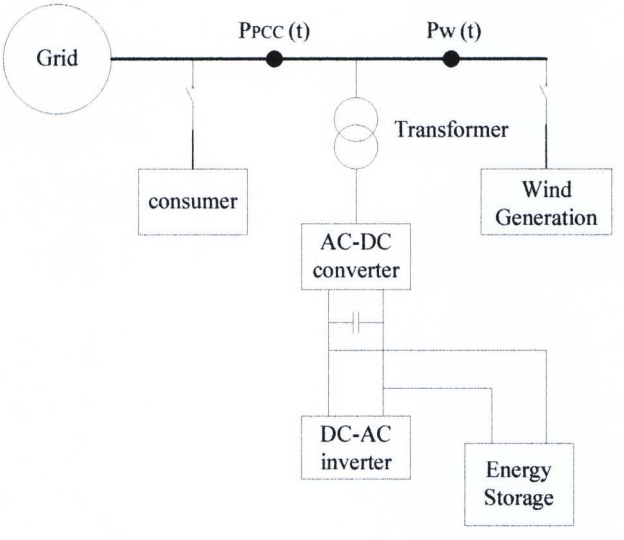
# บทที่ 3
# หลักการและความรู้พื้นฐานที่เกี่ยวข้องแบตเตอรี่และวงจรแปลงกำลัง

บทนี้กล่าวถึงในเบื้องต้นจะกล่าวถึงความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอุปกรณ์กักเก็บพลังงานชนิดต่างๆ คุณสมบัติของแบตเตอรี่ ชนิดของแบตเตอรี่ ลักษณะทางสมรรถนะของแบตเตอรี่ การต่อชุดแบตเตอรี่ และในส่วนสุดท้ายจะกล่าวถึงความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับวงจรแปลงกำลัง

## 3.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอุปกรณ์กักเก็บพลังงาน

เนื่องจากพลังงานที่ได้จากการใช้พลังงานหมุนเวียน โดยเฉพาะพลังงานลมและพลังงานแสงอาทิตย์ในการผลิตไฟฟ้านั้นจะมีค่าไม่คงที่ จึงต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์กักเก็บพลังงานเพื่อช่วยให้กำลังการผลิตเพียงพอต่อความต้องการของโหลด ซึ่งอุปกรณ์กักเก็บพลังงานจะต่อขนานอยู่ระหว่างบัสและอุปกรณ์แปลงกำลัง (AC-DC คอนเวอร์เตอร์และ DC-ACอินเวอร์เตอร์) [15,17] ดังรูปที่ 3.1




รูปที่ 3.1 ภาพร่างของอุปกรณ์กักเก็บพลังงานในระบบไฟฟ้า

อุปกรณ์กักเก็บพลังงานสามารถจำแนกออกได้ตามชนิดพลังงานที่เก็บสะสมในอุปกรณ์ ซึ่งสามารถยกตัวอย่างได้ดังนี้ [15-17]

1. **แบตเตอรี่** (Battery) แบตเตอรี่เป็นอุปกรณ์ที่เป็นที่ยมในการใช้กักเก็บพลังงาน แบตเตอรี่จะเก็บพลังงานอยู่ในรูปของเคมีไฟฟ้า โดยปกติแบตเตอรี่มีประสิทธิภาพในการแปลง

พลังงานด้านเดียวประมาณร้อยละ 85-90 แบตเตอรี่สามารถจำแนกตามการแปลงพลังงานออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

1.1 **แบตเตอรี่ปฐมภูมิ** (Primary battery) แบตเตอรี่ชนิดนี้จะแปลงพลังงานเคมีในแบตเตอรี่เป็นพลังงานไฟฟ้า ซึ่งปฏิกิริยาทางเคมีนี้ไม่สามารถเกิดย้อนกลับได้ ดังนั้นเมื่อแบตเตอรี่คายประจุออกหมดแล้ว แบตเตอรี่ก็จะนำไปใช้ไม่ได้อีก แบตเตอรี่ชนิดนี้จึงนำไปประยุกต์ใช้กับงานที่ต้องการพลังงานสูงที่ช่วงเวลาเดียว

1.2 **แบตเตอรี่ทุติยภูมิ** (Secondary battery) แบตเตอรี่ชนิดนี้เรียกอีกอย่างหนึ่งว่าแบตเตอรี่ที่สามารถอัดประจุไฟใหม่ได้ ปฏิกิริยาเคมีในแบตเตอรี่ชนิดนี้สามารถเกิดย้อนกลับได้เมื่อแบตเตอรี่คายประจุออกไปหมด จะสามารถอัดประจุกลับซ้ำใหม่อีกครั้ง โดยการจ่ายกระแสตรงจากแหล่งจ่ายภายนอกเข้าแบตเตอรี่ ในขณะที่เกิดการคายประจุ แบตเตอรี่จะแปลงพลังงานเคมีเป็นพลังงานไฟฟ้า และเมื่อเกิดการอัดประจุ แบตเตอรี่จะแปลงพลังงานไฟฟ้ากลับเป็นพลังงานเคมี ขณะเวลาที่แบตเตอรี่อัดประจุหรือคายประจุนั้นจะมีพลังงานเล็กน้อยที่แปลงไปเป็นความร้อน ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพในการแปลงพลังงานไปกลับลดลงอยู่ที่ประมาณร้อยละ 70-80

ในแบตเตอรี่ 1 ตัว จะประกอบไปด้วยเซลล์เคมีไฟฟ้าจำนวนมากต่อแบบอนุกรมผสมแบบขนานเพื่อที่ให้ได้แรงดันและกระแสตามที่ต้องการ ค่าพิกัดของแบตเตอรี่จะบอกอยู่ในรูปของแรงดันเฉลี่ยเมื่อแบตเตอรี่คายประจุ และความจุในหน่วยแอมแปร์-ชั่วโมงที่แบตเตอรี่จ่ายได้ก่อนที่แรงดันจะตกลงถึงค่าที่จำกัดไว้ ผลคูณของแรงดันและความจุดังกล่าวจะอยู่ในรูปของค่าพิกัดพลังงาน มีหน่วยเป็น วัตต์-ชั่วโมง ซึ่งเป็นค่าพลังงานที่แบตเตอรี่สามารถจ่ายออกสู่โหลดได้จากสภาวะที่แบตเตอรี่อัดประจุเต็ม สถานะการอัด/คายประจุ (State-Of-Charge; SOC) ของแบตเตอรี่ที่แต่ละช่วงเวลา สามารถนิยามได้ดังสมการที่ 3.1

$$SOC = \frac{\text{ความจุของแบตเตอรี่ในหน่วยแอมแปร์ – ชั่วโมง ที่เหลืออยู่ในแบตเตอรี่}}{\text{ค่าพิกัดความจุของแบตเตอรี่ในหน่วยแอมแปร์ – ชั่วโมง}} \quad (3.1)$$

2. **ล้อช่วยแรง** (Flywheel) อุปกรณ์กักเก็บพลังงานชนิดนี้ จะเก็บพลังงานไว้ในรูปของพลังงานจลน์ โดยผ่านการหมุนของก้านเพลา ทำให้เกิดพลังงานจากแรงหมุนที่คล้ายกับเครื่องยนต์ลูกสูบที่ชักขึ้น-ลง ไปหมุนวงล้อเพื่อทำให้เกิดโมเมนตัม โดยพลังงานที่สะสมในล้อช่วยแรงนี้จะสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (3.2)

$$E = \frac{1}{2} \cdot J \cdot \omega^2 \quad (3.2)$$

โดยที่

$J$ คือ โมเมนต์ความเฉื่อยซึ่งแปรผันตามมวลและรัศมีของวงล้อ

$\omega$ คือ ความเร็วเชิงมุมของการหมุนของวงล้อ

ล้อช่วยแรงดังกล่าวนี้สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ ล้อช่วยแรงแนวแกนตั้งและล้อช่วยแรงแนวแกนนอน แต่เนื่องจากการหมุนในแนวแกนตั้ง สามารถสร้างปริมาณพลังงานจลน์ได้มากกว่าชนิดแกนนอน จึงทำให้เกิดการนำล้อช่วยแรงชนิดแนวแกนตั้งไปประยุกต์ใช้เพื่อตอบสนองความต้องการในการบริโภคพลังงานมากกว่าชนิดแกนนอน

3. **การอัดอากาศ** (Compressed air storage) อุปกรณ์กักเก็บพลังงานชนิดนี้จะเก็บพลังงานในรูปของพลังงานนิวเมติก (Pneumatical energy) โดยการอัดอากาศลงในถ้ำขนาดใหญ่ใต้พื้นดิน โครงสร้างของอุปกรณ์กักเก็บพลังงานชนิดนี้จะประกอบไปด้วย ชุดอัดอากาศ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ชุดกังหัน เครื่องกู้สภาพ (Recuperator) และถ้ำขนาดใหญ่ใต้ดิน ซึ่งหลักการทำงานของอุปกรณ์ชนิดนี้ คือ การนำพลังงานไฟฟ้าที่เหลือใช้จากการบริโภคมาใช้ในการขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้า เพื่ออัดอากาศด้วยความดันสูงเข้าสู่ถ้ำใต้พื้นดิน เมื่ออากาศถูกอัดด้วยแรงดันสูงจึงทำให้อุณหภูมิของอากาศเพิ่มขึ้น ถ้าต้องการนำเอาอากาศร้อนที่สะสมอยู่มาใช้ ก็สามารถทำได้โดยการอุ่นอากาศด้วยเครื่องกู้สภาพและนำขึ้นสู่พื้นดินด้วยเครื่องอัดไอ อากาศร้อนจะถูกนำมาเจือกับน้ำมันหรือแก๊สเพื่อทำให้เกิดการจุดติดไฟที่ง่ายขึ้น ซึ่งความร้อนที่ได้จากกระบวนการดังกล่าว จะถูกนำไปผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อนำมาใช้ในช่วงเวลาที่มีความต้องการบริโภคพลังงานสูง

4. **ระบบสูบน้ำกลับ** (Pumped Storage) มีหลักการคล้ายกับการอัดอากาศ กล่าวคือ ระบบสูบน้ำกลับนี้จะกักเก็บพลังงานไว้ในรูปของพลังงานนิวเมติก โดยการนำพลังงานไฟฟ้าที่เกินจากการผลิต มาใช้ในการทำงานของปั๊มและมอเตอร์เพื่อสูบน้ำในอ่างเก็บไปเก็บไว้บนบริเวณที่สูงกว่า จึงทำให้พลังงานศักย์ของน้ำที่สูบขึ้นไปเก็บไว้เพิ่มขึ้น เมื่อมีความต้องการใช้ไฟฟ้าที่สูงเกินกว่าที่จะผลิตได้ จะมีการปล่อยน้ำที่เก็บไว้นั้นลงมาใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า โดยผ่านกังหันและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแล้วนำกลับมาใช้ในการผลิตไฟฟ้า

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเลือกใช้แบตเตอรี่เป็นอุปกรณ์กักเก็บพลังงานในระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานลม เนื่องจากแบตเตอรี่เป็นอุปกรณ์กักเก็บพลังงานที่ใช้อย่างแพร่หลาย มีบริษัทผู้ผลิต

หลายราย ทำให้สามารถจัดหาได้โดยง่าย มีหลายชนิดและราคาถูก และที่สำคัญ คือ มีโครงสร้างแบบจำลองที่ไม่ซับซ้อน ซึ่งสามารถนำมาสร้างสมการทางคณิตศาสตร์ได้ง่าย

### 3.2 คุณสมบัติของแบตเตอรี่

แบตเตอรี่สามารถจำแนกได้ด้วยคุณสมบัติหลายประการ เช่น คุณสมบัติทางเคมี, แรงดัน, ขนาด, พลังงานจำเพาะ หรือความจุของแบตเตอรี่, กำลังจำเพาะ (กำลังที่จ่ายออกไปจากแบตเตอรี่) ฯลฯ ซึ่งแบตเตอรี่ต่างชนิด [17] ก็จะมีคุณสมบัติเหล่านี้แตกต่างไปด้วย

1. **คุณสมบัติทางเคมี**

วัสดุทางเคมีที่ใช้ทำแบตเตอรี่มีหลายชนิด แต่ชนิดที่เป็นที่รู้จักกันแพร่หลาย ได้แก่ ตะกั่ว, นิกเกิล และลิเทียม ซึ่งความแตกต่างของวัสดุนี้เอง ทำให้ลักษณะคุณสมบัติของแบตเตอรี่มีความแตกต่างกัน และวิธีการอัดประจุและคายประจุก็มีความแตกต่างกันด้วย

2. **แรงดัน**

แรงดันในที่นี้หมายถึงแรงดันที่เปิดวงจร ซึ่งค่าแรงดันนี้จะแปรตามวัสดุทางเคมีที่ใช้ทำแบตเตอรี่และจำนวนของเซลล์แบตเตอรี่ที่นำมาต่ออนุกรมกัน เมื่อนำแบตเตอรี่ไปต่อกับเครื่องอัดประจุไฟฟ้าหรือโหลด จะต้องคำนึงให้ค่าแรงดันเปิดวงจรนี้ด้วย

3. **ความจุของแบตเตอรี่** (Capacity)

ความจุของแบตเตอรี่แสดงถึงค่าพลังงานจำเพาะในหน่วยแอมแปร์-ชั่วโมง (Ampere-hour; Ah) ในความเป็นจริงผู้ผลิตแบตเตอรี่จะกำหนดค่าความจุแบตเตอรี่ที่เกินจริง แบตเตอรี่ที่บอกค่าพิกัดค่าๆ หนึ่ง เมื่อนำไปใช้งาน สามารถใช้ในงานที่ต้องการความจุของแบตเตอรี่แตกต่างกันไปจากพิกัดได้ แต่ต้องไม่เกินค่าพิกัด และใช้กับแรงดันที่กำหนดให้ถูกต้อง

4. **พลังงานจำเพาะและความหนาแน่นของพลังงาน** (Specific energy and energy density)

พลังงานจำเพาะ หมายถึง ความจุของแบตเตอรี่ต่อหน่วยน้ำหนักของแบตเตอรี่ มีหน่วยเป็น วัตต์-ชั่วโมงต่อกิโลกรัม (Wh/kg) ส่วนความหนาแน่นของพลังงาน หมายถึง ความจุของแบตเตอรี่ต่อหน่วยปริมาตรของแบตเตอรี่ มีหน่วยเป็น วัตต์-ชั่วโมงต่อลิตร แบตเตอรี่อาจมีพลังงานจำเพาะสูง แต่อาจจะมีกำลังจำเพาะ (ความสามารถในการจ่ายโหลด) ต่ำ เช่น แบตเตอรี่อัลคาลายน์ เป็นต้น ในทางกลับกัน แบตเตอรี่อาจมีพลังงานจำเพาะต่ำ แต่อาจจะมีกำลังจำเพาะสูง เช่น

ตัวเก็บประจุยิ่งยวด (Supercapacitor) เป็นต้น พลังงานจำเพาะนี้มีความหมายเหมือนกันกับความจุของแบตเตอรี่

5. **กำลังจำเพาะ** (Specific power)

กำลังจำเพาะ หมายถึง ความสามารถในการจ่ายโหลด หรือปริมาณกระแสที่แบตเตอรี่สามารถจ่ายออกไปได้ ซึ่งแสดงถึงความต้านทานภายในมีค่าต่ำ แบตเตอรี่ที่ใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้ามักจะมีค่ากำลังจำเพาะสูง ในขณะที่มีค่าพลังงานจำเพาะหรือความจุแบตเตอรี่ต่ำ

6. **ซี-เรต** (C-rates)

ซี-เรตจะเป็นค่าที่กำหนดกระแสอัดประจุหรือกระแสคายประจุ ตัวอย่างเช่น ที่ 1C แบตเตอรี่จะจ่ายกระแสคายประจุในปริมาณที่เท่ากับค่าพิกัดของความจุแบตเตอรี่ในหน่วยแอมแปร์-ชั่วโมง หรือ ที่ 0.5C แบตเตอรี่จะจ่ายกระแสลดลงครึ่งหนึ่ง และที่ 0.1C แบตเตอรี่จะจ่ายกระแสเป็น $\frac{1}{10}$ เท่าของค่าพิกัด เป็นต้น ในขณะที่ถ้าเป็นการอัดประจุ 1C จะหมายถึง แบตเตอรี่จะอัดประจุเต็มใน 1 ชั่วโมง และ 0.5C จะบอกว่า การอัดประจุต้องใช้เวลา 2 ชั่วโมง เป็นต้น

7. **โหลด** (Load)

โหลดหรือที่เรียกว่าค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้า (Electromotive Force; EMF) โหลดนี้จะเป็นตัวดึงพลังงานจากแบตเตอรี่ ค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้านี้ควรจะมีค่าเท่ากับแรงดันเปิดวงจร แต่เนื่องจากภายในแบตเตอรี่มีความต้านทานภายใน เมื่อจ่ายกระแสออกจะทำให้เกิดแรงดันตก

## 3.3 ชนิดของแบตเตอรี่

แบตเตอรี่ที่สามารถอัดกระแสไฟใหม่ได้ที่นิยมใช้ในปัจจุบันมีหลายชนิด แต่ชนิดที่นิยมใช้มี 5 ชนิด [17-18] ได้แก่

1. **แบตเตอรี่ชนิดกรดตะกั่ว** (Lead-acid battery: Pb-acid)

แบตเตอรี่ชนิดนี้เป็นแบตเตอรี่ที่นิยมใช้มากที่สุดในปัจจุบัน เนื่องจากอัตราส่วนของประสิทธิภาพต่อราคามีค่าสูง แม้ว่าแบตเตอรี่ชนิดกรดตะกั่วนี้จะมีความหนาแน่นของพลังงานต่อน้ำหนักและปริมาตรของแบตเตอรี่ต่ำ

แบตเตอรี่ชนิดนี้มีหลายรุ่น ได้แก่ ชนิดรอบการคายประจุได้น้อย (Shallow cycle) จะใช้ในเครื่องยนต์ที่ต้องการพลังงานจำนวนมากในเวลาสั้นๆ และ ชนิดที่ออกแบบให้สามารถใช้งานจนมีประจุภายในต่ำกว่า 80% ได้ดี หรือมีรอบการคายประจุที่ลึก (Deep cycle) ซึ่งเหมาะสำหรับการ

ประยุกต์ใช้ในงานที่ต้องการการอัดกระแสไฟและคายกระแสซ้ำอย่างเต็มที่ เช่นในการใช้งานประเภทการกักเก็บพลังงาน

2. **แบตเตอรี่ชนิดนิกเกิล-แคดเมียม** (Nickel-Cadmium battery: NiCd)

แบตเตอรี่ชนิดนิกเกิล-แคดเมียมนี้มีข้อได้เปรียบเหนือแบตเตอรี่ชนิดกรดตะกั่วหลายประการ เช่น น้ำหนักเบากว่า มีรอบการคายประจุลึกได้นานกว่า และสามารถทนอุณหภูมิได้สูงกว่า เป็นต้น จึงได้มีการนำแบตเตอรี่ไปใช้งานอย่างแพร่หลาย เช่น อุปกรณ์ทางการแพทย์ กล้องวีดีโอ เป็นต้น อย่างไรก็ตาม วัสดุที่ใช้ทำแบตเตอรี่ชนิดนี้มีราคาแพง และในปัจจุบัน สารแคดเมียมนั้นถูกจำกัดในการนำไปใช้งาน เนื่องจากเป็นสารเมื่อปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมจะก่อให้เกิดอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต และไม่สามารถกำจัดด้วยวิธีฝังกลบได้ นอกจากนี้ แบตเตอรี่ชนิดนี้ยังมีปัญหาเกี่ยวกับผลกระทบทางความจำ (memory effect) กล่าวคือ เป็นกรณีที่แบตเตอรี่ถูกใช้ไฟไม่หมดประจุแล้วนำไปชาร์จไฟใหม่อยู่บ่อย ๆ ทำให้แบตเตอรี่ไม่สามารถจำค่าสูงสุดที่เคยเก็บไว้ได้ เป็นสาเหตุให้แบตเตอรี่ค่อย ๆ เสื่อมลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งมีผลทำให้ความจุมีค่าลดลง เมื่อไม่ได้นำแบตเตอรี่ไปใช้งานเป็นเวลานาน ดังนั้น จึงได้มีการพัฒนาแบตเตอรี่ชนิดอื่นมาใช้แทน

3. **แบตเตอรี่ชนิดนิกเกิล-โลหะไฮไดรด์** (Nickel-Metal Hydride battery: NiMH)

แบตเตอรี่ชนิดนี้ถูกพัฒนาต่อจากแบตเตอรี่ชนิดนิกเกิล-แคดเมียม ซึ่งเพิ่มความหนาแน่นของพลังงานในแบตเตอรี่ และขั้วอาโนดที่ใช้โลหะไฮไดรด์แทนแคดเมียมยังช่วยลดปัญหาสารพิษปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมอีกด้วย นอกจากนี้แบตเตอรี่ชนิดนี้ยังมีข้อได้เปรียบแบตเตอรี่ชนิดนิกเกิล-แคดเมียมตรงที่สามารถลดปัญหาเกี่ยวกับผลกระทบทางความจำได้ แบตเตอรี่ชนิดนี้จึงถูกนำไปใช้อย่างแพร่หลายในรถยนต์ประเภทไฮบริดจ์ อย่างไรก็ตาม ข้อเสียของแบตเตอรี่ชนิดนี้ อยู่ตรงที่ความสามารถในการส่งกำลังที่ค่ายอดของกำลังได้น้อย, มีค่าอัตรา self-discharge ที่สูง, ไวต่อการถูกทำลายถ้ามีการอัดประจุมากเกินไป และยังมีราคาแพงเมื่อเทียบกับแบตเตอรี่ชนิดนิกเกิล-แคดเมียม

4. **แบตเตอรี่ชนิดลิเทียม-ไอออน** (Lithium-Ion battery : Li-ion)

แบตเตอรี่ชนิดนี้มีความหนาแน่นของพลังงานมากกว่าแบตเตอรี่ชนิดกรดตะกั่วถึง 3 เท่า และยังมีค่าแรงดันที่สูงถึง 3.5 โวลต์ต่อเซลล์ ดังนั้นในการติดตั้งแบตเตอรี่ชนิดนี้จึงใช้จำนวนแบตเตอรี่น้อยในการต่ออนุกรม เพื่อให้ได้แรงดันตามที่ต้องการ ซึ่งจะช่วยลดค่าใช้จ่ายในการผลิต แต่แบตเตอรี่ชนิดนี้ต้องใช้แผ่นขั้วไฟฟ้าที่มีความหนา ทำให้ค่าใช้จ่ายในการผลิตมีค่าสูง ซึ่งส่งผลให้แบตเตอรี่ชนิดนี้มีราคาแพง นอกจากนี้แบตเตอรี่ชนิดนี้ยังไวต่อการถูกทำลาย ถ้ามีการอัดประจุที่มากเกินไป

5. **แบตเตอรี่ชนิดลิเทียม-โพลีเมอร์** (Lithium-Polymer battery : Li-poly)

แบตเตอรี่ชนิดนี้มีลิเทียมเป็นขั้วไฟฟ้าและใช้โพลีเมอร์ที่เป็นของแข็งเป็นอิเล็กโทรไลต์ ซึ่งอิเล็กโทรไลต์ดังกล่าวนี้จะช่วยเพิ่มค่าพลังงานจำเพาะให้แก่เซลล์ของแบตเตอรี่

จากชนิดของชนิดแบตเตอรี่ดังกล่าว เรายังสามารถแยกชนิดของแบตเตอรี่ออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ ได้แก่ แบตเตอรี่ชนิดกรดตะกั่ว แบตเตอรี่ชนิดที่ใช้นิกเกิลเป็นขั้วไฟฟ้า (Nickel-based batteries) และแบตเตอรี่ชนิดที่ใช้ลิเทียมเป็นขั้วไฟฟ้า (lithium-based batteries) ข้อดีและข้อเสียของแบตเตอรี่ทั้ง 3 ประเภท สามารถสรุปและเปรียบเทียบได้ในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 เปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของแบตเตอรี่ประเภทต่างๆ

| ประเภทของแบตเตอรี่ | ข้อดี | ข้อเสีย |
|---|---|---|
| ชนิดกรดตะกั่ว | - ราคาถูกและง่ายในการผลิต<br>- ราคาต่อวัตต์ต่อชั่วโมง มีค่าไม่สูง<br>- เป็นเทคโนโลยีที่เป็นที่รู้จักแพร่หลาย มีหลายบริษัทผู้ผลิต และมีขนาดให้เลือกหลากหลาย<br>- มีการคายประจุด้วยตัวเองต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับแบตเตอรี่ที่สามารถอัดประจุใหม่ได้ชนิดอื่น<br>- มีค่าพลังงานจำเพาะสูง<br>- ปล่อยกระแสไฟค่าสูงในช่วงคายประจุ | - มีค่าอัตราส่วนพลังงานต่อน้ำหนักต่ำ<br>- ใช้เวลาในการอัดประจุให้เต็มนาน<br>- มีรอบการคายประจุและอัดประจุจำกัด |
| ชนิดใช้นิกเกิลเป็นขั้วไฟฟ้า | - ใช้เวลาในการอัดประจุเต็มน้อยถึงแม้ว่าจะไม่ใช้แบตเตอรี่เป็นเวลานาน<br>- มีจำนวนวัฏจักรการอัดประจุและคายประจุสูง<br>- มีอายุการเก็บรักษาที่ยาวนาน และสามารถเก็บไว้ในสภาวะที่แบตเตอรี่คายประจุหมดได้<br>- สามารถใช้งานที่อุณหภูมิต่ำได้ โดยที่ประสิทธิภาพยังดีอยู่<br>- มีให้เลือกหลากหลายขนาดและประสิทธิภาพ | - มีค่าพลังงานจำเพาะต่ำ<br>- มีผลจากภาวะผลกระทบทางความจำ<br>- มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ถ้าใช้แคดเมียมเป็นส่วนประกอบ<br>- มีการคายประจุด้วยตัวเองสูง<br>- เกิดความร้อนเมื่ออัดประจุอย่างรวดเร็ว และคายประจุค่าสูง<br>- ประสิทธิภาพลดลงถ้าเก็บในที่ที่มีอุณหภูมิสูง |

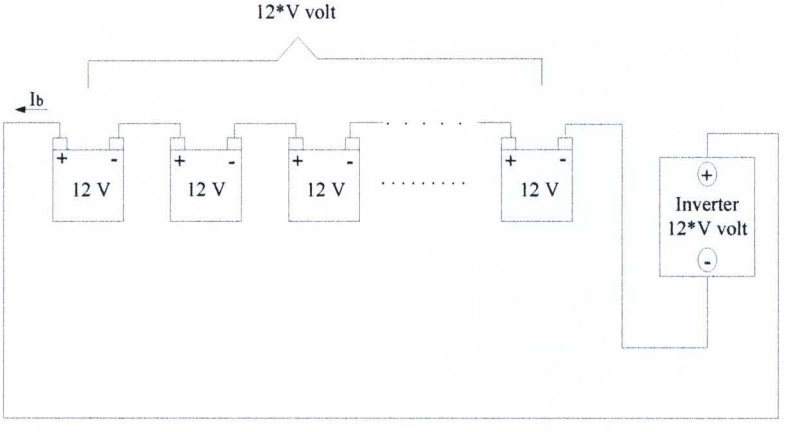
| ประเภทของแบตเตอรี่ | ข้อดี | ข้อเสีย |
|---|---|---|
| ชนิดใช้ลิเทียมเป็นขั้วไฟฟ้า | - ความหนาแน่นของพลังงานมีค่าสูง<br>- มีค่าการคายประจุด้วยตัวเองต่ำเมื่อเทียบกับแบตเตอรี่ชนิดที่ใช้นิกเกิลเป็นขั้วไฟฟ้า<br>- ไม่ต้องบำรุงรักษาบ่อย<br>- ต้องมีการปล่อยประจุออกจากแบตเตอรี่เป็นระยะๆ | - ต้องใช้วงจรการป้องกันเพื่อจำกัดแรงดันและกระแส<br>- มีข้อจำกัดในการขนส่ง โดยเฉพาะถ้าขนส่งในปริมาณมาก |

### 3.4 การต่อชุดแบตเตอรี่

การต่อชุดแบตเตอรี่ หมายถึง การต่อแบตเตอรี่ในการใช้งานเพื่อให้ได้แรงดันและความจุของแบตเตอรี่ตามที่ต้องการ การต่อชุดแบตเตอรี่นั้นสามารถทำได้ 3 วิธีด้วยกัน [19] ได้แก่

#### 3.4.1 การต่อชุดแบตเตอรี่แบบอนุกรม

การต่อชุดแบตเตอรี่แบบนี้ เป็นการต่อเพื่อเพิ่มแรงดันให้เพียงพอและเหมาะสมกับการใช้งาน โดยที่ความจุของแบตเตอรี่จะมีค่าเท่าเดิม การต่อชุดแบตเตอรี่แบบอนุกรมนี้ ขั้วบกของแบตเตอรี่แต่ละตัวจะเชื่อมกับขั้วลบของแบตเตอรี่ตัวถัดไป ซึ่งขนาดแรงดันที่ได้จะมีค่าเท่ากับผลรวมของแรงดันของแบตเตอรี่ทุกตัวที่นำมาต่อ ตัวอย่างเช่นในรูปที่ 3.2 ถ้าแบตเตอรี่แต่ละตัวมีแรงดันขนาด 12 โวลต์ และนำแบตเตอรี่มาต่ออนุกรมกัน x ตัว จะได้คำนวณแรงดันได้ตามสมการที่ (3.3)

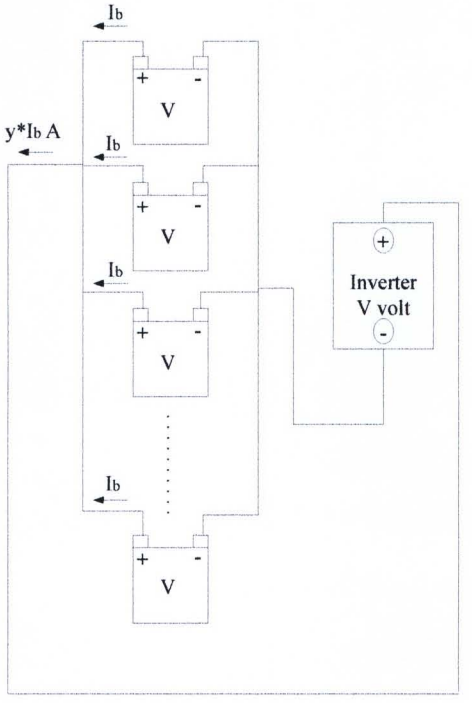



รูปที่ 3.2 การต่อชุดแบตเตอรี่แบบอนุกรม

$$V_{total} = x \times 12 \tag{3.3}$$

### 3.4.2 การต่อชุดแบตเตอรี่แบบขนาน

การต่อชุดแบตเตอรี่แบบขนานเป็นการต่อชุดแบตเตอรี่เพื่อเพิ่มความจุของชุดแบตเตอรี่ให้เพียงพอและเหมาะสมกับการใช้งาน หรือเพิ่มระยะเวลาที่ต้องการสำรองไฟฟ้าไว้ใช้งาน โดยที่แรงดันยังมีขนาดเท่าเดิม การต่อชุดแบตเตอรี่แบบนี้ขั้วบวกของแบตเตอรี่แต่ละตัวจะต่อขนานกับขั้วบวกของแบตเตอรี่ตัวถัดไป และขั้วลบของแบตเตอรี่แต่ละตัวก็จะต่อขนานกับขั้วลบของแบตเตอรี่ตัวถัดไป ความจุของชุดแบตเตอรี่จะมีค่าเท่ากับผลรวมของความจุของแบตเตอรี่แต่ละตัวที่นำมาต่อ ตัวอย่างเช่นในรูปที่ 3.3 ถ้าแบตเตอรี่แต่ละตัวมีขนาดความจุ 290 แอมแปร์-ชั่วโมง และนำแบตเตอรี่มาต่อขนานกัน y ตัว จะได้คำนวณความจุแบตเตอรี่รวมได้ตามสมการที่ (3.4)




รูปที่ 3.3 การต่อชุดแบตเตอรี่แบบขนาน

$$C_{total} = y \times 290 \tag{3.4}$$

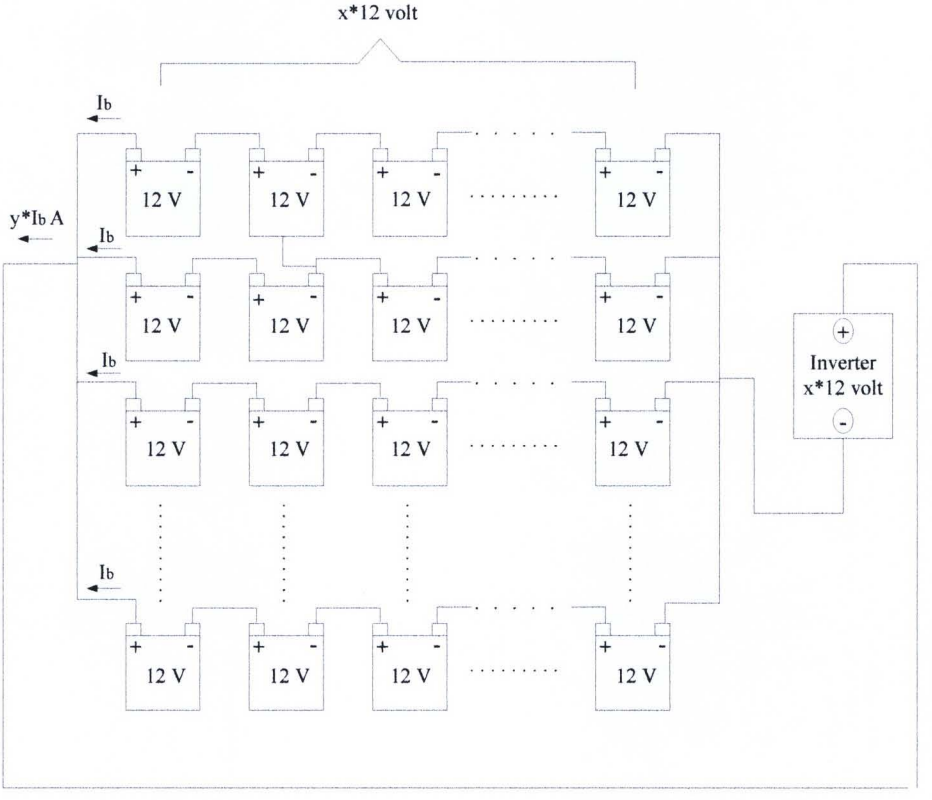
โดยที่

$V$ คือ แรงดันของแบตเตอรี่

$C$ คือ ความจุของแบตเตอรี่

### 3.4.3 การต่อชุดแบตเตอรี่แบบอนุกรมผสมกับแบบขนาน

การต่อแบตเตอรี่แบบนี้เป็นการต่อเพื่อเพิ่มแรงดันและความจุของชุดแบตเตอรี่ให้เพียงพอและเหมาะสมกับการใช้งาน การต่อชุดแบตเตอรี่แบบผสมนี้ สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.4 โดยแรงดันรวมของชุดแบตเตอรี่จะมีค่าเท่ากับผลรวมของแรงดันของแบตเตอรี่ทุกตัวที่นำมาต่อ และความจุของชุดแบตเตอรี่จะมีค่าเท่ากับผลรวมของความจุของแบตเตอรี่แต่ละตัวที่นำมาต่อ




รูปที่ 3.4 การต่อชุดแบตเตอรี่แบบอนุกรมผสมกับแบบขนาน

## 3.5 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกบวงจรแปลงกำลัง

วงจรแปลงกำลังมีหลายชนิดแบ่งได้ตามลักษณะการแปลงกำลัง ได้แก่ วงจรแปลงไฟตรง-ไฟตรง วงจรแปลงไฟตรง-ไฟสลับ วงจรแปลงไฟสลับ-ไฟตรง และวงจรแปลงไฟสลับ-ไฟสลับ แต่วงจรแปลงที่ใช้ร่วมกับแบตเตอรี่จะใช้ วงจรแปลงไฟตรง-ไฟสลับ เพื่อแปลงแรงดันไฟสลับจากระบบส่งเป็นแรงดันไฟตรงเข้าสู่แบตเตอรี่ และวงจรแปลงไฟสลับ-ไฟตรง เพื่อแปลงแรงดันไฟตรงกลับเป็นแรงดันไฟสลับเพื่อจ่ายแรงดันกลับเข้าสู่ระบบส่ง [20-21]

### 3.5.1 วงจรแปลงไฟสลับ-ไฟตรง

วงจรแปลงไฟสลับ-ไฟตรง หรือเรียกว่าวงจรเรียงกระแส หรือ AC-DC คอนเวอร์เตอร์ (AC-DC Converter) ทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟสลับให้เป็นไฟตรง โดยวงจรเรียงกระแสจะใช้ไดโอดเป็นสวิตช์ หรือถ้าใช้ SCR ก็จะเรียกวงจรเรียงกระแสควบคุม (controlled rectifier) สวิตช์เหล่านี้ให้กระแสไหลในทิศทางเดียว กระแสโหลดจึงมีทิศทางเดียว วงจรแปลงกำลังอุดมคติประกอบด้วยสวิตช์ ตัวเก็บประจุ ตัวเหนี่ยวนำ และหม้อแปลง องค์ประกอบอุดมคติไม่มีการสูญเสีย ดังนั้นกำลังเฉลี่ยด้านเข้าจึงเท่ากับกำลังเฉลี่ยด้านออก

วงจรเรียงกระแสมีการนำไปใช้งานอย่างกว้างขวาง เริ่มตั้งแต่กำลังต่ำๆ เช่น ในแหล่งจ่ายกำลังไฟตรงในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ไปจนถึงแหล่งจ่ายกำลังเพื่อการทำอิเล็กโทรไลซิสในอุตสาหกรรมเคมี หรือเพื่อการส่งกำลังผ่านสายส่งแรงสูง และมีการใช้ที่แพร่หลายในอุตสาหกรรม ได้แก่ แหล่งจ่ายกำลังเพื่อขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟตรง และเพื่อสะสมประจุในแบตเตอรี่

### 3.5.2 วงจรแปลงไฟตรง-ไฟสลับ

วงจรแปลงไฟตรง-ไฟสลับ หรือที่เรียกว่า อินเวอร์เตอร์ (Inverter) เป็นวงจรที่จ่ายกำลังไฟสลับให้แก่โหลดโดยสามารถจ่ายกำลังที่แรงดันที่แปรค่าได้และความถี่ที่แปรค่าได้

แหล่งจ่ายแรงดันด้านขาเข้าของอินเวอร์เตอร์อาจเป็นแบตเตอรี่ เซลล์แสงอาทิตย์ ฯลฯ ปริมาณด้านออกของวงจรอินเวอร์เตอร์เป็นปริมาณไฟสลับ ซึ่งอาจเป็นปริมาณ 1 เฟส หรือเป็นปริมาณ 3 เฟส ตัวอย่างการใช้อินเวอร์เตอร์ เช่น แหล่งจ่ายไฟสลับสำรอง แหล่งจ่ายไฟที่ไม่ขาดตอน (Uninterruptible Power Supplies: UPS) วงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟสลับแบบปรับความเร็วได้ เป็นต้น

วงจรแปลงกำลังอิเล็กทรอนิกส์ยังสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ตามชนิดของแหล่งจ่ายไฟตรงว่าเป็นแหล่งจ่ายแรงดันหรือแหล่งจ่ายกระแส ดังนี้

1. **คอนเวอร์เตอร์และอินเวอร์เตอร์ชนิดแหล่งจ่ายแรงดัน** (Voltage-Source Converters: VSCs **และ** Voltage-Source Inverters: VSIs) วงจรแปลงชนิดนี้จะมีแหล่งจ่ายไฟตรงเป็นแหล่งจ่ายแรงดัน และกระแสที่ไหลผ่านสามารถมีค่าเป็นบวกหรือลบ ซึ่งทำให้กำลังไฟฟ้าที่ไหลระหว่างด้านไฟตรงและไฟสลับไหลได้สองทิศทาง (bidierctional) ตามทิศทางของกระแส

2. **คอนเวอร์เตอร์และอินเวอร์เตอร์ชนิดแหล่งจ่ายกระแส** (Current-Source Converters: CSCs **และ** Current-Source Inverters: CSIs) วงจรแปลงชนิดนี้จะมีแหล่งจ่ายไฟตรงเป็นแหล่งจ่ายกระแส และแรงดันของคอนเวอร์เตอร์นี้จะมีค่าเป็นบวกหรือลบ ซึ่งทำให้กำลังไฟฟ้าที่ไหลระหว่างด้านไฟตรงและไฟสลับไหลได้สองทิศทาง (bidierctional) ตามทิศทางของแรงดัน