




ความปลอดภัยเบื้องต้นของระบบไฟฟ้าแรงสูง สำหรับยานยนต์ไฟฟ้า

(Basic Safety of High-voltage System for EVs)

งานอบรม : กฎกติกาการแข่งขันและทฤษฎีพื้นฐานสำหรับรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าคัดแปลง
 โครงการแข่งขันรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าคัดแปลงเพื่อธุรกิจแห่งอนาคต ครั้งที่ 2
 (2nd EVAT x EGAT Electric Motorcycle Conversion Contest for business opportunity)

จัดโดย สมาคมยานยนต์ไฟฟ้าไทย (EVAT)



ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐวุฒิ โสมเกษมศรีรินทร์
 natthawuth.s@en.rmUTT.ac.th
 ภาควิชาวิศวกรรม ไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

12 - 13 Jan 2023

Department of Electrical Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

เนื้อหาการอบรม (60 นาที)

ความปลอดภัยเบื้องต้นของระบบไฟฟ้าแรงสูงสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า

- บทนำ
- ระบบไฟฟ้าแรงดันสูงและแพ็คเกจเตอร์ในยานยนต์ไฟฟ้า
- ความปลอดภัยเกี่ยวกับไฟฟ้าแรงสูงของแบตเตอรี่ในยานยนต์ไฟฟ้า
- ระบบจัดการแบตเตอรี่ และวงจรเพื่อความปลอดภัยในยานยนต์ไฟฟ้า

Department of Electrical Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi




บทนำ









กฎแห่งความสำเร็จสู่การเลือกใช้ EV

- ราคา (Pricing)
- ความเชื่อถือได้ และ ความปลอดภัย (Reliability & Safety)
- การเข้าถึงเทคโนโลยีเพื่อการพัฒนา (Technology Reachable)
- ความสามารถซ่อมบำรุงได้และอะไหล่ (Maintainable & Spare parts)

Department of Electrical Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

ระบบไฟฟ้าแรงดันสูงและแพ็คเกจเตอร์ ในยานยนต์ไฟฟ้า

Department of Electrical Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi




ระบบไฟฟ้าภายในยานยนต์ไฟฟ้า




ส่วนประกอบสำคัญทางไฟฟ้าแรงสูง

Department of Electrical Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi




การแบ่งระดับเซลล์และระบบแบตเตอรี่ใน EV




Department of Electrical Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

ตัวอย่างแพ็คเกจเตอรี่ใน Tesla Model 3

Department of Electrical Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

ส่วนประกอบในแพ็คเกจเตอรี่แรงดันสูงของ EV

1. Lid
2. Modules
3. LV
4. Case
5. Connector
6. Shield
7. HV
8. Struts
9. Foam
10. Controller

Department of Electrical Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

Specification of E-Motorbike (72V)

Department of Electrical Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

ส่วนประกอบแรงดันสูงในมอเตอร์ไซค์ไฟฟ้า

โคะแกรมระบบควบคุม

การจัดวางตำแหน่งอุปกรณ์

Department of Electrical Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

ความปลอดภัยเกี่ยวกับไฟฟ้าแรงสูง
ของแบตเตอรี่ในรถยนต์ไฟฟ้า
(Safety of High-voltage Battery
in Electric Vehicles)

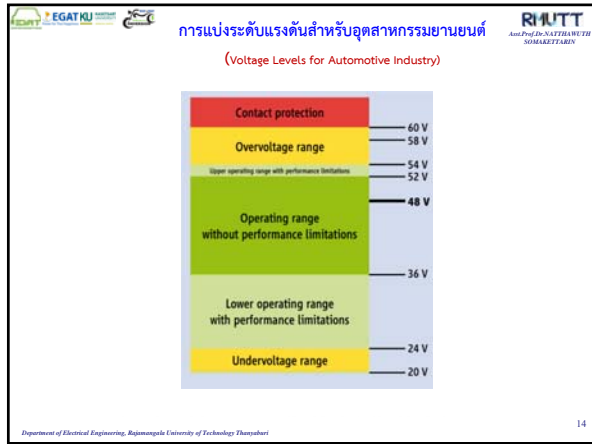
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นัทธวุฒิ โสมเกษมศรีนทร์
natthawuth.s@en.rmutt.ac.th
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
Jan 2023

Department of Electrical Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

หลักความปลอดภัยสำหรับการปฏิบัติงาน
กับยานยนต์ไฟฟ้าที่มีแรงดันสูง

- การปฏิบัติการ/ซ่อมบำรุงไฟฟ้าแรงสูงจำเป็นต้องได้รับการอบรม/มีความเชี่ยวชาญ
- เข้าใจหลักการทำงาน / ความปลอดภัยของอุปกรณ์เหล่านั้นอย่างแท้จริง
- ในอุตสาหกรรมยานยนต์ ระดับไฟฟ้าแรงสูง คือ ศักย์ไฟฟ้าที่อาจทำให้เกิดอันตรายจากไฟฟ้าช็อต (Electric shock hazard)
- จำเป็นต้องติดตั้งอุปกรณ์ป้องกัน (Protection System)

Department of Electrical Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi



การคำนวณพลังงานแพ็คเกจแบตเตอรี่อย่างปลอดภัย (Energy Calculation of Safety Battery Pack in EVs)

$$E_{PACK} = \sum_{i=1}^S V_{cell_i} \times \sum_{j=1}^P Ah_{cell_j}$$

E_{PACK} : Rated energy of the battery pack (Wh)
 S : Number of cells in series for increasing the rated voltage
 P : Number of cells in parallel for increasing the rated current of the pack
 V_{cell} : Nominal voltage of a single cell (V)
 Ah_{cell} : Rated capacity of a single cell battery (A)

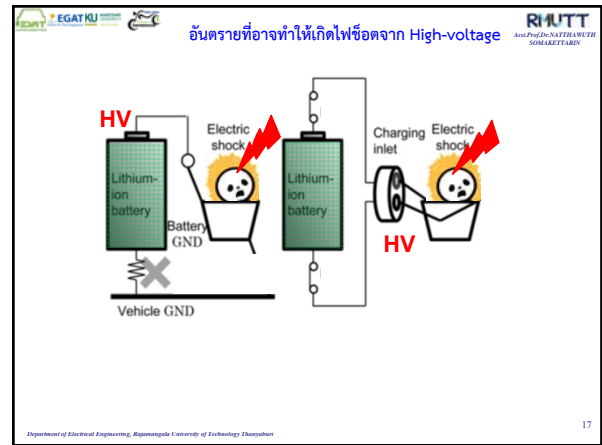
Department of Electrical Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

องค์ประกอบไฟฟ้าแรงสูงในยานยนต์ไฟฟ้า

- Traction Battery Pack
- Electric Motor
- Power Electronics
- DC-DC Inverter
- DC-DC Converter
- On-board Charger
- Compressor
- PTC Heater

High Voltage Components of an EV (Source: Harbin Technic Training Material)

Department of Electrical Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi



ความเสี่ยงจากการปฏิบัติงานกับแบตเตอรี่ไฟฟ้าแรงสูงใน EV

- ความเสี่ยงจากไฟฟ้าช็อต (Electric Shock) จากการสัมผัสตัวนำแรงสูง
- สามารถทำให้เกิดการบาดเจ็บ
- จากการสัมผัสได้ ขึ้นกับความหนาแน่นกระแส (Current intensity) ระยะเวลา ความต้านทานร่างกาย และกระแสผ่านส่วนที่สัมผัสร่างกาย

Department of Electrical Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

ระดับกระแสไฟฟ้าที่อันตรายต่อมนุษย์

- DC is generally less dangerous than AC
- อันตรายจากกระแสไฟฟ้า AC ที่ไหลผ่านร่างกายขึ้นอยู่กับความถี่
- กระแสความถี่ต่ำ 50-60 Hz ทั่วไปจะอันตรายกว่ากระแสความถี่สูง

Slight sensation at point(s) of contact	Men	1 mA	0.4 mA	7 mA
	Women	0.6 mA	0.3 mA	5 mA
Threshold of bodily perception	Men	5.2 mA	1.1 mA	12 mA
	Women	3.5 mA	0.7 mA	8 mA
Pain, with voluntary muscle control maintained	Men	62 mA	9 mA	55 mA
	Women	41 mA	6 mA	37 mA
Pain, with loss of voluntary muscle control	Men	76 mA	16 mA	75 mA
	Women	51 mA	10.5 mA	50 mA
Severe pain, difficulty breathing	Men	90 mA	23 mA	94 mA
	Women	60 mA	15 mA	63 mA
Possible heart fibrillation after three seconds	Men	500 mA	100 mA	
	Women	500 mA	100 mA	

Department of Electrical Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

ระดับกระแสไฟฟ้าที่อันตรายต่อมนุษย์

Milliamperes (ในระยะเวลา 1-3 วินาที)

Department of Electrical Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

การออกแบบระบบความปลอดภัยต่ออันตรายจากไฟช็อต

Tesla Model 3 battery pack penthouse/integrated components module

Department of Electrical Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

อันตรายจากการลัดวงจรแบตเตอรี่ (Hazards of Electrical Battery Short Circuit)

Phenomena in Electric Circuits

Department of Electrical Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

อันตรายจากการลัดวงจรแบตเตอรี่ (Hazards of Electrical Battery Short Circuit)

Department of Electrical Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

อันตรายจากการอาร์กแรงดันสูงในรถยนต์ไฟฟ้า (Hazards of HV Arc flash in EVs)

- เมื่อปฏิบัติงานติดตั้ง หรือซ่อมบำรุงระบบ HV เช่น แบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า
- จำเป็นต้องพิจารณาความปลอดภัยและระมัดระวังเกี่ยวกับการเกิดอาร์กประกายข้าม (Arc Flash)

Department of Electrical Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

อันตรายจากการอาร์กแรงดันสูงในรถยนต์ไฟฟ้า (Hazards of HV Arc flash in EVs)

- การเกิดอาร์กประกายข้าม (Arc Flash) หรือ อาจเรียกว่า Flashover คือ
- การปลดปล่อย/ถ่ายเทพลังงานไฟฟ้าระหว่างอิเล็กโทรด/ระหว่างขั้วขณะจ่ายไฟ

Department of Electrical Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

อันตรายจากการอาร์กแรงดันสูงในรถยนต์ไฟฟ้า (Hazards of HV Arc flash in EVs)

- การต่อสะพานไฟสำหรับขั้วเซลล์แบตเตอรี่จำนวนมาก
- สามารถสร้างการอาร์กกระแสสูงได้

Department of Electrical Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

อันตรายจากการอาร์กแรงดันสูงในรถยนต์ไฟฟ้า (Hazards of HV Arc flash in EVs)

เหตุการณ์ทางไฟฟ้าที่ทำให้เกิดอาร์ก (Arc flash Electrical Incidents)

- Incorrect operation / lack of personnel skills

Department of Electrical Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

อันตรายจากการอาร์กแรงดันสูงในรถยนต์ไฟฟ้า (Hazards of HV Arc flash in EVs)

แนวทางการป้องกัน

- Wearing appropriately rated arc flash PPE

Department of Electrical Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

อุปกรณ์ป้องกันความปลอดภัยพื้นฐาน ขณะซ่อมบำรุงแบตเตอรี่ EV

- ขณะซ่อมบำรุงต้องใส่ Personal Protective Equipment ได้แก่ ถุงมือฉนวนไฟฟ้า แวนตานิกรภัย รองเท้าฉนวนไฟฟ้าไมลีน
- อุปกรณ์เพิ่มเติม : ถังดับเพลิง

บุคคลที่ต้องป้องกัน

- ช่างเทคนิคบำรุงรักษารถไฟฟ้า
- วิศวกรในโครงการสร้าง/ซ่อมรถไฟฟ้า
- พนักงานในสายการประกอบส่วนกระแสสูงของ EV
- ผู้เชี่ยวชาญขณะปฏิบัติการทดสอบรถไฟฟ้า
- นักเรียน/ นักวิจัยที่ทำโครงการด้านรถไฟฟ้า

Department of Electrical Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

หลักความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน EV & HV Batteries

กฎความปลอดภัย 5 ข้อ ก่อนปฏิบัติงาน HV ใน EV

- 1) Isolation
- 2) Safeguard against reconnection
- 3) Verify the non-live state
- 4) Earth and Short-circuit
- 5) Safeguard adjacent

Department of Electrical Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

1) Isolation

Department of Electrical Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

2) Safeguard against reconnection

Department of Electrical Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

3) Verify the non-live state

Department of Electrical Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

4) Earth and Short-circuit

Department of Electrical Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

5) Safeguard adjacent

Department of Electrical Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

ระบบจัดการแบตเตอรี่
และวงจรเพื่อความปลอดภัยในยานยนต์ไฟฟ้า
(Battery Management System and Safety Circuits in EVs)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นัทธวุฒิ โสมเกษมดรินนาร์
natthawuth.s@en.rmutt.ac.th
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
Jun 2023

Department of Electrical Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

What is the BMS in Small EVs ?

Department of Electrical Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

Why do we interest in battery management?

Department of Electrical Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

38

อันตรายจากการเกิดเพลิงไหม้รถไฟฟ้า
ขณะกำลังอัดประจุ

2021-05-23 星期日 06:21:54
Camera 01

Department of Electrical Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

39

สาเหตุความไม่ปลอดภัยและการลุกไหม้ใน LIBs

Department of Electrical Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

40

คำจำกัดความของระบบจัดการแบตเตอรี่
(BMS Definition)

- ระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้จัดการแบตเตอรี่ชนิดอัดประจุซ้ำได้ (Cells & Pack) ซึ่งมีบัสการสื่อสารข้อมูลกับอุปกรณ์ภายนอก
- ป้องกันแบตเตอรี่ขณะทำงานให้อยู่ในข่ายที่ปลอดภัย

Department of Electrical Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

41

ไดอะแกรมของ BMS
(Simplified diagram to understand the BMS)

Department of Electrical Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

42

Components inside the LV-Battery pack

Department of Electrical Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

43

Overall BMS functions in Small-scale EVs

อุปกรณ์เหล่านี้สื่อสารกันยังไง ?

Department of Electrical Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

Controller Area Network (CAN bus)

- คือ วิธีการสื่อสาร / บัสมมาตรฐานสำหรับสื่อสารข้อมูลใน EV
- ถูกออกแบบให้ M/C & อุปกรณ์อื่นสื่อสารกัน โดยปราศจาก Host Computer ควบคุม
- เหมือนระบบประสาทสื่อสาร
- กับอวัยวะต่าง ๆ (Nodes) ในร่างกาย

Department of Electrical Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

2-wire high speed CAN signaling

Department of Electrical Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

ตัวอย่าง 2-wire bus circuit for n-node CAN bus

Department of Electrical Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

แนวทางการออกแบบ วงจรความปลอดภัยและการตัดระบบ HV-LiB

Department of Electrical Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

ตัวอย่างการออกแบบสวิตช์เพื่อความปลอดภัย สำหรับ E-Motorbikes

Department of Electrical Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

การเลือกใช้เทอร์มินอล และสายต่อวงจรอย่างปลอดภัย
(Safety Selection of Lithium Battery Wire/Terminal)

Department of Electrical Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

การเลือกใช้อุปกรณ์ประกอบ
ในระบบไฟฟ้าแรงสูง

• สายไฟแรงสูงทั้งหมดถูกกำหนดไว้คือ ==> สีส้ม (Orange)

Department of Electrical Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

การตรวจสอบความปลอดภัย
ของโครงรถ E-Motorbikes

Department of Electrical Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

การปรับสมดุลของเซลล์

แบ่งออกเป็น 2 วิธีหลัก คือ

- 1) การปรับสมดุลเซลล์ชนิดพาสซีฟ (Passive Cell Balancing Methods)
- 2) การปรับสมดุลเซลล์ชนิดแอกทีฟ (Active Cell Balancing Methods)

Department of Electrical Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

ตัวอย่างข้อมูล BMS service screen
ในการปรับสมดุลแพ็ค

1: 3524 mV	9: 3530 mV
2: 3516 mV	10: 3524 mV
3: 3531 mV	11: 3534 mV
4: 3532 mV	12: 3533 mV
5: 3528 mV	13: 3544 mV
6: 3522 mV	14: 3534 mV
7: 3522 mV	15: 3530 mV
8: 3523 mV	

Department of Electrical Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

การจัดการความร้อนใน EV แบตเตอรี่
(EV Battery Thermal Management)

• ระบบการจัดการความร้อน (Thermal Management System: TMS) เป็นสิ่งสำคัญ ในการควบคุมอุณหภูมิแพ็คแบตเตอรี่ เพื่อให้เกิดความปลอดภัยในระหว่างการใช้งาน

Department of Electrical Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi