	วิชา เทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้า **ชื่อหน่วยการสอน ระบบความปลอดภัย** **ชื่องาน ระบบความปลอดภัยในยานยนต์ไฟฟ้า (EV Safety Systems & Protection)**	**หน่วยที่ 3** **ใบงานที่ 1**

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. เพื่อให้ผู้เรียนสามารถระบุและอธิบายการทำงานของระบบความปลอดภัยในรถยนต์ไฟฟ้าได้
2. เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเลือกใช้และตรวจสอบอุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล (PPE) ได้ถูกต้อง
3. เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจขั้นตอนการตัดวงจรไฟแรงดันสูง (De-energizing) อย่างปลอดภัย

อุปกรณ์และเครื่องมือความปลอดภัย

1. **ถุงมือกันไฟฟ้า (Insulated Gloves)** ต้องเป็น Class 0 (ทนแรงดันได้ 1,000V) พร้อมถุงมือหนังชั้นนอก
2. **ชุดเครื่องมือฉนวน (Insulated Tools)** ประแจและไขควงที่มีฉนวนหุ้มมาตรฐาน IEC 60900
3. **เครื่องวัดแรงดันไฟฟ้า (Digital Multimeter)** มาตรฐาน CAT III 1000V หรือ CAT IV 600V
4. **ป้ายเตือนและกรวยกั้น** สำหรับกำหนดเขตพื้นที่ปฏิบัติงานแรงดันสูง

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

1. **การตรวจสอบอุปกรณ์ PPE (PPE Inspection)**
    1. ตรวจสอบถุงมือกันไฟฟ้าด้วยการ "เป่าลม" เพื่อเช็ครอยรั่ว (Air Leak Test)
    2. ตรวจสอบวันหมดอายุและสภาพฉนวนของเครื่องมือช่าง
2. **การระบุตำแหน่งระบบความปลอดภัยบนตัวรถ**
    1. ค้นหาและระบุตำแหน่งของ **Manual Service Disconnect (MSD)** หรือปลั๊กนิรภัย
    2. ตรวจสอบตำแหน่งของ **Interlock Loop** (วงจรเซนเซอร์ที่ตัดไฟทันทีเมื่อมีอุปกรณ์แรงดันสูงถูกเปิดออก)
    3. ตรวจสอบระบบ **Impact Sensor** (เซนเซอร์ตัดไฟเมื่อเกิดการชน)
3. **การเตรียมการตัดระบบไฟ (Safety Lockdown)**
    1. สาธิตการปิดสวิตช์กุญแจ (OFF) และนำกุญแจออกห่างจากรถ (Key Management)
    2. ระบุขั้นตอนการถอดขั้วลบแบตเตอรี่ 12V ก่อนการถอดปลั๊ก MSD

ตารางบันทึกผลการตรวจสอบระบบความปลอดภัย (Safety System Log)

รายการตรวจสอบความปลอดภัย	ผลการประเมินสภาพ	หมายเหตุ/ตำแหน่งที่พบ
1. ถุงมือกันไฟฟ้า (Class 0)	☐ ผ่าน ☐ ชำรุด	ทดสอบการกักเก็บลมแล้ว
2. ปลั๊กนิรภัย (MSD)	☐ พร้อมใช้งาน ☐ ชำรุด	ตำแหน่ง .....
3. สัญลักษณ์คำเตือนแรงดันสูง	☐ ชัดเจน ☐ เลือนลาง	บนฝาครอบอุปกรณ์สีส้ม
4. ระบบสายดิน (Bonding)	☐ แน่นหนา ☐ หลวม	.....
5. เครื่องวัด Multimeter (CAT)	☐ CAT III/IV ☐ ต่ำกว่าเกณฑ์	.....

	วิชา เทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้า **ชื่อหน่วยการสอน ระบบความปลอดภัย** **ชื่องาน การกู้ภัยและการจัดการเหตุฉุกเฉินในยานยนต์ไฟฟ้า (EV Emergency Response)**	**หน่วยที่ 3** **ใบงานที่ 2**

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. เพื่อให้ผู้เรียนสามารถระบุตำแหน่งสายตัดไฟฉุกเฉิน (First Responder Cut Loop) ได้ถูกต้อง
2. เพื่อให้ผู้เรียนรู้วิธีการใช้ถังดับเพลิงที่เหมาะสมกับเหตุการณ์ไฟไหม้แบตเตอรี่
3. เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจขั้นตอนการช่วยเหลือผู้ประสบภัยในรถไฟฟ้าอย่างปลอดภัย

อุปกรณ์และป้ายสัญลักษณ์

1. **Emergency Rescue Guide (ERG)** คู่มือการกู้ภัยเฉพาะรุ่นของรถยนต์ไฟฟ้า
2. **ถังดับเพลิงชนิด Class ABC หรือ Class D** (สำหรับการสาธิตและเปรียบเทียบ)
3. **เครื่องวัดอุณหภูมิอินฟราเรด (Infrared Thermometer)** เพื่อตรวจเช็คความร้อนสะสมในแบตเตอรี่
4. **ป้ายเครื่องหมาย** "High Voltage Hazard" และ "Danger Do Not Touch"

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

1. **การระบุจุดตัดไฟสำหรับกู้ภัย (First Responder Cut Point)**
    1. ค้นหา **"สายตัดไฟฉุกเฉิน" (Cut Loop)** มักเป็นสายไฟเส้นเล็กที่มีป้ายรูปกรรไกรกำกับ (ตำแหน่งมักอยู่ห้องเครื่องหรือท้ายรถ)
    2. ระบุความแตกต่างระหว่างการถอด MSD (ใบงานที่ 3.1) กับการตัดสาย Cut Loop ในกรณีฉุกเฉิน
2. **การประเมินสถานการณ์ความร้อน (Thermal Runaway Assessment)**
    1. ใช้เครื่องวัดอุณหภูมิอินฟราเรดสแกนที่พื้นผิวแพ็คแบตเตอรี่
    2. สังเกตสัญญาณอันตราย เสียงเดือด (Hissing), ควันพุ่งออกมาจากใต้ท้องรถ หรือกลิ่นเคมี
3. **การระบุตำแหน่งถังน้ำมันเชื้อเพลิง (กรณีรถ HEV/PHEV)**
    1. ระบุความเสี่ยงซ้ำซ้อนในรถไฮบริดที่มีทั้งระบบไฟฟ้าแรงดันสูงและเชื้อเพลิงไวไฟ

ตารางบันทึกการสำรวจจุดกู้ภัย (Rescue Data Log)

รายการสำรวจ	ตำแหน่งที่พบในรถตัวอย่าง	วิธีการจัดการในเหตุฉุกเฉิน
1. สายตัดไฟฉุกเฉิน (Cut Loop)	.....	☐ตัดให้ขาด ☐ดึงออก
2. ตำแหน่งแบตเตอรี่ 12V	.....	ตัดวงจรเพื่อดับถุงลมนิรภัย
3. ตำแหน่งถังน้ำมัน (ถ้ามี)	.....	ระวังการรั่วไหลและการติดไฟ
4. จุดยึดลากจูง (Towing Eye)	.....	☐ลากล้อแตะพื้น ☐ยกสไลด์
5. สภาพแบตเตอรี่ HV	☐ปกติ ☐มีรอยบุบ/รั่ว	.....

	วิชา เทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้า **ชื่อหน่วยการสอน ระบบความปลอดภัย** **ชื่องาน การตรวจสอบความต้านทานฉนวนและระบบตรวจจับไฟรั่ว (Insulation Resistance & Monitoring System)**	**หน่วยที่ 3** **ใบงานที่ 3**

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจการทำงานของระบบ **Insulation Monitoring Sensor** ที่อยู่ในตัวรถ
2. เพื่อให้ผู้เรียนสามารถใช้เครื่องวัดความเป็นฉนวน (Insulation Tester/Megger) ได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย
3. เพื่อให้ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์ค่าความต้านทานฉนวนเพื่อประเมินความปลอดภัยของระบบแรงดันสูงได้

อุปกรณ์และเครื่องมือตรวจสอบ

1. **Insulation Tester (Megohmmeter)** มาตรฐานสำหรับการวัดค่าความต้านทานในระดับ Megaohm (MΩ)
2. **Digital Multimeter** มาตรฐาน CAT III/IV
3. **ชุด PPE เต็มรูปแบบ** ถุงมือกันไฟฟ้า Class 0, แว่นตานิรภัย, รองเท้าเซฟตี้
4. **รถยนต์ไฟฟ้าตัวอย่าง** ที่ผ่านการตัดระบบไฟ (De-energized) เรียบร้อยแล้ว

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

1. **การวิเคราะห์ระบบตรวจจับไฟรั่ว (Built-in IMD)**
    1. ศึกษาการทำงานของชุดควบคุมแบตเตอรี่ (BMS) ในการตรวจจับค่าความเป็นฉนวนระหว่างขั้วบวก/ลบ ของแบตเตอรี่เทียบกับโครงรถ (Chassis)
    2. สังเกตสัญลักษณ์เตือนบนหน้าปัด (รูปตัวรถพร้อมเครื่องหมายตกใจ หรือข้อความ "Electrical System Error")
2. **การทดสอบความต้านทานฉนวน (Insulation Resistance Test)**
    1. **ข้อควรระวัง** ต้องมั่นใจว่าระบบไฟแรงดันสูงถูกตัดขาด (MSD Removed) และแรงดันตกค้างเป็น 0V แล้วเท่านั้น
    2. ใช้เครื่อง Insulation Tester จ่ายแรงดันตามที่ผู้ผลิตกำหนด (เช่น 500V DC)
    3. วัดความต้านทานระหว่าง
        1. สายไฟแรงดันสูงขั้วบวก (+) กับโครงรถ (Ground)
        2. สายไฟแรงดันสูงขั้วลบ (-) กับโครงรถ (Ground)
3. **การตรวจสอบระบบ Interlock (HVIL - High Voltage Interlock Loop)**
    1. ตรวจสอบขั้วต่อ (Connector) ของอุปกรณ์แรงดันสูง ว่าหากมีการถอดออก ระบบจะตัดไฟหลักทันทีหรือไม่

ตารางบันทึกผลการวัดค่าความต้านทานฉนวน (Insulation Test Log)

จุดที่ทำการวัด (เทียบกับกราวด์/ตัวถัง)	แรงดันที่ใช้ทดสอบ (V)	ค่าความต้านทานที่วัดได้ (MΩ)	ผลการประเมินสภาพ
1. ขั้วบวกคอมเพรสเซอร์แอร์	500V DC	..... MΩ	☐ ผ่าน ☐ ไม่ผ่าน
2. ขั้วลบอินเวอร์เตอร์	500V DC	..... MΩ	☐ ผ่าน ☐ ไม่ผ่าน
3. สายไฟมอเตอร์ขับเคลื่อน	500V DC	..... MΩ	☐ ผ่าน ☐ ไม่ผ่าน
4. พอร์ตชาร์จไฟ (DC Port)	500V DC	..... MΩ	☐ ผ่าน ☐ ไม่ผ่าน

	วิชา เทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้า **ชื่อหน่วยการสอน ระบบความปลอดภัย** **ชื่องาน ระบบจัดการแบตเตอรี่และระบบตัดวงจรอัตโนมัติ (BMS & High Voltage Contactor)**	**หน่วยที่ 3** **ใบงานที่ 4**

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. เพื่อให้ผู้เรียนระบุหน้าที่ของระบบจัดการแบตเตอรี่ (BMS) ในด้านความปลอดภัยได้
2. เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจกลไกการทำงานของคอนแทคเตอร์ (Main Contactors) และฟิวส์แรงดันสูง
3. เพื่อให้ผู้เรียนสามารถใช้เครื่องสแกนตรวจสอบสถานะ "ความผิดปกติ" ของระบบความปลอดภัยได้

ข้อมูลทางเทคนิคเบื้องต้น ระบบความปลอดภัยอัตโนมัติประกอบด้วย

1. **BMS (Battery Management System)** คอยเฝ้าระวังอุณหภูมิและแรงดัน ไม่ให้เกินค่าวิกฤต
2. **Main Contactors** สวิตช์แม่เหล็กไฟฟ้าขนาดใหญ่ ทำหน้าที่ตัด-ต่อไฟแรงดันสูงออกจากแพ็คแบตเตอรี่
3. **Pre-charge Resistor** ตัวต้านทานป้องกันกระแสกระชากขณะเริ่มเปิดระบบ
4. **High Voltage Fuse** ฟิวส์หลักที่ออกแบบมาเพื่อตัดวงจรเมื่อเกิดการลัดวงจรอย่างรุนแรง

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

1. **การสังเกตการทำงานของคอนแทคเตอร์ (Contactor Operation)**
    1. ในสภาพแวดล้อมที่เงียบ ให้ผู้เรียนเปิดระบบรถ (Ready Mode)
    2. ฟังเสียง "แต็ก" จากบริเวณแพ็คแบตเตอรี่ (เสียงการทำงานของคอนแทคเตอร์)
    3. บันทึกความแตกต่างของเสียงขณะ "เปิดระบบ" และ "ปิดระบบ"
2. **การตรวจสอบสถานะผ่านเครื่องวินิจฉัย (Diagnostic Check)**
    1. เชื่อมต่อเครื่องสแกน OBD-II เข้ากับรถ
    2. เข้าไปที่เมนู **Battery Management System (BMS)**
    3. ตรวจสอบค่า **Contactors State** (Open/Closed) และ **Isolation Status**
3. **การวิเคราะห์ระบบป้องกันอุณหภูมิ (Overheat Protection)**
    1. ตรวจสอบค่าอุณหภูมิแบตเตอรี่ (Battery Temperature) ในแต่ละโมดูล
    2. ศึกษาเงื่อนไขว่าที่อุณหภูมิเท่าใด BMS จะสั่งจำกัดกำลัง (Power Limiting) หรือสั่งตัดการทำงาน

	วิชา เทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้า **ชื่อหน่วยการสอน ระบบความปลอดภัย** **ชื่องาน ระบบจัดการแบตเตอรี่และระบบตัดวงจรอัตโนมัติ (BMS & High Voltage Contactor)**	**หน่วยที่ 3** **ใบงานที่ 5**

ตารางบันทึกการทำงานของระบบตัดต่อไฟ (System Control Log)

รายการตรวจสอบ	ผลการสังเกต/ค่าที่วัดได้	สถานะระบบ
1. เสียงการทำงานคอนแทคเตอร์	[ ] ได้ยินชัดเจน [ ] ไม่ได้ยินเสียง	[ ] ปกติ [ ] ผิดปกติ
2. สถานะความต้านทานฉนวน	วัดได้ ..... M\Omega	[ ] ปลอดภัย [ ] อันตราย
3. อุณหภูมิแบตเตอรี่สูงสุด	 C	[ ] ปกติ [ ] ร้อนเกิน
4. สถานะ High Voltage Interlock	[ ] Closed (วงจรครบ) [ ] Open	[ ] พร้อมทำงาน
5. แรงดันไฟฟ้าก่อน-หลังคอนแทคเตอร์	 V	[ ] สมดุล [ ] ไม่สมดุล

การบันทึกเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

	วิชา เทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้า **ชื่อหน่วยการสอน ระบบความปลอดภัย** **ชื่องาน ระบบความปลอดภัยในการประจุไฟฟ้า (EV Charging Safety & Grounding)**	**หน่วยที่ 3** **ใบงานที่ 6**

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. เพื่อให้ผู้เรียนสามารถตรวจสอบระบบสายดิน (Grounding) ของสถานีชาร์จได้อย่างถูกต้อง
2. เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจหน้าที่ของระบบ **RCD (Residual Current Device)** ทั้ง Type A และ Type B
3. เพื่อให้ผู้เรียนสามารถระบุความปลอดภัยของโปรโตคอลการสื่อสารระหว่างรถและเครื่องชาร์จ (Control Pilot)

อุปกรณ์และเครื่องมือตรวจสอบ

1. **EVSE Tester / Simulator** อุปกรณ์จำลองสถานะการชาร์จและตรวจสอบความผิดปกติ
2. **Earth Resistance Tester** เครื่องวัดความต้านทานหลักดิน
3. **RCD Tester** เครื่องทดสอบการตัดกระแสไฟรั่ว
4. **PPE** รองเท้าเซฟตี้พื้นยาง และไขควงลองไฟมาตรฐาน 1,000V

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

1. **การตรวจสอบระบบสายดิน (Grounding Inspection)**
    1. ใช้เครื่องวัดความต้านทานหลักดิน ตรวจวัดค่าความต้านทานของหลักดินที่ต่อกับเครื่องชาร์จ (ค่ามาตรฐานควรน้อยกว่า 5 โอห์ม)
    2. ตรวจสอบความแน่นหนาของจุดเชื่อมต่อสายดินภายในตู้ EV Charger
2. **การทดสอบระบบตัดไฟรั่ว (RCD Testing)**
    1. ใช้ RCD Tester ทดสอบการตัดกระแสไฟที่ 30mA
    2. อธิบายความแตกต่างว่าทำไมรถ EV ต้องใช้ **RCD Type B** (ซึ่งสามารถตรวจจับไฟรั่วกระแสตรง DC Leakage ได้)
3. **การตรวจสอบสัญญาณสื่อสาร (Control Pilot - CP Signal)**
    1. ใช้ EVSE Tester จำลองสถานะต่างๆ เช่น
        - **State A** ไม่ได้เสียบปลั๊ก (12V)
        - **State B** เสียบปลั๊กแล้วแต่ยังไม่ชาร์จ (9V)
        - **State C** กำลังชาร์จ (6V)
    2. ตรวจสอบว่าหากสายดินหลุด ระบบต้องหยุดจ่ายไฟทันที (Proximity Pilot - PP Check)

ตารางบันทึกผลการตรวจสอบความปลอดภัยของจุดชาร์จ (Charging Safety Log)

รายการตรวจสอบ	ค่าที่วัดได้ / สถานะ	ผลการประเมิน
1. ความต้านทานหลักดิน (Earth)	..... Ω	☐ ผ่าน ☐ ไม่ผ่าน
2. การตัดไฟของ RCD (30mA)	..... ms	☐ ตัดปกติ ☐ ไม่ตัด
3. แรงดันสัญญาณ State B (9V)	 V	☐ ปกติ ☐ ผิดปกติ
4. สภาพทางกายภาพของหัวชาร์จ	☐ สมบูรณ์ ☐ มีรอยไหม้	.....
5. ระบบป้องกันไฟกระชาก (Surge)	☐ มีติดตั้ง ☐ ไม่มี	.....

	วิชา เทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้า **ชื่อหน่วยการสอน ระบบความปลอดภัย** **ชื่องาน ระบบเบรกอัจฉริยะและความปลอดภัยของระบบควบคุมการทรงตัว (EV Regenerative Braking & ESC Safety)**	**หน่วยที่ 3** **ใบงานที่ 7**

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจการทำงานร่วมกันระหว่างระบบเบรกไฟฟ้า (Regen) และเบรกไฮดรอลิก
2. เพื่อให้ผู้เรียนสามารถตรวจสอบความปลอดภัยของเซนเซอร์ความเร็วล้อ (Wheel Speed Sensor)
3. เพื่อให้ผู้เรียนระบุสภาวะความปลอดภัยเมื่อระบบเบรกไฟฟ้าถูกจำกัดการทำงาน (Regen Limited)

ข้อมูลทางเทคนิคเบื้องต้น

ในรถ EV ระบบความปลอดภัยของเบรกมีความซับซ้อนกว่ารถทั่วไป

1. **Regenerative Braking** การใช้มอเตอร์เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อชะลอรถ
2. **i-Booster / e-Brake** ระบบหม้อลมเบรกไฟฟ้าที่ไม่ใช้สุญญากาศจากเครื่องยนต์
3. **Fail-safe Mode** ระบบจะสลับไปใช้เบรกไฮดรอลิก 100% ทันทีหากระบบไฟฟ้าขัดข้อง

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

1. **การตรวจสอบระบบเบรกไฟฟ้า (Regenerative Check)**
    1. สังเกตบนแผงหน้าปัดขณะขับขี่หรือจำลองสถานการณ์
    2. ตรวจสอบสัญลักษณ์ **"Regen Limited"** (มักปรากฏเมื่อแบตเตอรี่เต็ม 100% หรือแบตเตอรี่เย็นจัด) และวิเคราะห์ความปลอดภัยในการกะระยะเบรกที่เปลี่ยนไป
2. **การตรวจสอบเซนเซอร์ความเร็วล้อ (Wheel Speed Sensor Inspection)**
    1. ยกรถขึ้นและตรวจสอบสายไฟเซนเซอร์ที่ล้อทั้ง 4 (เซนเซอร์นี้สำคัญมากต่อการคำนวณการหน่วงของมอเตอร์)
    2. ตรวจสอบว่าไม่มีเศษโลหะเกาะที่หัวเซนเซอร์ซึ่งอาจรบกวนสัญญาณแม่เหล็ก
3. **การทดสอบระบบ i-Booster เบื้องต้น**
    1. เหยียบเบรกขณะรถอยู่ในสถานะ "OFF" และ "Ready" เพื่อเปรียบเทียบน้ำหนักการกด
    2. ฟังเสียงการทำงานของมอเตอร์ปั๊มเบรกไฟฟ้า

ตารางบันทึกผลการตรวจสอบระบบเบรกและความปลอดภัย (Braking Safety Log)

รายการตรวจสอบ	ผลการตรวจสอบ	หมายเหตุ
1. สภาพสายไฟเซนเซอร์ล้อ	☐ปกติ ☐ชำรุด/แตก	.....
2. ระดับน้ำมันเบรก (DOT 4/5.1)	☐ Max ☐ Min	.....
3. เสียงปั๊มเบรกไฟฟ้า (i-Booster)	☐ทำงานปกติ ☐เงียบผิดปกติ	.....
4. สถานะ Regen บนหน้าปัด	☐พร้อมใช้งาน ☐ถูกจำกัด	.....
5. การตอบสนองเมื่อเบรกกะทันหัน	☐ABS ทำงานปกติ	.....

	วิชา เทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้า **ชื่อหน่วยการสอน ระบบความปลอดภัย** **ชื่องาน ระบบจัดการความปลอดภัยเมื่อเกิดการชน (EV Collision Safety & High Voltage Cut-off)**	**หน่วยที่ 3** **ใบงานที่ 8**

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. เพื่อให้ผู้เรียนสามารถระบุกลไกการทำงานของสวิตช์ตัดไฟอัตโนมัติ (Inertia Switch/Pyroswitch) ได้
2. เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจการทำงานร่วมกันระหว่างถุงลมนิรภัย (SRS Airbag) และการตัดระบบแรงดันสูง
3. เพื่อให้ผู้เรียนสามารถตรวจสอบสถานะระบบหลังเกิดอุบัติเหตุเพื่อการซ่อมบำรุงที่ปลอดภัย

ข้อมูลทางเทคนิคเบื้องต้น

เมื่อรถยนต์ไฟฟ้าเกิดการชนรุนแรง ระบบความปลอดภัยจะทำงานดังนี้

1. **Pyroswitch (Battery Disconnect)** ตัวจุดระเบิดขนาดเล็กที่จะ "ตัด" วงจรแบตเตอรี่หลักออกทันทีด้วยความเร็วระดับมิลลิวินาที
2. **Inertia Switch** เซนเซอร์ตรวจจับแรงกระแทกที่จะส่งสัญญาณให้ BMS ตัดการทำงานของคอนแทคเตอร์
3. **High Voltage Discharge** ระบบจะทำการคายประจุไฟฟ้าที่ค้างอยู่ในอินเวอร์เตอร์ทิ้งภายในเวลาไม่กี่วินาที เพื่อไม่ให้ตัวถังรถมีไฟรั่ว

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

1. **การระบุตำแหน่งเซนเซอร์ตรวจจับการชน (Impact Sensor Identification)**
    1. ระบุตำแหน่งเซนเซอร์บริเวณกันชนหน้าและด้านข้างของรถตัวอย่าง
    2. ตรวจสอบว่าสายไฟของเซนเซอร์ (มักมีปลอกหุ้มสีเหลืองสำหรับระบบ SRS) อยู่ในสภาพสมบูรณ์
2. **การตรวจสอบสถานะ Pyroswitch (Physical & Diagnostic Check)**
    1. เปิดฝาครอบแบตเตอรี่ 12V หรือจุดที่ติดตั้ง Pyroswitch (ตามสเปกของรถแต่ละรุ่น)
    2. ใช้เครื่องสแกน OBD-II ตรวจสอบ Log ของระบบความปลอดภัยว่ามีการแจ้งเตือน "Crash Event" หรือไม่
3. **การสาธิตการคายประจุ (Active Discharge Concept)**
    1. เรียนรู้การวัดแรงดันไฟฟ้าที่ขั้ว Inverter หลังจากปิดสวิตช์รถ (ต้องรอตามระยะเวลาที่ผู้ผลิตกำหนด เพื่อให้มั่นใจว่าระบบ Discharge ทำงานสมบูรณ์)

ตารางบันทึกการตรวจสอบระบบความปลอดภัยหลังการชน (Collision Safety Log)

รายการตรวจสอบ	ผลการสังเกต/สถานะ	ข้อสรุปทางด้านความปลอดภัย
1. สภาพเซนเซอร์กระแทกหน้า	☐ปกติ ☐มีรอยแตก	.....
2. สถานะ Pyroswitch	☐ปกติ ☐ทำงานแล้ว (Circuit Open)	.....
3. ไฟแจ้งเตือน SRS บนหน้าปัด	☐ดับปกติ [ ] ติดค้าง	.....
4. แรงดันไฟฟ้าค้างในระบบ (V)	วัดได้ V	[ ] ปลอดภัย (<60V) [ ] อันตราย
5. สภาพสายไฟแรงดันสูงสีส้ม	☐ไม่มีรอยถลอก ☐มีความเสียหาย	.....

	วิชา เทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้า **ชื่อหน่วยการสอน ระบบความปลอดภัย** **ชื่องาน ความปลอดภัยทางไซเบอร์และการจัดการระบบล็อกอัจฉริยะ (EV Cybersecurity & Access Safety)**	**หน่วยที่ 3** **ใบงานที่ 9**

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจกลไกความปลอดภัยของระบบกุญแจดิจิทัล (Digital Key) และการเข้าถึงรถผ่านแอปพลิเคชัน
2. เพื่อให้ผู้เรียนสามารถตั้งค่าและยกเลิกการเข้าถึงระบบรถ (Factory Reset/Access Revoke) เมื่อมีการเปลี่ยนมือเจ้าของ
3. เพื่อให้ผู้เรียนตระหนักถึงความปลอดภัยของข้อมูลในการเชื่อมต่อระบบวินิจฉัยออนไลน์

ข้อมูลทางเทคนิคเบื้องต้น

รถยนต์ไฟฟ้าสมัยใหม่เปรียบเสมือน "คอมพิวเตอร์ล้อเลื่อน" ซึ่งมีความเสี่ยงดังนี้

1. **Gateway Module** ทำหน้าที่เป็นกำแพงไฟ (Firewall) กั้นระหว่างโลกภายนอกกับระบบควบคุมการขับเคลื่อน
2. **OTA (Over-The-Air) Security** ระบบตรวจสอบความถูกต้องของซอฟต์แวร์ก่อนการติดตั้งเพื่อป้องกันมัลแวร์
3. **Immobilizer System** ระบบตัดการทำงานของมอเตอร์หากไม่สามารถยืนยันตัวตนผ่านกุญแจที่ถูกต้องได้

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

1. **การตรวจสอบระบบล็อกและยืนยันตัวตน (Authentication Check)**
    1. ทดสอบระยะการทำงานของกุญแจรีโมท และระบบ NFC (Key Card)
    2. ตรวจสอบสถานะการล็อกของพอร์ตชาร์จ (Charging Port Lock) เพื่อป้องกันการถอดสายโดยไม่ได้รับอนุญาต
2. **การจัดการสิทธิ์การเข้าถึง (Access Management)**
    1. สาธิตขั้นตอนการ "Unpair" โทรศัพท์มือถือออกจากตัวรถ
    2. ตรวจสอบเมนู **Privacy & Security** ในหน้าจออินโฟเทนเมนต์ เพื่อปิดการระบุตำแหน่ง (Location Tracking) เมื่อต้องการความเป็นส่วนตัว
3. **การตรวจสอบความปลอดภัยของพอร์ตเชื่อมต่อ (OBD-II Security)**
    1. ตรวจสอบว่ามีการติดตั้งอุปกรณ์แปลกปลอมที่พอร์ต OBD-II หรือไม่ (ซึ่งอาจถูกใช้ในการคัดลอกรหัสกุญแจ)

ตารางบันทึกผลการตรวจสอบความปลอดภัยดิจิทัล (Digital Safety Log)

รายการตรวจสอบ	สถานะการทำงาน	หมายเหตุ
1. ระบบ Keyless Entry	☐ ปกติ ☐ตอบสนองช้า	.....
2. ระบบล็อกพอร์ตชาร์จ	☐ล็อกแน่น ☐ไม่ล็อก	.....
3. ประวัติการเชื่อมต่อ Bluetooth	☐ลบข้อมูลเก่าแล้ว	อุปกรณ์ที่ค้างอยู่ .....
4. เวอร์ชันความปลอดภัย (Security Patch)	☐เป็นปัจจุบัน	เวอร์ชั่นล่าสุด .....
5. ระบบแจ้งเตือนผ่านแอปฯ	☐ทำงาน ☐ล้มเหลว	ทดลองจำลองการบุกรุก

	วิชา เทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้า **ชื่อหน่วยการสอน ระบบความปลอดภัย** **ชื่องาน ระบบสัญญาณเตือนเสียงและระบบป้องกันความชื้น (AVAS & Charging Humidity Protection)**	**หน่วยที่ 3** **ใบงานที่ 10**

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. เพื่อให้ผู้เรียนสามารถตรวจสอบการทำงานของระบบ AVAS ตามช่วงความเร็วที่กำหนดได้
2. เพื่อให้ผู้เรียนระบุตำแหน่งและหน้าที่ของเซนเซอร์ตรวจจับความร้อนและความชื้นที่พอร์ตชาร์จได้
3. เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจกลไกความปลอดภัยเมื่อมีการเชื่อมต่อขณะสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม

ข้อมูลทางเทคนิคเบื้องต้น

1. **AVAS (Acoustic Vehicle Alerting System)** รถ EV ที่เงียบเกินไปอาจเป็นอันตรายต่อคนเดินถนน ระบบนี้จะสร้างเสียงจำลองเมื่อรถวิ่งที่ความเร็วต่ำกว่า 20-30 กม./ชม.
2. **Inlet Temperature/Humidity Sensor** เซนเซอร์ที่พอร์ตชาร์จจะคอยตรวจจับหากมีความชื้นหรือความร้อนสูงเกินไป ระบบจะหยุดการชาร์จทันทีเพื่อป้องกันการอาร์ค (Arcing)

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

1. **การทดสอบระบบเสียง AVAS (Acoustic Test)**
    1. ทำการขับเคลื่อนรถในพื้นที่ปิดด้วยความเร็วต่ำ (5-10 กม./ชม.) ทั้งเดินหน้าและถอยหลัง
    2. ตรวจเช็คระดับเสียงจากภายนอกรถ (เสียงต้องดังพอที่คนเดินถนนจะสังเกตเห็น)
    3. ทดสอบเร่งความเร็วเกิน 30 กม./ชม. เพื่อสังเกตการตัดการทำงานของเสียงจำลอง
2. **การตรวจสอบพอร์ตชาร์จและเซนเซอร์ความปลอดภัย (Inlet Safety Inspection)**
    1. ใช้ไฟฉายส่องตรวจสภาพพิน (Pins) ภายในพอร์ตชาร์จ ต้องไม่มีคราบน้ำหรือรอยไหม้
    2. ตรวจสอบยางกันฝุ่น (Seal) ของพอร์ตชาร์จว่ายังยืดหยุ่นและปิดสนิท
3. **การจำลองสถานะความผิดปกติ (Error Simulation)**
    1. ศึกษาหน้าจอแสดงผลเมื่อระบบตรวจพบความผิดปกติที่พอร์ตชาร์จ (เช่น สัญลักษณ์รูปสายชาร์จพร้อมเครื่องหมายตกใจ)

ตารางบันทึกผลการตรวจสอบ (AVAS & Inlet Log)

รายการตรวจสอบ	สถานะการทำงาน	ข้อสังเกต/ระดับเสียง
1. เสียง AVAS ขณะเดินหน้า	☐ปกติ ☐ไม่มีเสียง	.....
2. เสียง AVAS ขณะถอยหลัง	☐ปกติ ☐ไม่มีเสียง	.....
3. สภาพเข็มพิน (Pins) ในพอร์ต	☐สะอาด [ ] มีคราบ/รอย	.....
4. เซนเซอร์อุณหภูมิพอร์ตชาร์จ	☐ค่าปกติ (30-40°C)	วัดได้ ..... °C
5. ฝาปิดกันฝุ่น (Dust Cover)	☐ปิดสนิท ☐หลวม/ชำรุด	.....