	วิชา งานระบบกักเก็บพลังงาน **ชื่อหน่วยการสอน ออกแบบมิติแพ็ค** **ชื่องาน การออกแบบมิติและการจัดเรียงแพ็คแบตเตอรี่ (Battery Pack Dimension & Layout Design)**	**หน่วยที่ 2** **ใบงานที่ 1**

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. เพื่อให้ผู้เรียนสามารถคำนวณพื้นที่และมิติของแพ็คแบตเตอรี่ตามจำนวนเซลล์ที่กำหนดได้
2. เพื่อให้ผู้เรียนสามารถออกแบบการจัดเรียงเซลล์ (Configuration) ทั้งแบบอนุกรมและขนานให้ลงตัวกับกล่องบรรจุ (Enclosure)
3. เพื่อให้ผู้เรียนตระหนักถึงระยะห่างความปลอดภัย (Safety Clearance) และทางเดินลมเพื่อระบายความร้อน

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เซลล์แบตเตอรี่ตัวอย่าง (เช่น 18650, 21700 หรือ LiFePO4 Prismatice Cell)
2. เครื่องมือวัด เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ (Vernier Caliper), ตลับเมตร
3. อุปกรณ์ออกแบบ กระดาษกราฟ, ไม้บรรทัด, หรือโปรแกรมออกแบบเบื้องต้น
4. ตารางข้อมูล (Datasheet) ของเซลล์แบตเตอรี่ที่เลือกใช้
5. ตัวอย่างกล่องบรรจุ (Enclosure/Box) หรือพื้นที่จำลองสำหรับติดตั้ง

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน (Design Procedure)

1. Cell Measurement ใช้เวอร์เนียร์วัดขนาด กว้าง x ยาว x สูง (หรือ เส้นผ่านศูนย์กลาง) ของเซลล์จริงอย่างละเอียด
2. Configuration Setting กำหนดระบบไฟฟ้าที่ต้องการ เช่น 4S 2P (อนุกรม 4 ขนาน 2) เพื่อหาจำนวนเซลล์ทั้งหมด
3. Layout Drawing ร่างแบบการจัดเรียงบนกระดาษกราฟ โดยพิจารณา
    3.1 Orientation การวางแนวตั้งหรือแนวนอน
    3.2 Spacing ระยะห่างระหว่างเซลล์ (Cell-to-Cell Gap) อย่างน้อย 1-2 มม. เพื่อการระบายอากาศ
    3.3 Busbar Path ทิศทางของแผ่นตัวนำเชื่อมต่อ (Busbar) เพื่อไม่ให้เกิดการลัดวงจร

4 Enclosure Calculation คำนวณขนาดกล่องบรรจุ โดยต้องบวกเพิ่มพื้นที่สำหรับ
    4.1 วงจร BMS (Battery Management System)
    4.2 วัสดุกันกระแทกและฉนวน (Insulation & Padding)
    4.3 ขั้วต่อภายนอก (Connectors/Terminals)

รายการออกแบบ	**รายละเอียด / ค่าที่คำนวณได้**	**หมายเหตุ**
1. รูปแบบการจัดเรียง (S/P)	..... S ..... P	จำนวนเซลล์รวม ..... ก้อน
2. มิติเฉพาะกลุ่มเซลล์ (กว้าง x ยาว x สูง)	..... x ..... x ..... มม.	รวมระยะห่างระหว่างเซลล์
3. พื้นที่สำหรับติดตั้ง BMS	[ ] ด้านบน [ ] ด้านข้าง	ขนาดพื้นที่ ..... มม.
4. ขนาดมิติรวมภายในกล่อง (Internal)	..... x ..... x ..... มม.	รวมวัสดุกันกระแทก
5. น้ำหนักรวมโดยประมาณ (Total Weight)	..... กิโลกรัม	คำนวณจาก (นน้ำหนักเซลล์ x จำนวน)

	วิชา งานระบบกักเก็บพลังงาน **ชื่อหน่วยการสอน ออกแบบมิติแพ็ค** **ชื่องาน การออกแบบมิติและการจัดเรียงแพ็คแบตเตอรี่ (Battery Pack Dimension & Layout Design)**	**หน่วยที่ 2** **ใบงานที่ 2**

สรุปผลการปฏิบัติงาน

(ให้นักเรียนสรุปเหตุผลที่เลือกการจัดเรียงรูปแบบนี้ และระบุปัญหาที่พบในการจัดสรรพื้นที่ เช่น พื้นที่จำกัดเกินไป หรือการวางตำแหน่ง BMS ที่ยากต่อการเดินสาย)

.....

.....

.....

คำถามเชิงเทคนิค (Technical Design Questions)

1. **ในการออกแบบมิติแพ็ค ทำไมเราจึงไม่ควรวางเซลล์ให้เบียดชิดกันจนแน่นพอดีกับกล่องบรรจุ**
   ตอบ .....
2. **หากตำแหน่งขั้วบวกและขั้วลบของแพ็คอยู่ใกล้กันเกินไป นักเรียนจะมีวิธีออกแบบอย่างไรเพื่อป้องกันการลัดวงจร**
   ตอบ .....

	วิชา **ชื่อหน่วยการสอน วิธีการระบายความร้อนแบตเตอรี่** **ชื่องาน วิธีการและการทดสอบการระบายความร้อนของแบตเตอรี่ (Battery Thermal Management Systems)**	**หน่วยที่ 2** **ใบงานที่ 3**

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจกลไกการเกิดความร้อนในเซลล์แบตเตอรี่ขณะใช้งาน (Charge/Discharge)
2. เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเปรียบเทียบประสิทธิภาพการระบายความร้อนด้วยวิธีต่างๆ ได้
3. เพื่อฝึกทักษะการวัดอุณหภูมิและการจัดวางทางเดินลม (Airflow) ในแพ็คแบตเตอรี่

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. **ชุดแพ็คแบตเตอรี่จำลอง** (ที่มีการจัดเรียงเซลล์ตามใบงานที่ 1)
2. **เครื่องโหลดไฟฟ้า (DC Electronic Load)** เพื่อจำลองการใช้งานให้เกิดความร้อน
3. **เครื่องมือวัดอุณหภูมิ** เทอร์โมมิเตอร์อินฟราเรด (Infrared Thermometer) หรือกล้องถ่ายภาพความร้อน (Thermal Imaging Camera)
4. **อุปกรณ์ระบายความร้อน** พัดลม DC (Air Cooling), แผ่นซิลิโคนระบายความร้อน (Thermal Pad), หรือชุด Heat Sink
5. **PPE** แว่นตานิรภัย, ถุงมือเบา

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน (Experimental Procedure)

1. **Baseline Setup** ติดตั้งเซนเซอร์วัดอุณหภูมิที่จุดกึ่งกลางแพ็ค (Center) และที่ขั้วแบตเตอรี่ (Terminal)
2. **No Cooling Test** จ่ายโหลดไฟฟ้า (Discharge) ที่อัตรา 1C เป็นเวลา 10 นาที โดย **ไม่มี** การระบายความร้อน บันทึกอุณหภูมิทุกๆ 2 นาที
3. **Passive Cooling Setup** ติดตั้ง Thermal Pad หรือ Heat Sink แล้วทำซ้ำขั้นตอนเดิม
4. **Active Cooling Setup** ติดตั้งพัดลมระบายความร้อน (Air Cooling) โดยจัดทิศทางลมให้เป่าผ่านช่องว่างระหว่างเซลล์ (Gap) ที่ออกแบบไว้ในใบงานที่ 2 แล้วทำการทดสอบอีกครั้ง
5. **Data Analysis** นำข้อมูลมาเปรียบเทียบเพื่อดูความแตกต่างของอุณหภูมิสูงสุด (T-max)

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ ไม่ระบายความร้อน (°C)	อุณหภูมิ Passive (แผ่นซิลิโคน) (°C)	อุณหภูมิ Active (พัดลม) (°C)
0 (เริ่ม)			
2			
4			
6			
8			
10 (จบ)			

	วิชา **ชื่อหน่วยการสอน วิธีการระบายความร้อนแบตเตอรี่** **ชื่องาน วิธีการและการทดสอบการระบายความร้อนของแบตเตอรี่ (Battery Thermal Management Systems)**	**หน่วยที่ 2** **ใบงานที่ 4**

สรุปผลการปฏิบัติงาน

(ให้นักเรียนวิเคราะห์ว่าวิธีการระบายความร้อนแบบใดมีประสิทธิภาพสูงสุด และอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นสัมพันธ์กับตำแหน่งการวางเซลล์ที่ "กระจุกตัว" หรือไม่ อย่างไร)

.....

.....

.....

คำถามวิเคราะห์เชิงลึก (Thermal Engineering Questions)

1. **ในแพ็คแบตเตอรี่ขนาดใหญ่ ทำไมอุณหภูมิที่ "กึ่งกลางแพ็ค" มักจะสูงกว่า "ขอบแพ็ค" และมีวิธีแก้ไขอย่างไร**
   ตอบ .....
2. **หากพัดลมระบายความร้อนเสียขณะที่แบตเตอรี่กำลังทำงานหนัก ระบบ BMS ควรจะมีกลไกป้องกันอย่างไร**
   ตอบ .....