กรมพัฒนาพลังงานทดแทน
และอนุรักษ์พลังงาน
กระทรวงพลังงาน

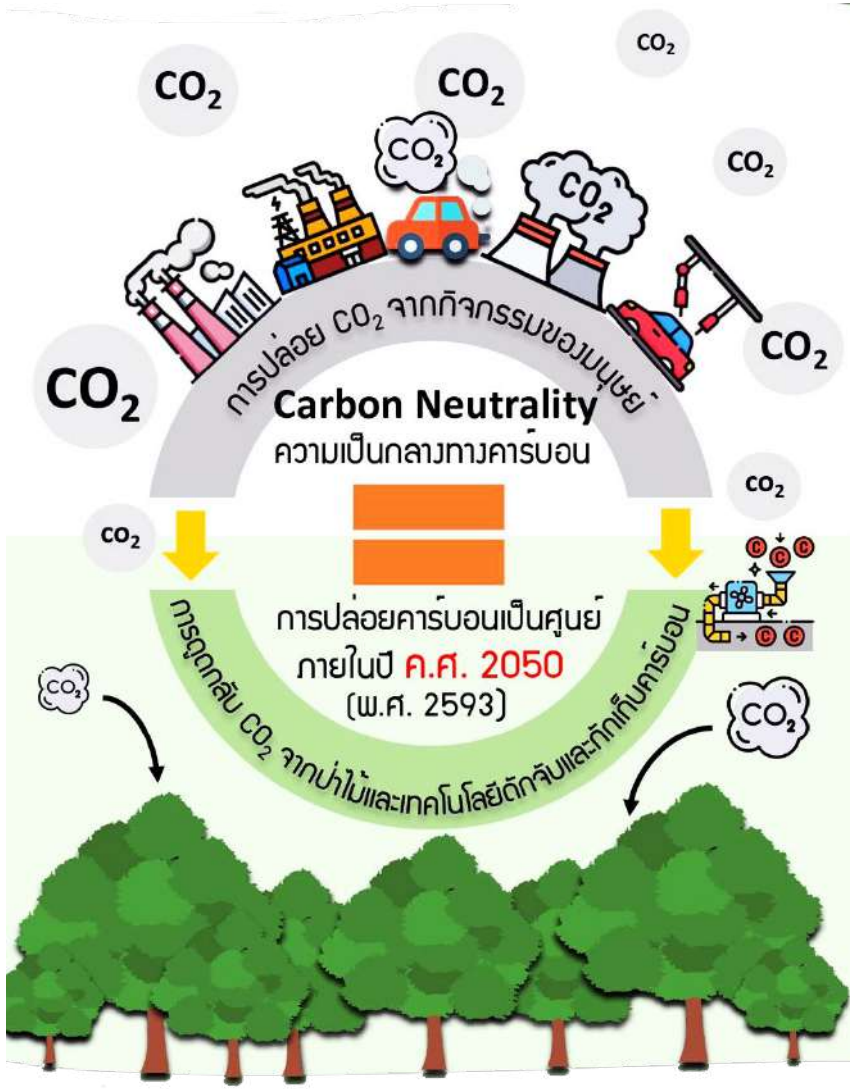
หลักสูตร การสร้างความรู้ความเข้าใจด้านยานยนต์ไฟฟ้า (EV) สำหรับภาคอุตสาหกรรมยานยนต์

โครงการพัฒนาความรู้ ความสามารถใหม่ ด้านยานยนต์ไฟฟ้า (EV)
สำหรับภาคอุตสาหกรรมยานยนต์และภาคประชาชน

สถานการณ์ยานยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทย

ผู้บรรยาย

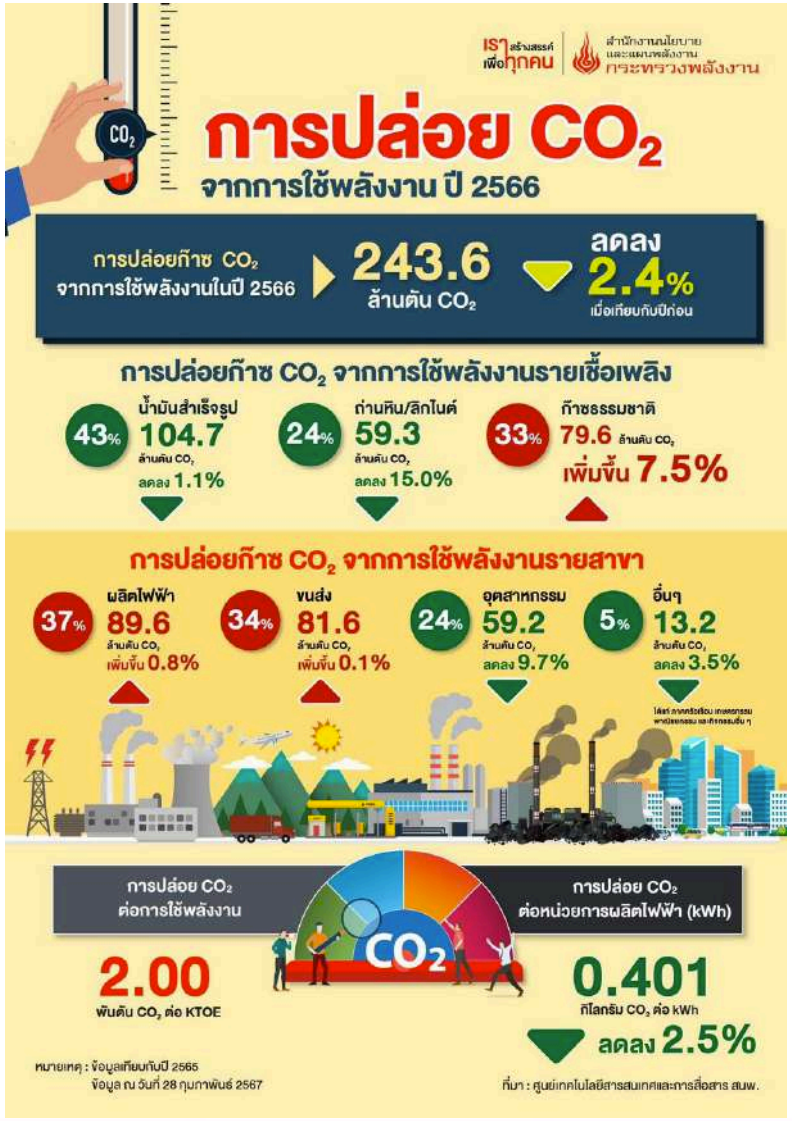
ดำเนินงานโดย บริษัท ไบร์ท แมเนจเม้นท์ คอนซัลติ้ง จำกัด



ประเทศไทยได้แสดงเจตนารมย์ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

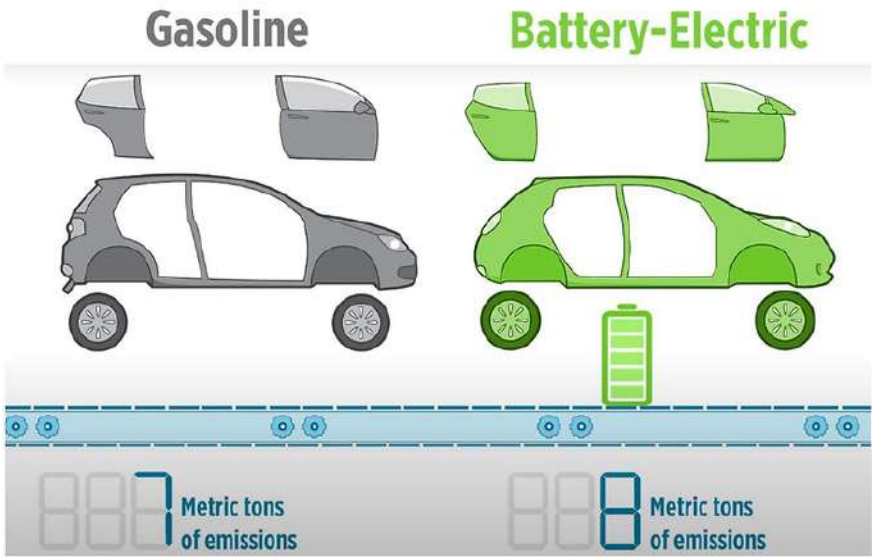
- เป้าหมายการเข้าสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอนภายในปี ค.ศ. 2050 และ
- เป้าหมายการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ ภายในปี ค.ศ. 2065

ยานยนต์ไฟฟ้ากับการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

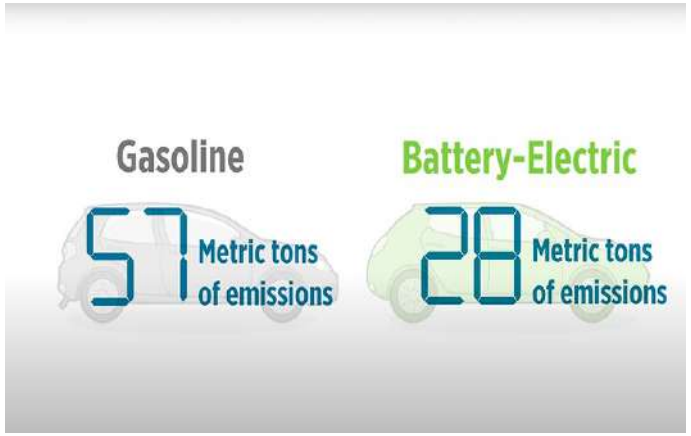


ในการคำนวณการปล่อย CO_2 ภาคขนส่ง ถ้ามีการใช้ยานยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ (BEV) จะมีอัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนได้ออกไซด์ (CO_2) เป็นศูนย์

อัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการผลิตรถยนต์



อัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาพรวมตั้งแต่กระบวนการผลิตรถยนต์จนไปถึงกระบวนการกำจัดซาก



ยานยนต์ไฟฟ้ากับการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

รถยนต์ขนาดกลาง (1600 cc) เบนซิน

อัตราการกินน้ำมันเฉลี่ย 15.238 km/L

ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 2.2376 $kgCO_2e$/ลิตร

เท่ากับปล่อย CO_2 0.1468 $kgCO_2e$/km

รถกระบะส่วนบุคคลขนาด 1 ตัน ดีเซล

อัตราการกินน้ำมันเฉลี่ย 11.111 km/L

ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 2.7446 $kgCO_2e$/ลิตร

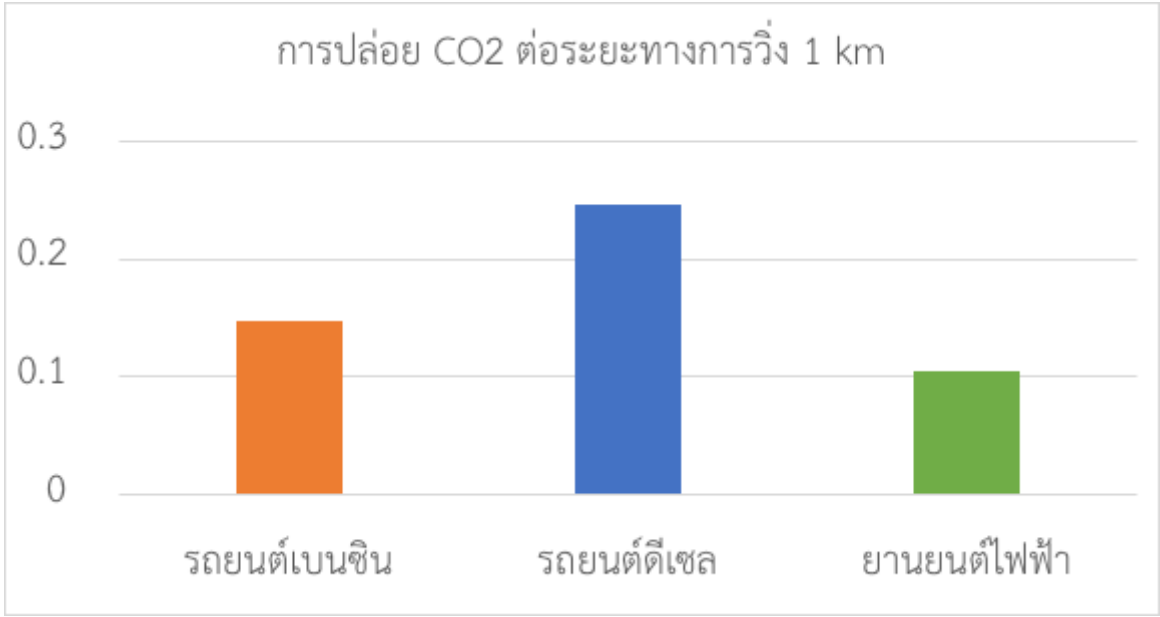
เท่ากับปล่อย CO_2 0.2470 $kgCO_2e$/km

ยานยนต์ไฟฟ้า

อัตราการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ย 4.8 km/kWh

ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 0.4999 $kgCO_2e$/kWh

เท่ากับปล่อย CO_2 0.1041 $kgCO_2e$/km



ข้อมูลการคำนวณจาก ข้อกำหนดในการคำนวณและรายงาน คาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การหมาชน) กรกฎาคม 2565

แนวทางการส่งเสริมยานยนต์ไฟฟ้าของประเทศไทย

มาตรการส่งเสริมการลงทุนเพื่อยกระดับอุตสาหกรรมยานยนต์

แนวทางการส่งเสริมยานยนต์ไฟฟ้าของประเทศไทย

30@30

แนวทางการส่งเสริมยานยนต์ไฟฟ้าของประเทศไทย

EV 3.5

กรณีรถยนต์ไฟฟ้าราคาไม่เกิน 2 ล้านบาท

- ขนาดแบตเตอรี่ตั้งแต่ 50 kWh จะได้รับเงินอุดหนุน ระหว่าง 50,000 - 100,000 บาท/คัน
- ขนาดแบตเตอรี่ต่ำกว่า 50 kWh จะได้รับเงินอุดหนุนระหว่าง 20,000 – 50,000 บาท/คัน

กรณีรถกระบะไฟฟ้าราคาไม่เกิน 2 ล้านบาท

ขนาดแบตเตอรี่ตั้งแต่ 50 kWh จะได้รับเงินอุดหนุน ระหว่าง 50,000 - 100,000 บาท/คัน

กรณีรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าราคาไม่เกิน 150,000 บาท

ขนาดแบตเตอรี่ตั้งแต่ 3 kWh จะได้รับเงินอุดหนุน ระหว่าง 5,000 - 10,000 บาท/คัน

แนวทางการส่งเสริมยานยนต์ไฟฟ้าของประเทศไทย

- กรณีซื้อรถที่ผลิต/ประกอบในประเทศ สามารถนำมาหักค่าใช้จ่ายได้ 2 เท่า
- กรณีนำเข้ารถสำเร็จรูปจากต่างประเทศ สามารถหักค่าใช้จ่ายได้ 1.5 เท่า
- มาตรการนี้จะมีผลใช้บังคับจนถึงสิ้นปี 2568

- เงินสนับสนุน 30-50% ของมูลค่าการลงทุน
- การยกเว้นภาษีเงินได้นิติบุคคลไม่เกิน 15 ปี ซึ่งสูงกว่าสิทธิประโยชน์ตาม พ.ร.บ.ส่งเสริมการลงทุนที่ยกเว้นได้ไม่เกิน 13 ปี
- การยกเว้นอากรเครื่องจักร
- การยกเว้นอากรวัตถุดิบ

แนวทางการส่งเสริมยานยนต์ไฟฟ้าของประเทศไทย

มาตรการส่งเสริมการลงทุนเพื่อยกระดับอุตสาหกรรมยานยนต์

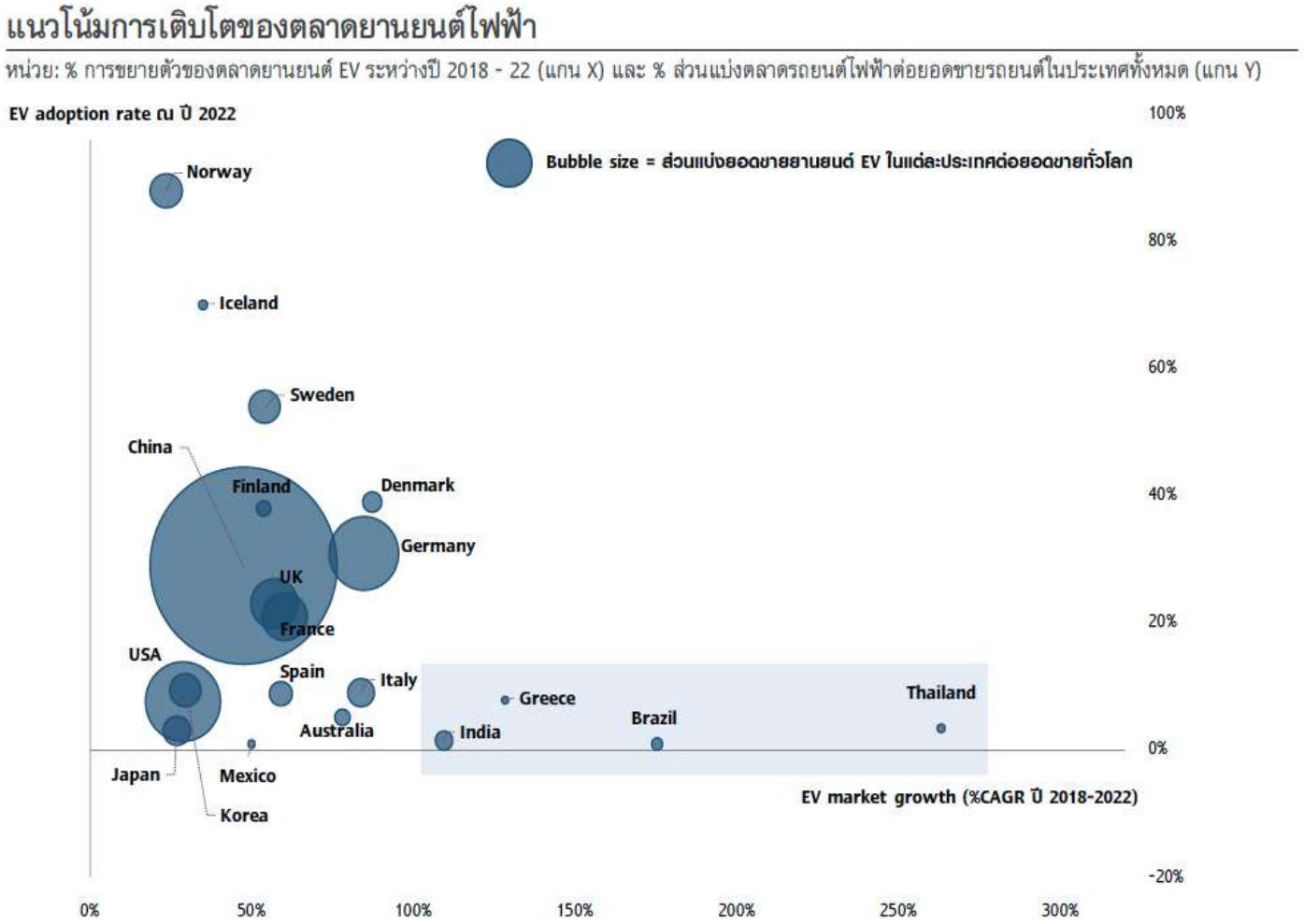
สนับสนุนให้ผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมยานยนต์นำระบบอัตโนมัติหรือหุ่นยนต์ (Automation and Robotics) มาปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตสำหรับการผลิตรถยนต์ ทั้งแบบยานยนต์ทั่วไปและยานยนต์ไฟฟ้า ครอบคลุมทั้งกิจการเดิมและการลงทุนใหม่ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตและรองรับการเปลี่ยนผ่านไปสู่การเป็นฐานผลิตของอุตสาหกรรมยานยนต์ที่ใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่

- ยกเว้นภาษีเงินได้นิติบุคคลเป็นระยะเวลา 3 ปี สัดส่วนร้อยละ 50 ของเงินลงทุนในระบบอัตโนมัติและหุ่นยนต์ (ไม่รวมค่าที่ดินและทุนหมุนเวียน)
- ยกเว้นอากรขาเข้าสำหรับเครื่องจักร

แนวทางการส่งเสริมยานยนต์ไฟฟ้าของประเทศไทย

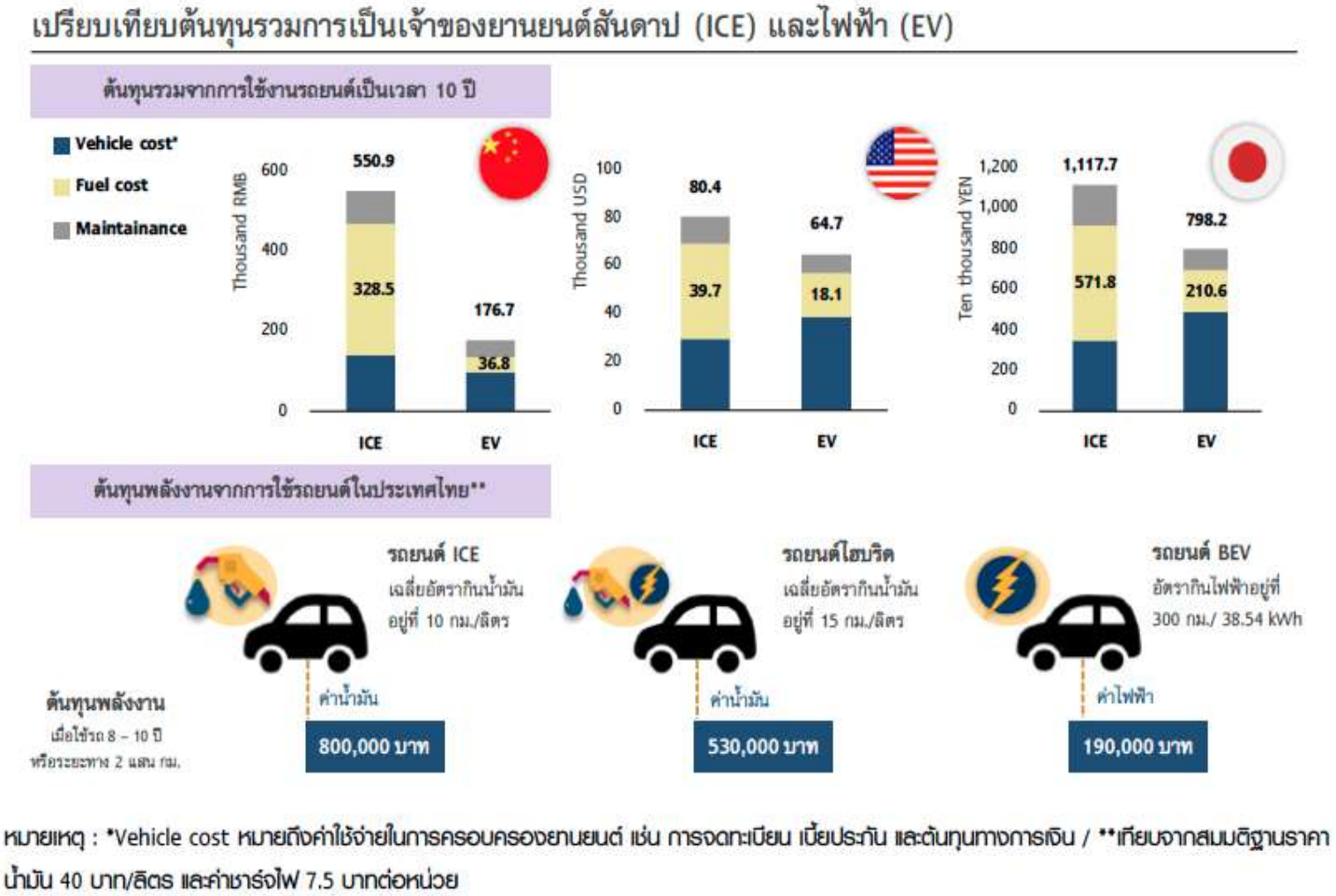
มาตรการการยกเว้นอากรศุลกากรสำหรับชิ้นส่วนยานยนต์ไฟฟ้า หรือเรือแบบพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่

สถานการณ์ยานยนต์ไฟฟ้าของประเทศไทย



- ในช่วงระหว่างปี 2022-2030 จะขยายตัวเฉลี่ยปีละ 20% และ 33%
- 1 แสนคันของการผลิตรถยนต์ไฟฟ้าภายในประเทศจะทำให้ GDP ไทย เติบโตขึ้นราว 0.2%
- นโยบายด้านสิ่งแวดล้อมในหลายประเทศที่ทยอยเป็นรูปธรรมมากขึ้น
- ฝั่งผู้บริโภคที่ต้องการลดภาระค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงลง
- ตัวเลือกในตลาดมีความหลากหลาย
- 2022 ยานยนต์ EV ถูกจำหน่ายไปแล้วกว่า 10.6 ล้านคันทั่วโลก เพิ่มขึ้น 57%จากปีก่อน

สถานการณ์ยานยนต์ไฟฟ้าของประเทศไทย

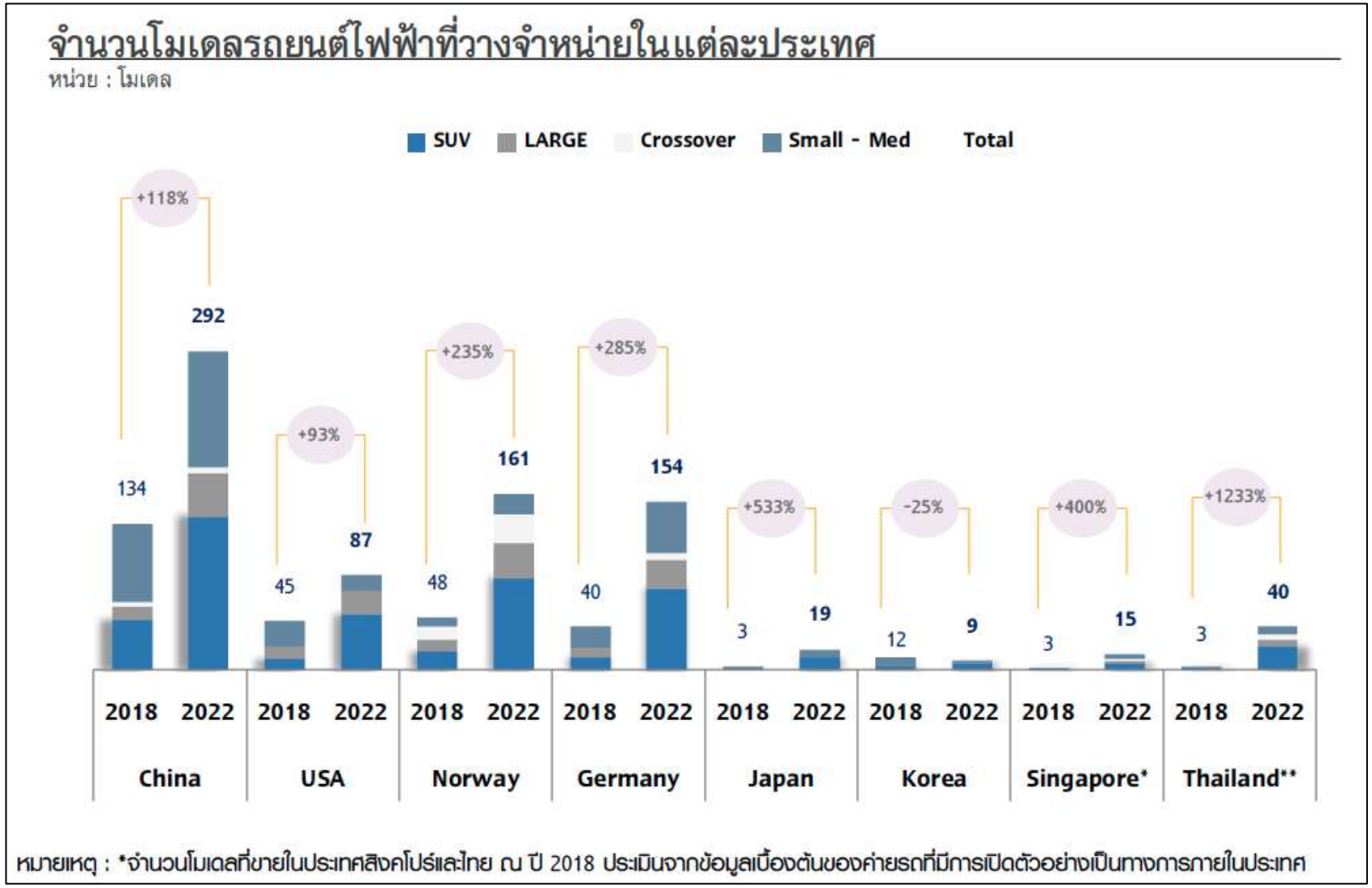


หมายเหตุ : *Vehicle cost หมายถึงค่าใช้จ่ายในการครอบครองยานยนต์ เช่น การจดทะเบียน เบี้ยประกัน และต้นทุนทางการเงิน / **เทียบจากสมมติฐานราคาน้ำมัน 40 บาท/ลิตร และค่าชาร์จไฟ 7.5 บาทต่อหน่วย

แรงส่งด้านอุปสงค์เกิดขึ้นได้เพราะ 3 ปัจจัย

1. นโยบายด้านสิ่งแวดล้อมในหลายประเทศทั่วโลกที่เป็นรูปธรรมมากขึ้น โดยเฉพาะหลังจากปี 2016 เป็นต้นมา
2. ราคาพลังงานที่ผันผวนและปรับตัวสูงขึ้น ถือเป็นปัจจัยเร่งสำคัญที่ทำให้กระแสยานยนต์ EV ร้อนแรงขึ้นทั่วโลก
3. การรุกตลาด EV จากค่ายรถจีน ทำให้ผู้บริโภคทั่วโลกมีตัวเลือกที่หลากหลายมากขึ้น ทั้งในด้านรูปโฉม ฟังก์ชันการใช้งานและระดับราคา

สถานการณ์ยานยนต์ไฟฟ้าของประเทศไทย



- การรุกตลาด EV จากค่ายรถจีนทำให้ผู้บริโภคทั่วโลกมีตัวเลือกที่หลากหลายมากขึ้น
- กระแสยานยนต์ EV กำลังได้รับความสนใจเนื่องจากอยู่ในช่วงเริ่มต้นของนโยบายสนับสนุนจากภาครัฐ
- ปัญหากีดกันทางการค้าที่ไม่รุนแรงมากนัก
- ผู้ผลิตรถยนต์รายใหญ่ในภูมิภาคต่างหันมาเร่งพัฒนาและจำหน่ายรถยนต์ไฟฟ้า

สถานการณ์ยานยนต์ไฟฟ้าของประเทศไทย

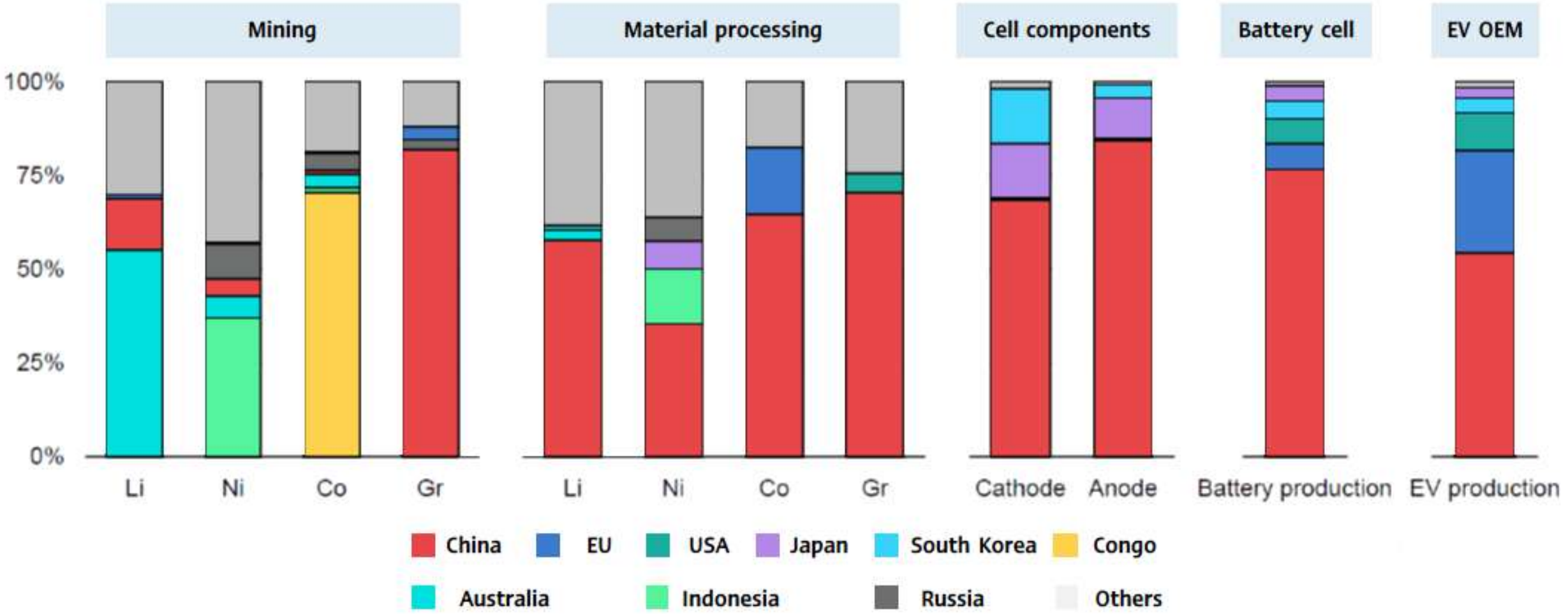
ความท้าทายห่วงโซ่อุปทานและธุรกิจยานยนต์

แบ่งเป็น 3 ด้านสำคัญ ได้แก่

1. การปรับตัวของเจ้าตลาดเดิมในกลุ่มผู้ผลิตรถสันดาป โดยเฉพาะค่ายรถยนต์จากฝั่งตะวันตก ที่ปัจจุบันต่างเร่งปรับตัวและหันมาเดินหน้าพัฒนาเทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้า รวมถึงมีการตั้งเป้าเพิ่มสัดส่วนยอดขายและปริมาณการผลิตรถ EV ให้สูงขึ้นต่อเนื่อง
2. การแข่งขันด้านราคา (Price war)
3. การผูกขาดห่วงโซ่อุปทานอุตสาหกรรม EV ซึ่งปัจจุบันจีนนับว่ามีอิทธิพลสูงสุด โดยเฉพาะกระบวนการผลิตแบตเตอรี่ซึ่งถือเป็นหัวใจของอุตสาหกรรมยานยนต์ไฟฟ้า

สถานการณ์ยานยนต์ไฟฟ้าของประเทศไทย

สัดส่วนปริมาณการผลิตในห่วงโซ่อุปทานอุตสาหกรรม EV จำแนกตามประเทศ ณ ปี 2022



สถานการณ์ยานยนต์ไฟฟ้าของประเทศไทย

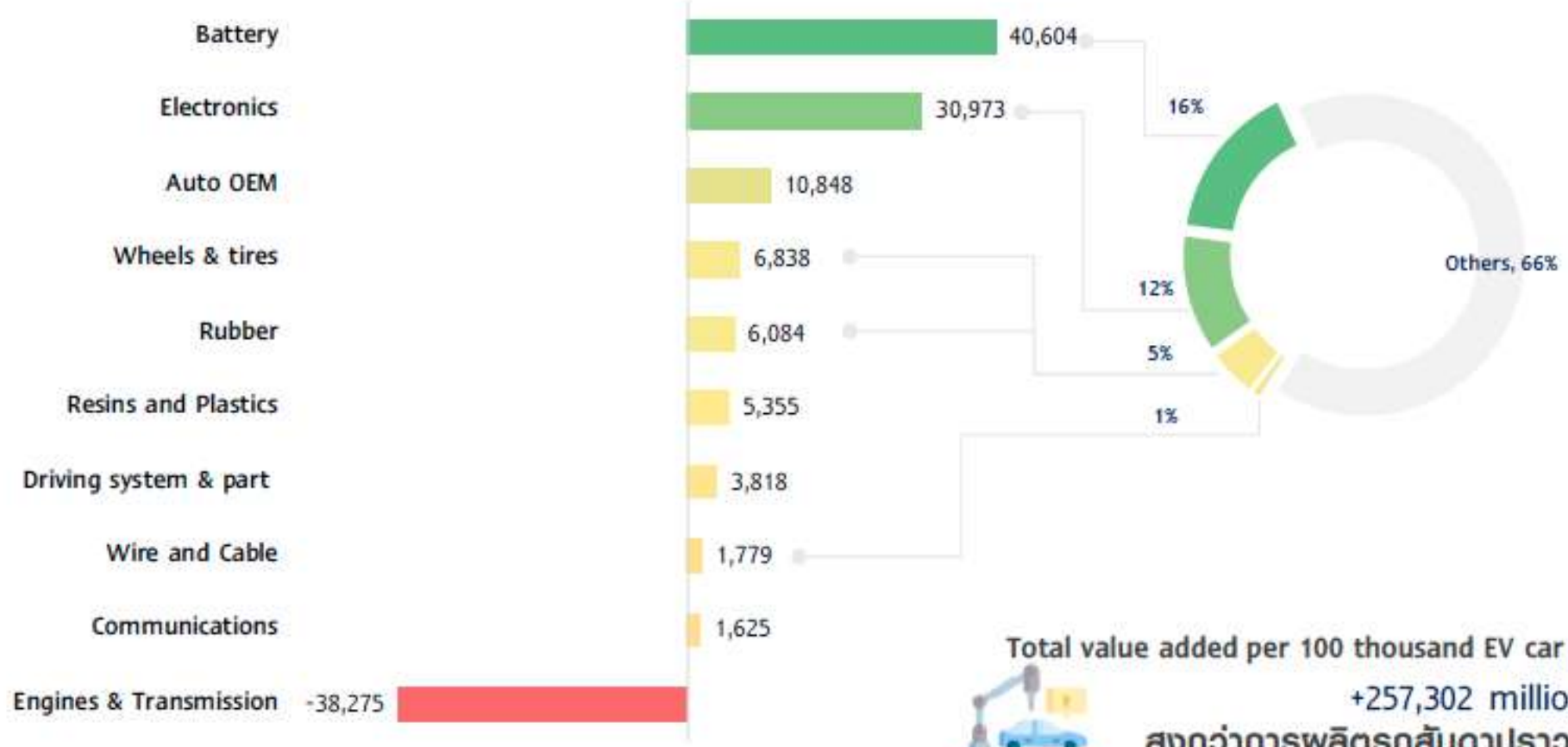
การเติบโตของอุตสาหกรรม EV โลกที่มีผลต่อเศรษฐกิจและการปรับตัวของภาคธุรกิจไทย

- ผู้ผลิตชิ้นส่วนและอุปกรณ์ยานยนต์ (Auto supplier) ส่วนใหญ่สามารถเติบโตไปกับอุตสาหกรรมยานยนต์
- กิจกรรมการผลิตยานยนต์ EV มีมูลค่าทางเศรษฐกิจสูงกว่ายานยนต์สันดาปประมาณ 15% (เมื่อเทียบกับมูลค่าเพิ่มการผลิตรถยนต์ ณ ปี 2015)
- ส่วนใหญ่มาจากกิจกรรมผลิตแบตเตอรี่ไฟฟ้าและชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์
- กลุ่มผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ซึ่งเป็น Supplier เดิมของอุตสาหกรรมรถสันดาป อาทิ ยางล้อ เมล็ดพลาสติก อุปกรณ์ขับเคลื่อน และสายไฟ โดยรวมมีแนวโน้มเติบโตได้
- ความเสี่ยงในกลุ่มผู้ประกอบการจำนวนกว่า 1,300 แห่งทั่วประเทศ อยู่ในกลุ่มผู้ผลิตชิ้นส่วน ที่เกี่ยวข้องกับระบบส่งกำลังและเชื้อเพลิง (Transmission system)

สถานการณ์ยานยนต์ไฟฟ้าของประเทศไทย

การเปลี่ยนแปลงของมูลค่าเพิ่มในธุรกิจผลิตชิ้นส่วนและอุปกรณ์ยานยนต์ภายใต้กระแสยานยนต์ไฟฟ้า

หน่วย : +/- ล้านบาท (จากการผลิตรถ EV ในประเทศทุก ๆ 1 แสนคัน)



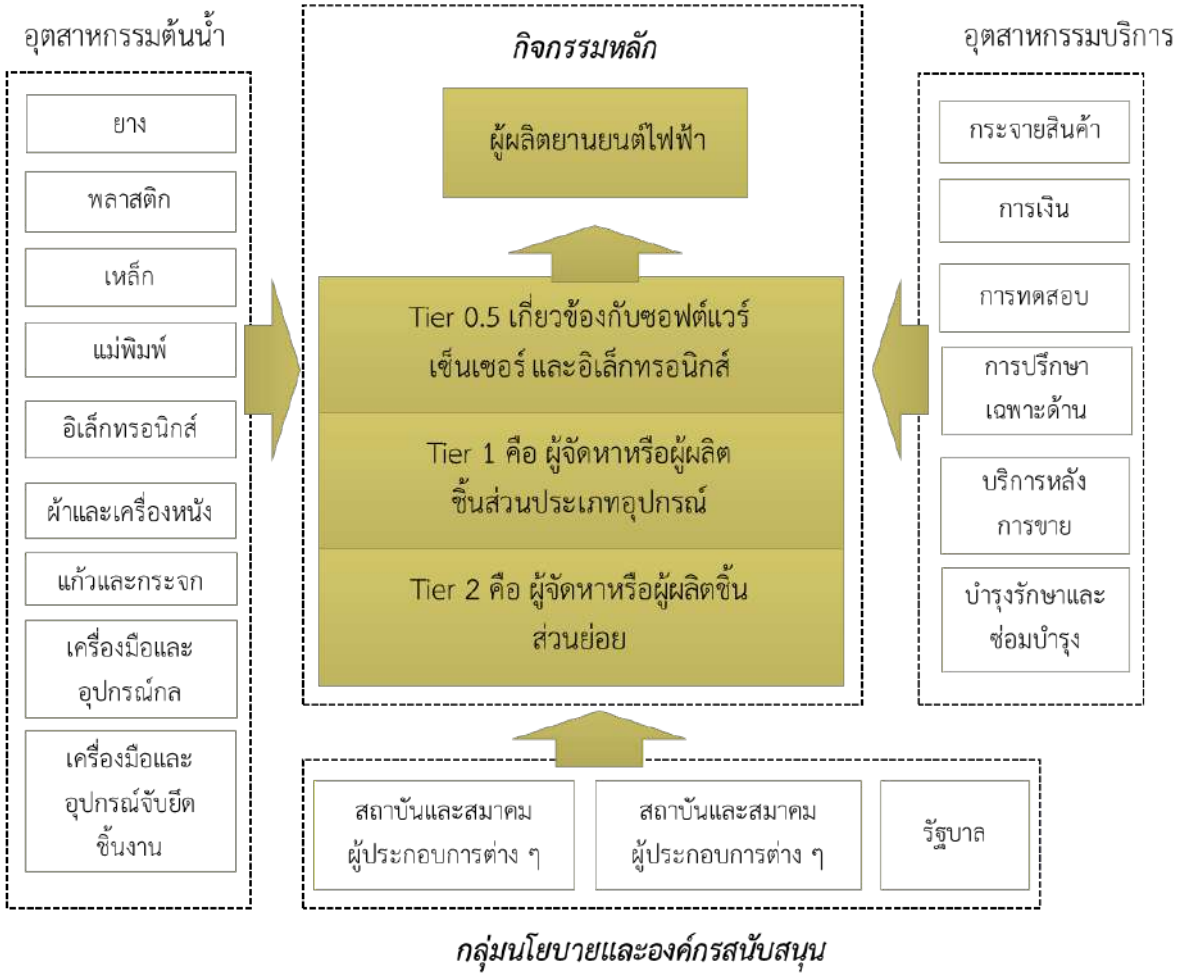
Total value added per 100 thousand EV car produced

+257,302 million baht

สูงกว่าการผลิตรถสันดาปราว 15%

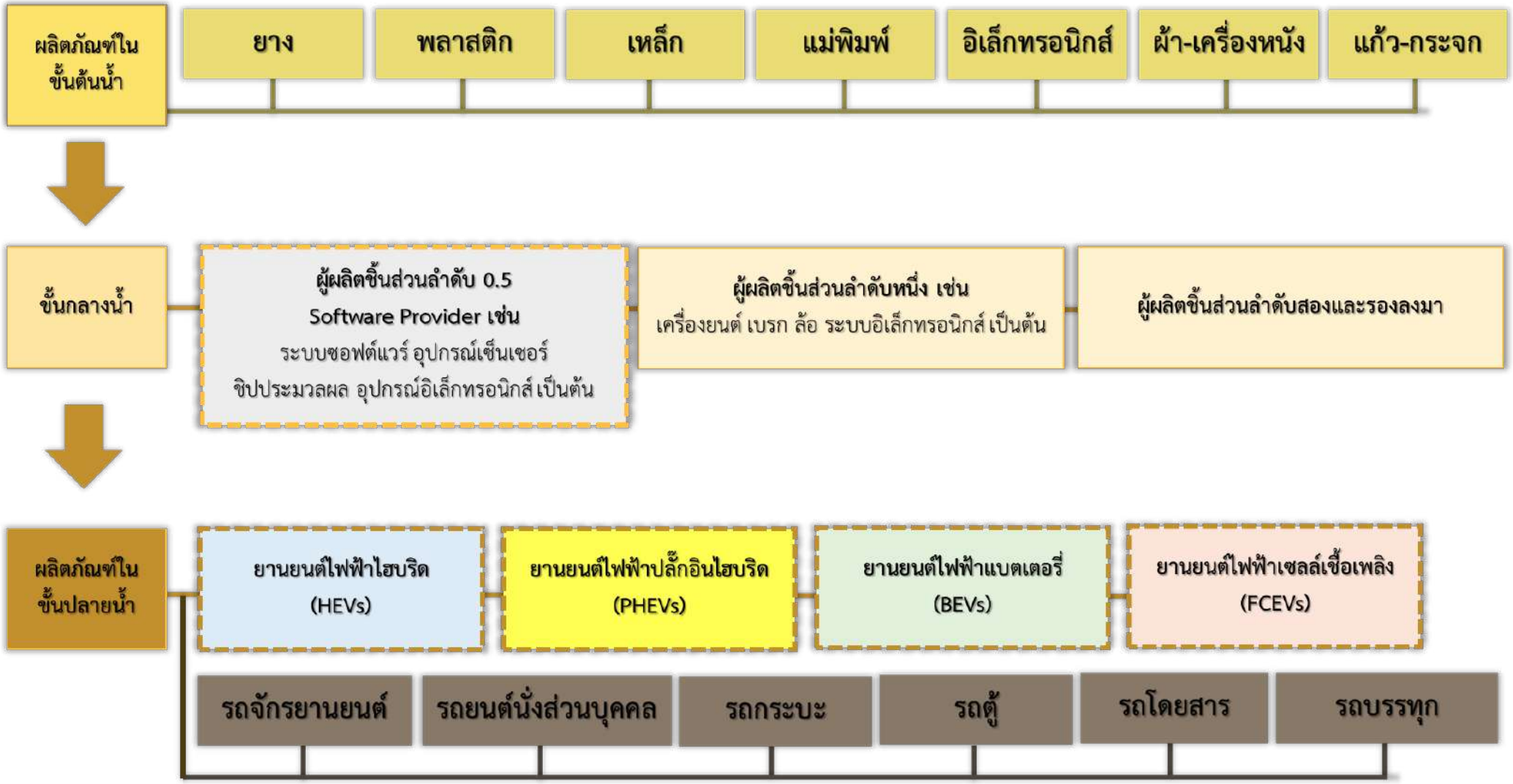
สถานการณ์ยานยนต์ไฟฟ้าของประเทศไทย

โครงสร้างอุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ของไทย



- มุ่งเน้นการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยียานยนต์เพื่อสิ่งแวดล้อมจากเชื้อเพลิงสู่พลังงานไฟฟ้า
- ส่วนที่เปลี่ยนแปลงไปจากอุตสาหกรรมยานยนต์แบบเดิม คือ การผลิต Tier 0.5 เข้ามาในโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมยานยนต์ไฟฟ้า
- Tier 0.5 เป็นการผลิตที่เกี่ยวข้องกับซอฟต์แวร์ เซ็นเซอร์ และอิเล็กทรอนิกส์ โดยมีลักษณะโครงสร้างดังนี้

สถานการณ์ยานยนต์ไฟฟ้าของประเทศไทย



สถานการณ์ยานยนต์ไฟฟ้าของประเทศไทย

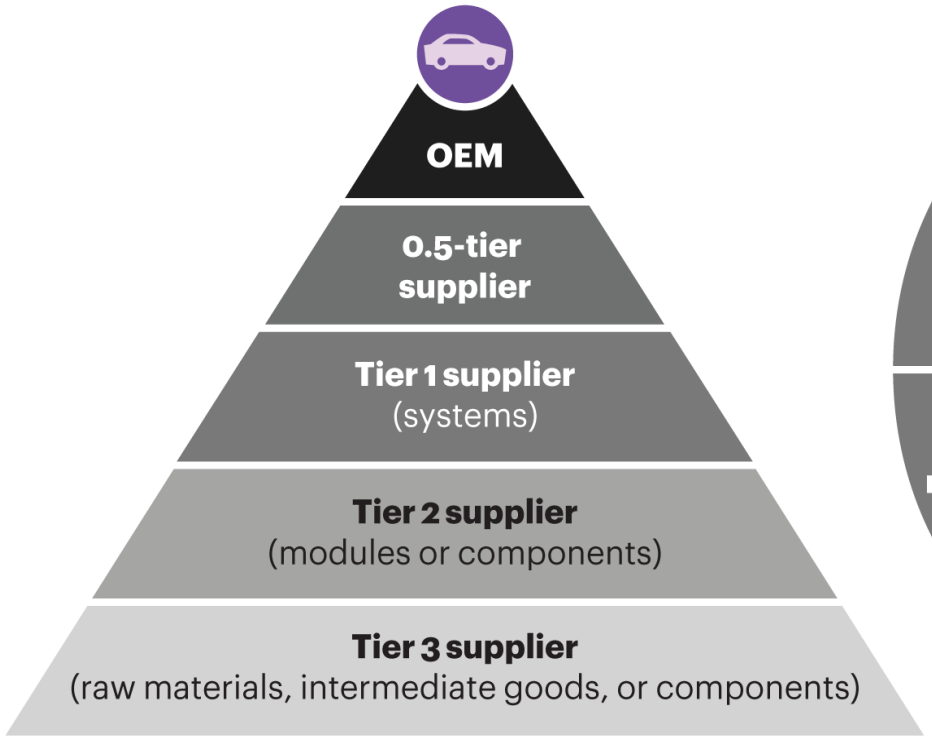
ผลกระทบการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างอุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ต่อมูลค่าตลาดของผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมยานยนต์

- กลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ขยายตัว (ขยายตัวมากกว่าร้อยละ 10) จำนวน 7 ผลิตภัณฑ์
- กลุ่มผลิตภัณฑ์ที่จะมีอัตราการเปลี่ยนแปลงขยายตัวไม่มาก (ขยายตัวช่วงร้อยละ 1-10) จำนวน 7 ผลิตภัณฑ์
- กลุ่มผลิตภัณฑ์ที่จะมีมูลค่าตลาดหดตัวลงมีจำนวน 5 ผลิตภัณฑ์
- ในอนาคตเครื่องยนต์สันดาปภายใน ระบบไอเสีย และระบบน้ำมันเชื้อเพลิง จะถูกแทนที่ ด้วยชิ้นส่วนและอุปกรณ์ที่รองรับการส่งจ่ายกำลังด้วยพลังงานไฟฟ้า

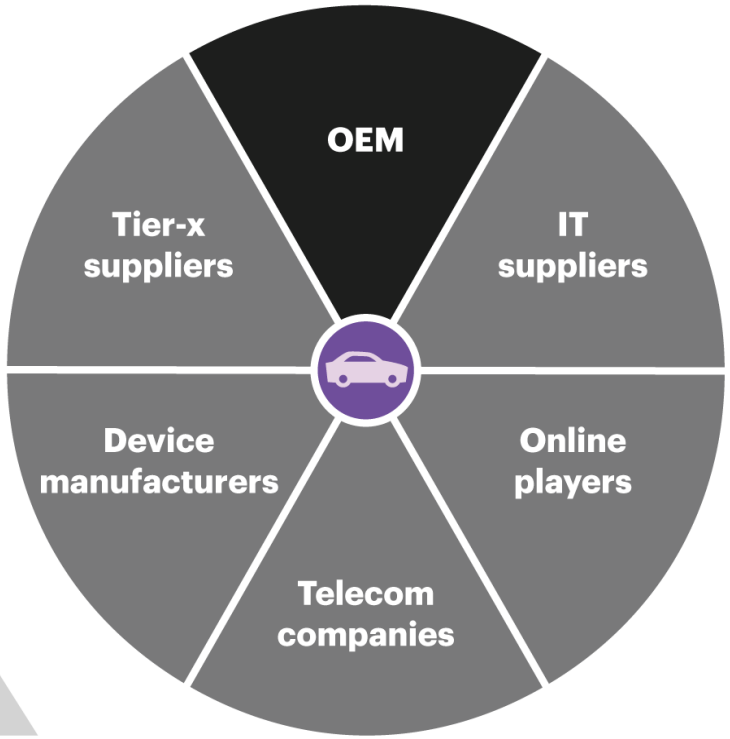
สถานการณ์ยานยนต์ไฟฟ้าของประเทศไทย

การเปลี่ยนแปลงของระบบห่วงโซ่อุปทาน ในอุตสาหกรรมยานยนต์ในอนาคต

Existing value chain



New hub-and-spoke



- รูปแบบของห่วงโซ่อุปทานนี้จะเปลี่ยนแปลงจากแบบพีระมิดไปเป็นแบบวงล้อ (Hub and Spoke)
- บริษัทผู้ผลิตอุปกรณ์เฉพาะสำหรับยานยนต์สมัยใหม่ (Device Manufacturers) บริษัทด้านโทรคมนาคม และไอที โดยเข้ามามีบทบาทมากขึ้นและมีส่วนแบ่งในมูลค่าของอุตสาหกรรมยานยนต์มากขึ้น
- ผู้ผลิตรถยนต์ (OEM) และบริษัทผู้ผลิตชิ้นส่วนอื่น (Tier x suppliers) มีแนวโน้มที่สัดส่วนของมูลค่าในห่วงโซ่อุปทานจะลดลง

สถานการณ์ยานยนต์ไฟฟ้าของประเทศไทย

- ปัจจัยสนับสนุนและประเด็นท้าทายของอุตสาหกรรมยานยนต์ไฟฟ้า

ปัจจัยสนับสนุนการเติบโตของอุตสาหกรรรมยานยนต์ไฟฟ้า

- ราคาพลังงานเชื้อเพลิงฟอสซิลมีความผันผวน
- เทคโนโลยีได้รับการพัฒนาอย่างรวดเร็ว
- เทคโนโลยีในกลุ่มสินค้าอิเล็กทรอนิกส์มีความสำคัญต่อการใช้เป็นชิ้นส่วนอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในชีวิตประจำวันมากขึ้น
- กระแสอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและการบังคับใช้คาร์บอนเครดิต
- ตัวเลือกยานยนต์ไฟฟ้ามีมากขึ้น
- แนวโน้มราคารถยนต์ไฟฟ้าถูกลง จากการแข่งขันสูงในตลาดรถยนต์ไฟฟ้า
- สถานีชาร์จไฟฟ้าและอุปกรณ์ชาร์จมีมากขึ้น

สถานการณ์ยานยนต์ไฟฟ้าของประเทศไทย

ประเด็นความท้าทายต่อการเติบโตของอุตสาหกรรมยานยนต์ไฟฟ้า

- ระดับรายได้และกำลังซื้อของผู้บริโภค
- รายได้และกำลังซื้อของผู้บริโภคทำให้ความสามารถในการใช้จ่ายซื้อสินค้าน้อยลง
- ความสะดวกสบายในการใช้งานและพฤติกรรมส่วนใหญ่เคยชินกับการใช้งานยานยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงจากฟอสซิลที่ใช้งานง่าย
- โครงสร้างพื้นฐานเพื่อรองรับการใช้งานยานยนต์ไฟฟ้าไม่เพียงพอ
- ข้อจำกัดด้านระยะทางวิ่งต่อการชาร์จไฟฟ้าหนึ่งครั้ง
- ความกังวลต่อราคาขายยานยนต์ไฟฟ้าเป็นรถมือสอง
- การเป็นเจ้าของลิขสิทธิ์เทคโนโลยีและเจ้าของแหล่งวัตถุดิบผลิตแบตเตอรี่

สถานการณ์ยานยนต์ไฟฟ้าของประเทศไทย

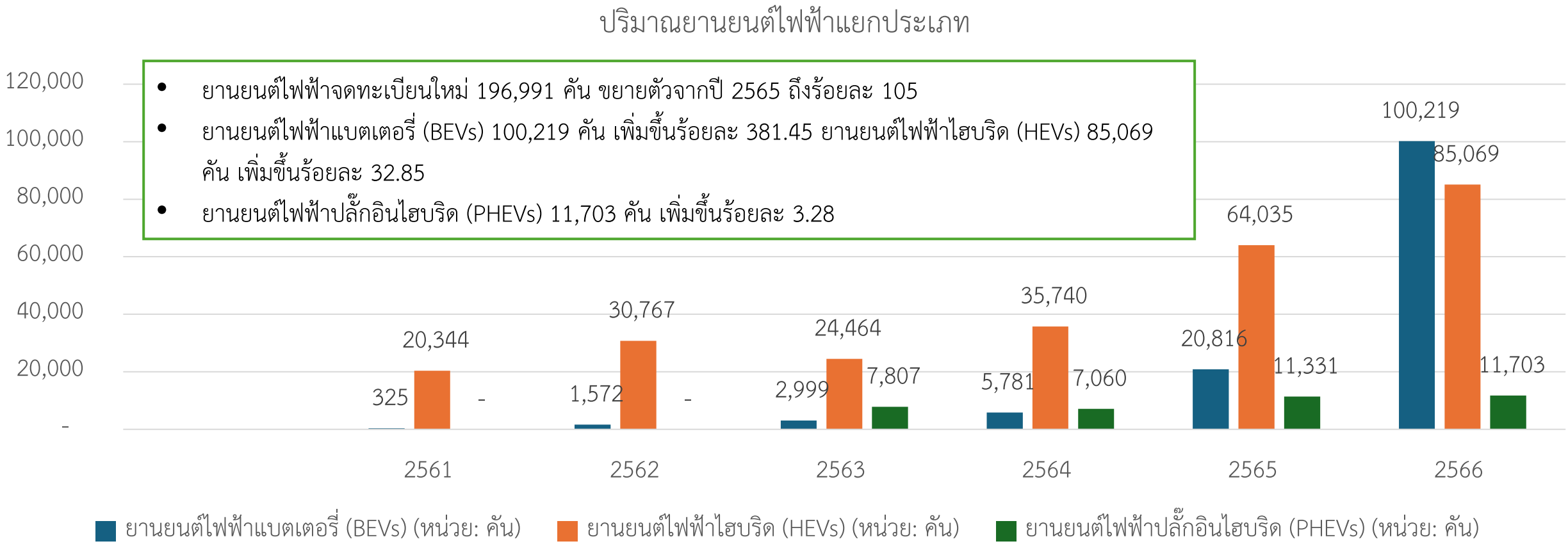
- แนวทางการส่งเสริมให้เกิดการใช้งานยานยนต์ไฟฟ้า

International Energy Agency (IEA) เสนอแนวทางการส่งเสริมให้เกิดการใช้งานยานยนต์ไฟฟ้า ของโลกไว้ 5 แนวทาง

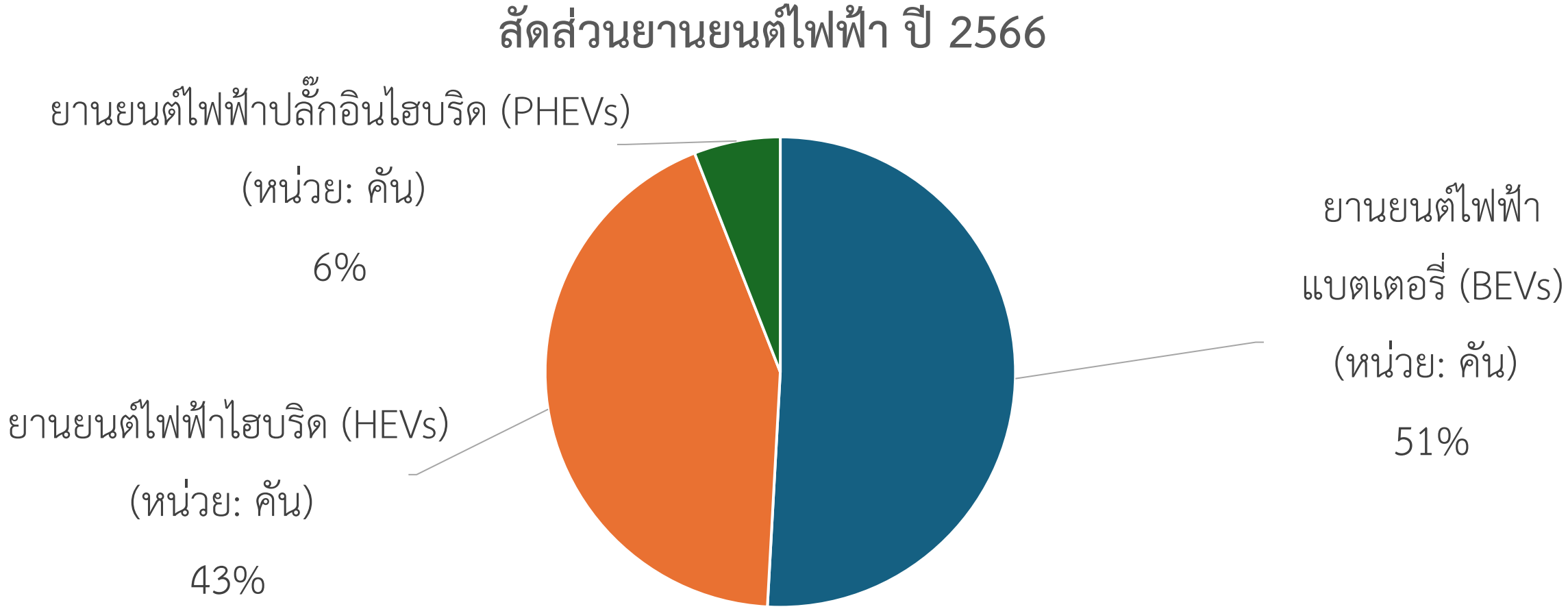
1. ออกแบบและบังคับใช้มาตรการเพื่อลดการใช้รถยนต์เครื่องยนต์สันดาปภายใน เช่น การเก็บภาษีตามอัตราการปล่อยควันไอเสียที่เป็นมลพิษหรือขึ้นภาษีสรรพสามิตร
2. ส่งเสริมให้รถทุกประเภทเปลี่ยนเป็นเครื่องยนต์พลังงานไฟฟ้า โดยเริ่มจากการกำหนดรถบริการสาธารณะ
3. การส่งเสริมการใช้ยานยนต์ไฟฟ้าในประเทศ
4. ขยายโครงสร้างพื้นฐานด้านสถานีบริการชาร์จแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้า
5. จัดการห่วงโซ่อุปทานและบริหารเทคโนโลยีชิ้นส่วนอุปกรณ์ยานยนต์ไฟฟ้ามีความยืดหยุ่น โดยจะต้องส่งเสริมการวิจัยพัฒนาแบตเตอรี่ไฟฟ้าให้มีการใช้วัตถุดิบหรือส่วนประกอบที่หลากหลาย อีกทั้งควรออกแบบให้ชิ้นส่วนและอุปกรณ์ต่าง ๆ ในยานยนต์ไฟฟ้าสามารถนำกลับมารีไซเคิลใช้งานได้อีกครั้ง

สถานการณ์ยานยนต์ไฟฟ้าของประเทศไทย

สถานภาพการใช้ยานยนต์ไฟฟ้าของประเทศไทย (2566)



สถานการณ์ยานยนต์ไฟฟ้าของประเทศไทย



สถานการณ์ยานยนต์ไฟฟ้าของประเทศไทย

รายละเอียดรถยนต์ไฟฟ้าแบบแบตเตอรี่ (BEV) ที่มีจำหน่ายในประเทศไทยเพิ่มในปี 2566 ข้อมูลจากสมาคมยานยนต์ไฟฟ้าไทย พบว่า มีจำนวน 24 ค่ายรถยนต์ และ 46 รุ่น ที่นำเสนอรถยนต์ไฟฟ้าแบบ BEV เพื่อจำหน่ายในไทย ปี 2566

กรมพัฒนาพลังงานทดแทน
และอนุรักษ์พลังงาน
กระทรวงพลังงาน

กองพัฒนาทรัพยากรบุคคลด้านพลังงาน (กพบ.)

อาคารอนุรักษ์พลังงานเฉลิมพระเกียรติ (บริเวณเทคโนธานี)

ตำบลคลองห้า อำเภอคองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

โทรศัพท์ 0-2577-7035-41 โทรสาร 0-2577-7047

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) กระทรวงพลังงาน

17 ถนนพระราม 1 เชิงสะพานกษัตริย์ศึก แขวงรองเมือง เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

โทรศัพท์ 0-2223-0021-9, 0-2223-2593-5, 0-2222-4102-9

โทรสาร 0-2226-1416 www.dede.go.th

กรมพัฒนาพลังงานทดแทน
และอนุรักษ์พลังงาน
กระทรวงพลังงาน

หลักสูตร การสร้างความรู้ความเข้าใจด้านยานยนต์ไฟฟ้า (EV) สำหรับภาคอุตสาหกรรมยานยนต์

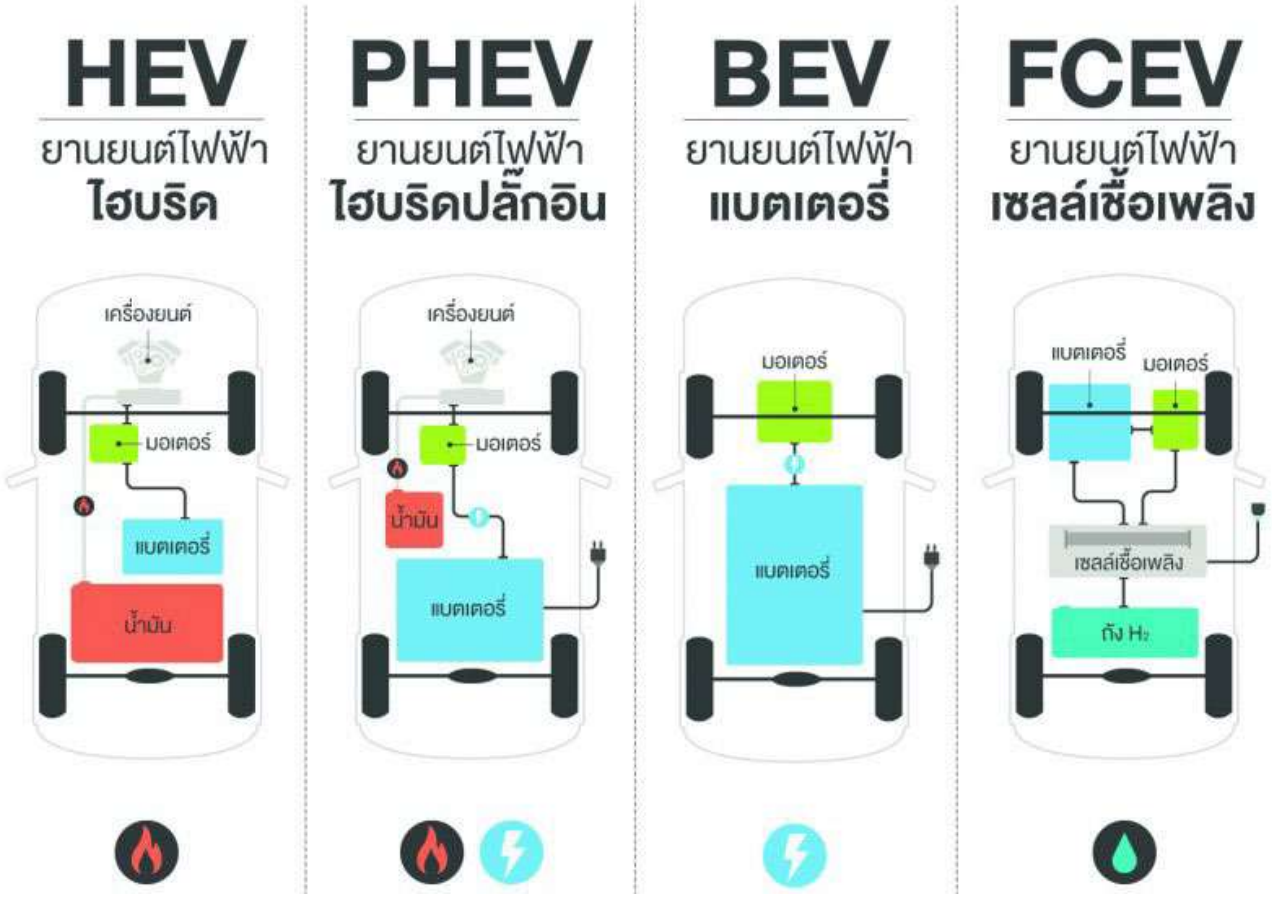
โครงการพัฒนาความรู้ ความสามารถใหม่ ด้านยานยนต์ไฟฟ้า (EV)
สำหรับภาคอุตสาหกรรมยานยนต์และภาคประชาชน

เทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้า และส่วนประกอบของยานยนต์ไฟฟ้า

ผู้บรรยาย

ดำเนินงานโดย บริษัท ไบร์ท แมเนจเม้นท์ คอนซัลติ้ง จำกัด

เทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้าและส่วนประกอบของยานยนต์ไฟฟ้า



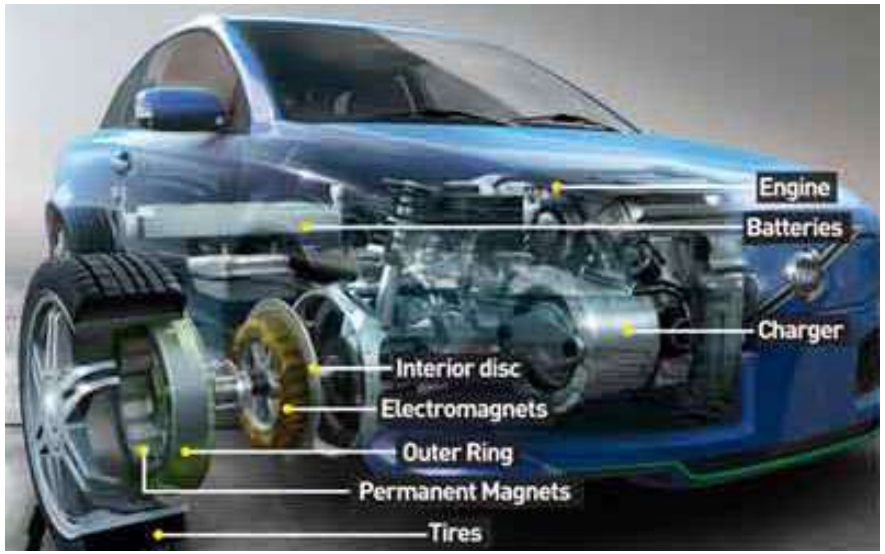
ยานยนต์ไฟฟ้าไฮบริด
(Hybrid Electric Vehicle, HEVs)

ยานยนต์ไฟฟ้าไฮบริดปลั๊กอิน
(Plug-in Hybrid Electric Vehicle, PHEVs)

ยานยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่
(Battery Electric Vehicle, BEVs)

ยานยนต์ไฟฟ้าเซลล์เชื้อเพลิง
(Fuel Cell Electric Vehicle, FCEVs)

ยานยนต์ไฟฟ้าไฮบริด (Hybrid Electric Vehicle, HEVs)

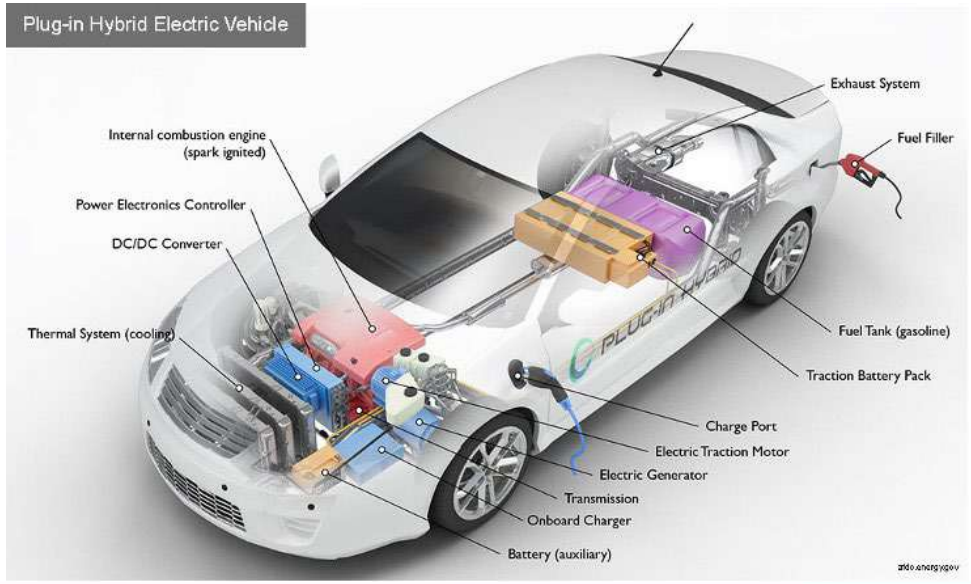


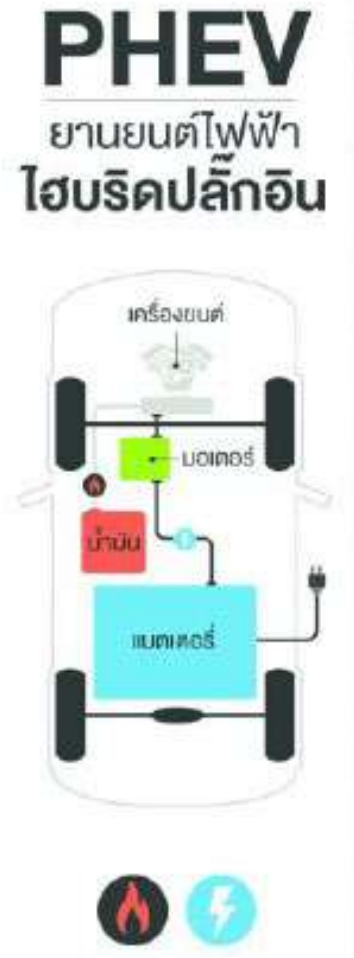
https://thegarace.com/archives/823

- เครื่องยนต์ลูกสูบเป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนทำงานร่วมกับมอเตอร์ไฟฟ้าเพื่อเพิ่มกำลังของยานยนต์ให้เคลื่อนที่ ทำให้เครื่องยนต์มีประสิทธิภาพสูงขึ้น
- ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงต่ำกว่ายานยนต์ปกติ
- กำลังที่ผลิตจากเครื่องยนต์และมอเตอร์ไฟฟ้า ทำให้อัตราเร่งของยานยนต์สูงกว่าเครื่องยนต์ที่มีเครื่องยนต์ลูกสูบขนาดเดียวกัน
- สามารถนำพลังงานกลที่เหลือหรือไม่ใช้ประโยชน์เปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าเพื่อเก็บไว้ในแบตเตอรี่

ยานยนต์ไฟฟ้าไฮบริดปลั๊กอิน (Plug-in Hybrid Electric Vehicle, PHEVs)

https://www.roojai.com/article/car-news/plug-in-car-thailand-market/

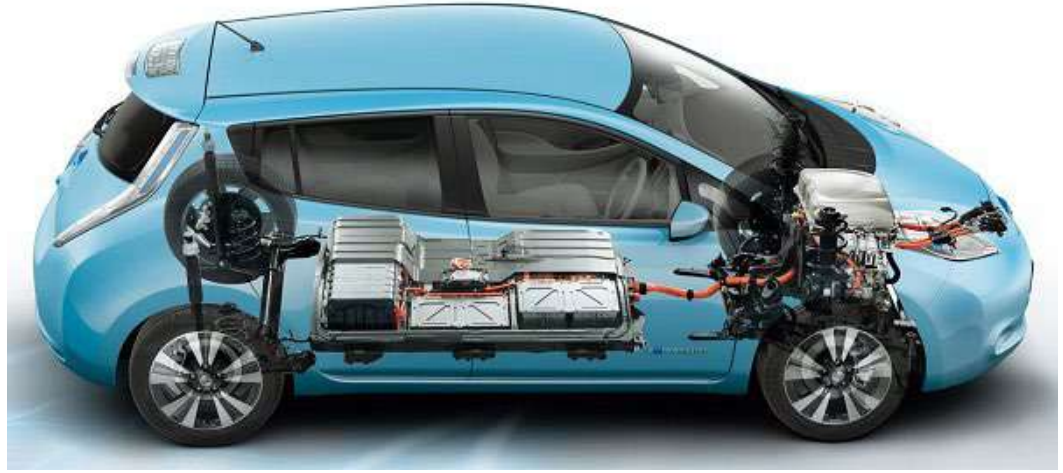




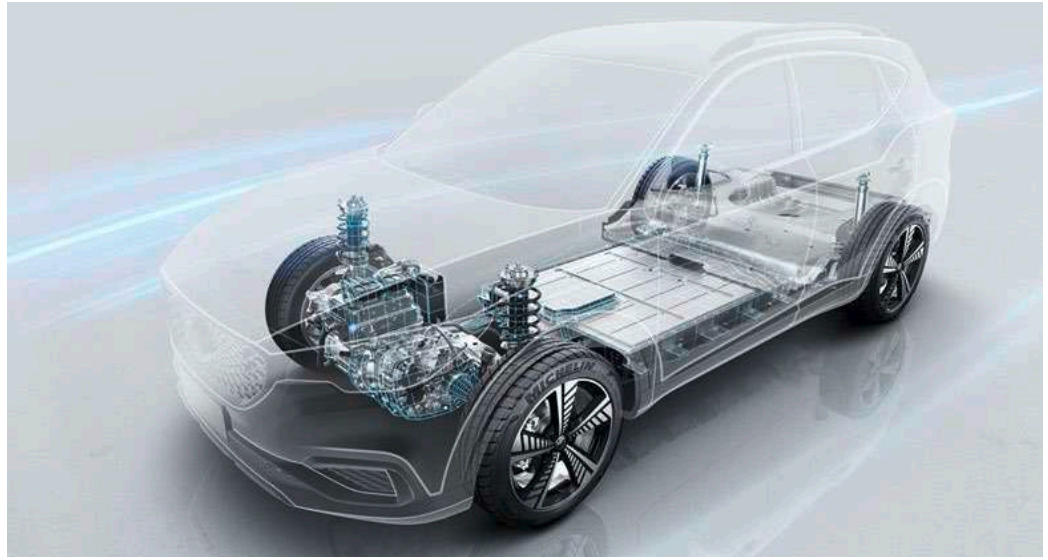
https://www.enervision.co.th/tech/lithium-sulfur-2-2-2/

- พัฒนาต่อมาจากยานยนต์ไฟฟ้าไฮบริด โดยสามารถประจุพลังงานไฟฟ้าได้จากแหล่งภายนอก (Plug-in)
- สามารถใช้พลังงาน พร้อมกันจาก 2 แหล่ง จึงสามารถวิ่งในระยะทางและความเร็วที่เพิ่มขึ้นด้วยพลังงานจากไฟฟ้าโดยตรง

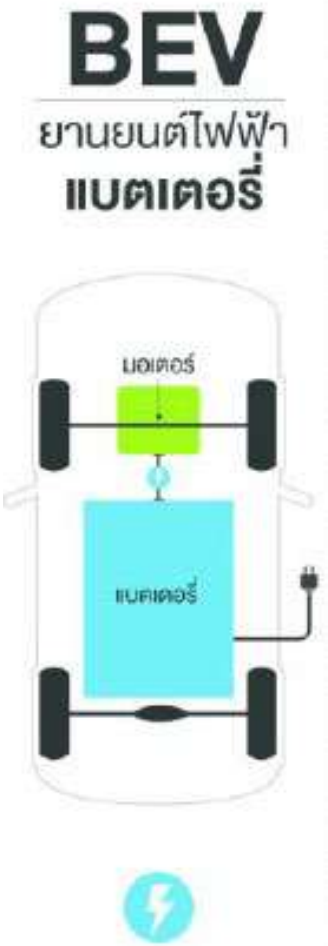
ยานยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ (Battery Electric Vehicle, BEVs)



https://chobrod.com/auto-market/

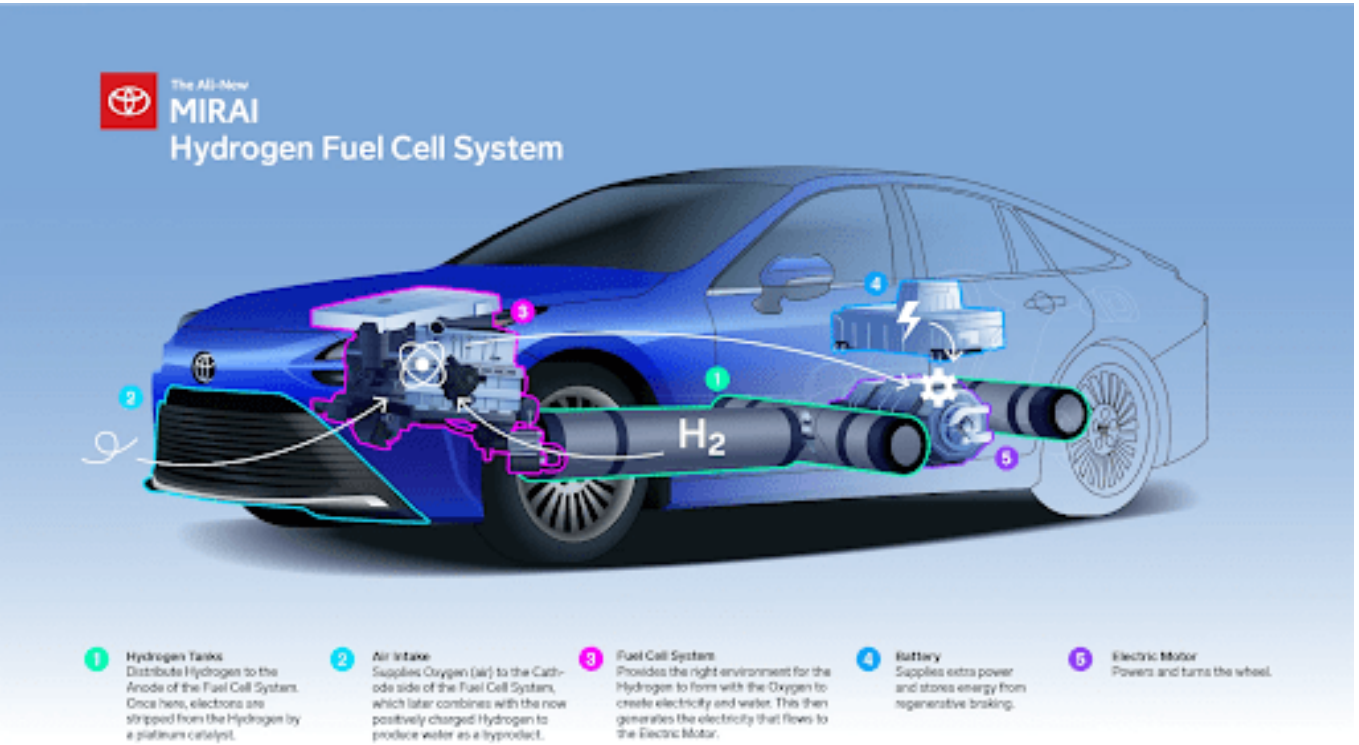


https://www.autospinn.com/2020/07/mg-ev-technology-79797

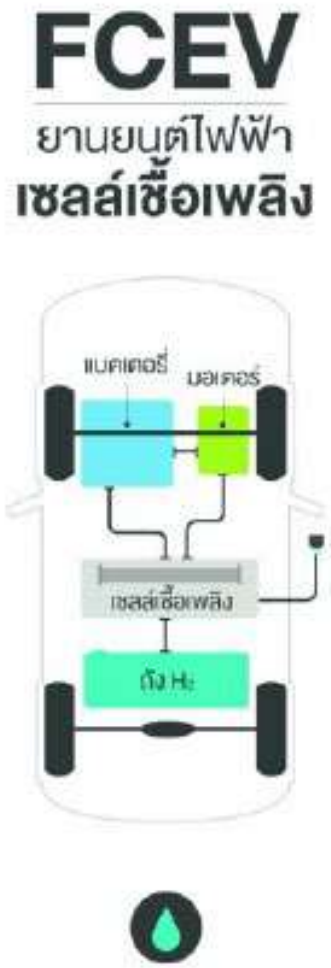


- มีเฉพาะมอเตอร์ไฟฟ้าเป็นต้นกำลังให้ยานยนต์เคลื่อนที่
- ใช้พลังงานไฟฟ้าที่อยู่ในแบตเตอรี่เท่านั้น
- ไม่มีเครื่องยนต์อื่นในยานยนต์

ยานยนต์ไฟฟ้าเซลล์เชื้อเพลิง (Fuel Cell Electric Vehicle, FCEVs)



https://www.bangkokbankinnohub.com/th/different-types-of-electric-vehicles/



- ใช้ไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิง แบบไม่มีการเผาไหม้
- มีเซลล์เชื้อเพลิง (Fuel cell) ที่สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรง
- ประสิทธิภาพของเซลล์เชื้อเพลิงมีค่าสูงถึง 60% และความจุพลังงานจำเพาะที่สูงกว่าแบตเตอรี่ที่มีอยู่ในปัจจุบัน

ประเภทยานยนต์	BEV	HEV/ PHEV	FCEV
แหล่งผลิตพลังงาน	แบตเตอรี่	• แบตเตอรี่/ตัวเก็บประจุขนาดใหญ่ เครื่องยนต์สันดาปภายใน	เซลล์เชื้อเพลิง (Fuel Cell)
ระบบขับเคลื่อน	มอเตอร์ไฟฟ้า	• มอเตอร์ไฟฟ้า • เครื่องยนต์สันดาปภายใน	มอเตอร์ไฟฟ้า
ข้อดี	• ไร้มลพิษ (Zero emission)	• มลพิษต่ำ • ระยะทางขับขี่มากที่สุด เมื่อเทียบกับยานยนต์ไฟฟ้าประเภทอื่น	• ไร้มลพิษ • ระยะทางขับขี่ปานกลาง (ระยะทางขับขี่มากกว่า BEV แต่น้อยกว่า HEV และ PHEV
ข้อด้อย	• ระยะทางขับขี่น้อยที่สุดเมื่อเทียบกับยานยนต์ไฟฟ้าประเภทอื่น • ราคาเริ่มต้นสูง	• ระบบซับซ้อน	• ราคาเริ่มต้นสูงที่สุด
Regenerative Braking	มี	มี	มี

ข้อดีและข้อจำกัด ในการขับขี่เพื่อการใช้งานในชีวิตประจำวันยานยนต์ไฟฟ้าแต่ละประเภท

ยานยนต์ไฟฟ้าไฮบริด (HEVs)

- สามารถเปลี่ยนแปลงพลังงานเชิงกลขณะเหยียบเบรกให้กลายเป็นพลังงานไฟฟ้าได้
- มีเครื่องยนต์สันดาปภายในที่ทำงานร่วมกับมอเตอร์และแบตเตอรี่เพื่อผลิตและกักเก็บพลังงานไฟฟ้า
- ประหยัดน้ำมันและลดการปล่อยมลพิษ
- ไม่ต้องพยายามหาสถานีชาร์จระหว่างทาง

ยานยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ (BEVs)

- ได้รับความสนใจและพัฒนาอย่างรวดเร็ว
- หลายรุ่นสามารถวิ่งได้เป็นระยะทางสูงสุดถึง 500 กิโลเมตรด้วยการชาร์จเพียงครั้งเดียว
- มีการพัฒนาและเพิ่มจำนวนสถานีประจุไฟฟ้า
- มีสถานีบริการชาร์จประจุไฟฟ้าครอบคลุมทั่วประเทศ

ยานยนต์ไฟฟ้าไฮบริดปลั๊กอิน (PHEVs)

- ได้รับความนิยมมากที่สุดเป็นอันดับ 2 รองลงมาจากรถยนต์ไฟฟ้าประเภท BEVs
- บางรุ่นอาจใช้เวลาชาร์จไฟแค่เพียงประมาณ 30 นาที

ยานยนต์ไฟฟ้าเซลล์เชื้อเพลิง (FCEVs)

- เริ่มพัฒนาขึ้นตั้งแต่ปี ค.ศ.2000
- ปัจจุบันยังมีจำนวนสถานีบริการเติมเชื้อเพลิงไฮโดรเจนอยู่เพียงไม่กี่แห่งเท่านั้น
- ยังไม่ค่อยได้รับความนิยมมากนักเมื่อเทียบกับประเภทอื่น

กรมพัฒนาพลังงานทดแทน
และอนุรักษ์พลังงาน
กระทรวงพลังงาน

กองพัฒนาทรัพยากรบุคคลด้านพลังงาน (กพบ.)

อาคารอนุรักษ์พลังงานเฉลิมพระเกียรติ (บริเวณเทคโนธานี)

ตำบลคลองห้า อำเภอคองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

โทรศัพท์ 0-2577-7035-41 โทรสาร 0-2577-7047

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) กระทรวงพลังงาน

17 ถนนพระราม 1 เชิงสะพานกษัตริย์ศึก แขวงรองเมือง เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

โทรศัพท์ 0-2223-0021-9, 0-2223-2593-5, 0-2222-4102-9

โทรสาร 0-2226-1416 www.dede.go.th

กรมพัฒนาพลังงานทดแทน
และอนุรักษ์พลังงาน
กระทรวงพลังงาน

หลักสูตร การสร้างความรู้ความเข้าใจด้านยานยนต์ไฟฟ้า (EV) สำหรับภาคอุตสาหกรรมยานยนต์

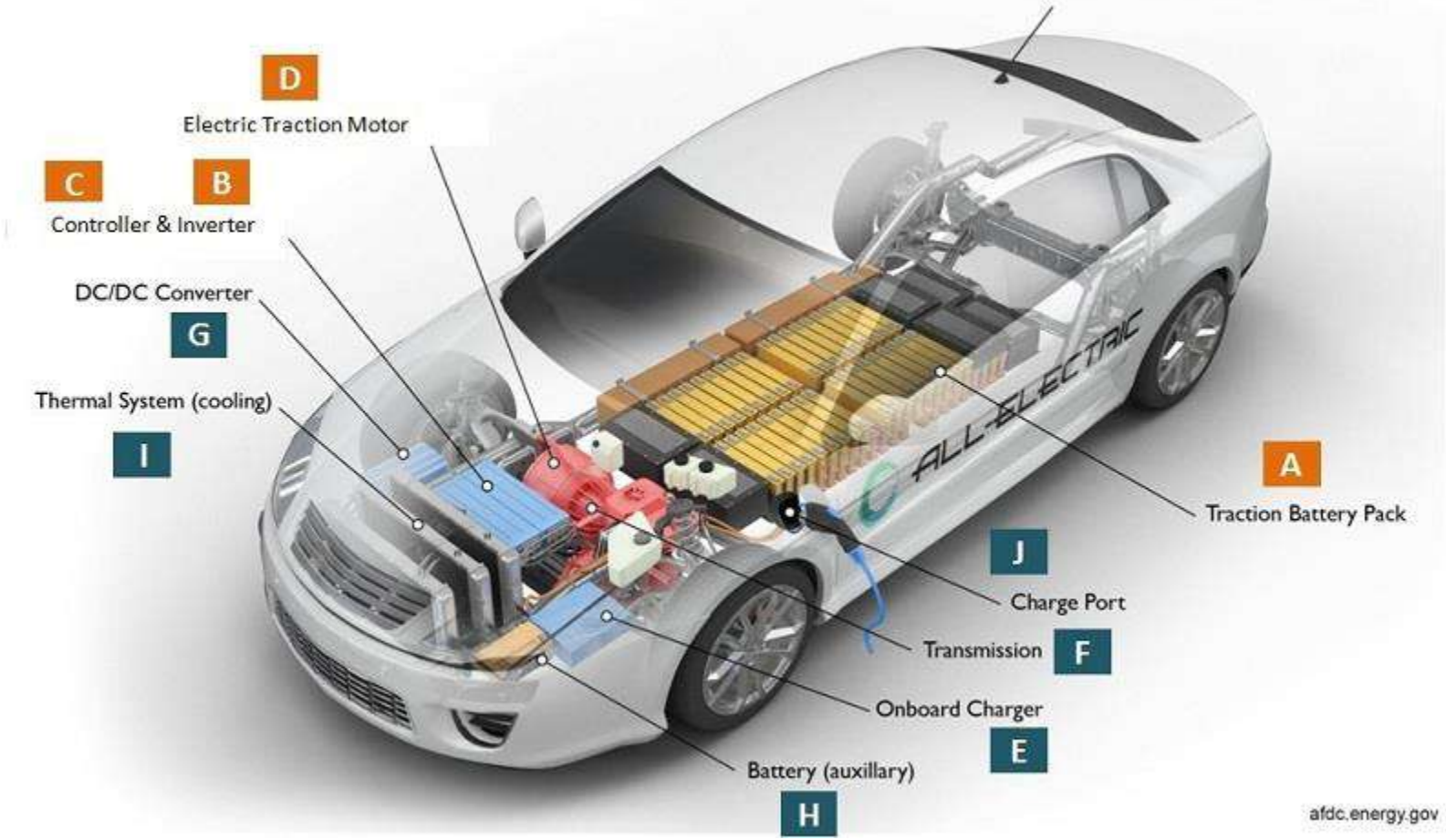
โครงการพัฒนาความรู้ ความสามารถใหม่ ด้านยานยนต์ไฟฟ้า (EV)
สำหรับภาคอุตสาหกรรมยานยนต์และภาคประชาชน

ระบบส่งกำลังขับเคลื่อน (Drive Transmission System)

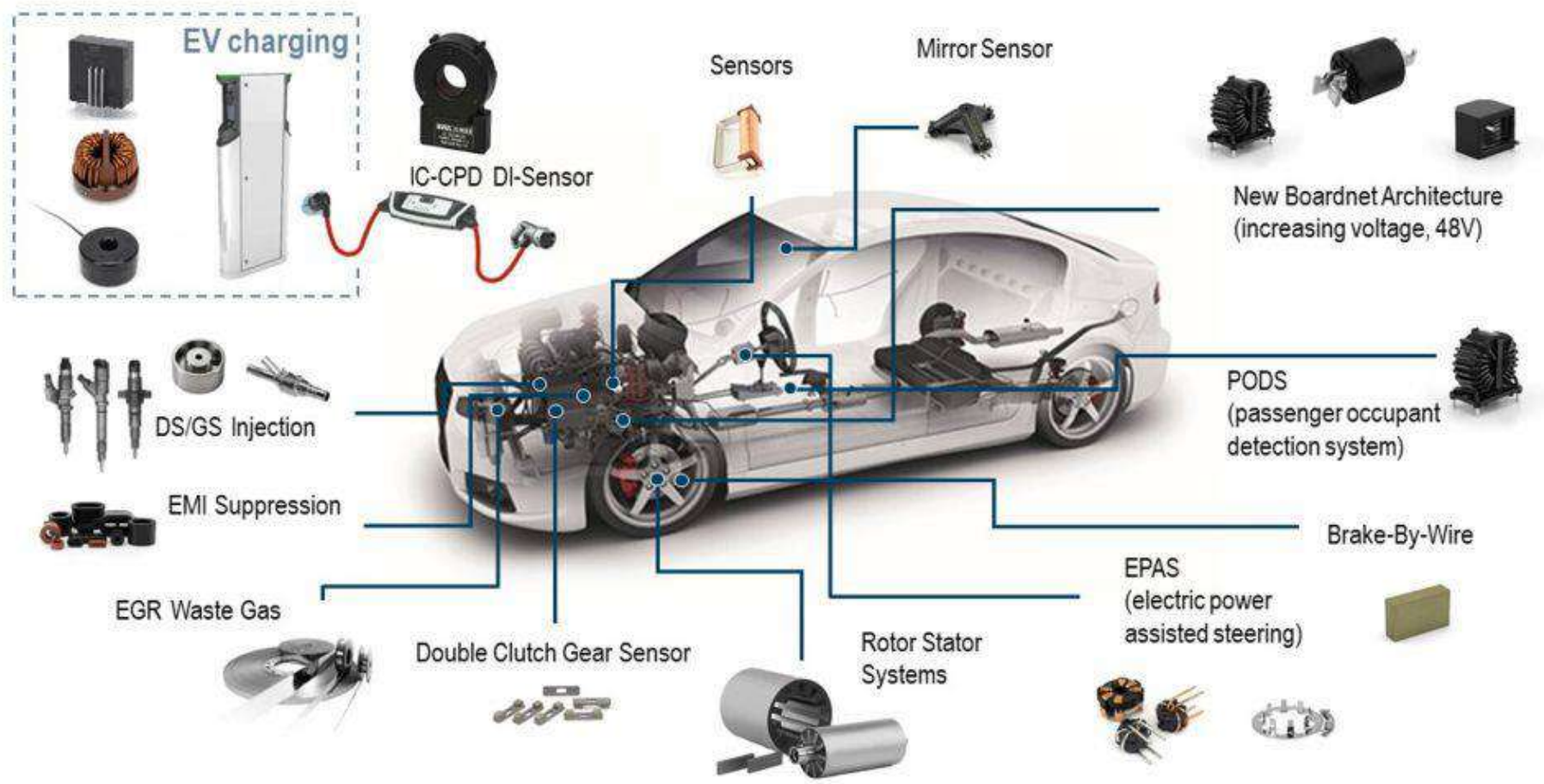
ผู้บรรยาย

ดำเนินงานโดย บริษัท ไบร์ท แมเนจเม้นท์ คอนซัลติ้ง จำกัด

โครงสร้างและการจัดวางชิ้นส่วนของยานยนต์ไฟฟ้า

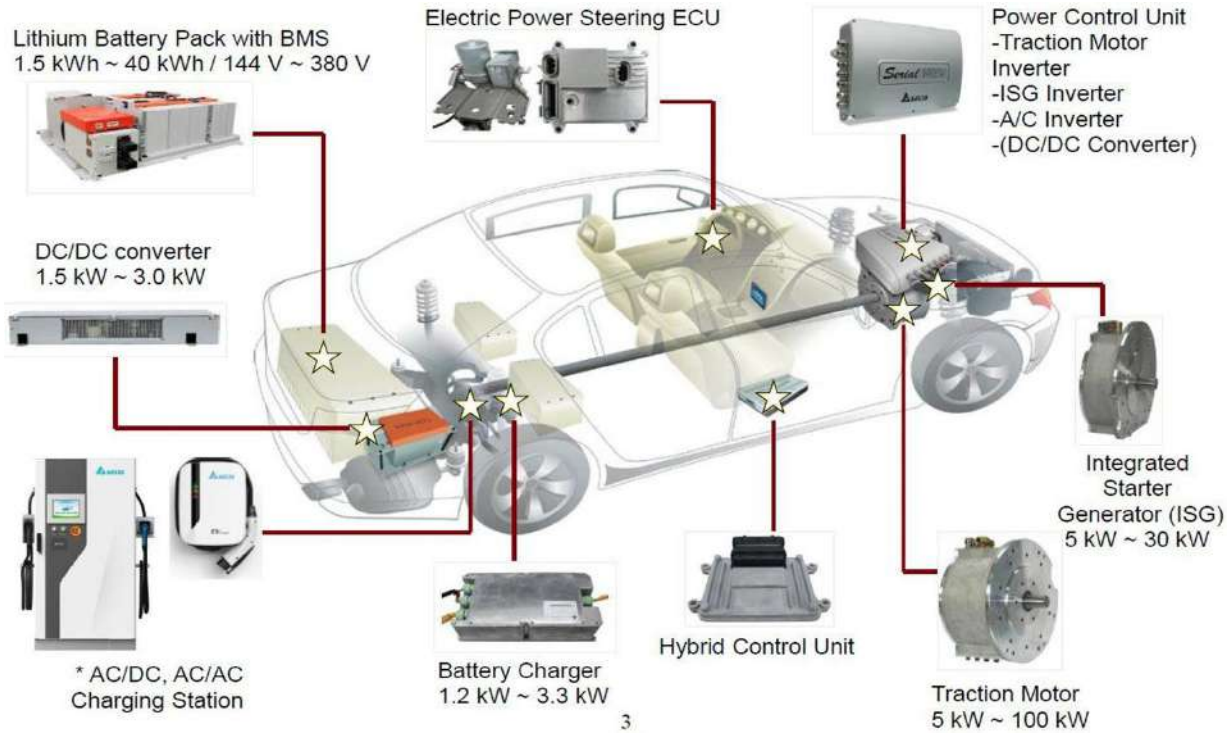


ที่มา: https://www.omazaki.co.id/en/electric-vehicle-components/



ที่มา: https://academy.gannetsolutions.com/product/ev-and-hev-auxiliary-systems/

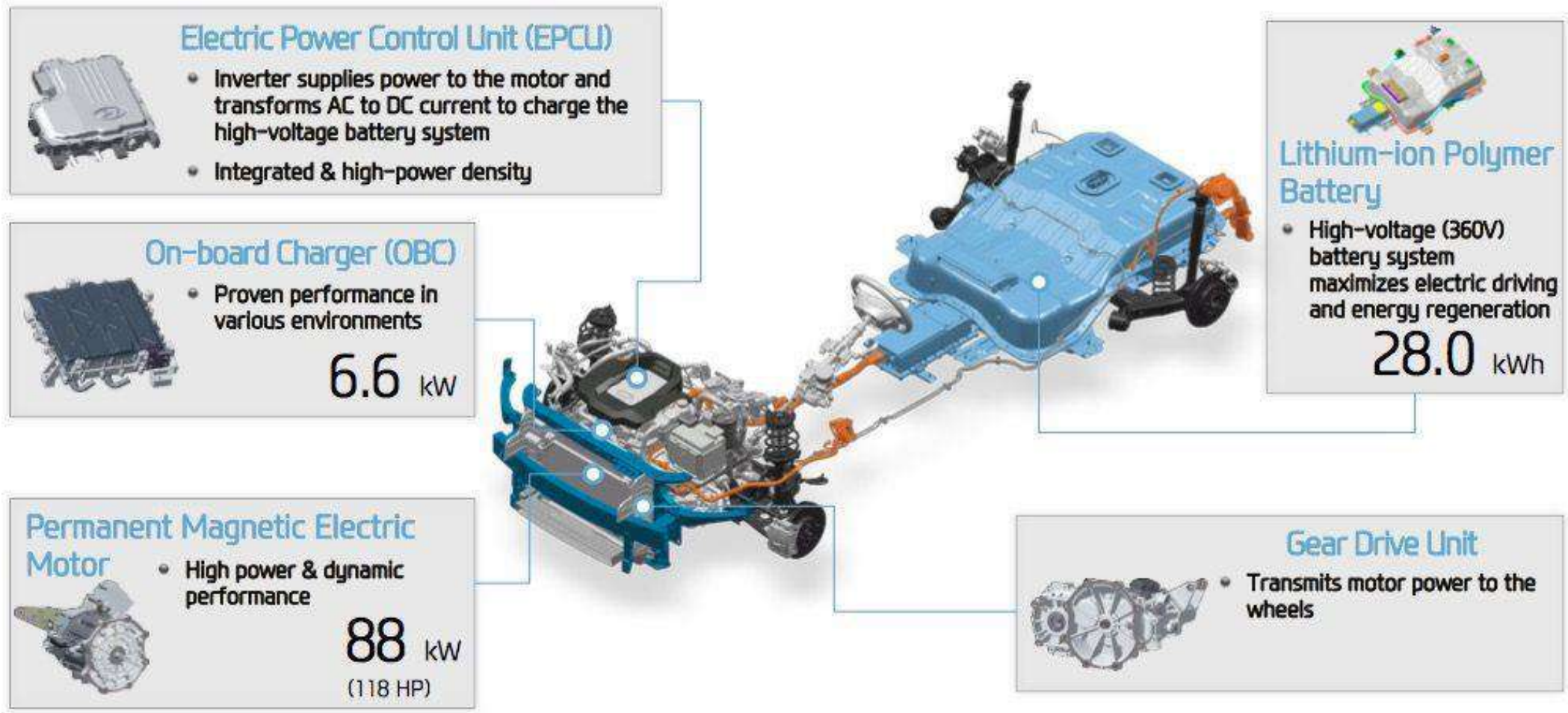
ระบบส่งกำลังขับเคลื่อน (Drive Transmission System)



ที่มา: DELTA

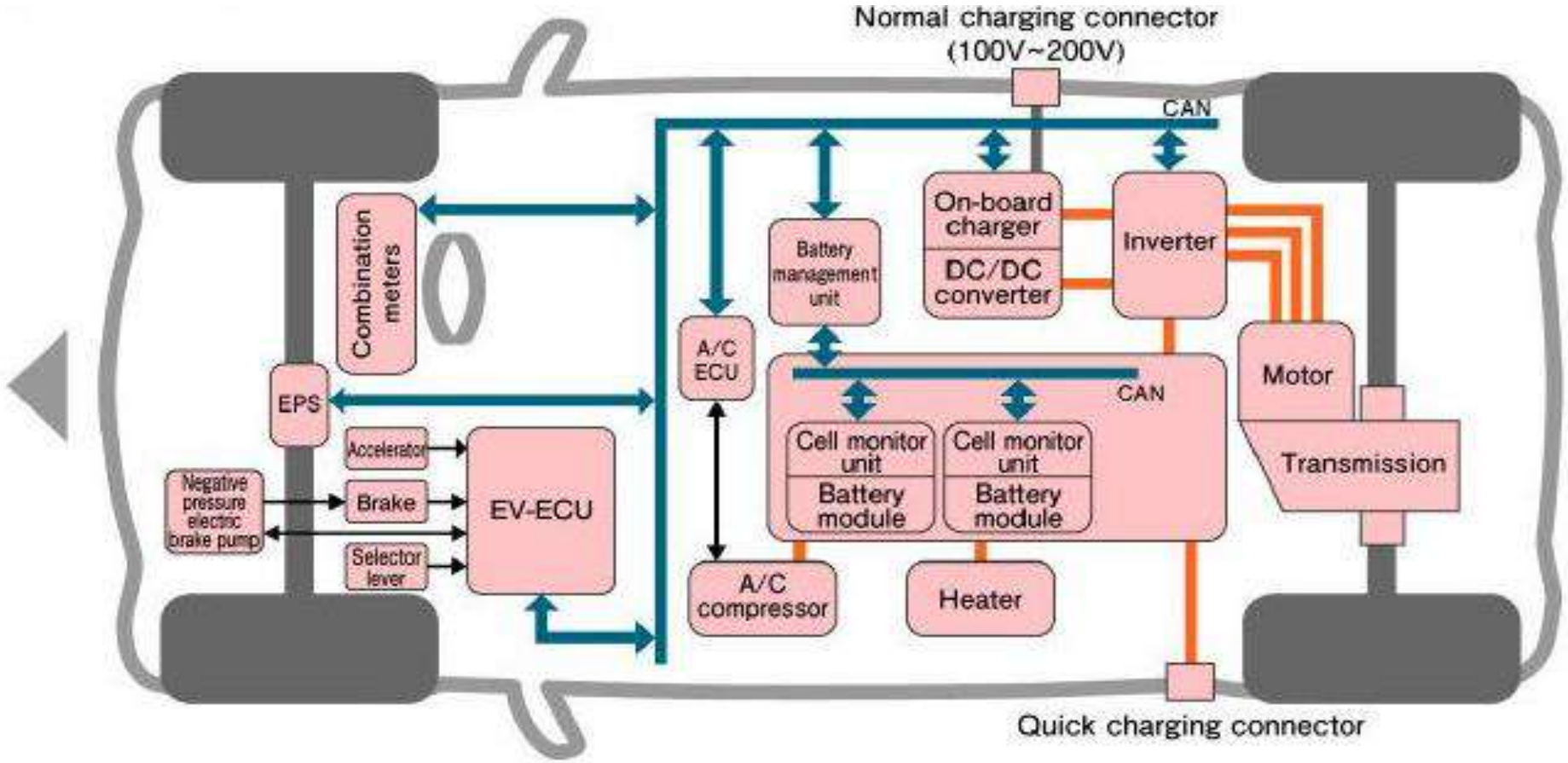
ส่วนประกอบที่สำคัญของรถยนต์ไฟฟ้าที่มีความแตกต่างจากรถยนต์เครื่องยนต์สันดาปภายในระบบขับเคลื่อน

- มอเตอร์ขับเคลื่อน (Traction Motor)
- อินเวอร์ทเตอร์ (Inverter) :
- แบตเตอรี่ (Battery)
- หน่วยบริหารจัดการแบตเตอรี่ (Battery management system/ BMS)
- On-board charger
- DC/DC converter


Electric Power Control Unit (EPCU)
Inverter supplies power to the motor and transforms AC to DC current to charge the high-voltage battery system
Integrated & high-power density
On-board Charger (OBC)
Proven performance in various environments
6.6 kW
Permanent Magnetic Electric Motor
High power & dynamic performance
88 kW
(118 HP)
Lithium-ion Polymer Battery
High-voltage (360V) battery system maximizes electric driving and energy regeneration
28.0 kWh
Gear Drive Unit
Transmits motor power to the wheels

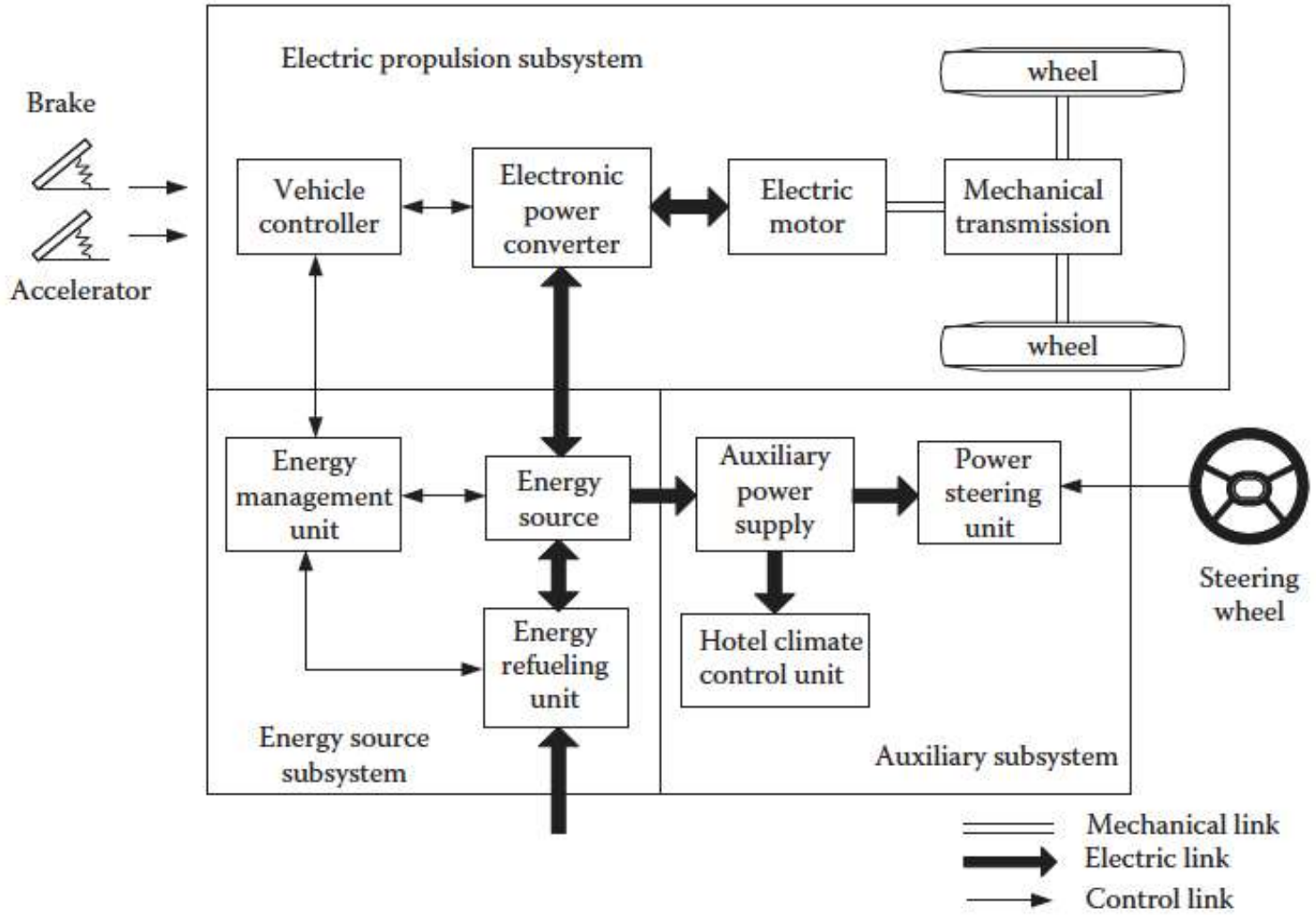
ที่มา: Hyundai

ระบบการส่งกำลัง (EV system configuration)



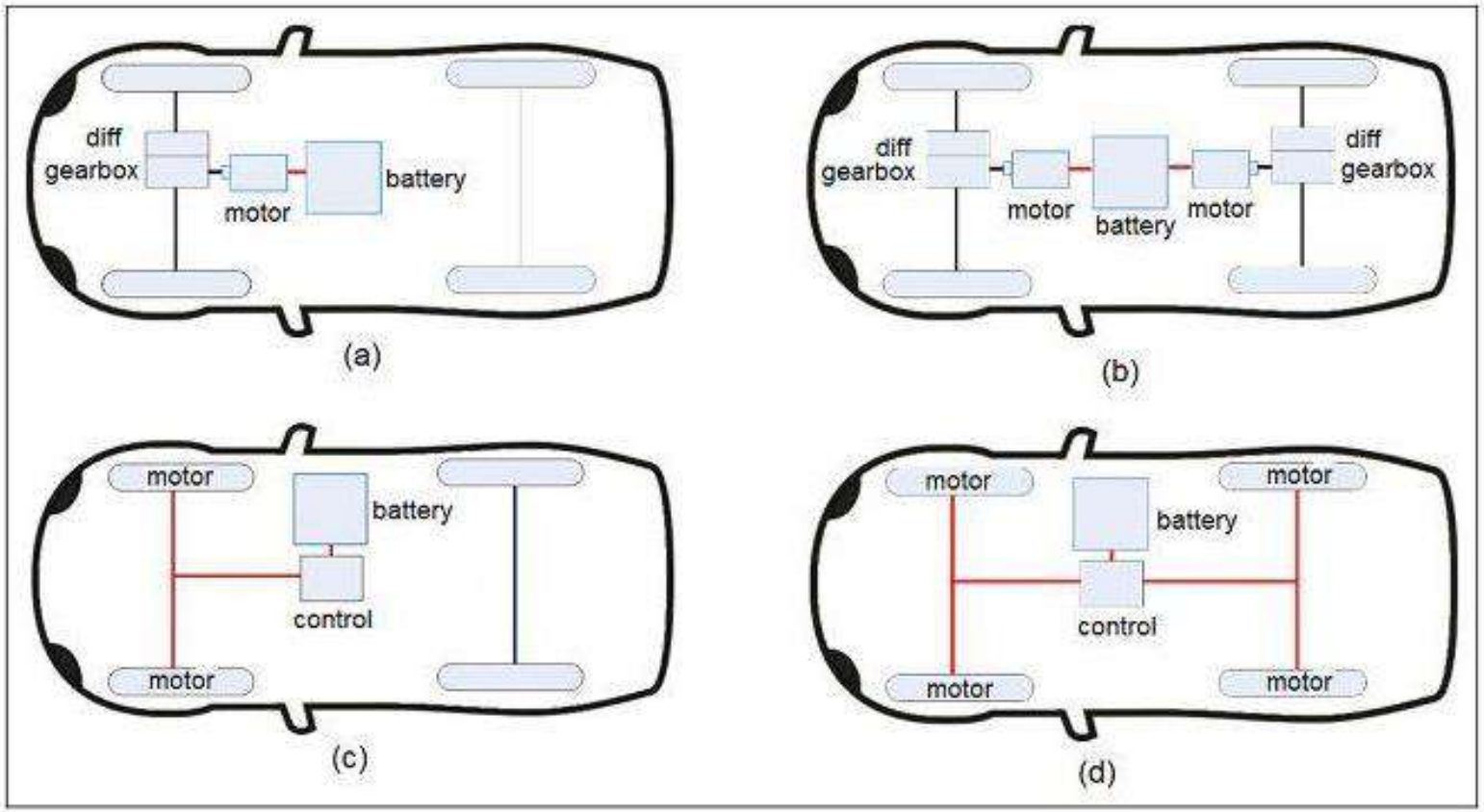
ที่มา: Mitsubishi

ระบบการส่งกำลัง (EV system configuration)



ที่มา: Modern Electric, Hybrid Electric, and Fuel Cell Vehicles, Third Edition

ประเภทของระบบส่งกำลังของยานยนต์ไฟฟ้าแยกตามการจัดวางชิ้นส่วน

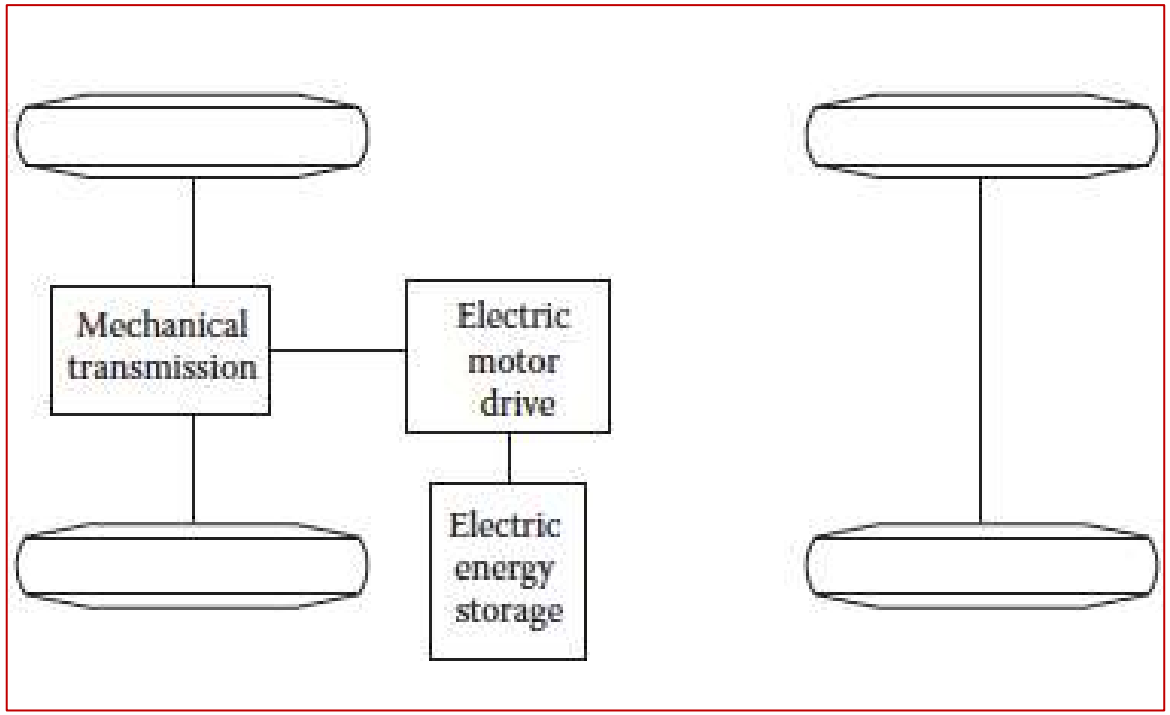


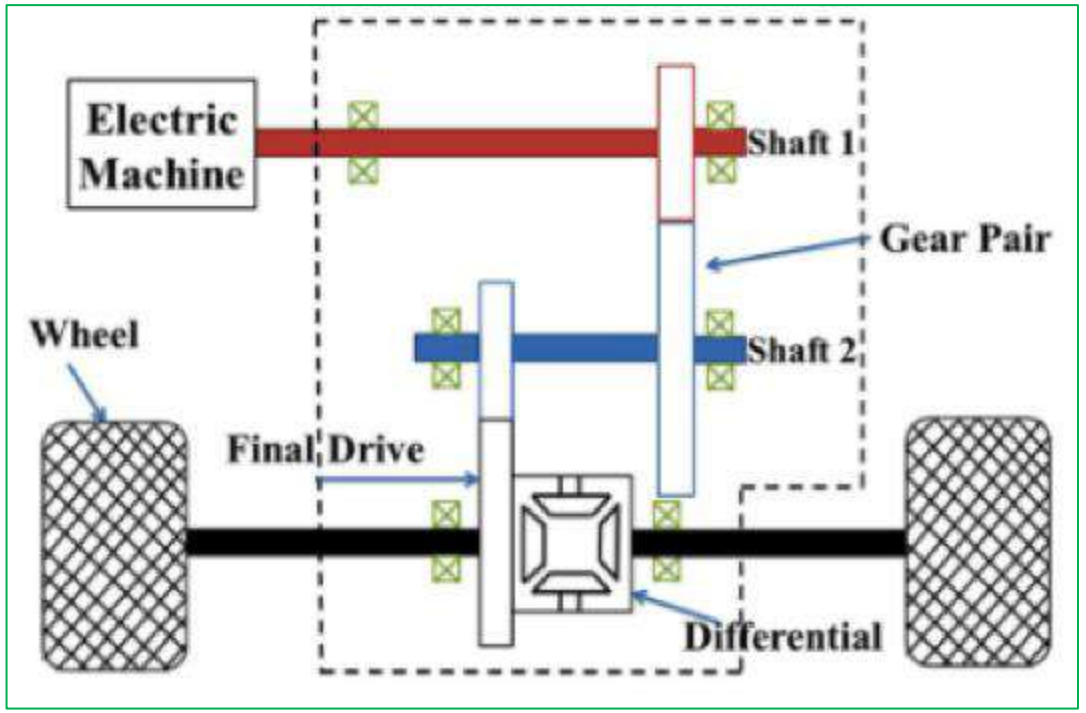
ความแตกต่างที่เด่นชัดระหว่างระบบขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้ากับระบบขับเคลื่อนอื่น คือความสามารถในสร้างการติดตั้งมอเตอร์ไฟฟ้าไว้ที่ดุมล้อรถ (In-Wheel Motor) โดยมอเตอร์ไฟฟ้าถ่ายทอดสร้างแรงขับเคลื่อนไปยังล้อ โดยไม่ผ่านอุปกรณ์อื่น ๆ

การวางระบบขับเคลื่อน

Single-Speed Transmission

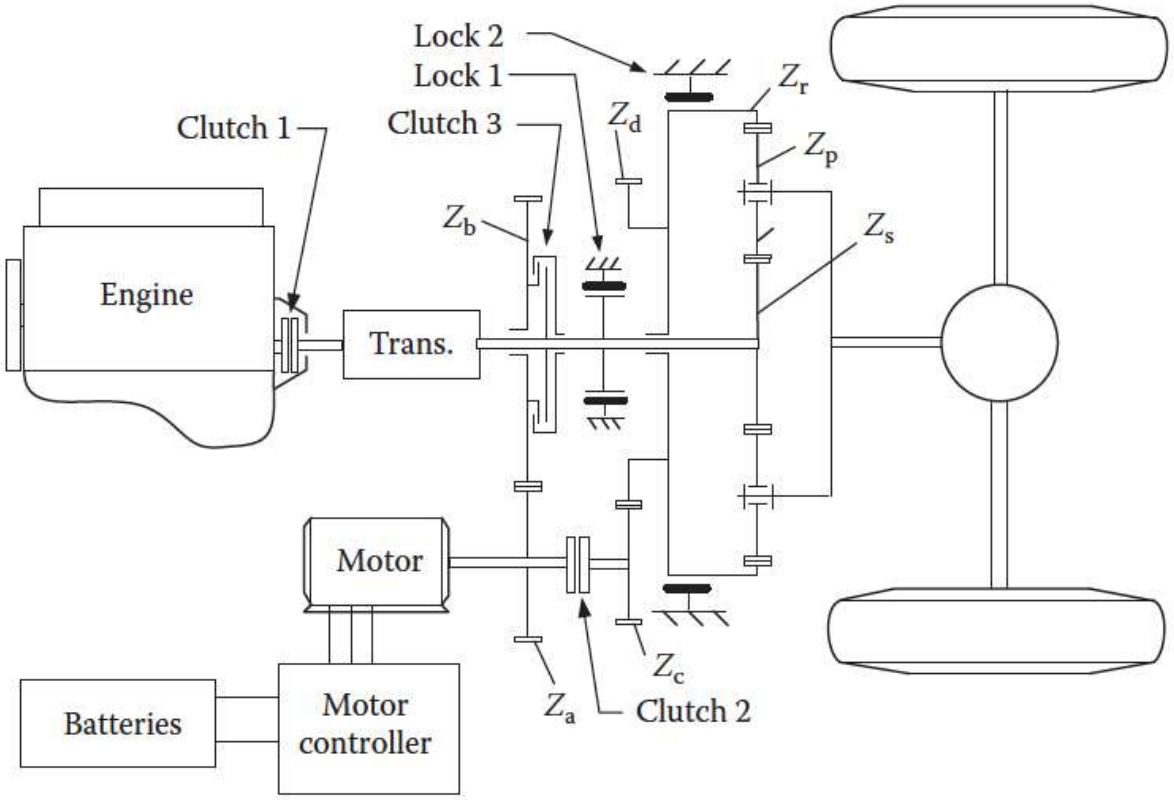
ความสามารถในการตอบสนองสภาวะการขับขี่ที่หลากหลายและความต้องการประสิทธิภาพระบบส่งกำลังสูงสุด ขึ้นอยู่กับการออกแบบมอเตอร์และสมรรถนะที่ต้องการของยานพาหนะ โดยทั่วไประบบส่งกำลังจะรวมหนึ่งอัตราส่วนคงที่และหนึ่งอัตราทดเกียร์ขับเคลื่อนสุดท้าย





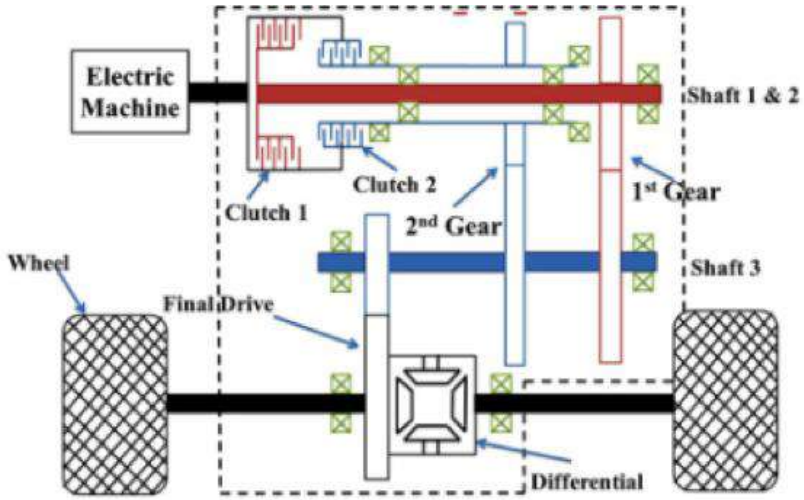
การวางระบบขับเคลื่อน

Simplified Multi-speed Stepped Transmission

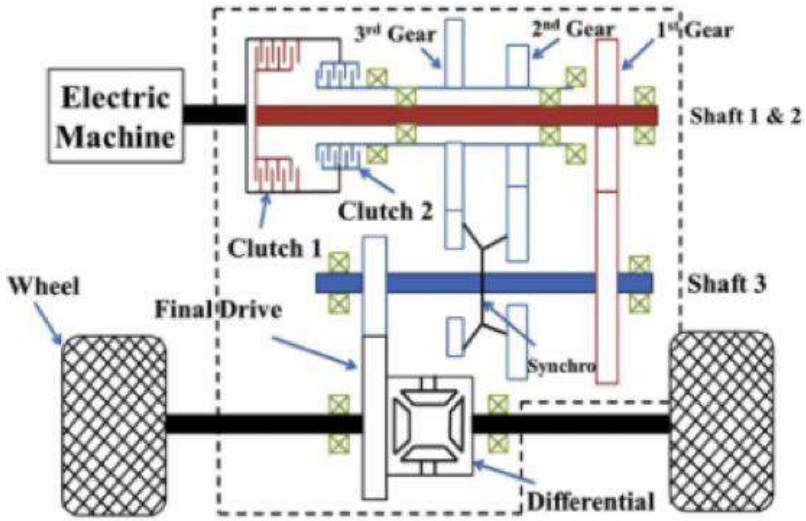


ตัวอย่างการวางชุดเกียร์หลายความเร็วที่มอเตอร์และเครื่องยนต์ทำงานร่วมกัน ของยานยนต์ไฟฟ้าไฮบริด (HEVs)

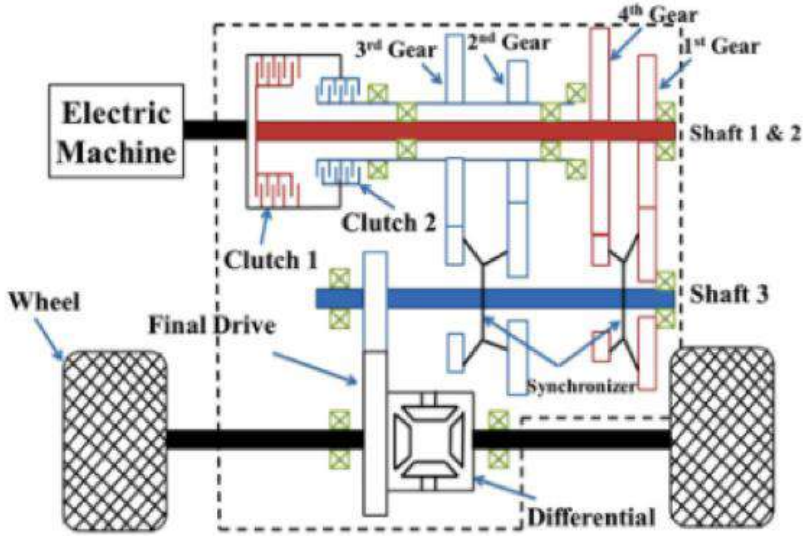
การวางระบบขับเคลื่อน



การวางตำแหน่งเกียร์ 2 เกียร์



การวางตำแหน่งเกียร์ 3 เกียร์

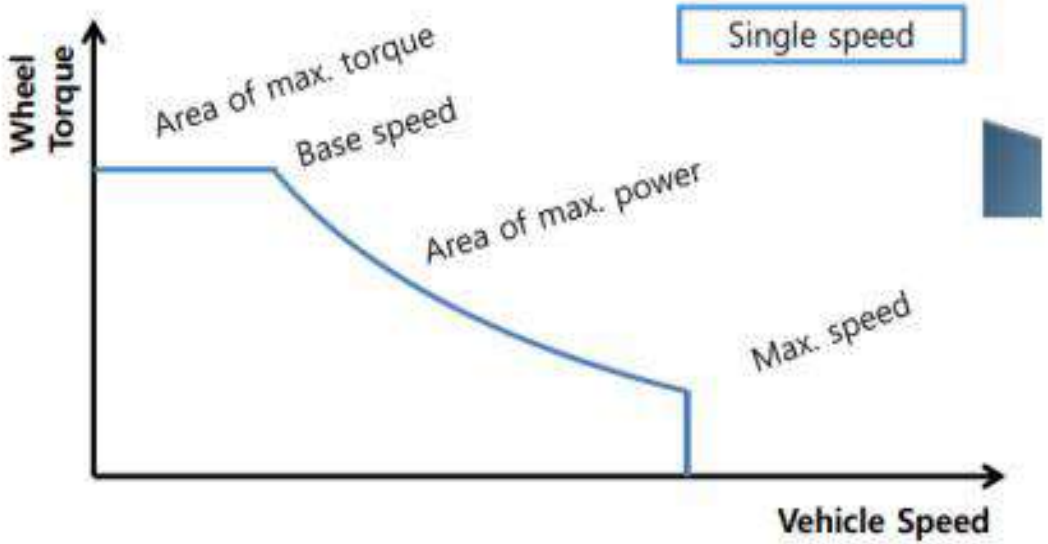


การวางตำแหน่งเกียร์ 4 เกียร์

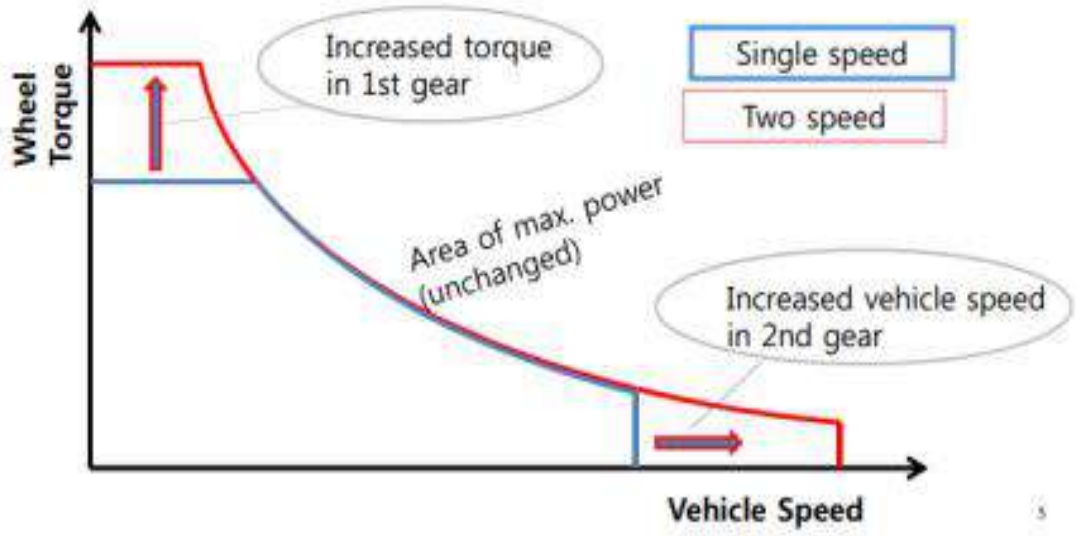
ระบบส่งกำลังแบบหลายความเร็วมีความสามารถในการออกตัว ทำความเร็วสูงสุด และการขับขี่ที่ประหยัด สำหรับยานพาหนะจากความเร็วของมอเตอร์และช่วงแรงบิดผ่านการใช้อัตราทดเกียร์ที่มีอยู่หลายแบบ แต่ก็หลีกเลี่ยงไม่ได้ที่จะทำให้ยานยนต์ไฟฟ้ามีน้ำหนักเพิ่มขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพการส่งกำลังลดลงและทำให้ต้นทุนการผลิตเพิ่มขึ้น

การวางระบบขับเคลื่อน

แรงบิดเทียบกับความเร็วของระบบส่งกำลังแบบอัตราทดเดียวในยานยนต์ไฟฟ้า



แรงบิดเทียบกับความเร็วของระบบส่งกำลังแบบ 2 อัตราทดในยานยนต์ไฟฟ้า



ที่มา: https://www.irjet.net/archives/V7/i6/IRJET-V7I6164.pdf

กรมพัฒนาพลังงานทดแทน
และอนุรักษ์พลังงาน
กระทรวงพลังงาน

กองพัฒนาทรัพยากรบุคคลด้านพลังงาน (กพบ.)

อาคารอนุรักษ์พลังงานเฉลิมพระเกียรติ (บริเวณเทคโนธานี)

ตำบลคลองห้า อำเภอคองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

โทรศัพท์ 0-2577-7035-41 โทรสาร 0-2577-7047

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) กระทรวงพลังงาน

17 ถนนพระราม 1 เชิงสะพานกษัตริย์ศึก แขวงรองเมือง เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

โทรศัพท์ 0-2223-0021-9, 0-2223-2593-5, 0-2222-4102-9

โทรสาร 0-2226-1416 www.dede.go.th

กรมพัฒนาพลังงานทดแทน
และอนุรักษ์พลังงาน
กระทรวงพลังงาน

หลักสูตร การสร้างความรู้ความเข้าใจด้านยานยนต์ไฟฟ้า (EV) สำหรับภาคอุตสาหกรรมยานยนต์

โครงการพัฒนาความรู้ ความสามารถใหม่ ด้านยานยนต์ไฟฟ้า (EV)
สำหรับภาคอุตสาหกรรมยานยนต์และภาคประชาชน

ระบบควบคุมทางอิเล็กทรอนิกส์ (Power Electronics)

ผู้บรรยาย

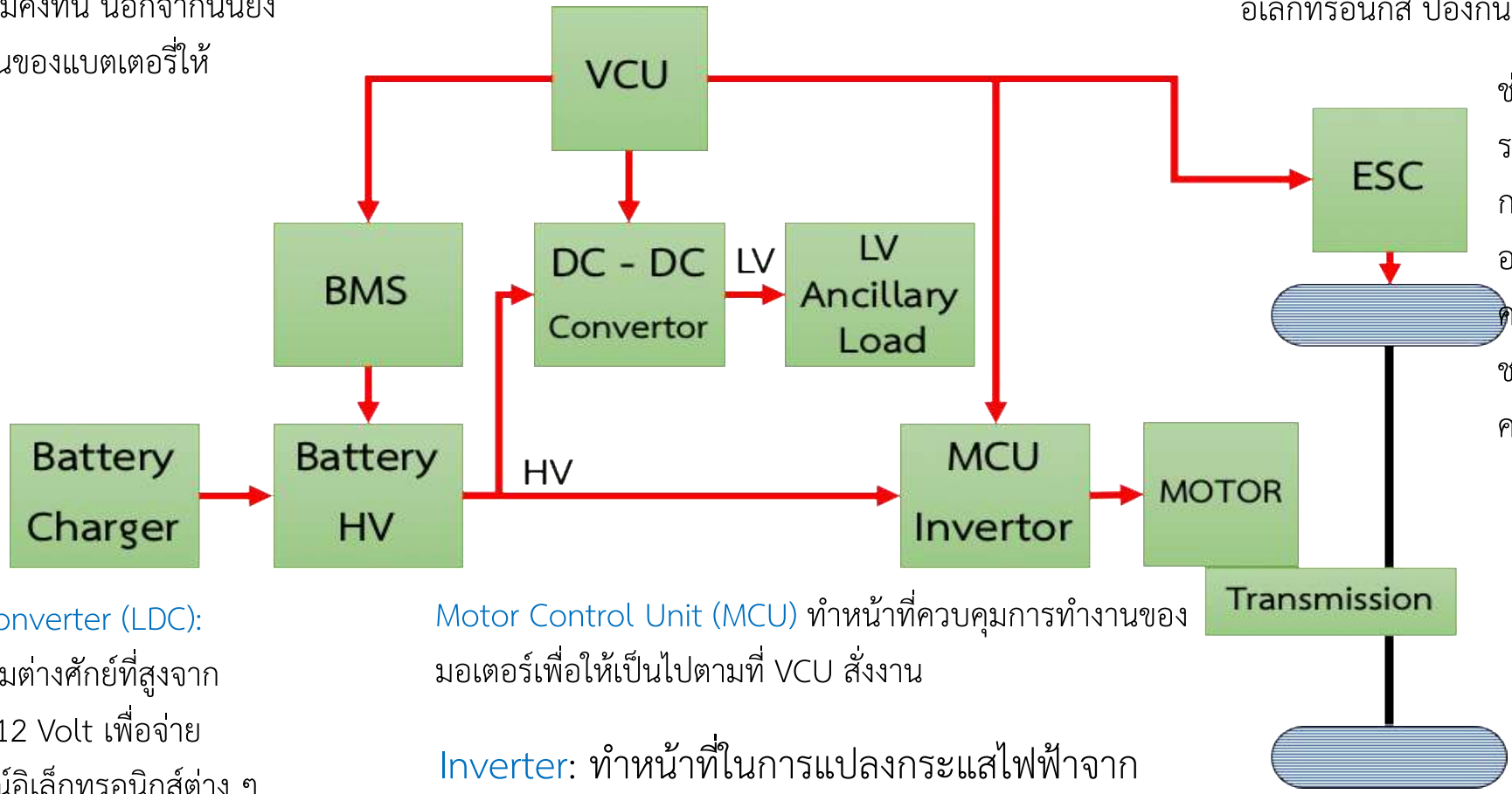
ดำเนินงานโดย บริษัท ไบร์ท แมเนจเม้นท์ คอนซัลติ้ง จำกัด

ชุดควบคุมของยานยนต์ไฟฟ้าประกอบไปด้วย ส่วนประกอบหลักที่เรียกโดยรวมว่า Electric Power Control Unit (EPCU) คือควบคุมกำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์ภายในตัวรถยนต์ไฟฟ้าทั้งหมด โดยมี Vehicle Control Unit (VCU) ที่เป็นส่วนที่สำคัญที่สุดในระบบ EPCU เนื่องจากทำหน้าที่ในการควบคุมและตรวจสอบการทำงานของหน่วยควบคุมส่วนอื่น ๆ ทั้งหมดของตัวรถ

Battery Management System (BMS) ทำหน้าที่ควบคุมปริมาณ และทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า เพื่อให้มีประสิทธิภาพ มีความคงทน นอกจากนั้นยังคอยควบคุมอุณหภูมิการทานของแบตเตอรี่ให้เหมาะสม

Vehicle Control Unit (VCU): ควบคุมและตรวจสอบการทำงานของหน่วยควบคุมส่วนอื่น ๆ ทั้งหมดของตัวรถ

Safety and Stability Control Systems (ESC) ระบบควบคุมเสถียรภาพการทรงตัวแบบอิเล็กทรอนิกส์ ป้องกันไม่ให้รถลื่นไถล ช่วยให้ผู้ขับขี่รักษาการควบคุมรถได้ในระหว่างการเบรกกะทันหันหรือการบังคับเลี้ยวอย่างรุนแรง และหลีกเลี่ยงความเสียหายร้ายแรงจากการชนที่เกิดจากการสูญเสียการควบคุม



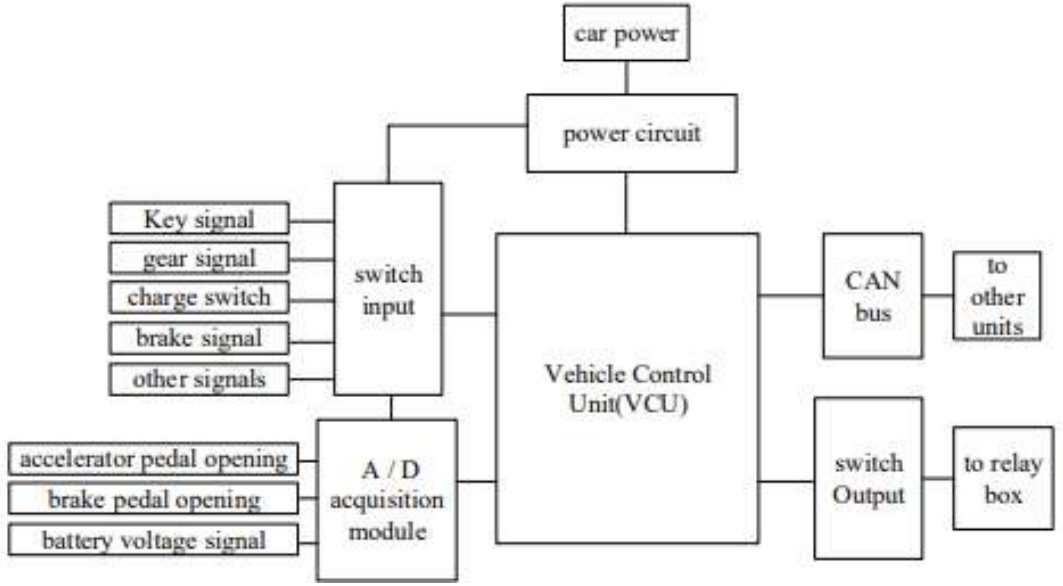
Low voltage DC-DC Converter (LDC): ทำหน้าที่ในการแปลงความต่างศักย์ที่สูงจากแบตเตอรี่ ให้ลดลงเหลือ 12 Volt เพื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ ภายในตัวรถ

Motor Control Unit (MCU) ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของมอเตอร์เพื่อให้เป็นไปตามที่ VCU สั่งงาน

Inverter: ทำหน้าที่ในการแปลงกระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ซึ่งเป็นไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) เพื่อส่งต่อให้กับมอเตอร์ไฟฟ้า

ชุดควบคุมยานยนต์ไฟฟ้า (Vehicle Control Unit, VCU)

ชุดควบคุมยานยนต์ไฟฟ้า (Vehicle Control Unit, VCU) เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในยานยนต์ไฟฟ้า ซึ่งทำหน้าที่เป็นสมองของระบบไฟฟ้าของยานยนต์ ดูแลและควบคุมระบบย่อยต่างๆ รวมถึงระบบขับเคลื่อนมอเตอร์ การจัดการแบตเตอรี่ การจัดการความร้อน และระบบสร้างพลังงานใหม่ เพื่อให้แน่ใจว่าระบบต่างๆ ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและสอดประสานกัน VCU ยังอำนวยความสะดวกในการสื่อสารระหว่างส่วนประกอบต่างๆ ของยานยนต์ รองรับฟังก์ชันการวินิจฉัยและความปลอดภัย และสามารถบูรณาการกับระบบช่วยเหลือผู้ขับขี่ขั้นสูง (ADAS) ได้ หน่วยควบคุมยานพาหนะมีความสำคัญต่อประสิทธิภาพโดยรวม ความปลอดภัย และประสิทธิภาพด้านพลังงานของยานยนต์

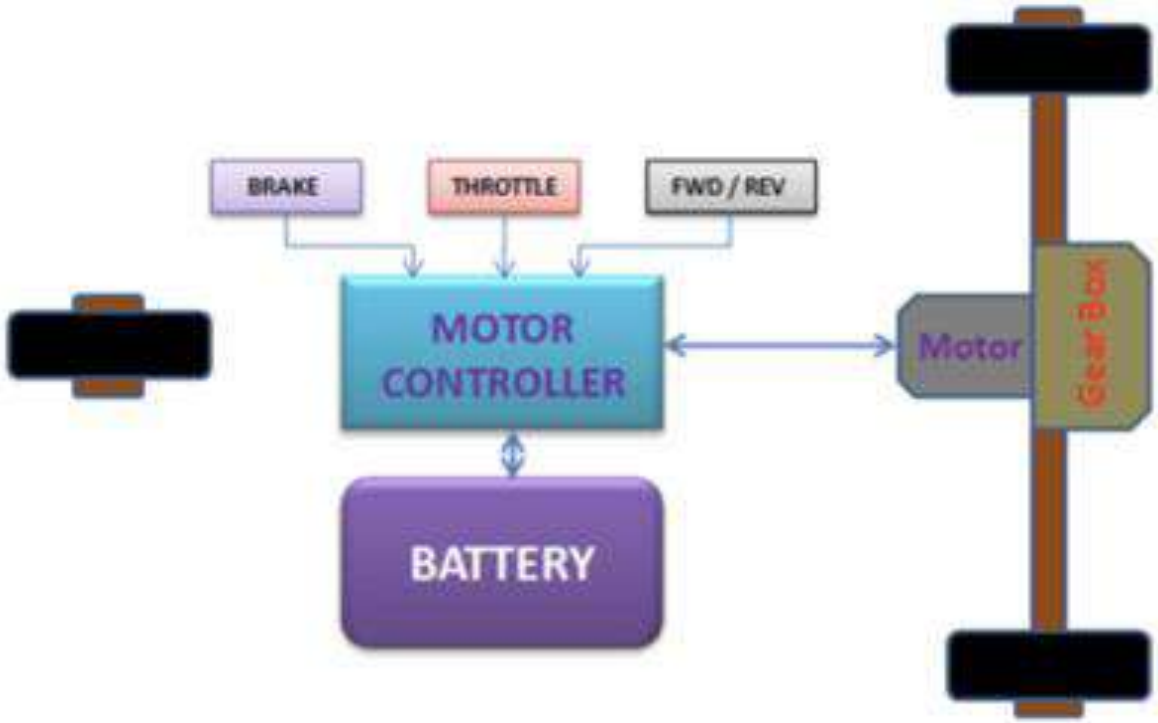


Block diagram of the Vehicle Control Unit

หน้าที่หลักของหน่วยควบคุมยานยนต์ (VCU) ในระบบส่งกำลังของยานยนต์ไฟฟ้า มีหลายประการซึ่งมีความสำคัญต่อการทำงาน ประสิทธิภาพ และความปลอดภัยของยานยนต์ไฟฟ้า ดังนี้

1) **การบูรณาการและการจัดการส่วนประกอบของระบบส่งกำลัง** VCU ทำหน้าที่ควบคุมที่โดยปกติแล้วหน่วยแยกกันในยานยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์สันดาปภายในจะจัดการรวมศูนย์ ในยานยนต์ไฟฟ้าและไฮบริด VCU จะจัดการการบูรณาการส่วนประกอบของระบบส่งกำลังต่างๆ เช่น ตัวควบคุมมอเตอร์ ระบบจัดการแบตเตอรี่ (BMS) และ On-board Charger VCU จะควบคุมด้านต่างๆ เช่น การกระจายแรงบิด การเปลี่ยนเกียร์ และโหมดการทำงาน เพื่อให้แน่ใจว่าการทำงานจะราบรื่น VCU จะปรับประสิทธิภาพของรถยนต์ให้เหมาะสมกับกำลังที่มีอยู่และความต้องการของผู้ขับขี่ เพื่อให้แน่ใจว่ามีการแจกจ่ายกำลังและประสิทธิภาพที่เหมาะสมที่สุด นอกจากนี้ VCU ยังจัดการการเปลี่ยนผ่านระหว่างโหมดการขับขี่ต่างๆ ซึ่งส่งผลต่อค่าตัวแปรต่างๆ ของยานยนต์ เช่น การตอบสนองของคันเร่ง
2) **การจัดการพลังงานและประสิทธิภาพ** VCU มีบทบาทสำคัญในการจัดการการไหลของพลังงานของยานยนต์ โดยเฉพาะในยานยนต์ไฟฟ้าที่ใช้แบตเตอรี่ โดย VCU จะควบคุมการถ่ายโอนพลังงานระหว่างแบตเตอรี่และมอเตอร์โดยเชื่อมต่อกับชุดควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ (ECU) ต่างๆ เช่น ชุดควบคุมมอเตอร์ (MCU) และระบบบริหารจัดการพลังงานจากแบตเตอรี่ (BMS) เพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานและเพิ่มระยะทางวิ่งของยานยนต์ นอกจากนี้ VCU ยังควบคุมระบบการอัดประจุไฟฟ้าและระบบเบรกแบบ Regenerative Braking ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานของยานยนต์ไฟฟ้า
3) **ระบบพลศาสตร์และความปลอดภัยของยานยนต์** VCU มีบทบาทสำคัญในการตรวจสอบระบบของยานยนต์อย่างต่อเนื่องเพื่อดูว่ามีความผิดปกติหรือทำงานผิดปกติหรือไม่ โดย VCU ช่วยให้แน่ใจว่าส่วนประกอบทั้งหมดของยานยนต์ทำงานได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ ซึ่งช่วยเพิ่มความปลอดภัยโดยรวมของรถยนต์ด้วยการตรวจจับปัญหาที่อาจเกิดขึ้นได้ในระยะเริ่มต้นและแจ้งเตือนหรือรหัสวินิจฉัยเมื่อจำเป็น นอกจากนี้ ยังรองรับหน้าที่การทำงานที่ล้มเหลวสำหรับการขับขี่อัตโนมัติสูง ซึ่งมีความจำเป็นสำหรับการรักษาการควบคุมและความปลอดภัยของยานพาหนะในกรณีที่ระบบขัดข้อง VCU ยังเกี่ยวข้องกับการปรับแรงเบรก กำลังมอเตอร์ และค่าตัวแปรอื่นๆ ตามข้อมูลจริงขณะขับขี่ (Real time) จากเซ็นเซอร์เพื่อรักษาเสถียรภาพและป้องกันการลื่นไถลหรือสูญเสียการควบคุม การบูรณาการนี้ช่วยในการเพิ่มประสิทธิภาพการควบคุมและการตอบสนองของยานยนต์เพื่อให้มั่นใจว่าการขับขี่จะราบรื่นและปลอดภัยยิ่งขึ้น

Typical system Block Diagram ของ MCU

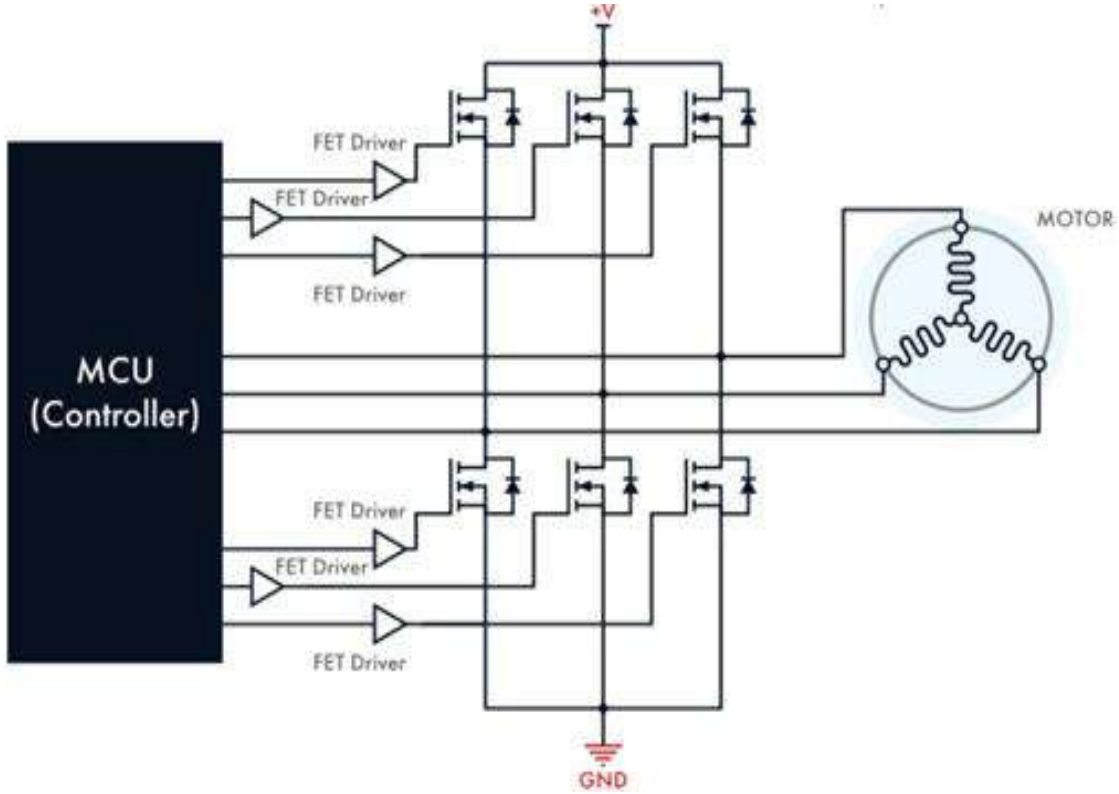


ยานยนต์ไฟฟ้าพัฒนาขึ้นก็มีความจำเป็นในการพัฒนากลไกควบคุมการเคลื่อนไหว เพื่อประสิทธิภาพที่ดีขึ้นในระหว่างการแปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลไปพร้อม ๆ กัน การใช้ Motor Control Unit (MCU) ได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อทำหน้าที่เป็นส่วนเชื่อมต่อระหว่างแบตเตอรี่และมอเตอร์ เพื่อควบคุมความเร็วและความเร่งของยานยนต์ไฟฟ้า

MCU จะปรับตัวเข้ากับสภาพถนนที่แตกต่างกันอย่างต่อเนื่องเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระยะการเดินทาง และสภาพในการขับขี่โดยรวม ระบบเหล่านี้บรรจุอยู่ในแพ็คเกจอิเล็กทรอนิกส์กำลัง ระบบขับเคลื่อนมอเตอร์ และชุดควบคุมที่มีขนาดกะทัดรัด มีประสิทธิภาพ และน้ำหนัก นอกจากนี้ยังมี

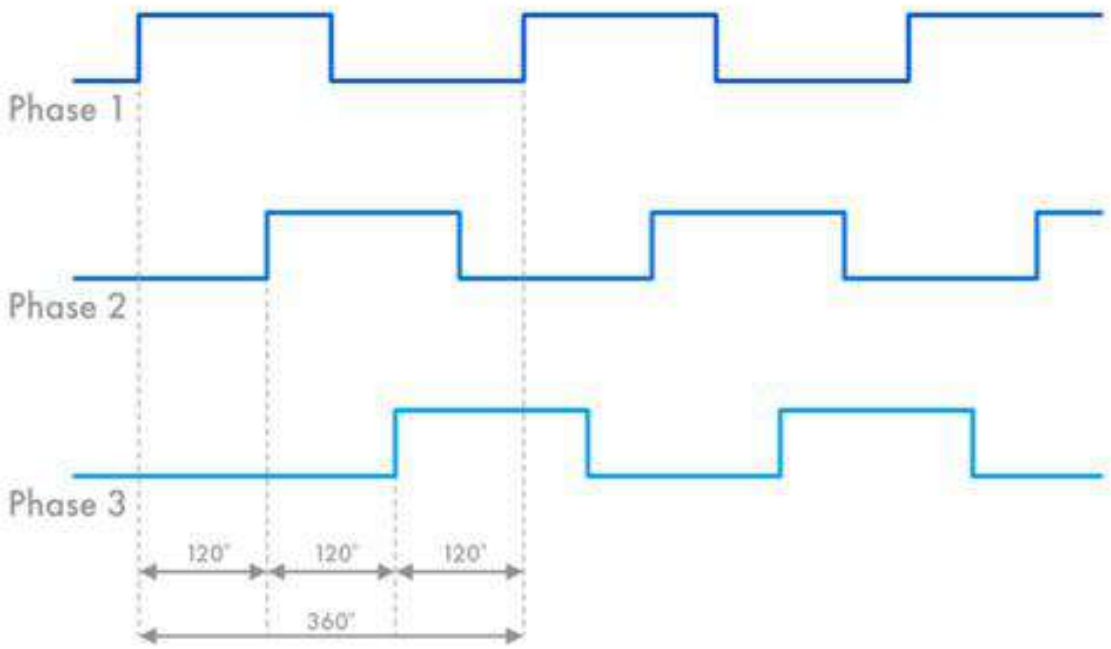
- ระบบอิเล็กทรอนิกส์กำลังขั้นสูงช่วยลดสัญญาณรบกวนทางไฟฟ้าและเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานและการควบคุมแรงดันไฟฟ้า
- อินเวอร์เตอร์ที่ปรับได้หลายระดับจะสร้างแรงดันไฟฟ้าขาออกโดยการรวมระดับแรงดันไฟฟ้าหลายระดับเพื่อสร้างรูปคลื่นที่นุ่มนวลขึ้น ซึ่งจะเป็นการเพิ่มความแม่นยำของระบบ
- การควบคุมแรงบิดโดยตรง (Direct Torque Control) ให้การตอบสนองการควบคุมแรงบิดและฟลักซ์ที่รวดเร็ว
- การเพิ่มประสิทธิภาพการเบรกแบบใหม่โดยจะหมุนกลับมอเตอร์ไฟฟ้าที่ขับเคลื่อนยานยนต์และอัดประจุแบตเตอรี่แบบย้อนกลับ
- การเรียนรู้ของ AI ใน MCU ช่วยลดข้อผิดพลาดของผู้ขับขี่

Circuit diagram of three-phase BLDC motor controller with Hall-effect sensors



วงจรควบคุมฮาล์ฟบริดจ์สำหรับมอเตอร์ BLDC สเตเตอร์ประกอบด้วยขดลวดสามเฟสซึ่งวางอยู่ที่ 120° ซึ่งกันและกัน ขดลวดแต่ละเส้นจะมีภาพเวกเตอร์ของแรงดันและกระแสที่ใช้กับสเตเตอร์ โครงร่างวงจรข้างต้นมีทรานซิสเตอร์สองตัวเป็นสวิตช์ ด้านบวกหนึ่งตัวและด้านลบหนึ่งตัว มอเตอร์ถูกฝังอยู่กับเซ็นเซอร์ฮอลล์ เซ็นเซอร์ฮอลล์มักใช้เพื่อตรวจจับตำแหน่งของโรเตอร์ที่สัมพันธ์กับสเตเตอร์ เซ็นเซอร์เหล่านี้ให้ข้อมูลเกี่ยวกับตำแหน่งของโรเตอร์ ช่วยให้ตัวควบคุมมอเตอร์สามารถกำหนดเวลาและวิธีสลับทรานซิสเตอร์กำลังที่จ่ายพลังงานให้กับขดลวดของมอเตอร์ ส่วน Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor (MOSFET) ซึ่งใช้ในการเปลี่ยนและขยายสัญญาณอิเล็กทรอนิกส์ และ IGBT ใช้เพื่อควบคุมการไหลของกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดของมอเตอร์ ตัวควบคุมมอเตอร์จะควบคุมกระแสที่ไหลผ่านคอยล์ตามข้อมูลที่ได้รับจากเซ็นเซอร์ฮอลล์ ด้วยการควบคุมจังหวะเวลาและลำดับของกระแสที่ไหลผ่านขดลวดสเตเตอร์ ตัวควบคุมมอเตอร์จึงสามารถควบคุมการหมุนของมอเตอร์ได้อย่างแม่นยำ

Three-phase pulse-width modulation (PWM)



Pulse-width modulation (PWM) ช่วยควบคุมกระแสที่ไหลเข้าไปในขดลวดของโรเตอร์และดำเนินกระบวนการสับเปลี่ยนได้อย่างราบรื่นและมีประสิทธิภาพมากขึ้น ความถี่ในการสลับ PWM สามารถเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นอยู่กับการใช้งาน (**รูปที่ 2-39**) แสดงสัญญาณมอดูเลตความกว้างพัลส์ไซน์ ซึ่งความถี่ควรจะสูงเพียงพอเพื่อป้องกันการสูญเสียพลังงาน และข้อจำกัดทางกายภาพของสเตเตอร์จะกำหนดระดับความถี่สูงสุด อย่างไรก็ตามข้อกำหนดดังกล่าวได้รับการปรับให้เข้ากับการออกแบบของ MCU

กรมพัฒนาพลังงานทดแทน
และอนุรักษ์พลังงาน
กระทรวงพลังงาน

กองพัฒนาทรัพยากรบุคคลด้านพลังงาน (กพบ.)

อาคารอนุรักษ์พลังงานเฉลิมพระเกียรติ (บริเวณเทคโนธานี)

ตำบลคลองห้า อำเภอคองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

โทรศัพท์ 0-2577-7035-41 โทรสาร 0-2577-7047

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) กระทรวงพลังงาน

17 ถนนพระราม 1 เชิงสะพานกษัตริย์ศึก แขวงรองเมือง เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

โทรศัพท์ 0-2223-0021-9, 0-2223-2593-5, 0-2222-4102-9

โทรสาร 0-2226-1416 www.dede.go.th

กรมพัฒนาพลังงานทดแทน
และอนุรักษ์พลังงาน
กระทรวงพลังงาน

หลักสูตร การสร้างความรู้ความเข้าใจด้านยานยนต์ไฟฟ้า (EV) สำหรับภาคอุตสาหกรรมยานยนต์

โครงการพัฒนาความรู้ ความสามารถใหม่ ด้านยานยนต์ไฟฟ้า (EV)
สำหรับภาคอุตสาหกรรมยานยนต์และภาคประชาชน

แบตเตอรี่ ระบบบริหารจัดการแบตเตอรี่ และระบบหล่อเย็นแบตเตอรี่

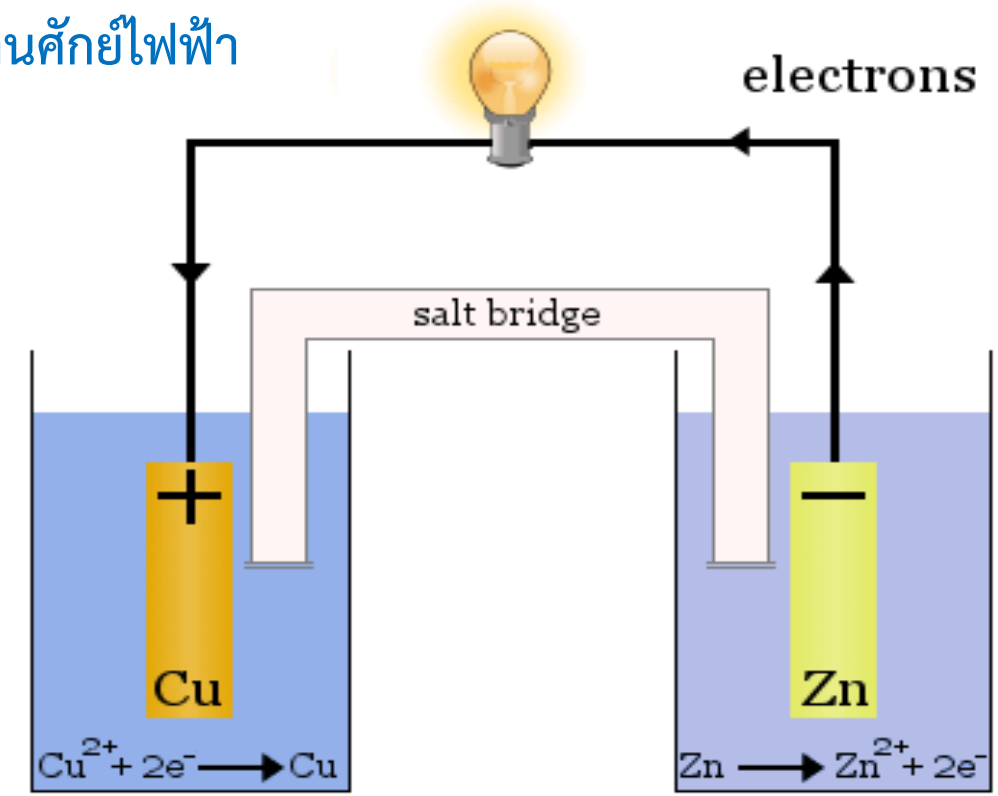
ผู้บรรยาย

ดำเนินงานโดย บริษัท ไบร์ท แมเนจเม้นท์ คอนซัลติ้ง จำกัด

แบตเตอรี่เป็นอุปกรณ์ที่ประกอบด้วย เซลล์ไฟฟ้าเคมี (Electrochemical cell) หนึ่งเซลล์หรือมากกว่า มีความสามารถในการเปลี่ยนพลังงานเคมีให้เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยสามารถให้กำลังไฟฟ้ากับอุปกรณ์ไฟฟ้าภายนอกได้เมื่อมีการเชื่อมต่อ

ขั้วบวก (Cathode) จะมีพลังงานศักย์ไฟฟ้าสูงกว่าขั้วลบ

การเคลื่อนไหวของไอออนที่อยู่ในแบตเตอรี่ที่ทำให้เกิดกระแสไหลออกจากแบตเตอรี่เพื่อให้ไฟฟ้าครบวงจร



ขั้วลบ (Anode) คือแหล่งที่มาของอิเล็กตรอนที่เมื่อเชื่อมต่อกับวงจรภายนอกแล้วอิเล็กตรอนเหล่านี้จะไหลและส่งมอบพลังงานให้กับอุปกรณ์ภายนอก

แบตเตอรี่แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท

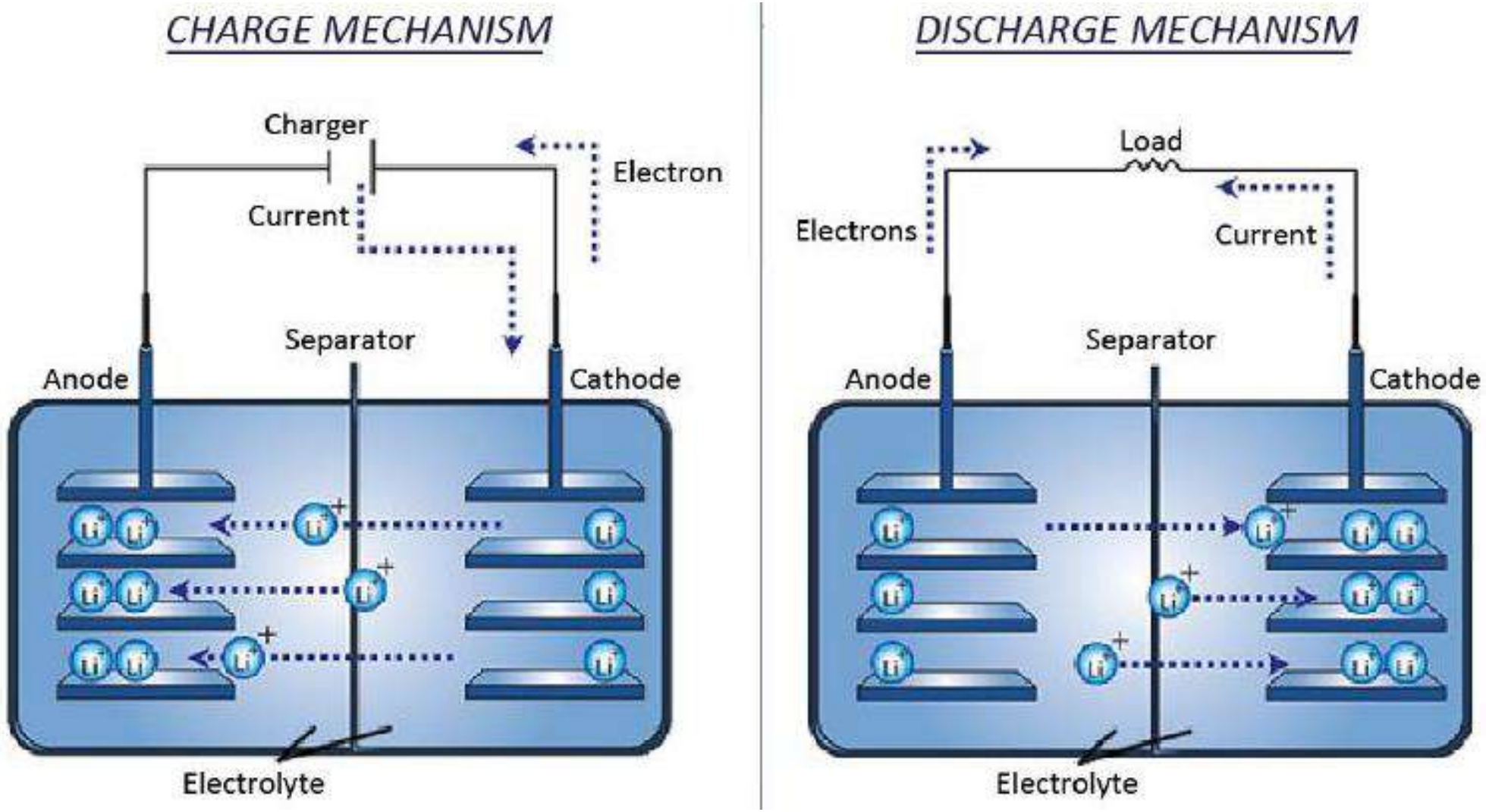
- แบตเตอรี่ปฐมภูมิ มีความสามารถในการจ่ายไฟฟ้าได้เพียงครั้งเดียว เมื่อปล่อยประจุออกไปแล้วไม่สามารถประจุใหม่ได้อีก

- แบตเตอรี่ทุติยภูมิ สามารถดิสชาร์จและชาร์จใหม่ได้หลายครั้ง

แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน

- ได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้นและมีการใช้งานกันอย่างแพร่หลาย
- จุดเด่นคือความจุพลังงานและกำลังไฟฟ้าที่สูงกว่าแบตเตอรี่ตระกูลนิกเกิลและกรดตะกั่ว
- ขั้วลบ มีองค์ประกอบหลักเป็นคาร์บอนที่มีรูพรุน (เช่น แกรไฟต์) เคลือบบนแผ่นทองแดง
- ขั้วบวกเป็นลิเทียมเมทัลออกไซด์เคลือบบนแผ่นอะลูมิเนียม
- มีสารละลายอิเล็กโทรไลต์ ประกอบด้วยเกลือของลิเทียม เช่น $LiPF_6$ หรือ $LiBF_4$ ในตัวทำละลายเช่น เอทิลีนคาร์บอเนต (Ethylene carbonate) ไดเอทิลคาร์บอเนต (Diethyl carbonate) และ/หรือไดเมทิลคาร์บอเนต (Dimethyl carbonate)
- มีเยื่อเลือกผ่าน (Separator) กั้นระหว่างขั้วทั้งสอง ซึ่งทำจากพอลิโพรพิลีน (Polypropylene, PP) และ/หรือพอลิเอทิลีน (Polyethylene, PE)

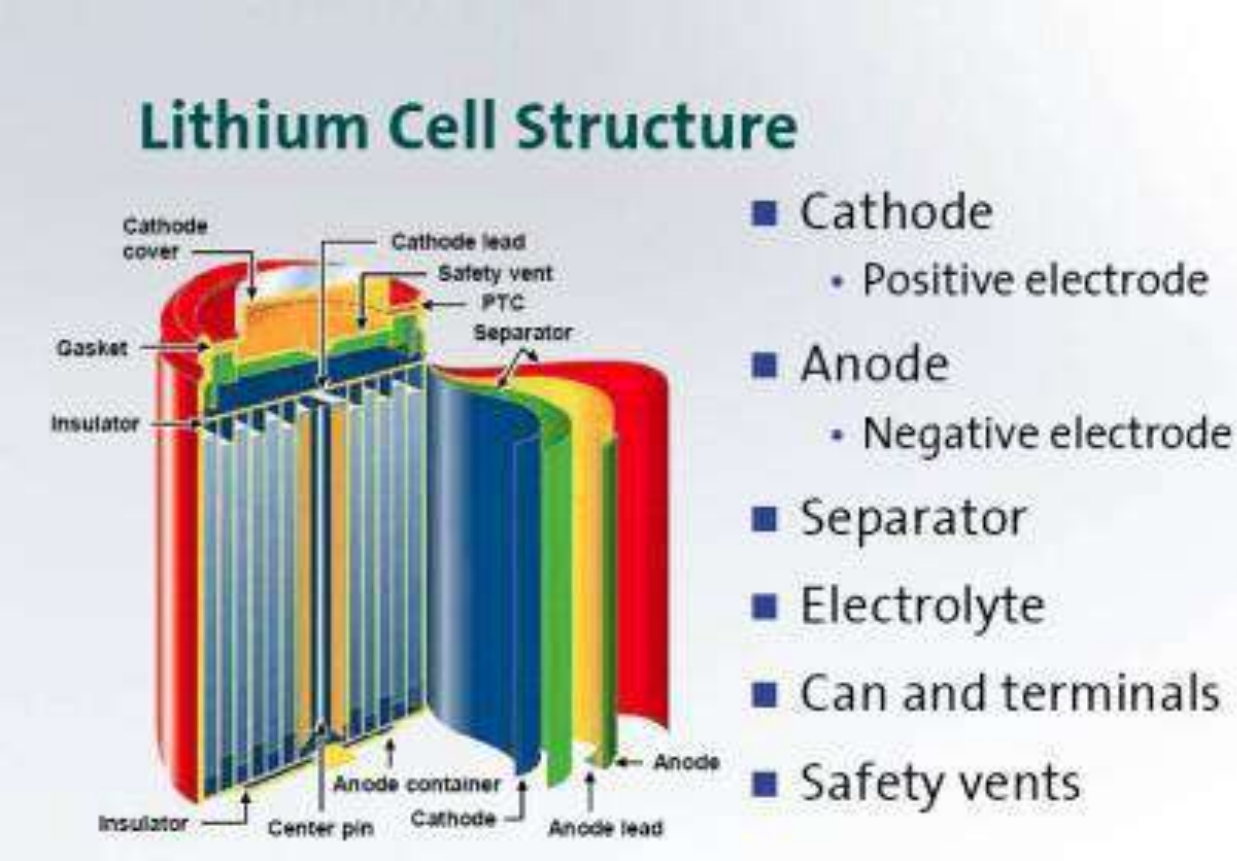
Charge-and-discharge-process-of-secondary-lithium-ion-batteries



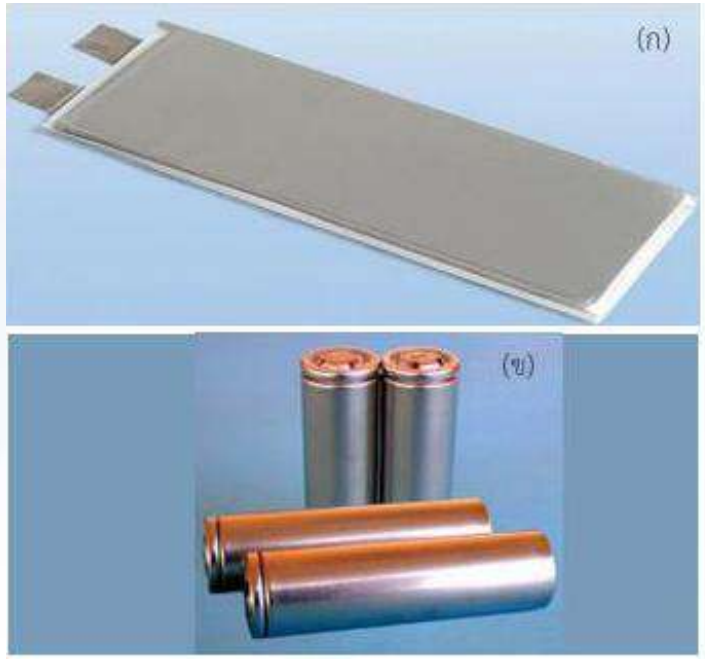
แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนประเภทต่าง ๆ วัสดุขั้วลบและบวก และการใช้งาน

ประเภท	วัสดุขั้วบวก	วัสดุขั้วลบ	การใช้งาน
1	Lithium Cobalt Oxide ($LiCoO_2$, LCO)	แกรไฟต์	โทรศัพท์มือถือ แท็บเล็ต แล็ปท็อป กล้องดิจิทัล
2	Lithium Manganese Oxide ($LiMn_2O_4$, LMO)	แกรไฟต์	เครื่องมือไฟฟ้า (Power tools) อุปกรณ์การแพทย์ Traction Battery ในรถยนต์ไฟฟ้า
3	Lithium Nickel Manganese Cobalt Oxide ($LiNiMnCoO_2$, NMC)	แกรไฟต์	จักรยานไฟฟ้า อุปกรณ์การแพทย์ Traction Battery ในรถยนต์ไฟฟ้า (มักใช้ ในรถไฮบริด) ระบบสารองไฟฟ้า
4	Lithium Nickel Cobalt Aluminum Oxide ($LiNiCoAlO_2$, NCA)	แกรไฟต์	อุปกรณ์การแพทย์ Traction Battery ในรถยนต์ไฟฟ้า (Tesla Model S) ระบบสำรองไฟฟ้า
5	Lithium Iron Phosphate ($LiFePO_4$, LFP)	แกรไฟต์	Traction Battery ในรถยนต์ไฟฟ้า หรือแทนแบตเตอรี่กรดตะกั่วในรถยนต์ (Start-Lighting-Ignition battery) ระบบที่ต้องการกระแสและความทนทานสูง
6	แกรไฟต์ หรือ LMO	Lithium Titanate ($Li_4Ti_5O_{12}$, LTO)	ระบบสำรองไฟฟ้า Traction Battery ในรถยนต์ไฟฟ้า (Mitsubishi i-MiEV, Honda Fit EV)

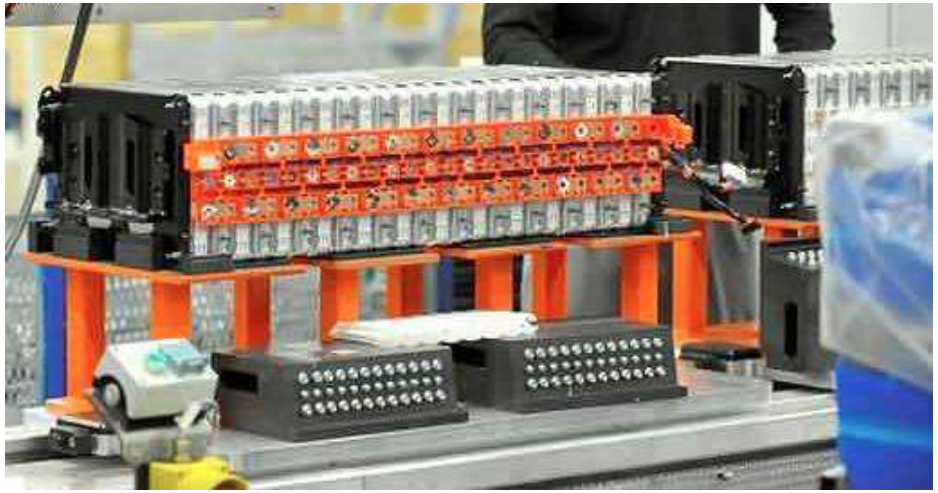
โครงสร้างภาคในแบตเตอรี่ลิเทียม



ลักษณะรูปทรงของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน

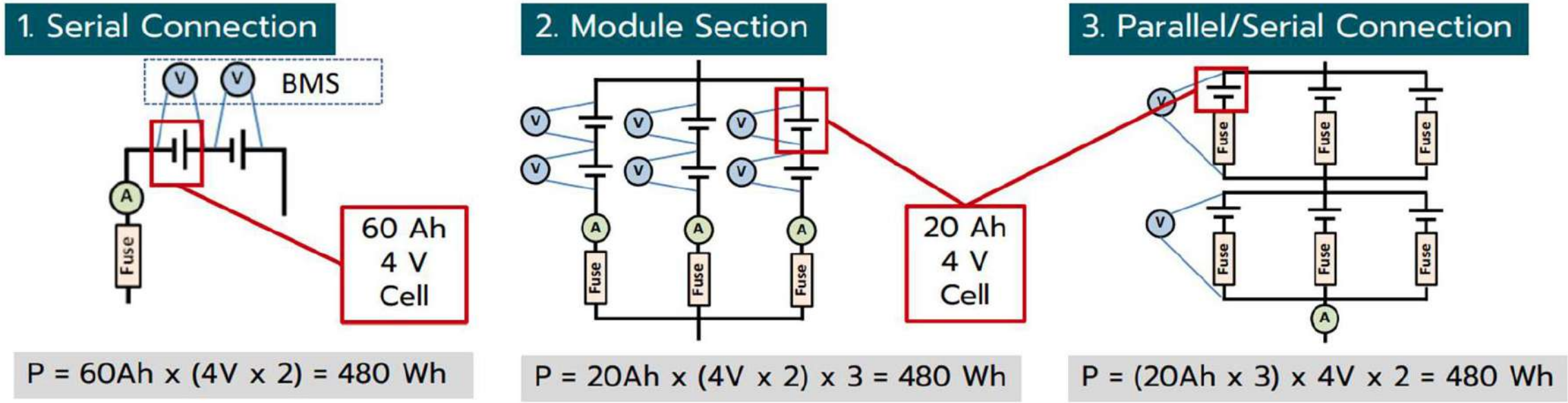


แบตเตอรี่แพ็ค



รูปแบบการเชื่อมต่อของชุดแบตเตอรี่

หากต้องการกำลังไฟฟ้า 480 Wh ที่แรงดัน 8 V



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

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

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

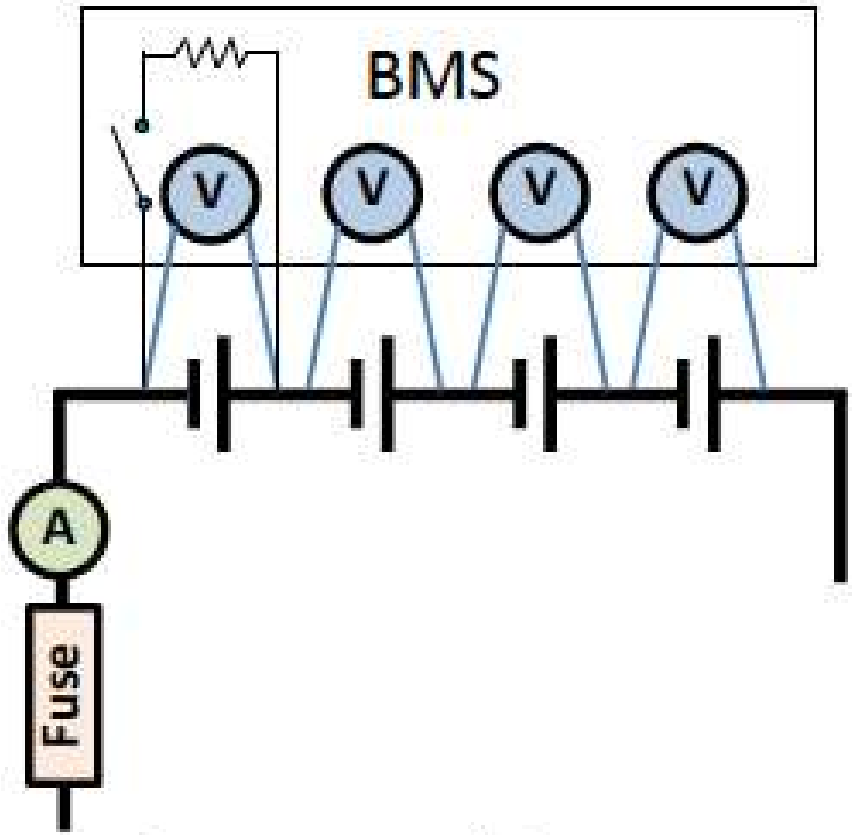
- Serveral BMS per section
- Serveral current sensors and fuses
- Easy management

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

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

(ที่มา : แนวโน้มเทคโนโลยีการออกแบบแพ็กแบตเตอรี่และระบบระบายความร้อนและโอกาสของประเทศไทยในการผลิตแพ็กแบตเตอรี่, มานพ มาสมทบ, หน่วยวิจัยวัสดุเพื่อพลังงาน, ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, สำนักงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ)

ข้อสำคัญในการต่อแบตเตอรี่แพ็คคือ เมื่อมีการต่ออนุกรมสาหรับ Li-Ion Battey Cells **ต้องมี BMS เสมอ**



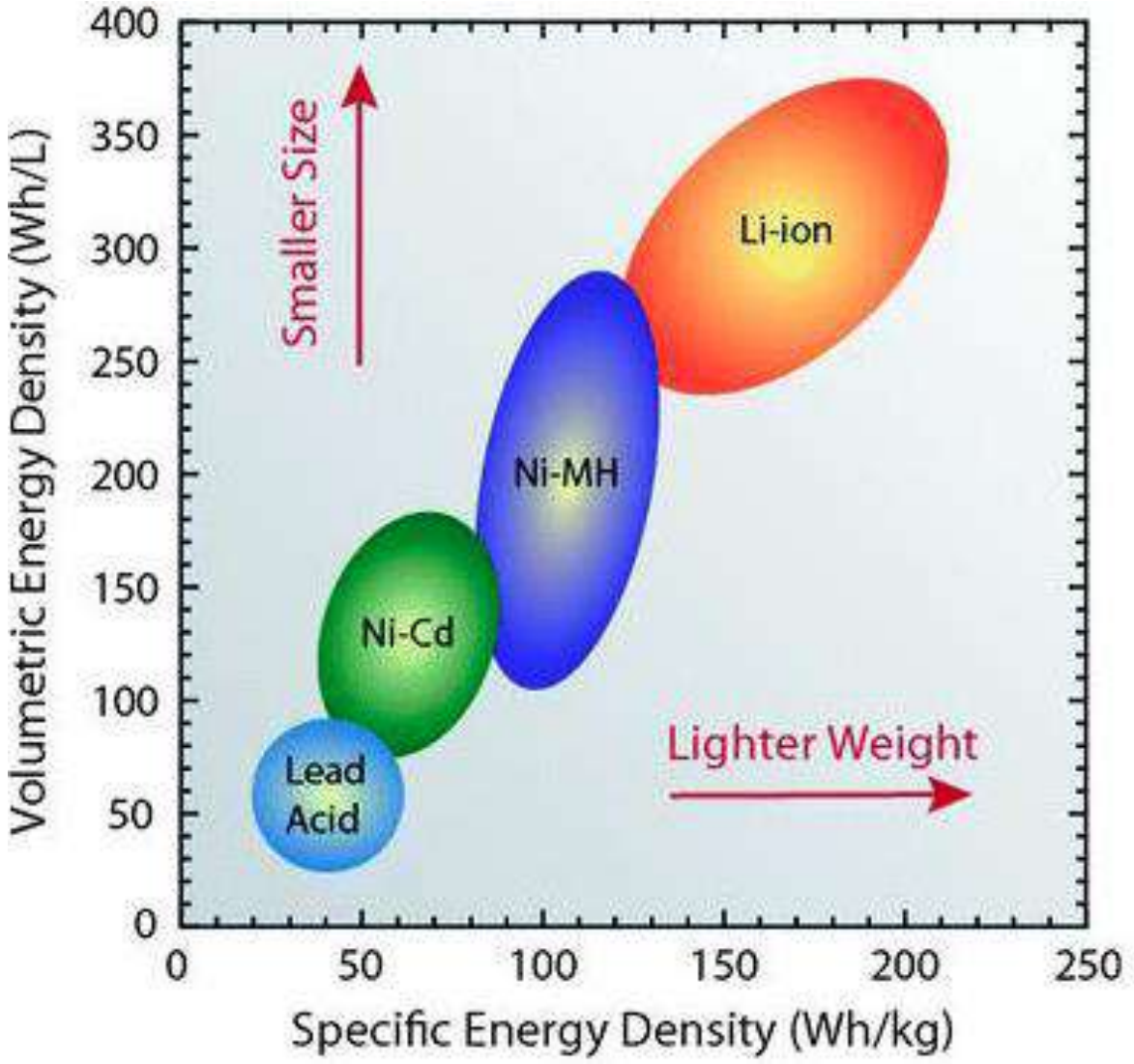
I แต่ละเซลล์คงที่ ถ้าต่ออนุกรม

$$V_1 + V_2 + V_3 + V_4 = 16.8\,\text{V}$$

ถ้าต้องการชาร์จไฟ สำหรับเซลล์แบตเตอรี่ต่ออนุกรม 4 เซลล์ ที่มีแรงดันสูงสุดแต่ละเซลล์ห้ามเกิน 4.2 V ในขณะนั้นแรงดันสุดท้ายที่เราใช้ในการชาร์จ 16.8 V (CV mode) ไม่ได้หมายความว่าแรงดันตกคร่อมจะเท่ากันทุกเซลล์ เนื่องจากการเสื่อมสภาพแต่ละเซลล์ และจุดเชื่อมต่อด้วยรอยเชื่อมระหว่างเซลล์ไม่เท่ากันในทางปฏิบัติ ทำให้ความต้านทานหรือแรงดันตกคร่อมแต่ละเซลล์ไม่เท่ากัน

(ที่มา : แนวโน้มเทคโนโลยีการออกแบบแพ็กแบตเตอรี่และระบบระบายความร้อนและโอกาสของประเทศไทยในการผลิตแพ็กแบตเตอรี่, มานพ มาสมทบ, หน่วยวิจัยวัสดุเพื่อพลังงาน, ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, สำนักงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ)

แบตเตอรี่ในกลุ่ม Li-ion สามารถบรรจุพลังงานไฟฟ้าได้มาก โดยที่ยังรักษาขนาดให้เล็กและยังมีน้ำหนักเบา ในทางกลับกันแบตเตอรี่ Lead Acid มีต้องใช้แบตเตอรี่ที่มีขนาดใหญ่และมีน้ำหนักที่มากที่สุด แต่ก็ยังมีความสามารถในการบรรจุพลังงานได้น้อยที่สุด เมื่อเทียบกับแบตเตอรี่ประเภทอื่น



เปรียบเทียบคุณสมบัติของแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนแต่ละประเภท

ที่มา: https://www.capacitorsite.com/lithium.html

คุณสมบัติ	หน่วย	Lithium Cobalt Oxide ($LiCoO_2$, LCO)	Lithium Nickel Manganese Cobalt Oxide ($Li(Ni,Mn,Co)O_2$, NMC,NCM)	Lithium Manganese Oxide ($LiMn_2O_4$, LMO)	Lithium Titanate ($Li_4Ti_5O_{12}$, LTO)	Lithium Iron Phosphate ($LiFePO_4$, LFP)
ขั้วลบ (Anode)	-	แกรไฟต์	แกรไฟต์	แกรไฟต์	LTO	แกรไฟต์
ขั้วบวก (Cathode)	-	LCO	NMC	LMO	LMO หรือ NMC	LFP
ช่วงแรงดันในการใช้งาน (Operating Voltage Range)	V/cell	3.0-4.2	3.0-4.2	3.0-4.2	1.5–2.85	2.5–3.65
แรงดันไฟฟ้าระบุ (Nominal Cell Voltage)	V/cell	3.6	3.6-3.7	3.7-3.8	2.2-2.4	3.2-3.3
ความจุพลังงานต่อน้ำหนัก (Specific Energy)	Wh/kg	150-200 รุ่นพิเศษ 240	150-220	100-150	35–90	90–120
อัตราการอัดประจุ (Charge)	C-rate	0.7-1C อัดประจุถึง 4.2V	0.7-1C อัดประจุถึง 4.2V	0.7-1C สูงสุดที่ 3C อัดประจุถึง 4.2V	1C สูงสุดที่ 5C อัดประจุถึง 2.85V	1C อัดประจุถึง 3.65V
อัตราการคายประจุ (Discharge Rate)	C-rate	1C 2.50V cut-off	1C 2C สำหรับบางเซลล์ และ 30C แบบพัลซ์ (5s), 2.50V cut-off	1C 10C สำหรับบางเซลล์ และ 30C แบบพัลซ์ (5s), 2.50V cut-off	10C 30C แบบพัลซ์ (5s)	1C 25C สำหรับบางเซลล์ 40C แบบพัลซ์ (2s); 2.50V cut-off
Cycle life	รอบ	500-1000	1000–2000	300–700	3000-7000	2000+
ช่วงอุณหภูมิที่สามารถอัดประจุได้	°C	0-45	0-45	0-45	-20-45	0-45
ช่วงอุณหภูมิที่สามารถคายประจุได้	°C	-20-60	-20-60	-30-60	-30-60	-30-60
Thermal runaway	°C	150	210	250	ปลอดภัย	270

ระบบบริหารจัดการพลังงานจากแบตเตอรี่ (Battery Management System, BMS)

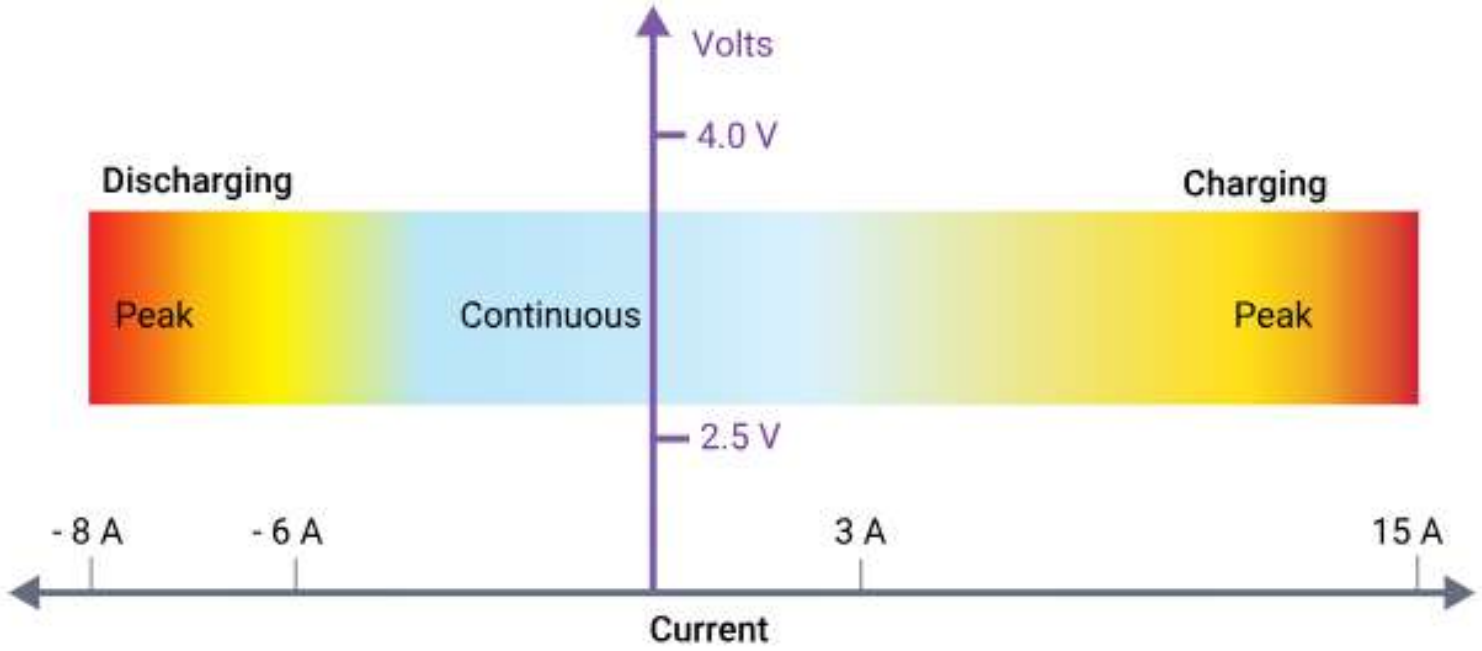
ระบบบริหารจัดการพลังงานจากแบตเตอรี่ (Battery Management System) คือระบบที่ตรวจสอบและจัดการแบตเตอรี่ โดยมีหน้าที่ป้องกันแบตเตอรี่ไม่ให้ทำงานเกินขีดจำกัดที่ปลอดภัย เพิ่มอายุการใช้งาน และให้ข้อมูลที่ถูกต้องเกี่ยวกับสถานะการอัดประจุ สถานะสุขภาพของแบตเตอรี่ และความจุของกระแสไฟของแบตเตอรี่

ระบบบริหารจัดการพลังงานจากแบตเตอรี่ไม่มีเกณฑ์ตายตัวหรือเกณฑ์เฉพาะที่ต้องนำมาใช้ ขอบเขตการออกแบบเทคโนโลยีและคุณลักษณะที่นำมาใช้โดยทั่วไปจะสัมพันธ์กับ

- ต้นทุน ความซับซ้อน และขนาดของชุดแบตเตอรี่
- การใช้งานแบตเตอรี่และข้อกังวลด้านความปลอดภัย อายุการใช้งาน และการรับประกัน
- ข้อกำหนดการรับรองจากกฎระเบียบของภาครัฐต่างๆ ที่ต้นทุนและค่าปรับเป็นสิ่งสำคัญที่สุดหากมีมาตรการความปลอดภัยในการทำงานที่ไม่เพียงพอ

ระบบบริหารจัดการพลังงานจากแบตเตอรี่ (Battery Management System, BMS)

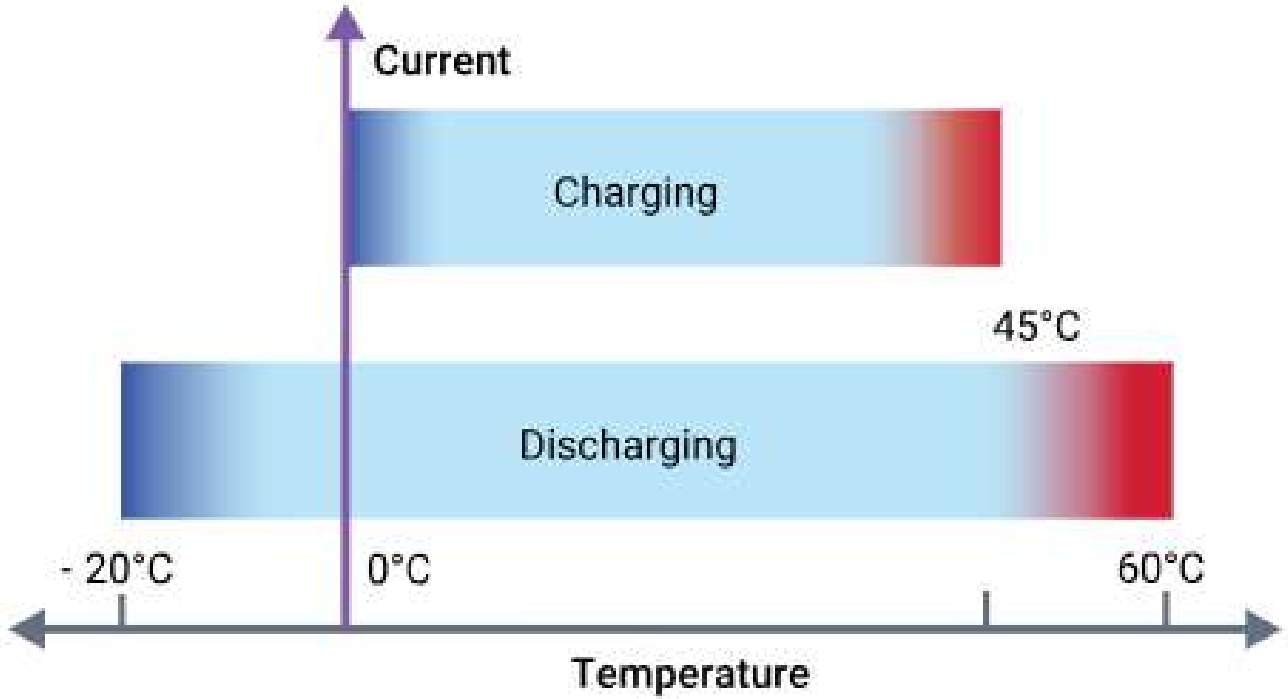
การป้องกันกระแสไฟฟ้า และการป้องกันแรงดันไฟฟ้า



ที่มา: https://www.synopsys.com/glossary/what-is-a-battery-management-system.html

ระบบบริหารจัดการพลังงานจากแบตเตอรี่ (Battery Management System, BMS)

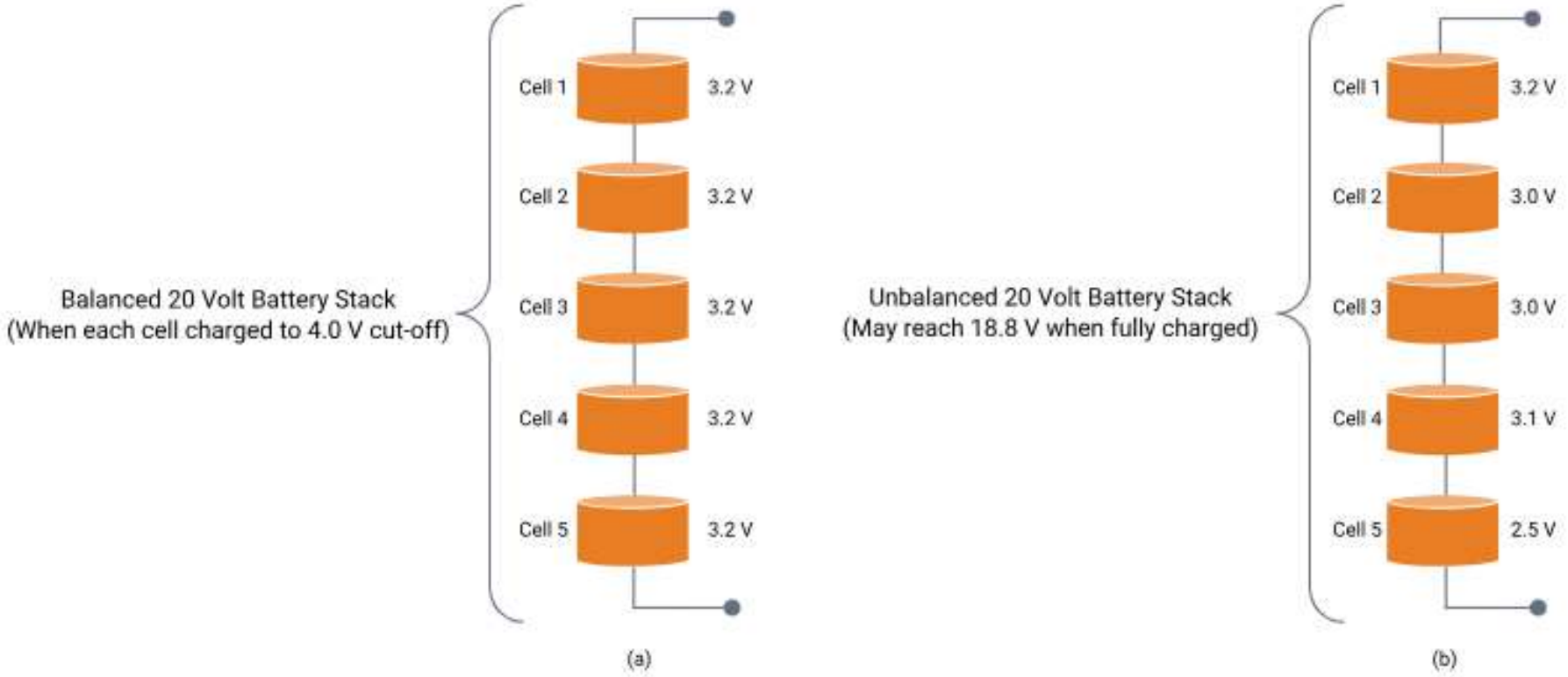
การป้องกันอุณหภูมิ



ที่มา: https://www.synopsys.com/glossary/what-is-a-battery-management-system.html

ระบบบริหารจัดการพลังงานจากแบตเตอรี่ (Battery Management System, BMS)

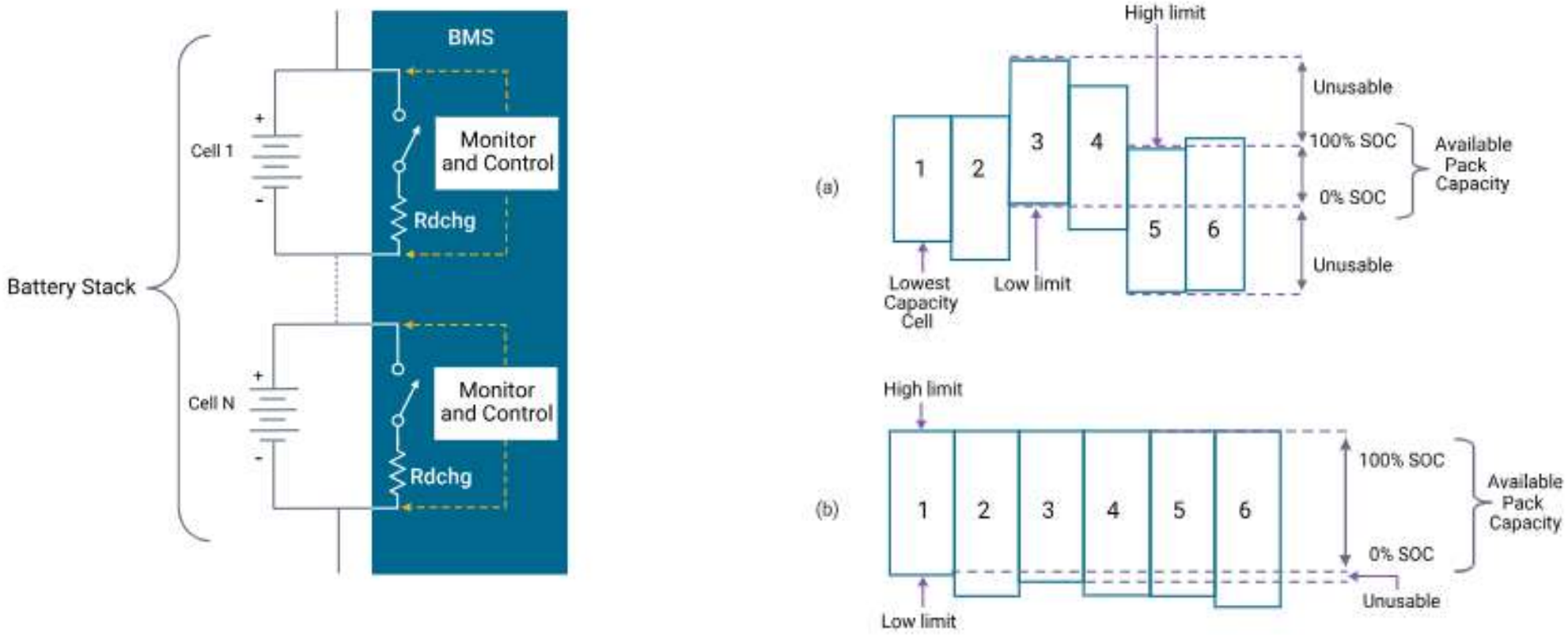
การจัดการความจุของแบตเตอรี่



ที่มา: https://www.synopsys.com/glossary/what-is-a-battery-management-system.html

ระบบบริหารจัดการพลังงานจากแบตเตอรี่ (Battery Management System, BMS)

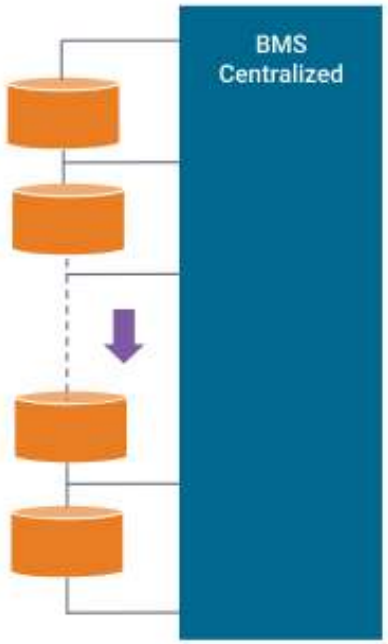
การตรวจสอบเซลล์แบตเตอรี่ ของ BMS



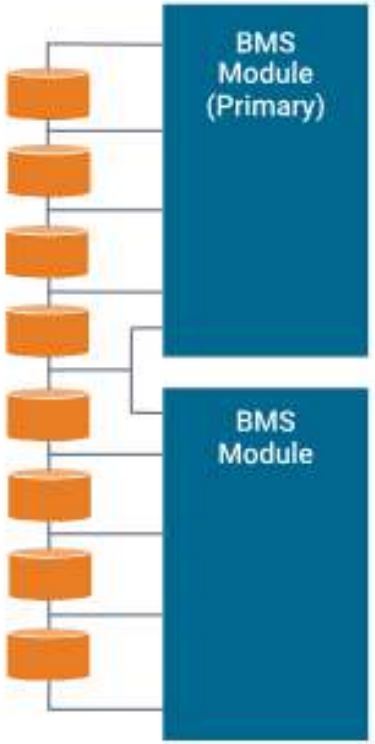
ที่มา: https://www.synopsys.com/glossary/what-is-a-battery-management-system.html

ระบบบริหารจัดการพลังงานจากแบตเตอรี่ (Battery Management System, BMS)

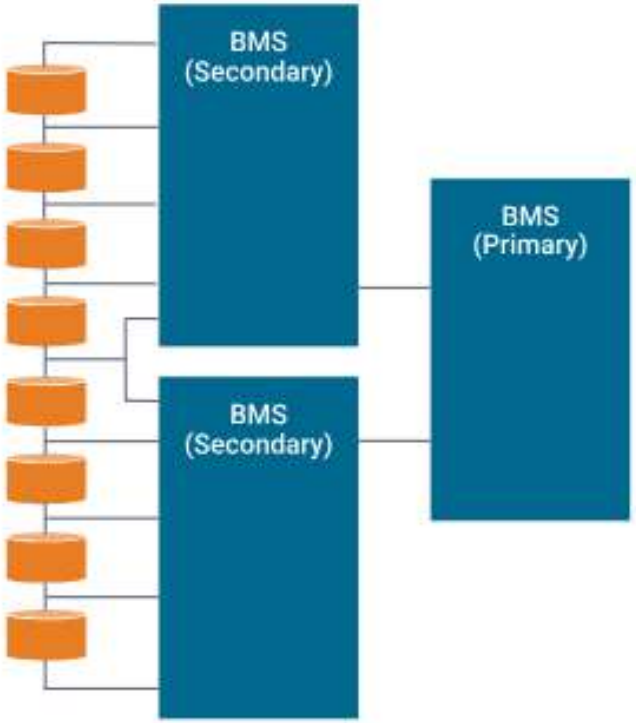
ประเภทของระบบบริหารจัดการพลังงานจากแบตเตอรี่



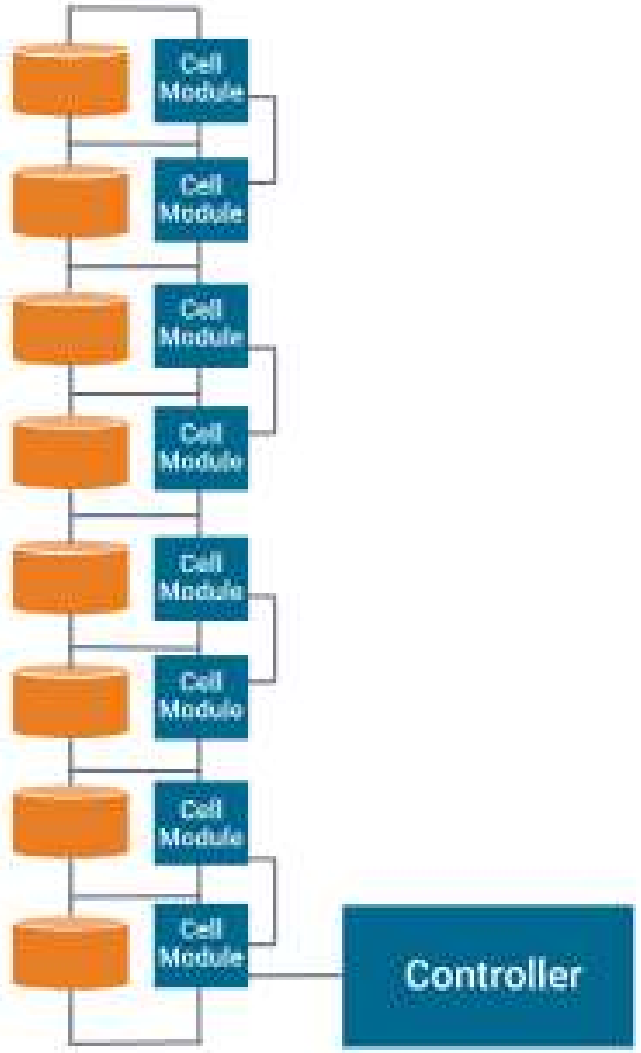
สถาปัตยกรรมของ BMS แบบรวมศูนย์
(Centralized BMS Architecture)



โครงสร้างโมดูลาร์ของ BMS
(Modular BMS Topology)



BMS แบบตัวหลัก/ตัวรอง
(Primary/Subordinate BMS)

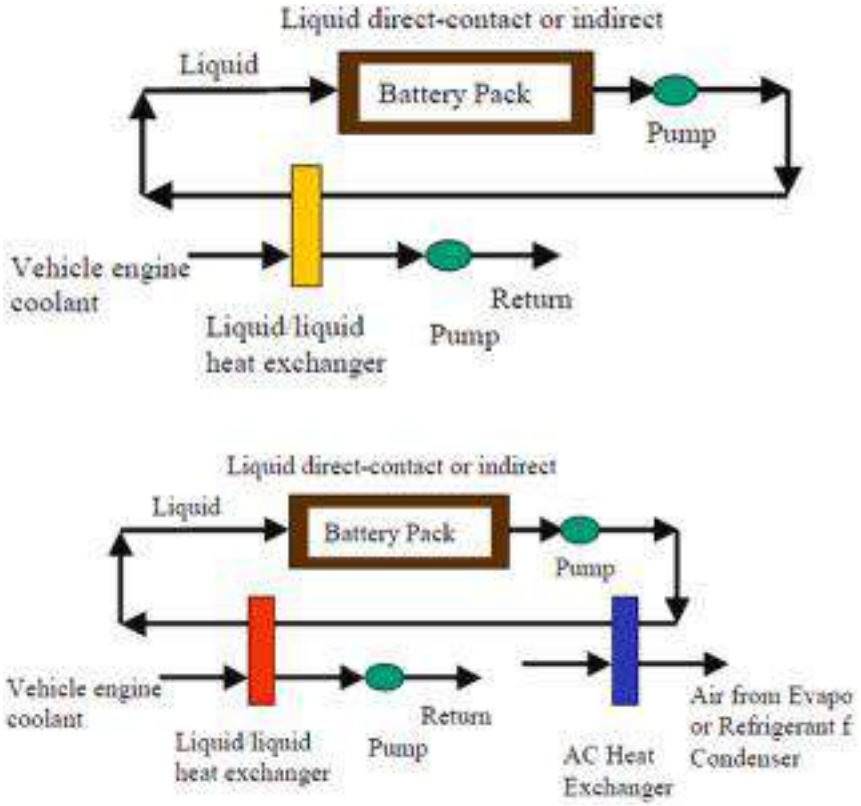


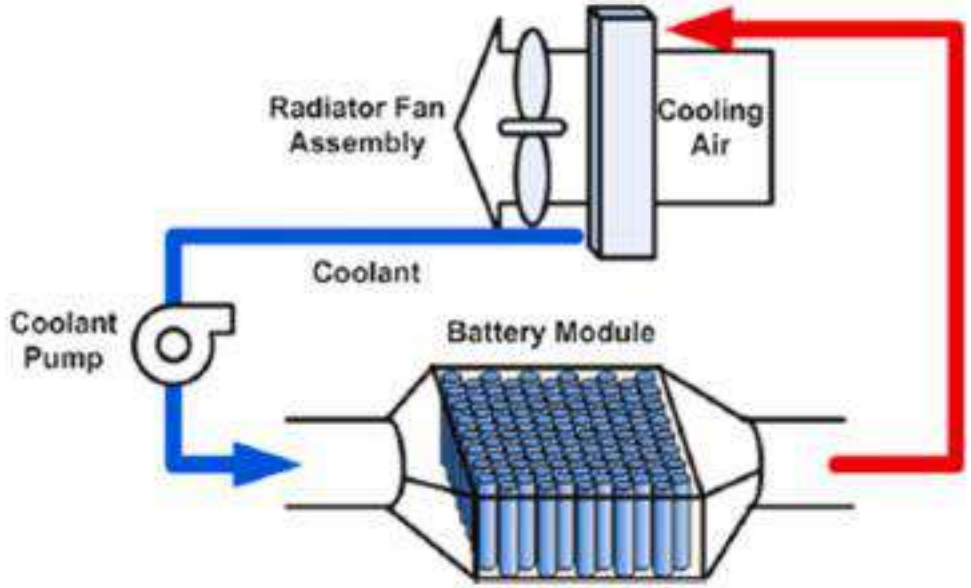
สถาปัตยกรรมของ BMS แบบกระจาย
(Distributed BMS Architecture)

ที่มา: https://www.synopsys.com/glossary/what-is-a-battery-management-system.html

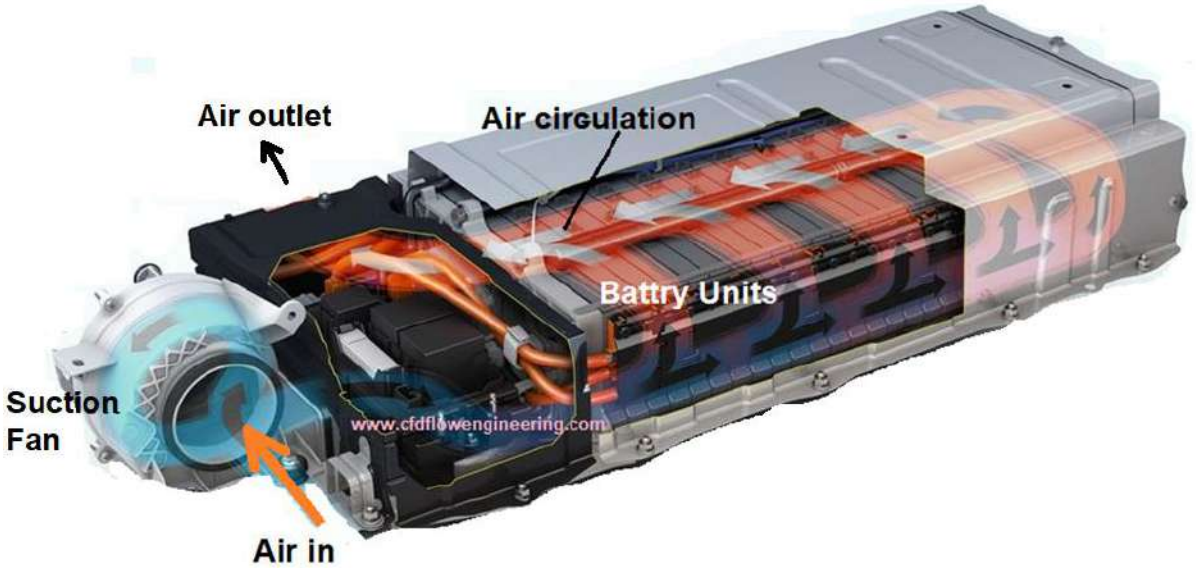
ระบบหล่อเย็นแบตเตอรี่ (Battery cooling system)

ระบบการระบายความร้อนของแบตเตอรี่ในยานยนต์ไฟฟ้าเป็นสิ่งที่จำเป็นเพื่อควบคุมอุณหภูมิของแบตเตอรี่ให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม ระบบดังกล่าวจะทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้แบตเตอรี่มีอุณหภูมิสูงหรือต่ำเกินกว่าช่วงที่กำหนด ซึ่งจะช่วยให้แบตเตอรี่มีอายุการใช้งานยาวนานขึ้นและมีประสิทธิภาพพลังงานสูงขึ้น





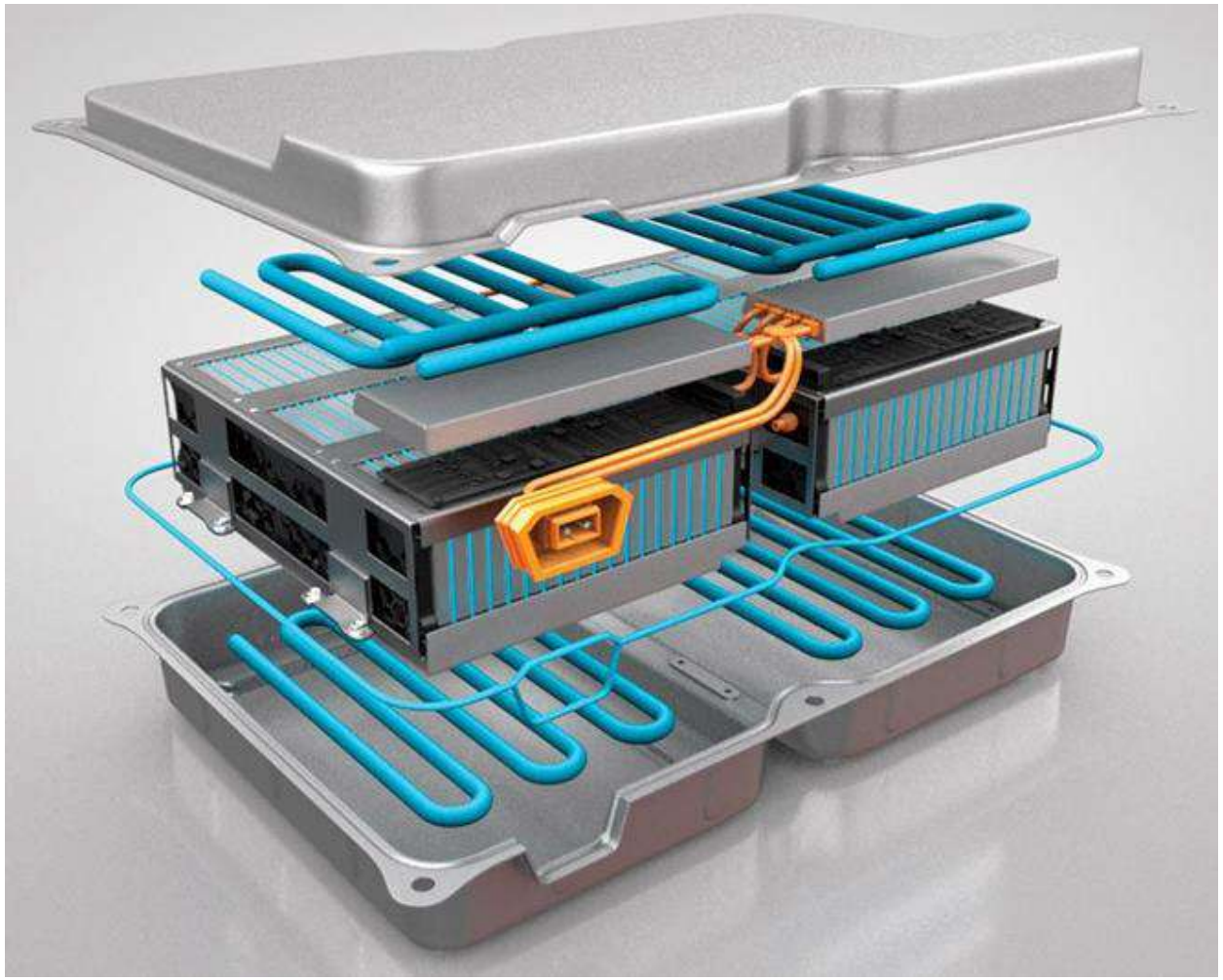
การระบายความร้อนด้วยอากาศ



- มีราคาถูก ไม่ซับซ้อน น้ำหนักเบา และบำรุงรักษาได้ง่าย
- ไม่มีปัญหาการรั่วซึมของของเหลวเกิดขึ้นในระบบ
- มีข้อจำกัดในเรื่องประสิทธิภาพการระบายความร้อนที่ด้อยกว่าระบบการระบายความร้อนด้วย

- แบ่งได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่
  - การระบายความร้อนแบบแพสซีฟ (passive cooling) ซึ่งใช้การเคลื่อนที่ของรถขณะขับขี่ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนจากภายในแพ็กของแบตเตอรี่ออกสู่สิ่งแวดล้อม
  - การระบายความร้อนแบบแอกทีฟ (Active cooling) ซึ่งอาศัยการให้กำลังงานแก่พัดลมในการอัดอากาศเข้าไปในระบบเพื่อช่วยในการถ่ายเทความร้อน

การระบายความร้อนด้วยของเหลว

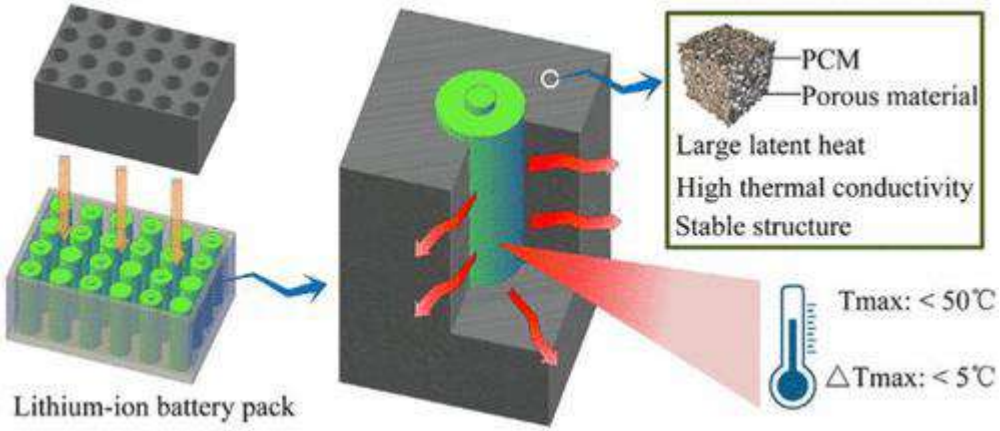


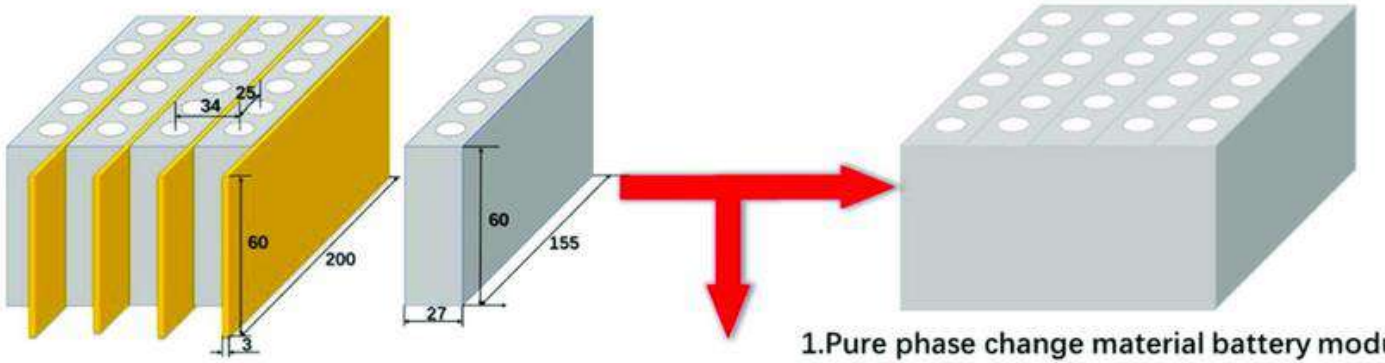
- อาศัยการถ่ายเทความร้อนผ่านของเหลว เช่น น้ำ น้ำผสมสารละลายไกลคอล น้ำมัน สารทำความเย็น
- จุดเด่นคือ สามารถระบายความร้อนของแบตเตอรี่ได้อย่างมีประสิทธิภาพดีกว่าอากาศ
- มีความซับซ้อนและมีราคาแพงกว่า
- ต้องติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติม เช่น ปั๊มส่งของเหลว หม้อน้ำเพื่อระบายความร้อนออกจากของเหลว ส่งผลให้น้ำหนักของแพ็กของแบตเตอรี่เพิ่มขึ้น ซึ่งทำให้อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานเพิ่มขึ้น
- มีความเสี่ยงจากปัญหาการรั่วซึมของของเหลวในแพ็กของแบตเตอรี่ ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดไฟฟ้าลัดวงจร

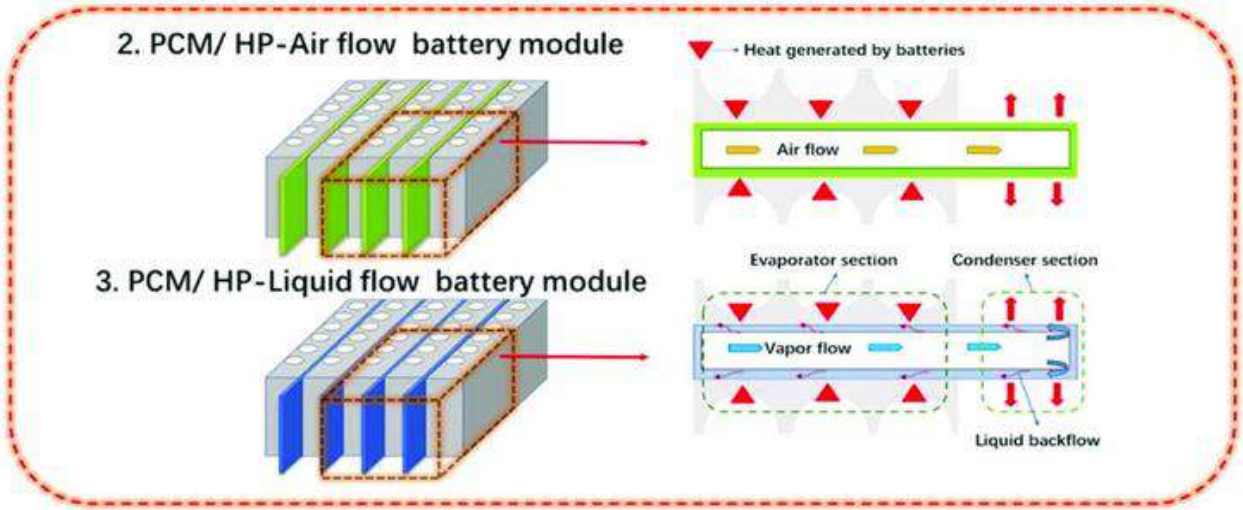
การระบายความร้อนด้วยวัสดุเปลี่ยนสถานะ

- ถ่ายเทความร้อนโดยอาศัยการเปลี่ยนสถานะของวัสดุซึ่งจะไม่ทำให้ตัวกลางที่มารับความร้อนมีอุณหภูมิสูงขึ้นโดยอาศัยวัสดุที่เรียกว่า วัสดุเปลี่ยนสถานะ (phase change material หรือ PCM) ซึ่งจะดูดซับความร้อนจากแบตเตอรี่ในรูปของความร้อนแฝง
- การออกแบบนิยมให้เซลล์แบตเตอรี่ฝังอยู่ในวัสดุเปลี่ยนสถานะเพื่อให้สามารถดูดซับความร้อนได้ดี
- มีข้อด้อยในเรื่องน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น
- จำเป็นต้องมีระบบระบายความร้อนเพิ่มเติมเพื่อทำให้วัสดุเปลี่ยนสถานะกลับคืนสภาพและสามารถดูดความร้อนได้อีกครั้ง
- การระบายความร้อนด้วยวิธีดังกล่าวยังอยู่ในขั้นวิจัยและพัฒนา ไม่ได้มีการพัฒนาออกเป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้จริงในท้องตลาด

การระบายความร้อนด้วยวัสดุเปลี่ยนสถานะ



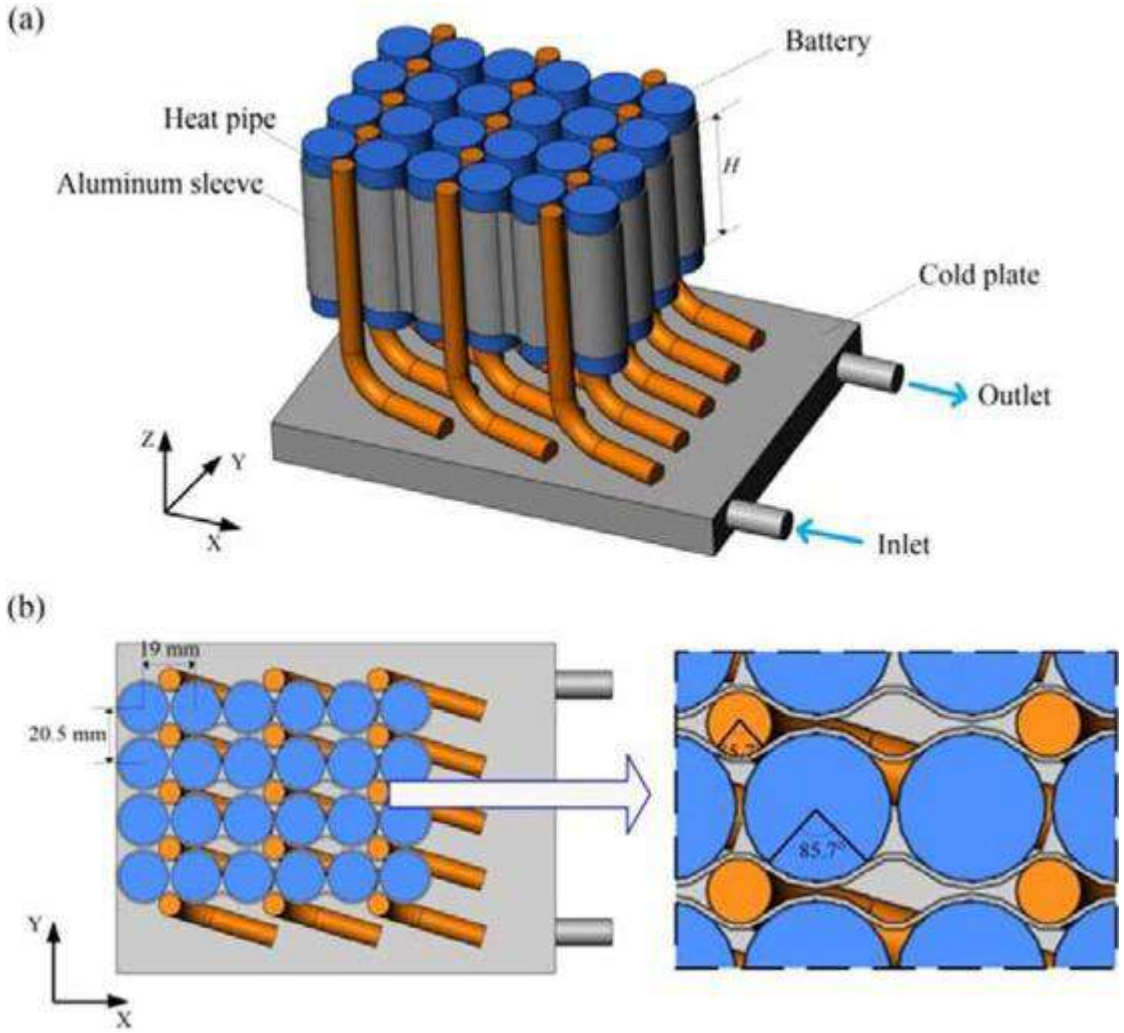


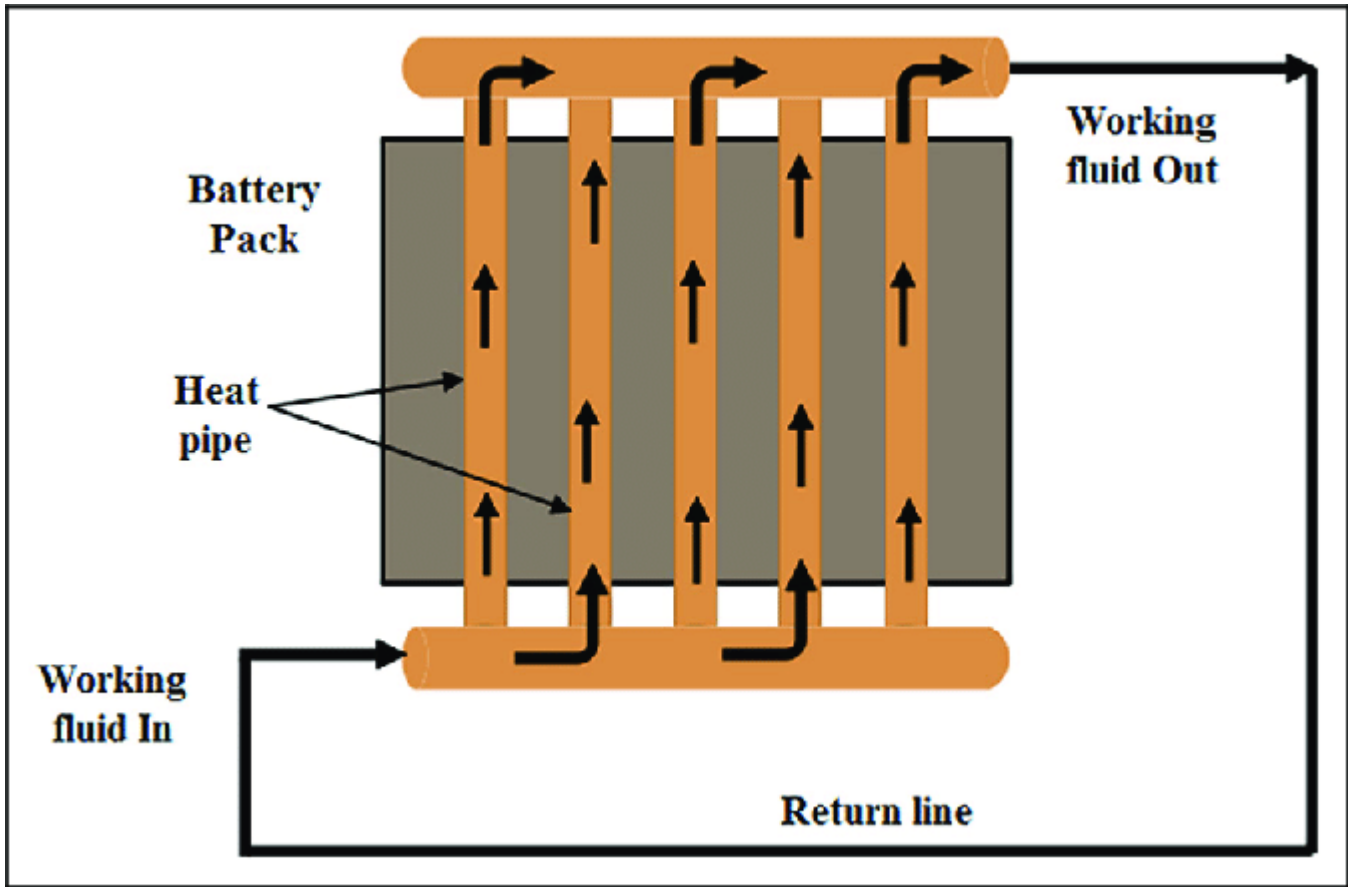


การระบายความร้อนด้วยท่อความร้อน (heat pipe)

- เป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ใช้หลักการระบายความร้อนแบบแพสซีฟ
- ประกอบด้วยส่วนควบแน่น (condenser section) ส่วนอะเดียแบติก (adiabatic section) และส่วนระเหย (evaporator section)
- อาศัยหลักการถ่ายเทความร้อนจากการเปลี่ยนสถานะของสารทำงานภายในท่อความร้อน
- การใช้งานจึงจำเป็นต้องให้ท่อความร้อนทำงานร่วมกับระบบระบายความร้อนระบบอื่นเช่นเดียวกับการใช้วัสดุเปลี่ยนสถานะ
- ข้อดี คือ มีอัตราการถ่ายเทความร้อนสูง น้ำหนักเบา ขนาดกะทัดรัด ราคาประหยัด และอายุการใช้งานยาวนาน
- การระบายความร้อนด้วยวิธีดังกล่าวยังอยู่ในขั้นวิจัยและพัฒนา ไม่ได้มีการพัฒนาออกเป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้จริงในท้องตลาด

การระบายความร้อนด้วยท่อความร้อน (heat pipe)





กรมพัฒนาพลังงานทดแทน
และอนุรักษ์พลังงาน
กระทรวงพลังงาน

กองพัฒนาทรัพยากรบุคคลด้านพลังงาน (กพบ.)

อาคารอนุรักษ์พลังงานเฉลิมพระเกียรติ (บริเวณเทคโนธานี)

ตำบลคลองห้า อำเภอคองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

โทรศัพท์ 0-2577-7035-41 โทรสาร 0-2577-7047

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) กระทรวงพลังงาน

17 ถนนพระราม 1 เชิงสะพานกษัตริย์ศึก แขวงรองเมือง เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

โทรศัพท์ 0-2223-0021-9, 0-2223-2593-5, 0-2222-4102-9

โทรสาร 0-2226-1416 www.dede.go.th

กรมพัฒนาพลังงานทดแทน
และอนุรักษ์พลังงาน
กระทรวงพลังงาน

หลักสูตร การสร้างความรู้ความเข้าใจด้านยานยนต์ไฟฟ้า (EV) สำหรับภาคอุตสาหกรรมยานยนต์

โครงการพัฒนาความรู้ ความสามารถใหม่ ด้านยานยนต์ไฟฟ้า (EV)
สำหรับภาคอุตสาหกรรมยานยนต์และภาคประชาชน

ยานยนต์ไฟฟ้าดัดแปลง

ผู้บรรยาย

ดำเนินงานโดย บริษัท ไบร์ท แมเนจเม้นท์ คอนซัลติ้ง จำกัด

“EV conversion” หรือ
อุตสาหกรรมรถยนต์ไฟฟ้าดัดแปลง คือ การนำรถยนต์เก่าที่ใช้น้ำมัน มาเปลี่ยนระบบขับเคลื่อนใหม่ เพื่อเปลี่ยนจากการเติมน้ำมันมาเป็นระบบไฟฟ้า 100%

บริบทในการเปลี่ยนผ่านเทคโนโลยีที่มี Supply Chain ขนาดใหญ่ ซึ่งการจะเปลี่ยนผ่านอุตสาหกรรมรถยนต์สันดาปหรือรถใช้น้ำมันไปสู่รถยนต์ไฟฟ้าแบบฉับพลัน อาจจะกลายเป็นการดิสรัปต์อุตสาหกรรมรถยนต์สันดาป ส่งผลให้ซัพพลายเชนในอุตสาหกรรมนี้ปรับตัวไม่ทันภายในเวลาอันใกล้ ไม่ว่าจะเป็น ผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ อู่ซ่อมรถยนต์ ขณะที่ราคารถยนต์ไฟฟ้ายังค่อนข้างสูง สร้างอุปสรรคต่อกำลังซื้อในภาคประชาชน

ข้อเสนอแนวทางในการผลักดัน “EV conversion”

1. ศึกษาและทดลองการดัดแปลงรถบรรทุก รถสาธารณะ รถขนส่งน้ำ รถขยะ ให้วิ่งในระยะสั้น จำกัดระยะทาง
2. ความสามารถในการใช้ รวมถึงการออกแบบรถ เช่น ขนาดแบตเตอรี่ที่เหมาะสมกับรถบรรทุก ตำแหน่งการติดตั้งแบตเตอรี่เพื่อความปลอดภัยในขณะขับขี่และความปลอดภัยทั้งตัวผู้ขับและบุคคลทั่วไปเมื่อมีอุบัติเหตุเกิดขึ้น

สนับสนุน 3 กลุ่ม คือ

1. กลุ่มที่ทำการดัดแปลงน้ำมันให้เป็นไฟฟ้า เช่น การยกเว้นภาษีนำเข้า ยกเว้นภาษีสรรพสามิต ในระยะ 5 ปี สนับสนุนค่าใช้จ่ายในส่วนของแบตเตอรี่ที่ใช้ในการผลิตยานยนต์ไฟฟ้าดัดแปลง
2. กลุ่มผู้ใช้ยานพาหนะและผู้เดินรถ เช่น มาตรการช่วยอุดหนุนค่าใช้จ่ายในการประกันภัย อุดหนุนค่าใช้จ่ายทางด่วน
3. กลุ่มโครงสร้างพื้นฐานด้านระบบสายส่งและระบบอัดประจุไฟฟ้า เช่น สนับสนุนค่าไฟฟ้าในการอัดประจุ สนับสนุนค่าติดตั้งเครื่องอัดประจุไฟฟ้าประจำบ้าน สนับสนุนให้หน่วยงานเอกชนติดตั้งสถานีอัดประจุบนพื้นที่จอดรถและผู้ให้บริการ

มาตรการที่ไม่ใช่ทางการเงิน

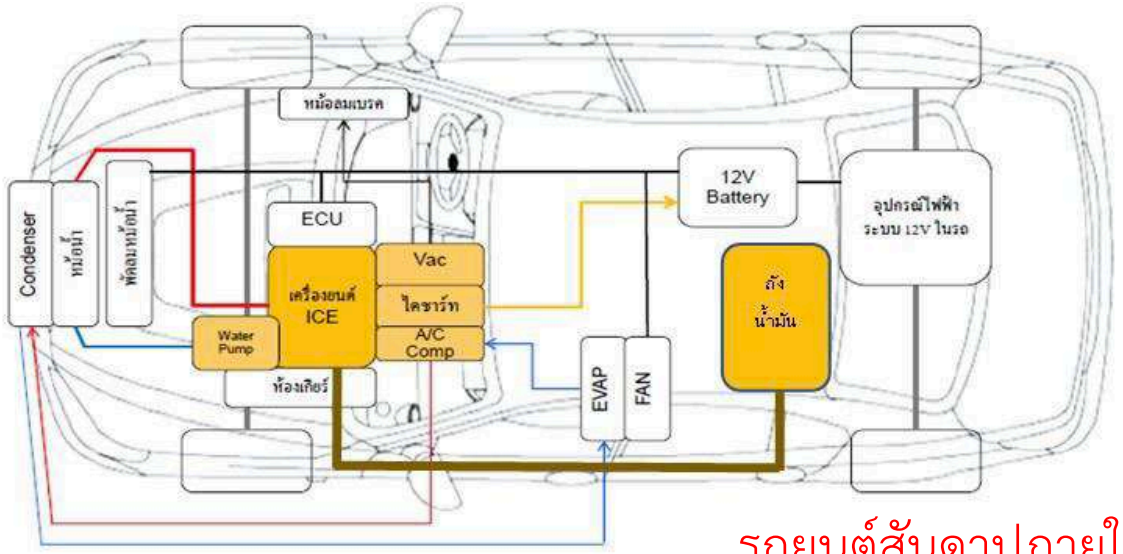
- การเปิดอู่รถดัดแปลงจะได้ลดหย่อนภาษี
- ภาครัฐสนับสนุนการฝึกอบรม
- อนุญาตให้ข้าราชการที่ใช้รถไฟฟ้าดัดแปลงมาอัดประจุได้ที่หน่วยงานของตนเอง

ซึ่งทั้งหมดนี้เป็นเพียงขอเสนอต่อภาครัฐ ที่มีแนวคิดที่ต้องการผลักดันอุตสาหกรรมรถยนต์ไฟฟ้าดัดแปลงให้เกิดขึ้นอย่างเป็นรูปธรรมของประเทศไทยในระยะเวลาอันใกล้ซึ่งขณะนี้แนวทางในการส่งเสริมอุตสาหกรรมรถยนต์ไฟฟ้าดัดแปลงเริ่มชัดขึ้นเรื่อย ๆ โดยมีคณะอนุกรรมการขับเคลื่อนการดำเนินงานยานยนต์ไฟฟ้าดัดแปลงของกระทรวงอุตสาหกรรมเป็นผู้ผลักดัน

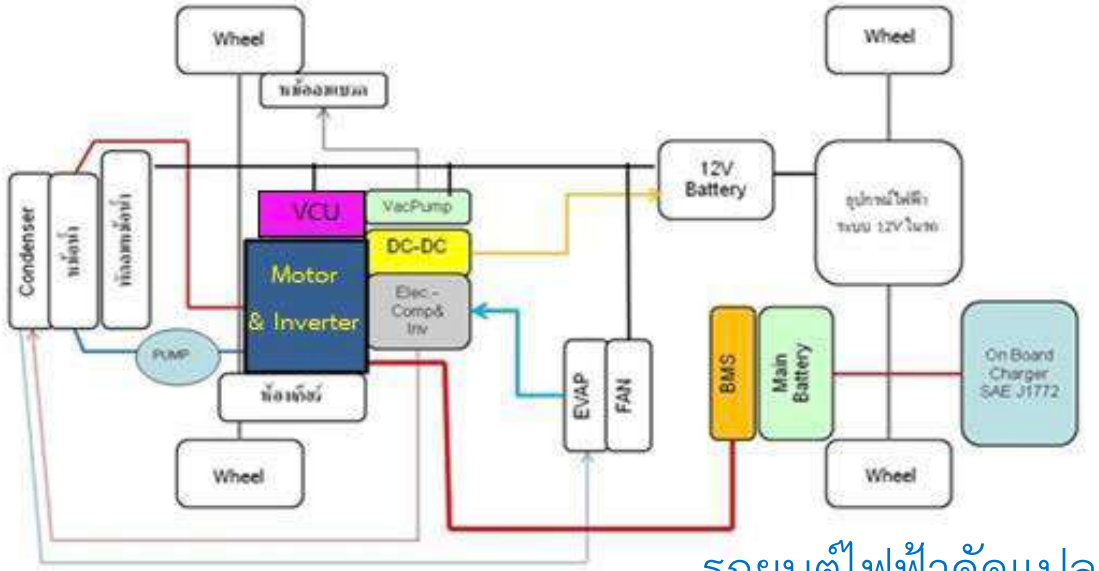
การดัดแปลงรถยนต์ไฟฟ้า

ขั้นตอนของการดัดแปลงอาจแตกต่างกันไปตามรูปแบบและอุปกรณ์ที่เลือกนำมาใช้ในการดัดแปลง

- การถอดรื้อเครื่องยนต์สันดาปภายใน และอุปกรณ์/ชิ้นส่วนที่ไม่จำเป็นอีกต่อไป
- ติดตั้ง traction motor เข้ากับระบบส่งกำลัง ซึ่งอาจเป็นชุดเดิมของรถหรือชุดใหม่
- ติดตั้ง traction inverter และเชื่อมต่อเข้ากับมอเตอร์
- ติดตั้งอุปกรณ์ auxillary เช่น DC-DC converter, คอมเพรสเซอร์แอร์ ปั้มลม ปั้มน้ำ และปั้มไฮดรอลิกส์ หรือติดตั้งระบบสายพาน หากเลือกทำการดัดแปลงโดยใช้อุปกรณ์ axillary เดิม
- การติดตั้ง on-board charger และเต้าเสียบชาร์จ
- เชื่อมต่อท่อน้ำในระบบนำระบายความร้อน ท่อลมในระบบเบรก และท่อน้ำยาแอร์สำหรับระบบปรับอากาศ
- ติดตั้งกล่อง VCU และกล่องเชื่อมต่อทางไฟฟ้า (junction box) ซึ่งมักใช้เพื่อติดตั้งอุปกรณ์ตัดต่อทางไฟฟ้า และเป็นใช้เป็นจุดศูนย์กลางของการเชื่อมต่อทางไฟฟ้า
- ต่อสายสัญญาณ และสายสื่อสาร (โดยส่วนใหญ่จะใช้ CAN bus) และสายไฟ power
- การติดตั้งแบตเตอรี่แพ็คเข้ากับตัวรถ ซึ่งโดยส่วนใหญ่จะติดตั้งไว้ในพื้นที่ว่าง



รถยนต์สันดาปภายใน

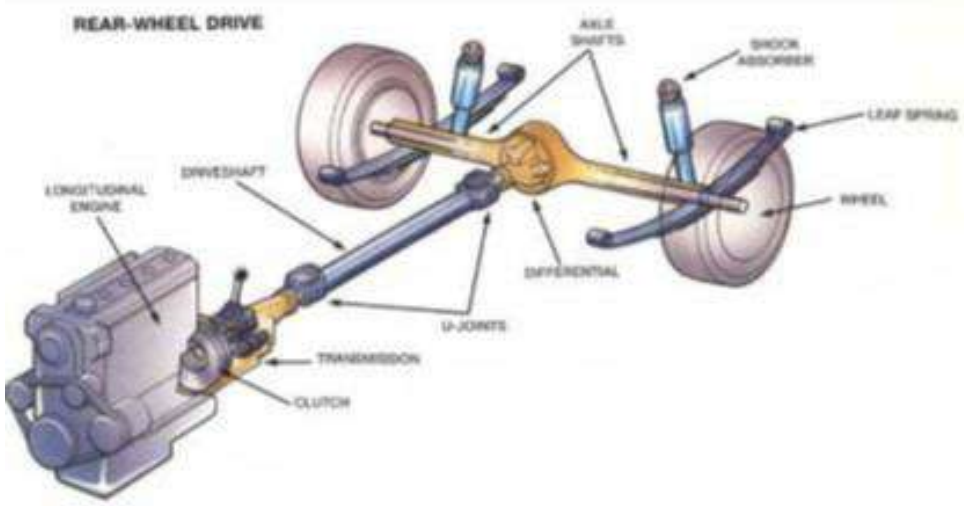


รถยนต์ไฟฟ้าดัดแปลง

วิธีการในการดัดแปลงระบบส่งกำลัง

การดัดแปลงโดยอาศัยชุดเกียร์เดิม

รถยนต์ขับเคลื่อนล้อหลัง (รถกระบะ) เก็บระบบส่งกำลังเดิมไว้ทั้งชุด ด้วยการประกบมอเตอร์ไฟฟ้าเข้ากับชุดเกียร์เดิมโดยอาศัย adapter plate ที่ออกแบบขึ้นใหม่ หรือในแบบที่เก็บไว้แต่เฟืองท้ายและออกแบบเพลากลาง (drive shaft) ใหม่ให้สามารถประกบกับมอเตอร์ไฟฟ้าได้



วิธีการในการดัดแปลงระบบส่งกำลัง

การดัดแปลงโดยอาศัยชุดเกียร์เดิม

รถยนต์ขับเคลื่อนล้อหน้า ในการดัดแปลงจะนิยมเก็บชุดเกียร์ manual เดิมไว้ทั้งชุด โดยการใช้ adapter plate เพื่อประกบมอเตอร์เข้ากับชุดเกียร์ manual เดิม

ข้อดีของการดัดแปลงแบบใช้ชุดเกียร์เดิม

- ลดความยุ่งในการออกแบบชุดเกียร์ใหม่สำหรับส่งกำลังจากมอเตอร์ไฟฟ้าไปยังล้อ
- สามารถใช้ระบบเพลาล้อเดิมได้
- ชุดเกียร์เดิมมี differential เกียร์
- ไม่ต้องทำการปรับเปลี่ยนระบบช่วงล่าง (หรืออาจปรับไปไม่มาก)

ข้อเสียของการดัดแปลงแบบใช้ชุดเกียร์เดิม

- ประสิทธิภาพการขับเคลื่อนต่ำกว่า เนื่องจากแรงเสียดทานและน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นจากการเก็บชุดเกียร์ไว้

การดัดแปลงแบบไม่อาศัยชุดเกียร์เดิม

รถยนต์ขับเคลื่อนล้อหลัง (รถกระบะ)

- ถอดชุดเกียร์ manual เดิมออก แต่ยังเก็บเฟืองท้ายที่เป็น differential ไว้
- ทำการออกแบบเพลากลาง (drive shaft) ใหม่ให้สามารถประกบกับมอเตอร์ไฟฟ้าได้โดยตรง
- สามารถทำได้โดยอาศัยชุดมอเตอร์พร้อมเกียร์ differential สำเร็จในตัว ซึ่งในปัจจุบันเริ่มมีวางจำหน่าย ทั้งในรูปแบบที่เป็นชุดที่ถอดมาจากรถยนต์ไฟฟ้าของบริษัท Tesla Motor หรือในรูปแบบที่เป็นชุดประกอบใหม่
- อาจต้องทำการแก้ไขหรือปรับเปลี่ยนระบบช่วงล่างใหม่ด้วย

การดัดแปลงแบบไม่อาศัยชุดเกียร์เดิม

รถยนต์ขับเคลื่อนล้อหน้า (รถยนต์ส่วนบุคคล)

- ออกแบบชุดเกียร์ differential ใหม่เพื่อใช้ส่งผ่านการหมุนของมอเตอร์ไปยังเพลาล้อหน้าโดยตรง หรือ
- เลือกซื้อชุดเกียร์แบบ single ratio สำเร็จรูป ซึ่งปัจจุบันเริ่มมีการจำหน่าย มาใช้งานร่วมกับมอเตอร์ที่ต้องการ
- สามารถทำได้โดยการซื้อชุดมอเตอร์พร้อมเกียร์ differential สำเร็จในตัวมาใช้งานทั้งชุด

ข้อดีของการดัดแปลงแบบไม่ใช้ชุดเกียร์เดิม

- เพิ่มประสิทธิภาพในการขับเคลื่อน โดยการลดให้เหลือเพียงเกียร์ differential

ข้อเสียของการดัดแปลงแบบไม่ใช้ชุดเกียร์เดิม

- ความซับซ้อนของการออกแบบชุดเกียร์ differential ใหม่ (กรณีออกแบบใหม่)
- ความลำบากในการหา sourcing ที่เชื่อถือได้ (กรณีซื้อมาใช้งาน)
- ความทนทานของชุดเกียร์ใหม่ ซึ่งยังต้องการเวลาในการพิสูจน์
- การติดตั้งชุดเกียร์ใหม่ อาจทำให้ต้องมีการดัดแปลงระบบช่วงล่าง
- ต้นทุนการดัดแปลงสูง

วิธีในการดัดแปลงระบบ auxiliary

ระบบ auxiliary ในรถยนต์สมัยปัจจุบันประกอบไปด้วยระบบต่าง ๆ ดังนี้

ระบบ	อุปกรณ์ต้นกำลัง
พวงมาลัยเพาเวอร์	ปั๊มน้ำมันพวงมาลัย
ระบบช่วยเบรค	ปั๊มลม
ระบายความร้อน	ปั๊มน้ำ
ระบบประจุแบตเตอรี่ 12 V	ไดชาร์จ (alternator)
ระบบทำความเย็นห้องโดยสาร	คอมเพรสเซอร์แอร์

วิธีในการดัดแปลงระบบ auxiliary

วิธีที่ 1 การดัดแปลงโดยสายพานขับเคลื่อนระบบ auxiliary

ระบบ auxiliary ซึ่งตามปกติจะทำงานโดยอาศัยการหมุนของเครื่องยนต์ผ่านทางสายพาน การดัดแปลงจะสามารถทำได้โดยการรักษาระบบการทำงานเช่นเดิมไว้ แต่เปลี่ยนจากการอาศัยการหมุนของเครื่องยนต์มาอาศัยการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้าแทน โดยการต่อเชื่อมกับระบบสายพานเดิมจะต้องมีการออกแบบใหม่

โดยมอเตอร์ไฟฟ้าที่จะนำมาใช้ทำหน้าที่เป็นต้นกำลังในลักษณะดังกล่าวสามารถเลือกได้จาก

- การติดตั้งมอเตอร์ไฟฟ้าเพิ่มอีกหนึ่งตัว นอกเหนือจากมอเตอร์ traction

  ข้อดี การควบคุมการทำงานของระบบต่าง ๆ สามารถทำได้อิสระจากการขับเคลื่อนของตัวรถ

  ข้อเสีย มีค่าใช้จ่ายเพิ่มทั้งในส่วนของมอเตอร์ไฟฟ้าที่และอาจรวมถึงอินเวอเตอร์สำหรับขับเคลื่อนหากมอเตอร์ที่ติดตั้งเป็นมอเตอร์ไฟฟ้า AC

- การใช้มอเตอร์ traction แบบที่ออกแบบเป็นพิเศษให้มีแกนหมุน (shaft) ยื่นออกจากมาทั้งด้านหน้าและด้านหลังของมอเตอร์

  ข้อดี ประหยัดงบประมาณในการดัดแปลง

  ข้อเสีย การควบคุมการทำงานของระบบ auxiliary ไม่แยกอิสระจากการขับเคลื่อนของตัวรถและจะต้องตั้งให้มอเตอร์ traction มีรอบเดินเบา (700-1000 rpm ตามรอบเดินเบาของรถที่นำมาดัดแปลง) ในขณะรถจอดนิ่งเพื่อให้สามารถขับเคลื่อนระบบเหล่านี้ให้ทำงานได้ตลอดเวลา

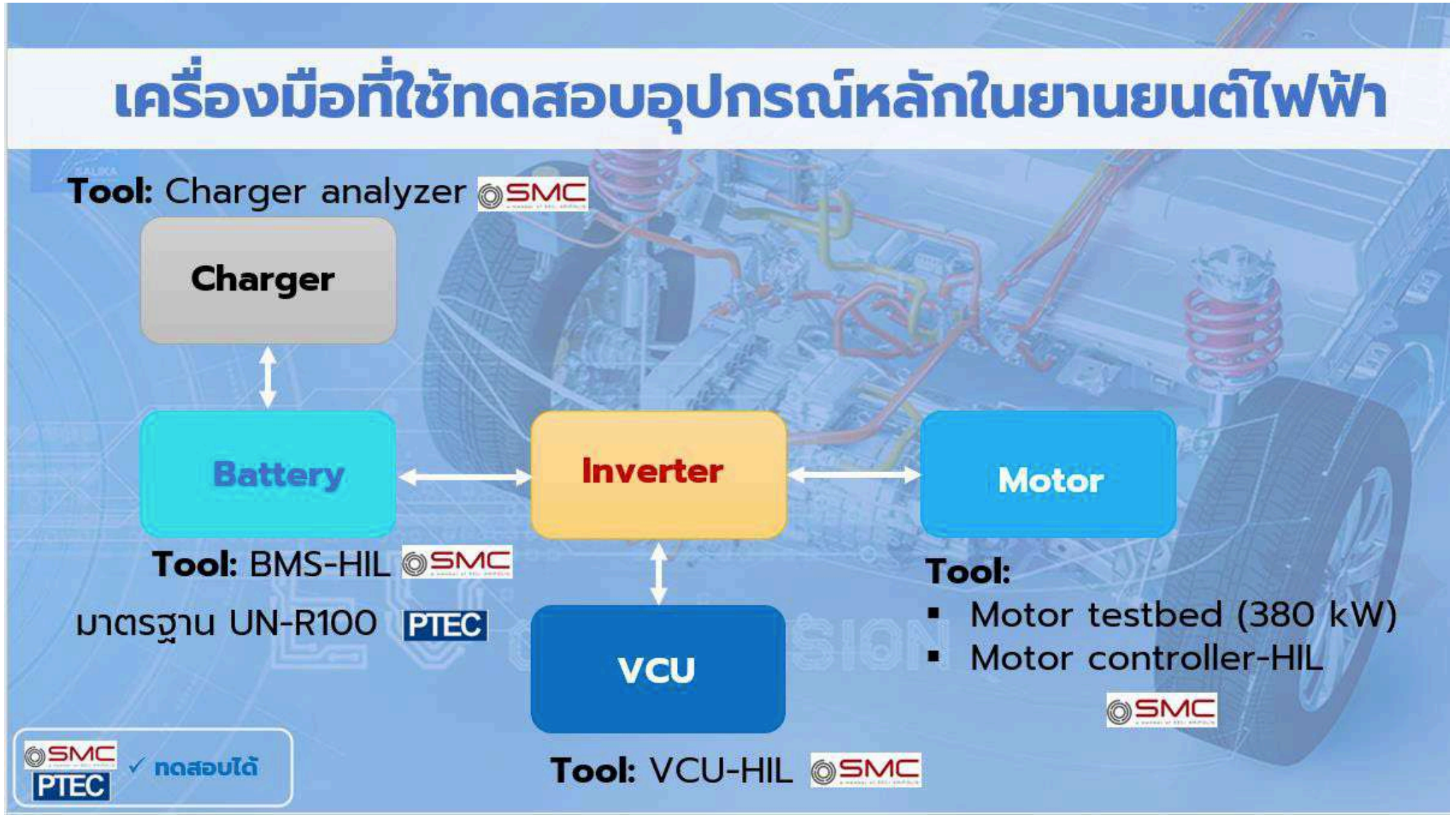
วิธีในการดัดแปลงระบบ auxiliary

วิธีที่ 2 การดัดแปลงโดยเปลี่ยนเป็นระบบ auxiliary ไฟฟ้า

เนื่องจากการใช้สายพานขับจะทำให้เกิดพลังงานสูญเสียโดยจะสังเกตได้จากความร้อนที่เกิดขึ้นบนสายพาน ทั้งยังต้องคอยทำการบำรุงรักษา และเปลี่ยนสายพานตามระยะ ดังนั้นเพื่อเป็นการประหยัดพลังงาน เพิ่มระยะทางในการขับขี่และลดความยุ่งยากในการบำรุงรักษา การดัดแปลงระบบ auxiliary สามารถทำได้โดยการเปลี่ยนอุปกรณ์ต้นกำลังเดิมให้เป็นไฟฟ้า

- ปั๊มพวงมาลัยไฟฟ้า
- ปั๊มสุญญากาศไฟฟ้า
- ปั๊มน้ำไฟฟ้า
- DC-DC converter
- คอมเพรสเซอร์ไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ

เครื่องมือที่ใช้ทดสอบอุปกรณ์หลักในยานยนต์ไฟฟ้า



ความปลอดภัยของรถยนต์ไฟฟ้าดัดแปลง

มาตรฐาน มอก.เอส ในอุตสาหกรรม “การบริการดัดแปลงรถยนต์และรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า” เพื่อให้การรับรองคุณภาพผลิตภัณฑ์และบริการของผู้ประกอบการ SMEs หรือวิสาหกิจชุมชน ที่ต้องการเครื่องหมายการันตีสินค้าหรือบริการดัดแปลงรถยนต์ เพื่อสร้างความเชื่อมั่นแก่ผู้บริโภค จำนวน 2 มาตรฐาน ได้แก่

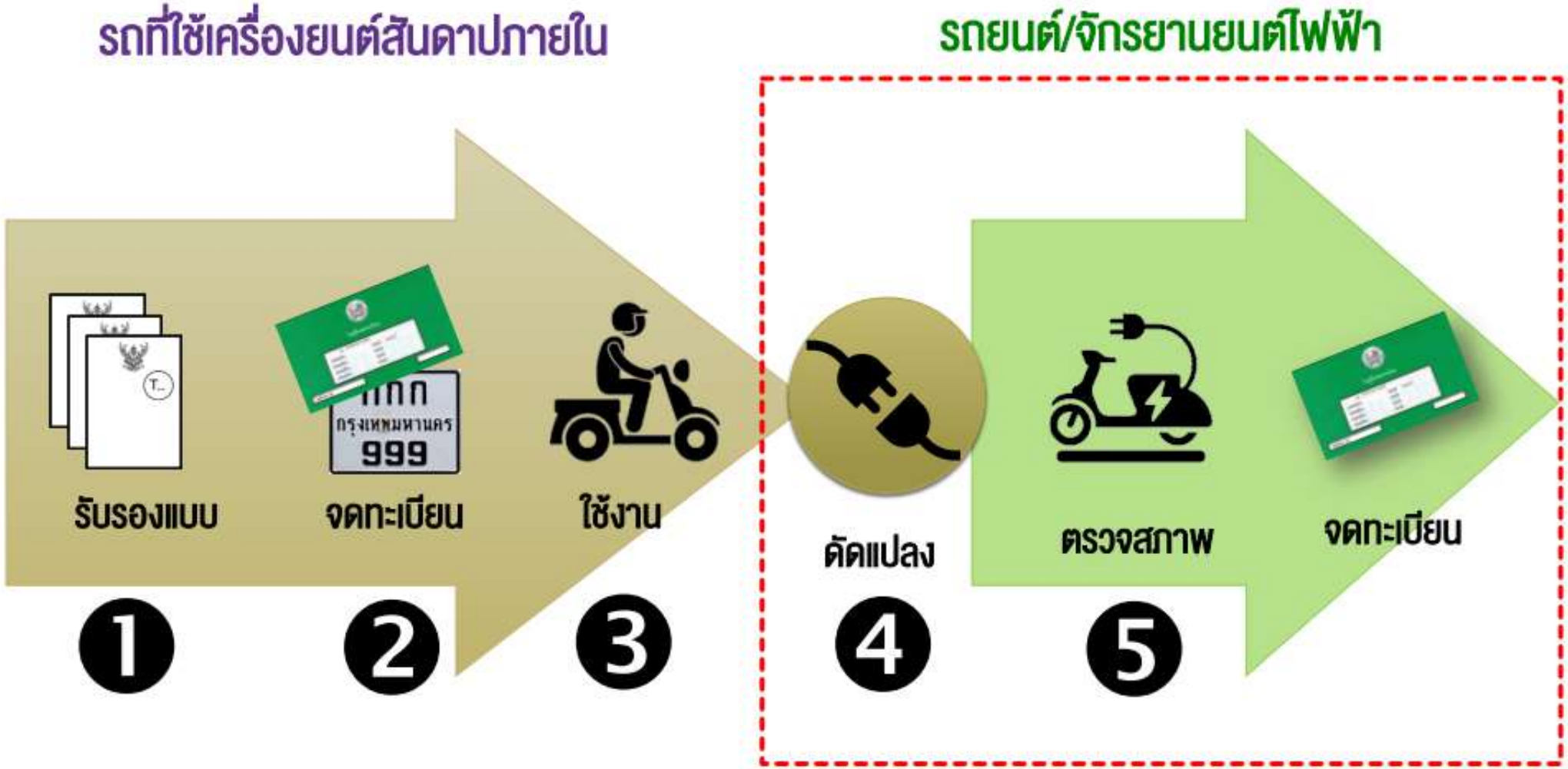
1. การบริการดัดแปลงรถยนต์ไฟฟ้า **มอก. เอส 221-2566**
   มีผู้ประกอบการยื่นขอการรับรองแล้ว จำนวน 3 ราย
2. การบริการดัดแปลงรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า **มอก. เอส 222-2566**
   มีผู้ประกอบการยื่นขอการรับรองแล้ว จำนวน 1 ราย

ความปลอดภัยของรถยนต์ไฟฟ้าดัดแปลง

มาตรฐานที่ EEC กำลังจะเตรียมประกาศ guideline จำนวน 3 เล่ม ได้แก่

1. วิศกรรมการออบแบบและการคัดเลือกอุปกรณ์ชิ้นส่วนรถยนต์
2. รูปแบบการติดตั้งอุปกรณ์ชิ้นส่วนรถยนต์
3. ขั้นตอนการทดสอบอุปกรณ์ชิ้นส่วนรถยนต์

การรับรองขอจดทะเบียนยานยนต์ไฟฟ้าดัดแปลง



ในการขึ้นทะเบียนยานยนต์ไฟฟ้าจำเป็นต้องคำนึงถึงกฎหมายและมาตรฐานต่าง ๆ ว่ายานยนต์ไฟฟ้าที่ได้ดัดแปลงเป็นไปตามข้อกำหนดหรือไม่ โดยมีรายละเอียดที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. ประกาศกรมการขนส่งทางบก เรื่อง กำหนดกำลังของมอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้ขับเคลื่อนรถตามกฎหมายว่าด้วยรถยนต์ พ.ศ. 2563 ได้กำหนดขนาดของมอเตอร์ที่ใช้ในยานยนต์ไฟฟ้าจำแนกตามยานยนต์ประเภทต่าง ๆ โดยกำหนดให้

กำลังพิกัดมอเตอร์ไฟฟ้า	ความเร็วสูงสุดต่อเนื่อง ≥ 30 นาที
■ จักรยานยนต์: rated P ≥ 0.25 kW	V ≥ 45 km/h
■ รถยนต์/บรรทุก: rated P ≥15 kW	V ≥ 90 km/h
■ รถยนต์ขนาดเล็ก: rated P ≥ 4 kW	V ≥ 45 km/h
■ รถยนต์สามล้อ: rated P ≥ 4 kW	V ≥ 45 km/h

2. ในการขอขึ้นทะเบียนยานยนต์ไฟฟ้าดัดแปลงจำเป็นที่จะต้องปฏิบัติตามระเบียบกรมการขนส่งทางบก ว่าด้วยหลักเกณฑ์การขออนุญาตและการอนุญาตให้ใช้รถที่ทำการแก้ไขเพิ่มเติมหรือดัดแปลงตามกฎหมายว่าด้วยรถยนต์ พ.ศ. 2562 โดยเฉพาะอย่างยิ่ง

- ข้อ6 การเปลี่ยนแปลงตัวรถหรือส่วนใดส่วนหนึ่งของรถให้ผิดไปจากรายการที่จดทะเบียน เช่น การแจ้งเปลี่ยนสีเครื่องยนต์ หรือรายการอื่นใดที่การเปลี่ยนแปลงนั้นไม่กระทบต่อความปลอดภัยในการใช้รถ เช่น การติดตั้งโครงหลังคาหรือโครงเหล็กด้านข้างรถ **ให้กระทำได้ แต่ต้องนำรถไปให้นายทะเบียนตรวจสอบหรือตรวจสภาพรถและบันทึกการเปลี่ยนแปลงก่อนใช้รถนั้น**
- ข้อ8 การแก้ไขเพิ่มเติมส่วนควบหรือเครื่องอุปกรณ์สำหรับรถ หรือการดัดแปลงรถ หรือการเพิ่มสิ่งหนึ่งสิ่งใดเข้าไป ซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายแก่ร่างกายหรือจิตใจของผู้อื่น **ในกรณีดังต่อไปนี้ให้เจ้าของรถยื่นขออนุญาตแก้ไขเพิ่มเติมหรือดัดแปลงก่อนดำเนินการ**

1. โครงคัสซี
2. ตัวถัง
3. ระบบบังคับเลี้ยว
4. ระบบรองรับน้ำหนักและช่วงล่าง
5. ช่วงล้อ

การขออนุญาตแก้ไขเพิ่มเติมหรือดัดแปลงส่วนควบหรือเครื่องอุปกรณ์ของรถตามวรรคหนึ่งเจ้าของรถต้องยื่นเอกสารหลักฐาน ดังนี้

- บัตรประจำตัวประชาชนเจ้าของรถ หรือหนังสือรับรองนิติบุคคลและเอกสารประจำตัวของกรรมการผู้มีอำนาจลงนามของนิติบุคคล
- หนังสือมอบอำนาจและเอกสารประจำตัวผู้มอบอำนาจและผู้รับมอบอำนาจ (ถ้ามี)
- ใบคู่มือจดทะเบียนรถหรือหนังสือแสดงการจดทะเบียนรถ
- ต้องยื่นเอกสารรายละเอียดการแก้ไขดัดแปลงรถ ได้แก่
  - แบบแปลนและรายการคำนวณในส่วนที่จะทำการแก้ไขเพิ่มเติมหรือดัดแปลงรถตามตัวอย่างแนบท้ายระเบียบนี้จากผู้ได้รับใบอนุญาตประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ระดับสามัญวิศวกรขึ้นไป
  - ภาพถ่ายตัวรถที่แสดงให้เห็นว่าเป็นรถคันเดิมทั้งสี่ด้าน (ด้านหน้า ด้านข้างซ้าย ด้านข้างขวา ด้านท้าย)
  - ภาพถ่ายอุปกรณ์ส่วนควบของรถที่จะทำการแก้ไขเพิ่มเติมหรือดัดแปลง ประกอบการพิจารณาของนายทะเบียน

เอกสารที่ต้องยื่นกับกรมการขนส่งทางบก

1. หนังสือรับรองของวิศวะเครื่องกลและไฟฟ้า รับรองว่ารถมีความมั่นคงแข็งแรงและมีความปลอดภัยและรับรองความปลอดภัยของระบบไฟฟ้าที่ใช้ในการขับเคลื่อนรถ แสดงรายละเอียดดังนี้
   - รายละเอียดการออกแบบหรือดัดแปลง
     - แสดงถึงคุณลักษณะของรถ การติดตั้งมอเตอร์ไฟฟ้าและแบตเตอรี่ที่ใช้ในการขับเคลื่อน
     - แสดงรายละเอียดระบบเบรก (ใช้อุปกรณ์อะไรสร้างแรงช่วยเบรกแทน Brake Booster), ระบบบังคับเลี้ยว (ใช้อะไรแทนระบบ Power Steering), การกระจายน้ำหนักรถ ระบบส่งกำลังและระบบสมรรถนะของรถ
   - กำลังพิกัดมอเตอร์ไฟฟ้า (Rated Power)
   - ขนาดแรงเคลื่อนและความจุของแบตเตอรี่
   - น้ำหนักรถ น้ำหนักแบตเตอรี่ น้ำหนักรถรวมแบตเตอรี่ น้ำหนักรถรวมน้ำหนักบรรทุก (GVW)
   - ความเร็วสูงสุด

เอกสารที่ต้องยื่นกับกรมการขนส่งทางบก

2. เอกสารแสดงกำลังพิกัด (Rated Power) ของมอเตอร์ไฟฟ้า
   - ตรวจสอบจากเอกสารรับรองจากผู้ผลิตมอเตอร์ไฟฟ้าหรือ
   - เอกสารรับรองจากหน่วยงานที่น่าเชื่อถือ ได้แก่ ส่วนราชการ รัฐวิสาหกิจ สถาบันการศึกษา
   - หลักฐานที่ป้ายระบุที่ตัวมอเตอร์ (Name Plate)
3. ผลทดสอบที่แสดงถึงความสามารถขับเคลื่อนรถในขณะที่มีน้ำหนักรถรวมน้ำหนักบรรทุกตามที่ผู้ผลิตกำหนดด้วยความเร็วสูงสุดตามที่กำหนดในประกาศฉบับดังกล่าว ได้ต่อเนื่องเป็นระยะเวลาไม่น้อยกว่า 30 นาทีจากหน่วยงานที่น่าเชื่อถือได้แก่ ส่วนราชการ รัฐวิสาหกิจ สถาบันการศึกษา หรือหน่วยงานที่กรมการขนส่งทางบกยอมรับ เช่น สถาบันยานยนต์เป็นต้น

โดยนายช่างตรวจสภาพรถเป็นผู้ตรวจสอบเอกสารและดำเนินการตรวจสภาพรถตามเกณฑ์วินิจฉัยการตรวจสภาพรถต่อไป

การตรวจสภาพยานยนต์ไฟฟ้า

(ร่าง) ระเบียบกรมการขนส่งทางบกว่าด้วยการตรวจสภาพรถและเกณฑ์การวินิจฉัยผลการตรวจสภาพรถตามกฎหมาย ว่าด้วยรถยนต์สำหรับรายการตรวจระบบไฟฟ้าของรถยนต์ไฟฟ้า และรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า คาดว่าจะให้มีผลใช้บังคับตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2568 เป็นต้นไป

1. การตรวจยืนยันการเป็นรถยนต์ไฟฟ้า
2. การตรวจเครื่องหมายแสดงอันตราย จากไฟฟ้าของรถยนต์ไฟฟ้า
3. การตรวจสภาพภายนอกของแบตเตอรี่ระบบขับเคลื่อน
4. การตรวจสภาพสายไฟของระบบไฟฟ้าแรงดันสูง (สายไฟสีส้ม) และขั้วต่อ
5. การตรวจสภาพจุดยึดมอเตอร์ไฟฟ้า
6. การตรวจสอบการรั่วไหลของระบบน้ำ หล่อเย็น สำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูง
7. การตรวจสภาพจุดต่อและที่ล็อคจุดต่อ สำหรับชาร์จแบตเตอรี่
8. การตรวจสภาพปลั๊กบริการไฟฟ้าแรงดันสูง (Service plug)

กรมพัฒนาพลังงานทดแทน
และอนุรักษ์พลังงาน
กระทรวงพลังงาน

กองพัฒนาทรัพยากรบุคคลด้านพลังงาน (กพบ.)

อาคารอนุรักษ์พลังงานเฉลิมพระเกียรติ (บริเวณเทคโนธานี)

ตำบลคลองห้า อำเภอคองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

โทรศัพท์ 0-2577-7035-41 โทรสาร 0-2577-7047

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) กระทรวงพลังงาน

17 ถนนพระราม 1 เชิงสะพานกษัตริย์ศึก แขวงรองเมือง เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

โทรศัพท์ 0-2223-0021-9, 0-2223-2593-5, 0-2222-4102-9

โทรสาร 0-2226-1416 www.dede.go.th