ประจุ	มีความรู้และเข้าใจ การเลือกย่านการวัด ค่าของตัวเก็บประจุ	x		x	X		มีทักษะการเลือกย่าน การวัดค่าตัวเก็บประจุ ถูกต้อง	x		x	x	
	มีความรู้และเข้าใจ การวัดค่าตัวเก็บ ประจุ	x		x	X		มีทักษะการการวัด ค่าตัวเก็บประจุ ถูกต้อง	x		x	x	

ตารางที่ 16 รายละเอียดรายการงาน (Task Detailing Sheet.) ใบงานที่ 3.1 (ต่อ)

Task Detailing Sheet												
วิชางานอิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 20101-2103 ทฤษฎี 1 ปฏิบัติ 3 หน่วยกิต 2												
หน่วยที่ 3 ตัวเก็บประจุ												
ใบงานที่ 3.1 เรื่อง งานต่อวงจรและวัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวเก็บประจุ												
Tasks (or steps)	Knowledge	N	O	TK			Skills	N	O	TS		
				R	A	T				I	C	A
	มีความรู้และเข้าใจหลักการอ่านค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวเก็บประจุ	x		x	X		อ่านค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวเก็บประจุได้ถูกต้อง	x		x	x	
4. ต่อวงจรตัวเก็บประจุได้ถูกต้อง	มีความรู้และเข้าใจวิธีการต่อวงจรตัวเก็บประจุ	x		x	X		มีทักษะในการต่อวงจรตัวเก็บประจุที่ถูกต้อง	x		x	x	
	มีความรู้และเข้าใจในข้อควรระวังในการต่อวงจรตัวเก็บประจุ	x		x	X		มีความระมัดระวังในการต่อวงจรตัวเก็บประจุที่ถูกต้อง	x		x	x	
	ความปลอดภัยในการต่อวงจรตัวเก็บประจุ	x		x	X		มีทักษะในการต่อวงจรตัวเก็บประจุอย่างปลอดภัย	x		x	x	
5. วัดแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวเก็บประจุในวงจรได้ถูกต้อง	การเลือกย่านการวัดแรงดันไฟฟ้าในวงจรตัวเก็บประจุ	x		x	X		การเลือกย่านการวัดกระแสไฟฟ้าที่เหมาะสมและถูกต้อง	x		x	x	
	มีความรู้และความเข้าใจวิธีการวัดแรงดันไฟฟ้าในวงจรตัวเก็บประจุ	x		x	X		มีทักษะการวัดแรงดันไฟฟ้าในวงจรตัวเก็บประจุที่ถูกต้อง	x		x	x	
	มีความรู้และเข้าใจการวัดแรงดันไฟฟ้าในวงจรตัวเก็บประจุได้อย่างปลอดภัย	x		x	X		มีทักษะการวัดแรงดันไฟฟ้าในวงจรตัวเก็บประจุได้อย่างปลอดภัย	x		x	x	

Objective Listing Sheet

วิชางานอิเล็กทรอนิกส์ยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 20101-2103 ทฤษฎี 1 ปฏิบัติ 3 หน่วยกิต 2
 หน่วยที่ 2 ตัวต้านทาน
 ใบงานที่ 3.1 เรื่อง งานต่อวงจรและวัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวเก็บประจุ

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (Behavioral Objectives)	ISL						PSL					
	R	U	Ap	An	E	C	I	M	P	A	N	
1. เตรียมเครื่องมือ อุปกรณ์ได้ถูกต้อง	X	X	I									
2. อ่านค่าตัวเก็บประจุได้ถูกต้อง	X	X	I									
3. ใช้มัลติมิเตอร์วัดค่าตัวเก็บประจุได้ถูกต้อง	X	X	I									
4. ต่อวงจรตัวเก็บประจุได้ถูกต้อง							x	x	I			
5. วัดแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวเก็บประจุในวงจรได้ถูกต้อง							x	x	I			
6. ปฏิบัติงานเสร็จตรงตามเวลาที่กำหนด							x	x	I			
7. ทำความสะอาดเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติงานได้							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 = สังเกตและเลียนแบบ (Imitation) M = ทำตามได้ (Manipulation) P = ทำได้ถูกต้อง (Precision)
 A = เรียนรู้วิธีการทำอย่างถูกต้อง (Articulation) N = ทำได้อย่างอัตโนมัติ (Naturalization)

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

คู่มือครู
ชุดการสอนที่ 3
เรื่อง ตัวเก็บประจุ

คำชี้แจง ชุดการสอน เรื่อง ตัวเก็บประจุ ต้องการให้ผู้เรียนศึกษาเกี่ยวกับหน้าที่และคุณสมบัติ โครงสร้าง การอ่านค่าความจุไฟฟ้า ชนิด ความจุและค่าทนแรงดันไฟฟ้าของตัวเก็บประจุ การต่อวงจร และวัดตัวเก็บประจุ และการปฏิบัติงานตามใบงาน

1. จุดประสงค์ทั่วไป

เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับหน้าที่และคุณสมบัติ โครงสร้าง อ่านค่าความจุไฟฟ้า ชนิด ค่าความจุและค่าทนแรงดันไฟฟ้าของตัวเก็บประจุ การต่อวงจรและวัดตัวเก็บประจุ

2. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

เมื่อให้ผู้เรียนเรียนเรื่องตัวเก็บประจุ แล้วสามารถ

- 2.1 บอกหน้าที่และคุณสมบัติตัวเก็บประจุได้
- 2.2 บอกโครงสร้าง และสัญลักษณ์ของตัวเก็บประจุได้
- 2.3 อธิบายหลักการทำงานของตัวเก็บประจุได้
- 2.4 จำแนกชนิดของตัวเก็บประจุได้
- 2.5 อ่านค่าตัวเก็บประจุได้
- 2.6 วัดและทดสอบตัวเก็บประจุได้
- 2.7 ต่อวงจรตัวเก็บประจุแบบต่าง ๆ ได้
- 2.8 ปฏิบัติตามใบมอบงานได้
- 2.9 ปฏิบัติงานตามใบงานได้

3. ส่วนประกอบของชุดการสอนที่ 3 เรื่องตัวเก็บประจุ มีดังนี้

- 3.1 คู่มือครูชุดการสอนที่ 3 เรื่อง ตัวเก็บประจุ
- 3.2 โครงการสอนชุดการสอนที่ 3 เรื่อง ตัวเก็บประจุ
- 3.3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6
- 3.4 เอกสารประกอบการสอน เรื่อง ตัวเก็บประจุ
- 3.5 คำแนะนำสำหรับผู้เรียน
- 3.6 จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

- 3.7 แบบทดสอบก่อนเรียน/หลังเรียน เรื่อง ตัวเก็บประจุ
- 3.8 เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน/หลังเรียน เรื่อง ตัวเก็บประจุ
- 3.9 ใบความรู้ เรื่อง ตัวเก็บประจุ
- 3.10 ใบแบบฝึกหัด เรื่อง ตัวเก็บประจุ
- 3.11 เฉลยใบแบบฝึกหัด เรื่อง ตัวเก็บประจุ
- 3.12 ใบมอบงาน เรื่อง การอภิปรายเรื่องตัวเก็บประจุ
- 3.13 แบบประเมินใบมอบงาน เรื่อง การอภิปรายเรื่องตัวเก็บประจุ
- 3.14 ใบงานที่ 3.1 เรื่อง งานต่อวงจรและวัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวเก็บประจุ
- 3.15 แบบบันทึกผลใบงานที่ 3.1 เรื่อง งานต่อวงจรและวัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวเก็บประจุ
- 3.16 แบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม และคุณลักษณะอันพึงประสงค์
- 3.17 สรุปแบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม และคุณลักษณะอันพึงประสงค์
- 3.18 แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้
- 3.19 บันทึกหลังการสอน
- 3.20 สื่อประกอบการเรียนการสอน เรื่อง ตัวเก็บประจุ
- 3.21 บรรณานุกรม

4. เวลาที่ใช้

ใช้เวลาในการสอนจำนวน 4 ชั่วโมง

5. การเตรียมการล่วงหน้า

สิ่งที่ครูต้องเตรียมการล่วงหน้า มีดังนี้

- 5.1 ศึกษาคู่มือครูและแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6
- 5.2 ศึกษาชุดการสอนที่ 3 เรื่อง ตัวเก็บประจุ
- 5.3 กิจกรรมเสริมการเรียนรู้ เรื่อง ตัวเก็บประจุ
- 5.4 แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง ตัวเก็บประจุ
- 5.5 ใบแบบฝึกหัดที่ เรื่อง ตัวเก็บประจุ
- 5.6 ใบมอบงาน เรื่อง การอภิปรายเรื่องตัวเก็บประจุ
- 5.7 ใบงานที่ 3.1 เรื่อง งานต่อวงจรและวัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวเก็บประจุ
- 5.8 แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้
- 5.9 แบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม และคุณลักษณะอันพึงประสงค์
- 5.10 สรุปแบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม และคุณลักษณะอันพึงประสงค์

6. สื่อการเรียนการสอน

6.1 สื่อสิ่งพิมพ์

ชุดการสอนที่ 3 เรื่อง ตัวเก็บประจุ

6.2 สื่อโสตทัศน

สื่อ Power Point ประกอบการสอน เรื่อง ตัวเก็บประจุ

6.3 สื่อของจริง ได้แก่ ตัวเก็บประจุชนิดต่าง ๆ

6.4 เครื่องมือที่ใช้ในการปฏิบัติงานตามใบงานที่ 3.1 เรื่อง งานต่อวงจรและวัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวเก็บประจุ

7. การจัดชั้นเรียน

การจัดชั้นเรียนตามปกติสำหรับการสอนทฤษฎี โดยจัดการเรียนการสอนแบบเชิงรุก อภิปราย อธิบายสาธิต จัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติ ใช้สื่อภาพเคลื่อนไหว ประกอบ สรุปการเรียนรู้ ภาคปฏิบัติจัดกลุ่มการปฏิบัติงานโดยการแบ่งกลุ่มแบบละความสามารถ คนเก่ง ปานกลาง และอ่อน อยู่ในกลุ่มเดียวกัน เพื่อให้ผู้เรียนได้ปฏิบัติงานผ่านกระบวนการกลุ่ม โดยครูเตรียมโต๊ะอุปกรณ์ เครื่องมืออุปกรณ์ให้ใช้ครบทุกกลุ่ม ครูสาธิตให้ดูและควบคุมดูแลพฤติกรรม การปฏิบัติงานให้คำชี้แนะหากพบปัญหา

8. วิธีใช้ชุดการสอน

8.1 ศึกษาคู่มือและแผนการจัดการเรียนรู้

8.2 ศึกษาวิธีการใช้สื่อการเรียนการสอน

8.2 ศึกษาวิธีการใช้เครื่องมือวัดอุปกรณ์

8.3 ศึกษาวิธีการวัดผลและประเมินผล

9. ขั้นตอนการสอน

9.1 ครูชี้แจงให้ผู้เรียนรู้เกี่ยวกับบทบาทของผู้เรียนในการใช้ชุดการสอน

9.2 ครูชี้แจงกับผู้เรียนตกลงวิธีการวัดผลประเมินผลพร้อมกำหนดเวลาส่งงานกับครู

9.3 การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน แบ่งออกเป็นขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน

ขั้นที่ 2 ขั้นประกอบกิจกรรม

ขั้นที่ 3 ขั้นอภิปรายและสรุป

ขั้นที่ 4 ขั้นประเมินผล

9.4 ขณะผู้เรียนปฏิบัติงานตามใบงาน ครูควรควบคุมดูแลการปฏิบัติงานของผู้เรียน หากผู้เรียนมีปัญหาขณะปฏิบัติงานจะได้ให้คำแนะนำช่วยเหลือ

9.5 ครูควบคุมและติดตามผลการปฏิบัติงานของผู้เรียนให้เป็นไปตามขั้นตอนตามใบงาน

9.6 การสรุปบทเรียนและการปฏิบัติงานควรเป็นกิจกรรมร่วมของผู้เรียนทุกกลุ่มหรือตัวแทนกลุ่มร่วมกันสรุปบทเรียนและการปฏิบัติงาน

9.7 สังเกตพฤติกรรมผู้เรียนระหว่างการเรียนรู้และการปฏิบัติงาน

9.8 ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนชุดที่ 4 เรื่อง ตัวเก็บประจุ

9.9 ตรวจสอบผลงานการปฏิบัติงานตามใบงาน และแบบทดสอบหลังเรียนแล้วแจ้งผลให้ผู้เรียนทราบ

9.10 สอนซ่อมเสริมหรือมอบหมายงานเพิ่มให้กับผู้เรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์

10. วิธีการใช้สื่อการเรียนการสอนชุดการสอนที่ 3 เรื่อง ตัวเก็บประจุ

ผู้เรียนศึกษาวิธีการเรียนรู้ด้วยตนเองจากคู่มือ หรือผู้สอนชี้แจงให้ผู้เรียนทราบถึงวิธีการเรียนรู้ด้วยตนเองโดยใช้ชุดการสอน เรื่อง ตัวเก็บประจุ

11. บทบาทของผู้เรียน

11.1 ผู้เรียนต้องปฏิบัติตามคำแนะนำของครูและกลุ่ม

11.2 ผู้เรียนต้องทำกิจกรรมตามที่มอบหมายและร่วมกันอภิปราย

11.3 ผู้เรียนต้องปฏิบัติงานตามใบงาน

11.4 ผู้เรียนต้องส่งงานให้ตรงตามเวลาที่กำหนด

12. การวัดและประเมินผล

12.1 วิธีวัดผล

12.1.1 การสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้

12.1.2 ตรวจสอบผลประเมินจากการอภิปราย และแบบฝึกหัด

12.1.3 ตรวจสอบแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

12.1.4 ตรวจสอบผลการปฏิบัติงานตามใบงาน

12.1.5 ตรวจสอบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

12.2 เครื่องมือวัด

12.2.1 แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ชุดการสอนที่ 3 เรื่อง ตัวเก็บประจุ

12.2.2 ใบแบบฝึกหัด เรื่อง ตัวเก็บประจุ

12.2.3 แบบประเมินผลใบมอบงาน เรื่อง การอภิปรายเรื่องตัวเก็บประจุ

12.2.4 แบบประเมินผลใบงานที่ 3.1 เรื่อง งานต่อวงจรและวัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวเก็บประจุ

12.2.5 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

12.2.6 แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้

12.2.7 แบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม และคุณลักษณะอันพึงประสงค์

12.3 เกณฑ์การประเมินผล

12.3.1 ได้คะแนนพฤติกรรมระหว่างการเรียนรู้และการปฏิบัติงานไม่ต่ำกว่าร้อยละ 70

12.3.2 ได้คะแนนรวมตามแบบประเมินผลใบมอบงาน ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 70

12.3.3 ได้คะแนนจากการประเมินผลใบงาน ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 70

12.3.4 ได้คะแนนจากการทำแบบบัตรฝึกหัด ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 70

12.3.5 ได้คะแนนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 70

	โครงการสอนประจำหน่วย	
	ชื่อวิชางานอิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 20101-2103	
	ชื่อหน่วย ตัวเก็บประจุ	จำนวน 4 ชั่วโมง
หน่วยที่ 3 ตัวเก็บประจุ		จำนวน 4 ชั่วโมง
เรื่อง 1. หน้าที่และคุณสมบัติของตัวเก็บประจุ 2. โครงสร้าง สัญลักษณ์ และหลักการทำงานของตัวเก็บประจุ 3. ชนิดของตัวเก็บประจุ 4. การอ่านค่าตัวเก็บประจุ 5. การวัดและทดสอบตัวเก็บประจุ 6. การต่อวงจรตัวเก็บประจุ		
จุดประสงค์การสอน		รายการสอน
1. บอกหน้าที่และคุณสมบัติตัวเก็บประจุได้ 2. บอกโครงสร้าง สัญลักษณ์ และหลักการทำงานของตัวเก็บประจุได้ 3. อธิบายหลักการทำงานของตัวเก็บประจุได้ 4. จำแนกชนิดของตัวเก็บประจุได้ 5. อ่านค่าของตัวเก็บประจุได้ 6. วัดและทดสอบตัวเก็บประจุได้ 7. ต่อวงจรตัวเก็บประจุแบบต่าง ๆ ได้ 8. ปฏิบัติตามใบมอบงานได้ 9. ปฏิบัติงานตามใบงานได้		1. หน้าที่และคุณสมบัติของตัวเก็บประจุ 2. บอกโครงสร้าง และสัญลักษณ์ของตัวเก็บประจุได้ 3. หลักการทำงานของตัวเก็บประจุ 4. ชนิดของตัวเก็บประจุ 5. การอ่านค่าตัวเก็บประจุ 6. การวัดและทดสอบตัวเก็บประจุ 7. การต่อวงจรตัวเก็บประจุ
วิธีการสอน บรรยาย/ถาม-ตอบ สาธิต เวลาปฏิบัติงานตามใบงาน ครูควรกำหนดตามความพร้อมของเครื่องมือและอุปกรณ์		
สื่อการสอน สื่อ Power Point แผ่นที่ 1-63 ชุดฝึกทักษะ ใบความรู้ ใบมอบงาน ใบแบบฝึกหัด ใบงาน		
การประเมิน คะแนนจากการทำแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน แบบฝึกหัด แบบประเมินผลใบงาน แบบประเมินพฤติกรรมการเรียนรู้ และคะแนนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน		

แผนการจัดการเรียนรู้ 6

รหัสวิชา 20101-2103 ชื่อวิชางานอิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เบื้องต้น 2 (4)
หน่วยที่ 3 ชื่อหน่วย ตัวเก็บประจุ

สอนครั้งที่ 6
จำนวน 4 ชม.

หัวเรื่อง

1. หน้าที่และคุณสมบัติของตัวเก็บประจุ
2. โครงสร้าง สัญลักษณ์ และหลักการทำงานของตัวเก็บประจุ
3. ชนิดของตัวเก็บประจุ
4. การอ่านค่าตัวเก็บประจุ
5. การวัดและทดสอบตัวเก็บประจุ
6. การต่อวงจรและวัดตัวเก็บประจุ

สาระสำคัญ

ตัวเก็บประจุ (Capacitor) เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่สำคัญชนิดหนึ่งในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ตัวเก็บประจุทำหน้าที่เก็บพลังงานในรูปสนามไฟฟ้าไว้ที่ตัวและคายประจุไฟฟ้าออกมาให้กับวงจร ตัวเก็บประจุมีคุณสมบัติคล้ายกับแบตเตอรี่ ถูกนำไปเป็นส่วนประกอบของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในรถยนต์มากมาย การเลือกใช้งานขึ้นอยู่กับชนิดและค่าความจุที่ถูกออกแบบไว้ในวงจร

จุดประสงค์การเรียนรู้

จุดประสงค์ทั่วไป

เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับหน้าที่และคุณสมบัติ โครงสร้าง ชนิด ความจุและค่าทนแรงดันไฟฟ้า การต่อวงจรและวัดตัวเก็บประจุ อย่างประณีต รอบคอบ สะอาดปลอดภัยและรักษาสภาพแวดล้อม

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. ด้านความรู้

- 1.1 บอกหน้าที่และคุณสมบัติของตัวเก็บประจุได้
- 1.2 บอกโครงสร้าง และสัญลักษณ์ของตัวเก็บประจุได้
- 1.3 อธิบายหลักการทำงานของตัวเก็บประจุได้
- 1.4 บอกชนิดของตัวเก็บประจุได้

2. ด้านทักษะ

- 2.1 ผู้เรียนมีทักษะการอ่านค่าความจุและค่าทนแรงดันไฟฟ้าของตัวเก็บประจุได้
- 2.2 ผู้เรียนมีทักษะในการวัดและทดสอบตัวเก็บประจุได้
- 2.3 ผู้เรียนมีทักษะในการต่อวงจรตัวเก็บประจุได้

3. ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

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

กิจกรรมการเรียนการสอน

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นเรียนที่ตอบสนองด้านทักษะการจัดการเรียนรู้และการจัดการชั้นเรียน 8 ตัวชี้วัด

ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน เรื่อง ตัวเก็บประจุ จำนวน 10 ข้อ (10 นาที) โดยทำแบบทดสอบใน google ฟอรม์ ผ่านลิงก์ <https://docs.google.com/forms/u/0/>

1. ชี้นำเข้าสู่บทเรียน (10 นาที)

ตัวชี้วัดที่ 1 ผู้เรียนสามารถเข้าถึงสิ่งที่เรียนและเข้าใจบทเรียน

การจัดการเรียนรู้ที่แสดงให้เห็นถึง “คิดค้นและปรับเปลี่ยน (Invent and Transform)”

ครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้และเนื้อหาการเรียนรู้ ที่ครูได้สร้างและพัฒนาขึ้น เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเข้าถึงสิ่งที่เรียนและเข้าใจบทเรียน เรื่อง ตัวเก็บประจุ โดยมีจุดประสงค์การเรียนรู้ ดังนี้

1. บอกหน้าที่และคุณสมบัติตัวเก็บประจุได้
2. บอกโครงสร้าง และสัญลักษณ์ของตัวเก็บประจุได้
3. อธิบายหลักการทำงานของตัวเก็บประจุได้
4. จำแนกชนิดของตัวเก็บประจุได้
5. อ่านค่าของตัวเก็บประจุได้
6. วัดและทดสอบตัวเก็บประจุได้
7. ต่อวงจรตัวเก็บประจุแบบต่าง ๆ ได้

8. ปฏิบัติตามใบมอบงานได้

9. ปฏิบัติงานตามใบงานได้

ครูแจ้งการวัดผลประเมินผลด้วยวิธีที่หลากหลาย ได้แก่ แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน แบบฝึกหัด แบบประเมินใบมอบงาน แบบประเมินใบงาน แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ แบบประเมินคุณธรรมจริยธรรม ค่านิยมและลักษณะอันพึงประสงค์ แจ้งระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้ ชุดการสอนที่ 2 เรื่อง ตัวเก็บประจุ ใช้เวลาเรียนรวมทั้งหมด จำนวน 4 ชั่วโมง

ครูแจ้งให้ผู้เรียนทราบถึงการจัดการเรียนรู้ที่ครูได้สร้างและพัฒนาขึ้น โดยใช้ชุดการสอน เรื่อง ตัวเก็บประจุ โดยครูให้ผู้เรียนศึกษาเรียนรู้ เรื่อง ตัวเก็บประจุ มาล่วงหน้าผ่านระบบออนไลน์ ก่อนเข้าเรียนในชั่วโมงเรียนจากสื่อครูสร้างและพัฒนาขึ้น มีเนื้อหาการเรียนรู้ ได้แก่ หน้าที่และคุณสมบัติของตัวเก็บประจุ โครงสร้างของตัวเก็บประจุ ชนิดของตัวเก็บประจุ การอ่านค่าความจุและค่าทนแรงดันไฟฟ้า การวัดและทดสอบตัวเก็บประจุ วิธีการต่อวงจรตัวเก็บประจุ เมื่อผู้เรียนไม่เข้าใจเนื้อหาในส่วนใดของบทเรียนสามารถทบทวนเนื้อหาใหม่ได้ด้วยตนเอง และสอบถามครูผ่านระบบออนไลน์ได้ แสดงให้เห็นถึงวิธีการ คิดค้นและปรับเปลี่ยนวิธีการใหม่ๆ ในการออกแบบกิจกรรมหรือสื่อการเรียนรู้ในบทเรียน

ครูนำเข้าสู่บทเรียนเพื่อให้ ผู้เรียนสามารถเข้าถึงสิ่งที่เรียนและเข้าใจบทเรียน โดยการใช้สื่อต่าง ๆ ประกอบด้วย ใบความรู้ ใบแบบฝึกหัด ใบมอบงาน ใบงาน สื่อ Power Point วิดีโอ สื่อของจริง ได้แก่ ตัวเก็บประจุชนิดต่าง ๆ และมีหลากหลายค่า เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติงานตามใบงาน ประกอบด้วย เครื่องเพาเวอร์ซัพพลายแบบ DC มัลติมิเตอร์ดิจิทัล ชุดฝึกทักษะ มาแสดงให้ผู้เรียนดูและใช้คำถามนำ แล้วให้ผู้เรียนร่วมกันอภิปราย ตัวอย่างคำถาม ได้แก่

1. ผู้เรียนรู้หรือไม่ว่าอุปกรณ์ตัวนี้มีชื่อว่าอะไร
2. ผู้เรียนรู้หรือไม่ว่าอุปกรณ์นี้ มีหน้าที่อะไร

ครูใช้คำถามเชื่อมโยงกับเรื่องใหม่ที่จะเรียน คือ ใบงานที่ 3.1 เรื่อง งานต่อวงจรและวัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวเก็บประจุ โดยใช้คำถาม ดังนี้

1. ถ้าต้องการใช้มัลติมิเตอร์วัดค่าความจุต้องปรับสวิตช์ย่านการวัดไปที่ตำแหน่งใด
2. ค่าความจุมีหน่วยว่าอะไร

ครูแจ้งกิจกรรมการเรียนรู้ ได้แก่ การอภิปรายตามใบมอบงานที่ 3.1 เรื่อง การอภิปราย เรื่อง ตัวเก็บประจุ การปฏิบัติตามใบงานที่ 3.1 เรื่อง งานต่อวงจรและวัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวเก็บประจุ การทำแบบฝึกหัดรายบุคคล

ตัวชี้วัดที่ 2 ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้หรือประสบการณ์เดิมกับการเรียนรู้ใหม่

การจัดการเรียนรู้ที่แสดงให้เห็นถึง “คิดค้นและปรับเปลี่ยน (Invent and Transform)”

ครูจัดกิจกรรมเพื่อให้ ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้หรือประสบการณ์เดิมกับการเรียนรู้ใหม่ ได้แก่ การใช้คำถามเกี่ยวกับเนื้อหาในเรื่องที่เคยเรียนรู้มาก่อน โดยครูอธิบายทบทวนเนื้อหาเดิม โดยเฉพาะในส่วนของ การใช้เครื่องมือวัด เพื่อเชื่อมโยงไปสู่การใช้เครื่องมือวัดค่าความจุของตัวเก็บประจุ วัดแรงดันไฟฟ้า อธิบายให้เชื่อมโยงกับเรื่องใหม่ที่จะเรียน เรื่อง ตัวเก็บประจุ พร้อมกับแสดงสื่อของจริง ได้แก่ เพาเวอร์ซัพพลายแบบ DC มัลติมิเตอร์ดิจิทัล ชุดฝึกทักษะ และตัวเก็บประจุชนิดต่าง ๆ ที่มีค่าแตกต่างกัน โดยมีกิจกรรมประกอบการเรียนรู้ ดังนี้

กิจกรรมที่ 1 ครูให้ผู้เรียนทำกิจกรรมกลุ่ม โดยแต่ละความสามารถทั้งคนเก่ง ปานกลางและอ่อน แล้วตั้งคำถาม โดยให้ผู้เรียนร่วมกันอภิปรายหรือตอบคำถาม ทบทวนความรู้เดิมของผู้เรียนเพื่อให้ ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้หรือประสบการณ์เดิมกับการเรียนรู้ใหม่ โดยนำเครื่องมือและอุปกรณ์ มาจัดวางแสดงให้ผู้เรียนได้เห็น แล้วตั้งคำถาม ดังนี้

1. ถ้าต้องการวัดค่าความจุด้วยการใช้มัลติมิเตอร์จะปรับสวิตช์ย่านการวัดไปที่ตำแหน่งใด
2. ถ้าต้องการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าด้วยการใช้เครื่องมือนี้จะปรับสวิตช์ย่านการวัดไปที่ตำแหน่งใด

กิจกรรมที่ 2 ให้ผู้เรียนทำกิจกรรมกลุ่มโดยแต่ละความสามารถทั้งคนเก่ง ปานกลางและอ่อนเพื่อให้ ผู้เรียนได้ร่วมมือและช่วยเหลือกันในการทำกิจกรรมภายในกลุ่ม สำหรับผู้ที่ยังไม่พร้อม หรืออาจมีความรู้ หรือประสบการณ์เดิมไม่เพียงพอที่จะเชื่อมโยงกับความรู้ใหม่ ทำให้ผู้เรียนในกลุ่มสามารถ เชื่อมโยงความรู้และประสบการณ์เดิมได้ โดยครูคอยเป็นผู้สนับสนุนอย่างใกล้ชิดให้ผู้เรียนทดลองใช้ เครื่องมือวัดโดยนำอุปกรณ์ต่าง ๆ มาทดลองวัดและอภิปรายวิธีการใช้เครื่องมือวัดที่ถูกต้อง

จากกิจกรรมที่ 2 แสดงให้เห็นถึง การคิดค้นและปรับเปลี่ยน วิธีการใหม่ ๆ ในการให้ผู้เรียน สามารถเชื่อมโยงความรู้หรือประสบการณ์เดิมกับการเรียนรู้ใหม่ เป็นกิจกรรมที่ให้ผู้เรียนทบทวน ความรู้เดิมที่เคยเรียนมาแล้ว และเชื่อมโยงที่จะเรียนในแผนการเรียนรู้นี้

2. ขั้นตอนปฏิบัติการ (3 ชั่วโมง)

ตัวชี้วัดที่ 3 ผู้เรียนได้สร้างความรู้เอง หรือได้สร้างประสบการณ์ใหม่จากการเรียนรู้

การจัดการเรียนรู้ที่แสดงให้เห็นถึง “คิดค้นและปรับเปลี่ยน (Invent and Transform)”

ครูจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้ ผู้เรียนได้สร้างความรู้เอง หรือได้สร้างประสบการณ์ใหม่จากการ เรียนรู้ เน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติการที่ต้องใช้ความรู้หรือทักษะหลากหลาย โดยครูได้ ส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้ทักษะที่หลากหลายในการเรียนรู้ ได้แก่ ทักษะกระบวนการกลุ่ม ทักษะการคิด ทักษะการพูด ทักษะการอ่าน การเขียน ทักษะการฟัง ทักษะการแก้ปัญหา ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ผ่านการ ลงมือปฏิบัติเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยครูเป็นผู้ให้การสนับสนุนการเรียนรู้ ให้ผู้เรียนศึกษา ด้วยตนเองจากสื่อการเรียนรู้ที่ครูสร้างและพัฒนาขึ้น โดยมีเนื้อหาจากใบความรู้ ใบมอบงาน และใบ

งานในวิชางานอิเล็กทรอนิกส์ยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 20101-2103 ชุดการสอนที่ 2 เรื่อง ตัวเก็บประจุ ทำกิจกรรมรูปแบบกระบวนการกลุ่ม 2 กิจกรรม ดังนี้

กิจกรรมที่ 1 การปฏิบัติกิจกรรมตามใบมอบงาน เรื่อง การอภิปรายเรื่อง ตัวเก็บประจุ โดยให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็นภายในกลุ่ม มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ภายในกลุ่ม ยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่น จากนั้นครูใช้เทคนิคให้ผู้เรียนทุกกลุ่มสรุปประสบการณ์ใหม่แล้วออกมานำเสนอสรุปประสบการณ์ใหม่หน้าชั้นเรียน ให้ครูและเพื่อนได้รับฟัง โดยให้มีการวิพากษ์วิจารณ์ผลงานกลุ่มอื่นได้ เพื่อเป็นการแลกเปลี่ยนเรียนรู้

กิจกรรมที่ 2 ปฏิบัติกิจกรรมตามใบงานที่ 3.1 เรื่อง การต่อวงจรและวัดค่าในวงจรตัวเก็บประจุ ด้วยรูปแบบกระบวนการกลุ่ม ให้ผู้เรียนได้สร้างความรู้หรือประสบการณ์ใหม่จากการเรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติจากการเรียนรู้รายบุคคลและรายกลุ่ม ครูเป็นผู้ให้การสนับสนุนและอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ของผู้เรียน

จากกิจกรรมทั้งสองแสดงให้เห็นถึง **การคิดค้นและปรับเปลี่ยน** เพื่อให้ผู้เรียนได้สร้างความรู้เองหรือได้สร้างประสบการณ์ใหม่จากการเรียนรู้

ตัวชี้วัดที่ 4 ผู้เรียนได้รับการกระตุ้นและเกิดแรงจูงใจในการเรียนรู้

การจัดการเรียนรู้ที่แสดงให้เห็นถึง “คิดค้นและปรับเปลี่ยน (Invent and Transform)”

ครูได้วิเคราะห์และวางแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามลำดับความยากง่ายเพื่อให้เหมาะสมกับผู้เรียน จัดให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ในรูปแบบกิจกรรมกลุ่มเป็นการทำให้ผู้เรียนได้ช่วยเหลือกัน ผู้เรียนมีโอกาสนสะท้อนถึงความสำเร็จการเรียนรู้ในกลุ่ม หรืออธิบายข้อผิดพลาดจากการเรียนรู้ เป็นการส่งผลให้ ผู้เรียนได้รับการกระตุ้นและให้เกิดแรงจูงใจในการเรียนรู้ อีกทั้ง ครูอธิบายสรุปเนื้อหาผลการนำเสนอการอภิปราย และการปฏิบัติงาน สะท้อนการนำเสนอและการปฏิบัติงานที่เกิดจากความสำเร็จหรือข้อผิดพลาด กล่าวชมเชยผู้ที่มีความรู้และทักษะที่ดี อีกทั้งให้กำลังใจผู้เรียนที่ยังไม่สามารถพัฒนาตนเองได้เท่ากับเพื่อนร่วมชั้นเรียน ครูชี้ให้เห็นถึงประโยชน์ที่เกิดจากการเรียนรู้การนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน แสดงให้เห็นถึง การคิดค้นและปรับเปลี่ยน ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการเรียนรู้

ตัวชี้วัดที่ 5 ผู้เรียนได้รับการพัฒนาทักษะความเชี่ยวชาญจากการเรียนรู้

การจัดการเรียนรู้ที่แสดงให้เห็นถึง “คิดค้นและปรับเปลี่ยน (Invent and Transform)”

ครูแจ้งกิจกรรมที่จะปฏิบัติ คือ การปฏิบัติกิจกรรมในใบงานที่ 3.1 เรื่อง งานต่อวงจรและวัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวเก็บประจุ ครูอธิบายลำดับการประกอบกิจกรรม แจ้งเวลาในการประกอบกิจกรรม ใบงานที่ 3.1 เรื่อง งานต่อวงจรและวัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวเก็บประจุ โดยใช้เวลาจำนวน 1 ชั่วโมง 30 นาที

ครูอธิบายทบทวนความรู้เดิม ที่ผู้เรียนได้เรียนผ่านมาแล้วจาก เรื่อง เครื่องมือวัดและทดสอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ถยนต์ โดยเฉพาะ เรื่อง การใช้มัลติมิเตอร์วัดค่าต่าง ๆ ได้แก่ การวัดค่าความจุ การวัดแรงดันไฟฟ้า การวัดกระแสไฟฟ้า ที่จะนำมาประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติกิจกรรมในใบงานที่ 3.1 เรื่อง งานต่อวงจรและวัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวเก็บประจุ

ครูแจ้งแบบประเมินการปฏิบัติงาน ได้แก่ แบบประเมินการปฏิบัติงาน แบบประเมินคุณธรรมจริยธรรม และลักษณะอันพึงประสงค์ และแบบประเมินพฤติกรรมกลุ่ม

ครูตั้งคำถาม เพื่อทบทวนความรู้ที่ผู้เรียนได้ศึกษาจากสื่อที่ครูส่งให้ศึกษามาล่วงหน้า เรื่อง งานต่อวงจรและวัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวเก็บประจุ โดยใช้คำถาม คือ การต่อวงจรตัวเก็บประจุ มีกี่แบบ และให้ผู้เรียนศึกษาขั้นตอนการปฏิบัติงานตามใบงานที่ 3.1 เรื่อง งานต่อวงจรและวัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวเก็บประจุ เพื่อทบทวนพร้อมกันเปิดโอกาสให้ผู้เรียนถามในกรณีที่มีข้อสงสัยในขั้นตอนการปฏิบัติงาน

ครูให้ผู้เรียนเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ เพื่อปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มตามขั้นตอนการปฏิบัติในใบงานที่ 3.1 เรื่อง งานต่อวงจรและวัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวเก็บประจุ พร้อมกับศึกษาใบบันทึกผลการปฏิบัติงาน โดยปฏิบัติตามกิจกรรมตามกลุ่มที่ได้แบ่งไว้ เพื่อบูรณาการทักษะต่าง ๆ ได้ประยุกต์ใช้ทักษะที่ได้รับการพัฒนาในสถานการณ์หรือการแก้ปัญหาใหม่ เพื่อให้ผู้เรียนได้รับการพัฒนาทักษะความเชี่ยวชาญจากการเรียนรู้ ผ่านกระบวนการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่ม

ตัวชี้วัดที่ 6 ผู้เรียนได้รับข้อมูลสะท้อนกลับเพื่อปรับปรุงการเรียนรู้

การจัดการเรียนรู้ที่แสดงให้เห็นถึง “คิดค้นและปรับเปลี่ยน (Invent and Transform)”

ครูสังเกตหรือค้นหาข้อผิดพลาดในการปฏิบัติกิจกรรมของผู้เรียนระหว่างเรียน โดยครูใช้แบบประเมินประเมินพฤติกรรม การเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ แบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ และแบบประเมินการปฏิบัติกิจกรรม จาก 2 กิจกรรม ดังนี้

กิจกรรมที่ 1 การปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มตามใบมอบงาน เรื่อง การอธิบายเรื่องตัวเก็บประจุ และนำผลจากการปฏิบัติกิจกรรม โดยให้แต่ละกลุ่มนำเสนอผลงานจากการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มตามที่ได้รับมอบหมาย

กิจกรรมที่ 2 การปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มตามใบงานที่ 3.1 เรื่อง การต่อวงจรและวัดค่าในวงจรตัวเก็บประจุ โดยให้ผู้เรียนปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มตามขั้นตอนการปฏิบัติงาน

ครูและผู้เรียนร่วมกันสรุปผลการปฏิบัติงานให้ผู้เรียนได้รับข้อมูลสะท้อนกลับเพื่อทบทวน ให้ผู้เรียนได้รับรู้ข้อมูลว่าตนเอง มีทักษะและองค์ความรู้ในระดับใดและมีส่วนใดที่ต้องปรับปรุงและพัฒนาตนเอง โดยครูตั้งคำถามให้ผู้เรียนช่วยกันตอบ ดังนี้

1. การต่อวงจรตัวเก็บประจุมีกี่แบบ
2. ผลจากการวัดค่าความจุรวมของการต่อวงจรแบบขนานได้เท่าไร

3. การต่อวงจรแบบอนุกรมวัดค่าความจรรวมได้ผลเป็นอย่างไรและวัดค่าได้เท่าไร

4. การต่อวงจรตัวเก็บประจุแบบขนานวัดค่าความจรรวมได้เท่าไร

ครูบอกข้อควรปรับปรุงหรือแก้ไขในการปฏิบัติกิจกรรม เพื่อให้ผู้เรียนได้รับการพัฒนาทักษะ **ความเชี่ยวชาญจากการเรียนรู้** และให้ผู้เรียนทำใบแบบฝึกหัด เรื่อง ตัวเก็บประจุ เป็นรายบุคคลจาก ชุดการสอนวิชางานอิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 20101 – 2103 เพื่อให้ผู้เรียนได้รับการ **พัฒนาทักษะความเชี่ยวชาญจากการเรียนรู้** โดยครูและผู้เรียนร่วมกันเฉลยแบบฝึกหัด และกล่าว ชมเชยผู้ที่เรียนรู้ได้ เป็นอย่างดี แสดงให้เห็นถึง **การคิดค้นและปรับเปลี่ยน** ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน

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 การจัดรูปแบบการปฏิบัติกิจกรรม กระบวนการกลุ่ม เพื่อให้ผู้เรียนที่มีพื้นฐานความรู้ที่ไม่ดีได้รับการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน ครูสร้างความอบอุ่น มีความสัมพันธ์อันดีต่อผู้เรียน ให้ผู้เรียนมีอิสระทางความคิดและการกล้าแสดงออก แสดงให้เห็นถึงการคิดค้นและปรับเปลี่ยนวิธีการใหม่ ๆ ในการสร้างบรรยากาศชั้นเรียน ให้ผู้เรียนได้รับการพัฒนาการเรียนรู้ในบรรยากาศชั้นเรียนที่เหมาะสม ในการจัดกิจกรรมเสริมสร้างการเรียนรู้ของผู้เรียน

ตัวชี้วัดที่ 8 ผู้เรียนสามารถกำกับการเรียนรู้และมีการเรียนรู้แบบนำตนเอง

การจัดการเรียนรู้ที่แสดงให้เห็นถึง “คิดค้นและปรับเปลี่ยน (Invent and Transform)”

ครูเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ประเมินตนเองหรือถูกเพื่อนประเมินร่วมกับครูประเมินในระหว่างการเรียนรู้หรือเมื่อจบบทเรียนผ่านกิจกรรมที่หลากหลาย ด้วยการใช้แบบประเมินที่ครูได้สร้างและพัฒนาขึ้น เปิดโอกาสให้ผู้เรียนฝึกฝนเพิ่มเติมภายหลังจากจบบทเรียน เพื่อพัฒนาความสามารถของผู้เรียนโดยมอบหมายงานให้ผู้เรียนทุกคนได้ไปศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมจากสื่อต่าง ๆ โดยผู้เรียนได้สืบค้นอย่างอิสระจากสื่อออนไลน์และสรุปสาระสำคัญ ส่งผ่านระบบออนไลน์ และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ทบทวนการปฏิบัติงานด้วยตนเองตามใบงานที่ 3.1 เรื่อง งานต่อวงจรและวัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัว

เก็บประจุ ในเวลาว่างเพื่อให้เกิดความชำนาญยิ่งขึ้น เป็นการฝึกการวางแผนการปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง ผู้เรียนสามารถกำกับการเรียนรู้และมีการเรียนรู้แบบนำตนเอง แสดงให้เห็นถึงการคิดค้นและปรับเปลี่ยนวิธีการใหม่ ๆ ให้ผู้เรียนสามารถกำกับการเรียนรู้และมีการเรียนรู้แบบนำตนเอง ในการจัดกิจกรรมเสริมสร้างการเรียนรู้ของผู้เรียน

3. ขั้นตอนิปรายและสรุป (20 นาที)

ครูและผู้เรียนร่วมกันสรุปเนื้อหา เรื่อง ตัวเก็บประจุ โดยใช้แบบสรุปเนื้อหา เรื่อง ตัวเก็บประจุ ครูตรวจประเมินการปฏิบัติกิจกรรมตามใบมอบงาน เรื่อง การอธิบายเรื่องตัวตัวเก็บประจุ ครูตรวจประเมินการปฏิบัติงานตามใบงานใบงานที่ 3.1 เรื่อง งานต่อวงจรและวัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวเก็บประจุ ครูและผู้เรียนร่วมกันสรุปผลจากการปฏิบัติงาน และครูอธิบายสรุปผลการปฏิบัติงานให้ผู้เรียน รู้วิธีปฏิบัติที่ถูกต้องและวิธีการแก้ไขงานที่มีปัญหา

4. ขั้นประเมินผล (10 นาที)

4.1 ให้ผู้เรียนทำแบบฝึกหัดหลังเรียน จำนวน 10 นาที

4.2 ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน เรื่อง ตัวเก็บประจุ จำนวน 10 ข้อ (10 นาที) โดยทำแบบทดสอบใน google ฟอรม์ ผ่านลิงก์ <https://docs.google.com/forms/u/0/>

สื่อการเรียนการสอน

1. ใบความรู้ หน่วยที่ 3 เรื่อง ตัวเก็บประจุ
2. สื่อประกอบการสอน Power Point แผ่นที่ 1- 63
3. สื่อเครื่องมือวัดหาค่าความจุและตัวเก็บประจุของจริงที่มีค่าแตกต่างกัน
4. ใบมอบงาน
5. ใบงาน
6. วีดีโอ

การวัดผลประเมินผล

1. คะแนนจากการอธิบายงานกลุ่ม เรื่อง ตัวเก็บประจุ
2. คะแนนจากการทำใบแบบฝึกหัด เรื่อง ตัวเก็บประจุ
3. คะแนนแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนชุดที่ 3 เรื่อง ตัวเก็บประจุ
4. คะแนนจากแบบสังเกตพฤติกรรมระหว่างการเรียนรู้และการปฏิบัติงาน
5. คะแนนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

แหล่งการเรียนรู้เพิ่มเติม

1. ห้องสมุด
2. หนังสือเรียน
3. ข้อมูลจากอินเทอร์เน็ต

กิจกรรมเสนอแนะ

1. ผู้เรียนนำตัวเก็บประจุตัวอย่างมาวิเคราะห์ตามใบงาน
2. ผู้เรียนสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมหรือทบทวนเนื้อหาจากวิดีโอ จากแหล่งข้อมูล ดังนี้
 - 2.1 <https://www.youtube.com/watch?v=bw8SG1wPdQ8>
 - 2.2 <https://www.youtube.com/watch?v=GHDArmV3apl>
 - 2.3 <https://www.youtube.com/watch?v=eD2h-UiNShw&t=117s>
 - 2.4 <https://www.youtube.com/watch?v=FuSVsTVEcVo>
 - 2.5 <https://www.youtube.com/watch?v=0KyjZov4Ylw&t=35s>

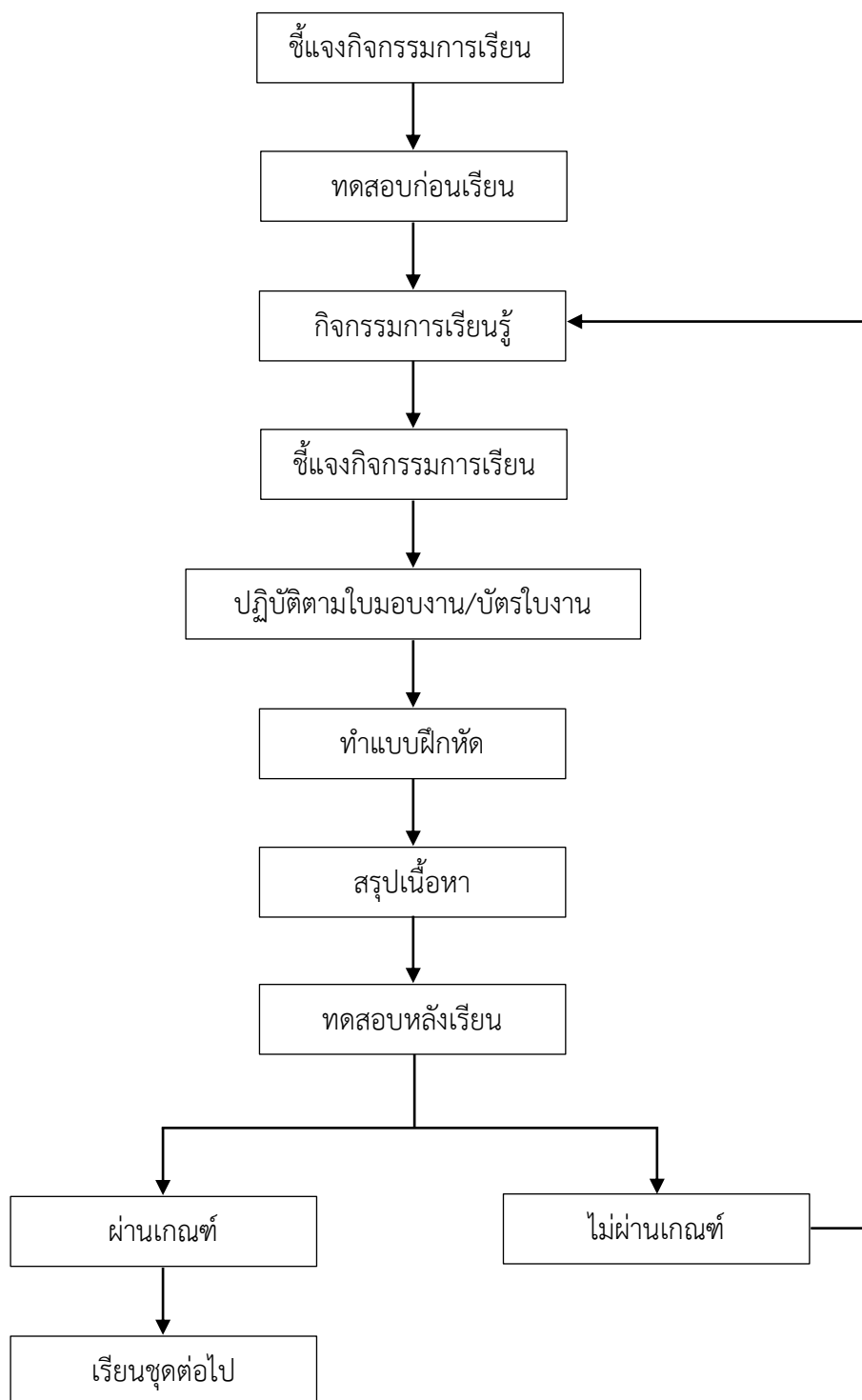
เอกสารประกอบการสอน
วิชางานอิเล็กทรอนิกส์ยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 20101-2103
หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562
ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาช่างยนต์

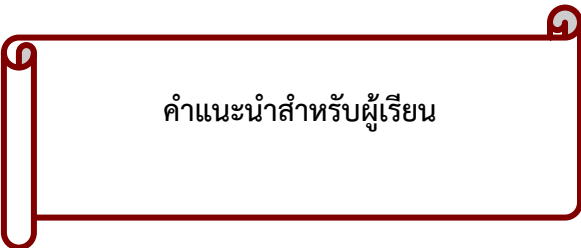
ชุดการสอนที่ 3
เรื่อง ตัวเก็บประจุ

นายจิรโรจน์ เลิศธนเปี่ยมสุข

วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ จังหวัดศรีสะเกษ
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

ลำดับขั้นการเรียนรู้ด้วยชุดการสอน





คำแนะนำสำหรับผู้เรียน

การเรียนรู้ครั้งที่ 6 ให้ผู้เรียนปฏิบัติตามขั้นตอนดังนี้

1. ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน จำนวน 10 ข้อ เวลา 10 นาที
2. ให้ผู้เรียนศึกษาใบความรู้ เรื่อง ตัวเก็บประจุ
3. ให้ผู้เรียนปฏิบัติตามใบมอบงาน เรื่อง ตัวเก็บประจุ
4. ให้ผู้เรียนปฏิบัติงานตามใบงาน
5. ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน จำนวน 10 ข้อ เวลา 10 นาที

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. บอกหน้าที่และคุณสมบัติตัวเก็บประจุได้
2. บอกโครงสร้าง และสัญลักษณ์ของตัวเก็บประจุได้
3. อธิบายหลักการทำงานของตัวเก็บประจุได้
4. จำแนกชนิดของตัวเก็บประจุได้
5. อ่านค่าของตัวเก็บประจุได้
6. วัดและทดสอบตัวเก็บประจุได้
7. ต่อดวงจรตัวเก็บประจุแบบต่าง ๆ ได้
8. ปฏิบัติตามใบมอบงานได้
9. ปฏิบัติงานตามใบงานได้

เนื้อหา ชุดการสอนที่ 3
เรื่อง ตัวเก็บประจุ

1. หน้าที่และคุณสมบัติของตัวเก็บประจุ
2. โครงสร้าง สัญลักษณ์ และหลักการทำงานของตัวเก็บประจุ
3. ชนิดของตัวเก็บประจุ
4. การอ่านค่าตัวเก็บประจุ
5. การวัดและทดสอบตัวเก็บประจุ
6. การต่อวงจรตัวเก็บประจุ

แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

หน่วยที่ 3 เรื่อง ตัวเก็บประจุ

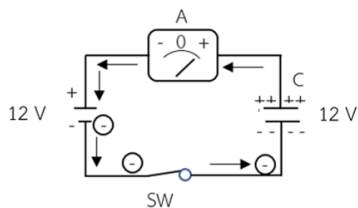
คำชี้แจง ให้เลือกคำตอบข้อที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียวแล้วทำเครื่องหมาย (X) ลงในกระดาษคำตอบ

1. ข้อใดบอกหน้าที่ของตัวเก็บประจุได้ถูกต้อง
 - ก. เก็บประจุไฟฟ้า
 - ข. คายประจุไฟฟ้า
 - ค. เก็บพลังงานในรูปสนามไฟฟ้า
 - ง. เก็บและคายประจุไฟฟ้า
2. ข้อใดบอกคุณสมบัติของตัวเก็บประจุได้ถูกต้อง
 - ก. เป็นแหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้าได้ด้วยตัวมันเอง
 - ข. สามารถเก็บแรงดันไฟฟ้าหรือประจุไฟฟ้าไว้ในตัวได้
 - ค. สามารถเก็บแรงดันไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่อง
 - ง. เมื่อจ่ายไฟฟ้าออก ค่าแรงดันไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง
3. ข้อใดบอกส่วนประกอบในโครงสร้างของตัวเก็บประจุ
 - ก. แผ่นตัวนำ และฉนวน
 - ข. แหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้า
 - ค. แผ่นตัวนำและแผ่นเก็บประจุไฟฟ้า
 - ง. แผ่นตัวนำและแผ่นคายประจุไฟฟ้า
4. จากรูป เป็นสัญลักษณ์ของตัวเก็บประจุชนิดใด



- ก. ตัวเก็บประจุชนิดค่าคงที่
- ข. ตัวเก็บประจุชนิดเปลี่ยนค่าได้
- ค. ตัวเก็บประจุชนิดแบ่งค่าได้
- ง. ตัวเก็บประจุชนิดได้ปรับค่าได้

5. จากรูป ข้อใดอธิบายสภาวะการทำงานของตัวเก็บประจุได้ถูกต้อง



- ก. ขณะเก็บประจุกำลังประจุ
- ข. ขณะตัวเก็บประจุกำลังประจุเต็ม
- ค. ขณะตัวเก็บประจุกำลังคายประจุ
- ง. ขณะยังไม่มีมีการประจุ

6. ตัวเก็บประจุชนิดใดที่ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงค่าได้

- ก. ตัวเก็บประจุชนิดแบ่งค่าได้
- ข. ตัวเก็บประจุชนิดปรับค่าได้
- ค. ตัวเก็บประจุชนิดค่าคงที่
- ง. ตัวเก็บประจุชนิดเลือกค่าได้

7. จากรูป อ่านค่าความจุไฟฟ้าได้เท่าใด



- ก. ค่าความจุไฟฟ้า 330 ไมโครฟารัด ค่าทนแรงดันไฟฟ้าได้ 400 โวลต์
- ข. ค่าความจุไฟฟ้า 330 พิโกฟารัด ค่าทนแรงดันไฟฟ้าได้ 400 โวลต์
- ค. ค่าความจุไฟฟ้า 400 ไมโครฟารัด ค่าทนแรงดันไฟฟ้าได้ 330 โวลต์
- ง. ค่าความจุไฟฟ้า 400 พิโกฟารัด ค่าทนแรงดันไฟฟ้าได้ 330 โวลต์

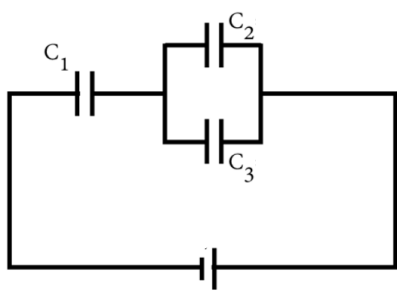
8. ข้อใดอธิบายวิธีการวัดตัวเก็บประจุด้วยมัลติมิเตอร์ดิจิทัลที่ ไม่ ถูกต้อง

- ก. ค่าที่ได้ต้องไม่เกินค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน
- ข. ถ้าตัวเก็บประจุขาด ค่าความจุจะขึ้น OL Ω
- ค. ถ้าตัวเก็บประจุช็อต ค่าความจุจะได้ 0.000 Ω
- ง. ถ้าตัวเก็บประจุเสื่อม ค่าความจุจะมากกว่าที่ระบุไว้ในตัวถัง

9. การต่อตัวเก็บประจุแบบใด ค่าความจุไฟฟ้ารวมในวงจรน้อยกว่าค่าความจุไฟฟ้าตัวที่น้อยที่สุดในวงจร

- ก. แบบอนุกรม
- ข. แบบขนาน
- ค. แบบผสม
- ง. แบบขนานและแบบผสม

10. จากรูป เป็นการต่อตัวเก็บประจุแบบใด



- ก. แบบอนุกรม
- ข. แบบผสม
- ค. แบบขนาน
- ง. แบบขนานและแบบผสม

เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

หน่วยที่ 3 เรื่อง ตัวเก็บประจุ

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

ใบความรู้ เรื่อง ตัวเก็บประจุ

3.1 หน้าที่และคุณสมบัติของตัวเก็บประจุ

ตัวเก็บประจุ (capacitor) มีหน้าที่ เก็บสะสมพลังงานในรูปสนามไฟฟ้า และคายประจุไฟฟ้า ตัวเก็บประจุ บางครั้งเรียกว่า คอนเดนเซอร์ (condenser) หรือนิยมเรียกย่อ ๆ ว่าตัวซี (C) ค่าความจุของตัวเก็บประจุเปลี่ยนแปลงไปได้ ขึ้นอยู่กับพื้นที่ผิวของแผ่นโลหะทั้งสอง พื้นที่ผิวมากมีความจุมาก พื้นที่ผิวน้อยมีความจุน้อย ขึ้นกับระยะห่างของแผ่นโลหะทั้งสอง แผ่นโลหะวางชิดมีความจุมาก แผ่นโลหะวางห่างมีความจุน้อย และขึ้นกับชนิดของวัสดุที่ใช้ทำ ฉนวนคั่นกลางแผ่นโลหะ ฉนวนดีมีค่าความจุสูง ฉนวนไม่ดีมีค่าความจุน้อย

จากหน้าที่ของตัวเก็บประจุ ได้มีการนำไปใช้ประโยชน์ในวงจรอย่างหลากหลาย ได้แก่ การกรองไฟดีซีให้เรียบ (Filter) การถ่ายทอดสัญญาณ และเชื่อมโยงระหว่างวงจร (Coupling) การกรองความถี่ (Bypass) การกั้นการไหลของกระแสไฟดีซี (Blocking) เป็นต้น

สำหรับตัวเก็บประจุ (capacitor) ในรถยนต์ มีหน้าที่ กรองสัญญาณจากการส่งข้อมูลของตัวตรวจจับสัญญาณจากเครื่องยนต์ เพื่อป้องกันสัญญาณรบกวนในขณะป้อนข้อมูลเข้าไปยังกล่องควบคุมเครื่องยนต์ ให้ทำงานได้อย่างถูกต้องแม่นยำทุกสภาวะการทำงาน

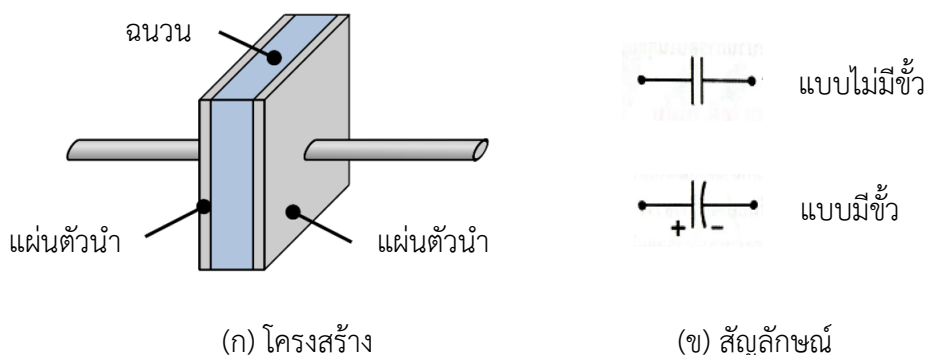
3.2 โครงสร้าง สัญลักษณ์ และหลักการทำงานของตัวเก็บประจุ

ตัวเก็บประจุ (Capacitor) เป็นอุปกรณ์ที่ประกอบด้วยตัวนำสองชิ้น ในรูปร่างใดก็ได้ มีฉนวนคั่นกลางซึ่งฉนวนนี้เรียกว่า ไดอิเล็กทริก (Dielectric) เช่น อากาศ กระจกแก้ว และเซรามิก ฉนวนเหล่านี้ทำหน้าที่ไม่ให้ประจุถ่ายถึงกัน แต่ยอมให้อำนาจไฟฟ้าส่งผ่านถึงกันได้ ตัวเก็บประจุแบบที่ง่ายที่สุดจะเป็นแผ่นตัวนำสองแผ่นวางแยกกันอยู่คู่ขนานกัน โดยแผ่นหนึ่งมีประจุบวกและอีกแผ่นหนึ่งมีประจุลบ ซึ่งทำได้โดยการนำแผ่นคู่ขนานที่เป็นโลหะเป็นกลางทางไฟฟ้าทั้งสองแผ่น ใช้แรงภายนอกทำงานในการย้ายประจุจากแผ่นหนึ่งไปไว้อีกแผ่นหนึ่ง ทำให้แผ่นหนึ่งเป็นลบ และอีกแผ่นหนึ่งเป็นบวก ซึ่งการทำเช่นนี้ ทำให้พลังงานศักย์ไฟฟ้าของระบบสูงขึ้น หรือกล่าวได้ว่า การทำให้แผ่นตัวคู่ขนานมีประจุนั้นเป็นการทำให้เกิดความต่างศักย์ระหว่างแผ่นตัวนำทั้งสอง ขนาดของความต่างศักย์ระหว่างแผ่นตัวนำทั้งสอง แปรผันโดยตรงกับขนาดของประจุที่สะสมอยู่ที่แผ่นตัวคู่ขนาน

ค่าความจุไฟฟ้าไม่ขึ้นกับปริมาณของประจุไฟฟ้าที่เก็บหรือความต่างศักย์ ค่าความจุไฟฟ้าขึ้นกับพื้นที่ของแผ่นและระยะห่างระหว่างแผ่นเท่านั้น นอกจากนี้ค่าความจุยังขึ้นกับชนิดของฉนวนที่อยู่ระหว่างแผ่นตัวนำทั้งสอง

3.2.1 โครงสร้างและสัญลักษณ์ของตัวเก็บประจุ

โครงสร้างของตัวเก็บประจุประกอบด้วย แผ่นตัวนำสองตัวที่ถูกกันกลางไว้ด้วยฉนวน และมีสัญลักษณ์ ดังรูปที่ 3.1

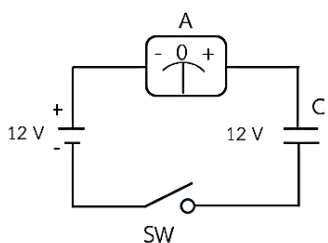


รูปที่ 3.1 โครงสร้างและสัญลักษณ์ของตัวเก็บประจุ

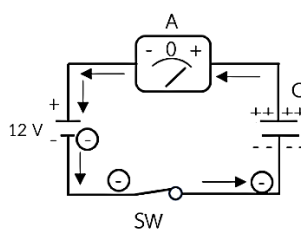
ที่มา : จิรโรจน์ เลิศธนเปี่ยมสุข. 2565

3.2.2 หลักการทำงานของตัวเก็บประจุ

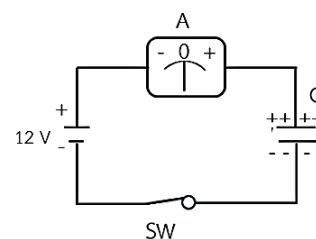
3.2.2.1 การเก็บประจุ คือ การเก็บอิเล็กตรอนไว้ที่แผ่นตัวนำของตัวเก็บประจุ เมื่อนำแบตเตอรี่ต่อกับตัวเก็บประจุ อิเล็กตรอนจากขั้วลบของแบตเตอรี่จะเข้าไปรวมกันที่แผ่นตัวนำ ทำให้เกิดประจุลบขึ้นและส่งสนามไฟฟ้าไปผลักอิเล็กตรอนของแผ่นตัวนำตรงข้าม โดยปกติในแผ่นตัวนำจะมีประจุบวก (+) และประจุลบ (-) ปะปนกันอยู่ เมื่ออิเล็กตรอนจากแผ่นตัวนำถูกผลักให้หลุดออกไปแล้วจึงเหลือประจุบวกมากกว่าประจุลบ ถ้าอิเล็กตรอนถูกผลักออกไปมากเท่าไร แผ่นตัวนำนั้นจะเป็นประจุบวกมากขึ้นเท่านั้น



(ก) ยังไม่จ่ายแรงดัน



(ข) ตัวเก็บประจุกำลังประจุ

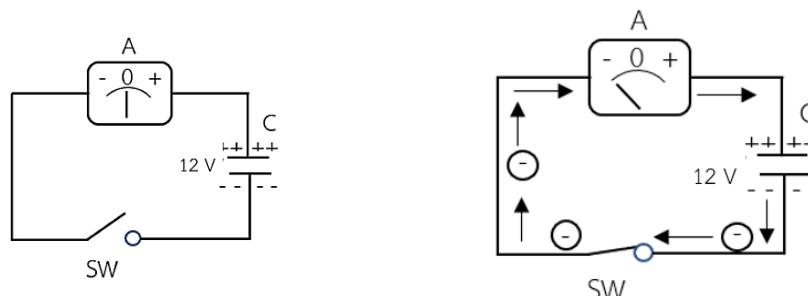


(ค) ตัวเก็บประจุมีประจุเต็ม

รูปที่ 3.2 การเก็บประจุของตัวเก็บประจุ

ที่มา : จิรโรจน์ เลิศธนเปี่ยมสุข. 2565

3.2.2.2 การคายประจุ ตัวเก็บประจุที่ถูกประจุแล้ว ถ้าเรายังไม่นำขั้วตัวเก็บประจุมาต่อกัน อิเล็กตรอนก็ยังคงอยู่ที่แผ่นเพลต แต่ถ้ามีการครบวงจรระหว่างแผ่นเพลตทั้งสองเมื่อไร อิเล็กตรอนก็จะวิ่งจากแผ่นเพลตทางด้านลบไปครบวงจรที่แผ่นเพลตบวกทันที เราเรียกว่า "การคายประจุ"



รูปที่ 3.3 การคายประจุของตัวเก็บประจุ

ที่มา: จิรโรจน์ เลิศชนเปี่ยมสุข. 2565

จากรูปที่ 3.3 เมื่อต่อแหล่งจ่ายไฟครบวงจร จะสังเกตได้ว่ากระแสไฟฟ้าไม่สามารถไหลผ่านตัวเก็บประจุได้ (มองเป็น Open Circuit) ก็เพราะว่าในตัวเก็บประจุมีฉนวนกั้นอยู่ ในขณะเดียวกันก็เกิดประจุไฟฟ้าที่ไหลข้ามฉนวนไม่ได้ก็ติดอยู่ที่แผ่นตัวนำ ทำให้ด้านนั้นมีประจุไฟฟ้าลบ จำนวนมาก ส่วนแผ่นตัวนำด้านตรงข้ามกลายเป็นประจุไฟฟ้าด้านบวกเพราะอิเล็กตรอน (Electron) ไหลไปอีกด้านหนึ่งจำนวนมากการที่มีประจุติดอยู่ที่แผ่นตัวนำของตัวเก็บประจุได้เพราะว่า แต่ละด้านมีประจุไฟฟ้าที่เป็นขั้วตรงกันข้ามกันทำให้เกิดสนามไฟฟ้า (electric field) ดึงดูดซึ่งกันและกัน (+ และ - ดึงดูดกัน) ซึ่งทำให้ตัวเก็บประจุสามารถเก็บพลังงานศักย์ หรือแรงดัน (Voltage) ไว้ได้

3.3 ชนิดของตัวเก็บประจุ

ตัวเก็บประจุที่ผลิตในปัจจุบันมีเป็นจำนวนมาก สามารถแบ่งชนิดของตัวเก็บประจุตามลักษณะทางโครงสร้างหรือตามสารที่นำมาใช้เป็นไดอิเล็กตริก ตัวเก็บประจุแบ่งได้เป็น 3 ชนิดด้วยกัน คือ ตัวเก็บประจุแบบค่าคงที่ (Fixed Capacitor) ตัวเก็บประจุแบบปรับค่าได้ (Variable Capacitor) ตัวเก็บประจุแบบเลือกค่าได้ (Select Capacitor)

3.3.1 ตัวเก็บประจุแบบค่าคงที่ (Fixed Capacitor)

ตัวเก็บประจุแบบค่าคงที่ (Fixed Capacitor) คือ ตัวเก็บประจุที่ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงค่าได้ โดยปกติจะมีรูปลักษณะเป็นวงกลม หรือเป็นทรงกระบอก ซึ่งมักแสดงค่าที่ตัวเก็บประจุ เช่น 5 พิโกฟารัด (pF) 10 ไมโครฟารัด (μF) แผ่นเพลตตัวนำมักใช้โลหะและมีไดอิเล็กตริกประเภท ไมก้า เซรามิก อิเล็กโตรไลติกคั่นกลาง การเรียกชื่อตัวเก็บประจุแบบค่าคงที่นี้จะเรียกชื่อตามไดอิเล็กตริกที่ใช้ เช่น ตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กโตรไลติก ชนิดเซรามิก ชนิดไมก้า ดังตัวอย่างในรูปที่ 3.4



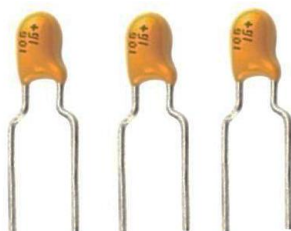
รูปที่ 3.4 ตัวอย่างตัวเก็บประจุแบบค่าคงที่และสัญลักษณ์
ที่มา : จิรโรจน์ เลิศนเปี่ยมสุข. 2565

3.3.1.1 ชนิดอิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte Capacitor) เป็นที่นิยมใช้กันมากเพราะให้ค่าความจุสูง ระบุขั้วบวก ขั้วลบ โครงสร้างภายในคล้ายกับแบตเตอรี่ นิยมใช้กับงานความถี่ต่ำหรือใช้สำหรับไฟฟ้ากระแสตรง มีข้อเสียคือกระแสรั่วไหลและความผิดพลาดสูงมาก ตัวเก็บประจุอิเล็กโทรไลต์มีรูปทรงหลายแบบ เช่น รูปทรงกระบอก ทรงกระบอกขาเขียว แบบ SMD รูปทรงกระบอกตัวใหญ่ขามีน็อต รูปทรงกระบอกแบนนอน ที่ตัวเก็บประจุจะมีข้อความระบุรายละเอียด ได้แก่ ชื่อรุ่นและชื่อผู้ผลิต เครื่องหมายทางการค้า ค่าความจุ เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน พิกัดแรงดันใช้งานสูงสุดระบุเป็นไฟฟ้ากระแสตรง (DC) หรือไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) พิกัดอุณหภูมิใช้งานและอุณหภูมิสภาพแวดล้อมที่ใช้ในการทดสอบ วันเดือนปีผลิตที่ผลิต ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 ตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กโทรไลต์แบบต่าง ๆ
ที่มา : จิรโรจน์ เลิศนเปี่ยมสุข. 2565

3.3.1.2 ชนิดแทนทาลัมอิเล็กโทรไลต์ (Tantalum Electrolyte Capacitor) เป็นตัวเก็บประจุที่มีประสิทธิภาพ มีค่าผิดพลาดน้อย มีค่าความจุสูง โครงสร้างภายในประกอบด้วยแผ่นตัวนำทำมาจากแทนทาลัมและแทนทาลัมเปอร์ออกไซด์อีกแผ่น นอกจากนี้ยังมีแมงกานีสไดออกไซด์ เงิน และเคลือบด้วยเรซิน ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 ตัวเก็บประจุชนิดแทนทาลัมอิเล็กโทรไลต์

ที่มา : จิรโรจน์ เลิศธนเปี่ยมสุข. 2565

3.3.1.3 ชนิดไบโพลาร์ (Bipolar Capacitor) นิยมใช้กันมากในวงจรภาคจ่ายไฟฟ้า กระแสตรงเครื่องขยายเสียง เป็นตัวเก็บประจุจำพวกเดียวกับชนิดอิเล็กโทรไลต์ แต่ไม่มีขั้วบวกขั้วลบ บางครั้งเรียกสั้น ๆ ว่า ไบแคป ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 ตัวเก็บประจุชนิดไบโพลาร์

ที่มา : จิรโรจน์ เลิศธนเปี่ยมสุข. 2565

3.3.1.4 ชนิดเซรามิก (Ceramic Capacitor) เป็นตัวเก็บประจุที่มีค่าไม่เกิน 1 ไมโครฟารัด นิยมใช้กันทั่วไปเพราะมีราคาถูก เหมาะสำหรับวงจรประเภทคัปปลิงความถี่วิทยุ ข้อเสียของตัวเก็บประจุชนิดเซรามิกคือมีการสูญเสียมาก



รูปที่ 3.8 ตัวเก็บประจุชนิดเซรามิก

ที่มา : จิรโรจน์ เลิศธนเปี่ยมสุข. 2565

3.3.1.5 ตัวเก็บประจุชนิดฟิล์มพลาสติก (Plastic - Film Capacitor) ตัวเก็บประจุชนิดฟิล์มพลาสติก ถูกสร้างขึ้นมาแทนตัวเก็บประจุแบบกระดาษ ซึ่งคุณสมบัติของฉนวนดีกว่ากระดาษ มีความหนาแน่นของค่าความจุสูง ความผิดพลาดมีค่าต่ำ และมีอายุการใช้งานมากกว่า นิยมนำไปใช้ในวงจรที่ต้องการความเที่ยงตรงสูง โครงสร้างภายในคล้ายกับแบบตัวเก็บประจุแบบกระดาษ แต่ฉนวนชั้นแผ่นโลหะตัวนำเป็นพวกฟิล์มพลาสติก ตัวเก็บประจุชนิดฟิล์มพลาสติกจะใช้แผ่นไดอิเล็กตริกที่ทำมาจากวัสดุหลายประเภท เช่น โพลีเอสเตอร์ (Polyester) หรือเรียกว่า ไมลาร์ (Mylar) โพลีโพรพิลีน (Polypropylene) โพลีสไตรีน (Polystyrene) โพลีคาร์บอเนต (Polycarbonate) เมทัลไลซ์พลาสติก (Metalized Plastic) และวัสดุชนิดอื่นๆ โดยนำมาคั่นระหว่างแผ่นเพลตทั้งสอง แล้วม้วนพับให้มีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอก การเรียกชื่อตัวเก็บประจุชนิดฟิล์มพลาสติก มักเรียกชื่อตามชนิดฉนวนพลาสติกที่ใช้ผลิตตัวเก็บประจุ



(ก) ชนิดฟิล์มเมทัลไลซ์โพลีเอสเตอร์ (ข) ชนิดฟิล์มโพลีเอสเตอร์ (ค) ชนิดฟิล์มโพลีโพรพิลีน



(ง) ชนิดฟิล์มโพลีสไตรีน (จ) ชนิดฟิล์มโพลีคาร์บอเนต (ฉ) ชนิดฟิล์มเมทัลไลซ์โพลีคาร์บอเนต

รูปที่ 3.9 ตัวเก็บประจุชนิดฟิล์ม

ที่มา : จีโรจน์ เลิศธนเปี่ยมสุข. 2565

ตัวเก็บประจุชนิดฟิล์มพลาสติก จะนิยมพิมพ์ตัวอักษรย่อภาษาอังกฤษติดกัน 2-3 ตัว กำกับไว้ที่ส่วนใดส่วนหนึ่งบนตัวถังตัวเก็บประจุ เพื่อแสดงถึงชนิดของฉนวนพลาสติกที่ใช้ผลิต อักษรที่บอกไว้มีหลายค่า มีความหมายดังในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงอักษรย่อและความหมายของตัวเก็บประจุชนิดฟิล์มพลาสติก

ตัวอักษรย่อ	ความหมาย
PP, KP	โพลีโพรพิลีน
MKP	เมทัลไลซ์โพลีโพรพิลีน
KT	โพลีเอสเตอร์ (ไม่ลาร์)
MKT	เมทัลไลซ์โพลีเอสเตอร์
KC	โพลีคาร์บอนเนต
MKC	เมทัลไลซ์โพลีคาร์บอนเนต
KS	โพลีสไตรีน
MKS	เมทัลไลซ์โพลีสไตรีน
MK	เมทัลไลซ์พลาสติก

3.3.1.6 ตัวเก็บประจุชนิดกระดาษ (Paper Capacitor) เป็นตัวเก็บประจุที่ใช้กระดาษ อาบน้ำยา กระดาษชุบไซ หรือชุบน้ำมัน ทำเป็นแผ่นไดอิเล็กตริก (dielectric constant) นำไปใช้งาน ที่มีความต้องการค่าความต้านทานของฉนวนที่มีค่าสูง และงานที่แรงดันไฟฟ้าที่สูง ซึ่งค่าของแรงดัน และค่าของตัวเก็บประจุจะพิมพ์ติดไว้ที่ติดด้านนอก สามารถทนแรงไฟได้หลายพันโวลต์



รูปที่ 3.10 ตัวเก็บประจุชนิดกระดาษ

ที่มา : จิรโรจน์ เลิศธนเปี่ยมสุข. 2565

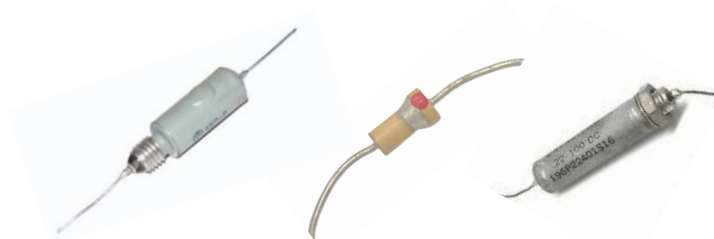
3.3.1.7 ชนิดไมก้า (Mica Capacitor) มีฉนวนทำจากไมก้า ซึ่งไมก้าเป็นกลุ่มแร่ ธรรมชาติและมีความเสถียรทางไฟฟ้า เคมี และคุณสมบัติทางไฟฟ้าที่ดีทนอุณหภูมิได้สูง ไม่ทำ ปฏิกิริยากับกรด น้ำ น้ำมันและสารละลาย ตัวเก็บประจุชนิดไมก้าที่ผลิตใช้งานอยู่ในปัจจุบันเรียกว่า ซิลเวอร์ไมก้า (Silver Mica Capacitor) โครงสร้างข้างในของตัวเก็บประจุชนิดไมก้าทำจากแผ่นไมก้า บางเรียงเป็นชั้นอย่างแซนวิช ที่ผิวของแผ่นไมก้าชุบด้วยเงิน (Silver) และวางเป็นชั้นเพื่อให้ได้ค่าความ จุที่ต้องการ ด้านนอกหุ้มปิดด้วยเซรามิกอีพ็อกซีเรซินเพื่อป้องกันตัวเก็บประจุจากสิ่งแวดล้อม ภายนอก วงจรที่ต้องการความเสถียรสูงและต้องการตัวเก็บประจุที่มีค่าความจุเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ตลอดช่วงอายุการใช้งาน มีค่าความสูญเสียต่ำ ค่าความจุน้อย ๆ พร้อมทั้งมีค่าความจุที่เชื่อถือได้สูง



รูปที่ 3.11 ตัวเก็บประจุชนิดไมก้า
ที่มา : จิรโรจน์ เลิศธนเปี่ยมสุข. 2565

3.3.1.8 ชนิดฟีดท루 (Feed-through Capacitor)

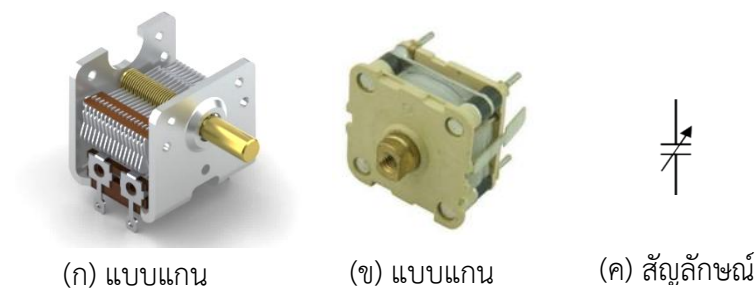
ลักษณะโครงสร้างเป็นตัวถังทรงกลมมีขาใช้งานหนึ่งหรือสองขา ใช้ในการกรองความถี่รบกวนที่เกิดจากเครื่องยนต์มักใช้ในวิทยุรถยนต์



รูปที่ 3.12 ตัวเก็บประจุชนิดฟีดท루
ที่มา : จิรโรจน์ เลิศธนเปี่ยมสุข. 2565

3.3.2 ตัวเก็บประจุแบบเปลี่ยนค่าได้ (Variable Capacitor)

ตัวเก็บประจุแบบเปลี่ยนค่าได้ (Variable Capacitor) ค่าการเก็บประจุจะเปลี่ยนแปลงไปตามการเคลื่อนที่ของแกนหมุน โครงสร้างภายในประกอบด้วย แผ่นโลหะ 2 แผ่นหรือมากกว่าวางใกล้กัน แผ่นหนึ่งจะอยู่กับที่ส่วนอีกแผ่นหนึ่งจะเคลื่อนที่ได้ ได้อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้มีหลายชนิดด้วยกันคือ อากาศ ไมก้า เซรามิค และพลาสติก เป็นต้น



(ก) แบบแกน

(ข) แบบแกน

(ค) สัญลักษณ์

รูปที่ 3.13 ตัวเก็บประจุแบบเปลี่ยนค่าได้และสัญลักษณ์
ที่มา : จิรโรจน์ เลิศธนเปี่ยมสุข. 2565

3.3.3 ตัวเก็บประจุแบบเลือกค่าได้ (Select Capacitor)

ตัวเก็บประจุแบบเลือกค่าได้ (Select Capacitor) คือตัวเก็บประจุในตัวถังเดียว แต่มีค่าให้เลือกใช้งานมากกว่าหนึ่งค่าและมีขาใช้งานหลายขา ดังแสดงในรูป ดังรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 ตัวเก็บประจุแบบเลือกค่าได้และสัญลักษณ์

ที่มา : จิรโรจน์ เลิศนเปี่ยมสุข. 2565

3.4 การอ่านค่าตัวเก็บประจุ

ค่าความจุเป็นตัววัดความสามารถเก็บของตัวเก็บประจุ ถ้ามีค่าความจุมากแสดงว่าเก็บประจุได้มาก มีหน่วยวัดเป็นฟารัด และค่าทนแรงดันไฟฟ้าของตัวเก็บประจุ คือค่าของตัวเก็บประจุที่สามารถทนต่อแรงดันไฟฟ้าที่ใช้งานได้ มีหน่วยการวัดเป็นโวลต์

ตัวแปรที่ให้ค่าความจุของตัวเก็บประจุมากหรือน้อยมีอยู่ 3 ประการ ได้แก่ 1) พื้นที่แผ่นเพลตที่วางขนานกัน มีพื้นที่แผ่นเพลตมากก็ยิ่งมีค่าความจุมาก 2) ระยะห่างระหว่างแผ่นเพลตมากขึ้นค่าความจุก็ยิ่งลดลง 3) ชนิดของสารที่ใช้ทำแผ่นไดอิเล็กตริก ค่าความจุจะเปลี่ยนแปลงไปตามชนิดของสารที่ใช้ทำแผ่นไดอิเล็กตริก

3.4.1 การอ่านค่าจุ

ค่าความจุของตัวเก็บประจุมีหน่วยความจุ เป็น ฟารัด (Farad) แทนสัญลักษณ์ด้วยตัวอักษรย่อ F ในทางปฏิบัติถือว่าหน่วยฟารัด เป็นหน่วยใหญ่ และส่วนใหญ่ค่าที่ใช้จะอยู่ในช่วงไมโครฟารัด (μF) นาโนฟารัด (nF) พิโกฟารัด (pF) จึงเขียนความสัมพันธ์กันได้ดังนี้

1 ฟารัด (F) เท่ากับ 1,000,000,000,000 พิโกฟารัด (pF) เท่ากับ 1×10^{12} (pF)

1 ฟารัด (F) เท่ากับ 1,000,000,000 นาโนฟารัด (nF) เท่ากับ 1×10^9 (pF)

1 ฟารัด (F) เท่ากับ 1,000,000 ไมโครฟารัด (μF) เท่ากับ 1×10^6 (pF)

1 ไมโครฟารัด (μF) เท่ากับ เท่ากับ 1×10^{-6} (F)

1 นาโนฟารัด (nF) เท่ากับ เท่ากับ 1×10^{-9} (F)

1 พิโคฟารัด (pF) เท่ากับ เท่ากับ 1×10^{-12} (F)

3.4.1.1 การอ่านค่าความจุไฟฟ้าโดยตรง

ตัวเก็บประจุที่บอกค่าความจุไฟฟ้าโดยตรง จะพิมพ์ค่าความจุไว้ที่ตัวถัง ตัวเก็บประจุขนาดเล็กจะไม่นิยมพิมพ์หน่วยไว้และบอกค่าความจุไว้ในหน่วย พิโคฟารัด (pF) และไมโครฟารัด (μ F) สังเกตจากตัวถังที่บอกไว้ ถ้ามีค่าน้อยกว่า 1 ลงมา เช่น 0.01, 0.022, 0.047, 0.12, 0.39, 0.68, และ 0.82 จะมีหน่วยเป็น ไมโครฟารัด (μ F) และถ้ามีค่าตั้งแต่ 1 ขึ้นไป เช่น 1, 1.2, 3.3, 10, 33, 56, 120 และ 680 เป็นต้น จะมีหน่วยเป็น พิโคฟารัด (pF)

ค่าผิดพลาดของความจุ นิยมบอกค่าเปอร์เซ็นต์ไว้เป็น 2 แบบ คือ บอกค่าเป็นเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดโดยตรง เช่น $\pm 1\%$, $\pm 2\%$, $\pm 10\%$ และ $\pm 20\%$ เป็นต้น และบอกค่าเป็นตัวอักษรภาษาอังกฤษ เช่น A, B, C, D, E, F, G, J, L, K, M, N และ Z เป็นต้น ตัวอักษรแต่ละตัวแทนค่าความผิดพลาดแสดงดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 แสดงตัวอักษรแทนค่าความผิดพลาดของตัวเก็บประจุ

ตัวอักษรย่อ	ค่าความผิดพลาด
B	± 0.10 pF
C	± 0.25 pF
D	± 0.5 pF
E	$\pm 0.5\%$
F	$\pm 1\%$
G	$\pm 2\%$
H	$\pm 3\%$
J	$\pm 5\%$
K	$\pm 10\%$
M	$\pm 20\%$
N	$\pm 30\%$
P	$\pm 100\% - 0\%$
Z	$+80\% - 20\%$

นอกจากค่าความผิดพลาดของตัวเก็บประจุจะแสดงด้วยตัวอักษรแล้ว อัตราทนแรงดันไฟฟ้ามีการใช้ตัวอักษรแทนค่าตัวเลขไว้ด้วย แสดงดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 แสดงค่าทนแรงดันไฟฟ้าของตัวเก็บประจุไฟฟ้าแบบรหัสตัวเลข

รหัสตัวเลข	ค่าทนแรงดันไฟฟ้า
0J	6.3V
1A	10V
1C	16V
1E	25V
1H	50V
2A	100V
2D	200V
2E	250V
2G	400V
2J	630V

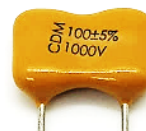
ตัวอย่าง การอ่านค่าตัวเก็บประจุแบบบอกค่าความจุไฟฟ้าโดยตรง



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 3.15 ตัวอย่างการอ่านค่าตัวเก็บประจุแบบบอกค่าความจุไฟฟ้าโดยตรง

ที่มา : จิรโรจน์ เลิศธนเปี่ยมสุข. 2565

รูปที่ 3.14 (ก) มีค่าความจุ 500 pF ค่าทนแรงดันไฟฟ้า 500 VDC ค่าความผิดพลาด $\pm 5\%$

รูปที่ 3.14 (ข) มีค่าความจุ 0.1 μF ค่าทนแรงดันไฟฟ้า 250 VDC

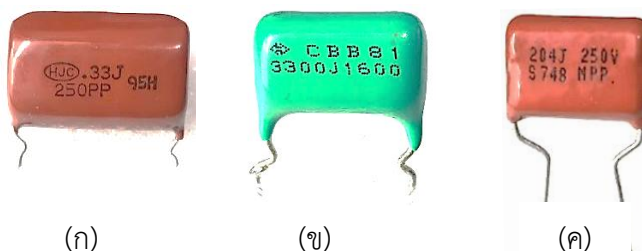
รูปที่ 3.14 (ค) มีค่าความจุ 100 pF ค่าทนแรงดันไฟฟ้า 1000 VDC ค่าความผิดพลาด $\pm 5\%$

3.4.1.2 การอ่านค่าความจุไฟฟ้าแบบรหัสตัวเลขและตัวอักษร

ค่าของตัวเก็บประจุที่บอกเป็นรหัสตัวเลขจะบอกเป็นตัวเลขมา 3 ตำแหน่ง โดยตัวที่หนึ่งจะเป็นตัวตั้งหลักที่หนึ่ง ตัวที่สองจะเป็นตัวตั้งหลักที่สอง และตัวเลขตัวที่สามจะเป็นตัวเติมเลขศูนย์ลงไป (หรือตัวคูณ) หน่วยที่ได้จะเป็นพิโกฟารัด (pF) เสมอ ค่าผิดพลาดบอกในรูปของอักษรแทน

กรณีที่ไม่บอกค่าความจุเป็นตัวเลขแต่มีระบุหน่วย ถ้าตัวเลขน้อยกว่า 1 เช่น 0.2 ให้อ่านค่าตามตัวเลขนั้นและมีหน่วยเป็นหน่วยไมโครฟารัด (μF) ถ้าตัวเลขมากกว่าหรือเท่ากับ 1 ให้อ่านค่าเป็นหน่วยพิโคฟารัด (pF) ยกตัวอย่างตามรูปที่ 3.16 (ก) ค่าที่ระบุไว้เท่ากับ 0.33J ไม่บอกหน่วยแต่ตัวเลขน้อยกว่า 1 ดังนั้นอ่านค่าความจุได้ 0.33 ไมโครฟารัด (μF) รูปที่ 3.16 (ข) ค่าที่แสดงไว้เท่ากับ 3300 ตัวเลขมากกว่า 1 และไม่ระบุหน่วย ดังนั้นอ่านค่าได้ 3300 พิโคฟารัด (pF)

กรณีบอกเป็นรหัสตัวเลข ต้องทำการแปลงรหัสตามหลักก่อนแล้วอ่านค่าออกมาเป็นหน่วยพิโคฟารัด (pF) เช่น ตามรูปที่ 3.16 (ค) รหัสค่าความจุ 204J ตัวเลข 2 หลักแรกเป็นตัวตั้ง ตัวเลขหลักที่ 3 เป็นตัวคูณ ดังนั้นค่าที่ได้คือ $204 = 20 \times 10000 = 200000 \text{ pF}$ ตัว J คือค่าผิดพลาด $\pm 5\%$



รูปที่ 3.16 การอ่านค่าความจุไฟฟ้าแบบรหัสตัวเลข

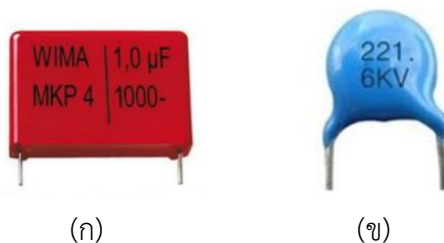
ที่มา : จิรโรจน์ เลิศธนเปี่ยมสุข. 2565

3.4.2 ค่าทนแรงดันไฟฟ้า

ค่าทนแรงดันไฟฟ้าของตัวเก็บประจุ บอกถึงตัวเก็บประจุนั้นสามารถทนแรงดันไฟฟ้าได้มากที่สุดเท่าไร การใช้แรงดันไฟฟ้ามากกว่าอัตราค่าทนได้ทำให้ตัวเก็บประจุชำรุดเสียหายได้ การเลือกตัวเก็บประจุมาใช้งานต้องเลือกค่าทนแรงดันไฟฟ้าของตัวเก็บประจุให้มากกว่าค่าทนแรงดันไฟฟ้าที่ใช้งานจริงเสมอ ไม่ควรน้อยกว่า 40 % ยกตัวอย่าง เช่น นำตัวเก็บประจุไปใช้งานกับแรงดันไฟฟ้า 6 VDC ควรเลือกตัวเก็บประจุแรงดันไฟฟ้าไม่น้อยกว่า 10 VDC มาใช้งาน เพื่อความปลอดภัยของตัวเก็บประจุและส่งผลต่ออายุการใช้งานของตัวเก็บประจุ

กรณีค่าทนแรงดันไฟฟ้าของตัวเก็บประจุบอกค่าไว้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง เมื่อนำไปใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับ ต้องเพิ่มค่าอัตราแรงดันไฟฟ้าขึ้นอย่างน้อย 50 % เช่น นำตัวเก็บประจุไฟฟ้าไปใช้งานกับไฟฟ้ากระแสสลับ 100 VAC ควรเลือกตัวเก็บประจุทนอัตราแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงไม่น้อยกว่า 200 VDC มาใช้งาน เพราะแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่ 100 VAC จะมีค่าอัตราแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับสูงสุดที่จ่ายออกมาถึง 141 VAC ตัวเก็บประจุจะแสดงอัตราค่าทนแรงดันไฟฟ้าจะบอกหน่วยไว้เป็นโวลท์ ในตัวของตัวเก็บประจุจะแสดงค่าแรงดันไฟฟ้าแตกต่างกันไป เช่น แรงดันไฟฟ้า

กระแสตรง (Direct current Voltage ; VDC) แรงดันไฟฟ้าทำงาน (Working Voltage ; WV) แรงดันไฟฟ้าทดสอบ (Testing Voltage ; TV) ดังแสดงในรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.17 ค่าความจุและค่าทนแรงดันไฟฟ้าของตัวเก็บประจุ
ที่มา : จิรโรจน์ เลิศธนเปี่ยมสุขม. 2565

จากรูปที่ 3.17 สามารถอ่านค่าค่าความจุและค่าทนแรงดันไฟฟ้าของตัวเก็บประจุ ได้ ดังนี้
รูปที่ 3.16 (ก) มีค่าความจุ 1 μF ค่าทนแรงดันไฟฟ้า 1000 VDC
รูปที่ 3.16 (ข) มีค่าความจุ 221 pF ค่าทนแรงดันไฟฟ้า 6 kVDC

3.5 การวัดและทดสอบตัวเก็บประจุ

ตัวเก็บประจุเมื่อได้รับการใช้งานจะมีการเสื่อมสภาพ สาเหตุของการเสื่อมสภาพมีสาเหตุมาจากปัจจัยหลายอย่าง การเสื่อมสภาพของตัวเก็บประจุเมื่อทำการวัดจะมีลักษณะดังนี้ คือ การรั่ว การขาดวงจร และการลัดวงจร สำหรับการตรวจวัดตัวเก็บประจุ เพื่อวิเคราะห์ความเสียหายหรือความเสื่อมสภาพสามารถใช้มัลติมิเตอร์ดิจิตอลตรวจสอบได้ตามขั้นตอน ดังนี้

1. กรณีที่ตัวเก็บประจุติดตั้งอยู่ในวงจรต้องทำการถอดออกนอกวงจรเสียก่อน
2. ให้ทำการคายประจุก่อนทำการวัดทุกครั้งเพื่อป้องกันอันตราย โดยการนำขาคั้วเก็บประจุแตะกันอย่างรวดเร็วหรือใช้สายไฟทำการลัดวงจรระหว่างขาทั้งสองข้างของตัวเก็บประจุ



รูปที่ 3.18 วิธีทำการคายประจุของตัวเก็บประจุ
ที่มา : จิรโรจน์ เลิศธนเปี่ยมสุขม, 2566

3. ปรับสวิตช์เลือกย่านวัดของมัลติมิเตอร์ไปที่สัญลักษณ์ตัวเก็บประจุและต่อสายวัดของมัลติมิเตอร์เข้ากับขาทั้งสองของตัวเก็บประจุ สามารถสลับสายวัดของมัลติมิเตอร์ได้

4. อ่านผลการวัดที่หน้าจอของมัลติมิเตอร์ ค่าที่ได้ต้องเท่ากับค่าระบุไว้ที่ตัวถังของตัวเก็บประจุ หรือใกล้เคียงที่สุดและไม่เกินค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน ($\pm \%$)

4.1 ถ้าตัวเก็บประจุขาด ค่าความจุจะแสดงขึ้นเป็น OL

4.2 ถ้าตัวเก็บประจุช็อต ค่าความจุจะไม่ได้ตามที่ระบุไว้ หรือแสดงขึ้นเป็น 0.00

4.3 ถ้าตัวเก็บประจุเสื่อม ค่าความจุจะน้อยมากหรือเกินค่าเปอร์เซ็นต์ที่ระบุความคลาดเคลื่อนไว้



รูปที่ 3.19 วิธีการวัดตัวเก็บประจุ

ที่มา : จิรโรจน์ เลิศธนเปี่ยมสุขม. 2565

3.6 การต่อวงจรตัวเก็บประจุ

การต่อตัวเก็บประจุ คือ การนำขาตัวเก็บประจุมาต่อรวมกัน เพื่อปรับเปลี่ยนค่าความจุ ให้ได้ตามต้องการ การต่อตัวเก็บประจุแบ่งออกได้เป็น 3 แบบ คือ แบบอนุกรม แบบขนาน และแบบผสม การต่อวงจรตัวเก็บประจุแต่ละแบบจะทำให้ค่าความจุไฟฟ้า (C) ค่าประจุไฟฟ้า (Q) และค่าแรงดันไฟฟ้า (V) ในวงจรเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งความสัมพันธ์ของทั้งสามสิ่งนี้ จะมีความสัมพันธ์กันตามสมการนี้ คือ

$$C = \frac{Q}{V}$$

สมการที่ 3.1

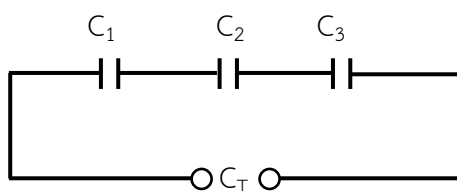
เมื่อกำหนดให้

C = ค่าความจุไฟฟ้า มีหน่วยเป็นคูอมต่อโวลต์ หรือฟารัด (F)

Q = ค่าประจุไฟฟ้า มีหน่วยเป็นคูอมล (C)

V = ค่าแรงดันไฟฟ้า มีหน่วยเป็นโวลต์ (V)

3.6.1 การต่อวงจรตัวเก็บประจุแบบอนุกรม (Series Capacitor Circuit) คือการนำเอาขาของตัวเก็บประจุมาต่อเรียงกันด้วยวิธีการนำขาตัวที่สองมาต่อกับขาที่หนึ่งของตัวถัดไปอีกข้างหนึ่ง ต่อกับขาตัวที่สามไปลักษณะเช่นนี้ ดังรูปที่ 3.20 จะมีผลทำให้ได้อิเล็กตริกหนาทึบขึ้น ระยะห่างระหว่างแผ่นตัวนำกว้างมากขึ้น



รูปที่ 3.20 การต่อวงจรตัวเก็บประจุแบบอนุกรม

ที่มา : จิรโรจน์ เลิศธนเปี่ยมสุขม. 2565

การต่อตัวเก็บประจุแบบอนุกรม จะทำให้ค่าความจุของวงจรน้อยลง ค่าประจุไฟฟ้าในตัวเก็บประจุจะเท่ากันทุกตัว หาค่าประจุรวม และค่าความจุรวมได้ ดังนี้

หาค่าประจุรวม ได้จากสมการ

$$Q_t = Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q_n$$

สมการที่ 3.2

เมื่อกำหนดให้

Q_t = ค่าประจุรวมของวงจร

Q_1 = ค่าประจุของตัวเก็บประจุตัวที่ 1

Q_2 = ค่าประจุของตัวเก็บประจุตัวที่ 2

Q_3 = ค่าประจุของตัวเก็บประจุตัวที่ 3

Q_n = ค่าประจุของตัวเก็บประจุตัวสุดท้าย

หาค่าความจุรวม ได้จากสมการ

$$\frac{1}{C_t} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

สมการที่ 3.3

เมื่อกำหนดให้

C_t = ค่าความจุรวมของวงจร

C_1 = ค่าความจุของตัวเก็บประจุตัวที่ 1

C_2 = ค่าความจุของตัวเก็บประจุตัวที่ 2

C_3 = ค่าความจุของตัวเก็บประจุตัวที่ 3

C_n = ค่าความจุของตัวเก็บประจุตัวสุดท้าย

การต่อตัวเก็บประจุแบบอนุกรม แรงดันไฟฟ้ารวมจะเท่ากับแรงดันไฟฟ้าทุกตัวรวมกัน ตามจำนวนของตัวเก็บประจุที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นจะหาแรงดันไฟฟ้ารวมได้จากสมการ ดังนี้

$$V_t = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n \quad \text{สมการที่ 3.4}$$

เมื่อกำหนดให้

V_t = ค่าแรงดันไฟฟ้ารวมของวงจร

V_1 = ค่าแรงดันไฟฟ้าของตัวเก็บประจุตัวที่ 1

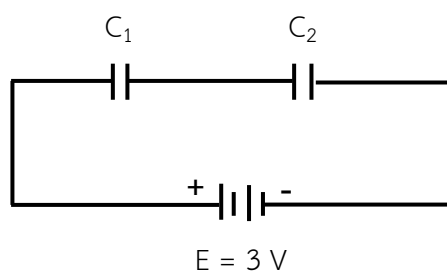
V_2 = ค่าแรงดันไฟฟ้าของตัวเก็บประจุตัวที่ 2

V_3 = ค่าความจุของตัวเก็บประจุตัวที่ 3

V_n = ค่าความจุของตัวเก็บประจุตัวสุดท้าย

ตัวอย่างที่ 3.1 ตัวเก็บประจุ 2 ตัว มีค่า ดังนี้ $C_1 = 2 \mu\text{F}$, $C_2 = 4 \mu\text{F}$ ต่อแบบอนุกรมกันเมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับวงจรเท่ากับ 3 V จงหาค่าดังต่อไปนี้

1. ความจุรวม
2. ค่าแรงดันไฟฟ้ารวม
3. ประจุไฟฟ้ารวม
4. แรงดันตกคร่อมของตัวเก็บประจุไฟฟ้าแต่ละตัว



วิธีทำ

1. หาค่าความจุรวมจากสมการที่ 3.1

$$\frac{1}{C_t} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

แทนค่าในสมการที่ 3.1

$$\frac{1}{C_t} = \frac{1}{2} + \frac{1}{4}$$

$$\frac{1}{C_t} = \frac{2}{4} + \frac{1}{4}$$

$$\frac{1}{C_t} = \frac{3}{4}$$

$$C_t = \frac{4}{3}$$

$$C_t = 1.33 \mu\text{F}$$

ดังนั้น ค่าความจุรวมเท่ากับ 1.33 μF

2. หาค่าแรงดันไฟฟ้ารวม จากวงจรจะเห็นว่าจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับวงจรเท่ากับ

3 V ดังนั้น แรงดันไฟฟ้ารวมคือแรงดันไฟฟ้าจากแหล่งจ่าย จะได้ $V_t = 3 \text{ V}$

3. หาประจุไฟฟ้ารวม จากสมการที่ 3.1 จะได้ว่า

$$Q_t = C_t \times V_t \text{ แทนค่าในสมการ จะได้}$$

$$Q_t = 1.33 \times 3$$

$$Q_t = 3.99 \mu\text{C} \text{ (ไมโครคูลอมบ์)}$$

4. หาแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมของตัวเก็บประจุไฟฟ้าแต่ละตัว จากสมการที่ 3.1

การต่อวงจรตัวเก็บประจุแบบอนุกรม ค่าประจุไฟฟ้าทุกตัวจะมีค่าเท่ากัน นั่นคือ

$$Q_1 = Q_2 = Q_3 = 3.99 \mu\text{C} \text{ แทนค่าในสมการที่ 3.1}$$

$$Q_1 = C_1 \times V_1$$

$$3.99 = 2 \times V_1$$

$$V_1 = \frac{3.99}{2}$$

$$V_1 = 1.99 \text{ V}$$

$$Q_2 = C_2 \times V_2$$

$$3.99 = 4 \times V_2$$

$$V_2 = \frac{3.99}{4}$$

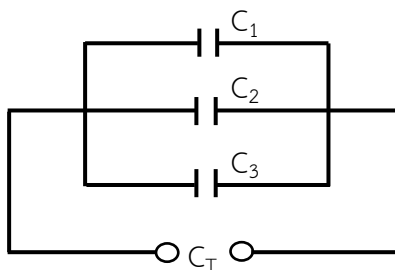
$$V_2 = 0.99 \text{ V}$$

ดังนั้น ค่าแรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุ $V_1 = 1.99 \text{ V}$ และ $V_2 = 0.99 \text{ V}$ หรือเอาค่าแรงดันไฟฟ้าของ $V_1 + V_2 =$ จะมีค่าเท่ากับแรงดันไฟฟ้ารวม (V_t)

$$\text{จะได้ } V_t = 1.99 \text{ V} + 0.99 \text{ V} = 2.98 \text{ V}$$

3.6.2 การต่อวงจรตัวเก็บประจุแบบขนาน (Parallel Capacitor Circuit)

การต่อตัวเก็บประจุแบบขนาน เป็นวิธีการนำเอาขาตัวเก็บประจุขาหนึ่งมาต่อร่วมกัน และขาที่เหลืออีกข้างหนึ่งที่เหลือของแต่ละตัวมาต่อร่วมกัน ดังรูปที่ 3.20 กรณีที่ตัวเก็บประจุมีขั้วแสดงไว้ให้ต่อขั้วบวก (+) ของทุกตัวรวมเข้าด้วยกัน และต่อขั้วลบ (-) ของทุกตัวรวมเข้าด้วยกัน ดังรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.21 การต่อวงจรตัวเก็บประจุแบบขนาน

ที่มา : จิรโรจน์ เลิศธนเปี่ยมสุข. 2565

การต่อตัวเก็บประจุแบบขนาน จะมีคุณสมบัติ คือ ค่าความจุรวมของวงจรเพิ่มขึ้นตามจำนวนตัวเก็บประจุที่นำมาต่อกัน ค่าประจุรวมจะเท่ากับค่าประจุแต่ละตัวรวมกัน ค่าความจุรวมจะเท่ากับค่าความจุของแต่ละตัวรวมกัน แรงดันไฟฟ้ารวมจะเท่ากับแรงดันไฟฟ้าที่แหล่งจ่าย และหาค่าต่าง ๆ การสมการได้ ดังนี้

หาค่าประจุรวม ได้จากสมการ

$$Q_t = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_n \quad \text{สมการที่ 3.5}$$

หาค่าความจุรวม ได้จากสมการ

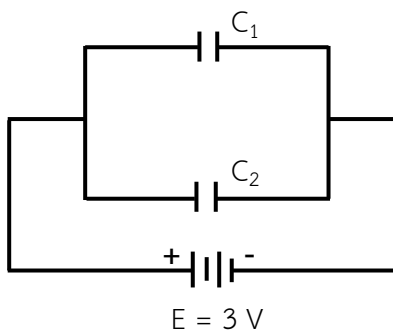
$$C_t = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n \quad \text{สมการที่ 3.6}$$

การต่อวงจรตัวเก็บประจุแบบขนาน แรงดันไฟฟ้ารวมจะเท่ากับแรงดันไฟฟ้าที่แหล่งจ่าย ดังนั้นจะหาแรงดันไฟรวมได้ ดังนี้

$$V_t = V_1 = V_2 = V_3 = \dots = V_n \quad \text{สมการที่ 3.7}$$

ตัวอย่างที่ 3.2 ตัวเก็บประจุ 2 ตัว มีค่าความจุ ดังนี้ $C_1 = 2 \mu\text{F}$, $C_2 = 4 \mu\text{F}$ ต่อขนานกันดังรูป
จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับวงจรเท่ากับ 3 V จงหาค่าดังต่อไปนี้

1. ความจุรวม
2. ค่าแรงดันไฟฟ้ารวม
3. ประจุไฟฟ้ารวม



วิธีทำ

1. หาความจุรวม จากสมการที่ 3.6

$$C_t = C_1 + C_2 + \dots + C_n$$

แทนค่าในสมการจะได้

$$C_t = 2 + 4$$

$$C_t = 6 \mu\text{F}$$

2. หาแรงดันไฟฟ้ารวม

เนื่องจากการต่อวงจรตัวเก็บประจุแบบขนาน แรงดันไฟฟ้ารวมจะเท่ากับแรงดันไฟฟ้าที่ผ่านตัวเก็บประจุทุกตัว ดังนั้นจะได้แรงดันไฟฟ้ารวม คือ

$$V_t = V_1 = V_2 = 3 \text{ V}$$

3. หาประจุไฟฟ้ารวม จากสมการที่ 3.5

$$Q_t = Q_1 + Q_2$$

$$\text{หา } Q_1 = C_1 \times V_1$$

$$Q_1 = 2 \times 3$$

$$Q_1 = 6 \mu\text{C}$$

$$\text{หา } Q_2 = C_2 \times V_2$$

$$Q_2 = 4 \times 3$$

$$Q_2 = 12 \mu\text{C}$$

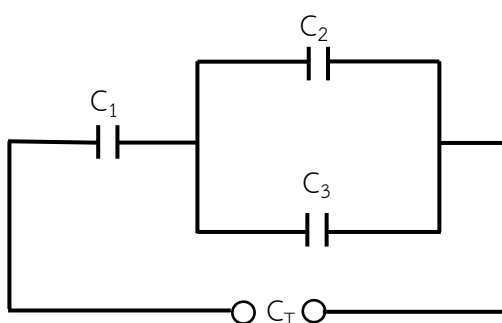
ดังนั้นเมื่อแทนค่าในสมการที่ 3.5 จะได้ค่าประจุไฟฟ้ารวม ดังนี้

$$Q_t = 6 + 12 \text{ } \mu\text{C}$$

$$Q_t = 18 \text{ } \mu\text{C}$$

3.6.3 การต่อวงจรตัวเก็บประจุแบบผสม (Compound Capacitor Circuit)

การต่อตัวเก็บประจุแบบผสม เป็นการนำเอาการต่อแบบวงจรอนุกรมกับวงจรขนานมาต่อร่วมกัน



รูปที่ 3.22 การต่อวงจรตัวเก็บประจุแบบผสม

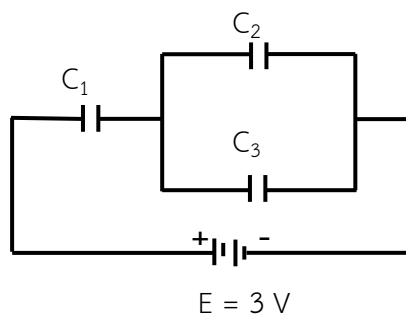
ที่มา : จิรโรจน์ เลิศธนเปี่ยมสุข

จากรูปที่ 3.22 เป็นการต่อตัวเก็บประจุแบบผสม จะเห็นว่า C_2 และ C_3 ต่อขนานกัน และ C_1 ต่ออนุกรมกันสองชุด คือ C_1 ต่ออนุกรมกับ C_2 และ C_3

ตัวอย่าง 3.3 ตัวเก็บประจุ 3 ตัว มีค่าความจุ $4 \text{ } \mu\text{F}$, $5 \text{ } \mu\text{F}$, $20 \text{ } \mu\text{F}$ ตามลำดับ ต่อวงจรกันแบบผสม

ดังรูป จงหาค่าต่าง ๆ ดังนี้

1. ค่าความจุรวม
2. แรงดันไฟฟ้ารวม
3. ค่าประจุไฟฟ้ารวม



วิธีทำ

1. หาความจุรวม

จากรูปให้คำนวณหาค่าความเก็บประจุและอัตราทนแรงดันไฟจากส่วนที่ต่อขนานแต่ละชุดให้เสร็จก่อน แล้วนำผลลัพธ์แต่ละชุดแบบขนานมาคำนวณหาแบบอนุกรม

จากสมการที่ 3.6

$$C_t = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n$$

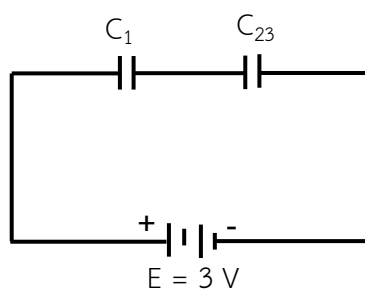
แทนค่าในสมการจะได้

$$C_{t23} = C_2 + C_3$$

$$C_{t23} = 5 + 20 = 25 \mu\text{F}$$

การต่อแบบขนานของ C_2 กับ C_3 จะได้ค่าความจุรวมเท่ากับ $25 \mu\text{F}$ เขียนวงจรใหม่ได้

ดังนี้



เนื่องจากวงจรใหม่ เป็นการต่อตัวเก็บประจุแบบอนุกรม จึงหาค่าความจุรวมและอัตราทนแรงดันไฟฟ้าได้ ดังนี้

จากสมการ 3.1

$$\frac{1}{C_t} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_{23}}$$

แทนค่าในสมการจะได้

$$\frac{1}{C_t} = \frac{1}{4} + \frac{1}{25}$$

$$\frac{1}{C_t} = \frac{25}{100} + \frac{4}{100}$$

$$\frac{1}{C_t} = \frac{29}{100}$$

$$C_t = \frac{100}{29}$$

$$C_t = 3.4 \mu\text{F}$$

จะได้ค่าความจุรวมเท่ากับ $3.4 \mu\text{F}$ ($C_t = 3.4 \mu\text{F}$)

2. หาค่าแรงดันไฟฟ้ารวม

จากวงจรจะเห็นว่าจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับวงจรเท่ากับ 3 V ดังนั้น แรงดันไฟฟ้ารวมคือแรงดันไฟฟ้าจากแหล่งจ่าย ดังนั้นจะได้ค่าแรงดันไฟฟ้ารวม $V_t = 3 \text{ V}$

3. หาประจุไฟฟ้ารวม จากสมการที่ 3.1 จะได้ว่า

$$Q_t = C_t \times V_t \text{ แทนค่าในสมการ จะได้}$$

$$Q_t = 3.4 \times 3$$

$$Q_t = 10.2 \mu\text{C} \text{ (ไมโครคูลอมบ์)}$$

สรุป

ตัวเก็บประจุ (capacitor) มีหน้าที่ เก็บสะสมพลังงานในรูปสนามไฟฟ้า และคายประจุไฟฟ้า มีคุณสมบัติที่สามารถเก็บแรงดันไฟฟ้าหรือประจุไฟฟ้าไว้ในตัวได้โดยอาศัยแผ่นตัวนำ (Plate)

โครงสร้างตัวเก็บประจุ เป็นอุปกรณ์ที่ประกอบด้วยตัวนำสองชิ้นในรูปร่างใดก็ได้ มีฉนวนคั่นกลางซึ่งฉนวนนี้เรียกว่า ไดอิเล็กทริก (Dielectric) เช่น อากาศ กระดาษแก้ว และเซรามิก ฉนวนเหล่านี้ทำหน้าที่ไม่ให้อายุถึงกัน ตัวเก็บประจุนี้บางครั้งเรียกว่า คอนเดนเซอร์ (condenser) หรือนิยมเรียกย่อ ๆ ว่าตัวซี (C) ตัวเก็บประจุแบ่งได้เป็น 3 ชนิดด้วยกัน คือ ตัวเก็บประจุแบบค่าคงที่ (Fixed Capacitor) ตัวเก็บประจุแบบปรับค่าได้ (Variable Capacitor) ตัวเก็บประจุแบบเลือกค่าได้ (Select Capacitor) หน่วยความจุของตัวเก็บประจุ คือ ฟารัด (F) ค่าทนแรงดันไฟฟ้าของตัวเก็บประจุ การนำตัวประจุไปใช้งานจำเป็นต้องคำนึงถึงอัตราค่าทนแรงดันไฟฟ้า การอ่านค่าความจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุ สามารถอ่านค่าได้จากค่าที่ระบุไว้ที่ตัวถังโดยตรง และการอ่านค่าจากรหัสตัวเลขและตัวอักษร การตรวจวัดตัวเก็บประจุที่มีความเสียหายหรือเสื่อมสภาพ จะสามารถตรวจวัดได้ลักษณะดังนี้ คือ การรั่ว การขาดวงจร การลัดวงจร ด้วยการใช้อัลติมิเตอร์

การต่อวงจรใช้งานของตัวเก็บประจุ สามารถต่อได้ 3 ลักษณะ คือ การต่อตัวเก็บประจุแบบอนุกรม (Series Capacitor Circuit) การต่อวงจรแบบขนาน (Parallel Capacitor Circuit) และการต่อวงจรแบบผสม (Compound Capacitor Circuit)

	ใบแบบฝึกหัด	หน่วยที่ 3
	ชื่อวิชา งานอิเล็กทรอนิกส์สัณยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 20101-2103	สอนครั้งที่ 6
	ชื่อหน่วย ตัวเก็บประจุ	จำนวน 4 ชั่วโมง
ชื่อเรื่อง ตัวเก็บประจุ		จำนวน 10 นาที

จงเติมคำในช่องว่างให้ถูกต้อง

1. จงบอกหน้าที่ของตัวเก็บประจุ (Capacitor)

.....

.....

2. ตัวเก็บประจุ (Capacitor) มีโครงสร้างที่สำคัญประกอบด้วยอะไรบ้าง

.....

.....

3. ตัวเก็บประจุ (Capacitor) มี.....ชนิด ได้แก่.....

.....

.....

4. หน่วยของตัวเก็บประจุ และค่าทนแรงดันไฟฟ้า คืออะไร

.....

.....

5. จากระหัสตัวเลขในรูป จงอ่านค่าตัวเก็บประจุตามที่กำหนดให้



- 5.1 อ่านค่าความจุในหน่วยพิโคฟารัด (pF) และหน่วยนาโนฟารัด (nF) ได้

.....

.....

- 5.2 มีค่าความจุ ค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด และค่าทนแรงดันไฟฟ้าเท่าไร

.....

.....

6. ถ้าต้องการวัดตัวเก็บประจุด้วยมัลติมิเตอร์ดิจิทัล ต้องปฏิบัติอย่างไร

.....

.....

.....

7. จงแสดงวิธีทำการต่อใช้งานตัวเก็บประจุแบบอนุกรม

.....

.....

.....

8. จงแสดงวิธีทำการต่อใช้งานตัวเก็บประจุแบบขนาน

.....

.....

.....

9. จงแสดงวิธีทำการต่อใช้งานตัวเก็บประจุแบบผสม

.....

.....

.....

10. จงตอบคำถามดังต่อไปนี้

10.1 การต่อใช้งานตัวเก็บประจุแบบอนุกรม จะทำให้ค่าความจุและค่าทนแรงดันไฟฟ้าเป็นอย่างไร

.....

.....

10.2 การต่อใช้งานตัวเก็บประจุแบบขนาน จะทำให้ค่าความจุและค่าทนแรงดันไฟฟ้าเป็นอย่างไร

.....

.....

	ใบเฉลยแบบฝึกหัด	หน่วยที่ 3
	ชื่อวิชา งานอิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 20101-2103	สอนครั้งที่ 6
	ชื่อหน่วยที่ 3 ตัวเก็บประจุ	จำนวน 4 ชั่วโมง
ชื่อเรื่อง ตัวเก็บประจุ		จำนวน 10 นาที

จงเติมคำในช่องว่างให้ถูกต้อง

1. ตัวเก็บประจุ (Capacitor) มีหน้าที่อย่างไร

.....ตัวเก็บประจุ (capacitor) มีหน้าที่ เก็บพลังงานในรูปสนามไฟฟ้า ที่สร้างขึ้นระหว่างคู่ฉนวน โดยมีค่าประจุไฟฟ้าเท่ากัน แต่มีชนิดของประจุตรงข้ามกัน.....

2. ตัวเก็บประจุ (Capacitor) มีโครงสร้างที่สำคัญประกอบด้วยอะไรบ้าง

.....ตัวเก็บประจุ (Capacitor) เป็นอุปกรณ์ที่ประกอบด้วยตัวนำสองชิ้น ในรูปร่างใดก็ได้ มีฉนวนคั่นกลางซึ่งฉนวนนี้เรียกว่า ไดอิเล็กทริก (Dielectric) เช่น อากาศ กระดาษแก้ว และเซรามิก ซึ่งฉนวนเหล่านี้ทำหน้าที่ไม่ให้อิเล็กตรอนประจุถ่ายถึงกัน แต่ยอมให้อำนาจไฟฟ้าส่งผ่านถึงกันได้

3. ตัวเก็บประจุ (Capacitor) มี 3 ชนิด ได้แก่ 1. ตัวเก็บประจุชนิดค่าคงที่ 2. ตัวเก็บประจุชนิดปรับค่าได้ 3. ตัวเก็บประจุชนิดเลือกค่าได้.....

4. หน่วยของตัวเก็บประจุ และค่าทนแรงดันไฟฟ้า คืออะไร

หน่วยของตัวเก็บประจุ คือ ฟารัด (Farad) ตัวย่อคือ F หน่วยเล็กลงมา คือ พิโคฟารัด (pF) นาโนฟารัด (nF) ไมโครฟารัด (μF) และค่าทนแรงดันไฟฟ้าคือ โวลต์ (Volt) ตัวย่อ คือ V.....

5. จากระหัสตัวเลขในรูป จงอ่านค่าตัวเก็บประจุตามที่กำหนดให้



5.1 อ่านค่าความจุในหน่วยพิโคฟารัด (pF) และหน่วยนาโนฟารัด (nF) ได้เท่าไร
มีค่าเท่ากับ 100000 พิโคฟารัด (pF) หรือเท่ากับ 100 นาโนฟารัด (nF).....

5.2 มีค่าความจุ ค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด และค่าทนแรงดันไฟฟ้าเท่าไร
มีค่าความจุเท่ากับ 33000 พิโคฟารัด (pF) ค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด
เท่ากับ $\pm 5\%$ และค่าทนแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 400 VDC.....

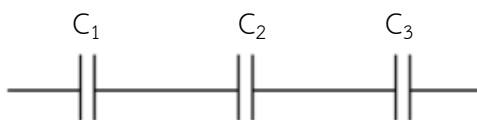
6. ถ้าต้องการวัดตัวเก็บประจุด้วยมัลติมิเตอร์ดิจิตอล ต้องปฏิบัติอย่างไรบ้าง

การตรวจวัดตัวเก็บประจุ เพื่อวิเคราะห์ความเสียหายหรือความเสื่อมสภาพสามารถใช้มัลติมิเตอร์ดิจิตอลตรวจสอบได้ตามขั้นตอน ดังนี้

1. กรณีที่ตัวเก็บประจุติดตั้งอยู่ในวงจรต้องทำการถอดออกนอกวงจรเสียก่อน
2. ให้ทำการคายประจุก่อนทำการวัดทุกครั้ง ทำได้โดยการนำขาคำเก็บประจุแตะกันอย่างรวดเร็วในขณะใด ๆ.....
3. ปรับสวิตช์เลือกย่านวัดของมัลติมิเตอร์ไปที่มีสัญลักษณ์ตัวเก็บประจุ.....
4. ต่อสายวัดของมัลติมิเตอร์เข้ากับขาทั้งสองของตัวเก็บประจุ.....
5. อ่านผลการวัดที่หน้าจอของมัลติมิเตอร์ ค่าที่ได้ต้องเท่ากับค่าระบุไว้ที่ตัวถังของตัวเก็บประจุ หรือใกล้เคียงที่สุดและไม่เกินค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน ($\pm\%$).....
- 5.1 ถ้าตัวเก็บประจุขาด ค่าความจุจะขึ้น OL.....
- 5.2 ถ้าตัวเก็บประจุช็อต ค่าความจุจะไม่ได้ตามที่ระบุไว้.....
- 5.3 ถ้าตัวเก็บประจุเสื่อม ค่าความจุจะน้อยมากหรือเกินค่าเปอร์เซ็นต์ที่ระบุความคลาดเคลื่อนไว้.....

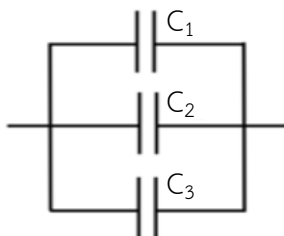
7. จงแสดงวิธีทำ การต่อใช้งานตัวเก็บประจุแบบอนุกรม

การต่อใช้งานตัวเก็บประจุแบบอนุกรม ต่อได้ดังนี้



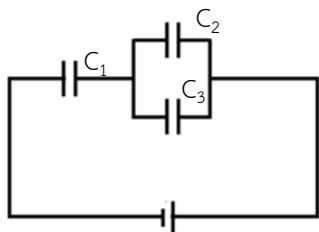
8. จงแสดงวิธีทำ การต่อใช้งานตัวเก็บประจุแบบขนาน

การต่อใช้งานตัวเก็บประจุแบบขนาน ต่อได้ดังนี้



9. จงแสดงวิธีทำ การต่อใช้งานตัวเก็บประจุแบบผสม

การต่อใช้งานตัวเก็บประจุแบบผสม ต่อได้ดังนี้



10. จงตอบคำถามดังต่อไปนี้

10.1 การต่อใช้งานตัวเก็บประจุแบบอนุกรม จะทำให้ค่าความจุและค่าทนแรงดันไฟฟ้าเป็นอย่างไร

.....การต่อใช้งานตัวประจุแบบอนุกรมจะมีผลทำให้ได้อิเล็กตริกหนาขึ้น ระยะห่างระหว่างแผ่นตัวนำกว้างมากขึ้น ส่งผลให้ค่าความจุรวมของวงจรน้อยกว่าตัวที่มีค่าที่น้อยที่สุด แต่อัตราทนแรงดันไฟสูงขึ้น

10.2 การต่อใช้งานตัวเก็บประจุแบบขนาน จะทำให้ค่าความจุและค่าทนแรงดันไฟฟ้าเป็นอย่างไร

.....การต่อใช้งานตัวเก็บประจุแบบขนาน ทำให้ค่าความจุรวมของวงจรเพิ่มขึ้นตามจำนวนตัวเก็บประจุที่นำมาต่อกัน อัตราทนแรงดันไฟจะมีค่าเท่ากับตัวที่มีค่าแรงดันน้อยที่สุดในวงจร

	ใบมอบบงาน	หน่วยที่ 3
	ชื่อวิชา งานอิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 20101-2103	สอนครั้งที่ 6
	ชื่อหน่วย ตัวเก็บประจุ	จำนวน 4 ชั่วโมง
ชื่อเรื่อง อภิปราย เรื่อง ตัวเก็บประจุ		จำนวน 2 ชั่วโมง
จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เพื่อให้ผู้เรียนสามารถอภิปราย สรุป หัวข้อเรื่องตัวเก็บประจุ ข้อตกลงเบื้องต้น ให้ผู้เรียนแบ่งกลุ่ม โดยความสามารถคนเก่ง ปานกลาง และอ่อน อภิปรายเกี่ยวกับ เรื่อง ตัวเก็บประจุจากความคิดของกลุ่ม สื่อการเรียนการสอน - สื่อสิ่งพิมพ์ - เอกสารใบความรู้ เรื่อง ตัวเก็บประจุ - ใบมอบบงาน เรื่อง การอภิปรายเรื่องตัวเก็บประจุ - แบบประเมินผล - สื่อโสตทัศน - สื่อ Power Point ประกอบการเรียนรู้เรื่อง ตัวเก็บประจุ - สื่อของจริง ได้แก่ ตัวเก็บประจุหลายชนิด และหลายค่า ลำดับขั้นตอนการดำเนินงาน - แบ่งกลุ่มผู้เรียนกลุ่มโดยความสามารถคนเก่ง ปานกลาง และอ่อน ให้ผู้เรียน เลือก ประธานและเลขากลุ่ม - แต่ละกลุ่มอภิปราย เกี่ยวกับเรื่อง ตัวเก็บประจุ - ให้แต่ละกลุ่มนำเสนอผลการอภิปรายความรู้เกี่ยวกับ ตัวเก็บประจุตามแบบประเมินผล ใบมอบบงาน เกณฑ์การประเมิน คะแนนรวมตามแบบประเมินผลใบมอบบงาน ไม่ต่ำกว่า ร้อยละ 70		

	แบบประเมินผลใบมอบงาน		หน่วยที่ 3			
	ชื่อวิชา งานอิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 20101-2103		สอนครั้งที่ 6			
	ชื่อหน่วย ตัวเก็บประจุ		จำนวน 4 ชั่วโมง			
ชื่อเรื่อง อภิปราย เรื่อง ตัวเก็บประจุ			จำนวน 2 ชั่วโมง			
หัวข้ออภิปราย เรื่อง ตัวเก็บประจุ 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						

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

เกณฑ์การประเมินบัตรมอบงาน		
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	ทำงานสำเร็จแต่มีข้อผิดพลาดบ้างบ่อยครั้ง ต้องมีการกระตุ้นหรือติดตามจึงจะทำงาน ให้ความร่วมมือกับผู้อื่นเป็นบางครั้ง
	1	ขาดความกระตือรือร้นในการทำงาน ไม่ให้ความร่วมมือกับผู้อื่น
3. การอภิปรายในกลุ่ม	4	ให้ความร่วมมือในการทำงานกลุ่มอย่างเต็มที่ ช่วยสร้างบรรยากาศที่ดีในการอภิปราย
	3	ให้ความร่วมมือในการทำงานกลุ่มดี และมีส่วนในการสร้างบรรยากาศที่ดี
	2	ให้ความร่วมมือในการทำงานกลุ่มบ้าง และไม่ค่อยมีส่วนในการสร้างบรรยากาศที่ดี
	1	ไม่ให้ความร่วมมือในการทำงานกลุ่ม และไม่สนใจบรรยากาศการทำงานกลุ่ม

เกณฑ์การประเมินบัตรมอบงาน		
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

เกณฑ์การประเมินบัตรมอบงาน		
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 3.1	หน่วยที่ 3
	ชื่อวิชา งานอิเล็กทรอนิกส์สรณต์เบื้องต้น รหัสวิชา 20101-2103	สอนครั้งที่ 6
	ชื่อหน่วย ตัวเก็บประจุ	จำนวน 4 ชั่วโมง
ชื่อเรื่อง งานต่อวงจรและวัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวเก็บประจุ		จำนวน 1 ชั่วโมง

หัวข้อเรื่องและงาน

ปฏิบัติตามใบงานที่ 3.1 งานต่อวงจรและวัดค่าต่าง ๆ ในตัวเก็บประจุ

สาระการเรียนรู้

การตรวจวัดตัวเก็บประจุด้วยการใช้มัลติมิเตอร์ดิจิทัลในการวัดค่าตัวเก็บประจุต้องปรับย่านการวัดไปที่การวัดที่มีสัญลักษณ์ตัวเก็บประจุ และเพื่อป้องกันอันตรายต้องทำการคายประจุก่อนทำการวัดเสมอ การอ่านค่าความจุและต่อวงจรตัวเก็บประจุมี 3 แบบด้วยกัน ได้แก่ การต่อแบบอนุกรม การต่อแบบขนาน และการต่อแบบผสม แต่ละแบบจะให้ค่าความจุรวมและค่าทนแรงดันไฟฟ้าในวงจรไม่เท่ากัน

สมรรถนะที่พึงประสงค์

ผู้เรียนอ่านค่าความจุ ค่าทนแรงดันไฟฟ้า และต่อวงจรตัวเก็บประจุตามใบงาน

สมรรถนะด้านความรู้ (K)

1. อธิบายการอ่านค่าตัวเก็บประจุ
2. อธิบายการอ่านค่าทนแรงดันไฟฟ้าของตัวเก็บประจุ
3. อธิบายการต่อวงจรและวัดตัวเก็บประจุ

สมรรถนะด้านทักษะ (S)

1. มีทักษะในการอ่านค่าตัวเก็บประจุ
2. มีทักษะการอ่านค่าทนแรงดันไฟฟ้าของตัวเก็บประจุ
3. มีทักษะการต่อวงจรตัวเก็บประจุ

สมรรถนะด้านคุณธรรมจริยธรรม (A)

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

เนื้อหาสาระ

1. การอ่านค่าความจุและค่าทนแรงดันไฟฟ้าของตัวเก็บประจุ
2. การต่อวงจรและวัดตัวเก็บประจุ

ลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงาน

1. เตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ ตามที่กำหนดในใบงาน
2. ตรวจสอบสภาพเครื่องมือวัดและทดสอบตัวเก็บประจุ
3. เตรียมพื้นที่ปฏิบัติงาน
4. ปฏิบัติตามใบงาน
5. เก็บเครื่องมือ อุปกรณ์

จุดประสงค์การสอน

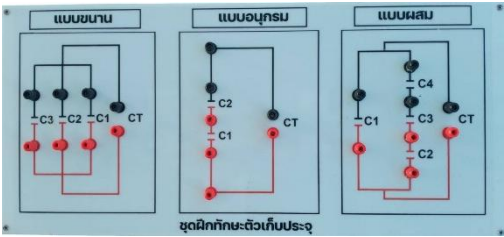
จุดประสงค์ทั่วไป

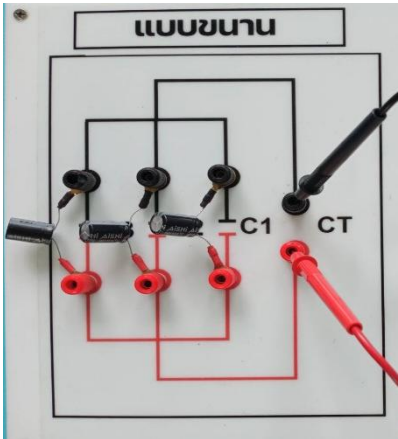
เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการอ่านค่าความจุและค่าทนแรงดันไฟฟ้าของตัวเก็บประจุ มีทักษะการใช้เครื่องมือวัดค่าความจุ การปฏิบัติงานเกี่ยวกับการวัดและทดสอบตัวเก็บประจุ และการอ่านค่าความจุและต่อวงจรตัวเก็บประจุแบบต่าง ๆ อย่างประณีต รอบคอบ สะอาดปลอดภัย และรักษาสภาพแวดล้อม

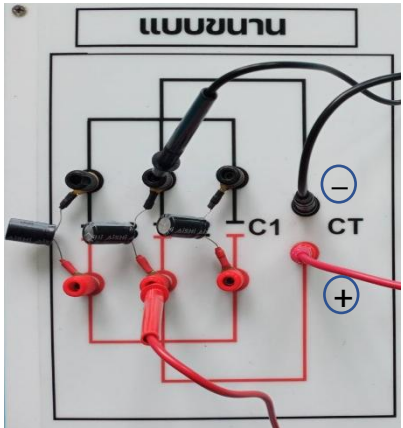
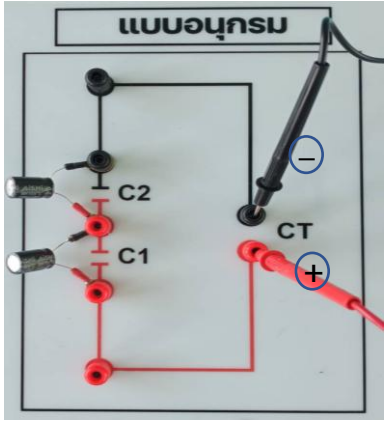
จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

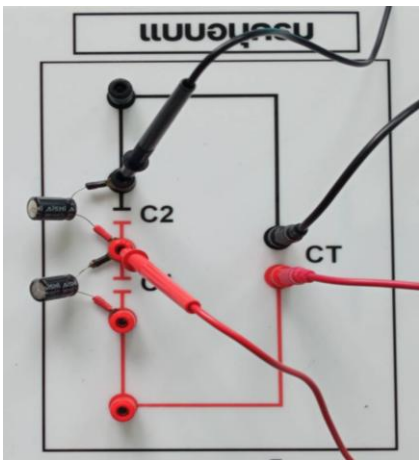
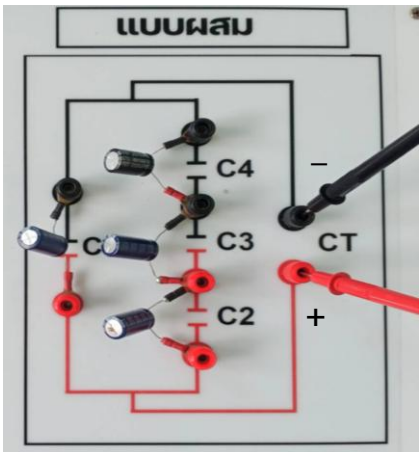
หลังจากเรียนจบหน่วยการเรียนรู้ ผู้เรียนสามารถ

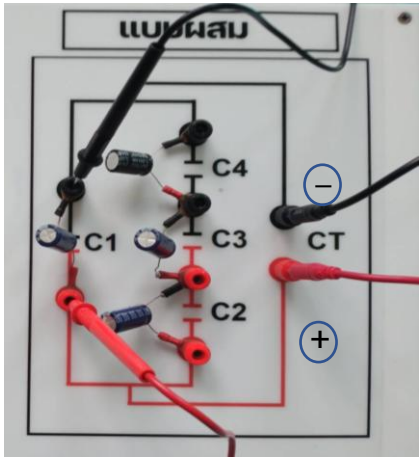
1. เตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ในการต่อวงจรและวัดตัวเก็บประจุได้
2. อธิบายวิธีการต่อวงจรตัวเก็บประจุแบบอนุกรม แบบขนาน และแบบผสมได้
3. อธิบายวิธีการวัดค่าความจุในวงจรได้
4. ต่อวงจรตัวเก็บประจุแบบอนุกรม แบบขนาน และแบบผสมได้
5. วัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวเก็บประจุได้
6. ทำความสะอาดเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการต่อวงจรตัวเก็บประจุได้
7. จัดเก็บเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการต่อวงจรตัวเก็บประจุได้

	ใบงานที่ 3.1 (ต่อ)	หน่วยที่ 3
	ชื่อวิชา งานอิเล็กทรอนิกส์ยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 20101-2103	สอนครั้งที่ 6
	ชื่อหน่วย ตัวเก็บประจุ	จำนวน 4 ชั่วโมง
ชื่อเรื่อง งานต่อวงจรและวัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวเก็บประจุ		จำนวน 1 ชั่วโมง
เครื่องมือ อุปกรณ์		
1. ชุดฝึกทักษะตัวเก็บประจุ  ชุดฝึกทักษะตัวเก็บประจุ	2. เพาเวอร์ซัพพลายแบบ DC 	
3. มัลติมิเตอร์ดิจิทัล 	4. ตัวเก็บประจุค่าคงที่ ความจุ 1 μF 50 V จำนวน 4 ตัว 	
5. ถุงมือ 	6. ผ้าทำความสะอาด 	

	ขั้นตอนปฏิบัติงานในงาน		หน่วยที่ 3
	ชื่อวิชา งานอิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 20101-2103		สอนครั้งที่ 6
	ชื่อหน่วย ตัวเก็บประจุ		จำนวน 4 ชั่วโมง
ชื่อเรื่อง งานต่อวงจรและวัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวเก็บประจุ			จำนวน 1 ชั่วโมง
ขั้นตอนการปฏิบัติงาน		รูปประกอบ	
1. อ่านค่าความจุและค่าทนแรงดันไฟฟ้าของตัวเก็บประจุทั้ง 4 ตัว แล้วบันทึกค่าที่อ่านได้ 2. วัดค่าความจุของตัวเก็บประจุทั้ง 4 ตัว ด้วยมัลติมิเตอร์ดิจิทัล เพื่อเทียบกับค่าที่อ่านได้			
หมายเหตุ 1. ถ้าตัวเก็บประจุมีค่าที่วัดได้จากมัลติมิเตอร์ใกล้เคียงกับค่าที่อ่านได้จากตัวของมันแสดงว่าตัวเก็บประจุนั้นดี 2. ถ้าอ่านค่าที่วัดได้ขึ้น OL แสดงว่าตัวเก็บประจุนั้นขาดวงจรภายในตัวเก็บประจุ 3. ถ้าค่าที่วัดได้ขึ้น 0.000 แสดงว่ามีการลัดวงจรภายในตัวเก็บประจุ ถ้าค่าที่วัดได้เป็นไปตามข้อ 2 และข้อ 3 ทั้งสองกรณีนี้แสดงว่าตัวเก็บประจุนั้นเสีย			
2. ต่อตัวเก็บประจุแบบขนาน 3 ตัว เข้ากับชุดฝึกทักษะ แล้วขันขั้วให้แน่น 3. วัดค่าความจุรวม (C_T) ของการต่อวงจรแบบขนาน			
4. ต่อแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าจากเครื่องจ่ายแรงดันไฟฟ้าเพาเวอร์ซัพพลายแบบ DC เข้ากับชุดฝึก แล้วปรับแรงดันไฟฟ้าให้ได้ 3 V		 ปุ่มปรับแรงดันไฟฟ้า	

	ขั้นตอนปฏิบัติงานในงาน (ต่อ)	หน่วยที่ 3
	ชื่อวิชา งานอิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 20101-2103	สอนครั้งที่ 6
	ชื่อหน่วย ตัวเก็บประจุ	จำนวน 4 ชั่วโมง
ชื่อเรื่อง งานต่อวงจรและวัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวเก็บประจุ		จำนวน 1 ชั่วโมง
ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	รูปประกอบ	
5. ปรับมัลติมิเตอร์ไปที่ย่านการวัดแรงดันไฟฟ้า แล้ววัดแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมของตัวเก็บประจุ แต่ละตัว ให้ครบทั้ง 3 ตัว - เมื่อทำการวัดตามข้อ 5 เสร็จแล้ว ให้ปรับแรงดันไฟฟ้าที่เพาเวอร์ซัพพลายลงให้ได้ 0 V แล้วปิดสวิตช์เพาเวอร์ซัพพลาย - ถอดสายไฟเพาเวอร์ซัพพลายออกจากชุดฝึก - ถอดตัวเก็บประจุทั้ง 3 ตัวออกจากวงจร แล้วทำการคายประจุทีละตัว		
6. ต่อตัวเก็บประจุแบบอนุกรม 2 ตัว เข้ากับชุดฝึกทักษะ แล้วขึ้นขั้วให้แน่น 7. วัดค่าความจุรวม (C_T) ของการต่อวงจรแบบอนุกรม		

	ขั้นตอนปฏิบัติงานในงาน (ต่อ)		หน่วยที่ 3
	ชื่อวิชา งานอิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 20101-2103		สอนครั้งที่ 6
	ชื่อหน่วย ตัวเก็บประจุ		จำนวน 4 ชั่วโมง
ชื่อเรื่อง งานต่อวงจรและวัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวเก็บประจุ			จำนวน 1 ชั่วโมง
ขั้นตอนการปฏิบัติงาน		รูปประกอบ	
8. ต่อแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าจากเครื่องจ่ายแรงดันไฟฟ้าเพาเวอร์ซัพพลายแบบ DC เข้ากับชุดฝึก แล้วปรับแรงดันไฟฟ้าให้ได้ 3 V		 ปุ่มปรับแรงดันไฟฟ้า	
9. ปรับมัลติมิเตอร์ไปที่ย่านการวัดแรงดันไฟฟ้า แล้ววัดแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมของตัวเก็บประจุแต่ละตัว ให้ครบทั้ง 2 ตัว - เมื่อทำการวัดตามข้อ 9 เสร็จแล้ว ให้ปรับแรงดันไฟฟ้าที่เพาเวอร์ซัพพลายลงให้ได้ 0 V แล้วปิดสวิตช์เพาเวอร์ซัพพลาย - ถอดสายไฟเพาเวอร์ซัพพลายออกจากชุดฝึก - ถอดตัวเก็บประจุทั้ง 2 ตัวออกจากวงจร แล้วทำการคายประจุทีละตัว			
10. ต่อตัวเก็บประจุแบบผสม 4 ตัว เข้ากับชุดฝึก ทักะะ แล้วขันขั้วให้แน่น 11. วัดค่าความจุรวม (C_T) ของการต่อวงจรแบบขนาน			

	ขั้นตอนปฏิบัติงานในงาน (ต่อ)	หน่วยที่ 3
	ชื่อวิชา งานอิเล็กทรอนิกส์สรณยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 20101-2103	สอนครั้งที่ 6
	ชื่อหน่วย ตัวเก็บประจุ	จำนวน 4 ชั่วโมง
ชื่อเรื่อง งานต่อวงจรและวัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวเก็บประจุ		จำนวน 1 ชั่วโมง
ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	รูปประกอบ	
12. ต่อแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าจากเครื่องจ่ายแรงดันไฟฟ้าเพาเวอร์ซัพพลายแบบ DC เข้ากับชุดฝึก แล้วปรับแรงดันไฟฟ้าให้ได้ 3 V	 ปุ่มปรับแรงดันไฟฟ้า	
13. วัดแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมที่ตัวเก็บประจุให้ครบทั้ง 4 ตัว - เมื่อทำการวัดตามข้อ 13 เสร็จแล้ว ให้ปรับแรงดันไฟฟ้าที่เพาเวอร์ซัพพลายลงให้ได้ 0 V แล้วปิดสวิตช์เพาเวอร์ซัพพลาย - ถอดสายไฟเพาเวอร์ซัพพลายออกจากชุดฝึก - ถอดตัวเก็บประจุทั้ง 4 ตัวออกจากวงจร แล้วทำการคายประจุทีละตัว 14. ทำความสะอาดเครื่องมือ อุปกรณ์ และพื้นที่ปฏิบัติงาน 15. เก็บเครื่องมือ อุปกรณ์		

	แบบบันทึกผลใบงานที่ 3.1		หน่วยที่ 3
	ชื่อวิชา งานอิเล็กทรอนิกส์ยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 20101-2103		สอนครั้งที่ 6
	ชื่อหน่วย ตัวเก็บประจุ		จำนวน 4 ชั่วโมง
ชื่อเรื่อง งานต่อวงจรและวัดค่าต่าง ๆ ในวงจรตัวเก็บประจุ			จำนวน 1 ชั่วโมง
ชื่อ นามสกุล.....เลขที่กลุ่ม.....			
รายการ	ค่าความจุที่อ่านได้	ค่าแทนแรงดันไฟฟ้าที่อ่านได้	ค่าความจุที่วัดได้
1. อ่านค่าตัวเก็บประจุตัวที่ 1	F	V	F
2. อ่านค่าตัวเก็บประจุตัวที่ 2	F	V	F
3. อ่านค่าตัวเก็บประจุตัวที่ 3	F	V	F
4. อ่านค่าตัวเก็บประจุตัวที่ 4	F	V	F
รายการ	ค่าความจุไฟฟ้ารวมที่วัดได้	ค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมที่วัดได้	
1. การต่อวงจรแบบขนาน	(C _T).....F	ตัวที่ 1.....V ตัวที่ 2.....V ตัวที่ 3.....V	
2. การต่อวงจรแบบอนุกรม	(C _T).....F	ตัวที่ 1.....V ตัวที่ 2.....V	
7. การต่อวงจรแบบผสม	(C _T).....F	ตัวที่ 1.....V ตัวที่ 2.....V ตัวที่ 3.....V ตัวที่ 4.....V	
..... (.....) ผู้เรียนผู้ปฏิบัติงาน (นายจิรโรจน์ เลิศธนเปี่ยมสุข) ครูผู้สอน			

	แบบประเมินผลใบงานที่ 3.1		หน่วยที่ 3			
	ชื่อวิชา งานอิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 20101-2103		สอนครั้งที่ 6			
	ชื่อหน่วย ตัวเก็บประจุ		จำนวน 4 ชั่วโมง			
ชื่อเรื่อง งานต่อวงจร และวัดค่าในวงจรตัวเก็บประจุ			จำนวน 1 ชั่วโมง			
ชื่อ สกุล.....กลุ่ม.....เลขที่.....						
หัวข้อประเมิน			ระดับคะแนน			
			4	3	2	1
1. เตรียมเครื่องมือ อุปกรณ์ได้ถูกต้อง 2. อ่านค่าตัวเก็บประจุได้ถูกต้อง 3. ใช้มัลติมิเตอร์วัดค่าตัวเก็บประจุได้ถูกต้อง 4. ต่อวงจรตัวเก็บประจุได้ถูกต้อง 5. วัดแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวเก็บประจุในวงจรได้ถูกต้อง 6. ปฏิบัติงานเสร็จตรงตามเวลาที่กำหนด 7. การทำความสะอาดและจัดเก็บเครื่องมือ อุปกรณ์						
รวมคะแนนทั้งหมด						
ลงชื่อ.....ผู้เรียน (.....) ลงชื่อ.....ครูผู้สอน (นายจิรโรจน์ เลิศธนเปี่ยมสุข)						

เกณฑ์การประเมินใบงานที่ 3.1		
หัวข้อประเมิน	ระดับคะแนน	รายละเอียดเกณฑ์การให้คะแนน
1. เตรียมเครื่องมืออุปกรณ์ได้ถูกต้อง	4	เตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ครบถ้วนทุกอย่างตามที่กำหนดไว้ และจัดวางเป็นระเบียบ
	3	เตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ครบเกือบทั้งหมด มีการจัดวางเป็นระเบียบ แต่มีการขาดหายไป 1 รายการ
	2	เตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ไม่ครบ มีการขาดหายไป 2 รายการ การจัดวางเป็นระเบียบเป็นบางส่วน
	1	เครื่องมือและอุปกรณ์เตรียมไม่ครบอย่างชัดเจน ส่งผลกระทบต่อการปฏิบัติงาน
2. อ่านค่าตัวเก็บประจุได้ถูกต้อง	4	อ่านค่าความจุได้ถูกต้องและแม่นยำทุกครั้ง โดยไม่มีข้อผิดพลาด
	3	อ่านค่าความจุได้ถูกต้องเกือบทุกครั้ง มีข้อผิดพลาดเล็กน้อยที่ไม่กระทบต่อผลการวัด
	2	อ่านค่าความจุผิดพลาดบ่อยครั้ง ทำให้ผลการวัดคลาดเคลื่อน
	1	ไม่สามารถอ่านค่าความจุได้ถูกต้องเลย
3. ใช้มัลติมิเตอร์วัดค่าตัวเก็บประจุได้ถูกต้อง	4	เลือกย่านการวัดค่าความจุ และอ่านค่าได้ถูกต้องทุกครั้ง ไม่มีข้อผิดพลาด
	3	เลือกย่านการวัดและอ่านค่าได้ถูกต้องเกือบทุกครั้ง มีข้อผิดพลาดเล็กน้อยที่ไม่กระทบต่อการวัด
	2	เลือกย่านการวัดและอ่านค่าผิดบ่อยครั้ง ทำให้การวัดค่าความจุคลาดเคลื่อน
	1	ไม่สามารถเลือกย่านการวัดและอ่านค่าความจุได้ ทำให้ไม่สามารถวัดค่าได้
4. ต่อดวงจรตัวเก็บประจุได้ถูกต้อง	4	ต่อดวงจรตัวเก็บประจุแบบอนุกรม แบบขนาน และแบบผสม ได้ถูกต้องทุกครั้งตามแบบวงจร
	3	ต่อดวงจรตัวเก็บประจุได้ถูกต้องเกือบทั้งหมด มีข้อผิดพลาดเล็กน้อยแต่ไม่กระทบต่อดวงจร
	2	ต่อดวงจรตัวเก็บประจุผิดพลาดบ่อยครั้ง ส่งผลให้วงจรทำงานผิดพลาด
	1	ต่อดวงจรตัวเก็บประจุผิดพลาด ทำให้วงจรไม่สามารถทำงานได้

เกณฑ์การประเมินใบงานที่ 3.1		
หัวข้อประเมิน	ระดับคะแนน	รายละเอียดเกณฑ์การให้คะแนน
5. วัดแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวเก็บประจุในวงจรได้ถูกต้อง	4	เลือกย่านการวัด ช่วงการวัดและอ่านค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมได้ถูกต้องทุกครั้งตามลักษณะของวงจรและแรงดันที่ต้องการวัด
		เลือกย่านการวัด ช่วงการวัดและอ่านค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมได้ถูกต้องเกือบทุกครั้ง มีข้อผิดพลาดเล็กน้อยแต่ไม่ส่งผลกระทบต่อผลการวัด
5. วัดแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวเก็บประจุในวงจรได้ถูกต้อง (ต่อ)	2	เลือกย่านการวัด ช่วงการวัดและอ่านค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมผิดพลาดบ่อยครั้ง ทำให้ผลการวัดคลาดเคลื่อน
	1	ไม่สามารถเลือกย่านการวัด ช่วงการวัดและอ่านค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมได้ถูกต้อง ทำให้การวัดไม่สำเร็จ
6. ปฏิบัติงานเสร็จตรงตามเวลาที่กำหนด	4	สามารถปฏิบัติงานเสร็จตามเวลาที่กำหนดโดยไม่มีการล่าช้า
	3	ปฏิบัติงานเสร็จ แต่มีความล่าช้ามากกว่าเวลาที่กำหนดไว้ไม่เกิน 2 นาที
	2	ปฏิบัติงานเสร็จ แต่มีความล่าช้ามากกว่าเวลาที่กำหนดไว้ไม่เกิน 3 นาที
	1	ปฏิบัติงานเสร็จ แต่มีความล่าช้ามากกว่าเวลาที่กำหนดไว้เกิน 3 นาที ขึ้นไป
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 3	
	ชื่อวิชา งานอิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 20101-2103	สอนครั้งที่ 6	
	ชื่อหน่วย ตัวเก็บประจุ	จำนวน 4 ชั่วโมง	
ชื่อ-สกุล.....ระดับชั้น.....กลุ่ม.....เลขที่.....			
คำชี้แจง ให้ครูผู้สอนสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนแล้วทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องรายการประเมินพฤติกรรม			
คุณลักษณะอันพึงประสงค์	จุดพิจารณาพฤติกรรม	พฤติกรรม	
		มี	ไม่มี
มีความตรงต่อเวลาและยอมรับผิดชอบ	1. เข้าเรียนตรงตามเวลา		
	2. วางแผนปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จตามที่กำหนด		
	3. สามารถแก้ไขปัญหาที่ได้รับมอบหมายเสร็จตามที่กำหนด		
	4. ปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จตามกำหนด		
	5. ส่งงานที่ได้รับมอบหมายตามที่กำหนด		
มีความมีระเบียบวินัยและการแต่งกายเรียบร้อย	1. ทรงผมถูกต้องตามระเบียบและข้อบังคับ		
	2. กระโปรง/กางเกงถูกต้องตามระเบียบและข้อบังคับ		
	3. รองเท้า ถุงเท้าถูกต้องตามระเบียบข้อบังคับ		
	4. แต่งกายสะอาด เรียบร้อย		
	5. มีความพร้อมในการเรียนและการปฏิบัติงาน		
มีความประณีตรอบคอบและปลอดภัย	1. ปฏิบัติงานโดยคำนึงถึงความปลอดภัยต่อตนเองและผู้อื่น		
	2. ใช้เครื่องมือถูกต้องเหมาะสมกับงาน		
	3. ปฏิบัติงานด้วยความประณีต และรอบคอบ		
	4. แก้ไขปัญหาในการปฏิบัติงานได้		
	5. มีการวางแผนก่อนการปฏิบัติงานอย่างรอบคอบ		
มีความสะอาด และรักษาสภาพแวดล้อม	1. รักษาความสะอาดตนเองและส่วนรวม		
	2. รักษาความสะอาดห้องเรียนและสภาพแวดล้อม		
	3. ทำความสะอาดเครื่องมือ อุปกรณ์ได้ครบทุกตัว		
	4. บำรุงรักษาเครื่องมือ อุปกรณ์		
	5. จัดเก็บเครื่องมือ อุปกรณ์ ได้อย่างเรียบร้อย		
รวม			

	แบบสรุปประเมินคุณธรรม จริยธรรมและคุณลักษณะอันพึงประสงค์					หน่วยที่ 3	
	ชื่อวิชา งานอิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 20101-2103					สอนครั้งที่ 6	
	ชื่อหน่วย ตัวเก็บประจุ					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							
20							

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

\

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(นายจิรโรจน์ เลิศชนเปี่ยมสุข)

	เกณฑ์การประเมินคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยมและคุณลักษณะที่พึงประสงค์		หน่วยที่ 3
	ชื่อวิชา งานอิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 2101-2103		
	ชื่อหน่วย ตัวเก็บประจุ		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. มีความพร้อมในการเรียนและการปฏิบัติงาน	
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 3			
	ชื่อวิชา งานอิเล็กทรอนิกส์ยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 20101-2103																		สอนครั้งที่ 6			
	ชื่อหน่วย ตัวเก็บประจุ																		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																						
19																						
20																						

ลงชื่อผู้สังเกต

(นายจิรโรจน์ เลิศธนเปี่ยมสุข)

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

เกณฑ์การประเมิน

ระดับ 5 หมายถึง มีพฤติกรรมการเรียนรู้อยู่ในระดับมากที่สุด

ระดับ 4 หมายถึง มีพฤติกรรมการเรียนรู้อยู่ในระดับมาก

ระดับ 3 หมายถึง มีพฤติกรรมการเรียนรู้อยู่ในระดับปานกลาง

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	แสดงความกระตือรือร้นในการเรียนรู้สิ่งใหม่อย่าง ต่อเนื่องตั้งคำถาม แสดงการคิดวิเคราะห์ ค้นคว้าข้อมูล เพิ่มเติมเชื่อมโยงความรู้ใหม่กับประสบการณ์เดิมและ นำไปประยุกต์ใช้ สร้างแรงบันดาลใจให้ผู้อื่นเกิดความ สนใจเรียนรู้
	4	แสดงความสนใจในการเรียนรู้เป็นประจำ ตั้งคำถามที่ แสดงความสนใจและความเข้าใจ ค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติม เมื่อได้รับการสนับสนุน สามารถเชื่อมโยงความรู้และ นำไปใช้ได้ มีส่วนร่วมในการสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ แสดงความคิดสร้างสรรค์เป็นครั้งคราว
	3	แสดงความสนใจในการเรียนรู้เมื่อได้รับการกระตุ้น ตั้ง คำถามเมื่อไม่เข้าใจ ค้นคว้าข้อมูลตามที่ได้รับมอบหมาย เชื่อมโยงความรู้ได้เมื่อมีแนวทางชัดเจน มีส่วนร่วมใน กิจกรรมการเรียนรู้เป็นบางครั้ง

เกณฑ์การประเมินแบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้		
หัวข้อประเมิน	ระดับคะแนน	จุดพิจารณาการให้คะแนน
	2	แสดงความสนใจในการเรียนรู้เป็นครั้งคราว ตั้งคำถามน้อยครั้งกว่าข้อมูลเมื่อได้รับการติดตาม เชื่อมโยงความรู้ได้บ้างแต่ยังไม่ชัดเจน มีส่วนร่วมในกิจกรรมเมื่อได้รับการกระตุ้น แสดงความคิดได้บ้างแต่ต้องการการช่วยเหลือ
	1	แสดงความสนใจในการเรียนรู้้น้อยมาก ไม่ตั้งคำถามหรือตั้งคำถามที่ไม่เกี่ยวข้อง ไม่ค้นคว้าข้อมูลแม้ได้รับการช่วยเหลือ ไม่มีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ ไม่แสดงความคิดหรือแสดงความคิดที่ไม่เหมาะสม
2. ความร่วมมือ	5	แสดงความเต็มใจและความกระตือรือร้นในการร่วมมือ เคารพและยอมรับความแตกต่างของผู้อื่น สร้างบรรยากาศที่ดีและส่งเสริมการมีส่วนร่วมของทุกคน เป็นแบบอย่างในการแสดงความร่วมมือที่ดี
	4	แสดงความเต็มใจในการร่วมมือเป็นประจำ รับฟังและเคารพความคิดเห็นของผู้อื่น สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีส่วนร่วมในการสร้างบรรยากาศที่ดี ให้ความร่วมมือได้ดีในสถานการณ์ต่างๆ
	3	ร่วมมือในกิจกรรมตามที่ได้รับการขอร้อง รับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นได้พอสมควร ทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ในระดับพื้นฐาน มีความสัมพันธ์ที่ดีกับเพื่อนโดยทั่วไป ให้ความร่วมมือเมื่อเห็นประโยชน์ชัดเจน
	2	ร่วมมือในกิจกรรมเมื่อได้รับการกระตุ้น รับฟังความคิดเห็นได้บ้าง ทำงานร่วมกับผู้อื่นได้แต่ต้องการการช่วยเหลือ มีความสัมพันธ์กับเพื่อนในระดับพื้นฐาน ให้ความร่วมมือเมื่อได้รับการชี้แนะ
	1	ไม่ร่วมมือในกิจกรรมหรือต้องการการบังคับ ไม่รับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น มีความยากลำบากในการทำงานร่วมกับผู้อื่น เป็นสาเหตุหลักของข้อขัดแย้งในกลุ่ม ไม่ให้ความร่วมมือ

เกณฑ์การประเมินแบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้		
หัวข้อประเมิน	ระดับคะแนน	จุดพิจารณาการให้คะแนน
3. การแลกเปลี่ยนเรียนรู้	5	แบ่งปันความรู้และประสบการณ์อย่างสม่ำเสมอ ตั้งคำถามที่กระตุ้นให้ผู้อื่นคิดวิเคราะห์ นำเสนอข้อมูลใหม่ๆ ที่น่าสนใจและเป็นประโยชน์ เป็นผู้นำในการสร้างชุมชนแห่งการเรียนรู้
	4	แบ่งปันความรู้และประสบการณ์เป็นประจำ ตั้งคำถามที่เหมาะสมและแสดงความสนใจต่อผู้อื่น นำเสนอข้อมูลได้อย่างชัดเจนและเข้าใจง่าย ช่วยส่งเสริมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ในกลุ่ม
	3	แบ่งปันความรู้เมื่อได้รับการกระตุ้น ตั้งคำถามเมื่อไม่เข้าใจหรือต้องการข้อมูลเพิ่มเติม นำเสนอข้อมูลได้เมื่อมีโอกาสที่เหมาะสม มีส่วนร่วมในการเรียนรู้ระดับพื้นฐาน ช่วยเหลือผู้อื่นเมื่อสามารถทำได้
	2	แบ่งปันความรู้บ้างและต้องการการสนับสนุน ตั้งคำถามน้อย มีส่วนร่วมในการเรียนรู้เมื่อได้รับการกระตุ้น ช่วยเหลือผู้อื่นได้เป็นครั้งคราว
	1	ไม่แบ่งปันความรู้ ไม่ตั้งคำถามหรือตั้งคำถามที่ไม่เกี่ยวข้องไม่มีส่วนร่วมในการเรียนรู้แม้ได้รับการสนับสนุน ไม่ช่วยเหลือผู้อื่นหรือให้การช่วยเหลือที่ไม่เหมาะสม
4. การทำงานเป็นทีม	5	แสดงทักษะการเป็นผู้นำและผู้ตามที่ยืดหยุ่นตามสถานการณ์ สื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพ เป็นตัวอย่างในการสร้างวัฒนธรรมการทำงานเป็นทีมที่ดี
	4	มีบทบาทที่ชัดเจนและปฏิบัติหน้าที่ได้อย่างสม่ำเสมอ สื่อสารกับสมาชิกในทีมได้อย่างเหมาะสม สนับสนุนและให้กำลังใจแก่สมาชิกทีมอย่างสม่ำเสมอ แสดงภาวะผู้นำเมื่อจำเป็น
	3	ปฏิบัติหน้าที่ตามที่ได้รับมอบหมายโดยทั่วไป สื่อสารกับสมาชิกทีมได้ในระดับพื้นฐาน ให้การสนับสนุนแก่

เกณฑ์การประเมินแบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้		
หัวข้อประเมิน	ระดับคะแนน	จุดพิจารณาการให้คะแนน
		สมาชิกทีมเมื่อมีโอกาส มีส่วนร่วมในกิจกรรมทีมตามแบบปกติ แสดงความเป็นผู้นำเป็นครั้งคราว
	2	ปฏิบัติหน้าที่ได้บางส่วนและต้องการการช่วยเหลือสื่อสารกับสมาชิกทีมได้บ้างแต่ไม่สม่ำเสมอ ให้การสนับสนุนแก่สมาชิกทีมเป็นครั้งคราว แสดงความเป็นผู้นำได้น้อย
	1	ไม่ปฏิบัติหน้าที่หรือต้องการการควบคุมอย่างใกล้ชิด ไม่ช่วยแก้ไขปัญหหรือเป็นสาเหตุของปัญหา ไม่ให้การสนับสนุนหรือสร้างความขัดแย้งในทีม ไม่มีส่วนร่วมในทีมแม้ได้รับการช่วยเหลือ ไม่แสดงความเป็นผู้นำ

บันทึกหลังการสอน			
ชื่อวิชางานอิเล็กทรอนิกส์ถยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 20101-2103 2 (4) สอนครั้งที่ 6			
หน่วยที่ 3 ชื่อหน่วย ตัวเก็บประจุ จำนวน 4 ชม.			
ข้อ ที่	หลักการของการ จัดการเรียนรู้	ผลที่เกิดการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน	บันทึก/ร่องรอย
1	ผู้เรียนสามารถเข้าถึงสิ่งที่เรียนและเข้าใจบทเรียน	ผู้เรียนเข้าใจในหลักสูตร/วัตถุประสงค์ของบทเรียน/การวัดประเมินผล/สื่อ ที่ครูจะนำมาใช้ในการประกอบกิจกรรมการเรียนการสอน	มีโครงการสอน
2	ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้หรือประสบการณ์เดิมกับการเรียนรู้ใหม่	ครูอธิบายเชื่อมโยงประสบการณ์เดิมกับเนื้อหาใหม่ให้ผู้เรียนได้เข้าใจเป็นอย่างดีโดยเฉพาะหน้าที่ชนิดตัวเก็บประจุ และการอ่านค่าตัวเก็บประจุและการวัดตัวเก็บประจุ	มีแผนการจัดการเรียนรู้
3	ผู้เรียนได้สร้างความรู้เอง หรือได้สร้างประสบการณ์ใหม่จากการเรียนรู้	ผู้เรียนได้ปรับเปลี่ยนวิธีการใหม่ๆในการเรียนรู้ด้วยตนเองจากการทำกิจกรรมกลุ่มและสืบค้นจากสื่อต่างๆ	แบบฝึกหัด/ใบงาน
4	ผู้เรียนได้รับการกระตุ้นและเกิดแรงจูงใจในการเรียนรู้	ขณะประกอบกิจกรรมครูได้สังเกตพัฒนาการของผู้เรียนแล้วได้กระตุ้นให้ผู้เรียนมีความตั้งใจสูงใจให้มุ่งมั่นในการเรียนรู้อย่างทั่วถึงทุกคน	แบบฝึกหัด/ใบงาน/ แบบสังเกตพฤติกรรม
5	ผู้เรียนได้รับการพัฒนาทักษะความเชี่ยวชาญจากการเรียนรู้	ผู้เรียนทุกคนได้ฝึกทักษะตามใบงานใบมอบงานและกิจกรรมต่างๆที่ครูกำหนดเพื่อพัฒนาทักษะให้มีความเชี่ยวชาญตามวัตถุประสงค์การจัดการเรียนรู้	แบบฝึกหัด/ใบงาน/
6	ผู้เรียนได้รับข้อมูลสะท้อนกลับเพื่อปรับปรุงการเรียนรู้	ผลจากการสังเกตผู้เรียนระหว่างการเรียนรู้และจากแบบประเมินใบงาน กิจกรรมต่าง ๆ และแบบฝึกหัด ครูได้สะท้อนกลับข้อมูลให้ผู้เรียนทุกคนได้รับรู้ผลการพัฒนาตนเองเพื่อให้ผู้เรียนได้ปรับปรุงผลการเรียนรู้ของตนเอง	แบบสังเกตพฤติกรรม/ แบบประเมิน

บันทึกหลังการสอน (ต่อ)			
ชื่อวิชางานอิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 20101-2103		2 (4)	สอนครั้งที่ 6
หน่วยที่ 3 ชื่อหน่วย ตัวเก็บประจุ			จำนวน 4 ชม.
7	ผู้เรียนได้รับการพัฒนาการเรียนรู้ในบรรยากาศชั้นเรียนที่เหมาะสม	ครูได้ให้ผู้เรียนร่วมอภิปรายตอบคำถามและแสดงความคิดเห็นในบรรยากาศชั้นเรียนที่ผู้เรียนเรียนอย่างมีความสุข ผู้เรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 80 กล่าวแสดงออกโดยเฉพาะการตอบคำถามที่ครูถามในชั้นเรียนและการร่วมกิจกรรม	แบบสังเกตพฤติกรรม/แบบประเมิน
8	ผู้เรียนสามารถกำกับการเรียนรู้และมีการเรียนรู้แบบนำตนเอง	ครูเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้กำหนดเป้าหมายและรูปแบบการค้นคว้าฝึกฝนเรียนรู้อย่างต่อเนื่องโดยครูมอบหมายใบมอบงานให้ผู้เรียนไปสืบค้น ตามความถนัดและความสะดวกของผู้เรียนแบบนำตนเอง	ใบมอบงาน/แบบประเมิน

บรรณานุกรม

นพดล เวชวิฐาน. เครื่องยนต์หัวฉีด EFI. กรุงเทพฯ : พิมพ์ครั้งที่ 54. ส.ส.ท. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).2560

พันธ์ศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์ และคณะ. งานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น. กรุงเทพฯ, ศูนย์ส่งเสริมอาชีวะ, 2562.

อำพล ชี้อตรง. งานอิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เบื้องต้น. กรุงเทพฯ : ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ, 2564.

ภาคผนวก

เครื่องมือ อุปกรณ์และชุดฝึกทักษะ



ตัวเก็บประจุชนิดต่าง ๆ



สื่อ Power Point

ชุดการสอนที่ 3

เรื่อง ตัวเก็บประจุ (capacitor)



จุดประสงค์การเรียนรู้

1. บอกหน้าที่และคุณสมบัติของตัวเก็บประจุได้
2. บอกโครงสร้างของตัวเก็บประจุได้
3. บอกชนิดของตัวเก็บประจุได้
4. อ่านค่าความจุและค่าทนแรงดันไฟฟ้าตัวเก็บประจุได้
5. อธิบายวิธีการวัดและต่อวงจรตัวเก็บประจุได้
6. ปฏิบัติตามบัตรมอบงานได้
7. ปฏิบัติงานตามบัตรงานได้

จิรโรจน์ เลิศอนปิยมสุข สาขาวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ

เนื้อหา ชุดการสอนที่ 3

1. หน้าที่และคุณสมบัติของตัวเก็บประจุ
2. โครงสร้างของตัวเก็บประจุ
3. ชนิดของตัวเก็บประจุ
4. ความจุและค่าทนแรงดันไฟฟ้า
5. การต่อวงจรและวัดตัวเก็บประจุ

3.1 หน้าที่และคุณสมบัติของตัวเก็บประจุ

ตัวเก็บประจุ (capacitor) มีหน้าที่ เก็บสะสมพลังงานในรูปสนามไฟฟ้า และคายประจุไฟฟ้าตัวเก็บประจุ คอนเดนเซอร์ (condenser) หรือนิยมเรียกย่อ ๆ ว่าตัวซี (C)

ค่าความจุของตัวเก็บประจุเปลี่ยนแปลงไปได้ ขึ้นอยู่กับพื้นที่ผิวของแผ่นโลหะทั้งสอง พื้นที่ผิวมากมีความจุมาก พื้นที่ผิวน้อยมีความจุน้อย ขึ้นกับระยะห่างของแผ่นโลหะทั้งสอง แผ่นโลหะวางชิดมีความจุมาก แผ่นโลหะวางห่างมีความจุน้อย และขึ้นกับชนิดของวัสดุที่ใช้ทำฉนวนคั่นกลางแผ่นโลหะ ฉนวนดีมีค่าความจุสูง ฉนวนไม่ดีมีค่าความจุต่ำ

จิรโรจน์ เลิศธนเปี่ยมสุข สาขาวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ

ประโยชน์ของตัวเก็บประจุในวงจรอย่างหลากหลาย ได้แก่

การกรองไฟดีซีให้เรียบ (Filter) การถ่ายทอดสัญญาณ และเชื่อมโยงระหว่างวงจร (Coupling)

การกรองความถี่ (Bypass) การกั้นการไหลของกระแสไฟดีซี (Blocking)

คุณสมบัติของตัวเก็บประจุ

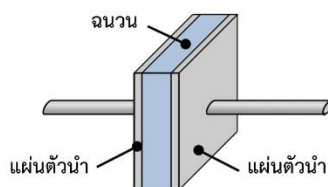
เก็บแรงดันไฟฟ้าหรือประจุไฟฟ้าไว้ในตัวได้ โดยอาศัย แผ่นตัวนำ (Plate)

เป็นเสมือนแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า

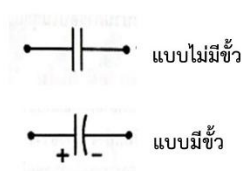
เมื่อจ่ายไฟฟ้าออกไปแรงดันไฟฟ้าใน ตัวเก็บประจุจะค่อย ๆ ลดลง

จิรโรจน์ เลิศธนเปี่ยมสุข สาขาวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ

3.2 โครงสร้างตัวเก็บประจุ



(ก) โครงสร้าง



(ข) สัญลักษณ์

จิรโรจน์ เลิศธนเปี่ยมสุข สาขาวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ

3.2 โครงสร้างตัวเก็บประจุ

ตัวเก็บประจุ (Capacitor) เป็นอุปกรณ์ที่ประกอบด้วยตัวนำสองชิ้น มีฉนวนคั่นกลางซึ่งฉนวนนี้เรียกว่า ไดอิเล็กทริก (Dielectric) เช่น อากาศ กระดาษแก้ว และเซรามิก ฉนวนเหล่านี้ทำหน้าที่ไม่ให้อิเล็กตรอนไหลผ่านกัน แต่ยอมให้อำนาจไฟฟ้าส่งผ่านถึงกันได้

ค่าความจุไฟฟ้าไม่ขึ้นกับปริมาณของประจุไฟฟ้าที่เก็บหรือความต่างศักย์ ค่าความจุไฟฟ้าขึ้นกับพื้นที่ของแผ่นและระยะห่างระหว่างแผ่น ขึ้นอยู่กับชนิดของฉนวนที่อยู่ระหว่างแผ่นตัวนำทั้งสอง

จิรโรจน์ เลิศอนเนื่องมสุข สาขาวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ

การทำงานของตัวเก็บประจุ

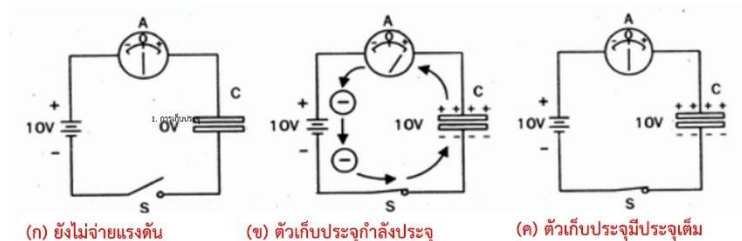
ตัวเก็บประจุมีการทำงาน 2 สภาวะ คือ

1. การเก็บประจุ คือ การเก็บอิเล็กตรอนไว้ที่เพลตของตัวเก็บประจุ

เมื่อนำแบตเตอรี่ต่อกับตัวเก็บประจุ อิเล็กตรอนจากขั้วลบของแบตเตอรี่จะเข้าไปรวมกันที่แผ่นเพลต ทำให้เกิดประจุลบขึ้นและยังส่งสนามไฟฟ้าไปผลักอิเล็กตรอนของแผ่นเพลตตรงข้าม โดยปกติในแผ่นเพลตจะมีประจุเป็นบวก (+) และลบ (-) ปะปนกันอยู่ เมื่ออิเล็กตรอนจากแผ่นเพลตนี้ถูกผลักให้หลุดออกไปแล้วจึงเหลือประจุบวกมากกว่าประจุลบ ยิ่งอิเล็กตรอนถูกผลักออกไปมากเท่าไร แผ่นเพลตนั้นก็จะเป็นบวกมากขึ้นเท่านั้น

จิรโรจน์ เลิศอนเนื่องมสุข สาขาวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ

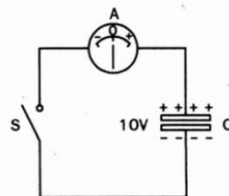
ขณะเก็บประจุ



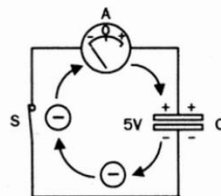
จิรโรจน์ เลิศอนเนื่องมสุข สาขาวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ

2. การคายประจุ ตัวเก็บประจุที่ถูกประจุแล้ว ถ้ายังไม่นำตัวเก็บประจุมาต่อกับ อิเล็กตรอนก็ยังคงอยู่ที่แผ่นเพลต แต่ถ้ามีการครบวงจรระหว่างแผ่นเพลตทั้งสอง อิเล็กตรอนจะวิ่งจากแผ่นเพลตทางด้านลบไปครบวงจรที่แผ่นเพลตบวกทันที เรียกว่า การคายประจุ

ขณะคายประจุ



(ก) ขณะยังไม่มีกระแสประจุ



(ข) ขณะคายประจุ

จิรโรจน์ เลิศอนแปงสุข สาขาวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ

3.3 ชนิดของตัวเก็บประจุ

ตัวเก็บประจุแบ่งได้เป็น 3 ชนิดด้วยกัน คือ ตัวเก็บประจุแบบค่าคงที่ ตัวเก็บประจุแบบปรับค่าได้ (ตัวเก็บประจุแบบเลือกค่าได้)

3.3.1 ตัวเก็บประจุแบบค่าคงที่ (Fixed Capacitor)

ตัวเก็บประจุแบบค่าคงที่ (Fixed Capacitor) คือ ตัวเก็บประจุที่ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงค่าได้ โดยปกติจะมีรูปลักษณะเป็นวงกลม หรือเป็นทรงกระบอก



จิรโรจน์ เลิศอนแปงสุข สาขาวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ

3.3.1.1 ชนิดอิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte Capacitor) เป็นที่นิยมใช้กันมากเพราะให้ค่าความจุสูง ระบุขั้วบวก ขั้วลบ โครงสร้างภายในคล้ายกับแบตเตอรี่ นิยมใช้กับงานความถี่ต่ำหรือใช้สำหรับไฟฟ้ากระแสตรง มีข้อเสียคือกระแสรั่วไหลและความผิดพลาดสูงมาก รูปทรงกระบอก ทรงกระบอกขาเขียว แบบ SMD รูปทรงกระบอกตัวใหญ่ ขาหนีตรูปทรงกระบอกแนวนอน



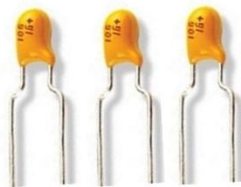
แบบขาหนีตรูป

แบบขาเขียวและมีหลายขา

รูปทรงกระบอกแนวนอน

จิรโรจน์ เลิศอนแปงสุข สาขาวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ

3.3.1.2 ชนิดแทนทาลัมอิเล็กโทรไลต์ (Tantalum Electrolyte Capacitor) เป็นตัวเก็บประจุที่มีประสิทธิภาพ มีค่าผิดพลาดน้อย มีค่าความจุสูง โครงสร้างภายในประกอบด้วยแผ่นตัวนำทำมาจากแทนทาลัมและแทนทาลัมเปอร์ออกไซด์อีกแผ่น นอกจากนี้ยังมีแมงกานีสไดออกไซด์ เงิน และเคลือบด้วยเรซิน



จิรโรจน์ เลิศอนเนียมสุข สาขาวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ

3.3.1.3 ชนิดไบโพลาร์ (Bipolar Capacitor) นิยมใช้กันมากในวงจรภาคจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงเครื่องขยายเสียง เป็นตัวเก็บประจุจำพวกเดียวกับชนิดอิเล็กโทรไลต์ แต่ไม่มีขั้วบวกขั้วลบ บางครั้งเรียกสั้น ๆ ว่า ไบแคป



จิรโรจน์ เลิศอนเนียมสุข สาขาวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ

3.3.1.4 ชนิดเซรามิก (Ceramic Capacitor) เป็นตัวเก็บประจุที่มีค่าไม่เกิน 1 ไมโครฟารัด นิยมใช้กันทั่วไปเพราะมีราคาถูก เหมาะสำหรับวงจรประเภทคัปปลิงความถี่วิทยุ ข้อเสียของตัวเก็บประจุชนิดเซรามิกคือมีการสูญเสียมาก



จิรโรจน์ เลิศอนเนียมสุข สาขาวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ

3.3.1.5 ตัวเก็บประจุชนิดฟิล์มพลาสติก (Plastic - Film Capacitor) ถูกสร้างขึ้นมาแทนตัวเก็บประจุแบบกระดาษ ซึ่งคุณสมบัติของฉนวน มีความหนาแน่นของค่าความจุสูง ความผิดพลาดมีค่าต่ำ และมีอายุการใช้งานมากกว่า นิยมนำไปใช้ในวงจรที่ต้องการความเที่ยงตรงสูง

โครงสร้างภายในคล้ายกับแบบตัวเก็บประจุแบบกระดาษ แต่ฉนวนคั่นแผ่นโลหะตัวนำเป็นพวกฟิล์มพลาสติก ทำมาจากวัสดุหลายประเภท เช่น โพลีเอสเตอร์ (Polyester) หรือเรียกว่า ไมลาร์ (Mylar) โพลีโพรพิลีน (Polypropylene) โพลีสไตรีน (Polystyrene) โพลีคาร์บอเนต (Polycarbonate) เมทัลไลซ์พลาสติก (Metalized Plastic) และวัสดุชนิดอื่นๆ

จิรโรจน์ เลิศสอนเปี่ยมสุข สาขาวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ

ตัวเก็บประจุชนิดฟิล์มพลาสติก



จิรโรจน์ เลิศสอนเปี่ยมสุข สาขาวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ

ตัวเก็บประจุชนิดฟิล์มพลาสติก จะนิยมพิมพ์ตัวอักษรย่อภาษาอังกฤษติดกัน 2-3 ตัวกำกับไว้บนตัวถังตัวเก็บประจุ เพื่อแสดงถึงชนิดของฉนวนพลาสติกที่ใช้ผลิต

ตารางที่ 3.1 แสดงอักษรย่อและความหมายของตัวเก็บประจุชนิดฟิล์มพลาสติก

ตัวอักษรย่อ	ความหมาย
PP, KP	โพลีโพรพิลีน
MKP	เมทัลไลซ์โพลีโพรพิลีน
KT	โพลีเอสเตอร์ (ไมลาร์)
MKT	เมทัลไลซ์โพลีเอสเตอร์
KC	โพลีคาร์บอเนต
MKC	เมทัลไลซ์โพลีคาร์บอเนต
KS	โพลีสไตรีน
MKS	เมทัลไลซ์โพลีสไตรีน
MK	เมทัลไลซ์พลาสติก

จิรโรจน์ เลิศสอนเปี่ยมสุข สาขาวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ

3.3.1.6 ตัวเก็บประจุชนิดกระดาษ (Paper Capacitor)

เป็นตัวเก็บประจุที่ใช้กระดาษอาบน้ำยา กระดาษชุบไข หรือชุบน้ำมัน ทำเป็นแผ่นไดอิเล็กตริก (dielectric constant) นำไปใช้งานที่มีความต้องการค่าความต้านทานของฉนวนที่มีค่าสูง และงานที่แรงดันไฟฟ้าที่สูง ซึ่งค่าของแรงดัน และค่าของตัวเก็บประจุจะพิมพ์ติดไว้ที่ติดด้านนอก



จิรโรจน์ เลิศอนแปรมสุข สาขาวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ

3.3.1.7 ชนิดไมก้า (Mica Capacitor)

มีความเสถียรทางไฟฟ้า เคมี และคุณสมบัติทางไฟฟ้าที่ดี

ทนอุณหภูมิได้สูง ไม่ทำปฏิกิริยากับกรด น้ำมันและสารละลาย

โครงสร้างทำจากแผ่นไมก้าบางเรียงเป็นชั้นที่ผิวของแผ่นไมก้าชุบด้วยเงิน และวางเป็นชั้นเพื่อให้ได้ค่าความจุที่ต้องการ หุ้มปิดด้วยเซรามิกอีพ็อกซีเรซินเพื่อป้องกันตัวเก็บประจุจากสิ่งแวดล้อมภายนอก ใช้ในวงจรที่ต้องการความเสถียรสูงและต้องการตัวเก็บประจุที่มีค่าความจุเปลี่ยนแปลงน้อยมาก มีค่าความสูญเสียต่ำ ค่าความจุน้อย ๆ



จิรโรจน์ เลิศอนแปรมสุข สาขาวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ

3.3.2 ตัวเก็บประจุแบบเปลี่ยนค่าได้ (Variable Capacitor)

ตัวเก็บประจุแบบเปลี่ยนค่าได้ (Variable Capacitor) ค่าการเก็บประจุจะเปลี่ยนแปลงไปตามการเคลื่อนที่ของแกนหมุน โครงสร้างภายในประกอบด้วย แผ่นโลหะ 2 แผ่นหรือมากกว่าวางใกล้กัน แผ่นหนึ่งจะอยู่กับที่ส่วนอีกแผ่นหนึ่งจะเคลื่อนที่ได้ ไดอิเล็กตริกที่ใช้มีหลายชนิดด้วยกันคือ อากาศ ไมก้า เซรามิก และพลาสติก เป็นต้น



(ก) แบบแกนอากาศ



(ข) แบบแกนพลาสติก



(ค) สัญลักษณ์

โดย จิรโรจน์ เลิศอนแปรมสุข สาขาวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ

3.3.3 ตัวเก็บประจุแบบเลือกค่าได้ (Select Capacitor)

ตัวเก็บประจุแบบเลือกค่าได้ (Select Capacitor) คือตัวเก็บประจุในตัวถังเดียว แต่มีค่าให้เลือกใช้งานมากกว่าหนึ่งค่าและมีขาใช้งานหลายขา ดังแสดงในรูป ดังรูปที่ 3.13



จิรโรจน์ เลิศอนเปี่ยมสุข สาขาวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ

3.4 ค่าความจุและค่าทนแรงดันไฟฟ้า

ค่าความจุเป็นตัววัดความสามารถเก็บของตัวเก็บประจุ ถ้ามีค่าความจุมากแสดงว่าเก็บประจุได้มาก มีหน่วยวัดเป็นฟารัด และค่าทนแรงดันไฟฟ้าของตัวเก็บประจุ คือค่าของตัวเก็บประจุที่สามารถทนต่อแรงดันไฟฟ้าที่ใช้งานได้ มีหน่วยการวัดเป็นโวลต์

ตัวแปรที่ให้ค่าความจุของตัวเก็บประจุมากหรือน้อยมีอยู่ 3 ประการ ได้แก่

- 1) พื้นที่แผ่นเพลตที่วางขนานกัน มีพื้นที่แผ่นเพลตมาก ค่าความจุมาก
- 2) ระยะห่างระหว่างแผ่นเพลตมากขึ้นค่าความจุก็ยิ่งลดลง
- 3) ชนิดของสารที่ใช้ทำแผ่นไดอิเล็กทริก

จิรโรจน์ เลิศอนเปี่ยมสุข สาขาวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ

3.4.1 การอ่านค่าจุ

ค่าความจุของตัวเก็บประจุมีหน่วยความจุ เป็น "ฟารัด" (Farad) สัญลักษณ์ "F" หน่วยฟารัด เป็นหน่วยใหญ่ ส่วนใหญ่ค่าที่ใช้จะอยู่ในช่วง ไมโครฟารัด (μF) นาโนฟารัด (nF) พิโกฟารัด (pF) เขียนความสัมพันธ์กันได้ดังนี้

- 1 ฟารัด (F) เท่ากับ 1,000,000,000,000 ไมโครฟารัด (μF) เท่ากับ 1×10^{12} (pF)
- 1 ฟารัด (F) เท่ากับ 1,000,000,000 ไมโครฟารัด (nF) เท่ากับ 1×10^9 (pF)
- 1 ฟารัด (F) เท่ากับ 1,000,000 ไมโครฟารัด (μF) เท่ากับ 1×10^6 (pF)
- 1 ไมโครฟารัด (μF) เท่ากับ เท่ากับ 1×10^{-6} (F)
- 1 นาโนฟารัด (nF) เท่ากับ เท่ากับ 1×10^{-9} (F)
- 1 พิโคฟารัด (pF) เท่ากับ เท่ากับ 1×10^{-12} (F)

จิรโรจน์ เลิศอนเปี่ยมสุข สาขาวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ

3.4.1.1 การอ่านค่าความจุไฟฟ้าโดยตรง

ตัวเก็บประจุจะพิมพ์ค่าความจุไว้ที่ตัวถัง ตัวเก็บประจุขนาดเล็กจะไม่นิยมพิมพ์หน่วยไว้และบอกค่าความจุไว้ในหน่วย พิโคฟารัด (pF) และไมโครฟารัด (μF)

ถ้ามีค่าน้อยกว่า 1 ลงมา เช่น 0.01, 0.022, 0.047, 0.12, 0.39, 0.68, และ 0.82 มีหน่วยเป็น ไมโครฟารัด (μF)

ถ้ามีค่าตั้งแต่ 1 ขึ้นไป เช่น 1, 1.2, 3.3, 10, 33, 56, 120 และ 680 เป็นต้น มีหน่วยเป็นพิโคฟารัด (pF)

จิรโรจน์ เลิศอนเบียมสุข สาขาวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ

ค่าผิดพลาดของความจุ

ค่าความผิดพลาดบอกค่าเปอร์เซ็นต์ไว้เป็น 2 แบบ

1. บอกค่าเป็นเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดโดยตรง เช่น $\pm 1\%$, $\pm 2\%$, $\pm 10\%$ และ $\pm 20\%$
2. บอกค่าเป็นตัวอักษรภาษาอังกฤษ เช่น A, B, C, D, E, F, G, J, L, J, K, L, M, N และ Z ตัวอักษรแต่ละตัวแทนค่าความผิดพลาดแสดงดังตาราง

จิรโรจน์ เลิศอนเบียมสุข สาขาวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ

ตารางที่ 3.2 แสดงตัวอักษรแทนค่าความผิดพลาดของตัวเก็บประจุ

ตัวอักษรย่อ	ค่าความผิดพลาด
B	$\pm 0.10\text{pF}$
C	$\pm 0.25\text{pF}$
D	$\pm 0.5\text{pF}$
E	$\pm 0.5\%$
F	$\pm 1\%$
G	$\pm 2\%$
H	$\pm 3\%$
J	$\pm 5\%$
K	$\pm 10\%$
M	$\pm 20\%$
N	$\pm 30\%$
P	$\pm 100\% - 0\%$
Z	$+80\% - 20\%$

อัตราทนแรงดันไฟฟ้า มีการใช้ตัวอักษรแทนค่าตัวเลข

ตารางที่ 3.3 แสดงค่าทนแรงดันไฟฟ้าของตัวเก็บประจุไฟฟ้าแบบรหัสตัวเลข

0J	6.3V
1A	10V
1C	16V
1E	25V
1H	50V
2A	100V
2D	200V
2E	250V
2G	400V
2J	630V

ตัวอย่าง การอ่านค่าตัวเก็บประจุแบบบอกค่าความจุไฟฟ้าโดยตรง



รูป (ก) มีค่าความจุ 500 pF ค่าทนแรงดันไฟฟ้า 500 VDC ค่าความผิดพลาด $\pm 5\%$

รูป (ข) มีค่าความจุ 0.1 pF ค่าทนแรงดันไฟฟ้า 250 VDC

รูป (ค) มีค่าความจุ 100 pF ค่าทนแรงดันไฟฟ้า 1000 VDC ค่าความผิดพลาด $\pm 5\%$

จิรโรจน์ เลิศธนเปี่ยมสุข สาขาวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ

3.4.1.2 การอ่านค่าความจุไฟฟ้าแบบรหัสตัวเลขและตัวอักษร

ค่าของตัวเก็บประจุที่บอกเป็นรหัสตัวเลขจะบอกเป็นตัวเลขมา 3 ตำแหน่ง

ตัวที่หนึ่งจะเป็นตัวตั้งหลักที่หนึ่ง

ตัวที่สองจะเป็นตัวตั้งหลักที่สอง

ตัวเลขตัวที่สามเป็นตัวเลขคูณลงไป (หรือตัวคูณ) หน่วยที่ได้จะเป็นพิโกฟารัด (pF) เสมอ

ค่าผิดพลาดบอกในรูปของอักษรแทน

จิรโรจน์ เลิศธนเปี่ยมสุข สาขาวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ

กรณีที่บอกค่าความจุเป็นตัวเลขแต่ไม่ระบุหน่วย

ตัวเลขน้อยกว่า 1 เช่น 0.2 ให้อ่านค่าตามตัวเลขนั้นและ

มีหน่วยเป็นหน่วยไมโครฟารัด (μF)

ตัวเลขมากกว่าหรือเท่ากับ 1 ให้อ่านค่าเป็นหน่วย

พิโคฟารัด (pF)

ตัวอย่าง

รูป (ก) ค่าที่ระบุไว้เท่ากับ 0.33J ไม่บอกหน่วย

แต่ตัวเลขน้อยกว่า 1 อ่านค่าความจุได้ 0.33 ไมโครฟารัด

(μF)

รูป (ข) ค่าที่แสดงไว้เท่ากับ 3300 ตัวเลขมากกว่า 1

และไม่ระบุหน่วย ดังนั้นอ่านค่าได้ 3300 พิโคฟารัด (pF)



(ก)



(ข)

จิรโรจน์ เลิศอนแปงมสุข สาขาวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ

กรณีบอกเป็นรหัสตัวเลข ต้องทำการแปลงรหัสตามหลักก่อนแล้วอ่านค่าออกมาเป็นหน่วยพิโคฟารัด (pF) เช่น ตามรูป (ค) รหัสค่าความจุ 204J ตัวเลข 2 หลักแรกเป็นตัวตั้ง ตัวเลขหลักที่ 3 เป็นตัวคูณ ดังนั้นค่าที่ได้คือ $204 = 20 \times 10000 = 200000 \text{ pF}$ ตัว J คือค่าผิดพลาด $\pm 5\%$



(ก)



(ข)



(ค)

จิรโรจน์ เลิศอนแปงมสุข สาขาวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ

3.4.2 ค่าทนแรงดันไฟฟ้าของตัวเก็บประจุ

ค่าทนแรงดันไฟฟ้าบอกถึงตัวเก็บประจุนั้นสามารถทนแรงดันไฟฟ้าได้มากที่สุดเท่าไร

การใช้แรงดันไฟฟ้ามากกว่าอัตราค่าทนได้ทำให้ตัวเก็บประจุชำรุดเสียหายได้

การเลือกตัวเก็บประจุมาใช้งานต้องเลือกค่าทนแรงดันไฟฟ้าของตัวเก็บประจุให้มากกว่าค่าทนแรงดันไฟฟ้าที่ใช้งานจริงเสมอ ไม่น้อยกว่า 40 %

เช่น นำตัวเก็บประจุไปใช้งานกับแรงดันไฟฟ้า 6 VDC ควรเลือกตัวเก็บประจุแรงดันไฟฟ้าไม่น้อยกว่า 10 VDC มาใช้งาน เพื่อความปลอดภัยของตัวเก็บประจุและส่งผลต่ออายุการใช้งานของตัวเก็บประจุ

จิรโรจน์ เลิศอนแปงมสุข สาขาวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ

กรณีค่าทนแรงดันไฟฟ้าของตัวเก็บประจุบอกค่าไว้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง เมื่อนำไปใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับ ต้องเพิ่มค่าอัตราแรงดันไฟฟ้าขึ้นอย่างน้อย 50 %

เช่น นำตัวเก็บประจุไฟฟ้าไปใช้งานกับไฟฟ้ากระแสสลับ 100 VAC ควรเลือกตัวเก็บประจุทนอัตราแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงไม่น้อยกว่า 200 VDC เพราะแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่ 100 VAC มีค่าอัตราแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับสูงสุดที่จ่ายออกมาถึง 141 VAC

จิรโรจน์ เลิศอนเป็นมสุข สาขาวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ

ตัวเก็บประจุจะแสดงอัตราค่าทนแรงดันไฟฟ้าจะบอกหน่วยไว้เป็นโวลท์

ในตัวของตัวเก็บประจุจะแสดงค่าแรงดันไฟฟ้าแตกต่างกันไป เช่น
แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (Direct current Voltage ; VDC)
แรงดันไฟฟ้าทำงาน (Working Voltage ; WV)
แรงดันไฟฟ้าทดสอบ (Testing Voltage ; TV)

จิรโรจน์ เลิศอนเป็นมสุข สาขาวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ



จากรูป อ่านค่าค่าความจุและค่าทนแรงดันไฟฟ้าของตัวเก็บประจุ ได้ดังนี้

รูป (ก) มีค่าความจุ 1 μF ค่าทนแรงดันไฟฟ้า 1000 VDC

รูป (ข) มีค่าความจุ 221 pF ค่าทนแรงดันไฟฟ้า 6 kVDC

รูป (ค) มีค่าความจุ 0.0068 μF ค่าทนแรงดันไฟฟ้า 630 VDC

รูป (ง) มีค่าความจุ 500 pF ค่าทนแรงดันไฟฟ้า 500 VDC

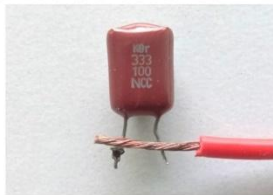
จิรโรจน์ เลิศอนเป็นมสุข สาขาวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ

3.5 การวัดและต่อวงจรตัวเก็บประจุ

3.5.1 การวัดตัวเก็บประจุ

การตรวจวัดตัวเก็บประจุ เพื่อวิเคราะห์ความเสียหายหรือความเสื่อมสภาพ สามารถใช้มัลติมิเตอร์ดิจิตอลตรวจสอบได้ตามขั้นตอน ดังนี้

1. กรณีที่ตัวเก็บประจุติดตั้งอยู่ในวงจรต้องทำการถอดออกนอกวงจรเสียก่อน
2. ให้ทำการคายประจุก่อนทำการวัดทุกครั้งเพื่อป้องกันอันตราย โดยการนำขาคู่ของตัวเก็บประจุแตะกันอย่างรวดเร็วหรือใช้สายไฟทำการลัดวงจรระหว่างขาทั้งสองข้างของตัวเก็บประจุ



จิรโรจน์ เลิศอนเปี่ยมสุข สาขาวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ

3.5.1 การวัดตัวเก็บประจุ (ต่อ)

3. ปรับสวิตช์เลือกย่านวัดของมัลติมิเตอร์ไปที่มีสัญลักษณ์ตัวเก็บประจุและต่อสายวัดของมัลติมิเตอร์เข้ากับขาทั้งสองของตัวเก็บประจุ สามารถสลับสายวัดของมัลติมิเตอร์ได้

4. อ่านผลการวัดที่หน้าจอของมัลติมิเตอร์ ค่าที่ได้ต้องเท่ากับค่าระบุไว้ที่ตัวถังของตัวเก็บประจุ หรือใกล้เคียงที่สุดและไม่เกินค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน ($\pm\%$)

4.1 ถ้าคาปาซิเตอร์ขาด ค่าความจุจะขึ้น OL

4.2 ถ้าคาปาซิเตอร์ช็อต ค่าความจุจะไม่ได้ตามที่ระบุไว้

4.3 ถ้าคาปาซิเตอร์เสื่อม ค่าความจุจะน้อยมากหรือเกินค่าเปอร์เซ็นต์ที่ระบุความคลาดเคลื่อนไว้

จิรโรจน์ เลิศอนเปี่ยมสุข สาขาวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ



วิธีการวัดตัวเก็บประจุ

จิรโรจน์ เลิศอนเปี่ยมสุข สาขาวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ

3.5.2 การต่อวงจรตัวเก็บประจุ

การต่อตัวเก็บประจุแบ่งออกได้เป็น 3 แบบ คือ แบบอนุกรม แบบขนานและแบบผสม การต่อวงจรตัวต้านทานแต่ละแบบจะทำให้ค่าความจุไฟฟ้า (C) ค่าประจุไฟฟ้า (Q) และค่าแรงดันไฟฟ้า (V) ในวงจรเปลี่ยนแปลงไป โดยหาค่าความจุไฟฟ้าได้จากสมการ 3.1

$$C = \frac{Q}{V} \quad \text{สมการที่ 3.1}$$

กำหนดให้

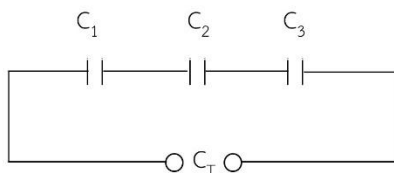
C = ค่าความจุไฟฟ้า มีหน่วยเป็นคูลอมต่อโวลต์ หรือฟารัด (F)

Q = ค่าประจุไฟฟ้า มีหน่วยเป็นคูลอมล์ (C)

V = ค่าแรงดันไฟฟ้า มีหน่วยเป็นโวลต์ (V)

จิรโรจน์ เลิศอนเปี่ยมสุข สาขาวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ

3.5.2.1 การต่อตัวเก็บประจุแบบอนุกรม (Series Capacitor Circuit) จะมีผลทำให้ได้อิเล็กทริกหนาทึบขึ้น ระยะห่างระหว่างแผ่นตัวนำกว้างมากขึ้น



การต่อตัวเก็บประจุแบบอนุกรม

จิรโรจน์ เลิศอนเปี่ยมสุข สาขาวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ

การต่อตัวเก็บประจุแบบอนุกรม จะทำให้ค่าความจุของวงจรน้อยลง ค่าประจุไฟฟ้าในตัวเก็บประจุจะเท่ากันทุกตัว หาค่าประจรรวม ได้จากสมการ 3.2

$$Q_t = Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q_n \quad \text{สมการที่ 3.2}$$

เมื่อกำหนดให้

Q_t = ค่าประจรรวมของวงจร

Q_1 = ค่าประจุของตัวเก็บประจุตัวที่ 1

Q_2 = ค่าประจุของตัวเก็บประจุตัวที่ 2

Q_3 = ค่าประจุของตัวเก็บประจุตัวที่ 3

Q_n = ค่าประจุของตัวเก็บประจุตัวสุดท้าย

จิรโรจน์ เลิศอนเปี่ยมสุข สาขาวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ

การต่อตัวเก็บประจุแบบอนุกรม หาค่าความจุรวม ได้จากสมการ 3.3

$$\frac{1}{C_t} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n} \quad \text{สมการที่ 3.3}$$

เมื่อกำหนดให้

C_t = ค่าความจุรวมของวงจร

C_1 = ค่าความจุของตัวเก็บประจุตัวที่ 1

C_2 = ค่าความจุของตัวเก็บประจุตัวที่ 2

C_3 = ค่าความจุของตัวเก็บประจุตัวที่ 3

C_n = ค่าความจุของตัวเก็บประจุตัวสุดท้าย

จิรโรจน์ เลิศอนเปี่ยมสุข สาขาวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ

การต่อตัวเก็บประจุแบบอนุกรม แรงดันไฟฟ้ารวมจะเท่ากับแรงดันไฟฟ้าทุกตัวรวมกัน ตามจำนวนของตัวเก็บประจุที่เพิ่มขึ้น

$$V_t = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n \quad \text{สมการที่ 3.4}$$

เมื่อกำหนดให้

V_t = ค่าแรงดันไฟฟ้ารวมของวงจร

V_1 = ค่าแรงดันไฟฟ้าของตัวเก็บประจุตัวที่ 1

V_2 = ค่าแรงดันไฟฟ้าของตัวเก็บประจุตัวที่ 2

V_3 = ค่าความจุของตัวเก็บประจุตัวที่ 3

V_n = ค่าความจุของตัวเก็บประจุตัวสุดท้าย

จิรโรจน์ เลิศอนเปี่ยมสุข สาขาวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ

ตัวอย่างที่ 3.1

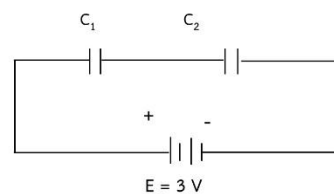
ตัวเก็บประจุ 2 ตัว มีค่า ดังนี้

$C_1 = 2 \mu\text{F}$, $C_2 = 4 \mu\text{F}$ ต่อแบบอนุกรมกัน

เมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับวงจร

เท่ากับ 3 V จงหาค่าดังต่อไปนี้

1. ความจุรวม
2. ประจุไฟฟ้ารวม
3. ค่าแรงดันไฟฟ้ารวม
4. แรงดันตกคร่อมของตัวเก็บประจุไฟฟ้าแต่ละตัว



จิรโรจน์ เลิศอนเปี่ยมสุข สาขาวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ

วิธีทำ

1. หาค่าความจุรวมจากสมการที่ 3.1

$$\frac{1}{C_t} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

แทนค่าในสมการที่ 3.1

$$\frac{1}{C_t} = \frac{1}{2} + \frac{1}{4}$$

$$\frac{1}{C_t} = \frac{2}{4} + \frac{1}{4}$$

$$\frac{1}{C_t} = \frac{3}{4}$$

$$C_t = \frac{4}{3}$$

$$C_t = 1.33 \mu\text{F}$$

ดังนั้น ค่าความจุรวมเท่ากับ $2 \mu\text{F}$

จิรโรจน์ เลิศอนเนียมสุข สาขาวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ

2. หาค่าแรงดันไฟฟ้ารวม จากวงจรจะเห็นได้ว่าจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับวงจรเท่ากับ 3 V ดังนั้น แรงดันไฟฟ้ารวมคือแรงดันไฟฟ้าจากแหล่งจ่าย จะได้ $V_t = 3 \text{ V}$

3. หาประจุไฟฟ้ารวม จากสมการที่ 3.1 จะได้ว่า

$$Q_t = C_t \times V_t \text{ แทนค่าในสมการ จะได้}$$

$$Q_t = 1.33 \times 3$$

$$Q_t = 3.99 \mu\text{C} \text{ (ไมโครคูลอมบ์)}$$

จิรโรจน์ เลิศอนเนียมสุข สาขาวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ

4. หาแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมของตัวเก็บประจุไฟฟ้าแต่ละตัว จากสมการที่ 3.1

การต่อวงจรตัวเก็บประจุแบบอนุกรม ค่าประจุไฟฟ้าทุกตัวจะมีค่าเท่ากัน

นั่นคือ $Q_1 = Q_2 = Q_3 = 3.99 \mu\text{C}$ แทนค่าในสมการที่ 3.1

$$Q_1 = C_1 \times V_1$$

$$3.99 = 2 \times V_1$$

$$V_1 = \frac{3.99}{2}$$

$$V_1 = 1.99 \text{ V}$$

$$Q_2 = C_2 \times V_2$$

$$3.99 = 4 \times V_2$$

$$V_2 = \frac{3.99}{4}$$

$$V_2 = 0.99 \text{ V}$$

$$V_1 + V_2 = (V_t)$$

จะได้

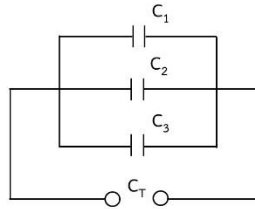
$$V_t = 1.99 \text{ V} + 0.99 \text{ V}$$

$$= 2.98 \text{ V หรือ } 3 \text{ V}$$

แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม $C_1 = 1.99 \text{ V}$ แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม $C_2 = 0.99 \text{ V}$

จิรโรจน์ เลิศอนเนียมสุข สาขาวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ

3.5.2.2 การต่อตัวเก็บประจุแบบขนาน (Parallel Capacitor Circuit)



การต่อตัวเก็บประจุแบบขนาน

จิรโรจน์ เลิศธนเปี่ยมสุข สาขาวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ

คุณสมบัติการต่อตัวเก็บประจุแบบขนาน คือ ค่าความจุรวมของวงจรเพิ่มขึ้นตามจำนวนตัวเก็บประจุที่นำมาต่อกัน ค่าประจุรวมจะเท่ากับค่าประจุแต่ละตัวรวมกัน ค่าความจุรวมจะเท่ากับค่าความจุของแต่ละตัวรวมกัน แรงดันไฟฟ้ารวมจะเท่ากับแรงดันไฟฟ้าที่แหล่งจ่าย และหาค่าต่าง ๆ การสมการได้ ดังนี้

หาค่าประจุรวม ได้จากสมการ

$$Q_t = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_n \quad \text{สมการที่ 3.5}$$

จิรโรจน์ เลิศธนเปี่ยมสุข สาขาวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ

หาค่าความจุรวม ได้จากสมการ

$$C_t = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n \quad \text{สมการที่ 3.6}$$

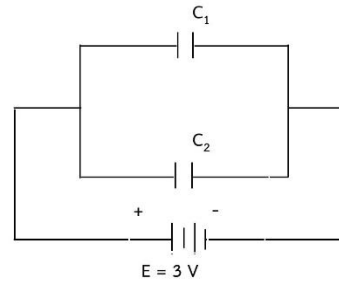
การต่อวงจรตัวเก็บประจุแบบขนาน แรงดันไฟฟ้ารวมจะเท่ากับแรงดันไฟฟ้าที่แหล่งจ่าย หาแรงดันไฟรวมได้ ดังนี้

$$V_t = V_1 = V_2 = V_3 = \dots = V_n \quad \text{สมการที่ 3.7}$$

จิรโรจน์ เลิศธนเปี่ยมสุข สาขาวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ

ตัวอย่างที่ 3.2 ตัวเก็บประจุ 2 ตัว มีค่าความจุ ดังนี้ $C_1 = 2 \mu\text{F}$, $C_2 = 4 \mu\text{F}$
ต่อขนานกันดังรูป จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับวงจรเท่ากับ 3 V จงหาค่าดังต่อไปนี้

1. ความจุรวม
2. ค่าแรงดันไฟฟ้ารวม
3. ประจุไฟฟ้ารวม



จิรโรจน์ เลิศอนันต์สุข สาขาวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ

วิธีทำ

1. หาความจุรวม จากสมการที่ 3.6

$$C_t = C_1 + C_2 + \dots + C_n$$

แทนค่าในสมการจะได้

$$C_t = 2 + 4$$

$$C_t = 6 \mu\text{F}$$

$$V_t = V_1 = V_2 = 3 \text{ V}$$

2. หาแรงดันไฟฟ้ารวม

การต่อวงจรตัวเก็บประจุแบบ

ขนาน แรงดันไฟฟ้ารวม

จะเท่ากับแรงดันไฟฟ้าที่ผ่านตัวเก็บ

ประจุทุกตัว จะได้แรงดันไฟฟ้ารวม คือ

$$V_t = V_1 = V_2 = 3 \text{ V}$$

จิรโรจน์ เลิศอนันต์สุข สาขาวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ

3. หาประจุไฟฟ้ารวม จากสมการที่ 3.5

$$Q_t = Q_1 + Q_2$$

$$\text{หา } Q_1 = C_1 \times V_1$$

$$Q_1 = 2 \times 3$$

$$Q_1 = 6 \mu\text{C}$$

$$\text{หา } Q_2 = C_2 \times V_2$$

$$Q_2 = 4 \times 3$$

$$Q_2 = 12 \mu\text{C}$$

แทนค่าในสมการที่ 3.5 ได้ค่าประจุไฟฟ้ารวม ดังนี้

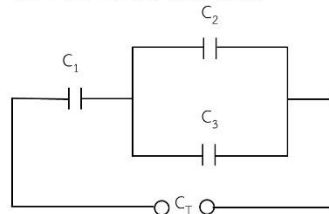
$$Q_t = 6 + 12 \mu\text{C}$$

$$Q_t = 18 \mu\text{C}$$

จิรโรจน์ เลิศอนันต์สุข สาขาวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ

3.5.2.3 การต่อตัวเก็บประจุแบบผสม (Compound Capacitor Circuit)

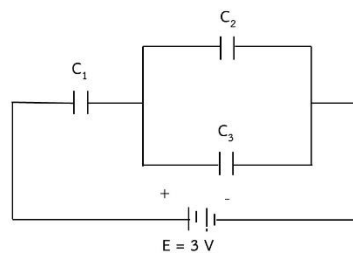
การต่อตัวเก็บประจุแบบผสม เป็นการนำเอาการต่อแบบวงจรอนุกรมกับวงจรขนานมาต่อร่วมกัน



จากเป็นการต่อตัวเก็บประจุแบบผสม จะเห็นว่า C_2 และ C_3 ต่อขนานกัน และ C_1 ต่ออนุกรมกันสองชุด คือ C_1 ต่ออนุกรมกับ C_2 และ C_3

จิรโรจน์ เลิศอนเปี่ยมสุข สาขาวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ

จากรูปเป็นการต่อตัวเก็บประจุแบบผสม จะเห็นว่า C_2 และ C_3 ต่อขนานกัน และ C_1 ต่ออนุกรมกันสองชุด คือ C_1 ต่ออนุกรมกับ C_2 และ C_3

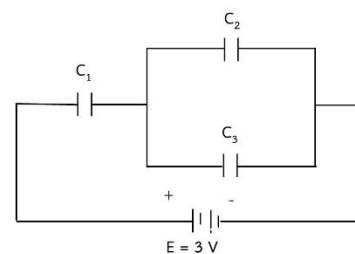


จิรโรจน์ เลิศอนเปี่ยมสุข สาขาวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ

ตัวอย่าง 3.3

ตัวเก็บประจุ 3 ตัว มีค่าความจุ $4\ \mu\text{F}$, $5\ \mu\text{F}$, $20\ \mu\text{F}$ ตามลำดับ ต่อวงจรกันแบบผสม ดังรูป จงหาค่าต่าง ๆ ดังนี้

1. ค่าความจุรวม
2. แรงดันไฟฟ้ารวม
3. ค่าประจุไฟฟ้ารวม



จิรโรจน์ เลิศอนเปี่ยมสุข สาขาวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ

วิธีทำ

1. หาค่าความจุรวม

จากรูปให้คำนวณหาค่าความเก็บประจุและอัตราทนแรงดันไฟจากส่วนที่ต่อขนานแต่ละชุดให้เสร็จก่อน แล้วนำผลลัพธ์แต่ละชุดแบบขนานมาคำนวณหาแบบอนุกรม จากสมการที่ 3.6 แทนค่าในสมการจะได้

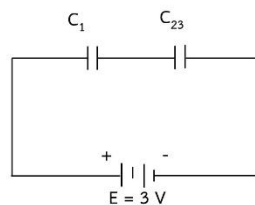
$$C_{t23} = C_2 + C_3$$

$$C_t = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n$$

$$C_{t23} = 5 + 20 = 25 \mu\text{F}$$

จิโรจน์ เลิศอนแปงสุข สาขาวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ

การต่อแบบขนานของ C_2 กับ C_3 จะได้ค่าความจุรวมเท่ากับ $25 \mu\text{F}$ เขียนวงจรใหม่ได้ดังนี้



จากวงจรใหม่ เป็นการต่อตัวเก็บประจุแบบอนุกรม จึงหาค่าความจุรวมและอัตราทนแรงดันไฟฟ้าได้

จิโรจน์ เลิศอนแปงสุข สาขาวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ

จากวงจรใหม่ หาค่าความจุรวมและอัตราทนแรงดันไฟฟ้าได้ ดังนี้

จากสมการ 3.1

$$\frac{1}{C_t} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_{23}}$$

แทนค่าในสมการจะได้

$$\frac{1}{C_t} = \frac{1}{4} + \frac{1}{25}$$

$$\frac{1}{C_t} = \frac{25}{100} + \frac{4}{100}$$

$$\frac{1}{C_t} = \frac{29}{100}$$

$$C_t = \frac{100}{29}$$

$$C_t = 3.4 \mu\text{F}$$

ได้ค่าความจุรวม $C_t = 3.4 \mu\text{F}$

จิโรจน์ เลิศอนแปงสุข สาขาวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ

2. หาค่าแรงดันไฟฟ้ารวม

จากวงจรจะเห็นได้ว่าจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับวงจรเท่ากับ 3 V ดังนั้น
แรงดันไฟฟ้ารวมคือแรงดันไฟฟ้าจากแหล่งจ่าย ดังนั้นจะได้ค่า
แรงดันไฟฟ้ารวม $V_t = 3 \text{ V}$

3. หาประจุไฟฟ้ารวม จากสมการที่ 3.1 จะได้ว่า

$$Q_t = C_t \times V_t \text{ แทนค่าในสมการ จะได้}$$

$$Q_t = 3.4 \times 3$$

$$Q_t = 10.2 \text{ } \mu\text{C (ไมโครคูลอมบ์)}$$

จิรโรจน์ เลิศอนแปงมสุข สาขาวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ

สรุป

ตัวเก็บประจุ (capacitor) มีหน้าที่ เก็บสะสมพลังงานในรูปสนามไฟฟ้า และคายประจุไฟฟ้า มีคุณสมบัติที่สามารถเก็บแรงดันไฟฟ้าหรือประจุไฟฟ้าไว้ในตัวได้โดยอาศัยแผ่นตัวนำ (Plate) โครงสร้างตัวเก็บประจุ เป็นอุปกรณ์ที่ประกอบด้วยตัวนำสองชิ้นในรูปร่างใดก็ได้ มีฉนวนคั่นกลางซึ่งฉนวนนี้เรียกว่า ไดอิเล็กทริก (Dielectric) เช่น อากาศ กระดาษแก้ว และเซรามิก ฉนวนเหล่านี้ทำหน้าที่ไม่ให้อประจุถ่ายถึงกัน ตัวเก็บประจุนี้บางครั้งเรียกว่า คอนเดนเซอร์ (condenser) หรือนิยมเรียกย่อ ๆ ว่าตัวซี (C) ตัวเก็บประจุแบ่งได้เป็น 3 ชนิดด้วยกัน คือ ตัวเก็บประจุแบบค่าคงที่ (Fixed Capacitor)

จิรโรจน์ เลิศอนแปงมสุข สาขาวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ

สรุป (ต่อ)

ตัวเก็บประจุแบบปรับค่าได้ (Variable Capacitor) ตัวเก็บประจุแบบเลือกค่าได้ (Select Capacitor) หน่วยความจุของตัวเก็บประจุ คือ ฟารัด (F) ค่าทนแรงดันไฟฟ้าของตัวเก็บประจุ การนำตัวประจุไปใช้งานจำเป็นต้องคำนึงถึงอัตราค่าทนแรงดันไฟฟ้า การอ่านค่าความจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุ สามารถอ่านค่าได้จากค่าที่ระบุไว้ที่ตัวถังโดยตรง และการอ่านค่าจากการหัดตัวเลขและตัวอักษร การตรวจวัดตัวเก็บประจุที่มีความเสียหายหรือเสื่อมสภาพ จะสามารถตรวจวัดได้ลักษณะดังนี้ คือ การรั่ว การขาดวงจร การลัดวงจร ด้วยการใช้อัลติมิเตอร์

จิรโรจน์ เลิศอนเป็นมสุข สาขาวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ

สรุป (ต่อ)

การต่อวงจรใช้งานของตัวเก็บประจุ สามารถต่อได้ 3 ลักษณะ คือ การต่อตัวเก็บประจุแบบอนุกรม (Series Capacitor Circuit) การต่อวงจรแบบขนาน (Parallel Capacitor Circuit) และการต่อวงจรแบบผสม (Compound Capacitor Circuit)

จิรโรจน์ เลิศอนเป็นมสุข สาขาวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ

