	วิชา ระบบกักเก็บพลังงาน **ชื่อหน่วยการสอน การเลือกใช้ BMS ระบุความสามารถในการชาร์จของระบบอัดประจุแบตเตอรี่** **ชื่องาน การเลือกใช้ BMS และการกำหนดสมรรถนะการชาร์จ (BMS Selection & Charging Capability)**	**หน่วยที่ 3** **ใบงานที่ 1**

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเลือกใช้ BMS ที่มีพิกัดการชาร์จ (Charge Rating) สอดคล้องกับระบบอัดประจุได้
2. เพื่อให้ผู้เรียนคำนวณและระบุความสามารถในการชาร์จ (Charging Power) ที่ปลอดภัยสำหรับแพ็คแบตเตอรี่
3. เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่า C-Rate ของแบตเตอรี่กับกระแสชาร์จจาก Charger

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. **BMS (Battery Management System)** หลายขนาด (เช่น 20A, 50A, 100A)
2. **เครื่องอัดประจุแบตเตอรี่ (Adjustable DC Charger)** ที่สามารถปรับแรงดันและกระแสได้
3. **ตารางข้อมูลเซลล์ (Cell Datasheet)** เพื่อดูค่า Standard Charge และ Max Charge Current
4. **มัลติมิเตอร์ และ แคลมป์มิเตอร์ (DC Clamp Meter)** สำหรับวัดกระแสชาร์จจริง
5. **PPE** แว่นตานิรภัย, ถุงมือฉนวน

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน (Analysis & Setting Procedure)

1. **Technical Data Review** ตรวจสอบข้อมูลเซลล์ที่เลือกใช้ (จากใบงานที่ 1) ว่ารองรับกระแสชาร์จมาตรฐานที่กี่ Ampere (ดูค่า $0.5C$ หรือ $1C$ ตามสเปก)
2. **BMS Rating Check** ตรวจสอบบอร์ด BMS ว่าระบุ **Charge Current** ไว้ที่เท่าใด (หมายเหตุ BMS บางรุ่นระบุกระแสชาร์จต่ำกว่ากระแสดีสชาร์จ)
3. **Charger Specification** ตรวจสอบเครื่องชาร์จว่าสามารถจ่ายแรงดันสูงสุด (Full Charge Voltage) และกระแสสูงสุดได้เท่าใด
4. **System Calculation** * คำนวณหาค่า $P (Watt) = V (Voltage) \times I (Current)$ เพื่อหาขนาดกำลังไฟฟ้าที่ระบบต้องการ
5. **Simulation & Recording** * ตั้งค่าเครื่องชาร์จให้เหมาะสมกับระบบ (เช่น ระบบ 4S LiFePO4 ตั้งแรงดันที่ 14.6V)
   5.1 วัดกระแสชาร์จจริงที่ไหลผ่าน BMS เข้าสู่แบตเตอรี่ และสังเกตอุณหภูมิของ BMS

รายการพารามิเตอร์	ข้อมูลที่ระบุ (Specification)	ผลการวัด/คำนวณจริง
1. พิกัดการชาร์จของ BMS (Charge Current)	..... A	..... A
2. พิกัดของเครื่องชาร์จ (Charger Output)	..... A	..... A
3. กำลังไฟฟ้าในการชาร์จ (Charging Power)	..... W	..... W
4. อุณหภูมิสะสมที่ตัว BMS (หลังชาร์จ 10 นาที)	-	..... °C
5. สถานะการทำงานของ BMS	-	☐ ปกติ ☐ ตัดการทำงาน

	วิชา ระบบกักเก็บพลังงาน **ชื่อหน่วยการสอน การเลือกใช้ BMS ระบุความสามารถในการชาร์จของระบบอัดประจุแบตเตอรี่** **ชื่องาน การเลือกใช้ BMS และการกำหนดสมรรถนะการชาร์จ (BMS Selection & Charging Capability)**	**หน่วยที่ 3** **ใบงานที่ 2**

สรุปผลการปฏิบัติงาน

(ให้นักเรียนสรุปว่า "BMS ที่เลือกใช้สามารถรองรับกระแสจากเครื่องชาร์จที่มีอยู่ได้หรือไม่" และ "หากต้องการชาร์จให้เร็วขึ้นโดยไม่เป็นอันตรายต่อเซลล์ ควรปรับปรุงอุปกรณ์ชิ้นใดระหว่าง BMS หรือ Charger")

.....

.....

.....

คำถามเชิงเทคนิค (Technical Questions)

1. **หากแบตเตอรี่มีความจุ 100Ah และระบุค่า Standard Charge ไว้ที่ 0.5C นักเรียนควรตั้งค่ากระแสชาร์จที่เครื่องชาร์จไม่เกินกี่ Ampere**

   ตอบ.....

2. **"Overcharge Protection" ของ BMS จะทำงานเมื่อเกิดสภาวะใด และส่งผลอย่างไรต่อเครื่องชาร์จ**

   ตอบ.....

	วิชา ระบบกักเก็บพลังงาน **ชื่อหน่วยการสอน การเลือกใช้ BMS ระบุความสามารถในการชาร์จของระบบอัดประจุแบตเตอรี่** **ชื่องาน การเลือกใช้ BMS และการกำหนดสมรรถนะการชาร์จ (BMS Selection & Charging Capability)**	**หน่วยที่ 3** **ใบงานที่ 3**

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. เพื่อให้ผู้เรียนสามารถต่อวงจรอนุกรม/ขนาน และเชื่อมต่อระบบ BMS ได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย
2. เพื่อให้ผู้เรียนฝึกทักษะการทดสอบการจ่ายโหลด (Discharge Test) และบันทึกพฤติกรรมของเซลล์
3. เพื่อวิเคราะห์ความสมดุลของแรงดัน (Voltage Balance) ระหว่างเซลล์ขณะใช้งาน

เครื่องมือและอุปกรณ์

- **เซลล์แบตเตอรี่** ที่ผ่านการคัดเลือกแล้ว (เช่น LiFePO4 4 เซลล์ สำหรับระบบ 12.8V)
- **BMS** ขนาดที่เหมาะสมกับระบบ (จากใบงานที่ 4)
- **เครื่องโหลดไฟฟ้า** DC Electronic Load หรือ ชุดหลอดไฟ/ความต้านทานทดสอบ
- **เครื่องมือวัด** ดิจิทัลมัลติมิเตอร์, แคลมป์มิเตอร์ DC, และเทอร์โมมิเตอร์อินฟราเรด
- **อุปกรณ์เชื่อมต่อ** สายไฟเบอร์ใหญ่ (Power Cable), สาย Balance, ขั้วต่อ (Terminals) หรือเครื่อง Spot Welding
- **PPE** แว่นตานิรภัย, ถุงมือฉนวน, และแผ่นฉนวนรองพื้นที่งาน

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน (Assembly & Testing Procedure)

1. **Circuit Connection** ต่อเซลล์แบบอนุกรม (Series) ตามแบบร่างในใบงานที่ 2 โดยใช้บัสบาร์ (Busbar) ขันยึดให้แน่น (ระวังอย่าให้เครื่องมือโลหะพาดโดนขั้วบวกและขั้วลบพร้อมกัน)
2. **BMS Wiring** * เชื่อมต่อสาย **B-** ของ BMS เข้ากับขั้วลบรวมของแพ็คแบตเตอรี่
    2.1 เชื่อมต่อสาย **Balance** ทีละเส้นเรียงจาก Cell 1 ไปจนถึง Cell สุดท้าย (ตรวจสอบแรงดันที่พอร์ตก่อนเสียบเข้าบอร์ดตามใบงานที่ 4)
3. **No-Load Test** วัดแรงดันรวมที่จุดเอาต์พุต (P+ และ P-) ต้องได้ค่าเท่ากับแรงดันรวมของเซลล์
4. **Full-Load Test** เชื่อมต่อเครื่องโหลดไฟฟ้า (DC Load) ตั้งกระแสไว้ที่ 0.5C ของความจุแบตเตอรี่
5. **Observation & Recording** เริ่มเดินเครื่องโหลดเป็นเวลา 15 นาที และบันทึกค่าแรงดันของ "แต่ละเซลล์" ทุกๆ 5 นาที เพื่อดูว่ามีเซลล์ใดแรงดันตกเร็วกว่าปกติหรือไม่

เวลา (นาที)	**แรงดันเซลล์ 1 (V)**	**แรงดันเซลล์ 2 (V)**	**แรงดันเซลล์ 3 (V)**	**แรงดันเซลล์ 4 (V)**	**แรงดันรวม (V)**	**อุณหภูมิ (°C)**
0 (เริ่ม)						
5						
10						
15 (จบ)						
ผลต่าง (Delta V)						

	วิชา ระบบกักเก็บพลังงาน **ชื่อหน่วยการสอน การเลือกใช้ BMS ระบุความสามารถในการชาร์จของระบบอัดประจุแบตเตอรี่** **ชื่องาน การเลือกใช้ BMS และการกำหนดสมรรถนะการชาร์จ (BMS Selection & Charging Capability)**	**หน่วยที่ 3** **ใบงานที่ 4**

สรุปผลการปฏิบัติงาน

(ให้นักเรียนสรุปผลการทดสอบว่า แรงดันของแต่ละเซลล์มีความสอดคล้องกันหรือไม่ มีเซลล์ใดที่เป็น "จุดอ่อน" (Weak Cell) ของระบบหรือไม่ และระบบ BMS สามารถควบคุมการจ่ายไฟได้เสถียรเพียงใด)

.....

.....

.....

6. คำถามท้ายใบงาน (Troubleshooting)

1. **ในระหว่างการทดสอบ หากแรงดันของเซลล์ที่ 2 ตกต่ำลงกว่าเซลล์อื่นอย่างรวดเร็ว (Voltage Sag) จะส่งผลอย่างไรต่อการทำงานของ BMS**
   ตอบ .....
2. **จุดเชื่อมต่อ (Terminals) ที่ขันไม่แน่น ส่งผลอย่างไรต่อผลการทดสอบอุณหภูมิในตารางบันทึกผล**
   ตอบ .....