เทคโนโลยีการออกแบบแพ็กแบตเตอรี่ในยานยนต์ไฟฟ้า

มานพ มาสมทบ

นักวิจัย ทีมวิจัยเทคโนโลยีระบบกักเก็บพลังงาน (ESTT)

กลุ่มวิจัยนวัตกรรมพลังงาน (EIRG) ศูนย์เทคโนโลยีพลังงานแห่งชาติ(ENTEC)

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม

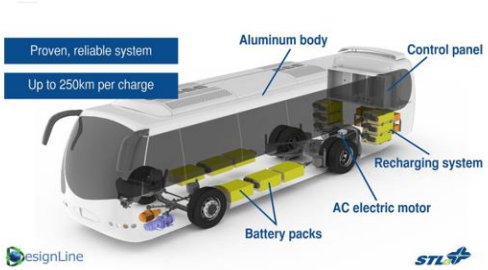
การประยุกต์ใช้แบตเตอรี่ในยานยนต์ไฟฟ้า

E-Bike

The top speed is limited to 25 km/h.
Pedal assist system in Germany (Expensive)
The top speed is not limited.
Full driving system in Thailand (Cheaper)

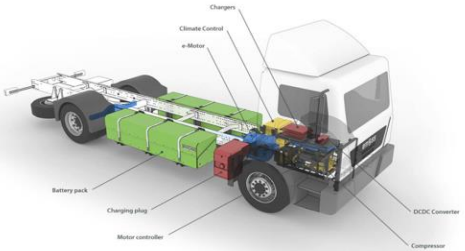
E- Boat

E-Motorcycle

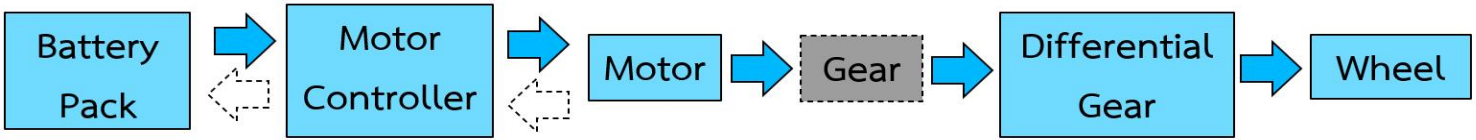


E-Bus

E-Car

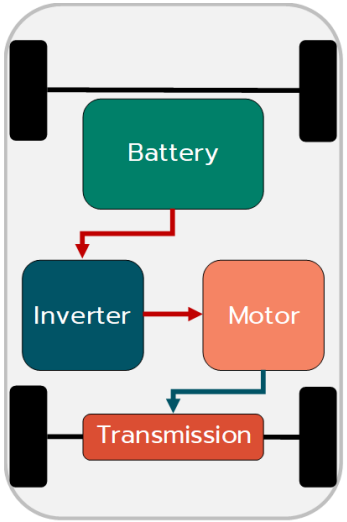


E-Truck

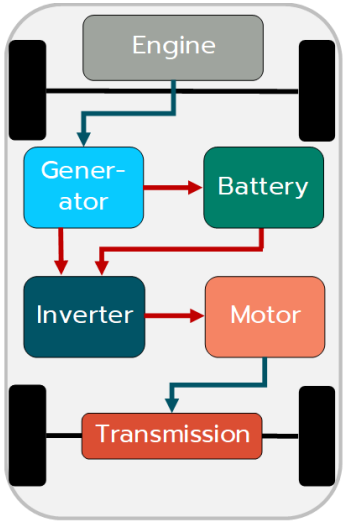


ENTEC© Confidential – Do not distribute without permission

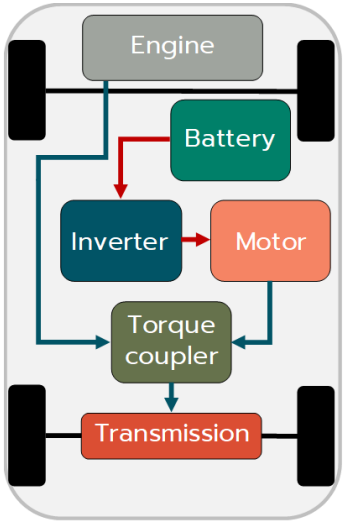
ชนิดของยานยนต์ไฟฟ้า



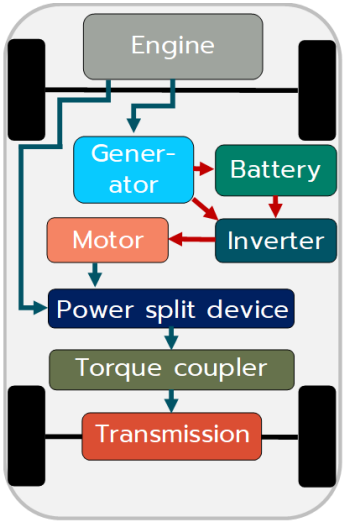
Battery electric vehicle (BEV)



Series hybrid electric vehicle (SHEV)



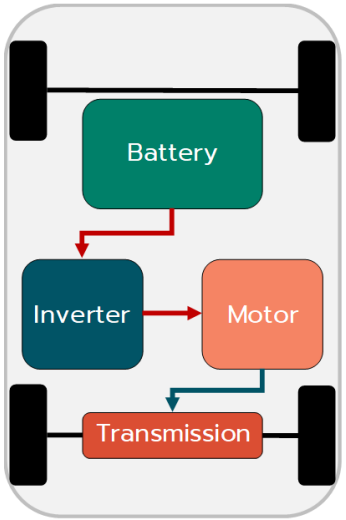
Parallel hybrid electric vehicle (PHEV)



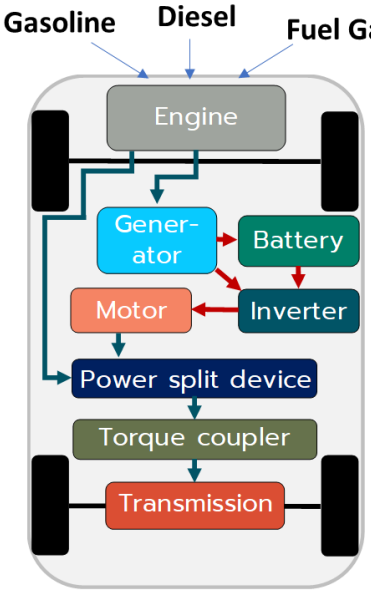
Series - Parallel hybrid electric vehicle (SPHEV)

ENTEC© Confidential – Do not distribute without permission

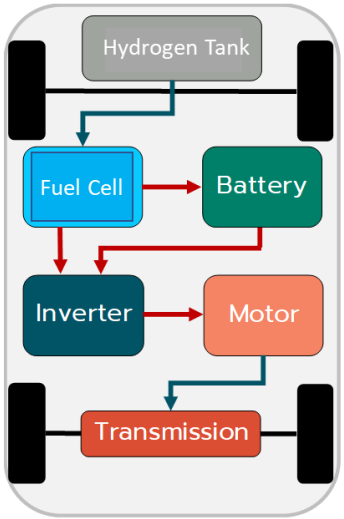
แนวโน้มของยานยนต์ไฟฟ้าในอนาคต



Battery electric vehicle (BEV)



Series - Parallel hybrid electric vehicle (SPHEV)



Hybrid electric vehicle (FCEV&BEV)

ENTEC© Confidential – Do not distribute without permission

การออกแบบแพ็กแบตเตอรี่

ขั้นที่ 1 กำหนดสเปครถยนต์ที่ต้องการ

ขั้นที่ 2 คำนวณกำลังที่ใช้ในการขับเคลื่อน

ขั้นที่ 3 เลือกมอเตอร์ไฟฟ้าและระบบส่งกำลัง

ขั้นที่ 4 ออกแบบแพ็กแบตเตอรี่

ENTEC© Confidential – Do not distribute without permission

การหาขนาดของยานยนต์ไฟฟ้าและการคำนวณกำลัง

Vehicle Dynamic Model

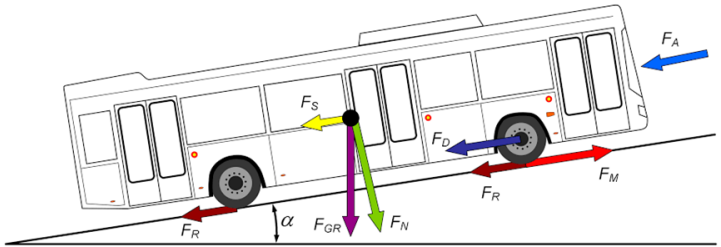


Fig : Forces acting on a vehicle going uphill

According to Newton's Second Law of Motion

$$\frac{dV}{dt} = \frac{\sum F_t - \sum F_{resistac}}{\delta M}$$

where

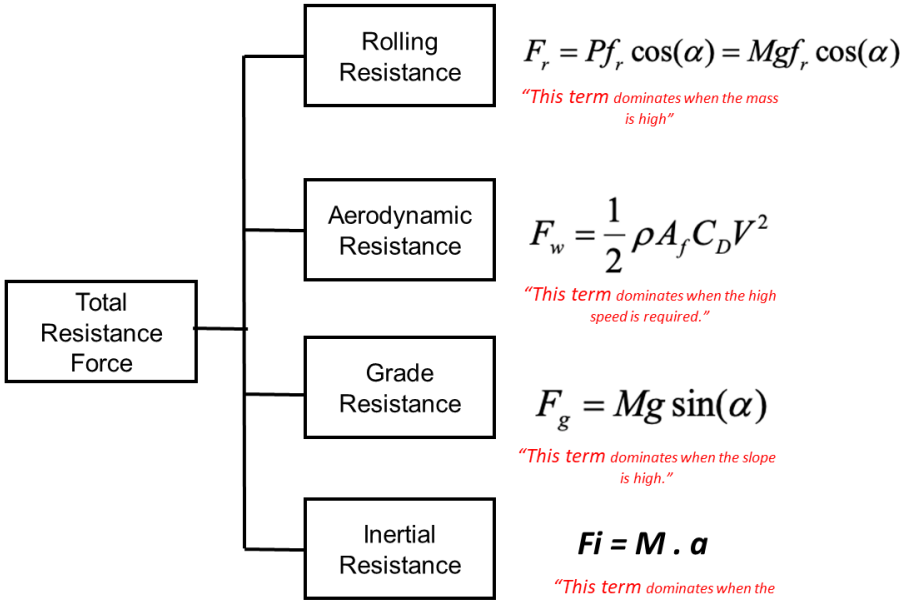
V = vehicle speed

$\sum F_t$ = total tractive effort $[Nm]$

$\sum F_{resistance}$ = total resistance $[Nm]$

M = total mass of the vehicle $[kg]$

δ = mass factor for converting the rotational inertias of rotating components into translational mass



$$Power = F_{traction} \cdot V = (F_i + F_w + F_r + F_g) \cdot V$$

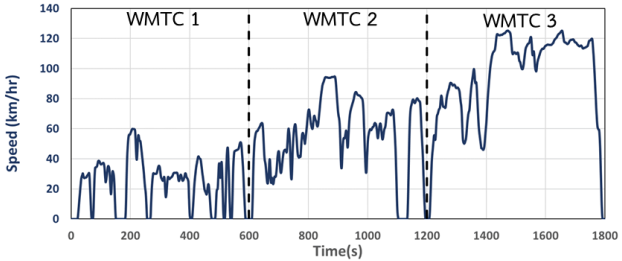
ENTEC© Confidential – Do not distribute without permission

การคำนวณกำลังอ้างอิง Standard Driving Cycle

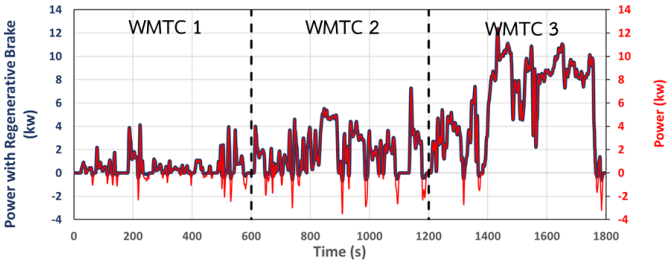
การคำนวณกำลังขับเคลื่อนของรถ

https://powercal.nstda.or.th/

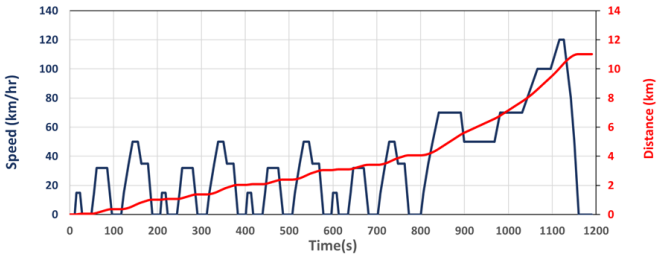
WMTC, World Motorcycle Test Cycle



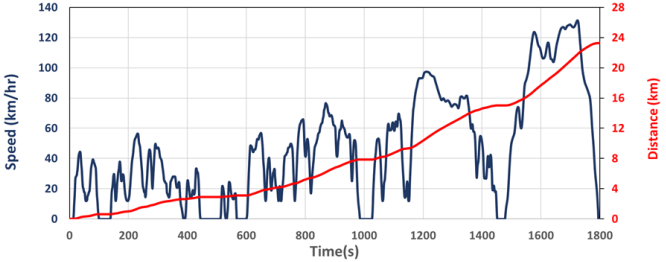
ยกตัวอย่างการคำนวณ Power



NEDC, New European Driving Cycle



WLTC, The Worldwide harmonized Light vehicles Test Cycles

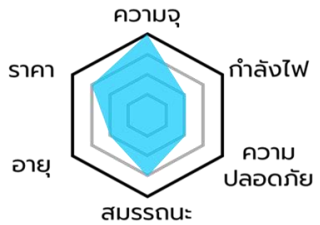


***ไม่สนใจความชันถนน แอร์ และระบบไฟอื่นๆ**

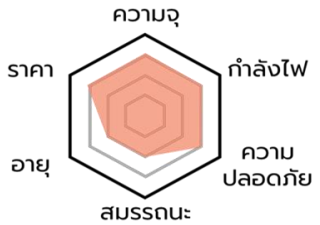
ENTEC© Confidential – Do not distribute without permission

ชนิดของแบตเตอรี่ Li-ion

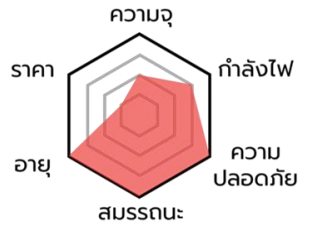
Lithium Cobalt Oxide ($LiCoO_2$), LCO



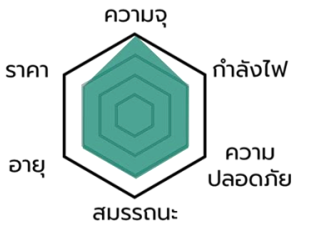
Lithium Manganese Oxide (LiMn2O4), LMO



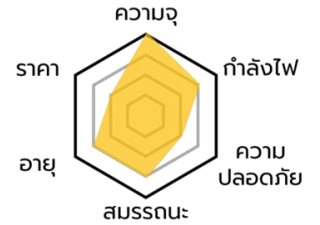
Lithium Titanate (Li2TiO3), LTO



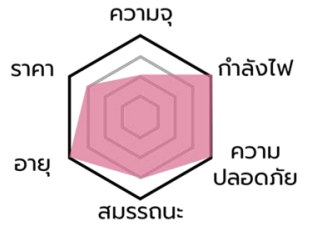
Lithium Nickel Manganese Cobalt Oxide (LiNiMnCoO2), NMC



Lithium Nickel Cobalt Aluminum Oxide (LiNiCoAlO2), NCA



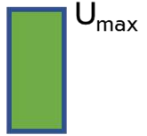
Lithium Iron Phosphate (LiFePO4), LFP



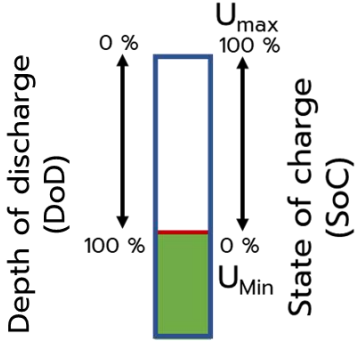
ENTEC© Confidential – Do not distribute without permission

การใช้งานแบตเตอรี่

แรงดันไฟฟ้า (Voltage)



แรงดันไฟฟ้าสูงสุด (Maximum voltage,)	แรงดันไฟฟ้าปกติ (Nominal voltage)	แรงดันไฟฟ้าตัด (Cut off voltage)
แบตเตอรี่เต็ม	ใช้เรียกตอนซื้อขาย	แบตเตอรี่หมด



SOC = 1 - DOD

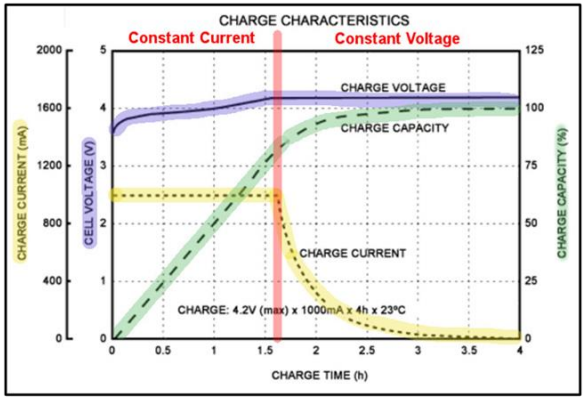
	U_{max}	U_{Normal}	U_{Min}
แบตเตอรี่ Lead acid	13.6 V	12 V	10.8 V
แบตเตอรี่ NMC แบตเตอรี่ NCA แบตเตอรี่ LCO	4.2 V	3.6 V	2.5 V
แบตเตอรี่ LFP	3.6 V	3.2 V	2.5 V

Current rate (C-rate)

ความสามารถในการอัด/คายกระแสตามระยะเวลา

ขนาดแบตเตอรี่ 60 Ah

1C	ดึงไฟฟ้า 60 A	≈	1 ชั่วโมงหมด
2C	ดึงไฟฟ้า 120 A	≈	0.5 ชั่วโมงหมด
0.5C	ดึงไฟฟ้า 30 A	≈	2 ชั่วโมงหมด



ที่มา: Lumen learning

กำลังไฟฟ้าของแพ็กแบตเตอรี่

Power = Current x Voltage

P = I x U

Current @ 1C-rate = 100 A

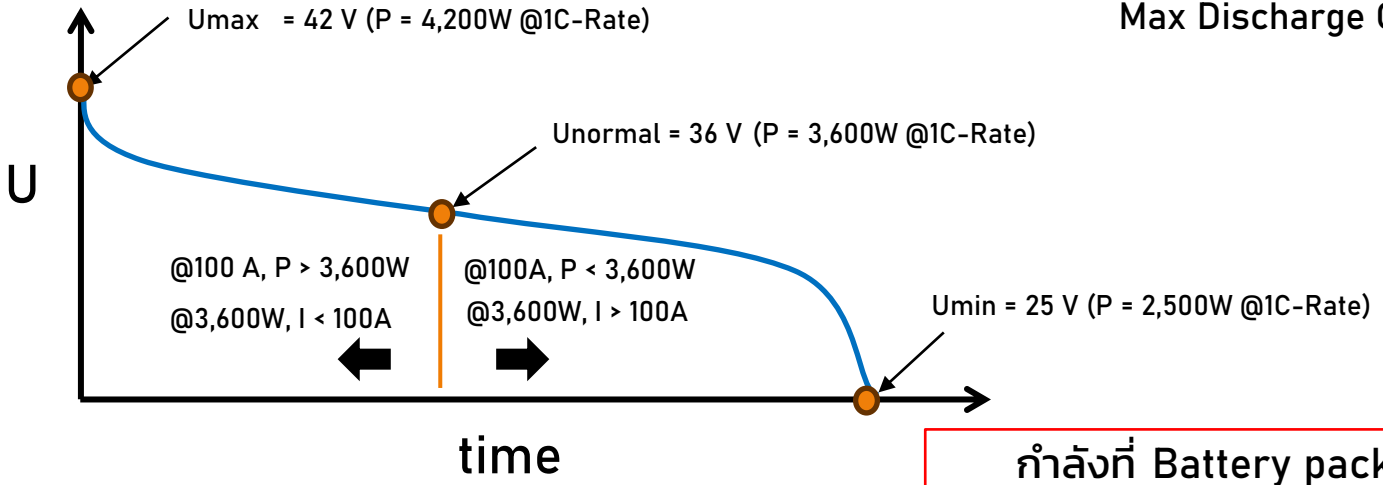
Battery Pack Capacity = 100 Ah

Battery Pack Capacity = 3.06 kWh

Continuous Discharge C-rate = 1C

Continuous Discharge C-rate = 0.5C

Max Discharge C-rate = 2C (3s)



กำลังที่ Battery pack จ่ายได้ ?
** ขึ้นอยู่กับแรงดันไฟฟ้ากับค่า C-rate**

ENTEC© Confidential – Do not distribute without permission

การบริหารจัดการกำลังไฟฟ้าของแพ็กแบตเตอรี่

Power = Current x Voltage

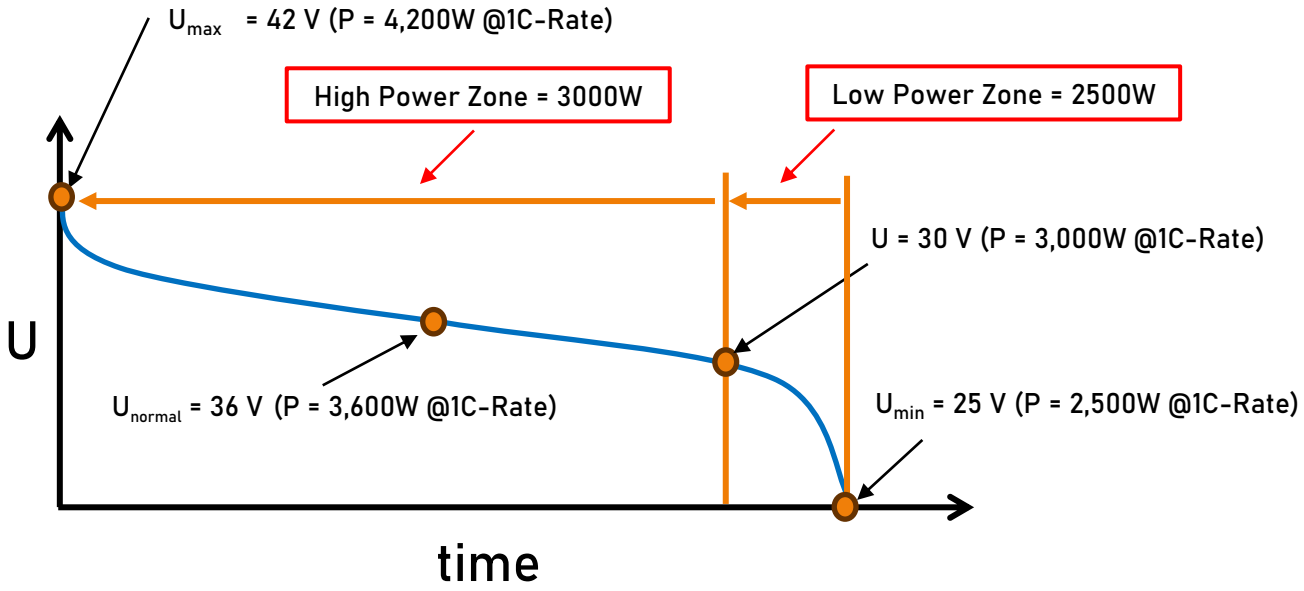
P = I x U

High Power Zone

Power = 100A x 30V = 3,000W

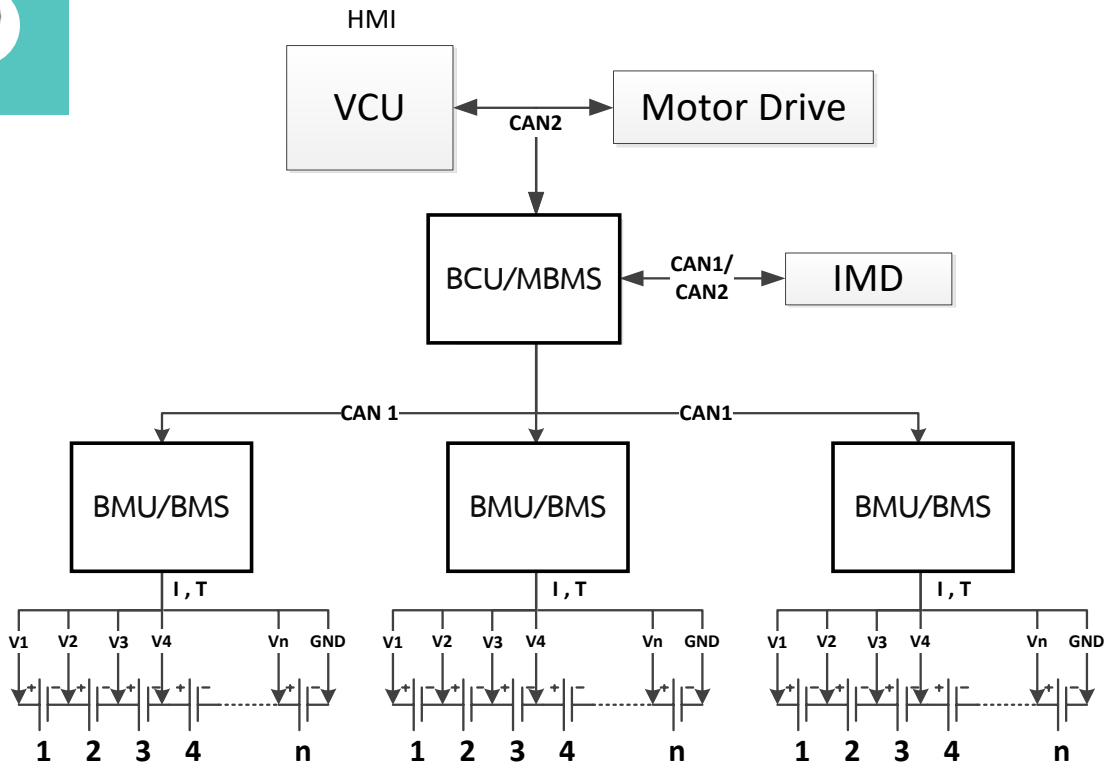
Low Power Zone

Power = 100A x 25V = 2,500W



ENTEC© Confidential – Do not distribute without permission

การบริหารจัดการกำลังไฟฟ้าของแพ็กแบตเตอรี่

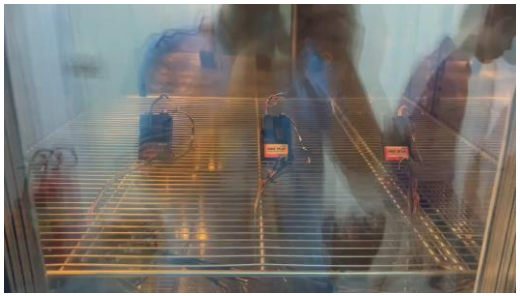


BMS/MBMS จะมีการสื่อสารกับ VCU หรือ Motor Drive รวมถึงระบบ Charging ว่าสถานะตอนนี้แบตเตอรี่รับกำลังหรือกระแสได้สูงสุดเท่าไร

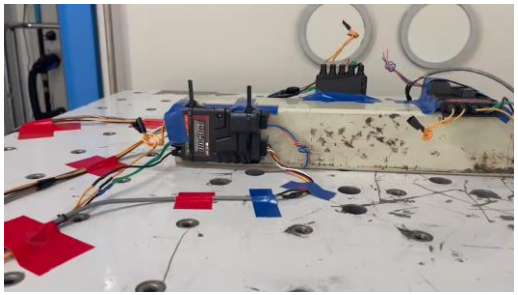
ENTEC© Confidential – Do not distribute without permission

Insulation Monitoring Devices, IMD

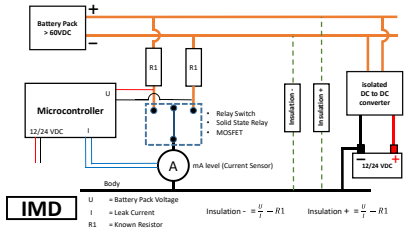
ทดสอบ IP68 แบบมีการจ่ายไฟจริง 600-800 V



ทดสอบภายใต้อุณหภูมิ 70 องศา
แบบมีการจ่ายไฟจริง 600 V



ทดสอบรองรับการสั่นสะเทือน UNECE R100
แบบมีการจ่ายไฟจริง 600 V



ผ่านการทดสอบ EMC

ENTEC© Confidential – Do not distribute without permission

ทดสอบวิ่งผ่านน้ำท่วมและตรวจสอบค่าความเป็นฉนวน

ทดสอบวิ่งผ่านน้ำท่วมสนามทดสอบที่ มจพ. ปราจีนบุรี

MTEC a member of NSTDA

สวทช NSTDA

ค่าความเป็นฉนวนควรต้องสูงกว่า 500 Ω/V

มาตรฐานการทดสอบการลุยน้ำ ต้องมีค่าสูงกว่า 100 Ω/V

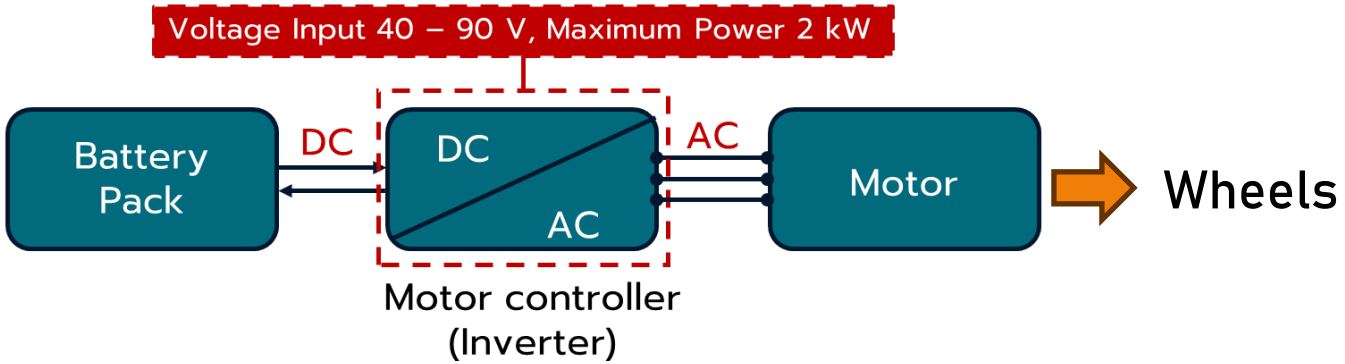
ยานยนต์ไฟฟ้าที่มีแรงดันไฟฟ้าสูงกว่า 60 VDC ตัวถังของอุปกรณ์แรงดันสูงมากกว่า 60 VDC ที่เป็นโลหะหรือสามารถนำไฟฟ้าได้ต้องลงโครงรถให้หมด (R= 0.1 Ω)

- Battery Pack
- Motor Invertor & Motor
- DC Convertor (12/24VDC)
- High Voltage Air Compressor

ENTEC© Confidential – Do not distribute without permission

การเลือกขนาดแรงดันของแพ็กแบตเตอรี่

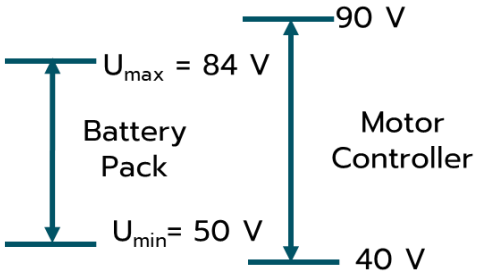
➢ แรงดันไฟฟ้าของแพ็กแบตเตอรี่ต้องอยู่ในระยะทำการของ Motor controller



Ex. สมมุติสเปคเซลล์แบตเตอรี่ที่ใช้; ขนาดความจุ = 25 Ah, U_{max} = 4.2 V, U_{Normal} = 3.6 V, U_{min} = 2.5 V

ใช้แรงดันต่ำ U_{Min}
ในการคำนวณหาความจุ

$I = P / U_{min}$
$= 2000\ (W) / 20 \times 2.5\ (V)$
$= 40\ A$



ดังนั้นต้องต่อขนานเซลล์แบตเตอรี่ 2 ก้อน ก่อนนำไปต่ออนุกรม 20 อนุกรมเพื่อสร้างแพ็กแบตเตอรี่

ต่อขนานได้กระแส I (A)
ต่ออนุกรมได้แรงดัน U (V)
กำลังไฟฟ้า (W) : P = I · U

ENTEC© Confidential – Do not distribute without permission

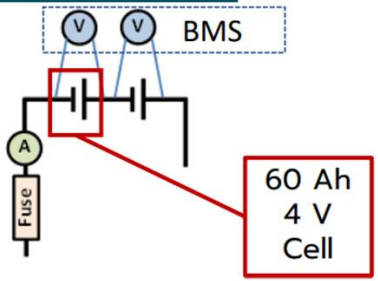
ระบบความปลอดภัย : การออกแบบ

3 รูปแบบการเชื่อมต่อทางไฟฟ้าของแพ็กแบตเตอรี่

Ex. ต้องการแพ็คแบตเตอรี่ ขนาด 480 Wh ที่แรงดัน 8 V

ชิ้นส่วนเพื่อความปลอดภัยทางไฟฟ้า
- Fuse
- Battery management system (BMS)

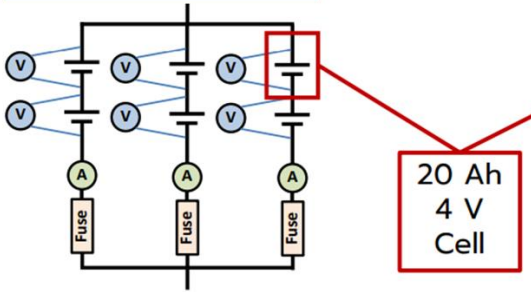
1. Serial Connection



P = 60Ah x (4V x 2) = 480 Wh

- One BMS (Voltage balancing)
- One current sensor and one fuse
- Bigger battery cell
- Cheaper system

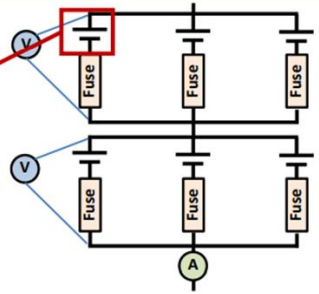
2. Module Section



P = 20Ah x (4V x 2) x 3 = 480 Wh

- Serveral BMS per section
- Serveral current sensors and fuses
- Easy management

3. Parallel/Serial Connection



P = (20Ah x 3) x 4V x 2 = 480 Wh

- One BMS and one current sensor
- Many fuses
- More safety

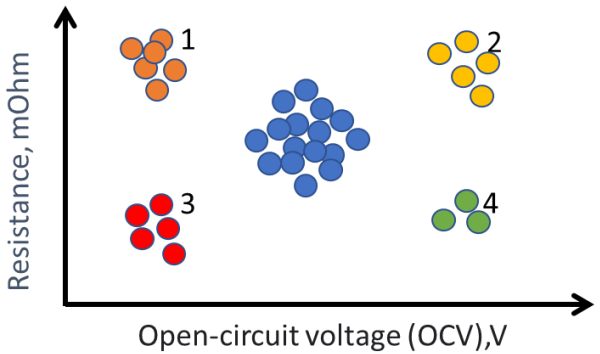
ENTEC© Confidential – Do not distribute without permission

การคัดกรองคุณภาพแบตเตอรี่

เทคนิคการคัดกรองเซลล์แบตเตอรี่

ตรวจสอบความจุ	ตรวจสอบค่าความต้านทาน (1kHz)	ตรวจสอบค่า Self-Discharge
ทำการ Charge ให้เต็ม และ Discharge เพื่อดูค่าความจุ Ah หรือ Wh	ใช้เครื่องวัดความต้านทานขณะมีแรงดันตกคร่อม	ทำการ Charge ให้มีแรงดันไฟฟ้าเท่ากันทุกเซลล์ แล้วทิ้งไว้ที่เวลาเท่ากัน แล้วทำการวัดแรงดันอีกครั้ง

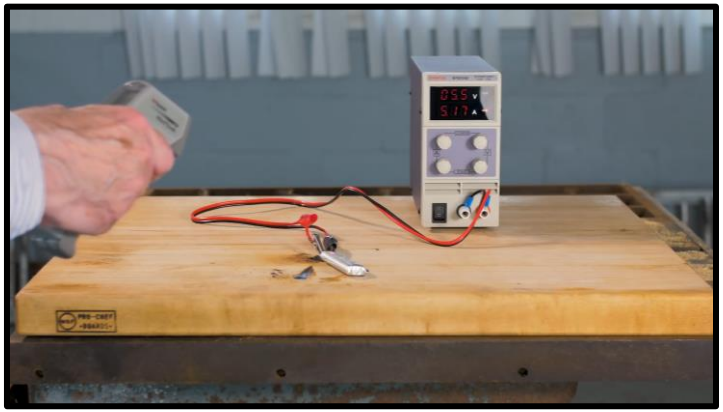
เหมาะสมสำหรับทดสอบกับแพ็กแบตเตอรี่



เซลล์ 4 ดีที่สุด
และเซลล์ 1 แย่สุด

ENTEC© Confidential – Do not distribute without permission

อันตรายหากใช้แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนไม่ถูกต้อง



เมื่ออัดประจุเกิน

BMS มีหน้าที่ดูแล

เมื่อได้รับความเสียหายทางความร้อน

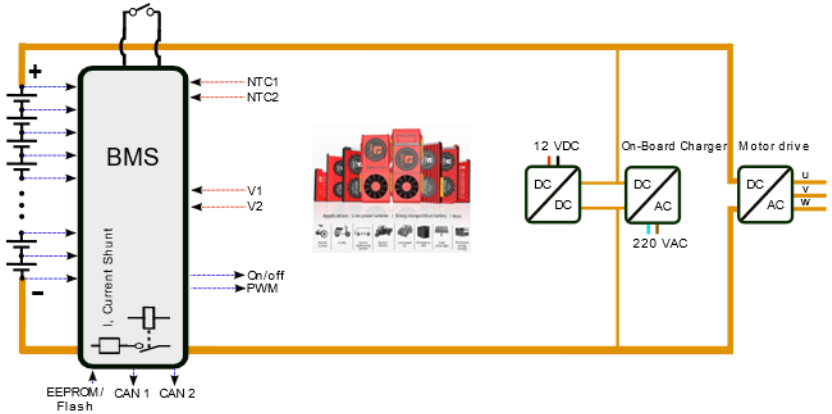
Cooling System มีหน้าที่ดูแล

ที่มา: YouTube - EE World Online, KREOSAN English

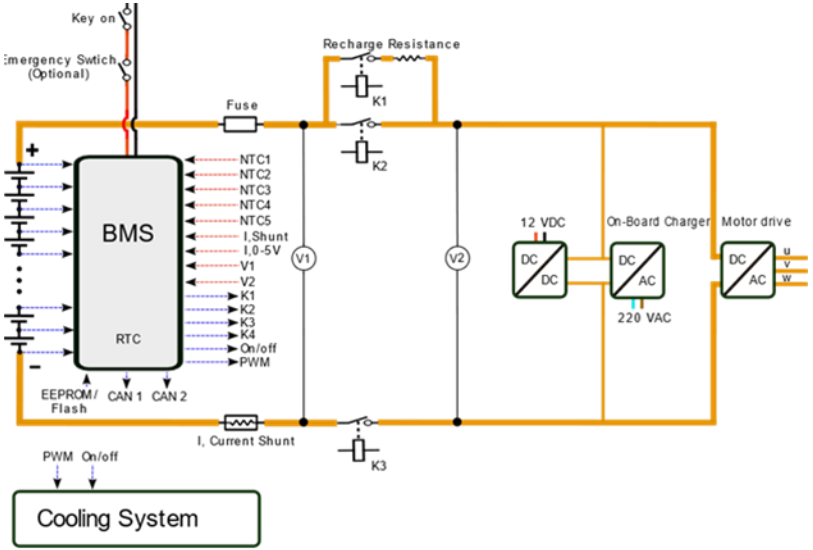
ENTEC© Confidential – Do not distribute without permission

ระบบความปลอดภัย : Battery Management System

Battery Management System (BMS)



แบบใช้ไฟเลี้ยงจากแพ็กแบตเตอรี่โดยตรง



แบบใช้ไฟเลี้ยงจากแบตเตอรี่ 12/24V

ENTEC© Confidential – Do not distribute without permission

กระบวนการผลิตที่เป็นสาระสำคัญของของในเขตปลอดอากร

ประกาศสำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม

เรื่อง กระบวนการผลิตที่เป็นสาระสำคัญของของในเขตปลอดอากรตามกฎหมายว่าด้วยศุลกากร หรือในเขตประกอบการเสรีตามกฎหมายว่าด้วยการนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย

หมวดที่ ๑๖

อุตสาหกรรมยานยนต์และชิ้นส่วน

อุตสาหกรรม	ผลิตภัณฑ์	กระบวนการผลิตที่เป็นสาระสำคัญ
ยานยนต์และชิ้นส่วน	๑. รถยนต์นั่งเครื่องยนต์สันดาปภายใน (Internal Combustion Engine : ICE) รถกระบะ รถตู้ รถยนต์ไฮบริดแบบเสียบปลั๊ก (Plug-in Hybrid Electric Vehicles : PHEV) และรถยนต์ไฟฟ้า (Battery Electric Vehicles : BEV)	๑. ก่อนเดือนกรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๖๒ จะต้องผ่านกระบวนการผลิตที่เป็นสาระสำคัญ คือ การประกอบและการตรวจสอบคุณภาพเป็นอย่างน้อย ๒. ตั้งแต่วันที่ ๑ กรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๖๒ เป็นต้นไป จะต้องผ่านกระบวนการผลิตที่เป็นสาระสำคัญ ดังต่อไปนี้ ๒.๑ สำหรับการผลิตรถยนต์รุ่นใดรุ่นหนึ่งหรือหลายรุ่นในจำนวนรวมไม่เกิน ๒,๐๐๐ คันต่อปี ๒.๑.๑ รถยนต์นั่ง ICE รถกระบะ และรถตู้ จะต้องผ่านกระบวนการผลิตที่เป็นสาระสำคัญ คือ การผลิตตัวถัง การทำสีตัวถัง การประกอบ และการตรวจสอบคุณภาพ ๒.๑.๒ รถยนต์ PHEV และรถยนต์ BEV จะต้องผ่านกระบวนการผลิตที่เป็นสาระสำคัญ คือ การประกอบและการตรวจสอบคุณภาพ รวมทั้งมีการผลิตชิ้นส่วนสำคัญ อย่างหนึ่งอย่างใด คือ แบตเตอรี่ หรือ มอเตอร์ลากจูง (Traction motor) หรือ Battery Management System (BMS)

ENTEC© Confidential – Do not distribute without permission

กระบวนการผลิตที่เป็นสาระสำคัญของของในเขตปลอดอากร

BMS

อุตสาหกรรม	ผลิตภัณฑ์	กระบวนการผลิตที่เป็นสาระสำคัญ
	๓๒. Battery Management System (BMS) และ Drive Controller Unit (DCU)	๑. ก่อนเดือนมกราคม พ.ศ. ๒๕๖๖ จะต้องผ่านกระบวนการผลิตที่เป็นสาระสำคัญ ดังนี้ ๑.๑ การทดสอบความใช้ได้ของซอฟต์แวร์ฝังตัว (Embedded Software) โดยวิธี Hardware in the loop test ๑.๒ การเชื่อมชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ลงบนแผ่น PCB (Printed Circuit Board) ๑.๓ การประกอบ และ ๑.๔ การตรวจสอบคุณภาพ ๒. ตั้งแต่วันที่ ๑ มกราคม พ.ศ. ๒๕๖๖ เป็นต้นไป จะต้องผ่านกระบวนการผลิตที่เป็นสาระสำคัญ ดังนี้ ๒.๑ การทวนสอบความใช้ได้ของซอฟต์แวร์ฝังตัว (Embedded Software) โดยวิธี Software in the loop test ๒.๒ การทวนสอบความใช้ได้ของซอฟต์แวร์ฝังตัว (Embedded Software) โดยวิธี Processor in the loop test ๒.๓ การทดสอบความใช้ได้ของซอฟต์แวร์ฝังตัว (Embedded Software) โดยวิธี Hardware in the loop test ๒.๔ การเชื่อมชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ลงบนแผ่น PCB (Printed Circuit Board) ๒.๕ การประกอบ และ ๒.๖ การตรวจสอบคุณภาพ

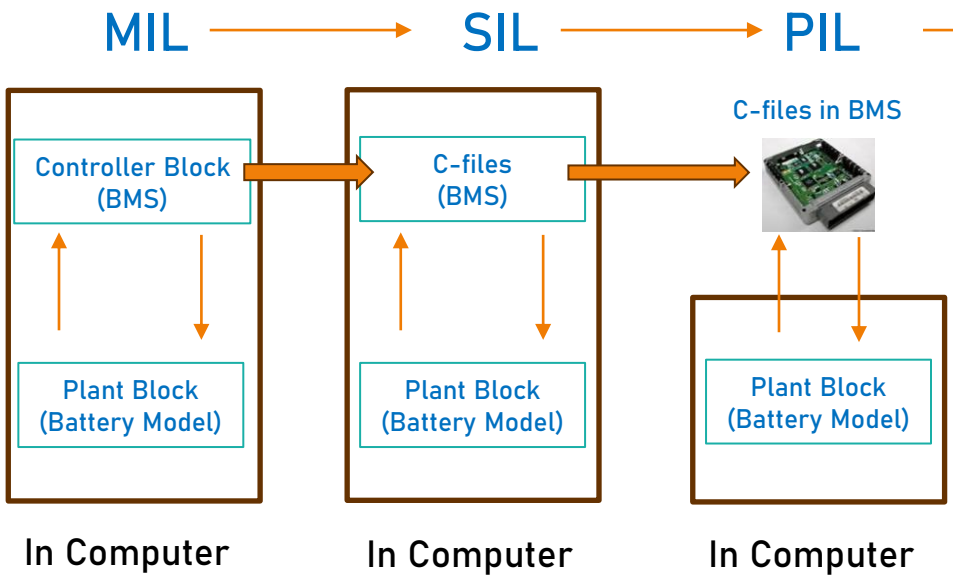
MIL → SIL → PIL → HIL

Battery

	๓๐. แบตเตอรี่	๑. ก่อนเดือนมกราคม พ.ศ. ๒๕๖๘ จะต้องผ่านกระบวนการผลิตที่เป็นสาระสำคัญ ดังนี้ ๑.๑ การแพ็กแบตเตอรี่ (Pack Assembly) และ ๑.๒ การตรวจสอบคุณภาพ ๒. ตั้งแต่วันที่ ๑ มกราคม พ.ศ. ๒๕๖๘ เป็นต้นไป จะต้องผ่านกระบวนการผลิตที่เป็นสาระสำคัญ ดังนี้ ๒.๑ การผลิตโมดูล (Module Production) ๒.๒ การแพ็กแบตเตอรี่ (Pack Assembly) และ ๒.๓ การตรวจสอบคุณภาพ หมายเหตุ : ๑) การผลิตโมดูล (Module Production) คือ การนำเซลล์ของแบตเตอรี่มาประกอบเข้าด้วยกันและมีการเชื่อมต่อโดยสะพานไฟ และระบบจัดการ ๒) การแพ็กแบตเตอรี่ (Pack Assembly) คือ การนำโมดูลของแบตเตอรี่มาประกอบเข้าด้วยกัน รวมกับชิ้นส่วนย่อยอื่น ๆ ให้สมบูรณ์ เพื่อนำไปประกอบเข้ากับรถยนต์ ๓) การตรวจสอบคุณภาพ คือ การตรวจสอบคุณภาพด้านคุณสมบัติการใช้งาน และความปลอดภัย

ENTEC© Confidential – Do not distribute without permission

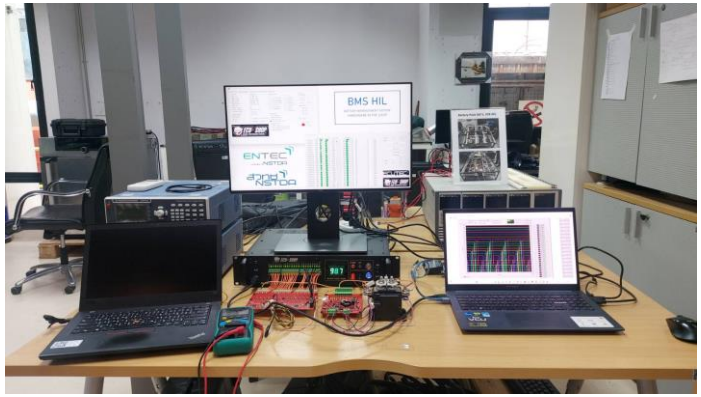
กระบวนการผลิตที่เป็นสาระสำคัญของ BMS 22

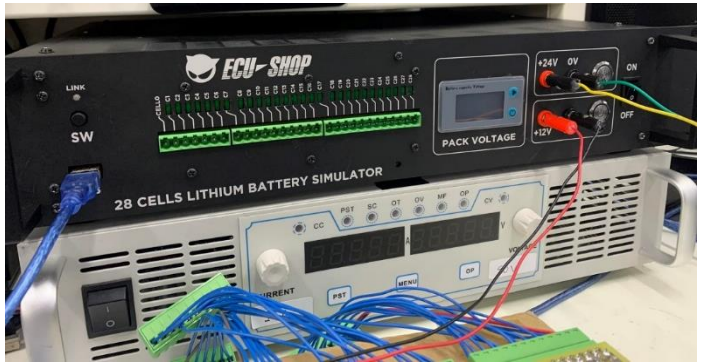


MIL – Model in the Loop
SIL - Software in the Loop
PIL - Processor in the Loop
HIL - Hardware in the Loop

BMS Hardware in the Loop

Mini BMS Hardware in the Loop 23





ECUTEC

บริษัท ECUSHOP X นักวิจัย สวทช.

ECUTEC Established 2023

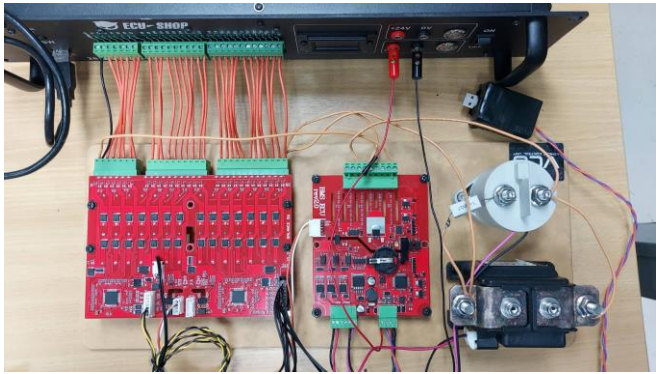
"We provide design, development, and manufacturing services for smart electronic products, offer consultancy, troubleshoot smart solutions, and provide training to meet the demands of the EV and related industries."

BMS, VCU, HMI, IMD
Charger และ อื่นๆ

สนใจติดต่อ คุณณัฐพล เผ่าจินดา

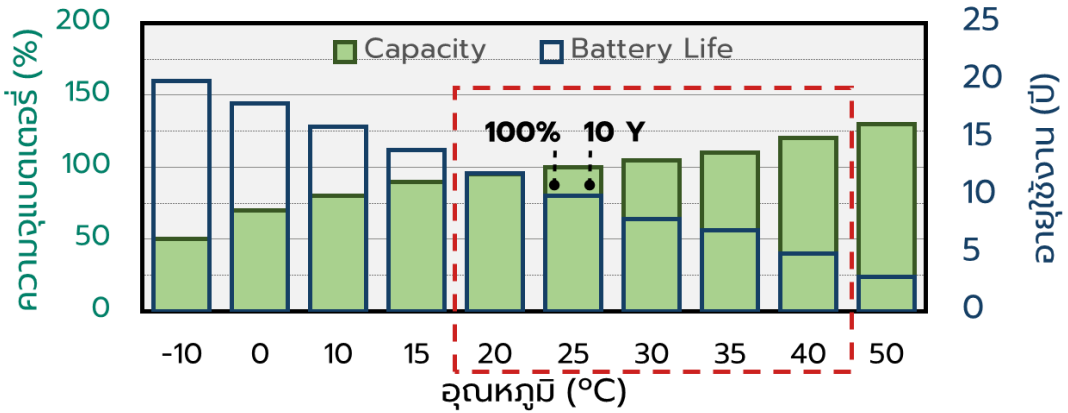
โทร: 081-987-6835
email: ecutec-sales@outlook.com

Copyright © 2023 ECUTEC All rights reserved



SCAN ME
QR CODE

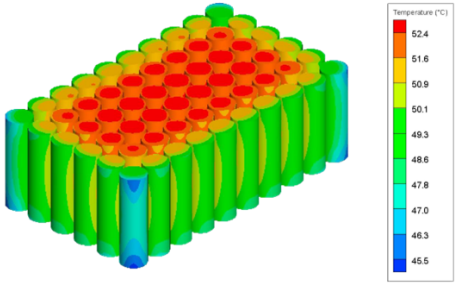
ทำไมแพ็กแบตเตอรี่ถึงมีระบบระบายความร้อน ?



ผลกระทบของอุณหภูมิต่อสมรรถนะและอายุการใช้งานของแบตเตอรี่

อุณหภูมิมีผลต่อสมรรถนะและอายุการใช้งานของเซลล์

- โดยปกติทำการลดอุณหภูมิเซลล์ด้วยการเพิ่มขนาดแพ็กแบตเตอรี่
- ต้นทุนระบบระบายความร้อนไม่ควรเกินราคาแพ็กแบตเตอรี่



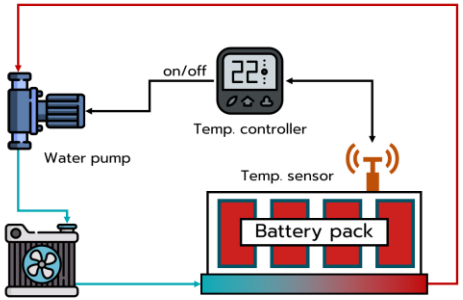
เกณฑ์มาตราฐาน	ช่วงอุณหภูมิที่ยอมรับได้	20 - 40 °C
	ผลต่างอุณหภูมิสูงสุดระหว่างเซลล์ที่ยอมรับได้	5 °C

ที่มา: TAWAKI SRL

ENTEC© Confidential – Do not distribute without permission

2) ระบบที่ต้องการพลังงานในการทำงาน (Active cooling system)

ระบบระบายความร้อนด้วยน้ำหล่อเย็นจากหม้อน้ำ



ใช้น้ำเป็นตัวกลางในการระบายความร้อนออกจากแบตเตอรี่

โดยน้ำร้อนที่ออกจากแบตเตอรี่จะถูกทำให้เย็น โดยการถ่ายเทความร้อนจากหม้อน้ำ (Heat Exchanger)

- ระบายความร้อนได้ดี
- ระบบปิด

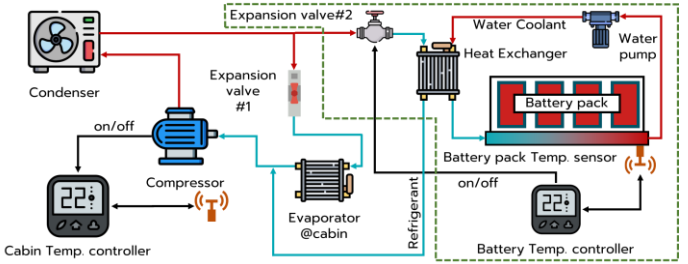
- ใช้พื้นที่ในการติดตั้ง
- มีน้ำหนักมาก
- มีโอกาสรั่วซึม
- บำรุงรักษาลำบาก

ความสามารถในการระบายความร้อนขึ้นอยู่กับการถ่ายเทความร้อนที่หม้อน้ำ

2) ระบบที่ต้องการพลังงานในการทำงาน (Active cooling system)

ระบบระบายความร้อนด้วยน้ำหล่อเย็นที่ผ่านระบบทำความเย็นด้วยสารหล่อเย็น

ใช้น้ำเป็นตัวกลางในการระบายความร้อนออกจากแบตเตอรี่ โดยน้ำจะถูกทำให้เย็นด้วยคอยล์เย็น (Heat Exchanger) ที่ทำงานจากน้ำยาหล่อเย็นภายในตัวรถ

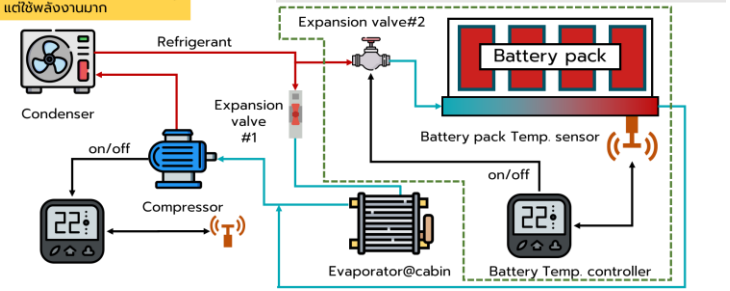


2) ระบบที่ต้องการพลังงานในการทำงาน (Active cooling system)

ระบายความร้อนด้วยสารทำความเย็น

ความสามารถระบายความร้อนสูง แต่ใช้พลังงานมาก

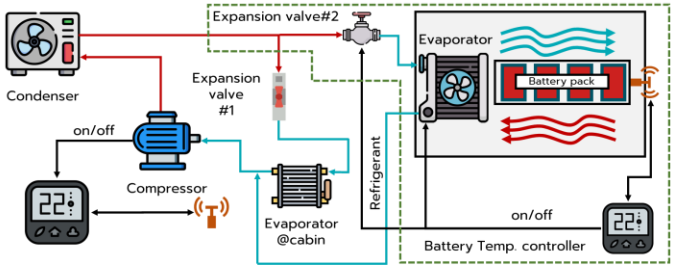
ใช้น้ำยาแอร์ (Coolant) เป็นตัวกลางในการระบายความร้อนออกจากแบตเตอรี่ โดยน้ำยาแอร์ที่อยู่ในระบบปรับอากาศของรถยนต์เอง



2) ระบบที่ต้องการพลังงานในการทำงาน (Active cooling system)

ระบบระบายความร้อนด้วยอากาศที่ผ่านระบบทำความเย็นด้วยสารหล่อเย็น

ใช้อากาศเป็นตัวกลางในการระบายความร้อนออกจากแบตเตอรี่ โดยอากาศจะถูกทำให้เย็นด้วยคอยล์เย็น (Heat Exchanger) ที่ทำงานจากน้ำยาหล่อเย็นภายในตัวรถ



การหาค่าความร้อนที่เกิดขึ้นจากแบตเตอรี่

เทคนิคการหาค่าความร้อนแบบวิศวกร

Research Article

IMPROVEMENT OF ESTIMATION METHOD FOR BATTERY CELL HEAT GENERATION

J. Kulranut[1]
N. Depaiwa [1]
T. Yenwichai [2]
W. Intano [2]
M. Masomtob [2,*]
[1] *School of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Chalongkrung Road, Ladkrabang, Bangkok, 10520, Thailand*
[2] *National Energy Technology Center (ENTEC), National Science and Technology Development Agency (NSTDA), 114 Thailand Science Park, Pathumthani, 12120, Thailand*

ABSTRACT:
This work represents a new experimental method to precisely estimate the heat generation of the battery cell by reducing heat losses to the ambient. The temperature ambient in the chamber is controlled to be close to the battery cell temperature as much as possible in order to reduce the heat loss from the battery to the ambient. The battery is covered by an insulator, and the heat loss due to the heat conduction at the electric connectors is also considered. Therefore, the heat generation term is absorbed by the heat capacity term; in other words, the heat generation of the battery cell can be calculated via the rising temperature of the heat capacity term and the heat loss of the connectors. Consequently, this new method can obtain the precision of the estimated heat generation that can be used to design an appropriate battery thermal management system for the battery pack.

Keywords: *Battery cell, Battery thermal management system and Heat generation*

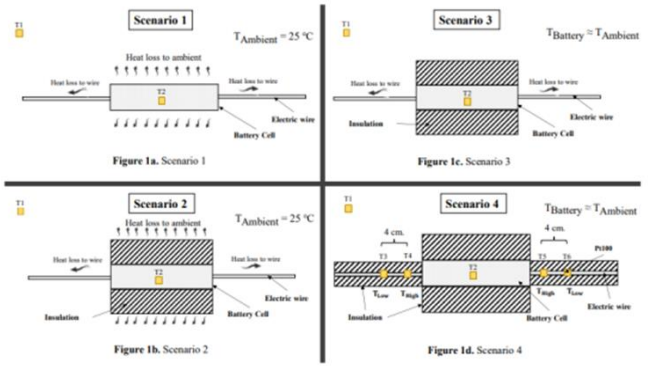


Figure 1a. Scenario 1 Figure 1c. Scenario 3

Figure 1b. Scenario 2 Figure 1d. Scenario 4

JKulranut, N. Depaiwa, T. Yenwichai, W. Intano and M. Masomtob, "**Improvement Of Estimation Method For Battery Cell Heat Generation**", Journal of Research and Applications in Mechanical Engineering (JRAME) 2021, Vol. 9, No. 2

ENTEC© Confidential – Do not distribute without permission

ระบบความปลอดภัย : การกู้ภัยสำหรับรถไฟฟ้าเบื้องต้น

ขณะเชื่อมต่อกับ Charging Station

*** ตัดไฟออกจาก Grid ก่อน ***

ขณะไม่เชื่อมต่อกับ Charging Station

ถ้าเป็นไปได้ เคลื่อนย้ายออกจากจุดเสี่ยงลามไฟ

ควบคุมการลามไฟ และลดอุณหภูมิแพ็กแบตเตอรี่

หลังจากการดับแล้ว หาพื้นที่จอด และสังเกต หรือ ติดผู้ที่เกี่ยวข้องมาดำเนินการต่อ

(ทางเลือกที่ดีที่สุด คือ การดึงไฟฟ้าออกจากแบตเตอรี่ให้หมด เพื่อป้องกันการปะทุซ้ำ)

ENTEC© Confidential – Do not distribute without permission

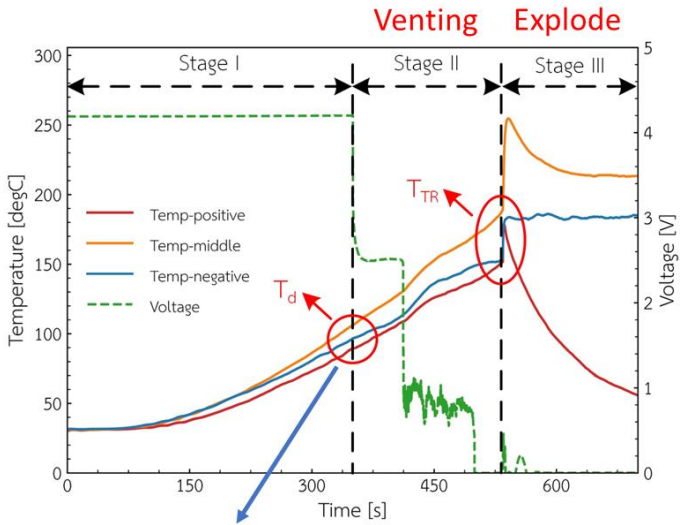
ระบบความปลอดภัย : การศึกษาการดับไฟจากแบตเตอรี่

การทดสอบให้ความร้อนจนแบตเตอรี่ระเบิด

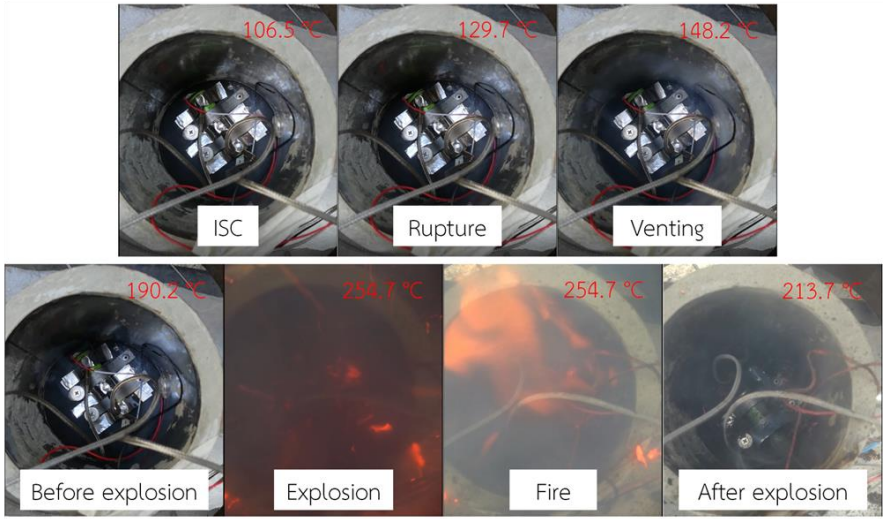
ENTEC© Confidential – Do not distribute without permission

ระบบความปลอดภัย : การศึกษาการดับไฟจากแบตเตอรี่

การทดสอบให้ความร้อนจนแบตเตอรี่ระเบิด



Voltage drop from 4.2 V to around 2.5. V → Internal short circuit (ISC)



ENTEC© Confidential – Do not distribute without permission

ระบบความปลอดภัย : การศึกษาการดับไฟจากแบตเตอรี่

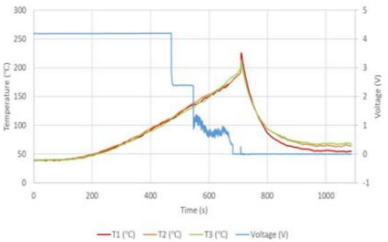
การทดสอบการดับไฟจากแบตเตอรี่

King Mongkut's University of Technology Thonburi

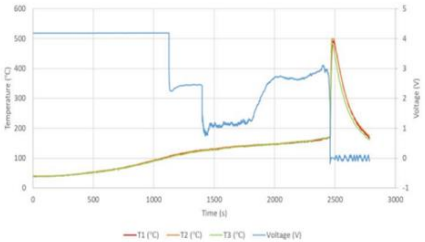
Pre-experiment

สวทช NSTDA TAIST TokyoTech

Nitrogen

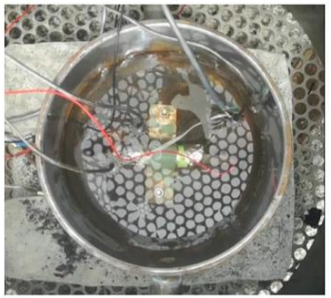


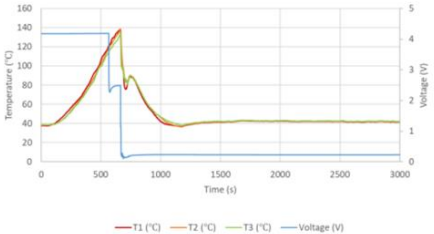
Argon



DI Water, Water, Seawater

(my senior TAIST-Tokyo tech from KMITL)





ENTEC© Confidential – Do not distribute without permission

ระบบความปลอดภัย : การกู้ภัยสำหรับรถไฟฟ้าเบื้องต้น

แพ็กแบตเตอรี่ 35 kWh

ออกห่าง

รอพลังงานลด

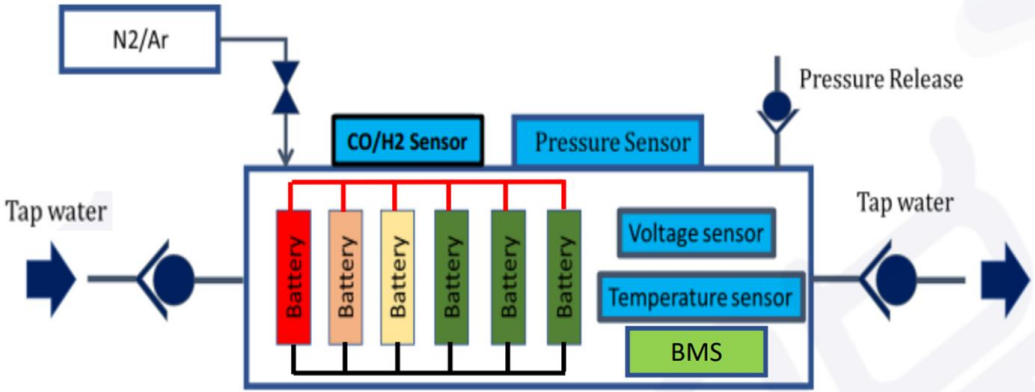
ลดอุณหภูมิ

แช่น้ำ

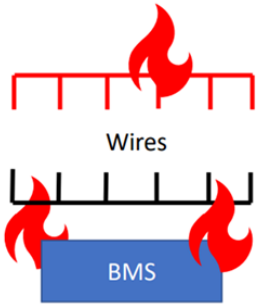
ENTEC© Confidential – Do not distribute without permission

ระบบความปลอดภัย : การศึกษาการดับไฟจากแบตเตอรี่

แนวทางการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับไฟไหม้



ความร้อนเกิดขึ้นที่แบตเตอรี่



ความร้อนไม่ได้เกิดขึ้นจากแบตเตอรี่

ENTEC© Confidential – Do not distribute without permission

ระบบความปลอดภัย : การศึกษาการดับไฟจากแบตเตอรี่

เทคนิคการติดตั้งตัวตรวจจับอุณหภูมิต้นทุนต่ำ

Patent: US8092081B2

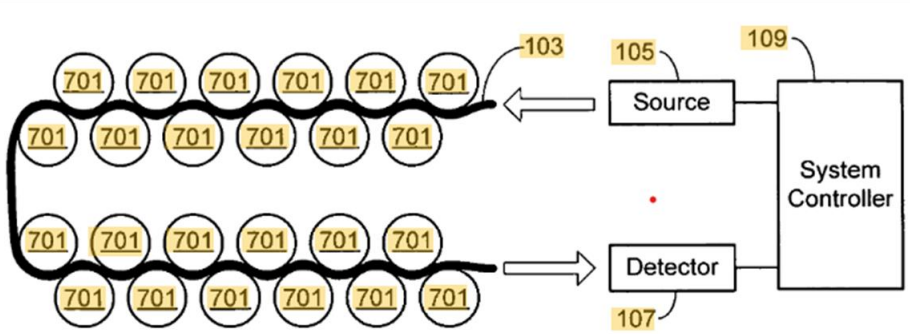
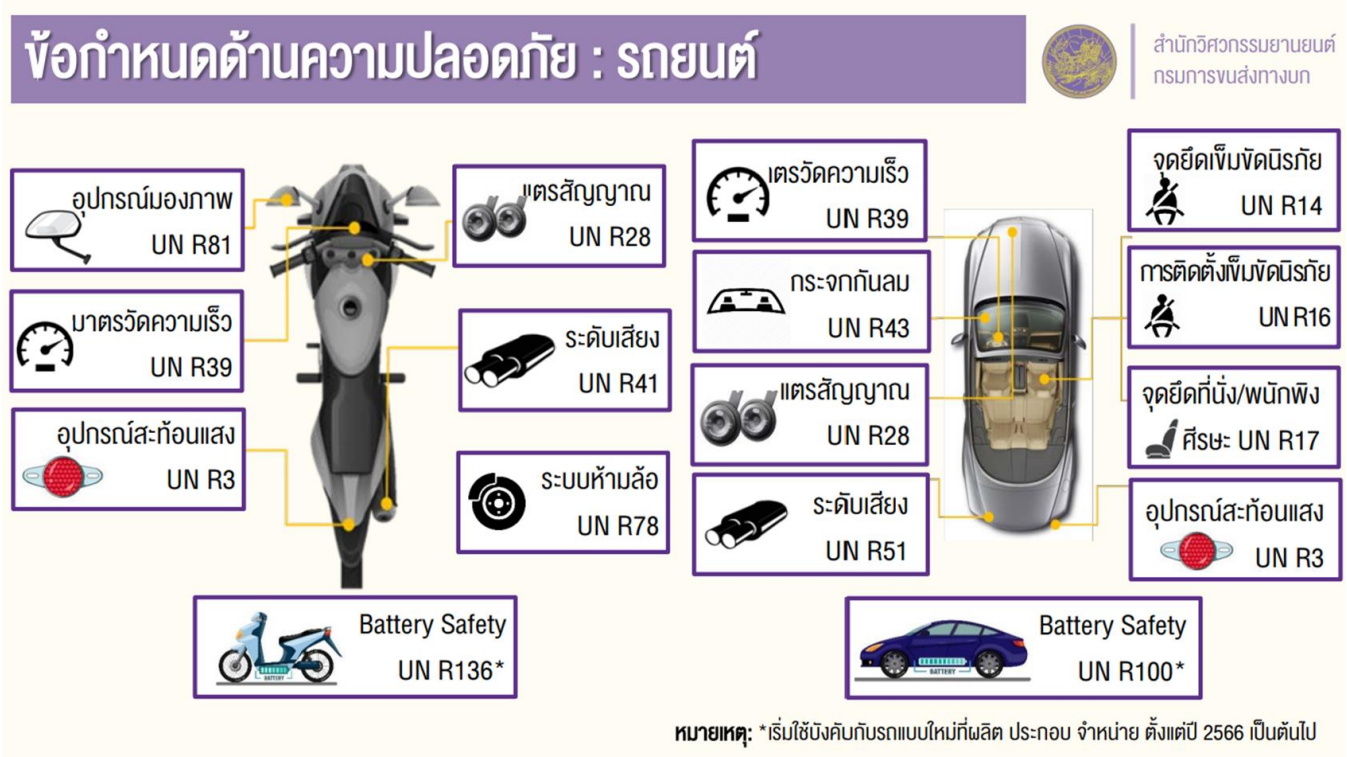


FIG. 7

Battery thermal event detection system using an optical fiber

ENTEC© Confidential – Do not distribute without permission

ระบบความปลอดภัย : มาตรฐานบังคับใช้

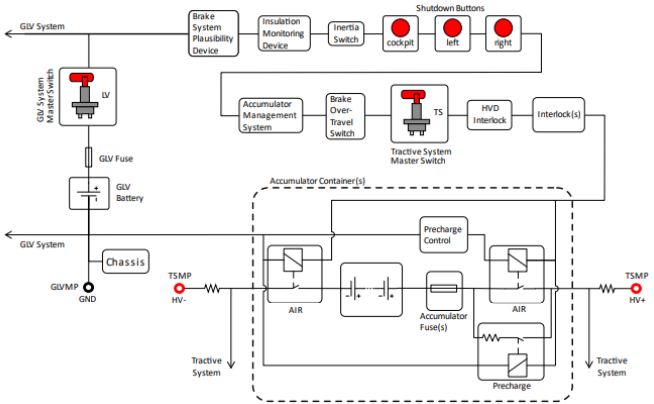


ENTEC© Confidential – Do not distribute without permission

ระบบความปลอดภัย : มาตรฐานบังคับใช้

เอกสารอ่านเพิ่มเติมสำหรับการออกแบบแพ็กแบตเตอรี่

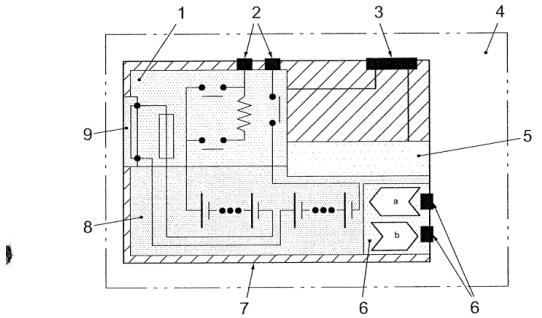
Formula SAE Rules 20xx



ISO12405_Part1_High_Power_Applications

ISO12405_Part2_High_Energy_Applications

ISO12405_Part3_Safety_Performance_Requirements



Key

1 voltage class B electric circuit (connectors, fuses, wiring)
2 voltage class B connections
3 voltage class A connections
4 battery pack
5 cell electronics
6 cooling device and connections (optional)
7 normal use impact-resistant case
8 cell assembly (cells, sensors, cooling equipment)
9 service disconnect

ENTEC© Confidential – Do not distribute without permission