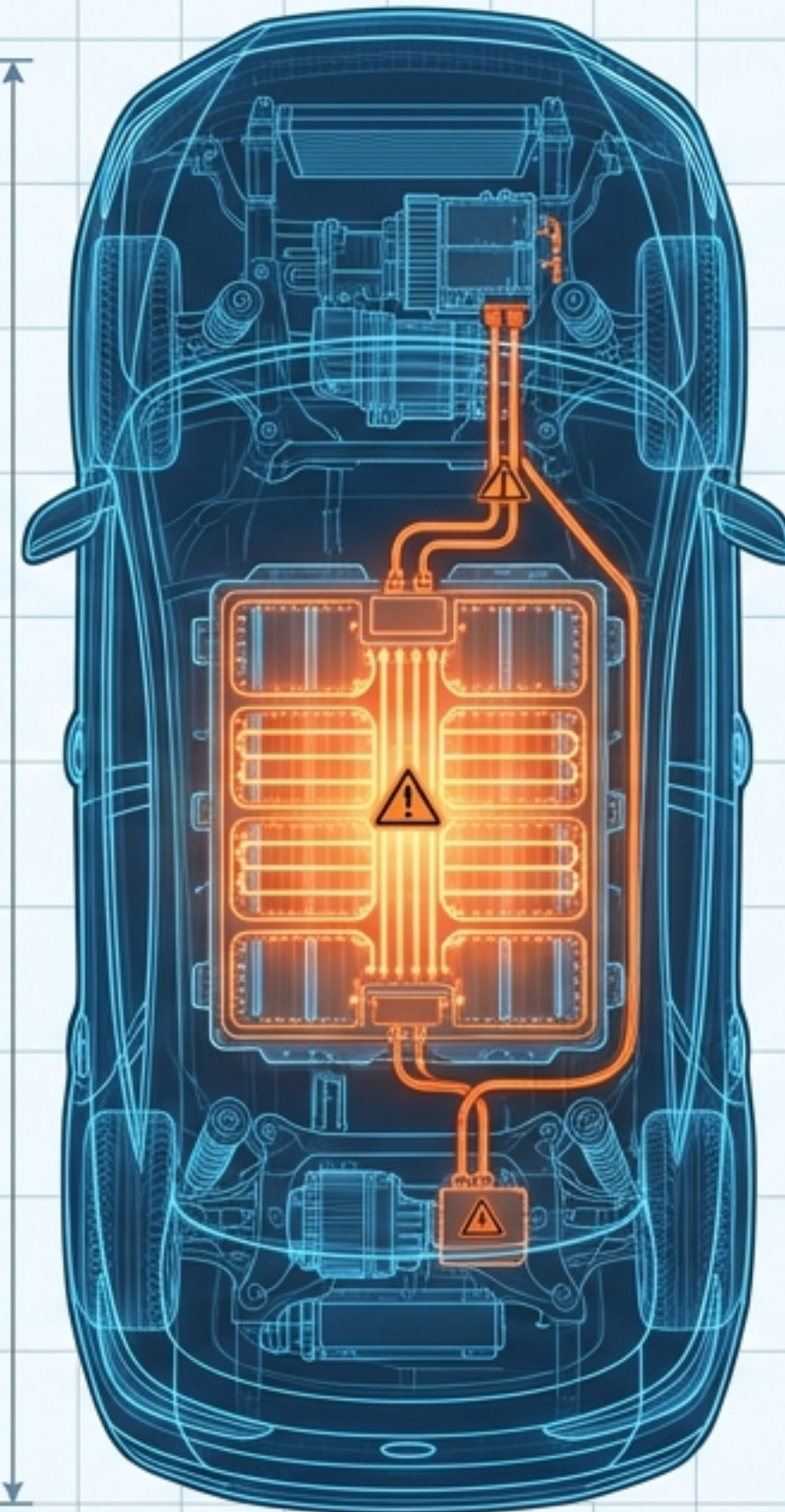


บทที่ 1: ปฏิบัติงานความปลอดภัยระบบยานยนต์ไฟฟ้าแรงดันสูง

(High Voltage EV Safety Operations)

อ้างอิงฐานข้อมูลรถยนต์:
MG ZS EV (2019-2022) และ NETA V

หลักสูตรมาตรฐานอาชีพ TPQI
สาขายานยนต์ไฟฟ้าระดับ 3



วัตถุประสงค์ของการเรียน (Learning Objectives)



Knowledge

แสดงความรู้เกี่ยวกับ
หลักการความปลอดภัย
และอันตรายของระบบ
ยานยนต์ไฟฟ้าแรงดัน
สูงได้อย่างถูกต้อง

Preparation

ปฏิบัติการเตรียมพื้นที่
ตัวบุคคล และรถยนต์
ไฟฟ้า (MG / Neta)
ได้ตามมาตรฐานสากล

Execution

ตัดวงจรไฟฟ้าแรงสูง
(LOTO) และยืนยันสถานะ
กระแสไฟฟ้าก่อนเริ่มงาน
ได้ตามคู่มือซ่อมบำรุง

ภัยเงียบที่มองไม่เห็น: อันตรายจากไฟฟ้าแรงดันสูง

0.5 - 10 mA:
รู้สึกเจ็บปวด
กล้ามเนื้อเกร็ง

10 - 15 mA
(จุดวิกฤต Let-go Current):
กล้ามเนื้อหดตัวค้าง
ไม่สามารถปล่อยมือจากสายไฟได้
(ไฟฟ้า DC อันตรายมาก)

30 - 50 mA:
หัวใจเต้นผิดจังหวะ
อันตรายถึงชีวิต



(อ้างอิง IEC 60479)



Arc Flash

อันตรายแฝงอื่น ๆ

- Arc Flash & Blast: ประกายไฟ ความร้อนสูง (19,000°C) และแรงระเบิดจากการลัดวงจร
- Thermal Runaway: สารเคมี ก๊าซ พิษ และไฟไหม้จากแบตเตอรี่ Li-ion

Kru Chang,

VERSION 2.5

DATE: 2024

กฎแห่งความปลอดภัย: การจำแนกระดับแรงดันไฟฟ้า



Class A (Low Voltage)



มาตรฐาน ISO 6469-3:
แรงดัน DC $\leq 60V$ (ปลอดภัย สัมผัสได้)

แรงดันรถยนต์จริง:
รถทั่วไป 12V / 48V

Class B (High Voltage)



มาตรฐาน ISO 6469-3:
แรงดัน DC $> 60V$ ถึง 1,500V
(อันตรายถึงชีวิต ต้องมีฉนวน)

แรงดันรถยนต์จริง:
รถ EV ทั่วไป 400V - 800V

สายไฟสีส้ม (Orange Cable) = ระบบไฟฟ้าแรงดันสูง ห้ามตัดหรือสัมผัสโดยตรง!

สอดคล้องตามมาตรฐานจีน GB 18384-2020 (MG / Neta)

อุปกรณ์ป้องกันภัยส่วนบุคคล (PPE): เกราะป้องกันด้านสุดท้าย

Anatomy of a Safe Technician



ศีรษะ (Head): หมวกนิรภัย (Class E) และกระบังหน้า (Face Shield) ป้องกัน Arc Flash (EN 166 / EN 397)



ร่างกาย (Body): ชุดปฏิบัติงานทนไฟ (FR Clothing) ทนความร้อนสูง (NFPA 70E)



มือ (Hands): ถุงมือฉนวนไฟฟ้า (สวมด้านใน) + ถุงมือหนัง (สวมทับเพื่อกันฉีกขาด) (IEC 60900)



เท้า (Feet): รองเท้าหุ้มฉนวนไฟฟ้า ป้องกันกระแสไหลลงดิน (GB12011-2009 / EN 50321)



ข้อห้ามเด็ดขาด: ห้ามสวมเครื่องประดับโลหะ (นาฬิกา, แหวน) และเสื้อผ้าใยสังเคราะห์ขณะปฏิบัติงาน!

หัวใจสำคัญของการสัมผัส: มาตรฐานถุงมือหุ้มฉนวนไฟฟ้า

(อ้างอิง มาตรฐาน IEC 60900 / GB17622-2008)

Class 00 (ป้ายสีเบจ): ทนแรงดันใช้งานสูงสุด 750V DC

Class 0 (ป้ายสีแดง): ทนแรงดันใช้งานสูงสุด 1,500V DC
(เหมาะสมและแนะนำที่สุดสำหรับ MG ZS EV / Neta V)

Class 1 (ป้ายสีขาว):
ทนแรงดันใช้งานสูงสุด 11,250V DC



Kru Chang



ต้องสวม “ถุงมือหนัง” กับชั้นนอกเสมอ เพื่อป้องกันของมีคมบาดถุงมือฉนวน ยางด้านในจนเกิดการรั่วไหล



การตัดเส้นทางกระแสไฟและการปกป้องผิวหนัง

รองเท้าหุ้มฉนวนกันไฟฟ้า



No steel toe cap

No metal rivets

อ้างอิง: GB12011-2009 / EN 50321

หน้าที่: ตัดวงจรไม่ให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านร่างกายลงสู่พื้นดิน (Ground)

สเปค: พื้นยางหนาพิเศษ ทนแรงดันไฟฟ้าสูง และ ต้องไม่มีชิ้นส่วน/หมุดโลหะเด็ดขาด

Kru Chang

ชุดปฏิบัติงานทนไฟ (FR Clothing)



- ออกแบบมาเพื่อทนต่อความร้อนมหาศาลจากประกายไฟฟ้า (Arc Flash)
- ปกป้องผิวหนังจากการหลอมละลายของเสื้อผ้าทั่วไป (ไม่ใช่ไนลอนหรือโพลีเอสเตอร์)

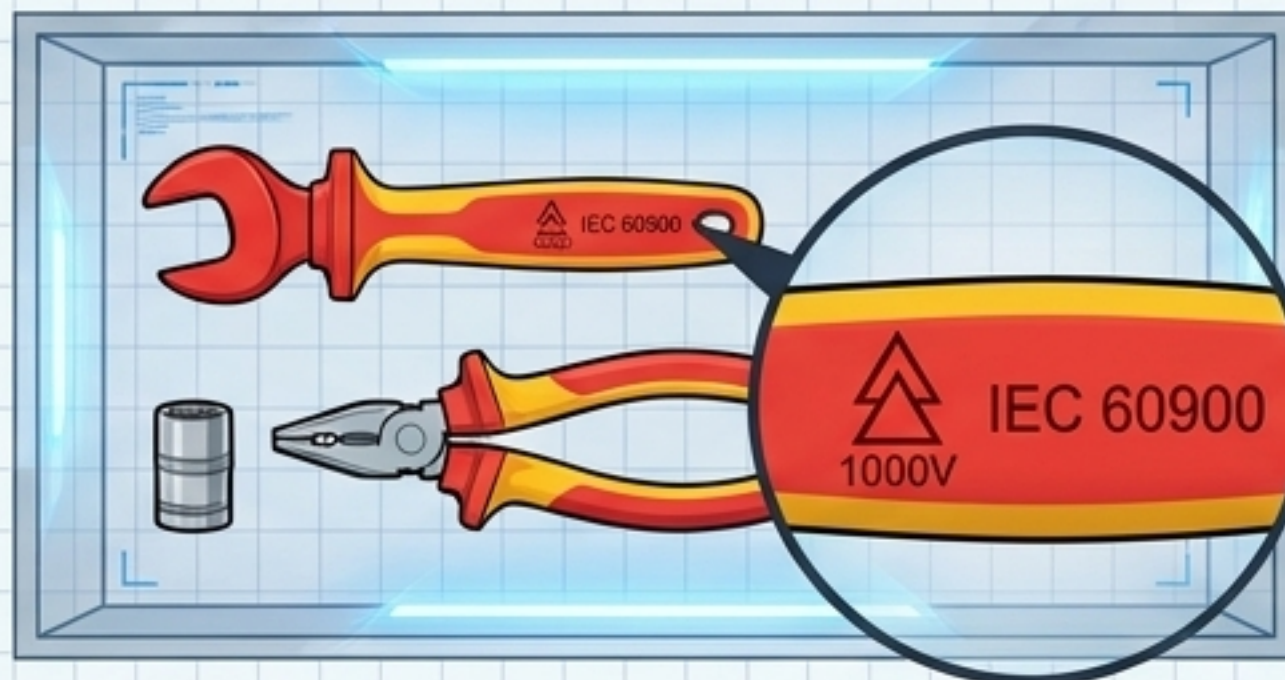
VERSION 2.5

DATE: 2024

เกราะป้องกันใบหน้าและเครื่องมือช่างเฉพาะทาง



แว่นตาบิรภัย (Goggles):
ป้องกันดวงตาจากประกายไฟและเศษ
วัสดุขณะถอดประกอบชิ้นส่วน HV



**เครื่องมือช่างหุ้มนวน
(Insulated Tools)**

- อ้างอิงมาตรฐาน: IEC 60900
- ประแจ คีมตัด และลูกบล็อกร
ต้องหุ้มนวนหนาที่ด้ามจับและก้าน
- ต้องมีสัญลักษณ์ สามเหลี่ยมคู่ 1000V



Warning Label ห้ามใช้เครื่องมือช่างทั่วไป (โลหะเปลือย)
ในการขันขั้วแบตเตอรี่, PDU หรือ PEB อย่างเด็ดขาด!

กฎเหล็กก่อนสวมใส่: PPE ที่ชำรุด = ไม่มี PPE



มองหารอยฉีกขาด รอยไหม้ หรือการบวมของยาง
ถอดแหวนและนาฬิกาก่อนสัมผัส



ม้วนปากถุงมือเพื่อกักอากาศไว้ด้านใน
บีบให้โป่งพอง สังเกตและฟังเสียงลมรั่ว



ถุงมือยางเสื่อมสภาพตามเวลา
ต้องตรวจสอบวันที่ผลิตเสมอ



หากมีรอยร้าวแม้แต่รอยเข็มหมุด...
ห้ามใช้เด็ดขาด! นำไปทิ้งหรือทำลายทันที

ขั้นตอนเตรียมความพร้อม: พื้นที่ รถยนต์ และตัวบุคคล

1. การเตรียมพื้นที่ (Area)

กั้นเขตอันตราย (Hazard Zone) ด้วยกรวย/สายกั้น
ติดตั้งป้ายเตือน และเตรียมถังดับเพลิง (Class C) + ตะขอช่วยเหลือ

2. การเตรียมรถยนต์ (Vehicle - อ้างอิงคู่มือ MG/Neta)

- จอดบนพื้นราบ แข็ง และแห้งสนิท
- เลื่อนเกียร์ N หรือ P, ดึงเบรกมือ และหนุนล้อด้วยลิ่ม (Wedges)
- ปิดสวิตช์กุญแจ (OFF)
- นำกุญแจรีโมท (Smart Key) ออกจากตัวรถอย่างน้อย 5 เมตร ป้องกันรถตื่นตัว



3. การเตรียมบุคคล (Person)

ช่างซ่อมต้องสวม PPE ครบชุด และมีใบ
อนุญาต/ผ่านการอบรมระบบ HV (TPQI)



ขั้นตอนการตัดวงจรไฟฟ้าแรงสูง (LOTO & MSD Disconnect)



MSD Lockout Procedure

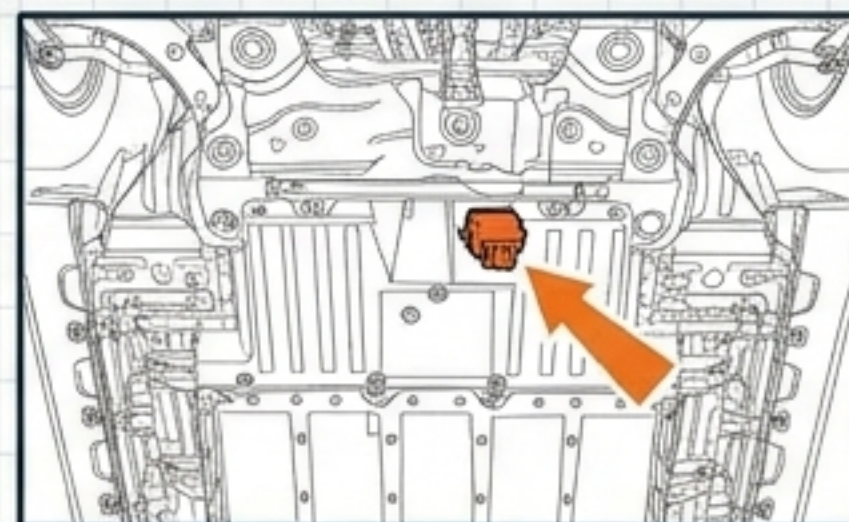
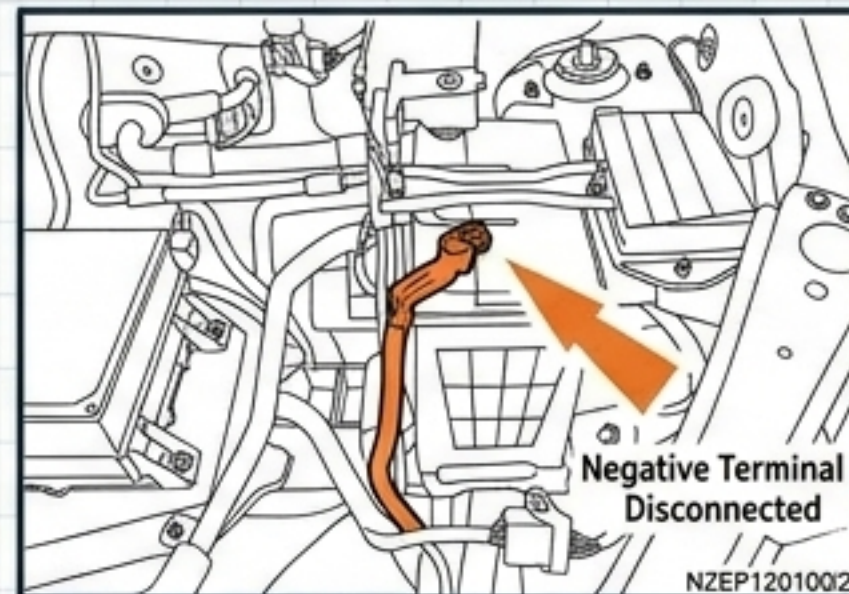
Ignition OFF: ปิดระบบรถยนต์ทั้งหมด

Disconnect 12V: ถอดขั้วลบแบตเตอรี่ 12V ก่อนเสมอ!
(เพื่อตัดไฟควบคุม ECU และรีเลย์ Main Contactor)

Remove MSD: ถอดสวิตช์ซ่อมแซมแมนนวล
(Manual Service Disconnect - MSD)
เพื่อตัดวงจรแบตเตอรี่ HV ออกจากกัน

Lockout / Tagout: เก็บ MSD ไว้ในกล่องล็อกที่ปลอดภัย
ป้องกันผู้อื่นเสียบกลับโดยไม่ตั้งใจ

Wait for Discharge (สำคัญมาก!):
รอเวลาให้คาปาซิเตอร์คายประจุ 5-15 นาที
(คู่มือ MG ระบุ 5 นาที / Neta V ระบุ 15 นาที
แนะนำให้รอ 15 นาทีเพื่อความปลอดภัยสูงสุด)

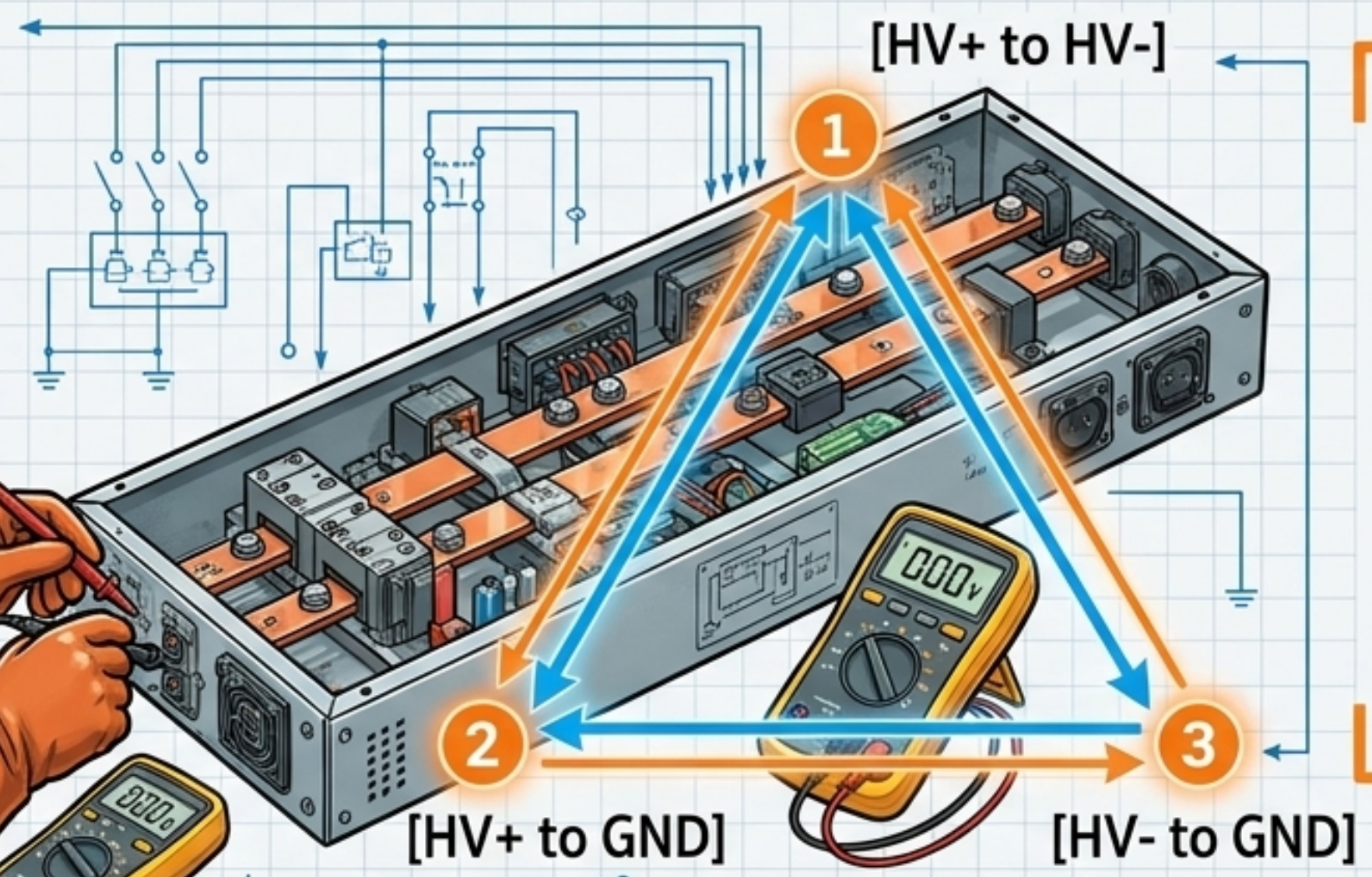


MSD Removed



กฎ Test Before Touch: ยืนยันสถานะกระแสไฟฟ้าก่อนเริ่มงาน

อย่าเชื่อสายตา! ต้องทดสอบทุกครั้งด้วยดิจิตอลมัลติมิเตอร์ (มาตรฐาน CAT III 1000V)



3 จุดที่ต้องวัด
(หลังเปิดฝาครอบ PDU/PEB):

1. วัดระหว่างขั้วบวก (HV+) กับ ขั้วลบ (HV-)
2. วัดระหว่างขั้วบวก (HV+) กับ ตัวถังรถ (Chassis Ground)
3. วัดระหว่างขั้วลบ (HV-) กับ ตัวถังรถ (Chassis Ground)

⚠️ แรงดันไฟฟ้าต้องลดลงเหลือ 0V (หรือ < 36V ตามสเปคคู่มือ MG/Neta) หากค่ายังสูงกว่านี้ ห้ามสัมผัสชิ้นส่วนเด็ดขาด!

กรณีศึกษาฉุกเฉิน: การช่วยเหลือผู้ประสบเหตุไฟฟ้าช็อต

กฎเหล็ก: ห้ามใช้มือเปล่าสัมผัสตัวผู้บาดเจ็บเด็ดขาด! (กระแสไฟจะไหลสู่ตัวคุณ)

ขั้นตอนการช่วยเหลือ:

- 1. ตัดแหล่งพลังงาน:** หากทำได้ทันทีและปลอดภัย ให้ดึง MSD หรือตัดระบบไฟหลัก
- 2. พลัก/ดึงให้ออกห่าง:** ใช้ ตะขอช่วยเหลือ (Insulated Rescue Hook) คล้องและดึงตัวผู้บาดเจ็บออกจากบริเวณที่มีไฟฟ้า
- 3. ประเมินพยาบาล:** โทรแจ้ง 1669 ทันที และเริ่มทำ CPR หากผู้บาดเจ็บหัวใจหยุดเต้น

กรณีเพลิงไหม้ (Thermal Runaway):
แจ้งดับเพลิงทันที ห้ามสูดดมควันพิษ
ใช้สารดับเพลิงเฉพาะทางเท่านั้น

Kru Chang:
Demonstrating
Proper Posture



HIGH-TECH
CLINICAL GARAGE

VERSION 2.5

DATE: 2024

NotebookLM

สรุปหัวใจสำคัญ: 4 ขั้นตอนเพื่อชีวิตที่ปลอดภัย (The Safety Mantra)

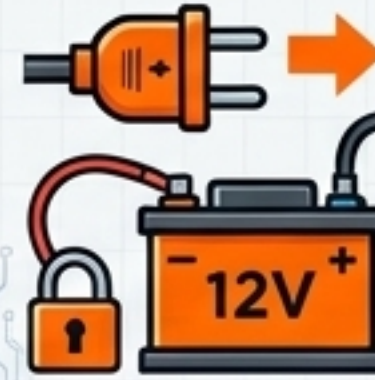


สวมเกราะ (PPE)



ใส่ PPE ทุกครั้ง
(ถุงมือ Class 0,
รองเท้ายาง, แว่นตา)
ไม่มีข้อยกเว้น

ตัดระบบ (Disconnect)



ปิดรถ ถอดขั้ว 12V
และดึงปลั๊ก MSD
พร้อมทำ Lockout

รอเวลา (Wait)



รอ 5-15 นาที
ให้ตัวเก็บประจุใน
PDU/PEB
คลายประจุจนหมด

วัดก่อนจับ (Verify)



Test Before Touch
ด้วยมัลติมิเตอร์ CAT
III ทั้ง 3 จุดเสมอ

“ความปลอดภัยของคุณ คือความปลอดภัยของเพื่อนร่วมงานและทรัพย์สินของลูกค้า”



ใบงานมอบหมายที่ 1: ปฏิบัติการเตรียมพร้อมและตัดระบบ HV

ภารกิจ (Task): ให้นักศึกษาแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 2 คน ปฏิบัติงานกับรถจำลอง (MG ZS EV หรือ Neta V)

- 1. ตรวจสอบสภาพถุงมือฉนวน (ทำ Air Leak Test) และสวม PPE ครบชุด
- 2. กั้นพื้นที่การทำงาน (Hazard Zone) และติดป้ายเตือน
- 3. ถอดขั้วลบแบตเตอรี่ 12V และดึงปลั๊ก MSD ออก พร้อมทำการ Lockout
- 4. จับเวลา 15 นาที เพื่อรอการคายประจุ
- 5. สานิตการใช้มัลติมิเตอร์วัดแรงดัน 3 จุด (HV+/HV-, HV+/GND, HV-/GND)

เกณฑ์ประเมิน (Evaluation): อาจารย์สังเกตการณ์
 *หากละเมิดกฎความปลอดภัย (เช่น ไม่สวมถุงมือ สัมผัสโดยไม่วัดไฟ) **ปรับตกทันที!**

