	วิชา งานระบบกักเก็บพลังงาน **ชื่อหน่วยการสอน ทดสอบความเป็นฉนวน** **ชื่องาน การทดสอบความต้านทานความเป็นฉนวนของระบบกักเก็บพลังงาน (Insulation Resistance Test for ESS)**	**หน่วยที่ 4** **ใบงานที่ 1**

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. เพื่อให้ผู้เรียนสามารถใช้เครื่องทดสอบความเป็นฉนวน (Insulation Tester / Megger) ได้อย่างถูกต้อง
2. เพื่อให้ผู้เรียนตรวจสอบการรั่วไหลของไฟฟ้าระหว่างส่วนที่มีไฟ (Live Parts) กับโครงสร้าง (Chassis/Ground)
3. เพื่อให้ผู้เรียนวิเคราะห์ค่าความปลอดภัยตามมาตรฐานความต้านทานฉนวน (MΩ)

เครื่องมือและอุปกรณ์

- **ชุดแพ็คแบตเตอรี่** ที่ประกอบเสร็จสมบูรณ์จากใบงานที่แล้ว
- **เครื่องมือวัด** Digital Insulation Tester (Megohmmeter) ที่รองรับแรงดันทดสอบ 500V หรือ 1,000V DC
- **สายกราวด์ทดสอบ** สำหรับเชื่อมต่อกับโครงโลหะหรือกล่องบรรจุ
- **PPE สำคัญมาก** ถุงมือกันไฟฟ้า 1,000V, แว่นตานิรภัย, รองเท้าเซฟตี้

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน (Insulation Testing Procedure)

1. **Preparation (เตรียมการ)** ตรวจสอบให้แน่ใจว่าระบบแบตเตอรี่ไม่ได้เชื่อมต่อกับโหลดหรือเครื่องชาร์จ และปิดสวิตช์ตัดตอน (Breaker/Fuse) ทั้งหมด
2. **Safety Check** ผู้ปฏิบัติงานต้องสวมถุงมือกันไฟฟ้า 1,000V ตลอดเวลาที่ใช้เครื่องมือทดสอบ เพราะตัวเครื่องจะปล่อยแรงดันไฟฟ้าสูงออกมา
3. **Connection (การเชื่อมต่อ)**

    3.1 ต่อสายวัดเส้นสีดำ (Earth) เข้ากับโครงโลหะของกล่องบรรจุแบตเตอรี่ (Battery Enclosure)

    3.2 ต่อสายวัดเส้นสีแดง (Line) เข้ากับขั้วบวกรวม (P+) ของชุดแบตเตอรี่

4 **Testing (การทดสอบ)** * ตั้งค่าแรงดันทดสอบที่ 500V DC (สำหรับระบบที่แรงดันไม่เกิน 600V)

    4.1 กดปุ่ม Test ค้างไว้ประมาณ 1 นาที หรือจนกว่าค่าจะนิ่ง แล้วอ่านค่าเป็นหน่วย **$M\Omega$ (เมกะโอห์ม)**

5 **Reverse Test** สลับสายวัดสีแดงมาที่ขั้วลบรวม (P-) แล้วทำการทดสอบซ้ำอีกครั้ง

จุดที่ทำการทดสอบ	แรงดันที่ใช้ทดสอบ (V DC)	ค่าความต้านทานฉนวนที่วัดได้ (MΩ)	ผลกาประเมิน (ผ่าน/ไม่ผ่าน)
1. ขั้วบวก (P+) เทียบกับโครง (Ground)			
2. ขั้วลบ (P-) เทียบกับโครง (Ground)			
3. ระหว่างสายไฟแรงดันสูงกับเคส BMS			

เกณฑ์มาตรฐาน สำหรับระบบกักเก็บพลังงาน ค่าความต้านทานฉนวนควรไม่ต่ำกว่า **100 MΩ** (หรือตามมาตรฐานสากลคือ 500 Ω ต่อแรงดัน 1 โวลต์)

สรุปผลการปฏิบัติงาน

(ให้นักเรียนระบุค่าความต้านทานที่ต่ำที่สุดที่วัดได้ และวิเคราะห์ว่าฉนวนของแพ็คแบตเตอรี่ชุดนี้มีความปลอดภัยเพียงพอที่จะนำไปใช้งานจริงหรือไม่ หากไม่ผ่าน ให้สันนิษฐานจุดที่อาจเกิดไฟรั่ว)

....

....

....

6. คำถามท้ายใบงาน

1. ทำไมเราจึงต้องใช้แรงดันสูง (เช่น 500V) ในการทดสอบความเป็นฉนวน แทนที่จะใช้วิธีวัดโอห์มด้วยมัลติมิเตอร์ธรรมดา
   ตอบ ....
2. หากวัดค่าความเป็นฉนวนได้ 0 MΩ (Zero Ohms) หมายความว่าอย่างไร และควรแก้ไขอย่างไร
   ตอบ ....

	วิชา งานระบบกักเก็บพลังงาน **ชื่อหน่วยการสอน ทดสอบความจุแบตเตอรี่** **ชื่องาน การทดสอบความจุของระบบกักเก็บพลังงาน (Battery Capacity & Discharge Testing)**	**หน่วยที่ 4** **ใบงานที่ 3**

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. เพื่อให้ผู้เรียนสามารถใช้เครื่องทดสอบการคายประจุ (Battery Capacity Tester) ได้อย่างถูกต้อง
2. เพื่อให้ผู้เรียนคำนวณและวัดค่าความจุพลังงานจริงในหน่วย Ampere-hour (Ah) หรือ Watt-hour (Wh) ได้
3. เพื่อวิเคราะห์กราฟการคายประจุ (Discharge Curve) และหาจุดตัดแรงดันที่ปลอดภัย (Low Voltage Cut-off)

เครื่องมือและอุปกรณ์

- **ชุดแพ็คแบตเตอรี่** ที่ผ่านการทดสอบความเป็นฉนวนและติดตั้ง BMS แล้ว (จากใบงานที่ 5)
- **เครื่องทดสอบความจุ (Battery Capacity Tester / Electronic Load)** ที่สามารถบันทึกค่า Ah ได้
- **เครื่องประจุไฟ (Charger)** สำหรับประจุไฟให้เต็มก่อนเริ่มการทดสอบ
- **เครื่องมือวัด** DC Clamp Meter, มัลติมิเตอร์, และเครื่องวัดอุณหภูมิอินฟราเรด
- PPE แว่นตานิรภัย, ถุงมือฉนวน

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน (Capacity Testing Procedure)

1 **Full Charge** ทำการประจุไฟแบตเตอรี่ให้เต็ม (SOC 100%) จนกระทั่ง BMS ตัดการทำงาน หรือกระแสชาร์จลดลงใกล้ศูนย์

2 **Resting** ปล่อยให้แบตเตอรี่พัก (Resting) เป็นเวลา 30-60 นาที เพื่อให้สารเคมีภายในเสถียรและแรงดันคงที่

3 **Tester Setup** * เชื่อมต่อแบตเตอรี่เข้ากับเครื่อง Capacity Tester

 3.1 ตั้งค่ากระแสคายประจุ (Discharge Current) เช่น **0.2C หรือ 0.5C** (ตามมาตรฐานการทดสอบ)

 3.2 ตั้งค่าแรงดันตัดการทำงาน (Cut-off Voltage) เช่น **2.5V ต่อเซลล์** (สำหรับ LiFePO4) หรือตามที่คู่มือระบุ

4 **Discharge Start** เริ่มทำการคายประจุ และบันทึกค่าแรงดันและกระแสทุกๆ 15-30 นาที

5 **Monitoring** คอยสังเกตอุณหภูมิของสายไฟ ขั้วต่อ และตัวเซลล์แบตเตอรี่ (ห้ามเกิน 60°C)

6 **Data Recording** เมื่อเครื่องตัดการทำงาน ให้บันทึกค่า Ah และ Wh ทั้งหมดที่วัดได้

เวลา (นาที)	แรงดันรวม (V)	กระแส (A)	ความจุที่จ่ายออกมา (Ah)	อุณหภูมิเซลล์ (°C)
0 (เริ่ม)			0	
30				
60				
90				
...				
สิ้นสุดการทดสอบ	รวม Ah ที่ได้		รวม Wh ที่ได้	อุณหภูมิสูงสุด

สรุปผลการปฏิบัติงาน

(ให้นักเรียนเปรียบเทียบค่าความจุที่วัดได้จริง กับค่าความจุที่ระบุไว้ในสเปก (Nominal Capacity) คิดเป็นกี่เปอร์เซ็นต์ และวิเคราะห์ว่าแบตเตอรี่ชุดนี้พร้อมสำหรับการใช้งานจริงหรือไม่)

....

....

....

---

6. คำถามวิเคราะห์ผล

1. **หากใช้กระแสในการคายประจุ (Discharge) สูงขึ้น (เช่น จาก 0.2C เป็น 1C) ผลของค่าความจุ (Ah) ที่วัดได้จะเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร**

   ตอบ ....

2. **ทำไมเราจึงต้องตั้งค่า "Cut-off Voltage" ไว้ที่เครื่องทดสอบ แม้ว่าเราจะมี BMS ควบคุมอยู่แล้วก็ตาม**

   ตอบ ....