ความน่าจะเป็นของการเกิดเพลิงไหม้กับแบตเตอรี่และอุปกรณ์ชาร์จ

มานพ มาสมทบ

นักวิจัย ทีมวิจัยเทคโนโลยีระบบกักเก็บพลังงาน (ESTT)

กลุ่มวิจัยนวัตกรรมพลังงาน (EIRG) ศูนย์เทคโนโลยีพลังงานแห่งชาติ(ENTEC)

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม

ความน่าจะเป็นของการเกิดเพลิงไหม้

เกิดตอนชาร์จ (charge)

เกิดตอนใช้งาน (discharge)

เกิดตอนอุบัติเหตุ

จอดอยู่เฉยๆ

ENTEC© Confidential – Do not distribute without permission

ความน่าจะเป็นของการเกิดเพลิงไหม้

1. เกิดจากอุบัติเหตุในท้องถนน

- กรณีความเสียหายถึงแบตเตอรี่ เกินมาตรฐานความปลอดภัยในการทดสอบความปลอดภัย UNECE R100/R136
- กรณีความเสียหายไม่ถึงแบตเตอรี่ แต่ฟังก์ชั่นระบบความปลอดภัยไม่ทำงาน เช่น BMS, IMD และอื่นๆ

2. เกิดจากการออกแบบ การผลิต และประกอบที่ไม่ได้ QC/QA

3. เกิดจากการใช้งาน

- อุณหภูมิที่สูงหรือต่ำเกินไป ความชื้น และวิ่งผ่านน้ำท่วม (น้ำฝนรอระบาย และน้ำท่วมจากน้ำทะเลหนุน)
- ผลกระทบการสั่นสะเทือนจากสภาพถนน
- พฤติกรรมการใช้งานที่หนัก (Fast Charge/Discharge)
- Cooling System ไม่เพียงพอ
- ขั้วต่อหัวชาร์จหน้าสัมผัสไม่ดี

4. ผู้ใช้งานนำรถไปดัดแปลง

- Over current/Over power

5. การตรวจสอบบำรุงรักษาและตรวจสภาพ

**** ช่วงเวลา Charge เป็นช่วงเวลาที่มีความเสี่ยงมากที่สุด****

- มีกระแสไฟฟ้าไหลเข้าที่สูง
- มีระบบหลายระบบทำงานเพื่อดูแลเรื่องความปลอดภัย
- ผู้ใช้งานไม่ได้อยู่กับตัวรถ
- มีการเชื่อมต่อกับตู้ชาร์จภายนอก

ENTEC© Confidential – Do not distribute without permission

มาตรฐานบังคับใช้ความปลอดภัยกับแพ็กแบตเตอรี่

THAILAND AUTOMOTIVE INSTITUTE สถาบันยานยนต์

สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ELECTRICAL AND ELECTRONICS INSTITUTE

PTEC ELECTRICAL AND ELECTRONIC PRODUCTS TESTING CENTER

ENTEC© Confidential – Do not distribute without permission

มาตรฐานบังคับใช้ความปลอดภัยกับเซลล์แบตเตอรี่

มอก. 2217-2548 ใช้ในการทดสอบเซลล์แบตเตอรี่
(เซลล์และแบตเตอรี่ทุติยภูมิที่มีอิเล็กโทร ไลต์แอลคาไลน์หรืออิเล็กโทรไลต์อื่นที่ไม่ใช่กรด สำหรับการใช้งานแบบพกพา เฉพาะด้านความปลอดภัย)

สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์
ELECTRICAL AND ELECTRONICS INSTITUTE

PTEC
ELECTRICAL AND ELECTRONIC PRODUCTS TESTING CENTER

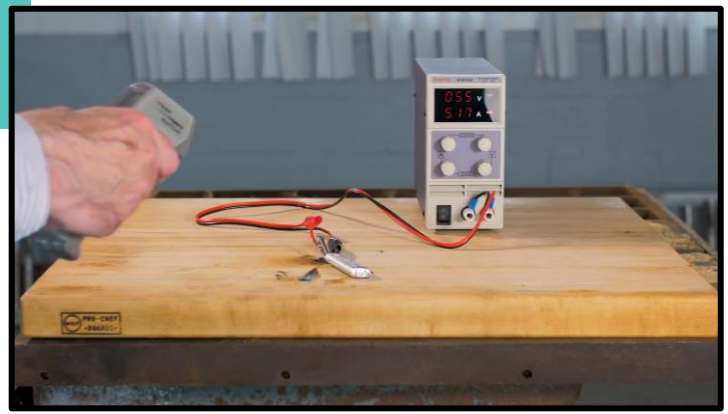
ENTEC© Confidential – Do not distribute without permission

สาเหตุการเกิดเพลิงไหม้จากแบตเตอรี่

© Elettronauti è un marchio registrato da Matteo Valenza

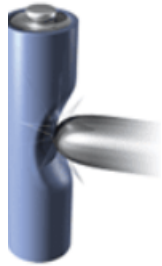
สาเหตุการเกิดเพลิงไหม้จากแบตเตอรี่

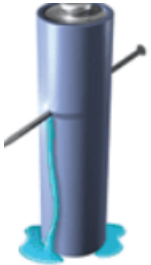
ทางไฟฟ้าอัดประจุเกิน



ทางความร้อน

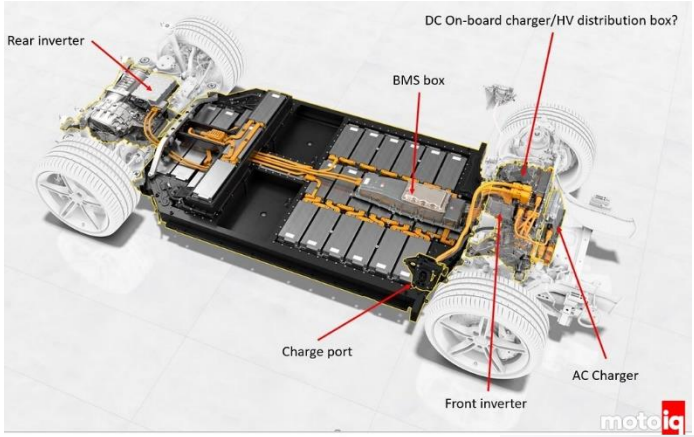
ทางกลเจาะทะลุ

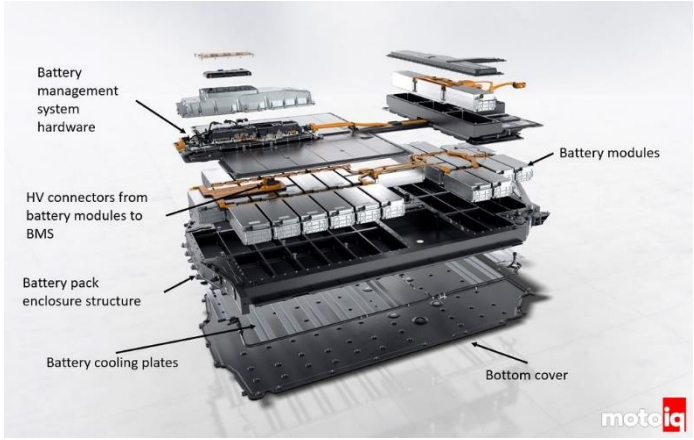




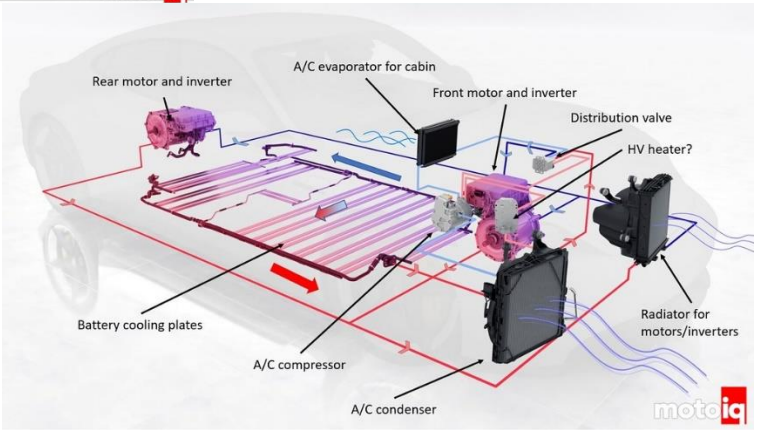
ที่มา: YouTube - EE World Online, KREOSAN English

สาเหตุการเกิดเพลิงไหม้จากแหล่งอื่น





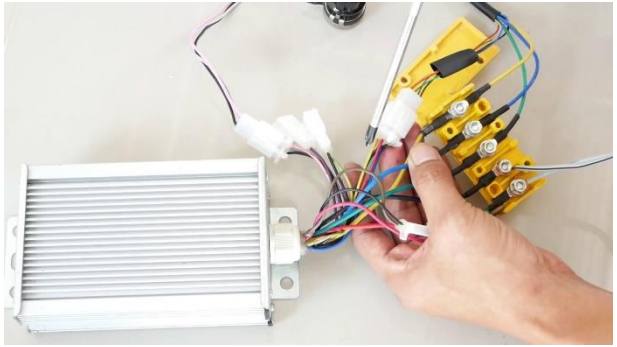
นอกจากแบตเตอรี่แล้ว อุปกรณ์ทุกชิ้นในระบบสามารถเกิดเพลิงไหม้ และลามไปไหม้แบตเตอรี่ได้



ENTEC© Confidential – Do not distribute without permission

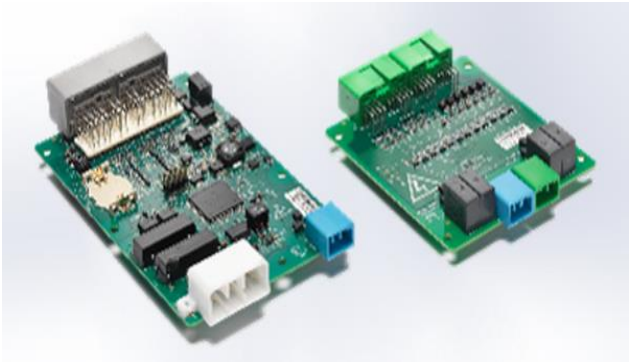
สาเหตุการเกิดเพลิงไหม้จากแหล่งอื่น

จุดเชื่อมต่อสายไฟไม่แน่น

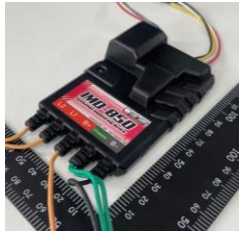


การเลือกขนาดสายไฟและฟิวส์

การตั้งค่าที่ BMS และฟังก์ชั่นความปลอดภัยไม่เหมาะสม

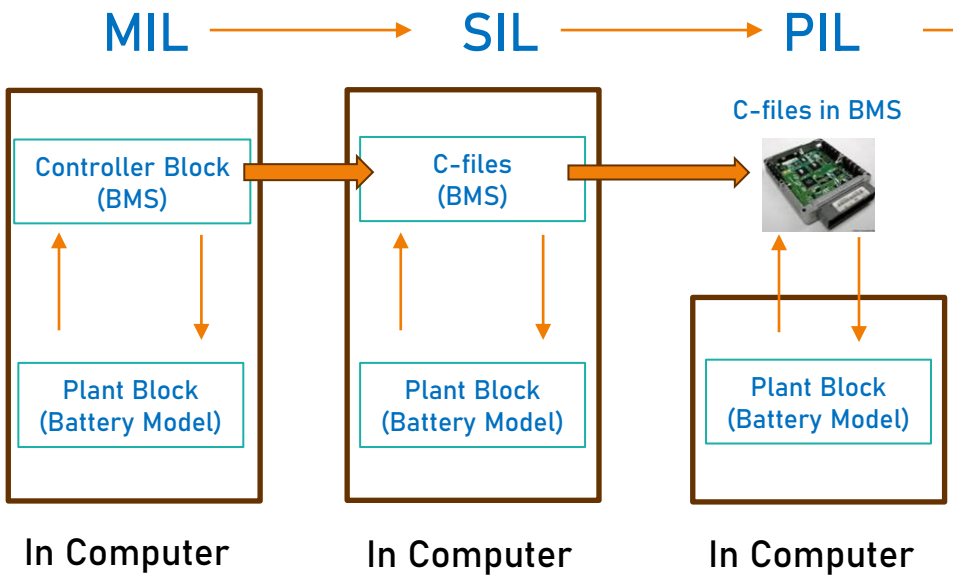


ฟังก์ชั่นของ IMD (Insulation Monitoring Devices) เกิดข้อผิดพลาด



© 2566 โรงงานผลิต ชุดสายไฟอิเล็กทรอนิกส์ กรุงเทพฯ
© 2022 Sensata Technologies, Inc

การตรวจสอบฟังก์ชั่นการทำงานของ BMS



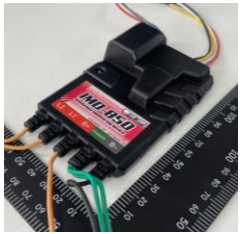
MIL – Model in the Loop
SIL - Software in the Loop
PIL - Processor in the Loop
HIL - Hardware in the Loop

BMS Hardware in the Loop

ENTEC© Confidential – Do not distribute without permission

ฟังก์ชั่นการทำงานของ IMD

- การเตือน (Warning) เมื่อค่าความต้านทานต่ำกว่า 1,500 โอห์มต่อโวลต์
- การตัดการทำงานภายใน 20 วินาที เมื่อค่าความต้านทานต่ำกว่า 500 โอห์มต่อโวลต์
- ตั้งค่าการตัดการทำงานภายใน 2 วินาที เมื่อค่าความต้านทานต่ำกว่า 100 โอห์มต่อโวลต์
- ยังสามารถทำงานได้ในขณะเกิดอุบัติเหตุ ถ้า IMD ยังมีไฟเลี้ยงอยู่



ในกรณีรถประสบอุบัติเหตุตกน้ำ

ในกรณีรถประสบอุบัติเหตุ

สิ่งที่คาดหวัง ตัดไฟฟ้าแรงดันสูง เพื่อให้ปลอดภัยกับผู้ประสบอุบัติเหตุ และผู้ที่เข้าให้ความช่วยเหลือ

ENTEC© Confidential – Do not distribute without permission

การใช้กำลังไฟฟ้าแพ็กแบตเตอรี่เกินทำให้เกิดความร้อนสูง

Power = Current x Voltage

P = I x U

Current @ 1C-rate = 100 A

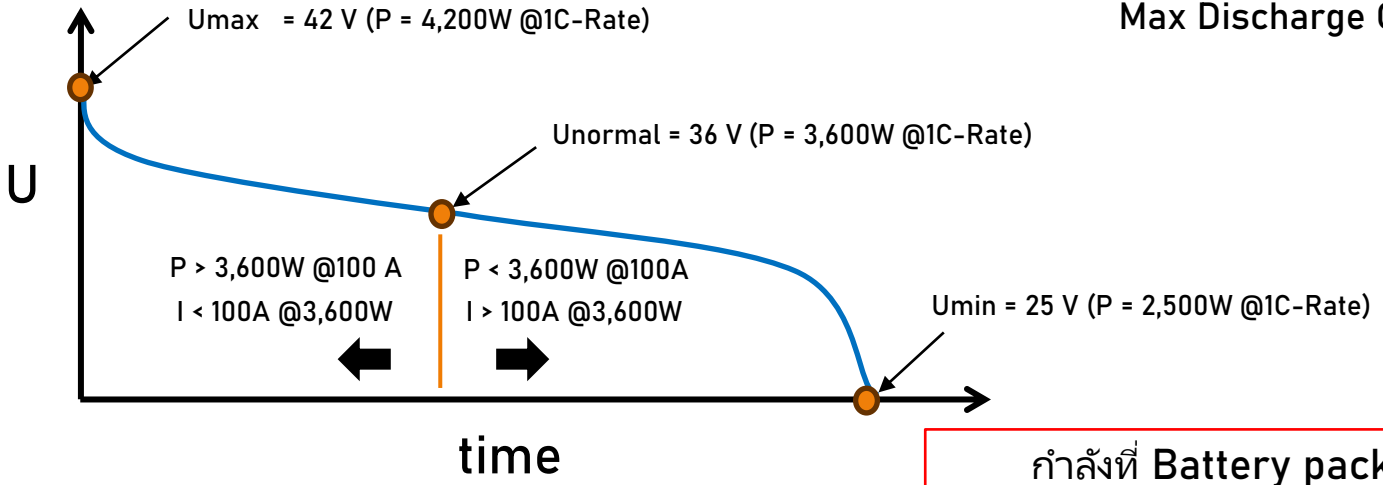
Battery Pack Capacity = 100 Ah

Battery Pack Capacity = 3.06 kWh

Discharge C-rate = 1C

Charge C-rate = 0.5C

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



กำลังที่ Battery pack จ่ายได้ ?

** ขึ้นอยู่กับแรงดันไฟฟ้ากับค่า C-rate**

ENTEC© Confidential – Do not distribute without permission

การใช้กำลังไฟฟ้าแพ็กแบตเตอรี่เกินทำให้เกิดความร้อนสูง

Power = Current x Voltage

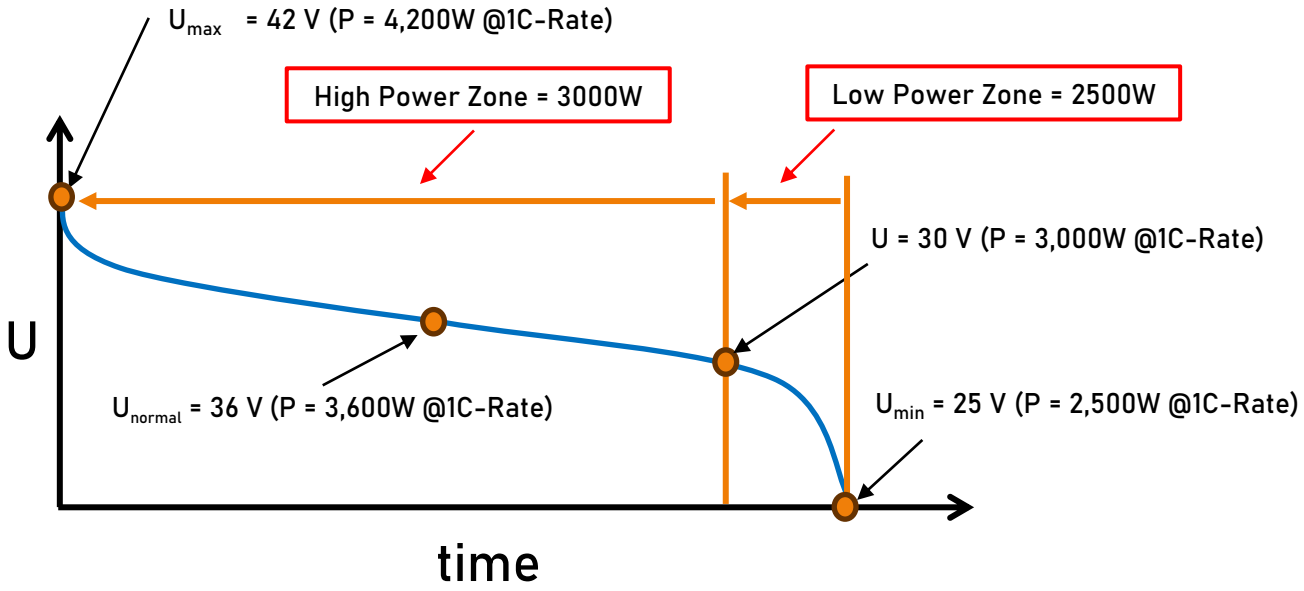
P = I x U

High Power Zone

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

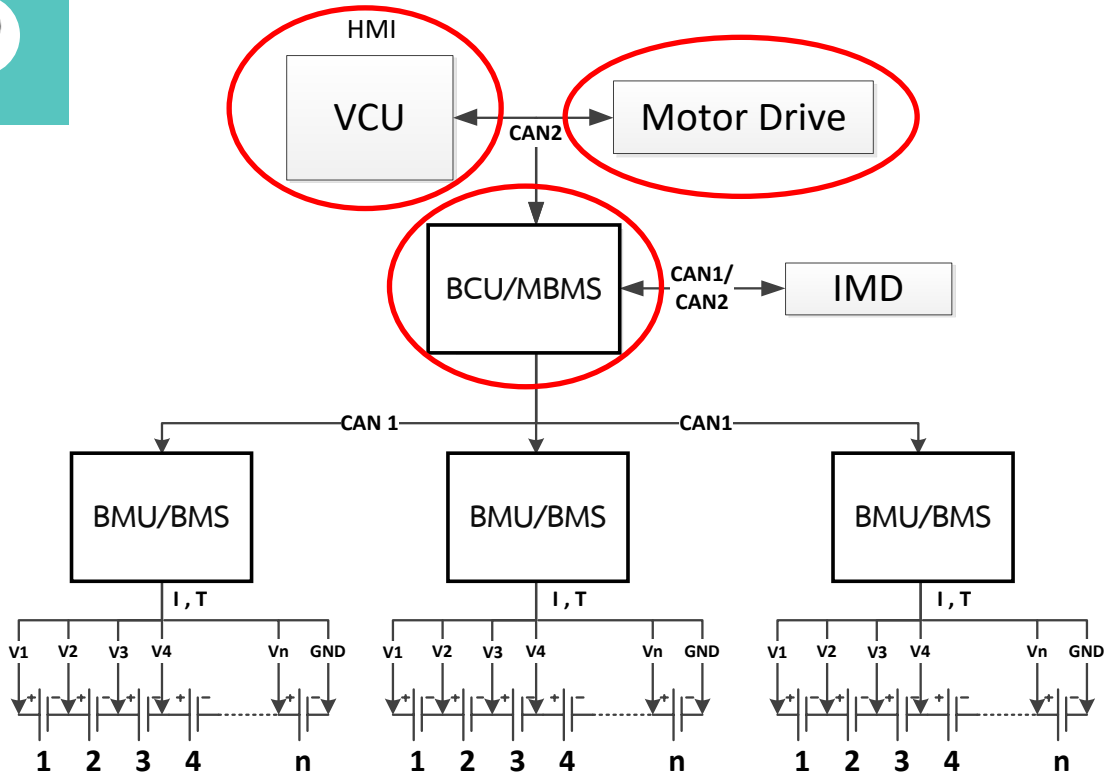
Low Power Zone

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



ENTEC© Confidential – Do not distribute without permission

การบริหารจัดการกำลังไฟฟ้าของแพ็กแบตเตอรี่

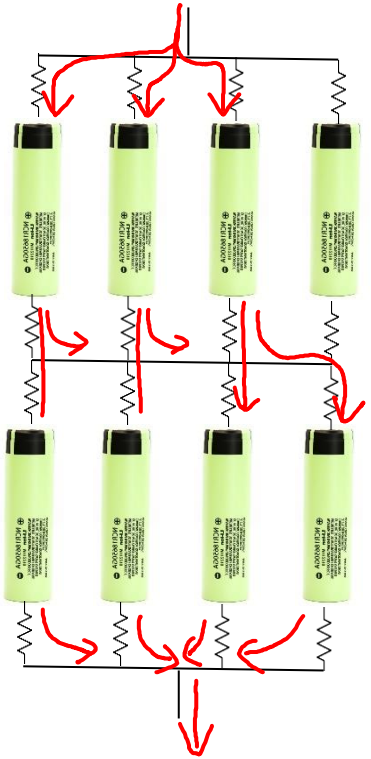


BMS/MBMS จะมีการสื่อสารกับ VCU หรือ Motor Drive รวมถึงระบบ Charging ว่าสถานะตอนนี้แบตเตอรี่รับกำลังหรือกระแสได้สูงสุดเท่าไร

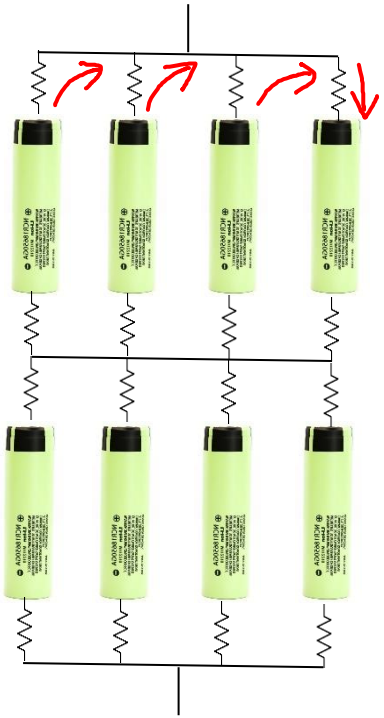
ENTEC© Confidential – Do not distribute without permission

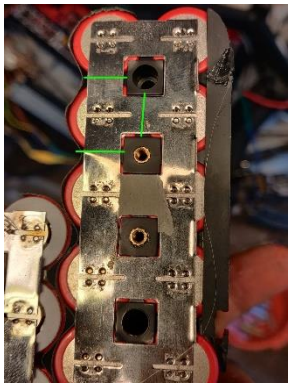
ผลกระทบของคุณภาพจุดเชื่อมต่อ

ตอนชาร์จ



ตอนหยุดชาร์จ





ENTEC© Confidential – Do not distribute without permission

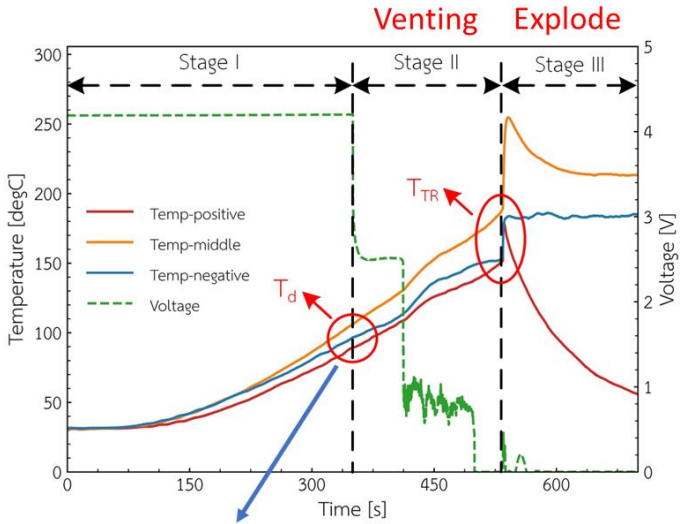
การศึกษาการดับไฟจากเซลล์แบตเตอรี่

การทดสอบให้ความร้อนจนแบตเตอรี่ระเบิด

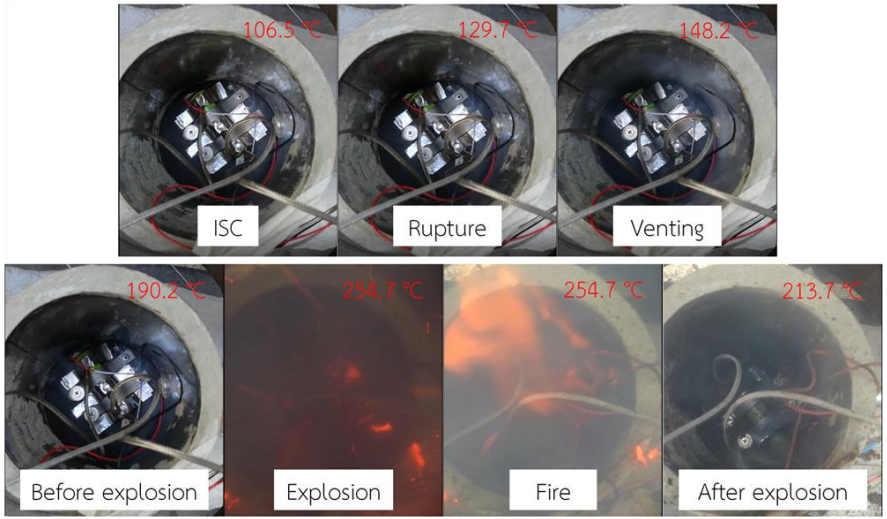
ENTEC© Confidential – Do not distribute without permission

การศึกษาการดับไฟจากเซลล์แบตเตอรี่

การทดสอบให้ความร้อนจนแบตเตอรี่ระเบิด



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



ENTEC© Confidential – Do not distribute without permission

การศึกษาการดับไฟจากเซลล์แบตเตอรี่

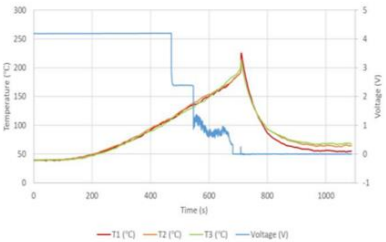
การทดสอบการดับไฟจากแบตเตอรี่

King Mongkut's University of Technology Thonburi

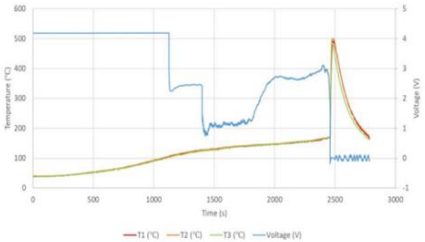
Pre-experiment

สวทช NSTDA TAIST TokyoTech

Nitrogen

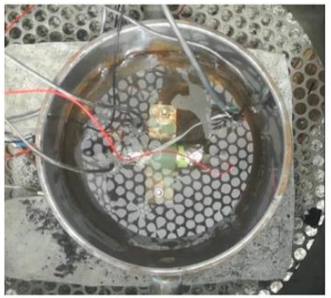


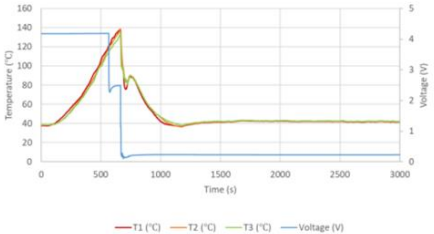
Argon



DI Water, Water, Seawater

(my senior TAIST-Tokyo tech from KMITL)





แนวทางการดับไฟฟ้าจากรถไฟฟ้าด้วยน้ำ

เกิดตอนชาร์จ (charge)

(ต้องหยุดชาร์จ และตัดไฟฟ้าเข้าตู้ชาร์จ)

เกิดตอนใช้งาน (discharge)

เกิดตอนอุบัติเหตุ

จอดอยู่เฉยๆ

ENTEC© Confidential – Do not distribute without permission

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

กรณีศึกษากรณีไฟไหม้จากแพ็กแบตเตอรี่จริง (ควบคุมตัวแปรได้)

แพ็กแบตเตอรี่ 35 kWh

ออกห่าง

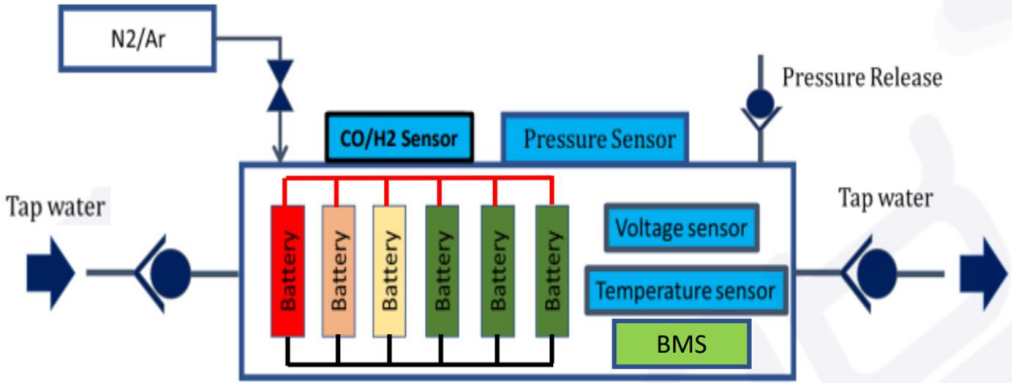
รอพลังงานลด

ลดอุณหภูมิ

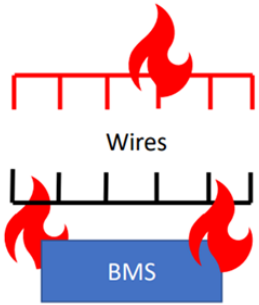
แช่น้ำ

ENTEC© Confidential – Do not distribute without permission

การพัฒนาอุปกรณ์ตรวจจับไฟไหม้และการป้องกัน



ความร้อนเกิดขึ้นที่แบตเตอรี่



ความร้อนไม่ได้เกิดขึ้นจากแบตเตอรี่

ENTEC© Confidential – Do not distribute without permission

เทคนิคการติดตั้งตัวตรวจจับอุณหภูมิต้นทุนต่ำ

Patent: US8092081B2

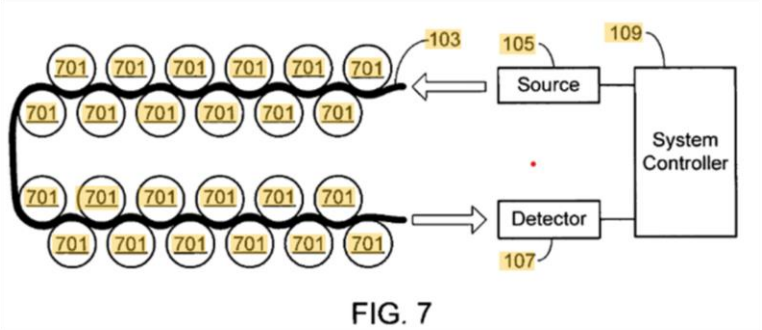


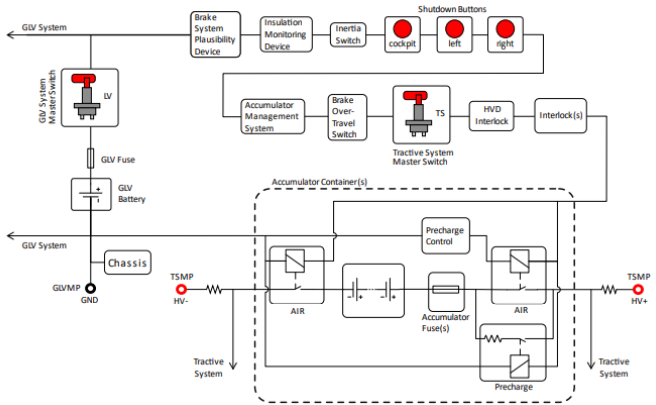
FIG. 7

Battery thermal event detection system using an optical fiber

ENTEC© Confidential – Do not distribute without permission

เอกสารอ่านเพิ่มเติมสำหรับการออกแบบแพ็กแบตเตอรี่

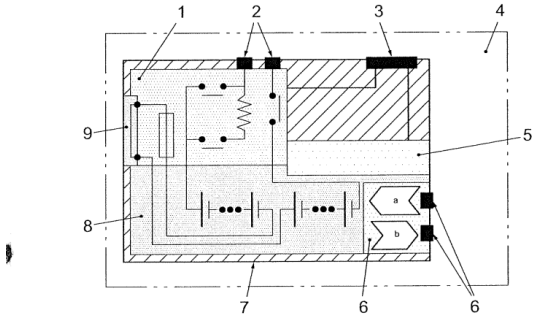
Formula SAE Rules 20xx



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