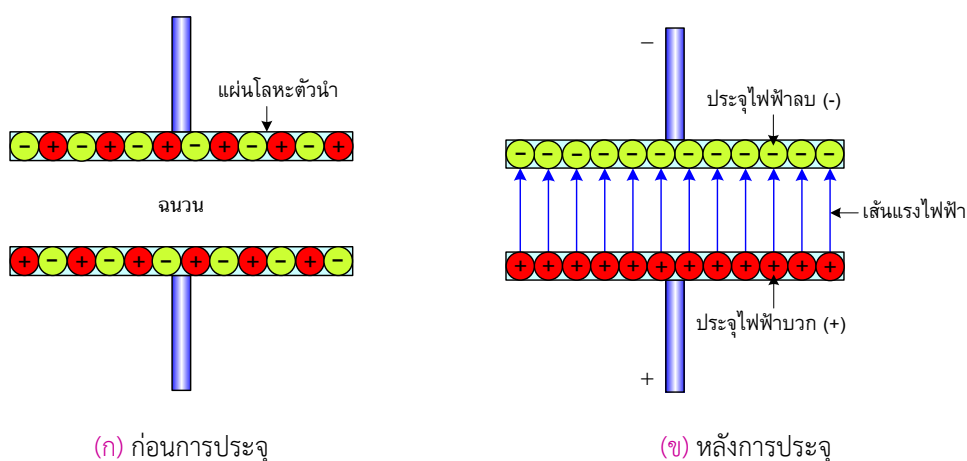


ใบเนื้อหา เรื่อง ตัวเก็บประจุ

9.1 โครงสร้างตัวเก็บประจุ

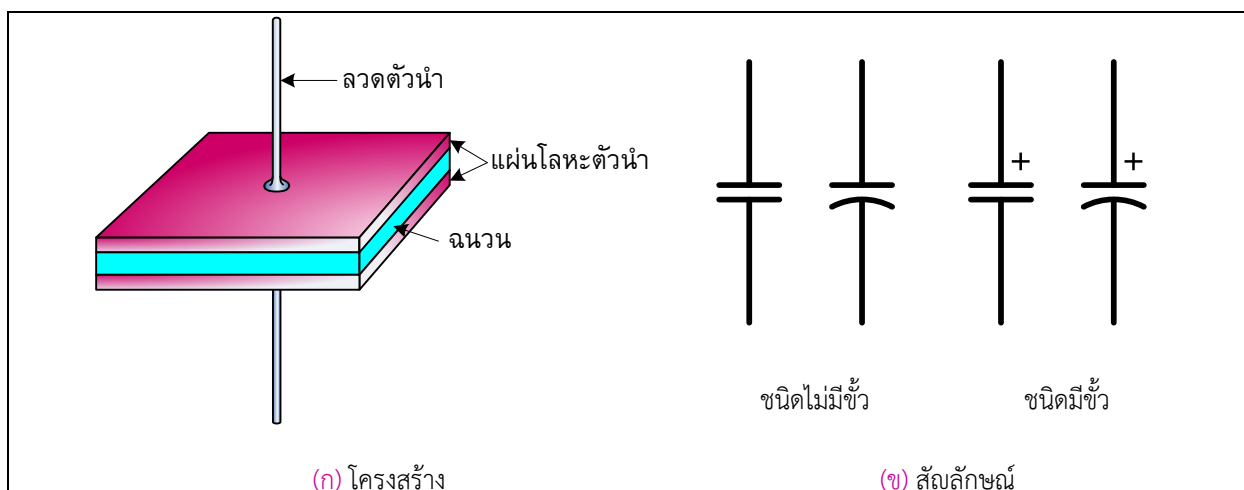
ตัวเก็บประจุ หรือคาปาซิเตอร์ (Capacitor ; C) เป็นอุปกรณ์ที่ถูกนำไปใช้งานทางด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ อย่างกว้างขวางกับอุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องใช้ และในระบบงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับไฟฟ้า ตัวเก็บประจุเป็นอุปกรณ์ที่สามารถเก็บประจุไฟฟ้าและศักย์ไฟฟ้าไว้ในตัวได้ โดยอาศัยคุณสมบัติของประจุไฟฟ้า และศักย์ไฟฟ้าที่มีค่าต่างกันจะดูดกันมาใช้งาน

การทดสอบการเก็บประจุของตัวเก็บประจุ โดยนำแผ่นโลหะบาง 2 แผ่นมาวางประกบติดกัน มีฉนวนคั่นกลาง จ่ายศักย์ไฟฟ้าที่ต่างกันให้แผ่นโลหะทั้งสอง จะทำให้เกิดเส้นแรงไฟฟ้าวิ่งเคลื่อนที่ดึงดูดกันจากศักย์ไฟฟ้าที่แผ่นโลหะทั้งสอง การดึงดูดของศักย์ไฟฟ้าจากแผ่นโลหะทั้งสองเกิดอย่างต่อเนื่อง ถึงแม้จะจ่ายศักย์ไฟฟ้าให้แผ่นโลหะทั้งสองแล้วก็ตาม คุณสมบัติดังกล่าว จึงเรียกแผ่นโลหะทั้ง 2 แผ่นที่อยู่ใกล้กันนี้ว่า **ตัวเก็บประจุ** การเก็บประจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุ แสดงดังรูปที่ 9.1



รูปที่ 9.1 การเก็บประจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุ

โครงสร้างของตัวเก็บประจุประกอบด้วยแผ่นโลหะตัวนำบางสองแผ่น ถูกเรียกว่า **แผ่นตัวนำ (Conductive Plate)** วางขนานชิดกัน มี **ฉนวนไฟฟ้า (Dielectric)** วางคั่นกลางแผ่นโลหะตัวนำบางทั้งสอง ทางด้านนอกของแผ่นโลหะตัวนำบางทั้งสองมีลวดตัวนำเชื่อมต่อไว้แผ่นละเส้น ใช้เป็นขาต่อออกภายนอก เพื่อต่อตัวเก็บประจุไปใช้งาน ลักษณะโครงสร้างและสัญลักษณ์ของตัวเก็บประจุ แสดงดังรูปที่ 9.2



รูปที่ 9.2 โครงสร้างและสัญลักษณ์ของตัวเก็บประจุ

ตัวเก็บประจุจะการทำงานอยู่ 2 สถานะ คือ **สถานะประจุ (Charge)** เป็นสถานะที่ตัวเก็บประจุทำการประจุแรงดันและศักย์ไฟฟ้าเก็บไว้ภายในตัว ในขณะที่จ่ายแรงดันให้กับตัวเก็บประจุ และ **สถานะคายประจุ (Discharge)** เป็นสถานะที่ตัวเก็บประจุทำการคายประจุแรงดันและศักย์ไฟฟ้าที่เก็บไว้ออกมา เมื่อทำการลัดวงจรตัวเก็บประจุเข้าด้วยกัน หรือต่อเข้าภาระต่างๆ

9.2

ค่าความจุของตัวเก็บประจุ

ค่าความจุ (Capacitance) ของตัวเก็บประจุ คือ ค่าความสามารถในการเก็บสะสมประจุไฟฟ้าไว้ในตัวเก็บประจุได้น้อยหรือมาก ตัวเก็บประจุจึงถูกบอกค่าไว้ในรูปค่าความจุ ตัวเก็บประจุมีค่าความจุน้อย จะสามารถเก็บประจุไว้ในตัวเองได้น้อย และตัวเก็บประจุมีค่าความจุมาก จะสามารถเก็บประจุไว้ในตัวเองได้มาก

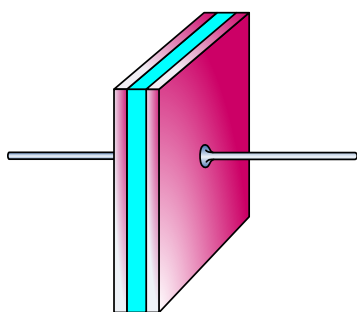
ค่าความจุในตัวเก็บประจุขึ้นอยู่กับโครงสร้างและส่วนประกอบที่ใช้ผลิตตัวเก็บประจุตัวนั้น โครงสร้างและส่วนประกอบที่สำคัญส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความจุของตัวเก็บประจุมี 3 ส่วน ได้แก่ **ระยะห่างของแผ่นโลหะทั้งสอง ขนาดพื้นที่ผิวของแผ่นโลหะ และชนิดของวัสดุที่ใช้ทำฉนวนคั่นกลางแผ่นโลหะ** ทำให้ตัวเก็บประจุที่ผลิตขึ้นมาใช้งานมีค่าความจุแตกต่างกันไป และสามารถผลิตขึ้นมาได้จากวัสดุที่ใช้เป็นฉนวนหลายชนิด ลักษณะตัวเก็บประจุหลายชนิดและหลายขนาด แสดงดังรูปที่ 9.3



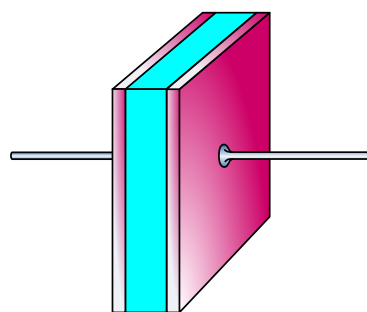
รูปที่ 9.3 ตัวเก็บประจุหลายชนิดและหลายขนาด

9.2.1 ระยะห่างแผ่นโลหะทั้งสองแตกต่างกัน

ระยะห่างของแผ่นโลหะทั้งสองแผ่นภายในตัวเก็บประจุ มีผลต่อการกำหนดค่าความจุของตัวเก็บประจุได้ เพราะระยะห่างของแผ่นโลหะทั้งสองแผ่นมีผลต่ออำนาจการดึงดูดประจุไฟฟ้าระหว่างแผ่นโลหะทั้งสอง วางแผ่นโลหะทั้งสองใกล้กันอำนาจการดึงดูดของประจุไฟฟ้ามีค่ามาก เกิดความต่างศักย์ที่แผ่นโลหะทั้งสองมาก จะทำให้ตัวเก็บประจุมีค่าความจุมาก และเมื่อวางแผ่นโลหะทั้งสองห่างกันอำนาจการดึงดูดของประจุไฟฟ้าน้อยลง เกิดความต่างศักย์ที่แผ่นโลหะทั้งสองน้อยลง จะทำให้ตัวเก็บประจุมีค่าความจุน้อย ถ้ากำหนดให้ขนาดพื้นที่ผิวของแผ่นโลหะในตัวเก็บประจุทั้ง 2 ตัวเท่ากัน ค่าความจุของตัวเก็บประจุจะมีผลออกมาดังนี้ แผ่นโลหะทั้งสองวางชิดกันจะมีค่าความจุมาก และแผ่นโลหะทั้งสองวางห่างกันจะมีค่าความจุน้อย ค่าความจุของตัวเก็บประจุขึ้นอยู่กับระยะห่างของแผ่นโลหะ แสดงดังรูปที่ 9.4



(ก) ระยะห่างแผ่นโลหะน้อยความจุสูง

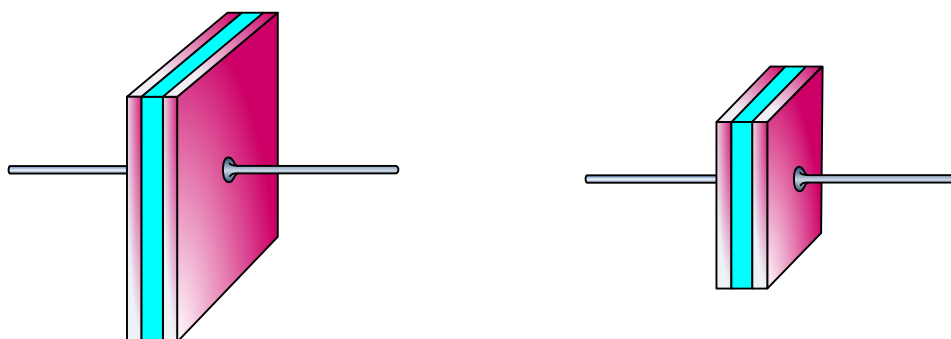


(ข) ระยะห่างแผ่นโลหะมากความจุต่ำ

รูปที่ 9.4 ค่าความจุของตัวเก็บประจุขึ้นอยู่กับระยะห่างของแผ่นโลหะ

9.2.2 ขนาดพื้นที่ผิวแผ่นโลหะแตกต่างกัน

ขนาดพื้นที่ผิวของแผ่นโลหะทั้งสองแผ่นสามารถกำหนดขนาดของค่าความจุในตัวเก็บประจุได้ว่าสามารถเก็บสะสมประจุไฟฟ้าไว้ในตัวได้น้อยหรือมากเพียงไร แผ่นโลหะมีพื้นที่ผิวมาก จำนวนประจุไฟฟ้าที่ประจุไว้ในแผ่นโลหะมีจำนวนมาก เกิดความจุมาก แผ่นโลหะมีพื้นที่ผิวน้อย จำนวนประจุไฟฟ้าที่ประจุไว้ในแผ่นโลหะมีจำนวนน้อย เกิดความจุน้อย โดยกำหนดให้ระยะห่างของแผ่นโลหะในตัวเก็บประจุทั้ง 2 ขนาดเท่ากัน ค่าความจุของตัวเก็บประจุจะมีผลออกมาดังนี้ แผ่นโลหะมีพื้นที่ผิวมากจะมีค่าความจุมาก และแผ่นโลหะมีพื้นที่ผิวน้อยจะมีค่าความจุน้อย ค่าความจุของตัวเก็บประจุขึ้นอยู่กับขนาดพื้นที่ผิวของแผ่นโลหะทั้งสองแสดงดังรูปที่ 9.5



(ก) ขนาดพื้นที่ผิวแผ่นโลหะทั้งสองมากความจุสูง

(ข) ขนาดพื้นที่ผิวแผ่นโลหะทั้งสองน้อยความจุต่ำ

รูปที่ 9.5 ค่าความจุของตัวเก็บประจุขึ้นอยู่กับขนาดพื้นที่ผิวแผ่นโลหะทั้งสอง

9.2.3 ชนิดวัสดุที่ใช้ทำฉนวนคั่นกลางแผ่นโลหะแตกต่างกัน

วัสดุต่างชนิดกันมีคุณสมบัติในการเป็นฉนวนต่อประจุไฟฟ้าแตกต่างกัน เมื่อนำมาใช้งานเป็นฉนวนคั่นกลางแผ่นโลหะ ย่อมมีผลต่อค่าความจุที่เกิดขึ้นในตัวเก็บประจุแตกต่างกันไป การทดสอบทำได้โดยนำแผ่นโลหะทั้งสองแผ่นของตัวเก็บประจุวางห่างกัน ในระยะคงที่ค่าหนึ่ง นำฉนวนที่แตกต่างกันมาเป็นฉนวนคั่นกลางแผ่นโลหะทั้งสอง โดยเปรียบเทียบกับฉนวนที่เป็นอากาศ ซึ่งมีค่าคงตัวความเป็นฉนวน (Dielectric Constant ; k) เท่ากับ 1 ใช้ฉนวนชนิดต่างๆ ที่มีค่าคงตัวความเป็นฉนวนแตกต่างกันไปมาทำการเปรียบเทียบค่าความจุที่เกิดขึ้น พบว่าฉนวนที่มีค่าคงตัวความเป็นฉนวนสูง จะสามารถเก็บประจุไว้ได้มากกว่าการใช้ฉนวนที่มีค่าคงตัวความเป็นฉนวนต่ำ ค่าคงตัวความเป็นฉนวนของวัสดุชนิดต่างๆ แสดงได้ดังตารางที่ 9.1

ตารางที่ 9.1 แสดงค่าคงตัวความเป็นฉนวนของวัสดุต่างชนิดกัน

ชนิดวัสดุ	ค่าคงตัวความเป็นฉนวน (k)
สุญญากาศ, อากาศ	1
เทฟลอน	2 – 2.3
โพลีโพรไพลีน	2.2 – 2.36
โพลีสไตรีน	2.4 – 2.7
โพลีคาร์บอเนต	2.8 – 3.0
โพลีเอสเตอร์ (ไมลาร์)	3 – 3.3
กระดาษ	3.3 – 3.5
โพลีไวนิลคลอไรด์ (PVC)	4.5
ไฟเบอร์	5.0
ไมก้า	4.5 – 7.5
ยาง	7
แทนทาลัมออกไซด์	11
เซรามิก	80 – 6,000

ตัวเก็บประจุที่ผลิตขึ้นมาใช้งานจะใช้คุณสมบัติที่แตกต่างกันทั้ง 3 ประการดังกล่าว นำไปใช้ในการผลิต ทำให้ตัวเก็บประจุที่มีใช้งานมีความหลากหลาย ทั้งชนิดตัวเก็บประจุ ขนาดค่าความจุ และการนำไปใช้งาน ชื่อเรียกตัวเก็บประจุถูกเรียกแตกต่างกันออกไปตามลักษณะของโครงสร้าง และชนิดของฉนวนที่ใช้แตกต่างกันไป โดยแบ่งออกตามคุณลักษณะการทำงานของตัวเก็บประจุ แบ่งออกได้เป็น **ตัวเก็บประจุแบบค่าคงที่ (Fixed Capacitor)** และ **ตัวเก็บประจุแบบเปลี่ยนแปลงค่าได้ (Variable Capacitor)**

9.3

ตัวเก็บประจุแบบค่าคงที่

ตัวเก็บประจุแบบค่าคงที่ เป็นตัวเก็บประจุที่มีค่าความจุภายในตัวคงที่ตายตัว ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงค่าได้ ถูกผลิตออกมาใช้งานมากมายหลายขนาด หลายชนิด แต่ละชนิดผลิตขึ้นมาจากวัสดุที่ใช้เป็นฉนวนแตกต่างกันออกไป ทำให้ชื่อที่ใช้เรียกชนิดตัวเก็บประจุแตกต่างกัน โดยเรียกชื่อตัวเก็บประจุตามชื่อของวัสดุที่ใช้เป็นฉนวน แบ่งออกได้ดังนี้

1. ตัวเก็บประจุชนิดกระดาษ (Paper Capacitor)
2. ตัวเก็บประจุชนิดเซรามิก (Ceramic Capacitor)
3. ตัวเก็บประจุชนิดไมก้า (Mica Capacitor)
4. ตัวเก็บประจุชนิดฟิล์มพลาสติก (Plastic Film Capacitor)

5. ตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กโทรไลติก (Electrolytic Capacitor)

6. ตัวเก็บประจุชนิดแทนทาลัม (Tantalum Capacitor)

9.3.1 ตัวเก็บประจุชนิดกระดาษ

ตัวเก็บประจุชนิดกระดาษ เป็นตัวเก็บประจุที่ใช้ฉนวนคั่นกลางแผ่นโลหะทั้งสองทำจากกระดาษ แผ่นบางที่เคลือบด้วยน้ำยาฉนวน น้ำยาที่ใช้เคลือบกระดาษ เช่น น้ำมัน (Oil) หรือขี้ผึ้ง (Beeswax) เป็นต้น นำมาฉนวนเป็นก้อนกลมทรงกระบอก ขาสดตัวนำถูกต่อออกมาใช้งานจากแผ่นโลหะบางด้านละขา ต่อกออกมาเป็นขาตัวเก็บประจุ ตัวถังตัวเก็บประจุชนิดนี้หุ้มด้วยกระดาษแข็ง พลาสติก หรือโลหะอะลูมิเนียม นิยมนำไปใช้งานในด้านแรงดันไฟสูง และแรงดันไฟสลับที่ความถี่ต่ำ เช่น ใช้เป็นตัวช่วยในการเริ่มหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้า และใช้ในวงจรเครื่องเสียง เป็นต้น ลักษณะตัวเก็บประจุชนิดกระดาษ แสดงดังรูปที่ 9.6



(ก) ชนิดกระดาษเคลือบขี้ผึ้ง



(ข) ชนิดกระดาษเคลือบน้ำมัน

รูปที่ 9.6 ตัวเก็บประจุชนิดกระดาษ

9.3.2 ตัวเก็บประจุชนิดเซรามิก

ตัวเก็บประจุชนิดเซรามิก เป็นตัวเก็บประจุที่ใช้ฉนวนคั่นกลางแผ่นโลหะทั้งสองเป็นวัสดุประเภทเซรามิก เซรามิกทำมาจากดินเหนียวผสมด้วยสารแบเรียมไททาเนต (Barium Titanate) มาจากการผสมกันของสารแบเรียมคาร์บอเนต (Barium Carbonate) และไททาเนียมไดออกไซด์ (Titanium Dioxide) นำไปเผาที่ความร้อนสูง ทำให้ได้เซรามิกที่มีค่าคงตัวความเป็นฉนวนสูงมากออกมา แผ่นโลหะตัวนำจะใช้เงินเคลือบบนผิวเซรามิก ทำให้ตัวเก็บประจุชนิดนี้มีค่าความจุสูงขึ้นแต่มีขนาดเล็กลง นอกจากนั้นยังสามารถเพิ่มค่าความจุได้ โดยใช้แผ่นโลหะซ้อนกันหลายชั้นมีฉนวนเซรามิกขวางซ้อนหลายชั้น (Multilayer Ceramic) ตัวเก็บประจุชนิดนี้มีค่าผิดพลาดต่ำประมาณ 1 % ผิวด้านนอกหุ้มด้วยพลาสติกหรือซิลิโคน นิยมนำไปใช้งานในวงจรกำลังสัญญาณรบกวน และวงจรกรองสัญญาณความถี่สูงลงกราวด์ ไม่นิยมใช้ในวงจรทำงานกับสัญญาณชนิดแอนะล็อก (Analog Signal) เพราะจะทำให้สัญญาณเกิดความผิดเพี้ยน ลักษณะตัวเก็บประจุชนิดเซรามิก แสดงดังรูปที่ 9.7



(ก) ชนิดชั้นเดียว



(ข) ชนิดหลายชั้น



แบบแปะติด SMD

แบบขา

รูปที่ 9.7 ตัวเก็บประจุชนิดเซรามิก

9.3.3 ตัวเก็บประจุชนิดไมก้า



รูปที่ 9.8 ตัวเก็บประจุชนิดไมก้า

ตัวเก็บประจุชนิดไมก้า เป็นตัวเก็บประจุที่ใช้แผ่นโลหะบางหลายๆ แผ่นวางซ้อนกัน แต่ละแผ่นโลหะบางถูกคั่นด้วยฉนวนไมก้า ต่อเชื่อมแผ่นโลหะออกเป็น 2 ชุด พร้อมต่อขาด้วยลวดตัวนำออกมาใช้งาน แผ่นโลหะที่ใช้ผลิตตัวเก็บประจุชนิดไมก้าแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ คือ แผ่นโลหะบางแบบอะลูมิเนียม (Aluminum Foil) และแผ่นโลหะบางแบบฟิล์มเงิน (Silver Films Foil) ไมก้าจัดเป็นฉนวนมีคุณภาพดี ทำให้ตัวเก็บประจุชนิดนี้สามารถสร้างให้ทนแรงดันได้สูงขึ้น มีความคงที่

ต่ออุณหภูมิดี นิยมนำไปใช้งานในวงจรเกี่ยวข้องกับแรงดันไฟสูง ใช้ในวงจรกรองความถี่สูง และในวงจรตอบสนองความถี่ ลักษณะตัวเก็บประจุชนิดไมก้า แสดงดังรูปที่ 9.8

9.3.4 ตัวเก็บประจุชนิดฟิล์มพลาสติก

ตัวเก็บประจุชนิดฟิล์มพลาสติก เป็นตัวเก็บประจุที่ใช้ฉนวนคั่นกลางแผ่นโลหะทั้งสองเป็นวัสดุประเภทพลาสติกแผ่นบาง ซึ่งมีหลายชนิดแตกต่างกัน มีโครงสร้างคล้ายกับตัวเก็บประจุชนิดกระดาษ เพียงแต่เปลี่ยนฉนวนเป็นฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ ฟิล์มพลาสติกที่นำมาใช้ทำฉนวน ทำมาจากวัสดุหลายประเภท เช่น โพลีเอสเตอร์ (Polyester) เรียกได้อีกชื่อว่าไมลาร์ (Mylar) โพลีโพรพิลีน (Polypropylene) โพลีสไตรีน (Polystyrene) โพลีคาร์บอเนต (Polycarbonate) และเมทัลไลซ์พลาสติก (Metalized Plastic) เป็นต้น การเรียกชื่อตัวเก็บประจุชนิดฟิล์มพลาสติก มักเรียกชื่อตามชนิดฉนวนพลาสติกที่ใช้ผลิตตัวเก็บประจุ

ที่ตัวเก็บประจุชนิดฟิล์มพลาสติก จะนิยมพิมพ์ตัวอักษรย่อภาษาอังกฤษติดกัน 2 – 3 ตัว กำกับไว้ที่ส่วนใดส่วนหนึ่งของตัวถังตัวเก็บประจุ เพื่อแสดงถึงชนิดของฉนวนพลาสติกที่ใช้ผลิต อักษรที่บอกไว้มีหลายค่า มีความหมายดังนี้

PP, KP = โพลีโพรพิลีน

KT = โพลีเอสเตอร์ (ไมลาร์)

KC = โพลีคาร์บอนเนต

KS = โพลีสไตรีน

MK = เมทัลไลซ์พลาสติก

MKP = เมทัลไลซ์โพลีโพรพิลีน

MKT = เมทัลไลซ์โพลีเอสเตอร์

MKC = เมทัลไลซ์โพลีคาร์บอนเนต

MKS = เมทัลไลซ์โพลีสไตรีน

ฯลฯ

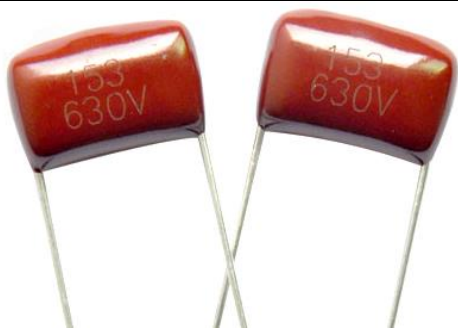
ตัวเก็บประจุชนิดฟิล์มพลาสติก ถูกผลิตขึ้นมาใช้งานมากมายหลายชนิด หลายรูปแบบ เพราะด้วยคุณสมบัติของฉนวนที่ดีกว่ากระดาษมาก ทำให้สามารถผลิตตัวเก็บประจุให้มีค่าความจุสูงขึ้นได้ มีอายุการใช้งานยาวนานขึ้น ค่าอุณหภูมิมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความจุน้อยลง การนำไปใช้งาน นิยมนำไปใช้ในวงจรที่ต้องการความเที่ยงตรงสูง มีความแน่นอนสูง ใช้งานได้ดีในย่านความถี่สูง ลักษณะตัวเก็บประจุชนิดฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ แสดงดังรูปที่ 9.9



(ก) ชนิดฟิล์มโพลีเอสเตอร์



(ข) ชนิดเมทัลไลซ์โพลีเอสเตอร์



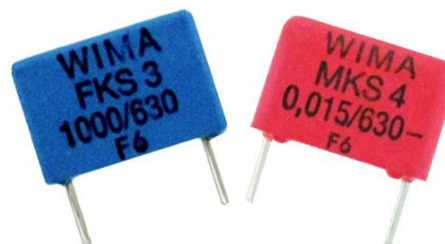
(ค) ชนิดฟิล์มโพลีโพรพิลีน



(ง) ชนิดเมทัลไลซ์โพลีโพรพิลีน



(จ) ชนิดฟิล์มโพลีสไตรีน



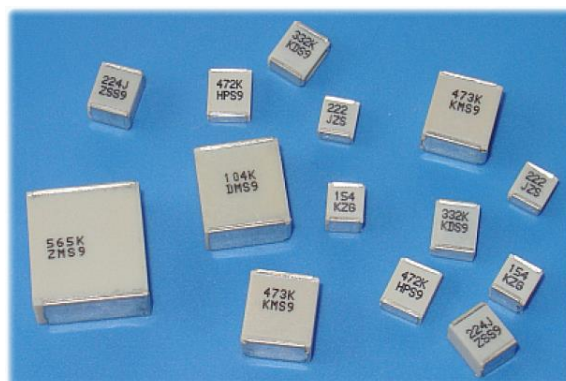
(ฉ) ชนิดเมทัลไลซ์โพลีสไตรีน



(ช) ชนิดฟิล์มโพลีคาร์บอนเต



(ซ) ชนิดเมทัลไลซ์โพลีคาร์บอนเต



(ณ) ชนิด SMD เมทัลไลซ์โพลีเอสเตอร์

รูปที่ 9.9 ตัวเก็บประจุชนิดฟิล์มพลาสติก

9.3.5 ตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กโทรไลติก

ตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กโทรไลติก เป็นตัวเก็บประจุที่โครงสร้างประกอบด้วยแผ่นอะลูมิเนียมบางทำเป็นแผ่นโลหะเก็บประจุไฟฟ้า มีขั้วไฟฟ้าบวก (+) ลบ (-) กำกับไว้ที่ตัวเก็บประจุคงที่ตายตัว ใช้แผ่นกระดาษจุ่มอยู่ในสารอิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte) ให้เปียกชุ่ม ทำเป็นฉนวนคั่นกลาง นำทั้งหมดม้วนเข้าด้วยกันให้เป็นทรงกระบอก และบรรจุลงในกระป๋องอะลูมิเนียม หรือกระป๋องโลหะ ที่มีสารละลายอิเล็กโทรไลต์บรรจุอยู่ด้วย สารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่นิยมใช้บรรจุ เช่น โซเดียม บอเรต (Sodium Borate) อีโกลีน กลีคอล (Ethylene glycol) หรือกรดบอริก (Boric Acid) เป็นต้น ตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กโทรไลติก แสดงดังรูปที่ 9.10



(ก) แบบขา

(ข) แบบแปะติด SMD

รูปที่ 9.10 ตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กโทรไลติก

ขั้วของตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กโทรไลติก ตอนกลางตัวเก็บประจุเป็นขั้วบวก (+) ตอนนอกที่ติดกระป๋องเป็นขั้วลบ (-) การผลิตจะต้องทำการปิดฝาให้สนิทเพื่อป้องกันสารละลาย อิเล็กโทรไลต์รั่วไหลออกมา ระหว่างการผลิตต้องป้อนแรงดันไฟตรงให้ขั้วทั้งสองของตัวเก็บประจุ เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาอิเล็กโทรไลซิส เกิดการแยกตัวทางไฟฟ้าขึ้นมา ด้านขั้วบวกของตัวเก็บประจุเกิดฟิล์มอะลูมิเนียมออกไซด์ (Aluminum Oxide) ขึ้นรอบแผ่นอะลูมิเนียมแผ่นบวก เป็นฉนวนบางคั่นระหว่างแผ่นอะลูมิเนียมขั้วบวก ให้แยกออกจากขั้วลบของตัวเก็บประจุ เนื่องจากฟิล์มของแผ่นอะลูมิเนียมมีขนาดบางมาก ทำให้สามารถสร้างตัวเก็บประจุชนิดนี้ให้มีค่าความจุสูงขึ้นได้ จึงสามารถผลิตค่าความจุมาใช้งานได้โดยมีขนาดตัวเก็บประจุที่เล็กลง ตัวเก็บประจุชนิดนี้สามารถสร้างให้มีค่าความจุได้หลากหลายค่า ตั้งแต่ค่าความจุต่ำไปถึงค่าความจุสูงๆ ถูกนำไปใช้งานในวงจรต่างๆ มากมาย

เนื่องจากตัวเก็บประจุชนิดนี้มีขั้วกำกับไว้ตายตัว การนำไปใช้งานกับแรงดันไฟตรงจำเป็นต้องต่อใช้งานกับแหล่งจ่ายแรงดันไฟตรงให้ถูกต้องตามขั้วตัวเก็บประจุ หากต่อผิดขั้วตัวเก็บประจุชนิดนี้จะหมดค่าความจุทันที ยังทำให้เกิดความร้อนสูงภายในตัวเก็บประจุ ส่งผลให้เกิดก๊าซจำนวนมากดันออกมาภายนอก ตัวเก็บ

ประจุเกิดการระเบิด นอกจากนั้นตัวเก็บประจุชนิดนี้ยังมีค่ากระแสรั่วไหล (Leakage Current) สูง การใช้งานจะต้องใช้ด้วยความระมัดระวัง

9.3.6 ตัวเก็บประจุชนิดแทนทาลัม

ตัวเก็บประจุชนิดแทนทาลัม ก็คือตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กโทรไลต์ชนิดนั้นเอง ที่ถูกพัฒนาขึ้นมาใช้งาน เพื่อแก้ไขข้อเสียของตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กโทรไลต์ ที่ใช้สารอิเล็กโทรไลต์เป็นชนิดน้ำ มาใช้สารอิเล็กโทรไลต์เป็นของแข็งแทน และทำให้ตัวเก็บประจุมีขนาดที่เล็กลงแต่มีค่าความจุสูงมากขึ้น โครงสร้างของตัวเก็บประจุชนิดแทนทาลัม ประกอบด้วยแผ่นโลหะบางของแทนทาลัม เคลือบแผ่นโลหะแทนทาลัมด้วยฉนวนที่มีค่าคงตัวไดอิเล็กตริกสูง เช่น พอกสนิมแทนทาลัม (Tantalum Oxide) และเคลือบด้วยสารอิเล็กโทรไลต์ ทำมาจากโพลิเมอร์สารกึ่งตัวนำ (Semiconducting Polymer) เพื่อคั่นกลางแผ่นโลหะแทนทาลัมอีกชั้น ขาลวดตัวนำถูกต่อออกมาจากแผ่นโลหะแทนทาลัม ผิวด้านนอกสุดของตัวเก็บประจุถูกเคลือบด้วยสารประเภทพลาสติก ตัวเก็บประจุชนิดแทนทาลัม แสดงดังรูปที่ 9.11



(ก) แบบขา

(ข) แบบแปะติด SMD

รูปที่ 9.11 ตัวเก็บประจุแทนทาลัม

ตัวเก็บประจุชนิดแทนทาลัม นิยมนำไปใช้งานประเภทวงจรกรองความถี่ต่ำ วงจรส่งผ่านสัญญาณ เป็นตัวเก็บประจุที่ไม่ไวต่ออุณหภูมิ และมีค่าคุณสมบัติระหว่างค่าความจุต่ออุณหภูมิต่ำกว่าตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กโทรไลต์แบบอื่น งานที่ไม่เหมาะกับการนำตัวเก็บประจุชนิดแทนทาลัมไปใช้งาน ได้แก่ วงจรตั้งเวลาที่ใช้ RC ระบบกระตุ้นการทำงาน และวงจรเลื่อนเฟสสัญญาณ เนื่องจากตัวเก็บประจุชนิดนี้มีคุณสมบัติของสารไดอิเล็กตริกไวต่อการดูดกลืนประจุไฟฟ้าสูง ซึ่งเมื่อตัวเก็บประจุถูกคายประจุออกมาหมดจนเป็นศูนย์แล้วก็ตาม ฉนวนยังคงมีประจุไฟฟ้าหลงเหลืออยู่ ทำให้การกำหนดเวลาของการทำงานมีความไม่แน่นอน

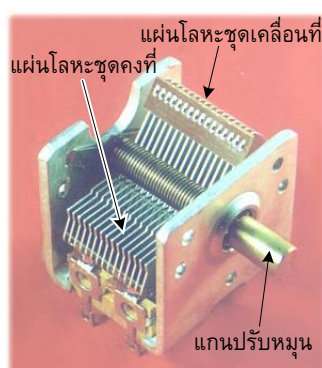
ข้อดีของตัวเก็บประจุชนิดแทนทาลัม คือ มีค่าความจุสูงในขนาดเล็กลง ขณะนำไปใช้งานไม่เกิดกระแสรั่วไหล ทนต่ออุณหภูมิและความชื้นได้ดี มีความทนทานในการใช้งาน

ข้อเสียของตัวเก็บประจุชนิดแทนทาลัม คือ มีอัตราทนแรงดันต่ำ

9.4

ตัวเก็บประจุแบบเปลี่ยนแปลงค่าได้

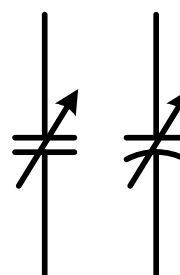
ตัวเก็บประจุแบบเปลี่ยนแปลงค่าได้ เป็นตัวเก็บประจุที่ค่าความจุสามารถปรับเปลี่ยนค่าให้เพิ่มขึ้นหรือลดลงได้ โครงสร้างตัวเก็บประจุชนิดนี้ประกอบด้วยแผ่นโลหะวางซ้อนกันแบ่งออกเป็น 2 ชุด ชุดแผ่นโลหะคงที่ (Stator Plate) แผ่นโลหะถูกยึดติดคงที่ตายตัว และชุดแผ่นโลหะเคลื่อนที่ (Rotor Plate) แผ่นโลหะชุดนี้ถูกยึดบนแกนที่สามารถปรับหมุนเคลื่อนที่ได้ โดยใช้ฉนวนคั่นกลางแผ่นโลหะทั้ง 2 ชุดไว้ ฉนวนที่ใช้แตกต่างกันหลายชนิด เช่น อากาศ แผ่นไมก้า หรือแผ่นพลาสติก เป็นต้น ตัวเก็บประจุแบบเปลี่ยนแปลงค่าได้ แสดงดังรูปที่ 9.12



แบบแกนอากาศ



แบบแกนพลาสติก



(ก) โครงสร้าง

(ข) สัญลักษณ์

รูปที่ 9.12 ตัวเก็บประจุแบบเปลี่ยนแปลงค่าได้

ค่าความจุของตัวเก็บประจุแบบนี้ ขึ้นอยู่กับการปรับหมุนชุดโลหะเคลื่อนที่ ถ้าชุดโลหะเคลื่อนที่ซ้อนทับชุดโลหะคงที่ทั้งหมด ตัวเก็บประจุจะมีค่าความจุสูงสุด เมื่อค่อยๆ ปรับแกนปรับหมุนให้ชุดโลหะเคลื่อนที่เคลื่อนห่างออกจากชุดโลหะคงที่ ค่าความจุของตัวเก็บประจุจะค่อยๆ ลดลง และเมื่อชุดโลหะเคลื่อนที่แยกออกจากชุดโลหะคงที่หมด ค่าความจุของตัวเก็บประจุจะมีค่าต่ำสุด ตัวเก็บประจุแบบนี้นิยมเรียกว่า **ตัวเก็บประจุวาริเอเบิล (Variable Capacitor)** การใช้งานจะถูกใช้ในย่านความถี่สูง เช่น วงจร LC ปรับหาค่คลื่นสถานีวิทยุ สถานีโทรทัศน์ และสถานีสื่อสารย่านอื่นๆ เป็นต้น ลักษณะตัวเก็บประจุแบบนี้อาจมีชุด (Gang) ปรับเปลี่ยนค่าชุดเดียว หรือมีชุดปรับเปลี่ยนค่าหลายชุดภายในตัวเก็บประจุตัวเดียว ชุดตัวเก็บประจุแบบเปลี่ยนแปลงค่าได้แบบต่างๆ แสดงดังรูปที่ 9.13

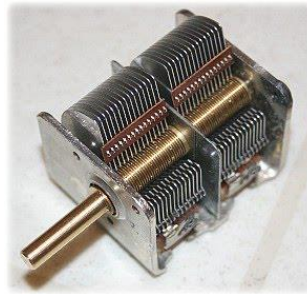


โครงสร้าง

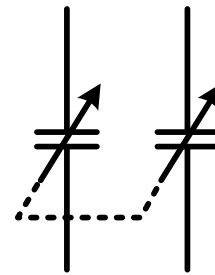


สัญลักษณ์

(ก) แบบ 1 ชุด



โครงสร้าง

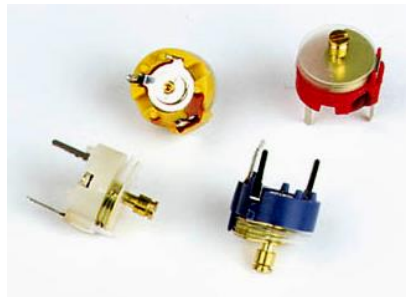


สัญลักษณ์

(ข) แบบ 2 ชุด

รูปที่ 9.13 ชุดตัวเก็บประจุแบบเปลี่ยนแปลงค่าได้แบบชุดเดียว และสองชุด

ตัวเก็บประจุแบบเปลี่ยนแปลงค่าได้ นอกจากเป็นแบบวารีเอเบิลแล้ว ยังมีตัวเก็บประจุแบบเปลี่ยนแปลงค่าได้อีกลักษณะหนึ่งที่มีขนาดเล็กลง มีค่าความจุต่ำๆ มีแผ่นโลหะคงที่และแผ่นโลหะเคลื่อนที่ประกอบรวมกันอย่างน้อยอย่างละ 1 แผ่น หรือมากกว่า นิยมเรียกว่า **ตัวเก็บประจุ ทริมเมอร์ (Trimmer Capacitor)** ฉนวนที่ใช้คั่นกลางแผ่นโลหะใช้แผ่นไมก้า หรือแผ่นพลาสติก ตัวเก็บประจุทริมเมอร์ แสดงดังรูปที่ 9.14



(ก) โครงสร้าง



(ข) สัญลักษณ์

รูปที่ 9.14 ตัวเก็บประจุทริมเมอร์

9.5

หน่วยความจุและค่าทนแรงดัน

ตัวเก็บประจุที่ผลิตออกมาใช้งานมีหลายแบบ หลายขนาด นำไปใช้งานแตกต่างกันหลายหน้าที่ และใช้ในวงจรที่มีค่าแรงดันแตกต่างกันไป เนื่องจากตัวเก็บประจุทำหน้าที่เก็บประจุแรงดันไว้ภายในตัว การจะเก็บประจุให้ได้ค่าตามกำหนดมาน้อยแตกต่างกัน จำเป็นต้องเลือกค่าใช้งานที่แตกต่างกัน เพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้องเหมาะสม สิ่งสำคัญที่จะนำตัวเก็บประจุมาใช้งาน จะต้องทราบค่าที่แสดงไว้บนตัวเก็บประจุตามความต้องการ ค่าสำคัญที่ถูกกำกับไว้ข้างตัวถึงตัวเก็บประจุมีอย่างน้อย 2 ค่า ได้แก่ ค่าความจุของตัวเก็บประจุ และค่าทนแรงดันใช้งานได้ของตัวเก็บประจุ นอกจากนั้นยังอาจบอกค่าความผิดพลาดของตัวเก็บประจุ รวมถึงบอกค่าย่านอุณหภูมิที่ทำงานได้ได้ด้วย ค่าความจุและค่าทนแรงดันหากใช้ไม่เหมาะสมต่อการทำงาน จะส่งผลต่อการทำงานที่ไม่ถูกต้องหรือทำให้ตัวเก็บประจุชำรุดเสียหายได้ รวมถึงส่งผลต่อการทำงานของเครื่องมือ เครื่องใช้ และอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องเกิดความผิดปกติ หรืออาจชำรุดเสียหายได้

9.5.1 หน่วยความจุตัวเก็บประจุ

ตัวเก็บประจุที่ผลิตมาใช้งานมีมากมาย ค่าความจุที่ผลิตขึ้นมาใช้งานแตกต่างกันไป ตั้งแต่ค่าต่ำไปถึงค่าสูง ความจุของตัวเก็บประจุตามปกติมีหน่วยเป็นฟารัด (Farad ; F) ซึ่งเป็นหน่วยที่ใหญ่เกินไป เพราะค่าความจุที่ผลิตออกมาใช้งานมีค่าต่ำกว่าฟารัด จึงจำเป็นต้องแตกหน่วยค่าความจุออกให้เป็นหน่วยเล็กลง แบ่งออกเป็น หน่วยไมโครฟารัด (Microfarad ; μF) นาโนฟารัด (Nanofarad ; nF) และ พิโคฟารัด (Picofarad ; pF) หน่วยใช้งานทั้งหมด เขียนค่าความสัมพันธ์กันไดดังนี้

1 ฟารัด (F)	= 1,000,000 ไมโครฟารัด (μF)	= $1 \times 10^6 \mu\text{F}$
	= 1,000,000,000 นาโนฟารัด (nF)	= $1 \times 10^9 \text{ nF}$
	= 1,000,000,000,000 พิโคฟารัด (pF)	= $1 \times 10^{12} \text{ pF}$
1 ไมโครฟารัด (μF)	= $1 \times 10^{-6} \text{ F}$	= $1 \times 10^3 \text{ nF}$
		= $1 \times 10^6 \text{ pF}$
1 นาโนฟารัด (nF)	= $1 \times 10^{-9} \text{ F}$	= $1 \times 10^{-3} \mu\text{F}$
		= $1 \times 10^3 \text{ pF}$
1 พิโคฟารัด (pF)	= $1 \times 10^{-12} \text{ F}$	= $1 \times 10^{-6} \mu\text{F}$
		= $1 \times 10^{-3} \text{ nF}$

ตัวอย่างที่ 9.1 จงแปลงหน่วยค่าความจุต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

(ก) 47,000 nF	ให้เป็นหน่วย μF	(ข) 330,000 pF	ให้เป็นหน่วย nF
(ค) $6.8 \times 10^{-9} \text{ F}$	ให้เป็นหน่วย pF	(ง) $22 \times 10^{-5} \text{ F}$	ให้เป็นหน่วย μF
(จ) 0.15 μF	ให้เป็นหน่วย nF		

วิธีทำ

- (ก) $47,000 \text{ nF} = 47,000 \times \frac{1}{1,000} \mu\text{F} = 47 \mu\text{F}$
- (ข) $330,000 \text{ pF} = 330,000 \times \frac{1}{1,000} \text{ nF} = 330 \text{ nF}$
- (ค) $6.8 \times 10^{-9} \text{ F} = 6.8 \times 10^{-9} \times 10^{12} \text{ pF} = 6.8 \times 10^3 \text{ pF} = 6,800 \text{ pF}$
- (ง) $22 \times 10^{-5} \text{ F} = 22 \times 10^{-5} \times 10^6 \mu\text{F} = 220 \mu\text{F}$
- (จ) $0.15 \mu\text{F} = 0.15 \times 1,000 \text{ nF} = 150 \text{ nF}$ **ตอบ**

9.5.2 ค่าทนแรงดันตัวเก็บประจุ

ค่าทนแรงดันของตัวเก็บประจุ เป็นส่วนที่สำคัญอีกค่าหนึ่งของตัวเก็บประจุ ช่วยบอกถึงค่าการทนแรงดันของตัวเก็บประจุตัวนั้นว่าทนได้มากน้อยเท่าไร การนำตัวเก็บประจุไปใช้งานจำเป็นต้องคำนึงถึงความสามารถในการทนแรงดันของตัวเก็บประจุตัวนั้น เพราะค่าแรงดันที่แสดงไว้ เป็นการแสดงให้เห็นว่าตัวเก็บประจุตัวนั้น สามารถนำไปใช้กับแรงดันได้มากที่สุดเท่าไร แรงดันที่จ่ายมาให้ตัวเก็บประจุ จะต้องไม่เกินกว่าค่าทนแรงดันที่แสดงไว้ หากค่า แรงดันที่ป้อนให้มากเกินไปเกินกว่าค่าทนแรงดันที่แสดงไว้ ตัวเก็บประจุตัวนั้นจะชำรุดเสียหายทันที หมดสภาพการเป็นตัวเก็บประจุ

การแสดงค่าทนแรงดันของตัวเก็บประจุจะบอกหน่วยไว้เป็นโวลต์ (V) ถูกแสดงค่าแรงดันไว้ในลักษณะแตกต่างกันไป เช่น แสดงค่าแรงดันไฟตรง (DC Voltage ; VDC) แสดงค่าแรงดันทำงาน (Working Voltage ; WV) หรือแสดงค่าแรงดันทดสอบ (Testing Voltage ; TV) เป็นต้น ค่าเหล่านี้เป็นค่าทนแรงดันสูงสุดของตัวเก็บประจุตัวนั้น การเลือกตัวเก็บประจุมาใช้งาน ต้องเลือกค่าทนแรงดันของตัวเก็บประจุให้มากกว่าค่าแรงดันที่ใช้งานจริงเสมอ ไม่ควรน้อยกว่า 40 % เช่น นำตัวเก็บประจุไปใช้งานกับแรงดัน 6 V_{DC} ควรเลือกตัวเก็บประจุทนแรงดันได้ไม่น้อยกว่า 10 V_{DC} มาใช้งาน เพื่อความปลอดภัยของตัวเก็บประจุ และส่งผลต่อความทนทานในการใช้งานมากขึ้น

กรณีที่ค่าทนแรงดันของตัวเก็บประจุบอกค่าไว้เป็นแรงดันไฟตรง (V_{DC}) เมื่อนำ ไปใช้งานกับแรงดันไฟสลับ (V_{AC}) จะต้องเพิ่มค่าทนแรงดันให้มากขึ้นอย่างน้อย 50 % เช่น นำตัวเก็บประจุไปใช้งานกับแรงดันไฟสลับ $100 \text{ V}_{\text{AC}}$ ควรเลือกตัวเก็บประจุทนแรงดันไฟตรงได้ไม่น้อยกว่า $200 \text{ V}_{\text{DC}}$ มาใช้งาน เพราะแรงดันไฟสลับที่ $100 \text{ V}_{\text{AC}}$ จะมีค่าแรงดันไฟสลับสูงสุดที่จ่ายเข้ามาถึง $141 \text{ V}_{\text{AC}}$ ดังนั้นการเลือกค่าทนแรงดันของตัวเก็บประจุมาใช้งานมีส่วนสำคัญต่อการทำงานของวงจร ซึ่งจะส่งผลต่อการทำงานที่ถูกต้อง และทำให้วงจรมีความทนทานในการทำงานมากขึ้น

9.6

การอ่านค่าความจุตัวเก็บประจุ

ตัวเก็บประจุที่ผลิตมาใช้งานแต่ละตัวมีคุณสมบัติในการทำงานแตกต่างกัน ทั้งค่าความจุ ค่าทนแรงดัน และค่าความผิดพลาดของความจุ จึงจำเป็นต้องแสดงค่าเหล่านี้กำกับไว้ที่ตัวถัง เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถเลือกใช้งานได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม การบอกค่าเหล่านี้สามารถบอกค่าได้หลายรูปแบบ เช่น บอกค่าออกมาโดยตรง และบอกค่าในรูปรหัสตัวเลขตัวอักษร เป็นต้น

9.6.1 บอกค่าออกมาโดยตรง

ตัวเก็บประจุที่บอกค่าออกมาโดยตรง จะพิมพ์ค่าความจุอ่านได้โดยตรงค่านั้นไว้ที่ตัวถังตัวเก็บประจุ ค่าความจุที่บอกไว้นิยมบอกค่าในหน่วย พิโคฟารัด (pF) และไมโครฟารัด (μ F) ซึ่งจะมีหน่วยกำกับไว้หรือไม่ก็ได้ ขึ้นอยู่กับพื้นที่ไว้บอกค่าของตัวเก็บประจุแต่ละตัว ตัวเก็บประจุขนาดเล็กที่มีค่าความจุต่ำๆ ไม่นิยมแสดงหน่วยไว้ การจะทราบว่าตัวเก็บประจุขนาดเล็ก เช่น ชนิดเซรามิก หรือชนิดฟิล์มพลาสติกต่างๆ นิยมบอกค่าไว้ในหน่วย pF หรือ μ F ให้สังเกตจากตัวเลขที่บอกไว้ ถ้าตัวเลขที่บอกไว้มีค่าตั้งแต่เลข 1 ขึ้นไป เช่น 1, 1.2, 3.3, 10, 18, 33, 56, 120 และ 680 เป็นต้น จะมีหน่วยเป็น pF และถ้าตัวเลขที่บอกไว้มีค่าน้อยกว่าเลข 1 ลงมา เช่น 0.01, 0.022, 0.047, 0.12, 0.39, 0.68 และ 0.82 เป็นต้น จะมีหน่วยเป็น μ F ส่วนตัวเก็บประจุชนิดอิเล็กทรอนิกส์แบบแปะติด SMD ที่มีขนาดเล็ก นิยมบอกค่าไม่บอกหน่วยไว้เช่นกัน ปกติบอกค่าไว้ในหน่วย μ F เพราะมีค่าความจุสูง การอ่านค่าต้องพิจารณาให้รอบคอบ

เปอร์เซ็นต์ค่าผิดพลาดของความจุ นิยมบอกค่าไว้เป็น 2 แบบ คือ แบบบอกค่าเป็นเปอร์เซ็นต์ ผิดพลาดโดยตรง เช่น $\pm 1\%$, $\pm 2\%$, $\pm 10\%$ และ $\pm 20\%$ เป็นต้น อีกแบบหนึ่งบอกค่าเป็นตัวอักษร ภาษาอังกฤษ เช่น A, B, C, D, E, F, G, J, L และ M เป็นต้น ตัวอักษรแต่ละตัวมีค่าความผิดพลาดแสดงดังตารางที่ 9.2

ตารางที่ 9.2 ตัวอักษรแสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของความจุ

ตัวอักษร	ค่าความผิดพลาด (%)	ตัวอักษร	ค่าความผิดพลาด (%)
A	± 0.05 pF	H	$\pm 3\%$
B	± 1 pF	J	$\pm 5\%$
C	± 0.25 pF	K	$\pm 10\%$
D	± 0.5 pF	L	$\pm 15\%$
E	$\pm 0.5\%$	M	$\pm 20\%$
F	$\pm 1\%$	N	$\pm 30\%$
G	$\pm 2\%$	Z	-20 ถึง +80%

ตัวอย่างที่ 9.2 จงอ่านค่าความจุของตัวเก็บประจุที่บอกค่าไว้โดยตรงตามค่าต่อไปนี้



= ความจุ $0.1 \mu\text{F}$ ทนแรงดันได้ 63 VDC



= ทนแรงดันได้ 450 V ความจุ $470 \mu\text{F}$



= ทนแรงดันได้ 3 kV ความจุ 470 pF ค่าผิดพลาด $K = \pm 10\%$



= ความจุ $10 \mu\text{F}$ ทนแรงดันได้ 35 V



= ความจุ $0.33 \mu\text{F}$ ทนแรงดันได้ 250 VAC ย่านอุณหภูมิที่ทำงานได้ -40 ถึง $+110^\circ \text{C}$



= ความจุ $0.5 \mu\text{F}$ ค่าผิดพลาด $= \pm 5\%$ ทนแรงดันได้ 450 VAC ใช้กับความถี่ $50 / 60$ เฮิรตซ์ (Hz)

9.6.2 บอกค่าในรูปรหัสตัวเลขตัวอักษร

ตัวเก็บประจุบางแบบตัวเลขและตัวอักษรที่กำกับไว้บนตัวเก็บประจุ บอกค่าไว้ในรูปรหัส ไม่สามารถอ่านค่าออกมาได้โดยตรง การอ่านค่าจำเป็นต้องแปลงรหัสให้กลับมาเป็นค่าความจุเสียก่อน จึงสามารถอ่านค่าออกมาได้ รหัสค่าความจุมักเป็นตัวเลข 3 ตัว เขียนเรียงกันไป และอาจตามด้วยตัวอักษร 1 ตัว เพื่อแสดงค่าความผิดพลาดของความจุ ตัวเลขที่แสดงไว้ต้องไม่เป็นทศนิยม ไม่ขึ้นต้นด้วยเลขศูนย์

การอ่านค่ารหัสความจุ อ่านจากตัวเลขซ้ายมือไปขวามือ ตัวเลข 2 ตัวแรกด้าน ซ้ายอ่านค่าออกมาได้โดยตรง ตัวเลขตัวที่ 3 แสดงจำนวนเลขศูนย์ที่ต้องเติมเข้าไป อ่านค่าความจุออกมาเป็นหน่วย pF ส่วนตัวอักษรที่แสดงค่าไว้เป็นค่าความผิดพลาดของความจุ สามารถใช้ค่าในตารางที่ 9.2 มาใช้อ่านค่า

ตัวอย่างที่ 9.3 จงอ่านค่าความจุของตัวเก็บประจุที่บอกค่าไว้ด้วยรหัสตามค่าต่อไปนี้



ค่าทนแรงดัน = 250 V

ค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาด เช่น K = $\pm 10\%$

จำนวนเลขศูนย์ที่เติม เช่น เลข 5 = 00,000

ตัวตั้งหลักที่ 2 = 5

ตัวตั้งหลักที่ 1 = 1

$$= \text{ความจุ } 15 \times 100,000 \text{ pF} = 1,500,000 \text{ pF}$$

$$= \frac{1,500,000}{1,000,000} \mu\text{F} = 1.5 \mu\text{F}$$

ค่าผิดพลาด K = $\pm 10\%$

ทนแรงดันได้ 250 V



$$= \text{ความจุ } 10 \times 10,000 \text{ pF} = 100,000 \text{ pF}$$

$$= 100,000 \times \frac{1}{1,000} \text{ nF} = 100 \text{ nF} = 0.1 \mu\text{F}$$



$$= \text{ความจุ } 47 \times 100 \text{ pF} = 4,700 \text{ pF}$$

ทนแรงดันได้ 1 kV



$$= \text{ความจุ } 15 \text{ pF, ค่าผิดพลาด J} = \pm 5\%$$



$$= \text{ความจุ } 20 \times 100 \text{ pF} = 2,000 \text{ pF}$$

ค่าผิดพลาด M = $\pm 20\%$, ทนแรงดันได้ 12 kV



$$= \text{ความจุ } 10 \times 100,000 \text{ pF} = 1,000,000 \text{ pF}$$

$$= \frac{1,000,000}{1,000,000} \mu\text{F} = 1 \mu\text{F}$$

ค่าผิดพลาด K = $\pm 10\%$, ทนแรงดันได้ 250 V

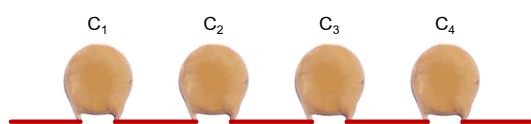
9.7

การต่อตัวเก็บประจุ

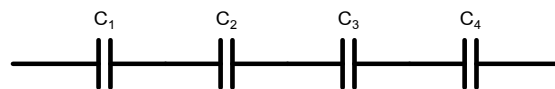
การต่อตัวเก็บประจุ คือการนำตัวเก็บประจุมาต่อรวมกัน เพื่อปรับเปลี่ยนค่าความจุให้ได้ตามต้องการ การต่อตัวเก็บประจุแบ่งออกได้เป็น 3 แบบ คือ ต่อแบบอนุกรม ต่อแบบขนาน และต่อแบบผสม การต่อตัวเก็บประจุแต่ละแบบมีผลทำให้ค่าความจุผลรวมที่ได้ออกมาเกิดการเปลี่ยนแปลงไป สามารถกำหนดค่าหรือเลือกค่าได้ตามต้องการ

9.7.1 การต่อตัวเก็บประจุแบบอนุกรม

การต่อตัวเก็บประจุแบบอนุกรม (Series Capacitor) เป็นการต่อตัวเก็บประจุเข้าด้วยกันแบบเรียงลำดับต่อเนื่องกันไป ในลักษณะท้ายของตัวเก็บประจุตัวแรกต่อเข้าหัวตัวเก็บประจุตัวที่สอง และท้ายของตัวเก็บประจุตัวที่สองต่อเข้าหัวตัวเก็บประจุตัวที่สาม ต่อเช่นนี้เรื่อยไป การต่อวงจรตัวเก็บประจุแบบอนุกรม แสดงดังรูปที่ 9.15



(ก) รูปวงจร



(ข) สัญลักษณ์วงจร

รูปที่ 9.15 การต่อตัวเก็บประจุแบบอนุกรม

การต่อตัวเก็บประจุแบบนี้ ทำให้ค่าความจุรวมของวงจรลดลง ได้ค่าความจุรวมในวงจรมีค่าน้อยกว่าค่าความจุของตัวเก็บประจุตัวที่มีค่าน้อยที่สุดในวงจร การต่อตัวเก็บประจุแบบอนุกรม เขียนสมการได้ดังนี้

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \frac{1}{C_4} + \dots$$

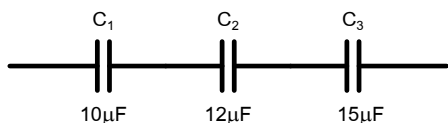
.....(9-1)

เมื่อ C_T = ความจุรวมของวงจร หน่วย F

C_1, C_2, C_3, C_4 = ความจุของตัวเก็บประจุตัวที่ 1, 2, 3 และ 4 ตามลำดับ หน่วย F

ตัวอย่างที่ 9.4 จงหาค่าความจุรวมของวงจรตามรูปที่ 9.16

วิธีทำ



รูปที่ 9.16 วงจรตัวเก็บประจุแบบอนุกรม

จากสูตร $\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$

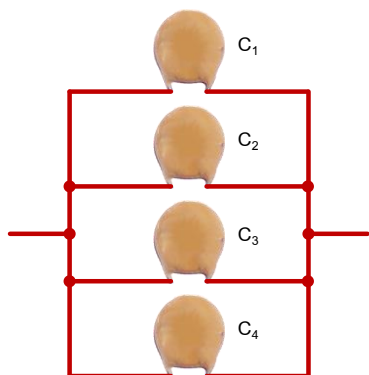
แทนค่า $\frac{1}{C_T} = \frac{1}{10\mu F} + \frac{1}{12\mu F} + \frac{1}{15\mu F}$

$$\frac{1}{C_T} = \frac{18+15+12}{180\mu F} = \frac{45}{180\mu F}$$

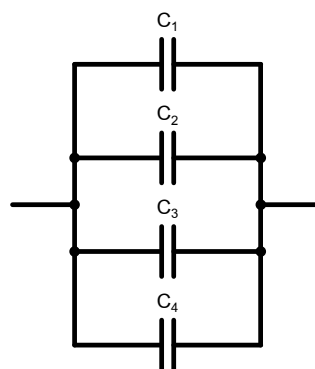
$$\therefore C_T = \frac{180\mu F}{45} = 4 \mu F \text{ ตอบ}$$

9.7.2 การต่อตัวเก็บประจุแบบขนาน

การต่อตัวเก็บประจุแบบขนาน (Parallel Capacitor) เป็นการต่อตัวเก็บประจุแต่ละตัวในลักษณะคร่อมขนานร่วมกันทุกตัว มีจุดร่วมกัน 2 จุด คือจุดรวมขาแต่ละด้านของตัวเก็บประจุแต่ละตัว กรณีที่เป็นตัวเก็บประจุชนิดมีขั้ว ให้ต่อขั้วบวก (+) ทั้งหมดรวมเข้าด้วยกัน และต่อขั้วลบ (-) ทั้งหมดรวมเข้าด้วยกัน ลักษณะการต่อวงจร แสดงดังรูปที่ 9.17



(ก) รูปวงจร



(ข) สัญลักษณ์วงจร

รูปที่ 9.17 การต่อตัวเก็บประจุแบบขนาน

การต่อตัวเก็บประจุแบบนี้ ทำให้ค่าความจุรวมของวงจรเพิ่มขึ้นตามจำนวนตัวเก็บประจุที่นำมาต่อเพิ่ม การหาค่าความจุรวมในวงจรแบบขนาน สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$C_T = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + \dots$$

.....(9-2)

เมื่อ C_T = ความจุรวมของวงจร หน่วย F

C_1, C_2, C_3, C_4 = ความจุของตัวเก็บประจุตัวที่ 1, 2, 3 และ 4 ตามลำดับ หน่วย F

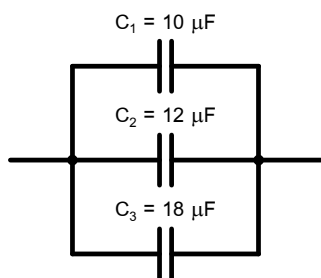
ตัวอย่างที่ 9.5 จงหาค่าความจุรวมของวงจรตามรูปที่ 9.18

วิธีทำ

จากสูตร $C_T = C_1 + C_2 + C_3$

แทนค่า $C_T = 10 \mu\text{F} + 12 \mu\text{F} + 18 \mu\text{F}$

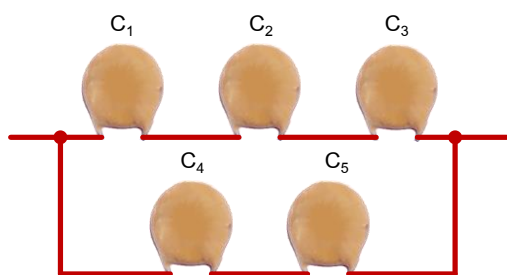
$\therefore C_T = 40 \mu\text{F}$ **ตอบ**



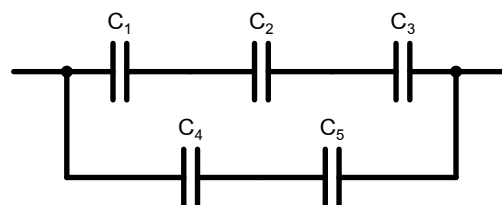
รูปที่ 9.18 วงจรตัวเก็บประจุแบบขนาน

9.7.3 การต่อตัวเก็บประจุแบบผสม

การต่อตัวเก็บประจุแบบผสม (Compound Capacitor) เป็นการต่อตัวเก็บประจุผสมรวมกันระหว่างการต่อแบบอนุกรมและการต่อแบบขนานอยู่ในวงจรเดียวกัน การต่อตัวเก็บประจุแบบผสมไม่มีวงจรตายตัว สามารถเปลี่ยนแปลงไปตามลักษณะการต่อวงจรที่ต้องการ การหาค่าความจุรวมของวงจร ให้ใช้วิธีหาแบบอนุกรมและวิธีหาแบบขนานร่วมกัน โดยพิจารณาการต่อทีละส่วน ลักษณะการต่อวงจรตัวเก็บประจุแบบผสมลักษณะหนึ่ง แสดงดังรูปที่ 9.19



(ก) รูปวงจร

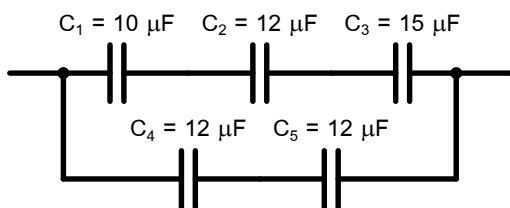


(ข) สัญลักษณ์วงจร

รูปที่ 9.19 การต่อตัวเก็บประจุแบบผสม

ตัวอย่างที่ 9.6 จงหาค่าความจุรวมของวงจรตามรูปที่ 9.20

วิธีทำ



รูปที่ 9.20 วงจรตัวเก็บประจุแบบผสม

สูตรอนุกรม
$$\frac{1}{C_{123}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

แทนค่า
$$\frac{1}{C_{123}} = \frac{1}{10\mu\text{F}} + \frac{1}{12\mu\text{F}} + \frac{1}{15\mu\text{F}}$$

$$\frac{1}{C_{123}} = \frac{18+15+12}{180\mu\text{F}} = \frac{45}{180\mu\text{F}}$$

$$\therefore C_{123} = \frac{180\mu\text{F}}{45} = 4\mu\text{F}$$

สูตรอนุกรม
$$\frac{1}{C_{45}} = \frac{1}{C_4} + \frac{1}{C_5}$$

แทนค่า
$$\frac{1}{C_{45}} = \frac{1}{12\mu\text{F}} + \frac{1}{12\mu\text{F}}$$

$$\frac{1}{C_{45}} = \frac{1+1}{12\mu\text{F}} = \frac{2}{12\mu\text{F}}$$

$$\therefore C_{45} = \frac{12\mu\text{F}}{2} = 6\mu\text{F}$$

สูตรขนาน
$$C_T = C_{123} + C_{45}$$

แทนค่า
$$C_T = 4\mu\text{F} + 6\mu\text{F}$$

$$\therefore C_T = 10\mu\text{F}$$

ตอบ

9.8

บทสรุป

ตัวเก็บประจุ เป็นอุปกรณ์ที่สามารถเก็บประจุแรงดันไว้ภายในตัวได้ โครงสร้างของตัวเก็บประจุประกอบด้วยแผ่นโลหะบาง 2 แผ่น วางขนานชิดกัน มีฉนวนไฟฟ้าคั่นกลาง การประจุแรงดันทำได้โดยจ่ายแหล่งจ่ายแรงดันไฟตรงให้ตัวเก็บประจุ ตัวเก็บประจุจะเก็บแรงดันไว้ได้

ค่าความจุของตัวเก็บประจุเปลี่ยนแปลงไปได้ ขึ้นอยู่กับส่วนประกอบ 3 ส่วน คือ ระยะห่างของแผ่นโลหะทั้งสอง ขนาดพื้นที่ผิวของแผ่นโลหะ และชนิดของวัสดุที่ใช้ทำฉนวนคั่นกลางแผ่นโลหะ ทำให้ตัวเก็บประจุที่ผลิตขึ้นมาใช้งานมีค่าความจุแตกต่างกันไป

ชนิดตัวเก็บประจุ แบ่งตามลักษณะการใช้งานมี 2 แบบ คือ แบบค่าคงที่แบ่งตามฉนวนที่ใช้ผลิต เช่น ชนิดกระดาษ ชนิดเซรามิก ชนิดไมก้า ชนิดพลาสติก ชนิดอิเล็กโทรไลติก และชนิดแทนทาลัม เป็นต้น และแบบปรับค่าได้ เช่น ชนิดวารีเอเบิล และชนิดทริมเมอร์ เป็นต้น