โดย ฝ่ายวิจัยนโยบาย สวทช.

prs@nstda.or.th

# สมุดปกขาว

# เรื่อง อุตสาหกรรมยานยนต์ไฟฟ้า

โดย

ฝ่ายวิจัยนโยบาย

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

กันยายน 2560

*(หน้าว่าง)*

## *บทสรุปผู้บริหาร*

อุตสาหกรรมยานยนต์ของไทยมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศ และยังเป็นศูนย์กลางการผลิตยานยนต์ของภูมิภาค ในปี พ.ศ. 2559 มีปริมาณการผลิตรถยนต์ในไทยเป็นอันดับที่ 12 โลก ท่ามกลางประเทศผู้ผลิตรถยนต์ชั้นนำ อาทิ จีน สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น และเยอรมนี ด้วยจำนวนการผลิต 1.94 ล้านคัน ขณะเดียวกัน รายการสินค้ากลุ่มรถยนต์ ชิ้นส่วนและส่วนประกอบยังมีมูลค่าการส่งออกสูงที่สุดของประเทศด้วยมูลค่า 923,377.6 ล้านบาท มีจำนวนบริษัทในห่วงโซ่อุตสาหกรรมกว่า 1,600 บริษัท เป็นแหล่งการจ้างงาน และเป็นแหล่งการจ้างงานไม่ต่ำกว่า 750,000 ราย อย่างไรก็ตาม พบว่า ในระยะหลังการผลิตรถยนต์ของไทยค่อนข้างชะลอตัว และต้องเผชิญคู่แข่งขันหน้าใหม่ในภูมิภาคมากขึ้น เช่น อินโดนีเซีย เป็นต้น มิเพียงเท่านี้ อุตสาหกรรมยานยนต์ไทยกำลังจะเผชิญความท้าทายจากการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีจากยานยนต์เครื่องยนต์สันดาปภายในที่ประเทศไทยค่อนข้างมีความชำนาญ สู่ยานยนต์ที่ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า

ด้วยปัญหาสิ่งแวดล้อมเป็นประเด็นสำคัญต่อทิศทางการพัฒนาในเวทีโลก จนนำมาสู่ข้อตกลงภายใต้การประชุมรัฐภาคีอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศสมัยที่ 21 (Conference of Parties: COP-21) เพื่อจำกัดการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิโลกให้ไม่เกิน 2 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบกับยุคก่อนปฏิวัติอุตสาหกรรม และลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ดังนั้น หลายประเทศจึงหาแนวทางการปรับเปลี่ยนการใช้พลังงานในแต่ละสาขาเศรษฐกิจ โดยเฉพาะภาคขนส่งที่มีสัดส่วนการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นอันดับต้นๆ ดังนั้น บริษัทผู้ผลิตรถยนต์จึงลงทุนพัฒนายานยนต์ไฟฟ้ามากขึ้น และนโยบายด้านยานยนต์และขนส่งของหลายประเทศมุ่งส่งเสริมยานยนต์การใช้งานไฟฟ้าภายในประเทศ เพื่อทดแทนยานยนต์เครื่องยนต์สันดาปภายในที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน ในรูปแบบต่างๆ ทั้ง (1) นโยบายอุปสงค์ดึง เพื่อกระตุ้นการเปลี่ยนรถยนต์ของประชาชน ทั้งในรูปแบบภาษี การคืนเงิน และสิทธิพิเศษบางอย่าง และ (2) นโยบายเทคโนโลยีผลัก ได้แก่ การสาธิตการใช้งานสาธารณะ การส่งเสริมการวิจัยและพัฒนาในกลุ่ม แบตเตอรี่ มอเตอร์และระบบขับเคลื่อน โครงสร้างน้ำหนักเบาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ เพิ่มสมรรถนะ และลดต้นทุนของรถยนต์ไฟฟ้า ตลอดจน การลงทุนขยายโครงสร้างพื้นฐานสถานีอัดประจุและพัฒนาระบบจ่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ (Grid) เพื่อดึงดูดและรองรับการใช้งานที่มากขึ้น

สำหรับสถานการณ์ยานยนต์ไฟฟ้าในไทยถือว่าอยู่ในช่วงเริ่มต้น โดยปี พ.ศ. 2559 มีการจดทะเบียนรถใหม่ทั้งรถแบบผสม (Hybrid) และรถไฟฟ้ารวมกันทุกประเภทไม่ถึง 10,000 คัน เมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนการจดทะเบียนรถใหม่ทั้งหมดประมาณ 2.9 ล้านคัน ขณะเดียวกันโครงสร้างพื้นฐานสถานีอัดประจุทั่วประเทศยังมีจำนวนน้อยมาก แม้ว่าจะมีบริษัทผู้ผลิตรถยนต์เปิดสายการผลิตรถยนต์ไฟฟ้าแบบผสมเสียบปลั๊ก (PHEV) ขึ้นแล้วในไทย แต่ยังมุ่งเน้นตลาดต่างประเทศเป็นหลัก ขณะที่ผู้ผลิตอีกหลายรายให้ความสนใจลงทุนและอยู่ในช่วงศึกษาความพร้อมด้านต่างๆ และเทคโนโลยีที่เหมาะสมต่อตลาดในประเทศ อย่างไรก็ตาม

กลุ่มผู้ประกอบการที่สำคัญที่จะได้รับผลกระทบสูงจากการเปลี่ยนแปลงสู่ยานยนต์ไฟฟ้า คือ ผู้ผลิตชิ้นส่วน เนื่องจากเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าจำเป็นต้องอาศัยชิ้นส่วนและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีความซับซ้อนและใช้เทคโนโลยีขั้นสูงกว่าชิ้นส่วนเครื่องยนต์สันดาปภายใน ที่ไทยมีความชำนาญและดำเนินการผลิตอยู่ในปัจจุบัน รวมไปถึง การใช้จำนวนชิ้นส่วนประกอบของยานยนต์ไฟฟ้ามีประมาณ 5,000 ชิ้นต่อคัน ขณะที่ยานยนต์เครื่องยนต์สันดาปภายในที่ต้องใช้มากถึง 30,000 ชิ้น โดยเฉพาะกลุ่มระบบส่งกำลังหรือเครื่องยนต์ เช่น หม้อน้ำ ท่อไอเสีย ระบบหัวฉีด ถังน้ำมันอาจจะได้รับผลกระทบค่อนข้างมาก ดังนั้น ความชัดเจนของนโยบายการส่งเสริมภาครัฐจึงมีความสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงของอุตสาหกรรมยานยนต์ที่กำลังจะเกิดขึ้น

ทั้งนี้ รัฐบาลได้ตระหนักถึงความสำคัญของการเปลี่ยนแปลงในอุตสาหกรรมยานยนต์สู่ยานยนต์ไฟฟ้า จึงได้มอบหมายให้หน่วยงานต่างๆ อาทิ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี) กระทรวงพลังงาน และกระทรวงอุตสาหกรรม และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ร่วมกันส่งเสริมยานยนต์ไฟฟ้าในประเทศ โดยหน่วยงานต่างๆ จึงได้มีการจัดทำแผนงานและมาตรการที่เกี่ยวข้อง ทั้งด้านการวิจัยและพัฒนา การผลิต การลงทุน การใช้งาน และการจัดทำมาตรฐานต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อผลักดันให้ไทยเป็นศูนย์กลางยานยนต์ไฟฟ้าในอาเซียนตามเป้าหมายของรัฐบาล

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สวทช.) ซึ่งเป็นหน่วยงานด้านวิจัยและพัฒนาของประเทศ ได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของการวิจัยและพัฒนายานยนต์ไฟฟ้ามาระยะเวลาหนึ่งแล้ว ด้วยเป็นทิศทางของเทคโนโลยีที่ส่งผลกระทบสูงต่ออุตสาหกรรมยานยนต์ของไทย ดังนั้น สวทช. จึงได้กำหนดให้ยานยนต์ไฟฟ้าอยู่ภายใต้ประเด็นวิจัยมุ่งเน้นด้านอุตสาหกรรมยานยนต์และขนส่งสมัยใหม่ มีเป้าหมายดำเนินงานเพื่อสร้างผลกระทบเชิงเศรษฐกิจและสังคมให้เป็นที่ประจักษ์ภายในปี พ.ศ. 2564

ด้านการวิจัยและพัฒนา สวทช. มีศูนย์แห่งชาติเป็นแกนหลักในการวิจัยและพัฒนายานยนต์ไฟฟ้า 2 ศูนย์ ได้แก่ ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (เอ็มเทค) และศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (เนคเทค) และยังมีโปรแกรมวิจัยเพื่อบริหารจัดการวิจัยเชิงบูรณาการระหว่างภายใน สวทช. และหน่วยงานภายนอก 2 โปรแกรมวิจัย ได้แก่

- โปรแกรมอุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ โดยมุ่งเน้น (1) เทคโนโลยีการออกแบบและผลิตชิ้นส่วนสำคัญ ได้แก่ แบตเตอรี่ มอเตอร์และระบบขับเคลื่อน และโครงสร้างน้ำหนักเบา (2) เทคโนโลยีเกี่ยวกับโครงสร้างพื้นฐานยานยนต์สมัยใหม่ เช่น การพัฒนามาตรฐานและการทดสอบที่สำคัญ และ การพัฒนาต้นแบบสถานีอัดประจุไฟฟ้าและเต้ารับ-เต้าเสียบ (3) ด้านระบบอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ซอฟต์แวร์ในยานยนต์
- โปรแกรมสนับสนุนร่วมทุนวิจัย กฟผ. – สวทช. มีเป้าหมายเพื่อสนับสนุนโครงการวิจัยให้กับหน่วยงานต่างๆ เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีด้านพลังงานที่ใช้ในการผลิต กักเก็บ และส่งกระแสไฟฟ้า รวมทั้ง

การวิจัยและพัฒนาเพื่อสร้างเทคโนโลยีใหม่สำหรับใช้ในกิจการไฟฟ้า และสนับสนุนให้เกิดการใช้ไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีตัวอย่างผลงานวิจัยด้านยานยนต์ไฟฟ้า

ผลงานต้นแบบด้านยานยนต์ไฟฟ้าของ สวทช. ที่ผ่านมา ได้แก่ รถโดยสารไฟฟ้าต้นแบบ รถยนต์ไฟฟ้าดัดแปลง และจักรยานยนต์ไฟฟ้า

นอกจากด้านการวิจัยและพัฒนา สวทช. ยังมีบริการด้านการออกแบบและวิศวกรรม มาตรฐานและการวิเคราะห์ทดสอบ ผ่านหน่วยบริการและทดสอบต่างๆ ได้แก่ (1) ศูนย์บริการปรึกษาการออกแบบและวิศวกรรม (Design & Engineering Consulting Service Center: DECC) (2) ศูนย์ทดสอบผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (Electrical and Electronic Products Testing Center : PTEC) และ (3) ศูนย์บริการวิเคราะห์ทดสอบ สวทช. (NSTDA Characterization and Testing Center: NCTC)

ด้านพัฒนากำลังคน ได้มีการพัฒนาหลักสูตรภายใต้สถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีขั้นสูงแห่งประเทศไทยและสถาบันเทคโนโลยีแห่งโตเกียว (TAIST-Tokyo Tech) ภายใต้หลักสูตรวิศวกรรมยานยนต์และการจัดฝึกอบรมรูปแบบต่างๆ ภายใต้สถาบันวิทยาการ สวทช. (NSTDA Academy)

นอกจากนี้ สวทช. ให้ทำหน้าที่เผยแพร่และสร้างความรู้ความเข้าใจ และสร้างโอกาสด้านยานยนต์ไฟฟ้าในรูปแบบอื่นๆ ได้แก่ การจัดสัมมนา การฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ การจัดทำแผ่นพับประชาสัมพันธ์ และการจัดงานแสดงเทคโนโลยีชิ้นส่วนยานยนต์ (Auto Parts Tech Day) เป็นต้น

การดำเนินกิจกรรมต่างๆ เพื่อส่งเสริมยานยนต์ไฟฟ้า ของ สวทช. เป็นหนึ่งในแรงกำลังสำคัญเพื่อส่งเสริมศักยภาพด้านยานยนต์ไฟฟ้าของประเทศ และเป็นการเตรียมความพร้อม และถ่ายทอดองค์ความรู้ให้แก่ภาคอุตสาหกรรมให้สามารถปรับตัวพร้อมรับการเปลี่ยนแปลงทางเทคโลยี เพื่อการส่งเสริมให้ประเทศเป็นศูนย์กลางยานยนต์ไฟฟ้าในอาเซียนดังเป้าหมายที่รัฐบาลได้ตั้งไว้

# สารบัญ


| | หน้า |
|---|---|
| บทสรุปผู้บริหาร | i |
| คำนำ | 9 |
| ความสำคัญของอุตสาหกรรมยานยนต์ต่อประเทศไทย | 11 |
| การผลิตยานยนต์ของไทย | 12 |
| โครงสร้างอุตสาหกรรมยานยนต์ไทย | 15 |
| ลักษณะสำคัญของเทคโนโลยีและแนวทางการพัฒนา | 19 |
| นิยามและการจำแนกประเภทของยานยนต์ไฟฟ้า | 21 |
| สถานการณ์ยานยนต์ไฟฟ้าโลก | 23 |
| การพัฒนาเทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้าโลก | 27 |
| การส่งเสริมยานยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทย | 33 |
| สถานการณ์ยานยนต์ไฟฟ้าในไทย | 33 |
| นโยบายส่งเสริมยานยนต์ไฟฟ้าในไทย | 36 |
| บทบาทของ สวทช. กับการส่งเสริมยานยนต์ไฟฟ้าของประเทศไทย | 46 |
| วิจัยและพัฒนา | 46 |
| บริการปรึกษาการออกแบบและวิศวกรรม | |
| มาตรฐานและการวิเคราะห์ทดสอบ | 51 |
| การพัฒนากำลังคน | 52 |
| ด้านอื่นๆ | 54 |
| เอกสารอ้างอิง | 56 |

# สารบัญภาพ

*หน้า*

ภาพที่ 1 ปริมาณการผลิตรถยนต์โลก พ.ศ. 2559 11
ภาพที่ 2 มูลค่าสินค้าส่งออก 5 อันดับแรกของไทย พ.ศ. 2559 12
ภาพที่ 3 ปริมาณและอัตราการเติบโตการผลิตรถยนต์ของประเทศไทย พ.ศ. 2553 – 2559 จำแนกตามตลาด 13
ภาพที่ 4 ปริมาณการผลิตรถจักรยานยนต์ในประเทศไทย พ.ศ. 2553 – 2559 จำแนกตามประเภท 14
ภาพที่ 5 โครงสร้างอุตสาหกรรมยานยนต์ไทย 17
ภาพที่ 6 สัดส่วนการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลทั่วโลก พ.ศ. 2556 จำแนกตามภาคเศรษฐกิจ 20
ภาพที่ 7 ความแตกต่างระหว่างเทคโนโลยีขับเคลื่อนในยานยนต์ไฟฟ้าและยานยนต์เครื่องยนต์สันดาปภายใน 21
ภาพที่ 8 จำนวนการจดทะเบียนรถยนต์ไฟฟ้าใหม่ และส่วนแบ่งตลาดรถยนต์ไฟฟ้าในประเทศสำคัญ ค.ศ. 2010 – 2015 23
ภาพที่ 9 การใช้จ่ายเพื่อส่งเสริมยานยนต์ไฟฟ้าโดยภาครัฐของประเทศสมาชิก EVI ระหว่าง ค.ศ. 2008 – 2014 26
ภาพที่ 10 ประมาณการต้นทุนแบตเตอรี่ ค.ศ. 2010 – 2020 27
ภาพที่ 11 แผนการวิจัยและพัฒนายานยนต์พลังงานทางเลือกภายใต้แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมฉบับที่ 13 (ค.ศ. 2016 – 2020) 31
ภาพที่ 12 กลุ่มชิ้นส่วนยานยนต์ไทยที่ได้รับผลกระทบจากยานยนต์ไฟฟ้า 35
ภาพที่ 13 แผนที่นำทางการส่งเสริมยานยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทยที่ได้รับความเห็นชอบจากคณะกรรมการพัฒนาระบบนวัตกรรมของประเทศ 38

# สารบัญภาพ (ต่อ)

*หน้า*

ภาพที่ 14 แผนมุ่งเป้าด้านการวิจัยและพัฒนาเพื่อสนับสนุนอุตสาหกรรมยานยนต์ไฟฟ้าของประเทศไทย 41
ภาพที่ 15 ตัวอย่างการพัฒนารถโดยสารต้นแบบ 49
ภาพที่ 16 ตัวอย่างการพัฒนารถยนต์ไฟฟ้าดัดแปลง 50
ภาพที่ 17 ตัวอย่างการพัฒนาจักรยานยนต์ไฟฟ้า 50
ภาพที่ 18 ตัวอย่างบริการของศูนย์ทดสอบผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ 52
ภาพที่ 19 ภาพสื่อประชาสัมพันธ์งานแสดงเทคโนโลยีชิ้นส่วนยานยนต์และอุตสาหกรรมอนาคต 54

# สารบัญตาราง

*หน้า*

ตารางที่ 1 มาตรการจูงใจทางการด้านเงินเพื่อการจัดซื้อยานยนต์ไฟฟ้า ในกลุ่มประเทศผู้ริเริ่มยานยนต์ไฟฟ้า 25
ตารางที่ 2 เป้าหมายการพัฒนาแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้าของสหรัฐอเมริกา 29
ตารางที่ 3 เป้าหมายการพัฒนาระบบการขับเคลื่อนยานยนต์ไฟฟ้าของสหรัฐอเมริกา 29
ตารางที่ 4 เป้าหมายการลดน้ำหนักยานยานไฟฟ้าของสหรัฐอเมริกา 30
ตารางที่ 5 จำนวนรถจดทะเบียนใหม่จำแนกตามเชื้อเพลิง พ.ศ. 2558 – 2559 33
ตารางที่ 6 จำนวนสถานีอัดประจุไฟฟ้าในประเทศไทย ณ กันยายน 2560 34

# คำนำ

การพัฒนาประเทศภายใต้สังคมโลกปัจจุบัน ได้นำเอาปัญหาการเปลี่ยนแปลงทางภูมิอากาศและความมั่นคงทางพลังงานมาเป็นปัจจัยพิจารณาร่วม เนื่องจากที่ผ่าน กิจกรรมทางเศรษฐกิจไม่ว่าจะอยู่บนฐานของอุตสาหกรรม เกษตรกรรม หรือแม้แต่การดำรงชีวิต ต่างใช้พลังงานฟอสซิล (Fossil Fuel) เป็นเชื้อเพลิงหลักในการขับเคลื่อน ซึ่งนำมาสู่การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศอย่างต่อเนื่อง และเป็นสาเหตุที่ทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เกิดความแปรปรวนและความรุนแรงของสภาพภูมิอากาศ ขณะเดียวกันการพึ่งพิงเชื้อเพลิงฟอสซิล เช่น น้ำมัน ถ่านหิน และก๊าซธรรมชาติ ต่างเป็นพลังงานที่ใช้แล้วหมดไป จะทำให้เกิดภาวะขาดแคลนพลังงานได้ในอนาคต ดังนั้น หลายประเทศจึงเห็นความสำคัญของปัญหาทั้ง 2 ประเด็นดังกล่าว และได้แสดงจุดยืนร่วมกันเพื่อลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในเวทีระดับนานาชาติในการประชุมภาคีอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศสมัยที่ 21 (COP-21) ณ กรุงปารีส เมื่อ พ.ศ. 2558

เป้าหมายสำคัญของ COP-21 คือ 1) จำกัดระดับอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกไม่ให้เกิดระดับ 2 องศาเซลเซียส เหนือระดับก่อนยุคอุตสาหกรรม (Pre-Industrial Levels) [1] และจำกัดการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยผิวโลกไม่ให้เกิน 1.5 องศาเซลเซียส 2) หาทางลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เป็นสาเหตุของปรากฏการณ์เรือนกระจก ให้ได้ภายในช่วงปี พ.ศ. 2593-2643 หรือในช่วงครึ่งหลังของศตวรรษที่ 21 และจะมีการทบทวนความก้าวหน้าทุก 5 ปี 3) ข้อตกลงที่บรรลุร่วมกันในกรุงปารีสจะเริ่มมีผลบังคับใช้ในปี พ.ศ. 2563 และมีการจัดหาเงินช่วยเหลือ (Green Climate Fund) มูลค่า 100,000 ล้านเหรียญสหรัฐฯ ในการช่วยเหลือประเทศกำลังพัฒนาและประเทศด้อยพัฒนาในการปรับตัวกับสภาวะอากาศที่เปลี่ยนแปลงของโลก ซึ่งความตื่นตัวในปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศสมาชิกทั่วโลกยังผลให้เกิดเป็นการบรรลุข้อตกลงปารีส (Paris Agreement) นำมาสู่การให้ความสำคัญกับการพัฒนาพลังงานสะอาดเพื่อทดแทนพลังงานฟอสซิล ดังนั้น แนวโน้ม

[1] Pre Industrial Levels คือ ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิที่วัดเมื่อปี ค.ศ. 1750 เนื่องจากเป็นช่วงที่มีการเปลี่ยนผ่านเป็นอุตสาหกรรม (Industrialization) และอุตสาหกรรมได้เริ่มปล่อยก๊าซขึ้นสู่บรรยากาศ [1]

การพัฒนาในแต่ละสาขาเศรษฐกิจ (Sector) จึงต่างมุ่งปรับเปลี่ยนเทคโนโลยีเพื่อรองรับการใช้พลังงานเชื้อเพลิงที่เปลี่ยนไป

อุตสาหกรรมยานยนต์เป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมที่มีการใช้พลังงานเชื้อเพลิงสูง และมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกมาเป็นจำนวนมาก นับตั้งแต่กระบวนการผลิตจนถึงการใช้งาน หรือแม้แต่กระบวนการทำลายซาก จึงทำให้ประเทศอุตสาหกรรมชั้นนำหลายประเทศโดยเฉพาะประเทศผู้ผลิตรถยนต์ต่างออกมาตรการจูงใจเพื่อการซื้อและสนับสนุนการวิจัยและพัฒนา พร้อมทั้งตั้งเป้าหมายการเพิ่มจำนวนรถยนต์ไฟฟ้าบนท้องถนน ซึ่งเป็นการกระตุ้นตลาดทั้งในรูปแบบอุปสงค์ดึง (Demand Pull) และ เทคโนโลยีผลัก (Technology Push) เพื่อให้เกิดความต้องการใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าขยายตัวมากขึ้น ผู้ผลิตสามารถพัฒนารถยนต์ไฟฟ้าให้มีสมรรถนะสูงขึ้น มีความปลอดภัยและมีแนวโน้มราคาถูกลง อันเป็นการสร้างความเชื่อมั่นต่อผู้ขับขี่ที่จะเลือกใช้รถยนต์ไฟฟ้าทดแทนรถยนต์เครื่องยนต์สันดาปภายใน (Internal Combustion Engine: ICE) แบบเดิม

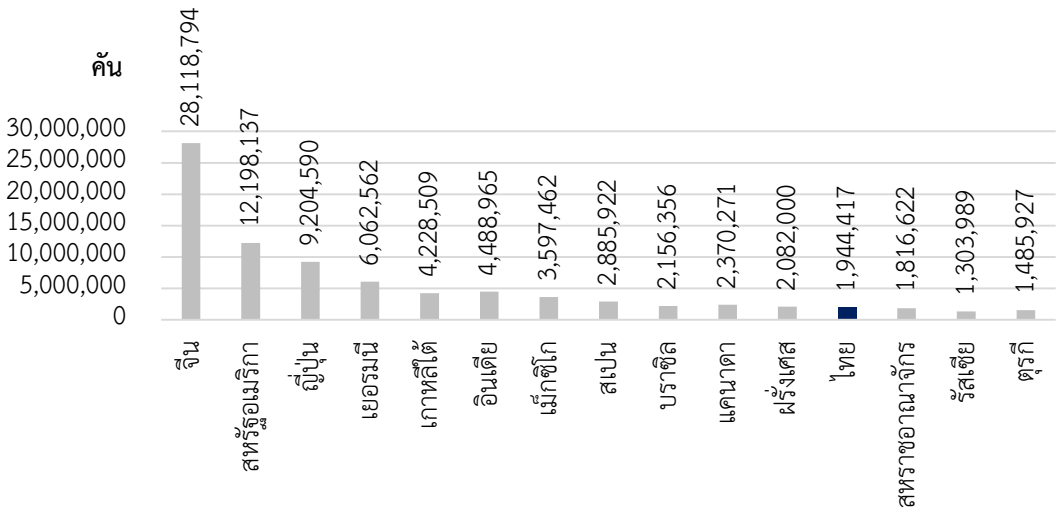
ในส่วนของประเทศไทยถือว่าอุตสาหกรรมยานยนต์มีบทบาทสำคัญต่อการสร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจของประเทศ เนื่องจากไทยเป็นหนึ่งในฐานการผลิตรถยนต์ของโลก รัฐบาลได้ตระหนักถึงความสำคัญของแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในอุตสาหกรรมยานยนต์ จึงได้ให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องพิจารณาความเป็นไปได้ในการส่งเสริมให้ประเทศไทยเป็นศูนย์กลางการผลิตรถยนต์ไฟฟ้า พร้อมทั้ง มอบหมายให้กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ร่วมกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องดำเนินการวิจัย พัฒนา และสนับสนุนองค์ความรู้ด้านยานยนต์ไฟฟ้า รวมถึงการพัฒนาแบตเตอรี่สำหรับรถยนต์ไฟฟ้า และพลังงานอื่นๆ

สวทช. ให้ความสำคัญอย่างสูงกับการส่งเสริมการวิจัยและพัฒนาด้านยานยนต์ไฟฟ้า และได้กำหนดให้เป็นส่วนหนึ่งในประเด็นวิจัยมุ่งเน้นด้านอุตสาหกรรมยานยนต์และระบบขนส่งสมัยใหม่ ภายใต้แผนกลยุทธ์ สวทช. ฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2560 – 2564) โดยมีแผนการดำเนินงานออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่ 1) การพัฒนาการออกแบบและผลิตระบบกักเก็บพลังงาน 2) การพัฒนาการออกแบบและผลิตมอเตอร์และไดรฟ์ที่เหมาะสมกับการใช้งาน 3) การพัฒนาโครงสร้างน้ำหนักเบาและการประกอบยานยนต์ไฟฟ้า และ 4) การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า[2] นอกจากนี้ สวทช. ยังส่งเสริมยานยนต์ไฟฟ้าในด้านอื่น ได้แก่ การให้บริการวิเคราะห์ทดสอบ การพัฒนาบุคลากร การสร้างความตระหนัก และการจัดแสดงเทคโนโลยี ตลอดจนร่วมกับเครือข่ายพันธมิตรมุ่งพัฒนาองค์ความรู้และนวัตกรรมเพื่อตอบโจทย์ความต้องการของอุตสาหกรรม และผลักดันประเทศสู่เป้าหมายการเป็นศูนย์กลางด้านยานยนต์ไฟฟ้าของภูมิภาคต่อไป

# ความสำคัญของอุตสาหกรรมยานยนต์ต่อประเทศไทย

อุตสาหกรรมยานยนต์มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศ ซึ่งไทยเป็นศูนย์กลางการผลิตยานยนต์ของภูมิภาค โดยมีปริมาณการผลิตรถยนต์เป็นอันดับที่ 12 โลกในปี พ.ศ. 2559 ท่ามกลางประเทศผู้ผลิตรถยนต์ชั้นนำ อาทิ จีน สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น และเยอรมนี ด้วยจำนวนการผลิต 1.94 ล้านคัน จากปริมาณการผลิตรถยนต์ 96.98 ล้านคันทั่วโลก[3]

**ภาพที่ 1 ปริมาณการผลิตรถยนต์โลก พ.ศ. 2559**

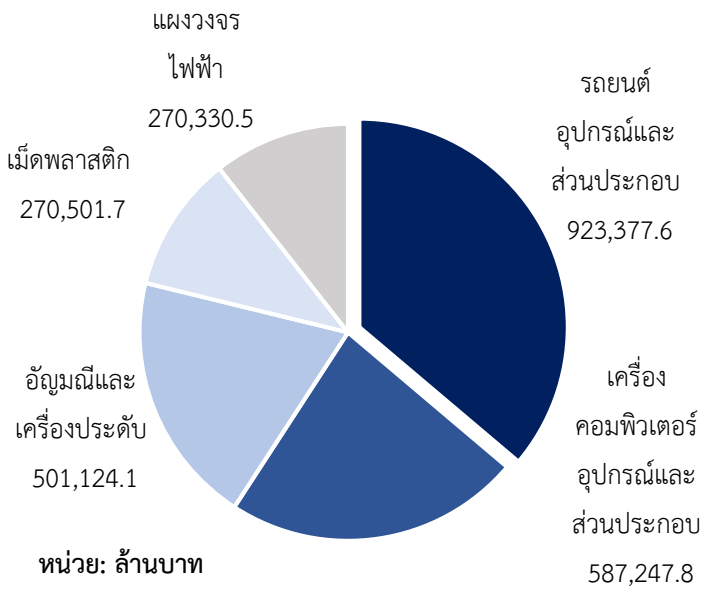



ที่มา: OICA, 2016 Production Statistics.(อ้างแล้ว)

หมายเหตุ: ข้อมูลเฉพาะรถยนต์นั่งและรถยนต์เพื่อการพาณิชย์

ด้วยความสำคัญดังกล่าว จึงทำให้อุตสาหกรรมยานยนต์เป็นทั้งแหล่งการผลิต การจ้างงาน และการส่งออกของประเทศ โดยสามารถสร้างมูลค่าเพิ่มต่อเศรษฐกิจ ถึง 300,000 ล้านบาทต่อปี ในปี พ.ศ. 2557 หรือมีสัดส่วนต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ (GDP) ร้อยละ 12.8[4] นอกจากนี้ ข้อมูลของกระทรวงพาณิชย์ปี พ.ศ. 2559 ยังระบุว่า รายการสินค้ากลุ่มรถยนต์ ชิ้นส่วนและส่วนประกอบมีมูลค่าการส่งออกสูงที่สุดด้วยมูลค่า 923,377.6 ล้านบาท ดังภาพที่ 2

**ภาพที่ 2 มูลค่าสินค้าส่งออก 5 อันดับแรกของไทย พ.ศ. 2559**




ที่มา: กระทรวงพาณิชย์, สถิติการค้าระหว่างประเทศของไทย.[5]

## การผลิตยานยนต์ของไทย

เป็นที่ยอมรับในระดับสากลว่า ไทยเป็นฐานการผลิตรถยนต์ใน 3 ประเภท ได้แก่ รถกระบะขนาด 1 ตัน รถยนต์ประหยัดพลังงานมาตรฐานสากล (Eco-car) และรถจักรยานยนต์ขนาดเล็กคุณภาพสูง[6] แต่ในระยะหลัง พบว่า การผลิตรถยนต์และจักรยานยนต์ของไทยค่อนข้างชะลอตัว และต้องเผชิญการแข่งขันมากขึ้น

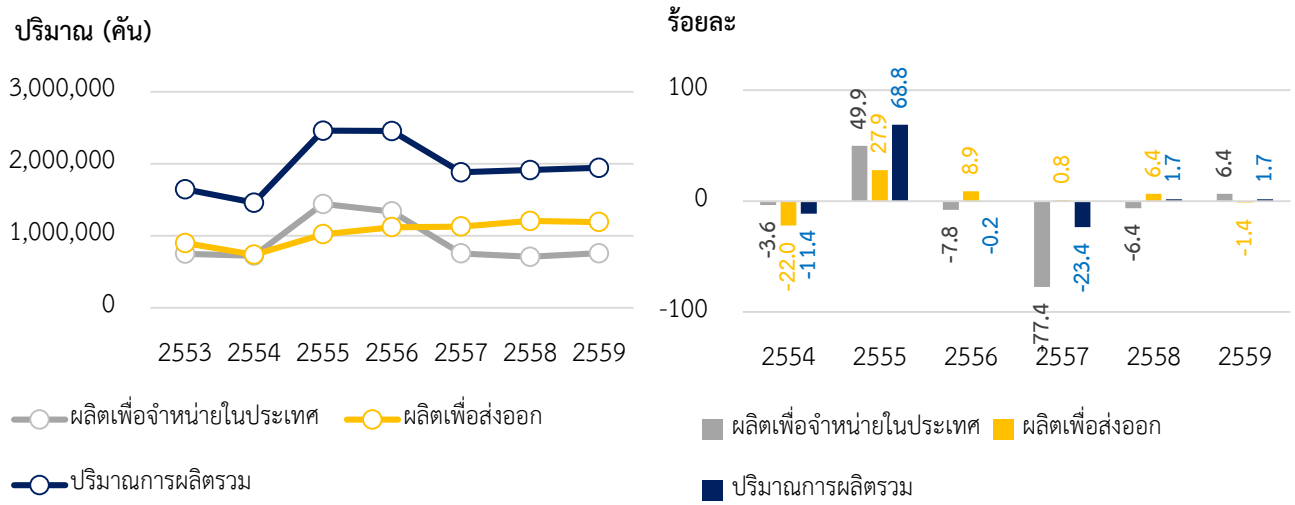
<u>รถยนต์</u>

ไทยมีการผลิตรถยนต์ประเภทกระบะขนาด 1 ตัน มากที่สุด รองลงมาคือ รถยนต์นั่ง และรถยนต์เพื่อการพาณิชย์อื่นที่ไม่ใช่กระบะขนาด 1 ตัน ซึ่งการผลิตรถยนต์ของประเทศไทยอยู่ในจุดสูงสุดช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2555 ถึง พ.ศ. 2556 อันเป็นผลจากการดำเนินโครงการรถยนต์คันแรกที่เริ่มโครงการในเดือนกันยายนปี พ.ศ. 2554 โดยผู้ซื้อรถยนต์ขนาดเครื่องยนต์ไม่เกิน 1,500 ซีซี สามารถขอใช้สิทธิ์คืนภาษีไม่เกิน 100,000 บาท ทั้งนี้ ผู้ซื้อต้องครอบครองรถยนต์ต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลา 5 ปี จึงทำให้ตลาด

รถยนต์นั่งโดยเฉพาะกลุ่มรถ Eco Car[2] ในประเทศได้รับอานิสงส์จากนโยบายดังกล่าว ด้วยความต้องการที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้ภาพรวมปริมาณการผลิตในช่วงปีนั้นสูงเกือบถึงระดับ 2.5 ล้านคัน แบ่งเป็นการผลิตสำหรับตลาดภายในประเทศประมาณ 1.3 – 1.4 ล้านคัน และตลาดต่างประเทศ 1.0 – 1.1 ล้านคัน

ภายหลังจากที่โครงการรถยนต์คันแรกได้คลายอิทธิพลลง การผลิตเพื่อจำหน่ายตลาดรถยนต์ในประเทศหดตัว ขณะที่ปริมาณการส่งออกรถยนต์ของไทยเติบโตได้ไม่สูงนัก โดยล่าสุดในปี พ.ศ. 2559 ปริมาณการส่งออกรถยนต์ของไทยหดตัวลงร้อยละ 1.4 เนื่องจากภาวะการชะลอตัวของเศรษฐกิจโลกและเศรษฐกิจคู่ค้าสำคัญ ตลอดจนมีคู่แข่งขันใหม่ๆ ในภูมิภาคเกิดขึ้น เช่น อินโดนีเซียที่มีความโดดเด่นในการผลิตรถยนต์นั่ง[3] จึงเป็นความท้าท้ายต่ออุตสาหกรรมการผลิตรถยนต์ของไทย

**ภาพที่ 3 ปริมาณและอัตราการเติบโตการผลิตรถยนต์ของประเทศไทย พ.ศ. 2553 – 2559 จำแนกตามตลาด**




ที่มา: สถาบันยานยนต์, สภาวะอุตสาหกรรมยานยนต์ ฉบับปี พ.ศ. 2559[9]

[2] การผลิตรถยนต์ประหยัดพลังงานมาตรฐานสากล (Eco Car) ได้รับการส่งเสริมการลงทุนจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน (BOI) ในปี พ.ศ. 2550 ก่อให้เกิดการผลิตรถยนต์แบรนด์ญี่ปุ่นในไทย และสามารถส่งไปจำหน่ายในประเทศญี่ปุ่น เช่น Nissan (March, Almera/Latio) และ Mitsubishi (Mirage) เป็นครั้งแรก ทำให้ไทยเป็นฐานการผลิตรถยนต์บางรุ่นเพื่อรองรับตลาดประเทศญี่ปุ่นอย่างสมบูรณ์ ซึ่งเป็นรูปแบบการดำเนินธุรกิจยานยนต์ที่ไม่เคยเกิดขึ้น[7]

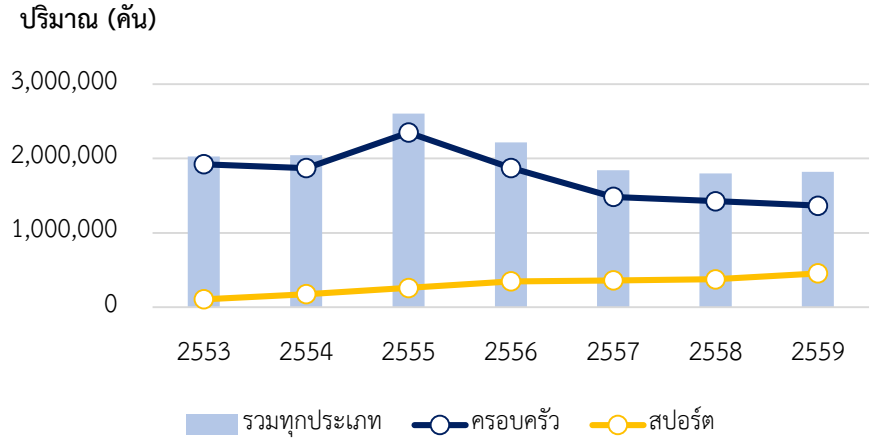
[3] วิเคราะห์ข้อมูลจาก สถิติปริมาณการผลิตรถยนต์ของอาเซียน โดย ASEAN Automotive Federation[8]

<u>รถจักรยานยนต์</u>

รถจักรยานยนต์ที่ผลิตในไทยสามารถแบ่งเป็น 2 ประเภทหลัก คือ จักรยานยนต์ครอบครัว และจักรยานยนต์สปอร์ต เมื่อพิจารณาภาพรวมพบว่า แนวโน้มปริมาณการผลิตรถจักรยานยนต์ในระยะหลังมีปริมาณการผลิตลดต่ำลงอย่างมากเมื่อเปรียบเทียบกับปี พ.ศ. 2555 ที่สามารถผลิตจักรยานยนต์ได้สูงถึง 2.61 ล้านคัน แต่กลับลดลงเหลือ 1.82 ล้านคันในปี พ.ศ. 2559 โดยเฉพาะรถจักรยานยนต์ประเภทครอบครัวมีปริมาณการผลิตมากที่สุดแต่มีแนวโน้มหดตัวลง ขณะที่จักรยานยนต์สปอร์ตมีปริมาณการผลิตน้อยแต่มีแนวโน้มการผลิตเพิ่มสูงขึ้น

การหดตัวของการผลิตจักรยานยนต์ครอบครัวส่วนหนึ่งเกิดจากเวียดนามซึ่งเคยนำเข้าจักรยานยนต์จากไทย สามารถทำการผลิตจักรยานยนต์ครอบครัวได้เองจึงลดการนำเข้าจากไทย แต่อีกด้านหนึ่ง ผู้มีระดับรายได้สูงในไทยมีรสนิยมใช้จักรยานยนต์แบบสปอร์ตหรือจักรยานยนต์ขนาดใหญ่มากขึ้น ผนวกกับผู้ผลิตจักรยานยนต์ขนาดใหญ่ใช้ไทยเป็นฐานการผลิตและส่งออก รวมถึงการได้รับการส่งเสริมการลงทุนสำหรับการผลิตรถจักรยานยนต์ขนาดใหญ่ตั้งแต่ 248 ซีซี ขึ้นไป[10] ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2555 จึงทำให้ปริมาณการผลิตจักรยานยนต์สปอร์ตในประเทศเพิ่มขึ้นได้อย่างต่อเนื่องสวนทางกับจักรยานยนต์ครอบครัว ดังภาพที่ 4

**ภาพที่ 4 ปริมาณการผลิตรถจักรยานยนต์ในประเทศไทย พ.ศ. 2553 – 2559 จำแนกตามประเภท**




ที่มา: สถาบันยานยนต์, สภาวะอุตสาหกรรมยานยนต์ ฉบับปี พ.ศ. 2559 (อ้างแล้ว)

## โครงสร้างอุตสาหกรรมยานยนต์ไทย

อุตสาหกรรมยานยนต์ของไทยสามารถแบ่งกลุ่มผู้ประกอบการหรือผู้มีส่วนเกี่ยวข้องออกเป็น 2 กลุ่มหลัก[11],[12],[13] ได้แก่

1) กลุ่มกิจกรรมหลัก (Core Activities) คือ กลุ่มผู้ประกอบรถยนต์และผู้ผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ โดยมีลำดับขั้นของโครงสร้างการผลิต ประกอบด้วย

- ผู้ผลิตและประกอบรถยนต์ (OEM/Assembler) คือ ผู้ทำหน้าที่ประกอบชิ้นส่วนยานยนต์ให้เป็นยานยนต์สำเร็จรูป แบ่งออกเป็น ผู้ผลิตและประกอบรถยนต์ มีจำนวน 18 ราย ประกอบด้วยผู้ผลิตรถยนต์ขนาดเล็ก (Light Weight Vehicle) จำนวน 14 ราย และผู้ผลิตรถยนต์ขนาดใหญ่ (Heavy Duty Vehicle) จำนวน 6 ราย และผู้ผลิตและประกอบรถจักรยานยนต์จำนวน 8 ราย ซึ่งผู้ประกอบการกลุ่มนี้เป็นผู้ประกอบการขนาดใหญ่ โดยส่วนใหญ่เป็นบริษัทต่างประเทศ บางส่วนเป็นบริษัทไทย และบริษัทร่วมลงทุนกับต่างประเทศ (Joint Venture)
- ผู้ผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ลำดับที่ 1 (Tier 1) คือ ผู้จัดหาหรือผู้ผลิตชิ้นส่วนอุปกรณ์เพื่อจัดส่งให้แก่โรงงานประกอบรถยนต์โดยตรง ซึ่งต้องมีเทคโนโลยีหรือมาตรฐานตามที่ผู้ประกอบรถยนต์กำหนด รวมทั้งต้องมีความสามารถในการรับรองคุณภาพชิ้นส่วนเมื่อพบความบกพร่อง (Product Liability) โดยทั่วไปผู้ผลิตชิ้นส่วนกลุ่มนี้จะผลิตชิ้นส่วนในลักษณะ Module ซึ่งแบ่งเป็น 5 กลุ่มหลัก ได้แก่ กลุ่มระบบส่งกำลัง (Powertrain) กลุ่มระบบช่วงล่าง (Suspension) กลุ่มระบบไฟฟ้า (Electrical and Electronic) กลุ่มตัวถัง (Body) และกลุ่มชิ้นส่วนอื่นๆ (Other) โดยมีผู้ประกอบการในภาพรวมจำนวน 402 ราย เป็นผู้ผลิตชิ้นส่วนสำหรับรถยนต์ 121 ราย สำหรับผู้ประกอบการในกลุ่มนี้ส่วนใหญ่เป็นบริษัทขนาดใหญ่ และมีความหลากหลายในรูปแบบการเป็นเจ้าของ ทั้งบริษัทต่างประเทศ บริษัทไทย และการร่วมลงทุน
- ผู้ผลิตชิ้นส่วนลำดับที่ 2 (Tier 2) และ ผู้ผลิตชิ้นส่วนลำดับที่ 3 (Tier 3) โดยที่ Tier 2 คือผู้จัดหาหรือผู้ผลิตชิ้นส่วนย่อย (Component) หรือวัตถุดิบเพื่อป้อนให้แก่ผู้ผลิตชิ้นส่วนลำดับที่ 1 และ Tier 3 คือ ผู้จัดหาหรือผู้ผลิตชิ้นส่วนย่อยๆ (Sub Component) หรือวัตถุดิบเพื่อป้อนผู้ผลิตชิ้นส่วนลำดับที่ 1 และ 2 ซึ่งผู้ผลิตชิ้นส่วนลำดับที่ 2 และ 3 อาจไม่สามารถจำแนกตามกลุ่มผลิตภัณฑ์ได้ แต่สามารถจำแนกตามกระบวนการผลิตซึ่ง

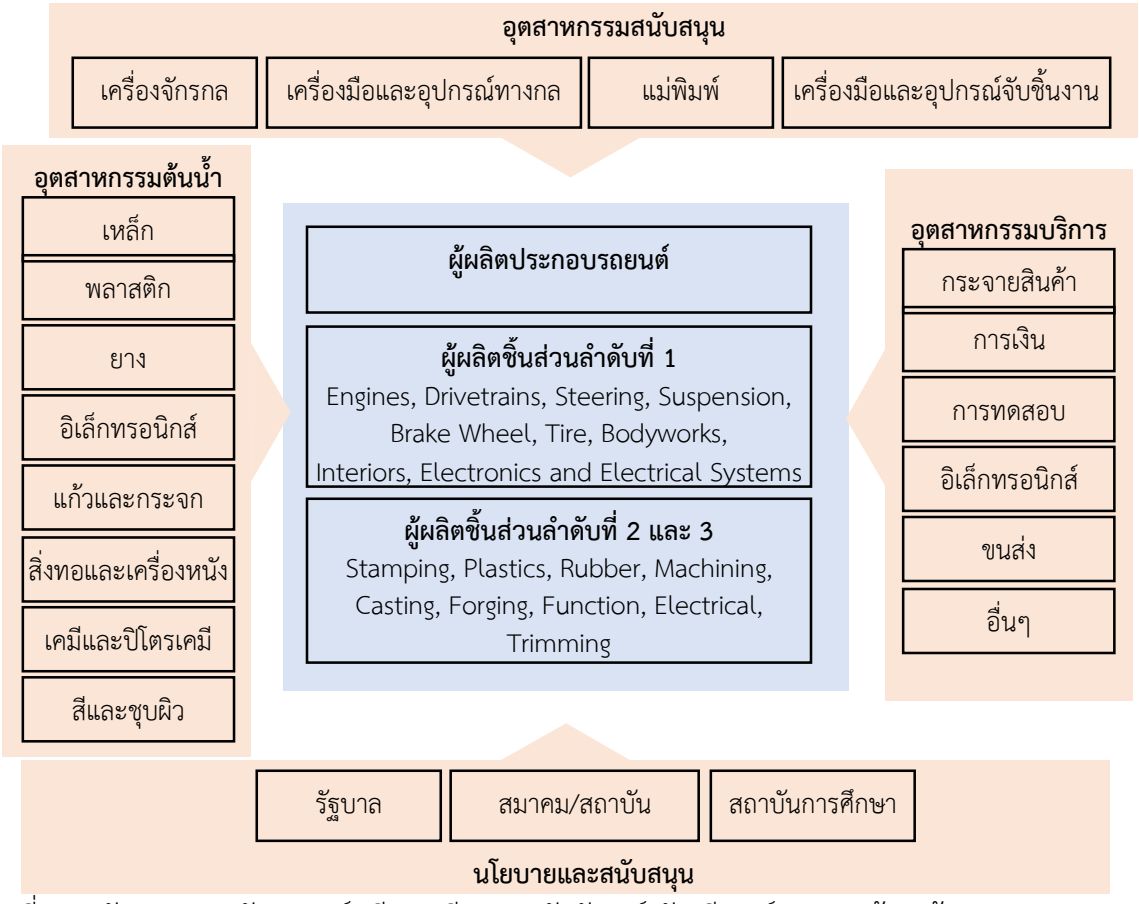
ขึ้นอยู่ประเภทของวัตถุดิบ สำหรับผู้ประกอบการในกลุ่มนี้ประมาณ 1,300 ราย[4] โดยส่วนใหญ่เป็นผู้ประกอบการไทย

2) กลุ่มกิจกรรมสนับสนุน (Support Activities) ประกอบด้วย กลุ่มอุตสาหกรรมต้นน้ำ กลุ่มอุตสาหกรรมสนับสนุน กลุ่มอุตสาหกรรมบริการ และกลุ่มนโยบายและองค์กรสนับสนุน ดังนี้

- อุตสาหกรรมต้นน้ำ (Upstream Industry) คือกลุ่มผู้ผลิตและจัดหาวัตถุดิบ ได้แก่ เหล็ก พลาสติก ยาง อิเล็กทรอนิกส์ แก้วและกระจก สิ่งทอและเครื่องหนัง เคมีและปิโตรเคมี สีและชุบผิว
- อุตสาหกรรมสนับสนุน (Support Industry) คือกลุ่มผู้ผลิตและบริการด้านเครื่องจักร ได้แก่ เครื่องจักรกล เครื่องมือและอุปกรณ์ทางกล แม่พิมพ์ เครื่องมือและอุปกรณ์จับชิ้นงาน
- อุตสาหกรรมบริการ (Service Industry) คือ กลุ่มผู้ให้บริการด้านการนำส่ง ขาย และบริการหลังการขาย ได้แก่ บริการการะจายสินค้า บริการทางการเงินและประกันภัย บริการทดสอบ บริการให้คำปรึกษาเฉพาะทาง บริการขนส่ง บริการหลังการขาย
- กลุ่มนโยบายและองค์กรสนับสนุน คือ หน่วยงานให้การสนับสนุนอุตสาหกรรมทั้งในเชิงนโยบาย เชิงเทคนิค และตลาด เช่น กลุ่มหน่วยงานภาครัฐ ทำหน้าที่วางแผนและกำหนดนโยบายระดับชาติ กลุ่มสมาคมและสถาบันเฉพาะทาง ทำหน้าที่ในการสร้างความร่วมมือระหว่างภาครัฐและเอกชน และกลุ่มสถาบันการศึกษาและสถาบันวิจัย ทำหน้าที่พัฒนาบุคลากร และพัฒนาองค์ความรู้ใหม่เพื่อป้อนสู่ภาคอุตสาหกรรม

[4] ประเมินข้อมูลโดยผู้เขียนจากสถิติผู้ประกอบการอุตสาหกรรมยานยนต์ไทย โดยสถาบันยานยนต์แห่งชาติ ณ สิงหาคม 2559.

**ภาพที่ 5 โครงสร้างอุตสาหกรรมยานยนต์ไทย**




ที่มา: ปรับปรุงจาก พัชราภรณ์ เนียมมณี และ วลัยลักษณ์ อัตรธีรวงศ์, 2556.(อ้างแล้ว) และ สุพจน์ สุขพิศาล, 2559.(อ้างแล้ว)

ด้วยอุตสาหกรรมยานยนต์เชื่อมโยงไปยังอุตสาหกรรมอื่นที่หลากหลาย จึงเป็นส่วนสำคัญต่อการสร้างผลกระทบทาง GDP และยังเป็นแหล่งการจ้างงานที่สำคัญของประเทศ โดยมีจำนวนแรงงานในแต่ละห่วงโซ่ของอุตสาหกรรมโดยประมาณ ดังนี้ 1) แรงงานของผู้ผลิตและประกอบรถยนต์ จำนวน 100,000 คน 2) ตัวแทนจำหน่าย 200,000 คน และ 3) ผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ 450,000 คน[5] ซึ่งยังไม่รวมถึงแรงงานในอุตสาหกรรมอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

[5] สุพจน์ สุขพิศาล, 2559. (อ้างแล้ว)

จากรายละเอียดในข้างต้นแสดงให้เห็นว่าอุตสาหกรรมยานยนต์ของไทยมีบทบาทอย่างยิ่งต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศ ทั้งเป็นแหล่งรายได้สู่ประเทศ การจ้างงาน และมีความเชื่อมโยงกับหลากหลายอุตสาหกรรมในประเทศ แต่ทว่าในระยะหลังอุตสาหกรรมยานยนต์ต้องเผชิญความท้าทายรายรอบด้าน ทั้งภาวะความผันผวนทางเศรษฐกิจของโลกและของประเทศ การเกิดขึ้นของคู่แข่งขันรายใหม่ ซึ่งบางรายเคยเป็นคู่ค้าสำคัญของไทยมาก่อน นอกจากจะเป็นการสูญเสียฐานลูกค้าแล้วยังต้องแข่งขันกันเพื่อแช่งชิงตลาดอื่นๆ อีกด้วย

นอกจากนี้ อุตสาหกรรมยานยนต์ไทยยังต้องเผชิญกับความท้าท้ายใหม่ จากแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการใช้พลังงานขับเคลื่อนยานยนต์ เนื่องจากปัญหาสิ่งแวดล้อมได้ถูกนำขึ้นมาเป็นประเด็นสำคัญต่อการดำเนินกิจกรรมทางเศรษฐกิจในเวทีโลก และหลายประเทศให้การตอบรับที่จะแก้ไขปัญหาดังกล่าว โดยต่างเห็นพ้องว่าภาคขนส่งเป็นหนึ่งตัวการของปัญหาสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะมลภาวะที่ปลดปล่อยจากรถยนต์ที่วิ่งบนท้องถนน จึงนำมาสู่การส่งเสริมการใช้ยานยนต์ไฟฟ้า (Electric Vehicle: EV) ทดแทนยานยนต์พลังงานเชื้อเพลิงฟอสซิล ซึ่งบริษัทผู้ผลิตรถยนต์ชั้นนำต่างตอบรับทิศทางดังกล่าว และทยอยนำรถยนต์ไฟฟ้าออกสู่ตลาดอย่างต่อเนื่อง แต่ในส่วนของประเทศไทยยังถือว่าค่อนข้างใหม่กับเทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้า และยังขาดความพร้อมทั้งในด้านการใช้งานและการผลิตอยู่พอสมควร จึงสมควรที่ต้องได้รับการส่งเสริมจากภาครัฐ เพื่อรักษาการเป็นฐานการผลิตยานยนต์ในอนาคต หากไทยไม่สามารถปรับตัวได้ทัน อาจส่งผลกระทบต่อภาคการผลิตเป็นวงกว้างได้

# ลักษณะสำคัญของเทคโนโลยีและแนวทางการพัฒนา

นับตั้งแต่มีการปฏิวัติอุตสาหกรรมเกิดขึ้น แต่ละประเทศต่างแข่งขันกันทางเศรษฐกิจด้วยการผลิตจำนวนมาก เพื่อให้เกิดความได้เปรียบทางด้านต้นทุนและสะสมความมั่งคั่ง เกิดสภาพความเป็นเมืองขยายตัว ทำให้ความต้องการสินค้า บริการ และสิ่งอำนวยความสะดวกเพิ่มมากขึ้น รวมไปถึงการขยายตัวของความต้องการใช้พลังงานภาคขนส่ง ด้วยกิจกรรมที่เกิดขึ้นต่างต้องอาศัยพลังงานเป็นตัวขับเคลื่อน ซึ่งส่วนใหญ่อาศัยพลังงานฟอสซิลเป็นแหล่งพลังงานหลัก ที่นอกจากจะมีจำนวนจำกัดแล้ว ในกระบวนการเผาไหม้ยังปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (คาร์บอนไดออกไซด์: CO2) สู่ชั้นบรรยากาศ อันเป็นสาเหตุของปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change) และภาวะโลกร้อน (Global Warming)

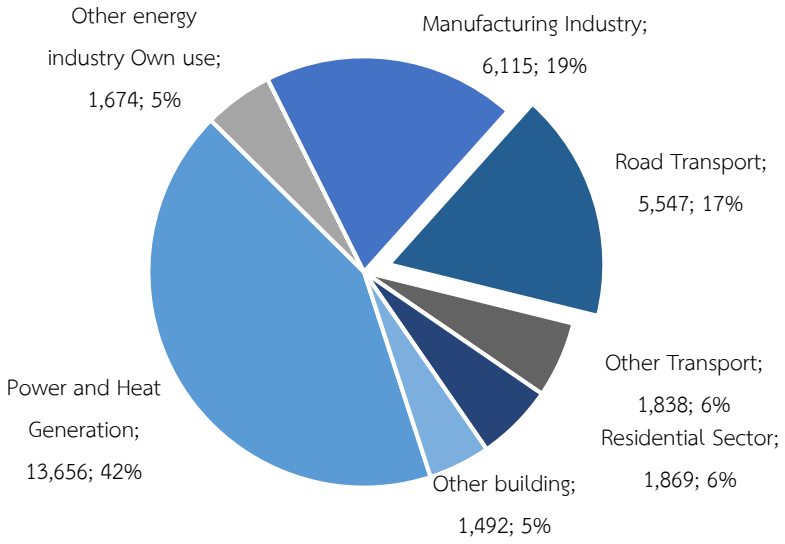
ด้วยการตระหนักถึงปัญหาที่เกิดขึ้น ในเวทีระดับนานาชาติจึงได้มีการเจรจาเพื่อรับมือกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากศภายใต้ “กรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ” (UNFCCC) เริ่มขึ้นในปี พ.ศ. 2535[14] แต่ทว่าการแข่งขันทางอุตสาหกรรมและความต้องการใช้พลังงานฟอสซิลยังคงเพิ่มขึ้น ทำให้ผลกระทบจากการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกถูกสะสมมาอย่างต่อเนื่อง จนปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเริ่มมีความรุนแรงไปทั่วโลก

นอกจากนี้ ปัญหาความขัดแย้งระหว่างประเทศในกลุ่มผู้ผลิตน้ำมันรายใหญ่ของโลกยังเกิดขึ้นเป็นระยะ ส่งผลต่อความผันผวนของราคาน้ำมันในตลาดโลก ประเทศต่างๆ ทั่วโลกจึงต่างหันมาพิจารณาประเด็นปัญหาความมั่นคงทางพลังงานและปัญหาสิ่งแวดล้อมในคราวเดียวกัน โดยในการประชุมรัฐภาคีอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศสมัยที่ 21 (Conference of Parties: COP-21) ในปี พ.ศ. 2558 ณ กรุงปารีสได้มีการเจรจาข้อตกลงเกี่ยวกับการลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ระหว่างประเทศสมาชิก 196 ประเทศ และในที่ประชุมได้มีมติรับรองข้อตกลงว่าด้วยการต่อสู้กับภาวะโลกร้อน

โดยการบรรลุข้อตกลง COP-21 มีบทบาทสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงในอุตสาหกรรมยานยนต์อย่างมาก เนื่องจากเป็นเวลานับหลายทศวรรษที่เทคโนโลยียานยนต์ขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์สันดาปภายใน (Internal Combustion Engine: ICE) โดยส่วนใหญ่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลสำหรับขับเคลื่อนตัวรถ ซึ่งมีประสิทธิภาพการใช้พลังงานอยู่ระหว่างร้อยละ 30 – 40 เท่านั้น[15] นอกจากนี้ ข้อมูลของสำนักงานพลังงานสากล (IEA)

ระบุว่า ภาคขนส่งทางถนนมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่ชั้นบรรยากาศโลกเป็นสัดส่วนร้อยละ 17 ของภาคเศรษฐกิจ ซึ่งค่อนข้างใกล้เคียงกับภาคการผลิตที่มีสัดส่วนร้อยละ 19 ดังภาพที่ 6

**ภาพที่ 6 สัดส่วนการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลทั่วโลก พ.ศ. 2556 จำแนกตามภาคเศรษฐกิจ**



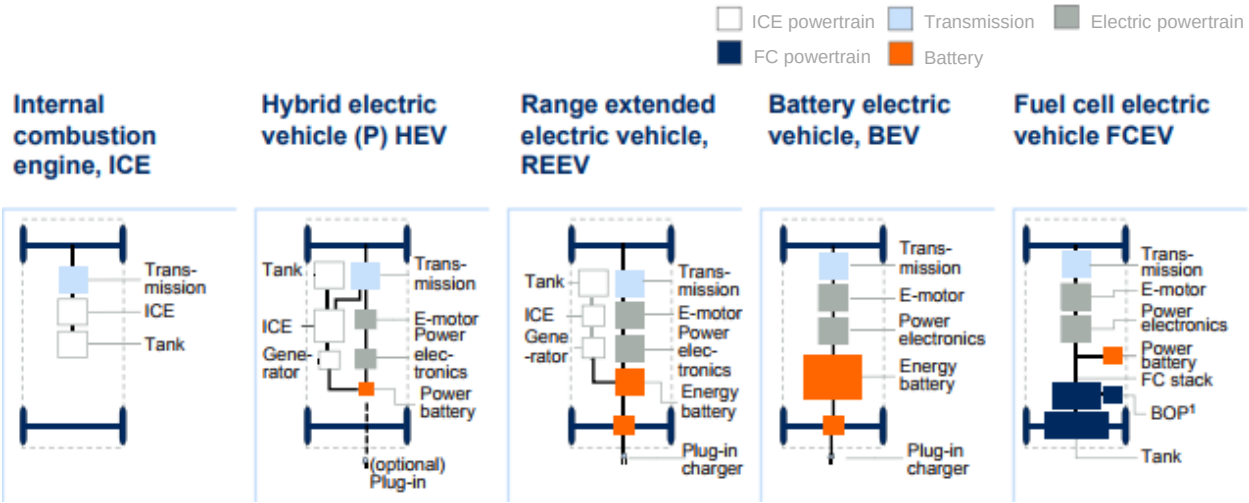

ที่มา: IEA (2015) อ้างใน PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, 2016.[16]

ด้วยความกังวลถึงปัญหาสิ่งแวดล้อมและความมั่นคงทางพลังงาน หลายประเทศทั่วโลกจึงมีมาตรการด้านต่างๆ เพื่อลดมลภาวะที่เกิดจากภาคขนส่ง ทั้งด้านประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (Energy Efficiency) ด้านพลังงานทางเลือก (Alternative Fuels) และด้านลดการใช้ยานพาหนะบนท้องถนน (Reducing Transportation Activity) แม้ว่าบริษัทผู้ผลิตรถยนต์จะมีการปรับปรุงเทคโนโลยีเครื่องยนต์สันดาปภายใน ให้มีความก้าวหน้าและประสิทธิภาพการใช้พลังงานที่สูงขึ้น แต่ในระยะยาว เครื่องยนต์สันดาปภายในยังไม่ใช่เป้าหมายเพื่อการลดการปลดปล่อยมลภาวะ[17] โดยหนึ่งในทางเลือกที่หลายประเทศให้ความสำคัญคือ การส่งเสริมการใช้ยานยนต์ไฟฟ้า (Electronic Vehicles: EV) ของประเทศ

## นิยามและการจำแนกประเภทของยานยนต์ไฟฟ้า

องค์กรพลังงานระหว่างประเทศ (IEA) ได้ให้นิยามยานยนต์ไฟฟ้าว่า ยานพาหนะที่ใช้พลังงานขับเคลื่อนโดยมอเตอร์ไฟฟ้า[6] ทั้งนี้สามารถจำแนกความแตกต่างระหว่างยานยนต์ไฟฟ้าแต่ละประเภทกับยานยนต์เครื่องยนต์สันดาปภายใน ดังภาพที่ 7

**ภาพที่ 7 ความแตกต่างระหว่างเทคโนโลยีขับเคลื่อนในยานยนต์ไฟฟ้า และยานยนต์เครื่องยนต์สันดาปภายใน**




ที่มา: McKinsey & Company, 2014.[18]

หมายเหตุ: 1) ความสมดุลขององค์ประกอบเซลเชื้อเพลิง (Balance Of Plant) ซึ่งต้องมีการรองรับกับหลายส่วนประกอบ เช่น อุปกรณ์ควบคุมความชื้น (Humidifier) เครื่องสูบ (Pump) วาล์วควบคุม (Valve) และ เครื่องอัดสารทำความเย็น (Compressor)

การจำแนกความแตกต่างระหว่างยานยนต์ไฟฟ้ากับยานยนต์เครื่องยนต์สันดาปภายใน สามารถพิจารณาได้จาก เทคโนโลยีส่งกำลัง (Powertrain) ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ

[6] อ้างถึงใน สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. (2559)

1) กลุ่มใช้เครื่องยนต์สันดาปภายในเป็นกำลังขับเคลื่อนหลัก ประกอบด้วย

- ยานยานต์เครื่องยนต์สันดาปภายในแบบดั้งเดิม (Conventional Internal Combustion Engine: ICE) เป็นเครื่องยนต์ที่ไม่พึ่งพากำลังขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า ใช้พลังงานสูงและปลดปล่อยมลภาวะจำนวนมาก และมีระยะทางการใช้งานยาว
- ยานยนต์แบบผสม (Hybrid Electric Vehicle: HEV and Plug-in HEV[7]) เป็นเครื่องยนต์ผสมระหว่างการขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์สันดาปภายในเป็นหลัก ร่วมกับการขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า และรวมถึงการใช้เทคโนโลยีปลั๊กอินเพื่อเติมพลังงานไฟฟ้าเป็นทางเลือกเสริม (Optional) สำหรับแบตเตอรี่ที่ชาร์จจากเครื่องยนต์สันดาปภายในมีขนาดเล็ก จึงสามารถขับเคลื่อนด้วยพลังงานไฟฟ้าได้เพียงระดับหนึ่ง ด้วยระดับความเร็วต่ำ และระยะทางสั้น สามารถประหยัดพลังงานมากกว่าเครื่องยนต์สันดาปภายในแบบดั้งเดิมในระยะทางที่เท่ากัน

2) กลุ่มที่ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นกำลังขับเคลื่อนหลัก ประกอบด้วย

- ยานยนต์แบบผสมขยายระยะ (Range Extended Electric Vehicle: REEV) เป็นเครื่องยนต์แบบผสมประเภทหนึ่ง ที่มีการขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าเป็นหลักใช้แบตเตอรี่ที่มีขนาดความจุต่ำกว่ายานยนต์ไฟฟ้าที่ขับเคลื่อนด้วยแบตเตอรี่ (BEV) และใช้เครื่องยนต์สันดาปภายในขนาดเล็กทำหน้าที่กำเนิดพลังงานไฟฟ้า เพื่อให้สามารถใช้งานได้ในระยะทางที่ยาวขึ้น
- ยานยนต์ไฟฟ้าที่ขับเคลื่อนด้วยแบตเตอรี่ (Battery Electric Vehicle: BEV) เป็นการขับเคลื่อนด้วยพลังงานไฟฟ้าทั้งหมด ซึ่งต้องใช้แบตเตอรี่ที่มีความจุสูง เช่น เทคโนโลยีลิเทียม-ไอออน มีระยะทางการใช้งานระดับสั้นถึงปานกลาง โดยต้องชาร์จพลังงานจากสถานีอัดประจุเท่านั้น
- ยานยนต์ไฟฟ้าแบบเซลเชื้อเพลิง (Fuel Cell Electric Vehicle: FCEV) เป็นยานยนต์ไฟฟ้าที่ใช้ระบบพลังงานจากเซลเชื้อเพลิงและขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า มีการต่อเซลเชื้อเพลิงแบบอนุกรมเวลา (Fuel Cell Stack) โดยใช้เทคโนโลยีเยื่อเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอน (Proton Exchange Membrane: PEM) ซึ่งใช้ไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิงในการขับเคลื่อน มีระยะทางการใช้งานระยะปานกลางถึงระยะยาว

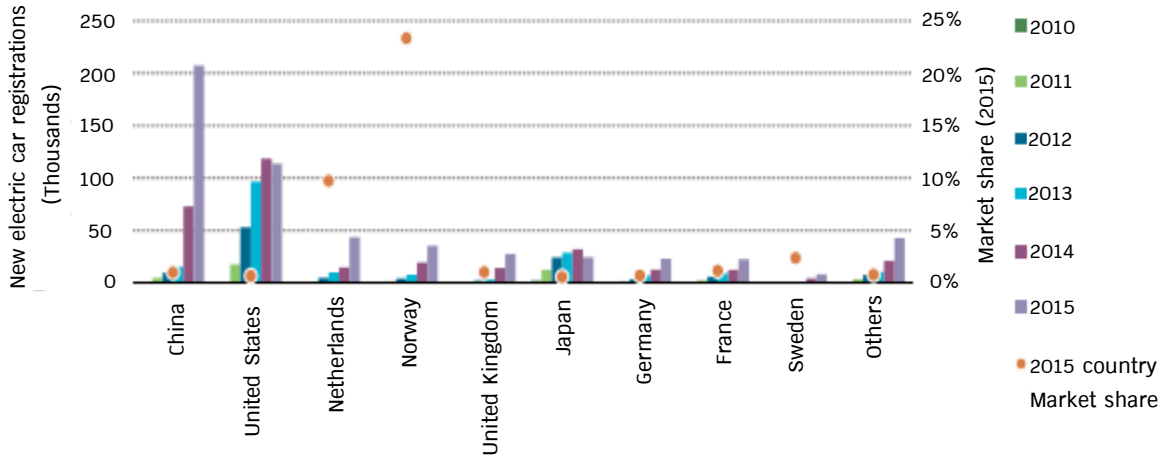
[7] PHEV สามารถใช้เทคโนโลยีขับเคลื่อนได้ทั้งแบบสันดาปภายใน และมอเตอร์ไฟฟ้า โดยขึ้นอยู่กับรูปแบบการใช้เทคโนโลยี

## สถานการณ์ยานยนต์ไฟฟ้าโลก

ตลาดรถยนต์ไฟฟ้าโลก (Electronic Vehicle Market)

จากข้อมูลสำนักงานพลังงานสากล (IEA) พบว่าปริมาณจำหน่ายรถยนต์ไฟฟ้าโลกในปี ค.ศ. 2015 เติบโตขึ้นกว่าร้อยละ 70 เป็นการจำหน่าย BEV และ PHEV รวมกันกว่า 550,000 คันทั่วโลก หากพิจารณาเป็นรายประเทศ พบว่า จีนมีจำนวนการจดทะเบียนรถยนต์ไฟฟ้าใหม่มากที่สุดประมาณ 200,000 คัน และสูงกว่าสหรัฐอเมริกาที่เคยมียอดการจดทะเบียนรถยนต์ไฟฟ้าเป็นอันดับที่ 1 มาโดยตลอด ดังภาพที่ 8

**ภาพที่ 8 จำนวนการจดทะเบียนรถยนต์ไฟฟ้าใหม่ และส่วนแบ่งตลาดรถยนต์ไฟฟ้าในประเทศสำคัญ ค.ศ. 2010 – 2015**




ที่มา: IEA, EV Outlook 2016.[19]

หากเปรียบเทียบกับส่วนแบ่งตลาดภายในประเทศของแต่ละประเทศในปี ค.ศ. 2015 แล้ว พบว่า นอร์เวย์ และ เนเธอร์แลนด์เป็น 2 ประเทศที่มีส่วนแบ่งตลาดรถยนต์ไฟฟ้าต่อตลาดรถยนต์รวมมากที่สุดในสัดส่วนร้อยละ 23 และร้อยละ 10 ตามลำดับ ขณะที่ส่วนแบ่งตลาดในจีน และสหรัฐอเมริกามีสัดส่วนเพียงร้อยละ 1 และ 0.7 เท่านั้น นอกจากนี้ยัง IEA ยังระบุว่า ฝรั่งเศส เยอรมนี เกาหลีใต้ นอร์เวย์ สวีเดน สหราชอาณาจักร และอินเดีย มียอดจำหน่ายรถยนต์ไฟฟ้าเติบโตขึ้นกว่าร้อยละ 75 แสดงให้เห็นว่า บทบาทของยานยนต์ไฟฟ้าที่กำลังขยายตัวมากขึ้น โดยเฉพาะประเทศในแถบยุโรป โดยปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการยอมรับและการใช้งานยานยนต์ไฟฟ้า คือ มาตรการทางด้านการเงิน (Financial Incentive) และ โครงสร้างพื้นฐานระบบอัดประจุไฟฟ้า (Charging

Infrastructure) รองรับ ซึ่งมีความสัมพันธ์โดยตรงกับการเติบโตของส่วนแบ่งตลาดรถยนต์ไฟฟ้า[8] จึงกล่าวได้ว่าภาครัฐเป็นผู้มีบทบาทสำคัญยิ่งต่อการเปลี่ยนผ่านสู่เทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้าของแต่ละประเทศ

<u>นโยบายส่งเสริมยานยนต์ไฟฟ้าในต่างประเทศ</u>

การเปลี่ยนผ่านสู่เทคโนโลยีใหม่ โดยเฉพาะเทคโนโลยีที่แตกต่างโดยสิ้นเชิงจากเดิม มักเกิดต้นทุนและข้อจำกัดต่อการยอมรับของผู้บริโภคในหลายประการ อาทิ ต้นทุนของการปรับเปลี่ยน ความคุ้นเคย และประสิทธิภาพการใช้งาน เป็นต้น ซึ่งการส่งเสริมให้ประชาชนหรือผู้บริโภคเปลี่ยนสู่การใช้รถยนต์ไฟฟ้าก็มีลักษณะเช่นเดียวกัน แม้ว่าประโยชน์ที่ได้รับจากการใช้ยานยนต์ไฟฟ้าคือ การลดมลภาวะ ลดปัญหาภาวะโลกร้อน และสร้างความมั่นคงทางพลังงานก็ตาม แต่ประเด็นดังกล่าวเป็นเป้าหมายของรัฐบาล ในขณะที่ผู้บริโภคยังมีอุปสรรคสำคัญต่อการตัดสินใจเปลี่ยนไปใช้ยานยนต์ไฟฟ้า เช่น ข้อจำกัดด้านระยะทางการใช้งาน (Range Limitation) ใช้ระยะเวลาเติมเชื้อเพลิงนาน (Long Refuelling Time) ต้นทุนยานพาหนะสูง (Higher Purchasing Cost) และผู้บริโภคมีทางเลือกน้อย (Lack of Consumer Choice)[20] รวมไปถึงความพร้อมจำนวนสถานีอัดประจุไฟฟ้า (Charging Station)[21] ดังนั้นหลายประเทศที่ให้ความสำคัญกับยานยนต์ไฟฟ้าจึงให้การส่งเสริมทั้งรูปแบบอุปสงค์ดึง (Demand Pull) และเทคโนโลยีผลัก (Technology Push) ดังนี้

*มาตรการอุปสงค์ดึง (Demand Pull)*

การสร้างอุตสาหกรรมใหม่ให้เกิดขึ้นได้จำเป็นต้องมีอุปสงค์ขึ้นมารองรับเพื่อเป็นตลาดให้แก่ผู้ผลิต เนื่องจากเป็นการสร้างผลิตภัณฑ์หรือเทคโนโลยีใหม่ จึงต้องใช้เวลาในการสร้างความเชื่อมั่นและความคุ้นชินเพื่อให้เกิดการยอมรับจากผู้บริโภค ยานยนต์ไฟฟ้าถือเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ที่มีความแตกต่างไปจากยานยนต์แบบเครื่องยนต์สันดาปภายในโดยสิ้นเชิง หลายประเทศส่งเสริมการใช้ยานยนต์ไฟฟ้าด้วยการกระตุ้นทางอุปสงค์ โดยเฉพาะมาตรการที่เป็นแรงจูงใจทางการเงิน (Financial Incentive) เพื่อโน้มน้าวประชาชนให้เปลี่ยนมาให้ยานยนต์ไฟฟ้ามากขึ้น ดังตัวอย่างของกลุ่มประเทศผู้ริเริ่มยานยนต์ไฟฟ้า (Electrical Vehicle Initiative: EVI) ดังตารางที่ 1

[8] Sierzchula et al, 2014 and Li et al., 2016 อ้างใน IEA. EV Outlook 2016 (อ้างแล้ว)

**ตารางที่ 1 มาตรการจูงใจทางการด้านเงินเพื่อการจัดซื้อยานยนต์ไฟฟ้าในกลุ่มประเทศผู้ริเริ่มยานยนต์ไฟฟ้า**

| ประเทศสมาชิก EVI | มาตรการจูงใจการซื้อรถยนต์ไฟฟ้า |
|---|---|
| จีน | ลดภาษีสรรพสามิต (Excise Tax) และภาษีการครอบครองรถยนต์ (Acquisition Tax) สำหรับยานยนต์ไฟฟ้าตามขนาดความจุเครื่องยนต์และราคา ในวงเงินระหว่าง 6,000 เหรียญสหรัฐฯ ถึง 10,000 เหรียญสหรัฐฯ |
| ฝรั่งเศส | ให้เงินคืน (Bonus/Malus Feebate Scheme) สำหรับ<br>-BEV (รถยนต์ที่สามารถปล่อย CO2 ได้ต่ำกว่า 20 กรัมต่อกิโลเมตร) จะได้รับคืน 7,100 เหรียญสหรัฐฯ<br>-PHEV (รถยนต์ที่ปล่อย CO2 ระหว่าง 20 กรัม ถึง 60 กรัม ต่อกิโลเมตรจะได้รับคืน 1,100 เหรียญสหรัฐฯ<br>-เปลี่ยนจากรถยนต์ดีเซลเป็น BEV จะได้รับเงินคืน 11,000 เหรียญสหรัฐฯ<br>-เปลี่ยนจากรถยนต์ดีเซลเป็น PHEV จะได้รับเงินคืน 4,000 เหรียญสหรัฐฯ |
| ญี่ปุ่น | อุดหนุนเงินส่วนต่างระหว่างราคารถยนต์ไฟฟ้ากับรถยนต์เบนซินในวงเงินสูงสุดถึงประมาณ 7,800 เหรียญสหรัฐฯ |
| เนเธอร์แลนด์ | ยกเว้นการจ่ายภาษีทะเบียนรถยนต์สำหรับรถยนต์ที่มีการปล่อย CO2 เป็น ศูนย์ และเรียกเก็บภาษีรถยนต์ตามระดับของการปล่อย CO2 เริ่มต้นที่ PHEV ที่ปล่อย CO2 ได้ต่ำกว่า 80 กรัมต่อกิโลเมตรจ่าย 6 ยูโรต่อกรัมต่อกิโลเมตร ส่วนรถยนต์ดีเซลที่มีการปล่อย CO2 ขนาด 70 กรัมต่อกิโลเมตร จ่าย 86 ยูโรต่อกรัมต่อกิโลเมตร |
| นอร์เวย์ | ยกเว้นภาษีซื้อประมาณ 12,000 เหรียญสหรัฐฯ และยกเว้นภาษีมูลค่าเพิ่มร้อยละ 25 ของราคาขายที่ไม่รวมภาษีเฉพาะรถยนต์ BEV |
| โปรตุเกส | ยกเว้นภาษีจดทะเบียนรถยนต์และภาษีรถยนต์ประจำปีประมาณ 1,400 เหรียญสหรัฐ สำหรับ BEV ขณะที่ผู้เปลี่ยนรถยนต์ไปใช้ BEV จะได้รับเงินคืนอีก 5,000 เหรียญสหรัฐฯ |
| สวีเดน | คืนเงิน 4,400 เหรียญสหรัฐฯ สำหรับรถยนต์นั่งที่มีการปล่อย CO2 ต่ำกว่า 50 กรัมต่อกิโลเมตร |
| สหราชอาณาจักร | ให้เงินอุดหนุดเพื่อการซื้อรถยนต์ไฟฟ้า BEV จำนวน 6,300 เหรียญสหรัฐฯ สำหรับรถยนต์นั่งทั่วไป และ 11,200 เหรียญสหรัฐฯ สำหรับรถยนต์พาณิชย์ขนาดเล็ก ในส่วนของ PHEV ราคาต่ำกว่า 84,000 เหรียญสหรัฐฯ จะได้รับการอุดหนุนประมาณ 3,500 เหรียญสหรัฐฯ |
| สหรัฐอเมริกา | นโยบายประเทศให้เครดิตภาษี (Tax Credit) วงเงินสูงสุด 7,500 เหรียญสำหรับรถยนต์ไฟฟ้า ขณะที่ในแต่ละรัฐยังมีนโยบายสนับสนุนโดยเฉพาะ อาทิ รัฐแคลิฟอร์เนียอุดหนุนการซื้อรถยนต์ไฟฟ้า 2,500 เหรียญสหรัฐฯ สำหรับรถยนไฟฟ้าทั่วไป และ 7,500 เหรียญสหรัฐฯ สำหรับ FCEV หรือ รัฐโคโลราโดให้เครดิตภาษีรายได้สูงสุดถึง 6,000 เหรียญสหรัฐฯ เป็นต้น |

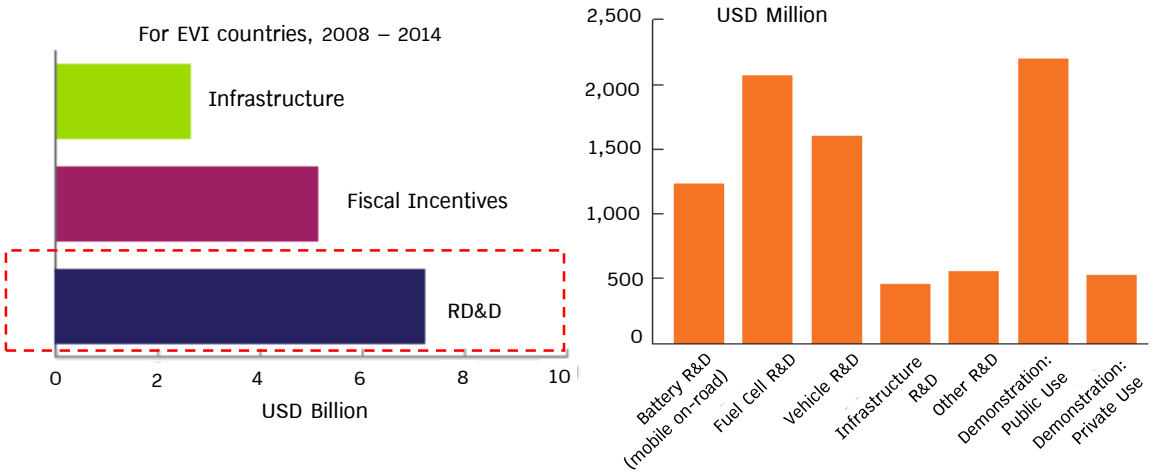
ที่มา: IEA, EV Outlook 2016 (อ้างแล้ว)

นอกเหนือกระตุ้นอุปสงค์การจัดซื้อยานยนต์ไฟฟ้าด้วยมาตรการทางการเงินแล้ว หลายประเทศยังมีการใช้มาตรการอื่นควบคู่กัน เช่น เพิ่มความเข้มงวดของระดับมาตรฐานมลพิษไอเสีย (Tailpipe Emission Standards) การยกเว้นภาษีรถยนต์ประจำปี การยกเว้นภาษีการใช้ถนน หรือการอนุญาตให้ใช้พื้นที่ซึ่งปกติเป็นข้อห้ามสำหรับรถยนต์ทั่วไป เช่น ช่องรถประจำทาง หรือพื้นที่ห้ามจอด เป็นต้น

*มาตรการเทคโนโลยีผลัก (Technology Push)*

การผลักให้เกิดการใช้งานด้วยเทคโนโลยีเป็นการนำเสนอเทคโนโลยีเพื่อกำหนดความต้องการของตลาดต่อผลิตภัณฑ์ใหม่ ทั้งนี้ การผลักดันทางด้านเทคโนโลยีต้องแสดงถึงความพร้อมในด้านต่างๆ ที่จัดหาโดยเทคโนโลยีนั้นๆ ด้วย โดยในระหว่างปี ค.ศ. 2008 – 2014 พบว่า การส่งเสริมด้านวิจัย พัฒนาและสาธิตที่ใช้จ่ายโดยภาครัฐมีมูลค่ามากกว่า 7 พันล้านเหรียญสหรัฐฯ สูงกว่าการใช้จ่ายเพื่อขยายโครงสร้างพื้นฐาน และการใช้จ่ายสำหรับมาตรการจูงใจทางภาษี โดยกิจกรรมวิจัย พัฒนาและสาธิตที่มีการใช้จ่ายโดยรัฐสูงเป็นอันดับต้นๆ ได้แก่ การสาธิตใช้ในยานยนต์สาธารณะ การวิจัยและพัฒนาเซลล์เชื้อเพลิง การวิจัยและพัฒนายานยนต์ไฟฟ้า และการวิจัยและพัฒนาแบตเตอรี่ ตามลำดับ ดังภาพที่ 9

**ภาพที่ 9 การใช้จ่ายเพื่อส่งเสริมยานยนต์ไฟฟ้าโดยภาครัฐของประเทศสมาชิก EVI ระหว่าง ค.ศ. 2008 - 2014**



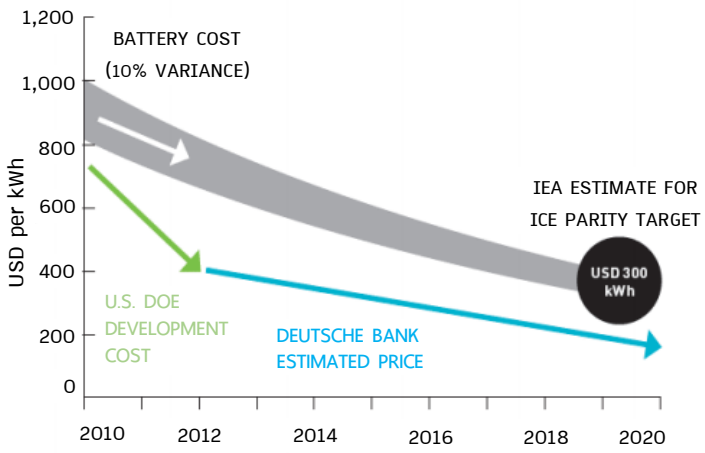

ที่มา: IEA, Global EV Outlook 2013.[22] and Global EV Outlook 2015.[23]

## การพัฒนาเทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้าโลก

แบตเตอรี่ มอเตอร์และระบบขับเคลื่อน และวัสดุน้ำหนักเบา[9] เป็นส่วนประกอบสำคัญของยานยนต์ไฟฟ้าที่กำลังได้รับการพัฒนา ทั้งในเชิงสมรรถนะ ประสิทธิภาพ และต้นทุน เพื่อเป็นการสร้างความมั่นใจแก่ผู้บริโภคในการเปลี่ยนมาใช้ยานยนต์ไฟฟ้าทดแทนยานยนต์เครื่องยนต์สันดาปภายใน ดังนี้

*แบตเตอรี่* เป็นส่วนประกอบสำคัญหนึ่งของยานยนต์ไฟฟ้า โดยแบตเตอรี่นำมาใช้งานกับยานยนต์ไฟฟ้า แบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่ 1) แบตเตอรี่ตะกั่วกรด (Lead Acid Battery) 2) แบตเตอรี่นิกเกิลเมทัลไฮดราย (Nickel Metal Hydride Battery) และ 3) แบตเตอรี่ลิเทียม (Lithium Battery) ซึ่งในปัจจุบัน แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน ได้รับความสนใจและนิยมเป็นอย่างมากในการนำมาใช้งานกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ รวมถึงยานยนต์ไฟฟ้า เนื่องจากแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน มีพลังงานและกำลังจำเพาะสูงกว่า 200 วัตต์ชั่วโมงต่อกิโลกรัม และมีอายุการใช้งานนานกว่าแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรด และแบตเตอรี่นิเกิลเมทัลไฮดราย ที่มีค่าพลังงานจำเพาะประมาณ 50 และ 120 วัตต์ชั่วโมงต่อกิโลกรัมเท่านั้น อย่างไรก็ตาม ต้นทุนของแบตเตอรี่ชนิดนี้ยังมีต้นทุนสูงเมื่อเปรียบเทียบกับแบตเตอรีตะกั่วกรด และนิเกิลเมทัลไฮดราย ทั้งนี้ จากการประเมินไว้ในรายงาน Global EV Outlook ปี ค.ศ. 2013 ของ IEA ได้คาดการณ์ไว้ว่า ตลาดแบตเตอรี่ลิเทียมของโลกจะมีการเติบโตขึ้นอย่างรวดเร็ว และเมื่อเกิดกระแสการใช้รถยนต์ฟ้าในวงกว้างจะทำให้ราคาแบตเตอรี่ลิเทียมจะลดลงไปอยู่ที่ประมาณ 300 เหรียญสหรัฐฯ ต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง (kWh) ในปี ค.ศ. 2020

**ภาพที่ 10 ประมาณการต้นทุนแบตเตอรี่ ค.ศ. 2010 – 2020**




ที่มา: IEA, Global EV Outlook 2013.(อ้างแล้ว)

[9] สามารถอ่านเนื้อหาโดยละเอียดได้ใน สวทช. (2559).

*มอเตอร์และระบบขับเคลื่อน* มอเตอร์ที่ใช้ในการขับเคลื่อนยานยนต์ไฟฟ้าออกได้เป็น 3 ประเภทหลัก คือ 1) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current: DC) 2) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating Current: AC) และ 3) มอเตอร์โครงสร้างอื่น เช่น มอเตอร์แบบ Switched Reluctance (SRM) และ มอเตอร์แบบ Axial-Flux

ปัจจุบัน ผู้ผลิตมอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้สำหรับยานยนต์ไฟฟ้าหลักมีการพัฒนายานยนต์ไฟฟ้ารุ่นใหม่อย่างต่อเนื่อง แม้ว่ามอเตอร์ที่ใช้ในยานยนต์ไฟฟ้าจะมีราคาสูงเมื่อเปรียบเทียบกับมอเตอร์ที่ใช้สำหรับยานยนต์ปกติทั่วไป แต่ยังคงมีความต้องการที่เพิ่มขึ้นราวร้อยละ 20 เนื่องจากในระยะยาวสามารถประหยัดต้นทุนในการบริโภคพลังงานดีกว่า ทั้งนี้ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับมีจุดเด่นที่แตกต่างกัน โดยมอเตอร์กระแสสลับมีราคาถูกกว่าและมีน้ำหนักเบา แต่มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงกลับมีชุดควบคุมมอเตอร์ที่ถูกกว่า เนื่องจากมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับอาศัยชุดอิเล็กทรอนิกส์เพื่อทำหน้าที่แปลงกระแสไฟ (Inverter) จากแบตเตอรี่ ขณะที่มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงไม่จำเป็นต้องมีอุปกรณ์ที่ซับซ้อน แม้ว่า มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงสำหรับรถยนต์ไฟฟ้ามีการใช้งานสูงเนื่องจากผู้ผลิตต้องการควบคุมทางด้านราคา ทว่าแนวโน้มชุดอิเล็กทรอนิกส์ที่มีราคาถูกลงประกอบกับผู้ผลิตที่ใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับมีปรับปรุงประสิทธิภาพและน้ำหนักให้เบาลง จึงทำให้แนวโน้มรถยนต์ไฟฟ้ามอเตอร์กระแสสลับมีจำนวนเพิ่มขึ้นเช่นกัน[24]

*วัสดุน้ำหนักเบา* ปัจจุบันผู้ผลิตยานยนต์ได้มีความพยายามอย่างมากในการลดน้ำหนักชิ้นส่วนโครงสร้างและตัวถังให้มีน้ำหนักเบาลง เพื่อให้สามารถประหยัดพลังงานได้ดีขึ้น โดยทิศทางการใช้วัสดุในการทำโครงสร้างตัวถังของยานยนต์ไฟฟ้านั้นมุ่งเน้นใช้เทคโนโลยีต่างๆ ดังนี้ 1) เหล็กกล้าความแข็งแรงสูงพิเศษ (Advanced High Strength Steel (AHSS)) 2) อะลูมิเนียม (Aluminum) 3) คอมโพสิต (Composites Material) และ 4) คาร์บอนไฟเบอร์ (Carbon Fiber) ในระยะสั้น วัสดุที่นำมาพัฒนาสำหรับใช้ในยานยนต์ไฟฟ้าเป็นวัสดุคอมโพสิตที่ใช้ไฟเบอร์ ไททาเนียม และอลูมิเนียม ขณะที่ในระยะยาววัสดุที่ทำจากแมกนีเซียมผสม (Magnesium alloy) อลูมิเนียมผสม และ คาร์บอนไฟเบอร์จะได้รับการพัฒนามากขึ้น เนื่องจากสามารถสามารถช่วยลดน้ำหนักลงกว่าการใช้เหล็กหล่อ (Cast iron) ที่ใช้ทำตัวถังรถในปัจจุบันได้ถึงร้อยละ 30 – 70

จากทิศทางการพัฒนายานยนต์ไฟฟ้าที่กล่าวถึงข้างต้น แสดงให้เห็นว่า สมรรถนะ ประสิทธิภาพ และราคา ยังเป็นประเด็นสำคัญที่ต้องได้รับการพัฒนาและปรับปรุง เพื่อดึงดูดความสนใจและความต้องการจากผู้บริโภค รัฐบาลในหลายประเทศโดยเฉพาะในประเทศผู้ผลิตยานยนต์ชั้นนำต่างให้ความสำคัญกับการลงทุนด้านวิจัยและพัฒนา โดยเน้นการเพิ่มประสิทธิภาพและสมรรถนะการใช้งาน และลดต้นทุนของแบตเตอรี่ ดังตัวอย่างกรณีศึกษาของสหรัฐอเมริกาและจีน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

*สหรัฐอเมริกา* ได้จัดทำพิมพ์เขียว EV Everywhere โดยกระทรวงพลังงาน (Department of Energy) ในปี ค.ศ. 2013 โดยกำหนดเป้าหมายการวิจัยและพัฒนาเพื่อเพิ่มสมรรถนะและลดต้นทุนยานยนต์ไฟฟ้าแบบผสมเสียบปลั๊ก (PHEV) ซึ่งมีค่าตัวชี้วัดเป้าหมายของปี ค.ศ. 2022 เปรียบเทียบกับปี ค.ศ. 2012 ในส่วนประกอบสำคัญ ได้แก่ แบตเตอรี่ ระบบขับเคลื่อน และวัสดุน้ำหนักเบา ดังนี้[25]

- แบตเตอรี่ พัฒนาให้มีราคาลดลง 4 เท่า อายุการใช้งานที่ยาวนานขึ้น 2 เท่า และมีน้ำหนักลดลง 2 เท่า

**ตารางที่ 2 เป้าหมายการพัฒนาแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้าของสหรัฐอเมริกา**

| รายการ | หน่วย | ค.ศ. 2012 | ค.ศ. 2022 |
|---|---|---|---|
| ต้นทุนแบตเตอรี่ | เหรียญสหรัฐฯ ต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง | 500 | 125 |
| ค่าพลังงานจำเพาะ | วัตต์ชั่วโมงต่อกิโลกรัม | 100 | 250 |
| ค่ากำลังจำเพาะ | วัตต์ต่อกิโลกรัม | 400 | 2,000 |

ที่มา: DOE, Grand Challenge Blueprint, 2013. (อ้างแล้ว)

- ระบบการขับเคลื่อนไฟฟ้า พัฒนาเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มสมรรถนะและลดต้นทุนของอุปกรณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลังขั้นสูง (Advanced Power Electronics) มอเตอร์ไฟฟ้า (Electric Motor) ระบบลากจูง (Traction Drive System) และการเก็บประจุไฟฟ้าในรถยนต์ (On-board Charger) โดยมีเป้าหมายลดต้นทุนลง 4 เท่า ขนาดลดลงร้อยละ 35 น้ำหนักลดลงร้อยละ 40 และลดการสูญเสียพลังงานร้อยละ 40

**ตารางที่ 3 เป้าหมายการพัฒนาระบบการขับเคลื่อนยานยนต์ไฟฟ้าของสหรัฐอเมริกา**

| รายการ | หน่วย | ค.ศ. 2012 | ค.ศ. 2022 |
|---|---|---|---|
| ต้นทุนระบบ | เหรียญต่อกิโลวัตต์ | 30 | 8 |
| ค่ากำลังจำเพาะ | กิโลวัตต์ต่อกิโลกรัม | 1.1 | 1.4 |
| ค่าความหนาแน่นกำลังไฟฟ้า | กิโลวัตต์ต่อลิตร | 2.6 | 4.0 |
| ประสิทธิภาพของระบบ | ร้อยละ | 90 | 94 |

ที่มา: DOE, Grand Challenge Blueprint, 2013. (อ้างแล้ว).

- ยานพาหนะน้ำหนักเบา (Vehicle Lightweight) การลดน้ำหนักของโครงสร้างยานยนต์ไฟฟ้า เพื่อช่วยขยายระยะการเดินทาง ลดขนาดและต้นทุนของแบตเตอรี่ ตลอดจนใช้เทคนิคการออกแบบให้สามารถใช้จำนวนวัสดุน้อยที่สุดหรือลดวงจรมากขึ้น เพื่อให้ต้นทุนต่ำลง

**ตารางที่ 4 เป้าหมายการลดน้ำหนักยานยานไฟฟ้าของสหรัฐอเมริกาในปี ค.ศ. 2022 เปรียบเทียบ ค.ศ. 2012**

| รายการ | ตัวถัง (Body) | อุปกรณ์ภายใน (Interior) | ช่วงล่าง (Chassis/ Suspension) | น้ำหนักตัวรถทั้งหมด (Total Vehicle) |
|---|---|---|---|---|
| น้ำหนักที่ลดลง (ร้อยละ) | 35 | 5 | 25 | 30 |

ที่มา: DOE, Grand Challenge Blueprint, 2013. (อ้างแล้ว)

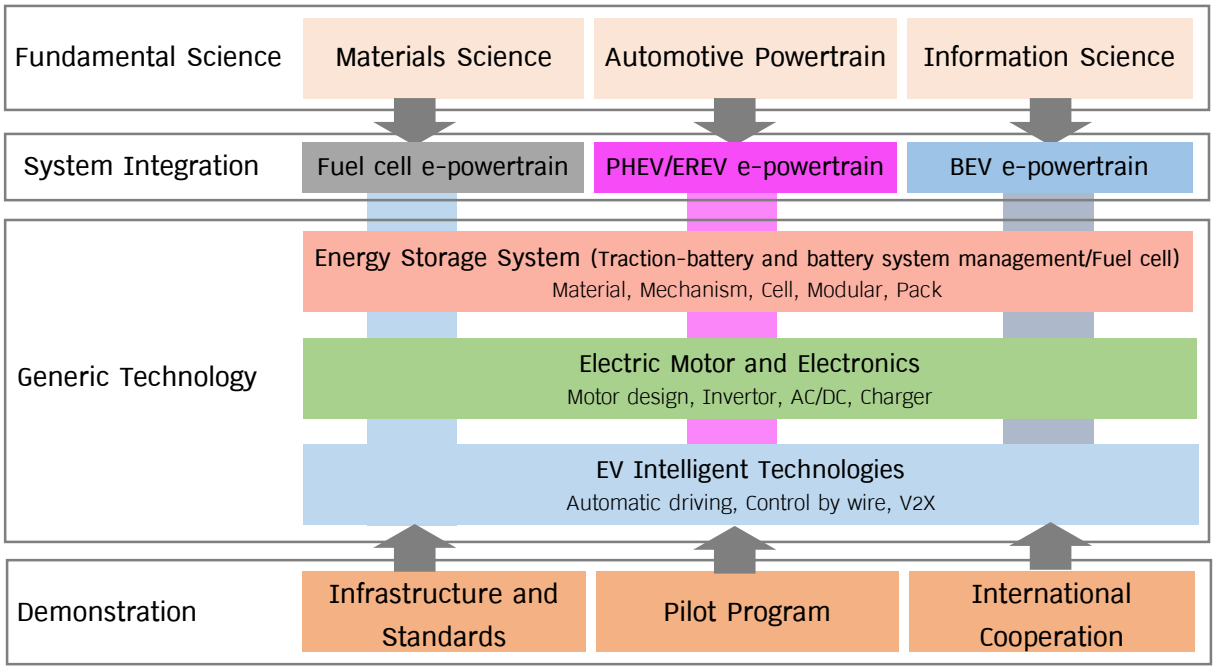
ในส่วนของการขยายความครอบคลุมโครงสร้างพื้นฐานระบบอัดประจุไฟฟ้ามีแนวทางการพัฒนาเพื่อส่งเสริมการใช้งาน คือ จัดทำข้อมูลและคู่มือแนะนำจุดให้บริการอัดประจุ การพัฒนาหลักเกณฑ์และมาตรฐานการอัดประจุ การอนุญาตให้บริการสถานีอัดประจุ การทำป้ายสัญญาณสถานีอัดประจุ ตลอดจนการพัฒนาการจ่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ (Grid) เป็นต้น

*สาธารณรัฐประชาชาจีน* มีเป้าหมายการพัฒนาอุตสาหกรรมยานยนต์ไฟฟ้าหรือยานยนต์พลังงานทางเลือกใหม่ (New Energy Vehicle: NEV) ภายใต้แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม 5 ปี (5-Year Plan) โดยแผนฯ ฉบับที่ 10 (ค.ศ. 2001 – 2005) มีเป้าหมายสร้างฐานยานยนต์พลังงานทางเลือกให้เกิดขึ้น โดยเน้นยานยนต์ไฟฟ้าแบบผสม (HEV) ต่อมาในแผนฯ ฉบับที่ 11 (ค.ศ. 2006 – 2010) เน้นขยายจากระยะการสร้างฐานสู่ระยะการสาธิต ซึ่งในระยะนี้มีการผลิตยานยนต์ไฟฟ้าแบบผสมเสียบปลั๊ก (PHEV) และแบตเตอรี่สำหรับยานยนต์ไฟฟ้าในจีนจำนวนมากขึ้น จนกระทั่งแผนฯ ฉบับที่ 12 (ค.ศ. 2011 – 2015) เป็นช่วงของการนำผลิตภัณฑ์สู่ตลาด รวมไปถึงการพัฒนาแบตเตอรี่อย่างต่อเนื่อง[26]

เพื่อเป็นการยกระดับความสามารถในการแข่งขันบนเวทีโลก ภายใต้แผนฉบับที่ 13 (ค.ศ. 2016 – 2020) จีนจึงมีแผนการเชื่อมโยงงานวิจัยและพัฒนาและห่วงโซ่อุตสาหกรรมเข้าด้วยกัน และพัฒนาเป็นแนวทางการวิจัยและพัฒนายานยนต์พลังงานทางเลือกในเทคโนโลยี 6 ด้าน ประกอบด้วย 1) ระบบการกักเก็บพลังงาน (Energy Storage System) 2) มอเตอร์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (Electric Motor and Electronics) 3) เทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้าอัจฉริยะ (EV Intelligent Technologies) 4) กำลังส่งยานยนต์ไฟฟ้าแบบผสมเสียบ

ปลั๊ก (PHEV) และ ยานยนต์แบบผสมขยายระยะ (REEV) 5) ระบบส่งกำลังเซลล์เชื้อเพลิง (Fuel Cell Powertrains) และ 6) ระบบส่งกำลังแบตเตอรี่ไฟฟ้า (Battery Electric Powertrains) ทั้งนี้ จีนได้ตั้งเป้าหมายการใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าบนท้องถนนจำนวน 5 ล้านคันในปี ค.ศ. 2020[27]

**ภาพที่ 11 แผนการวิจัยและพัฒนายานยนต์พลังงานทางเลือกภายใต้แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมฉบับที่ 13 (ค.ศ. 2016 – 2020)**




ที่มา: Du, J.et al., 2017. (อ้างแล้ว)

นอกจากนี้ จีนยังได้จัดทำความริเริ่ม “Made in China 2025”[28] เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการจัดทำยุทธศาสตร์อุตสาหกรรมการผลิตของประเทศ เพื่อมุ่งสู่การเป็นประเทศอุตสาหกรรมผู้ทรงอิทธิพลนั้น ได้กำหนดให้ยานยนต์ประหยัดพลังงานและยานยนต์พลังงานทางเลือกใหม่อยู่ใน 11 สาขามุ่งเป้า โดยจีนจะให้การสนับสนุนยานยนต์ไฟฟ้าและยานยนต์เซลล์เชื้อเพลิงอย่างต่อเนื่อง โดยเน้นเทคโนโลยีคาร์บอนต่ำ (Low carbon) การจัดให้เป็นรูปแบบข้อมูล (Informatization) และเทคโนโลยีอัจฉริยะ (Intelligence)

ตลอดจนการปรับปรุงความสามารถด้านวิศวกรรมและการทำให้เป็นอุตสาหกรรมของเทคโนโลยีหลัก เช่น แบตเตอรี่ มอเตอร์ขับเคลื่อน เครื่องยนต์สันดาปภายในประสิทธิภาพสูง เกียร์เปลี่ยนอัตราทด (Derailleurs) วัสดุน้ำหนักเบา และ ระบบควบคุมอัจฉริยะ พร้อมทั้งสร้างระบบเชื่อมโยงอุตสาหกรรมและนวัตกรรมที่สมบูรณ์

ตั้งแต่ชิ้นส่วนสำคัญจนถึงการประกอบรถยนต์ทั้งคัน รวมไปถึง การส่งเสริมรถยนต์ประหยัดพลังงานและพลังงานทางเลือกใหม่ภายใต้แบรนด์อิสระ (Independent Brands) สู่ระดับสากล

โดยในปี ค.ศ. 2020 จีนความหวังว่าสามารถพัฒนายานยนต์ไฟฟ้าได้ด้วย Independent Research และในปี 2025 ส่วนแบ่งตลาดของอุปกรณ์ระดับสูง (High-end) อันเกิดจาก Independent Intellectual Property จะเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ และการพึ่งพาเทคโนโลยีหลักจากภายนอกจะทยอยลดลง ซึ่งจะทำให้จีนสามารถพัฒนาชิ้นส่วนพื้นฐานได้เพิ่มมากขึ้น และอุปกรณ์ในสาขาหลักมุ่งเป้าสามารถยกระดับสู่มาตรฐานขั้นสูงในระดับนานาชาติได้

จากตัวอย่างข้างต้นเห็นได้ว่า แบตเตอรี่คือส่วนประกอบสำคัญของยานยนต์ไฟฟ้าที่แต่ละประเทศต่างมุ่งวิจัยและพัฒนา รวมไปถึงส่วนกำลังขับเคลื่อน และโครงสร้างน้ำหนักเบา นอกจากนี้ การลงทุนด้านโครงสร้างพื้นฐานระบบอัดประจุ ระบบจ่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ (Grid) การจัดทำมาตรฐาน และที่สำคัญคือการสาธิตใช้งานยานยนต์สาธารณะ ถูกนำมาใช้เป็นแรงผลักทางเทคโนโลยีเพื่อการส่งเสริมยานยนต์ไฟฟ้าในแต่ละประเทศ

# การส่งเสริมยานยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทย

## สถานการณ์ยานยนต์ไฟฟ้าในไทย

การใช้งานยานยนต์ไฟฟ้า

การใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าภายในประเทศในภาพรวมมีทิศทางเพิ่มขึ้น แต่ยังถือว่ามีจำนวนเพียงเล็กน้อยเท่านั้นเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้รถยนต์เครื่องยนต์สันดาปภายใน สามารถพิจารณาได้จากสถิติข้อมูลการ จดทะเบียนรถใหม่ของกรมขนส่งทางบก โดยที่การจดทะเบียนรถใหม่เพิ่มขึ้นจาก 2.77 ล้านคันในปี พ.ศ. 2558 เป็น 2.87 ล้านคัน ในปี พ.ศ. 2559 ซึ่งเป็นยอดจำนวนการจดทะเบียนรถแบบผสมจาก 7,629 คัน เพิ่มขึ้นเป็น 9,577 คัน และรถไฟฟ้าเพิ่มขึ้นจาก 76 คัน เป็น 161 คัน ซึ่งรถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 ที่นั่งเป็นกลุ่มที่มีการใช้เชื้อเพลิงทางเลือกมากที่สุดโดยเฉพาะรถแบบผสม ขณะที่รถจักรยานยนต์และรถโดยสารมีการจดทะเบียนรถเชื้อเพลิงทางเลือกใหม่ในกลุ่มรถไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว อย่างไรก็ตาม ข้อมูลสถิติของกรมขนส่งทางบกยังมิได้จำแนกระหว่างรถแบบผสมประเภท HEV และ PHEV ออกมาอย่างชัดเจน ดังแสดงในตารางที่ 5

**ตารางที่ 5 จำนวนรถจดทะเบียนใหม่จำแนกตามเชื้อเพลิง พ.ศ. 2558 - 2559**

| ประเภทรถ | พ.ศ. 2558 | | | พ.ศ. 2559 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | รวม | แบบผสม | ไฟฟ้า | รวม | แบบผสม | ไฟฟ้า |
| ยอดการจดทะเบียนรถใหม่รวมทั้งสิ้น | 2,772,269 | 7,629 | 76 | 2,872,026 | 9,577 | 161 |
| รย.1 รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน | 526,764 | 7,256 | 14 | 552,947 | 9,399 | 2 |
| รย.6 รถยนต์รับจ้างบรรทุกคนโดยสารไม่เกิน 7 คน | 9,855 | 373 | | 8,351 | 177 | |
| รย.12 รถจักรยานยนต์ | 1,815,000 | | 55 | 1,914,131 | | 132 |
| รถโดยสาร | 11,482 | | 7 | 15,966 | | 27 |

ที่มา: กรมขนส่งทางบก, สถิติจำนวนรถจดทะเบียนใหม่ [29]

<u>โครงสร้างพื้นฐานสถานีอัดประจุไฟฟ้า</u>

ความพร้อมด้านสถานีอัดประจุไฟฟ้าเป็นอีกหนึ่งปัจจัยสำคัญต่อการตัดสินใจใช้งานยานยนต์ไฟฟ้าของผู้บริโภค จากการรวบรวมจำนวนสถานีอัดประจุไฟฟ้าของผู้ให้บริการพลังงานทั่วประเทศ พบว่า มีจำนวนเพียง 16 สถานีและอาจเพิ่มจำนวนเป็น 27 ภายในสิ้นปี พ.ศ. 2560 ดังตารางที่ 6

**ตารางที่ 6 จำนวนสถานีอัดประจุไฟฟ้าในประเทศไทย ณ กันยายน 2560**

| หน่วยงาน | จำนวนสถานีอัดประจุไฟฟ้า |
|---|---|
| การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (เป้าหมาย 11 สถานีในปี 2560) | 2 |
| การไฟฟ้านครหลวง | 10 |
| บมจ. ปตท. (เป้าหมาย 6 สถานีในปี 2560 และ 20 สถานีในปี 2561) | 4 |
| รวม | 16 |

ที่มา: ผู้เขียนรวบรวมข้อมูลจาก Nationtv[30] Voice TV[31] ข่าวสด[32]
หมายเหตุ: ข้อมูลเฉพาะผู้ให้บริการพลังงาน ไม่นับรวมเครื่องอัดประจุที่ติดตั้งในที่พักอาศัย ห้างสรรพสินค้า และพื้นที่ของเอกชน

สถานีอัดประจุที่มีอยู่ในปัจจุบันเป็นลักษณะโครงการนำร่องเพื่อทดลองใช้งานสำหรับรถยนต์ไฟฟ้าของหน่วยงาน หรือทดลองร่วมกับบริษัทผู้ผลิตรถยนต์ จึงยังไม่สามารถสร้างความเชื่อมั่นหรือจูงใจต่อการตัดสินใจซื้อรถยนต์ไฟฟ้าของผู้บริโภคทั่วไป อย่างไรก็ตาม ภาครัฐโดยสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) อยู่ระหว่างการดำเนินโครงการสนับสนุนการลงทุนสถานีอัดประจุไฟฟ้าโดยสมาคมยานยนต์ไฟฟ้าไทย เพื่อสนับสนุนการจัดตั้งสถานีอัดประจุจำนวน 100 สถานี (สถานีละ 1 หัวจ่าย) แก่หน่วยงานภาครัฐ สถาบันการศึกษา และเอกชน[33] ซึ่งเป็นการนำร่องส่งเสริมการใช้งานยานยนต์ไฟฟ้าอีกทางหนึ่ง และหากโครงการนี้ประสบความสำเร็จจะทำให้ประเทศไทยมีสถานีอัดประจุมากกว่า 100 แห่งในปี พ.ศ. 2560

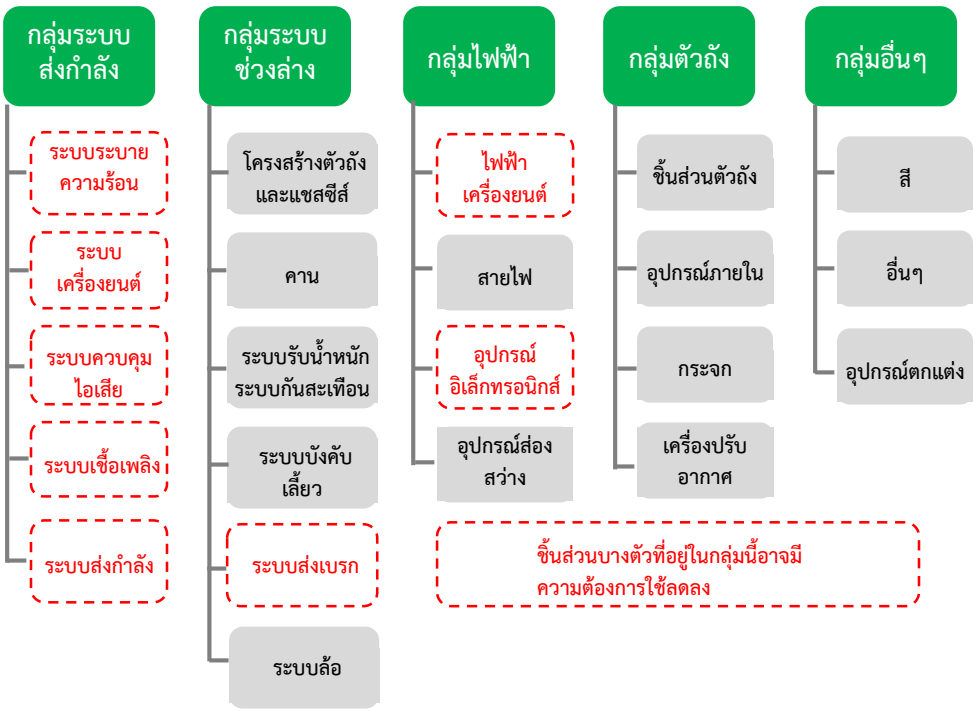
<u>การผลิตรถยนต์ไฟฟ้า</u>

อุตสาหกรรมยานยนต์ไฟฟ้ายังอยู่ในช่วงเริ่มต้นสำหรับประเทศไทย โดยมีบริษัทผู้ผลิตที่ได้เปิดสายการผลิตรถยนต์ไฟฟ้าบางแล้ว ได้แก่ บีเอ็มดับเบิลยู กรุ๊ป ประเทศไทย[34] และเมอร์เซเดส-เบนซ์ แมนูแฟคเจอริ่ง (ประเทศไทย)[35] ที่ลงทุนสายการผลิตในกลุ่ม PHEV รวมไปถึง บริษัท เอฟโอเอ็มเอ็ม (เอเชีย)[36] ซึ่งเป็นบริษัทรายใหม่ที่ทำการผลิตรถยนต์ไฟฟ้าขนาดเล็ก โดยผู้ผลิตกลุ่มนี้ส่วนใหญ่เน้นการผลิตเพื่อรองรับตลาดต่างประเทศ ขณะที่มีอีกหลายบริษัทที่กำลังให้ความสนใจลงทุนผลิตรถยนต์ไฟฟ้าแต่ละประเภท[37],[38] ได้แก่ บริษัท ตรีเพชรอีซูซุเซลล์ จำกัด บริษัท โตโยต้ามอเตอร์ ประเทศไทย และบริษัท ฮอนด้า

ออโตโมบิล (ประเทศไทย) จำกัด สนใจลงทุนในกลุ่ม HEV บริษัท มิตซูบิชิ มอเตอร์ส (ประเทศไทย) จำกัด ในกลุ่ม PHEV และ BEV และบริษัท นิสสัน มอเตอร์ (ประเทศไทย) จำกัด กำลังอยู่ระหว่างการศึกษาเทคโนโลยีที่เหมาะสม ซึ่งในกลุ่มหลังนี้ให้ความสำคัญกับตลาดในประเทศ

จากข้อมูลข้างต้น ชี้ให้เห็นว่ายานยนต์ไฟฟ้าของไทยเป็นช่วงเริ่มต้น ความนิยมใช้ยานยนต์ไฟฟ้าจึงมีน้อย เนื่องจากมีระดับราคาค่อนข้างสูง โครงสร้างพื้นฐานรองรับมีจำนวนไม่มาก จึงต้องการการส่งเสริมที่เป็นรูปธรรมจากภาครัฐ[39] ขณะเดียวกันการส่งเสริมยานยนต์ไฟฟ้ายังส่งผลกระทบต่อผู้ประกอบการในประเทศ โดยเฉพาะกลุ่มผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ เนื่องจากเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าจำเป็นต้องอาศัยชิ้นส่วนและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีความซับซ้อนและใช้เทคโนโลยีขั้นสูงกว่าชิ้นส่วนเครื่องยนต์สันดาปภายใน ที่ไทยมีความชำนาญและดำเนินการผลิตอยู่ในปัจจุบัน นอกจากนี้ การใช้จำนวนชิ้นส่วนประกอบของยานยนต์ไฟฟ้ามีประมาณ 5,000 ชิ้นต่อคัน ขณะที่ยานยนต์เครื่องยนต์สันดาปภายในที่ต้องใช้มากถึง 30,000 ชิ้น[10] โดยเฉพาะกลุ่มระบบส่งกำลังหรือเครื่องยนต์ เช่น หม้อน้ำ ท่อไอเสีย ระบบหัวฉีด ถังน้ำมันอาจจะได้รับผลกระทบค่อนข้างมากดังภาพที่ 13

**ภาพที่ 12 กลุ่มชิ้นส่วนยานยนต์ไทยที่ได้รับผลกระทบจากยานยนต์ไฟฟ้า**




ที่มา: ศูนย์วิจัยกสิกรไทย, มกราคม 2560.[40]

[10] สุพจน์ สุขพิศาล, 2559, (อ้างแล้ว).

ทั้งนี้ ได้มีผู้ประกอบการให้ความสนใจลงทุนผลิตชิ้นส่วน/ส่วนประกอบสำคัญสำหรับยานยนต์ไฟฟ้าบ้างแล้ว ดังนี้

1) กลุ่มแบตเตอรี่ ได้แก่ บริษัท เดลต้า อีเลคโทรนิคส์ บริษัท พลังงานบริสุทธิ์ จำกัด (มหาชน) บริษัท โกลบอล เพาเวอร์ ซินเนอร์ยี่ จำกัด (มหาชน) และ บริษัท เบต้า เอ็นเนอร์ยี่ โซลูชั่น จำกัด

2) กลุ่มระบบประจุไฟฟ้า ได้แก่ บริษัท ฟอร์ทคอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน) บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) บริษัท บางจาก คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน) และการไฟฟ้าทั้ง 3 แห่ง

3) กลุ่มชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ ได้แก่ บริษัท เคซีอี อีเลคโทรนิคส์ จำกัด (มหาชน)

4) กลุ่มชิ้นส่วนรถยนต์ ได้แก่ บริษัท สมบูรณ์ แอ๊ดวานซ์ เทคโนโลยี จำกัด (มหาชน) บริษัท พี.ซี.เอส. แมชีน กรุ๊ปโฮลดิ้ง จำกัด (มหาชน) บริษัท อาปิโก ไฮเทค จำกัด (มหาชน) บริษัท อีสเทิร์นโพลีเมอร์ กรุ๊ป จำกัด บริษัท ที กรุงไทยอุตสาหกรรม จำกัด (มหาชน) บริษัท ฟอร์จูน พาร์ท อินดัสตรี้ จำกัด (มหาชน) และ กลุ่มบริษัท ซัมมิท โอโต บอดี้ อินดัสตรี จำกัด

ผู้ให้ความสนใจลงทุนในยานยนต์ไฟฟ้าอยู่ในกลุ่มผู้ประกอบการขนาดใหญ่ ซึ่งบางรายได้มีความร่วมมือด้านการลงทุนและด้านวิจัยและพัฒนากับต่างประเทศ เนื่องจากมีช่องทางในตลาดต่างประเทศ ขณะที่บางรายยังอยู่ระหว่างการพิจารณาโอกาสและความเป็นได้ในประเทศ ดังนั้น ภาครัฐจึงต้องสร้างความชัดเจนต่อการส่งเสริมยานยนต์ไฟฟ้า ทั้งด้านการใช้งาน การผลิต และการลงทุน รวมถึงการจัดหาโครงสร้างพื้นฐานที่เพียงพอ ตลอดจน ส่งเสริมการพัฒนาเทคโนโลยี นวัตกรรมและการถ่ายทอด การมาตรฐานและการทดสอบ และการพัฒนาทักษะบุคลากรรองรับ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการสร้างความเชื่อมั่นต่อผู้ประกอบการที่จะลงทุนในอุตสาหกรรมใหม่ และเป็นการช่วยผู้ประกอบการขนาดกลางและขนาดเล็กสามารถปรับตัวเพื่อรองรับกับการเปลี่ยนแปลงของอุตสาหกรรมที่กำลังจะเกิดขึ้น

## นโยบายส่งเสริมยานยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทย

ประเทศไทยเริ่มมีนโยบายส่งเสริมการพัฒนายานยนต์ไฟฟ้าอย่างเป็นรูปธรรมในปี พ.ศ. 2558 โดยเริ่มต้นจากมติของสภาปฏิรูปแห่งชาติ เมื่อวันที่ 3 มีนาคม พ.ศ. 2558 ซึ่งเห็นชอบรายงานข้อเสนอโครงการปฏิรูปของคณะกรรมาธิการปฏิรูปพลังงาน เรื่อง “การส่งเสริมยานยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทย” โดยเสนอให้ภาครัฐกำหนดนโยบายที่ชัดเจนในการสนับสนุนให้เกิดยานยนต์ไฟฟ้าที่ใช้แบตเตอรี่ให้แพร่หลายในอนาคต โดยการ 1) ส่งเสริมให้ประเทศไทยเป็นศูนย์กลางยานยนต์ไฟฟ้าในอาเซียน (ASEAN BEV Hub) 2) ส่งเสริมการใช้ยานยนต์ไฟฟ้าสำหรับการใช้งานบนถนนทั่วไปและบนถนนในท้องถิ่น 3) ส่งเสริมการผลิตยานยนต์ไฟฟ้า ทั้งประเภทอุตสาหกรรมขนาด

ใหญ่ ขนาดกลาง ขนาดย่อม โดยเน้นผู้ประกอบการไทย สำหรับการใช้งานบนถนนทั่วไปและบนถนนในท้องถิ่น 4) ส่งเสริมการวิจัยและพัฒนายานยนต์ไฟฟ้า ชิ้นส่วนยานยนต์ไฟฟ้า และสถานีอัดประจุไฟฟ้า รวมทั้งโปรแกรมควบคุมระบบ และอุปกรณ์อื่นที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้เกิดการใช้และผลิตจริงในประเทศไทย และ 5) สนับสนุนด้านการเงินและการลงทุนจากภาครัฐและเอกชน[11]

ต่อมาในการประชุมคณะกรรมการรัฐมนตรีด้านเศรษฐกิจ วันที่ 16 เมษายน 2558 ที่ประชุมมีมติเห็นชอบให้คณะกรรมการส่งเสริมการลงทุนร่วมกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องพิจารณาความเป็นไปได้ในการส่งเสริมให้ประเทศไทยเป็นศูนย์กลางการผลิตรถยนต์ไฟฟ้า (Electric Vehicle – EV) และเห็นควรให้กระทรวงอุตสาหกรรม กระทรวงพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี) ร่วมกันพิจารณาดำเนินการผลิตผลงานวิจัยรถยนต์ไฟฟ้าให้สำเร็จภายในปี พ.ศ. 2558 รวมถึงการพัฒนาแบตเตอรี่สำหรับรถยนต์ไฟฟ้า และการใช้พลังงานอื่นๆ เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ ในการขับเคลื่อนรถยนต์ดังกล่าว[12]

หลายหน่วยงานจึงมีการจัดทำแผนและแนวทางสอดรับต่อการส่งเสริมยานยนต์ไฟฟ้า เพื่อส่งเสริมให้เกิดการพัฒนาอุตสาหกรรมการผลิตยานยนต์ไฟฟ้าในประเทศ ดังเช่น

<u>แผนที่นำทางการส่งเสริมยานยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทย</u>

ที่ประชุมคณะกรรมการพัฒนาระบบนวัตกรรมของประเทศ (คพน.) เมื่อวันที่ 7 สิงหาคม พ.ศ. 2558 ได้มีมติได้เห็นชอบในหลักการต่อ “แผนที่นำทางการส่งเสริมยานยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทย” ของกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดย สวทช. ซึ่งมีเป้าหมายให้ประเทศไทยมีความสามารถในการผลิตยานยนต์ไฟฟ้าเชิงพาณิชย์ให้ได้ภายในปี พ.ศ. 2562 ซึ่งแบ่งยานยนต์ไฟฟ้าออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ 1) รถโดยสารไฟฟ้า 2) ยานยนต์ไฟฟ้าดัดแปลง และ 3) รถยนต์ไฟฟ้าส่วนบุคคล โดยกำหนดเทคโนโลยีที่จำเป็นต่อการพัฒนายานยนต์ไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย ได้แก่ แบตเตอรี่ มอเตอร์และระบบขับเคลื่อน หัวจ่ายไฟฟ้า และสถานีอัดประจุไฟฟ้า ดังภาพที่ 13

[11] คณะทำงานศึกษาและจัดทำแผนพัฒนาฯ, 2559, (อ้างแล้ว).

[12] สวทช, 2559, (อ้างแล้ว).

**ภาพที่ 13 แผนที่นำทางการส่งเสริมยานยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทยที่ได้รับความเห็นชอบจากคณะกรรมการพัฒนาระบบนวัตกรรมของประเทศ**

<u>แผนอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2558 – 2579 และแผนขับเคลื่อนภารกิจด้านพลังงานเพื่อส่งเสริมการใช้งานยานยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทย</u>

แผนอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2558 - 2579 (Energy Efficiency Plan: EEP 2015) โดย กระทรวงพลังงาน ซึ่งได้รับความเห็นชอบจากคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ (กพช.) เมื่อวันที่ 13 สิงหาคม พ.ศ. 2558 ได้บรรจุมาตรการการส่งเสริมยานยนต์ไฟฟ้าเป็นหนึ่งในมาตรการอนุรักษ์พลังงานภาคขนส่ง โดยมีการตั้งเป้าหมายการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานจากการส่งเสริมการใช้งานยานยนต์ไฟฟ้าในปี พ.ศ. 2579 รวมทั้งสิ้น 1.2 ล้านคัน[13] โดยแบ่งการดำเนินงานออกเป็น 3 ระยะ ได้แก่

ระยะที่ 1 (พ.ศ. 2559-2560) : เตรียมความพร้อมการใช้งานยานยนต์ไฟฟ้า มุ่งเน้นการนำร่องการใช้งานกลุ่มรถโดยสารสาธารณะไฟฟ้า รวมถึงการเตรียมความพร้อมด้านอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง อาทิ ด้าน สาธารณูปโภค การสนับสนุนด้านภาษี และการปรับปรุงกฎหมายหรือกฎระเบียบต่างๆ รวมถึง อัตราค่าบริการสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า

ระยะที่ 2 (พ.ศ. 2561-2563) : ขยายผลในกลุ่มรถโดยสารสาธารณะ และเตรียมความพร้อมสำหรับรถยนต์ไฟฟ้าส่วนบุคคล โดยสนับสนุนการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานรองรับ การกำหนดรูปแบบและมาตรฐานสถานีอัดประจุไฟฟ้า การกำหนดมาตรการจูงใจให้ภาคเอกชนลงทุน การทบทวนโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้าและค่าบริการสำหรับสถานีอัดประจุไฟฟ้า

ระยะที่ 3 (พ.ศ. 2564-2579) : ขยายผลไปสู่การส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้าส่วนบุคคล โดยสนับสนุนการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานของระบบไฟฟ้า พัฒนาระบบบริหารจัดการการอัดประจุไฟฟ้าอัจฉริยะ (EV Smart Charging) และพัฒนาระบบบริหารความต้องการใช้ไฟฟ้าของประเทศร่วมกับการใช้งานยานยนต์ไฟฟ้า (Vehicle to Grid: V2G)

โดยเมื่อวันที่ 11 มีนาคม พ.ศ. 2559 คณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ (กพช.) มีมติเห็นชอบแผนการขับเคลื่อนภารกิจด้านพลังงานเพื่อส่งเสริมการใช้งานยานยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทย ในระยะที่ 1 และมอบหมายให้หน่วยงานต่างๆ ดำเนินการในส่วนที่เกี่ยวข้องเพื่อให้เป็นไปตามแผนในระยะที่ 1 ต่อไป[41]

[13] คณะทำงานศึกษาและจัดทำแผนพัฒนา, 2559, (อ้างแล้ว).

<u>แผนมุ่งเป้าด้านการวิจัยและพัฒนาเพื่อสนับสนุนอุตสาหกรรมยานยนต์ไฟฟ้าของประเทศไทย</u>

กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ) ได้จัดทำข้อเสนอแผนมุ่งเป้าด้านการวิจัยและพัฒนาเพื่อสนับสนุนอุตสาหกรรมยานยนต์ไฟฟ้า โดยผ่านความเห็นชอบจากที่ประชุมคณะรัฐมนตรี เมื่อวันที่ 19 เมษายน พ.ศ. 2559 ซึ่งเป็นแผนมุ่งเป้าที่มีความสอดคล้องกับมาตรการอนุรักษ์พลังงานภาคขนส่งของแผนอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2558 – 2579 สำหรับเป็นแนวทางในการวิจัย พัฒนา สนับสนุนองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้อง และผลักดันให้เกิดการใช้ชิ้นส่วนภายในประเทศให้มากขึ้น โดยเฉพาะการทำวิจัยชิ้นส่วนยานยนต์ไฟฟ้าที่ประเทศไทยยังต้องพึ่งพาการนำเข้า ใน 4 ด้าน คือ 1) แบตเตอรี่และระบบจัดการพลังงาน 2) มอเตอร์และระบบขับเคลื่อน 3) โครงสร้างน้ำหนักเบาและการประกอบ และ 4) พัฒนานโยบาย มาตรการ และบุคลากร ดังภาพที่ 14

<u>มาตรการสนับสนุนการผลิตรถยนต์ที่ขับเคลื่อนด้วยพลังงานไฟฟ้าในประเทศไทย</u>

ที่ประชุมคณะรัฐมนตรี เมื่อวันที่ 28 มีนาคม พ.ศ. 2560 มีมติเห็นชอบต่อมาตรการสนับสนุนการผลิตรถยนต์ที่ขับเคลื่อนด้วยพลังงานไฟฟ้าในประเทศไทยที่เสนอโดยกระทรวงอุตสาหกรรม และมอบหมายให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องเร่งรัดดำเนินการสนับสนุนการผลิตรถยนต์ที่ขับเคลื่อนด้วยพลังงานไฟฟ้าในประเทศไทยให้เกิดผลอย่างเป็นรูปธรรม โดยมีแนวทางแบ่งออกเป็น 6 ด้าน ประกอบด้วย 1) มาตรการส่งเสริมการลงทุนเพื่อสร้างอุปทาน 2) มาตรการกระตุ้นตลาดภายในประเทศ 3) การเตรียมความพร้อมของโครงสร้างพื้นฐาน 4) การจัดทำมาตรฐานรถยนต์ไฟฟ้า 5) การบริหารจัดการแบตเตอรี่ที่ใช้แล้ว 6) มาตรการอื่นๆ เช่นการพัฒนาระบบรับรองคุณภาพบุคลากร[42]

**ภาพที่ 14 แผนมุ่งเป้าด้านการวิจัยและพัฒนาเพื่อสนับสนุนอุตสาหกรรมยานยนต์ไฟฟ้าของประเทศไทย**

ที่มา: สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, 2559. (อ้างแล้ว)

<u>มาตรการส่งเสริมยานยนต์ไฟฟ้าในปัจจุบัน</u>

เพื่อเป็นการสนับสนุนและการดำเนินงานตามนโยบายยานยนต์ไฟฟ้าของรัฐบาล หน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้ทยอยออกมาตรการ เพื่อส่งเสริมการผลิตและการใช้งานยานยนต์ไฟฟ้าในประเทศ ดังนี้

*ประกาศส่งเสริมการลงทุนการผลิตรถยนต์ไฟฟ้า ชิ้นส่วน และอุปกรณ์* โดยคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน (BOI) ได้ประกาศ เมื่อวันที่ 3 พฤษภาคม 2560[43] เพื่อเป็นการกระตุ้นให้เกิดการลงทุนผลิตรถยนต์ไฟฟ้าที่มีคุณค่าต่อการพัฒนาด้านเทคโนโลยีของอุตสาหกรรมยานยนต์ในประเทศ มีกิจการที่ได้รับการส่งเสริม 6 ประเภทกิจการ และต้องขอรับส่งเสริมการลงทุนภายในวันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2561 โดยมีสิทธิและประโยชน์ที่ได้รับ ดังนี้

- กิจการผลิตอุปกรณ์สำหรับรถยนต์ไฟฟ้าแบบผสม (HEV) และรถยนต์ไฟฟ้าแบบผสมเสียบปลั๊ก (PHEV) ได้แก่ 1) แบตเตอรี่ 2) Traction Motor 3) ระบบปรับอากาศด้วยไฟฟ้าหรือชิ้นส่วน 4) ระบบบริการจัดการแบตเตอรี่ (BMS) 5) ระบบควบคุมการขับขี่ (DCU) 6) On Board Charger 7) สายชาร์จแบตเตอรี่พร้อมเต้ารับ-เต้าเสียบ 8) DC/DC Converter 9) Inverter 10) Portable Electric Vehicle Charger 11) Electrical Circuit Breaker 12) พัฒนาระบบอัดประจุไฟฟ้าอัจฉริยะ 13) คานหน้า-คานหลังสำหรับรถโดยสารไฟฟ้า ได้รับการยกเว้นภาษีเงินได้นิติบุคคล 8 ปี ยกเว้นอาการขาเข้าเครื่องจักรและอาการขาเข้าสำหรับวัตถุดิบสำหรับการผลิตเพื่อส่งออก

- กิจการผลิตรถยนต์ไฟฟ้าแบบผสม (HEV) และชิ้นส่วน ได้รับยกเว้นอากรขาเข้าเครื่องจักร และยกเว้นอากรขาเข้าวัตถุดิบสำหรับการผลิตเพื่อส่งออก

- กิจการผลิตรถยนต์ไฟฟ้าแบบผสมเสียบปลั๊ก (PHEV) และชิ้นส่วน ได้รับยกเว้นภาษีเงินได้นิติบุคคล 3 ปี เป็นสัดส่วน 100% ของเงินลงทุนไม่รวมค่าที่ดินและทุนหมุนเวียน ยกเว้นอากรขาเข้าเครื่องจักรและอากรขาเข้าวัตถุดิบสำหรับการผลิตเพื่อส่งออก สำหรับโครงการที่มีการผลิตชิ้นส่วนสำคัญมากกว่า 1 ชิ้น จะได้รับการยกเว้นภาษีเงินได้นิติบุคคลชิ้นละ 1 ปี แต่รวมแล้วไม่เกิน 6 ปี

- กิจการผลิตรถยนต์ไฟฟ้าแบบแบตเตอรี่ (BEV) และชิ้นส่วน ได้รับยกเว้นภาษีเงินได้นิติบุคคล 5 ปี เป็นสัดส่วน 100% ของเงินลงทุนไม่รวมค่าที่ดินและทุนหมุนเวียน (ยกเว้นบางกิจการที่กำหนดให้ได้รับยกเว้นภาษีเงินได้โดยไม่กำหนดวงเงินสูงสุด) ยกเว้นอากรขาเข้าเครื่องจักรและอากรขาเข้าวัตถุดิบสำหรับการผลิตเพื่อส่งออก และจะได้ได้รับการยกเว้นภาษีเงินได้นิติบุคคลเพิ่มเติมอีก 3 ปี 2 ปี และ 1 ปี สำหรับโครงการที่ผลิตหรือ

ใช้ชิ้นส่วนสำคัญอย่างน้อย 1 ชิ้นใน ปีที่ 3 ปีที่ 4 และปีที่ 5 ตามลำดับ สำหรับโครงการที่ผลิตหรือใช้ชิ้นส่วนสำคัญมากกว่า 1 ชิ้น จะได้รับยกเว้นภาษีเงินได้นิติบุคคลเพิ่มขึ้นชิ้นละ 1 ปี แต่รวมแล้วไม่เกิน 10 ปี โดยกรณีที่ได้รับการยกเว้นภาษีเงินได้นิติบุคคลมากกว่า 8 ปี ต้องมีการถ่ายทอดเทคโนโลยีร่วมกับสถานบันการศึกษาหรือสถาบันวิจัยตามรูปแบบที่คณะกรรมการกำหนด

- กิจการผลิตรถโดยสารไฟฟ้าแบบแบตเตอรี่ (Battery Electric Bus) และชิ้นส่วน ได้รับยกเว้นภาษีเงินได้นิติบุคคล 3 ปี เป็นสัดส่วน 100% ของเงินลงทุนไม่รวมค่าที่ดินและทุนหมุนเวียน ยกเว้นอากรขาเข้าเครื่องจักร และอากรขาเข้าวัตถุดิบสำหรับการผลิตเพื่อส่งออก สำหรับ โครงการที่มีการผลิตชิ้นส่วนสำคัญมากกว่า 1 ขึ้น จะได้รับการยกเว้นภาษีเงินได้นิติบุคคลชิ้นละ 1 ปี แต่รวมแล้วไม่เกิน 6 ปี

- กิจการสถานีบริการอัดประจุไฟฟ้าสำหรับรถยนต์ไฟฟ้า ได้รับยกเว้นภาษีเงินได้นิติบุคคล 5 ปี เป็นสัดส่วน 100% ของเงินลงทุนไม่รวมค่าที่ดินและทุนหมุนเวียน (ยกเว้นบางกิจการที่กำหนดให้ได้รับยกเว้นภาษีเงินได้โดยไม่กำหนดวงเงินสูงสุด) ยกเว้นอากรขาเข้าเครื่องจักรและอากรขาเข้าวัตถุดิบสำหรับการผลิตเพื่อส่งออก

สำหรับกิจการผลิตรถยนต์ไฟฟ้าแบบผสม (HEV) แบบผสมเสียบปลั๊ก (PHEV) แบบแบตเตอรี่ (BEV) และกิจการผลิตรถโดยสารแบบแบตเตอรี่ มีเงื่อนไขต้องเสนอเป็นแผนงานรวม (Package) ประกอบด้วย โครงการประกอบรถยนต์และหรือโครงการผลิตและใช้ชิ้นส่วนสำคัญ แผนการนำเข้าเครื่องจักรและติดตั้ง แผนการผลิตรถยนต์ปีที่ 1 – 3 แผนการผลิตหรือจัดหาชิ้นส่วนอื่นๆ แผนการจัดการแบตเตอรี่ใช้แล้ว และแผนพัฒนาผู้ผลิตวัตถุดิบหรือใช้ชิ้นส่วนภายในประเทศ (Local Supplier) ที่มีผู้ถือหุ้นสัญญาชาติไทยไม่น้อยกว่าร้อยละ 51 ในการฝึกอบรมด้านเทคโนโลยีและการช่วยเหลือทางเทคนิค

นอกจากนี้ กิจการผลิตรถโดยสารไฟฟ้าแบบแบตเตอรี่และชิ้นส่วน สามารถขอรับส่งเสริมตามมาตรการเพิ่มขีดความสามารถของผู้ประกอบการวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (SMEs) โดยได้รับยกเว้นภาษีเงินได้นิติบุคคลเป็นเวลา 5 ปี และในส่วนของกิจการผลิตอุปกรณ์สำหรับรถยนต์ HEV PHEV และ BEV ยังได้รับสิทธิและประโยชน์เพิ่มเติมจากการยกเว้นภาษีเงินได้นิติบุคคล สำหรับกิจการที่ตั้งในพื้นที่ระเบียงเศรษฐกิจพิเศษภาคตะวันออก โดยให้ได้รับการลดหย่อนภาษีเงินได้นิติบุคคลสำหรับกำไรสุทธิที่ได้จากการลงทุนในอัตราร้อยละ 50 ของอัตราปกติ เป็นระยะเวลา 5 ปี นับแต่วันที่กำหนดระยะเวลาการยกเว้นภาษีเงินได้นิติบุคคลสิ้นสุดลง

*ประกาศลดภาษีสรรพสามิตโดยกระทรวงการคลัง* ฉบับที่ 138 เมื่อวันที่ 20 มิถุนายน พ.ศ. 2560[44] สำหรับยานยนต์ 4 ประเภท ได้แก่

- รถยนต์นั่งกึ่งบรรทุก (Pick-up Passenger Vehicle: PPV) ที่มีความจุกระบอกสูบไม่เกิน 3,250 ลูกบาศก์เซนติเมตร (ลบ.ซม.) และเป็นรถยนต์แบบผสมที่ใช้พลังงานเชื้อเพลิงและไฟฟ้า (HEV) ซึ่งปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไม่เกิน 175 กรัมต่อกม. ได้รับการลดอัตราภาษีสรรพสามิตลงเหลือร้อยละ 23
- รถยนต์นั่งที่มีกระบะ (Double Cab) ที่มีความจุกระบอกสูบไม่เกิน 3,250 ลบ.ซม. และเป็นรถยนต์แบบแบบผสมที่ใช้พลังงานเชื้อเพลิงและไฟฟ้า (HEV) ได้รับการลดอัตราภาษีสรรพสามิตลงเหลือร้อยละ 10
- รถยนต์นั่งแบบผสมที่ใช้พลังงานเชื้อเพลิงและไฟฟ้า (HEV) ที่มีความจุกระบอกสูบไม่เกิน 3,000 ลบ.ซม. ได้รับการลดอัตราภาษีสรรพสามิตลงกึ่งหนึ่งของอัตราภาษีที่ได้รับการลดอัตราภาษีสรรพสามิตตามบัญชีท้ายประกาศกระทรวงการคลัง เรื่องลดอัตราและยกเว้นภาษี สรรพสามิต (ฉบับที่ 27) ลงวันที่ 30 ธันวาคม พ.ศ.2534 ซึ่งจะเหลืออัตราภาษีสรรพสามิตในช่วงระหว่างร้อยละ 5 – 15
- รถยนต์นั่งแบบพลังงานไฟฟ้า (EV) ได้รับการลดอัตราภาษีสรรพสามิตลงเหลือร้อยละ 2

โดยผู้ที่จะได้รับการลดอัตราภาษีสรรพสามิตดังกล่าว ต้องได้รับบัตรส่งเสริมการลงทุนตามาตรการส่งเสริมการลงทุนผลิตรถยนต์ที่ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า จากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน รวมไปถึงต้องยื่นความประสงค์ขอรับการลดอัตราภาษีสรรพาสามิตก่อนเริ่มผลิตรถยนต์แบบผสมที่ใช้พลังงานเชื้อเพลิงและพลังงานไฟฟ้า และรถยนต์แบบพลังงานไฟฟ้า ภายในวันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2563 และตั้งแต่ปีที่ 5 นับแต่วันที่ทำข้อตกลงกับกรมสรรพสามิตจนถึงวันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2568 รถยนต์แบบผสมหรือรถยนต์ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าที่ผลิตทุกคัน ต้องใช้แบตเตอรี่ที่ผลิตหรือประกอบจากผู้ที่ได้รับการส่งเสริมการลงทุนจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุนประเภทลิเที่ยมไอออน หรือนิกเกิลเมทัลไฮไดรด์ หรือแบตเตอรี่ประเภทอื่นที่ให้พลังงานจำเพาะโดยน้ำหนัก (Wh/kg) ที่สูงกว่าประเภทลิเที่ยมไอออน หรือนิกเกิลเมทัลไฮไดรด์

<u>การกำหนดมาตรฐานที่เกี่ยวกับยานยนต์ไฟฟ้า</u>

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) ซึ่งเป็นหน่วยงานกำหนดมาตรฐานอุตสาหกรรมภายในประเทศ ได้มีแผนการกำหนดมาตรฐานยานยนต์ไฟฟ้าของประเทศไทยใน 7 ด้าน[45] ได้แก่ 1) เต้าเสียบและเต้ารับของยานยนต์ไฟฟ้า 2) ระบบการประจุไฟฟ้าของยานยนต์ไฟฟ้า 3) ความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า (EMC) 4) แบตเตอรี่สำหรับยานยนต์ไฟฟ้า 5) ความปลอดภัยยานยนต์ไฟฟ้า 6) สมรรถนะ และ 7) ระบบสื่อสารของยานยนต์ไฟฟ้า

ในการจัดทำมาตรฐานยานยนต์ไฟฟ้านั้น ได้เริ่มต้นจากโครงสร้างพื้นฐานสำคัญของยานยนต์ไฟฟ้า ได้แก่ เต้าเสียบและเต้ารับ และระบบประจุไฟฟ้า ซึ่งในส่วนนี้ สมอ. ร่วมกับ ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (เนคเทค) จัดทำมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเต้าเสียและเต้ารับสำหรับยานยนต์ไฟฟ้าขนาดใหญ่ และระบบประจุไฟฟ้าสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า ภายใต้การสนับสนุนงบประมาณจาก สวทช. และการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) สำหรับการจัดทำมาตรฐานยานยนต์ไฟฟ้าในประเทศโดยเริ่มที่มาตรฐานเต้าเสียบและเต้ารับ และระบบประจุไฟฟ้าก่อนนั้น ด้วยสาเหตุ 1) เป็นจุดที่เชื่อมต่อระหว่างยานยนต์ไฟฟ้ากับโครงสร้างพื้นฐาน 2) เป็นมาตรฐานที่ไม่ซับซ้อน แต่มีผลกระทบสูง เพราะมีความเกี่ยวข้องกับหลายส่วน เช่น ผู้ให้บริการสถานีประจุไฟฟ้า ผู้ผลิตยานยนต์ ผู้ผลิตอุปกรณ์ไฟฟ้า และผู้จำหน่ายพลังงานไฟฟ้า เป็นต้น 3) หากมีการกำหนดเป็นรูปแบบเดียวกัน จะสามารถลดความซ้ำซ้อน แปรปรวน และภาระค่าใช้จ่ายของประเทศและของผู้ใช้งาน[46][14]

ปัจจุบัน สมอ. ได้มีการกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสำหรับเต้าเสียบและเต้ารับสำหรับยานยนต์ไฟฟ้าเสร็จแล้วจำนวน 3 ฉบับ และอยู่ในระหว่างการจัดทำอีก 1 ฉบับ[15] โดยรับมาตรฐาน IEC 62196 (Plugs and sockets for charging electric vehicles) จากคณะกรรมมาธิการระหว่างประเทศว่าด้วยมาตรฐานสาขาอิเล็คทรอเทคนิค (International Electrotechnical Commission: IEC) มาปรับใช้กำหนดเป็นมาตรฐาน มอก. 2749 ดังนี้

1) มอก. 2749 เล่ม 1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเต้าเสียบ เต้ารับ-จ่าย ตัวต่อ ยานยนต์ และเต้ารับยานยนต์-การประจุไฟฟ้าผ่านตัวนำของยานยนต์ไฟฟ้า: ข้อกำหนดทั่วไป (รับมาตรฐาน IEC 62196-1:2014)

2) มอก. 2749 เล่ม 2 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเต้าเสียบ เต้ารับ-จ่าย ตัวต่อ ยานยนต์ และเต้ารับยานยนต์-การประจุไฟฟ้าผ่านตัวนำของยานยนต์ไฟฟ้า: ข้อกำหนดความเข้ากันได้เชิงมิติ และการสับเปลี่ยนได้ สำหรับขาเสียบ และท่อหน้าสัมผัสของเต้าไฟฟ้ากระแสสลับ (รับมาตรฐาน IEC 62196-2:2016)

3) มอก. 2749 เล่ม 3 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเต้าเสียบ เต้ารับ-จ่าย ตัวต่อ ยานยนต์ และเต้ารับยานยนต์-การประจุไฟฟ้าผ่านตัวนำของยานยนต์ไฟฟ้า: ข้อกำหนดเกี่ยวกับขนาดเชิงมิติและรูปแบบของเต้าเสียบและเต้ารับแบบกระแสตรง และแบบรวมกระแสสลับ/กระแสตรง (รับมาตรฐาน IEC 62196-3:2014)

---

[14] สมเดช แสงสุรศักดิ์ เอกสารนำเสนอ ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ, 9 มีนาคม 2560.

[15] สามารถอ่านรายละเอียดมาตรฐานเพิ่มเติมได้ใน รายงานแผนพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านไฟฟ้าเพื่อรองรับยานยนต์ไฟฟ้าของประเทศไทย

# บทบาทของ สวทช. กับการส่งเสริมยานยนต์ไฟฟ้าของประเทศไทย

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) เป็นหน่วยงานวิจัยและพัฒนาชั้นนำของประเทศภายใต้กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ให้ความสำคัญต่อการวิจัยและพัฒนาเพื่อส่งเสริมอุตสาหกรรมยานยนต์ไฟฟ้า มิใช่เพียงเพราะเป็นนโยบายที่ผลักดันจากรัฐบาลเท่านั้น แต่ด้วยเป็นทิศทางของเทคโนโลยีที่ส่งผลกระทบสูงต่ออุตสาหกรรมยานยนต์ของไทย ดังนั้น สวทช. จึงได้กำหนดให้ยานยนต์ไฟฟ้าอยู่ภายใต้ประเด็นวิจัยมุ่งเน้นด้านอุตสาหกรรมยานยนต์และขนส่งสมัยใหม่ มีเป้าหมายดำเนินงานเพื่อสร้างผลกระทบเชิงเศรษฐกิจและสังคมให้เป็นที่ประจักษ์ภายในปี พ.ศ. 2564 ตามแผนกลยุทธ์ สวทช. ฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2560 – 2564) ทั้งนี้ บทบาทของ สวทช. นอกจากมุ่งเน้นด้านการวิจัยและพัฒนาแล้ว ยังให้บริการด้านการออกแบบมาตรฐานและการวิเคราะห์ทดสอบ การพัฒนากำลังคน และด้านการเผยแพร่ความรู้และสร้างความตระหนัก เพื่อเป็นหนึ่งกลไกที่ส่งเสริมและขับเคลื่อนยานยนต์ไฟฟ้าของประเทศ

### วิจัยและพัฒนา

สวทช. มีภารกิจหลัก คือ ดำเนินงานวิจัยและพัฒนาเพื่อนำวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปช่วยพัฒนาประเทศ โดยดำเนินงานวิจัย พัฒนา และสนับสนุนหน่วยงานทั้งภาครัฐ ภาคเอกชน และภาคการศึกษา ผ่านกลไกต่างๆ อาทิ ร่วมวิจัย รับจ้างวิจัย ให้คำปรึกษา และอนุญาตให้ใช้สิทธิในผลงานวิจัย โดยมีหน่วยวิจัยภายใต้ศูนย์แห่งชาติที่สามารถรองรับการวิจัยและพัฒนายานยนต์ไฟฟ้า ดังนี้

*ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (เอ็มเทค)* ได้แก่ หน่วยวิจัยการออกแบบและวิศวกรรม หน่วยวิจัยวัสดุสำหรับพลังงาน หน่วยวิจัยด้านประสิทธิผลการใช้งานวัสดุ และหน่วยวิจัยด้านสิ่งแวดล้อม เป็นต้น

*ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (เนคเทค)* ได้แก่ หน่วยวิจัยระบบอัตโนมัติและอิเล็กทรอนิกส์ขั้นสูง ศูนย์เทคโนโลยีไมโครอิเล็กทรอนิกส์ ศูนย์นวัตกรรมการพิมพ์อิเล็กทรอนิกส์และอิเล็กทรอนิกส์อินทรีย์ และหน่วยวิจัยอุปกรณ์สเปกโทรสโกปีและเซนเซอร์ เป็นต้น

นอกจากนี้ สวทช. ยังมีคลัสเตอร์และโปรแกรมวิจัย (Cluster and Program Management Office) เพื่อเป็นกลไกสนับสนุนทุนวิจัย และการบริหารจัดการงานวิจัยเชิงบูรณาการระหว่างศูนย์แห่งชาติและหน่วยงานภายนอก ในการสนับสนุนการวิจัยและพัฒนายานยนต์ไฟฟ้าผ่านโปรแกรมวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ โปรแกรมอุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ และโปรแกรมร่วมสนับสนุนทุนวิจัยและพัฒนา กฟผ.-สวทช. ดังนี้

**โปรแกรมอุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่** เป็นโปรแกรมภายใต้คลัสเตอร์อุตสาหกรรมการผลิต โดยมุ่งเน้นงานวิจัยและพัฒนาประยุกต์ มีชิ้นงานผ่านมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง พร้อมต่อยอดสู่อุตสาหกรรมการผลิต ซึ่งมีการดำเนินงานภายใต้ขอบเขตดังต่อไปนี้

- สนับสนุนงานวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการออกแบบและผลิตชิ้นส่วนยานยนต์สมัยใหม่
- สนับสนุนงานวิจัยและพัฒนาด้านระบบอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ซอฟแวร์ในยานยนต์
- สนับสนุนงานวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างพื้นฐานสำหรับยานยนต์สมัยใหม่

เทคโนโลยีและองค์ความรู้หลักที่ให้การสนับสนุนโดยโปรแกรมวิจัย ได้แก่

1) งานวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการออกแบบและผลิตชิ้นส่วนยานยนต์สมัยใหม่ ประกอบด้วย

<u>แบตเตอรี่สำหรับยานยนต์</u> เช่น การทดสอบประสิทธิภาพแบตเตอรี่ทั้งแบบเซลล์และแบบแพ็ค การนำหน่วยกักเก็บพลังงานไปใช้งานร่วมกับยานยนต์ การผลิตและวิเคราะห์ทดสอบวัสดุแบตเตอรี่และตัวเก็บประจุ และแนวทางการจัดการแบตเตอรี่ในยานยนต์ไฟฟ้าเมื่อเสื่อมสภาพ

<u>มอเตอร์และระบบขับเคลื่อน</u> เช่น การออกแบบมอเตอร์ อินเวอร์เตอร์ (ไดรฟ์) และชุดควบคุมสำหรับมอเตอร์กระแสตรงไร้แปรงถ่าน (Brushless DC motors) มอเตอร์ชนิดเหนี่ยวนำ (Induction motor) และมอเตอร์สวิตช์รีลักแทนซ์ (Switched reluctance motor)

<u>ด้านออกแบบและผลิตโครงสร้างน้ำหนักเบา</u> เช่น การพัฒนาเหล็กกล้าความแข็งแรงสูง (High Tensile Strange Steel) ขึ้นรูปด้วยเทคโนโลยีขึ้นรูปร้อน (Hot Stamping) การออกแบบ และพัฒนาชิ้นส่วนตัวถังยานยนต์ ด้วยวัสดุคอมโพสิต คาร์บอนไฟเบอร์ และ การออกแบบและพัฒนาวัสดุอะลูมิเนียมในการผลิตชิ้นส่วนโครงสร้างยานยนต์

2) งานวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างพื้นฐานสำหรับยานยนต์สมัยใหม่ ประกอบด้วย

<u>ด้านการพัฒนามาตรฐานและการทดสอบที่สำคัญสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า</u> เช่น มาตรฐานสถานีประจุไฟฟ้าสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า ร่างมาตรฐานมอเตอร์และระบบขับเคลื่อนสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า และมาตรฐานแบตเตอรี่สำหรับยานยนต์ไฟฟ้า รวมถึงมาตรฐานอื่นๆที่เกี่ยวข้อง

<u>ด้านการวิจัยและพัฒนาต้นแบบสถานีประจุไฟฟ้า และเต้ารับเต้าเสียบ</u> เช่น การพัฒนาต้นแบบสถานีประจุไฟฟ้าสำหรับยานยนต์ไฟฟ้าขนาดเล็กและขนาดใหญ่ ในรูปแบบของ Normal Charge และ Quick Charge

3) งานวิจัยและพัฒนาด้านระบบอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ซอฟต์แวร์ในยานยนต์ เช่น เทคโนโลยีระบบขับขี่อัจฉริยะ เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ ซอฟต์แวร์ และอินเทอร์เน็ตสำหรับยานยนต์

**โปรแกรมร่วมสนับสนุนทุนวิจัยและพัฒนา กฟผ.-สวทช.** เป็นโปรแกรมภายใต้คลัสเตอร์พลังงานและสิ่งแวดล้อม โดยความร่วมมือจัดตั้งระหว่าง สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) และการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) มีเป้าหมายเพื่อสนับสนุนโครงการวิจัยให้กับหน่วยงานต่างๆ เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีด้านพลังงานที่ใช้ในการผลิต กักเก็บ และส่งกระแสไฟฟ้า รวมทั้งการวิจัยและพัฒนาเพื่อสร้างเทคโนโลยีใหม่สำหรับใช้ในกิจการไฟฟ้า และสนับสนุนให้เกิดการใช้ไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ

สำหรับโครงการวิจัยทางด้านยานยนต์ไฟฟ้าที่ให้การสนับสนุน เน้นการวิจัยและพัฒนารถยนต์ไฟฟ้าดัดแปลงจากรถยนต์ที่ใช้แล้ว โดยมีโครงการวิจัย ดังนี้

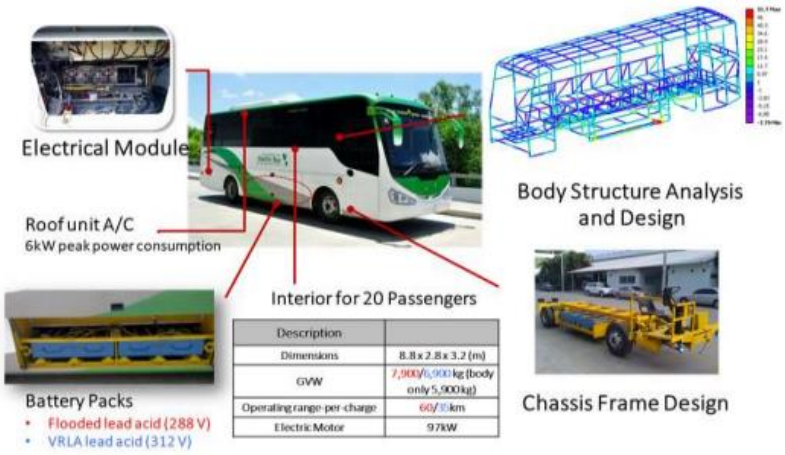
- ต้นแบบระบบควบคุมหลักสำหรับรถไฟฟ้า
- ต้นแบบระบบจัดการแบตเตอรี่สำหรับรถยนต์ไฟฟ้า
- ต้นแบบระบบอิเล็กทรอนิกส์กำลังและระบบขับเคลื่อนสำหรับรถไฟฟ้า
- ออกแบบ พัฒนาและทดสอบต้นแบบระบบระบายความร้อนและต้นแบบระบบเบรกสำหรับรถยนต์ไฟฟ้านั่งส่วนบุคคลจากรถยนต์เครื่องยนต์สันดาปภายในที่ใช้แล้ว
- การพัฒนารถยนต์ไฟฟ้าต้นแบบจากรถยนต์ใช้แล้ว
- การพัฒนาอุปกรณ์ควบคุมพลศาสตร์ของชุดขับเคลื่อนมอเตอร์สำหรับรถยนต์ไฟฟ้า
- มอเตอร์ไฟฟ้าสำหรับขับเคลื่อนรถไฟฟ้า

<u>ผลงานวิจัยและพัฒนาด้านยานยนต์ไฟฟ้าของ สวทช.</u>

*พัฒนารถโดยสารไฟฟ้าต้นแบบ*

การพัฒนาต้นแบบรถโดยสารไฟฟ้าขนาดความยาว 9 เมตร โดยการออกแบบโครงสร้างแชสซี เพื่อรองรับแบตเตอรี่สำหรับใช้ในการขับเคลื่อนและระบบปรับอากาศที่มีความแข็งแรง ปลอดภัย รวมถึงการออกแบบระบบขับเคลื่อนไฟฟ้า ออกแบบระบบการประจุไฟ ระบบควบคุมไฟฟ้าเพื่อควบคุมการทำงานของมอเตอร์ และการเคลื่อนย้ายแบตเตอรี่เข้าออกเพื่อนำไปตรวจระดับน้ำกลั่น และติดตั้งระบบทำความเย็นของรถโดยสารไฟฟ้าให้สามารถใช้งานได้ รถโดยสารไฟฟ้าที่ออกแบบนี้ สามารถวิ่งได้ 35-60 กิโลเมตรต่อการประจุไฟ 1 ครั้ง โดยในการประจุไฟหนึ่งครั้ง จะใช้เวลา 8 ชั่วโมง[16]

**ภาพที่ 15 ตัวอย่างการพัฒนารถโดยสารต้นแบบ**




ที่มา: สวทช, 2559. (อ้างแล้ว)

*พัฒนายานยนต์ไฟฟ้าดัดแปลง*

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ร่วมสนับสนุนทุนวิจัยแก่ สวทช. เพื่อดำเนินการวิจัยพัฒนาดัดแปลง และออกแบบชิ้นส่วนภายในรถยนต์จากเครื่องยนต์สันดาปเป็นรถยนต์ไฟฟ้า ซึ่ง สวทช. ดำเนินการพัฒนาและดัดแปลงชิ้นส่วนสำคัญต่างๆ อาทิ มอเตอร์และไดร์ฟ การวางแบตเตอรี่ พร้อมระบบระบายอากาศ ระบบบริหารจัดการ แบตเตอรี่อินเวอร์เตอร์ การออกแบบอีซียู ระบบ Drive by wire การดัดแปลงตัวถังและการ

[16] สวทช, 2559. (อ้างแล้ว)

จัดวางอุปกรณ์ และติดตั้งอุปกรณ์ติดตามเก็บข้อมูล จนกลายเป็นรถยนต์ไฟฟ้าที่สมบูรณ์แบบ และสามารถใช้ในการขับเคลื่อนได้จริง[47]

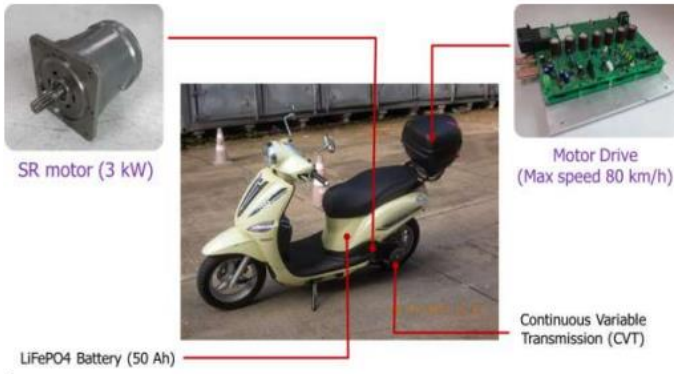
**ภาพที่ 16 ตัวอย่างการพัฒนารถยนต์ไฟฟ้าดัดแปลง**

ที่มา: สวทช, 2560. (อ้างแล้ว)

*การพัฒนาจักรยานยนต์ไฟฟ้า*

สวทช. ร่วมกับ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ได้พัฒนาจักรยานยนต์ไฟฟ้า โดยการพัฒนาระบบ Switched Reluctance Motor and Drive System มอเตอร์ขับเคลื่อน และพัฒนาระบบบริหารจัดการแบตเตอรี (BMS) เพื่อให้สามารถประจุไฟได้เร็ว โดยพิจารณาเลือกแบตเตอรีและเกียร์ที่มีความเหมาะสม [17]

**ภาพที่ 17 ตัวอย่างการพัฒนาจักรยานยนต์ไฟฟ้า**




ที่มา: สวทช, 2560. (อ้างแล้ว)

[17] สวทช, 2559. (อ้างแล้ว)

## บริการปรึกษาการออกแบบและวิศวกรรม มาตรฐานและการวิเคราะห์ทดสอบ

สวทช. มีหน่วยบริการสำหรับภาคอุตสาหกรรมทั้งในด้านบริการปรึกษาการออกแบบและการผลิต และวิเคราะห์ทดสอบผลิตภัณฑ์และชิ้นงาน เพื่อสนับสนุนการนำเทคโนโลยีขั้นสูงเข้าช่วยเหลืออุตสาหกรรมในด้านการออกแบบ ส่งเสริมการทำวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์มูลค่าสูง ตลอดจนให้บริการวิเคราะห์ทดสอบผลิตภัณฑ์ตามมาตรฐานของประเทศและในระดับสากล ประกอบด้วย

**ศูนย์บริการปรึกษาการออกแบบและวิศวกรรม** (Design & Engineering Consulting Service Center: DECC) เป็นหน่วยบริการด้านวิศวกรรมให้คำปรึกษาด้านการวิเคราะห์และแก้ปัญหา ในด้านการออกแบบและการผลิต โดยอาศัยเทคโนโลยีและบุคคลที่มีความรู้ความสามารถทางวิศวกรรมขั้นสูง มีศักยภาพในการประยุกต์เทคโนโลยีด้านการคำนวณเข้ามาช่วยในการออกแบบให้กับภาคอุตสาหกรรม ตลอดจนบริการฝึกอบรม การวิเคราะห์ปัญหาการออกแบบ การผลิต และการบำรุงรักษาโดยใช้เทคโนโลยี CAE และการใช้ซอฟต์แวร์ CAD/CAE และการพัฒนาซอฟต์แวร์ช่วยงานวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเฉพาะกลุ่ม อีกทั้งยังเป็นแหล่งเชื่อมโยงและพัฒนาฐานความรู้เกี่ยวกับการวิเคราะห์ การแก้ปัญหา การออกแบบ และผลิตงานทางวิศวกรรมด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ของประเทศไทยให้กับหน่วยงานวิจัย สถาบันการศึกษา และภาคอุตสาหกรรม จนทำให้หน่วยงานได้รับการส่งเสริมและสนับสนุนจากภาคอุตสาหกรรมอย่างแพร่หลาย

**ศูนย์ทดสอบผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์** (Electrical and Electronic Products Testing Center : PTEC) เป็นห้องปฏิบัติการทดสอบผลิตภัณฑ์ตามมาตรฐานสากล มุ่งเน้นการให้บริการทดสอบแก่ผู้ประกอบการทั้งภาครัฐและเอกชนที่ต้องการทดสอบผลิตภัณฑ์เพื่อยกระดับมาตรฐานของสินค้าในกลุ่มไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ โทรคมนาคม ยานยนต์ เครื่องมือแพทย์ และการทดสอบเพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานเพื่อการนำเข้า รวมถึงการทดสอบความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า (EMC) และโทรคมนาคม

นอกจากนี้ PTEC ยังสร้างห้องปฏิบัติการและระบบทดสอบเพื่อมุ่งเป้าเป็นศูนย์กลางในการทดสอบและรับรองผลิตภัณฑ์ของอาเซียน จัดให้มีการบริการทดสอบ และขยายงานบริการทดสอบและรับรองผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น อาทิ การทดสอบอิเล็กทรอนิกส์ในยานยนต์ อุปกรณ์โทรคมนาคม รถไฟฟ้า เครื่องบินขนาดเล็ก การทดสอบด้านสิ่งแวดล้อม การทดสอบเครื่องมือแพทย์ การทดสอบด้านพลังงานเครื่องหมาย Energy Star และเครื่องหมาย ASEAN mark เป็นต้น รวมไปถึง การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านการทดสอบเพื่อรับรองการวิจัยพัฒนาผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ของประเทศ โดย ณ ปัจจุบัน PTEC สามารถให้บริการทดสอบแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้าในระดับเซลชนิดลิเที่ยม-ไอออน และบางส่วนในระดับโมดูล

**ภาพที่ 18 ตัวอย่างบริการของศูนย์ทดสอบผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์**

ที่มา: สวทช, 2560. (อ้างแล้ว)

**ศูนย์บริการวิเคราะห์ทดสอบ สวทช.** (NSTDA Characterization and Testing Center: NCTC) ให้บริการวิเคราะห์ทดสอบตามวิธีมาตรฐานต่างๆ ด้วยเครื่องมือวิทยาศาสตร์ที่ทันสมัย มูลค่าสูง และได้มาตรฐาน พร้อมนักวิจัยวิศวกรที่มีความเชี่ยวชาญ ทำให้สามารถวิเคราะห์ทดสอบงานที่ซับซ้อนได้ โดยเปิดดำเนินการ 7 วัน 24 ชั่วโมง สนับสนุนการทำวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์สินค้ามูลค่าสูงทั้งภาครัฐและเอกชน ในอุตสาหกรรมเกษตรและอาหาร สุขภาพและการแพทย์ หุ่นยนต์และแมคาทรอนิกส์ ยานยนต์และชิ้นส่วน

นอกจากนี้ สวทช. โดยศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC) ยังมีส่วนร่วมกับสำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรมไทย (สมอ.) ในการจัดทำมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเต้าเสียบ-เต้ารับสำหรับยานยนต์ไฟฟ้าขนาดใหญ่ และระบบประจุไฟฟ้า ภายใต้การสนับสนุนด้านงบประมาณของ สวทช. และการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) ซึ่งในปัจจุบันได้ดำเนินการในส่วนของมาตรฐานเต้าเสียบ-เต้ารับเรียบร้อยแล้ว 3 ฉบับ โดยยังหลืออีก 1 ฉบับ และการจัดทำมาตรฐานระบบประจุไฟฟ้า ซึ่งยังอยู่ระหว่างรอการประกาศจาก สมอ.

### การพัฒนากำลังคน

**1) พัฒนาหลักสูตรภายใต้สถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีขั้นสูงแห่งประเทศไทยและสถาบันเทคโนโลยีแห่งโตเกียว (Thailand Advanced Institute of Science and Technology and Tokyo Institute of Technology: TAIST-Tokyo Tech)**

TAIST-Tokyo Tech เป็นโครงการผลิตนักศึกษาระดับปริญญาโททางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีขั้นสูง โดยความร่วมมือระหว่าง สวทช. มหาวิทยาลัยโตเกียว และมหาวิทยาลัยของไทยอีก 4 แห่ง ได้แก่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง สถาบัน

เทคโนโลยีนานาชาติสิรินธร มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ และมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ซึ่งเริ่มต้นโครงการตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550 โดยเป็นหลักสูตรนานาชาติ จำนวน 3 หลักสูตร ได้แก่

- หลักสูตรวิศวกรรมยานยนต์ (Automotive Engineering: AE)
- หลักสูตรเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเพื่อระบบสมองกลฝังตัว (Information and Communication Technology for Embedded Systems: ICTES)
- หลักสูตรวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมขั้นสูงและยั่งยืน (Sustainable Energy and Resources Engineering: SERE)

โดยการเรียนการสอนด้านยานยนต์ไฟฟ้าอยู่ภายใต้หลักสูตรวิศวกรรมยานยนต์ ซึ่งกิจกรรมการเรียนการสอนทั้งหมดตั้งอยู่ที่ สวทช. เพื่อให้นักศึกษาได้ใช้พื้นที่ เครื่องมือและอุปกรณ์วิจัย และทำงานร่วมกับนักวิจัยของ สวทช.

**2) การจัดฝึกอบรม**

สถาบันวิทยาการ สวทช. (NSTDA Academy) เป็นหน่วยให้บริการฝึกอบรมและให้คำปรึกษาทางวิชาการและเทคนิคภายใต้ สวทช. สำหรับกลุ่มเป้าหมายทั้งบุคลากรภาคอุตสาหกรรม หน่วยงานภาครัฐ เอกชน และบุคคลทั่วไป โดยมีเป้าหมายเพื่อยกระดับขีดความสามารถด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของบุคลากรในภาคการผลิตและบริการของประเทศ รวมไปถึงผลักดัน ส่งเสริม และกระตุ้นให้เกิดการวิจัย พัฒนา และใช้ประโยชน์ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตลอดจนนำเสนอทางเลือกใหม่แก่หน่วยงานรัฐและเอกชน เพื่อเตรียมความพร้อมรับมือกับการเปลี่ยนแปลงของโลกและโจทย์ประเด็นทางเศรษฐกิจ

ทั้งนี้ สถาบันวิทยาการ สวทช. มีชุดหลักฝึกอบรมด้านยานยนต์ไฟฟ้า ภายใต้ชุดหลักสูตรฝึกอบรมสำหรับผู้ปฏิบัติงานมืออาชีพ (Green Practitioner Training Series) ประกอบไปด้วย 4 หลักสูตรย่อย คือ

1) การสัมมนา Ready for EV Community

2) การสัมมนาเทคโนโลยีการดัดแปลงรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าและการใช้งานอย่างถูกกฎหมาย (Electric Motorcycle Technology: EMT)

3) หลักสูตรรู้จริงทุกเทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้าใน 2 วัน (Mastering EV Technologies in 2 days: MEV)

4) หลักสูตรความรู้เพื่อให้บริการสถานีประจุไฟฟ้าสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า (Fundamental of EV Charging Station Technology: FEC)

**ด้านการเผยแพร่ความรู้และสร้างความตระหนัก**

เพื่อเป็นการสร้างความรู้ความเข้าใจ และสร้างความตระหนักถึงความสำคัญของเทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้าให้เกิดขึ้นในวงกว้าง ตลอดจนการแลกเปลี่ยนและถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านยานยนต์ไฟฟ้าในกลุ่มผู้วิจัยและพัฒนา ภาคอุตสาหกรรม และผู้สนใจทั่วไปนั้น สวทช. มีการดำเนินงานในส่วนต่างๆ ดังนี้

1) จัดสัมมนาในรูปแบบการแลกเปลี่ยนประสบการณ์ยานยนต์ไฟฟ้า ได้แก่ หัวข้อประสบการณ์การใช้ยานยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทย ดำเนินการเมื่อ 30 มีนาคม พ.ศ. 2560 และ การเสวนาแลกเปลี่ยนประสบการณ์ “ญี่ปุ่นกำลังทำอะไรอยู่กับยานยนต์ไฟฟ้า” ดำเนินการเมื่อ 26 กรกฎาคม พ.ศ. 2560

2) ฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการเรื่อง “แพ็คแบตเตอรี่สำหรับยานยนต์ไฟฟ้า” ดำเนินการเมื่อ 31 พฤษภาคม พ.ศ. 2560 และ 24-25 สิงหาคม พ.ศ. 2560

3) การจัดทำแผ่นพับประชาสัมพันธ์ และการจัดทำวิดีโอสั้น (Video Clip) สำหรับเผยแพร่ทางสื่อออนไลน์ (อยู่ระหว่างดำเนินการ)

4) งานแสดงเทคโนโลยีชิ้นส่วนยานยนต์ (Auto Parts Tech Day) เป็นงานแสดงผลงานเทคโนโลยียานยนต์และอากาศยานของไทย ทั้งจากภาครัฐ เอกชน และสถาบันการศึกษา การสัมมนาวิชาการ และการบรรยายพิเศษจากผู้บริหารระดับสูง หรือผู้เชี่ยวชาญในอุตสาหกรรมระดับนานาชาติ ซึ่งนอกจากจะเป็นงานแสดงความสามารถของไทยแล้ว ยังเป็นเวทีสร้างเครือข่ายเพื่อต่อยอดผลงานด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมสู่ภาคอุตสาหกรรมอีกช่องทางหนึ่ง

**ภาพที่ 19 ภาพสื่อประชาสัมพันธ์งานแสดงเทคโนโลยีชิ้นส่วนยานยนต์และอุตสาหกรรมอนาคต**

ด้วยแนวโน้มโลกให้ความสำคัญต่อการพัฒนาโดยคำนึงถึงปัญหาสิ่งแวดล้อมและความมั่นคงทางพลังงานมากขึ้น ได้ส่งผลต่อรูปแบบการใช้พลังงานของโลกที่เปลี่ยนไปจากพลังงานฟอสซิลแบบเดิมสู่การใช้พลังงานสะอาดที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม จึงทำให้แนวโน้มการใช้พลังงานฟอสซิลในภาคขนส่งและอุตสาหกรรมยานยนต์ซึ่งมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับสูงเปลี่ยนไปใช้พลังงานไฟฟ้ามากขึ้น แต่ทว่าการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว จะส่งผลกระทบต่ออุตสาหกรรมการผลิตยานยนต์บนฐานของเครื่องยนต์สันดาปภายใน เนื่องจากใช้จำนวนชิ้นส่วนน้อยลง และยังต้องใช้ชิ้นส่วนสำคัญใหม่ ได้แก่ แบตเตอรี่ มอเตอร์ไฟฟ้า และวัสดุน้ำหนักเบา เป็นต้น แม้ว่าผลกระทบในช่วงต้นอาจยังมีค่อนข้างน้อย เนื่องจากยานยนต์ไฟฟ้ายังมีข้อจำกัดทางด้านสมรรถนะและต้นทุน แต่ผู้ผลิตยานยนต์ไฟฟ้าและประเทศที่ให้การส่งเสริมยานยนต์ไฟฟ้าต่างสนับสนุนการวิจัยและพัฒนาเพื่อยกระดับสมรรถนะ เพิ่มประสิทธิภาพ และลดต้นทุนในชิ้นส่วนสำคัญ จนทำให้ยานยนต์ไฟฟ้ามีราคาและสมรรถนะใกล้เคียงกับยานยนต์เครื่องยนต์สันดาปภายในอีกไม่นาน

ขณะที่ไทยซึ่งเป็นฐานการผลิตยานยนต์แห่งหนึ่งของโลก และภาครัฐได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของยานยนต์ไฟฟ้าและการพัฒนาประเทศเป็นศูนย์กลางยานยนต์ไฟฟ้าของอาเซียน จึงให้มอบหมายให้หน่วยงานต่างๆ ร่วมส่งเสริมยานยนต์ไฟฟ้าของประเทศ ตลอดจนส่งเสริมการวิจัยและพัฒนาให้ประเทศมีเทคโนโลยีของตนเอง โดย สวทช. ซึ่งเป็นหน่วยงานด้านวิจัยและพัฒนาที่ได้ทำการวิจัยด้านยานยนต์ไฟฟ้ามาเป็นระยะเวลาหนึ่งแล้ว ยังมีบทบาทส่งเสริมและผลักดันยานยนต์ไฟฟ้าในด้านอื่นด้วย ทั้งด้านการออกแบบ การมาตรฐาน และการวิเคราะห์ทดสอบ การพัฒนากำลังคน และการเผยแพร่ความรู้และสร้างความตระหนัก เพื่อเป็นส่วนสำคัญในการส่งเสริมศักยภาพด้านยานยนต์ไฟฟ้าของประเทศ และเป็นการเตรียมความพร้อมให้แก่ภาคอุตสาหกรรมให้สามารถปรับตัวพร้อมรับการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยี และการส่งเสริมให้ประเทศเป็นศูนย์กลางยานยนต์ไฟฟ้าในอาเซียนดังเป้าหมายที่รัฐบาลได้ตั้งไว้

สอบถามรายละเอียดความร่วมมือด้านวิจัยและพัฒนา และด้านอื่นๆ ได้ที่

**ทีมเลขานุการด้านยานยนต์ไฟฟ้าและยานยนต์สมัยใหม่**
**สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ**
เบอร์โทรศัพท์ 02 564 7000 ต่อ 71687 หรือ 021176449
อีเมล evteam@nstda.or.th

# เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักความสัมพันธ์ระหว่างประเทศ. (2559). สหภาพยุโรป: สภายุโรปเห็นชอบการให้สัตยาบันข้อตกลงปารีสว่าด้วยสภาพภูมิอากาศ. เอกสารข่าวด้านระหว่างประเทศ. ฉบับที่ 3, จาก สำนักงานเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร เว็บไซต์: http://www.parliament.go.th/ewtadmin/ewt/ parliament_parcy/ ewt_dl_link.php?nid=37390

[2] สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. (2560). แผนกลยุทธ์ฉบับที่ 6 ปีงบประมาณ 2560 – 2564. ปทุมธานี: สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโนโลยีแห่งชาติ.

[3] The International Organization of Motor Vehicle Manufacturers. (n.d.). 2016 Production Statistics. Retrieved June 12, 2016. http://www.oica.net/category/production-statistics

[4] สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. (2559). แผนมุ่งเป้าด้านการวิจัยและพัฒนาเพื่อสนับสนุนอุตสาหกรรมยานยนต์ไฟฟ้าของประเทศไทย. (พิมพ์ครั้งที่ 1). ปทุมธานี: สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ.

[5] กระทรวงพาณิชย์. (ม.ป.ป.). สินค้าส่งออก 10 อันดับแรก. สถิติการค้าระหว่างประเทศของไทย. เข้าถึงเมื่อ 5 พฤษภาคม 2560. http://www2.ops3.moc.go.th

[6] สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม. (ม.ป.ป.). เอกสารเผยแพร่อุตสาหกรรมน่ารู้ อุตสาหกรรมยานยนต์. เข้าถึงเมื่อ 5 พฤษภาคม 2560. http://www.oie.go.th/sites/default/files/attachments/Indust BasicKnowledge/ Master_8.pdf

[7] อนิณ เมฆสุขใส (2558). ภาพรวมนโยบาย ECO CAR รุ่นที่2. วารสารส่งเสริมการลงทุน, 26(3), 6-11. สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน. กรุงเทพฯ: บริษัท เกรย์ แมทเทอร์ จำกัด.

[8] ASEAN Automotive Federation. (n.d.). Asean Automotive Federation 2016 Statistics. Retrieved May 5, 2017. http://www.asean-autofed.com/files/AAF_Statistics_2016.pdf

[9] สถาบันยานยนต์. (ม.ป.ป.). สภาวะอุตสาหกรรมยานยนต์ ฉบับปี พ.ศ. 2559.

[10] ฐิติภัทร ดอกไม้เทศ. (ม.ป.ป.). Big bike ดาวรุ่งดวงใหม่ของอุตสาหกรรมยานยนต์ไทย. สถาบันยานยนต์. เข้าถึงเมื่อ 17 สิงหาคม 2560. http://www.thaiauto.or.th/2012/th/news/news-detail.asp?news_id=3200

[11] พัชราภรณ์ เนียมมณี และ วลัยลักษณ์ อัตรธีรวงศ์, (2556). การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความเสี่ยงของโซ่อุปทานในอุตสาหกรรมยานยนต์. รายงานฉบับสมบูรณ์. มหาวิทยาลัยบัณฑิตพัฒนศิลป์.

[12] สถาบันยานยนต์. (2557). การศึกษาโครงสร้างการผลิตชิ้นส่วนของอุตสาหกรรมยานยนต์ไทย. โครงการสารสนเทศยานยนต์.

[13] สุพจน์ สุขพิศาล. (2559). การปรับตัวของผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ไทยต่อยานยนต์สมัยใหม่. เอกสารนำเสนอ เข้าถึงเมื่อ 12 มิถุนายน 2560 https://www.motorexpo.co.th/data/content/2016122116562764.pdf

[14] บาร์บารา อาดัมส์ และ เกรทเชน ลุคซิงเกอร์. (2552) ความเป็นธรรมทางภูมิอากาศเพื่อโลกที่กำลังเปลี่ยนแปลงประเด็นพื้นฐานสำหรับผู้กำหนดนโยบายและภาคประชาสังคม แปลจาก Climate Justice for a Changing Planet: A Primer for Policy Makers and NGOs โดย ชนิดา จรรยาเพศ แบมฟอร์ด. กรุงเทพฯ: สำนักงานโครงการพัฒนาแห่งสหประชาชาติ.

[15] ยศพงษ์ ลออนวล และคณะ. (2556). การศึกษาการพัฒนาของเทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้าและผลกระทบที่เกิดขึ้นสำหรับประเทศไทย. รายงานการวิจัย พัฒนา และวิศวกรรม ฉบับสมบูรณ์ เสนอต่อ ฝ่ายบริหารคลัสเตอร์และโปรแกรมวิจัย ด้านบริหารจัดการการวิจัย สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ.

[16] PBL Netherlands Environmental Assessment Agency. (2016). Trends in global CO2 emissions: 2016 Report. Retrieved May 28, 2017 http://edgar.jrc.ec.europa.eu/news_docs/jrc-2016-trends-in-global-co2-emissions-2016-report-103425.pdf

[17] De Wilde H.P.J and Koon P., (2013). Policy options to reduce passenger car Co2 emission after 2020. Energy Research Center of the Netherlands.

[18] McKinsey & Company. (2014). Electric vehicles in Europe: gearing up for a new phase?.

[19] International Energy Agency. (2016). Global EV outlook 2016 Beyond one million electric cars. Paris.

[20] Just Energy Solutions. (n.d.). Electric Vehicles: The Pros & Cons. Retrieved August 18, 2017. http://justenergysolutions.com/ electric-vehicles-pros-cons.html

[21] EV tide. (n.d.). Top 5 Disadvantages of Owning an Electric Car Retrieved August 18, 2017. https://evtide.com/5-disadvantages-owning-electric-car

[22] International Energy Agency. (2013). Global EV Outlook 2013 Understanding the Electric Vehicle Landscape to 2020. Paris.

[23] International Energy Agency. (2015). Global EV Outlook 2015. Paris.

[24] Idaho National Laboratory. (n.d.). EV Power Systems (Motors and controllers), Retrieved August 29, 2017. https://avt.inl.gov /pdf/fsev/power.pdf.

[25] Department of Energy. (2013). EV Everywhere Grand Challenge Blueprint.

[26] Du, Jiuyu & Ouyang, Minggao & Chen, Jingfu. (2016). Prospects for Chinese electric vehicle technologies in 2016–2020: Ambition and rationality. Energy. 120. . 10.1016/j.energy.2016.11.114.

[27] Kieran Cooke. (2016). China's electric vehicles set for bumpy ride. Climate News Network. Retrieved August 18, 2016. http://climatenewsnetwork.net/chinas-electric-vehicles-evs-bumpy-ride

[28] IoT One. (n.d.). Made in China 2025. State Council, July 7, 2015.

[29] กรมขนส่งทางบก. (ม.ป.ป.). สถิติจำนวนรถจดทะเบียนใหม่. สืบค้นเมื่อ 18 สิงหาคม 2560. เว็บไซต์ http://apps.dlt.go.th/ statistics_web/newcar.html

[30] Nation TV. (20 กรกฎาคม 2560). "PEA รุกคืบไทยแลนด์ 4.0 เปิดสถานีชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า". สืบค้นเมื่อ 18 สิงหาคม 2560. เว็บไซต์ http://www.nationtv.tv/main/content/social/378557471

[31] Voice TV. (30 สิงหาคม 2560) "กฟน. จับมือเอกชนรุกตลาดสถานีอัดประจุไฟฟ้ารถยนต์ไฟฟ้า". สืบค้นเมื่อ 18 สิงหาคม 2560. เว็บไซต์ https://news.voicetv.co.th/advertorial/519733.html

[32] ข่าวสด. (30 กันยายน 2559). "ปตท. จับมือ 6 ผู้ผลิตรถรายใหญ่ ขยายสถานีชาร์จรถไฟฟ้า PTT EV Station", ปีที่ 26 ฉบับที่ 9438.

[33] สมาคมยานยนต์ไฟฟ้าไทย. (2560). เอกสารนำเสนอโครงการสนับสนุนการลงทุนสถานีอัดประจุไฟฟ้า. สืบค้นเมื่อ 18 สิงหาคม 2560. เว็บไซต์ http://www.evat.or.th/attachments/view/ ?attach_id=130765

[34] Autospinn. (2560). "บีเอ็มดับเบิลยูลงทุน 1 พันล้านบาทขยายไลน์ผลิตรถปลั๊กอิน ไฮบริดครบรุ่นที่โรงงานในประเทศไทย". สืบค้นเมื่อ 25 สิงหาคม 2560. เว็บไซต์ https://www.autospinn.com /2017/02/bmw-produces-phv-in-thailand-plant

[35] ประชาชาติธุรกิจออนไลน์. (30 ธ.ค. 2559). "ยกมาตรฐานรง.ธนบุรีประกอบยนต์ ผลิต 16 รุ่นสูงสุดในโลก-เบนซ์ต่อสัญญาเพิ่ม 12 ปี". สืบค้นเมื่อ 25 สิงหาคม 2560. เว็บไซต์ https://www.prachachat. net/news_detail.php?newsid=1483071979

[36] ผู้จัดการออนไลน์. (1 สิงหาคม 2560). "รู้จัก"FOMM"รถยนต์ไฟฟ้าญี่ปุ่น หัวใจไทย" สืบค้นเมื่อ 25 สิงหาคม 2560. เว็บไซต์ http://www.manager.co.th/Motoring/viewNews.aspx? NewsID=9600000077998

[37] สถาบันยานยนต์. (ม.ป.ป.). เอกชนสนใจมาตรการหนุนรถยนต์ไฟฟ้า ข่าวจาก กรุงเทพธุรกิจ. (29 มีนาคม 2560). สืบค้นเมื่อ 31 สิงหาคม 2560” เว็บไซต์ http://www.thaiauto.or.th/2012/th/news/news-detail.asp?news_id=3685

[38] ผู้จัดการออนไลน์. (2 สิงหาคม 2560). “ส่อง“โมเดลใหม่ โตโยต้า”ผ่านแผนไฮบริด2หมื่นล้าน”. สืบค้นเมื่อ 31 สิงหาคม 2560. เว็บไซต์ http://www.manager.co.th/Motoring/ViewNews.aspx?NewsID=9600000078512

[39] คณะทำงานศึกษาและจัดทำแผนพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านไฟฟ้าเพื่อรองรับยานยนต์ไฟฟ้าของประเทศไทย. (2559). รายงานแผนพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านไฟฟ้าเพื่อรองรับยานยนต์ไฟฟ้าของประเทศไทย. คณะทำงานร่วม การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย การไฟฟ้านครหลวง และการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค.

[40] ศูนย์วิจัยกสิกรไทย. (2560). บทวิเคราะห์ SME ไทยก้าวกันกระแสยานยนต์ยุค 4.0 แล้วหรือยัง. สืบค้นเมื่อ 31 สิงหาคม 2560. เว็บไซต์ https://www.kasikornbank.com/th/business/sme/KSME Knowledge/article/ KSMEAnalysis/Pages/Thai-Automotive_4-0.aspx

[41] สำนักนโยบายและแผนพลังงาน. มติคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติครั้งที่ 1/2559. สืบค้นเมื่อ 31 สิงหาคม 2560. เว็บไซต์ http://www2.eppo.go.th/nepc/kpc/kpc-N6.html

[42] กระทรวงอุตสาหกรรม. (2560). มาตรการสนับสนุนการผลิตรถยนต์ที่ขับเคลื่อนด้วยพลังงานไฟฟ้าในประเทศ สืบค้นเมื่อ 1 กันยานย 2560. http://www.industry.go.th/center_mng/index.php/2016-04-24-18-07-42/2016-04-24-18-09-38/2016-04-24-18-10-07/item/10200-3

[43] สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน. ประกาศคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน ที่ 5/2560 เรื่อง นโยบายส่งเสริมการลงทุนการผลิตรถยนต์ไฟฟ้า ชิ้นส่วน และอุปกรณ์

[44} กระทรวงการคลัง. ประกาศลดภาษีสรรพสามิตโดยกระทรวงการคลัง ฉบับที่ 138 เมื่อวันที่ 20 มิถุนายน 2560.

[45] สถาพร รุ่งรัตนาอุบล. (2560). แผนการจัดทำมาตรฐานยานยนต์ไฟฟ้าของประเทศไทย. เอกสารนำเสนอ. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.

[46] สมเดช แสงสุรศักดิ์. (2560). มาตรฐานความปลอดภัยทางไฟฟ้าที่เกี่ยวข้องกับยานยนต์ไฟฟ้า. เอกสารนำเสนอ. ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ.

[47] สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. (2560). รายงานประจำปี 2559. (พิมพ์ครั้งที่ 1). ปทุมธานี: สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโนโลยีแห่งชาติ.