



รายงานฉบับสมบูรณ์ :: แผนยุทธศาสตร์การปรับเปลี่ยน
ผู้ผลิตชิ้นส่วน ไปสู่อุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ ::
โครงการยกระดับผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ไทย
เพื่อเตรียมความพร้อมในการเข้าสู่ห่วงโซ่อุปทานของ
อุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ (Parts Transformation)

เสนอ สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม

จัดทำโดย อุตสาหกรรมพัฒนามูลนิธิ สถาบันยานยนต์

วันที่ 24 สิงหาคม พ.ศ. 2566

คณะผู้วิจัย

นางสาวฐิติภัทร ดอกไม้เทศ

นายมณฑล ศุภกานันต์

นายเอกชัย พันธุ์เมธาฤทธิ์

นางสาวกัญจน์รัศม์ เกิดทรัพย์

ผศ.ดร. นกสิทธิ์ นุ่มวงษ์

ผศ.ดร. อลงกรณ์ ธนศรีธัญญากุล

นายเสฏฐวุฒิ ลาภวิสุทธิสารโรจน์

สถาบันยานยนต์

สถาบันยานยนต์

สถาบันยานยนต์

สถาบันยานยนต์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

สารบัญ

บทที่ 1 หลักการและเหตุผล	13
บทที่ 2 สถานการณ์ยานยนต์โลก.....	16
2.1 ความท้าทายของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่ออุตสาหกรรมยานยนต์โลก.....	16
2.2 สถานการณ์ตลาดยานยนต์โลก	19
2.2.1 ตลาดยานยนต์ภาพรวม.....	19
2.2.2 ตลาดยานยนต์ไฟฟ้า.....	22
2.2.3 ตลาดยานยนต์เชื่อมต่อและขับเคลื่อนอัตโนมัติ.....	25
2.2.4 การขาดแคลนเซมิคอนดักเตอร์สำหรับการผลิตรถยนต์.....	30
2.3 ผลของเทคโนโลยียานยนต์สมัยใหม่ต่ออุตสาหกรรมผลิตรถยนต์โลก.....	32
2.3.1 การเปลี่ยนแปลงสถานะผู้นำในประเทศผู้ผลิตรถยนต์	32
2.3.2 ผู้ประกอบการที่เป็นผู้เล่นรายใหม่ในอุตสาหกรรมยานยนต์โลก.....	35
2.3.3 การสร้างมูลค่าในห่วงโซ่อุปทาน	42
บทที่ 3 สถานภาพอุตสาหกรรมยานยนต์ไทย.....	46
3.1 พัฒนาการและความสำเร็จของการเกิดห่วงโซ่อุปทานของประเทศไทย.....	46
3.2 นโยบายด้านยานยนต์ของประเทศไทย	50
3.2.1 นโยบายด้านยานยนต์ของประเทศไทย ประเด็นด้านสิ่งแวดล้อม	50
3.2.2 นโยบายด้านยานยนต์ของประเทศไทย ประเด็นด้านความปลอดภัย.....	54
3.2.3 โครงสร้างพื้นฐานด้านการทดสอบและวิจัยพัฒนา	59
3.3 สถานการณ์อุตสาหกรรมยานยนต์ในประเทศไทย.....	65
3.3.1 ตลาดยานยนต์ในประเทศไทย	65
3.3.2 การผลิตรถยนต์ในประเทศไทย	65
บทที่ 4 การเปลี่ยนแปลงของชิ้นส่วนยานยนต์ จากการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยี.....	71
4.1 การเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีต่อชิ้นส่วนยานยนต์ปัจจุบัน	71
4.1.1 กลุ่มช่วงล่าง	71
4.1.2 กลุ่มระบบส่งกำลัง.....	75
4.1.3 กลุ่มไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์	82
4.1.4 กลุ่มชิ้นส่วนตัวถัง	85
4.1.5 กลุ่มชิ้นส่วนอื่น.....	87
4.2 ส่วนประกอบและกระบวนการผลิตของกลุ่มชิ้นส่วนเป้าหมาย	88
4.2.1 ส่วนประกอบและกระบวนการผลิตของกลุ่มชิ้นส่วนยานยนต์ไฟฟ้า	90
4.2.2 ส่วนประกอบและกระบวนการผลิตของกลุ่มชิ้นส่วนสำหรับอุปกรณ์เชื่อมต่อและ ขับเคลื่อนอัตโนมัติ.....	101
4.2.3 กลุ่มชิ้นส่วนยานยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์สันดาปภายในที่สะอาดขึ้น	112
4.2.4 กลุ่มชิ้นส่วนอะไหล่ทดแทน	113
บทที่ 5 การประเมินศักยภาพความพร้อม ของผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมยานยนต์ไทย	116
5.1 ที่มาของการประเมินศักยภาพความพร้อมของผู้ประกอบการ.....	116

5.2	วิธีประเมินศักยภาพความพร้อมของผู้ประกอบการเพื่อเข้าสู่อุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่.....	118
5.2.1	กรอบแนวคิดการประเมินศักยภาพความพร้อมของผู้ประกอบการ	118
5.2.2	วิธีการวัดความสามารถในการแข่งขันผู้ประกอบการของผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมยานยนต์ไทย	120
5.3	ผลการประเมินความสามารถในการแข่งขันของผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมยานยนต์ไทย.....	123
5.3.1	ความสามารถในการแข่งขันของผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ในปัจจุบัน.....	136
5.3.2	ความพร้อมของผู้ประกอบการชิ้นส่วนในการปรับตัวไปสู่ยานยนต์สมัยใหม่	142
5.3.3	ข้อจำกัดของการก้าวไปสู่เทคโนโลยียานยนต์สมัยใหม่	145
บทที่ 6	โอกาสของห่วงโซ่อุปทานการผลิตยานยนต์สมัยใหม่ในไทย	146
6.1	ห่วงโซ่อุปทานการผลิตยานยนต์ไฟฟ้า.....	146
6.2	โอกาสของผู้ผลิตชิ้นส่วนภายในประเทศ	148
6.2.1	มุมมองความสามารถในการแข่งขันของฐานการผลิตในไทย.....	150
6.2.2	กำหนดชิ้นส่วนเป้าหมายที่มีศักยภาพในการปรับเปลี่ยนไปสู่อุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ พร้อมแนวทางการส่งเสริม	150
6.3	ปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง.....	156
6.3.1	ปัญหาด้านบุคลากรในอุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่	156
6.3.2	ปัญหาโครงสร้างพื้นฐานเพื่อสนับสนุนการผลิตและวิจัยยานยนต์สมัยใหม่.....	156
6.3.3	ปัญหาการเตรียมความพร้อมต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	157
บทที่ 7	แผนที่นำทางหลักสูตรด้านยานยนต์สมัยใหม่.....	158
7.1	แนวคิดการจัดทำแผนที่นำทางหลักสูตรการอบรมบุคลากรด้านยานยนต์สมัยใหม่	158
7.2	งานวิจัยในอดีตที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาบุคลากรในอุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่.....	159
7.3	สถานการณ์ของการสอนและการอบรมด้านยานยนต์สมัยใหม่ในประเทศไทย	171
7.4	แผนที่นำทางหลักสูตรการอบรมด้านยานยนต์สมัยใหม่	196
7.4.1	แผนที่นำทางหลักสูตรการอบรมบุคลากรด้านชิ้นส่วนยานยนต์ไฟฟ้า.....	199
7.4.2	แผนที่นำทางหลักสูตรการอบรมบุคลากรด้านชิ้นส่วนยานยนต์เชื่อมต่อและขับเคลื่อนอัตโนมัติ	216
7.4.3	แผนที่นำทางหลักสูตรการอบรมบุคลากรด้านชิ้นส่วนยานยนต์เครื่องยนต์สันดาปภายในแบบสะอาด	233
7.4.4	แผนที่นำทางหลักสูตรการอบรมบุคลากรด้านชิ้นส่วนอะไหล่ยานยนต์.....	237
7.4.5	ข้อจำกัดการจัดทำแผนที่นำทางหลักสูตรการอบรมด้านยานยนต์สมัยใหม่	240
7.4.6	ข้อเสนอแนะสำหรับการจัดอบรมบุคลากรด้านยานยนต์สมัยใหม่.....	241
7.5	หลักสูตรอบรมนำร่องด้านยานยนต์สมัยใหม่.....	242
7.5.1	วิชาที่ 1 พื้นฐานมอเตอร์ขับเคลื่อนยานยนต์ไฟฟ้า.....	243
7.5.2	วิชาที่ 2 พื้นฐานซอฟต์แวร์ระบบฝังตัวในรถยนต์.....	244
7.5.3	วิชาที่ 3 พื้นฐานการจำลองในลูบสำหรับการพัฒนาระบบยานยนต์.....	245
บทที่ 8	ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย แผนยุทธศาสตร์ การปรับเปลี่ยนผู้ผลิตชิ้นส่วนไปสู่อุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่.....	247
8.1	ข้อเสนอมาตรการสำหรับการผลิตยานยนต์สมัยใหม่ในประเทศ.....	250

8.2 ข้อเสนอมาตรการสำหรับกลุ่มชิ้นส่วน OEM.....	251
8.2.1 การส่งเสริมการเข้าสู่ตลาดโดยการจับคู่ธุรกิจแบบเชิงรุก	251
8.2.2 การส่งเสริมฐานการผลิตให้มีความสามารถการแข่งขันสูงขึ้น	252
8.2.3 การสร้างความสามารถทางเทคโนโลยีแก่ผู้ประกอบการโดยการทำวิจัยและพัฒนา.....	255
8.2.4 การพัฒนาบุคลากร	257
8.3 ข้อเสนอมาตรการสำหรับกลุ่มชิ้นส่วน REM.....	260
8.3.1 การส่งเสริมการเข้าสู่ตลาด	260
8.3.2 การส่งเสริมฐานการผลิตให้มีความสามารถการแข่งขันสูงขึ้น	261
8.3.3 การสร้างความสามารถทางเทคโนโลยีแก่ผู้ประกอบการ	262
8.3.4 การพัฒนาบุคลากร	263

สารบัญรูป

รูปที่ 1-1 กรอบแนวคิดการวิเคราะห์แนวทางการพัฒนาผู้ผลิตชิ้นส่วนไปสู่อุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่.....	15
รูปที่ 2-1 เป้าหมายการเลิกจำหน่ายรถยนต์ขนาดเล็กเครื่องยนต์สันดาปภายในในประเทศต่าง ๆ.....	17
รูปที่ 2-2 เป้าหมายการเลิกจำหน่ายรถบรรทุกเครื่องยนต์สันดาปภายในในประเทศต่าง ๆ.....	17
รูปที่ 2-3 เป้าหมายการเลิกจำหน่ายรถโดยสารเครื่องยนต์สันดาปภายในในประเทศต่าง ๆ.....	18
รูปที่ 2-4 เป้าหมายการจำหน่ายยานยนต์ไฟฟ้าของผู้ผลิตรายอื่น.....	18
รูปที่ 2-5 สถานการณ์ตลาดยานยนต์ทั่วโลก.....	19
รูปที่ 2-6 สถานการณ์ตลาดยานยนต์ในภูมิภาคเอเชีย.....	20
รูปที่ 2-7 สถานการณ์ตลาดยานยนต์ในภูมิภาคโอเชียเนีย.....	21
รูปที่ 2-8 สถานการณ์ตลาดยานยนต์ในภูมิภาคตะวันออกกลาง.....	22
รูปที่ 2-9 คาดการณ์ปริมาณจำหน่ายยานยนต์ไฟฟ้าทั่วโลก ภายในปี ค.ศ. 2035.....	22
รูปที่ 2-10 ปริมาณจำหน่ายยานยนต์ไฟฟ้าและสัดส่วนของยานยนต์ไฟฟ้าต่อยานยนต์ทั้งหมด	23
รูปที่ 2-11 สถานการณ์ของอุตสาหกรรมยานยนต์ในประเทศสมาชิกอาเซียน.....	24
รูปที่ 2-12 ปริมาณการจำหน่ายรถยนต์และเป้าหมายรถยนต์ยานยนต์ไฟฟ้าในภูมิภาคตะวันออกกลาง	25
รูปที่ 2-13 คาดการณ์ปริมาณยานยนต์อัตโนมัติระดับต่าง ๆ.....	26
รูปที่ 2-14 ช่วงการพัฒนาของยานยนต์อัตโนมัติระดับ 5 ที่วางจำหน่ายในเชิงพาณิชย์.....	27
รูปที่ 2-15 การสำรวจข้อมูลการรับรู้ด้านความปลอดภัยของยานยนต์อัตโนมัติ.....	28
รูปที่ 2-16 มูลค่าตลาดยานยนต์อัตโนมัติในภูมิภาคต่าง ๆ	29
รูปที่ 2-17 ประเภทของเซมิคอนดักเตอร์ที่ใช้ในรถยนต์ แบ่งตามขนาดทรานซิสเตอร์โนด.....	31
รูปที่ 2-18 ปริมาณรถยนต์ไฟฟ้าขนาดเล็ก (Light duty vehicle) สะสมทั่วโลก.....	32
รูปที่ 2-19 ความสามารถในการแข่งขันด้านอุตสาหกรรมยานยนต์ไฟฟ้าของประเทศผู้นำด้านยานยนต์.....	33
รูปที่ 2-20 ความสามารถในการแข่งขันด้านอุตสาหกรรมยานยนต์ไฟฟ้าในปัจจุบันต่าง ๆ ของประเทศผู้นำด้านยานยนต์.....	34
รูปที่ 2-21 คาดการณ์ปริมาณผลิตแบตเตอรี่สำหรับยานยนต์ไฟฟ้าในปี ค.ศ. 2023	34
รูปที่ 2-22 ปริมาณจำหน่ายยานยนต์ไฟฟ้าปี ค.ศ. 2021-2022 จำแนกตามผู้ผลิตรายอื่น.....	35
รูปที่ 2-23 ปริมาณการผลิตแบตเตอรี่สำหรับยานยนต์ไฟฟ้าจำแนกตามประเทศผู้ผลิต.....	37
รูปที่ 2-24 ปริมาณผลิตแบตเตอรี่สำหรับยานยนต์ไฟฟ้าในปี ค.ศ. 2020-2021 จำแนกตามผู้ผลิต.....	38
รูปที่ 2-25 ความสัมพันธ์ระหว่างผู้ผลิตแบตเตอรี่สำหรับยานยนต์ไฟฟ้าและบริษัทผู้ผลิตรายอื่น	41
รูปที่ 2-26 การเปลี่ยนแปลงในด้านภูมิภาคการผลิต จากการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยียานยนต์	43
รูปที่ 2-27 การเปลี่ยนแปลงในมูลค่าชิ้นส่วนยานยนต์จากการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยียานยนต์.....	44

รูปที่ 2-28 การเปลี่ยนแปลงในด้านความสัมพันธ์ระหว่างผู้ผลิตยานยนต์และผู้ผลิตชิ้นส่วน จากการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยียานยนต์	45
รูปที่ 3-1 สรุปพัฒนาการของอุตสาหกรรมยานยนต์ไทย	48
รูปที่ 3-2 ศูนย์ทดสอบยานยนต์และยางล้อแห่งชาติ (ATTRIC).....	59
รูปที่ 3-3 สนามทดสอบทดสอบสมรรถนะและความเร็ว.....	60
รูปที่ 3-4 สนามทดสอบยางล้อ.....	60
รูปที่ 3-5 สนามทดสอบระบบเบรก	61
รูปที่ 3-6 สนามทดสอบระบบเบรกมือ	61
รูปที่ 3-7 สนามทดสอบพลวัต.....	62
รูปที่ 3-8 สนามทดสอบการยึดเกาะขณะเข้าโค้ง	62
รูปที่ 3-9 การทดสอบยางล้อและชิ้นส่วนยานยนต์	63
รูปที่ 3-10 การทดสอบแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า.....	63
รูปที่ 4-1 หม้อลมเบรกไฟฟ้า (Electric brake booster)	71
รูปที่ 4-2 ระบบ Brake-by-wire แบบ Cable puller	72
รูปที่ 4-3 ระบบ Brake-by-wire แบบ Motor-on-caliper	72
รูปที่ 4-4 ระบบ Brake-by-wire แบบ Electric brake master cylinder	73
รูปที่ 4-5 สรุปแนวโน้มเทคโนโลยีวัสดุของกลุ่มแชสซี : ดิสเบรก.....	73
รูปที่ 4-6 ระบบควบคุมพวงมาลัยด้วยสัญญาณ (Steer-by-wire).....	74
รูปที่ 4-7 สรุปแนวโน้มเทคโนโลยีวัสดุของกลุ่มแชสซี : โครงสร้างรถยนต์	74
รูปที่ 4-8 สรุปแนวโน้มเทคโนโลยีวัสดุของกลุ่มแชสซี : โครงสร้างรถยนต์ที่ต้องการความแข็งแรง	75
รูปที่ 4-9 สรุปแนวโน้มเทคโนโลยีวัสดุของกลุ่มแชสซี : กันชน.....	75
รูปที่ 4-10 เกียร์ทดรอบ (Reduction gear).....	76
รูปที่ 4-11 คุณสมบัติของแบตเตอรี่ประเภทต่าง ๆ.....	77
รูปที่ 4-12 เซอร์วิสปลั๊ก (Service plug)	78
รูปที่ 4-13 กล่องรีเลย์สำหรับไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูง (High voltage DC relay box).....	78
รูปที่ 4-14 สรุปแนวโน้มเทคโนโลยีวัสดุของกลุ่มระบบส่งกำลัง : เคสแบตเตอรี่แพ็ค	79
รูปที่ 4-15 มอเตอร์ขับเคลื่อน (Traction motor)	79
รูปที่ 4-16 อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลัง (Power electronic).....	80
รูปที่ 4-17 สายไฟแรงดันสูง (High voltage wiring).....	81
รูปที่ 4-18 โครงสร้างของชุดควบคุมของรถยนต์	82
รูปที่ 4-19 เซ็นเซอร์ของระบบช่วยขับเคลื่อนและระบบขับเคลื่อนอัตโนมัติ	84

รูปที่ 4-20 สรุปแนวโน้มเทคโนโลยีวัสดุของกลุ่มตัวถัง : ตัวถัง	85
รูปที่ 4-21 สรุปแนวโน้มเทคโนโลยีวัสดุของกลุ่มตัวถัง : กระบอก	85
รูปที่ 4-22 สรุปแนวโน้มเทคโนโลยีวัสดุของกลุ่มตัวถัง : ชิ้นส่วนภายในที่เป็นโลหะ	86
รูปที่ 4-23 สรุปแนวโน้มเทคโนโลยีวัสดุของกลุ่มตัวถัง : ชิ้นส่วนภายในที่เป็นพลาสติก.....	86
รูปที่ 4-24 คอมเพรสเซอร์ของระบบปรับอากาศไฟฟ้า (Electric A/C compressor).....	87
รูปที่ 4-25 ชิ้นส่วนสำหรับอุปกรณ์เชื่อมต่อและขับเคลื่อนที่มีศักยภาพ	89
รูปที่ 4-26 ส่วนประกอบของแพ็คเกจเตอร์	90
รูปที่ 4-27 กระบวนการผลิตเซลล์แบตเตอรี่	91
รูปที่ 4-28 ส่วนประกอบของมอเตอร์ขับเคลื่อนยานยนต์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ (Induction Traction Motor)	92
รูปที่ 4-29 กระบวนการพันขดลวดมอเตอร์ (Motor Winding Process).....	93
รูปที่ 4-30 กระบวนการผลิตแผ่นลามิเนต (Laminate)	93
รูปที่ 4-31 คอมเพรสเซอร์สำหรับยานพาหนะไฟฟ้าแบบแบตเตอรี่ (Electric A/C Compressor)	94
รูปที่ 4-32 วงจรอุปกรณ์ประจุไฟฟ้าที่ติดตั้งในยานยนต์ (On-Board Charger)	95
รูปที่ 4-33 อุปกรณ์แปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (DC/DC Converter).....	96
รูปที่ 4-34 วงจร Power Control Unit	97
รูปที่ 4-35 กระบวนการกัดเฟืองเกียร์ (Gear Hobbing).....	97
รูปที่ 4-36 ส่วนประกอบแบบพาสซีฟ (Passive components) ประเภทต่าง ๆ	101
รูปที่ 4-37 ส่วนประกอบของตัวต้านทาน (Resistor)	102
รูปที่ 4-38 ส่วนประกอบของตัวเก็บประจุ (Capasistor).....	102
รูปที่ 4-39 ส่วนประกอบของอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์สำหรับแสดงผลระบบสัมผัส.....	103
รูปที่ 4-40 กระบวนการผลิตเลนส์ปิดหน้าจอ (Coverlens) และเซ็นเซอร์สัมผัส (Touchsensor).....	104
รูปที่ 4-41 กระบวนการผลิตแผงหน้าจอ.....	104
รูปที่ 4-42 กระบวนการผลิต MEMS Sensor	105
รูปที่ 4-43 โมเด็มแบบฝังตัว (Embedded modem) ของผู้ผลิตรายต่างๆ.....	106
รูปที่ 4-44 กระบวนการผลิตวัสดุเพียโซอิเล็กทริก (Piezoelectric Material)	107
รูปที่ 4-45 ส่วนประกอบของกล้อง (Camera).....	108
รูปที่ 4-46 กระบวนการผลิตเลนส์ (Lens).....	108
รูปที่ 4-47 ประเภทของตัวกระตุ้นให้ทำงาน (Actuator)	109
รูปที่ 4-48 ตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalytic Converter).....	112
รูปที่ 5-1 องค์ประกอบของความสามารถในการแข่งขันของบริษัท.....	119

รูปที่ 5-2 แผนภาพใยแมงมุมของผลการดำเนินงานรวม ตามประเภทผลิตภัณฑ์	128
รูปที่ 5-3 ดัชนีความสามารถในการแข่งขันของผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์	129
รูปที่ 5-4 รูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีความสามารถในการแข่งขันกับรายได้	132
รูปที่ 5-5 ผลการดำเนินงานทางธุรกิจของผู้ผลิตชิ้นส่วน	133
รูปที่ 5-6 ความสามารถในการรักษารฐานลูกค้าของผู้ผลิตชิ้นส่วน	133
รูปที่ 5-7 ความสามารถในการผลิตชิ้นส่วนที่ความซับซ้อนของผู้ผลิตชิ้นส่วน	134
รูปที่ 5-8 ความสามารถในการตอบสนองต่อการลดต้นทุนการผลิต	134
รูปที่ 5-9 สัดส่วนของการทำกิจกรรม R&D ของผู้ผลิตชิ้นส่วน	135
รูปที่ 5-10 การปรับตัวสู่ยานยนต์สมัยใหม่	136
รูปที่ 5-11 สัดส่วนความสนใจเข้าไปในกิจกรรมการผลิตอุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่	142
รูปที่ 5-12 ความคืบหน้าในการดำเนินงานเพื่อไปสู่การผลิตอุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่	143
รูปที่ 5-13 แผนการดำเนินงานเพื่อเข้าสู่การผลิตอุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่	143
รูปที่ 7-1 แนวคิดของกรอบการจัดทำแผนที่นำทางของหลักสูตรการอบรมบุคลากรด้านยานยนต์สมัยใหม่ .	158
รูปที่ 7-2 แผนที่นำทางการวิจัยและการพัฒนาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่	161
รูปที่ 7-3 แผนที่นำทางการวิจัยและการพัฒนาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ในกลุ่มระบบ อิเล็กทรอนิกส์และซอฟต์แวร์ในยานยนต์ (Automotive Electronics and Software)	162
รูปที่ 7-4 แผนที่นำทางการวิจัยและการพัฒนาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ในกลุ่มตัวถัง (Body)	162
รูปที่ 7-5 แผนที่นำทางการวิจัยและการพัฒนาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ ในกลุ่มช่วงล่าง (Chassis)	163
รูปที่ 7-6 แผนที่นำทางการวิจัยและการพัฒนาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ ในกลุ่มช่วงล่าง (Chassis) (ต่อ)	163
รูปที่ 7-7 แผนที่นำทางการวิจัยและการพัฒนาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ ในกลุ่มชิ้นส่วน ยานยนต์ไฟฟ้า (EV Parts) และระบบประจุไฟฟ้า (Chargers)	164
รูปที่ 7-8 ห่วงโซ่ผลิตภัณฑ์ของอุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่	165
รูปที่ 7-9 สรุปความรู้และทักษะที่จำเป็นในกิจกรรมการวิจัยและพัฒนา	165
รูปที่ 7-10 สรุปความรู้และทักษะที่จำเป็นในกิจกรรมการผลิตชิ้นส่วน	166
รูปที่ 7-11 สรุปความรู้และทักษะที่จำเป็นในกิจกรรมการควบคุมระบบ	166
รูปที่ 7-12 สรุปความรู้และทักษะที่จำเป็นในกิจกรรมการควบคุมประกอบรถยนต์	167
รูปที่ 7-13 สรุปความรู้และทักษะที่จำเป็นในกิจกรรมการตลาดและการขาย	167
รูปที่ 7-14 สรุปความรู้และทักษะที่จำเป็นในกิจกรรมการใช้งาน กรณีนำไปใช้ให้บริการการใช้งานยานยนต์ ร่วมกัน	168

รูปที่ 7-15 สรุปความรู้และทักษะที่จำเป็นในกิจกรรมการบริการหลังการขาย.....	168
รูปที่ 7-16 สรุปความรู้และทักษะที่จำเป็นในกิจกรรมการจัดการซากยานยนต์เมื่อสิ้นอายุ	169
รูปที่ 7-17 กำหนดรายวิชาและลำดับการเรียนรู้หลักสูตรการอบรมบุคลากรด้านยานยนต์สมัยใหม่	197
รูปที่ 7-18 เจ็อนเวลาสำหรับการอบรมด้านยานยนต์สมัยใหม่	198
รูปที่ 8-1 ข้อเสนอมาตรการเพื่อการเปลี่ยนผ่านไปสู่อุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่.....	249

สารบัญตาราง

ตารางที่ 2-1 การสำรวจข้อมูลความเต็มใจจ่ายของผู้บริโภค หากมีการเพิ่มเทคโนโลยีในด้านต่าง ๆ.....	28
ตารางที่ 2-2 ความร่วมมือของ Tesla Motor กับผู้ประกอบการรายอื่นๆ.....	36
ตารางที่ 3-1 เป้าหมายการผลิตและการใช้งานยานยนต์ไฟฟ้า การติดตั้งสถานีประจุไฟฟ้าในที่สาธารณะ โดย คณะกรรมการนโยบายยานยนต์ไฟฟ้าแห่งชาติ	50
ตารางที่ 3-2 มาตรการสนับสนุนการใช้รถยนต์ไฟฟ้า	52
ตารางที่ 3-3 อัตราภาษีประจำปีสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า	53
ตารางที่ 3-4 โครงสร้างภาษีสรรพสามิตรยนต์ใหม่.....	55
ตารางที่ 3-5 มาตรฐาน UNECE Regulation สำหรับระบบช่วยเหลือผู้ขับขี่ขั้นสูง.....	56
ตารางที่ 3-6 โครงสร้างภาษีสรรพสามิตรถจักรยานยนต์ใหม่.....	57
ตารางที่ 3-7 ผู้ผลิตรถยนต์นั่งและรถกระบะในประเทศไทย.....	67
ตารางที่ 3-8 ผู้ผลิตรถตู้ รถโดยสาร และรถบรรทุกในประเทศไทย.....	68
ตารางที่ 3-9 ผู้ผลิตรถจักรยานยนต์ในประเทศไทย	68
ตารางที่ 3-10 ผู้ผลิตแบตเตอรี่สำหรับยานยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทย	69
ตารางที่ 4-1 รายการชิ้นส่วนยานยนต์จากการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยี.....	88
ตารางที่ 4-2 สรุปความสัมพันธ์ระหว่างชิ้นส่วนยานยนต์ไฟฟ้า 9 รายการ กับกระบวนการผลิตชิ้นส่วน.....	99
ตารางที่ 4-3 สรุปความสัมพันธ์ระหว่างชิ้นส่วนสำหรับอุปกรณ์เชื่อมต่อและขับเคลื่อนอัตโนมัติ 9 รายการ กับ กระบวนการผลิตชิ้นส่วน	110
ตารางที่ 4-4 ชิ้นส่วนที่มีศักยภาพสำหรับอุตสาหกรรมชิ้นส่วนอะไหล่ไทย.....	114
ตารางที่ 5-1 ข้อมูลพื้นฐานของผู้ประกอบการที่ตอบแบบสำรวจข้อมูล	124
ตารางที่ 5-2 ผลการประเมินผลการดำเนินงานรวมแยกตามกิจกรรมการผลิตชิ้นส่วน.....	125
ตารางที่ 5-3 ผลการประเมินผลการดำเนินงานรวมแยกตามสัญญาของผู้ผลิตชิ้นส่วน	127
ตารางที่ 5-4 ดัชนีความสามารถในการแข่งขัน (FCI) ของผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ จำแนกตามกิจกรรมการผลิต	131
ตารางที่ 5-5 ดัชนีความสามารถในการแข่งขัน (FCI) ของผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ จำแนกตามสัญญา.....	131
ตารางที่ 5-6 ความสามารถในการปรับตัวเพื่อการเรียนรู้เทคโนโลยีของผู้ผลิตชิ้นส่วน.....	139
ตารางที่ 5-7 ความสามารถในการปรับตัวไปสู่ยานยนต์สมัยใหม่ของผู้ผลิตชิ้นส่วน.....	140
ตารางที่ 5-8 ความสามารถในการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ.....	141
ตารางที่ 5-9 เปรียบเทียบความสำเร็จของอุตสาหกรรมยานยนต์ในไทย.....	144
ตารางที่ 6-1 แนวโน้มของห่วงโซ่อุปทานการผลิตยานยนต์ไฟฟ้าภายในประเทศ.....	148
ตารางที่ 6-2 จำนวนผู้ประกอบการที่มีความสามารถผลิตตามกระบวนการผลิตชิ้นส่วน EV 9 รายการ.....	151

ตารางที่ 6-3 จำนวนผู้ประกอบการที่มีความสามารถผลิตตามกระบวนการผลิตชิ้นส่วน CAV 9 รายการ	153
ตารางที่ 7-1 หลักสูตรด้านยานยนต์สมัยใหม่ที่สอนในสถาบันการศึกษา ระดับวิทยาลัย.....	172
ตารางที่ 7-2 หลักสูตรด้านยานยนต์สมัยใหม่ที่สอนในสถาบันการศึกษา ระดับมหาวิทยาลัย.....	175
ตารางที่ 7-3 หลักสูตรด้านยานยนต์สมัยใหม่ที่จัดอบรมระยะสั้น	181
ตารางที่ 7-4 เนื้อหารายวิชาโดยสังเขป หลักสูตรการอบรมกลุ่มชิ้นส่วนยานยนต์ไฟฟ้า.....	201
ตารางที่ 7-5 แผนการเรียนรู้ (ชุดรายวิชา) หลักสูตรด้านชิ้นส่วนยานยนต์ไฟฟ้า: แบตเตอรี่	207
ตารางที่ 7-6 แผนการเรียนรู้ (ชุดรายวิชา) หลักสูตรด้านชิ้นส่วนยานยนต์ไฟฟ้า: มอเตอร์ขับเคลื่อนไฟฟ้า	208
ตารางที่ 7-7 แผนการเรียนรู้ (ชุดรายวิชา) หลักสูตรด้านชิ้นส่วนยานยนต์ไฟฟ้า: คอมเพรสเซอร์สำหรับยานยนต์ไฟฟ้า	209
ตารางที่ 7-8 แผนการเรียนรู้ (ชุดรายวิชา) หลักสูตรด้านชิ้นส่วนยานยนต์ไฟฟ้า: ระบบบริหารจัดการแบตเตอรี่	210
ตารางที่ 7-9 แผนการเรียนรู้ (ชุดรายวิชา) หลักสูตรด้านชิ้นส่วนยานยนต์ไฟฟ้า: ระบบควบคุมการขับเคลื่อน	211
ตารางที่ 7-10 แผนการเรียนรู้ (ชุดรายวิชา) หลักสูตรด้านชิ้นส่วนยานยนต์ไฟฟ้า: อุปกรณ์ประจุไฟฟ้าที่ติดตั้งในยานยนต์ และอุปกรณ์แปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง	212
ตารางที่ 7-11 แผนการเรียนรู้ (ชุดรายวิชา) หลักสูตรด้านชิ้นส่วนยานยนต์ไฟฟ้า: อินเวอร์เตอร์สำหรับหน่วยควบคุมพลังงาน	213
ตารางที่ 7-12 แผนการเรียนรู้ (ชุดรายวิชา) หลักสูตรด้านชิ้นส่วนยานยนต์ไฟฟ้า: เกียร์ทดรอบ.....	214
ตารางที่ 7-13 แผนการเรียนรู้ (ชุดรายวิชา) หลักสูตรด้านชิ้นส่วนยานยนต์ไฟฟ้า.....	215
ตารางที่ 7-14 เนื้อหารายวิชาโดยสังเขป หลักสูตรการอบรมกลุ่มชิ้นส่วนยานยนต์เชื่อมต่อและขับเคลื่อนอัตโนมัติ	218
ตารางที่ 7-15 แผนการเรียนรู้ (ชุดรายวิชา) หลักสูตรด้านชิ้นส่วนยานยนต์เชื่อมต่อและขับเคลื่อนอัตโนมัติ: ส่วนประกอบแบบพาสซีฟ	223
ตารางที่ 7-16 แผนการเรียนรู้ (ชุดรายวิชา) หลักสูตรด้านชิ้นส่วนยานยนต์เชื่อมต่อและขับเคลื่อนอัตโนมัติ: อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์สำหรับแสดงผล	224
ตารางที่ 7-17 แผนการเรียนรู้ (ชุดรายวิชา) หลักสูตรด้านชิ้นส่วนยานยนต์เชื่อมต่อและขับเคลื่อนอัตโนมัติ: ที่นั่งอัจฉริยะ.....	225
ตารางที่ 7-18 แผนการเรียนรู้ (ชุดรายวิชา) หลักสูตรด้านชิ้นส่วนยานยนต์เชื่อมต่อและขับเคลื่อนอัตโนมัติ: ชิ้นส่วนตัวถังสำหรับติดตั้งเซ็นเซอร์	226
ตารางที่ 7-19 แผนการเรียนรู้ (ชุดรายวิชา) หลักสูตรด้านชิ้นส่วนยานยนต์เชื่อมต่อและขับเคลื่อนอัตโนมัติ: โมเด็มแบบฝังตัว.....	227
ตารางที่ 7-20 แผนการเรียนรู้ (ชุดรายวิชา) หลักสูตรด้านชิ้นส่วนยานยนต์เชื่อมต่อและขับเคลื่อนอัตโนมัติ: อัลตราโซนิกเซ็นเซอร์	228

ตารางที่ 7-21 แผนการเรียนรู้ (ชุดรายวิชา) หลักสูตรด้านชิ้นส่วนยานยนต์เชื่อมต่อและขับเคลื่อนอัตโนมัติ: อุปกรณ์ รับคำสั่งจากผู้ขับขี่.....	229
ตารางที่ 7-22 แผนการเรียนรู้ (ชุดรายวิชา) หลักสูตรด้านชิ้นส่วนยานยนต์เชื่อมต่อและขับเคลื่อนอัตโนมัติ: กล้อง 230	
ตารางที่ 7-23 แผนการเรียนรู้ (ชุดรายวิชา) หลักสูตรด้านชิ้นส่วนยานยนต์เชื่อมต่อและขับเคลื่อนอัตโนมัติ: ตัวกระตุ้นให้ทำงาน	231
ตารางที่ 7-24 แผนการเรียนรู้ (ชุดรายวิชา) หลักสูตรด้านชิ้นส่วนยานยนต์เชื่อมต่อและขับเคลื่อนอัตโนมัติ	232
ตารางที่ 7-25 เนื้อหารายวิชาโดยสังเขป หลักสูตรการอบรมกลุ่มชิ้นส่วนยานยนต์เครื่องยนต์สันดาปภายใน แบบสะอาด	234
ตารางที่ 7-26 แผนการเรียนรู้ (ชุดรายวิชา) หลักสูตรด้านชิ้นส่วนเครื่องยนต์สันดาปภายในที่สะอาด	236
ตารางที่ 7-27 เนื้อหารายวิชาโดยสังเขป หลักสูตรการอบรมกลุ่มชิ้นส่วนอะไหล่ยานยนต์.....	238
ตารางที่ 7-28 แผนการเรียนรู้ (ชุดรายวิชา) หลักสูตรด้านชิ้นส่วนอะไหล่ยานยนต์.....	239
ตารางที่ 7-29 แผนการอบรมบุคลากรด้านยานยนต์สมัยใหม่.....	240
ตารางที่ 8-1 ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย มาตรการการปรับเปลี่ยนผู้ผลิตชิ้นส่วนไปสู่อุตสาหกรรมยานยนต์ สมัยใหม่	264

บทที่ 1 หลักการและเหตุผล

เป็นเวลากว่า 60 ปี ที่อุตสาหกรรมยานยนต์เกิดขึ้นในประเทศไทย และเป็นส่วนสำคัญของการขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศ สร้างมูลค่าเพิ่มและการจ้างงานในประเทศ โดยในปี ค.ศ. 2021 อุตสาหกรรมยานยนต์ที่รวมตั้งแต่การผลิต การขาย และการซ่อมบำรุง สร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจให้ประเทศไทยรวมกัน มีสัดส่วนร้อยละ 19 ของ GDP ประเทศ และในปี ค.ศ. 2022 มีมูลค่าส่งออกสินค้ายานยนต์ 47,297 ล้านดอลลาร์ โดยกว่าร้อยละ 55 เป็นการส่งออกชิ้นส่วนยานยนต์ ปัจจัยสำคัญที่ทำให้ประเทศไทยเป็นฐานการผลิตยานยนต์ของโลกประกอบกันจากทั้งด้านอุปสงค์ อุปทาน และนโยบายภาครัฐ กล่าวคือ **ในด้านอุปสงค์** ประเทศไทยมีตลาดในประเทศที่มีขนาดใหญ่เพียงพอสำหรับการตั้งโรงงานการผลิต และประเทศไทยยังสามารถเข้าถึงตลาดต่างประเทศโดยการส่งออกได้สะดวก จากข้อตกลงการค้าเสรีระหว่างประเทศ (Free Trade Agreement: FTA) และนโยบายด้านภูมิรัฐศาสตร์ **ในด้านอุปทาน** อุตสาหกรรมยานยนต์ไทยมีห่วงโซ่อุปทานในประเทศที่ลึกและยาว มีอุตสาหกรรมเกี่ยวเนื่องที่สนับสนุนจำนวนมาก รวมทั้งมีแรงงานที่มีฝีมือ และในด้านนโยบายรัฐ ที่มีการกำหนดนโยบายอย่างมีทิศทาง โดยส่งเสริมผู้ผลิตยานยนต์จากทุกประเทศอย่างเสมอภาค (International brand) และส่งเสริมให้เกิดการผลิตชิ้นส่วนที่เป็นหัวใจของยานยนต์ คือ เครื่องยนต์ในประเทศ

อุตสาหกรรมยานยนต์ไทยสามารถเติบโตไปพร้อมกับอุตสาหกรรมยานยนต์โลก โดยในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา มีอัตราเติบโตของปริมาณการผลิตใกล้เคียงกันหรือมากกว่ากับอัตราการเติบโตของอุตสาหกรรมยานยนต์โลก อย่างไรก็ตาม แม้ว่าไทยจะยังคงเป็นฐานการผลิตที่สำคัญของโลก แต่ต้องเผชิญกับแรงกดดันจากภายในและภายนอกหลายประการ ดังนี้ **ประการแรก** การมีต้นทุนการผลิตสูงขึ้นจากการเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศ ในขณะที่ประเทศเพื่อนบ้านเริ่มพัฒนาอุตสาหกรรมยานยนต์ในประเทศและต้องการเป็นศูนย์กลางการผลิตของภูมิภาคเช่นกัน **ประการที่สอง** การเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีไปสู่เทคโนโลยียานยนต์สมัยใหม่ ทั้งยานยนต์ไฟฟ้า (Electric Vehicle: EV) และยานยนต์เชื่อมต่อและขับเคลื่อนอัตโนมัติ (Connected and Autonomous Vehicle: CAV) ที่ต้องการความสามารถการผลิตด้านไฟฟ้ากำลัง อิเล็กทรอนิกส์และซอฟต์แวร์มากขึ้น ในขณะที่ผู้ผลิตยานยนต์ในประเทศมีความสามารถแข่งขันการผลิตชิ้นส่วนทางกลเป็นหลัก **ประการที่สาม** Landscape ในอุตสาหกรรมยานยนต์โลกเปลี่ยนแปลงไป ประเทศจีนกลายเป็นผู้เล่นที่มีบทบาทสำคัญในอุตสาหกรรมยานยนต์จากความสามารถการผลิตยานยนต์ไฟฟ้า ซึ่งผู้ผลิตยานยนต์จีนมีการสร้างความสัมพันธ์ในห่วงโซ่อุปทานที่ต่างออกไปจากการสร้างห่วงโซ่อุปทานในอดีต กล่าวคือผู้ผลิตในประเทศจีนมีทั้งความสามารถทางเทคโนโลยีและต้นทุนการผลิตที่ต่ำกว่ามาก จากการใช้ประโยชน์จากการประหยัดต่อขนาด (Economy of scale) ดังนั้น ผู้ผลิตชิ้นส่วนไทยที่ต้องการเข้าสู่ห่วงโซ่อุปทานของผู้ผลิตยานยนต์จากจีนต้องมีความพร้อมทั้งความสามารถทางเทคโนโลยีและมีต้นทุนที่แข่งขันได้

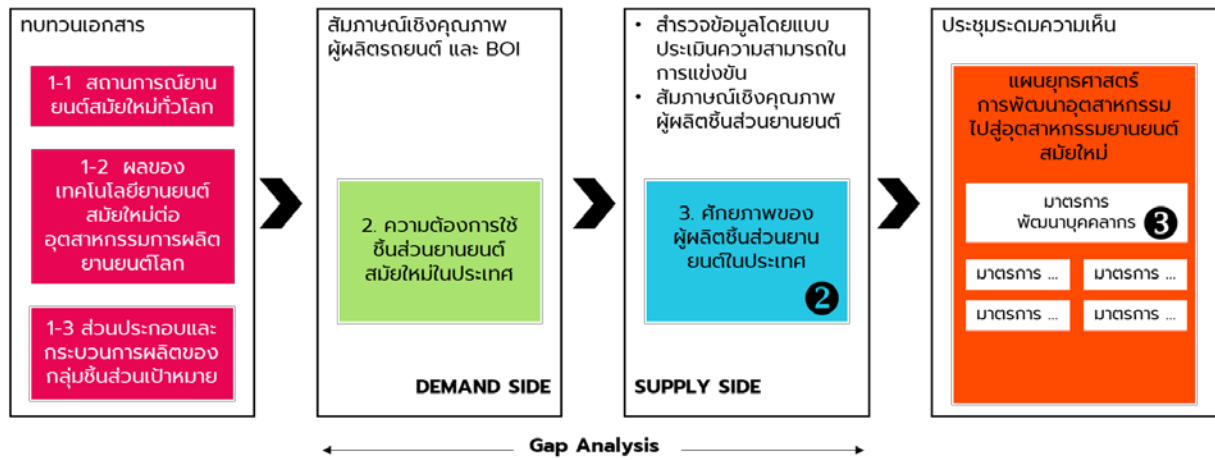
การผลิตยานยนต์ในประเทศไทย เริ่มต้นจากการผลิตเพื่อทดแทนการนำเข้าสู่การเป็นฐานการผลิตที่ส่งออกไปทั่วโลก ด้วยการมี Product champion ที่ตอบสนองต่อตลาดและการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีในแต่ละยุคสมัย ปัจจุบันนโยบายด้านยานยนต์ของไทยให้ความสำคัญกับการผลิตยานยนต์ที่มีคุณสมบัติ “สะอาด-ประหยัด-ปลอดภัย” ซึ่งสอดคล้องกับแนวโน้มในปัจจุบันที่ทั่วโลกต่างให้ความสำคัญกับปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยเริ่มต้นจากการส่งเสริมรถยนต์ประหยัดพลังงานมาตรฐานสากล หรือ “รถยนต์อีโคคาร์” ในปี ค.ศ. 2010 การใช้ป้ายแสดงข้อมูลรถยนต์ตามมาตรฐานสากล หรือ “อีโคสติเกอร์”

ในปี ค.ศ. 2015 การปรับภาษีสรรพสามิตโดยคำนวณอัตราภาษีจากปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในปี ค.ศ. 2016 กระทั่งปัจจุบันที่ส่งเสริมยานยนต์ที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า (xEV)

การส่งเสริมยานยนต์ที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าถูกบรรจุไว้ในแผนงานชาติในระดับต่าง ๆ ดังนี้ **แผนยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (พ.ศ. 2561-2580)** ด้านอุตสาหกรรมและบริการแห่งอนาคต แผนแม่บทย่อย 4.4 อุตสาหกรรมต่อเนื่องจากการพัฒนาระบบคมนาคม ที่ให้ความสำคัญเพื่อผลักดันการเปลี่ยนผ่าน อุตสาหกรรมยานยนต์ทั้งระบบไปสู่อุตสาหกรรมยานยนต์ไฟฟ้า เนื่องด้วยประสิทธิภาพการใช้พลังงาน ลดค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษา และลดการปล่อยมลพิษ รวมทั้ง **แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 13 (พ.ศ. 2566-2570)** ในส่วนของภาคการผลิตและบริการเป้าหมายได้กำหนดเป้าหมายในหมวดหมู่ที่ 3 ว่าไทยจะเป็นฐานการผลิตยานยนต์ไฟฟ้าที่สำคัญของโลก โดยนอกจากจะส่งเสริมด้านการใช้งานแล้วยังสนับสนุนผู้ประกอบการโดยกำหนดแผนการเปลี่ยนผ่านไปสู่ห่วงโซ่อุปทานยานยนต์ไฟฟ้าตลอดห่วงโซ่อุปทาน อีกทั้ง **คณะกรรมการนโยบายยานยนต์ไฟฟ้าแห่งชาติ** ได้กำหนดวิสัยทัศน์ เป้าหมาย เพื่อให้ประเทศไทยเป็นฐานการผลิตยานยนต์ไร้มลพิษ (Zero-emission vehicle: ZEV) ซึ่งประกอบด้วยยานยนต์ขับเคลื่อนพลังงานไฟฟ้า (Battery Electric Vehicle: BEV) และยานยนต์เซลล์เชื้อเพลิง (Fuel Cell Electric Vehicle: FCEV) โดยมีเป้าหมายการผลิตร้อยละ 30 ของการผลิตยานยนต์ในประเทศ และการใช้งานร้อยละ 50 ของตลาดยานยนต์ในประเทศ ภายในปี ค.ศ. 2030 รวมทั้ง เพื่อให้สอดคล้องกับการส่งเสริมยานยนต์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เตรียมประกาศใช้มาตรฐานการปล่อยมลพิษรถยนต์นั่งส่วนบุคคลจากมาตรฐานยูโร 4 ที่ใช้ในปัจจุบันไปเป็น มาตรฐานยูโร 6 ในปี ค.ศ. 2025 และกรณีรถประเภทอื่น ๆ จะปรับจากมาตรฐานยูโร 4 เป็นมาตรฐานยูโร 5 และยูโร 6 ในปี ค.ศ. 2024 และ 2026 ตามลำดับ อีกด้วย

ดังนั้นด้วยความท้าทายจากแรงกดดันดังกล่าว อุตสาหกรรมยานยนต์ไทยจำเป็นต้องมีการเปลี่ยนแปลงทั้งองค์ภาพ โดยผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์จะเป็นกลุ่มที่ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงนี้มากที่สุด และภาครัฐได้ตระหนักถึงประเด็นดังกล่าว เพื่อเป็นการลดผลกระทบจากการปรับเปลี่ยนไปสู่ยานยนต์ไฟฟ้า และเป็นการเตรียมความพร้อมในการปรับตัวไปสู่อุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ จึงเป็นที่มาของการจัดทำโครงการยกระดับผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ไทย เพื่อเตรียมความพร้อมในการเข้าสู่ห่วงโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ (Parts Transformation) ในปีงบประมาณ 2566 โดยสำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม มอบหมายให้สถาบันยานยนต์เป็นผู้ดำเนินโครงการดังกล่าว โดยขอขยายของการพิจารณาอุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ หมายถึง อุตสาหกรรมยานยนต์ที่มีลักษณะ สะอาด ประหยัด ปลอดภัย ซึ่งประกอบด้วยชิ้นส่วนเป้าหมายทั้งชิ้นส่วนเพื่อการประกอบรถยนต์ใหม่ (หรือ ชิ้นส่วน OEM) และชิ้นส่วนอะไหล่ทดแทน (หรือ ชิ้นส่วน REM) ความมุ่งหมายที่สำคัญของโครงการนี้ เพื่อทำให้ผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ในประเทศไทยกว่า 2,500 ราย คงความสามารถแข่งขัน เพื่อให้ประเทศไทยยังคงเป็นฐานการผลิตยานยนต์ที่สำคัญของภูมิภาคได้ต่อไป

การศึกษาและวิเคราะห์แนวทางการพัฒนาผู้ผลิตชิ้นส่วนไปสู่อุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ จะใช้ข้อมูลจากการทบทวนเอกสาร รวมถึงข้อมูลจากการสัมภาษณ์เชิงคุณภาพ จากนั้นจะใช้การวิเคราะห์ช่องว่าง (Gap analysis) ระหว่างความต้องการใช้ชิ้นส่วนยานยนต์สมัยใหม่ในประเทศ (Demand side) และความสามารถผลิตชิ้นส่วนยานยนต์สมัยใหม่จากผู้ประกอบการชิ้นส่วนยานยนต์ในประเทศ (Supply side) เพื่อนำไปกำหนดมาตรการเพื่อปิดหรือลดช่องว่างเรื่องการใช้ชิ้นส่วนยานยนต์สมัยใหม่ในประเทศต่อไป โดยมีกรอบแนวคิดแสดงดังรูปที่ 1-1



หมายเหตุ **2** คือ งานในส่วนที่ 2 ของโครงการ (การประเมินศักยภาพความพร้อมของผู้ประกอบการชิ้นส่วนเพื่อปรับตัวไปสู่อุตสาหกรรมชิ้นส่วนเป้าหมาย)

3 คือ งานในส่วนที่ 3 ของโครงการ (การเสริมทักษะบุคลากรต้นแบบในอุตสาหกรรมชิ้นส่วนเพื่อปรับเปลี่ยนไปสู่อุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่)

รูปที่ 1-1 กรอบแนวคิดการวิเคราะห์แนวทางการพัฒนาผู้ผลิตชิ้นส่วนไปสู่อุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่

ที่มา: คณะผู้วิจัย

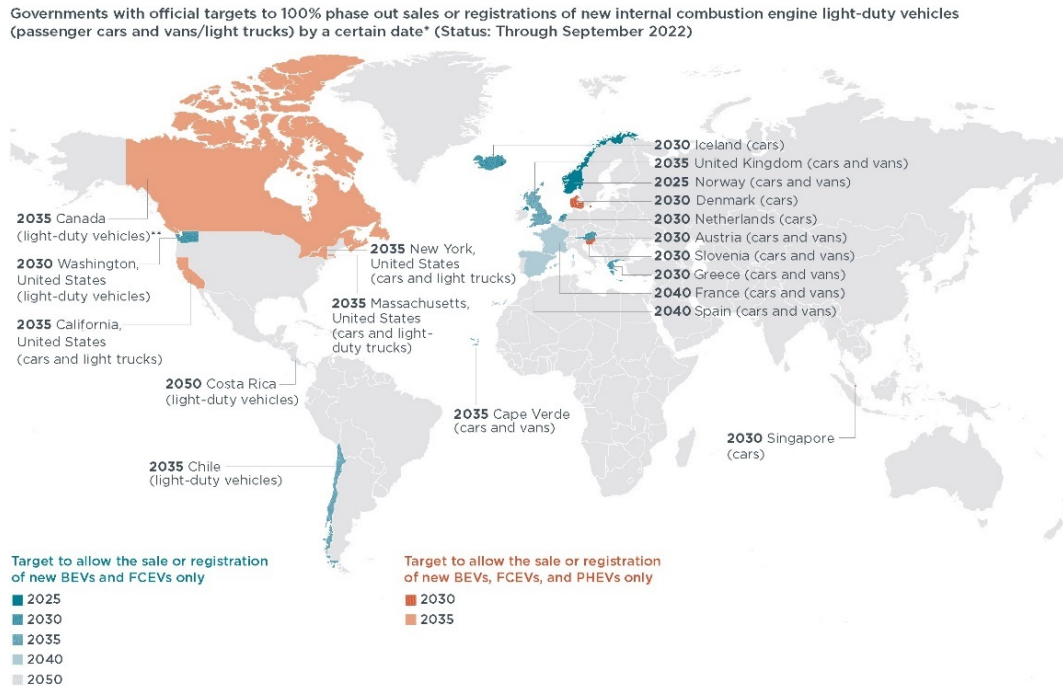
บทที่ 2 สถานการณ์ยานยนต์โลก

2.1 ความท้าทายของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่ออุตสาหกรรมยานยนต์โลก

ผลจากข้อตกลงด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ทำให้ประเทศต่าง ๆ มีความพยายามเพื่อลดผลกระทบจากปัญหาดังกล่าว ซึ่งเป้าหมายสำคัญคือ การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ (Net zero Target) โดยเริ่มจากการลดการปล่อยคาร์บอน (Carbon emission reduction) ไปสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอน (Carbon neutrality) จนกระทั่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ (Net zero GHG emissions) ภายในปี ค.ศ. 2065 ตามความพร้อมของแต่ละประเทศ โดยเทคโนโลยีที่ช่วยให้ลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับยานยนต์สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ **หนึ่ง** การลดการปล่อยคาร์บอน โดยการใช้เทคโนโลยีต้นกำลังที่มีประสิทธิภาพการใช้พลังงานที่สูงขึ้น โดยการใช้เครื่องยนต์สันดาปภายในที่มีประสิทธิภาพสูง หรือการใช้เทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้าแบบผสม (Hybrid Electric Vehicle) ซึ่งช่วยให้อัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อพลังงานที่เครื่องยนต์ผลิตได้ลดลง และ **สอง** ไม่ปลดปล่อยคาร์บอนที่ปลายท่อ โดยการใช้เทคโนโลยีต้นกำลังที่ไม่มีการปล่อยคาร์บอนเลย เช่น ยานยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ (Battery Electric Vehicle) ยานยนต์ไฟฟ้าเซลล์เชื้อเพลิง (Fuel Cell Electric Vehicle) ที่ไม่มีการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลในเครื่องต้นกำลัง ซึ่งเป็นสาเหตุของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของรถยนต์

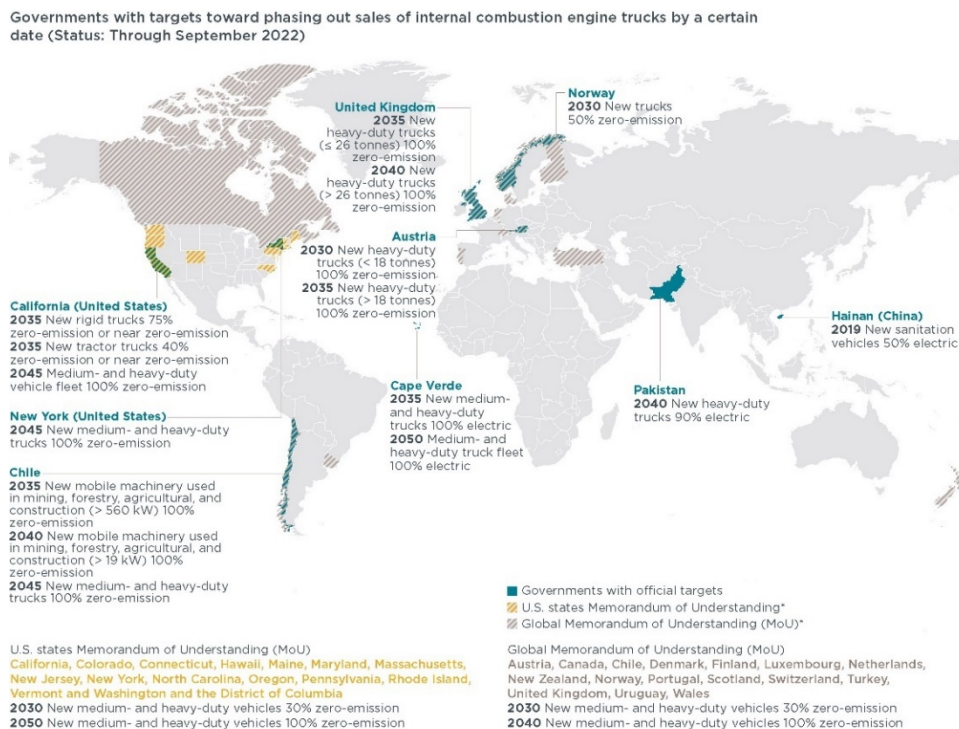
เพื่อให้บรรลุเป้าหมายดังกล่าว แต่ละประเทศได้มีมาตรการเพื่อลดการใช้พลังงานฟอสซิลและเพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานหมุนเวียน โดยกรณีภาคขนส่งได้ส่งเสริมการใช้งานยานยนต์ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเพื่อให้ตอบโจทย์เป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศในระยะยาว และพยายามเปลี่ยนรถยนต์ที่ยังใช้เครื่องยนต์สันดาปภายในให้เป็นเครื่องยนต์สันดาปภายในที่มีประสิทธิภาพสูง หรือใช้เทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้าแบบผสมเพื่อเป็นส่วนช่วยลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคขนส่งที่ยังไม่สามารถเปลี่ยนไปใช้เทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้าได้

ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2025 เป็นต้นไป หลายประเทศได้ประกาศเป้าหมายว่ารถยนต์ใหม่*กรณีรถยนต์ขนาดเล็ก (Light duty vehicle)* ที่จำหน่ายในประเทศจะเป็นยานยนต์ไฟฟ้าทั้งหมด เช่น ประเทศนอร์เวย์กำหนดเป้าหมายในปี ค.ศ. 2025 ประเทศเนเธอร์แลนด์ สวีเดน สิงคโปร์กำหนดเป้าหมายในปี ค.ศ. 2030 ประเทศเยอรมนีกำหนดเป้าหมายในปี ค.ศ. 2040 เป็นต้น (รูปที่ 2-1) โดยกรณีประเทศไทยกำหนดเป้าหมายจำหน่ายรถยนต์ไฟฟ้าใหม่ร้อยละ 50 ภายในปี ค.ศ. 2050 *กรณีรถบรรทุก (Truck)* ประเทศออสเตรเลียกำหนดเป้าหมายสำหรับรถบรรทุกขนาดน้อยกว่า 18 ตันในปี ค.ศ. 2030 และรถบรรทุกขนาดมากกว่า 18 ตันในปี ค.ศ. 2035 เป็นต้น (รูปที่ 2-2) และ*กรณีรถโดยสาร (Bus)* ประเทศอิสราเอลกำหนดเป้าหมายในปี ค.ศ. 2026 ประเทศเนเธอร์แลนด์ และนิวซีแลนด์กำหนดเป้าหมายในปี ค.ศ. 2030 เป็นต้น (รูปที่ 2-3)



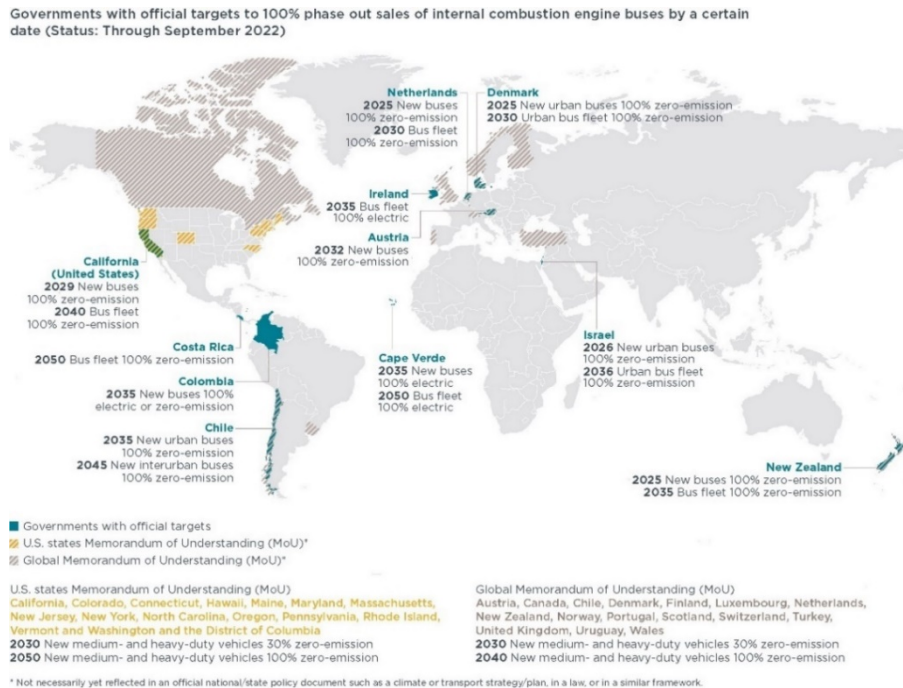
รูปที่ 2-1 เป้าหมายการเลิกจำหน่ายรถยนต์ขนาดเล็กเครื่องยนต์สันดาปภายในในประเทศต่าง ๆ

ที่มา: ICCT (2022)



รูปที่ 2-2 เป้าหมายการเลิกจำหน่ายรถบรรทุกเครื่องยนต์สันดาปภายในในประเทศต่าง ๆ

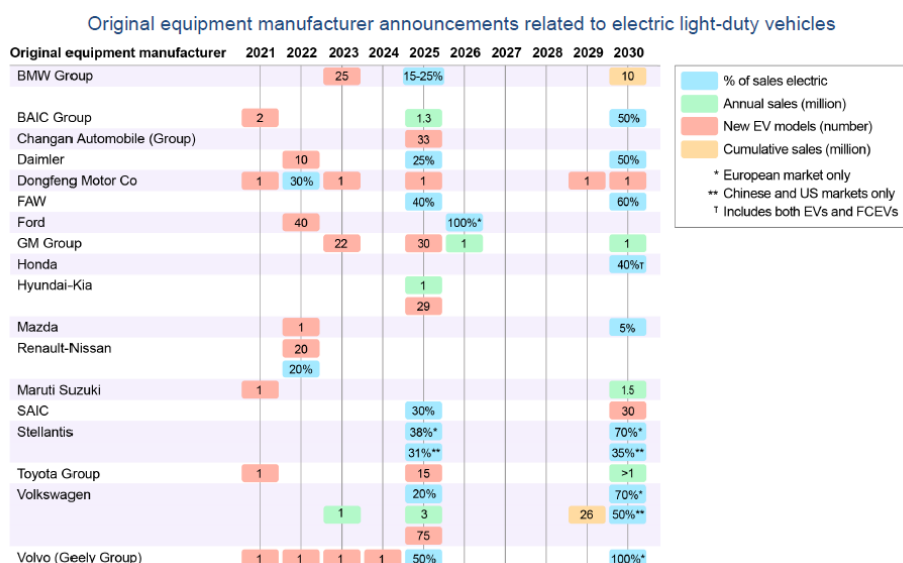
ที่มา: ICCT (2022)



รูปที่ 2-3 เป้าหมายการเลิกจำหน่ายรถโดยสารเครื่องยนต์สันดาปภายในในประเทศต่าง ๆ

ที่มา: ICCT (2022)

นอกจากนี้ เพื่อให้บรรลุเป้าหมายการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ผู้ผลิตยานยนต์ได้ประกาศเป้าหมายการจำหน่ายยานยนต์ไฟฟ้าในช่วงเวลาต่าง ๆ ตัวอย่างเช่น BMW Group ประกาศเป้าหมายปริมาณจำหน่ายยานยนต์ไฟฟ้าสะสม 5 ล้านคันทั่วโลก ภายในปี ค.ศ. 2030 GM Group ประกาศเป้าหมายปริมาณจำหน่ายยานยนต์ไฟฟ้า 1 ล้านคัน ภายในปี ค.ศ. 2030 และ Volvo (Geely Group) ประกาศเป้าหมายจะจำหน่ายยานยนต์ไฟฟ้าทั้งหมดภายในปี ค.ศ. 2030 เป็นต้น (รูปที่ 2-4)



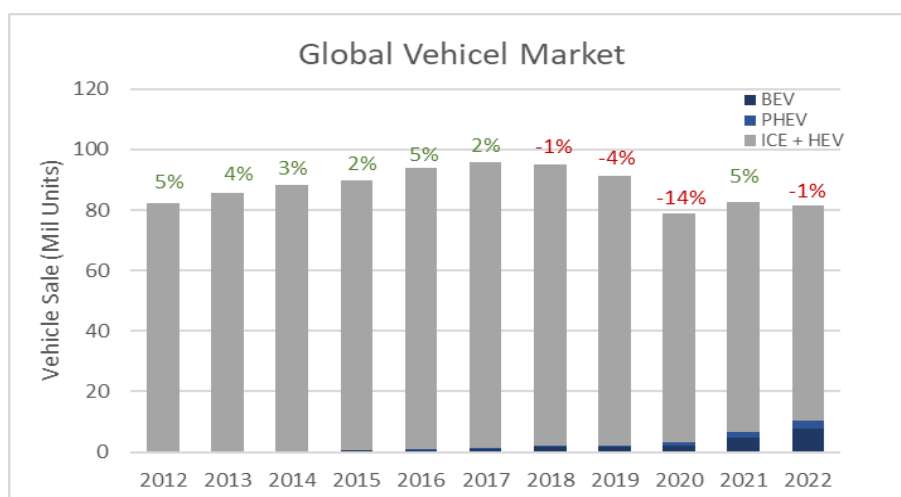
รูปที่ 2-4 เป้าหมายการจำหน่ายยานยนต์ไฟฟ้าของผู้ผลิตยานยนต์

ที่มา: IEA (2021)

2.2 สถานการณ์ตลาดยานยนต์โลก

2.2.1 ตลาดยานยนต์ภาพรวม

ในปี ค.ศ. 2020 ตลาดยานยนต์โลกได้รับผลกระทบจากการแพร่ระบาดของไวรัสโควิด-19 ส่งผลให้ตลาดยานยนต์โลกในช่วงนั้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญที่ร้อยละ 14 เมื่อเทียบกับปี ค.ศ. 2019 โดยมีปริมาณจำหน่ายรถยนต์ทั่วโลกรวม 78.8 ล้านคัน และผลกระทบส่งผลต่อเนื่องจนถึงปี ค.ศ. 2022 ที่มีปริมาณการจำหน่ายรถยนต์ทั่วโลกรวม 81.6 ล้านคัน ลดลงร้อยละ 1 เมื่อเทียบกับปี ค.ศ. 2021 แต่อย่างไรก็ดี หากพิจารณาตามประเภทของรถยนต์จะพบว่า ตลาดรถยนต์ในช่วงที่ได้รับผลกระทบจากโควิด-19 เป็นผลจากการจำหน่ายรถยนต์เครื่องยนต์สันดาปภายใน (ICE) และรถยนต์ไฟฟ้าแบบผสม (HEV) เป็นสำคัญ โดยในปี ค.ศ. 2020 ปริมาณการจำหน่ายรถยนต์ ICEV และรถยนต์ HEV มีปริมาณการจำหน่ายรวม 75.6 ล้านคัน ลดลง ร้อยละ 15 จากปี ค.ศ. 2019 และในปี ค.ศ. 2022 มีปริมาณ 71.1 ล้านคัน ลดลงร้อยละ 6 จากปี ค.ศ. 2021 ในขณะที่ตลาดรถยนต์ไฟฟ้าแบบแบตเตอรี่ (BEV) และตลาดรถยนต์ไฟฟ้าแบบผสมเสียบปลั๊ก (PHEV) มีการเติบโตอย่างต่อเนื่อง โดยในปี ค.ศ. 2020 รถยนต์ BEV มีปริมาณการจำหน่าย 2.2 ล้านคัน เพิ่มขึ้นร้อยละ 28 จากปี ค.ศ. 2019 และรถยนต์ PHEV กว่า 970,000 คัน เพิ่มขึ้นร้อยละ 67 เมื่อเปรียบเทียบกับปี ค.ศ. 2019 โดยในปี ค.ศ. 2021 ตลาดรถยนต์ BEV และ PHEV เติบโตขึ้นอย่างมาก โดยรถยนต์ BEV มีปริมาณการจำหน่าย 4.8 ล้านคัน และรถยนต์ PHEV มีปริมาณการจำหน่าย 1.9 ล้านคัน เพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 121 และ 98 เมื่อเปรียบเทียบกับปี ค.ศ. 2020 ตามลำดับ ก่อนที่จะเติบโตต่อเนื่องจนถึงปี ค.ศ. 2022 โดย รถยนต์ BEV มีปริมาณการจำหน่าย 7.6 ล้านคัน และรถยนต์ PHEV มีปริมาณการจำหน่าย 2.8 ล้านคัน เพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 58 และ 47 เมื่อเปรียบเทียบกับปี ค.ศ. 2020 ตามลำดับ ซึ่งเป็นปีแรกที่ปริมาณการจำหน่ายรถยนต์ BEV และ PHEV มีจำนวนรวมกันมากกว่า 10 ล้านคันทั่วโลก คิดเป็นส่วนแบ่งการตลาดร้อยละ 13 ของปริมาณการจำหน่ายรถยนต์ทั้งหมด

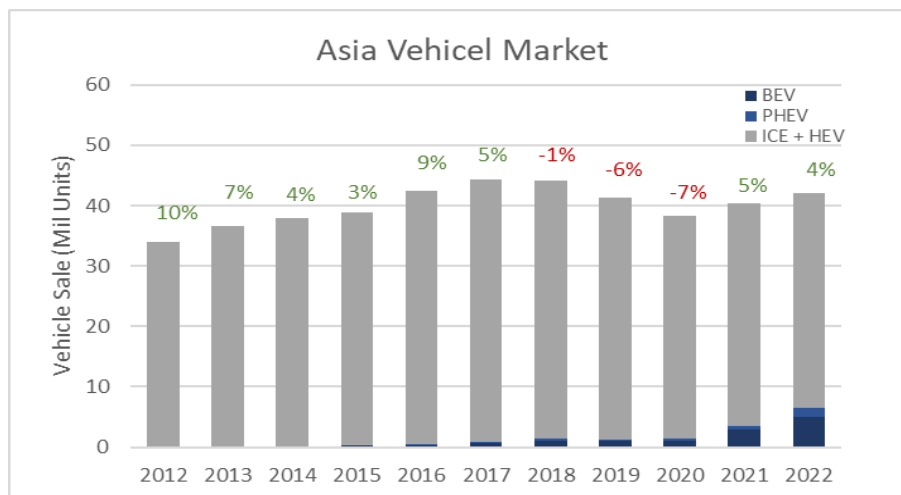


รูปที่ 2-5 สถานการณ์ตลาดยานยนต์ทั่วโลก

ที่มา: IEA (2023), OICA (2023)

ทั้งนี้ สามารถกล่าวได้ว่า ในช่วงการแพร่ระบาดของไวรัสโควิด-19 ส่งผลให้กิจกรรมทางเศรษฐกิจชะลอตัวลง รวมถึงตลาดรถยนต์ด้วยเช่นเดียวกัน แต่อย่างไรก็ดี การชะลอตัวดังกล่าวไม่ได้รุนแรงมากนัก เนื่องจากการเติบโตของตลาดยานยนต์ไฟฟ้า เข้ามาช่วยพยุงปริมาณการจำหน่ายรถยนต์ในช่วงเวลาดังกล่าวไว้

เมื่อพิจารณาในตลาดหลักที่ประเทศไทยส่งออกยานยนต์ ได้แก่ เอเชีย โอเชียเนีย และตะวันออกกลาง มีสถานการณ์ตลาดยานยนต์เป็นดังนี้ **ตลาดเอเชีย** มีลักษณะสอดคล้องกับตลาดยานยนต์โลก กล่าวคือ มีปริมาณการจำหน่ายรถยนต์ลดลงในปี ค.ศ. 2020 ร้อยละ 7 เมื่อเปรียบเทียบกับปี ค.ศ. 2019 ก่อนที่ตลาดจะฟื้นตัวกลับขึ้นมาในปี ค.ศ. 2021 และ ค.ศ. 2022 โดยมีปริมาณการจำหน่ายรถยนต์เพิ่มขึ้นร้อยละ 5 และ 4 เมื่อเปรียบเทียบกับปีก่อนหน้า หากพิจารณาตามประเภทรถยนต์พบว่า การจำหน่ายรถยนต์ ICE รวมกับรถยนต์ HEV ในปีค.ศ. 2020 ถึง ค.ศ. 2022 มีปริมาณการจำหน่ายลดลงร้อยละ 8.0.7 และ 3 เมื่อเปรียบเทียบกับปีก่อนหน้าตามลำดับ ในขณะที่ปริมาณจำหน่ายรถยนต์ BEV และ PHEV ของตลาดเอเชียเพิ่มขึ้นอย่างมาก ในปี ค.ศ. 2021 โดยรถยนต์ BEV มีปริมาณการจำหน่ายกว่า 3 ล้านคัน และรถยนต์ PHEV กว่า 600,000 คัน เพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 168 และ 140 เมื่อเปรียบเทียบกับปีก่อนหน้าตามลำดับ และเติบโตต่อเนื่องจนถึงปี ค.ศ. 2022 โดยรถยนต์ BEV มีปริมาณการจำหน่าย 4.9 ล้านคัน และรถยนต์ PHEV มีปริมาณการจำหน่ายกว่า 1.5 ล้านคัน เพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 65 และ 165 เมื่อเปรียบเทียบกับปีก่อนหน้าตามลำดับ ทั้งนี้ ปริมาณการจำหน่ายรถยนต์ BEV และรถยนต์ PHEV ในตลาดเอเชียได้รับอิทธิพลจากประเทศจีนเป็นสำคัญ โดยในปี ค.ศ. 2022 ปริมาณการจำหน่ายรถยนต์ BEV ในประเทศจีนเติบโตขึ้นร้อยละ 63 เมื่อเปรียบเทียบกับปีก่อนหน้า โดยมีปริมาณการจำหน่าย 4.9 ล้านคัน คิดเป็นร้อยละ 94 ของตลาดเอเชีย ในส่วนของรถยนต์ PHEV ประเทศจีนมีปริมาณการจำหน่าย 1.5 ล้านคัน เพิ่มขึ้นร้อยละ 172 เมื่อเปรียบเทียบกับปีก่อนหน้า คิดเป็นร้อยละ 97 ของตลาดเอเชีย

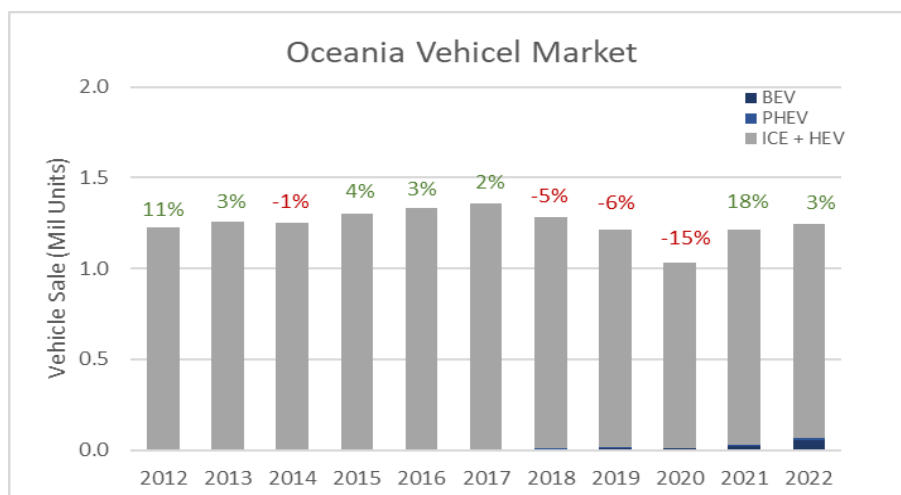


รูปที่ 2-6 สถานการณ์ตลาดยานยนต์ในภูมิภาคเอเชีย

ที่มา: IEA (2023), OICA (2023)

ตลาดโอเชียเนีย มีสถานะตลาดเช่นเดียวกับตลาดโลก แต่อย่างไรก็ดี การฟื้นตัวของตลาดรถยนต์ในโอเชียเนียหลังสถานการณ์การแพร่ระบาดของไวรัสโควิด-19 มีทิศทางที่ดีกว่าตลาดโลก โดยในปี ค.ศ. 2021 ตลาดโอเชียเนียมีปริมาณการจำหน่ายรถยนต์ 1.2 ล้านคัน เพิ่มขึ้นร้อยละ 18 เมื่อเปรียบเทียบกับปี ค.ศ. 2020 ในขณะที่ปี ค.ศ. 2022 ตลาดโอเชียเนียมีสถานะคงตัว โดยมีปริมาณการจำหน่ายรถยนต์ 1.2 ล้านคัน เพิ่มขึ้นร้อยละ 3 เมื่อเปรียบเทียบกับปี ค.ศ. 2021 แต่อย่างไรก็ดี ตลาดรถยนต์ BEV และ รถยนต์ PHEV

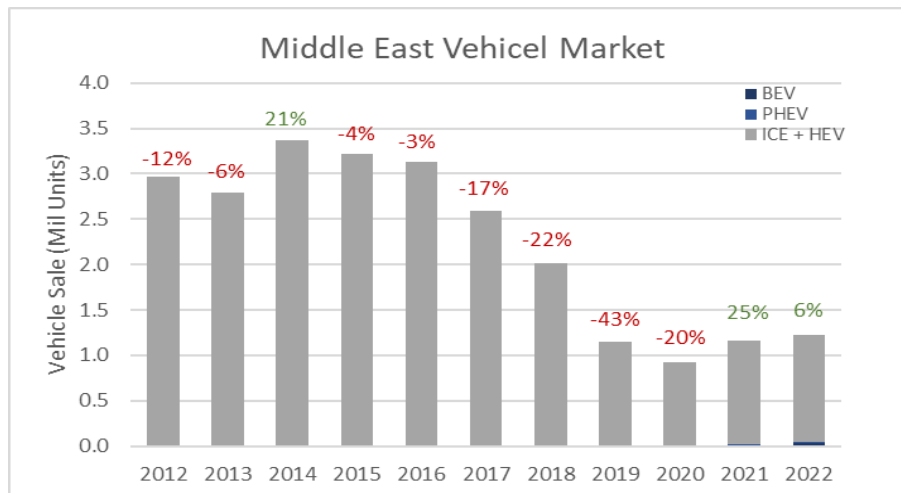
มีการเติบโตอย่างมากในช่วงเวลาดังกล่าว จากการทำตลาดของรถยนต์ไฟฟ้าสัญชาติจีน ทำให้ในปี ค.ศ. 2021 ตลาดโอเชียเนียมีปริมาณการจำหน่ายรถยนต์ BEV 24,000 คัน และปริมาณการจำหน่ายรถยนต์ PHEV 6,900 คัน เพิ่มขึ้นร้อยละ 161 และ 116 เมื่อเปรียบเทียบกับปี ค.ศ. 2020 ตามลำดับ และในปี ค.ศ. 2022 ปริมาณการจำหน่ายรถยนต์ BEV 52,000 คัน และปริมาณการจำหน่ายรถยนต์ PHEV 15,000 คัน เพิ่มขึ้นร้อยละ 119 เท่ากัน เมื่อเปรียบเทียบกับปี ค.ศ. 2021 ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ดีในปี ค.ศ. 2022 ตลาดโอเชียเนียปริมาณการจำหน่ายรถยนต์ BEV และรถยนต์ PHEV รวม จำนวน 67,000 คัน ซึ่งถือว่ายังเป็นสัดส่วนที่ไม่มาก เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณการจำหน่ายรถยนต์ทั้งหมด คิดเป็นส่วนแบ่งตลาดร้อยละ 5



รูปที่ 2-7 สถานการณ์ตลาดยานยนต์ในภูมิภาคโอเชียเนีย

ที่มา: IEA (2023), OICA (2023)

ตลาดตะวันออกกลาง พบว่า ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2019 ปริมาณการจำหน่ายรถยนต์ลดลงอย่างมาก สืบเนื่องจากประเทศสมาชิกบางประเทศหยุดส่งข้อมูลให้แก่ Organisation Internationale des Constructeurs d'Automobiles (OICA) ทำให้ขาดข้อมูลปริมาณการจำหน่ายรถยนต์ในประเทศดังกล่าว แต่อย่างไรก็ดีหากพิจารณาตลาดในช่วงหลังการเกิดการแพร่ระบาดของไวรัสโควิด-19 พบว่า ตลาดตะวันออกกลางเป็นอีกตลาดหนึ่งที่มีการฟื้นตัวได้ดี โดยในปี ค.ศ. 2021 ปริมาณการจำหน่ายรถยนต์ของตลาดตะวันออกกลางเพิ่มขึ้นร้อยละ 20 เมื่อเปรียบเทียบกับปี ค.ศ. 2020 และในปี ค.ศ. 2022 ปริมาณการจำหน่ายรถยนต์เพิ่มขึ้นร้อยละ 6 เมื่อเปรียบเทียบกับปี ค.ศ. 2022 แม้ว่าตลาดตะวันออกกลางจะเริ่มจำหน่ายรถยนต์ไฟฟ้าแล้ว แต่อย่างไรก็ดีส่วนแบ่งตลาดของรถยนต์ BEV และรถยนต์ PHEV ยังน้อยอยู่ คิดเป็นร้อยละ 3 ของปริมาณการจำหน่ายรถยนต์ทั้งหมด สืบเนื่องจากประเทศในภูมิภาคตะวันออกกลางส่วนใหญ่เป็นประเทศผู้ผลิตน้ำมันรายใหญ่ของโลก ดังนั้น ผู้บริโภคในตลาดดังกล่าวจึงยังไม่มีแรงจูงใจด้านต้นทุนพลังงานให้หันมาใช้รถยนต์ไฟฟ้า

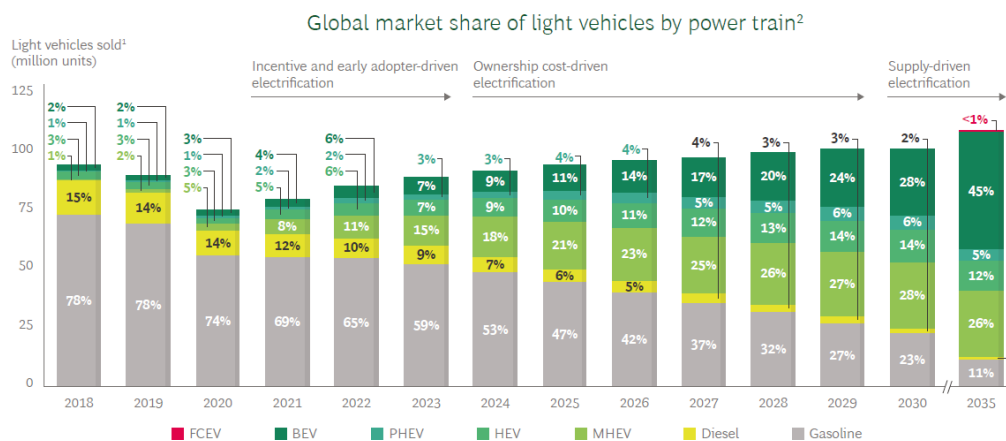


รูปที่ 2-8 สถานการณ์ตลาดยานยนต์ในภูมิภาคตะวันออกกลาง

ที่มา: IEA (2023), OICA (2023)

2.2.2 ตลาดยานยนต์ไฟฟ้า

จากนโยบายส่งเสริมการใช้งานยานยนต์ไฟฟ้าของประเทศต่าง ๆ และเป้าหมายการจำหน่ายยานยนต์ไฟฟ้าของผู้ผลิตรายต่าง ๆ ทำให้สำนักงานพลังงานสากล (International Energy Agency: IEA) คาดการณ์ว่า ในปี ค.ศ. 2030 จะมียานยนต์ไฟฟ้าสะสมทั่วโลกประมาณ 145 ล้านคัน ขณะที่บริษัทผู้ทำวิจัย Boston Consulting Group โดย Arora et al. (2021) คาดการณ์ว่ายอดขายยานยนต์ใหม่ในปี ค.ศ. 2030 จะเป็นยานยนต์ไฟฟ้าถึงร้อยละ 28 และสูงถึงร้อยละ 45 ในปี ค.ศ. 2035 (รูปที่ 2-9)

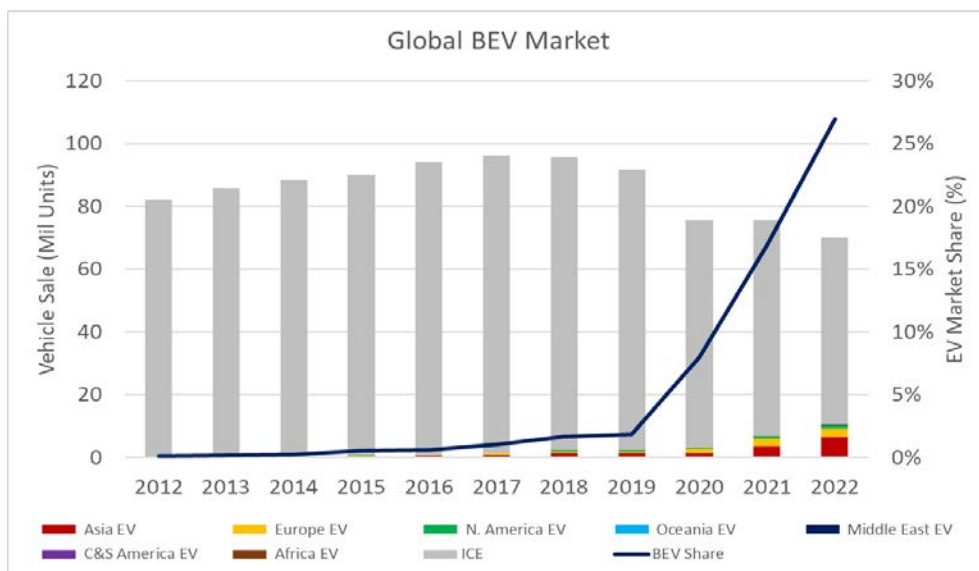


รูปที่ 2-9 คาดการณ์ปริมาณจำหน่ายยานยนต์ไฟฟ้าทั่วโลก ภายในปี ค.ศ. 2035

ที่มา: Arora et al. (2021)

ข้อมูลจากสำนักงานพลังงานสากล (IEA) ระบุว่า ในปี ค.ศ. 2012 ทั่วโลกมีปริมาณจำหน่ายรถยนต์ไฟฟ้าเพียง 130,000 คัน แต่ในเวลาต่อมา การจำหน่ายรถยนต์ไฟฟ้าเติบโตอย่างก้าวกระโดด แม้กระทั่งในปี ค.ศ. 2019 ที่ผู้ผลิตประสบปัญหาการขาดแคลนชิ้นส่วนบางรายการยังสามารถจำหน่ายรถยนต์ไฟฟ้าได้ถึง 2.2 ล้านคัน หรือคิดเป็นร้อยละ 2.5 ของปริมาณการจำหน่ายรถยนต์ทั่วโลก ต่อเนื่องมาในปี ค.ศ. 2020 ที่ทั่วโลก

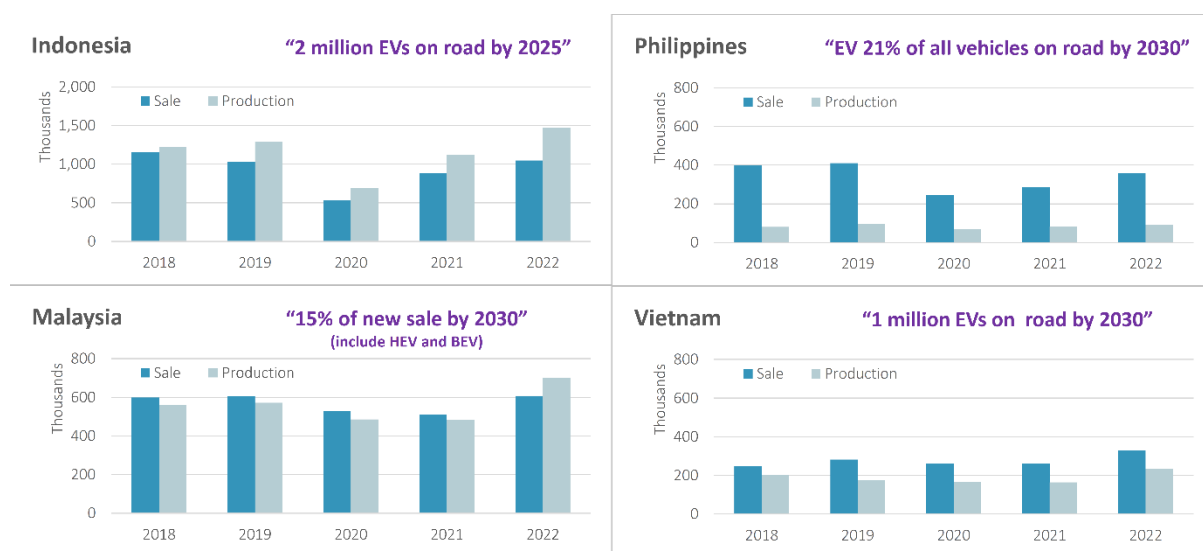
ประสบปัญหาการแพร่ระบาดของไวรัสโควิด-19 ส่งผลให้กิจกรรมทางเศรษฐกิจทั่วโลก รวมถึงตลาดรถยนต์โดยรวมหดตัว แต่ปริมาณจำหน่ายรถยนต์ไฟฟ้ายังรักษาอัตราการเติบโตได้อย่างต่อเนื่อง โดยปริมาณจำหน่ายเพิ่มขึ้นเป็น 3 ล้านคัน หรือคิดเป็นร้อยละ 4.1 ของปริมาณจำหน่ายรถยนต์ทั้งหมด กระทั่งล่าสุด ในปี ค.ศ. 2021 ปริมาณจำหน่ายยานยนต์ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นกว่าเท่าตัวเป็น 6.6 ล้านคัน หรือคิดเป็นร้อยละ 9 ของตลาดรถยนต์ทั่วโลก และมากกว่าสามเท่าของส่วนแบ่งการตลาดเมื่อสองปีก่อน หรืออาจกล่าวได้ว่าผลการเติบโตสุทธิของยอดขายรถยนต์ทั่วโลกในปี ค.ศ. 2022 มาจากรถยนต์ไฟฟ้าเป็นสำคัญ (รูปที่ 2-10) สาเหตุประการหนึ่งที่ทำให้การจำหน่ายรถยนต์ไฟฟ้าเติบโตแม้ในช่วงวิกฤติแพร่ระบาดของไวรัสโควิด-19 คือ ประเทศต่าง ๆ ต้องการกระตุ้นเศรษฐกิจโดยใช้มาตรการสนับสนุนการใช้จ่าย ภาษียานยนต์ รัฐบาลในสหภาพยุโรปหลายประเทศได้ประกาศมาตรการอุดหนุนการซื้อรถยนต์ไฟฟ้า โดยมีทั้งให้เงินอุดหนุน และการนำรถยนต์คันเก่าที่เป็นรถยนต์สันดาปภายในมาเป็นส่วนลดเพื่อซื้อรถยนต์ไฟฟ้าคันใหม่ ซึ่งมาตรการดังกล่าว นอกจากจะช่วยกระตุ้นเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมยานยนต์แล้ว ยังช่วยลดมลพิษจากการใช้ยานยนต์ไฟฟ้าในระยะยาวอีกด้วย ผลจากการดำเนินมาตรการดังกล่าว ทำให้ในปี ค.ศ. 2021 สหภาพยุโรปมีอัตราเติบโตของปริมาณจำหน่ายรถยนต์ไฟฟ้ามากที่สุดในโลก และเติบโตต่อเนื่องมายังปี ค.ศ. 2022 ส่วนแบ่งตลาดของยุโรปคิดเป็นร้อยละ 18 ของปริมาณการจำหน่ายรถยนต์ใหม่ทั้งหมด อย่างไรก็ตาม ในด้านปริมาณจำหน่ายยานยนต์ไฟฟ้า พบว่า ประเทศจีนเป็นประเทศที่มีปริมาณจำหน่ายยานยนต์ไฟฟ้ามากที่สุดในโลก โดยในปี ค.ศ. 2021 มีปริมาณจำหน่ายเพิ่มขึ้นเกือบสามเท่าเป็น 3.4 ล้านคัน จากปี ค.ศ. 2021 และในปี ค.ศ. 2022 ประเทศจีนมีปริมาณการจำหน่ายยานยนต์ไฟฟ้า 6.1 ล้านคัน เพิ่มขึ้นกว่าเท่าตัวจากปี ค.ศ. 2021 ตลาดรถยนต์ไฟฟ้าที่ใหญ่รองลงมา คือ ยุโรป โดยในปี ค.ศ. 2021 ปริมาณจำหน่ายยานยนต์ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเกือบร้อยละ 70 จากปี ค.ศ. 2020 เป็นจำนวน 2.3 ล้านคัน และ 2.7 ล้านคันในปี ค.ศ. 2022 เพิ่มขึ้นจากปี ค.ศ. 2021 ร้อยละ 14 ทั้งนี้ประเทศเยอรมนีมีส่วนแบ่งตลาดสูงสุดในยุโรปที่ร้อยละ 31 รองลงมาคือ สหราชอาณาจักรร้อยละ 14 ฝรั่งเศสร้อยละ 13



รูปที่ 2-10 ปริมาณจำหน่ายยานยนต์ไฟฟ้าและสัดส่วนของยานยนต์ไฟฟ้าต่อยานยนต์ทั้งหมด

ที่มา: IEA (2023), OICA (2023)

เมื่อพิจารณาในตลาดหลักที่ประเทศไทยส่งออกยานยนต์ ได้แก่ เอเชีย โอเชียเนีย และตะวันออกกลาง มีสถานการณ์ตลาดยานยนต์เป็นดังนี้ **ตลาดเอเชีย** โดยมีตลาดอาเซียนเป็นตลาดส่งออกสำคัญในภูมิภาคเอเชียของไทย ทั้งนี้ จากแนวโน้มเทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้าโลก ส่งผลให้หลายประเทศในอาเซียนเริ่มตั้งเป้าหมายที่เกี่ยวข้องกับยานยนต์ไฟฟ้าด้วยเช่นกัน (รูปที่ 2-11) แต่อย่างไรก็ดีตลาดยานยนต์ไฟฟ้าในอาเซียนยังคงไม่มีการเติบโตมากนัก จากปัจจัยด้านโครงสร้างพื้นฐานด้านการใช้งาน และรายได้ของประชากรที่อาจจะยังไม่พิจารณารถยนต์ไฟฟ้าเป็นตัวเลือกในการซื้อรถยนต์ แต่อย่างไรก็ดี เมื่อพิจารณาปัจจัยด้านอุตสาหกรรมพบว่าในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมาผู้ผลิตรถยนต์สัญชาติญี่ปุ่นเริ่มมีการลงทุนตั้งโรงงานผลิตรถยนต์ในประเทศอาเซียนอื่นที่ไม่ใช่ประเทศไทยมากขึ้น และการนำเข้ารถยนต์ของหลายประเทศเริ่มนำเข้ารถยนต์จากประเทศอื่นในอาเซียนมากขึ้น ดังนั้น ประเทศไทยจะเป็นต้องคงขีดความสามารถในการแข่งขันไว้เพื่อให้ไทยยังคงเป็นตัวเลือกในการส่งออกรถยนต์ไปยังประเทศต่าง ๆ ในอาเซียน



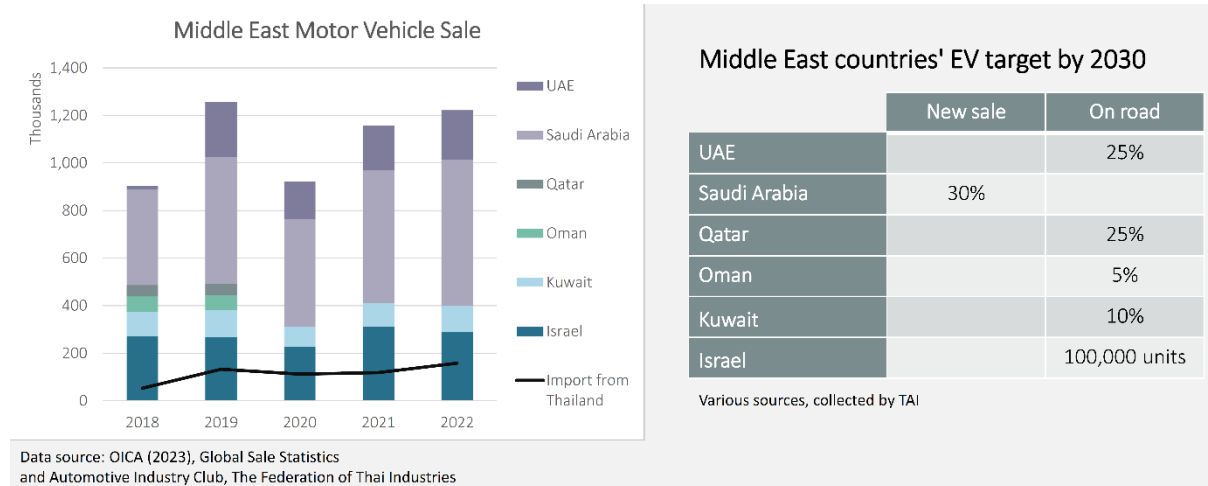
รูปที่ 2-11 สถานการณ์ของอุตสาหกรรมยานยนต์ในประเทศสมาชิกอาเซียน

ที่มา: สถาบันยานยนต์

ตลาดโอเชียเนีย ทั้งออสเตรเลียและนิวซีแลนด์ ให้ความสำคัญต่อการลดการปล่อยมลพิษในภาคขนส่ง และตลาดยานยนต์ไฟฟ้าในประเทศเริ่มเติบโต จากการประกาศเป้าหมายการจำหน่ายรถยนต์ไฟฟ้าของทั้ง 2 ประเทศ กล่าวคือ ออสเตรเลียกำหนดเป้าหมายจำหน่ายรถยนต์ไฟฟ้าร้อยละ 50 ภายในปี ค.ศ. 2030 และนิวซีแลนด์กำหนดเป้าหมายจำหน่ายรถยนต์ไฟฟ้าร้อยละ 30 ภายในปี ค.ศ. 2023 จากการประกาศเป้าหมายดังกล่าว ส่งผลให้ออสเตรเลียนำเข้ารถยนต์นั่งจากจีนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะการนำเข้ารถยนต์ไฟฟ้า ทั้งนี้ หากผู้ผลิตรถยนต์ไฟฟ้าสัญชาติจีนที่ลงทุนในประเทศไทยสามารถเพิ่มขีดความสามารถการแข่งขันในตลาดออสเตรเลียได้ จะกลายเป็นตลาดส่งออกรถยนต์ไฟฟ้าที่สำคัญของไทยในอนาคตได้

ตลาดตะวันออกกลาง แม้จะเป็นภูมิภาคที่มีปริมาณการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงมาก แต่อย่างไรก็ดี หลายประเทศในภูมิภาคตะวันออกกลางได้กำหนดเป้าหมายสำหรับยานยนต์ไฟฟ้าเพื่อสอดคล้องกับสถานการณ์โลกด้วยเช่นกัน (รูปที่ 2-12) ทั้งนี้ ประเทศซาอุดีอาระเบียถือเป็นตลาดส่งออกที่สำคัญในภูมิภาคตะวันออกกลางของไทย แต่อย่างไรก็ดีเมื่อพิจารณาถึงมูลค่าการส่งออกพบว่า เริ่มนำเข้ารถยนต์นั่งส่วนบุคคล และรถกระบะ

1 ต้นจากประเทศจีนมากขึ้น ซึ่งรวมไปถึงการนำเข้ารถยนต์นั่งส่วนบุคคลไฟฟ้าจากประเทศจีนด้วย ทั้งนี้ ภาครัฐได้ระเบียบจากกลายเป็นตลาดส่งออกรถยนต์นั่งไฟฟ้าที่สำคัญในอนาคตของไทย ที่ผลิตโดยผู้ผลิตรถยนต์สัญชาติจีนที่มาลงทุนในประเทศไทยด้วยเช่นกัน



รูปที่ 2-12 ปริมาณการจำหน่ายรถยนต์และเป้าหมายรถยนต์ยานยนต์ไฟฟ้าในภูมิภาคตะวันออกกลาง

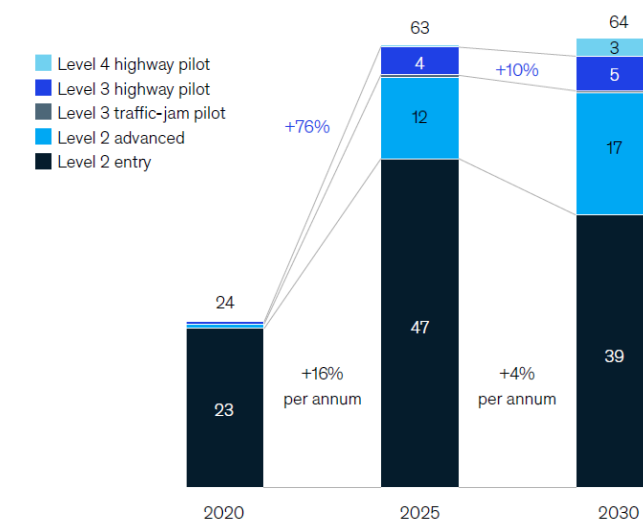
ที่มา: สถาบันยานยนต์

2.2.3 ตลาดยานยนต์เชื่อมต่อและขับเคลื่อนอัตโนมัติ

บริษัทผู้ทำวิจัย McKinsey โดย Doll et. Al (2020) คาดการณ์ปริมาณจำหน่ายยานยนต์อัตโนมัติในอนาคต โดยสัมภาษณ์ความเห็นจากผู้บริหารในอุตสาหกรรมยานยนต์ รวมทั้งธุรกิจอื่นที่เกี่ยวข้องด้วย ได้แก่ ผู้บริหารของเมือง ผู้พัฒนาที่ดิน ผู้ให้บริการประกันภัย เพื่อให้ได้ภาพอนาคตของการใช้งานยานยนต์อัตโนมัติในปี ค.ศ. 2030 และนำข้อมูลดังกล่าวมาวิเคราะห์ในแบบจำลอง ทำให้ได้ผลการคาดการณ์ ดังนี้

กรณีกลุ่มยานยนต์อัตโนมัติระดับ 1-4 พบว่า ในปี ค.ศ. 2025 จะมียานยนต์อัตโนมัติ ระดับ 2-4 รวมกัน ร้อยละ 63 ของปริมาณรถยนต์ที่วางจำหน่าย โดยเกือบทั้งหมด (ร้อยละ 59) เป็นยานยนต์อัตโนมัติระดับ 2 ประกอบด้วยระดับ 2 ร้อยละ 47 และระดับ 2 Advance ร้อยละ 12 ส่วนที่เหลือเป็นยานยนต์อัตโนมัติระดับ 3 แบบ Highway Pilot (HWP) และในปี ค.ศ. 2030 สัดส่วนของยานยนต์อัตโนมัติระดับ 2 Advance จะเพิ่มขึ้น รวมทั้งระดับ 4 ด้วย ในขณะที่ระดับ 3 HWP มีสัดส่วนค่อนข้างคงที่ โดยประเมินว่าระดับ 3 HWP คือเทคโนโลยีเปลี่ยนผ่านจากระดับ 2 ไประดับ 4 เนื่องจากการใช้งานระดับ 3 HWP ยังไม่ตอบสนองการใช้งานของผู้ขับขี่ในด้านอัตโนมัติมากนัก เนื่องจากผู้ขับขี่ยังต้องเป็นผู้รับผิดชอบการขับขี่หลัก และต้องเข้ามาควบคุมรถได้ทันทีเมื่อระบบไม่สามารถควบคุมรถได้ ซึ่งทำให้ไม่มีความแตกต่างจากการขับขี่เองอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่ระดับ 4 HWP เมื่อเกิดเหตุฉุกเฉินที่ระบบไม่สามารถควบคุมรถได้ ระบบจะสามารถนำรถไปสู่พื้นที่/ระดับที่ปลอดภัยก่อน จึงจะให้คนขับเข้ามาเป็นผู้ควบคุม (รูปที่ 2-13)

Vehicles by autonomous-driving (AD) features, % of total vehicle sales



Note: The base case assumes medium levels of technological disruption and customer adoption.

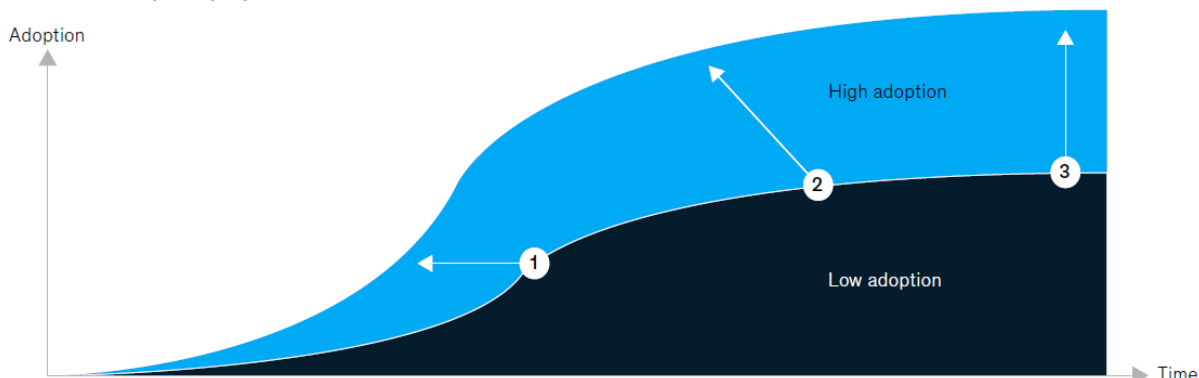
รูปที่ 2-13 คาดการณ์ปริมาณยานยนต์อัตโนมัติระดับต่าง ๆ

ที่มา: Doll et. Al (2020)

กรณียานยนต์อัตโนมัติระดับ 5 โดยเฉพาะยานยนต์ที่นำมาใช้สำหรับการให้บริการรับ-ส่งสาธารณะ (Shared service) หรือ Robo-Taxi จะมีความแตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่การใช้งาน ทำให้คาดการณ์จำนวนในภาพรวมได้ยาก แต่อย่างไรก็ตาม McKinsey ได้ประเมินระดับพัฒนาการของรถอัตโนมัติระดับ 5 ไว้ 3 ช่วง ดังนี้

ช่วงเริ่มต้น การจะพิจารณาว่า รถ Robo-Taxi เข้าสู่การใช้งานเชิงพาณิชย์หรือไม่ จะพิจารณาจากสองปัจจัยสำคัญ คือ ต้องมีกฎระเบียบในระดับประเทศของรถอัตโนมัติโดยเฉพาะ และผู้ผลิตรถยนต์รายสำคัญต้องผลิตรถกลุ่มดังกล่าว จากนั้นจะเข้าสู่**ช่วงตลาดเติบโต** โดยปริมาณรถอัตโนมัติจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับว่าผู้บริโภคมีความเชื่อมั่นว่ารถมีความปลอดภัยหรือไม่ และนักลงทุนสนใจลงทุนใน Robo-Taxi เพื่อใช้ในกิจการรับ-ส่งสาธารณะหรือไม่ และจากนั้นจะพิจารณาว่าเข้าสู่**ช่วงตลาดเติบโตอย่างยั่งยืน** หรือไม่ ต้องพิจารณาว่า ราคาของ Robo-Taxi เปรียบเทียบกับการเดินทางประเภท (Mode) อื่นเป็นอย่างไร และเมืองสนับสนุนการใช้งาน Robo-taxi หรือไม่ (รูปที่ 2-14)

Robo-taxi adoption projection over time



1. Start of commercial launch

- Will there be regulations on a national level?
- Will the key players collaborate to build robo-taxis?

Answering yes to both could lead to earlier adoption

2. Speed of adoption

- Do customers feel safe in robo-taxis and accept a potential increase in travel time?
- Are investors willing to finance robo-taxi fleets?

Answering yes could lead to earlier and greater adoption

3. Adoption in steady state

- How are robo-taxi prices compared with other means of transport?
- Will cities support or fight robo-taxis?

Answering yes could lead to greater adoption

รูปที่ 2-14 ช่วงการพัฒนาของยานยนต์อัตโนมัติระดับ 5 ที่วางจำหน่ายในเชิงพาณิชย์

ที่มา: Doll et. Al (2020)

นอกจากนี้ บริษัทผู้ทำวิจัย Deloitte โดย Vitale et al. (2020) ได้สำรวจเรื่องการยอมรับของผู้บริโภคต่อเทคโนโลยียานยนต์สมัยใหม่ โดยสำรวจข้อมูลเมื่อเดือนตุลาคม 2019 และมีผู้ตอบแบบสำรวจ 35,000 คน จาก 20 ประเทศทั่วโลก (รวมทั้งประเทศไทย) ซึ่งมีประเด็นต่าง ๆ ดังนี้

หากต้องให้ผู้บริโภคว่าจ่ายเงินเพิ่ม 500 เหรียญสหรัฐฯ สำหรับเพิ่มเทคโนโลยีในรถยนต์ ได้แก่ เทคโนโลยีด้านความปลอดภัย เทคโนโลยีเชื่อมต่อยานยนต์ ระบบความบันเทิง (Infotainment) เทคโนโลยีขับเคลื่อนอัตโนมัติ และ เทคโนโลยีระบบขับเคลื่อนแบบใหม่ (ยานยนต์ไฟฟ้า) แล้ว จะมีผู้บริโภคจำนวนเท่าใดที่ไม่ต้องการจ่ายเงินเพิ่มสำหรับเทคโนโลยีเหล่านี้ ผลการสำรวจพบว่า จำนวนผู้ตอบแบบสอบถามยอมจ่ายเงินเพิ่มเพื่อระบบความบันเทิง (Infotainment) น้อยที่สุด ในขณะที่ยอมจ่ายเงินเพิ่มเพื่อเทคโนโลยีระบบขับเคลื่อนแบบใหม่ (ยานยนต์ไฟฟ้า) มากที่สุด และประเทศที่มีจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามยอมจ่ายเงินเพิ่มในเรื่องความปลอดภัยและเทคโนโลยีขับเคลื่อนอัตโนมัติมากที่สุด (ตามลำดับ) คือ จีน อินเดีย เกาหลีใต้ ญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา และเยอรมนี และหากเปรียบเทียบข้อมูลในปี ค.ศ. 2020 กับ 2017 แล้ว พบว่า จำนวนผู้ตอบแบบสอบถามที่ยินดีจ่ายเงินเพิ่มเพื่อเทคโนโลยีอัตโนมัติมีมากขึ้น สะท้อนให้เห็นว่าผู้บริโภคเริ่มให้การยอมรับกับเทคโนโลยีอัตโนมัติมากขึ้น (ตารางที่ 2-1)

ตารางที่ 2-1 การสำรวจข้อมูลความเต็มใจจ่ายของผู้บริโภค หากมีการเพิ่มเทคโนโลยีในด้านต่าง ๆ

Percentage of consumers that are **unwilling** to pay more than ~\$US500¹ for a vehicle with advanced technologies

Advanced technology category	Germany	US	Japan	Republic of Korea	China	India
Safety	71%	60%	59%	52%	39%	49%
Connectivity	79%	66%	72%	63%	46%	52%
Infotainment	84%	75%	79%	74%	52%	57%
Autonomy	67%	58%	61%	42%	37%	40%
Alternative engine solutions	58%	54%	60%	42%	37%	39%
Unwilling to pay more than...	€400	\$500	¥50,000	₩500,000	¥2,500	₹25,000

1 Calculated for each country in local market currency (roughly equivalent to \$US500)

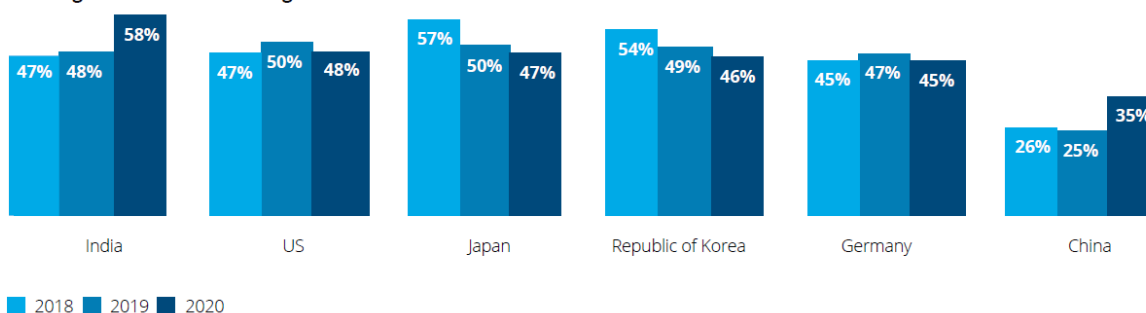
Q7: How much more would you be willing to pay for a vehicle that had each of the technologies listed below and that met your wants and needs?

Sample size: Germany=3,002; US=3,006; China=3,019; India=3,022; Japan=3,056; Republic of Korea=3,013

ที่มา: Vitale et. al. (2020).

เมื่อสอบถามผู้บริโภคถึงความเชื่อมั่นด้านความปลอดภัยของยานยนต์อัตโนมัติ พบว่า ผู้บริโภคในประเทศอินเดีย สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น เกาหลี และเยอรมนี กว่าครึ่งหนึ่งยังเชื่อว่ายานยนต์อัตโนมัติไม่ปลอดภัย โดยปัจจัยสำคัญคือการได้รับข้อมูลการรายงานอุบัติเหตุของยานยนต์อัตโนมัติจากสื่อต่าง ๆ ทั้งนี้จำนวนผู้ตอบที่เชื่อว่ายานยนต์อัตโนมัติไม่ปลอดภัยในปี ค.ศ. 2019-2020 ยังไม่เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นผู้ตอบในประเทศอินเดียและจีนที่เชื่อว่ายานยนต์อัตโนมัติมีความไม่ปลอดภัย มีจำนวนมากขึ้น (รูปที่ 2-15)

Percentage of consumers who agree that autonomous vehicles **will not** be safe



Note: Percentage of respondents who strongly agreed or agreed have been added together; did not consider "NA/Don't know" responses

Q3. To what extent do you agree with the following statements regarding future vehicle technology?

Sample size: Germany=2,950 [2020], 1,733 [2019], 1,705 [2018]; US=2,950 [2020], 1,720 [2019], 1,730 [2018]; China=2,988 [2020], 1,735 [2019], 1,724 [2018]; India=2,945 [2020], 1,725 [2019], 1,728 [2018]; Japan=2,976 [2020], 1,717 [2019], 1,680 [2018]; Republic of Korea=2,999 [2020], 1,715 [2019], 1,722 [2018]

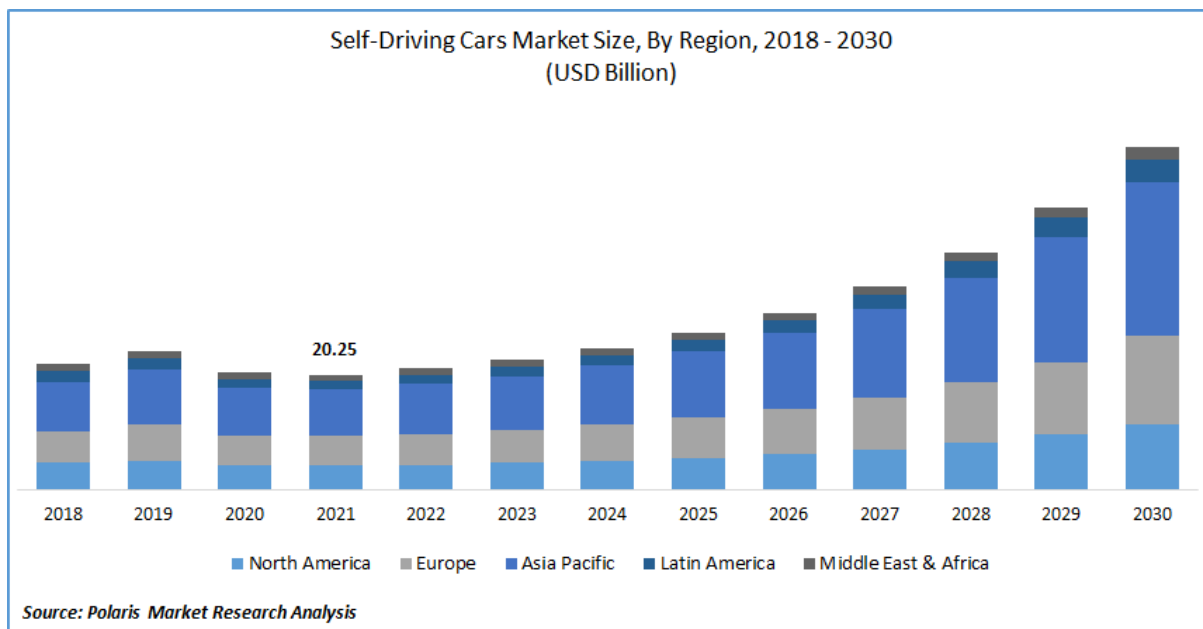
รูปที่ 2-15 การสำรวจข้อมูลการรับรู้ด้านความปลอดภัยของยานยนต์อัตโนมัติ

ที่มา: Vitale et. al. (2020).

จากผลการศึกษาของ Polaris Market Research หน่วยงานวิจัยด้านการตลาด ประเมินว่ายานยนต์อัตโนมัติโลกในปี ค.ศ. 2021 มีมูลค่ากว่า 20,250 ล้านเหรียญสหรัฐ (รูปที่ 2-16) และคาดว่าจะเติบโตในอัตราร้อยละ 13.9 ต่อปี เป็นผลจากการพัฒนาของเทคโนโลยียานยนต์อัตโนมัติ ส่งผลให้ผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมทั้งด้านฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์ เริ่มสร้างความร่วมมือทั้งในรูปแบบ พันธมิตรทางการค้า

ร่วมมือวิจัยและพัฒนา ไปถึงร่วมทุนตั้งบริษัทที่ดำเนินการเกี่ยวข้องกับเทคโนโลยียานยนต์อัตโนมัติโดยเฉพาะ เมื่อพิจารณารายภูมิภาค พบว่าภูมิภาคเอเชียแปซิฟิกเป็นภูมิภาคที่ได้รับการประเมินว่ามีมูลค่าตลาดยานยนต์อัตโนมัติสูงที่สุดเนื่องจากมีผู้ผลิตยานยนต์อยู่ในภูมิภาคนี้จำนวนมาก และผู้ผลิตยานยนต์ในภูมิภาคนี้เริ่มนำระบบช่วยเหลือผู้ขับขี่ขั้นสูง (Advance Driver Assistance Systems) ติดตั้งและจำหน่ายให้แก่ผู้บริโภคแล้ว รวมไปถึงเริ่มดำเนินกิจกรรมวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีขั้นสูงในหลายประเทศ อาทิ จีน เกาหลีใต้ ญี่ปุ่น ไต้หวัน และสิงคโปร์

ทั้งนี้ เมื่อพิจารณาถึงตลาดส่งออกที่สำคัญของไทย กล่าวคือ ตลาดเอเชีย ตลาดโอเชียเนีย และตลาดตะวันออกกลาง พบว่า ตลาดเอเชีย และตลาดโอเชียเนีย รวมกันเป็นตลาดที่ใหญ่ที่สุดของตลาดยานยนต์อัตโนมัติ โดยมีส่วนแบ่งตลาดถึงร้อยละ 40 ในปี ค.ศ. 2021 ซึ่งหากผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ในประเทศไทยสามารถยกระดับเพื่อผลิตชิ้นส่วนในระบบช่วยเหลือผู้ขับขี่ขั้นสูงเพื่อส่งมอบแก่ผู้ผลิตรถยนต์ และส่งออกไปยังตลาดดังกล่าวได้ ประเทศไทยจะได้มูลค่าเพิ่มจากส่วนแบ่งตลาดในภูมิภาคเอเชียแปซิฟิกซึ่งมีการคาดการณ์ว่าจะมีมูลค่าสูงถึง 27,000 ล้านดอลลาร์สหรัฐ ในปี ค.ศ. 2030



รูปที่ 2-16 มูลค่าตลาดยานยนต์อัตโนมัติในภูมิภาคต่าง ๆ

ที่มา: Polaris Market Research (2022)

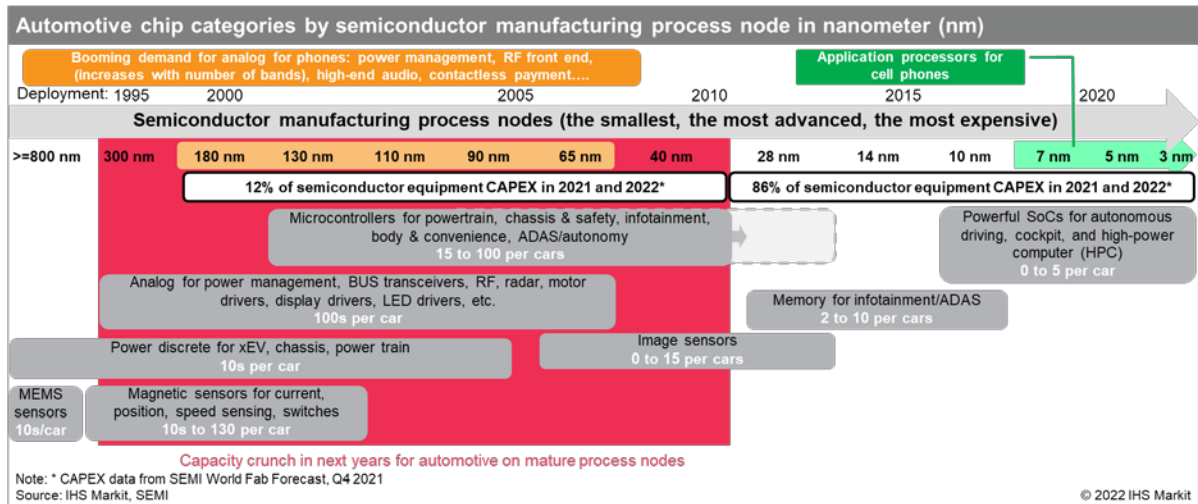
2.2.4 การขาดแคลนเซมิคอนดักเตอร์สำหรับการผลิตยานยนต์

ในช่วงของการแพร่ระบาดของไวรัสโควิด-19 ส่งผลให้หลายประเทศทั่วโลกต้องดำเนินมาตรการจำกัด/ห้ามการเดินทางของผู้คน (lock down) เพื่อยับยั้งการแพร่ระบาดของไวรัส แต่อย่างไรก็ดีจากมาตรการดังกล่าวทำให้สินค้าด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ และคอมพิวเตอร์มีความต้องการเพิ่มขึ้นเนื่องจากหลายกิจการปรับรูปแบบการทำงานให้พนักงานทำงานจากที่พักอาศัย (Work from home) และส่งผลกระทบต่อเซิร์ฟเวอร์ (Server) และศูนย์ข้อมูล (Data center) ของผู้ให้บริการสารสนเทศต่าง ๆ ต้องขยายอัตราการให้บริการเพื่อรองรับการทำงานในลักษณะใหม่ ส่งผลให้ความต้องการต่ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ โดยเฉพาะเซมิคอนดักเตอร์เพิ่มสูงขึ้นในช่วง 2 ปีที่ผ่านมา (สถาบันยานยนต์, 2021)

ความต้องการต่ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ในหลายอุตสาหกรรมไม่สามารถจัดซื้อเซมิคอนดักเตอร์ได้ตามต้องการ โดยอุตสาหกรรมยานยนต์เป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมที่ได้รับผลกระทบ การขาดแคลนเซมิคอนดักเตอร์ในอุตสาหกรรมยานยนต์เกิดขึ้น เนื่องจากในช่วงสถานการณ์แพร่ระบาดของไวรัสโควิด - 19 ทำให้ตลาดยานยนต์ชะลอตัวลง ผู้ผลิตรถยนต์จึงยกเลิกคำสั่งซื้อเซมิคอนดักเตอร์ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ทำให้ผู้ผลิตเซมิคอนดักเตอร์ปรับเปลี่ยนไปผลิตให้กับผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์มากขึ้น จากนั้นในเวลาต่อมา เมื่ออุปสงค์ต่อรถยนต์ฟื้นตัวจึงทำให้ผู้ผลิตรถยนต์เริ่มสั่งซื้อเซมิคอนดักเตอร์ใหม่อีกครั้ง แต่เนื่องจากการผลิตเซมิคอนดักเตอร์มีระยะเวลาในการรอสินค้า (Lead time) อย่างน้อย 6 เดือน เนื่องจากผู้ผลิตเซมิคอนดักเตอร์มีคำสั่งซื้อล่วงหน้าจากผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมอื่นอยู่แล้ว จึงส่งผลให้เซมิคอนดักเตอร์สำหรับยานยนต์ขาดแคลน

หากพิจารณาตามการใช้งานเซมิคอนดักเตอร์ในรถยนต์พบว่า เทคโนโลยีเซมิคอนดักเตอร์ที่ผู้ผลิตรถยนต์ส่วนใหญ่นำมาใช้ในรถยนต์เป็นเทคโนโลยีที่อิมมูทแล้ว โดยเป็นเทคโนโลยีเก่าตั้งแต่ปี ค.ศ. 1995 ถึง ค.ศ. 2010 และบางส่วนใช้เซมิคอนดักเตอร์ที่เป็นใช้เทคโนโลยีใหม่ (ประมาณ 2- 15 ชิ้นต่อคัน) (รูปที่ 2-17) ทั้งนี้ ในช่วงเริ่มแรกของสถานการณ์การขาดแคลนเซมิคอนดักเตอร์ เกิดจากผู้ผลิตเซมิคอนดักเตอร์เปลี่ยนแปลงไปผลิตเซมิคอนดักเตอร์ที่มีขนาดเล็ก (น้อยกว่า 10 นาโนเมตร) เพื่อรองรับผลิตภัณฑ์คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศที่มีความต้องการเพิ่มขึ้น ทำให้ผู้ผลิตรถยนต์ไม่สามารถสั่งซื้อ เซมิคอนดักเตอร์ที่มีเทคโนโลยีเก่ากว่าได้ โดยเฉพาะไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) รวมไปถึง เซมิคอนดักเตอร์ที่มีเทคโนโลยีขั้นสูง (ขนาดเล็กกว่า 10 นาโนเมตร) เนื่องจากผู้ผลิตรถยนต์ใช้เซมิคอนดักเตอร์ประเภทนี้จำนวนน้อยทำให้ไม่มีความสามารถในการสำรอง เท่ากับผู้ผลิตในอุตสาหกรรมอื่น ๆ ถึงแม้ว่าในปัจจุบันปัญหาการขาดแคลนไมโครคอนโทรลเลอร์ในอุตสาหกรรมยานยนต์จะคลี่คลายบ้างแล้ว ส่วนหนึ่งเป็นผลจากการพัฒนารูปแบบการควบคุมระบบอิเล็กทรอนิกส์ของรถยนต์ เป็นแบบรวมศูนย์ ทำให้สามารถใช้เซมิคอนดักเตอร์ที่มีเทคโนโลยีใหม่ได้มากขึ้น แต่อย่างไรก็ดี ผู้ผลิตสินค้าในอุตสาหกรรมอื่นที่ใช้เซมิคอนดักเตอร์ขนาดเล็กกว่า 10 นาโนเมตร ยังจำเป็นต้องใช้เซมิคอนดักเตอร์ประเภทแอนะล็อกด้วยเช่นกัน ทำให้ปัจจุบันผู้ผลิตรถยนต์ยังประสบปัญหาในการขาดแคลนเซมิคอนดักเตอร์ประเภทดังกล่าวอยู่

แม้ว่า ผู้ผลิตเซมิคอนดักเตอร์ได้ขยายฐานการผลิตเซมิคอนดักเตอร์ขนาดเล็กกว่า 10 นาโนเมตร และเซมิคอนดักเตอร์ประเภทแอนะล็อกแล้ว แต่สัดส่วนเงินลงทุนกว่าร้อยละ 86 มุ่งเน้นด้านการขยายกำลังการผลิตเซมิคอนดักเตอร์ขนาดเล็กกว่า 10 นาโนเมตร ซึ่งใช้จำนวนน้อยในอุตสาหกรรมยานยนต์ และมีเพียงร้อยละ 12 เท่านั้นที่ลงทุนสำหรับขยายการผลิตเซมิคอนดักเตอร์ประเภทแอนะล็อก ซึ่งอาจจะยังส่งผลต่อเซมิคอนดักเตอร์ประเภทแอนะล็อก และเซมิคอนดักเตอร์เทคโนโลยีเก่าแก่ผู้ผลิตรถยนต์ได้



รูปที่ 2-17 ประเภทของเซมิคอนดักเตอร์ที่ใช้ในรถยนต์ แบ่งตามขนาดทรานซิสเตอร์โนด

ที่มา: HIS Markit, SEMI

ทั้งนี้ หากผู้ผลิตรถยนต์พัฒนารูปแบบสถาปัตยกรรมการควบคุมของระบบอิเล็กทรอนิกส์ในรถยนต์ให้มีความรวมศูนย์มากขึ้นอย่างต่อเนื่อง ผู้ผลิตรถยนต์จะต้องการใช้เซมิคอนดักเตอร์ที่มีขนาดเล็กกว่า 10 นาโนเมตรมากขึ้น และสร้างความสามารถในการรองรับต่อผู้ผลิตเซมิคอนดักเตอร์ได้เพิ่มขึ้น ซึ่งอาจช่วยแก้ปัญหาการขาดแคลนเซมิคอนดักเตอร์ในอุตสาหกรรมยานยนต์ได้

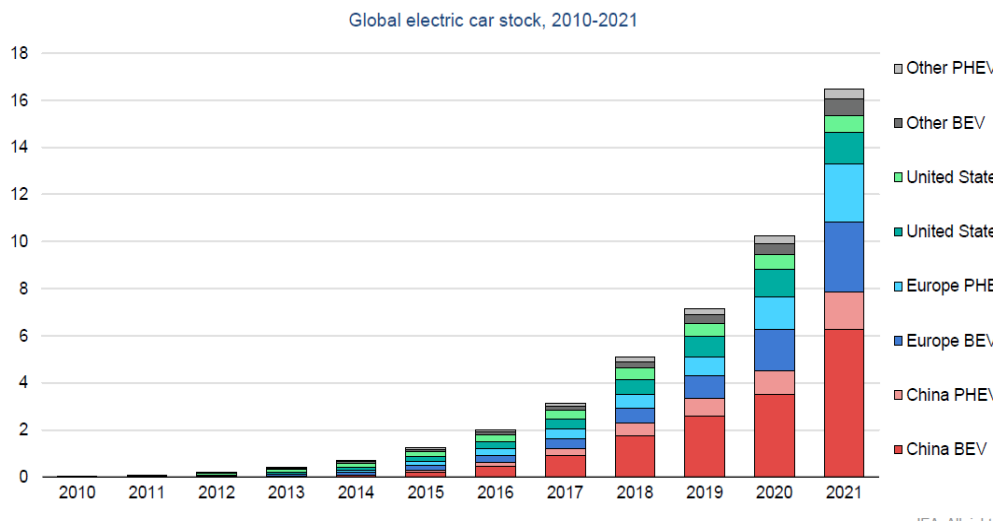
การพัฒนาเทคโนโลยีในอุตสาหกรรมยานยนต์นอกจากการพัฒนาเทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้าเพื่อตอบสนองต่อการแก้ปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมแล้ว ยังมีการพัฒนาเทคโนโลยียานยนต์เชื่อมต่อและขับเคลื่อนอัตโนมัติ ที่ได้รับอิทธิพลจากการพัฒนาเทคโนโลยีสารสนเทศอย่างก้าวกระโดดในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา ส่งผลให้ผู้ผลิตรถยนต์เริ่มนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมยานยนต์เพื่อตอบสนองโจทย์ผู้บริโภคในด้านต่าง ๆ อาทิ ความปลอดภัย ความสะดวกสบาย และควมมีประสิทธิภาพในการเดินทาง

2.3 ผลของเทคโนโลยียานยนต์สมัยใหม่ต่ออุตสาหกรรมการผลิตยานยนต์โลก

มาตรการส่งเสริมการใช้งานยานยนต์ไฟฟ้า นอกจากจะทำให้ตลาดยานยนต์เปลี่ยนแปลงแล้ว ยังเกิดการเปลี่ยนแปลงในด้านการผลิตยานยนต์เช่นกัน โดยเกิดการเปลี่ยนแปลงใน 3 มิติสำคัญ ได้แก่ **หนึ่ง** การเปลี่ยนแปลงสถานะผู้นำในประเทศผู้ผลิตยานยนต์ **สอง** เกิดผู้ประกอบการที่เป็นผู้เล่นรายใหม่ในอุตสาหกรรมยานยนต์โลก **สาม** การสร้างมูลค่าในห่วงโซ่อุปทาน โดยมีรายละเอียด ดังนี้

2.3.1 การเปลี่ยนแปลงสถานะผู้นำในประเทศผู้ผลิตยานยนต์

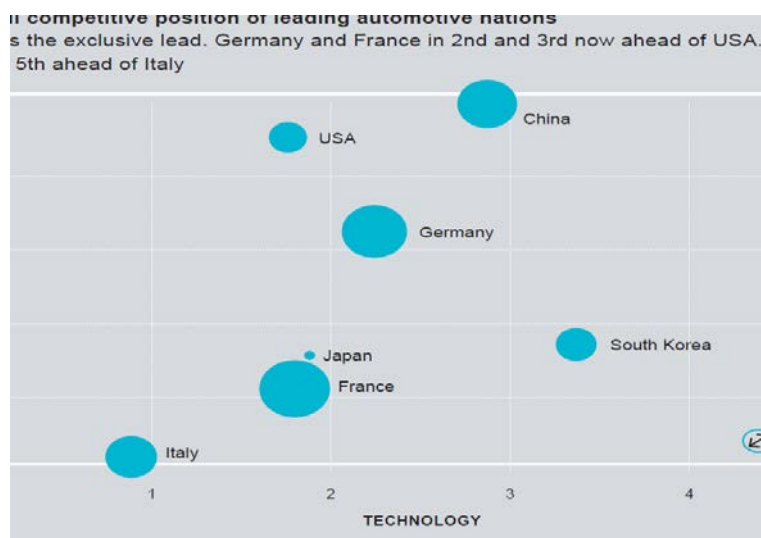
จากข้อมูลในปี ค.ศ. 2021 พบว่า จีนเป็นประเทศที่มีปริมาณจำหน่ายยานยนต์ไฟฟ้ามากที่สุดในโลก โดยมีปริมาณสะสมกว่า 7.8 ล้านคัน และมีปริมาณจำหน่ายในปี ค.ศ. 2021 ที่ 3.3 ล้านคัน รองลงมาคือ ยุโรป มีปริมาณจำหน่ายยานยนต์ไฟฟ้ารวมกัน 2.3 ล้านคัน หรือกล่าวอีกนัยหนึ่ง คือ ปริมาณรถยนต์ไฟฟ้าสะสมเฉพาะจีนประเทศเดียวมากกว่าประเทศอื่น ๆ รวมกัน (IEA,2022) (รูปที่ 2-18) อย่างไรก็ตาม แม้ว่าสาเหตุหลักของการส่งเสริมการใช้งานยานยนต์ไฟฟ้าในประเทศต่าง ๆ จะเกิดขึ้นเพื่อแก้ไขปัญหาการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกก็ตาม แต่กรณีของ**ประเทศจีน**ยังมีความมุ่งหวังให้อุตสาหกรรมยานยนต์ไฟฟ้าเป็นเครื่องจักรสำหรับขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศ และก้าวเป็นผู้นำในอุตสาหกรรมยานยนต์โลกอีกด้วย โดยในปี ค.ศ. 2021 ประเทศจีนประกาศแผนพัฒนายานยนต์พลังงานใหม่ฉบับใหม่ชื่อ “New Energy Vehicle Industrial Development Plan for 2021-2035” โดยกำหนดเป้าหมายจำหน่ายยานยนต์พลังงานใหม่สัดส่วนร้อยละ 20 ของปริมาณจำหน่ายยานยนต์ทั้งหมดในปี ค.ศ. 2025 และยานยนต์ไฟฟ้าประเภท BEV (Battery Electric Vehicle) จะเป็นยานยนต์ประเภทหลักที่จำหน่ายในประเทศภายในปี ค.ศ. 2035 รวมทั้งเตรียมโครงสร้างพื้นฐานด้านการประจุไฟฟ้าและไฮโดรเจนในที่สาธารณะให้ครอบคลุมภายในปี ค.ศ. 2035



รูปที่ 2-18 ปริมาณรถยนต์ไฟฟ้าขนาดเล็ก (Light duty vehicle) สะสมทั่วโลก

ที่มา: IEA (2022)

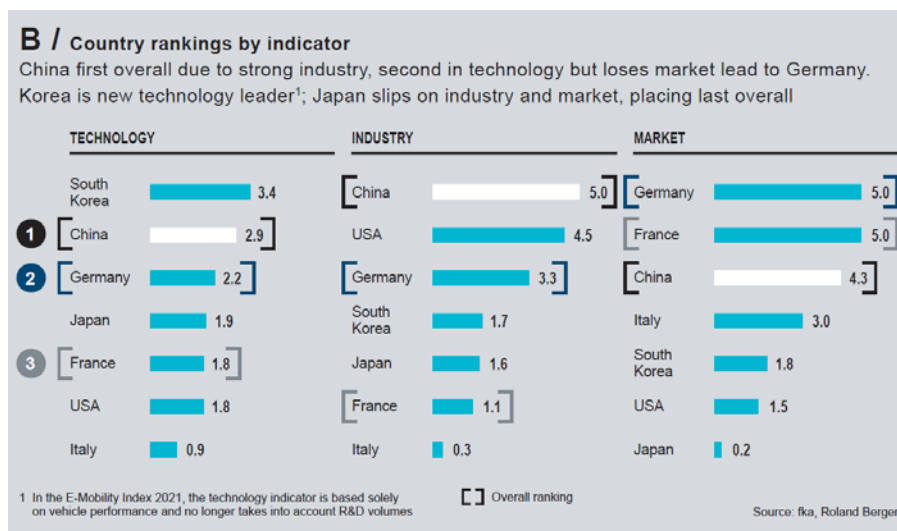
บริษัทผู้ทำวิจัย Roland Berger ได้ศึกษาเปรียบเทียบความสามารถแข่งขันด้านอุตสาหกรรมยานยนต์ไฟฟ้าของประเทศผู้นำในอุตสาหกรรมยานยนต์โลก 7 ประเทศ ได้แก่ จีน สหรัฐอเมริกา เยอรมนี ญี่ปุ่น เกาหลีใต้ ฝรั่งเศส และอิตาลี พบว่า ในภาพรวมจีนเป็นประเทศผู้ผลิตยานยนต์ไฟฟ้าที่มีความสามารถแข่งขันสูงที่สุดในโลก โดยพิจารณาจากความสามารถของอุตสาหกรรมและความสามารถทางเทคโนโลยีในประเทศ รองลงมาคือประเทศเยอรมนี และฝรั่งเศส ตามลำดับ โดยจีนเป็นประเทศที่มีความสามารถแข่งขันสูงที่สุดมาตั้งแต่ปี ค.ศ. 2019 (รูปที่ 2-19)



รูปที่ 2-19 ความสามารถในการแข่งขันด้านอุตสาหกรรมยานยนต์ไฟฟ้าของประเทศผู้นำด้านยานยนต์
ที่มา: Roland Berger (2022)

เมื่อพิจารณาปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถการแข่งขันของอุตสาหกรรมยานยนต์ไฟฟ้าในปี ค.ศ. 2021 (รูปที่ 2-20) พบว่า **ด้านความสามารถทางเทคโนโลยี** ประเทศเกาหลีใต้เป็นผู้นำในด้านนี้ ในขณะที่ปี ค.ศ. 2019 ตำแหน่งผู้นำเป็นของประเทศเยอรมนี และเกาหลีใต้อยู่ในลำดับที่ 3 เหตุผลที่ทำให้เกาหลีใต้เป็นผู้นำในด้านเทคโนโลยีเนื่องจาก ผู้ผลิตยานยนต์ของเกาหลีใต้ใช้วิธีพัฒนาเทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้าจากรุ่นรถที่มีจำหน่ายในปัจจุบัน ในขณะที่ผู้ผลิตเยอรมนีใช้วิธีพัฒนาเทคโนโลยีในรุ่นใหม่ ทำให้ต้นทุนการพัฒนาและราคาจำหน่ายยานยนต์ไฟฟ้าของผู้ผลิตเกาหลีถูกกว่า ดังนั้นเมื่อพิจารณาความสามารถทางเทคโนโลยีในด้านสมรรถนะเปรียบเทียบกับราคา (Price-performance ratio) แล้ว จึงทำให้ยานยนต์ไฟฟ้าจากผู้ผลิตยานยนต์สัญชาติเกาหลีมีความสามารถแข่งขันสูงกว่าเยอรมนีและประเทศอื่น ๆ กรณีประเทศสหรัฐอเมริกาพยายามพัฒนาเทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้าเช่นกัน แต่เนื่องจากมุ่งเน้นไปที่กลุ่มรถ SUV ซึ่งมีราคาแพง ทำให้ความสามารถทางเทคโนโลยีในด้านสมรรถนะเปรียบเทียบกับราคาอยู่ในระดับไม่สูงมากนัก ในขณะที่ประเทศญี่ปุ่น ฝรั่งเศสและอิตาลียังมุ่งเน้นไปที่ยานยนต์ไฟฟ้าประเภทปลั๊กอินไฮบริด (PHEV) อยู่ **ด้านความสามารถของอุตสาหกรรมการผลิต** ประเทศจีนเป็นผู้นำในด้านนี้มาตั้งแต่ปี ค.ศ. 2019 เนื่องจากมีแหล่งวัตถุดิบสำหรับแบตเตอรี่และอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับยานยนต์ไฟฟ้าในประเทศที่แข็งแกร่ง โดยคาดการณ์ว่าผู้ผลิตแบตเตอรี่สัญชาติจีน คือ CATL BYD และ FARASIS จะมีกำลังการผลิตรวมกันกว่าร้อยละ 27 ของประมาณการผลิตทั่วโลก (รูปที่ 2-21) **ด้านการสร้างตลาด** ประเทศเยอรมนีมีความสามารถสูงที่สุดในช่วงเกิดการระบาดของไวรัสโควิด-19 ที่ส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจทั่วโลก รวมทั้งตลาดยานยนต์ ประเทศต่าง ๆ

มีปริมาณจำหน่ายยานยนต์ไฟฟ้า (รวม BEV และ PHEV) ลดลง ในขณะที่ตลาดของประเทศในกลุ่มทวีปยุโรปเติบโตอย่างต่อเนื่อง นำโดยประเทศเยอรมนีและอิตาลีที่มีอัตราเติบโตเมื่อเปรียบเทียบกับปีก่อนหน้ากว่าร้อยละ 200 ประกอบกับตลาดยานยนต์สันดาปภายในที่มีแนวโน้มเติบโตลดลง ทำให้สัดส่วนยานยนต์ไฟฟ้าของเยอรมนีเพิ่มเป็นร้อยละ 12.6 จากตลาดยานยนต์ทั้งหมด



รูปที่ 2-20 ความสามารถในการแข่งขันด้านอุตสาหกรรมยานยนต์ไฟฟ้าในปัจจุบันต่าง ๆ

ของประเทศผู้นำด้านยานยนต์

ที่มา: Roland Berger (2022)



รูปที่ 2-21 คาดการณ์ปริมาณผลิตแบตเตอรี่สำหรับยานยนต์ไฟฟ้าในปี ค.ศ. 2023

ที่มา: Roland Berger (2022)

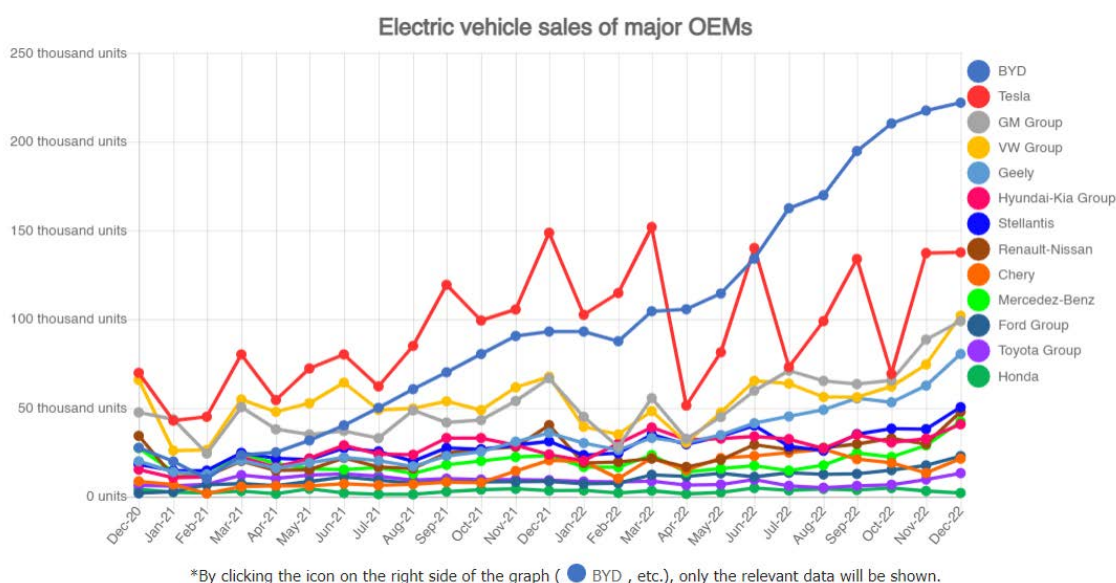
ทั้งนี้ อาจกล่าวโดยสรุปได้ว่า จากนี้ไปประเทศจีนจะมีบทบาทในอุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่มากขึ้น ด้วยความสามารถของอุตสาหกรรมการผลิต จากการมีแหล่งวัตถุดิบสำหรับแบตเตอรี่และอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับยานยนต์ไฟฟ้าในประเทศที่แข็งแกร่ง รวมทั้งมีตลาดภายในประเทศขนาดใหญ่ที่สามารถใช้ประโยชน์จากการประหยัดต่อขนาด (Economy of scale) ได้

2.3.2 ผู้ประกอบการที่เป็นผู้เล่นรายใหม่ในอุตสาหกรรมยานยนต์โลก

ผลจากการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยียานยนต์ ทำให้เกิดการแข่งขันที่รุนแรงซึ่งส่งผลกระทบต่อกลยุทธ์ของผู้ผลิตรายเดิม และก่อให้เกิดผู้เล่นรายใหม่ขึ้นในอุตสาหกรรมยานยนต์โลก โดยผู้เล่นรายใหม่ที่ดำเนินการเกี่ยวกับยานยนต์สมัยใหม่ โดยไม่ได้มีพื้นฐานยานยนต์เดิม สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม คือ ผู้ผลิตรายไฟฟ้า ผู้ผลิตแบตเตอรี่ และผู้พัฒนายานยนต์เชื่อมต่อและขับเคลื่อนอัตโนมัติ

ผู้ผลิตรายไฟฟ้า

ผู้ผลิตรายไฟฟ้าที่เป็นผู้เล่นรายใหม่ในอุตสาหกรรมยานยนต์โลกที่น่าจับตามองประกอบด้วย 2 ราย คือ Tesla Motor และ BYD ซึ่งมียอดขายยานยนต์ไฟฟ้าสูงที่สุด 2 อันดับแรกในปี ค.ศ. 2022 (รูปที่ 2-22)



รูปที่ 2-22 ปริมาณจำหน่ายยานยนต์ไฟฟ้าปี ค.ศ. 2021-2022 จำแนกตามผู้ผลิตราย

ที่มา: Markline, Electric Vehicle (BEV/PHV/FCV) Sales Monthly Report (December 2022)

Tesla Motor ผู้ผลิตรายไฟฟ้าสัญชาติอเมริกันก่อตั้งในปี ค.ศ. 2003 และเข้าสู่ตลาดหุ้นในปี ค.ศ. 2010 Tesla ถือเป็นผู้ผลิตรายแรกของโลกที่ผลิตเฉพาะยานยนต์ไฟฟ้า โดยไม่มียานยนต์เครื่องยนต์สันดาปภายในจำหน่ายภายใต้แบรนด์ Tesla ซึ่งต่างจากผู้ผลิตรายสัญชาติอเมริกันรายอื่น อาทิ Ford Motor และ General Motors ที่เน้นการพัฒนาเทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้าไฮบริด และจำหน่ายคู่กับยานยนต์ไฟฟ้าเครื่องยนต์สันดาปภายใน (Mangram, 2012)

กลยุทธ์ของ Tesla สามารถแบ่งได้ออกเป็น 3 ลำดับ กล่าวคือ เริ่มเปิดตัว Tesla Roadster สู่ตลาดและเป็นการวางตำแหน่งตัวเองว่าเป็นผู้ผลิต และจำหน่ายยานยนต์ไฟฟ้า หลังจากนั้น Tesla เปิดตัวรถยนต์ Tesla Model S เพื่อขยายตลาดไปที่ลูกค้าในกลุ่มชนชั้นกลาง และเปิดตัว Tesla Model X ซึ่งเป็นยานยนต์ไฟฟ้าเอนกประสงค์ ซึ่งได้รับความสนใจจากผู้บริโภคเนื่องจากเป็นประเภทรถยนต์ที่เริ่มได้รับความนิยมในช่วงปลายทศวรรษที่ 2010 ซึ่ง Tesla Model X กลายเป็นยานยนต์ไฟฟ้าเสียบปลั๊ก (Plug-in electric vehicle) ที่ขายดีที่สุดอันดับ 7 ในปี ค.ศ. 2016 หลังจากเริ่มส่งมอบได้เพียง 1 ปี (Karamitsios, 2013)

เนื่องจาก Tesla เป็นผู้ผลิตรถยนต์รายใหม่ของอุตสาหกรรม และดำเนินการผลิตรถยนต์ด้วยตนเอง Tesla จึงสร้างความร่วมมือด้าน การผลิตรถยนต์ การจัดหาชิ้นส่วน และการทำวิจัยและพัฒนา ร่วมกับผู้ผลิตรายอื่น เพื่อลดช่องว่างจากการเป็นผู้เล่นรายใหม่ในอุตสาหกรรม ดังแสดงในตารางที่ 2-2

ตารางที่ 2-2 ความร่วมมือของ Tesla Motor กับผู้ประกอบการรายอื่นๆ

บริษัท (ประเทศ)	ประเภทความร่วมมือ	รายละเอียด
Sotira (France)	Supplier	ผลิตชิ้นส่วนตัวถังคาร์บอนไฟเบอร์ และจัดส่งไปยัง Lotus ในสหราชอาณาจักร
Lotus (U.K.)	Supplier	ผลิต Chassis และจัดส่งให้ Tesla Motor ในสหรัฐอเมริกา
Panasonic (Japan)	Supplier	ผลิตเซลล์แบตเตอรี่
Borg Warner (U.S.)	Supplier	ผลิตเกียร์อัตราทดเดียว (Single-speed gearbox)
Panasonic (Japan)	R&D	วิจัยและพัฒนาแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน
Dana Holding Corp. (Canada & U.S.)	R&D	พัฒนาระบบระบายความร้อนที่ใช้งานกับแพ็คแบตเตอรี่ของ Tesla Motor
Freightliner (Germany)	R&D, Manufacturing	พัฒนาระบบส่งกำลัง ระบบประจุไฟฟ้า และแบตเตอรี่ สนับสนุนด้านระบบการผลิต และทางวิศวกรรม
Daimler (Germany)	Manufacturing	บูรณาการระบบประจุไฟฟ้า และแพ็คแบตเตอรี่
US Government-DOE		กู้ยืมเงินเพื่อผลิตรถยนต์ไฟฟ้า

ที่มา: Holmberg (2011)

BYD กลุ่มธุรกิจขนาดใหญ่สัญชาติจีน ที่ดำเนินธุรกิจในอุตสาหกรรมเทคโนโลยีสารสนเทศ ยานยนต์ และเทคโนโลยีพลังงานรูปแบบใหม่ โดยก่อนที่ BYD จะเข้ามาเป็นหนึ่งในผู้เล่นของอุตสาหกรรมยานยนต์ไฟฟ้า BYD เป็นในผู้ผลิตแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน และยานยนต์เครื่องยนต์สันดาปภายในมาก่อน นอกจากนั้นในกลุ่มบริษัท BYD ยังมีองค์ความรู้ที่สามารถนำมาต่อยอดในอุตสาหกรรมยานยนต์ไฟฟ้า เช่น มอเตอร์และระบบควบคุมทางอิเล็กทรอนิกส์ด้วย ทำให้ BYD สามารถพัฒนาเทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้า และมีองค์ความรู้เป็นของตนเองได้

ในช่วงทศวรรษที่ 2010 BYD มุ่งเน้นการผลิตรถยนต์ไฟฟ้าที่ใช้ในการขนส่งสาธารณะเป็นหลัก โดยมีจุดขายคือ ระยะทางวิ่งต่อการประจุไฟฟ้าที่สูง (Liu & Meng, 2017) เนื่องจากใช้แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน ที่แตกต่างจากผู้ผลิตรถยนต์ไฟฟ้ารายอื่น กล่าวคือ BYD ใช้แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนฟอสเฟส ต่างจากผู้ผลิตรายอื่นในช่วงเวลานั้นที่เน้นการใช้แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนประเภทนิเกิลเป็นหลัก

จุดแข็งที่ทำให้ BYD กลายเป็นผู้ผลิตรถยนต์ไฟฟ้าที่มียอดจำหน่ายสูงที่สุดในโลก นอกจากเป็นเจ้าของตลาดยานยนต์ไฟฟ้าในจีนแล้ว BYD ยังขยายฐานการผลิตไปยังหลายประเทศทั่วโลก ผ่านข้อริเริ่มเส้นทางสายไหม (One Belt One Road) ที่ทำให้ BYD สามารถตั้งฐานการผลิตในหลายภูมิภาค อาทิ ตะวันออกกลาง และแอฟริกา รวมทั้ง BYD ยังตั้งฐานการผลิตในแถบประเทศพัฒนาแล้วอย่าง ยุโรป สหรัฐอเมริกา และญี่ปุ่นอีกด้วย

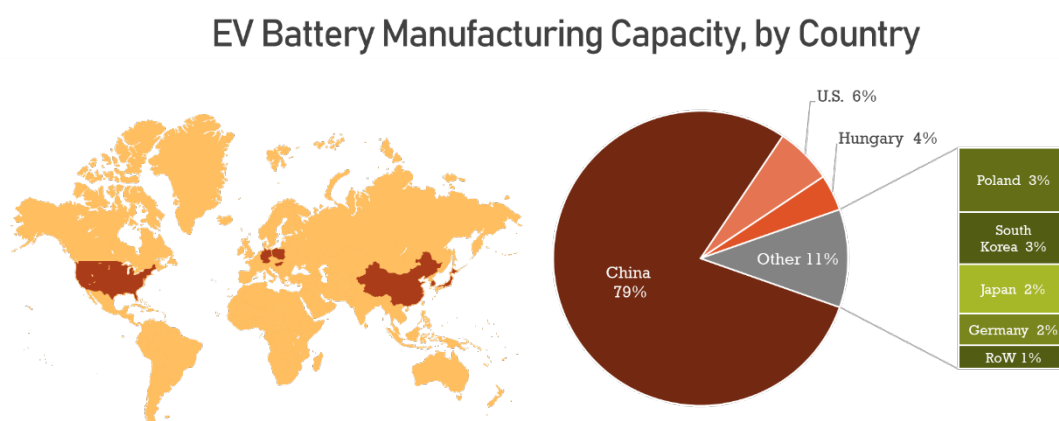
นอกจากการขยายฐานการผลิตยานยนต์ไฟฟ้าของ BYD ไปยังหลายประเทศทั่วโลกแล้ว BYD ยังมีห่วงโซ่อุปทานที่แข็งแกร่ง จากการศึกษาคู่มือ (Guy Fournier, 2011) พบว่า BYD มีบริษัทในเครือเป็นผู้ผลิตสำคัญในห่วงโซ่อุปทาน ตั้งแต่การผลิตวัตถุดิบสำหรับผลิตแบตเตอรี่ แบตเตอรี่สำหรับยานยนต์ไฟฟ้า การออกแบบและผลิตยานยนต์ไฟฟ้า โครงสร้างพื้นฐานด้านยานยนต์ไฟฟ้า และยังวางแผนที่จะเป็นผู้ผลิตพลังงานสำหรับสถานีประจุไฟฟ้าด้วย ด้วยเหตุนี้เองการมีบริษัทในเครือของตนเองเป็นผู้ผลิตสำคัญในห่วงโซ่อุปทานจึงกลายเป็นจุดแข็งในการดำเนินธุรกิจของอุตสาหกรรมยานยนต์ไฟฟ้าของ BYD ด้วย

ผู้ประกอบการแบตเตอรี่

จากการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีต้นกำลังของยานยนต์จากเดิมที่เครื่องยนต์เปรียบเสมือนหัวใจสำคัญของยานยนต์เครื่องยนต์สันดาปภายใน สำหรับยานยนต์ไฟฟ้าที่ไม่มีเครื่องยนต์สันดาปภายในแล้วนั้น หัวใจสำคัญของยานยนต์ไฟฟ้าถูกเปลี่ยนมาเป็นแบตเตอรี่สำหรับยานยนต์ไฟฟ้า ทำให้ผู้ผลิตเซลล์แบตเตอรี่และผู้ผลิตวัตถุดิบสำคัญสำหรับผลิตแบตเตอรี่กลายมาเป็นผู้เล่นที่มีบทบาทสำหรับในห่วงโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมยานยนต์ไฟฟ้า

ข้อมูลจาก IEA ระบุว่าในปี ค.ศ. 2020 ปริมาณยานยนต์ไฟฟ้าใหม่เพิ่มขึ้น 3 ล้านคัน คิดเป็นความต้องการแบตเตอรี่ 134.5 กิกะวัตต์ชั่วโมง (GWh) หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 40 จากปีก่อนหน้า รวมทั้งยังคาดการณ์ว่าในปี ค.ศ. 2030 ทั่วโลกจะมียานยนต์ไฟฟ้ากว่า 145 ล้านคัน เปรียบเทียบกับปี ค.ศ. 2020 ที่มีจำนวน 10 ล้านคัน สะท้อนให้เห็นถึงความต้องการแบตเตอรี่ที่เพิ่มขึ้นอย่างก้าวกระโดด ประกอบกับผู้บริโภคที่ต้องการใช้งานยานยนต์ที่วิ่งได้ไกลขึ้นต่อการประจุไฟฟ้าหนึ่งครั้ง และความต้องการใช้งานยานยนต์ประเภท SUV เพิ่มขึ้น ทำให้ขนาดแบตเตอรี่ในยานยนต์ต้องมีขนาดใหญ่ตามไปด้วย (IEA, 2021)

ในปี ค.ศ. 2021 ทั่วโลกผลิตแบตเตอรี่สำหรับยานยนต์ไฟฟ้า 295.9 GWh เพิ่มขึ้นกว่าเท่าตัวจากปี ค.ศ. 2020 ที่มีปริมาณการผลิต 136.8 GWh ประเทศที่เป็นผู้ผลิตแบตเตอรี่รายสำคัญได้แก่ จีน ซึ่งมีกำลังการผลิตร้อยละ 79 ของกำลังการผลิตแบตเตอรี่ทั้งโลก ตามมาด้วยสหรัฐอเมริกา และยังการี ซึ่งมีกำลังการผลิตแบตเตอรี่ร้อยละ 6 และ 4 ของกำลังการผลิตแบตเตอรี่ทั้งโลก ตามลำดับ (รูปที่ 2-23)

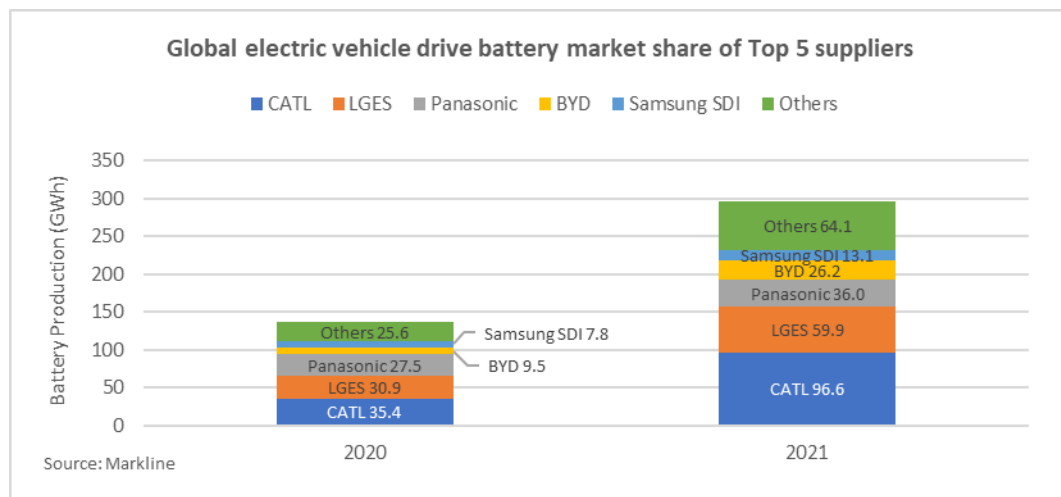


Source: Markline, S&P Global Market Intelligence

รูปที่ 2-23 ปริมาณการผลิตแบตเตอรี่สำหรับยานยนต์ไฟฟ้าจำแนกตามประเทศผู้ผลิต

ที่มา: Markline, S&P Global Market Intelligence

ข้อมูลปี ค.ศ. 2022 ระบุว่า ทั่วโลกมีผู้ผลิตแบตเตอรี่สำหรับยานยนต์ไฟฟ้ามีผู้ประกอบการรายใหญ่อันดับ 5 ราย ได้แก่ CATL (Contemporary Amperex Technology Co., Ltd.) LGES (LG Energy Systems) Panasonic Corporation BYD Lithium Battery Co., Ltd. และ Samsung SDI Co., Ltd. โดยมีปริมาณการผลิตรวมกันร้อยละ 78 ของปริมาณการผลิตทั้งหมด (รูปที่ 2-24) และมีรายละเอียดโดยสังเขปของทั้ง 5 บริษัท ดังนี้



รูปที่ 2-24 ปริมาณผลิตแบตเตอรี่สำหรับยานยนต์ไฟฟ้าในปี ค.ศ. 2020-2021 จำแนกตามผู้ผลิต

ที่มา: ฐานข้อมูล Markline

1) CATL (Contemporary Amperex Technology Co., Ltd.)

ก่อตั้ง ธันวาคม 2011 (แยกตัวออกมาจากบริษัท Amperex Technology Limited ที่เป็นผู้ผลิตแบตเตอรี่ลิเทียมรายใหญ่ของประเทศจีน)

ยอดขายแบตเตอรี่สำหรับยานยนต์ 39,426 ล้านหยวน (ประมาณ 6,200 ล้านดอลลาร์สหรัฐ) ณ ธันวาคม 2020

ปริมาณผลิต 96.6 GWh ณ ธันวาคม 2021

การจ้างงาน 33,078 คน ณ ธันวาคม 2020

ที่ตั้งโรงงานผลิต - ประเทศจีน แบบลงทุนเอง

- (1) Qinghai Xining
- (2) Jiangsu Liyang
- (3) Fujian Ningde (Huxi)
- (4) Jiaocheng
- (5) Fuding
- (6) Sichuan Yibin

- ประเทศจีนแบบร่วมทุน (Joint ventures)

- (1) Jiangsu Liyang ร่วมทุนกับ SAIC
- (2) Zhejiang Hangzhou ร่วมทุนกับ Geely Automobile
- (3) Fujian ร่วมทุนกับ FAW
- (4) Guangdong ร่วมทุนกับ GAC
- (5) Hubei Wuhan ร่วมทุนกับ Dongfeng Motor

ผลิตภัณฑ์	- ประเทศเยอรมนี ที่ Erfurt
	- ประเทศอินโดนีเซีย (เริ่มผลิตในปี ค.ศ. 2024)
เซลล์แบตเตอรี่ลิเทียมรูปทรงสี่เหลี่ยม มี 2 ประเภท คือ NCM สำหรับรถยนต์นั่ง และ LFP สำหรับรถเพื่อการพาณิชย์ขนาดใหญ่ และรถยนต์นั่งบางยี่ห้อ เช่น Tesla และ NIO	



2) LGES (LG Energy Systems)

ก่อตั้ง	ธันวาคม 2020 (เดิมชื่อ LG Chem Ltd. ในปี ค.ศ. 1999 เริ่มผลิตแบตเตอรี่สำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้า จากนั้นในปี ค.ศ. 2009 จึงเริ่มผลิตแบตเตอรี่สำหรับยานยนต์ไฟฟ้า)	
ยอดขายแบตเตอรี่สำหรับยานยนต์	12,501,300 ล้านวอน (ประมาณ 10,200 ล้านเหรียญสหรัฐ)	ณ ปี ค.ศ. 2020
ปริมาณผลิต	59.9 GWh	ณ ธันวาคม 2021
กำลังการผลิต	ประมาณ 170 GWh ต่อปี	
การจ้างงาน	ประมาณ 20,000 คน	ณ ปี ค.ศ. 2021
ที่ตั้งโรงงานผลิต	- ประเทศเกาหลีใต้ ที่ Ochang - ประเทศเนเธอร์แลนด์ ที่ Wroclaw - ประเทศสหรัฐอเมริกา ที่ Lordstown, Spring Hill - ประเทศอินโดนีเซีย (เริ่มผลิตในปี ค.ศ. 2024 กำลังการผลิต 10 GWh)	
ผลิตภัณฑ์	เซลล์แบตเตอรี่ลิเทียมประเภท NCM	

3) Panasonic Corporation

ก่อตั้ง	ธันวาคม 1935	
ยอดขายแบตเตอรี่สำหรับยานยนต์	418,303 ล้านเยน (ประมาณ 3,500 ล้านเหรียญสหรัฐ)	ณ มีนาคม 2021
ปริมาณผลิต	36.0 GWh	ณ ธันวาคม 2021
การจ้างงาน	243,540 คน	ณ มีนาคม 2021
ที่ตั้งโรงงานผลิต	ประเทศญี่ปุ่น ที่ Osaka (โรงงานผลิตแบตเตอรี่สำหรับยานยนต์) ประเทศสหรัฐอเมริกา ที่ Nevada ที่ยุโรปและ Texas สหรัฐอเมริกาอยู่ระหว่างการก่อสร้าง	
ผลิตภัณฑ์	เซลล์แบตเตอรี่ลิเทียมทรงกระบอก ประเภท NCA	



4) BYD Lithium Battery Co., Ltd.

ก่อตั้ง	ค.ศ. 1995	
ยอดขายแบตเตอรี่	156,598 ล้านหยวน (ประมาณ 24,000 ล้านเหรียญสหรัฐ)	ณ ปี ค.ศ. 2020
ปริมาณผลิต	26.2 GWh	ณ ปี ค.ศ. 2021
การจ้างงาน	225,000 คน	ณ ปี ค.ศ. 2020
ที่ตั้งโรงงานผลิต	ประเทศจีน Guangdong Shenzhen, Guangdong Huizhou, Qinghai Xining, Shanxi Xi'an, Chongqing, Anhui Bengbu, Hunan Changsha, Shanxi Shangluo, Shandong Jinan, Jiangsu Yancheng, Hunan Changsha, Shanxi Shangluo, Shandong Jinan, Jiangsu Yancheng, Zhejiang Shaoxing, Anhui Wuhu, Guizhou Guiyang	
	ประเทศบราซิล ที่ Manaus	
ผลิตภัณฑ์	เซลล์แบตเตอรี่ลิเทียมประเภท LFP และเริ่มผลิตประเภท NCM ในปี ค.ศ. 2019	

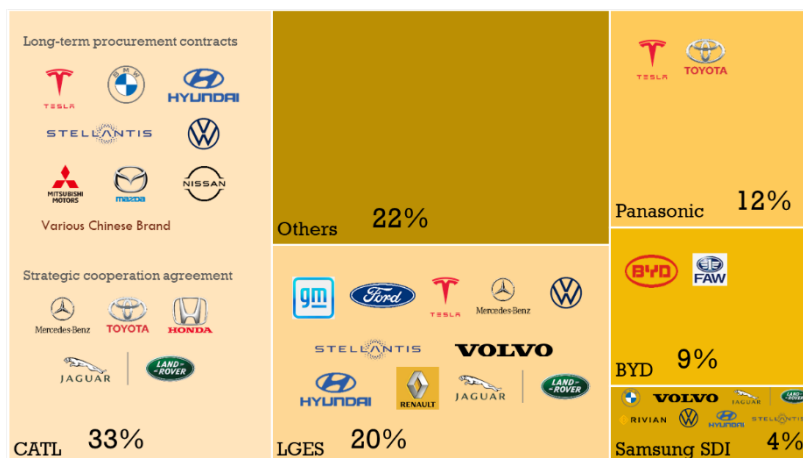
5) Samsung SDI Co., Ltd.

ก่อตั้ง		
ยอดขาย	8,728,774 ล้านวอน (ประมาณ 7,100 ล้านเหรียญสหรัฐ)	ณ ปี ค.ศ. 2020
ปริมาณผลิต	13.1GWh	ณ ปี ค.ศ. 2021
การจ้างงาน	ประมาณ 21,000 คน	ณ ปี ค.ศ. 2015
ที่ตั้งโรงงานผลิต	ประเทศเกาหลีใต้ ที่ Ulsan ประเทศสหรัฐอเมริกา ที่ Auburn-Hills, Michigan ประเทศอังกฤษ ประเทศจีน ที่ Xi'an, Tianjin, Wuxi	
ผลิตภัณฑ์	เซลล์แบตเตอรี่ลิเทียมรูปทรงสี่เหลี่ยม มี 2 ประเภท คือ NCM และ NCA	

ทั้งนี้ จากความต้องการใช้งานแบตเตอรี่ที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำให้ผู้ผลิตยานยนต์หลายราย ตัดสินใจลงทุนผลิตแบตเตอรี่เองเพื่อให้มั่นใจว่าจะมีแบตเตอรี่เพียงพอสำหรับการผลิตยานยนต์ไฟฟ้าของตน โดยมีทั้งการผลิตเอง (In-house production) การร่วมทุนกับผู้ผลิตแบตเตอรี่ (Joint venture) หรือ การลงทุนในบริษัท Start-up กล่าวคือ CATL ผู้ผลิตแบตเตอรี่สัญชาติจีน ซึ่งมีกำลังการผลิตสูงที่สุดทำสัญญาจัดซื้อระยะยาวกับ Tesla BMW Hyundai Stellantis Volkswagen Mitsubishi motor Mazda Nissan และผู้ผลิตรถยนต์สัญชาติจีนหลายราย รวมถึงเป็นพันธมิตรเชิงกลยุทธ์กับผู้ผลิตรถยนต์ เช่น Mercedes-benz Toyota Honda Jaguar และ Land-rover ในขณะที่ผู้ผลิตแบตเตอรี่ที่มีกำลังการผลิตรองลงมาอย่าง LG Energy Solutions มีสัญญาจัดซื้อกับ GM Ford motor Tesla Mercedes-Benz Volkswage Stellantis Volvo Hyundai Renault Jaguar และ Land-rover ผู้ผลิตแบตเตอรี่ Panasinic มีสัญญาจัดซื้อกับ Tesla และ Toyota ผู้ผลิตแบตเตอรี่ BYD มีสัญญาจัดซื้อกับ BYD และ FAW และ ผู้ผลิตแบตเตอรี่ Samsung SDI มี

สัญญาจัดซื้อกับ BMW Volvo Jaguar Land-rover Rivian Volkswagen Hyundai และ Stellantis (รูปที่ 2-25)

EV Battery Manufacturing Capacity, by Manufacturer



Source: Markline, S&P Global Market Intelligence

รูปที่ 2-25 ความสัมพันธ์ระหว่างผู้ผลิตแบตเตอรี่สำหรับยานยนต์ไฟฟ้าและบริษัทผู้ผลิตยานยนต์
ที่มา: Markline, S&P Global Market Intelligence

อย่างไรก็ตาม ปัญหาสำคัญของการผลิตแบตเตอรี่ คือ แหล่งวัตถุดิบที่มีอย่างจำกัด ดังนั้น กระบวนการรีไซเคิลแบตเตอรี่ที่ใช้งานแล้ว จะช่วยแก้ปัญหาการขาดแคลนวัตถุดิบได้ระดับหนึ่ง นอกจากนี้ ผู้ผลิตยานยนต์ยังเปลี่ยนไปใช้แบตเตอรี่ประเภทลิเทียมไอออนฟอสเฟส (LFP) แทนกลุ่มนิเกิล เนื่องจากทรัพยากรที่มีมากกว่า ทำให้มีราคาถูกกว่า แม้ว่า LFP จะมีประสิทธิภาพพลังงานต่ำกว่าก็ตาม นอกจากนี้ เซลล์รูปร่างสี่เหลี่ยม (Prismatic) ที่ใช้สำหรับ LFP ยังมีประสิทธิภาพในการแพ็คเป็นโมดูล เนื่องจากรูปร่างทรงสี่เหลี่ยมจึงทำให้ประหยัดพื้นที่การแพ็ค จัดการระบบระบายความร้อน และการเชื่อมต่อเซลล์ได้ง่ายกว่า เซลล์รูปร่างทรงกระบอก (Cylindrical) ที่นิยมใช้สำหรับกลุ่มนิเกิล ทั้งนี้ มีความเป็นไปได้ว่าผู้ผลิต ยานยนต์ จะนำแบตเตอรี่ประเภท LFP มาใช้สำหรับยานยนต์ Segment เริ่มต้น (Entry-Level Model) หรือกลุ่มราคาประหยัด

ผู้พัฒนายานยนต์เชื่อมต่อและขับเคลื่อนอัตโนมัติ

Waymo เป็นบริษัทที่แยกตัว (Spin-off) ออกจากบริษัท Google โดยปัจจุบันเป็นบริษัทในเครือ Alphabet Holding ซึ่งเป็นบริษัทแม่ของ Google Waymo เน้นการพัฒนาเทคโนโลยียานยนต์เชื่อมต่อและขับเคลื่อนอัตโนมัติเป็นหลัก โดยจุดเริ่มต้นมาจากโครงการพัฒนารถยนต์ไร้คนขับของ Google ในปี ค.ศ. 2010 ซึ่งมีวิสัยทัศน์ว่า “Our goal is to help prevent traffic accidents, free up people's time and reduce carbon emissions by fundamentally changing car use.” (Thrun, 2010)

จุดเริ่มต้นของโครงการพัฒนารถยนต์ไร้คนขับของ Google เกิดจากผู้ผลิตรายการ “Prototype This!” ของสถานีโทรทัศน์ Discovery ที่ต้องการให้มหาวิทยาลัยเบิร์กลีย์พัฒนารถยนต์ส่งพิชชาไร้คนขับต้นแบบ ซึ่งมีทีมนักวิจัยของ Google คอยสนับสนุนอยู่เบื้องหลัง เป็นเหตุให้ต้นแบบรถยนต์ไร้คนขับนี้

กลายเป็นจุดเริ่มต้นของโครงการพัฒนารถยนต์ไร้คนขับของ Google ก่อนที่ทีมพัฒนารถยนต์ไร้คนขับจะแยกตัว (Spin-off) ออกมาเป็นบริษัท Waymo ในปัจจุบัน (Clausen & Olteanu, 2021)

หลังจาก Waymo แยกตัวออกมาจาก Google 1 ปี Waymo เปิดตัวรถยนต์ไร้คนขับคันแรก ที่ดัดแปลงมาจากรถยนต์ Chrysler Pacifica Hybrid minivans โดยร่วมมือกับผู้ผลิตรถยนต์สัญชาติอิตาลี FCA และในปีเดียวกัน Waymo นำรถยนต์ต้นแบบดังกล่าวเปิดให้ประชาชนทดลองใช้บริการในเมืองฟินิกซ์ รัฐอริโซนา เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้โดยสาร และนำมาพัฒนาเทคโนโลยีของตนเองต่อไป จนถึงปัจจุบัน Waymo ให้บริการรถยนต์ไร้คนขับ 2 รูปแบบ คือ Waymo One autonomous ride-hailing service ที่ผู้บริโภคมารถใช้แอปพลิเคชันบนโทรศัพท์เรียกรถยนต์ไร้คนขับของ Waymo ไปส่งยังจุดหมายได้ และ Waymo Via บริการขนส่งสินค้าโดยรถบรรทุกอัตโนมัติที่ติดตั้งระบบขับเคลื่อนอัตโนมัติของ Waymo โดยปัจจุบันยังอยู่ในขั้นให้บริการนำร่องในรัฐนิวเม็กซิโก และรัฐเท็กซัส สหรัฐอเมริกา (Waymo, 2021)

Aisin เป็นบริษัทผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ในกลุ่มระบบส่งกำลังสัญชาติญี่ปุ่น โดยเริ่มต้นผลิตชิ้นส่วนประเภทชุดเกียร์ (Transmission) ให้แก่เครื่องยนต์ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1960 โดย Aisin ให้ความสำคัญต่อการวิจัยและพัฒนาอย่างมาก และกลายเป็นผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์รายแรกในญี่ปุ่นที่ลงทุนสร้างห้องปฏิบัติการทดสอบชิ้นส่วน ซึ่งรวมไปถึงสนามทดสอบรถยนต์ โดย Aisin ยังคงเน้นผลิตชุดเกียร์เป็นผลิตภัณฑ์หลักของบริษัท จนกระทั่งในปี ค.ศ. 1999 Aisin ได้พัฒนาระบบ Parking Assist Systems สำเร็จเป็นรายแรกของโลก

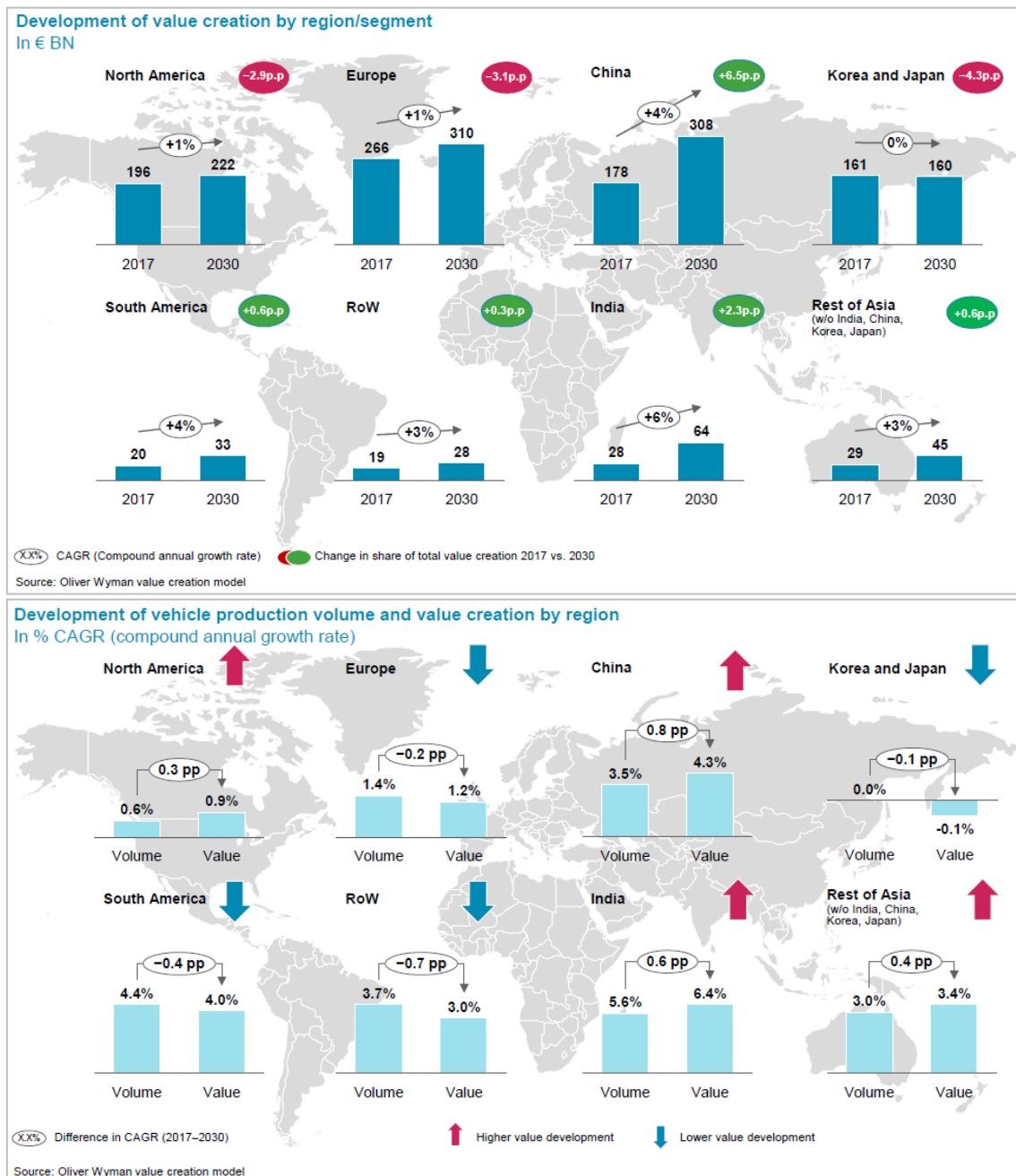
แม้ว่า Aisin จะเริ่มต้นกิจการด้วยการผลิตชิ้นส่วนในระบบส่งกำลังเป็นหลัก แต่การลงทุนด้านห้องปฏิบัติการทดสอบทำให้ Aisin สามารถผลิตชิ้นส่วนยานยนต์สมัยใหม่ได้ โดยชิ้นส่วนยานยนต์สมัยใหม่บางชิ้นจะไม่ใช้ชิ้นส่วนในระบบส่งกำลังก็ตาม โดยปัจจุบัน Aisin ได้ผลิตชิ้นส่วนสำหรับยานยนต์สมัยใหม่หลากหลายชิ้น อาทิ ระบบจอดรถอัตโนมัติ (Automated Parking System) ระบบตรวจจับผู้ขับขี่ (Driver Monitoring System) เทคโนโลยีการเชื่อมต่อยานยนต์และการใช้ยานยนต์ร่วมกัน (Connected & Sharing Solution)

2.3.3 การสร้างมูลค่าในห่วงโซ่อุปทาน

ในปี ค.ศ. 2018 Oliver Wyman บริษัทผู้ทำวิจัยด้านยานยนต์ชั้นนำของโลก ได้ประเมินว่าในปี ค.ศ. 2030 ทั่วโลกจะผลิตรายานยนต์รวม 123 ล้านคัน อัตราเติบโตเฉลี่ย (CAGR) เพิ่มขึ้นร้อยละ 2 เมื่อเทียบกับปริมาณการผลิตในปี ค.ศ. 2017 ที่ 95 ล้านคัน สอดคล้องกับด้านมูลค่า ที่ในปี ค.ศ. 2030 จะมีมูลค่า 1,169 พันล้านยูโร อัตราเติบโตเฉลี่ย (CAGR) เพิ่มขึ้นร้อยละ 2.1 เมื่อเปรียบเทียบกับมูลค่าในปี ค.ศ. 2017 ที่ 897 พันล้านยูโร โดยเมื่อจำแนกมูลค่า พบว่า อัตราเติบโตเฉลี่ย (CAGR) ของมูลค่าในด้านการวิจัยพัฒนาจะลดลงร้อยละ 0.4 ในขณะที่อัตราเติบโตเฉลี่ย (CAGR) ของมูลค่าในด้านการผลิตจะเพิ่มขึ้นร้อยละ 2.3 ทั้งนี้ เนื่องจากปัจจุบันผู้ผลิตรายานยนต์ได้ทุ่มทรัพยากรเพื่อการวิจัยพัฒนาเทคโนโลยียานยนต์สมัยใหม่ไปเป็นจำนวนมากแล้ว ซึ่งผลของการวิจัยพัฒนาจะเริ่มปรากฏในเวลาถัดมา ทำให้มูลค่าการวิจัยพัฒนาในช่วงปี ค.ศ. 2030 ไม่เพิ่มจากปัจจุบันอย่างมีนัยสำคัญ

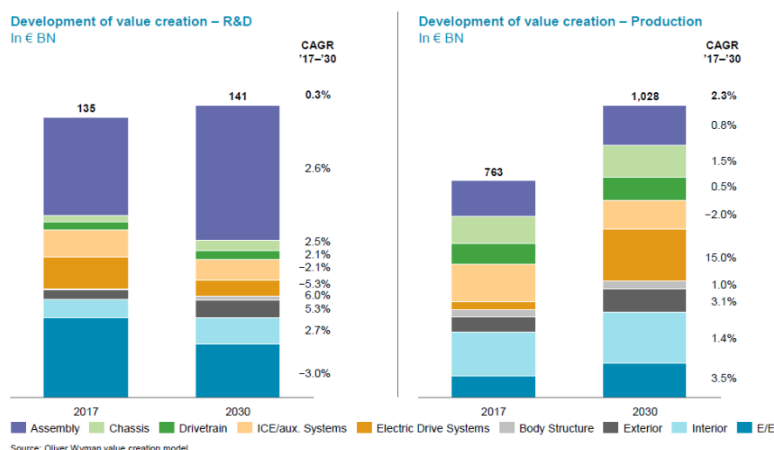
ผลจากการเปลี่ยนแปลงในมูลค่าของอุตสาหกรรมยานยนต์ดังกล่าว Oliver Wyman ยังได้ประเมินการเปลี่ยนแปลงมูลค่าใน 3 มิติ ได้แก่ ด้านภูมิภาคการผลิต ด้านชิ้นส่วนยานยนต์ และด้านความสัมพันธ์ระหว่างผู้ผลิตรายานยนต์และผู้ผลิตชิ้นส่วน โดยมีความเปลี่ยนแปลงในแต่ละด้านดังนี้ **ในด้านภูมิภาคการผลิต** พบว่า ในปี ค.ศ. 2030 ประเทศจีนและอินเดียจะมีมูลค่าการเติบโตมากที่สุด โดยมีอัตราเติบโตเฉลี่ย (CAGR) เพิ่มขึ้นร้อยละ 6.5 และ 2.3 ตามลำดับ ในขณะที่ประเทศผู้ผลิตรายานยนต์เดิม ได้แก่ อเมริกาเหนือ ยุโรป

รวมทั้งญี่ปุ่นและเกาหลีใต้ จะมีอัตราเติบโตเฉลี่ย (CAGR) ลดลงร้อยละ 2.9 3.1 และ 4.3 ตามลำดับ ซึ่งมีสาเหตุจากปริมาณจำหน่ายยานยนต์ใหม่ในประเทศเหล่านี้มีปริมาณลดลงหรือคงที่ แต่อย่างไรก็ตามในปี ค.ศ. 2030 มูลค่าการทำวิจัยและพัฒนาในยุโรปยังคงมีสัดส่วนมากที่สุดในโลก สะท้อนว่ายุโรปยังคงเป็นภูมิภาคหลักที่ทำกิจกรรมวิจัยและพัฒนาแม้ปริมาณการผลิตจะมีไม่มากเมื่อเปรียบเทียบกับภูมิภาคอื่น ๆ ก็ตาม (รูปที่ 2-26)



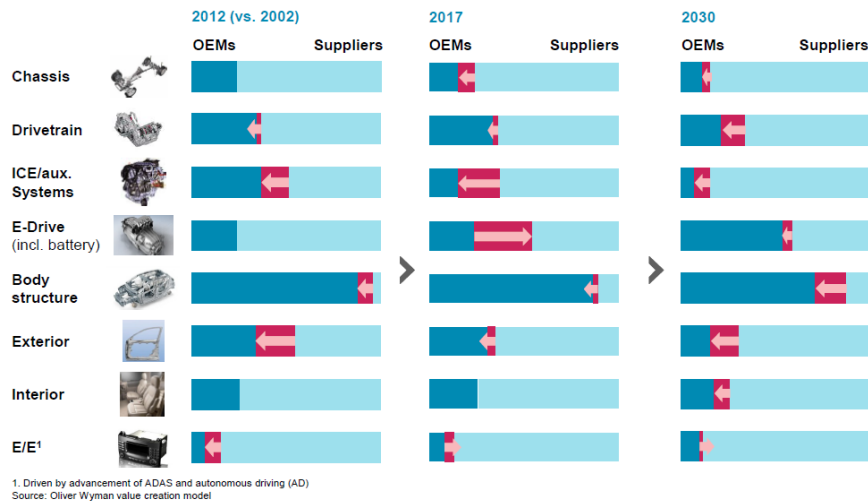
รูปที่ 2-26 การเปลี่ยนแปลงในด้านภูมิภาคการผลิต จากการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยียานยนต์
ที่มา: Oliver Wyman (2018)

ด้านการเปลี่ยนแปลงของชิ้นส่วนยานยนต์ พบว่า ในปี ค.ศ. 2030 ชิ้นส่วนในกลุ่มระบบขับเคลื่อนไฟฟ้า (Electric drive) จะมีส่วนแบ่งมูลค่าในกิจกรรมการผลิตมากที่สุด ที่ร้อยละ 14 และมีอัตราเติบโตเฉลี่ย (CAGR) เพิ่มขึ้นร้อยละ 15 รองลงมาคือกลุ่มไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (Electrical and Electronics: E&E) มีส่วนแบ่งมูลค่ารองลงมา และมีอัตราเติบโตเฉลี่ย (CAGR) เพิ่มขึ้นร้อยละ 3.5 ในขณะที่ชิ้นส่วนกลุ่มเครื่องยนต์จะมีส่วนแบ่งมูลค่าลดลง และมีอัตราเติบโตเฉลี่ย (CAGR) ลดลง ร้อยละ 2 (รูปที่ 2-27)



รูปที่ 2-27 การเปลี่ยนแปลงในมูลค่าชิ้นส่วนยานยนต์จากการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยียานยนต์
ที่มา: Oliver Wyman (2018)

ด้านความสัมพันธ์ระหว่างผู้ผลิตยานยนต์และผู้ผลิตชิ้นส่วน พบว่า ผู้ผลิตยานยนต์ (OEM) จะมีบทบาทมากในการผลิตชิ้นส่วนใหม่ที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยี ได้แก่ ชิ้นส่วนกลุ่มระบบขับเคลื่อนไฟฟ้า (Electric drive) และกลุ่มไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (Electrical and Electronics: E&E) เนื่องจากเป็นเทคโนโลยีใหม่และเป็นหัวใจที่ส่งผลต่อคุณลักษณะ สมรรถนะ และความปลอดภัยของยานยนต์ โดยจะเป็นผู้ประกอบระบบในขั้นสุดท้าย (System Integration) ก่อนนำไปประกอบในยานยนต์ เช่น การประกอบมอเตอร์ และแบตเตอรี่ รวมถึงการรวมระบบของชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์และซอฟต์แวร์ เป็นต้น อย่างไรก็ตาม เมื่อเวลาผ่านไประยะหนึ่ง ที่ผู้ประกอบการในห่วงโซ่อุปทานเริ่มมีองค์ความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยียานยนต์ที่เกิดขึ้นใหม่ และการพัฒนาเทคโนโลยีเริ่มคงที่ (Mature) ผู้ผลิตยานยนต์จะพ่วงถ่ายการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์เหล่านี้ให้กับผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ต่อไป (รูปที่ 2-28)



รูปที่ 2-28 การเปลี่ยนแปลงในด้านความสัมพันธ์ระหว่างผู้ผลิตยานยนต์และผู้ผลิตชิ้นส่วน
จากการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยียานยนต์
ที่มา: Oliver Wyman (2018)

สุดท้ายใน **ด้านรูปแบบการจัดซื้อในห่วงโซ่อุปทาน** เริ่มมีทิศทางที่เปลี่ยนแปลงไปจากการจัดซื้อในห่วงโซ่อุปทานยานยนต์เครื่องยนต์สันดาปภายใน สืบเนื่องจากสถานการณ์การขาดแคลนเซมิคอนดักเตอร์ในช่วงที่เกิดการแพร่ระบาดของไวรัสโควิด-19 ทำให้ผู้ผลิตรถยนต์ทราบว่าอำนาจในการต่อรองด้านการจัดซื้อเซมิคอนดักเตอร์ตกไปอยู่กับผู้ผลิตเซมิคอนดักเตอร์ กอปรกับการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีทำให้ชิ้นส่วนมีการเปลี่ยนแปลงให้มีการใช้งานระบบอิเล็กทรอนิกส์ และซอฟต์แวร์มากขึ้น ทำให้กลุ่มชิ้นส่วนดังกล่าวจะถูกจัดซื้อผ่านทางผู้ประกอบการระบบในขั้นสุดท้าย (System Integration) แต่อย่างไรก็ดีเพื่อให้จำนวนการสั่งซื้อชิ้นส่วนมีจำนวนมาก ส่งผลต่ออำนาจในการต่อรอง และสามารถได้ผลได้จากการประหยัดต่อขนาด (Economy of Scale) การจัดซื้อชิ้นส่วนยานยนต์จึงมีรูปแบบเป็น Global Sourcing มากขึ้น ยิ่งไปกว่านั้นผู้ประกอบการบางรายเห็นว่าชิ้นส่วนในบางระบบเป็นชิ้นส่วนที่ต้องการรักษาความลับทางการค้าผู้ประกอบการระบบในขั้นสุดท้ายในห่วงโซ่อุปทาน จะเป็นบริษัทในเครือเดียวกับผู้ผลิตรถยนต์ ส่งผลชิ้นส่วนฮาร์ดแวร์ที่ใช้งานร่วมกับระบบอิเล็กทรอนิกส์ หรือซอฟต์แวร์ที่เป็นความลับทางการค้าของผู้ผลิตรถยนต์ จะถูกผลิตโดยบริษัทในเครือด้วยกัน ทำให้ผู้ผลิตชิ้นส่วนเข้าไปเป็นส่วนหนึ่งในห่วงโซ่อุปทานมากขึ้น แม้ว่าจะเป็นชิ้นส่วนฮาร์ดแวร์ก็ตาม

บทที่ 3 สถานภาพอุตสาหกรรมยานยนต์ไทย

3.1 พัฒนาการและความสำเร็จของการเกิดห่วงโซ่อุปทานของประเทศไทย

กว่า 60 ปี ที่อุตสาหกรรมยานยนต์เป็นแรงผลักดันสำคัญของเศรษฐกิจไทย จากอุตสาหกรรมการผลิตเพื่อทดแทนการนำเข้าสู่การเป็นฐานการผลิต และเป็นฐานการผลิตเพื่อส่งออกที่สำคัญของผู้ผลิตรถยนต์ระดับโลกจำนวนมาก ความสำเร็จดังกล่าวมิได้เกิดขึ้นโดยความบังเอิญ แต่เกิดขึ้นได้เพราะการวางแผนกำหนดทิศทางอย่างมียุทธศาสตร์ของภาครัฐ กอปรกับความสามารถและความร่วมแรงร่วมใจของภาคเอกชนที่ทำให้ไทยเป็นประเทศผู้ผลิตยานยนต์รายสำคัญของโลก ทั้งการผลิตรถยนต์และรถจักรยานยนต์

ช่วงแรกของการพัฒนาอุตสาหกรรมยานยนต์ไทย ในทศวรรษที่ 1960-1990 มาตรการปกป้องอุตสาหกรรมจากภาครัฐเป็นกลไกสำคัญที่ต่อการเติบโตของอุตสาหกรรมยานยนต์ไทย ทั้งมาตรการห้ามนำเข้ารถยนต์จากต่างประเทศ กำหนดจำนวนโรงงานและรุ่นรถยนต์ที่ผลิต อัตราการใช้ชิ้นส่วนในประเทศ เพื่อให้การใช้ประโยชน์จากการประหยัดต่อขนาด (Economy of scale) ส่งผลให้อุตสาหกรรมยานยนต์ไทยเติบโตอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะการสร้างห่วงโซ่อุปทานภายในประเทศที่มีความแข็งแกร่ง กระทั่งปี ค.ศ. 1997 ที่เกิดวิกฤติการเงินในภูมิภาคเอเชีย หรือ วิกฤติต้มยำกุ้ง เศรษฐกิจตกต่ำทั่วภูมิภาค และส่งผลกระทบต่ออุตสาหกรรมยานยนต์ไทยเช่นกัน

อย่างไรก็ดี ภายใต้วิกฤติดังกล่าว อุตสาหกรรมยานยนต์ไทยได้ใช้ประโยชน์จากเงินบาทที่อ่อนค่า โดยปรับเปลี่ยนรูปแบบการผลิตจากการจำหน่ายในประเทศไปสู่การผลิตเพื่อส่งออก อีกทั้งในเวลาเดียวกัน ผู้ผลิตจากประเทศญี่ปุ่นได้ย้ายฐานการผลิตมาสู่ประเทศไทยด้วย ดังนั้นช่วงต้นของทศวรรษ 2000 จึงเป็นจุดเปลี่ยนของอุตสาหกรรมยานยนต์ไทย จากการผลิตเพื่อทดแทนการนำเข้าสู่ฐานการผลิตเพื่อการส่งออก โดยมีรถกระบะขนาด 1 ตัน เป็นหัวหอกสำคัญของการส่งขายรถยนต์จากไทยไปทั่วโลก เช่นเดียวกับการผลิตรถจักรยานยนต์ของไทย ที่เป็นฐานการผลิตสำคัญทั้งการผลิตเพื่อใช้ในประเทศและส่งออกขายยังประเทศในภูมิภาคที่ในเวลานั้นยังไม่มีอุตสาหกรรมการผลิตยานยนต์ในประเทศ

ความสำเร็จของรถกระบะขนาด 1 ตัน นำไปสู่การกำหนดนโยบายส่งเสริมรถยนต์นั่งอีโคคาร์ (Eco car) ที่มีคุณลักษณะสำคัญในเรื่องการเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและมีความปลอดภัยในราคาที่เหมาะสม ซึ่งเป็นคุณลักษณะของยานยนต์ที่เหมาะสมกับช่วงเวลาทั่วโลกให้ความสำคัญกับการรักษาสภาพแวดล้อมและการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้ง การส่งเสริมการผลิตรถจักรยานยนต์ขนาดใหญ่ (Big bike) ขนาด 500 ซีซี ขึ้นไป ทำให้การผลิตรถจักรยานยนต์ในประเทศที่มีมูลค่าเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากในช่วงเวลาดังกล่าวประเทศเพื่อนบ้านเริ่มการผลิตรถจักรยานยนต์ในประเทศแล้ว

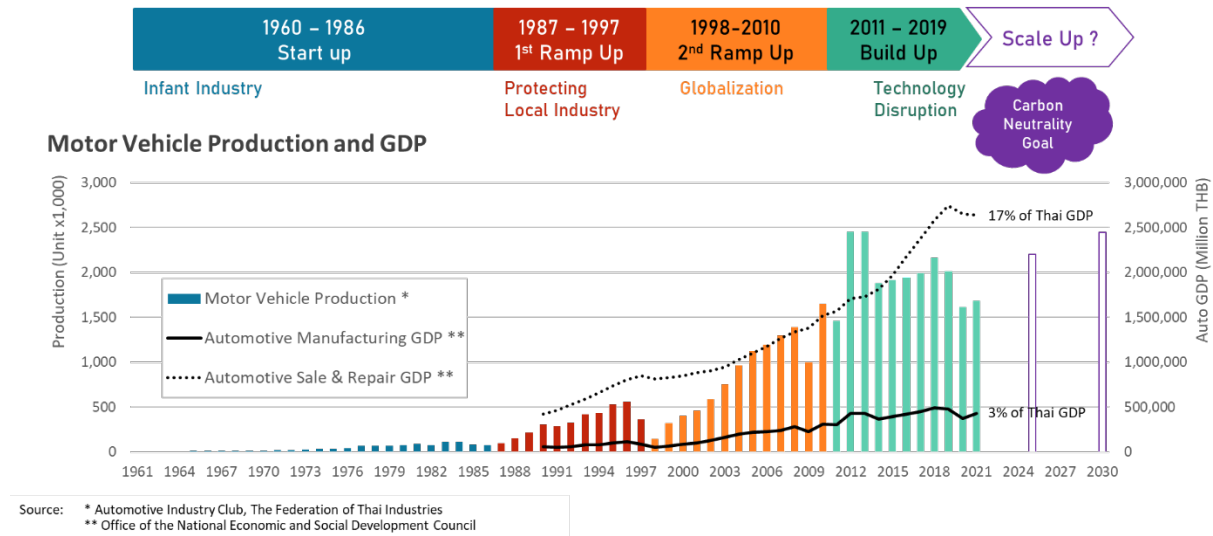
นอกจากนโยบายส่งเสริมยานยนต์ประเภทใหม่ในช่วงทศวรรษที่ 2010 แล้ว ยังเกิดความเปลี่ยนแปลงมากมายในอุตสาหกรรมยานยนต์ กล่าวคือ ในปี ค.ศ. 2011 เกิดภัยพิบัติซึนามิที่ประเทศญี่ปุ่นและมหาอุทกภัยในประเทศไทย ที่ทำให้เกิดการขาดแคลนชิ้นส่วนเพื่อการผลิตรถยนต์อย่างกะทันหัน และในขณะเดียวกันรัฐได้ดำเนินนโยบายโครงการรถยนต์คันแรกที่เป็นการกระตุ้นอุปสงค์ในระยะสั้น ผลจากมหาอุทกภัยที่ทำให้เศรษฐกิจชะงัก ทำให้มีประชาชนที่สนใจร่วมโครงการไม่มากนัก รัฐจึงต้องขยายเวลาโครงการออกไป ส่งผลให้มีผู้เข้าร่วมโครงการจำนวนมาก บางส่วนเป็นการนำอุปสงค์ในอนาคตมาใช้ ทำให้ในช่วงที่ดำเนินนโยบายปริมาณการผลิตรถยนต์ได้เพิ่มขึ้นไปกว่า 2.5 ล้านคัน จนหลายโรงงานต้องเพิ่มกำลังการผลิตชั่วคราว และเมื่อสิ้นสุดการเข้าร่วมโครงการ ตลาดรถยนต์ในประเทศจึงอยู่ในภาวะซบเซาไปอีก 3-4 ปี

ปลายทศวรรษ 2010 ประเทศเพื่อนบ้านที่เคยนำเข้ารถยนต์และรถจักรยานยนต์จากไทย ต่างเร่งสร้างอุตสาหกรรมยานยนต์ให้เกิดในประเทศ เนื่องด้วยอุตสาหกรรมยานยนต์เป็นอุตสาหกรรมที่มีห่วงโซ่การผลิตยาว อันจะก่อให้เกิดการผลิตและบริการในอุตสาหกรรมต่อเนื่อง เกิดการจ้างงานและสร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจมหาศาล ในขณะที่ช่วงเวลานี้ ประเทศไทยกำลังก้าวสู่กับดักประเทศที่มีรายได้ปานกลาง ที่ไม่สามารถแข่งขันด้านต้นทุนต่ำเพื่อการผลิตได้อีกต่อไป และในขณะเดียวกันยังไม่มีขีดความสามารถมากพอที่จะนำนวัตกรรมและการวิจัยพัฒนามายกระดับการผลิตเพื่อไปสู่การผลิตสินค้าที่มีมูลค่าเพิ่มสูงได้

นอกจากนี้ ในขณะนี้โลกของการผลิตและการค้าอยู่ในสภาวะการแข่งขันที่รุนแรง ในอีกด้านหนึ่งมนุษย์และสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ กำลังเผชิญกับวิกฤตการณ์ด้านสิ่งแวดล้อมอันเป็นผลจากใช้ทรัพยากรเพื่อกิจกรรมทางเศรษฐกิจดังกล่าว โดยการใช้งานยานยนต์เป็นหนึ่งในสาเหตุสำคัญของการเกิดก๊าซเรือนกระจกจนทำให้สภาพภูมิอากาศโลกเปลี่ยนแปลง ด้วยเหตุดังกล่าว ทำให้ประเทศต่าง ๆ รวมทั้งผู้ผลิตรายานยนต์ตระหนักถึงการแก้ไขปัญหาดังกล่าวร่วมกัน รัฐบาลประเทศต่าง ๆ ประกาศมาตรการลดก๊าซเรือนกระจก โดยกำหนดมาตรฐานการปล่อยมลพิษและอัตราการใช้พลังงานของยานยนต์ที่เข้มงวดขึ้นเรื่อย ๆ ในขณะที่ผู้ผลิตรายานยนต์ได้พัฒนาเทคโนโลยียานยนต์ให้ปล่อยมลพิษต่ำและใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ

ดังนั้น ด้วยแรงกดดันจากคู่แข่ง และข้อบังคับด้านสิ่งแวดล้อม ทำให้ในปี ค.ศ. 2016 ไทยต้องปรับเปลี่ยนนโยบายด้านยานยนต์อีกครั้ง โดยมุ่งไปสู่การผลิตยานยนต์ที่ “สะอาด-ประหยัด-ปลอดภัย” โดยกำหนดมาตรฐานการปล่อยมลพิษที่เข้มงวดขึ้น ปรับการคำนวณอัตราภาษีสรรพสามิตยานยนต์ โดยพิจารณาจากปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) และส่งเสริมการผลิตยานยนต์ที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า (xEV) โดยเมื่อวันที่ 2 สิงหาคม 2016 คณะรัฐมนตรี เห็นชอบมาตรการที่สนับสนุนการผลิตรถยนต์ที่ขับเคลื่อนด้วยพลังงานไฟฟ้าในประเทศไทย ตามที่กระทรวงอุตสาหกรรมเสนอ และสั่งการให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องเร่งดำเนินการเพื่อให้การใช้รถยนต์ขับเคลื่อนด้วยพลังงานไฟฟ้าเกิดผลเป็นรูปธรรมโดยเร็ว และในเดือนมีนาคม 2017 คณะรัฐมนตรีเห็นชอบเป้าหมายการผลิตยานยนต์ที่ขับเคลื่อนด้วยพลังงานไฟฟ้าร้อยละ 25 ของการผลิตรถยนต์ทั้งหมด ภายในปี ค.ศ. 2036 และมีมาตรการเพื่อไปสู่เป้าหมาย 6 ด้าน ได้แก่ (1) มาตรการส่งเสริมการลงทุนเพื่อสร้างอุปทาน (2) มาตรการกระตุ้นตลาดภายในประเทศ (3) มาตรการเตรียมความพร้อมของโครงสร้างพื้นฐาน (4) มาตรการจัดทำมาตรฐานยานยนต์ไฟฟ้า (5) มาตรการบริหารจัดการแบตเตอรี่ใช้แล้ว และ (6) มาตรการอื่น ๆ เช่น การพัฒนาบุคลากร เป็นต้น อย่างไรก็ตาม การดำเนินการตามเป้าหมายดังกล่าว ยังไม่เกิดขึ้นอย่างเป็นรูปธรรมมากนัก ด้วยข้อจำกัดการดำเนินงานหลายประการ กระทั่งเมื่อวันที่ 21 กันยายน 2016 นายกรัฐมนตรี ได้ให้สัตยาบันการนำประเทศไทยเข้าร่วมเป็นประเทศภาคีความตกลงปารีส (Paris Agreement) โดยมีเป้าหมายเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้ได้ร้อยละ 20 - 25 ภายในปี ค.ศ. 2030 ทั้งนี้ ก๊าซเรือนกระจก เช่น CO₂ ส่วนใหญ่มาจากภาคการขนส่ง ดังนั้น การเพิ่มปริมาณการใช้รถยนต์ที่ขับเคลื่อนด้วยพลังงานไฟฟ้าซึ่งมีการปล่อยก๊าซ CO₂ ต่ำจึงเป็นสิ่งสำคัญและนำไปสู่การแต่งตั้งคณะกรรมการนโยบายยานยนต์ไฟฟ้าแห่งชาติโดยนายกรัฐมนตรีขึ้นเมื่อเดือนมกราคม 2020 เพื่อทำให้การใช้งานและการผลิตรายานยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทยเกิดขึ้นอย่างเป็นรูปธรรมและเป็นไปตามเป้าหมายให้เร็วที่สุด

Automotive Industry Contributes to Thailand's Economy



รูปที่ 3-1 สรุปพัฒนาการของอุตสาหกรรมยานยนต์ไทย

ที่มา: คณะผู้วิจัย

ด้วยบริบทของการพัฒนาห่วงโซ่อุปทานข้างต้น ความสำเร็จของอุตสาหกรรมยานยนต์ผ่านการทดสอบมาอย่างยาวนาน ทั้งการดึงดูดการลงทุนจากบริษัทข้ามชาติรถยนต์หลายชาติ กระบวนการเพิ่มขีดความสามารถของผู้ประกอบการภายในประเทศ และนโยบายส่งเสริมอุตสาหกรรมยานยนต์ภายในประเทศ โดยอาจกล่าวสรุปปัจจัยความสำเร็จในอุตสาหกรรมยานยนต์ภายในประเทศได้ดังนี้ (Warr & Kohpaiboon, 2018; Mohammad Nazir & Shavarebi, 2019)

ประการแรก อุตสาหกรรมยานยนต์ภายในประเทศเติบโตมาพร้อม ๆ กับการลงทุนโครงสร้างพื้นฐานทางถนนและท่าเรือน้ำลึกในเขตภาคตะวันออก (Eastern Seaboard) จึงเอื้อให้เกิดการผลิตยานยนต์ภายในประเทศให้สามารถขายรถยนต์ทั้งตลาดภายในประเทศและตลาดโลก และที่สำคัญในช่วงวิกฤตการณ์การเงินเอเซียในปี ค.ศ. 1997 อัตราแลกเปลี่ยนของเงินบาทที่ปรับตัวสูงขึ้นผลักดันให้การผลิตเพื่อส่งออกเกิดกำไรเพิ่มขึ้น ยิ่งส่งเสริมให้อุตสาหกรรมยานยนต์ในไทยส่งออกยานยนต์มากขึ้นแล้วกลายเป็นฐานการผลิตยานยนต์ของโลก หรือถูกเปรียบเปรยว่าเป็น “Detroit of the East” (Economist, 2013)

ประการที่สอง การปลดล็อกเงื่อนไขข้อจำกัดของความเป็นเจ้าของกิจการและเงื่อนไขการบังคับขึ้นส่วนภายในประเทศ ได้อำนวยความสะดวกให้อุตสาหกรรมยานยนต์ภายในประเทศได้เข้าไปสู่ห่วงโซ่อุปทานการผลิตระหว่างประเทศ และเอื้อให้เกิดความสามารถในการแข่งขันของอุตสาหกรรมยานยนต์ภายในประเทศ ขณะเดียวกัน อุตสาหกรรมยานยนต์ภายในประเทศสามารถส่งออกทั้งรถยนต์และชิ้นส่วนรถยนต์ในตลาดโลก และที่สำคัญ ไทยยังสามารถลดการนำเข้าชิ้นส่วนนำเข้ามาอย่างต่อเนื่อง หรือสะท้อนว่าเราสามารถพึ่งพาชิ้นส่วนรถยนต์สำคัญภายในประเทศมากขึ้นและเกิดมูลค่าเพิ่มของการผลิตยานยนต์ภายในประเทศสูงขึ้น

ประการที่สาม ไทยสามารถสร้างคลัสเตอร์การผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ต่าง ๆ ในอุตสาหกรรมยานยนต์ภายในประเทศ จึงเอื้อให้เกิดการพึ่งพาชิ้นส่วนภายในประเทศและส่งเสริมให้เกิดผู้ผลิตชิ้นส่วนในลำดับ Tier ต่าง ๆ ภายในประเทศ เรื่องดังกล่าวเป็นจุดเด่นให้อุตสาหกรรมยานยนต์สามารถเปลี่ยนแปลงไปสู่การผลิต

รถยนต์สันดาปรุ่นใหม่ ๆ ได้ เนื่องจากบริษัทข้ามชาติรถยนต์สามารถวางแผนจัดการให้กระบวนการผลิตชิ้นส่วนต่าง ๆ ได้อย่างราบรื่น นอกจากนี้ อุตสาหกรรมยานยนต์ภายในประเทศยังสามารถดึงดูดผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ระดับโลก ดังเช่น เดนโซ่ (ญี่ปุ่น) Bosch (เยอรมนี) และเดลต้า (ไต้หวัน) เป็นต้น ซึ่งผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ระดับโลกเหล่านี้จึงสนับสนุนให้ฐานการผลิตหรือห่วงโซ่อุปทานการผลิตแข็งแกร่ง และไม่ได้เกิดการโยกย้ายฐานการผลิตยานยนต์ได้ง่าย

ประการที่สี่ อุตสาหกรรมยานยนต์ภายในประเทศสามารถพัฒนากระบวนการผลิตที่เป็นหัวใจสำคัญอย่างหนึ่งในการผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ นั่นคือการผลิต Mold and Die ชิ้นส่วน และทักษะความสามารถในการประกอบชิ้นส่วน ผู้ผลิตชิ้นส่วนบางกลุ่มสามารถส่งมอบประสบการณ์การผลิตจนสามารถยกระดับไปตอบสนองการผลิตชิ้นส่วนต่าง ๆ และชิ้นส่วนที่มีความยากในการผลิตในรถยนต์สันดาปได้อย่างรวดเร็ว จึงช่วยให้เกิดการใช้ชิ้นส่วนภายในประเทศเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง

ประการสุดท้าย ผู้ผลิตชิ้นส่วนภายในประเทศพยายามพัฒนาความสามารถในการพัฒนานวัตกรรมอย่างต่อเนื่อง ผ่านการทำวิจัยและพัฒนาในระดับแตกต่างกันไป อันเนื่องมาจากตำแหน่งของห่วงโซ่อุปทานการผลิตชิ้นส่วนต่าง ๆ และที่ผ่านมา อุตสาหกรรมยานยนต์ภายในประเทศจะยึดโยงทั้งการทำวิจัยและพัฒนาภายในบริษัทและภายนอกบริษัท (Internal and External R&D) มาโดยตลอด กล่าวคือ กรณีการทำวิจัยและพัฒนาภายในจะเป็นการปรับปรุงกระบวนการผลิตให้มีผลิตภาพสูงขึ้น และกรณีการทำวิจัยภายนอกคือ การร่วมวิจัยและพัฒนาชิ้นส่วนกับผู้ผลิตยานยนต์ (Co-development) ตัวอย่างดังกล่าวทำให้อุตสาหกรรมยานยนต์ภายในประเทศสามารถขยับไปผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ที่มีความยากมากขึ้นได้เรื่อย ๆ และเกิดการลงทุนในเครื่องจักรใหม่อย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ ผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ต่างชาติหรือผู้ผลิตชิ้นส่วนคนไทยรายใหญ่ได้นำเทคโนโลยีการผลิตใหม่ ๆ มาใช้ เพื่อส่งเสริมให้การพัฒนาความสามารถในการแข่งขันระหว่างประเทศ ดังเช่น การใช้ Robot ในกระบวนการผลิต และการใช้ระบบการผลิตแบบ Automation เป็นต้น

สิ่งสำคัญ คือ ปัจจัยความสำเร็จดังกล่าวไม่ได้เกิดขึ้นในชั่วข้ามคืน แต่ใช้เวลายาวนานเกือบสองทศวรรษที่ผลักดันให้อุตสาหกรรมยานยนต์ภายในประเทศกลายเป็นฐานการผลิตรถยนต์ของโลก อย่างไรก็ตาม กระแสของการเติบโตยานยนต์ไฟฟ้ากลายเป็นความท้าทายใหม่ต่ออุตสาหกรรมยานยนต์ภายในประเทศ เนื่องจากกระบวนการผลิตยานยนต์ไฟฟ้าเสมือนต้องสร้างห่วงโซ่อุปทานการผลิตใหม่ขึ้นมา อันเนื่องมาจากชิ้นส่วนที่เป็นหัวใจการทำงานในยานยนต์ไฟฟ้าแตกต่างจากยานยนต์สันดาป และที่สำคัญ ปัจจัยความสำเร็จของอุตสาหกรรมยานยนต์ข้างต้นไม่ได้เกิดขึ้น ณ สถานการณ์ปัจจุบันอีกต่อไป อาทิ อัตราแลกเปลี่ยนของเงินบาทไม่ได้อ่อนค่าเหมือนหลังช่วงวิกฤตการณ์การเงินเอเชีย และตลาดโลกกำลังอยู่ในช่วงเศรษฐกิจตกต่ำ อีกทั้งสัญญาณการฟื้นตัวยังไม่ชัดเจนมากนัก

3.2 นโยบายด้านยานยนต์ของประเทศไทย

3.2.1 นโยบายด้านยานยนต์ของประเทศไทย ประเด็นด้านสิ่งแวดล้อม

ถึงแม้ว่าประเทศไทยลงนามในรัฐภาคีกรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ สมัยที่ 21 (COP-21) และตั้งเป้าว่าจะลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกร้อยละ 20-25 ภายในปี ค.ศ. 2030 แต่อย่างไรก็ตามนโยบายภาพรวมประเทศด้านสิ่งแวดล้อมยังไม่มีความแน่ชัด นอกจากนี้ การดำเนินนโยบายด้านอุตสาหกรรมยานยนต์ไฟฟ้าของต่างประเทศ เริ่มต้นจากเป้าหมายด้านสิ่งแวดล้อมของประเทศไทยที่กำหนดเป้าหมายลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละภาคส่วน ซึ่งเป้าหมายจะถูกนำไปออกแบบนโยบายและมาตรการ เพื่อกำหนดเป้าหมายและงบประมาณดำเนินการของแต่ละอุตสาหกรรม แต่ในประเทศไทยขาดการเชื่อมโยงดังกล่าว นโยบายด้านอุตสาหกรรมยานยนต์ของไทยเกิดขึ้นจากการตระหนักถึงการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีที่จะกระทบต่ออุตสาหกรรมยานยนต์ในประเทศ ซึ่งเป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมที่สร้างรายได้หลักให้แก่ประเทศไทย

ประเทศไทยได้กำหนดให้การใช้ยานยนต์ไฟฟ้าเป็นหนึ่งในมาตรการเพื่อให้ประเทศไทยบรรลุเป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจก และในปี ค.ศ. 2020 ได้จัดตั้งคณะกรรมการนโยบายยานยนต์ไฟฟ้าแห่งชาติขึ้น เพื่อให้การใช้งานและการผลิตยานยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทยเกิดขึ้นอย่างเป็นรูปธรรมและเป็นไปตามเป้าหมายให้เร็วที่สุด ทั้งนี้ นอกจากเพื่อตอบสนองเป้าหมายด้านสิ่งแวดล้อมแล้ว ยังเพื่อยกระดับอุตสาหกรรมยานยนต์ในประเทศให้เปลี่ยนผ่านไปสู่อุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ได้อย่างราบรื่นอีกด้วย ผลดังกล่าวทำให้คณะกรรมการฯ ได้กำหนดวิสัยทัศน์การพัฒนาอุตสาหกรรมยานยนต์ไว้ว่า **“ประเทศไทยจะเป็นฐานการผลิตยานยนต์ไฟฟ้าและชิ้นส่วนที่สำคัญของโลก ภายในปี ค.ศ. 2035”** และมีเป้าหมายปริมาณการผลิตและการใช้งานยานยนต์แต่ละประเภท และในแต่ละช่วงเวลา แสดงดังตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 เป้าหมายการผลิตและการใช้งานยานยนต์ไฟฟ้า การติดตั้งสถานีประจุไฟฟ้าในที่สาธารณะ

โดยคณะกรรมการนโยบายยานยนต์ไฟฟ้าแห่งชาติ

ประเภทยานยนต์	เป้าหมายการผลิต (จำนวนสะสม หน่วยเป็นคัน)		เป้าหมายการใช้งาน (จำนวนสะสม หน่วยเป็นคัน)		เป้าหมายสถานีประจุไฟฟ้า
	ค.ศ. 2025	ค.ศ. 2030	ค.ศ. 2025	ค.ศ. 2030	
รถยนต์นั่งและรถกระบะ	400,000	2,935,000	402,000	2,050,000	12,000 (แบบเร็ว)
รถบรรทุกและรถโดยสาร	31,000	156,000	31,000	160,000	
รถจักรยานยนต์	620,000	3,133,000	622,000	3,200,000	1,450 (1 สถานี มี 8 หัวจ่าย)

ที่มา: คณะกรรมการนโยบายยานยนต์ไฟฟ้าแห่งชาติ (มีนาคม, 2021)

โดยมีมาตรการ 3 ด้านหลัก เพื่อไปสู่เป้าหมาย ได้แก่ ด้านที่หนึ่ง การส่งเสริมอุตสาหกรรมการผลิตยานยนต์ไฟฟ้า ด้านที่สอง การส่งเสริมการใช้ยานยนต์ไฟฟ้า และด้านที่สาม โครงสร้างพื้นฐานเพื่อการใช้งาน ดังนี้

ด้านที่หนึ่งการส่งเสริมอุตสาหกรรมการผลิตยานยนต์ไฟฟ้า ประกอบด้วย **หนึ่ง** สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน มีมาตรการส่งเสริมการผลิตยานยนต์ไฟฟ้าทุกประเภทครอบคลุมรถยนต์ รถจักรยานยนต์ รถสามล้อ รถโดยสาร รถบรรทุก เรือ รวมทั้งชิ้นส่วนสำคัญ 17 รายการ ปัจจุบันมีผู้ได้รับอนุมัติส่งเสริมการลงทุนและมีมูลค่าการลงทุนรวมกว่า 48,329 ล้านบาท ประกอบด้วย การผลิตรถยนต์ BEV 27,745 ล้านบาท ชิ้นส่วน BEV 18,410 ล้านบาท และสถานีอัดประจุไฟฟ้า รวม 2,174 ล้านบาท (ข้อมูล ณ เดือนกุมภาพันธ์ 2566) **สอง** สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม จัดทำมาตรฐานยานยนต์ไฟฟ้าและชิ้นส่วน รวมถึงอุปกรณ์ประจุไฟฟ้า ปัจจุบันได้จัดทำมาตรฐานไปแล้ว 130 รายการ จากทั้งหมด 148 รายการ (ข้อมูล ณ เดือนพฤษภาคม 2566) อีกทั้งจัดตั้งศูนย์ทดสอบยานยนต์และยางล้อแห่งชาติ (ATTRIC) ที่มีห้องปฏิบัติการทดสอบแบตเตอรี่ไฟฟ้าตามมาตรฐาน UN R100 และ R136 เพื่อรองรับการทดสอบมาตรฐานและความปลอดภัยของยานยนต์ไฟฟ้า **สาม** ในวันที่ 15 กุมภาพันธ์ ปี พ.ศ. 2565 คณะรัฐมนตรีให้ความเห็นชอบเรื่อง “มาตรการสนับสนุนการใช้ยานยนต์ไฟฟ้าประเภทรถยนต์ และรถจักรยานยนต์” หรือ “มาตรการ EV3” โดยมีสาระสำคัญคือการลดภาษีนำเข้ารถยนต์สำเร็จรูป (CBU) ทั้งรถยนต์นั่ง และรถจักรยานยนต์ เพื่อให้ผู้ผลิตในประเทศได้นำเข้ายานยนต์ไฟฟ้ามาทดลองตลาดในประเทศไทย รวมทั้งลดภาษีสรรพสามิตจากร้อยละ 8 เหลือร้อยละ 2 และให้เงินอุดหนุนกรณีรถยนต์นั่ง 70,000-150,000 บาท และกรณีรถจักรยานยนต์ 18,000 บาท เพื่อให้ราคายานยนต์ไฟฟ้าถูกลง โดยมีเงื่อนไขว่าผู้ผลิตต้องผลิตยานยนต์ในประเทศตามคุณลักษณะที่กำหนด และต้องผลิตเท่ากับจำนวนที่นำเข้ามาภายในปี ค.ศ. 2024 หรือผลิตจำนวน 1.5 เท่าตามจำนวนที่นำเข้ามาภายในปี ค.ศ. 2025 โดยมีรายละเอียดของมาตรการแสดงดังตารางที่ 3-2 ปัจจุบันมีผู้ประกอบการเข้าร่วมมาตรการรวมทั้งสิ้น 12 ราย มีปริมาณรถยนต์ และรถจักรยานยนต์ที่ขอรับสิทธิในปี พ.ศ. 2565 รวมทั้งสิ้น 39,722 คัน (ข้อมูล ณ เดือนมีนาคม 2566) **สี่** มาตรการเพื่อสนับสนุนการผลิตอันเนื่องมาจากมาตรการ EV3 โดยยกเว้นอากรนำเข้าชิ้นส่วนยานยนต์ไฟฟ้าที่สำคัญ 9 รายการ ในปี พ.ศ. 2566-2568 เนื่องจากยังไม่มีผู้ผลิตชิ้นส่วนดังกล่าวในประเทศ

ด้านที่สองการส่งเสริมการใช้ยานยนต์ไฟฟ้า ประกอบด้วย **หนึ่ง** กรมการขนส่งทางบกประกาศลดอัตราภาษีประจำปีสำหรับยานยนต์ไฟฟ้าลงร้อยละ 80 เป็นระยะเวลา 1 ปี สำหรับยานยนต์ไฟฟ้าที่จดทะเบียนระหว่างวันที่ 1 ตุลาคม 2565 – 30 กันยายน 2568 ทั้งนี้ การลดอัตราภาษีประจำปีสำหรับยานยนต์ไฟฟ้ามีผลบังคับใช้กับยานยนต์ไฟฟ้าที่จดทะเบียนใหม่เท่านั้น และไม่มีผลบังคับใช้กับยานยนต์ไฟฟ้าดัดแปลง โดยอัตราภาษีประจำปีสำหรับยานยนต์ไฟฟ้าที่ได้รับสิทธิประโยชน์เป็นไปดังรายละเอียดที่แสดงดังตารางที่ 3-3

ตารางที่ 3-2 มาตรการสนับสนุนการใช้รถยนต์ไฟฟ้า

	รถยนต์นั่ง ราคาไม่เกิน 2 ล้านบาท	รถยนต์นั่ง ราคา 2-7 ล้านบาท	รถกระบะ ราคาไม่เกิน 2 ล้านบาท
1. สิทธิประโยชน์			
1.1 ลดอากรขาเข้า	ปี ค.ศ. 2022-2023 ลดสูงสุด 40%	ปี ค.ศ. 2022-2023 ลดสูงสุด 20%	ไม่มี
1.2 ลดภาษี สรรพสามิต	ปี ค.ศ. 2022-2025 ลดจาก 8% เป็น 2%	ปี ค.ศ. 2022-2025 ลดจาก 8% เป็น 2%	ปี ค.ศ. 2023 เป็น 0% ปี ค.ศ. 2026 เป็น 2%
1.3 ให้เงินอุดหนุน	ปี ค.ศ. 2022-2025 กรณีแบตเตอรี่ขนาด 10 - 30 kwh ได้เงินอุดหนุน 70,000 บาท กรณีแบตเตอรี่มากกว่า 30 kwh ได้เงินอุดหนุน 150,000 บาท	ไม่มี	ปี ค.ศ. 2022-2025 ได้เงินอุดหนุน 150,000 บาท โดยแบตเตอรี่มากกว่า 30 kwh
2. เงื่อนไข	- เป็นผู้ประกอบการในประเทศ - อนุญาตให้นำเข้า CBU เพื่อทดลองตลาดได้ และต้องผลิตรถยนต์ในอัตราเท่ากับจำนวนที่นำเข้ามาในปี ค.ศ.2022-2023 โดยหากผลิตในปี ค.ศ. 2024 อัตรา 1 ต่อ 1 หากผลิตในปี ค.ศ. 2025 อัตรา 1 ต่อ 1.5 - ผลิตชิ้นส่วนสำคัญของ EV เช่น Battery, PCU Inverter, Traction motor, Reduction gear, Compressor, BMS, DCU		
	รถจักรยานยนต์ ราคาไม่เกิน 150,000 บาท		
1. สิทธิประโยชน์			
1.1 ลดอากรขาเข้า	ไม่มี		
1.2 ลดภาษี สรรพสามิต	ภาษีย่อยละ 1		
1.3 ให้เงินอุดหนุน	ปี ค.ศ. 2022-2025 ได้เงินอุดหนุน 18,000 บาท โดยรถต้องมีคุณสมบัติ ดังนี้ - แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนตั้งแต่ 3 kwh หรือมี Electric range ตั้งแต่ 75 กม./ชม. - แบตเตอรี่ผ่านมาตรฐาน UN R136 - ล้อยางผ่านมาตรฐาน UN R75 หรือสูงกว่า		
2. เงื่อนไข	- เป็นผู้ประกอบการในประเทศ - ผลิตรถยนต์ในอัตราเท่ากับจำนวนที่นำเข้ามาในปี ค.ศ. 2022 - 2023 โดย หากผลิตในปี ค.ศ. 2024 อัตรา 1 ต่อ 1 หากผลิตในปี ค.ศ. 2025 อัตรา 1 ต่อ 1.5		

ที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม

ตารางที่ 3-3 อัตราภาษีประจำปีสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า

น้ำหนัก (กิโลกรัม)	อัตราภาษี (บาท)	อัตราภาษีหลังลด 80% (บาท)
500	150	30
501 - 750	300	60
751 - 1,000	450	90
1,001 - 1,250	800	160
1,251 - 1,500	1,000	200
1,501 - 1,750	1,300	260
1,751 - 2,000	1,600	320
2,001 - 2,500	1,900	380
2,501 - 3,000	2,200	440
3,001 - 3,500	2,400	480
3,501 - 4,000	2,600	520
4,001 - 4,500	2,800	560
4,501 - 5,000	3,000	600
5,001 - 6,000	3,200	640
6,001 - 7,000	3,400	680
7,001 ขึ้นไป	3,600	720

ที่มา: กรมการขนส่งทางบก

ด้านที่ 3 โครงสร้างพื้นฐานเพื่อการใช้งาน ข้อมูลจากสมาคมยานยนต์ไฟฟ้าไทย (EVAT) ระบุว่า ณ เดือนธันวาคม ปี ค.ศ. 2022 ประเทศไทยมีจุดประจุไฟฟ้าในที่สาธารณะ 2,572 หัวจ่าย แบ่งเป็นแบบ กระแสสลับ (AC) 1,384 หัวจ่าย และแบบกระแสตรง (DC) 1,188 หัวจ่าย โดยสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) กำหนดมาตรฐานหัวจ่ายไฟฟ้าสำหรับยานยนต์ (มอก. 2749) ดังนี้ กรณียกยัดนั่ง ประจุไฟฟ้าด้วยกระแสสลับ (AC Charging) ใช้มาตรฐาน CCS 2 และกรณียกยัดโดยสาร ประจุไฟฟ้าด้วย กระแสสลับ (AC Charging) และกระแสตรง (DC Charging) ใช้มาตรฐาน CCS2

ทั้งนี้ ไทยกำหนดเป้าหมายภายในปี ค.ศ. 2030 จะจัดตั้งสถานีประจุไฟฟ้าแบบเร็ว (Fast charge) ในที่สาธารณะสำหรับรถยนต์ จำนวน 12,000 แห่ง และสถานีประจุไฟฟ้าในที่สาธารณะสำหรับ รถจักรยานยนต์ 1,450 สถานี (1 สถานี มี 8 หัวจ่าย) โดยมีมาตรการดังนี้

- 1) ส่งเสริมการพัฒนาโครงข่ายสถานีอัดประจุไฟฟ้าผ่านหน่วยงานและเครือข่ายพันธมิตร: อยู่ระหว่าง ดำเนินการ
- 2) สร้างกฎระเบียบ มาตรฐาน และแนวทาง เพื่อให้เกิดการพัฒนาสถานีอัดประจุไฟฟ้า: อยู่ระหว่าง ดำเนินการ
- 3) ส่งเสริมเทคโนโลยีด้าน Smart grid เพื่อเชื่อมโยงและบริหารจัดการการประจุไฟฟ้าแบบบูรณาการ: อยู่ระหว่างดำเนินการ

นอกจากปัญหาด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change) ประเทศไทยก็เป็นหนึ่งในหลายประเทศทั่วโลกที่ประสบปัญหาหมอกพิษทางอากาศจากฝุ่นละอองขนาดเล็ก หรือ PM2.5 โดย หนึ่งในสาเหตุหลักของปัญหาหมอกพิษทางอากาศจากฝุ่นละอองขนาดเล็ก คือ การเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลจากเครื่องยนต์สันดาปภายใน โดยเฉพาะในเครื่องยนต์ดีเซล ส่งผลให้หลายประเทศทั่วโลกเริ่มบังคับใช้มาตรฐานการปล่อยมลพิษที่มีความเข้มงวดขึ้น รวมถึงประเทศไทย โดย สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) เล็งเห็นถึงปัญหาดังกล่าว จึงได้มีการปรับความเข้มงวดของมาตรฐานการปล่อยมลพิษสำหรับยานยนต์ในประเทศไทยมากขึ้น สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมได้ประกาศบังคับใช้มาตรฐานการปล่อยมลพิษในระดับ Euro 5 สำหรับรถยนต์ขนาดใหญ่ที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน รถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล รถยนต์ขนาดใหญ่ที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล ในวันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2567 และมาตรฐานการปล่อยมลพิษในระดับ Euro 6 สำหรับรถยนต์ในกลุ่มดังกล่าว ในวันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2569 ในขณะที่รถยนต์ขนาดเล็กที่ใช้เครื่องยนต์เบนซินได้มีการประกาศมาตรฐานการปล่อยมลพิษในระดับ Euro 6 ในวันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2568 โดยไม่ผ่านมาตรฐานมลพิษในระดับ Euro 5

ทั้งนี้ การประกาศบังคับใช้มาตรฐานมลพิษที่เข้มงวดขึ้นนั้นอาจส่งผลดีต่อปัญหาหมอกพิษทางอากาศจากฝุ่นละอองขนาดเล็ก แต่อย่างไรก็ดีหากการประกาศบังคับใช้มาตรฐานมลพิษที่เข้มงวดมากเกินไป อาจเป็นการส่งเสริมให้ผู้ผลิตรถยนต์เปลี่ยนเทคโนโลยีเครื่องยนต์กำลัง (Powertrain) ของรถยนต์จากเครื่องยนต์สันดาปภายในไปเป็นยานยนต์ไฟฟ้ามากขึ้น

3.2.2 นโยบายด้านยานยนต์ของประเทศไทย ประเด็นด้านความปลอดภัย

ณ สิ้นปี ค.ศ. 2022 ประเทศไทยยังไม่มีนโยบายหรือมาตรการที่เกี่ยวข้องกับการส่งเสริมการผลิตและ/หรือการใช้งานยานยนต์เชื่อมต่อและขับเคลื่อนอัตโนมัติในประเทศไทยโดยตรง แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อวันที่ 22 กุมภาพันธ์ 2022 คณะรัฐมนตรีได้ให้ความเห็นชอบเรื่อง “การปรับปรุงโครงสร้างภาษีสรรพสามิตรถยนต์และรถจักรยานยนต์” เพื่อให้สอดคล้องกับการพัฒนาเทคโนโลยียานยนต์ ซึ่งสาระสำคัญคือการปรับปรุงอัตราภาษีสรรพสามิตตามปริมาณการปล่อย CO₂ และพิจารณาการติดตั้งระบบช่วยเหลือผู้ขับขี่ (Advance Driver Assistance System: ADAS) ควบคู่ โดยมีรายละเอียดของการปรับปรุง ดังนี้

กรณีรถยนต์

- 1) ปรับเกณฑ์การปล่อย CO₂ สำหรับรถยนต์ ICE และ HEV เพื่อรองรับเทคโนโลยีรถยนต์ทุกประเภท โดยพิจารณาเฉพาะอัตราการปล่อย CO₂ โดยไม่มีเกณฑ์การแบ่งตามประเภทรถยนต์ (เช่น อีโคคาร์) หรือประเภทเชื้อเพลิงอีกต่อไป ทั้งนี้ เพื่อส่งเสริมให้รถยนต์ทุกประเภทยกเว้นการปล่อย CO₂ และประหยัดพลังงานมากขึ้น
- 2) กำหนดอัตราภาษีสรรพสามิตรถยนต์ประเภท HEV และ PHEV ให้มีความแตกต่างกัน เพื่อให้สอดคล้องกับการพัฒนาเทคโนโลยีของ PHEV ที่สูงขึ้น (ระยะทางวิ่งด้วยพลังงานไฟฟ้า) และการพัฒนาไปสู่รถยนต์ BEV
- 3) ทดสอบปรับอัตราภาษีสรรพสามิตรถยนต์ประเภท ICE, HEV และ PHEV ให้เหมาะสม โดยกำหนดอัตราภาษีเพิ่มขึ้นเป็นขั้นบันได 3 ช่วง ในปี ค.ศ. 2024 2028 และ 2030 เพื่อสร้างแรงจูงใจการพัฒนาเทคโนโลยีที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และปรับลดภาษีรถยนต์ประเภท BEV เพื่อสร้างแรงจูงใจการผลิตและการใช้รถยนต์ไฟฟ้า ตามนโยบายของรัฐบาล

- 4) ส่งเสริมขีดความสามารถในการแข่งขันของรถกระบะและอเนกประสงค์ ซึ่งเป็น Product champion ของไทย เพื่อให้ประเทศไทยเป็นฐานการผลิตต่อไป โดยคำนึงถึงการลดการปล่อย CO₂ สนับสนุนพลังงานเชื้อเพลิงทดแทน คือ ไบโอดีเซล และรถกระบะไฟฟ้า
- 5) ส่งเสริมรถยนต์ที่มีมาตรฐานความปลอดภัย ที่ติดตั้งระบบช่วยเหลือผู้ขับขี่ขั้นสูง (Advance Driver Assistance System: ADAS) ได้แก่ Advanced emergency braking system (AEB) Forward vehicle collision warning systems (FCW) Lane keeping assistance systems (LKAS) Lane departure warning system (LDWS) Blind Spot Detection (BSD) และ Adaptive cruise control (ACC) โดยรถยนต์ที่ไม่มีระบบ ADAS ตามหลักเกณฑ์ที่กำหนด จะมีอัตราภาษีที่สูงกว่ารถยนต์ที่มีระบบ ADAS เพื่อให้ประชาชนเข้าถึงเทคโนโลยีความปลอดภัยของรถยนต์ได้มากขึ้น และช่วยลดอุบัติเหตุจากการขับขี่รถยนต์โดยอัตราภาษีที่ปรับปรุง แสดงดังตารางที่ 3-4 โดยระบบช่วยเหลือผู้ขับขี่ขั้นสูง (Advance Driver Assistance System: ADAS) จะมีมาตรฐานรับรองตามมาตรฐาน UNECE Regulation แสดงดังตารางที่ 3-5

กรณีรถจักรยานยนต์ หยอยปรับภาษีสรรพสามิตรถจักรยานยนต์ให้เหมาะสม โดยกำหนดอัตราภาษีเพิ่มเป็นขั้นบันได 2 ช่วง ในปี ค.ศ. 2026 และ ค.ศ. 2030 เพื่อสร้างแรงจูงใจการพัฒนาเทคโนโลยีที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และสร้างแรงจูงใจการผลิตรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า โดยกรณีรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าต้องมีคุณสมบัติที่ผ่านมาตรฐานความปลอดภัยที่กำหนด โดยอัตราภาษีที่ปรับปรุง แสดงดังตารางที่ 3-6

ตารางที่ 3-4 โครงสร้างภาษีสรรพสามิตรถยนต์ใหม่

โครงสร้างภาษีสรรพสามิตรถยนต์ ที่เสนอใหม่											หน่วย : ร้อยละ				
รถยนต์นั่ง รถยนต์โดยสารที่มีที่นั่งไม่เกิน 10 คน ICE/HEV (ไม่เป็นไปตามหลักเกณฑ์)				รถยนต์กระบะ Pickup/Space Cab/DC (ไม่เป็นไปตามหลักเกณฑ์)					PPV						
CO ₂	ม.ค. 2569		ม.ค. 2571		ม.ค. 2573		CO ₂	ม.ค. 2569-2578			ม.ค. 2569-2578				
								เชื้อเพลิงอื่น ๆ		B20		เชื้อเพลิงอื่น ๆ		B20	
≤ 100	13/6 (25/15)		14/8 (25/15)		15/10 (30/20)		≤185	3/4/8 (15)	2/3/6 (15)	18	16				
101-120	22/9 (25/15)		24-27/11 (25/15)		26/13 (30/20)										
121-150	25/14 (25/15)		27/16 (25/15)		29/18 (30/20)										
151-200	29/19 (35/25)		31/21 (35/25)		33/23 (40/30)		186-200	4/6/10 (15)	3/5/9 (15)	20	18				
>200	34/24 (35/25)		36/26 (35/25)		38/28 (40/30)		>200	5/8/13 (17)	4/7/12 (17)	25	23				
>3,000 CC	50/40					>3,250 cc		50			50				
	PHEV		BEV		FCEV		DC PHEV	BEV		FCEV		PPV PHEV			
	ม.ค. 2569	ม.ค. 2573	ม.ค. 2565	ม.ค. 2569	ม.ค. 2569		ม.ค. 2565 - 2578	ม.ค. 2565	ม.ค. 2569	ม.ค. 2565	ม.ค. 2569	ม.ค. 2565			
ER ≥80 km. และ Oil tank ≤ 45 L	5 (15)	5 (20)	2 (8)	2 (10)	1 (5)	5 (15/17)	0 (10)	2 (10)	0 (5)	1 (5)	10				
ER < 80 km. และ Oil tank > 45 L	10 (15)	10 (20)													
>3,000 CC	30														

หมายเหตุ: รถยนต์นั่งและรถยนต์โดยสารที่มีที่นั่งไม่เกิน 10 คน ต้องมีการติดตั้ง ระบบ ADAS อย่างน้อย 2 ระบบจาก 6 ระบบ ยกเว้น BEV ต้องมีอย่างน้อย 4 จาก 6 ระบบ และรถยนต์กระบะต้องมีการติดตั้งระบบ ADAS อย่างน้อย 1 ระบบจาก 6 ระบบ ยกเว้น BEV ต้องมีอย่างน้อย 2 จาก 6 ระบบ

ที่มา: กรมสรรพสามิต (กุมภาพันธ์ 2022)

ตารางที่ 3-5 มาตรฐาน UNECE Regulation สำหรับระบบช่วยเหลือผู้ขับขี่ขั้นสูง

ลำดับ	ระบบช่วยเหลือผู้ขับขี่ขั้นสูง	UNECE Regulation	หมายเหตุ
1.	Forward vehicle collision warning systems	UN ECE R 131	- สำหรับรถโดยสารมากกว่า 8 ที่นั่ง (M2, M3) และรถบรรทุกขนาดใหญ่กว่า 3.5 ตัน (N2, N3) - ระบบสามารถตรวจจับรถยนต์ได้
		UN ECE R 152	- สำหรับรถยนต์นั่งไม่เกิน 8 ที่นั่ง (M1) รถกระบะ 1 ตัน และรถตู้บรรทุก (N1) - ระบบสามารถตรวจจับรถยนต์ คนเดินเท้า และรถจักรยานได้
2.	Advanced emergency braking system	UN ECE R 131	-
		UN ECE R 152	-
3.	Blind Spot Detection	UN ECE R 151	-
4.	Lane departure warning system	UN ECE R 130	-
5.	Lane keeping assistance systems	UN ECE R 157	-
6.	Adaptive cruise control	-	-

ที่มา: United Nations Economic Commission for Europe

ตารางที่ 3-6 โครงสร้างภาษีสรรพสามิตรถจักรยานยนต์ใหม่

อัตราการปล่อย CO ₂	อัตรากาซี (ร้อยละ)			
	ปัจจุบัน	2565 (รอบประกาศราชกิจจานุเบกษา)	ม.ค. 2569	ม.ค. 2573
แบบพลังงานไฟฟ้า	1 (UN Reg.75)			
- ที่มีแรงดันไฟฟ้าตั้งแต่ 48 โวลต์ขึ้นไป ที่เป็นไปตามหลักเกณฑ์และเงื่อนไขที่กรมสรรพสามิตประกาศกำหนด		1	1	
- ที่มีแรงดันไฟฟ้าตั้งแต่ 48 โวลต์ขึ้นไป		5	10	
- ที่มีแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่า 48 โวลต์		0	0	0
แบบที่ใช้พลังงานเชื้อเพลิง หรือแบบผสม ที่ใช้พลังงานเชื้อเพลิงและไฟฟ้า ที่ใช้ตาม รถจักรยานยนต์ (UN Regulation No. 75)				
≤ 50 g/km	3	3	4	5
51 – 90 g/km	5	5	6	10
91 – 130 g/km	9	9	10	15
> 130 g/km	18	18	20	25
รถจักรยานยนต์คันแบบ เพื่อการวิจัยพัฒนา	0	0	0	0
อื่น ๆ (ที่ไม่เป็นไปตามหลักเกณฑ์และเงื่อนไข)	20	20	25	30

ที่มา: กรมสรรพสามิต (กุมภาพันธ์ 2022)

ปัจจุบันสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) ได้ประกาศมาตรฐานทั่วไปสำหรับระบบช่วยเหลือผู้ขับขี่ขั้นสูง (Advance Driver Assistance System) จำนวน 15 มาตรฐาน โดยมีรายละเอียดดังนี้

- 1) มอก. 3193-2564 เรื่อง ระบบขนส่งอัจฉริยะ
 - ระบบแจ้งเตือนการใช้ความเร็วขณะเข้าโค้ง (CSWS)
 - ข้อกำหนดด้านสมรรถนะ และขั้นตอนการทดสอบ
- 2) มอก. 3194-2564 เรื่อง ระบบขนส่งอัจฉริยะ
 - ระบบช่วยควบคุมรถให้อยู่ในช่องทางเดินรถ (LKAS)
 - ข้อกำหนดด้านสมรรถนะ และขั้นตอนการทดสอบ
- 3) มอก. 3195-2564 เรื่อง ระบบขนส่งอัจฉริยะ
 - ระบบควบคุมความเร็วอัตโนมัติแบบแปรผัน
 - ข้อกำหนดด้านสมรรถนะ และขั้นตอนการทดสอบ
- 4) มอก. 3196-2564 เรื่อง ระบบขนส่งอัจฉริยะ
 - ระบบ แจ้งเตือนการชนยานพาหนะด้านหน้า
 - ข้อกำหนดด้านสมรรถนะ และขั้นตอนการทดสอบ
- 5) มอก. 3251 - 2564 เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมระบบขนส่งอัจฉริยะ
 - ระบบแจ้งเตือนการออกนอกช่องทางเดินรถ
 - ข้อกำหนดด้านสมรรถนะ และขั้นตอนการทดสอบ

- 6) มอก. 3252 - 2564 เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมระบบข้อมูลการขนส่งและการควบคุม
 - ระบบช่วยเหลือในการขับขี่ที่ความเร็วต่ำ (MALSO)
 - ข้อกำหนดด้านสมรรถนะและขั้นตอนการทดสอบ
- 7) มอก. 3253 - 2564 เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมระบบขนส่งอัจฉริยะ
 - ระบบช่วยตัดสินใจในการเปลี่ยนช่องทางเดินรถ (LCDAS)
 - ข้อกำหนดด้านสมรรถนะ และขั้นตอนการทดสอบ
- 8) มอก. 3254 - 2564 เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมระบบขนส่งอัจฉริยะ
 - ระบบตรวจจับคนเดินถนนและลดความรุนแรงจากการชน (PDCMS)
 - ข้อกำหนดด้านสมรรถนะ และขั้นตอนการทดสอบ
- 9) มอก. 3255 - 2564 เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมระบบขนส่งอัจฉริยะ
 - ระบบควบคุมความเร็วอัตโนมัติแบบแปรผัน ที่มีการทำงานร่วมกัน (CACC)
 - ข้อกำหนดด้านสมรรถนะ และขั้นตอนการทดสอบ
- 10) มอก. 3256 - 2564 เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมระบบขนส่งอัจฉริยะ
 - ระบบจอดรถอัตโนมัติบางส่วน (PAPS)
 - ข้อกำหนดด้านสมรรถนะ และขั้นตอนการทดสอบ
- 11) มอก. 3257 - 2564 เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมระบบขนส่งอัจฉริยะ
 - ระบบไฟเตือนการห้ามล้อฉุกเฉินแบบอิเล็กทรอนิกส์ (EEBL)
 - ข้อกำหนดด้านสมรรถนะและขั้นตอนการทดสอบ
- 12) มอก. 3258 - 2564 เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมระบบขนส่งอัจฉริยะ
 - ระบบเปลี่ยนช่องทางเดินรถแบบอัตโนมัติบางส่วน (PALS)
 - ข้อกำหนดด้านการทำงาน/การปฏิบัติงาน และขั้นตอนการทดสอบ
- 13) มอก. 3259 - 2564 เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมระบบขนส่งอัจฉริยะ
 - ระบบควบคุมรถให้อยู่ในช่องทางเดินรถแบบอัตโนมัติบางส่วน (PADS)
 - ข้อกำหนดด้านสมรรถนะ และขั้นตอนการทดสอบ
- 14) มอก. 3260 - 2564 เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมระบบขนส่งอัจฉริยะ
 - ระบบตรวจจับผู้ขับขี่รถจักรยานและลดความเสียหายจากการชน (BDCMS)
 - ข้อกำหนดด้านสมรรถนะ และขั้นตอนการทดสอบ
- 15) มอก. 3261 - 2564 เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมระบบขนส่งอัจฉริยะ
 - ระบบลดความเสียหายจากการชนด้านหน้า
 - ข้อกำหนดด้านการทำงาน สมรรถนะ และการทวนสอบ

ทั้งนี้ สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มีแผนจะประกาศมาตรฐานทั่วไปสำหรับยานยนต์อัตโนมัติความเร็วต่ำ โดย อ้างอิงจากมาตรฐาน ISO 22737:2021 Intelligent Transport Systems: Low-speed automated driving (LASD) system for predefined routes ภายในปี ค.ศ. 2024

3.2.3 โครงสร้างพื้นฐานด้านการทดสอบและวิจัยพัฒนา

ศูนย์ทดสอบยานยนต์และยางล้อแห่งชาติ (Automotive and Tyre Testing, Research and Innovation Center – ATTRIC)

ศูนย์ทดสอบยานยนต์และยางล้อแห่งชาติ (ATTRIC) ภายใต้การบริหารของสถาบันยานยนต์ ดำเนินการบนพื้นที่ 1,235 ไร่ ณ บริเวณเขตสวนปาลาตกระทิง ตำบลลาดกระทิง อำเภอสนามชัยเขต จังหวัดฉะเชิงเทรา ตั้งอยู่ในเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก (Eastern Economic Corridor: EEC) การก่อสร้างศูนย์ทดสอบยานยนต์และยางล้อแห่งชาติ (ATTRIC) เป็นส่วนหนึ่งของการส่งเสริมและยกระดับคุณภาพผลิตภัณฑ์ยานยนต์ ชิ้นส่วนยานยนต์ และยางล้อของไทย ไปสู่การเป็นซูเปอร์คลัสเตอร์ (Super Cluster) ตามยุทธศาสตร์ของประเทศและศักยภาพของพื้นที่ สนับสนุนให้มีการออกแบบ วิจัยพัฒนา และนวัตกรรม ตลอดจนเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้และถ่ายทอดเทคโนโลยีให้กับภาคส่วนต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องทำให้ประเทศไทยเป็นผู้นำและเป็นศูนย์กลางการทดสอบและรับรองในภูมิภาคอาเซียน มีบุคลากรที่มีความรู้และความสามารถในด้านผลิตภัณฑ์ยานยนต์ ชิ้นส่วนยานยนต์ และยางล้อ สามารถทดสอบและรับรองได้เองในประเทศ

สำหรับศูนย์ทดสอบยานยนต์และยางล้อแห่งชาติ หรือ ATTRIC มีสนามทดสอบจำนวน 6 สนาม ได้แก่ สนามทดสอบสมรรถนะและความเร็ว (High Speed Test Track) สนามทดสอบยางล้อ (Tyre Testing Track) ตามมาตรฐาน UN R117 (เกณฑ์มาตรฐานยางล้อที่จัดทำขึ้นโดยคณะกรรมการเศรษฐกิจแห่งยุโรปของสหประชาชาติ) สนามทดสอบระบบเบรก (Brake Performance) สนามทดสอบระบบเบรกมือ (Parking Brake (Test Hill) สนามทดสอบพลวัตร (Dynamic Platform) และสนามทดสอบการยึดเกาะถนนขณะเข้าโค้ง (Skid-Pad) และในส่วนของอาคารสำนักงานพร้อมห้องปฏิบัติการและระบบสาธารณูปโภคประกอบด้วย 4 ส่วน คือ ศูนย์การทดสอบยางล้อและชิ้นส่วนยานยนต์ (Tyre and Automotive parts testing Laboratory) ศูนย์ทดสอบแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า (Electric vehicle battery testing center) ศูนย์ทดสอบการชน (Vehicle crash test building) และอาคารสำนักงาน (Administration building) โดยสถาบันยานยนต์ได้เปิดให้บริการทดสอบแล้ว ยกเว้นสนามทดสอบสมรรถนะและความเร็ว และศูนย์ทดสอบการชนจะเปิดให้บริการในปี ค.ศ. 2026

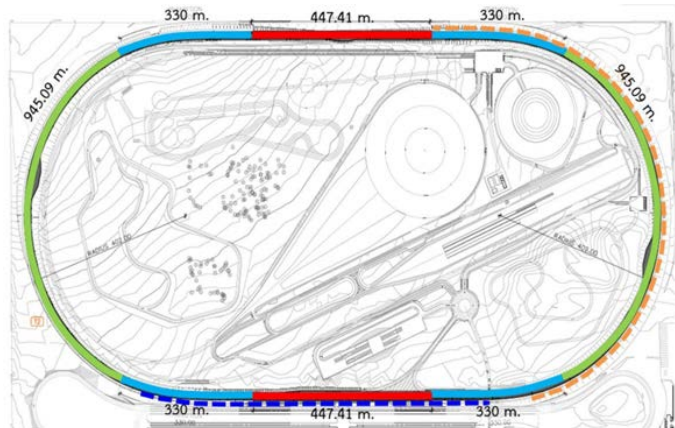


รูปที่ 3-2 ศูนย์ทดสอบยานยนต์และยางล้อแห่งชาติ (ATTRIC)

โดยมีรายละเอียดการทดสอบ ดังนี้

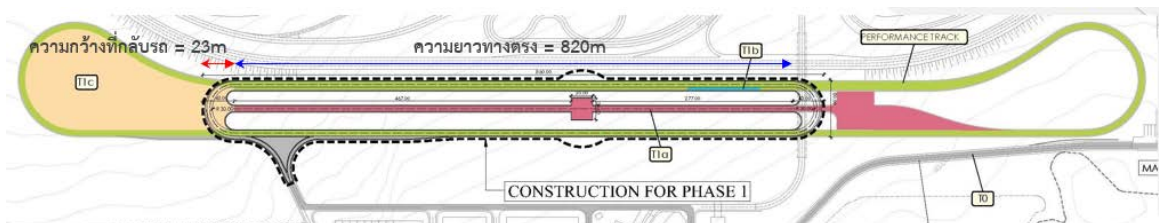
1. สนามทดสอบทดสอบสมรรถนะและความเร็ว (High Speed Test Track)

ใช้ในการทดสอบสมรรถนะความเร็วตาม UN R39, R68 และ R89 ทดสอบการสั่นตบบของเครื่องยนต์ตาม UN R83 ประกอบด้วย 4 ช่องจราจร กว้าง 16 เมตร สามารถทำความเร็วสมดุลที่โค้ง (Neutral speed) 202 กิโลเมตร/ชั่วโมง ส่วนโค้งยกขึ้น (Banked curves) 79.82% ส่วนทางตรงมีความยาวรวม 840 เมตร (รวมช่วงเตรียมยกโค้ง (Transition Zone)) เปิดให้บริการในปี ค.ศ. 2026



รูปที่ 3-3 สนามทดสอบทดสอบสมรรถนะและความเร็ว

2. สนามทดสอบยางล้อตามมาตรฐาน (Tyre Testing Track)

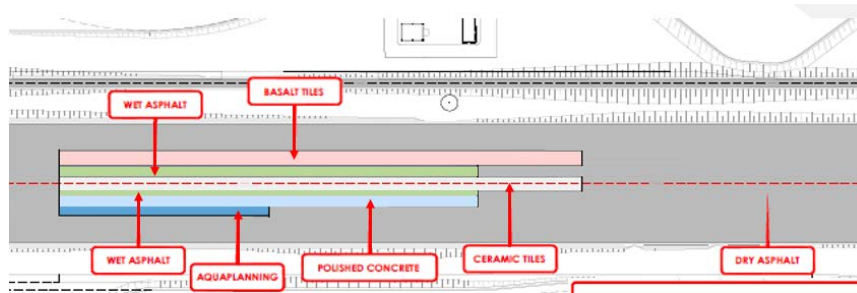


รูปที่ 3-4 สนามทดสอบยางล้อ

- สนามทดสอบมลพิษทางเสียงที่เกิดจากยางล้อ (Noise Test Track) ใช้วัดเสียงที่เกิดจากยางล้อขณะวิ่งผ่านพื้นผิวทดสอบ โดยภายในพื้นที่รัศมี 50 เมตร จะต้องไม่มีสิ่งกีดขวาง ซึ่งมีพื้นที่การทดสอบเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาด 30x30 เมตร และมีระยะความยาวเพื่อทดสอบการเร่ง 467 เมตร กว้าง 8 เมตร
- สนามทดสอบการยึดเกาะบนพื้นผิวเปียก (Wet Grip) ใช้ทดสอบการยึดเกาะของยางล้อที่ห้ามล้อบนพื้นเปียก พื้นผิวทดสอบมีค่าสัมประสิทธิ์การยึดเกาะที่ 0.42 ถึง 0.60 มีความยาวของสนาม 100 เมตร และความกว้างของเลนทดสอบ 4.5 เมตร โดยมีหัวจ่ายน้ำติดตั้งทุก ๆ 1 เมตร

3. สนามทดสอบระบบเบรก (Brake Performance)

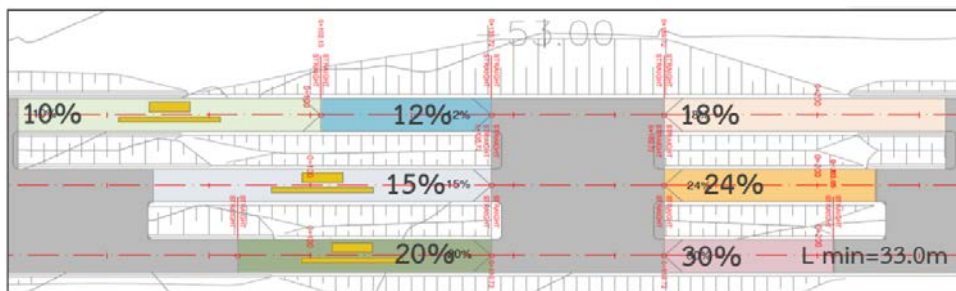
ใช้ในการทดสอบห้ามล้อรถเล็กและใหญ่ ตาม UN R13H และ R13 ประกอบด้วยบริเวณทดสอบและทางเร่งเพื่อเข้าสู่บริเวณทดสอบ (Acceleration lane) โดยบริเวณทดสอบที่เป็นพื้นผิวแอสฟัลต์มีความยาว 695.98 เมตร และความกว้าง 61 เมตร ส่วนพื้นผิวพิเศษทั้งหมด 5 ประเภท โดยมีความยาวตั้งแต่ 100–250 เมตร และความกว้างตั้งแต่ 4–7 เมตร



รูปที่ 3-5 สนามทดสอบระบบเบรก

4. สนามทดสอบระบบเบรกมือ (Parking Brake (Test Hill))

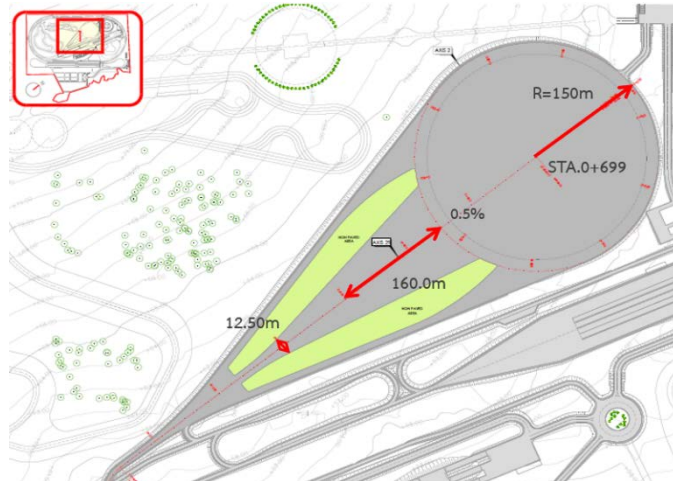
ใช้ในการทดสอบห้ามล้อรถเล็กและใหญ่ด้วยระบบเบรกมือบนพื้นที่ที่มีความลาดชันตาม UN R13H และ R13 มีความลาดชันทั้งหมด 7 แบบ ได้แก่ 10% 12% 15% 18% 20% 24% และ 30%



รูปที่ 3-6 สนามทดสอบระบบเบรกมือ

5. สนามทดสอบพลวัต (Dynamic Platform)

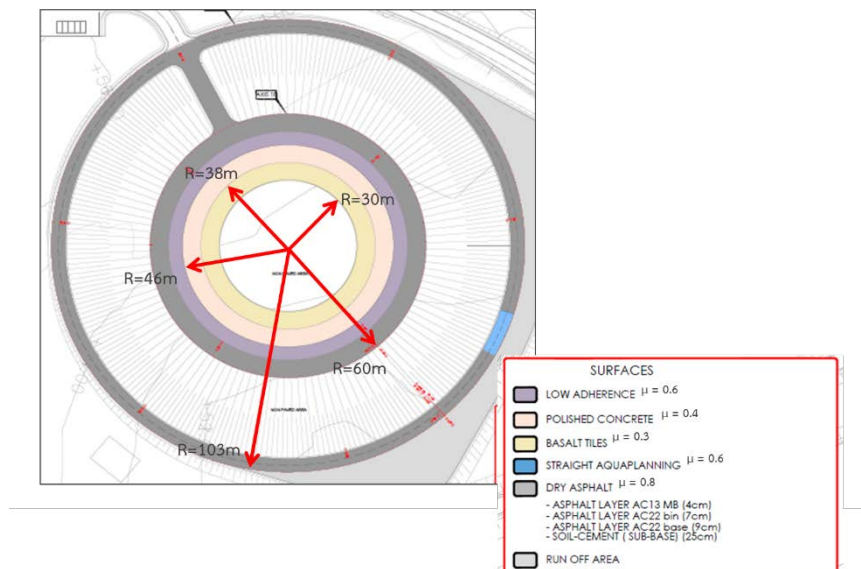
ใช้ในการทดสอบอุปกรณ์บังคับเลี้ยว ตาม UN R79 ประกอบด้วยบริเวณทดสอบและทางเร่งเพื่อเข้าสู่บริเวณทดสอบ (Acceleration lane) ซึ่งเป็นพื้นแอสฟัลต์แห้งทั้งหมด บริเวณทดสอบมีขนาดรัศมี 150 เมตร



รูปที่ 3-7 สนามทดสอบพลวัต

6. สนามทดสอบการยึดเกาะขณะเข้าโค้ง (Skid-Pad)

ใช้ในการทดสอบอุปกรณ์บังคับเลี้ยวตาม UN R79 บริเวณทดสอบประกอบไปด้วยพื้นผิวทั้งหมด 5 ประเภท บริเวณทดสอบมีขนาดรัศมีตั้งแต่ 30-103 เมตร



รูปที่ 3-8 สนามทดสอบการยึดเกาะขณะเข้าโค้ง

7. ศูนย์การทดสอบยางล้อและชิ้นส่วนยานยนต์ (Tyre and Automotive parts testing Laboratory)

ประกอบด้วยห้องปฏิบัติการจำนวน 6 ห้อง ซึ่งจะเป็นการทดสอบตาม UN R14, R16, R17, R25 ซึ่งเป็นมาตรฐานของเบาะที่นั่งและเข็มขัดนิรภัย ในส่วนของยางล้อ คือ UN R117 และระบบเบรก คือ UN R13, R13H

Tyre and Automotive Part Testing Laboratory



Rolling resistance test
[R117]



Dynamometer test
[R13, R13H]



Seat belts anchorages
test [R14]



Dynamic sled test
[R16]



Head impact test
[R17]



Strength of seats test
[R17, R25]

รูปที่ 3-9 การทดสอบยางล้อและชิ้นส่วนยานยนต์

8. ศูนย์ทดสอบแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า (Electric vehicle battery testing center)

ประกอบด้วยห้องปฏิบัติการจำนวน 9 ห้อง ซึ่งจะเป็นการทดสอบมาตรฐานแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าตาม UN R100 และ R136

EV Battery Testing Laboratory



Vibration test



Mechanical shock



External Short
Circuit



Mechanical Integrity



Thermal shock



Over temperature protection,
Overcharge Protection,
Over discharge Protection



Fire resistance



Drop test
(for R136)



Mechanical shock
(for R136)

รูปที่ 3-10 การทดสอบแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า

9. ศูนย์ทดสอบการชน (Vehicle crash test building)

กำหนดตามมาตรฐาน UN R94, R95 โดยดำเนินการเริ่มก่อสร้างในปี ค.ศ. 2023 และเสร็จในปี ค.ศ. 2026

3.3 สถานการณ์อุตสาหกรรมยานยนต์ในประเทศไทย

3.3.1 ตลาดยานยนต์ในประเทศไทย

ณ เดือนกรกฎาคม 2023 ประเทศไทยมีปริมาณจดทะเบียนยานยนต์ไฟฟ้าประเภท BEV สะสม 81,868 คัน ประกอบด้วย รถยนต์นั่งและรถกระบะ 50,552 คัน รถโดยสาร 2,338 คัน รถบรรทุก 237 คัน รถสามล้อ 699 คัน และรถจักรยานยนต์ 28,042 คัน จากปริมาณรถจดทะเบียนสะสมทั้งหมดประมาณ 44 ล้านคัน และตั้งแต่เดือนมกราคมถึงกรกฎาคม 2023 ประเทศไทยมีปริมาณจดทะเบียนยานยนต์ไฟฟ้าประเภท BEV 43,045 คัน ประกอบด้วย รถยนต์นั่งและรถกระบะ 31,703 คัน รถโดยสาร 1,092 คัน รถประเภทอื่น ๆ 353 คัน และ รถจักรยานยนต์ 9,897 คัน โดยปริมาณจดทะเบียนรถยนต์ไฟฟ้ารวมเพิ่มขึ้น 10 เท่าตัวเมื่อเปรียบเทียบกับช่วงเดียวกันของปีก่อนหน้า และปริมาณจดทะเบียนยานยนต์ไฟฟ้างดงามกว่าคิดเป็นร้อยละ 1 ของปริมาณจดทะเบียนยานยนต์ทั้งหมด นอกจากนี้ รถยนต์นั่งไฟฟ้าที่จดทะเบียนเกือบทั้งหมดเป็นรถยนต์ที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ

จากสถานการณ์ของการแพร่ระบาดของไวรัสโควิด-19 ส่งผลกระทบต่อตลาดรถยนต์ในประเทศ กล่าวคือ แนวโน้มของยอดขายรถยนต์ในประเทศมีแนวโน้มที่จะลดลง รวมไปถึงปัญหานี้สินทรัพย์รถยนต์ในช่วงระบาดของโควิด-19 ได้รับการช่วยเหลือจากมาตรการช่วยเหลือลูกหนี้รายย่อยที่ได้รับผลกระทบจากโควิด-19 ของธนาคารแห่งประเทศไทยจะสิ้นสุดในปี นี้ ส่งผลให้ลูกหนี้อาจงดเว้นการชำระหนี้รถยนต์เพื่อนำเงินไปใช้จ่ายในส่วนที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตอื่นก่อน ทั้งนี้ ปัญหานี้สินทรัพย์รถยนต์อาจกลายเป็นระยะเวลาของอุปสงค์ตลาดรถยนต์ในช่วงอนาคตอันใกล้ได้

นอกจากนี้ ตลาดยานยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทยอาจชะลอตัวลงอย่างน้อย 6 เดือน เนื่องจากสิ้นสุดระยะเวลาดำเนินการมาตรการสนับสนุนการใช้รถยนต์ไฟฟ้า ที่ให้เงินอุดหนุนสำหรับผู้บริโภคที่ซื้อยานยนต์ไฟฟ้า และจดทะเบียนภายในปี พ.ศ. 2566 กอปรกับผู้บริโภคภายในประเทศส่วนใหญ่ยังไม่พร้อมปรับตัวไปสู่การใช้งานยานยนต์ไฟฟ้าอย่างเต็มที่ อาจส่งผลให้อุปสงค์ยานยนต์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นหลังจากสิ้นสุดมาตรการสนับสนุนการใช้รถยนต์ไฟฟ้าเป็นอุปสงค์ที่แท้จริง ซึ่งอาจส่งผลให้การเติบโตของตลาดยานยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทยชะลอตัวลง

3.3.2 การผลิตรถยนต์ในประเทศไทย

การผลิตยานยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทย พบว่า เนื่องจากประเทศไทยเป็นฐานการผลิตยานยนต์ในลักษณะการรับจ้างผลิตจากผู้ผลิตยานยนต์ต่างชาติ เมื่อมีเทคโนโลยียานยนต์ใหม่เกิดขึ้น และทำให้ต้องปรับปรุงหรือพัฒนายานยนต์ขึ้นใหม่ กิจกรรมการวิจัยพัฒนา (R&D) ยานยนต์เหล่านั้นจะเกิดขึ้นในศูนย์วิจัยและพัฒนาในบริษัทแม่ที่ต่างประเทศ และเทคโนโลยียานยนต์ที่ใช้ในประเทศไทยจึงเป็นไปตามเทคโนโลยียานยนต์โลก สำหรับการพัฒนาเทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้ามีแนวโน้ม 3 เรื่อง ได้แก่ (1) การพัฒนาให้ยานยนต์สามารถวิ่งได้ระยะทางมากขึ้น ต่อการประจุไฟฟ้าหนึ่งครั้งและมีราคาที่ตลาดยอมรับได้ (2) การนำเทคโนโลยีดิจิทัลและการประมวลผลข้อมูลมาใช้ สำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในยานยนต์ และการบริหารจัดการการใช้งานยานยนต์ไฟฟ้า และ (3) การพัฒนาระบบประจุไฟฟ้าประเภทต่าง ๆ เช่น การประจุไฟฟ้าแบบไร้สาย การสับเปลี่ยนแบตเตอรี่ (Swapping)

ทั้งนี้ นอกจากบริษัทแม่ในต่างประเทศจะเป็นผู้ดำเนินกิจกรรมวิจัยและพัฒนาแล้ว ยังเป็นผู้วางแผน และกำหนดว่าโรงงานในประเทศใดจะได้เป็นผู้ผลิตยานยนต์แบบใหม่ (New model) ด้วย ดังนั้น แม้ว่าในปัจจุบันผู้ผลิตยานยนต์ในประเทศไทยจำนวนกว่าครึ่งจะได้รับอนุมัติส่งเสริมการลงทุนผลิตรถยนต์ไฟฟ้า ประเภท BEV ในประเทศแล้ว แต่มีผู้ผลิตเพียง 1 รายที่ผลิต BEV ในประเทศ คือ Mercedes-Benz Manufacturing (Thailand) Co., Ltd และมีผู้ผลิต Start-up รายใหม่อีก 2 ราย คือ FOMM (Asia) และ Takano ในขณะที่ผู้ผลิตยานยนต์รายใหญ่ที่เป็นเจ้าตลาดยังคงสงวนท่าทีการลงทุนผลิต BEV ในประเทศไทย โดยผู้ผลิตยานยนต์กลุ่มญี่ปุ่นยังคงเน้นการผลิตยานยนต์ประเภท HEV และผู้ผลิตยานยนต์กลุ่มยุโรป เน้นการผลิตยานยนต์ประเภท PHEV สำหรับกรณีการผลิตรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า มีสถานการณ์ไม่แตกต่างกัน กล่าวคือ ผู้ผลิตยานยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทยเป็นผู้ผลิต Start-up รายใหม่ คือ Deco Green Energy และ Etran (Thailand) ในขณะที่ผู้ผลิตเจ้าตลาดรายเดิมยังคงผลิตรถที่ใช้เครื่องยนต์สันดาปภายใน

อย่างไรก็ดี เมื่อเดือนกุมภาพันธ์ 2022 ที่ผ่านมา ภาครัฐได้ประกาศมาตรการส่งเสริมการใช้งานยานยนต์ไฟฟ้า โดยลดภาษีนำเข้ายานยนต์สำเร็จรูป (CBU) ทั้งรถยนต์นั่งและรถจักรยานยนต์ เพื่อให้ผู้ผลิตในประเทศได้นำเข้ายานยนต์ไฟฟ้ามาทดลองตลาดในประเทศไทย รวมทั้งลดภาษีสรรพสามิตจากร้อยละ 8 เหลือร้อยละ 2 และให้เงินอุดหนุนกรณีรถยนต์นั่ง 70,000-150,000 บาท และกรณีรถจักรยานยนต์ 18,000 บาท เพื่อให้ราคารายานยนต์ไฟฟ้าถูกลง โดยมีเงื่อนไขว่าผู้ผลิตต้องผลิตยานยนต์ในประเทศตามคุณลักษณะที่กำหนด และต้องผลิตเท่ากับจำนวนที่นำเข้าภายในปี ค.ศ. 2024 หรือผลิตจำนวน 1.5 เท่าตามจำนวนที่นำเข้าภายในปี ค.ศ. 2025 โดยมาตรการดังกล่าวมีผู้ผลิตยานยนต์ที่สนใจเข้าร่วมโครงการแล้ว 11 ราย ประกอบด้วยผู้ผลิตรถยนต์ 8 ราย ได้แก่

- 1) Great Wall Motor Manufacturing (Thailand) Co., Ltd.
- 2) SAIC MOTOR - CP Co., Ltd. และ MG Sales (Thailand) Co., Ltd.
- 3) Toyota Motor Thailand Co., Ltd.
- 4) Green Filter Co., Ltd. (EV Primus Co.,Ltd.)
- 5) BYD Auto (Thailand) Co., Ltd. (Rèver Automotive Co., Ltd.)
- 6) Mine Mobility (Thailand) Co., Ltd.
- 7) Neta (Thailand) Co., Ltd.
- 8) Mercedes-Benz Manufacturing (Thailand) Co., Ltd

และผู้ผลิตรถจักรยานยนต์ 3 ราย ได้แก่

- 9) Deco Green Energy Co., Ltd.
- 10) HSEM Motor Co., Ltd.
- 11) Thai Honda Manufacturing Co., Ltd.

(ข้อมูลแสดงดัง ตารางที่ 3-7 ถึง ตารางที่ 3-9)

นอกจากนี้สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุนยังให้สิทธิประโยชน์แก่กิจการที่ลงทุนผลิตแบตเตอรี่สำหรับยานยนต์ไฟฟ้า และแบตเตอรี่ความหนาแน่นพลังงานสูง โดยผู้ผลิตแบตเตอรี่สำหรับยานยนต์ไฟฟ้าที่ได้รับการส่งเสริมการลงทุน ยังมีแผนที่จะส่งมอบแบตเตอรี่ที่ตนผลิตให้แก่ผู้ผลิตยานยนต์ไฟฟ้าในประเทศด้วย ซึ่งเป็นหนึ่งในเงื่อนไขของการรับการส่งเสริมการลงทุนสำหรับกิจการผลิตยานยนต์ไฟฟ้าในประเทศที่จะต้องใช้แบตเตอรี่ที่ผลิตโดยผู้ผลิตในประเทศ โดยรายละเอียดผู้ได้รับการส่งเสริมการลงทุนและผู้ผลิตรถยนต์ที่จะนำแบตเตอรี่ของผู้ผลิตแบตเตอรี่ไปเป็นส่วนประกอบแสดงในตารางที่ 3-10

นอกจากนี้ ยังมีหน่วยงานวิจัยในประเทศที่ได้ศึกษาและพัฒนายานยนต์ไฟฟ้า โดยดัดแปลงจากยานยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์สันดาปภายใน เช่น โครงการวิจัยรถไฟฟ้าดัดแปลง โดยการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ร่วมกับสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ และโครงการการพัฒนา รถโดยสารประจำทางใช้แล้วของ ขสมก. เป็นรถโดยสารไฟฟ้า โดยการไฟฟ้านครหลวงร่วมกับสำนักงานพัฒนา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตาม ยานยนต์กลุ่มนี้ที่นำไปจดทะเบียนแล้วยังมี จำนวนน้อยมาก

ตารางที่ 3-7 ผู้ผลิตรถยนต์นั่งและรถกระบะในประเทศไทย

No.	Company name	Brand	Passenger Car				Pick up	
			ICE	HEV	PHEV	BEV	ICE	BEV
1	Auto Alliance (Thailand) Co., Ltd.	Mazda, Ford	●			◇	●	
2	Bangchan General Assembly Co., Ltd.	White label (NETA)	●			□		
3	BMW Manufacturing (Thailand) Co., Ltd.	BMW, MINI	●		●			
4	BYD Auto (Thailand) Co., Ltd.	BYD				□		
5	Ford Motor Company (Thailand) Ltd.	Ford					●	
6	FOMM (Aisa) Co., Ltd.	FOMM				●		
7	Great Wall Motor Manufacturing (Thailand) Co., Ltd.	Haval	●	●	●	□		
8	Green Filter Co., Ltd.	VOLT				□		
9	Honda Automobile (Thailand) Co., Ltd.	Honda	●	●		◇		
10	Horizon Plus Co., Ltd.	White label						
11	Isuzu Motor Thailand Co., Ltd.	Isuzu					●	
12	Mercedes-Benz Manufacturing (Thailand) Co., Ltd	Mercedes-Benz	●		●	◆		
13	Mine Mobility (Thailand) Co., Ltd.	Mine						□
14	Mitsubishi Motors (Thailand) Co., Ltd.	Mitsubishi	●		●		●	
15	Nissan Motor (Thailand) Co., Ltd.	Nissan	●	●		◇	●	
16	SAIC MOTOR - CP Co.,Ltd.	MG	●		●	□	●	
17	Suzuki Motor (Thailand) Co., Ltd.	Suzuki	●					
18	Takano Auto Thailand Co., Ltd.	Takano						●
19	Tan Chong Subaru Automotive (Thailand) Co., Ltd.	Subaru	●					
20	Toyota Motor Thailand Co., Ltd.	Toyota	●	●		□	●	
Note ● Start of operation ◇ BOI Approve BEV project □ MOU with Excise department ◆ Production under the BOI scheme ■ Production under the Excise department scheme								

ที่มา: รวบรวมโดยคณะผู้วิจัย

ตารางที่ 3-8 ผู้ผลิตรถตู้ รถโดยสาร และรถบรรทุกในประเทศไทย

No.	Company name	Brand	Van		Bus		Truck	
			ICE	BEV	ICE	BEV	ICE	BEV
1	Absolute Assembly Company Limited	EA Bus				●		
2	Cho Thavee PCL.	Cho Thavee			●	●	●	●
3	Foton CP Motor Co., Ltd.	Foton					●	
4	Hino Motors Manufacturing (Thailand) Ltd.	Hino			●		●	
5	Isuzu Motor Thailand Co., Ltd.	Isuzu			●		●	
6	Nex Point Public Company Limited	Nex				●		●
7	Panus Assembly Co., Ltd.	Panus			●	●	●	●
8	Sakun C Innovation Company Limited	Sakun C			●	●		
9	Scania Manufacturing (Thailand) Co., Ltd	Scania			●		●	
10	Thai-Swedish Assembly Co., Ltd.	Volvo, UD			●		●	
11	Toyota Auto Works Company Limited	Toyota	●					
Note ● Start of operation ◇ BOI Approve BEV project ◆ Production under the BOI scheme □ MOU with Excise department ■ Production under the Excise department scheme								

ที่มา: รวบรวมโดยคณะผู้วิจัย

ตารางที่ 3-9 ผู้ผลิตรถจักรยานยนต์ในประเทศไทย

No.	Company name	Brand	Motorcycle	
			ICE	BEV
1	BMW Manufacturing (Thailand) Co., Ltd.	BMW	●	
2	Deco Green Energy Co., Ltd.	Deco		■
3	Ducati Motor (Thailand) Co., Ltd.	Ducati	●	
4	Edison Motor Co., Ltd.	Edison		●
5	Etran (Thailand) Company Limited.	Etran		
6	GP Motor (Thailand) Co., Ltd.	GPX	●	
7	Harley-Davidson (Thailand) Co., Ltd.	Harley-Davidson	●	
8	H SEM Motor Co., Ltd	H SEM		□
9	I-Motor Manufacturing Co., Ltd.	i-Motor		●
10	Kawasaki Motors Enterprise (Thailand) Co., Ltd.	Kawasaki	●	
11	Power Stalian Co., Ltd.	White label	●	
12	SWAG EV Co., Ltd.	SWAG		●
13	Siam Green Energy Electric Co., Ltd.	n.a.		●
14	Tatung (Thailand) Co., Ltd.	Tatung		●
15	Thai Honda Manufacturing Co., Ltd.	Honda	●	□
16	Thai Suzuki Motor Co., Ltd.	Suzuki	●	
17	Thai Yamaha Motor Co., Ltd.	Yamaha	●	
18	Triumph Motorcycles (Thailand) Ltd.	Triumph	●	
Note ● Start of operation □ MOU with Excise department ■ Production under the Excise department scheme				

ที่มา: รวบรวมโดยคณะผู้วิจัย

ตารางที่ 3-10 ผู้ผลิตแบตเตอรี่สำหรับยานยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทย

No.	Battery Pack Assembly	Supply for	HEV	PHEV	BEV
1		Honda Automobile (Thailand) Co., Ltd. (In-house production)	●		
2		Toyota Motor Thailand Co., Ltd. (In-house production)	●		
3	Nissan Powertrain (Thailand) Co., Ltd.	Nissan Motor (Thailand) Co., Ltd.	●		
4	Thonburi Energy Storage Manufacturing Co., Ltd	Mercedes-Benz Manufacturing (Thailand) Co., Ltd		●	●
5	DTS Draexlmaier Automotive Systems (Thailand) Co., Ltd.	BMW Manufacturing (Thailand) Co., Ltd.		●	
6	MMTh Engine Co., Ltd.	Mitsubishi Motors (Thailand) Co., Ltd.		●	
7		SAIC Motor - CP Co., Ltd. (In-house production)		●	
8		Absolute Assembly Co., Ltd. (In-house production)			●
9	BYD auto components (Thailand) Co., Ltd	BYD Auto (Thailand) Co., Ltd.			○
10	Svolt Energy Technology (Thailand) Co., Ltd.	Great Wall Motor Manufacturing (Thailand) Co., Ltd.			○
11	Svolt Energy Technology (Thailand) Co., Ltd.	Neta Auto (Thailand) Co., Ltd. (Assembly by Bangchan General Assembly Co., Ltd.)			○
Note ● Start of operation ○ Plan for production					

ที่มา: รวบรวมโดยคณะผู้วิจัย

ผลจากมาตรการส่งเสริมการผลิตและการใช้งาน พบว่า ผู้เล่นรายสำคัญในอุตสาหกรรมการผลิตยานยนต์ไฟฟ้าจะเป็นผู้ผลิตรถยนต์สัญชาติจีนเป็นหลัก โดยคาดการณ์ว่าภายในปี ค.ศ. 2025 จะเกิดการผลิตรถยนต์ไฟฟ้าประมาณ 100,000 คัน เพื่อให้เป็นไปตามเงื่อนไขของมาตรการ EV3 และผู้ผลิตรถยนต์เหล่านี้ต้องใช้ชิ้นส่วนที่ผลิตในประเทศ ซึ่งความเป็นไปได้ของการใช้ชิ้นส่วนในประเทศมีสามรูปแบบ ดังนี้ **หนึ่ง** ใช้ชิ้นส่วนจากผู้ผลิตในประเทศไทย **สอง** ให้พันธมิตรทางธุรกิจในประเทศจีนมาลงทุนผลิตชิ้นส่วนในประเทศไทย ซึ่งอาจเป็นการลงทุนโดยตรงหรือร่วมทุนกับผู้ประกอบการไทย และ **สาม** ผลิตชิ้นส่วนนั้น ๆ เองในโรงงานประกอบรถยนต์ อย่างไรก็ตาม การเข้าไปเป็นผู้ผลิตในห่วงโซ่อุปทานของผู้ผลิตรถยนต์สัญชาติจีนยังมีความท้าทายที่ผู้ผลิตชิ้นส่วนสัญชาติไทยต้องพบเจอ ดังนี้ **ประการแรก** ชิ้นส่วนที่ผลิตในประเทศจีนและนำเข้ามาในประเทศไทยจะมีต้นทุนถูกกว่าชิ้นส่วนที่ผลิตในประเทศไทย เนื่องจากปริมาณการผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ในประเทศไทยจีนมีจำนวนมากทำให้สามารถใช้ประโยชน์ต่อการประหยัดต่อขนาด (Economy of Scale) ส่งผลให้ต้นทุนต่ำกว่า นอกจากนั้นการผู้ผลิตชิ้นส่วนในประเทศจีนสามารถอาศัยข้อได้เปรียบนี้ไปเสนอเป็นผู้ผลิตชิ้นส่วนให้กับผู้ผลิตรถยนต์ในประเทศอื่น และจะส่งผลให้ต้นทุนในการผลิตต่ำลงไปได้อีก และ **ประการที่สอง** รูปแบบการจัดซื้อชิ้นส่วน (ฮาร์ดแวร์) ที่เกี่ยวข้องกับซอฟต์แวร์จะซื้อแบบรวมระบบ มีโอกาสน้อยที่จะแยกซื้อฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์จากผู้ผลิตต่างรายกัน หรือเป็นผู้ผลิตรายใหม่ที่ไม่เคยซื้อขายกันมาก่อน เนื่องจากผู้ผลิตรถยนต์ และ/หรือ ผู้ผลิตชิ้นส่วน Tier1 สัญชาติจีน เห็นว่าซอฟต์แวร์ของระบบสำคัญในรถยนต์ไฟฟ้ามีความสำคัญ และการออกแบบและผลิตชิ้นส่วนฮาร์ดแวร์ จำเป็นต้องคำนึงถึงการทำงานร่วมกับ

ซอฟต์แวร์ ส่งผลให้ผู้ผลิตรถยนต์ และ/หรือ ผู้ผลิตชิ้นส่วน Tier1 สัญชาติจีน มีแนวโน้มที่จะผลิตชิ้นส่วนฮาร์ดแวร์ที่ใช้ร่วมกับซอฟต์แวร์ด้วยตนเองเพื่อเป็นการรักษาความลับทางการค้า ด้วยเหตุนี้เอง ผู้ผลิตชิ้นส่วนสัญชาติไทยจะต้องรับทราบถึงข้อเท็จจริงที่เปลี่ยนแปลงไปกับการทำงานร่วมกับผู้ผลิตรถยนต์สัญชาติจีน และวางแผนการดำเนินธุรกิจของตนเองให้เหมาะสมกับบริบทที่เปลี่ยนแปลงไป เมื่ออุตสาหกรรมยานยนต์ไฟฟ้าเกิดขึ้นในประเทศไทย

บทที่ 4 การเปลี่ยนแปลงของชิ้นส่วนยานยนต์ จากการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยี

จากการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีไปสู่ยานยนต์สมัยใหม่ ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในชิ้นส่วนยานยนต์ จำแนกได้เป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มชิ้นส่วนที่เพิ่มใหม่ กลุ่มชิ้นส่วนที่หายไป และกลุ่มชิ้นส่วนที่ต้องปรับปรุงคุณลักษณะหรือฟังก์ชันการทำงานบางประการ รวมไปถึงเทคโนโลยีวัสดุ โดยมีรายละเอียดชิ้นส่วนที่เปลี่ยนแปลงดังนี้

4.1 การเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีต่อชิ้นส่วนยานยนต์ปัจจุบัน

4.1.1 กลุ่มช่วงล่าง

กลุ่มช่วงล่าง (Chassis system) ประกอบด้วย ระบบเบรก (Braking system) ระบบบังคับเลี้ยว (Steering system) ระบบกันสะเทือน (Suspension system) ระบบล้อ (Wheel system) และโครงและเพลา (Axles and Frame) ชิ้นส่วนในกลุ่มนี้ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก ยกเว้นในระบบเบรกที่จากเดิมใช้ระบบหม้อลมเบรก (Brake booster) จะต้องถูกเปลี่ยนเป็นระบบหม้อลมเบรกไฟฟ้า (Electric brake booster) เนื่องจากระบบหม้อลมเบรกจะต้องใช้การทำงานของเครื่องยนต์เพื่อช่วยในการผ่อนแรงในการเหยียบแป้นเบรก (ดังแสดงในรูปที่ 4-1)



รูปที่ 4-1 หม้อลมเบรกไฟฟ้า (Electric brake booster)

ที่มา: ZF

นอกจากระบบหม้อลมเบรกที่เปลี่ยนเป็นระบบหม้อลมเบรกไฟฟ้าจากการเปลี่ยนแปลงของระบบต้นกำลังของรถยนต์แล้ว ในปัจจุบันระบบเบรกมือยังถูกเปลี่ยนเป็นระบบเบรกมือไฟฟ้า (Electric parking brake system) เพื่อเพิ่มความสะดวกสบายให้แก่ผู้ขับขี่ รวมไปถึงทำให้ระบบเบรกสามารถถูกสั่งงานด้วยสัญญาณทางไฟฟ้าได้ กลายเป็นระบบควบคุมเบรกด้วยสัญญาณ (Brake-by-wire) โดย ระบบ Brake-by-wire ในปัจจุบันสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ลักษณะ ดังนี้

- 1) Cable puller เป็น ระบบ Brake-by-wire ที่ใช้แรงขับจากมอเตอร์ขนาดเล็กที่อยู่ใน Cable puller เพื่อสร้างแรงดึงให้แก่สลิงเบรกมือ แทนที่แรงดึงจากคันเบรกมือในห้องโดยสาร การปรับเปลี่ยนระบบเบรกมือมาใช้ระบบ Brake-by-wire ชนิดนี้ เป็นการปรับเปลี่ยนที่เรียบง่ายที่สุด โดยปรับเปลี่ยนเฉพาะต้นกำลังของแรงดึงสปริงเพียงเท่านั้น ในขณะที่ชิ้นส่วนอื่น ๆ ในระบบเบรก

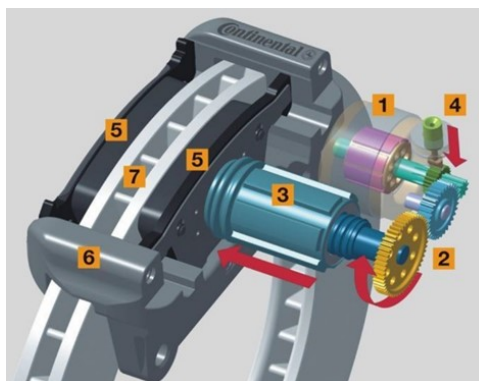
ยังมีลักษณะคงเดิม ระบบ Brake-by-wire ชนิดนี้ สามารถใช้ได้กับระบบดิสเบรกและระบบดรัมเบรก (รูปที่ 4-2)

- 2) Motor-on-caliper นิยมใช้กับระบบเบรกแบบดิสเบรก โดยแต่เดิมหากไม่มีการติดตั้งระบบ Brake-by-wire ลูกสูบดิสเบรกหลังจะติดตั้งกลไกเบรกมือ ที่ใช้แรงดึงจากสลิงขับลูกสูบให้เคลื่อนที่เพื่อเบรกอยู่แล้ว โดยระบบ Brake-by-wire จะใช้แรงขับจากมอเตอร์เล็ก ซึ่งติดตั้งไว้ที่บริเวณลูกสูบของระบบดิสเบรก เป็นแรงขับเพื่อดันให้ลูกสูบทำงาน ระบบ Brake-by-wire ชนิดนี้ปรับเปลี่ยนเพียงชุดเบรกมือที่ติดตั้งบริเวณลูกสูบของระบบดิสเบรกเท่านั้น อุปกรณ์อื่นในระบบเบรกรยังคงมีลักษณะคงเดิม แต่อย่างไรก็ดี หากมีการพัฒนาให้มอเตอร์ขนาดเล็กมีกำลังเทียบเท่ากับระบบไฮดรอลิกของระบบเบรกแบบเดิมได้ ระบบ Brake-by-wire อาจใช้เพียงแค่มอเตอร์เป็นกำลังขับหลักเท่านั้น (รูปที่ 4-3)
- 3) Electric brake master cylinder เป็นการดัดแปลงต้นกำลังไฮดรอลิกของระบบเบรก โดยใช้มอเตอร์ขนาดเล็กที่ติดตั้งอยู่บริเวณหม้อลมเบรก (Brake booster) หรือแม่ปั้มเบรก (Brake master cylinder) แทนต้นกำลังจากก้านเบรกภายในห้องโดยสาร โดยระบบ Brake-by-wire ชนิดนี้ สามารถใช้งานได้กับระบบดิสเบรกและระบบดรัมเบรก และปรับเปลี่ยนเพียงแค่แหล่งกำเนิดแรงดันไฮดรอลิกเท่านั้น ชิ้นส่วนในระบบเบรกอื่น ๆ ยังคงมีลักษณะเดิม โดยอาจมีระบบเบรกมือเพิ่มเติมด้วยก็ได้ (รูปที่ 4-4)



รูปที่ 4-2 ระบบ Brake-by-wire แบบ Cable puller

ที่มา: KYEONG-JIN Precision



รูปที่ 4-3 ระบบ Brake-by-wire แบบ Motor-on-caliper

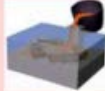
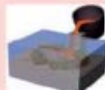
ที่มา: Continental



รูปที่ 4-4 ระบบ Brake-by-wire แบบ Electric brake master cylinder

ที่มา: Nissan

นอกจากนี้ผู้ผลิตชิ้นส่วนมีแนวโน้มที่จะเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีวัสดุในระบบเบรก โดยเริ่มใช้อลูมิเนียมร่วมกับเหล็กกล้าในชิ้นส่วนดิสเบรกโดยใช้เทคโนโลยี Dual Cast กล่าวคือส่วนรอบนอกของดิสเบรกที่เป็นพื้นที่ในการสร้างแรงเสียดทานยังคงใช้วัสดุเดิม คือ เหล็กกล้าความแข็งแรงสูง (High Strength Steel: HSS) แต่ในส่วนภายในดิสเบรกที่ยึดดิสเบรกเข้ากับคัมล้ออาจเปลี่ยนวัสดุเป็นอลูมิเนียมหล่อ (Cast Aluminum) เพื่อลดน้ำหนัก ดังแสดงในรูปที่ 4-5

Suspension Front Brake Rotor		LIGHTWEIGHTING	MATERIALS	PROCESSES
 Toyota Venza 2009 Front Brake Rotor  Brembo Dual Cast Rotor	Conventional		Cast Iron	Casting 
	Moderate		Cast Aluminum Hub with Cast Iron Ring	Casting 
	Extreme		Cast Aluminum Hub with Cast Iron Ring	Casting 

รูปที่ 4-5 สรุปแนวโน้มเทคโนโลยีวัสดุของกลุ่มแชสซี : ดิสเบรก

ที่มา: สถาบันยานยนต์ (2018)

สำหรับระบบบังคับเลี้ยว ที่เดิมพวงมาลัยพาวเวอร์ใช้ระบบไฮดรอลิกเสริมแรงการบังคับพวงมาลัย โดยใช้แรงดันน้ำมันจากปั๊มน้ำมันไฮดรอลิกที่ใช้เครื่องยนต์ในการสร้างแรงดัน แต่เนื่องจากรถยนต์ไฟฟ้าไม่มีเครื่องยนต์ ทำให้ระบบพวงมาลัยพาวเวอร์เปลี่ยนมาเป็นการเสริมแรงจากมอเตอร์ไฟฟ้า (Electric power steering system) ทั้งนี้ ระบบพวงมาลัยพาวเวอร์ไฟฟ้า (Electric power steering system) ได้ถูกนำมาใช้ในรถยนต์เครื่องยนต์สันดาปภายในบ้างแล้ว โดยระบบพวงมาลัยพาวเวอร์ไฟฟ้า สามารถพัฒนา

ต่อยอดเป็นระบบควบคุมพวงมาลัยด้วยสัญญาณ (Steer-by-wire) ผ่านการพัฒนากล่องควบคุมของระบบพวงมาลัยพาวเวอร์ไฟฟ้า โดยระบบ Steer-by-wire สามารถแบ่งออกตามลักษณะการติดตั้งมอเตอร์ต้นกำลังได้ดังแสดงใน รูปที่ 4-6

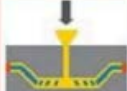


รูปที่ 4-6 ระบบควบคุมพวงมาลัยด้วยสัญญาณ (Steer-by-wire)

A) Column assist EPS B) Pinion assist EPS C) Rack assist EPS

ที่มา: <https://www.nexteer.com/>

กรณีโครงและเพลเป็นหนึ่งในโครงสร้างรถยนต์ซึ่งเป็นชิ้นส่วนที่พัฒนาต่อเนื่องมาเป็นระยะเวลานาน มีแนวโน้มที่จะพัฒนาเพิ่มเติมเพื่อลดน้ำหนักของรถยนต์ลง โดยชิ้นส่วนที่รับแรงไม่มากเปลี่ยนจากวัสดุเหล็กเหนียว (Mild Steel) และเหล็กกล้าความแข็งแรงสูง (High Strength Steel: HSS) เป็นเหล็กกล้าความแข็งแรงสูง (High Strength Steel: HSS) และอลูมิเนียมไปจนถึงการใช้คาร์บอนไฟเบอร์ (Carbon Fiber) ดังแสดงในรูปที่ 4-7 ในส่วนของโครงสร้างรถยนต์ที่รับแรง และกันชนวัสดุมีแนวโน้มที่จะใช้อลูมิเนียม (Aluminum) แมกนีเซียม (Magnesium) และพลาสติก (Plastic) เพิ่มขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 4-8 และรูปที่ 4-9

Inner Panel Body Structure		LIGHTWEIGHTING	MATERIALS	PROCESSES	
 Audi A8 2018		Conventional	Mild Steel < 300 MPa	Roll Forming	Tube Forming
			HSS > 300 MPa		
 		Moderate	HSS > 300 MPa	Roll Forming	Tube Forming
			Aluminum 5XXX 6XXX		 Extrusion
 		Extreme	Composites CFRP	Resin Injection 	

รูปที่ 4-7 สรุปแนวโน้มเทคโนโลยีวัสดุของกลุ่มแอสซี : โครงสร้างรถยนต์

ที่มา: สถาบันยานยนต์ (2018a)

Inner Panel Chassis		LIGHTWEIGHTING	MATERIALS	PROCESSES
 	Conventional		HSS Aluminum	Stamping 
	Moderate		Aluminum	Stamping & Welding 
	Extreme		Magnesium Plastic & Foam	Casting & Stamping 

รูปที่ 4-8 สรุปแนวโน้มเทคโนโลยีวัสดุของกลุ่มแชสซี : โครงสร้างรถยนต์ที่ต้องการความแข็งแรง
ที่มา: สถาบันยานยนต์ (2018a)

Inner Panel Front and Rear Bumpers		LIGHTWEIGHTING	MATERIALS	PROCESSES
 	Conventional		Mild Steel < 300 MPa HSS > 300 MPa	Roll Forming 
	Moderate		HSS > 300 MPa Aluminum 5XXX 6XXX	Roll Forming Extrusion 
	Extreme		Magnesium	Casting 

รูปที่ 4-9 สรุปแนวโน้มเทคโนโลยีวัสดุของกลุ่มแชสซี : กันชน
ที่มา: สถาบันยานยนต์ (2018a)

4.1.2 กลุ่มระบบส่งกำลัง

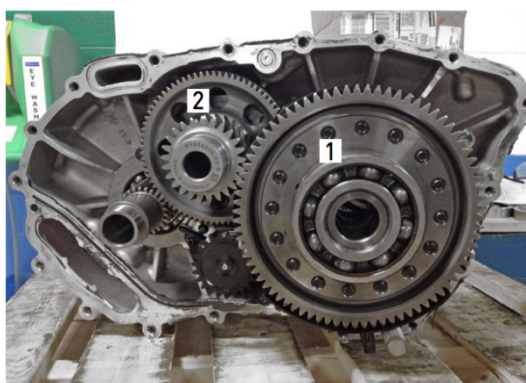
กลุ่มระบบส่งกำลัง (Powertrain system) ประกอบด้วย ระบบเครื่องยนต์ (Engine system) ระบบเชื้อเพลิง (Fuel system) ระบบไอเสีย (Exhaust system) ระบบขับเคลื่อน (Transmission system) และระบบหล่อเย็น (Cooling system) รวมไปถึงระบบขับเคลื่อนไฟฟ้า (Electric drive system)

เนื่องจากระบบเครื่องยนต์สันดาปและระบบเชื้อเพลิงจะถูกแทนที่ด้วยระบบไฟฟ้าและแบตเตอรี่ ในขณะที่ระบบกำจัดไอเสียจะถูกยกเลิกเนื่องจากไม่มีการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงอีกต่อไป ดังนั้น ชิ้นส่วนที่จะหายไป ได้แก่ ระบบเครื่องยนต์ (Engine system) ระบบเชื้อเพลิง (Fuel system) ระบบไอเสีย (Exhaust system) และ ชุดเกียร์ (Full gear-box) และชิ้นส่วนที่เปลี่ยนแปลง คือ ระบบหล่อเย็น (Cooling system)

ที่เปลี่ยนจากระบบหล่อเย็นของเครื่องยนต์ เป็นระบบหล่อเย็นของมอเตอร์แทน รวมทั้งจะมีชิ้นส่วนที่เพิ่มใหม่คือ Reduction gear โดยมาทดแทน Full gear-box เนื่องจากมอเตอร์ไม่ต้องใช้ระบบทดกำลังที่มีหลายอัตราทดเพื่อให้แรงบิดของเครื่องยนต์มีค่าคงที่ในช่วงความเร็วรอบที่ใช้งาน อีกทั้งมอเตอร์มีแรงบิดคงที่ในช่วงความเร็วรอบที่กว้างกว่าเครื่องยนต์สันดาปภายในด้วย

กลุ่มระบบขับเคลื่อนไฟฟ้า (Electric drive system) เป็นกลุ่มที่มีชิ้นส่วนที่เพิ่มใหม่ขึ้นใหม่ จากการใช้พลังงานไฟฟ้าในการขับเคลื่อนแทนการใช้น้ำมัน โดยชิ้นส่วนในกลุ่มนี้ได้แก่ เกียร์ทดรอบ (Reduction gear) แบตเตอรี่แรงดันสูง (High voltage battery) มอเตอร์ขับเคลื่อน (Traction motor) อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลัง (Power electronic) และสายไฟแรงดันสูง (High voltage wiring) โดยมีรายละเอียดดังนี้

เกียร์ทดรอบ (Reduction gear) เป็นชุดเกียร์ที่มีอัตราทดเดียว เพื่อทดแทนชุดเกียร์หลายอัตราทดที่เคยใช้กับเครื่องยนต์สันดาปภายใน เนื่องจาก มอเตอร์ขับเคลื่อนให้แรงบิดที่คงที่ (Flat torque) ในช่วงความเร็วรอบที่กว้างกว่าเครื่องยนต์สันดาปภายใน ทำให้ไม่จำเป็นต้องใช้เกียร์หลายอัตราทดเพื่อทดให้มีแรงบิดเพียงพอต่อการใช้งานในแต่ละช่วงความเร็ว (รูปที่ 4-10)



รูปที่ 4-10 เกียร์ทดรอบ (Reduction gear)

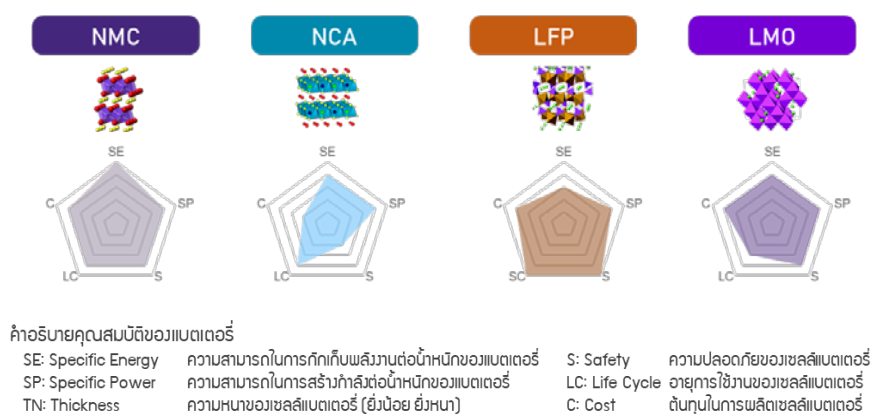
ที่มา: Flodin and Kianian (2021)

แบตเตอรี่แรงดันสูง (High voltage battery) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้กักเก็บพลังงานไฟฟ้าสำหรับการขับเคลื่อนยานยนต์ จึงต้องใช้แบตเตอรี่ที่มีแรงดันไฟฟ้าสูง (ไม่น้อยกว่า 300 โวลต์) ซึ่งแตกต่างจากแบตเตอรี่ที่ใช้สำหรับจ่ายพลังงานให้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และการส่องสว่าง ที่มีแรงดันไฟฟ้าเพียง 12 โวลต์ นอกจากนี้ แบตเตอรี่ที่ใช้สำหรับขับเคลื่อนมีหลายประเภทขึ้นอยู่กับวัสดุหรือวัสดุปฏิกิริยาที่ใช้ผลิตแบตเตอรี่ ซึ่งความแตกต่างดังกล่าวส่งผลโดยตรงต่อคุณสมบัติและสมรรถนะของแบตเตอรี่ ทำให้ผู้ผลิตรถยนต์แต่ละรายเลือกใช้แบตเตอรี่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับการออกแบบยานยนต์และสมรรถนะยานยนต์ที่ต้องการ ตัวอย่างแบตเตอรี่ลิเทียมที่นิยมใช้งานในยานยนต์ไฟฟ้าที่วางจำหน่ายในปัจจุบัน เช่น

- Lithium Nickel Manganese Cobalt Oxide (NMC) ตัวอย่างรถยนต์ไฟฟ้าที่นำไปใช้งาน เช่น Nissan Leaf, BMW i3
- Lithium Nickel Cobalt Aluminum Oxide (NCA) ตัวอย่างรถยนต์ไฟฟ้าที่นำไปใช้งาน เช่น Tesla Model X (Long Range Version)
- Lithium Iron Phosphate (LFP) ตัวอย่างรถยนต์ไฟฟ้าที่นำไปใช้งาน เช่น BYD e6

- Lithium Cobalt Oxide (LMO) ปัจจุบันไม่นิยมใช้ในยานยนต์ไฟฟ้า เนื่องจากอายุการใช้งานสั้น ทั้งนี้ เทคโนโลยีแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้ายังมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องโดยในอนาคตการผลิตแบตเตอรี่อาจใช้เทคโนโลยีของ Tesla เช่น Solvent-free dry-electrode coating technology รวมถึง Solid state battery ที่มีแนวโน้มที่จะสามารถผลิตในเชิงพาณิชย์ได้ในปีอีก 5 ปี ข้างหน้า และวัสดุใหม่ที่จะเข้ามาทดแทนแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน อาทิ โซเดียมไอออน ลิเทียม-แมงกานีส และ ลิเทียมไอออน-ฟอสเฟต (Kwade, 2022)

โดยแบตเตอรี่แต่ละประเภทมีคุณสมบัติแสดงดังรูปที่ 4-11 นอกจากนี้ การใช้งานแบตเตอรี่จำเป็นต้องมีระบบการจัดการแบตเตอรี่ (Batter Management System: BMS) ที่เป็นวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับจัดการพลังงานในแบตเตอรี่ ได้แก่ ควบคุมเซลล์แบตเตอรี่แต่ละเซลล์ที่ต่ออนุกรมกันให้มีแรงดันไฟฟ้าใกล้เคียงกันหรือเท่ากัน ควบคุมกระแสไฟฟ้าของแบตเตอรี่ รวมไปถึงการป้องกันแบตเตอรี่จากสถานะที่ไม่พึงประสงค์ต่าง ๆ เพื่อความปลอดภัยในการใช้งาน เพิ่มประสิทธิภาพให้กับรถ การจัดการอุณหภูมิของแบตเตอรี่ รวมไปถึงการรักษาระดับอุณหภูมิไม่ให้เสื่อมสภาพเร็วเกินไป โดย BMS มักจะถูกติดตั้งมากับแบตเตอรี่เพื่อให้่ายต่อการใช้งาน



รูปที่ 4-11 คุณสมบัติของแบตเตอรี่ประเภทต่าง ๆ

ที่มา: สถาบันยานยนต์ (2022)

ทั้งนี้ เพื่อความปลอดภัยในการใช้งาน แพ็กแบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้ามักจะติดตั้งเซอร์วิสปลั๊ก (Service plug) และกล่องรีเลย์สำหรับไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูง (High voltage DC relay box) มาพร้อมกับแพ็กแบตเตอรี่ด้วย โดยเซอร์วิสปลั๊กที่ถูกปลดออกจะทำให้วงจรแบตเตอรี่ภายในแพ็กแบตเตอรี่ถูกแยกออกเป็นหลายวงจรเพื่อลดแรงดันรวมของแพ็กแบตเตอรี่ให้อยู่ในช่วงที่ปลอดภัยสำหรับการซ่อมบำรุง ในส่วนของกล่องรีเลย์สำหรับไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูง เป็นกล่องอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เสมือนประตูทางออกของกระแสไฟฟ้าของแพ็กแบตเตอรี่ ซึ่งกล่องรีเลย์สำหรับไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูงจะปล่อยกระแสไฟฟ้าออกมาก็ต่อเมื่อผู้ขับขี่สตาร์ทรถยนต์แล้วเท่านั้น



รูปที่ 4-12 เซอร์วิสปลั๊ก (Service plug)

ที่มา: สถาบันยานยนต์ (2018a)

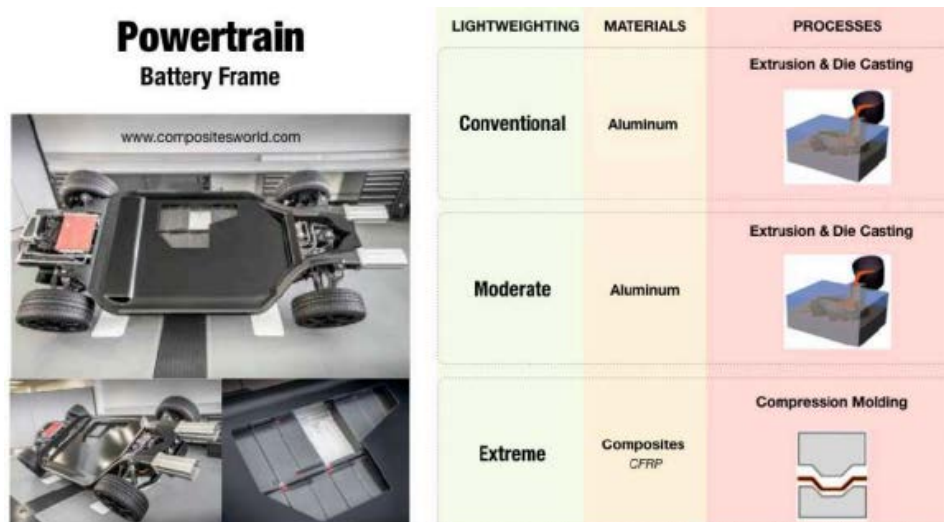


- | | | |
|-----------------------------|-------------------------|------------------|
| 1. Junction box | 4. Pre-charge relay | 7. Terminal hole |
| 2. HV Main relay (positive) | 5. Current sensor | 8. Bus bar |
| 3. HV Main relay (negative) | 6. Communication socket | |

รูปที่ 4-13 กล่องรีเลย์สำหรับไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูง (High voltage DC relay box)

ที่มา: สถาบันยานยนต์ (2018a)

ถึงแม้ว่าแบตเตอรี่สำหรับยานยนต์ไฟฟ้าจะเป็นชิ้นส่วนใหม่ที่เพิ่มเติมเข้ามาหลังจากมีการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยียานยนต์ แต่อย่างไรก็ดี เนื่องจากแบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้ามัมน้ำหนักมาก และมีแนวโน้มที่จะมากขึ้นในอนาคต เนื่องจากผู้ผลิตต้องการยานยนต์ไฟฟ้าที่สามารถวิ่งได้ระยะทางที่ไกลขึ้น วัสดุที่ใช้ผลิตเคสแบตเตอรี่แพ็คอาจถูกเปลี่ยนเป็นคาร์บอนไฟเบอร์ (Carbon Fiber) เพื่อลดน้ำหนักของแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้าลง ดังแสดงในรูปที่ 4-14



รูปที่ 4-14 สรุปแนวโน้มเทคโนโลยีวัสดุของกลุ่มระบบส่งกำลัง : เคสแบตเตอรี่แพ็ก
ที่มา: สถาบันยานยนต์ (2018a)

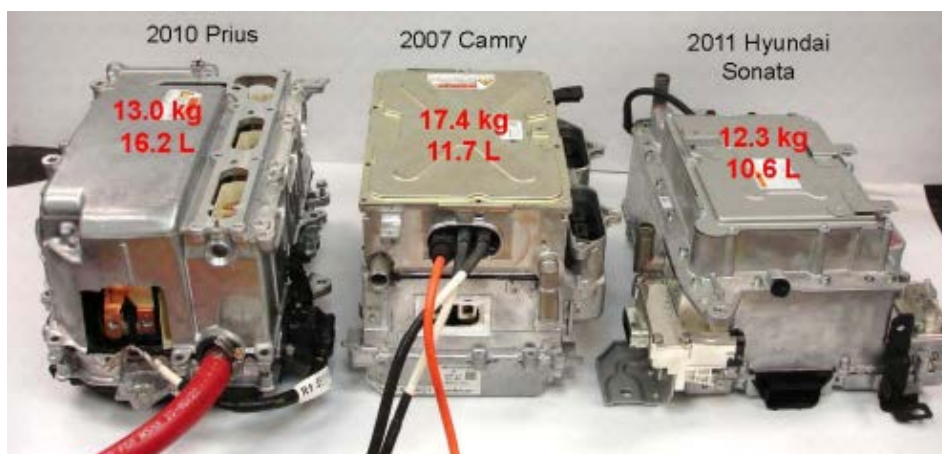
มอเตอร์ขับเคลื่อน (Traction motor) ทำหน้าที่แปลงพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่เป็นพลังงานกลเพื่อใช้ในการขับเคลื่อนรถยนต์ กระบวนการทำงานของมอเตอร์ใช้หลักการของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic field) ที่ทำให้แกนมอเตอร์ (Rotor) หมุน โดยมอเตอร์สามารถจำแนกได้หลายประเภทตามส่วนประกอบของมอเตอร์และการทำงาน ซึ่งมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันไป เช่น Induction motor หรือ Asynchronous motor ใช้หลักการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นที่ Stator ไปเหนี่ยวนำให้ Rotor เกิดการหมุน ข้อดีของมอเตอร์ชนิดนี้คือควบคุมได้ง่าย มีเสถียรภาพ ในขณะที่ Synchronous motor ใช้หลักการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าของ Stator ทำให้ Rotor ซึ่งใช้แม่เหล็กถาวร (Permanent magnet) หรือแม่เหล็กชั่วคราว (Temporary magnet) ในการสร้างสนามแม่เหล็กเกิดการหมุน ข้อดีของมอเตอร์ชนิดนี้คือมีประสิทธิภาพสูง มีความเร็วรอบคงที่ตามการหมุนของสนามแม่เหล็กที่ Stator (รูปที่ 4-15)



รูปที่ 4-15 มอเตอร์ขับเคลื่อน (Traction motor)

ที่มา: Markline, Comparison Data of 12 Traction Motors of Major Electric Vehicles (2020)

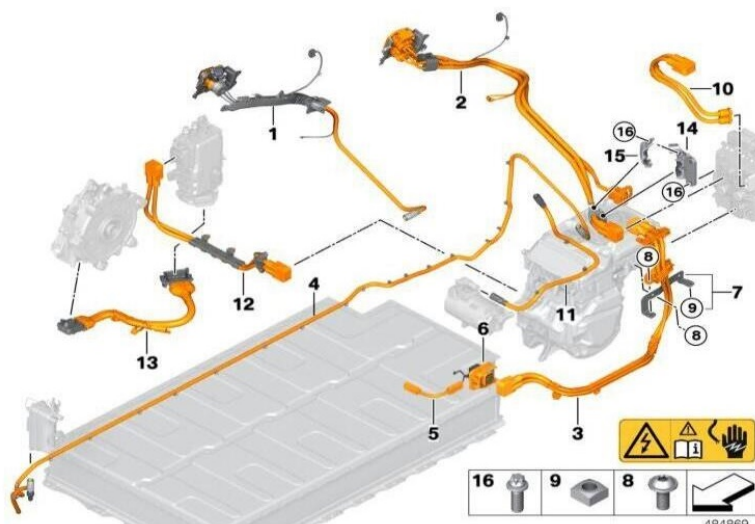
อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลัง (Power electronic) ประกอบด้วย อุปกรณ์แปลงพลังงานไฟฟ้า กระแสตรงให้เป็นกระแสสลับ (Inverter) อุปกรณ์แปลงแรงดันไฟฟ้า (DC converter) และอุปกรณ์ ประจุไฟฟ้าที่อยู่ในยานยนต์ (On-Board Charger) โดยการทำงานแต่ละชิ้นส่วนเป็นดังนี้ **Inverter** ทำหน้าที่ แปลงพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current: DC) จากแบตเตอรี่ ให้เป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating Current: AC) สำหรับจ่ายให้กับมอเตอร์ขับเคลื่อน จากนั้นมอเตอร์ขับเคลื่อนจะเปลี่ยนพลังงาน ไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล โดยความเร็วรอบของมอเตอร์จะแปรผันตามความถี่ของกระแสไฟฟ้าที่ Inverter จ่ายให้ โดย Inverter จะถูกควบคุมด้วยหน่วยควบคุม (Vehicle Control Unit: VCU) อีกต่อหนึ่ง จากนั้น ชุดเกียร์จะทำหน้าที่ลดความเร็วรอบของมอเตอร์ลง ส่งผลให้เกิดแรงบิดเพิ่มขึ้น เพื่อนำไปขับเคลื่อนล้อ ต่อไป สำหรับ **DC Converter** ทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงของแบตเตอรี่ให้เหมาะสมกับอุปกรณ์ อิเล็กทรอนิกส์ที่จะใช้งาน และ **On-Board Charger** คือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีหน้าที่แปลงไฟฟ้า กระแสสลับ (AC) จากเครื่องประจุไฟฟ้าแบบปกติ (ไม่ใช่แบบเร็ว) เป็นไฟฟ้ากระแสตรง (DC) โดยจะมีระบบ ควบคุมและจำกัดปริมาณการไหลของกระแสไฟฟ้าไม่ให้เกินค่าสูงสุดของเครื่องประจุไฟฟ้า และ/หรือ ไม่ให้ เกินค่าที่ยานยนต์จะรับได้ (รูปที่ 4-16)



รูปที่ 4-16 อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลัง (Power electronic)

ที่มา: Burress (2013)

สายไฟแรงดันสูง (High voltage wiring) เป็นอุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับระบบขับเคลื่อนไฟฟ้า เนื่องจากระบบขับเคลื่อนไฟฟ้าใช้ค่าแรงดันทางไฟฟ้าสูงถึง 380 โวลต์ ในขณะที่ระบบไฟฟ้างเดิมของรถยนต์ ใช้ค่าแรงดันทางไฟฟ้าที่ 5 โวลต์สำหรับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และ 12 โวลต์สำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่น ๆ ในรถยนต์ ดังนั้นเพื่อให้เกิดความปลอดภัยในการใช้งาน จึงมีความจำเป็นต้องติดตั้งสายไฟแรงดันสูงเพิ่มเติม เพื่อรองรับระบบไฟฟ้าที่มีแรงดันสูง โดยสายไฟที่มีคุณสมบัติเหมาะสมกับการใช้งานในระบบไฟฟ้าที่แรงดันสูง ต้องเป็นสายไฟที่มีขนาดใหญ่ เพื่อลดความต้านทานภายในสายไฟ ที่หากมีมากเกินไปจะทำให้เกิดค่าความ สูญเสียภายในระบบได้ รวมถึงต้องมีฉนวนกันไฟฟ้าที่รองรับค่าแรงดันไฟฟ้าที่สูงขึ้น เพื่อป้องกันไฟฟ้ารั่วซึ่งอาจ ก่อให้เกิดอันตรายต่อชีวิตของผู้ใช้งานยานยนต์ไฟฟ้าได้ (รูปที่ 4-17)



รูปที่ 4-17 สายไฟแรงดันสูง (High voltage wiring)

ที่มา: BMW

แม้ว่า เทคโนโลยียานยนต์จะส่งผลให้รถยนต์มีแนวโน้มที่จะเปลี่ยนเครื่องต้นกำลังของรถยนต์จากเครื่องยนต์สันดาปภายในเป็นมอเตอร์ขับเคลื่อนแล้ว แต่อย่างไรก็ตามรถยนต์บางประเภทยังคงไม่สามารถเปลี่ยนแปลงไปใช้มอเตอร์ขับเคลื่อนได้ และยังจำเป็นต้องใช้เครื่องยนต์สันดาปภายในเป็นต้นกำลังอยู่ แต่อย่างไรก็ดี เครื่องยนต์สันดาปภายในที่จะถูกนำมาใช้ในอนาคตจะต้องมีความสะอาดมากขึ้นเพื่อผ่านมาตรฐานมลพิษที่จะมีการปรับให้มีความเข้มงวดมากขึ้นเพื่อลดปัญหามลพิษจากฝุ่นละอองขนาดเล็กที่เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์สันดาปภายในโดยตรง (Primary PM_{2.5}) หรือจากการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีของมลพิษชนิดอื่นที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์สันดาปภายใน (Secondary PM_{2.5}) อาทิ ออกไซด์ของไนโตรเจน ออกไซด์ของกำมะถัน แอมโมเนีย และไฮโดรคาร์บอน ซึ่งมาตรฐานการปล่อยมลพิษของรถยนต์ได้มีการกำหนดปริมาณการปล่อยสารดังกล่าวในท่อไอเสีย ส่งผลให้ผู้ผลิตรถยนต์ต้องนำเทคโนโลยีต่าง ๆ มาประยุกต์ใช้เพื่อลดปริมาณการปล่อยมลพิษ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

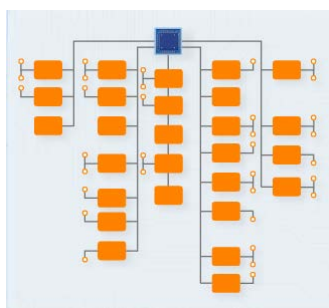
- การใช้เทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้า เพื่อลดการทำงานของเครื่องยนต์สันดาปภายใน ที่เป็นสาเหตุของการปล่อยมลพิษลง โดยเมื่อผู้ผลิตรถยนต์เลือกที่จะใช้เทคโนโลยีนี้จะส่งผลกระทบต่อชิ้นส่วนดังที่ได้กล่าวไปข้างต้น
- การพัฒนาการเผาไหม้ในห้องเผาไหม้ เพื่อปรับปรุงให้การเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลมีความสมบูรณ์มากขึ้น โดยเทคโนโลยีส่วนใหญ่อาศัยการพัฒนาให้หัวฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงสามารถฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีแรงดันสูง ฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าไปในห้องเผาไหม้โดยตรงเพื่อให้เชื้อเพลิง และอากาศผสมจนเป็นเนื้อเดียวกัน (Homogenous) ซึ่งจะทำให้การเผาไหม้มีความสมบูรณ์มากขึ้น
- การใช้ระบบบำบัดไอเสีย (Aftertreatment) เป็นการติดตั้งชิ้นส่วนที่เร่งให้เกิดปฏิกิริยาเคมีภายในระบบไอเสีย (Catalytic Converter) เพื่อลดปริมาณมลพิษต่างๆ ที่เป็นแหล่งกำเนิด Secondary PM_{2.5} และรวมไปถึงลดการปล่อย PM_{2.5} ภายในระบบไอเสียก่อนที่จะถูกปล่อยสู่สภาพแวดล้อมภายนอก

4.1.3 กลุ่มไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

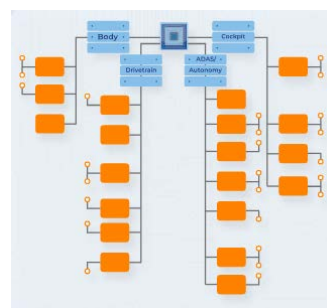
กลุ่มไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (Electrical and Electronics) ประกอบด้วย ชุดควบคุม (Control unit) มอเตอร์ และตัวกระตุ้นให้ทำงาน (Motor and Actuator) อุปกรณ์สำหรับระบบสื่อสารและความบันเทิง (Communication and entertainment) และ แบตเตอรี่สำหรับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และการส่องสว่าง (Electricity supply)

เป็นกลุ่มที่ต้องปรับปรุงชิ้นส่วนเดิมเกือบทั้งหมด ได้แก่ ชุดควบคุม (Control unit) มอเตอร์ และตัวกระตุ้นให้ทำงาน (Motor and Actuator) อุปกรณ์สำหรับระบบสื่อสารและความบันเทิง (Communication and entertainment) และมีชิ้นส่วนใหม่ที่เพิ่มเติม คือระบบช่วยเหลือผู้ขับขี่ขั้นสูง (Advance Driver Assist System: ADAS)

ชุดควบคุม (Control Unit) เปรียบเสมือนกับสมองของยานยนต์ ทำหน้าที่ประมวลผลและสั่งการทำงานส่วนต่าง ๆ ของยานยนต์ โดยชุดควบคุมจะรับข้อมูลจากเซ็นเซอร์ต่าง ๆ ที่อยู่รอบตัวยานยนต์ เช่น รับข้อมูลจากการกดคันเร่ง จากนั้นประมวลผลและสั่งการผ่าน Inverter เพื่อควบคุมการจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับมอเตอร์ เป็นต้น ทั้งนี้ ในอดีตระบบควบคุมการทำงานของรถยนต์เริ่มต้นจากการใช้อุปกรณ์ทางกล (Mechanic Mechanism) สำหรับควบคุมการทำงานของรถยนต์ ก่อนที่จะพัฒนาระบบอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับควบคุมการทำงานของรถยนต์ผ่านชุดควบคุม โดยเริ่มต้นจากการควบคุมการทำงานของระบบเครื่องยนต์ก่อน จนกระทั่งเทคโนโลยีด้านไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์มีการพัฒนา ทำให้ระบบอื่น ๆ ในรถยนต์ เริ่มใช้ชุดควบคุมอิเล็กทรอนิกส์เพื่อควบคุมการทำงานด้วยเช่นกัน แต่อย่างไรก็ดี จากเทคโนโลยีของรถยนต์ในแต่ละระบบที่ไม่ได้ถูกพัฒนาร่วมกัน รวมไปถึงความสามารถในการประมวลผลของชุดควบคุมที่มีอย่างจำกัด ทำให้รูปแบบการควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ ในรถยนต์ถูกแยกออกไปตามกลุ่มชิ้นส่วน (Module) โดยมีชุดควบคุมย่อยเพื่อควบคุมการทำงานของกลุ่มชิ้นส่วนนั้น ๆ และแต่ละกลุ่มชิ้นส่วนจะทำงานสอดคล้องกันโดยการควบคุมจากระบบควบคุมกลางของรถยนต์ แต่ในปัจจุบันรถยนต์เริ่มใช้ระบบไฟฟ้าในการควบคุมอุปกรณ์มากขึ้น รวมไปถึงเทคโนโลยียานยนต์ที่พัฒนาไปในรูปแบบยานยนต์สมัยใหม่ ทำให้การพัฒนาของรถยนต์เริ่มออกแบบร่วมกันในหลายระบบ รวมไปถึงความสามารถของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มีประสิทธิภาพมากขึ้น ส่งผลให้รูปแบบการควบคุมอุปกรณ์ในรถยนต์มีแนวโน้มที่จะพัฒนาไปโดยใช้ชุดควบคุมกลางอีกครั้งดังเช่นในอดีต แต่อาจใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น เพื่อรองรับการทำงานของอุปกรณ์ในรถยนต์ที่มีจำนวน และความซับซ้อนที่เพิ่มมากขึ้นด้วย ดังแสดงในรูปที่ 4-18



(a) Central Control Architecture



(b) Domain Control Architecture

รูปที่ 4-18 โครงสร้างของชุดควบคุมของรถยนต์

ที่มา: Guardknox, The evolutionary path to zonal E/E architecture. Retrieved from <https://blog.guardknox.com/the-evolutionary-path-to-zonal-ee-architecture>

มอเตอร์และตัวกระตุ้นให้ทำงาน (Motor and Actuator) เป็นอุปกรณ์สำคัญทำหน้าที่แปลงสัญญาณทางไฟฟ้าให้กลายเป็นการเคลื่อนที่ทางกล สำหรับควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ ในรถยนต์ อาทิ มอเตอร์ที่ปั้มน้ำฝน มอเตอร์กระจกไฟฟ้า ทั้งนี้ มอเตอร์และตัวกระตุ้นให้ทำงาน มีแนวโน้มที่จะมีจำนวนเพิ่มขึ้น และมีความซับซ้อนมากขึ้น เนื่องจากรถยนต์มีแนวโน้มที่จะถูกควบคุมโดยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และสัญญาณทางไฟฟ้าเพิ่มขึ้น นอกจากนั้น มอเตอร์และตัวกระตุ้นให้ทำงาน จะต้องถูกออกแบบให้สามารถทำงานที่มีความซับซ้อนเพิ่มขึ้นได้ เนื่องจากการควบคุมทางไฟฟ้าของอุปกรณ์ต่าง ๆ ในรถยนต์จะครอบคลุมไปถึงอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมการเคลื่อนที่ของรถยนต์ด้วย

อุปกรณ์สำหรับระบบสื่อสารและความบันเทิง (Communication and entertainment) เริ่มถูกใช้งานในรถยนต์มากขึ้น จากการพัฒนาอย่างรวดเร็วของเทคโนโลยีสารสนเทศ ทำให้ผู้บริโภคสามารถเข้าถึงความบันเทิงและบริการทางดิจิทัลได้มากขึ้น ทั้งนี้ ปฏิเสธไม่ได้ว่าในปัจจุบันการเดินทางเป็นส่วนหนึ่งของชีวิตประจำวันของผู้บริโภค ผู้ผลิตรถยนต์จึงมีแนวคิดนำระบบสื่อสารและความบันเทิงเข้ามาติดตั้งในรถยนต์เพื่อให้ผู้บริโภคสามารถเข้าถึงความบันเทิงและบริการทางดิจิทัลในขณะที่เดินทางได้

ทั้งนี้ ความสำคัญของอุปกรณ์สำหรับระบบสื่อสารและความบันเทิง นอกจากตัวอุปกรณ์ (Hardware) การพัฒนาซอฟต์แวร์และแอปพลิเคชัน (Software and Applications) ให้ตอบโจทย์ความต้องการของผู้บริโภคก็เป็นสิ่งจำเป็นเช่นเดียวกัน โดยปัจจุบันซอฟต์แวร์และแอปพลิเคชันส่วนใหญ่ยังคงเป็นสื่อความบันเทิงที่ทำให้ผู้โดยสารสามารถเข้าถึงได้ขณะโดยสารอยู่ในรถยนต์ ทั้งนี้ ผู้ผลิตรถยนต์หลายรายเริ่มพัฒนาและร่วมมือกับผู้ให้บริการรายอื่นเพื่อสร้างประสบการณ์การให้บริการด้านต่าง ๆ อาทิ การจองที่พักหรือร้านอาหาร ให้แก่ผู้บริโภค

ระบบช่วยขับขี่ขั้นสูงและระบบขับขี่อัตโนมัติ (Advance Driver Assist and Autonomous Driving System: ADAS/AD) ประกอบด้วย อุปกรณ์ตรวจจับต่าง ๆ (Sensor) และซอฟต์แวร์ประมวลผลสำหรับอุปกรณ์ตรวจจับ (Sensor) ที่ใช้ในระบบช่วยเหลือนักขับขี่ขั้นสูงมีดังนี้

- Radio detection and ranging (Radar) เป็นระบบตรวจจับ (Sensor) ที่ใช้สัญญาณวิทยุตรวจจับการมีอยู่และระยะของวัตถุ โดย Radar สามารถตรวจจับวัตถุได้ทั้งระยะใกล้และไกล แต่ระยะการตรวจจับวัตถุจะแปรผกผันกับองศาที่ Radar จะตรวจจับวัตถุได้ กล่าวคือ หากต้องการตรวจจับวัตถุในระยะไกล จะมียกเว้นในการตรวจจับแคบ แต่หากต้องการตรวจจับวัตถุในระยะใกล้ จะมียกเว้นในการตรวจจับกว้างกว่า โดย Radar มีข้อดีคือสามารถใช้งานได้ในทุกสภาพอากาศและมีราคาถูกกว่า Lidar แต่อย่างไรก็ดี Radar ยังมีข้อเสียด้านการตรวจจับรูปทรงของวัตถุ
- Light detection and ranging (Lidar) มีการทำงานคล้าย Radar แต่ใช้แสงเป็นตัวกลางในการตรวจจับวัตถุแทนสัญญาณวิทยุ โดย Lidar มีข้อดีด้านระยะในการตรวจจับที่ไกล และมียกเว้นในการตรวจจับที่กว้าง รวมไปถึงมีความละเอียดสูงทำให้สามารถตรวจจับรูปทรงของวัตถุได้ แต่อย่างไรก็ดี การใช้ Lidar ก็ต้องแลกมาด้วยข้อเสียที่การทำงานจะมีประสิทธิภาพลดลงในสภาพอากาศที่แฉะ และมีราคาสูง
- Ultrasound (Ultrasonic) มีลักษณะการทำงานคล้าย Radar และ Lidar แต่ใช้คลื่นเสียงแทนคลื่นวิทยุและแสง ทำให้ Ultrasound มีระยะตรวจจับที่สั้น เหมาะสำหรับระบบที่ทำงานในความเร็วดำ แต่ Ultrasound มีข้อดีที่มีราคาไม่สูง

- Camera เปรียบเสมือนการจำลองตาของมนุษย์ ที่สามารถจำแนกวัตถุจากลักษณะเฉพาะ (Feature) ได้มากกว่ารูปทรงที่ Lidar สามารถทำได้ ส่งผลให้การใช้ Camera เพิ่มความสามารถในการจำแนกประเภทวัตถุ (Classification) ให้แก่รถยนต์ได้ แต่อย่างไรก็ดีขอบเขตการใช้งาน Camera มีลักษณะคล้ายกับตามนุษย์กล่าวคือ หากอยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีทัศนวิสัยแย่ Camera ก็จะมีประสิทธิภาพลดลง นอกจากนี้ กระบวนการจำแนกประเภทวัตถุ จำเป็นต้องใช้ความสามารถในการคำนวณค่อนข้างสูง ดังนั้นระบบฝังตัว (Embedded System) ที่ใช้งานกับ Camera จึงจำเป็นต้องมีสมรรถนะสูงด้วยเช่นกัน
- Inertial measurement unit (IMU) เป็นระบบตรวจจับ (Sensor) ที่สามารถตรวจจับสถานะของรถยนต์ได้ โดย IMU สามารถตรวจจับความเร่งเชิงเส้น ความเร่งเชิงมุม และทิศทางของรถยนต์ได้ ซึ่งส่วนใหญ่ใช้เพื่อให้ระบบฝังตัว (Embedded System) ทราบว่าในขณะนี้รถยนต์มีสถานะเป็นอย่างไร โดย ราคาของ IMU จะแปรผันกับจำนวนตัวแปรที่ระบบตรวจจับ (Sensor) สามารถตรวจจับได้ โดย IMU ที่สามารถตรวจจับได้ 9 ตัวแปรที่มีความแม่นยำสูง อาจมีราคาหลักหลายแสนบาท
- Global navigation satellite system (GNSS) เป็นอุปกรณ์ที่มีความสามารถระบุตำแหน่งโดยใช้ดาวเทียม ซึ่งเราอาจคุ้นเคยในชื่อ GPS ที่เป็นระบบดาวเทียมระบุตำแหน่งของสหรัฐอเมริกา ข้อดีของ GNSS คือมีราคาถูก และไม่จำเป็นต้องทำแผนที่เพื่อการใช้งาน ในขณะที่ข้อเสียของการใช้ดาวเทียมคือ อาจได้ผลลัพธ์ที่คลาดเคลื่อนในหลักเมตร และหากใช้งานในพื้นที่อับสัญญาณ เช่น ในอุโมงค์หรือในเมืองที่มีอาคารสูง อาจส่งผลให้เกิดการคลาดเคลื่อนมากขึ้น หรือถึงขั้นสัญญาณขาดหายไปได้ (รูปที่ 4-19)



รูปที่ 4-19 เซ็นเซอร์ของระบบช่วยขับขี่ขั้นสูงและระบบขับขี่อัตโนมัติ

ที่มา: Continental, Velodyne, Bosch, Xsense, SunNav

4.1.4 กลุ่มชิ้นส่วนตัวถัง

ถึงแม้ในด้านการทำงานของกลุ่มชิ้นส่วนตัวถัง (Body Parts) จะไม่มีการเปลี่ยนแปลง แต่ปฏิเสธไม่ได้ว่าชิ้นส่วนกลุ่มนี้เป็นชิ้นส่วนที่มีน้ำหนักมากเนื่องจากมีขนาดใหญ่ และเป็นชิ้นส่วนที่ขึ้นรูปจากเหล็กเป็นจำนวนมาก ทำให้ผู้ผลิตชิ้นส่วนมีแนวคิดที่จะลดน้ำหนักของชิ้นส่วนในกลุ่มนี้ลง โดยชิ้นส่วนตัวถังภายนอก จากเดิมใช้เหล็กเหนียว (Mild Steel) และเหล็กกล้าความแข็งแรงสูง (High Strength Steel: HSS) เป็น เหล็กกล้าความแข็งแรงสูง (High Strength Steel: HSS) และอลูมิเนียม ไปจนถึงการใช้คาร์บอนไฟเบอร์ (Carbon Fiber) ดังแสดงใน รูปที่ 4-20 และวัสดุในกลุ่มกระจกมีแนวโน้มที่จะเปลี่ยนเป็นโพลีคาร์บอเนต แสดงดังรูปที่ 4-21

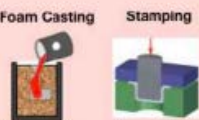
Outer Panel Body Structure		LIGHTWEIGHTING	MATERIALS	PROCESSES
 Audi A8 2016	Conventional		Mild Steel < 300 MPa HSS > 300 MPa	Cold Stamping 
	Moderate		HSS > 300 MPa Aluminum 5XXX 6XXX	Cold & Hot Stamping 
	Extreme		Composites CFRP	Sheet Moulding Compound 

รูปที่ 4-20 สรุปแนวโน้มเทคโนโลยีวัสดุของกลุ่มตัวถัง : ตัวถัง
ที่มา: สถาบันยานยนต์ (2018a)

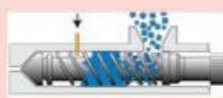
Outer Panel Glazing		LIGHTWEIGHTING	MATERIALS	PROCESSES
 jpwindshields.com  cars-usnews.com	Conventional		Glass	Moulding & Tempering 
	Moderate		Polycarbonate	Vacuum Forming 
	Extreme		Polycarbonate with Multifunctional Windshield	Vacuum Forming 

รูปที่ 4-21 สรุปแนวโน้มเทคโนโลยีวัสดุของกลุ่มตัวถัง : กระจก
ที่มา: สถาบันยานยนต์ (2018a)

ด้านชิ้นส่วนภายในสามารถแบ่งได้ตามประเภทวัสดุ โดยกลุ่มชิ้นส่วนโลหะมีแนวโน้มที่จะเปลี่ยนจากเหล็กกล้า (Steel) และเหล็กกล้าความแข็งแรงสูง (High Strength Steel : HSS) เป็น อลูมิเนียม (Aluminum) แมกนีเซียม (Magnesium) และ วัสดุคอมโพสิต (Composites) (รูปที่ 4-22) และกลุ่มชิ้นส่วนพลาสติก (Plastic) มีแนวโน้มที่จะเปลี่ยนเป็นวัสดุคอมโพสิต (Composites) (รูปที่ 4-23)

Interior Passenger Seat		LIGHTWEIGHTING	MATERIALS	PROCESSES
 2016 Volvo XC90	Conventional		HSS Steel	Stamping 
	Moderate		Aluminum Magnesium	Foam Casting Stamping 
	Extreme		Composites Polyamide Glass Filled Composite	Injection Molding 

รูปที่ 4-22 สรุปแนวโน้มเทคโนโลยีวัสดุของกลุ่มตัวถัง : ชิ้นส่วนภายในที่เป็นโลหะ
ที่มา: สถาบันยานยนต์ (2018a)

Interior Trim		LIGHTWEIGHTING	MATERIALS	PROCESSES
 Lexus LS  BMW F30/31/34	Conventional		Plastic Polypropylene	Injection Molding 
	Moderate		Plastic	Foaming Process 
	Extreme		Composites Natural Fiber Filled Composites	Compression Molding 

รูปที่ 4-23 สรุปแนวโน้มเทคโนโลยีวัสดุของกลุ่มตัวถัง : ชิ้นส่วนภายในที่เป็นพลาสติก
ที่มา: สถาบันยานยนต์ (2018a)

4.1.5 กลุ่มชิ้นส่วนอื่น

ชิ้นส่วนอื่น ๆ ที่จะเปลี่ยนแปลงเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงไปสู่เทคโนโลยียานยนต์สมัยใหม่ คือ คอมเพรสเซอร์ของระบบปรับอากาศ (A/C Compressor) เนื่องจากใช้เครื่องยนต์เป็นต้นกำลังในการทำงาน เช่นเดียวกับระบบเบรกและระบบบังคับเลี้ยว แต่เนื่องจากยานยนต์ไฟฟ้าไม่มีเครื่องยนต์จึงจำเป็นต้องเปลี่ยน คอมเพรสเซอร์ของระบบปรับอากาศ (A/C Compressor) เป็นคอมเพรสเซอร์ของระบบปรับอากาศไฟฟ้า (Electric A/C compressor) ที่ใช้พลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่แรงดันสูง (High voltage battery) เป็นแหล่งพลังงานหลักในการทำงาน นอกจากยานยนต์ไฟฟ้า คอมเพรสเซอร์ของระบบปรับอากาศไฟฟ้า (Electric A/C compressor) ถูกนำมาใช้งานกับยานยนต์ไฟฟ้าแบบผสม (Hybrid electric vehicle) ด้วยเนื่องจาก มีแบตเตอรี่แรงดันสูง (High voltage battery) เป็นอีกหนึ่งแหล่งพลังงาน (รูปที่ 4-24)



รูปที่ 4-24 คอมเพรสเซอร์ของระบบปรับอากาศไฟฟ้า (Electric A/C compressor)

ที่มา: MAHLE

ทั้งนี้ รายการชิ้นส่วนที่เปลี่ยนแปลงจากเทคโนโลยียานยนต์สมัยใหม่สามารถสรุปได้ดังแสดงในตารางที่ 4-1 แต่อย่างไรก็ดีจากการดำเนินนโยบายด้านความยั่งยืน (Sustainability) อาจส่งผลให้แผนที่นำทางด้านเทคโนโลยีวัสดุของผู้ผลิตชิ้นส่วนเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม กล่าวคือในกลุ่มวัสดุโลหะ ผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมยานยนต์อาจหันไปใช้เหล็กกล้าจากกระบวนการผลิตที่ไม่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล (Green Steel) หรือคาร์บอนไฟเบอร์ (Carbon Fiber) เพื่อทดแทนปริมาณการใช้อลูมิเนียม แต่อย่างไรก็ดีการใช้คาร์บอนไฟเบอร์ (Carbon Fiber) ส่งผลให้ตัวรถยนต์สามารถนำไปรีไซเคิลได้ยากขึ้น

ตารางที่ 4-1 รายการชิ้นส่วนยานยนต์จากการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยี

	ชิ้นส่วนที่เพิ่มใหม่	ชิ้นส่วนที่จะหายไป	ชิ้นส่วนที่เปลี่ยนแปลง
ระบบช่วงล่าง (Chassis system)	(+) Electric brake booster		(+/-) Electric power steering
ระบบขับเคลื่อน (Powertrain system)	(+) Reduction gear (+) High voltage battery (+) Traction motor (+) Power electronic (AC-DC, DC-DC, BMS, DCU) (+) Onboard charger unit (+) High voltage wiring system	(-) Engine (-) Fuel supply (-) Exhaust system (-) Full gearbox (-) Propeller shaft	(+/-) Cooling
ระบบไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (Electrical and Electronics)	(+) ADAS / AV (+) VCU		(+/-) Control unit (+/-) Motor and Actuator (+/-) Communication and entertainment
อื่น ๆ Others			(+/-) Electric AC compressor

หมายเหตุ: เปรียบเทียบจากรถเครื่องยนต์สันดาปภายในที่ไม่มีระบบ ADAS กับยานยนต์สมัยใหม่ (ยานยนต์ไฟฟ้าและยานยนต์เชื่อมต่อและขับเคลื่อนอัตโนมัติ)

ที่มา: คณะผู้วิจัย

4.2 ส่วนประกอบและกระบวนการผลิตของกลุ่มชิ้นส่วนเป้าหมาย

การศึกษาและวิเคราะห์แนวทางพัฒนาผู้ผลิตชิ้นส่วนในห่วงโซ่อุปทานไปสู่อุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ และจัดทำแผนยุทธศาสตร์การปรับเปลี่ยนไปสู่อุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ โดยแนวทางการพัฒนาผู้ผลิตชิ้นส่วนในห่วงโซ่อุปทาน จะพิจารณาจากชิ้นส่วนเพื่อการประกอบรถยนต์ใหม่ (หรือ ชิ้นส่วน OEM) และชิ้นส่วนอะไหล่ทดแทน (หรือ ชิ้นส่วน REM) โดยครอบคลุม 3 เทคโนโลยี ได้แก่ ยานยนต์ไฟฟ้า (EV) ยานยนต์เชื่อมต่อและขับเคลื่อนอัตโนมัติ (CAV) และเครื่องยนต์สันดาปที่มีความสะอาด (Clean ICE)

กรณี **ชิ้นส่วนยานยนต์ไฟฟ้า** พิจารณาจากแผนส่งเสริมของภาครัฐ จำนวน 9 รายการ ประกอบด้วย

- 1) แบตเตอรี่ (Battery)
- 2) มอเตอร์ขับเคลื่อนยานยนต์ไฟฟ้า (Traction Motor)
- 3) คอมเพรสเซอร์สำหรับยานพาหนะไฟฟ้าแบบแบตเตอรี่ (Electric A/C Compressor)
- 4) ระบบบริหารจัดการแบตเตอรี่ (Battery Management System: BMS)
- 5) ระบบควบคุมการขับขี่ (Vehicle Control Unit: VCU)
- 6) อุปกรณ์ประจุไฟฟ้าที่ติดตั้งในยานยนต์ (On-Board Charger)
- 7) อินเวอร์เตอร์สำหรับหน่วยควบคุมพลังงาน (PCU Inverter)
- 8) อุปกรณ์แปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (DC/DC Converter)
- 9) เกียร์ทดรอบ (Reduction Gear)

ชิ้นส่วนสำหรับอุปกรณ์เชื่อมต่อและขับเคลื่อนอัตโนมัติ เป็นอีกกลุ่มชิ้นส่วนที่จะเพิ่มโอกาสการเข้าสู่อุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ของประเทศไทย โดยในปีงบประมาณ พ.ศ. 2564 สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม ได้มอบหมายให้สถาบันยานยนต์ดำเนินโครงการ “โครงการจัดทำแนวทางการพัฒนาอุตสาหกรรมยานยนต์ไทยสู่อุตสาหกรรมยานยนต์อัตโนมัติ (Autonomous Vehicle: AV)” ซึ่งมีกิจกรรมการคัดเลือกผลิตภัณฑ์ที่มีศักยภาพ (ดังแสดงในรูปที่ 4-25) เป็นกิจกรรมหนึ่งในโครงการ ทั้งนี้ จากผลของการศึกษา ในโครงการดังกล่าวสามารถแบ่งกลุ่มชิ้นส่วนสำหรับอุปกรณ์เชื่อมต่อและขับเคลื่อนอัตโนมัติได้ 4 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่ม 1 กลุ่มชิ้นที่มีศักยภาพด้านตลาดแต่ต้องส่งเสริมด้านตลาดแต่ต้องส่งเสริมด้านเทคโนโลยีเพิ่มเติม

กลุ่ม 2 กลุ่มชิ้นที่มีศักยภาพด้านตลาด และเทคโนโลยีเพิ่มเติม

กลุ่ม 3 กลุ่มชิ้นที่มีศักยภาพด้านเทคโนโลยีแต่ต้องส่งเสริมด้านตลาดแต่ต้องส่งเสริมด้านตลาด

กลุ่ม 4 กลุ่มชิ้นที่ต้องส่งเสริมทั้งด้านตลาด และด้านเทคโนโลยีเพิ่มเติม

ทั้งนี้ กลุ่มชิ้นส่วน Hardware สำหรับอุปกรณ์เชื่อมต่อและขับเคลื่อนอัตโนมัติ กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มชิ้นส่วนที่ถูกนำมาศึกษาและวิเคราะห์แนวทางการพัฒนาผู้ผลิตชิ้นส่วนไปสู่อุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ เนื่องจากเป็นกลุ่มชิ้นส่วนที่มีศักยภาพมากที่สุดใน 4 กลุ่ม ประกอบด้วย

- 1) ส่วนประกอบแบบพาสซีฟ (Passive components)
- 1) อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์สำหรับแสดงผล (Display)
- 2) ที่นั่งอัจฉริยะ (Smart seat)
- 3) ชิ้นส่วนตัวถังสำหรับติดตั้งเซ็นเซอร์ (Smart embedded body and exterior part)
- 4) โมเด็มแบบฝังตัว (Embedded modem)
- 5) อัลตราโซนิกเซ็นเซอร์ (Ultrasonic sensor)
- 6) อุปกรณ์รับคำสั่งจากผู้ขับขี่ (Driver input)
- 7) กล้อง (Camera)
- 8) ตัวกระตุ้นให้ทำงาน (Actuator)

กลุ่ม 1 มีศักยภาพด้านตลาดแต่ต้องส่งเสริมด้านเทคโนโลยีเพิ่มเติม		กลุ่ม 2 มีศักยภาพด้านตลาดและเทคโนโลยี	
Hardware	Software	Hardware	Software
1. Sensing hardware 2. LiDAR 3. Radar 4. IMU 5. V2X Hardware		1. Passive components 2. Display 3. [x] Smart seat 4. [x] Smart embedded body and exterior part 5. Embedded modem 6. Ultrasonic sensor 7. Driver inputs 8. Camera 9. Actuators	1. Digital image processing
กลุ่ม 4 ต้องส่งเสริมทั้งด้านการเข้าสู่ตลาดและเทคโนโลยี		กลุ่ม 3 มีศักยภาพด้านเทคโนโลยีแต่ต้องส่งเสริมด้านการเข้าสู่ตลาดเพิ่มเติม	
Hardware	Software	Hardware	Software
1. Drive-by-wire 2. Smart HMI	1. Path planning and Motion planning 2. Embedded controls software 3. Data processing, communication protocols and V2X software 4. HMI software 5. Data security software	1. Processing unit 2. GNSS receiver 3. [x] Smart interior 4. Embedded controls hardware 5. [x] Steer-by-wire 6. [x] Break-by-wire	1. Machine vision 2. Map matching 3. Localization

รูปที่ 4-25 ชิ้นส่วนสำหรับอุปกรณ์เชื่อมต่อและขับเคลื่อนอัตโนมัติที่มีศักยภาพ

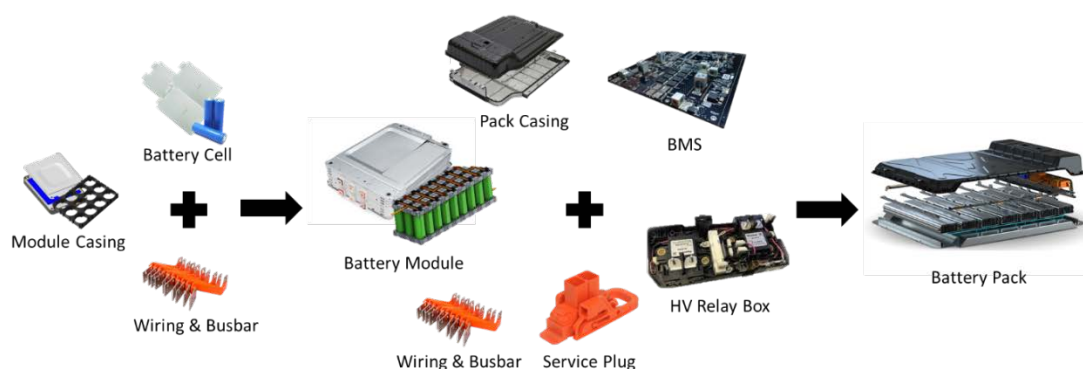
ที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม และสถาบันยานยนต์ (2021)

โดยในแต่ละกลุ่มชิ้นส่วนมีรายละเอียดส่วนประกอบและกระบวนการผลิตแสดงในหัวข้อย่อยถัดไป

4.2.1 ส่วนประกอบและกระบวนการผลิตของกลุ่มชิ้นส่วนยานยนต์ไฟฟ้า

4.2.1.1 แบตเตอรี่

แบตเตอรี่ (Battery) เป็นแหล่งพลังงานหลักของยานยนต์ไฟฟ้า โดยแบตเตอรี่ที่ใช้ในยานยนต์ไฟฟ้าส่วนใหญ่จะเป็นแบตเตอรี่แรงดันสูงที่มีแรงดันไฟฟ้ามากกว่า 300 โวลต์ ที่ใช้เซลล์แบตเตอรี่ลิเทียมจำนวนมากต่อกันเป็นวงจรแบตเตอรี่ เนื่องจากเซลล์แบตเตอรี่ลิเทียมให้แรงดันได้เพียง 3.6 โวลต์ต่อเซลล์เท่านั้น ซึ่งเรียกแบตเตอรี่ที่เกิดจากการต่อวงจรแบตเตอรี่หลายเซลล์ว่าแพ็คเกจแบตเตอรี่ ทั้งนี้ เพื่อให้แพ็คเกจแบตเตอรี่สามารถถูกนำไปใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และมีประสิทธิภาพ อุปกรณ์เสริมอื่น ๆ จึงถูกติดตั้งเข้ามาเพิ่มเติม โดยมีรายละเอียด ดังแสดงในรูปที่ 4-26

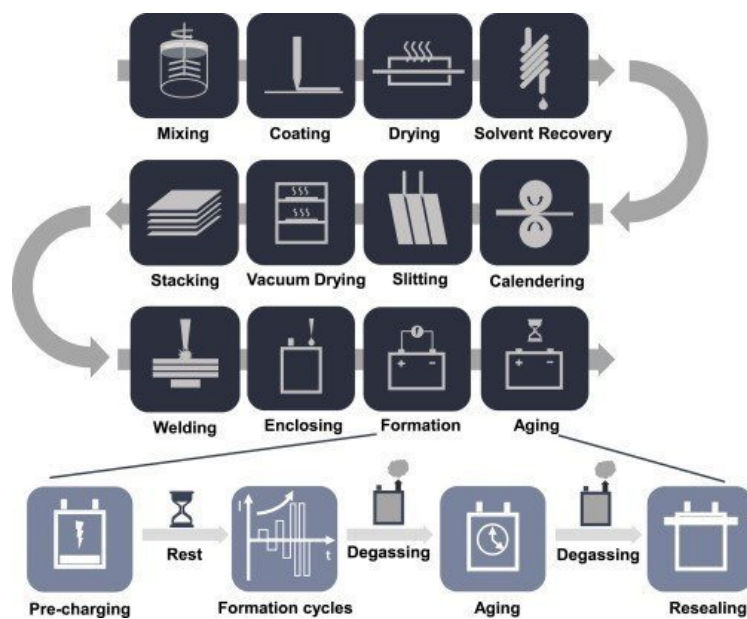


รูปที่ 4-26 ส่วนประกอบของแพ็คเกจแบตเตอรี่

ที่มา: คณะผู้วิจัย

ส่วนประกอบของแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้าโดยทั่วไปประกอบด้วย

เซลล์แบตเตอรี่ (Battery Cell) ซึ่งถือเป็นหน่วยเล็กที่สุดของระบบกักเก็บพลังงานของยานยนต์ไฟฟ้า ผลิตด้วยกระบวนการผลิตเฉพาะ (ดังแสดงในรูปที่ 4-27) กล่าวคือ กระบวนการผลิตเซลล์แบตเตอรี่เริ่มต้นจากการผสมส่วนผสมปฏิกิริยา (Active Material) โดยส่วนผสมขึ้นอยู่กับประเภทของเซลล์แบตเตอรี่ที่จะผลิต จากนั้นส่วนผสมที่ผสมเสร็จแล้วจะถูกเคลือบลงบนขั้วอิเล็กโทรดซึ่งผลิตจากฟอยล์อลูมิเนียมสำหรับขั้วแคโทด และฟอยล์ทองแดงสำหรับขั้วแอโนด จากนั้นจะถูกนำไปอบให้แห้ง กำจัดสารระเหย และรีดให้ส่วนผสมปฏิกิริยาติดแน่นกับขั้วอิเล็กโทรด ก่อนจะนำไปตัดให้ได้ขนาดตามความต้องการ อบให้แห้งด้วยระบบสุญญากาศ และนำแผ่นส่วนผสมปฏิกิริยาที่แห้งแล้วมาซ้อนกันเป็นชั้น ทั้งนี้ กรรมวิธีการซ้อนทับกันของแผ่นส่วนผสมปฏิกิริยาขึ้นอยู่กับลักษณะ และขนาดของเซลล์แบตเตอรี่ ก่อนที่แผ่นส่วนผสมปฏิกิริยาจะถูกเชื่อมต่อกัน และบรรจุลงในเคส ทั้งนี้ เคสของเซลล์แบตเตอรี่อาจมีกรรมวิธีการผลิตหลากหลายขึ้นอยู่กับลักษณะ และวัตถุดิบ โดยเซลล์แบตเตอรี่ทรงกระบอก (Cylindrical Cell) นิยมใช้อัลูมิเนียมที่ผ่านกระบวนการขึ้นรูปด้วยการหลอมอัดรีด (Extrusion) เซลล์แบตเตอรี่แบบกล่อง (Prismatic Cell) นิยมใช้พลาสติกที่ผ่านกระบวนการขึ้นรูปด้วยการฉีดขึ้นรูปพลาสติก (Plastic Injection Molding) และเซลล์แบตเตอรี่แบบถุง (Pouch Cell) นิยมใช้แผ่นฟอยล์อลูมิเนียมที่ผ่านกระบวนการขึ้นรูปด้วยการรีด (Rolling) หลังจากนั้นเซลล์แบตเตอรี่จะถูกเติมสารอิเล็กโทรไลต์ ปิดเซลล์ และเข้าสู่กระบวนการกระตุ้น และบ่มเซลล์เพื่อกระตุ้นการเกิดปฏิกิริยาเคมีภายในเซลล์แบตเตอรี่



รูปที่ 4-27 กระบวนการผลิตเซลล์แบตเตอรี่

ที่มา: Liu et al. (2021)

เซลล์แบตเตอรี่เมื่อถูกผลิตเสร็จแล้ว อาจถูกนำมาประกอบเป็นโมดูลแบตเตอรี่ก่อนนำไปประกอบเป็นแพ็คเกจแบตเตอรี่ โดยเซลล์แบตเตอรี่จะถูกประกอบรวมกันเป็นวงจรแบตเตอรี่เล็ก ๆ ผ่านบัสบาร์ (Busbar) และบรรจุลงเคสโมดูลแบตเตอรี่ (Module Casing) โดยบัสบาร์ถูกผลิตโดยกระบวนการหล่ออัดรีดแบบต่อเนื่อง (Continuous Extrusion) ก่อนที่จะตัด (Cutting) และปั๊มขึ้นรูป (Stamping) ให้มีขนาด และรูปร่างตามความต้องการ และอาจถูกนำไปเคลือบ (Coating) ด้วยสีที่มีคุณสมบัติเป็นฉนวนไฟฟ้า ในส่วนของเคสโมดูลแบตเตอรี่ หากผู้ผลิตแบตเตอรี่ต้องการใช้โมดูลพลาสติก จะถูกขึ้นรูปด้วยกระบวนการฉีดขึ้นรูปพลาสติก (Plastic Injection Molding) หากผู้ผลิตแบตเตอรี่ต้องการใช้เคสโมดูลที่ขึ้นรูปด้วยวัสดุอะลูมิเนียม เคสโมดูลแบตเตอรี่จะถูกขึ้นรูปจากอะลูมิเนียมแผ่น (Aluminum Sheet) ผ่านกระบวนการปั๊มขึ้นรูป (Stamping)

เมื่อผู้ผลิตได้โมดูลแบตเตอรี่แล้ว โมดูลแบตเตอรี่จะถูกต่อเป็นวงจรแบตเตอรี่ด้วยบัสบาร์ เพื่อประกอบเป็นแพ็คเกจแบตเตอรี่ โดยมีการติดตั้งอุปกรณ์ชิ้นอื่นเพิ่ม ดังนี้

เคสแพ็คเกจแบตเตอรี่ (Pack Casing) ส่วนใหญ่แล้วถูกขึ้นรูปด้วยอะลูมิเนียมแผ่น (Aluminum Sheet) ผ่านกระบวนการปั๊มขึ้นรูป (Stamping) และติดตั้งชิ้นส่วนอื่น ๆ เพิ่มเติมสำหรับยึดติดอุปกรณ์อื่น ๆ รอยต่อของแพ็คเกจแบตเตอรี่มักถูกยึดด้วยสารยึดเกาะ (Adhesive) ที่มีความสามารถในการป้องกันน้ำความชื้น และทนความร้อน เพื่อรองรับการทำงานในสภาวะอากาศที่หลากหลายของรถยนต์ไฟฟ้า

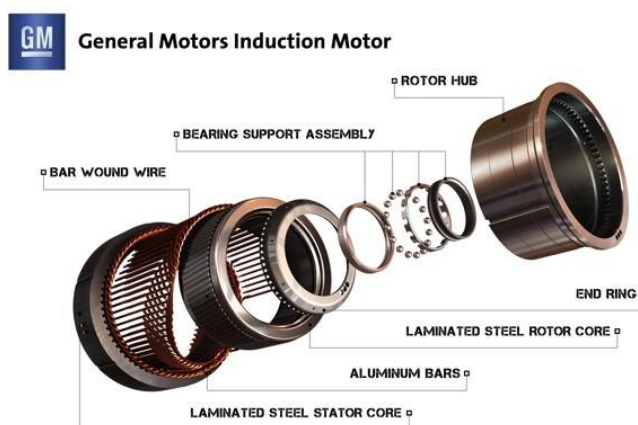
ระบบบริหารจัดการแบตเตอรี่ (Battery Management System) เป็นอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ที่มีความสามารถในการบริหารจัดการการทำงานของเซลล์แบตเตอรี่ให้ทำงานร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยรายละเอียดของระบบบริหารจัดการแบตเตอรี่จะถูก อธิบายเพิ่มเติมในหัวข้อ 4.2.1.4

เซอร์วิสปลั๊ก (Service Plug) ทำหน้าที่เหมือนสวิตช์สำหรับแพ็คเกจแบตเตอรี่ โดยมีหน้าที่แบ่งวงจรแบตเตอรี่ออกเป็นหลายวงจรเพื่อลดแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ลง ส่วนใหญ่เป็นพลาสติก ผลิตด้วยกระบวนการฉีดขึ้นรูปพลาสติก (Plastic Injection Molding) ภายในติดตั้งด้วยขั้วไฟฟ้าซึ่งขึ้นรูปจากโลหะแผ่น (Metal Sheet) ผ่านกระบวนการปั๊มขึ้นรูป (Stamping) หรือม้วนขึ้นรูป (Roll Forming)

กล่องรีเลย์สำหรับไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูง (High voltage DC relay box) ส่วนใหญ่เป็นกล่องพลาสติกผลิตจากกระบวนการฉีดขึ้นรูปพลาสติก (Plastic Injection Molding) หรือกล่องอลูมิเนียมผลิตจากกระบวนการปั๊มขึ้นรูป (Stamping) อลูมิเนียมแผ่น ภายในติดตั้งไปด้วยอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์สองชนิดคือ รีเลย์ (Relay) และตัวต้านทาน (Resistor) เชื่อมต่อกันด้วยสายไฟ บริเวณกล่องมีขั้ว (Terminal) สำหรับเชื่อมต่อกับสายไฟภายนอกกล่อง

4.2.1.2 มอเตอร์ขับเคลื่อนยานยนต์ไฟฟ้า

มอเตอร์ขับเคลื่อนยานยนต์ไฟฟ้า (Traction motor) เป็นแหล่งกำลังหลักของยานยนต์ไฟฟ้า โดยปัจจุบันนิยมใช้มอเตอร์ชนิดเหนี่ยวนำ (Induction Motor) ซึ่งใช้วัสดุแม่เหล็กน้อยกว่ามอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวร (Permanent Magnet) แต่อย่างไรก็ดี มอเตอร์แบบเหนี่ยวนำจะมีขนาดใหญ่กว่ามอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวรที่มีกำลังเท่ากัน ทั้งนี้ผู้ผลิตรถยนต์ได้พัฒนาเทคโนโลยี เพื่อลดข้อจำกัดดังกล่าว โดยใช้แท่งทองแดง (Bar Wound Wire) แทนขดลวดทองแดง (Copper Wire) ในสเตเตอร์ (Stator) ของมอเตอร์ชนิดเหนี่ยวนำ โดยมอเตอร์ขับเคลื่อนชนิดเหนี่ยวนำมีส่วนประกอบ ดังแสดงในรูปที่ 4-28



รูปที่ 4-28 ส่วนประกอบของมอเตอร์ขับเคลื่อนยานยนต์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ (Induction Traction Motor)

ที่มา: General Motors

สเตเตอร์ (Stator) เป็นส่วนที่สร้างสนามแม่เหล็กที่ไม่เคลื่อนที่สำหรับมอเตอร์เหนี่ยวนำ ประกอบด้วยแผ่นลามิเนตที่พันด้วยแท่งทองแดง หรือขดลวดทองแดง ที่ผลิตโดยกระบวนการหลอมอัดรีด (Extrusion) ต่างกันที่แท่งทองแดงจะถูกขบวนการดัดขึ้นรูป (Bending) เพื่อดัดให้แท่งทองแดงมีรูปร่างตามต้องการ หลังจากนั้นผู้ผลิตจะนำแท่งทองแดงหรือลวดทองแดงมาพันเข้ากับแผ่นลามิเนตด้วยกระบวนการขึ้นรูปเฉพาะ (Motor Winding) ดังแสดงในรูปที่ 4-29



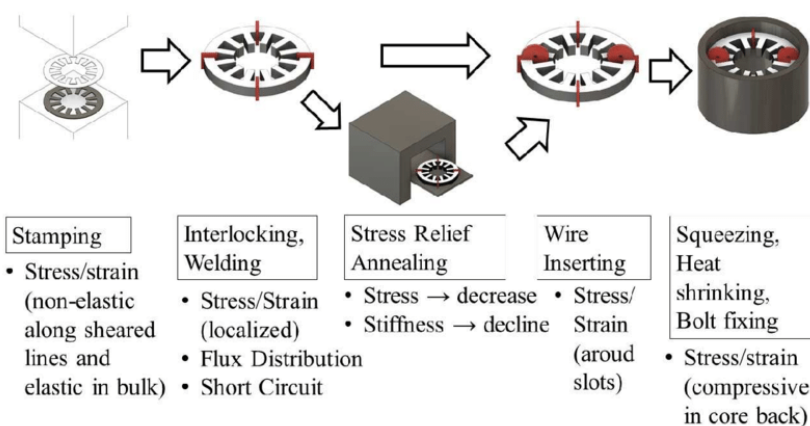
รูปที่ 4-29 กระบวนการพันขดลวดมอเตอร์ (Motor Winding Process)

ที่มา: Electric Motor Engineering

โรเตอร์ (Rotor) เป็นส่วนที่สร้างสนามแม่เหล็กเช่นเดียวกับสเตเตอร์ แต่โรเตอร์จะสามารถหมุนได้เพื่อแปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลในการขับเคลื่อนยานยนต์ไฟฟ้า โรเตอร์จะประกอบด้วยแผ่นลามิเนตที่ติดตั้งอยู่บนเพลามอเตอร์ โดยเพลามอเตอร์จะถูกขึ้นรูปด้วยการหล่อ (Casting) ก่อนผ่านกระบวนการตัดเฉือน (Machining) เพื่อให้เพลามอเตอร์มีลักษณะตามต้องการ หากผู้ผลิตต้องการเพลามอเตอร์ที่มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น อาจผ่านกระบวนการขึ้นรูปด้วยการตีขึ้นรูป (Forging) และผ่านกระบวนการทางความร้อน (Heat Treatment) เพื่อเพิ่มคุณสมบัติของวัสดุได้ ทั้งนี้ เนื่องจากโรเตอร์ต้องติดตั้งกับเกียร์ทดรอบบริเวณปลายเพลามอเตอร์จะถูกขึ้นรูปเป็นเฟืองซึ่งมีกระบวนการขึ้นรูปเช่นเดียวกับเฟืองทดรอบในหัวข้อ 4.2.1.9 จากนั้นเพลามอเตอร์จะถูกสวมอัดเข้ากับแผ่นลามิเนต

แผ่นลามิเนต (Laminate) เป็นส่วนประกอบสำคัญทั้งในสเตเตอร์และโรเตอร์ มีลักษณะเป็นแผ่นเหล็กบาง ทำหน้าที่เป็นตัวเดียวนำสนามแม่เหล็ก ขึ้นรูปโดยการปั๊มขึ้นรูป (Stamping) แผ่นโลหะ ก่อนที่จะเชื่อมเข้าด้วยกันให้มีขนาดตามที่ต้องการ และผ่านกระบวนการทางความร้อน (Heat Treatment) เพื่อลดความเครียดภายในเนื้อโลหะก่อนที่จะนำไปประกอบเข้ากับเพลามอเตอร์เพื่อเป็นโรเตอร์ หรือพันขดลวดเพื่อเป็นมอเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 4-30

เสื้อมอเตอร์ (Motor Housing) เป็นส่วนที่ห่อหุ้มส่วนประกอบสำคัญของมอเตอร์ทั้งหมด ในยานยนต์ไฟฟ้าส่วนใหญ่ผลิตขึ้นจากกระบวนการหล่อ (Casting) อลูมิเนียมเพื่อให้มีน้ำหนักเบา ก่อนจะเก็บพื้นผิวด้านในด้วย กระบวนการตัดเฉือน (Machining)



รูปที่ 4-30 กระบวนการผลิตแผ่นลามิเนต (Laminate)

ที่มา: Lamichhane et al. (2020)

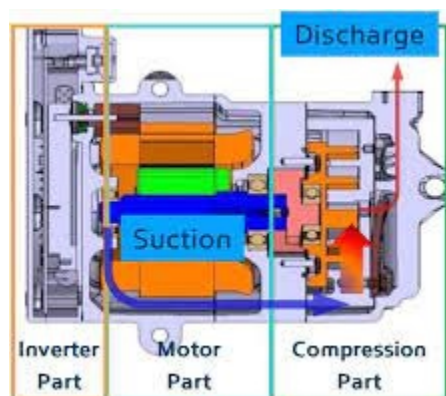
4.2.1.3 คอมเพรสเซอร์สำหรับยานพาหนะไฟฟ้าแบบแบตเตอรี่

คอมเพรสเซอร์สำหรับยานพาหนะไฟฟ้าแบบแบตเตอรี่ (Electric A/C Compressor) จะเข้ามาแทนคอมเพรสเซอร์สำหรับยานพาหนะเดิมที่ใช้สายพานในการขับเคลื่อน ทำให้มีชิ้นส่วนบางชิ้นหายไป อาทิ พูเลย์ สายพาน ชุดคลัทช์คอมเพรสเซอร์ ซึ่งจะถูกแทนที่ด้วย มอเตอร์ และวงจรอินเวอร์เตอร์สำหรับควบคุมการทำงานของมอเตอร์

วงจรอินเวอร์เตอร์ (Inverter) มีลักษณะและการทำงานคล้ายคลึงกับอินเวอร์เตอร์สำหรับหน่วยควบคุมพลังงานในหัวข้อ 4.2.1.7 ทำงานร่วมกับมอเตอร์ ทำให้คอมเพรสเซอร์สำหรับยานยนต์ไฟฟ้าแบบแบตเตอรี่ไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องยนต์ในการขับเคลื่อน

มอเตอร์ (Motor) เป็นกำลังหลักสำหรับคอมเพรสเซอร์สำหรับยานยนต์ไฟฟ้าแบบแบตเตอรี่ มีกระบวนการผลิตคล้ายคลึงกับมอเตอร์ขับเคลื่อนยานยนต์ไฟฟ้าแต่มีขนาดเล็กกว่า

คอมเพรสเซอร์ (Compressor) ลักษณะยังคงคล้ายคลึงกับคอมเพรสเซอร์ปรับอากาศสำหรับ ยานยนต์ที่มีเครื่องยนต์สำหรับภายใน โดยภายในคอมเพรสเซอร์ประกอบไปด้วยชิ้นส่วนขนาดเล็กมากมาย ที่ขึ้นรูปโดยการปั๊มขึ้นรูป (Stamping) และชิ้นส่วนขนาดใหญ่ที่ขึ้นรูปด้วยการหล่อขึ้นรูป (Casting) และผ่านการตัดเฉือนเพื่อให้มีขนาดตามต้องการ (Machining)



รูปที่ 4-31 คอมเพรสเซอร์สำหรับยานพาหนะไฟฟ้าแบบแบตเตอรี่ (Electric A/C Compressor)

ที่มา: Samsung

4.2.1.4 ระบบบริหารจัดการแบตเตอรี่

ระบบบริหารจัดการแบตเตอรี่ (Battery Management System: BMS) มีลักษณะเป็นแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ประกอบไปด้วยชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็ก (Electronic Part) เซ็นเซอร์ (Sensor) และเซมิคอนดักเตอร์ (Semiconductor) ติดตั้งลงบนแผงวงจรพิมพ์ (Printed Circuit Board) ทำหน้าที่เพื่อควบคุมการทำงานของแบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้า กระบวนการผลิตของระบบบริหารจัดการแบตเตอรี่จึงเป็นกระบวนการผลิตชุดวงจรพิมพ์ (Printed Circuit Board Assembly) ซึ่งประกอบไปด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้

- 1) ทาตะกั่วลงบนแผงวงจรพิมพ์ (Solder Paste Stenciling) เพื่อเป็นตัวประสานระหว่างชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์กับแผงวงจรพิมพ์ ในตำแหน่งที่จะติดตั้งชิ้นส่วน Surface Mount Technology (SMT)
- 2) วางชิ้นส่วน SMT ลงบนแผงวงจร (Pick and Place) กระบวนการนี้เป็นกระบวนการที่เครื่องจักรจะวางชิ้นส่วน SMT ลงบนแผงวงจรที่ทาตะกั่วแล้ว ในตำแหน่งที่กำหนดไว้

- 3) ให้ความร้อนเพื่อหลอมตะกั่ว (Reflow Soldering) ในกระบวนการนี้แผงวงจรพิมพ์จะถูกให้ความร้อน 250 องศาเซลเซียส เพื่อหลอมตะกั่วให้ละลาย เชื่อมระหว่างชิ้นส่วน SMT กับแผงวงจรพิมพ์
- 4) การตรวจสอบคุณภาพ (Inspection and Quality Control) เป็นการตรวจสอบ เพื่อความมั่นใจว่าแผงวงจรพิมพ์ที่ผ่านกระบวนการก่อนหน้านี้เชื่อมอยู่กับชิ้นส่วน SMT ได้อย่างแน่นหนา โดยกระบวนการตรวจสอบสามารถทำได้สามวิธีคือ ตรวจสอบด้วยตาเปล่า ตรวจสอบด้วยภาพผ่านระบบอัตโนมัติ และตรวจสอบด้วยการเอกซเรย์
- 5) ติดตั้งชิ้นส่วน Through-Hole Component (Through-Hole Component Insertion) เป็นกระบวนการติดตั้งชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์แบบ Through-Hole Component ผ่านรูของแผงวงจรพิมพ์ โดยกระบวนการนี้สามารถทำได้สองวิธีคือ บัดกรีชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ด้วยมือ และบัดกรีชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ผ่านตะกั่วหลอมเหลวด้วยระบบอัตโนมัติ
- 6) การทดสอบการทำงาน (Functional Test) เป็นขั้นตอนสุดท้ายของกระบวนการผลิตชุดแผงวงจรพิมพ์ โดยการตรวจสอบระบบการทำงานของแผงวงจรพิมพ์ว่าสามารถทำได้ถูกต้องตามที่ออกแบบไว้หรือไม่

เมื่อชุดแผงวงจรพิมพ์ถูกผลิตเสร็จแล้วมักจะถูกติดตั้งอยู่ในกล่องวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ถูกขึ้นรูปด้วย อลูมิเนียมแผ่นผ่านกระบวนการปั๊มขึ้นรูป (Stamping) เพื่อนำไปติดตั้งในรถยนต์

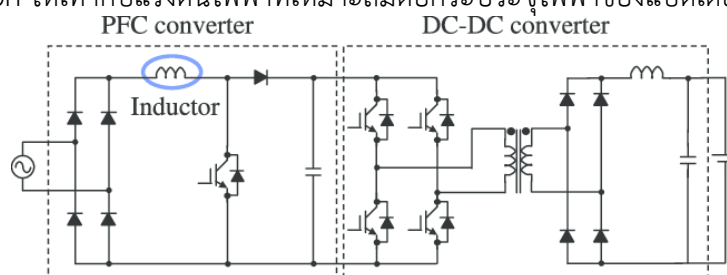
4.2.1.5 ระบบควบคุมการขับเคลื่อน

ระบบควบคุมการขับเคลื่อน (Vehicle Control Unit: VCU) เปรียบเสมือนสมองที่ควบคุมการทำงานของโดยรวมของรถยนต์ มีลักษณะเป็นแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ วงจรภายในไม่มีลักษณะตายตัวขึ้นอยู่กับการออกแบบของผู้ผลิตรถยนต์ ซึ่งมีกระบวนการผลิตเช่นเดียวกับระบบบริหารจัดการแบตเตอรี่ (Battery Management System) ในหัวข้อ 4.2.1.4

4.2.1.6 อุปกรณ์ประจุไฟฟ้าที่ติดตั้งในยานยนต์

อุปกรณ์ประจุไฟฟ้าที่ติดตั้งในยานยนต์ (On-Board Charger) มีลักษณะเป็นแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ทำหน้าที่ควบคุม การประจุไฟฟ้าด้วยกระแสสลับของยานยนต์ไฟฟ้า โดยวงจรภายในประกอบด้วยชุดวงจรหลัก 2 วงจร ดังนี้

- 1) วงจร Power Factor Correction ทำหน้าที่ควบคุมไฟฟ้าจากสถานีประจุไฟฟ้าให้มีกระแสสอดคล้องกับแรงดัน
- 2) วงจร DC-DC converter ทำหน้าที่ปรับแรงดันไฟฟ้าหลังจากออกจากวงจร Power Factor Correction ให้เท่ากับแรงดันไฟฟ้าที่เหมาะสมต่อกระแสประจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้า

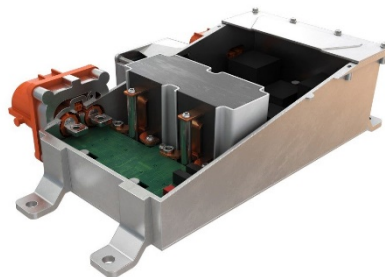


รูปที่ 4-32 วงจรอุปกรณ์ประจุไฟฟ้าที่ติดตั้งในยานยนต์ (On-Board Charger)

ที่มา: Tera et al. (2015)

4.2.1.7 อุปกรณ์แปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง

อุปกรณ์แปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (DC/DC Converter) เป็นแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากแบตเตอรี่ให้เหมาะสมกับแรงดันไฟฟ้าที่มอเตอร์ขับเคลื่อนยานยนต์ไฟฟ้าต้องการนำไปใช้ ภายในแผงวงจรจะมีอุปกรณ์สำคัญเพิ่มขึ้นมาอีกหนึ่งชิ้นคือ หม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer) ที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับสเตเตอร์ของมอเตอร์ขับเคลื่อนยานยนต์ไฟฟ้า กล่าวคือ เป็นอุปกรณ์ที่มีลักษณะเป็นขดลวดพันอยู่กับแผ่นลามิเนต โดยอาศัยสนามแม่เหล็กในการเปลี่ยนแปลงกระแสไฟฟ้า ทั้งนี้เนื่องจากการแปลงแรงดันไฟฟ้าทำให้เกิดความร้อนภายในระบบ ผู้ผลิตชิ้นส่วนอาจติดตั้งระบบระบายความร้อนด้วยอากาศซึ่งประกอบไปด้วย ครีระบายความร้อน (Heat Sink) และพัดลม (Cooling Fan) บนแผงวงจรด้วย



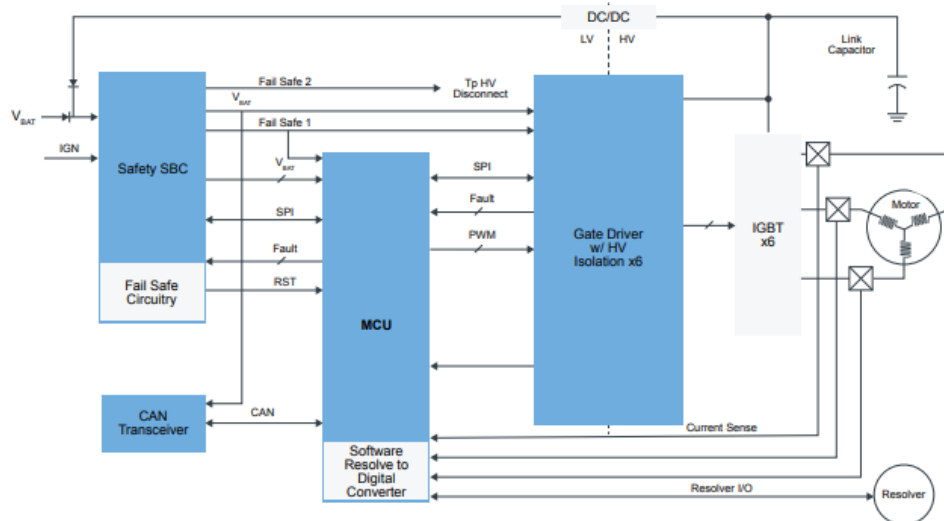
รูปที่ 4-33 อุปกรณ์แปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (DC/DC Converter)

ที่มา: EATON

4.2.1.8 อินเวอร์เตอร์สำหรับหน่วยควบคุมพลังงาน

อินเวอร์เตอร์สำหรับหน่วยควบคุมพลังงาน (PCU Inverter) เป็นแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ทำหน้าที่แปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ ที่มีคุณสมบัติเป็นไปตามที่มอเตอร์ต้องการใช้ในการขับเคลื่อน รวมไปถึง ควบคุมการทำงานของมอเตอร์ ผ่านการปรับคุณสมบัติของไฟฟ้ากระแสสลับให้มอเตอร์มีแรงบิดและความเร็วรอบตามสถานะการขับขี่ โดยในวงจรอินเวอร์เตอร์สำหรับหน่วยควบคุมพลังงาน (PCU Inverter) จะมีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์หลักหนึ่งชนิด คือ Insulated Gate Bipolar Transistor (IGBT) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่รวมคุณสมบัติของทรานซิสเตอร์สองชนิด (N-channel MOSFET และ PNP Transistor) เข้าด้วยกัน

ผู้ผลิตรถยนต์บางรายอาจรวม อุปกรณ์แปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (DC/DC Converter) เข้ากับอินเวอร์เตอร์สำหรับหน่วยควบคุมพลังงาน (PCU Inverter) เป็นชิ้นส่วนเพียงชิ้นเดียว เพื่อลดพื้นที่ในการติดตั้ง และสะดวกต่อการออกแบบระบบระบายความร้อน



รูปที่ 4-34 วงจร Power Control Unit

ที่มา: NXP

4.2.1.9 เกียร์ทดรอบ

เกียร์ทดรอบ (Reduction Gear) เป็นชิ้นส่วนที่เข้ามาทดแทนชุดเกียร์ของรถยนต์เครื่องยนต์สันดาปภายใน เนื่องจากยานยนต์ไฟฟ้าแบบแบตเตอรี่สามารถสร้างแรงบิดได้สูงในความเร็วรอบที่ต่ำทำให้ ชุดเกียร์ของยานยนต์ไฟฟ้าแบบแบตเตอรี่ไม่จำเป็นต้องมีหลายอัตราทด โดยชิ้นส่วนสำคัญของเกียร์ทดรอบ คือ เฟืองเกียร์ และเสื้อเกียร์

เฟืองเกียร์ (Gears) เริ่มต้นขึ้นรูปจากกระบวนการหล่อขึ้นรูป (Casting) จนได้ชิ้นงานที่มีลักษณะคล้ายเฟืองแต่ยังไม่มีฟันเฟือง โดยฟันเฟืองจะถูกขึ้นรูปด้วยกระบวนการกัดเฟือง (Gear Hobbing) ซึ่งเป็นกระบวนการเฉพาะในการขึ้นรูปเฟือง หลังจากนั้นเฟืองที่ขึ้นรูปแล้วจะผ่านกระบวนการทางความร้อน (Heat Treatment) เพื่อลดความเคียดภายในชิ้นงานและชุบแข็ง (Hardening) ให้ผิวของฟันเฟืองมีความแข็งแรงทนทานต่อการใช้งาน

เสื้อเกียร์ (Gear Housing) มีกระบวนการขึ้นรูปเช่นเดียวกับเสื้อของกลุ่มชิ้นส่วนในหัวข้อ อุปกรณ์ประจุไฟฟ้าที่ติดตั้งในยานยนต์ 4.2.1.6 ถึง 4.2.1.8 กล่าวคือ ขึ้นรูปจากการหล่อขึ้นรูป (Casting) อลูมิเนียม และผ่านกระบวนการตัดเฉือน (Machining) ภายในให้มีขนาดและลูกกลัตามต้องการ



รูปที่ 4-35 กระบวนการกัดเฟืองเกียร์ (Gear Hobbing)

ที่มา: Power Transmission Group

โดยกลุ่มชิ้นส่วนยานยนต์ไฟฟ้าสามารถแบ่งออกเป็นชิ้นส่วนย่อยรวมทั้งสิ้น 24 ชิ้น โดยกระบวนการผลิตของชิ้นส่วนย่อยของกลุ่มชิ้นส่วนยานยนต์ไฟฟ้าสามารถสรุปได้ดังแสดงในตารางที่ 4-2 ทั้งนี้ กระบวนการผลิตดังแสดงในตารางที่ 4-2 เป็นกระบวนการผลิตเฉพาะชิ้นส่วนย่อยของกลุ่มชิ้นส่วนยานยนต์ไฟฟ้าเท่านั้น โดยไม่รวมกระบวนการผลิตของชิ้นส่วนอื่น

ตารางที่ 4-2 สรุปความสัมพันธ์ระหว่างชิ้นส่วนยานยนต์ไฟฟ้า 9 รายการ กับกระบวนการผลิตชิ้นส่วน

รายการชิ้นส่วน	Battery process	Bending	Casting	Coating	Continuous Extrusion	Cutting	Extrusion	Forging	Gear Hobbing	Hardening	Heat Treatment	Machining	Motor Winding	Printed Circuit Board Assembly	Plastic injection	Roll Forming	Rolling	Semiconductor Process	Stamping	Winding
1. Battery																				
1.1 Battery Cell	x						x								x		x			
1.2 Busbar				x	x	x													x	
1.3 Module Casing															x				x	
1.4 Pack Casing																			x	
1.5 Service Plug															x	x			x	
1.6 High voltage DC relay box															x				x	
2. Traction motor																				
2.1 Stator		x					x						x							
2.2 Rotor			x					x			x	x								
2.3 Laminate											x								x	
2.4 Motor Housing			x									x								
3. Electric A/C Compressor																				
3.1 Inverter														x						
3.2 Motor			x				x	x			x	x	x						x	
3.3 Compressor			x									x							x	
4. Battery Management System														x						
5. Vehicle Control Unit														x						
6. On-Board Charger																				
6.1 Power Factor Correction Circuit														x						

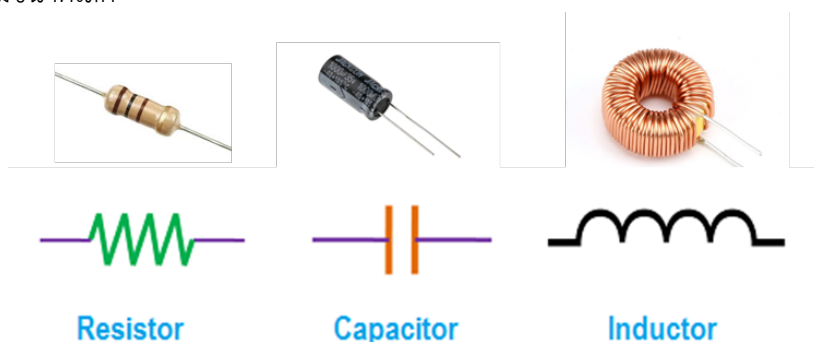
รายการชิ้นส่วน	Battery process	Bending	Casting	Coating	Continuous Extrusion	Cutting	Extrusion	Forging	Gear Hobbing	Hardening	Heat Treatment	Machining	Motor Winding	Printed Circuit Board Assembly	Plastic injection	Roll Forming	Rolling	Semiconductor Process	Stamping	Winding
6.2 DC/DC Converter														x						
7. DC/DC Converter																				
7.1 Circuit Board														x						
7.2 Transformer											x								x	x
8. PCU Inverter																				
8.1 Circuit Board														x						
8.2 Insulated Gate Bipolar Transistor																		x		
9. Reduction Gear																				
9.1 Gears			x						x	x	x									
9.2 Gear Housing			x									x								

ที่มา: คณะผู้วิจัย

4.2.2 ส่วนประกอบและกระบวนการผลิตของกลุ่มชิ้นส่วนสำหรับอุปกรณ์เชื่อมต่อและขับเคลื่อน

4.2.2.1 ส่วนประกอบแบบพาสซีฟ

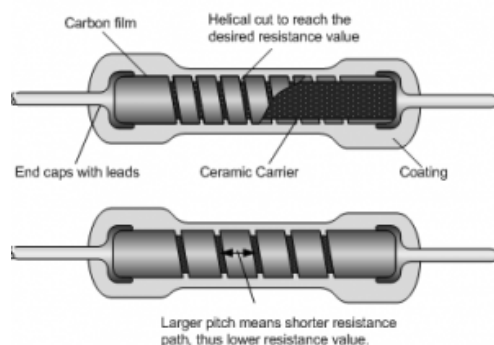
ส่วนประกอบแบบพาสซีฟ (Passive components) เป็นส่วนประกอบย่อยในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทำหน้าที่รับพลังงานและเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางอิเล็กทรอนิกส์ของวงจรให้เป็นไปตามต้องการ ประกอบด้วยชิ้นส่วน 3 ประเภทคือ ตัวต้านทาน (Resistor) ตัวเก็บประจุ (Capacitor) และ ตัวเหนี่ยวนำ (Inductor) ซึ่งชิ้นส่วนทั้ง 3 ประเภทมีกระบวนการผลิตแตกต่างกันออกไป แต่อย่างไรก็ดีกระบวนการผลิตของชิ้นส่วนทั้ง 3 ประเภท บางกระบวนการเป็นกระบวนการผลิตพื้นฐานที่ใช้ในกระบวนการผลิตทางกลทั่วไป อาทิ กระบวนการอัดขึ้นรูป (Pressing) กระบวนการตัดเฉือน (Machining) แต่มีความละเอียดสูงกว่ามาก เนื่องจากชิ้นงานมีขนาดเล็ก



รูปที่ 4-36 ส่วนประกอบแบบพาสซีฟ (Passive components) ประเภทต่าง ๆ

ที่มา: คณะผู้วิจัย

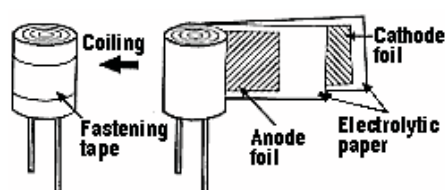
ตัวต้านทาน (Resistor) ทำหน้าที่จำกัดการไหลของกระแสไฟฟ้า และแรงดันไฟฟ้า ตามจุดต่าง ๆ ที่กำหนดไว้ในวงจร ประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก 2 ส่วนคือ แกน (Core) และเปลือกหุ้ม (Coating) โดยแกน (Core) สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิดคือ แกนแบบเกลียว (Helical core) และแกนคาร์บอนคอมโพสิต (Carbon composite core) กรณีแกนแบบเกลียว (Helical core) จะถูกขึ้นรูปด้วยกระบวนการเผาผนึก (Sintering) ผงเซรามิก ซึ่งเป็นกระบวนการให้ความร้อนแก่วัสดุที่เป็นผงที่ถูกอัดด้วยแรงดันจนมีรูปร่างใกล้เคียงกับชิ้นงานสำเร็จจนหลอมรวมกลายเป็นเนื้อเดียวกัน การให้กลายเป็นแกนกลางของตัวต้านทาน จากนั้นจึงนำไปเคลือบ (Coating) ด้วยสารตัวนำ อาทิ โลหะออกไซด์ (Metal oxide) หรือ คาร์บอน (Carbon) ก่อนที่จะนำไปผ่านกระบวนการตัดด้วยเลเซอร์ (Laser cutting) หรือตัดด้วยเพชร (Diamond cutting) เพื่อให้แผ่นฟิล์มที่เคลือบแกนเซรามิกมีลักษณะเป็นเกลียว แล้วจึงจึงเชื่อมกับฟลักเกิล (Nickel cap) และลวดตัวนำ (Conductor wind) ในกรณีของแกนแบบคาร์บอนคอมโพสิต จะประกอบด้วยผงคาร์บอนและสารเชื่อมประสาน (Adhesive) ที่ถูกอัด (Pressing) ด้วยความร้อนและความดันสูงเป็นแท่งคาร์บอน จากนั้นเชื่อมกับลวดตัวนำ (Conductor wind) เมื่อได้แกน (Core) ของตัวต้านทานแล้ว แกนจะถูกนำไปเคลือบด้วยวัสดุที่ไม่นำไฟฟ้าเพื่อสร้างเปลือกหุ้ม (Coating) ให้กับตัวต้านทาน โดยกระบวนการเคลือบ (Coating) สามารถแบ่งออกได้ตามประเภทวัสดุ 2 ประเภท คือ โพลีเมอร์ (Polymer) ผ่านกระบวนการ Vapor Deposition และเซรามิก (Ceramic) ผ่านกระบวนการเผาผนึก (Sintering) (Michael, 2019)



รูปที่ 4-37 ส่วนประกอบของตัวต้านทาน (Resistor)

ที่มา: <https://electricityshock.com/>

ตัวเก็บประจุ (Capacitor) ทำหน้าที่เก็บพลังงานในสนามไฟฟ้า ที่สร้างขึ้นระหว่างคู่ฉนวน โดยมีค่าประจุไฟฟ้าเท่ากัน แต่มีชนิดของประจุตรงข้ามกัน มีลักษณะคล้ายเซลล์แบตเตอรี่ ที่ประกอบด้วยขั้วแคโทด (Cathode) ขั้วแอโนด (Anode) แผ่นอิเล็กโทรไลติก (Electrolytic Paper) และอุปกรณ์ห่อหุ้ม (Casing) โดยขั้วแคโทดและขั้วแอโนดมีกระบวนการผลิตเช่นเดียวกับขั้วแคโทดและขั้วแอโนดของเซลล์แบตเตอรี่ คือผลิตด้วยกระบวนการเคลือบ (Coating) และการตัด (Cutting) ในขณะทำการผลิตแผ่นอิเล็กโทรไลติก (Electrolytic) เริ่มต้นจากกระบวนการกัดกรด (Etching) เพื่อเพิ่มพื้นที่สัมผัสให้แก่แผ่นวัสดุที่ทำจากโลหะอาทิ อลูมิเนียม จากนั้นนำไปเคลือบผิวด้วยกระบวนการทางเคมี (Formating) และผ่านกระบวนการตัดให้มีขนาดตามต้องการ สำหรับการผลิตอุปกรณ์ห่อหุ้ม (Casing) ของตัวเก็บประจุ จะผลิตจากอลูมิเนียมที่ผ่านกระบวนการขึ้นรูปด้วยการหลอมอัดรีด (Extrusion) จากนั้น จะนำขั้วแคโทด ขั้วแอโนด และแผ่นอิเล็กโทรไลติก มาเรียงซ้อนกัน และม้วน (Coiling) จนมีลักษณะเป็นทรงกระบอก แล้วจึงนำบรรจุลงอุปกรณ์ห่อหุ้มเติมสารอิเล็กโทรไลต์ และปิดตัวเก็บประจุด้วยแผ่นยาง จากนั้นจึงนำไปห่อด้วยฉนวนพลาสติกที่ระบุคุณสมบัติของตัวเก็บประจุ



รูปที่ 4-38 ส่วนประกอบของตัวเก็บประจุ (Capasistor)

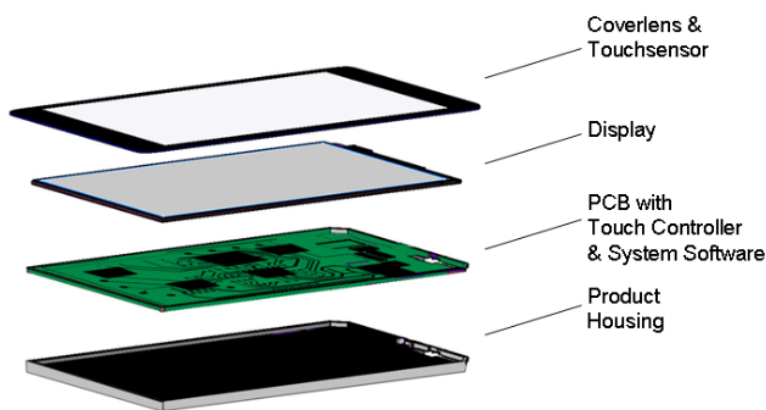
ที่มา: <https://electricityshock.com/>

ตัวเหนี่ยวนำ (Induction) ทำหน้าที่ต้านกระแสความถี่สูง ป้องกันการรบกวนจากแรงดันไฟฟ้าภายนอกที่เล็ดลอดเข้ามาในวงจร และปิดกั้นไม่ให้สัญญาณวิทยุหลุดลอดออกไปจากวงจรไฟฟ้า มีลักษณะเป็นขดลวด อาจบรรจุอยู่ในอุปกรณ์ห่อหุ้ม (Casing) หรือไม่ก็ได้ โดยตัวเหนี่ยวนำจะผลิตจากขดลวดทองแดงผ่านกระบวนการม้วน (Coiling) รอบแกน (Core) โดยแกนของตัวเหนี่ยวนำ (Induction) จำแนกได้เป็น 3 ประเภท คือ แกนอากาศ (Air core) ที่ขดลวดทองแดงจะไม่ถูกพันอยู่กับวัสดุใด แกนเซรามิก (Ceramic core) ที่ขดลวด

ทองแดงจะไม่ถูกพันอยู่กับวัสดุเซรามิกที่ถูกขึ้นรูปด้วยกระบวนการเผาผนึก (Sintering)¹ และแกนแม่เหล็ก (Ferrite Core) ที่ขดลวดทองแดงจะไม่ถูกพันอยู่กับแม่เหล็กที่ขึ้นรูปด้วยกระบวนการผลิตแม่เหล็กโดยเฉพาะ โดยกระบวนการผลิตแม่เหล็กเริ่มต้นจากการผสมส่วนผสมต่างๆ ที่อยู่ในรูปแบบผง ในอัตราส่วนที่เหมาะสม และได้คุณสมบัติตามต้องการก่อนขึ้นรูปด้วยกระบวนการเผาผนึก (Sintering)¹ ให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเป็นของแข็ง ก่อนผ่านกระบวนการตัดเฉือน (Machining) ให้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีลักษณะตามต้องการ

4.2.2.2 อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์สำหรับแสดงผล

อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์สำหรับแสดงผล (Display) ทำหน้าที่แสดงผลข้อมูลต่างๆ ที่ผู้ผลิตต้องการนำเสนอต่อผู้บริโภค ประกอบด้วย 4 ส่วนสำคัญ คือ เลนส์ปิดหน้าจอ (Coverlens) และเซ็นเซอร์สัมผัส (Touchsensor) (กรณีที่เป็นอุปกรณ์สำหรับแสดงผลระบบสัมผัส) แผงหน้าจอ (Display) ชุดวงจรพิมพ์ (Printed circuit board assembly) และเปลือกอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์สำหรับแสดงผล (Housing) (ดังแสดงในรูปแบบที่ 4-39)



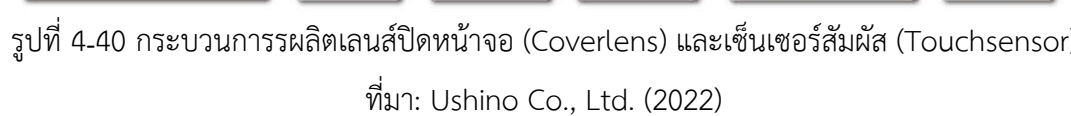
รูปที่ 4-39 ส่วนประกอบของอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์สำหรับแสดงผลระบบสัมผัส

ที่มา: <https://www.eeweb.com/>

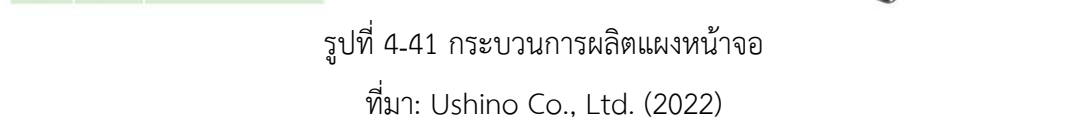
เลนส์ปิดหน้าจอ (Coverlens) เซ็นเซอร์สัมผัส (Touchsensor) และแผงหน้าจอ (Display) มีกระบวนการผลิตเฉพาะ อีกทั้งเทคโนโลยีหน้าจอใหม่ถูกคิดค้นโดยผู้ผลิตระดับโลก คือ LG และ Samsung แต่อย่างไรก็ดี ผู้ประกอบการรายอื่น ๆ ยังสามารถผลิตเทคโนโลยีการผลิตหน้าจอแบบเดิมได้ โดยสามารถจัดซื้อเครื่องจักรเพื่อลงทุนสร้างสายการผลิตหน้าจอแบบเดิมได้อยู่ สำหรับกระบวนการผลิตเลนส์ปิดหน้าจอ เซ็นเซอร์สัมผัส และแผงหน้าจอ (Display) มีรายละเอียดดังแสดงรูปที่ 4-40 และรูปที่ 4-41

ชุดวงจรพิมพ์ (Printed circuit board assembly) มีกระบวนการผลิตเช่นเดียวกับการผลิตแผงวงจรพิมพ์ทั่วไป แต่เนื่องจากอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์สำหรับแสดงผลในปัจจุบันมีรูปแบบการทำงานที่ซับซ้อนหลากหลายมากขึ้นจึงจำเป็นต้องใช้เซมิคอนดักเตอร์เพื่อช่วยในการประมวลผล ซึ่งจะถูกรวมไว้ในชุดวงจรพิมพ์ด้วย

¹ กระบวนการเผาผนึกถูกอธิบายเพิ่มเติมในหัวข้อที่ 4.2.2.1



② LCD panel production process



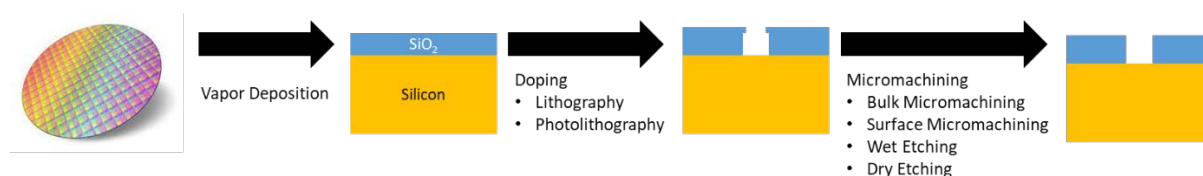
4.2.2.3 ที่นั่งอัจฉริยะ

ที่นั่งอัจฉริยะ (Smart seat) คือ ที่นั่งรถยนต์ที่ประกอบด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ทำให้ที่นั่งรถยนต์มีคุณสมบัติเพิ่มขึ้น เช่น ปรับตำแหน่งที่นั่งอัตโนมัติตามข้อมูลผู้ขับขี่ที่ถูกบันทึกไว้ ที่นั่งอัจฉริยะประกอบด้วย ที่นั่งรถยนต์ (Seat) ชุดวงจรพิมพ์ (Printed circuit board assembly) เซ็นเซอร์ (Sensor) และตัวกระตุ้นให้ทำงาน (Actuator)

ที่นั่งรถยนต์ (Seat) มีกระบวนการผลิตคล้ายคลึงกับที่นั่งรถยนต์เดิม แต่อาจต้องพิจารณากระบวนการประกอบให้รองรับชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่ต้องติดตั้งเข้าไปเพิ่มเติมด้วย เช่นเดียวกับชุดวงจรพิมพ์ของที่นั่งอัจฉริยะที่มีกระบวนการผลิตเช่นเดียวกับชุดวงจรพิมพ์ในอุปกรณ์อื่น

เนื่องจากภายในที่นั่งจำเป็นต้องมีวัสดุบุ (Cushion) ทำให้มีพื้นที่ในการติดตั้งอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ไม่มากนัก ประกอบกับความนิยมใช้เทคโนโลยีเซ็นเซอร์ขนาดเล็ก (Microelectromechanical systems: MEMS) มากขึ้น เพื่อลดขนาดของชิ้นงานลง โดยกระบวนการผลิต MEMS Sensor ใช้เทคนิคการผลิต Semiconductor ร่วมกับ Micromachining เข้าด้วยกัน โดยมีกระบวนการผลิตดังแสดงในรูปที่ 4-42

สำหรับตัวกระตุ้นให้ทำงาน (Actuator) จะกล่าวในหัวข้อที่ 4.2.2.9



รูปที่ 4-42 กระบวนการผลิต MEMS Sensor

ที่มา: คณะผู้วิจัย

4.2.2.4 ชิ้นส่วนตัวถังสำหรับติดตั้งเซ็นเซอร์

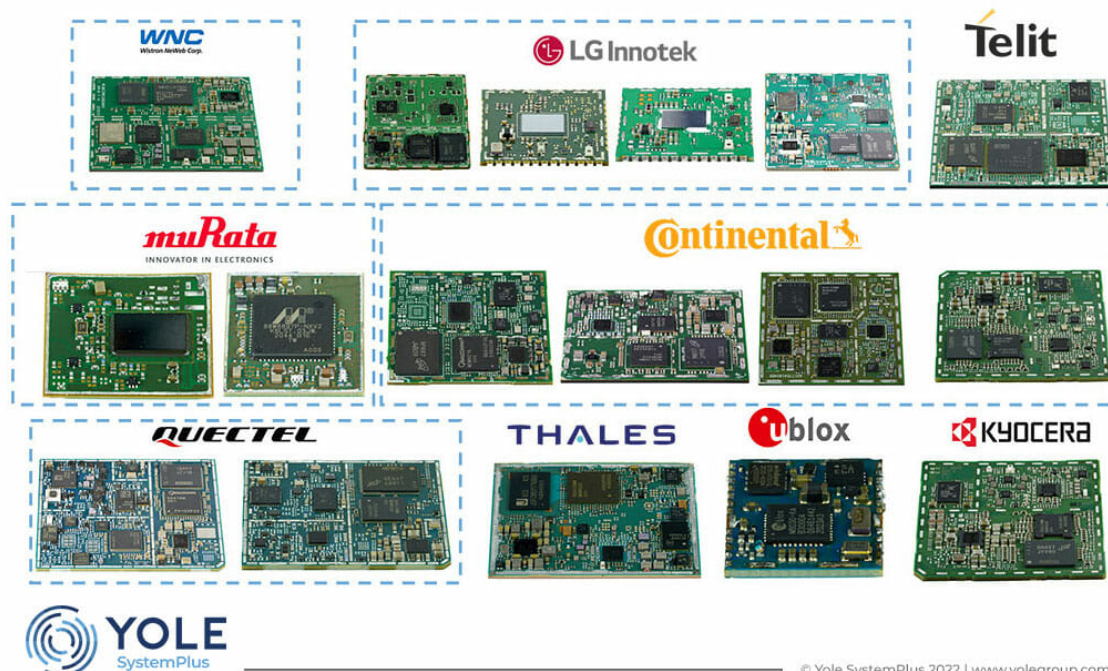
ชิ้นส่วนตัวถังสำหรับติดตั้งเซ็นเซอร์ (Smart embedded body and exterior part) ไม่มีกระบวนการผลิตที่แตกต่างไปจากกระบวนการผลิตตัวถังแบบเดิม แต่ผู้ผลิตจำเป็นต้องมีความสามารถในการออกแบบชิ้นส่วน และรูปแบบการติดตั้งเซ็นเซอร์บนตัวถัง เพื่อให้เซ็นเซอร์ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งต้องคำนึงถึงการติดตั้งเซ็นเซอร์ขนาดเล็ก (MEMS) บนชิ้นส่วนตัวถังด้วย เนื่องจาก การติดตั้ง MEMS Sensor อาจต้องคำนึงถึงคุณสมบัติเฉพาะเพื่อให้ MEMS Sensor ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ อาทิ MEMS Sensor ต้องการตำแหน่งอ้างอิงอย่างแม่นยำเพื่อให้ในการคำนวณค่าสัญญาณต่างๆ ที่ส่งออกมาจาก MEMS Sensor หรือการติดตั้ง MEMS Sensor เพื่อลดสัญญาณรบกวนเพื่อให้ MEMS Sensor ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4.2.2.5 โมเด็มแบบฝังตัว

โมเด็มแบบฝังตัว (Embedded modem) เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดหนึ่งที่ทำหน้าที่ติดต่อสื่อสารระหว่างรถยนต์กับเครือข่ายภายนอก อุปกรณ์และกระบวนการผลิตโมเด็มแบบฝังตัว มีลักษณะเช่นเดียวกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ กล่าวคือ ประกอบด้วย เซมิคอนดักเตอร์ (Semiconductor) ชุดวงจรพิมพ์ (Printed circuit board assembly) และเปลือกโมเด็มแบบฝังตัว (Housing) (รูปที่ 4-43)

Analyzed Subsystem Makers' Modules - Optical Titled View

(Source: Automotive Telematics Comparison 2022, Yole SystemPlus, 2022)

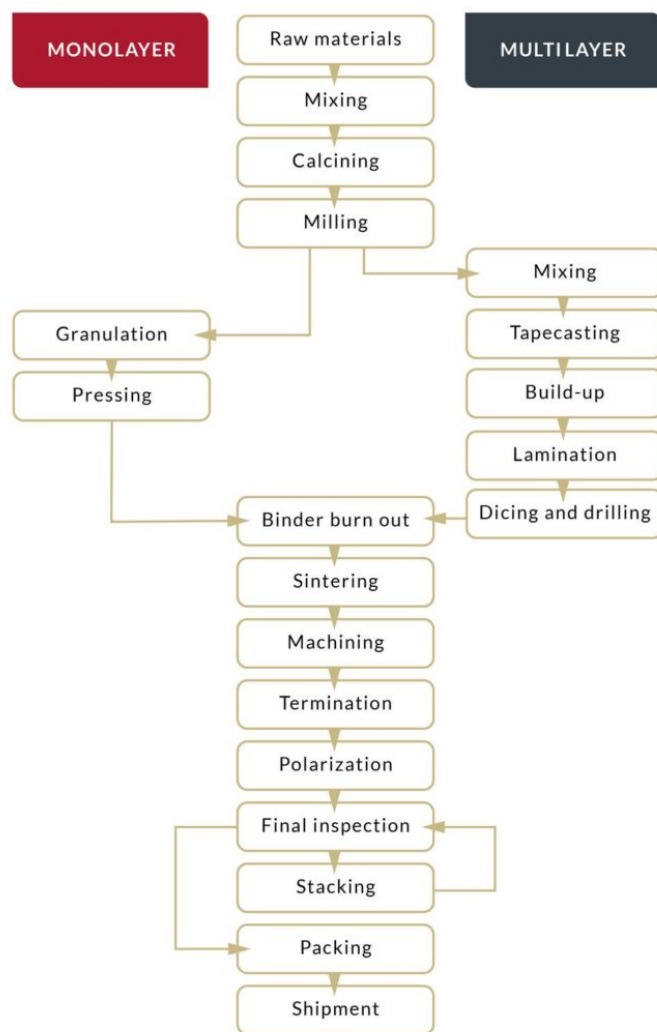


รูปที่ 4-43 โมเด็มแบบฝังตัว (Embedded modem) ของผู้ผลิตรายต่างๆ

ที่มา: Yole SystemPlus

4.2.2.6 อัลตราโซนิกเซ็นเซอร์

อัลตราโซนิกเซ็นเซอร์ (Ultrasonic sensor) เป็นชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ ที่มีส่วนประกอบสำคัญคือ อัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์ (Ultrasonic Transducer) ทำหน้าที่แปลงสัญญาณไฟฟ้าเป็นความถี่ ส่งออกไปยังภายนอกเซ็นเซอร์ และแปลงความถี่ที่ถูกสะท้อนจากวัตถุกลับมาที่เซ็นเซอร์เป็นสัญญาณไฟฟ้า อัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์ผลิตจากวัสดุเพียโซอิเล็กทริก (Piezoelectric Material) คือ วัสดุเซรามิกคริสตัลหรือโพลิเมอร์ ที่มีคุณสมบัติเปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยวัสดุเพียโซอิเล็กทริกจะมีกระบวนการผลิตเฉพาะ ดังแสดงในรูปที่ 4-44



รูปที่ 4-44 กระบวนการผลิตวัสดุเพียโซอิเล็กทริก (Piezoelectric Material)

ที่มา: CTS Corp.

4.2.2.7 อุปกรณ์รับคำสั่งจากผู้ขับขี่

อุปกรณ์รับคำสั่งจากผู้ขับขี่ (Driver input) แบ่งเป็นคำสั่งประเภทภาพ เสียง และการสัมผัส โดยเมื่อระบบได้รับคำสั่งดังกล่าว จะนำไปสู่การควบคุมการทำงานของระบบต่าง ๆ ในรถยนต์ต่อไป อุปกรณ์รับคำสั่งจากผู้ขับขี่ที่ใช้งานในปัจจุบันแบ่งเป็น 3 ประเภท คือ

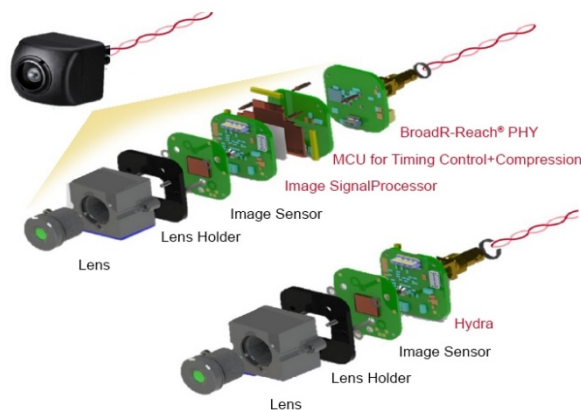
คำสั่งภาพ (Vision input) ใช้เซ็นเซอร์รับภาพ (Optical sensor) เป็นอุปกรณ์รับคำสั่ง โดยเซ็นเซอร์รับภาพเป็น MEMS Sensor ชนิดหนึ่ง จึงใช้กระบวนการผลิต MEMS Sensor เป็นหลัก

คำสั่งเสียง (Audible input) ใช้วัสดุเพียโซอิเล็กทริก (Piezoelectric Material) เป็นอุปกรณ์รับคำสั่ง ซึ่งมีกระบวนการผลิตเช่นเดียวกับ อัลตราโซนิกเซ็นเซอร์ (Ultrasonic sensor)

คำสั่งสัมผัส (Haptic input) ส่วนใหญ่เป็นชิ้นส่วนทางกายภาพที่ให้ผู้ขับขี่สามารถสัมผัสเพื่อส่งคำสั่งไปยังรถยนต์ได้ อาทิ ปุ่ม คันโยก หน้าจอร์บบสัมผัส เป็นต้น โดยหน้าจอร์บบสัมผัส ได้ถูกกล่าวถึงในหัวข้อที่ 4.2.2.2 แล้ว ส่วนปุ่มและคันโยก กรณีวัสดุโลหะใช้วิธีการขึ้นรูปด้วยกระบวนการปั๊มขึ้นรูป (Stamping) และกรณีวัสดุพลาสติกใช้กระบวนการฉีดพลาสติกขึ้นรูป (Plastic injection molding)

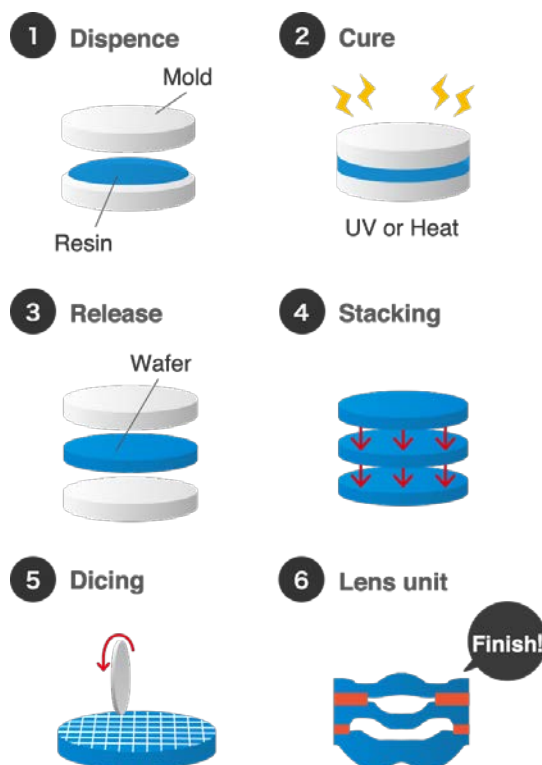
4.2.2.8 กล้อง

กล้อง (Camera) เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เช่นเดียวกับหลายๆ ชิ้นส่วนในกลุ่มชิ้นส่วนสำหรับอุปกรณ์เชื่อมต่อและขับเคลื่อนอัตโนมัติ โดยส่วนประกอบสำคัญของกล้อง (Camera) (รูปที่ 4-45) คือ เซ็นเซอร์รับภาพ (Optical sensor) ซึ่งเป็น MEMS Sensor ชนิดหนึ่ง ดังที่ได้กล่าวไปในหัวข้อ 4.2.2.7 นอกจากนี้ ยังมีเลนส์ (Lens) ที่เป็นอีกชิ้นส่วนสำคัญของกล้อง โดยการผลิตเลนส์เป็นกระบวนการผลิตเฉพาะทางโดยผู้ผลิตชิ้นส่วน Optical Component มีกระบวนการผลิตดังแสดงในรูปที่ 4-46



รูปที่ 4-45 ส่วนประกอบของกล้อง (Camera)

ที่มา: Broadcom Inc.



รูปที่ 4-46 กระบวนการผลิตเลนส์ (Lens)

ที่มา: Daicel Group

4.2.2.9 ตัวกระตุ้นให้ทำงาน

ตัวกระตุ้นให้ทำงาน (Actuator) ที่นิยมใช้ในยานยนต์สมัยใหม่มี 2 ประเภท คือ ตัวกระตุ้นให้ทำงานแบบหมุน (Electric rotary actuator) และตัวกระตุ้นให้ทำงานแบบเส้นตรง (Electronic linear actuator) โดยตัวกระตุ้นการทำงานทั้ง 2 ชนิด มีส่วนประกอบหลักๆ คือ มอเตอร์ (Motor) และเฟืองทดรอบ (Gear) แต่จะแตกต่างกันที่ชุดเฟืองทดรอบของตัวกระตุ้นให้ทำงานแบบเส้นตรง ที่จะเปลี่ยนทิศทางการทำงานจากการหมุนเป็นการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง ทั้งนี้ มอเตอร์ของตัวกระตุ้นให้ทำงาน (Actuator) จะมีกระบวนการผลิตคล้ายคลึงกับมอเตอร์ของคอมเพรสเซอร์สำหรับยานพาหนะไฟฟ้าแบบแบตเตอรี่ (Electric A/C Compressor) ของกลุ่มชิ้นส่วนยานยนต์ไฟฟ้า แต่อาจมีมอเตอร์บางชนิดใช้สนามแม่เหล็กจากแม่เหล็กถาวรชุดเฟืองทด อาจใช้กระบวนการผลิตแบบกระบวนการกัดเฟือง (Gear Hobbing) หรือกระบวนการตัดเฉือน (Machining) สำหรับโลหะหล่อ (Casting) หรือกระบวนการฉีดพลาสติก (Plastic injection molding) สำหรับเสื้อตัวกระตุ้นให้ทำงาน (Actuator) กรณีวัสดุโลหะ อาจใช้กระบวนการผลิตแบบการหลอมอัดรีด (Extrusion) หรือการปั๊มขึ้นรูป (Stamping) กรณีวัสดุพลาสติกใช้กระบวนการฉีดพลาสติก (Plastic injection molding)



Rotary Actuator

Linear Actuator

รูปที่ 4-47 ประเภทของตัวกระตุ้นให้ทำงาน (Actuator)

ที่มา: Direct Industry

จากการศึกษา และวิเคราะห์ กระบวนการผลิตชิ้นส่วนสำหรับอุปกรณ์เชื่อมต่อและขับเคลื่อนอัตโนมัติ 9 รายการ สามารถสรุปความสัมพันธ์ระหว่างชิ้นส่วน และกระบวนการผลิตได้ดังแสดงในตารางที่ 4-3 ทั้งนี้ กระบวนการผลิตที่ระบุในตารางที่ 4-3 เป็นกระบวนการผลิตเฉพาะชิ้นส่วน Hardware เท่านั้น ไม่รวมถึง กระบวนการผลิตและพัฒนา Software ที่จำเป็นสำหรับการใช้งานร่วมกับชิ้นส่วนทั้ง 9 รายการ

ตารางที่ 4-3 สรุปความสัมพันธ์ระหว่างชิ้นส่วนสำหรับอุปกรณ์เชื่อมต่อและขับเคลื่อนมิติ 9 รายการ กับกระบวนการผลิตชิ้นส่วน

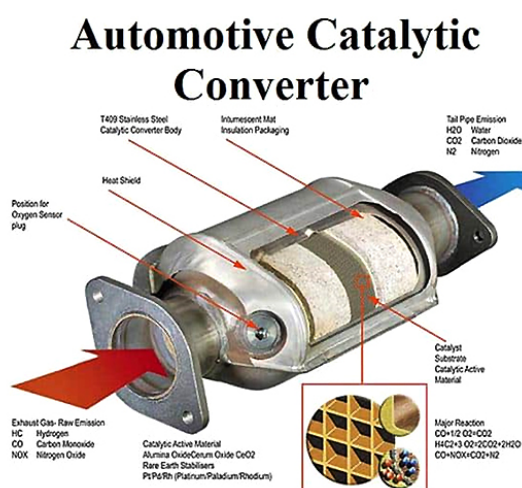
รายการชิ้นส่วน	Casting	Coating	Coiling	Cutting	Diamond Cutting	Display Process	Extrusion	Ferriite Process	Forging	Gear Hobbing	Heat Treatment	Laser Cutting	Machining	MEMS Process	Motor Winding	Piezoelectric	Plastic injection	Pressing	Printed Circuit Board Assembly	Seat Process	Semiconductor	Sintering	Stamping	Touch Panel Process	Vapor Deposition	Welding
1. Passive Component																										
1.1 Resistor			x		x							x						x				x			x	
1.2 Capasistor		x	x	x					x																	
1.3 Inductor			x					x														x				
2. Display																										
2.1 Cover lens & Touchsensor																								x		
2.2 Display					x																					
2.3 Circuit Board																			x		x					
2.4 Housing	x																x						x			
3. Smart seat																										
3.1 Seat																				x						
3.2 Circuit Board																			x		x					
3.3 Sensor														x											x	
3.4 Actuator	x						x	x	x	x	x		x		x		x						x			
4. Smart embedded body and exterior part																										
4.1 Body part																	x						x			x
5.2 Sensor														x											x	

รายการชิ้นส่วน	Casting	Coating	Coiling	Cutting	Diamond Cutting	Display Process	Extrusion	Ferriite Process	Forging	Gear Hobbing	Heat Treatment	Laser Cutting	Machining	MEMS Process	Motor Winding	Piezoelectric	Plastic injection	Pressing	Printed Circuit Board Assembly	Seat Process	Semiconductor	Sintering	Stamping	Touch Panel Process	Vapor Deposition	Welding
5. Embedded modem																										
5.1 Antena																										
5.2 Circuit Board																			x		x					
5.3 Housing	x																x						x			
6. Ultrasonic sensor																										
6.1 Transducer																x										
6.2 Circuit Board																			x		x					
6.3 Housing	x																x						x			
7. Driiver input																										
7.1 Sensor														x		x									x	
7.2 Circuit Board																			x		x					
7.3 Housing	x																x						x			
8. Camera														x												
8.1 Optical Sensor														x											x	
8.2 Circuit Board																			x		x					
8.3 Housing	x																x						x			
9. Actuator	x						x	x	x	x	x		x		x		x						x			

ที่มา: คณะผู้วิจัย

4.2.3 กลุ่มชิ้นส่วนยานยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์สันดาปภายในที่สะอาดขึ้น

ชิ้นส่วนยานยนต์สำหรับเครื่องยนต์สันดาปภายในที่สะอาดขึ้น กล่าวคือ เครื่องยนต์สันดาปภายในที่ผ่านมาตรฐานมลพิษ ยูโร 5 และยูโร 6 โดยส่วนใหญ่เป็นชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่เร่งให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีของ ไอเสียเครื่องยนต์ภายในระบบบำบัดไอเสีย (Aftertreatment System) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของระบบไอเสียรถยนต์เครื่องยนต์สันดาปภายใน ผ่านการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalytic Converter) (รูปที่ 4-48) ซึ่งประกอบด้วย



รูปที่ 4-48 ตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalytic Converter)

ที่มา: YitaMotor

4.2.3.1 หน้าแปนยึดตัวเร่งปฏิกิริยา

ทำหน้าที่ยึดตัวเร่งปฏิกิริยากับท่อไอเสียในระบบไอเสีย ผลิตจากโลหะแผ่น หรือโลหะหล่อ ขึ้นรูปด้วยกระบวนการปั๊มขึ้นรูป (Stamping) และกระบวนการตัดเฉือน (Machining) และยึดกับชิ้นส่วนท่อโลหะด้วยกระบวนการเชื่อม (Welding)

4.2.3.2 ช่องทางการไหลของไอเสีย

เป็นชิ้นส่วนสำหรับบังคับ หรือแบ่งช่องทางการไหลภายในตัวเร่งปฏิกิริยา รูปแบบของช่องทางการไหล อาจมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับรุ่นรถยนต์ ส่วนใหญ่ผลิตด้วยเหล็กแผ่น หรือเหล็กท่อ ขึ้นรูปให้มีลักษณะตามต้องการ และนำไปเชื่อม (Welding) ติดกับเสื้อตัวเร่งปฏิกิริยา

4.2.3.3 เสื้อตัวเร่งปฏิกิริยา

เป็นส่วนภายนอกของตัวเร่งปฏิกิริยาขึ้นรูปด้วยเหล็กแผ่น ผ่านการปั๊มขึ้นรูป (Stamping) ให้มีลักษณะตามต้องการก่อนจะนำไปหุ้มภายในด้วยฉนวนกันความร้อนหากมีความจำเป็น และนำไปติดตั้งช่องทางการไหลของไอเสีย และรังผึ้งตัวเร่งปฏิกิริยา ก่อนที่จะเชื่อมประกอบให้มีลักษณะตามต้องการ

4.2.3.4 รังผึ้งตัวเร่งปฏิกิริยา

มักผลิตจากวัสดุที่มีเนื้อที่เป็นลักษณะรูพรุน (Porous) เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีสูงขึ้น และทนความร้อนสูงเพื่อทนทานต่อไอเสียที่มีอุณหภูมิสูง ปัจจุบันจึงนิยมใช้วัสดุ

ที่เป็นเซรามิก ที่ขึ้นรูปด้วยกระบวนการขึ้นรูปวัสดุเซรามิกโดยเฉพาะ (Ceramics Process) ก่อนที่จะนำไปเคลือบด้วยเซรามิก หรือโลหะ อีกชั้นเพื่อเพิ่มพื้นที่ผลิตสัมผัสในระดับไมครอน (Washcoat) จากนั้นจึงเคลือบด้วยสารที่มีคุณสมบัติเร่งปฏิกิริยาเคมี ด้วยกระบวนการเคลือบด้วยสุญญากาศ (Vacuum Coating) ซึ่งส่วนใหญ่เป็นธาตุหายาก (Rare-earth element, Noble metal) อาทิ พาลาเดียม (Palladium) ทองคำขาว (Platinum) และแร่ธาตุอื่นๆ เพื่อเร่งให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีตามต้องการ ก่อนที่จะถูกนำไปบรรจุภายในเสื้อตัวเร่งปฏิกิริยา และเชื่อมเพื่อประกอบให้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalytic Converter) ที่พร้อมนำไปติดตั้งกับระบบไอเสียของรถยนต์เครื่องยนต์สันดาปภายใน

4.2.4 กลุ่มชิ้นส่วนอะไหล่ทดแทน

กลุ่มชิ้นส่วนอะไหล่ทดแทน เป็นกลุ่มชิ้นส่วนที่ผู้ผลิตชิ้นส่วนผลิตเพื่อจำหน่ายให้แก่ผู้บริโภคโดยตรงโดยไม่ผ่านการจัดซื้อเพื่อไปประกอบเป็นรถยนต์จากผู้ผลิตรถยนต์ โดย กลุ่มชิ้นส่วนอะไหล่ทดแทน สามารถแบ่งออกตามจุดประสงค์ของการติดตั้งชิ้นส่วนได้ 4 กลุ่ม ดังนี้

- 1) กลุ่มชิ้นส่วนอะไหล่ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของรถยนต์ (Functional Parts) คือ กลุ่มชิ้นส่วนอะไหล่ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของรถยนต์ ผู้บริโภคอาจติดตั้งเพื่อเปลี่ยนชิ้นส่วนเดิมที่ชำรุด หรือหมดอายุการใช้งาน รวมถึงอาจเป็นชิ้นส่วนที่เปลี่ยนเพื่อความสวยงามแต่เกี่ยวข้องกับการทำงานของรถยนต์ อาทิ ชิ้นส่วนในระบบเบรก ชิ้นส่วนในระบบช่วงล่าง
- 2) กลุ่มชิ้นส่วนอะไหล่ที่มีความจำเป็นต้องเปลี่ยนบ่อย (Fast Moving Parts) คือ กลุ่มชิ้นส่วนที่มีการสึกหรองง่าย หรือผู้บริโภคมีความจำเป็นต้องเปลี่ยนบ่อยจากการใช้งาน อาทิ กรองอากาศ กรองน้ำมันเครื่อง
- 3) กลุ่มชิ้นส่วนอะไหล่เพื่อความสวยงาม (Accessories Parts) คือ กลุ่มชิ้นส่วนที่ผู้บริโภคเลือกใช้เพื่อความสวยงามของรถยนต์ อาทิ ชิ้นส่วนตัวถัง เบาะนั่ง
- 4) กลุ่มชิ้นส่วนอะไหล่เพื่อเพิ่มสมรรถนะของรถยนต์ (Performance Parts) คือ กลุ่มชิ้นส่วนที่ผู้บริโภคอาจเลือกติดตั้งเพื่อเพิ่มสมรรถนะของรถยนต์เพิ่มขึ้นจากสมรรถนะเดิมที่ผู้ผลิตรถยนต์ออกแบบมา อาทิ ชุดเบรกสำหรับการขับเคลื่อนความเร็วสูง กล่องควบคุมเพื่อเพิ่มสมรรถนะ หรือชุดติดตั้งสำหรับพลังงานทดแทน

จากการรายงานโครงการศึกษาศักยภาพชิ้นส่วนประกอบรถยนต์ที่เป็น Product Champion ของไทย (สถาบันวิจัยและให้คำปรึกษาแห่งมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2013) เสนอ Product Champion สำหรับอุตสาหกรรมชิ้นส่วนอะไหล่ไทย โดยคณะผู้วิจัยได้ทำการเลือกชิ้นส่วนที่มีศักยภาพสำหรับอุตสาหกรรมชิ้นส่วนอะไหล่ไทย ซึ่งสามารถนำมาแบ่งตามประเภทชิ้นส่วนอะไหล่ได้ดังแสดงในตารางที่ 4-4

ตารางที่ 4-4 ชิ้นส่วนที่มีศักยภาพสำหรับอุตสาหกรรมชิ้นส่วนอะไหล่ไทย

Parts	Functional Parts	Fast Moving Parts	Accessories Parts	Performance Parts
Alloy Wheel	✓		✓	
Air Filter		✓	✓	✓
Body Parts			✓	
Brake Component			✓	✓
Floor Mat			✓	
Lighting	✓		✓	
Seat Cushion			✓	
Truck Topup Cover	✓		✓	

ที่มา: สถาบันวิจัยและให้คำปรึกษาแห่งมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ (2013)

เมื่อพิจารณาตามประเภทของชิ้นส่วนอะไหล่พบว่าชิ้นส่วนที่มีศักยภาพสำหรับอุตสาหกรรมชิ้นส่วนอะไหล่ไทยส่วนใหญ่เป็นชิ้นส่วนอะไหล่เพื่อความสวยงาม แต่อย่างไรก็ดี เนื่องจากชิ้นส่วนบางชิ้นเป็นชิ้นส่วนที่ผู้บริโภคนิยมติดตั้งเพื่อความสวยงามแต่ต้องมีการคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ เนื่องจากเป็นชิ้นส่วนที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของรถยนต์ด้วย

4.2.4.1 กลุ่มชิ้นส่วนอะไหล่ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของรถยนต์ (Functional Parts)

การผลิตชิ้นส่วนในกลุ่มนี้ผู้ผลิตอาจไม่มีความจำเป็นต้องมีความสามารถด้านการออกแบบหรือพัฒนามากนัก แต่ผู้ผลิตจำเป็นต้องมีความสามารถด้านวิศวกรรมย้อนรอย เพื่อผลิตชิ้นส่วนที่สามารถทดแทนชิ้นส่วนเดิม และความสามารถด้านการทดสอบเพื่อออกแบบการทดสอบเพื่อสร้างความมั่นใจว่าชิ้นส่วนที่ผลิตสามารถนำไปใช้งานได้อย่างมีความปลอดภัย

4.2.4.2 กลุ่มชิ้นส่วนอะไหล่ที่มีความจำเป็นต้องเปลี่ยนบ่อย (Fast Moving Parts)

ชิ้นส่วนในกลุ่มนี้อาจใช้ทักษะในการผลิตน้อยที่สุด กล่าวคือ หากผู้ผลิตผลิตไม่ได้ตามมาตรฐานตามชิ้นส่วนเดิม กล่าวคือ มีอายุการใช้งานสั้นกว่า แต่อย่างไรก็ดี หากการไม่ดำเนินการทดสอบทำให้ต้นทุนในการผลิตต่ำลง ผู้บริโภคอาจเลือกที่จะเปลี่ยนชิ้นส่วนในกลุ่มนี้บ่อยกว่าที่ควรจะเป็นมากกว่าซื้อชิ้นส่วนที่มีคุณสมบัติตามชิ้นส่วนที่ผู้ผลิตรถยนต์เลือกใช้

4.2.4.3 กลุ่มชิ้นส่วนอะไหล่เพื่อความสวยงาม (Accessories Parts)

ทักษะที่ผู้ประกอบการต้องการสำหรับการผลิตชิ้นส่วนในกลุ่มนี้คือ ทักษะด้านการออกแบบรูปลักษณ์ชิ้นส่วนให้มีความสวยงาม รวมไปถึงทักษะด้านการตลาด ที่จะสามารถออกแบบชิ้นส่วนให้เป็นไปตามความต้องการของกลุ่มเป้าหมายของตน แต่อย่างไรก็ดี ชิ้นส่วนบางประเภทอาจเป็นชิ้นส่วนที่อยู่ในกลุ่มชิ้นส่วนอื่นๆ ด้วย ดังนั้น ผู้ผลิตจำเป็นต้องมีทักษะของชิ้นส่วนในกลุ่มอื่นๆ ด้วย อาทิ ผู้ผลิตต้องการผลิตชิ้นส่วนที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของรถยนต์ แต่มีความสวยงามมากขึ้น ผู้ผลิตชิ้นส่วนดังกล่าวจำเป็นต้องมีความสามารถด้านวิศวกรรมย้อนรอย ความสามารถด้านการทดสอบ ความสามารถด้านการออกแบบรูปลักษณ์ และความสามารถด้านการตลาด

4.2.4.4 กลุ่มชิ้นส่วนอะไหล่เพื่อเพิ่มสมรรถนะของรถยนต์ (Performance Parts)

ชิ้นส่วนในกลุ่มนี้เป็นกลุ่มที่จำเป็นต้องมีทักษะมากที่สุด เนื่องจากการผลิตชิ้นส่วนในลักษณะนี้จำเป็นต้องมีการทำวิจัยและพัฒนามากกว่าในกลุ่มชิ้นส่วนอื่น กล่าวคือ จำเป็นต้องทราบการทำงานของระบบรถยนต์ที่เกี่ยวข้องกับชิ้นส่วนที่ตนเองผลิตจึงจะดัดแปลงให้มีสมรรถนะสูงขึ้นได้ นอกจากนั้น อะไหล่เพื่อเพิ่มสมรรถนะของรถยนต์มักเป็นชิ้นส่วนอะไหล่ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของรถยนต์ ดังนั้น ผู้ผลิตจำเป็นต้องมีทักษะของกลุ่มชิ้นส่วนอะไหล่ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของรถยนต์ ด้วย

ทั้งนี้ ชิ้นส่วนอะไหล่ทดแทนอาจดูเหมือนไม่มีความจำเป็นมากนักที่จะต้องทำการทดสอบเพื่อผ่านมาตรฐานของผู้ผลิตรถยนต์ แต่อย่างไรก็ดี ชิ้นส่วนบางประเภทอาจจำเป็นต้องทดสอบเพื่อเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดโดยประเทศปลายทางที่จะนำชิ้นส่วนอะไหล่ทดแทนไปจำหน่าย โดย ผู้ผลิตชิ้นส่วนอะไหล่ทดแทนที่ต้องการส่งออกชิ้นส่วนอะไหล่ทดแทนไปจำหน่ายในต่างประเทศ จำเป็นต้องศึกษาถึงข้อกำหนดและมาตรฐานที่บังคับใช้ในตลาดนั้น ๆ เพื่อให้สามารถส่งชิ้นส่วนอะไหล่ทดแทนไปจำหน่ายได้โดยไม่ผิดกฎหมาย

บทที่ 5 การประเมินศักยภาพความพร้อมของผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมยานยนต์ไทย

5.1 ที่มาของการประเมินศักยภาพความพร้อมของผู้ประกอบการ

ปัจจุบัน อุตสาหกรรมยานยนต์ไทยกำลังเผชิญการปรับตัวของโครงสร้างห่วงโซ่อุปทานการผลิต ครึ่งใหญ่ หรือเกิดแรงผลักดันการเปลี่ยนผ่านจากกิจกรรมการผลิตรถยนต์เครื่องยนต์สันดาป (ICE) ไปสู่รถยนต์ไฟฟ้า (BEV) อันเนื่องมาจากการตอบสนองต่อปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate change) ทั้งฝั่งของผู้บริโภคและผู้ผลิตรถยนต์รายใหญ่ต่าง ๆ ในโลก ประกอบกับศักยภาพทางเทคโนโลยีการผลิตและต้นทุนการผลิตรถยนต์ไฟฟ้าที่เริ่มลดลงแล้ว หลายฝ่ายจึงคาดการณ์ถึงการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างห่วงโซ่อุปทานในอุตสาหกรรมยานยนต์ของโลก

กระแสการไปสู่การผลิตรถยนต์ไฟฟ้าเกิดการถกเถียงระหว่างภาครัฐบาลและผู้ประกอบการในช่วงสองปีที่ผ่านมาอย่างมาก ซึ่งภาครัฐบาลพยายามส่งเสริมการไปสู่การผลิตรถยนต์ไฟฟ้าเพื่อให้เกิดแรงขับเคลื่อนทางเศรษฐกิจใหม่ (New Growth Engine) และตอบโจทย์การแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมไปพร้อมกัน ในทางตรงกันข้าม ผู้ประกอบการหรือผู้ผลิตชิ้นส่วนส่วนใหญ่ยังกังวลถึงความสามารถในการปรับตัวไปสู่การผลิตรถยนต์ไฟฟ้า เพราะเมื่อตลาดรถยนต์ไฟฟ้าเกิดขึ้นจริง ชิ้นส่วนการผลิตในห่วงโซ่อุปทานการผลิตรถยนต์ไฟฟ้าจะลดลงกว่า 1 ใน 3 ห่วงโซ่อุปทานการผลิตยานยนต์เดิมไม่สามารถต่อยอดไปสู่ห่วงโซ่อุปทานการผลิตยานยนต์สมัยใหม่ได้ทั้งหมด โดยเฉพาะอย่างยิ่งกลุ่มระบบส่งกำลัง (Powertrain system) จะไม่มีความจำเป็นในการทำงานในยานยนต์ไฟฟ้าอีกต่อไป ดังเช่น ชิ้นส่วนกลุ่มระบบส่งกำลังอันได้แก่ ระบบเครื่องยนต์ (Engine system) ระบบเชื้อเพลิง (Fuel system) ระบบไอเสีย (Exhaust system) และชุดเกียร์ (Full gear-box) จะหายไปจากห่วงโซ่อุปทาน ขณะที่ระบบหล่อเย็น (Cooling system) จะเกิดการเปลี่ยนแปลงจากระบบหล่อเย็นจากการทำงานของเครื่องยนต์กลายเป็นระบบหล่อเย็นจากการทำงานของมอเตอร์แทนไป

นอกจากนี้ นัยสำคัญ คือ ความสำเร็จของการพัฒนาอุตสาหกรรมยานยนต์ไทยในปัจจุบันไม่ได้การันตีการเป็นฐานการผลิตของโลกอีกต่อไป หากตลาดยานยนต์ไฟฟ้าสามารถเข้ามาแทนที่ตลาดยานยนต์สันดาปขึ้นในอนาคต ทั้งนี้ ที่ผ่านมา ไทยใช้กลยุทธ์เพื่อพัฒนาความสามารถในการแข่งขันของการผลิตระหว่างประเทศอยู่ 3 ประการ คือ **ประการแรก** การสร้างคลัสเตอร์ (Cluster) ให้เกิดขึ้นในประเทศ และการดึงดูดให้เกิดค่ายรถยนต์ชั้นนำของโลกให้เข้ามาผลิตรถยนต์ในไทย (Fongsuwan et al., 2017; Ariffin and Sahid, 2017) จึงทำให้เกิดห่วงโซ่อุปทานการผลิตเกิดขึ้นเกือบครบวงจรและมีสัดส่วนการใช้ชิ้นส่วนที่ผลิตในประเทศที่สูง และผลักดันการแข่งขันระหว่างค่ายรถยนต์แบรนด์ต่าง ๆ **ประการที่สอง** การพัฒนาศักยภาพทางนวัตกรรมการผลิตและเทคโนโลยีของผู้ประกอบการในประเทศ (Tiengetavaj et al., 2017) จึงช่วยยกระดับเทคโนโลยีการผลิตของผู้ประกอบการขึ้นส่วนต่าง ๆ และเอื้อให้เกิดการดูดซับเทคโนโลยีและนวัตกรรมของค่ายรถยนต์ต่างชาติ **ประการที่สาม** การใช้การลงทุนเพื่อพัฒนาและออกแบบ (R&D) ทั้งภายในและภายนอกของผู้ผลิตรถยนต์ต่างชาติ (Chen, 2017) จึงเอื้อให้ส่งเสริมผู้ประกอบการขึ้นส่วนสามารถยกระดับกิจกรรมการพัฒนาและออกแบบขึ้นส่วนต่าง ๆ และสร้างความแนบแน่นกับค่ายรถยนต์หรือผู้ประกอบการขึ้นส่วนต่างชาติรายสำคัญ

อย่างไรก็ตาม กลยุทธ์ผลักดันความสามารถในการแข่งขันข้างต้นจำเป็นต้องใช้เวลาอย่างยาวนาน เรื่องดังกล่าวจึงสวนทางกับกระแสของการเกิดรถยนต์ไฟฟ้าที่รวดเร็ว และมีผู้เล่นรายใหม่สำคัญ คือ ผู้ผลิตรถยนต์สัญชาติจีน และแม้ว่าผู้ผลิตรถยนต์สัญชาติจีนจะเข้ามาดำเนินการผลิตรถยนต์ไฟฟ้าในไทยแล้วก็ตาม แต่ยังไม่ได้สร้างความเชื่อมโยงต่อห่วงโซ่อุปทานการผลิตในไทยมากนัก หรือมีความแตกต่างจากการดำเนินธุรกิจของค่ายรถยนต์สัญชาติญี่ปุ่นอย่างสิ้นเชิง

นอกจากนี้ ผู้ประกอบการยานยนต์ยังเผชิญความท้าทายใหม่ ๆ ทั้งการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (Environmental production) และกระบวนการปรับเปลี่ยนไปสู่โรงงานการผลิตอัจฉริยะ (Smart factory) ความท้าทายเหล่านี้ทวีความสำคัญต่อการปรับตัวต่อผู้ประกอบการไปวงกว้างทั้งในอุตสาหกรรมยานยนต์และอุตสาหกรรมอื่น ๆ และผู้ประกอบการต่างชาติหลายรายเริ่มดำเนินการการปรับตัวความท้าทายดังกล่าวไปแล้ว อาทิ ผู้ผลิตชิ้นส่วนรายสำคัญอย่าง Denso ได้ประกาศเป้าหมายการใช้พลังงานหมุนเวียน (RE 100) ในสัดส่วนร้อยละ 100 ภายในปี ค.ศ. 2025 และเป้าหมายการปล่อยคาร์บอนสุทธิเป็นศูนย์ในปี ค.ศ. 2035 ไปแล้ว เป็นต้น ขณะที่ผู้ประกอบการไทยยังไม่ได้มีความชัดเจนในการปรับตัวมากนัก

ในปี ค.ศ. 2020-2022 ปัญหาการแพร่ระบาดเชื้อโควิด-19 เป็นความท้าทายทางธุรกิจครั้งใหญ่อีกประการแก่ผู้ประกอบการหรือผู้ผลิตชิ้นส่วนในอุตสาหกรรมยานยนต์ในไทย ทั้งการชะลอตัวของความต้องการซื้อรถยนต์ การจัดการบริหารการผลิตในช่วงการแพร่ระบาดเชื้อโควิด-19 และต้นทุนวัตถุดิบต่าง ๆ ที่สูงขึ้น เรื่องดังกล่าวล้วนกระทบต่อความสามารถในการหารายได้ของผู้ประกอบการ และขีดความสามารถทางการเงินเพื่อยกระดับเทคโนโลยีการผลิต เนื่องจากการแพร่ระบาดเชื้อโควิด-19 ก่อให้เกิดความไม่แน่นอนทางธุรกิจ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ความต้องการซื้อของผู้บริโภค และกระแสการแข่งขันระหว่างผู้ผลิตรถยนต์รายต่าง ๆ ในโลก ดังนั้น ผู้ประกอบการหรือผู้ผลิตชิ้นส่วนจึงดำเนินทางธุรกิจภายใต้นโยบาย Wait and See เพื่อลดความเสี่ยงในการลงทุนทางธุรกิจ

บริบทแวดล้อมข้างต้นจึงนำไปสู่แรงกดดันการปรับตัวขนานใหญ่ในรอบหลายทศวรรษในอุตสาหกรรมยานยนต์ในประเทศ และผู้ประกอบการหรือผู้ผลิตชิ้นส่วนบางส่วนอาจล้มหายตายจากไป อย่างไรก็ตาม ปัจจุบัน ยังไม่มีงานศึกษาใด ๆ ที่ชัดเจนเพื่อประเมินศักยภาพความพร้อมของผู้ประกอบการชิ้นส่วนเพื่อปรับตัวไปสู่อุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่แต่อย่างใด โดยเฉพาะอย่างยิ่งรถยนต์ไฟฟ้า

งานศึกษานี้จึงจะสำรวจข้อมูลเชิงลึกของผู้ประกอบการชิ้นส่วนในห่วงโซ่อุปทานการผลิตในไทย เพื่อประเมินศักยภาพของผู้ประกอบการชิ้นส่วนเพื่อปรับตัวไปสู่อุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ โดยใช้การวัดความสามารถในการแข่งขันของผู้ประกอบการเป็นตัวสะท้อนศักยภาพของการปรับตัวของผู้ประกอบการแต่ละราย และพิจารณาความเป็นไปได้ในการผลิตของผู้ประกอบการที่สามารถต่อยอดไปสู่ยานยนต์สมัยใหม่ไปพร้อมกัน ซึ่งผลการสำรวจจะนำไปสู่ดัชนีความสามารถในการแข่งขัน (Firm Competitiveness) ของผู้ประกอบการแต่ละรายที่สามารถใช้เปรียบเทียบผู้ประกอบการคนไทยและต่างชาติ และผู้ประกอบการในห่วงโซ่อุปทานการผลิตในขั้นตอนการผลิตต่าง ๆ ขึ้นมาได้

ดังนั้น ผลการศึกษานี้จะช่วยสะท้อนข้อเท็จจริงของความสามารถในการแข่งขันหรือศักยภาพของการปรับตัวของผู้ประกอบการโดยรวมในอุตสาหกรรมยานยนต์ เพื่อให้ภาครัฐบาลสามารถรับรู้ถึงผู้ประกอบการแต่ละกลุ่ม (คนไทย และต่างชาติ) มีความสามารถในการแข่งขันหรือมีศักยภาพของการปรับตัวแตกต่างกันมากน้อยเพียงใด และผู้ประกอบการชิ้นส่วนที่มีโอกาสปรับตัวเข้าสู่อุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่มากน้อยเพียงใด รวมไปถึงปัจจัยเงื่อนไขใดที่ผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมยานยนต์ต้องการได้รับความช่วยเหลือจากภาครัฐในการปรับตัวเข้าสู่อุตสาหกรรมสมัยใหม่

ทั้งนี้ เพื่อตอบโจทย์ในการสำรวจศักยภาพของการปรับของผู้ประกอบการกับแผนการส่งเสริมการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ไฟฟ้าสำคัญของรัฐบาลแล้ว งานศึกษานี้จะใช้ทั้งผลการสำรวจและผลการสัมภาษณ์เชิงลึกเพื่อวิเคราะห์โอกาสของการปรับตัวไปสู่การผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ไฟฟ้าสำคัญดังต่อไปนี้

- 1) แบตเตอรี่ (Battery)
- 2) มอเตอร์ขับเคลื่อนยานยนต์ไฟฟ้า (Traction Motor)
- 3) คอมเพรสเซอร์สำหรับยานพาหนะไฟฟ้าแบบแบตเตอรี่ (Electric A/C Compressor)
- 4) ระบบบริหารจัดการแบตเตอรี่ (Battery Management System)
- 5) ระบบควบคุมการชาร์จ (On-Board Charger)
- 6) อุปกรณ์ประจุไฟฟ้าที่ติดตั้งในยานยนต์ (On-board charger)
- 7) อุปกรณ์แปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (DC/DC Converter)
- 8) อินเวอร์เตอร์สำหรับหน่วยควบคุมพลังงาน (PCU inverter)
- 9) เกียร์ทดรอบ (Reduction Gear)

5.2 วิธีประเมินศักยภาพความพร้อมของผู้ประกอบการเพื่อเข้าสู่อุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่

5.2.1 กรอบแนวคิดการประเมินศักยภาพความพร้อมของผู้ประกอบการ

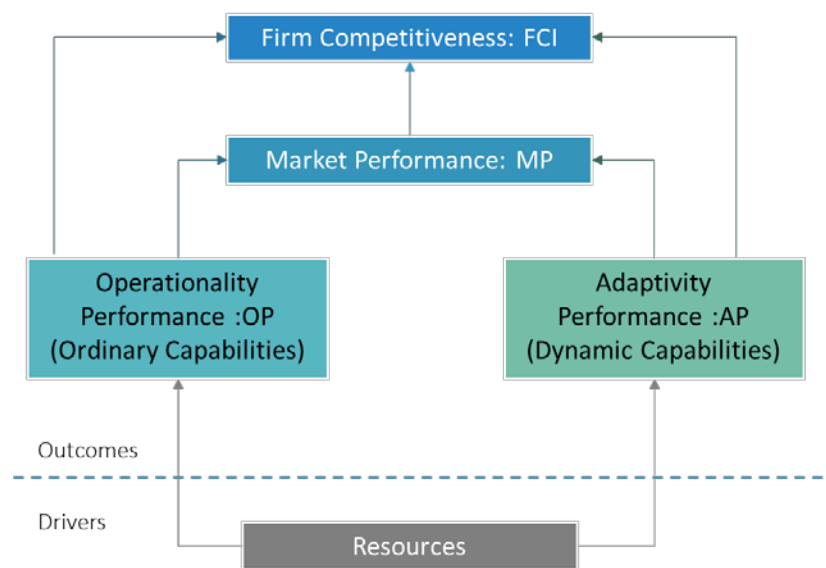
ความสามารถในการแข่งขัน (Competitiveness) มีคำจำกัดความหลากหลาย และเกิดการวัดความสามารถในการแข่งขันในหลาย ๆ ระดับ ตั้งแต่ระดับประเทศ (Country level) ระดับอุตสาหกรรม (Industry level) และระดับบริษัท (Firm level) ถึงแม้ว่าจะมีการวัดความสามารถในการแข่งขันที่หลากหลาย แต่หัวใจหลักของการวัดความสามารถในการแข่งขันยังคงเชื่อมโยงแนวคิดพื้นฐานของ Michael E. Porter (2007) เป็นสำคัญ นั่นคือ ปัจจัยแวดล้อมใดที่ช่วยส่งเสริมให้ประเทศ/อุตสาหกรรม/ผู้ประกอบการสามารถประสบความสำเร็จในการเติบโตและอยู่รอดได้อย่างต่อเนื่อง

ดังนั้น ความสามารถในการแข่งขันจะถูกปรับประยุกต์ใช้ไปตามสภาพของโครงสร้างการแข่งขันของอุตสาหกรรมและกลยุทธ์ทางธุรกิจที่แตกต่างกันออกไป (Chikan et al., 2022) และที่สำคัญ คำจำกัดความดังกล่าวยังสะท้อนนัยสำคัญ คือ ยิ่งผู้ประกอบการมีความสามารถในการแข่งขันมากขึ้นเท่านั้นผู้ประกอบการจะยิ่งมีศักยภาพในการปรับตัวต่อปัจจัยแวดล้อมทางธุรกิจมากขึ้น

ทั้งนี้ คำจำกัดความแบบดั้งเดิม ความสามารถในการแข่งขันของบริษัทหมายถึงความสามารถในการผลิตสินค้าและบริการที่มีคุณภาพ และมีต้นทุนการผลิตต่ำกว่าคู่แข่ง (Buckley, Pass & Prescott, 1988) ซึ่งแนวคิดดังกล่าวยังคงให้ความสำคัญของการแข่งขันทางด้านต้นทุนการผลิตเป็นสำคัญ ขณะที่แนวคิดใหม่จะมองความสามารถในการแข่งขัน คือ ศักยภาพของบริษัทในการตอบสนองต้องการของลูกค้าควบคู่กับการทำกำไรของบริษัทไปพร้อมกันอย่างยั่งยืน (Chikan, 2008; Domazet, 2012) แนวคิดหลังจึงไม่ได้มองเฉพาะการแข่งขันทางด้านต้นทุนเท่านั้น แต่ยังพิจารณาถึงการปรับตัวเพื่อสนองความต้องการของลูกค้าภายใต้เงื่อนไขของการทำกำไรในระยะยาว

ความสามารถในการแข่งขันของบริษัทจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรก ความสามารถในการดำเนินงานทั่วไป (Operationality) จะประกอบไปด้วยความสามารถในการผลิตและการจัดการทางธุรกิจในกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในบริษัท และส่วนที่สอง ความสามารถในการปรับตัว (Adaptivity) จะวัด

ความสามารถในการปรับตัวในการแข่งขันทางธุรกิจและการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงของตลาด ซึ่งความสามารถในการแข่งขันทั้งสองประเภทต่างกำหนดความสามารถในการแข่งขันโดยรวมของบริษัททั้งสิ้น (Teece, 2016) โดยรูปที่ 5-1 แสดงกรอบของการวิเคราะห์ความสามารถในการแข่งขันของบริษัท โดยที่บริษัท จำเป็นต้องจัดการบริหารทรัพยากรภายในองค์กร (Resources) เพื่อใช้ในการดำเนินงานต่าง ๆ อย่างมีประสิทธิภาพตามทฤษฎี Resource based view (RBV) ทรัพยากรภายในองค์กรไม่ว่าจะเป็นเงินทุน บุคลากร และปัจจัยอื่น ๆ สามารถนำไปใช้ทั้งกิจกรรมการดำเนินบริหารงานทั่วไป (Operationality) และกิจกรรมการปรับตัวทางธุรกิจ (Adaptivity) ซึ่งกลยุทธ์ของกิจกรรมทั้งสองมีส่วนสำคัญต่อผลลัพธ์ของผลการดำเนินงานของบริษัท (Market Performance) และความสามารถในการแข่งขันของบริษัทได้



รูปที่ 5-1 องค์ประกอบของความสามารถในการแข่งขันของบริษัท

ที่มา: Chikan et al. (2022)

หลักการบริหารทรัพยากรในกิจกรรมการดำเนินบริหารงานทั่วไป (Operationality) และกิจกรรมการปรับตัวทางธุรกิจ (Adaptivity) ยังคงเหมือนกัน นั่นคือ บริษัทจำเป็นต้องทุ่มเททรัพยากรไปยังกิจกรรมทางธุรกิจที่เหมาะสม ณ สถานการณ์แวดล้อมต่าง ๆ อย่างไรก็ตาม เป้าหมายของกลยุทธ์ในกิจกรรมทั้งสองจะแตกต่างกันไป คือ กิจกรรมการดำเนินบริหารงานทั่วไป (Operationality) จะมุ่งเน้นกลยุทธ์เพื่อสามารถทำกำไรในการบริหารงานทั่วไปให้ได้ ขณะที่กิจกรรมการปรับตัวทางธุรกิจ (Adaptivity) จะเกี่ยวข้องกับกลยุทธ์เพื่อมองหาโอกาสทางธุรกิจในอนาคต (Teece, 2007)

นอกจากนี้ ความสามารถในการแข่งขันของบริษัทยังขึ้นอยู่กับปัจจัยแวดล้อมภายนอกอื่น ๆ อาทิ ความรุนแรงของการแข่งขันในตลาด กฎระเบียบและมาตรฐานทางสิ่งแวดล้อม และความต้องการเฉพาะเจาะจงในผู้บริโภคบางกลุ่ม ปัจจัยแวดล้อมเหล่านี้ล้วนกระทบต่อความสามารถในการแข่งขันของบริษัทอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ และผลักดันให้บริษัทจำเป็นต้องปรับตัวในการดำเนินงานมากขึ้น ตัวอย่างชัดเจนหนึ่ง คือ มาตรฐานทางสิ่งแวดล้อมกลายเป็นหนึ่งของการบริหารจัดการของบริษัทไปอย่างชัดเจน หรือบริษัทต่างๆ จำเป็นต้องบริหารการผลิตสินค้าและบริการเพื่อให้สอดคล้องกับมาตรฐานทางสิ่งแวดล้อม (Yang et al., 2010)

ด้วยปัจจัยแวดล้อมข้างต้น ความสามารถในการแข่งขันจึงต้องโยงไปถึงการสร้างจุดยืน การตอบสนองต่อความต้องการลูกค้า การปรับตัว และการตั้งรับปรับตัวให้อยู่รอดได้ (Resilient) (Jain & Garg, 2007) บริบทดังกล่าวอาจสะท้อนชัดเจนต่อการปรับตัวของบริษัทในช่วงวิกฤตโควิด-19 ที่ผ่านมา ดังเช่นในช่วงโควิด-19 บริษัทสามารถตอบสนองต่อการรับมือการติดเชื้อในโรงงาน และการขาดแคลนชิ้นส่วนในการผลิตได้หรือไม่ เป็นต้น

บริบทของระดับการพัฒนาทางเศรษฐกิจของประเทศและภาคอุตสาหกรรมก็เป็นปัจจัยพิจารณาความสามารถในการแข่งขันของบริษัทด้วยเช่นกัน ดังเช่น บริษัทในประเทศรายได้ปานกลางจำเป็นต้องยกระดับความสามารถในการแข่งขันผ่านทาง การขยายยอดขายไปในตลาดภูมิภาค การลงทุนเพื่อวิจัยและพัฒนา (R&D) และการอบรมฝึกฝนทักษะของแรงงาน เป็นต้น (Porter, Ketels, & Delgado, 2007)

ขณะที่การศึกษาอุตสาหกรรมยานยนต์ ต้องนำบริบทการพัฒนาการของอุตสาหกรรมยานยนต์ใน แต่ละประเทศผนวกเข้าในการวิเคราะห์ด้วย เนื่องจากประเทศต่าง ๆ สามารถพัฒนาห่วงโซ่อุปทานการผลิตแตกต่างกันไป สำหรับบริบทของไทย เราก้าวขึ้นเป็นฐานการผลิตยานยนต์สำคัญของโลกผ่านการผลักดันความสามารถในการแข่งขันของบริษัทรถยนต์ภายในประเทศ คือ การลงทุน R&D ทั้งภายในและภายนอกบริษัท การสร้างคลัสเตอร์ในอุตสาหกรรม การยกระดับศักยภาพของนวัตกรรม และการดึงดูดผู้ผลิตชิ้นส่วนระดับโลกมาในประเทศ (Nazir & Shavarebi, 2019)

ที่ผ่านมา งานศึกษาในไทย (ศูนย์พยากรณ์เศรษฐกิจและธุรกิจ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย) มีการสร้างดัชนีความสามารถในการแข่งขันของบริษัท SME ในแต่ละปี โดยวิเคราะห์ความสามารถในการแข่งขันของ SMEs ผ่าน 3 ด้าน คือ ดัชนีสุขภาพของธุรกิจ ดัชนีความสามารถในการทำธุรกิจ และดัชนีความยั่งยืนของธุรกิจ และงานศึกษาดังกล่าวในปี ค.ศ.2017 พบว่า SME ส่วนใหญ่ในไทยเผชิญความสามารถในการแข่งขันลดลงมาโดยตลอดตั้งแต่ปี ค.ศ.2014-2017 อันเนื่องมาจากดัชนีทั้งสามด้านลดลงทั้งหมด โดยเฉพาะอย่างยิ่งดัชนีสุขภาพของธุรกิจ

5.2.2 วิธีการวัดความสามารถในการแข่งขันผู้ประกอบการของผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมยานยนต์ไทย

ดังที่กล่าวไปในหัวข้อก่อนหน้านี้แล้วว่า งานศึกษานี้จะประเมินศักยภาพของการปรับตัวของผู้ประกอบการชิ้นส่วนไปสู่อุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ผ่านการวัดความสามารถในการแข่งขันของผู้ประกอบการชิ้นส่วนในแต่ละราย ซึ่งข้อสมมติฐานสำคัญ คือ ผู้ประกอบการชิ้นส่วนที่มีความสามารถในการแข่งขันระดับสูง จะมีโอกาสปรับตัวไปสู่อุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ได้ระดับสูง ในทางกลับกัน ผู้ประกอบการชิ้นส่วนที่มีความสามารถในการแข่งขันระดับต่ำ ย่อมมีโอกาสปรับตัวไปสู่อุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ได้ระดับต่ำ

งานศึกษานี้นำแนวคิดของ Chikan et al. (2022) เพื่อวัดความสามารถในการแข่งขันของผู้ประกอบการชิ้นส่วนในอุตสาหกรรมยานยนต์ไทย เนื่องจากแนวคิดดังกล่าวสามารถวัดความสามารถในการแข่งขันครอบคลุมทั้งใน ความสามารถในการดำเนินงาน (Operationality) และ ความสามารถในการปรับตัว (Adaptivity) จึงช่วยประเมินศักยภาพของการปรับตัวของผู้ประกอบการชิ้นส่วนได้ชัดเจน ทั้งศักยภาพในการดำเนินงานในปัจจุบัน และศักยภาพในการปรับตัวต่อความท้าทายในอนาคต

ตัวชี้วัดความสามารถในการแข่งขันของผู้ประกอบการในงานศึกษานี้ จะใช้ตัวชี้วัดความสามารถในการแข่งขันทั่วไปจากการทบทวนวรรณกรรมปริทัศน์ และตัวชี้วัดความสามารถในการแข่งขันและความสามารถในการปรับตัวเฉพาะเจาะจงสำหรับอุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ โดยมีรายละเอียดของความสามารถในการดำเนินงาน (Operationality) และความสามารถในการปรับตัว (Adaptivity) ดังต่อไปนี้

- 1) ความสามารถในการดำเนินงาน (Operationality) จะประกอบไปด้วยการวัดความสามารถในการดำเนินกิจการของผู้ประกอบการขึ้นส่วนใน 4 ด้าน คือ คุณภาพสินค้า การจัดส่งมอบสินค้า ความยืดหยุ่นในการผลิต และการจัดการต้นทุน เพื่อสะท้อนว่าผู้ประกอบการขึ้นส่วนสามารถตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าในอุตสาหกรรมยานยนต์ได้มากน้อยเพียงใด
- 2) ความสามารถในการปรับตัว (Adaptivity) จะประกอบไปด้วยการวัดความสามารถในการปรับตัวต่อความท้าทาย 4 ด้าน คือ การเรียนรู้เทคโนโลยีและการทำ R&D การปรับตัวไปสู่ยานยนต์สมัยใหม่ การปรับตัวต่อสิ่งแวดล้อม และการปรับตัวไปสู่โรงงานอัจฉริยะ ซึ่งความท้าทายต่าง ๆ เหล่านี้เป็นหัวใจสำคัญของการปรับตัวให้ธุรกิจอยู่รอดได้ระยะยาว

รายละเอียดของประเด็นต่าง ๆ ของตัวชี้วัดความสามารถในการดำเนินงาน (Operationality) และความสามารถในการปรับตัว (Adaptivity) ด้านต่าง ๆ อยู่ในร่างแบบสอบถามส่วนท้ายของบทนี้ ทั้งนี้ ตัวชี้วัดความสามารถในการแข่งขันด้านต่าง ๆ จะใช้การประเมินความสามารถในการแข่งขันจากมุมมองของผู้ประกอบการขึ้นเอง (Self Evaluations) เนื่องจากคณะผู้วิจัยเผชิญข้อจำกัดในการเก็บข้อมูลจริงในด้านต่าง ๆ ที่จะใช้มาวัดความสามารถในการแข่งขันของผู้ประกอบการได้

ยกตัวอย่าง การวัดความสามารถในการดำเนินงานในเรื่องการจัดส่งมอบสินค้า เราควรใช้สถิติความผิดพลาดของการจัดส่งมอบสินค้ามาใช้เป็นตัวชี้วัดความสามารถในการดำเนินงานของผู้ประกอบการแต่ละราย แต่ข้อมูลสถิติดังกล่าวเข้าถึงได้ยาก และผู้ประกอบการมีแนวโน้มไม่ตอบข้อมูลความลับของตนเองแล้ว ดังนั้นวิธีการให้ผู้ประกอบการประเมินความสามารถในการดำเนินงานขึ้นเองจึงน่าจะมีความยืดหยุ่นและสะท้อนข้อเท็จจริงได้มากขึ้น

นอกจากนี้ ตัวชี้วัดความสามารถในการแข่งขันด้านต่าง ๆ จะวัดออกเป็นคะแนนช่วงตั้งแต่ 1 – 5 คะแนน เพื่อประเมินความสามารถในการแข่งขันของผู้ประกอบการ โดยที่คะแนนต่ำสุด (1 คะแนน) จะสะท้อนว่าผู้ประกอบการมีความสามารถในการแข่งขันต่ำสุด ขณะที่คะแนนสูงสุด (5 คะแนน) จะบ่งบอกว่าผู้ประกอบการมีความสามารถในการแข่งขันสูงสุด ซึ่งร่างแบบสอบถามผู้ประกอบการจะระบุเกณฑ์ของคะแนนการประเมินในลำดับต่าง ๆ ไว้แล้ว

อย่างไรก็ตาม การประเมินความสามารถในการแข่งขันจากมุมมองของผู้ประกอบการเองนั้น อาจนำไปสู่ผลการศึกษาที่บิดเบือนได้ ดังนั้น Chikan et al. (2022) จึงให้ใช้ยอดขายของผู้ประกอบการเข้ามาเป็นส่วนหนึ่งในการวัดดัชนีความสามารถในการแข่งขันไว้ด้วย ซึ่งข้อสมมติสำคัญ คือ ผู้ประกอบการที่มีความสามารถในการแข่งขันสูง (มีศักยภาพในการปรับตัวสูง) ย่อมจะมียอดขายของกิจการสูงขึ้น ดังนั้นดัชนีวัดความสามารถในการแข่งขันของผู้ประกอบการขึ้นส่วนจะมีรูปแบบดังนี้

$$FCI = (OP + AD) * MP \quad (1)$$

ในสมการที่ 1 FCI (Firm Competitiveness Index) คือ ดัชนีความสามารถในการแข่งขันของผู้ประกอบการ ซึ่งจะประกอบไปด้วยคะแนนตัวชี้วัดของความสามารถดำเนินงาน (OP: Operationality) ความสามารถในการปรับตัว (AD: Adaptivity) และผลการดำเนินงานทางยอดขายของผู้ประกอบ (MP: Market Performance) และเรากำหนดให้ค่าถ่วงน้ำหนักของความสามารถในการแข่งขันโดยรวม (OP + AD) และผลการดำเนินงานทางยอดขายมีสัดส่วนเท่ากัน และกำหนดให้องค์ประกอบทั้งสองส่วนมีช่วงคะแนนตั้งแต่ 2-10 คะแนนเหมือนกัน

ทั้งนี้ ช่วงคะแนนขององค์ประกอบทั้งสองส่วนจะนำคะแนนตัวชี้วัดทั้งหมดมาเฉลี่ยเพื่อให้ได้คะแนนในช่วง 2-10 คะแนน โดยที่ความสามารถในการแข่งขันโดยรวม (OP + AD) จะถูกนำมาคิดเป็นช่วงคะแนนในช่วง 2-10 คะแนนตามสัดส่วนของคะแนนตัวชี้วัดทั้งหมด ขณะที่คะแนนของผลการดำเนินงานทางยอดขายจะเปรียบเทียบกับยอดขายของผู้ประกอบการแต่ละรายโดยแยกกิจกรรมการผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ต่าง ๆ ออกจากกัน เพื่อไม่ให้เกิดความบิดเบือนของมูลค่าการผลิตชิ้นส่วนต่าง ๆ ขึ้นมา และจะมีเกณฑ์คะแนนในช่วง 2-10 คะแนนเช่นเดียวกัน หรือพิจารณากรณีตัวอย่างได้ดังนี้

เมื่อพิจารณาเฉพาะกลุ่มผู้ประกอบการที่ผลิตตัวถังรถยนต์ หากผู้ประกอบการ A มียอดขายสูงสุดเมื่อเทียบกับผู้ประกอบการรายอื่น ๆ ในกลุ่มตัวถังรถยนต์ และมีความสามารถในการแข่งขันโดยรวม (OP + AD) เท่ากับ 7.5 คะแนนแล้ว ดัชนีความสามารถในการแข่งขันของผู้ประกอบการ A จะเท่ากับ 7.5 คะแนน เนื่องจากผู้ประกอบการ A มีคะแนนความสามารถในการแข่งขันโดยรวม (OP + AD) และคะแนนผลการดำเนินงานทางยอดขาย (MP) เท่ากับ 7.5 คะแนน และ 10 คะแนน ตามลำดับ

เกณฑ์คำนวณดัชนีความสามารถในการแข่งขันข้างต้น จะทำให้เกิดความง่ายต่อการคำนวณความสามารถในการแข่งขันของผู้ประกอบการแต่ละราย และมีข้อดีอีกประการ คือ เราสามารถวิเคราะห์ได้ว่าความสามารถในการแข่งขันของผู้ประกอบการแต่ละรายเกิดขึ้นมาจากองค์ประกอบส่วนใด ดังเช่นความสามารถดำเนินงาน หรือ ความสามารถในการปรับตัว เป็นต้น

ดังนั้น เกณฑ์คะแนนดัชนีความสามารถในการแข่งขันของบริษัทจะอยู่ในช่วงระหว่าง 0 คะแนน (ไม่มีความสามารถในการแข่งขัน) ถึง 100 คะแนน (มีความสามารถในการแข่งขันระดับสูงสุด) หรือ $0 < FCI < 100$ โดยผู้วิจัยจะอาศัยเกณฑ์การแบ่งความสามารถในการแข่งขัน คือ ผู้ประกอบการที่มีคะแนนดัชนีความสามารถในการแข่งขันสูงกว่า 50 คะแนน คือ ผู้ประกอบการที่มีความสามารถในการแข่งขันระดับสูง ขณะที่ผู้ประกอบการที่มีคะแนนความสามารถในการแข่งขันต่ำกว่า 50 คะแนน จะเป็นผู้ประกอบการที่มีความสามารถในการแข่งขันระดับต่ำ

ทั้งนี้ เพื่อสามารถประเมินความสามารถในการแข่งขัน (ศักยภาพในการปรับตัว) ของผู้ประกอบการชิ้นส่วนในอุตสาหกรรมยานยนต์ได้แล้ว งานศึกษานี้จึงตั้งเป้าหมายในการส่งแบบสอบถามไม่ต่ำกว่า 1,500 ราย ที่ครอบคลุมผู้ประกอบการทั้งคนไทยและคนต่างชาติในห่วงโซ่อุปทานการผลิตทั้งหมด

5.3 ผลการประเมินความสามารถในการแข่งขันของผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมยานยนต์ไทย

การประเมินความสามารถในการแข่งขัน (FCI) ของผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมยานยนต์ใช้การเก็บข้อมูลจากแบบสอบถาม จากนั้นนำมาสร้างดัชนีความสามารถในการแข่งขัน เพื่อสามารถวัดความสามารถในการแข่งขันใน 2 เรื่อง คือ ความสามารถในการดำเนินงาน และความสามารถในการปรับตัว โดยผู้ประกอบการแต่ละรายจะเป็นผู้ประเมินความสามารถในการแข่งขันในแต่ละด้านด้วยตนเอง และผู้วิจัยใช้ข้อมูลรายได้ของผู้ประกอบการเป็นตัวปรับเพื่อลดความบิดเบือนของการตอบแบบสอบถามของผู้ประกอบการ

ผลจากการสำรวจข้อมูล คณะผู้วิจัยสามารถเก็บตัวอย่างข้อมูลจำนวน 383 ราย โดยแบ่งออกเป็นผู้ประกอบการคนไทย 189 ราย และผู้ประกอบการต่างชาติ (ถือหุ้นโดยต่างชาติตั้งแต่ 10% ขึ้นไป) 194 ราย หรือมีสัดส่วนของผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ระหว่างคนไทยกับต่างชาติเกือบเท่ากัน และผู้ผลิตชิ้นส่วนส่วนใหญ่มีรูปแบบกิจการผลิตชิ้นส่วนเพื่อส่งให้ผู้ผลิตรถยนต์ (OEM) และกิจการผลิตชิ้นส่วนเพื่อเป็นอะไหล่ทดแทน (REM) ขณะที่ผู้ประกอบการที่เหลือจะมีรูปแบบกิจการอื่น ๆ อาทิ ตัวแทนการค้า การรับจ้างในกระบวนการผลิตบางอย่าง และการทำวิจัยและพัฒนา (R&D) เป็นต้น ซึ่งผู้ประกอบการเหล่านี้จะกระจุกตัวกิจกรรมกระบวนการผลิต (Process) และกิจกรรมธุรกิจสนับสนุนยานยนต์ (Related Industries) (ตารางที่ 5-1)

ตัวอย่างข้อมูลแบบสอบถามยังกระจายตัวไปในลำดับ Tier ต่าง ๆ ในทุกกิจกรรมการผลิตของอุตสาหกรรมยานยนต์ จึงสามารถประเมินความสามารถในการแข่งขันของผู้ประกอบการได้อย่างครอบคลุมมากขึ้น ยกเว้น กิจกรรม Energy storage system ที่มีเฉพาะผู้ประกอบการลำดับ Tier 1 และ Tier 2 เท่านั้น นอกจากนี้ ตารางที่ 5-1 แสดงจำนวนแรงงานเฉลี่ย รายได้เฉลี่ย และระยะเวลาการดำเนินกิจการเฉลี่ยในแต่ละกิจกรรมการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ต่าง ๆ โดยที่ระยะเวลาการดำเนินกิจการเฉลี่ยจะอยู่ในช่วง 20 - 40 ปี และกิจการส่วนใหญ่ในตัวอย่างข้อมูลจะเป็นกิจการขนาดกลางและใหญ่ รวมทั้ง รายได้เฉลี่ยของแต่ละกิจการการผลิตชิ้นส่วนจะแตกต่างกันไป หรือมีรายได้เฉลี่ยตั้งแต่ 600 - 4,200 ล้านบาทต่อปี

ตารางที่ 5-1 ข้อมูลพื้นฐานของผู้ประกอบการที่ตอบแบบสำรวจข้อมูล

กลุ่มชิ้นส่วนที่ผลิต	จำนวนบริษัท						สัดส่วนบริษัท (%)			จำนวน แรงงาน (คน) (เฉลี่ย)	รายได้ (ล้านบาท) (เฉลี่ย)	อายุกิจการ (ปี) (เฉลี่ย)
	สัญชาติ		ประเภทกิจการ				Tier					
	ไทย	ต่าง ชาติ	OEM	REM	OEM & REM	อื่น ๆ	Tier 1	Tier 2	Tier 3			
Chassis	41	37	22	12	30	14	59.0	28.2	12.8	530	2,388	27
Powertrain and Motor	15	23	11	6	18	3	65.8	21.1	13.2	758	4,199	30
Power Control Unit	3	5	2	0	4	2	25.0	25.0	50.0	489	985	27
Electrical & Electronics	18	29	13	7	19	8	44.7	27.7	27.7	543	1,712	26
Energy storage system	1	2	1	0	0	2	66.7	33.3	0.0	675	1,376	40
Body	28	17	11	11	16	7	42.2	33.3	24.4	476	694	27
Process	34	31	10	22	12	21	38.5	36.9	24.6	464	1,524	23
Related Industries	49	50	9	16	3	71	18.2	15.2	66.7	230	2,372	23

ที่มา: คำนวณโดยคณะผู้วิจัย

ตารางที่ 5-2 ผลการประเมินผลการดำเนินงานรวมแยกตามกิจกรรมการผลิตชิ้นส่วน

รายการปัจจัย	Chassis	Powertrain and Motor	Power Control Unit	Electrical & Electronics	Energy storage system	Body	Process	Related Industries
ความสามารถในดำเนินงาน (OP)								
คุณภาพสินค้า (15 คะแนน)	11.6	10.6	9.0	8.9	11.3	10.2	9.4	10.2
การจัดส่งมอบสินค้า (10 คะแนน)	8.5	7.6	7.0	6.7	6.3	7.7	6.6	7.0
ความยืดหยุ่นในการผลิต (15 คะแนน)	12.2	10.9	9.3	9.1	11.3	10.6	9.8	10.3
การจัดการต้นทุน (10 คะแนน)	7.7	6.8	5.6	5.7	8.0	7.1	6.1	6.6
ความสามารถในการปรับตัว (AP)								
เทคโนโลยีและ R&D (20 คะแนน)	13.3	11.6	11.5	10.1	13.3	12.2	11.1	11.2
ยานยนต์สมัยใหม่ (15 คะแนน)	10.3	9.0	8.8	7.9	10.3	9.1	8.7	8.7
Climate Change (15 คะแนน)	10.6	9.5	8.9	8.0	12.0	9.1	8.7	8.5
สรุปคะแนน								
ความสามารถในดำเนินงาน (OP) (50 คะแนน)	40.0	35.9	34.0	30.5	37.0	36.8	34.0	34.9
ความสามารถในการปรับตัว (AP) (50 คะแนน)	34.1	30.8	29.1	27.0	35.7	30.9	28.9	29.5
ผลการดำเนินงานรวม (OP + AP)	74.1	66.7	63.1	57.5	72.7	67.7	62.9	64.4

ที่มา: คำนวณโดยคณะผู้วิจัย

ลำดับต่อไป จะนำเสนอผลการประเมินความสามารถในการดำเนินงาน (OP) และความสามารถในการปรับตัว (AP) ของผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ในกิจกรรมการผลิตต่าง ๆ โดยการประเมินทั้งสองส่วนจะมีคะแนนรวมเท่ากันที่ 50 คะแนน (ดังแสดงในตารางที่ 5-2) โดยมีรายละเอียดสำคัญดังนี้

ประการแรก คะแนนประเมินเฉลี่ยในแต่ละด้านของความสามารถในการดำเนินงาน (OP) และความสามารถในการปรับตัว (AP) ค่อนข้างสูง หรือคิดเป็นประมาณร้อยละ 70-80 ของคะแนนเต็มในแต่ละด้าน ยกเว้นกิจการผลิต Electrical & Electronics ที่มีคะแนนประเมินเฉลี่ยเพียงร้อยละ 60 ของคะแนนเต็มแต่ละด้านเท่านั้น เรื่องดังกล่าวสะท้อนว่า ผู้ประกอบการในกิจการผลิตชิ้นส่วน Electrical & Electronics จะเผชิญแนวโน้มการแข่งขันระดับสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การแข่งขันทางด้านการรักษาคุณภาพสินค้า และการจัดการต้นทุนที่เป็นหัวใจหลักในการแข่งขันผลิตชิ้นส่วนอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ในตลาดโลก

ประการที่สอง ผู้ผลิตชิ้นส่วนในชิ้นส่วนยานยนต์ประเภทต่าง ๆ ล้วนแล้วแต่มีคะแนนความสามารถในการดำเนินงาน (OP) สูงกว่าคะแนนความสามารถในการปรับตัว (AP) หรืออีกนัย คือ ผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ภายในประเทศสามารถรักษาความสามารถในการดำเนินงานได้ดีมาโดยตลอด แต่อย่างไรก็ตามผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ภายในประเทศยังคงเผชิญความท้าทายต่อความสามารถในการปรับตัวทางธุรกิจใหม่ ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ความสามารถในการปรับตัวต่อยานยนต์สมัยใหม่และการรับมือต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change) ตัวอย่างเช่น กิจการการผลิต Electrical & Electronics และ Process ที่มีคะแนนความสามารถในการปรับตัวเพียง 27-28 คะแนนเท่านั้น (ตารางที่ 5-2)

ประการที่สาม ผู้ผลิตชิ้นส่วนประเภท Chassis มีคะแนนความสามารถดำเนินงานรวมสูงสุด (74.1 คะแนน) รองลงมา คือ การผลิต Energy storage system (72.7 คะแนน) และการผลิต Body (67.7 คะแนน) อย่างไรก็ตาม กิจกรรมการผลิตชิ้นส่วนต่าง ๆ มีคะแนนความสามารถดำเนินงานรวมไม่แตกต่างกันมากนัก ยกเว้นการผลิต Electrical & Electronics เท่านั้น

ประการที่สี่ ความสามารถดำเนินงานรวมของผู้ผลิตชิ้นส่วนในไทยอาจไม่ได้ตอบโจทย์ต่อการก้าวเข้าไปสู่อุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่มากนัก โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ผู้ผลิตชิ้นส่วนกลุ่ม Electrical & Electronics และ Power Control Unit ที่มีคะแนนความสามารถดำเนินงานรวมไม่ได้สูงมากนัก ทั้ง ๆ ที่การผลิตชิ้นส่วนดังกล่าวถือเป็นหัวใจสำคัญในการก้าวไปสู่ห่วงโซ่อุปทานการผลิตยานยนต์สมัยใหม่

ประการที่ห้า หากเปรียบเทียบผลความสามารถดำเนินงานรวมของผู้ประกอบการไทยกับต่างชาติแล้วพบว่า ค่าเฉลี่ยความสามารถในการดำเนินงาน (OP) และความสามารถในการปรับตัว (AP) ระหว่างคนไทยกับต่างชาติแทบไม่แตกต่างกันเลย (ตารางที่ 5-3) ดังนั้น ความสามารถดำเนินงานรวมระหว่างคนไทยกับต่างชาติจึงเกือบเท่ากัน อย่างไรก็ตาม เรื่องดังกล่าวไม่ได้บ่งบอกว่า ความสามารถดำเนินงานรวมของทั้งสองกลุ่มเหมือนกัน อันเนื่องมาจากความผิดพลาดของการประเมินของผู้ประกอบการได้ หรือบ่งบอกได้ว่า ความสามารถดำเนินงานรวมเป็นเพียงตัววัดพื้นฐานความสามารถของผู้ผลิตชิ้นส่วนเท่านั้น และเราจำเป็นต้องนำรายได้ของกิจกรรมเข้ามาเป็นตัวปรับเพื่อวัดความสามารถในการแข่งขันของผู้ผลิตชิ้นส่วน

ประการสุดท้าย รูปที่ 5-2 นำเสนอคะแนนความสามารถดำเนินงานรวมในแต่ละด้านของผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ โดยการผลิตชิ้นส่วนประเภทต่าง ๆ มีรูปแบบคะแนนความสามารถดำเนินงานรวมคล้ายคลึงกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ความสามารถในการปรับตัวต่อเทคโนโลยีและการวิจัยพัฒนา จะมีคะแนนประเมินเฉลี่ยเท่า ๆ กัน แต่เรื่องดังกล่าวจำเป็นต้องแยกชิ้นส่วนย่อยของแต่ละกลุ่มชิ้นส่วนอีกครั้งในภายหลัง

ตารางที่ 5-3 ผลการประเมินผลการดำเนินงานรวมแยกตามสัญชาติของผู้ผลิตชิ้นส่วน

	สัญชาติ	
	ไทย	ต่างชาติ
ความสามารถในดำเนินงาน (OP)		
คุณภาพสินค้า (15 คะแนน)	10.2	10.2
การจัดส่งมอบสินค้า (10 คะแนน)	7.4	7.3
ความยืดหยุ่นในการผลิต (15 คะแนน)	10.8	10.3
การจัดการต้นทุน (10 คะแนน)	6.8	6.7
ความสามารถในการปรับตัว (AP)		
เทคโนโลยีและ R&D (20 คะแนน)	11.3	12.1
ยานยนต์สมัยใหม่ (15 คะแนน)	8.9	9.1
Climate Change (15 คะแนน)	9.1	9.2
คะแนนรวม		
ความสามารถในดำเนินงาน (OP) (50 คะแนน)	35.8	35.3
ความสามารถในการปรับตัว (AP) (50 คะแนน)	29.7	31.0
ผลการดำเนินงานรวม (OP + AP)	65.5	66.3

ที่มา: คำนวณโดยคณะผู้วิจัย

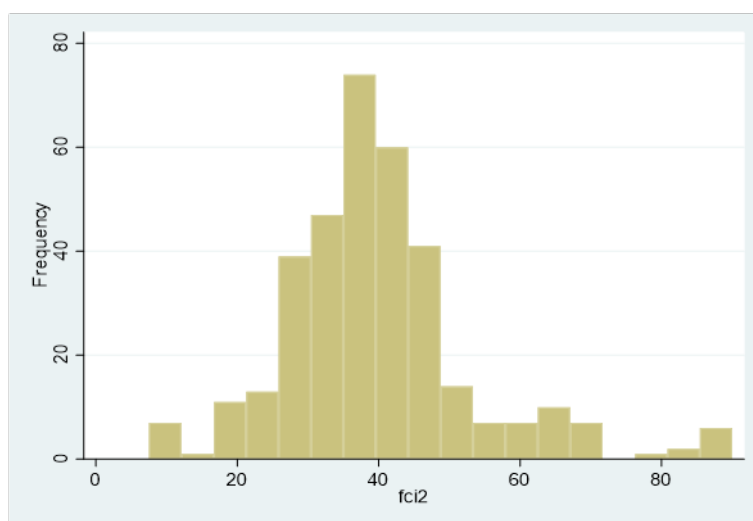


รูปที่ 5-2 แผนภาพใยแมงมุมของผลการดำเนินงานรวม ตามประเภทผลิตภัณฑ์

ที่มา: คำนวณโดยคณะผู้วิจัย

ลำดับต่อมา จะนำรายได้ของกิจการมาผนวกกับผลการดำเนินงานรวม (OP+AP) เพื่อคำนวณดัชนีความสามารถในการแข่งขันแล้ว โดยที่ดัชนีความสามารถในการแข่งขันจะมีคะแนนรวมเท่ากับ 100 คะแนน และผู้วิจัยใช้การแบ่งเกณฑ์คะแนนของรายได้กิจการออกตามประเภทชิ้นส่วนยานยนต์ เพื่อสามารถเปรียบเทียบยอดขายหรือรายได้ในตลาดชิ้นส่วนยานยนต์ประเภทเดียวกันได้ และช่วยสะท้อนดัชนีความสามารถในการแข่งขันของผู้ผลิตชิ้นส่วนรายต่าง ๆ ได้

รูปที่ 5-3 แสดงการกระจายตัวของดัชนีความสามารถในการแข่งขัน (FCI) ของผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ทั้งหมดในภาคอุตสาหกรรมไทย โดยดัชนีความสามารถในการแข่งขันค่อนข้างกระจายตัวอย่างมาก ตั้งแต่ 7 คะแนนจนถึง 90 คะแนน ดัชนีความสามารถในการแข่งขันดังกล่าวมีความสมเหตุสมผล เนื่องจากอุตสาหกรรมยานยนต์ภายในประเทศประกอบไปด้วยผู้ประกอบการคนไทยและต่างชาติ ซึ่งมีความสามารถหลากหลายกันออกไปหรือแบ่งออกตามระดับของการเข้าร่วม Tier ลำดับต่าง ๆ



รูปที่ 5-3 ดัชนีความสามารถในการแข่งขันของผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์
ที่มา: คำนวณโดยคณะผู้วิจัย

ทั้งนี้ เพื่อสามารถแยกผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ออกตามระดับความสามารถในการแข่งขันและความสามารถในการอยู่รอดต่ออุตสาหกรรมยานยนต์ในอนาคตแล้ว และใช้เกณฑ์ของแบ่งกลุ่มผู้ผลิตชิ้นส่วนออกตามปัจจัยความสามารถทางธุรกิจ 4 ด้าน คือ (1) อัตราการเติบโตของยอดขาย (2) การรักษาสถานลูกค้ารายหลัก (3) ความสามารถในการทำวิจัยและพัฒนา และ (4) ความสามารถในการรักษาต้นทุนการผลิต โดยหลักเกณฑ์ข้างต้น จะพบว่า ผู้ผลิตชิ้นส่วนที่ได้รับคะแนนความสามารถในการแข่งขันต่ำกว่า 40 คะแนน ส่วนใหญ่จะเผชิญปัญหาทางด้านอัตราการเติบโตของยอดขายถดถอย ปัญหาการสูญเสียฐานลูกค้ารายหลัก และปัญหาการทำวิจัยและพัฒนา และปัญหาความสามารถในการรักษาต้นทุน ขณะที่ผู้ผลิตชิ้นส่วนอีกกลุ่มจะเผชิญปัญหาความสามารถทางธุรกิจบางประการ และส่วนใหญ่ได้รับคะแนนความสามารถในการแข่งขันระหว่าง 41-60 คะแนน และสุดท้าย ผู้ผลิตชิ้นส่วนที่มีความสามารถทางธุรกิจทั้ง 4 ด้าน จะมีคะแนนความสามารถในการแข่งขันสูงกว่า 60 คะแนน

ดังนั้น หลักเกณฑ์ข้างต้น จึงสามารถแบ่งระดับดัชนีความสามารถในการแข่งขันออกเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มแรก ผู้ผลิตชิ้นส่วนที่มีความสามารถในการแข่งขันต่ำ หรือมีดัชนีความสามารถในการแข่งขันระหว่าง 0-40 คะแนน ผู้ผลิตชิ้นส่วนกลุ่มนี้อาจมีความสามารถอยู่รอดหรือความสามารถในการปรับตัวต่อความท้าทายทางธุรกิจได้ระดับต่ำ **กลุ่มที่สอง ผู้ผลิตชิ้นส่วนที่มีความสามารถในการแข่งขันปานกลาง** หรือมีดัชนีความสามารถในการแข่งขันระหว่าง 41-60 คะแนน ผู้ผลิตชิ้นส่วนกลุ่มนี้น่าจะมีความสามารถอยู่รอดหรือความสามารถในการปรับตัวต่อความท้าทายทางธุรกิจได้ และ **กลุ่มที่สาม ผู้ผลิตชิ้นส่วนที่มีความสามารถในการแข่งขันสูง** หรือมีดัชนีความสามารถในการแข่งขันระหว่าง 61-100 คะแนน ผู้ผลิตชิ้นส่วนกลุ่มนี้มีศักยภาพในการปรับตัวต่อการแข่งขันและความท้าทายทางธุรกิจได้สูง และมีโอกาสเติบโตทางธุรกิจได้

ตารางที่ 5-4 นำเสนอดัชนีความสามารถในการแข่งขันของผู้ผลิตชิ้นส่วนแบ่งตามประเภทชิ้นส่วนยานยนต์ โดยแต่ละประเภทจะมีการกระจายตัวของดัชนีความสามารถในการแข่งขันแตกต่างกันออกไป และมีรายละเอียดประเด็นสำคัญ คือ

ประการแรก ดัชนีความสามารถในการแข่งขัน (FCI) สะท้อนว่า ผู้ผลิตชิ้นส่วนที่มีความสามารถในการแข่งขันระดับสูงมีจำนวนไม่มากนัก โดยมีสัดส่วนไม่เกินร้อยละ 10 ของจำนวนผู้ผลิตชิ้นส่วนทั้งหมด ยกเว้นการผลิตชิ้นส่วน Power Control Unit และ Energy storage system เท่านั้น ในขณะที่มีกลุ่มผู้ผลิตชิ้นส่วนที่มีความสามารถในการแข่งขันต่ำ (0-40 คะแนน) จำนวนมาก โดยมีสัดส่วนระหว่างร้อยละ 40-65 ของจำนวนผู้ผลิตชิ้นส่วนทั้งหมด แนวโน้มดังกล่าวสะท้อนว่า ผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ภายในประเทศจะมีแนวโน้มเติบโตแตกต่างกันออกไป ทั้งกลุ่มผู้ผลิตชิ้นส่วนที่มียอดขายหดตัวหรือเติบโตเพียงเล็กน้อย และอีกกลุ่มผู้ผลิตชิ้นส่วนที่มียอดขายเพิ่มขึ้นอย่างมาก

ประการที่สอง ค่าเฉลี่ยดัชนีความสามารถในการแข่งขันของผู้ผลิตชิ้นส่วนระหว่างคนไทยกับต่างชาติมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยที่ดัชนีความสามารถในการแข่งขันเฉลี่ยของคนไทยเท่ากับ 36.9 คะแนน ขณะที่ผู้ผลิตชิ้นส่วนต่างชาติเท่ากับ 42.9 คะแนน (ตารางที่ 5-5)

ประการที่สาม ผู้ผลิตชิ้นส่วนคนไทยส่วนใหญ่มีความสามารถในการแข่งขันระดับต่ำ หรือสะท้อนได้จากดัชนีความสามารถในการแข่งขัน (0-40 คะแนน) ที่มีสัดส่วนร้อยละ 65.9 ของจำนวนผู้ผลิตชิ้นส่วนคนไทยทั้งหมด ขณะที่กลุ่มผู้ผลิตชิ้นส่วนคนไทยที่มีความสามารถในการแข่งขันระดับสูงมีเพียงร้อยละ 4 เท่านั้น อย่างไรก็ตาม กลุ่มผู้ผลิตชิ้นส่วนต่างชาติที่มีความสามารถในการแข่งขันระดับต่ำและระดับสูงมีสัดส่วนเท่ากับร้อยละ 46.7 และร้อยละ 11.7 ตามลำดับ

ประการที่สี่ ดัชนีความสามารถในการแข่งขันค่อนข้างขึ้นอยู่กับรายได้ของกิจการผู้ผลิตชิ้นส่วนอย่างมาก เนื่องจากรูปที่ 5-4 ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีความสามารถในการแข่งขันของผู้ผลิตชิ้นส่วนแบ่งออกตามรายได้ของกิจการระดับต่าง ๆ โดยจะพบว่า ระดับรายได้ของกิจการที่ต่ำกว่า 5,000 ล้านบาท มีดัชนีความสามารถในการแข่งขันอยู่ในช่วงต่ำกว่า 50 คะแนนเท่านั้น แต่เมื่อระดับรายได้ของกิจการสูงกว่า 5,000 ล้านบาทแล้ว จะมีคะแนนดัชนีความสามารถในการแข่งขันสูงกว่า 60 คะแนนได้

ตารางที่ 5-4 ดัชนีความสามารถในการแข่งขัน (FCI) ของผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ จำแนกตามกิจกรรมการผลิต

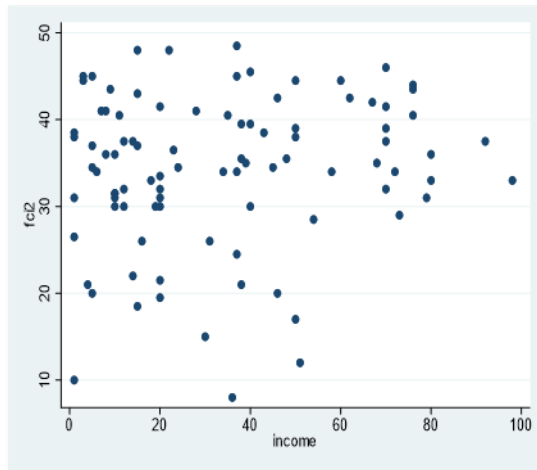
	0 - 40 คะแนน	41 - 60 คะแนน	61-100 คะแนน
Chassis	44.5	44.6	10.9
Powertrain and Motor	61.7	29.4	8.9
Power Control Unit	50.0	27.0	23.0
Electrical & Electronics	67.5	20.0	12.5
Energy storage system	0.0	66.7	33.3
Body	60.0	35.0	5.0
Process	65.5	27.6	6.9
Related Industries	55.2	41.3	3.5

ที่มา: คำนวณโดยคณะผู้วิจัย

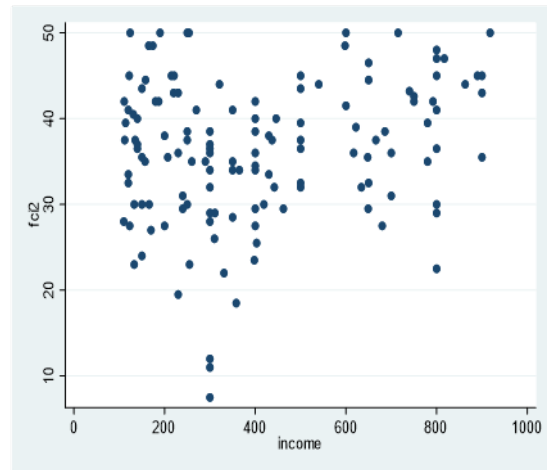
ตารางที่ 5-5 ดัชนีความสามารถในการแข่งขัน (FCI) ของผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ จำแนกตามสัญชาติ

	0 - 40 คะแนน	41 - 60 คะแนน	61-100 คะแนน	ค่าเฉลี่ย
ไทย	65.9	30.1	4.0	36.9
ต่างชาติ	46.7	41.6	11.7	42.9

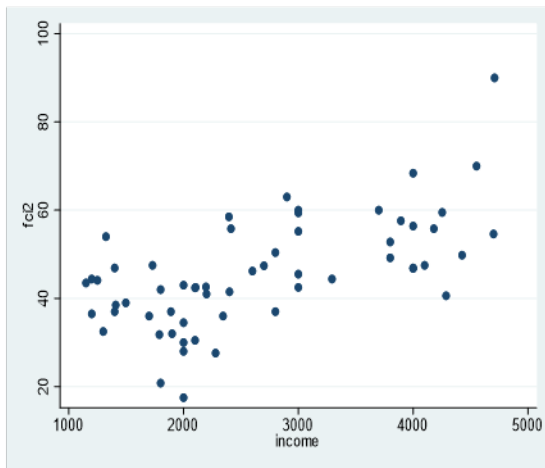
ที่มา: คำนวณโดยคณะผู้วิจัย



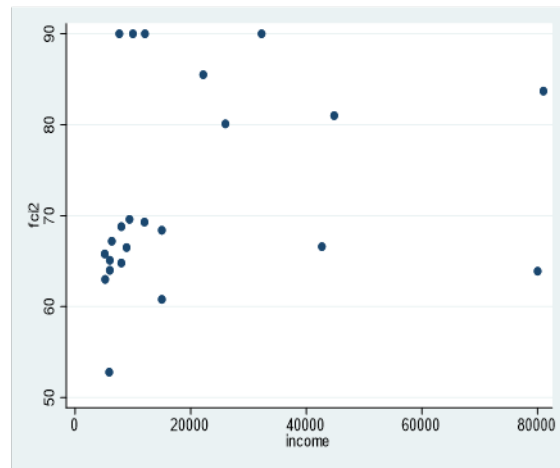
(a) รายได้ 0-100 ล้านบาท



(b) รายได้ 101-1000 ล้านบาท



(c) รายได้ 1001-5000 ล้านบาท



(d) รายได้มากกว่า 5000 ล้านบาท

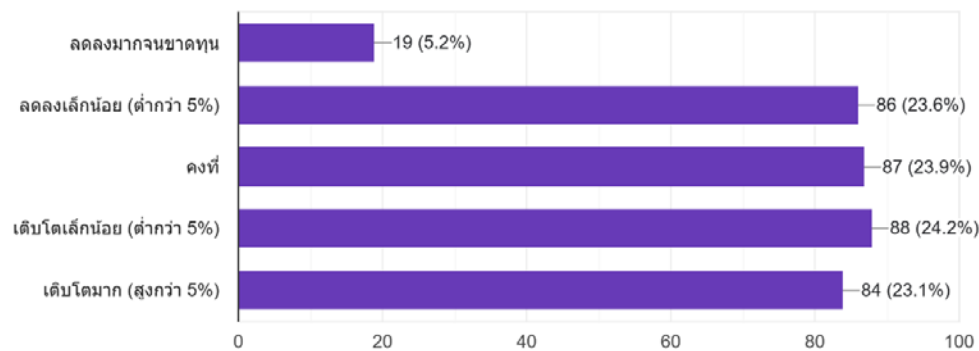
รูปที่ 5-4 รูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีความสามารถในการแข่งขันกับรายได้

ที่มา: คำนวณโดยคณะผู้วิจัย

หากพิจารณาความสามารถในการแข่งขันของผู้ผลิตชิ้นส่วนในรายละเอียดเพิ่มเติม พบว่าการดำเนินงานทางธุรกิจ ความสามารถในการรักษาฐานลูกค้า และความสามารถในการพัฒนาชิ้นส่วนต่าง ๆ ซึ่งในแบบสอบถามของงานวิจัยนี้ พบว่า อัตราการเติบโตของกำไรของผู้ผลิตชิ้นส่วนในช่วงปี พ.ศ.2563-2565 หรือในช่วงการแพร่ระบาดโควิด-19 ส่วนใหญ่ยังมีลักษณะคงที่ หรือเติบโตได้เล็กน้อย ขณะที่ผู้ผลิตชิ้นส่วนบางส่วนเกือบร้อยละ 30 เผชิญกับอัตราการเติบโตของกำไรลดลงหรือการขาดทุนในการดำเนินกิจการ (รูปที่ 5-5) แต่อย่างไรก็ดี ผู้ผลิตชิ้นส่วนส่วนใหญ่คาดการณ์ว่า อัตราการเติบโตของกำไรของผู้ผลิตชิ้นส่วนในปี พ.ศ. 2566 จะอยู่ในสถานการณ์ดีขึ้น หรือผู้ผลิตชิ้นส่วนที่เผชิญปัญหาอัตราการเติบโตกำไรลดลงหรือปัญหาการขาดทุนลดลงได้ (รูปที่ 5-6)

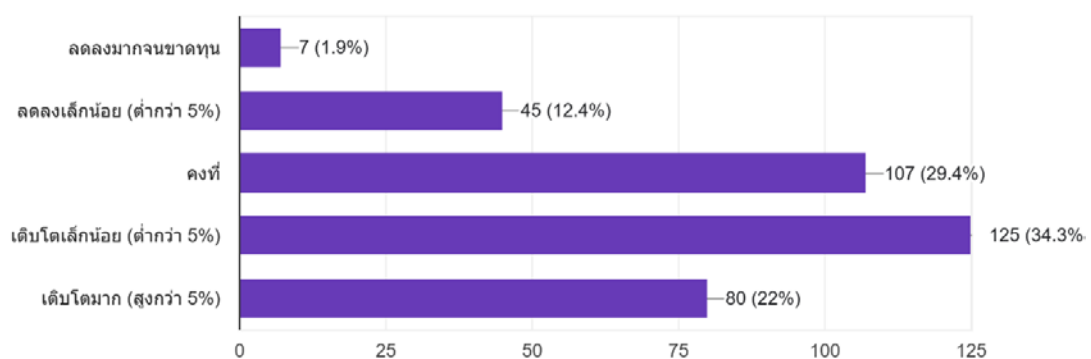
1.11 อัตราการเติบโตทางกำไรของกิจการในช่วงปี พ.ศ. 2563-2565

364 responses



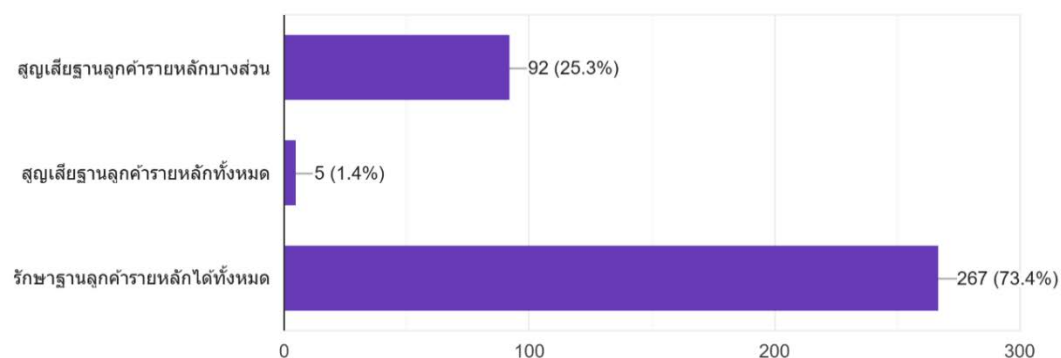
1.12 ท่านคาดการณ์ว่ากิจการของท่านจะมีกำไรในปี พ.ศ. 2566 เมื่อเทียบกับช่วงการแพร่ระบาด COVID-19

364 responses



รูปที่ 5-5 ผลการดำเนินงานทางธุรกิจของผู้ผลิตชิ้นส่วน

ที่มา: ประมวลโดยคณะผู้วิจัย

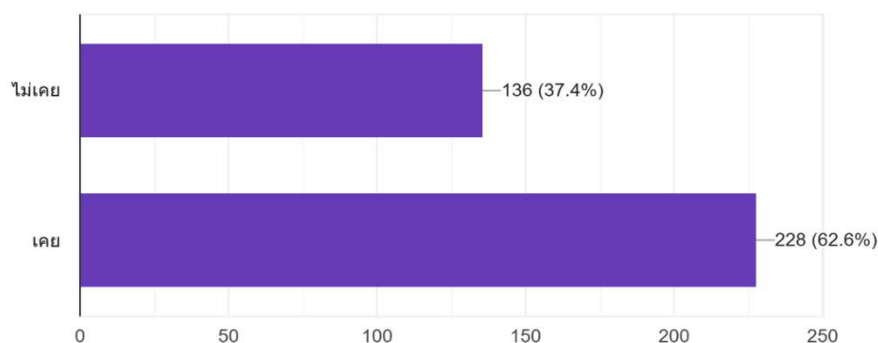


รูปที่ 5-6 ความสามารถในการรักษาสถานลูกค้าของผู้ผลิตชิ้นส่วน

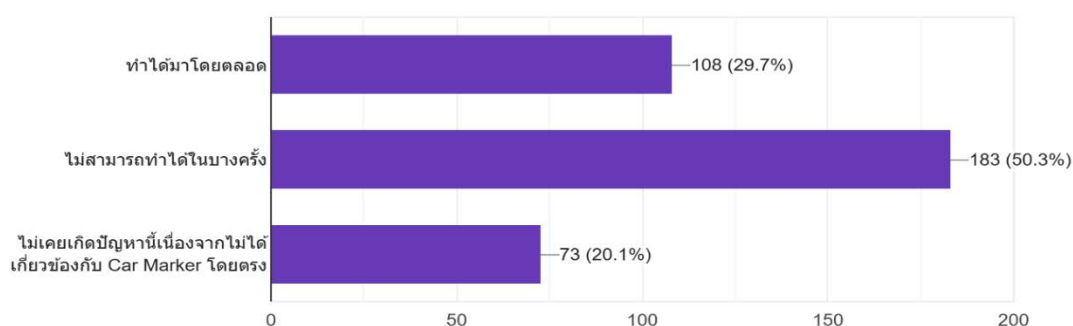
ที่มา: ประมวลโดยคณะผู้วิจัย

สิ่งที่น่าสนใจ คือ ผู้ผลิตชิ้นส่วนจำนวนหนึ่ง (เกือบร้อยละ 27) เผชิญกับการสูญเสียลูกค้ารายหลักออกไป เรื่องดังกล่าวเป็นสัญญาณว่า ผู้ผลิตชิ้นส่วนกลุ่มนี้น่าจะเผชิญกับการสูญเสียความสามารถในการแข่งขันค่อนข้างมาก ดังนั้น จึงจำเป็นต้องนำปัจจัยดังกล่าวไปผนวกรวมกับการวัดดัชนีความสามารถในการแข่งขันของผู้ผลิตชิ้นส่วนด้วย นอกจากนี้ เหตุการณ์ดังกล่าวจำเป็นต้องติดตามต่อไปในอนาคต เมื่อกระแสความต้องการยานยนต์ไฟฟ้าเพิ่มขึ้น จนอาจกระทบต่อผลการดำเนินงานของผู้ผลิตรถยนต์สันดาปภายในประเทศได้

ที่ผ่านมา ผู้ผลิตชิ้นส่วนภายในประเทศส่วนใหญ่ (ร้อยละ 62.6) ได้รับมอบหมายให้ผลิตชิ้นส่วนที่มีความซับซ้อน เรื่องดังกล่าวเป็นสัญญาณที่ดีต่อการปรับตัวในการเรียนรู้สิ่งใหม่ ๆ และการปรับตัวต่อความท้าทายในด้านการผลิตในอนาคต (รูปที่ 5-7) อย่างไรก็ตาม ผู้ผลิตชิ้นส่วนบางส่วนที่สามารถตอบสนองกับความสามารถในการตอบสนองต่อการลดต้นทุนการผลิตของผู้ผลิตรถยนต์ภายในประเทศ เรื่องดังกล่าวกลับเป็นสัญญาณว่าหากรถยนต์ไฟฟ้ากับรถยนต์เครื่องยนต์สันดาปเริ่มแข่งขันทางด้านราคามากขึ้นแล้ว อาจเกิดแรงกดดันต่อผู้ผลิตชิ้นส่วนมากขึ้นในอนาคต (รูปที่ 5-8)

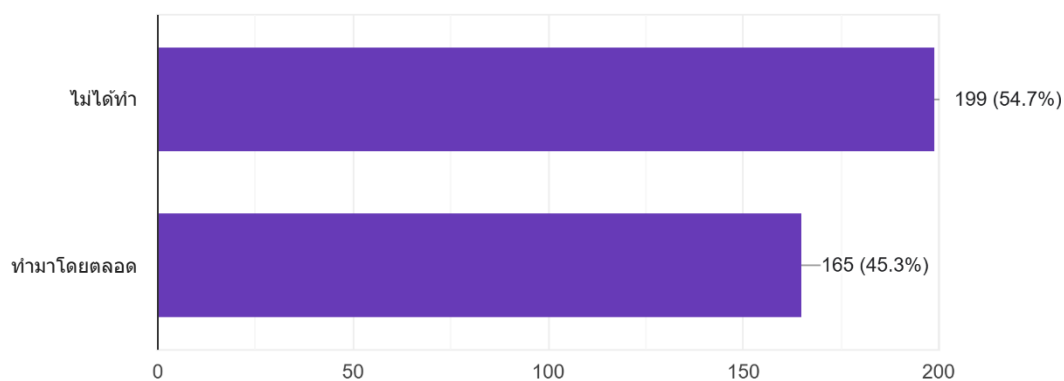


รูปที่ 5-7 ความสามารถในการผลิตชิ้นส่วนที่ความซับซ้อนของผู้ผลิตชิ้นส่วน
ที่มา: ประมวลโดยคณะผู้วิจัย



รูปที่ 5-8 ความสามารถในการตอบสนองต่อการลดต้นทุนการผลิต
ที่มา: ประมวลโดยคณะผู้วิจัย

นอกจากนั้น ผู้ผลิตชิ้นส่วนร้อยละ 45 ของผู้ผลิตชิ้นส่วนทั้งหมดได้ทำกิจกรรมวิจัยและพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เรื่องดังกล่าวเป็นความพร้อมพื้นฐานต่อการผลักดันความสามารถในการแข่งขันของผู้ผลิตชิ้นส่วนได้ดี แต่สิ่งที่น่าสังเกตคือ ค่าเฉลี่ยของความสามารถในการปรับตัวต่อเทคโนโลยีและการวิจัยพัฒนาค่อนข้างสูง แต่สัดส่วนของผู้ผลิตชิ้นส่วนที่ทำ R&D มีเพียงไม่เกินร้อยละ 50 นั้น ย่อมบ่งบอกว่า ผลการประเมินข้างต้น น่าจะมีความบิดเบือนในบางส่วนอยู่



รูปที่ 5-9 สัดส่วนของการทำกิจกรรม R&D ของผู้ผลิตชิ้นส่วน

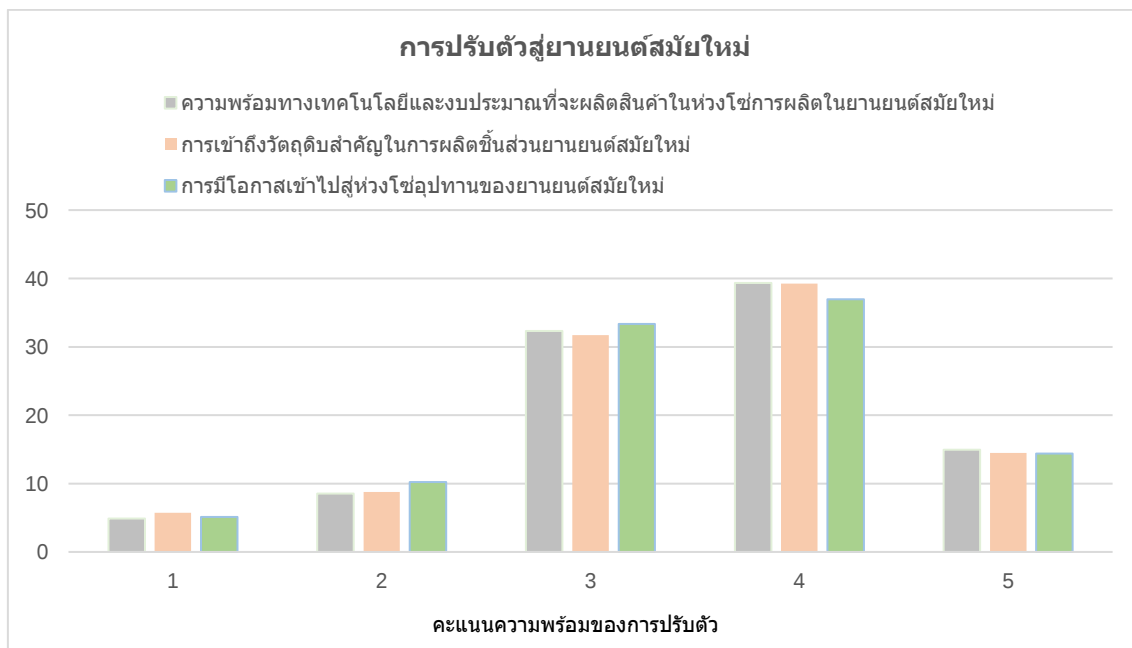
ที่มา: ประมวลโดยคณะผู้วิจัย

ทั้งนี้ หากพิจารณาดัชนีความสามารถในการแข่งขันต่ออุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่แล้ว สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5-10 ที่แสดงคะแนนประเมินความสามารถในการปรับตัวไปสู่ยานยนต์สมัยใหม่ของผู้ผลิตชิ้นส่วน โดยแบ่งระดับคะแนนตั้งแต่ 1-5 คะแนนตามค่านิยามดังนี้

- 1 – ไม่มีความสามารถปรับตัวได้เลย
- 2 – มีความสามารถในการปรับตัวระดับต่ำ และต้องการความช่วยเหลือในการปรับตัว
- 3 – มีความสามารถในการปรับตัวระดับพอใช้ และกำลังอยู่วางแผนจัดการอยู่
- 4 – มีความสามารถในการปรับตัวระดับดี และเริ่มดำเนินงานดังกล่าวแล้ว
- 5 – มีความสามารถในการปรับตัวระดับดีมากและดำเนินงานจนเกือบสำเร็จหรือสำเร็จแล้ว

ตามเกณฑ์คะแนนการปรับตัวข้างต้น เราสามารถแบ่งโอกาสที่ผู้ผลิตชิ้นส่วนจะไปสู่อุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ออกเป็น 3 กลุ่ม คือ

- กลุ่มที่หนึ่ง กลุ่มที่ผู้ผลิตชิ้นส่วนที่แทบไม่มีโอกาสปรับตัวไปสู่ยานยนต์สมัยใหม่ได้เลย (คะแนนประเมิน 1-2 คะแนน) มีสัดส่วนประมาณร้อยละ 15 ของผู้ผลิตชิ้นส่วนทั้งหมด
- กลุ่มที่สอง กลุ่มที่ผู้ผลิตชิ้นส่วนที่มีความไม่แน่นอนของโอกาสปรับตัวไปสู่ยานยนต์สมัยใหม่ (คะแนนประเมิน 3-4 คะแนน) มีสัดส่วนสูงประมาณร้อยละ 70 ของผู้ผลิตชิ้นส่วนทั้งหมด
- กลุ่มที่สาม กลุ่มที่ผู้ผลิตชิ้นส่วนที่มีโอกาสปรับตัวไปสู่ยานยนต์สมัยใหม่ได้สูง (คะแนนประเมิน 5 คะแนน) จะมีสัดส่วนประมาณร้อยละ 15 ของผู้ผลิตชิ้นส่วนทั้งหมด



รูปที่ 5-10 การปรับตัวสู่ยานยนต์สมัยใหม่

ที่มา: ประมวลโดยคณะผู้วิจัย

5.3.1 ความสามารถในการแข่งขันของผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ในปัจจุบัน

ในงานศึกษานี้ ต้องการวิเคราะห์ให้เห็นแนวโน้มของการปรับตัวของผู้ผลิตชิ้นส่วนไปสู่ยานยนต์สมัยใหม่ที่จะทยอยบทบาทความสำคัญมากขึ้นในเร็ว ๆ นี้ โดยผลการสำรวจของแบบสอบถามพบว่า ผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ส่วนใหญ่จะประเมินตนเองในระดับคะแนนกลาง ๆ (3-4 คะแนน) ต่อการปรับตัวไปสู่ยานยนต์สมัยใหม่ทางด้านต่าง ๆ ทั้งความพร้อมทางเทคโนโลยีและงบประมาณที่จะผลิตในห่วงโซ่การผลิตในยานยนต์สมัยใหม่ การเข้าถึงวัตถุดิบสำคัญในการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์สมัยใหม่ และการมีโอกาสเข้าไปสู่ห่วงโซ่อุปทานของยานยนต์สมัยใหม่ (รูปที่ 5-10)

อย่างไรก็ตามในรูปที่ 5-10 แสดงถึงการปรับตัวไปสู่ยานยนต์สมัยใหม่ทั้งด้านการผลิตยานยนต์สมัยใหม่เท่านั้น แต่ไม่ได้สะท้อนความสามารถในการปรับตัวต่อความท้าทายของอุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ในอนาคต โดยงานวิจัยนี้ จะให้ความสำคัญต่อความท้าทายในการปรับตัวอยู่ 3 ด้าน คือ (1) ความสามารถในการปรับตัวเพื่อการเรียนรู้เทคโนโลยีของผู้ผลิตชิ้นส่วน (2) ความสามารถในการปรับตัวไปสู่ยานยนต์สมัยใหม่ของผู้ผลิตชิ้นส่วน และ (3) ความสามารถในการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและที่สำคัญงานวิจัยนี้ยังได้มีประเด็นคำถามย่อยในแต่ละความท้าทายในการปรับตัวแต่ละด้าน เพื่อสามารถสะท้อนข้อเท็จจริงของความท้าทายของการปรับตัวของผู้ผลิตชิ้นส่วนได้ชัดเจน

นอกจากนั้น เพื่อจัดการบิดเบือนของการประเมินความสามารถในการปรับตัวของผู้ผลิตชิ้นส่วน จึงกำหนดให้ผลประเมินคะแนนระดับ 1-3 หมายถึงผู้ผลิตชิ้นส่วนไม่มีความพร้อมในการปรับตัว ขณะที่ผลประเมินคะแนนระดับ 4-5 หมายถึงผู้ผลิตชิ้นส่วนมีความในการปรับตัว ซึ่งข้อกำหนดดังกล่าวจะถูกนำไปใช้เพื่อสะท้อนความสามารถในการปรับตัวต่อความท้าทายด้านต่าง ๆ ในผู้ผลิตชิ้นส่วนคนไทยและต่างชาติในสาขาการผลิตต่าง ๆ โดยมีรายละเอียดดังนี้

ผลการประเมิน (1) ความสามารถในการปรับตัวต่อความสามารถในการปรับตัวเพื่อการเรียนรู้เทคโนโลยีของผู้ผลิตชิ้นส่วน (2) ความสามารถในการปรับตัวไปสู่ยานยนต์สมัยใหม่ของผู้ผลิตชิ้นส่วน และ (3) ความสามารถในการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจะแสดงไว้ในตารางที่ 5-6 ถึง ตารางที่ 5-8 โดยแบ่งสัดส่วนของผู้ผลิตชิ้นส่วนคนไทยและต่างชาติที่มีความพร้อมในการปรับตัวด้านต่าง ๆ ไว้ และใช้เกณฑ์สำคัญ คือ หากสัดส่วนของผู้ผลิตชิ้นส่วนที่มีความพร้อมในการปรับตัวมีมากกว่าร้อยละ 50 ของผู้ผลิตชิ้นส่วนในแต่ละสาขาแล้ว จะสะท้อนว่าสาขาการผลิตชิ้นส่วนนั้นจะมีความสามารถในการปรับตัวต่ออุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ในอนาคตได้

สิ่งแรกที่เราค้นพบ คือ ผู้ผลิตชิ้นส่วนคนไทยในทุกสาขามีความสามารถในการปรับตัวต่อความท้าทายด้านต่าง ๆ ต่ำกว่าเมื่อเทียบกับผู้ผลิตชิ้นส่วนต่างชาติ โดยในตารางที่ 5-6 ถึง ตารางที่ 5-8 ช่องที่เป็นแถบสีเขียวจะสะท้อนว่า สาขาการผลิตชิ้นส่วนดังกล่าวจะมีความสามารถในการปรับตัวต่อความท้าทายต่าง ๆ ได้ดี (หรือมีสัดส่วนของผู้ผลิตชิ้นส่วนที่มีความพร้อมเกินร้อยละ 50) ซึ่งช่องที่แถบสีเหลืองของผู้ผลิตชิ้นส่วนต่างชาติจะมีจำนวนมากกว่าเมื่อเทียบกับผู้ผลิตชิ้นส่วนคนไทยอย่างชัดเจนในเกือบทุกกรณี

กรณีผู้ผลิตชิ้นส่วนคนไทย

จากตารางที่ 5-6 สะท้อน*ความสามารถในการปรับตัวเพื่อการเรียนรู้เทคโนโลยี*ของผู้ผลิตชิ้นส่วนระหว่างคนไทยและต่างชาติ พบว่า ผู้ผลิตชิ้นส่วนคนไทยจะมุ่งไปสู่การติดตั้งสายการผลิตใหม่ที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยเฉพาะผู้ผลิตชิ้นส่วนในกลุ่ม Chassis Power Control Unit และ Energy Storage System ที่มีสัดส่วนของผู้ผลิตชิ้นส่วนที่มีความพร้อมเกินกว่าร้อยละ 50 ของผู้ผลิตชิ้นส่วนคนไทยในสาขานั้น ๆ อย่างไรก็ตาม ผู้ผลิตต่างชาติที่มีความพร้อมไปสู่การติดตั้งสายการผลิตใหม่ที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นจะมีสัดส่วนมากกว่าในทุกสาขาการผลิตชิ้นส่วนต่าง ๆ

ในขณะที่ตารางที่ 5-7 แสดงผลการสำรวจต่อ*ความสามารถในการปรับตัวไปสู่ยานยนต์สมัยใหม่ของผู้ผลิตชิ้นส่วน* พบว่า ผู้ผลิตชิ้นส่วนคนไทยส่วนใหญ่จะยังไม่พร้อมไปสู่ยานยนต์สมัยใหม่ทั้งทางเทคโนโลยีและงบประมาณที่จะผลิตสินค้าในห่วงโซ่การผลิตในยานยนต์สมัยใหม่ รวมทั้งโอกาสเข้าสู่ห่วงโซ่อุปทานของยานยนต์สมัยใหม่ เรื่องดังกล่าวมีความสอดคล้องกับผลการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการ ที่มีความกังวลต่อการเข้าไปสู่ห่วงโซ่อุปทานการผลิตยานยนต์สมัยใหม่ โดยเฉพาะยานยนต์ไฟฟ้า ที่เกิดอุปทานการผลิตใหม่ของบริษัทผู้ผลิตรถยนต์ค่ายจีนขึ้นมา แต่ผู้ผลิตชิ้นส่วนส่วนใหญ่ภายในประเทศพึ่งพาห่วงโซ่อุปทานการผลิตของค่ายรถยนต์ญี่ปุ่น และค่ายรถยนต์ญี่ปุ่นยังไม่ได้มีปรับตัวไปสู่ยานยนต์ไฟฟ้ามากนัก นอกจากนี้ ผู้ผลิตชิ้นส่วนในกลุ่ม Power Control Unit และ Electrical and Electronics ที่น่าจะมีโอกาสเชื่อมโยงขึ้นส่วนตนเองไปยังยานยนต์สมัยใหม่ได้ไม่ยาก แต่ผลการสำรวจกลับพบว่า ผู้ผลิตชิ้นส่วนคนไทยในสองกลุ่มนี้ก็กลับมีจำนวนผู้ผลิตที่มีความพร้อมในการปรับตัวในสัดส่วนต่ำที่สุด หรือมีเพียงร้อยละ 30 ของกลุ่มตัวอย่างเท่านั้น เรื่องดังกล่าวมีความสอดคล้องกับการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการ กล่าวคือ ที่ผ่านมา ผู้ผลิตชิ้นส่วนภายในประเทศจะได้รับการถ่ายทอดทางการประกอบชิ้นส่วนและการผลิตชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่ไม่เกี่ยวข้องกับชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์เลย ดังนั้น ผู้ผลิตชิ้นส่วนคนไทยในกลุ่ม Power Control Unit และ Electrical and Electronics จึงค่อนข้างกังวลเกี่ยวกับความสามารถของตนเองในการเข้าไปสู่ห่วงโซ่อุปทานยานยนต์สมัยใหม่

ในตารางที่ 5-8 สะท้อนให้เห็นว่า ผู้ผลิตชิ้นส่วนคนไทยส่วนใหญ่ในแต่ละสาขามี**ความพร้อมในการปรับตัวการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ**ได้ดีกว่าเมื่อเทียบกับความท้าทายเรื่องอื่น ๆ อย่างไรก็ดี แนวโน้มความพร้อมของการปรับตัวจะเกิดขึ้นในส่วนของการผลิตสินค้าและบริการที่กระบวนการผลิตเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และความพร้อมในการลด Carbon footprint ในกิจการเป็นหลัก เรื่องดังกล่าวไม่น่าแปลกใจมากนัก เนื่องจากปัจจุบัน ค่ายรถยนต์ต่างชาติได้พยายามผลักดันให้ผู้ผลิตชิ้นส่วนต่าง ๆ ต้องเริ่มปรับตัวความท้าทายของการผลิตชิ้นส่วนที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้นตามกระแสของการแก้ไขการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลก อย่างไรก็ตาม โจทย์ใหญ่ของการปรับตัวต่อความสามารถในการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของผู้ผลิตชิ้นส่วนคนไทย คือ การปรับตัวไปสู่การใช้พลังงานหมุนเวียนในกิจกรรมของผู้ผลิตชิ้นส่วน เรื่องดังกล่าวสะท้อนจากมีเพียงผู้ผลิตชิ้นส่วนในสาขาการผลิตทางด้านการกระบวนการผลิต (Process) เท่านั้น ที่มีสัดส่วนของผู้ผลิตที่มีความพร้อมเกินร้อยละ 50 ของผู้ผลิตชิ้นส่วนคนไทยทั้งหมดในสาขาดังกล่าว นอกเหนือจากนั้น ไม่มีสาขาการผลิตใดเลยที่มีความพร้อมของการปรับตัวต่อการใช้พลังงานหมุนเวียนในกิจกรรมการผลิตชิ้นส่วนต่าง ๆ ได้

กรณีผู้ผลิตชิ้นส่วนต่างชาติ

ผลการสำรวจของความพร้อมในการปรับตัวของผู้ผลิตชิ้นส่วนต่างชาติพบว่า ผู้ผลิตชิ้นส่วนต่างชาติในสาขาการผลิตต่าง ๆ ล้วนมีความพร้อมในการปรับตัวต่อความท้าทายด้านต่าง ๆ เกือบทั้งหมด ยกเว้นเฉพาะผู้ผลิตชิ้นส่วนต่างชาติ Power Control Unit ที่มีสัดส่วนของผู้ผลิตชิ้นส่วนที่มีความพร้อมน้อยกว่าร้อยละ 50 ในเกือบทุกความท้าทายในการปรับตัว และเช่นเดียวกับผู้ผลิตชิ้นส่วนคนไทย ผู้ผลิตชิ้นส่วนต่างชาติจะมีความไม่พร้อมต่อการใช้พลังงานหมุนเวียนในกิจการการผลิตเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับความท้าทายด้านอื่น ๆ

สิ่งที่น่าสนใจ ผู้ผลิตชิ้นส่วนต่างชาติในสาขาระบบส่งกำลังและมอเตอร์ (Powertrain and Motor) ประเมินว่าตนเองมีความพร้อมในการปรับตัวไปสู่ยานยนต์สมัยใหม่ได้ทั้งทางการผลิตชิ้นส่วนในยานยนต์สมัยใหม่ การเข้าถึงวัตถุดิบ และการเข้าไปในห่วงโซ่อุปทานการผลิตยานยนต์สมัยใหม่ ทั้ง ๆ ที่โดยธรรมชาติสาขาการผลิตระบบส่งกำลังและมอเตอร์ (Powertrain and Motor) จะเป็นกลุ่มที่ชิ้นส่วนต่าง ๆ ไม่ได้ถูกไปใช้ในยานยนต์สมัยใหม่ นั่นคือ ยานยนต์ไฟฟ้า ไม่ได้จำเป็นต้องใช้ระบบส่งกำลังและมอเตอร์ที่มีอยู่ในยานยนต์สันดาป เรื่องดังกล่าวจึงสะท้อนว่าในทางเทคโนโลยีในการปรับตัวและงบประมาณของผู้ผลิตชิ้นส่วนต่างชาติแล้วไม่ได้มีปัญหาใด ๆ แต่คงเผชิญเฉพาะเงื่อนไขของตลาดรถยนต์และโอกาสของการเปิดรับผู้ผลิตชิ้นส่วนดังกล่าวในยานยนต์ไฟฟ้ามากกว่า

ตารางที่ 5-6 ความสามารถในการปรับตัวเพื่อการเรียนรู้เทคโนโลยีของผู้ผลิตชิ้นส่วน

การเรียนรู้เทคโนโลยีใหม่ ๆ ที่ไม่เคยใช้มาก่อน หรือความรู้แนวหน้าระดับโลก	ผู้ผลิตคนไทย (%)		ผู้ผลิตต่างชาติ (%)	
	ยังไม่พร้อม	มีความพร้อม	ยังไม่พร้อม	มีความพร้อม
Chassis	60	40	41	59
Powertrain and Motor	62	38	32	68
Power Control Unit	100	0	40	60
Electrical & Electronics	83	17	65	35
Energy storage system	77	23	47	53
Body	62	38	44	56
Process	46	54	32	68
การติดตั้งสายการผลิตใหม่ที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น	ผู้ผลิตคนไทย		ผู้ผลิตต่างชาติ	
	ยังไม่พร้อม	มีความพร้อม	ยังไม่พร้อม	มีความพร้อม
Chassis	35	65	29	71
Powertrain and Motor	54	46	22	78
Power Control Unit	50	50	40	60
Electrical & Electronics	61	39	53	47
Energy storage system	48	52	40	60
Body	64	36	31	69
Process	57	43	41	59
การจ้างงานแรงงานหรือวิศวกรในกระบวนการผลิต ใหม่และ/หรือพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่	ผู้ผลิตคนไทย		ผู้ผลิตต่างชาติ	
	ยังไม่พร้อม	มีความพร้อม	ยังไม่พร้อม	มีความพร้อม
Chassis	33	68	24	76
Powertrain and Motor	54	46	32	68
Power Control Unit	100	0	20	80
Electrical & Electronics	59	41	53	47
Energy storage system	58	42	31	69
Body	61	39	37	63
Process	44	56	23	77
การใช้เทคโนโลยี Smart Factory อย่างคุ้มค่า	ผู้ผลิตคนไทย		ผู้ผลิตต่างชาติ	
	ยังไม่พร้อม	มีความพร้อม	ยังไม่พร้อม	มีความพร้อม
Chassis	55	45	32	68
Powertrain and Motor	70	30	25	75
Power Control Unit	100	0	20	80
Electrical & Electronics	61	39	56	44
Energy storage system	65	35	57	43
Body	60	40	44	56
Process	35	65	40	60

ที่มา: คำนวณโดยคณะผู้วิจัย

ตารางที่ 5-7 ความสามารถในการปรับตัวไปสู่ยานยนต์สมัยใหม่ของผู้ผลิตชิ้นส่วน

ความพร้อมทางเทคโนโลยีและงบประมาณที่จะ ผลิตสินค้าในห่วงโซ่การผลิตในยานยนต์สมัยใหม่	ผู้ผลิตคนไทย (%)		ผู้ผลิตต่างชาติ (%)	
	ยังไม่พร้อม	มีความพร้อม	ยังไม่พร้อม	มีความพร้อม
Chassis	45	55	38	62
Powertrain and Motor	54	46	26	74
Power Control Unit	67	33	60	40
Electrical & Electronics	67	33	32	68
Energy storage system	57	43	46	54
Body	63	37	46	54
Process	44	56	32	68
การเข้าถึงวัตถุดิบสำคัญในการผลิต				
ชิ้นส่วนยานยนต์สมัยใหม่	ผู้ผลิตคนไทย		ผู้ผลิตต่างชาติ	
	ยังไม่พร้อม	มีความพร้อม	ยังไม่พร้อม	มีความพร้อม
Chassis	43	58	41	59
Powertrain and Motor	69	31	42	58
Power Control Unit	100	0	60	40
Electrical & Electronics	50	50	42	58
Energy storage system	57	43	36	64
Body	50	50	44	56
Process	46	54	36	64
การมีโอกาสเข้าไปสู่ห่วงโซ่อุปทานของ				
ยานยนต์สมัยใหม่	ผู้ผลิตคนไทย		ผู้ผลิตต่างชาติ	
	ยังไม่พร้อม	มีความพร้อม	ยังไม่พร้อม	มีความพร้อม
Chassis	50	50	35	65
Powertrain and Motor	62	38	35	65
Power Control Unit	100	0	40	60
Electrical & Electronics	78	22	42	58
Energy storage system	71	29	60	40
Body	63	37	37	63
Process	44	56	31	69

ที่มา: คำนวณโดยคณะผู้วิจัย

ตารางที่ 5-8 ความสามารถในการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

การผลิตสินค้าและบริการที่กระบวนการผลิตเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม	ผู้ผลิตคนไทย		ผู้ผลิตต่างชาติ	
	ยังไม่พร้อม	มีความพร้อม	ยังไม่พร้อม	มีความพร้อม
Chassis	33	67	29	71
Powertrain and Motor	54	46	21	79
Power Control Unit	33	67	60	40
Electrical & Electronics	61	39	50	50
Energy storage system	56	44	50	50
Body	60	40	40	60
Process	38	62	19	81
ความพร้อมในการลดปรับ Carbon footprint ในกิจการ	ผู้ผลิตคนไทย		ผู้ผลิตต่างชาติ	
	ยังไม่พร้อม	มีความพร้อม	ยังไม่พร้อม	มีความพร้อม
Chassis	48	53	26	74
Powertrain and Motor	38	62	26	74
Power Control Unit	67	33	60	40
Electrical & Electronics	56	44	40	60
Energy storage system	46	54	43	57
Body	70	30	35	65
Process	43	57	28	72
การใช้พลังงานหมุนเวียนในกิจการ	ผู้ผลิตคนไทย		ผู้ผลิตต่างชาติ	
	ยังไม่พร้อม	มีความพร้อม	ยังไม่พร้อม	มีความพร้อม
Chassis	55	45	38	62
Powertrain and Motor	54	46	35	65
Power Control Unit	67	33	60	40
Electrical & Electronics	56	44	55	45
Energy storage system	54	46	60	40
Body	73	27	50	50
Process	38	62	25	75

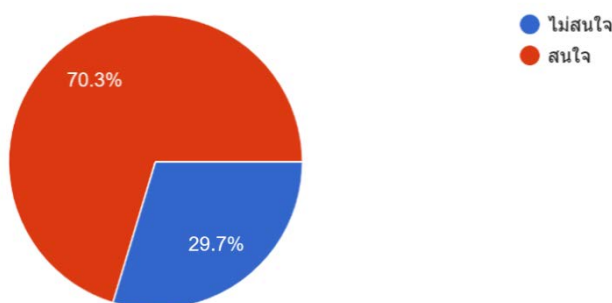
ที่มา: คำนวณโดยคณะผู้วิจัย

5.3.2 ความพร้อมของผู้ประกอบการชิ้นส่วนในการปรับตัวไปสู่ยานยนต์สมัยใหม่

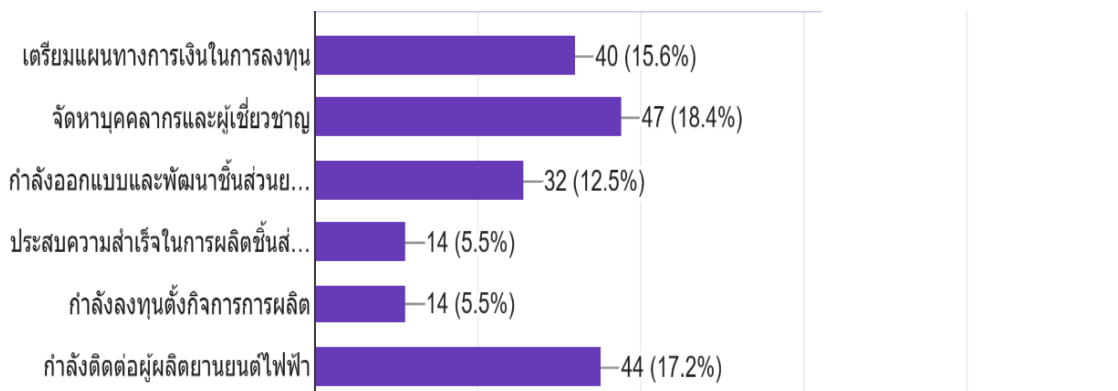
การพิจารณาความพร้อมของผู้ประกอบการชิ้นส่วนในการปรับตัวไปสู่ยานยนต์สมัยใหม่ เริ่มจากการพิจารณาความตื่นตัวของการปรับตัวของผู้ผลิตชิ้นส่วนต่อยานยนต์สมัยใหม่ พบว่า มีผู้ผลิตชิ้นส่วนเพียงร้อยละ 30 ของผู้ผลิตชิ้นส่วนทั้งหมด ที่ให้ความสนใจต่อการปรับตัวดังกล่าว (รูปที่ 5-11) แต่ความสนใจในการปรับตัวดังกล่าวยังเผชิญความไม่แน่นอนในการดำเนินงานทางธุรกิจ เนื่องจาก แม้ว่าผู้ผลิตชิ้นส่วนกลุ่มนี้ให้ความสนใจต่อการปรับตัวไปสู่ยานยนต์สมัยใหม่แล้ว แต่ที่ผ่านมายังไม่มีความคืบหน้าของการเดินทางธุรกิจมากนัก และไม่ได้วางแผนทางธุรกิจแต่อย่างใด (รูปที่ 5-12 และ รูปที่ 5-12)

ผู้ผลิตชิ้นส่วนกลุ่มดังกล่าวยังมองว่า ธุรกิจของตนเองยังมีโอกาสปรับตัวใน 3-10 ปีข้างหน้า จำนวน 85 ราย เรื่องดังกล่าวอาจเกิดขึ้นจากผู้ผลิตชิ้นส่วนเหล่านี้อยู่ในห่วงโซ่อุปทานการผลิตรถกระบะเป็นหลัก จึงยังไม่ได้รับผลกระทบต่อการเติบโตของยานยนต์ไฟฟ้าในปัจจุบันมากนัก แต่สิ่งสำคัญ คือ ผู้ผลิตชิ้นส่วนจำเป็นต้องต้องวางแผนหรือมีความคืบหน้าในการปรับตัวไปพร้อมกันด้วย เนื่องจากปัจจุบัน เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีในยานยนต์สมัยใหม่ (Technology Disruption) อย่างรวดเร็วและคาดการณ์ได้ยาก ส่วนหนึ่งเกิดจากผู้เล่นค่ายรถยนต์จีน ผู้พัฒนาแบตเตอรี่ และผู้ผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์รายหลักโลกได้ทุ่มเทงบประมาณเข้าไปในการวิจัยและพัฒนาอย่างมาก จนทำให้เกิดการยกระดับทางเทคโนโลยีการผลิตและการลดต้นทุนการผลิตยานยนต์สมัยใหม่อย่างมาก

เรื่องดังกล่าวมีนัยสำคัญ คือ ผู้ผลิตชิ้นส่วนจำเป็นต้องวางแผนหรือเตรียมความพร้อมทางเทคโนโลยีหรือการลงทุนในสิ่งใหม่ ๆ ไว้ล่วงหน้า เพื่อสามารถตอบสนองกับการเปลี่ยนแปลงของอุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ได้อย่างทันท่วงที และสามารถรักษาความสามารถของการเป็นส่วนหนึ่งของห่วงโซ่อุปทานการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์สมัยใหม่ได้

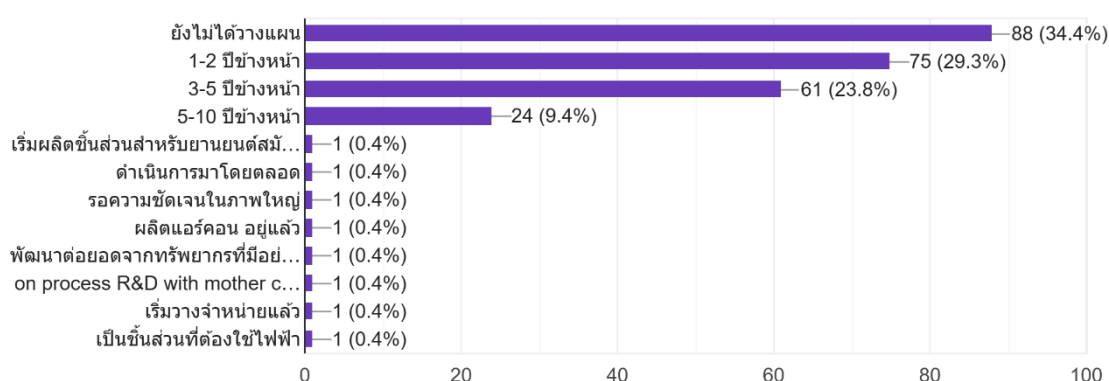


รูปที่ 5-11 สัดส่วนความสนใจเข้าไปในกิจกรรมการผลิตอุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่
ที่มา: ประมวลโดยคณะผู้วิจัย



รูปที่ 5-12 ความสำเร็จในการดำเนินงานเพื่อไปสู่การผลิตอุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่

ที่มา: ประมวลโดยคณะผู้วิจัย



รูปที่ 5-13 แผนการดำเนินงานเพื่อเข้าสู่การผลิตอุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่

ที่มา: ประมวลโดยคณะผู้วิจัย

ทั้งนี้ ผลการสำรวจของงานวิจัยพบว่า ผู้ผลิตชิ้นส่วนส่วนใหญ่สนใจเข้าไปลงทุนเพื่อผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ไฟฟ้า 9 รายการที่ได้รับการส่งเสริมของภาครัฐบาล โดยชิ้นส่วนที่ได้รับความสนใจมากที่สุด คือ แบตเตอรี่ รองลงมา คือ มอเตอร์ และคอมเพรสเซอร์ ซึ่งกระบวนการผลิตชิ้นส่วนต่าง ๆ เหล่านี้ยังคงเป็นความท้าทายทางธุรกิจ เนื่องจากผู้ผลิตชิ้นส่วนคนไทยจำเป็นต้องเรียนรู้กระบวนการผลิตชิ้นส่วนดังกล่าวขึ้นใหม่ และไม่สามารถใช้ประสบการณ์การผลิตชิ้นส่วนในอดีตเข้ามาใช้ได้โดยตรง

หากเปรียบเทียบปัจจัยความสำเร็จและสิ่งที่เกิดขึ้นในอุตสาหกรรมยานยนต์ภายในประเทศแล้ว ตารางที่ 5-9 แสดงให้เห็นว่าปัจจัยความสำเร็จในอุตสาหกรรมรถยนต์สันดาปไทยแทบไม่ได้ช่วยต่อยอดความสำเร็จไปยังอุตสาหกรรมยานยนต์ไฟฟ้าเลย เนื่องจากดังที่กล่าวไปก่อนหน้านี้แล้วว่า อุตสาหกรรมยานยนต์ไฟฟ้าเสมือนเป็นห่วงโซ่อุปทานการผลิตใหม่ที่ฐานการผลิตรถยนต์ต่าง ๆ ในโลกจำเป็นต้องสร้างขึ้นใหม่ ถึงแม้ว่าจะมีบางชิ้นส่วนในรถยนต์สันดาปสามารถนำไปใช้ในรถยนต์ไฟฟ้าได้ อาทิ โครงรถยนต์ ล้อรถยนต์ และไฟส่อง เป็นต้น แต่ไม่ได้ช่วยให้การเปลี่ยนผ่านไปสู่ยานยนต์ไฟฟ้าเกิดขึ้นง่าย ๆ ดังที่ภาครัฐคาดหวังไว้

อีกทั้ง มาตรการส่งเสริมการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์สมัยใหม่ของรัฐกลายเป็นดาบสองคม ที่ทำให้ผู้ผลิตยานยนต์จากจีน ให้ความสำคัญเฉพาะการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์สมัยใหม่ในประเทศเท่านั้น เพื่อให้เป็นไปตามข้อกำหนดการใช้สิทธิประโยชน์จากภาครัฐ ซึ่งอาจเป็นการใช้ชิ้นส่วนจากบริษัทคู่ค้า/บริษัทลูกที่มาลงทุนใหม่ในประเทศไทย หรือผลิตเองในโรงงานประกอบรถยนต์ (In-house) รวมทั้งชิ้นส่วนยานยนต์สมัยใหม่มีสัดส่วนมูลค่าต่อรถยนต์ทั้งคันเกินกว่าร้อยละ 40 อยู่แล้ว ดังนั้น จึงไม่จำเป็นต้องใช้ชิ้นส่วนอื่น ๆ จากผู้ผลิตในประเทศไทย ซึ่งชิ้นส่วนเหล่านี้เป็นชิ้นส่วนเดิมหรือชิ้นส่วนที่ใช้ร่วมกับรถเครื่องยนต์สันดาปภายในได้ ทำให้ซ้ำเติมโอกาสสร้างที่จะความสามารถในการแข่งขันของผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ในประเทศไปอีก

นอกจากนี้ ความสำเร็จของรถยนต์สันดาปไม่ได้ต้องการวัตถุดิบเฉพาะเจาะจงเหมือนดังในรถยนต์ไฟฟ้า นั่นคือ แร่ลิเทียม ซึ่งถือเป็นวัตถุดิบเฉพาะสำคัญในการผลิตแบตเตอรี่ที่กลายเป็นหัวใจหลักของชิ้นส่วนในยานยนต์ไฟฟ้า และแหล่งแร่ลิเทียมยังเป็นปัจจัยกำหนดสำคัญของการลงทุนการตั้งฐานการผลิตยานยนต์ไฟฟ้าของโลก นอกจากนี้ ความสำเร็จในการลงทุนโครงสร้างพื้นฐานของไทยในอดีต โดยเฉพาะถนนและท่าเรือกลายเป็นปัจจัยสำคัญในการกระตุ้นให้เกิดความต้องการใช้รถยนต์สันดาป และส่งเสริมให้เกิดการส่งออกรถยนต์สันดาปไปในตลาดโลก อย่างไรก็ตาม ความสำเร็จในโครงสร้างพื้นฐานดังกล่าวไม่ได้เกื้อหนุนการกระตุ้นการซื้อรถยนต์ไฟฟ้ามากนัก เพราะเราจำเป็นต้องลงทุนโครงสร้างพื้นฐานใหม่อย่างสถานีประจุไฟฟ้าขึ้นมารวมทั้งการส่งเสริมประสบการณ์กระบวนการผลิตในรถยนต์สันดาปก็ไม่ได้เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตรถยนต์ไฟฟ้ามากนัก เพราะการผลิตรถยนต์ไฟฟ้าจะต้องการระบบเครื่องจักรอัตโนมัติ และวิธีการผลิตแบบเฉพาะเจาะจงในแต่ละชิ้นส่วน

ตารางที่ 5-9 เปรียบเทียบความสำเร็จของอุตสาหกรรมยานยนต์ไทย

	รถยนต์สันดาป (สำเร็จแล้ว)	รถยนต์ไฟฟ้า (ยังอยู่ในช่วงเริ่มต้น)
โครงสร้างพื้นฐาน	ลงทุนสาธารณูปโภคพื้นฐาน (ถนนและท่าเรือ)	ไม่มีสถานีประจุไฟฟ้า
นโยบายส่งเสริมภาครัฐและเงื่อนไข	ผลักดันผู้ผลิตทุกรายเติบโต	ผลักดันผู้ผลิตรถยนต์รายใหม่เป็นหลัก
อัตราแลกเปลี่ยน	ค่าเงินบาทอ่อนค่ายาวนาน	ค่าเงินบาทไม่ได้อ่อนค่ามากนัก
คลัสเตอร์	เกิดขึ้นอย่างเหนียวแน่น	แทบไม่ได้เกิดขึ้น
ผู้ผลิตชิ้นส่วนต่างชาติ	ลงทุนมานานและเกิดการพัฒนา R&D ภายในประเทศ	ผู้ผลิตชิ้นส่วนต่างชาติรายเดิมยังไม่มี action ใด ๆ ชัดเจน
การกระบวนการผลิต ICE: engine, powertrain EV: motor, battery	กระบวนการผลิตสามารถใช้ร่วมกันในหลายชิ้นส่วน	Automation วิธีการผลิตแบบเฉพาะเจาะจงในแต่ละชิ้นส่วน
ความสามารถในการทำ R&D	เก่งใน process development	ไม่เคยทำมาก่อน ความเสี่ยงสูงในการทำ R&D
บุคลากร	มีความเชี่ยวชาญและสามารถต่อยอดเทคโนโลยี	ขาดแคลนและยังมีแนวทางพัฒนาคนไม่ชัดเจน
วัตถุดิบสำคัญ	-	แร่ลิเทียม (ไม่มีในประเทศไทย)

ที่มา: คณะผู้วิจัย

ดังนั้นอาจกล่าวโดยสรุปได้ว่า ปัจจุบันผู้ผลิตชิ้นส่วนส่วนใหญ่ในไทยยังไม่ได้มีความพร้อมในการปรับตัวไปสู่ยานยนต์สมัยใหม่มากนัก อันเนื่องมาจากความไม่แน่นอนของทิศทางการเติบโตของยานยนต์สมัยใหม่ ทิศทางของนโยบายภาครัฐ และความแตกต่างของปัจจัยความสำเร็จของยานยนต์ไฟฟ้า ปัจจัยเหล่านี้ล้วนแล้วแต่ผลักดันให้ผู้ผลิตชิ้นส่วนยังไม่กล้าลงทุนไปสู่ยานยนต์สมัยใหม่ และผู้ผลิตชิ้นส่วนภายในประเทศบางส่วนได้กระจายความเสี่ยงไปยังสาขาการผลิตอื่น ๆ ไว้แล้ว

5.3.3 ข้อจำกัดของการก้าวไปสู่เทคโนโลยียานยนต์สมัยใหม่

การก้าวไปสู่เทคโนโลยียานยนต์สมัยใหม่ไม่ใช่เรื่องง่ายสำหรับผู้ผลิตชิ้นส่วนภายในประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้ผลิตชิ้นส่วนคนไทย เนื่องจากที่ผ่านมาเราไม่ได้สะสมประสบการณ์ของเทคโนโลยียานยนต์สมัยใหม่มากนัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการผลิตแบตเตอรี่ การประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ การพัฒนาระบบการขับเคลื่อนอัตโนมัติและระบบซอฟต์แวร์ต่าง ๆ และจากผลการสัมภาษณ์ของงานวิจัยสามารถจำแนกข้อจำกัดของการก้าวไปสู่เทคโนโลยียานยนต์สมัยใหม่ ดังนี้

ข้อจำกัดแรก เทคโนโลยีของยานยนต์สมัยใหม่ยังไม่นิ่ง และเกิดการเปลี่ยนแปลงได้เสมอในช่วงเริ่มต้นของการพัฒนาเทคโนโลยี ที่สำคัญผู้เล่นรายหลักของโลกทั้งในอุตสาหกรรมยานยนต์และอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์เข้ามาลงทุนเพื่อวิจัยและพัฒนาอย่างต่อเนื่อง หรือเกิดการแข่งขันระดับสูงจนไม่แน่ใจว่าเทคโนโลยีของยานยนต์สมัยใหม่จะเป็นในรูปแบบใด ยกตัวอย่าง รถยนต์พลังงานไฟฟ้า หรือรถยนต์พลังงานไฮโดรเจน และแบตเตอรี่ลิเทียมในรูปแบบเทคโนโลยีต่าง ๆ ดังนั้น ความกว้างของเทคโนโลยีของยานยนต์สมัยใหม่ และความไม่แน่นอนของเทคโนโลยีของยานยนต์สมัยใหม่ในอนาคตจึงเป็นข้อจำกัดของการเลือกของผู้ผลิตชิ้นส่วนภายในประเทศ

ข้อจำกัดที่สอง ผู้ผลิตชิ้นส่วนภายในประเทศยังคงเผชิญปัญหาขาดแคลนผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้านของเทคโนโลยียานยนต์สมัยใหม่ เพื่อสามารถยกระดับการเรียนรู้เทคโนโลยียานยนต์สมัยใหม่ในด้านต่าง ๆ และยังไม่มี การกระจายตัวของความรู้ (Knowledge Spillover) ของการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์สมัยใหม่ดังเช่นที่เคยเกิดขึ้นในยานยนต์สันดาป อันเนื่องจากยานยนต์สมัยใหม่ยังอยู่ในช่วงเริ่มต้น และที่สำคัญผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้านโดยเฉพาะชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์และระบบซอฟต์แวร์ ยังไม่สามารถเข้ามายังอุตสาหกรรมยานยนต์ได้โดยตรง เนื่องจากผู้เชี่ยวชาญกลุ่มดังกล่าวยังคงทำงานในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์เป็นหลัก และขาดความเชื่อมโยงระหว่างอุตสาหกรรมยานยนต์กับอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์

ข้อจำกัดที่สาม ผู้ผลิตชิ้นส่วนยังขาดโอกาสเข้าไปเชื่อมโยงกับผู้ผลิต OEM ชิ้นส่วนของยานยนต์สมัยใหม่ จึงไม่สามารถเข้าใจความต้องการของเทคโนโลยียานยนต์สมัยใหม่ได้อย่างชัดเจน หรือนัยสำคัญ คือผู้ผลิตชิ้นส่วนไม่สามารถเลือกเทคโนโลยียานยนต์สมัยใหม่ได้อย่างเฉพาะเจาะจงที่จะช่วยให้ตนเองมีโอกาสปรับตัวไปสู่ยานยนต์สมัยใหม่ได้มากที่สุด เรื่องดังกล่าวคงเป็นยากอย่างมากที่ผู้ผลิตรถยนต์ไฟฟ้าและ OEM ชิ้นส่วนในยานยนต์ไฟฟ้าจะยอมปล่อยให้ความลับทางเทคโนโลยีแก่ผู้ผลิตชิ้นส่วนคนไทยในปัจจุบัน เพราะค่ายรถยนต์ไฟฟ้ากำลังแข่งขันทางเทคโนโลยีเพื่อสามารถแย่งชิงตลาดลูกค้าของยานยนต์สมัยใหม่ ณ ปัจจุบัน และการรั่วไหลของความลับทางเทคโนโลยีอาจส่งผลกระทบต่อความสามารถในการแข่งขันของค่ายรถยนต์ไฟฟ้าของตนเองได้

บทที่ 6 โอกาสของห่วงโซ่อุปทานการผลิตยานยนต์สมัยใหม่ในไทย

การวิเคราะห์ส่วนนี้ ใช้การสัมภาษณ์ผู้ผลิตรถยนต์ภายในประเทศ เพื่อให้เข้าใจสถานการณ์ของห่วงโซ่อุปทานการผลิตยานยนต์สมัยใหม่ในปัจจุบัน และปัจจัยทางโอกาสทางธุรกิจที่ช่วยผลักดันให้ผู้ผลิตชิ้นส่วนภายในประเทศสามารถเข้าไปเป็นส่วนหนึ่งของห่วงโซ่อุปทานการผลิตยานยนต์สมัยใหม่ได้ โดยมีประเด็นสำคัญดังนี้

6.1 ห่วงโซ่อุปทานการผลิตยานยนต์ไฟฟ้า

ในภาพใหญ่ของการสร้างห่วงโซ่อุปทานของผู้ผลิตรถยนต์ ทั้งประเภทยานยนต์เครื่องยนต์สันดาปภายใน (ICE) และยานยนต์ไฟฟ้า (EV) ผู้ผลิตรถยนต์จะพิจารณาจาก 2 ส่วนสำคัญ ดังนี้ **ส่วนแรก ใกล้แหล่งวัตถุดิบ** (Near source) กล่าวคือ พิจารณาแล้วว่ามี Supplier เพื่อผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ หรืออยู่ใกล้แหล่งวัตถุดิบ (Raw material) หรือไม่ เพราะเป็นข้อได้เปรียบในเรื่องต้นทุนการผลิต และ**ส่วนที่สอง ใกล้ตลาดลูกค้า** (Near customer) หรือมีตลาดลูกค้ารองรับปริมาณการผลิตหรือไม่ เนื่องจากรถยนต์ส่วนใหญ่จะผลิตเพื่อขายตลาดภายในประเทศเป็นส่วนใหญ่ (หรือเกินร้อยละ 50 ของปริมาณการผลิตทั้งหมด) แล้วจึงส่งออกรถยนต์ปริมาณที่เหลือจากการผลิตไปตลาดต่างประเทศ

ปัจจุบัน ห่วงโซ่อุปทานยานยนต์ไฟฟ้าในไทยยังไม่มีข้อได้เปรียบสองประการข้างต้น กล่าวคือ ฐานการผลิตในไทยไม่ได้อยู่ใกล้แหล่งวัตถุดิบสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งแร่ต่าง ๆ ที่ใช้ในการผลิตแบตเตอรี่ และขณะเดียวกัน ไทยยังไม่มีตลาดลูกค้าที่ซึ่รถยนต์ไฟฟ้าอย่างชัดเจน หรือตลาดรถยนต์ไฟฟ้ากำลังอยู่ในช่วงเริ่มต้นเติบโตเท่านั้น และที่สำคัญตลาดรถยนต์ประเภท PHEV และ HEV ในไทยยังคงเติบโตได้ดี ดังนั้นห่วงโซ่อุปทานการผลิตยานยนต์ไฟฟ้าในไทยจึงไม่ได้ถูกพัฒนาขึ้นอย่างก้าวกระโดดดังเช่นในห่วงโซ่อุปทานการผลิตยานยนต์ไฟฟ้าในจีน อย่างไรก็ตาม ห่วงโซ่อุปทานการผลิตยานยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทยอาจไม่ได้เกิดขึ้นได้โดยง่าย เนื่องจากยานยนต์ไฟฟ้ากำลังอยู่ในช่วงการพัฒนาเริ่มต้น และเทคโนโลยีการผลิตสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา ผู้ผลิตรถยนต์จึงจำเป็นต้องพึ่งพาการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ไฟฟ้าจากห่วงโซ่อุปทานการผลิตของตนเองหรือผู้ขึ้นส่วนที่ร่วมกันพัฒนาชิ้นส่วนยานยนต์ไฟฟ้าต่าง ๆ ขึ้นมาเป็นหลัก เพื่อประกันความเสี่ยงของมาตรฐานและคุณภาพการใช้งานของรถยนต์ไฟฟ้าในช่วงทดลองตลาดเริ่มต้น หรือกล่าวได้ว่า รถยนต์ไฟฟ้าที่กำลังผลิตขายในปัจจุบันได้มีการวางแผนและเซ็นสัญญาร่วมกับผู้ผลิตชิ้นส่วนไปแล้วอย่างน้อย 5-7 ปี ดังนั้น ผู้ผลิตชิ้นส่วนรายใหม่จึงมีโอกาสเข้าไปเป็นส่วนหนึ่งของห่วงโซ่อุปทานการผลิตยานยนต์ไฟฟ้าได้ยากมาก เนื่องจากผู้ผลิตรถยนต์ไม่ต้องการเสี่ยงจากชิ้นส่วนยานยนต์ไฟฟ้าจากผู้ผลิตชิ้นส่วนรายใหม่ และไม่ต้องการรอช่วงเวลาในการทดสอบและพัฒนาชิ้นส่วนเพื่อใช้กับรถยนต์ไฟฟ้าของตนเอง

ทั้งนี้ ห่วงโซ่อุปทานการผลิตยานยนต์ไฟฟ้าในไทยจะถูกกำหนดจากผู้ผลิตรถยนต์ไฟฟ้ารายใหม่ในไทย คือ ค่ายรถยนต์ไฟฟ้าจากจีน ที่มีเป้าหมายในการลงทุนและผลิตรถยนต์ไฟฟ้าอย่างชัดเจนทั้งตลาดภายในประเทศและตลาดโลก ซึ่งแตกต่างจากห่วงโซ่อุปทานการผลิตยานยนต์เดิมในไทยที่ยังคงรักษาสถานะรถยนต์สันดาป และกำลังรอทิศทาง การเติบโตตลาดรถยนต์ไฟฟ้าตลาดโลกและทิศทางของเทคโนโลยีการผลิตรถยนต์ยานยนต์สมัยใหม่ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง รถยนต์ที่ใช้พลังงานไฮโดรเจน เป็นต้น ภายใต้ห่วงโซ่อุปทานการผลิตยานยนต์ไฟฟ้าในไทยดังกล่าว ผู้ผลิตชิ้นส่วนที่ดำเนินการผลิตในไทยอย่างยาวนานจึงยังไม่ได้ขยับตัวไปสู่การผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ไฟฟ้ามากนัก ส่วนหนึ่งเกิดขึ้นจากค่ายรถยนต์จีนพึ่งพาชิ้นส่วนยานยนต์ไฟฟ้า

จากห่วงโซ่อุปทานการผลิตยานยนต์ไฟฟ้าในจีน เพื่อความมั่นใจทางมาตรฐานและคุณภาพของการใช้งาน และรักษาข้อได้เปรียบของต้นทุนการผลิตรถยนต์ไฟฟ้าที่จำเป็นต้องแข่งขันกับรถยนต์สันดาปในปัจจุบัน

อย่างไรก็ตาม กรณีเงื่อนไขของมาตรการส่งเสริมการผลิตยานยนต์ไฟฟ้าภายในประเทศภายใต้ เขตปลอดอากร (Free trade zone) ที่กำหนดสัดส่วนมูลค่าการใช้ชิ้นส่วนภายในประเทศร้อยละ 40 (Local content) เป็นปัจจัยที่ผลักดันให้ค่ายผู้ผลิตรถยนต์จีนมองหาการสร้างห่วงโซ่อุปทานการผลิตยานยนต์ไฟฟ้า ภายในประเทศเช่นกัน เพื่อให้บรรลุเป้าหมายเงื่อนไขการใช้ชิ้นส่วนภายในประเทศภายใต้เงื่อนไขของต้นทุน การผลิตชิ้นส่วนที่เหมาะสมต่อการผลักดันการแข่งขันของรถยนต์ไฟฟ้าของตนเอง ซึ่งค่ายรถยนต์จีนได้มี แนวทางการสร้างห่วงโซ่อุปทานการผลิตตามรูปแบบดังนี้

- 1) **รูปแบบแรก** ผู้ผลิตรถยนต์จีนลงทุนผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ไฟฟ้าที่ตนเองมีความเชี่ยวชาญหรือทักษะ การผลิต เนื่องจากผู้ผลิตรถยนต์จีนหลายรายมีบริษัทลูกที่ดำเนินการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ไฟฟ้า ในจีนอยู่แล้ว และได้สั่งสมประสบการณ์ทางเทคโนโลยีและกระบวนการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ไฟฟ้า ไว้แล้ว รูปแบบนี้มีความเหมาะสมทางธุรกิจในช่วงปริมาณการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ไฟฟ้า ในไทยยังเกิดขึ้น ไม่มาก เพื่อช่วยควบคุมมาตรฐานและคุณภาพการผลิต และการจัดการระบบการผลิตชิ้นส่วน ได้สะดวกขึ้น
- 2) **รูปแบบที่สอง** ผู้ผลิตรถยนต์จีนพยายามผลักดันให้ผู้ผลิตชิ้นส่วนภายในประเทศร่วมมือกับผู้ผลิต ชิ้นส่วนในจีนลงทุนตั้งโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ไฟฟ้าภายในประเทศไทย เพื่อให้เกิดประโยชน์ ต่อการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ไฟฟ้าได้อย่างรวดเร็ว ทั้งในด้านการใช้ประโยชน์จากประสบการณ์ ความรู้ทางเทคโนโลยีชิ้นส่วนยานยนต์ไฟฟ้าจากผู้ผลิตชิ้นส่วนในจีน และประสบการณ์ความรู้ในการ หาแรงงานและการใช้ทักษะการประกอบจากผู้ผลิตชิ้นส่วนในไทย รูปแบบดังกล่าวต้องการผู้ผลิต ชิ้นส่วนในไทยมีความพร้อมทางด้านเงินลงทุน และความพร้อมในการเรียนรู้การถ่ายทอดเทคโนโลยี การผลิตใหม่ ๆ พร้อมกัน
- 3) **รูปแบบสุดท้าย** ผู้ผลิตรถยนต์จีนชักจูงให้ผู้ผลิตชิ้นส่วนในจีนเข้ามาลงทุนผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ไฟฟ้า ภายในประเทศขึ้นเอง เพื่ออำนวยความสะดวกในการวิจัยและพัฒนาชิ้นส่วนยานยนต์ไฟฟ้าต่าง ๆ ไปพร้อมกัน รูปแบบดังกล่าวมีโอกาสเกิดขึ้นเมื่อค่ายรถยนต์จีนต้องการเร่งพัฒนาห่วงโซ่อุปทาน การผลิตภายในประเทศ และไม่สามารถหาผู้ผลิตชิ้นส่วนที่มีศักยภาพภายในประเทศขึ้นได้

ดังนั้น การสร้างห่วงโซ่อุปทานการผลิตยานยนต์ไฟฟ้าข้างต้น อาจเกิดแนวโน้มเปลี่ยนแปลงไปได้เมื่อตลาด รถยนต์ไฟฟ้าเกิดการเติบโตขึ้น และระดับเทคโนโลยีการผลิตรถยนต์ไฟฟ้าเริ่มอยู่ตัว (Mature) ในอนาคต แต่โจทย์สำคัญสำหรับประเทศ คือ เราจะเข้าไปผนวกโอกาสการเข้าไปสู่ห่วงโซ่อุปทานการผลิตยานยนต์ ไฟฟ้าจากจีนได้อย่างไร และเราอาจต้องประเมินหรือค่านึงถึงห่วงโซ่อุปทานการผลิตยานยนต์ไฟฟ้าของค่าย รถยนต์อื่น ๆ ทั้งค่ายรถยนต์ญี่ปุ่น (ผู้เล่นรายหลักในไทย) ค่ายรถยนต์ยุโรป และค่ายรถยนต์เกาหลีใต้ ไปพร้อม กันด้วย

นัยสำคัญ คือ ผู้ผลิตชิ้นส่วนในไทยควรเข้าไปอยู่ห่วงโซ่อุปทานการผลิตยานยนต์ไฟฟ้าแบบใด และผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ไฟฟ้าใด เพราะค่ายรถยนต์ต่าง ๆ มีความพร้อมแตกต่างกันไปออกไป หรือในบาง กรณี ค่ายรถยนต์ไฟฟ้ารายใหม่ ๆ ยังไม่มีความเชี่ยวชาญในการผลิตชิ้นส่วนบางประเภท อาทิ ตัวถัง การผลิต ช่วงล่างรถยนต์ และการผลิตสายไฟแรงดันสูง เป็นต้น เรื่องดังกล่าวจึงกลายเป็นโอกาสผู้ผลิตชิ้นส่วนเดิม ในไทยสามารถเข้าไปหาโอกาสทางธุรกิจขึ้นได้

6.2 โอกาสของผู้ผลิตชิ้นส่วนภายในประเทศ

ปัจจุบัน ผู้ผลิตชิ้นส่วนภายในประเทศกำลังมองหาโอกาสเข้าสู่ห่วงโซ่อุปทานการผลิตยานยนต์ไฟฟ้าภายในประเทศ แต่โอกาสของการเข้าสู่ห่วงโซ่อุปทานการผลิตยานยนต์ไฟฟ้า ณ ปัจจุบัน ยังคงจำกัดอย่างมาก อันเนื่องมาจากข้อจำกัดทางเทคโนโลยีการผลิตของผู้ผลิตชิ้นส่วนภายในประเทศ และข้อจำกัดของการดำเนินธุรกิจของค่ายรถยนต์ที่ได้ออกแบบพัฒนาชิ้นส่วนและหาผู้ผลิตชิ้นส่วนไว้แล้ว หรือนัยสำคัญ คือ ผู้ผลิตชิ้นส่วนภายในประเทศจะมีโอกาสเข้าไปห่วงโซ่อุปทานการผลิตยานยนต์ไฟฟ้าเมื่อค่ายรถยนต์ได้ออกและพัฒนารถยนต์ไฟฟ้ารุ่นใหม่ ๆ ในอนาคต

จากตารางที่ 6-1 แสดงถึงสถานการณ์ของห่วงโซ่อุปทานการผลิตยานยนต์ไฟฟ้าภายในประเทศ จากกลุ่มตัวอย่างการสัมภาษณ์ โดยพบว่า ค่ายรถยนต์จะเริ่มผลิตรถยนต์ไฟฟ้าในปี ค.ศ. 2024 และมีปริมาณการผลิตจำนวนไม่มากนัก และมีจำนวนรุ่นรถยนต์ไฟฟ้าอย่างจำกัด รวมทั้ง ตลาดรถยนต์ไฟฟ้าจะเน้นไปที่รถยนต์ส่วนบุคคลเป็นหลักเท่านั้น ซึ่งแตกต่างจากผู้ผลิตชิ้นส่วนภายในประเทศส่วนใหญ่จะอยู่ในกระบวนการผลิตรถบรรทุกขนาด 1 ตัน (รถกระบะ) เป็นหลัก นอกจากนี้ ค่ายรถยนต์ต่างชาติยังมีรูปแบบทางธุรกิจแตกต่างกันออกไป ดังเช่น ค่ายรถยนต์ต่างชาติบางรายพยายามรักษตลาดรถยนต์สันดาปเดิมไว้ และมองหาโอกาสการเติบโตตลาดรถยนต์ไฟฟ้าไปพร้อมกัน หรือค่ายรถยนต์ต่างชาติบางส่วนกำลังประกอบรถยนต์ไฟฟ้าเพื่อทดสอบการเติบโตตลาดภายในประเทศก่อนเท่านั้น ในขณะเดียวกันผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์สำคัญในไทยก็ผลิตชิ้นส่วนเพื่อขายให้แก่ผู้ผลิตรถยนต์ไฟฟ้าภายในประเทศแล้ว และกำลังจะผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ไฟฟ้าอื่น ๆ ตามสถานการณ์การเติบโตของยานยนต์ไฟฟ้าภายในประเทศ

ตารางที่ 6-1 แนวโน้มของห่วงโซ่อุปทานการผลิตยานยนต์ไฟฟ้าภายในประเทศ

ผู้ผลิตยานยนต์	ตลาดรถยนต์	ปีเริ่มต้นผลิตรถยนต์ไฟฟ้า	ปริมาณการผลิตเป้าหมาย	จำนวนรุ่น	โครงการ EV3	อื่น ๆ
รายที่ 1	รถยนต์ส่วนบุคคล	2023	100,000 คัน	2	เข้าร่วม	อาจผลิตรถยนต์รุ่นอื่นๆ เพิ่มขึ้น
รายที่ 2	รถยนต์ส่วนบุคคล	2024	20,000 คัน	2	เข้าร่วม	เผชิญข้อจำกัดทางเทคนิคปริมาณการผลิต
รายที่ 3	รถยนต์ส่วนบุคคล	2024	80,000 คัน	1	เข้าร่วม	รักษตลาดรถยนต์สันดาปและรถยนต์ไฟฟ้าไปพร้อมกัน
รายที่ 4	รถยนต์ส่วนบุคคล	เริ่มแล้ว	จำนวนไม่มาก	1-2	ไม่ได้เข้าร่วม	กำลังหาพันธมิตรทางธุรกิจในประเทศ
รายที่ 5	รถโดยสารขนาดเล็ก	เริ่มแล้ว	จำนวนไม่มาก	1	ไม่ได้เข้าร่วม	ร่วมมือกับบริษัทต่างชาติ
รายที่ 6	รถบรรทุก	เริ่มแล้ว	จำนวนไม่มาก	1	ไม่ได้เข้าร่วม	เจาะตลาดภายในประเทศ
รายที่ 7	ชิ้นส่วนยานยนต์	ผลิตมานาน	จำนวนมาก	1	ไม่ได้เข้าร่วม	กำลังรอกิจทางตลาดยานยนต์ไฟฟ้า เพื่อขยายไปสู่ชิ้นส่วนยานยนต์ไฟฟ้าอื่น ๆ

ที่มา: คณะผู้วิจัย

ด้วยสถานการณ์ห่วงโซ่อุปทานการผลิตยานยนต์ไฟฟ้าดังกล่าว การผลิตรถยนต์ไฟฟ้ายังอยู่ในช่วงเริ่มต้นที่มีปริมาณการผลิตไม่มากนัก หรือส่วนใหญ่ เป้าหมายปริมาณการผลิตจะสอดคล้องกับเงื่อนไขของนโยบายการส่งเสริมยานยนต์ไฟฟ้าภายในประเทศเป็นหลักเท่านั้น ปัจจัยดังกล่าวจึงเกิดแรงกดดันการแข่งขันทางด้านต้นทุนการผลิตมากขึ้น และตัดโอกาสผู้ผลิตชิ้นส่วนภายในประเทศในการเข้าไปในห่วงโซ่อุปทานการผลิตในช่วงเริ่มต้นนี้ อย่างไรก็ตาม ห่วงโซ่อุปทานการผลิตยานยนต์ไฟฟ้ายังคงเปิดโอกาสให้ผู้ผลิตชิ้นส่วนภายในประเทศในอนาคต แต่มีเงื่อนไขในการเข้าสู่ห่วงโซ่อุปทานการผลิตยานยนต์ไฟฟ้าที่ยากมากขึ้นเมื่อเทียบกับห่วงโซ่อุปทานการผลิตยานยนต์สันดาปเดิม โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ผู้ผลิตชิ้นส่วนจำเป็นต้องเผชิญความท้าทายทางด้านวิจัยและพัฒนามากขึ้น เนื่องจากค่ายรถยนต์ต่าง ๆ ทั่วโลกกำลังเผชิญการแข่งขันทางเทคโนโลยีอย่างก้าวกระโดด และไม่ได้ต้องการผู้ผลิตชิ้นส่วนที่สามารถผลิตชิ้นส่วนตามการออกแบบ (Drawing) จากค่ายรถยนต์เท่านั้น

แนวโน้มดังกล่าวยังเกิดขึ้นกับบริษัทลูกของผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์สำคัญของโลกเช่นกัน โดยที่ผ่านมาบริษัทลูกจะได้รับหน้าที่ผลิตชิ้นส่วนตามการออกแบบของบริษัทแม่ก่อน แล้วจึงเริ่มวิจัยและพัฒนาชิ้นส่วนดังกล่าวเพิ่มเติม แต่ปัจจุบัน บริษัทแม่ได้บังคับให้บริษัทลูกจำเป็นต้องเริ่มเลือกชิ้นส่วนยานยนต์ที่สามารถวิจัยและพัฒนาขึ้นมาเอง เพื่อรักษาความสามารถในการแข่งขันระหว่างบริษัทลูกในฐานะการผลิตต่าง ๆ ได้

ทั้งนี้ เงื่อนไขของโอกาสในการเข้าสู่ห่วงโซ่อุปทานการผลิตยานยนต์ไฟฟ้าสำคัญ คือ ผู้ผลิตชิ้นส่วนจำเป็นต้องมีคุณสมบัติสำคัญหลายด้าน ทั้งทางราคา คุณภาพ เทคโนโลยี และกระบวนการผลิตที่ยั่งยืน (Sustainability) และที่สำคัญ โอกาสในการเข้าสู่ห่วงโซ่อุปทานการผลิตจะเกิดมากขึ้นเมื่อผู้ผลิตชิ้นส่วนได้เข้าร่วมวิจัยและพัฒนาชิ้นส่วนยานยนต์ไฟฟ้ากับผู้ผลิตรถยนต์ นอกจากนี้ ยังมีรายละเอียดเพิ่มเติมของการเข้าสู่ห่วงโซ่อุปทานการผลิตยานยนต์ไฟฟ้าดังนี้ **ประการแรก** ผู้ผลิตชิ้นส่วนที่เข้าร่วมในห่วงโซ่อุปทานจำเป็นต้องมี R&D in process development เพื่อช่วยสามารถวิจัยและพัฒนาารถยนต์ไฟฟ้าร่วมกันได้ หรือกล่าวได้ว่าผู้ประกอบการไม่ได้แค่ต้องมีความสามารถในการผลิตชิ้นส่วนเท่านั้น **ประการที่สอง** บริษัทแม่มัดยังไม่ยอมปล่อยให้ใช้ Local supplier ในหัวใจหลักสำคัญของรถยนต์ไฟฟ้า ยกตัวอย่าง Local supplier นำเสนอซอฟต์แวร์ระบบเบรกแก่ผู้ประกอบการ แต่ระบบซอฟต์แวร์ดังกล่าวเกี่ยวข้องกับความปลอดภัย บริษัทแม่มัดยังไม่ยอมให้ใช้ Local supplier แม้ว่า Local supplier สามารถพัฒนาระบบซอฟต์แวร์ดังกล่าวได้ **ประการที่สาม** การสร้างห่วงโซ่อุปทานยานยนต์ไฟฟ้าจำเป็นต้องมียุทธศาสตร์ระยะยาวในการสร้าง Local supplier ที่มีศักยภาพที่เติบโตไปพร้อมกับผู้ประกอบการได้ และสิ่งสำคัญ คือ ไทยต้องมีกิจกรรม R&D ด้านต่าง ๆ และห้องปฏิบัติการทดสอบภายในประเทศ **ประการที่สี่** ผู้ผลิตชิ้นส่วนไทยมีโอกาสทำ R&D ร่วมกับผู้ประกอบการในทุกชิ้นส่วนในอนาคตได้ และ**ประการสุดท้าย** ผู้ผลิตรถยนต์ต้องการหาผู้ผลิตชิ้นส่วนภายในประเทศที่สามารถเรียนรู้กระบวนการผลิตและเทคโนโลยีใหม่ ๆ โดยคาดหวังว่าผู้ผลิตชิ้นส่วนภายในประเทศต้องพัฒนาและเรียนรู้เพิ่มเติม เช่น การทัศนศึกษาดูงานในประเทศจีน เป็นต้น รวมทั้งต้องการให้ผู้ผลิตชิ้นส่วนสามารถวิจัยและพัฒนาชิ้นส่วนแก่ผู้ประกอบการได้ หรือกลายเป็นพันธมิตรที่แนบแน่นในห่วงโซ่อุปทานการผลิตยานยนต์ไฟฟ้า

6.2.1 มุมมองความสามารถในการแข่งขันของฐานการผลิตในไทย

ในช่วงเริ่มต้นของยานยนต์ไฟฟ้า ไทยกำลังเดินเข้าสู่ห่วงโซ่อุปทานการผลิตยานยนต์ไฟฟ้าตามหลังจีนอยู่หลายปี และไทยยังคงมีความสามารถแข่งขันอยู่ในห่วงโซ่อุปทานการผลิตยานยนต์สันดาปเท่านั้น อุตสาหกรรมยานยนต์ภายในประเทศจึงจำเป็นต้องไล่ตามความสามารถด้านการผลิตหรือความสามารถด้านการเรียนรู้เทคโนโลยีจากฐานการผลิตรถยนต์ในจีนและในประเทศอื่น ๆ อาทิ เกาหลีใต้ และเยอรมัน เป็นต้น

อย่างไรก็ตาม ความสามารถในการแข่งขันในอุตสาหกรรมยานยนต์เดิม และประสบการณ์การดำเนินธุรกิจของผู้ผลิตชิ้นส่วนในไทยยังคงผลักดันให้ความสามารถในการแข่งขันของฐานการผลิตยังคงอยู่เมื่อเทียบกับประเทศอื่น ๆ ในภูมิภาค โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ทักษะการประกอบ และทักษะในกระบวนการผลิต ที่ผู้ผลิตชิ้นส่วนสั่งสมประสบการณ์มาอย่างยาวนาน จึงเอื้อโอกาสในการต่อยอดไปยังอุตสาหกรรมยานยนต์ไฟฟ้าได้

ความสามารถในการแข่งขันของฐานการผลิตในไทยสะท้อนจากแนวโน้มการเข้ามาของค่ายรถยนต์จีนหลายค่ายในไทยที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และค่ายรถยนต์ต่าง ๆ พยายามขยายรุ่นรถยนต์ไฟฟ้าต่าง ๆ มากขึ้นในอนาคต แต่โจทย์สำคัญของความสามารถในการแข่งขันของฐานการผลิตในไทยจะขึ้นอยู่กับปัจจัยดังนี้

ปัจจัยแรก ต้นทุนการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ไฟฟ้าภายในประเทศ เป็นปัจจัยสำคัญต่อการส่งเสริมความสามารถในการแข่งขันยานยนต์ไฟฟ้าในระยะยาว เพราะเรื่องดังกล่าวเกิดขึ้นจากผู้ผลิตจีนได้หันเข้ามาผลิตรถยนต์ไฟฟ้าในจำนวนมาก จนทำให้เกิดข้อได้เปรียบทางด้านต้นทุนการผลิตอย่างมาก และผลักดันให้ความสามารถในการแข่งขันในการผลิตชิ้นส่วนภายในไทยลดลงไป และ **ปัจจัยที่สอง** การไล่ตามเทคโนโลยีของชิ้นส่วนยานยนต์ไฟฟ้า เป็นอีกปัจจัยที่ผู้ผลิตชิ้นส่วนจำเป็นต้องไล่ให้ทันอย่างรวดเร็ว เพื่อเอื้อโอกาสในการสั่งสมประสบการณ์ให้มากพอจนสามารถแข่งขันกับฐานการผลิตอื่น ๆ ในตลาดโลกได้

6.2.2 กำหนดชิ้นส่วนเป้าหมายที่มีศักยภาพในการปรับเปลี่ยนไปสู่อุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ พร้อมแนวทางการส่งเสริม

จากรายการชิ้นส่วนเป้าหมายในอุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ คือ ชิ้นส่วนยานยนต์ไฟฟ้า (EV) 9 รายการ และชิ้นส่วนยานยนต์เชื่อมต่อและขับเคลื่อนอัตโนมัติ (CAV) 9 รายการ คณะผู้วิจัยได้จัดทำข้อมูลเชื่อมโยงระหว่างกระบวนการผลิตยานยนต์สมัยใหม่ทั้ง EV และ CAV กับความสามารถในกระบวนการผลิตของผู้ผลิตชิ้นส่วนในประเทศจำนวน 2,284 ราย พบจำนวนผู้ประกอบการที่มีความสามารถตามกระบวนการผลิต แสดงดังตารางที่ 6-2 และ ตารางที่ 6-3

ตารางที่ 6-2 จำนวนผู้ประกอบการที่มีความสามารถผลิตตามกระบวนการผลิตชิ้นส่วน EV 9 รายการ

รายการชิ้นส่วน	Battery process	Bending	Casting	Coating	Continuous Extrusion	Cutting	Extrusion	Forging	Gear Hobbing	Hardening	Heat Treatment	Machining	Motor Winding	Printed Circuit Board Assembly	Plastic injection	Roll Forming	Rolling	Semiconductor Process	Stamping	Winding
1. Battery																				
1.1 Battery Cell	x						x								x		x			
1.2 Busbar				x	x	x													x	
1.3 Module Casing															x				x	
1.4 Pack Casing																			x	
1.5 Battery Management System														x						
1.6 Service Plug															x	x			x	
1.7 High voltage DC relay box															x				x	
2. Traction motor																				
2.1 Stator		x					x						x							
2.2 Rotor			x					x			x	x								
2.3 Laminate											x								x	
2.4 Motor Housing			x									x								
3. Electric A/C Compressor																				
3.1 Inverter														x						
3.2 Motor			x				x	x			x	x	x						x	
3.3 Compressor			x									x							x	
4. Battery Management System														x						
5. Vehicle Control Unit														x						
6. On-Board Charger																				
6.1 Power Factor Correction Circuit														x						

รายการชิ้นส่วน	Battery process	Bending	Casting	Coating	Continuous Extrusion	Cutting	Extrusion	Forging	Gear Hobbing	Hardening	Heat Treatment	Machining	Motor Winding	Printed Circuit Board Assembly	Plastic injection	Roll Forming	Rolling	Semiconductor Process	Stamping	Winding
6.2 DC/DC Converter														x						
7. DC/DC Converter																				
7.1 Circuit Board														x						
7.2 Transformer											x								x	x
8. PCU Inverter																				
8.1 Circuit Board														x						
8.2 Insulated Gate Bipolar Transistor																		x		
9. Reduction Gear																				
9.1 Gears			x						x	x	x									
9.2 Gear Housing			x									x								
จำนวนผู้ประกอบการที่มีความสามารถผลิต	38	28	127	30	-	106	103	64	-	6	186	523	1	75	285	14	2	-	435	10

ตารางที่ 6-3 จำนวนผู้ประกอบการที่มีความสามารถผลิตตามกระบวนการผลิตชิ้นส่วน CAV 9 รายการ

รายการชิ้นส่วน	Casting	Coating	Coiling	Cutting	Diamond Cutting	Display Process	Extrusion	Ferrite Process	Forging	Gear Hobbing	Heat Treatment	Laser Cutting	Machining	MEMS Process	Motor Winding	Piezoelectric	Plastic injection	Pressing	Printed Circuit Board	Seat Process	Semiconductor	Sintering	Stamping	Touch Panel Process	Vapor Deposition	Welding
1. Passive Component																										
1.1 Resistor			X		x							x						x				x			x	
1.2 Capasistor		x	X	x					x																	
1.3 Inductor			X					x														x				
2. Display																										
2.1 Cover lens & Touchsensor																								x		
2.2 Display					x																					
2.3 Circuit Board																			x		x					
2.4 Housing	x																x						x			
3. Smart seat																										
3.1 Seat																				x						
3.2 Circuit Board																			x		x					
3.3 Sensor														x											x	
3.4 Actuator	x						x	x	x	x	x		x		x		x						x			
4. Smart embedded body and exterior part																										
4.1 Body part																	x						x			x
5.2 Sensor														x											x	
5. Embedded modem																										
5.1 Antena																										

รายการชิ้นส่วน	Casting	Coating	Coiling	Cutting	Diamond Cutting	Display Process	Extrusion	Ferriite Process	Forging	Gear Hobbing	Heat Treatment	Laser Cutting	Machining	MEMS Process	Motor Winding	Piezoelectric	Plastic injection	Pressing	Printed Circuit Board	Seat Process	Semiconductor	Sintering	Stamping	Touch Panel Process	Vapor Deposition	Welding
5.2 Circuit Board																			x		x					
5.3 Housing	x																x						x			
6. Ultrasonic sensor																										
6.1 Transducer																x										
6.2 Circuit Board																			x		x					
6.3 Housing	x																x						x			
7. Driiver input																										
7.1 Sensor														x		x									x	
7.2 Circuit Board																			x		x					
7.3 Housing	x																x						x			
8. Camera														x												
8.1 Optical Sensor														x											x	
8.2 Circuit Board																			x		x					
8.3 Housing	x																x						x			
9. Actuator	x						x	x	x	x	x		x		x		x						x			
จำนวนผู้ประกอบการที่มี ความสามารถผลิต	127	30	-	106	-	2	103	-	64	-	186	-	524	-	-	-	285	-	75	-	-	-	435	-	-	99

แม้ว่าชิ้นส่วนเป้าหมายจะเป็นชิ้นส่วนสำคัญของยานยนต์สมัยใหม่ และเป็นจุดขับเคลื่อนของการเติบโตอุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ในไทยอย่างยั่งยืน แต่อย่างไรก็ดี ผู้ผลิตชิ้นส่วนภายในประเทศกำลังเผชิญปัญหาการเข้าสู่ห่วงโซ่อุปทานการผลิตยานยนต์สมัยใหม่ อันเนื่องมาจากเหตุผลสำคัญ 3 ประการ ดังนี้ **ประการแรก** ห่วงโซ่อุปทานการผลิตยานยนต์เดิมที่ผู้ผลิตชิ้นส่วนเข้าไปอยู่ ยังไม่ได้ขยับตัวไปสู่การผลิตยานยนต์สมัยใหม่มากนัก ขณะที่ค่ายรถยนต์ไฟฟ้ารายใหม่ในประเทศไทย ยังไม่ได้สร้างห่วงโซ่อุปทานการผลิตกับผู้ผลิตชิ้นส่วนในประเทศแต่อย่างใด ผู้ผลิตชิ้นส่วนในประเทศจึงลังเลในการลงทุนชิ้นส่วนยานยนต์สมัยใหม่ **ประการที่สอง** ชิ้นส่วนยานยนต์สมัยใหม่ยังอยู่ในช่วงเริ่มต้นทางเทคโนโลยีการผลิต เทคโนโลยีต่าง ๆ สามารถเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะอย่างยิ่ง แบตเตอรี่ เป็นต้น ปัจจัยดังกล่าวจึงกลายเป็นอุปสรรคในการตัดสินใจเลือกลงทุนชิ้นส่วนยานยนต์สมัยใหม่ภายใต้ข้อจำกัดด้านงบประมาณของผู้ผลิตชิ้นส่วนในประเทศ และเกิดความเสี่ยงสูงในการเลือกลงทุนชิ้นส่วนยานยนต์สมัยใหม่ที่ผิดพลาดได้ **ประการที่สาม** ชิ้นส่วนยานยนต์สมัยใหม่กำลังพัฒนาระบบ Module ระหว่างชิ้นส่วนต่าง ๆ เพื่อลดความซ้ำซ้อนของอุปกรณ์และขนาดของชิ้นส่วนยานยนต์ ดังเช่น On-board charger กับ DC/DC Converter สามารถรวมไว้ในชิ้นส่วนเดียวกันได้ ระบบ Module ดังกล่าวส่วนใหญ่จะถูกผลิตขึ้นภายในบริษัทเดียวกันเพื่อความมั่นใจทางมาตรฐานและคุณภาพการใช้งาน เรื่องดังกล่าวจึงยิ่งลดโอกาสทางธุรกิจของผู้ผลิตชิ้นส่วนภายในประเทศมากขึ้น ดังนั้น เหตุการณ์ดังกล่าวจึงกลายเป็นความยากต่อการผลักดันชิ้นส่วนเป้าหมายที่มีศักยภาพในประเทศ แม้ว่าผู้ผลิตชิ้นส่วนในประเทศจะมีศักยภาพในการก้าวเข้าไปสู่ห่วงโซ่อุปทานการผลิตยานยนต์สมัยใหม่

ข้อเสนอแนะเบื้องต้นต่อการกำหนดเป้าหมายชิ้นส่วนเป้าหมายของอุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ภายในประเทศเป็นดังนี้

ประการแรก ชิ้นส่วนเป้าหมายยานยนต์สมัยใหม่ ควรมุ่งไปสู่ชิ้นส่วน Battery และชิ้นส่วน Traction motor ที่ผู้ผลิตรถยนต์ไฟฟ้ามีความต้องการใช้อย่างชัดเจน อันเนื่องมาจากการทำตามเป้าหมายเงื่อนไขของนโยบายการส่งเสริมการผลิตยานยนต์ไฟฟ้าในประเทศ แต่ภาครัฐควรปรับเงื่อนไขกระบวนการผลิตของชิ้นส่วนเป้าหมายยานยนต์สมัยใหม่ให้เกิดความเหมาะสมและเกิดความง่ายมากที่สุดในช่วงเริ่มต้น นั่นคือการอนุญาตให้เกิดประกอบชิ้นส่วนเป้าหมายอย่างง่ายโดยไม่ได้กำหนดเงื่อนไขพิเศษใด ๆ เพื่อเอื้อโอกาสให้ผู้ผลิตชิ้นส่วนภายในประเทศมีโอกาสเข้าไปสู่ห่วงโซ่อุปทานการผลิตยานยนต์สมัยใหม่มากขึ้น และเป็นโอกาสการเรียนรู้ต่อยอดกระบวนการผลิตชิ้นส่วนเป้าหมายในอนาคต

ประการที่สอง ภาครัฐจำเป็นต้องออกแบบมาตรการแรงจูงใจพิเศษในชิ้นส่วนเป้าหมายที่ค่ายรถยนต์ต่าง ๆ สามารถใช้เทคโนโลยีรวมกันได้ เพื่อเอื้อโอกาสให้ผู้ผลิตชิ้นส่วนที่มีศักยภาพสามารถผลิตชิ้นส่วนเป้าหมายดังกล่าวในจำนวนมากและเกิดการใช้ประโยชน์จากการประหยัดต่อขนาด (Economies of scale) จนสามารถแข่งขันต้นทุนการผลิตชิ้นส่วนเป้าหมายกับต่างประเทศขึ้นได้

ประการที่สาม ภาครัฐจำเป็นต้องมองโอกาสของยานยนต์สมัยใหม่ให้กว้าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ยานยนต์ CAV และชิ้นส่วนอะไหล่ทดแทน (REM) เนื่องจากปัจจุบัน มาตรการส่งเสริมยานยนต์ของภาครัฐมุ่งไปสู่ยานยนต์ไฟฟ้ามากเกินไป และไม่ได้คำนึงถึงโอกาสของการต่อยอดยานยนต์ CAV ที่สามารถใช้ได้ในยานยนต์สันดาป และยานยนต์ไฟฟ้า ขณะเดียวกัน ตลาดชิ้นส่วนอะไหล่ทดแทนจะกลายเป็นช่องว่างทางธุรกิจที่ไทยสามารถขว้างไว้ได้หากฐานการผลิตรถยนต์อื่น ๆ ไม่ได้สนใจชิ้นส่วนอะไหล่ทดแทนในยานยนต์สันดาป ซึ่งไทยมีประสบการณ์การผลิตและความเชี่ยวชาญอย่างมาก

ประการที่สี่ ภาครัฐจำเป็นต้องผลักดันการจับคู่ธุรกิจแบบเชิงรุกมากขึ้น โดยเฉพาะในช่วงตลาดยานยนต์ไฟฟ้ากำลังเกิดที่มีจำนวนการผลิตไม่มาก แต่เป็นช่วงที่ให้ผู้ผลิตชิ้นส่วนภายในประเทศได้มีโอกาส

เรียนรู้และฝึกฝนตนเองไปสู่การผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ไฟฟ้าและยานยนต์สมัยใหม่ และเรื่องดังกล่าวจำเป็นต้องมีท่าทีในการทำอย่างเหมาะสมเพื่อให้ผู้ผลิตชิ้นส่วนคนไทยสามารถได้รับประโยชน์จากปัญหาความขัดแย้งระหว่างสหรัฐอเมริกากับจีนได้

ประการสุดท้าย ภาครัฐจำเป็นต้องส่งเสริมการทำวิจัยและพัฒนาเชิงรุกที่สามารถตอบสนองทั้งการพัฒนาเทคโนโลยีและการพัฒนาตลาดชิ้นส่วนไปพร้อม ๆ กัน เพื่อสามารถให้ผลการดำเนินงานของการทำวิจัยและพัฒนาชิ้นส่วนต่าง ๆ มีโอกาสให้ผู้ผลิตชิ้นส่วนภายในประเทศสามารถเข้าไปสู่ห่วงโซ่อุปทานการผลิตยานยนต์สมัยใหม่ได้มากขึ้น

6.3 ปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

6.3.1 ปัญหาด้านบุคลากรในอุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่

ในอุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ ผู้ผลิตรถยนต์ไฟฟ้าไม่ต้องเผชิญปัญหาทักษะแรงงานในสายการผลิตแต่อย่างใด เนื่องจากผู้ผลิตรถยนต์สามารถฝึกอบรมแรงงานในการประกอบรถยนต์ไฟฟ้าได้ทั้งหมด เรื่องดังกล่าวเกิดขึ้นจาก 3 ปัจจัย สำคัญ คือ **ปัจจัยแรก** ผู้ผลิตรถยนต์สั่งสมประสบการณ์การประกอบรถยนต์ PHEV ไว้ก่อนที่ตลาดรถยนต์ไฟฟ้าจะเกิดขึ้นในไทย ผู้ผลิตจึงได้พัฒนาแรงงานภายในโรงงาน ทั้งการส่งแรงงานหรือพนักงานไปอบรมในบริษัทแม่ในต่างประเทศ เพื่อเรียนรู้เทคโนโลยีการประกอบใหม่ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เทคโนโลยีทางด้านไฟฟ้ากำลัง ที่เป็นหัวใจสำคัญของรถยนต์ไฟฟ้า จึงเอื้อให้เกิดถ่ายทอดความรู้ทางเทคโนโลยีในโรงงานตนเอง **ปัจจัยที่สอง** ผู้ผลิตรถยนต์ได้ร่วมมือกับสถาบันการศึกษาทั้งระดับมหาวิทยาลัยและระดับอาชีวศึกษา เพื่อออกแบบหลักสูตรแก่แรงงานในสายการผลิตไว้แล้ว จึงสามารถคัดเลือกแรงงานที่มีทักษะเหมาะสมในการประกอบรถยนต์ไฟฟ้าได้ และที่สำคัญผู้ผลิตรถยนต์รายต่าง ๆ กำลังร่วมออกแบบหลักสูตรไปยังกิจกรรม Power Electronics มากขึ้น เพื่อส่งเสริมการพัฒนาห่วงโซ่อุปทานการผลิตรถยนต์ไฟฟ้าภายในประเทศ และ **ปัจจัยที่สาม** ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีของเครื่องจักรอัตโนมัติช่วยให้เกิดการประกอบรถยนต์ไฟฟ้าได้สะดวกมากขึ้น และลดอุปสรรคของการขาดแคลนแรงงานที่เกิดขึ้นภายในประเทศ

อย่างไรก็ดี อุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ในไทยประสบปัญหาบุคลากรหรือผู้เชี่ยวชาญที่ใช้ในการทำวิจัยและพัฒนา ทั้งในเชิงการสร้างมูลค่าเพิ่มหรือการปรับตัวไปสู่การผลิตชิ้นส่วนใหม่ ๆ เรื่องดังกล่าวเป็นความท้าทายของการรักษาความสามารถในการดึงดูดการลงทุนและความสามารถในการแข่งขันของการเป็นฐานการผลิตยานยนต์สมัยใหม่ในระยะยาว

6.3.2 ปัญหาโครงสร้างพื้นฐานเพื่อสนับสนุนการผลิตและวิจัยยานยนต์สมัยใหม่

อุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่มีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในปัจจุบัน โครงสร้างพื้นฐานเพื่อสนับสนุนการผลิตและวิจัยยานยนต์สมัยใหม่จึงต้องเกิดความพร้อมในการปรับตัวไปอย่างรวดเร็วเช่นกัน ถึงแม้ว่าไทยได้ผลักดันโครงสร้างพื้นฐานของการทดสอบยานยนต์สมัยใหม่ ดังเช่น ศูนย์ทดสอบแบตเตอรี่และศูนย์ทดสอบการวิ่งยานยนต์สมัยใหม่ เป็นต้น ไว้แล้ว แต่อุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ยังต้องการโครงสร้างพื้นฐานอื่น ๆ ที่ต้องผลักดันเพิ่มเติม โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ศูนย์ทดสอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์เฉพาะทางสำหรับยานยนต์สมัยใหม่ เพื่อเอื้อโอกาสให้ผู้ผลิตชิ้นส่วนภายในประเทศสามารถพัฒนาและวิจัยชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์และระบบซอฟต์แวร์ได้

นอกจากนี้ ยังไม่ได้มองภาพกว้างของโครงสร้างพื้นฐานเพื่อสนับสนุนการผลิตและวิจัยยานยนต์สมัยใหม่ ดังเช่น ยานยนต์ที่ใช้พลังไฮโดรเจน ซึ่งไทยมีความพร้อมในการผลิตพลังไฮโดรเจนจากมูลสัตว์ในอุตสาหกรรมปศุสัตว์จำนวนมาก หรืออีกกรณี คือ ไทยอาจต้องเริ่มคิดวางแผนให้เกิดการทดลองการวิ่งยานยนต์ขับเคลื่อนด้วยไฮโดรเจน เพื่อสามารถให้เกิดการเก็บข้อมูลของการทดสอบการวิ่งยานยนต์ขับเคลื่อนด้วยไฮโดรเจน โดยเฉพาะ รถแท็กซี่ขับเคลื่อนด้วยไฮโดรเจน หรือรถส่งของขับเคลื่อนด้วยไฮโดรเจน

6.3.3 ปัญหาการเตรียมความพร้อมต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ปัจจุบันการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้เข้าไปสู่ส่วนหนึ่งของการตัดสินใจทางธุรกิจแล้ว อุตสาหกรรมยานยนต์กำลังถูกบีบไปสู่กระบวนการผลิตชิ้นส่วนและยานยนต์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งการจัดทำ Carbon Footprint กำลังจะถูกใช้ในการบริหารงานในห่วงโซ่อุปทานการผลิตของรถยนต์ในโลก ซึ่งปัจจุบัน ค่ายรถยนต์ญี่ปุ่นได้ส่งสัญญาณให้ผู้ผลิตชิ้นส่วน 1st Tier ต้องเริ่มเตรียมตัวต่อการจัดการกระบวนการผลิตให้เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและต้องวัด Carbon Footprint ในกระบวนการผลิตของตนเอง

อย่างไรก็ตาม ผู้ผลิตชิ้นส่วนส่วนใหญ่ตื่นตัวต่อกระแสการปรับตัวในการผลิตชิ้นส่วนต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ แต่ผู้ผลิตชิ้นส่วนส่วนใหญ่ยังขาดประสบการณ์และขาดข้อมูลข่าวสารในการติดต่อหน่วยงานภาครัฐหรือผู้เชี่ยวชาญในการจัดการเรื่องดังกล่าว โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ผู้ผลิตชิ้นส่วนต้องเริ่มต้นจากการทำ Carbon Footprint เพื่อให้ทราบถึงระดับการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนของตนเองขึ้นมาก่อน แล้วจึงหาวิธีการจัดการกระบวนการผลิตภายหลังเรื่องดังกล่าวจำเป็นต้องรีบทำขึ้นก่อนทันที่ก่อน เพื่อไม่สูญเสียโอกาสทางธุรกิจในอนาคต

นอกจากนี้ เราอาจต้องเริ่มจัดเก็บข้อมูล Carbon Footprint ของชิ้นส่วนนำเข้าต่าง ๆ ที่ใช้ในการประกอบชิ้นส่วนหรือรถยนต์ภายในประเทศ เพื่อสามารถสะท้อนระดับ Carbon Footprint ที่เกิดขึ้นจริงในไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ปัจจุบันค่ายรถยนต์บางรายได้นำเข้าชิ้นส่วนที่เป็นโครงสร้างตัวรถจากต่างประเทศเพื่อประกอบเป็นรถยนต์ไฟฟ้า เรื่องดังกล่าวกลายเป็นการส่งผ่าน Carbon Credit มาให้ไทยโดยตรงทั้ง ๆ ที่เราไม่ได้ขึ้นส่วนโครงสร้างตัวถังดังกล่าว และอาจกระทบต่อความสามารถในการจัดการบริหารของห่วงโซ่อุปทานการผลิตรถยนต์ภายในประเทศต่อความท้าทายของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

บทที่ 7 แผนที่นำทางหลักสูตรด้านยานยนต์สมัยใหม่

การเสริมทักษะบุคลากรต้นแบบในอุตสาหกรรมชิ้นส่วนเพื่อปรับเปลี่ยนไปสู่อุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ได้นั้น จำเป็นต้องมีแผนที่นำทาง (Roadmap) ของหลักสูตรการอบรมบุคลากรด้านยานยนต์สมัยใหม่ ซึ่งประกอบไปด้วยรายวิชา ลำดับการเรียนรู้ และช่วงเวลาที่เหมาะสม เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการของภาคอุตสาหกรรม

7.1 แนวคิดการจัดทำแผนที่นำทางหลักสูตรการอบรมบุคลากรด้านยานยนต์สมัยใหม่

กรอบการจัดทำแผนที่นำทาง จะประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ดังนี้

ส่วนที่ 1 การรวบรวมข้อมูล (Input) โดยรวบรวมจากสามแหล่ง คือ การทบทวนเอกสาร ผลการสำรวจข้อมูลการประเมินศักยภาพความพร้อมของผู้ประกอบการ และการสัมภาษณ์เชิงคุณภาพกับผู้ประกอบการ โดยหลักการคือ เพื่อให้ทราบจากสถานะความรู้ ทักษะ และกระบวนการของผู้ประกอบการในปัจจุบัน มีอะไรอยู่บ้าง และเพื่อไปสู่เป้าหมายที่ต้องการ ผู้ประกอบการต้องการบุคลากรที่มีความรู้ ทักษะ ในส่วนใด

ส่วนที่ 2 การวิเคราะห์ผลและดำเนินการร่างแผนที่นำทาง (Process) เมื่อได้ข้อมูลจากทั้งสามแหล่ง จะร่างแผนที่นำทางฯ โดยอ้างอิงตามกลุ่มที่จำแนกไว้ ได้แก่ กลุ่มชิ้นส่วนยานยนต์ไฟฟ้า (EV) กลุ่มชิ้นส่วนยานยนต์เชื่อมต่อและขับเคลื่อนอัตโนมัติ (CAV) กลุ่มชิ้นส่วนเครื่องยนต์สันดาปภายในที่มีความสะอาด (Clean ICE) และกลุ่มชิ้นส่วนอะไหล่ทดแทน โดยแต่ละกลุ่มจะมีแผนที่นำทางที่แตกต่างกันตาม ความห่าง (Gap) ของสถานะปัจจุบัน และความต้องการเพื่อไปสู่เป้าหมายนั้น ๆ โดยการจำแนกความรู้ ทักษะ และสิ่งที่ควรพัฒนา

ส่วนที่ 3 การสรุปผลลัพธ์ (Outcome) ของแผนที่นำทางของหลักสูตรการอบรมบุคลากรด้านยานยนต์สมัยใหม่ และจัดทำหลักสูตรเพื่ออบรมนำร่องจำนวน 1 หลักสูตร 3 วิชา และดำเนินการอบรมให้กับผู้ประกอบการ รวมทั้งจะสอบถามผู้ประกอบการหลังจากอบรม เพื่อให้ทราบข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะของหลักสูตรการอบรม เพื่อนำมาปรับปรุงต่อไป



รูปที่ 7-1 แนวคิดของกรอบการจัดทำแผนที่นำทางของหลักสูตรการอบรมบุคลากรด้านยานยนต์สมัยใหม่

ที่มา: คณะผู้วิจัย

7.2 งานวิจัยในอดีตที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาบุคลากรในอุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่

งานวิจัยในอดีตที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาบุคลากรในอุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ พบสองงานสำคัญ ได้แก่ **หนึ่ง** การจัดทำแผนที่นำทางการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีสาขาการพัฒนาอุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ เพื่อรองรับยุทธศาสตร์ของประเทศไทยที่มุ่งสู่ยุค 4.0 ในอนาคต ภายใต้โครงการวิจัยเชิงยุทธศาสตร์ “การจัดทำแผนที่นำทางการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีรายสาขา เพื่อรองรับยุทธศาสตร์ของประเทศไทยที่มุ่งสู่ยุค 4.0 (Thailand 4.0) ด้วย 10 อุตสาหกรรมใหม่ในอนาคต (สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม, 2020) และ **สอง** การศึกษาเรื่อง การพัฒนาบุคลากรในอุตสาหกรรมยานยนต์ เพื่อเปลี่ยนผ่านสู่ยุคอุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ ภายใต้โครงการจัดการความรู้และบูรณาการประเด็นเชิงยุทธศาสตร์ เพื่อพัฒนาวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (ววน.) ด้านยานยนต์สมัยใหม่ (สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม และสถาบันยานยนต์, 2022)

จากการศึกษา รายงานการจัดทำแผนที่นำทางการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีฯ (สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม, 2020) พบว่า ได้จัดทำแผนที่นำทางของยานยนต์สมัยใหม่ (Next-Generation Automotive Technology) ที่ประกอบด้วยยานยนต์ไฟฟ้า (Electric vehicle: EV) และยานยนต์เชื่อมต่อและขับเคลื่อนอัตโนมัติ (Connected and Autonomous Vehicle: CAV) รวมทั้งแนวโน้มการใช้งานยานยนต์ของผู้คนจะเปลี่ยนไปสู่การใช้นานพาทะร่วมกัน (Shared mobility) หรือเรียกแนวโน้มนี้ว่า C-A-S-E Technology โดยใช้กระบวนการการศึกษาสถานภาพงานวิจัย การประชุมเชิงปฏิบัติการ (Workshop) และสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth Interview) ผู้เชี่ยวชาญในอุตสาหกรรมยานยนต์ ซึ่งการจัดทำแผนที่นำทางฯ ประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญ 4 ขั้นตอน ได้แก่ (1) กำหนดเป้าหมายการพัฒนาอุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ของไทย (2) พิจารณาองค์ประกอบพื้นฐานและจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยียานยนต์สมัยใหม่ โดยพิจารณาจากหลักเกณฑ์ เรื่องการสร้างมูลค่าเพิ่มและศักยภาพในการแข่งขัน จากนั้นจึงกำหนดระยะเวลาในการพัฒนาเทคโนโลยีหรือชิ้นส่วนยานยนต์ให้เหมาะสมกับเป้าหมายเชิงยุทธศาสตร์ (3) วิเคราะห์ประเด็นวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีในอุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ จากการวิเคราะห์ช่องว่างทางเทคโนโลยี (Technology gap) ของชิ้นส่วนยานยนต์และเทคโนโลยีในยานยนต์สมัยใหม่ที่กำหนด และ (4) พิจารณาปัจจัยสนับสนุนการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีในอุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ และทำให้ได้รายละเอียดของแผนที่นำทางฯ ดังนี้

เป้าหมายกลยุทธ์ (Strategic Target) ของอุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ระบุได้ 3 ระยะ ดังแสดงในรูปที่ 7-2 ถึง รูปที่ 7-7 ดังนี้

เป้าหมายระยะสั้น (1-3 ปี) ผู้ประกอบการไทยสามารถผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ที่มีมูลค่าสูง (High Value) โดยเน้นไปที่การเข้าสู่ห่วงโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ของผู้ประกอบการไทย โดยให้ความสำคัญกับกลุ่มชิ้นส่วน ได้แก่

- ชิ้นส่วนที่ผู้ประกอบการไทยมีความสามารถแข่งขันอยู่เดิม ได้แก่ ระบบไฟส่องสว่าง (Lighting) อุปกรณ์ตกแต่ง (Accessories) และล้อและยาง (Wheels & Tires) ดังนั้น โปรแกรมการวิจัยและพัฒนา (Research and Development Program) จะมุ่งเน้นไปในเรื่องการออกแบบยานยนต์ (Automotive design program) การพัฒนาระบบจำลองการดูดซับพลังงานจากการชน (Simulation for crashworthiness) การพัฒนาวัสดุน้ำหนักเบาและวัสดุคอมโพสิต (Light weight & composite material) ที่สามารถผลิตได้ในประเทศ การออกแบบยางล้อ (Tires design)

- program) การพัฒนายางล้อที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (Eco-friendly tires development) รวมทั้ง การจำลองฮาร์ดแวร์ในวงรูป (Hardware in-the-loop simulation)
- ชิ้นส่วนใน CAV ได้แก่ ชิ้นส่วนระดับ 2nd Tier ของเซ็นเซอร์และอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องในระบบช่วยเหลือผู้ขับขี่ขั้นสูง (Advances Driver Assistance System: ADAS) ชิ้นส่วนระดับ 2nd Tier ของระบบสาระบันเทิงและการสื่อสารระหว่างรถยนต์และสรรพสิ่ง (Infotainment and communications) ดังนั้น โปรแกรมการวิจัยและพัฒนา (Research and Development Program) จะมุ่งเน้นไปในเรื่องระบบอิเล็กทรอนิกส์และเซ็นเซอร์ในยานยนต์ (Automotive Electronics & Sensors) การพัฒนากลุ่มอิเล็กทรอนิกส์บางส่วนเพื่อช่วยในการขับขี่ เช่น ระบบช่วยควบคุมเสถียรภาพการทรงตัวอัตโนมัติ (Vehicle Dynamic Control) ซอฟต์แวร์ฝังตัวในยานยนต์ (Automotive Embedded Software) เทเลเมติกส์ อินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง และเหมืองข้อมูล (Telematics, IOT and Data Mining) ส่วนต่อประสานระหว่างมนุษย์และเครื่องจักร (Human Machine Interface: HMI) ระบบพลศาสตร์และการควบคุมยานยนต์ (Vehicle dynamics and control) และ การเชื่อมต่อระหว่างยานยนต์กับสรรพสิ่ง (Vehicle connectivity, Vehicle-to-Everything communications: V2X) ซึ่งเป็นพื้นฐานนำไปสู่ความสามารถในการพัฒนาและผลิตชิ้นส่วนในระบบช่วยเหลือผู้ขับขี่ขั้นสูงและระบบสาระบันเทิงและการสื่อสารระหว่างรถยนต์และสรรพสิ่งในประเทศได้
 - ชิ้นส่วนใน EV ได้แก่ การคัดเลือกและปรับปรุง (Customize) ระบบแพ็คเกจเตอร์และอุปกรณ์ประจุไฟฟ้า (Charger) ที่เหมาะสมกับการใช้งานภายใต้สภาวะแวดล้อมในประเทศไทย ดังนั้น โปรแกรมการวิจัยและพัฒนา (Research and Development Program) จะแบ่งเป็นการวิจัยต้นน้ำที่มุ่งเน้นการพัฒนาชีวมวลได้เป็นวัตถุดิบสำหรับชีวแบตเตอรี่ และการวิจัยเชิงประยุกต์ที่มุ่งเน้นความร่วมมือกับภาคเอกชนเพื่อคัดเลือกเซลล์แบตเตอรี่มาประกอบเป็นแบตเตอรี่แพคเกจที่เหมาะสมต่อการใช้งานในสภาวะอากาศร้อนชื้นซึ่งแตกต่างจากโรงงานผู้ผลิตแบตเตอรี่ในต่างประเทศ ส่งเสริมการวิจัยด้านการจัดการความร้อนของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (Thermal Management for Power Electronic Devices) โดยเฉพาะประเด็นด้านการระบายความร้อนทั้งส่วนที่เป็นแบตเตอรี่แพคเกจและที่ประจุไฟฟ้า ซึ่งรวมถึงอุตสาหกรรมรถจักรยานยนต์ไฟฟ้าที่เปิดโอกาสให้ผู้ประกอบการไทยเข้ามามีส่วนร่วมในการผลิตชิ้นส่วนหรือการร่วมทุนเป็นจักรยานยนต์ไฟฟ้าไฮโดรเจนในประเทศ

เป้าหมายระยะกลาง (3-5 ปี) ผู้ประกอบการไทยสามารถเป็นผู้บูรณาการระบบ (System Integrator) ชิ้นส่วนยานยนต์ในอุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ โดยให้ความสำคัญกับการเพิ่มศักยภาพของผู้ประกอบการไทยทั้งที่อยู่ในอุตสาหกรรมยานยนต์และจากอุตสาหกรรมอื่นที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีในยานยนต์สมัยใหม่ โดยให้ความสำคัญกับกลุ่มชิ้นส่วน ดังนี้

- ชิ้นส่วนที่ผู้ประกอบการไทยมีความสามารถแข่งขันอยู่เดิม ได้แก่ กลุ่มวัสดุอลูมิเนียม/วัสดุคอมโพสิต (Aluminum/Composite Material Body) กลุ่มชิ้นส่วนภายใน (Interior) เช่น การตกแต่งชิ้นส่วน (Trimming part) คอนโซล (Console) การบุภายใน (Lining) แสงสว่าง (Lighting) พรม (Mat) พื้น (Floor) และกลุ่มเบาะรถยนต์ (Seats) กลุ่มเพลลาไฟฟ้า (eAxles) ระบบช่วงล่าง (Suspension module)
- ชิ้นส่วนยานยนต์สมัยใหม่ ได้แก่ ระบบช่วยเหลือผู้ขับขี่ขั้นสูง (Advances Driver Assistance System: ADAS) ระบบขับขี่อัตโนมัติระดับขั้นที่ 3 (Level-3 Autonomous driving system) ระบบเซ็นเซอร์ที่เกี่ยวข้อง ระบบสาระบันเทิงและการสื่อสารระหว่างรถยนต์และสรรพสิ่ง (Infotainment

เป้าหมายระยะยาว (5-10 ปี) ผู้ประกอบการไทยเป็นผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ที่สำคัญในระดับ

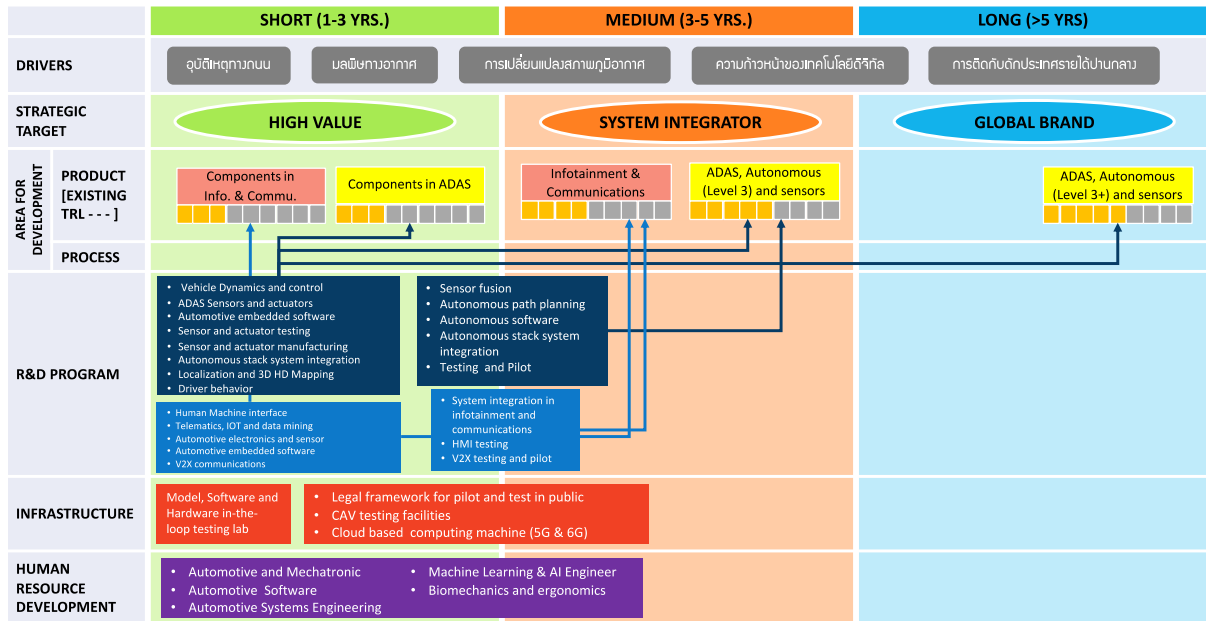
- ชิ้นส่วนที่ผู้ประกอบการไทยมีความสามารถแข่งขันอยู่เดิม ได้แก่ กลุ่มระบบไฟอัจฉริยะ (Adaptive Lighting) และกลุ่มเบาะนิรภัย (Adaptive/Safety Seat) รวมทั้งการพัฒนาแม่พิมพ์ตัวถังรถยนต์ (Mold & Die for Body) ให้มีประสิทธิภาพเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิต กลุ่มเพล้าไฟฟ้า (eAxles) เช่น มอเตอร์ (Motor) เพล้าขับ (Drive shaft) ชุดเฟืองท้าย (Differential) เพล้า (Axle) กลุ่มยางประหยัดพลังงาน (Eco-tires) และกลุ่มล้อน้ำหนักเบา (Wheels)

- ชิ้นส่วนยานยนต์สมัยใหม่ ได้แก่ ระบบขับเคลื่อนอัตโนมัติในระดับขั้นที่ 3 และสูงกว่า และระบบสารสนเทศและการสื่อสารระหว่างรถยนต์และสรรพสิ่ง (Infotainment and communications) ที่ตอบสนองต่อรูปแบบธุรกิจและสังคมในอนาคต Converter Inverter และ On-board charger

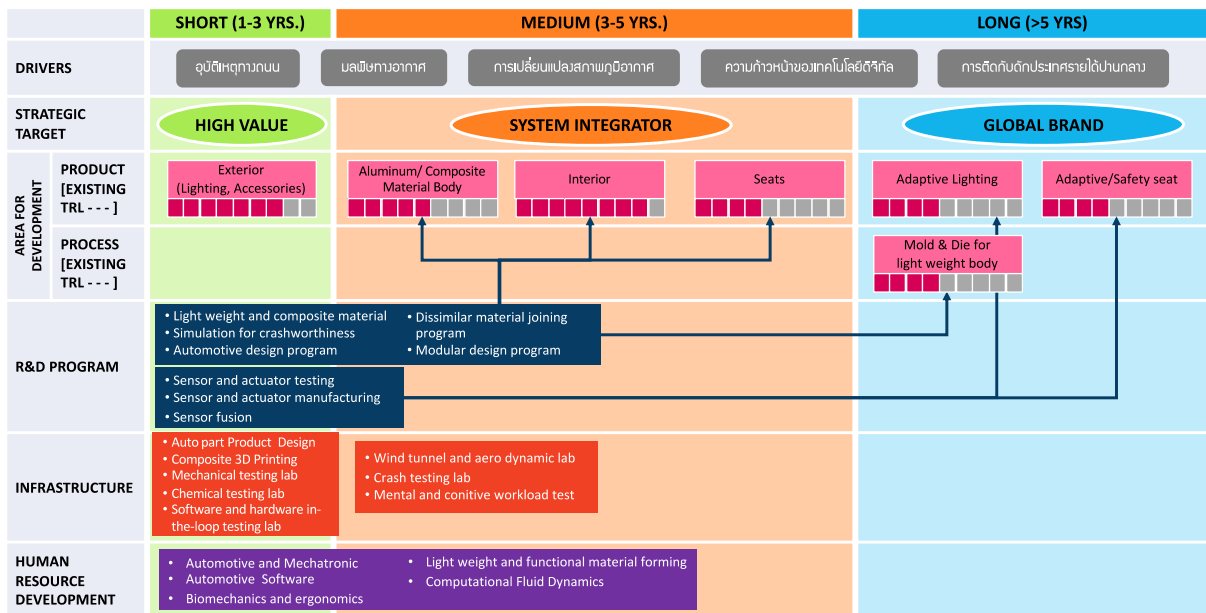
TIMEFRAME					
DRIVERS					
			Components in ADAS		

รูปที่ 7-2 แผนที้นำทางการวิจัยและการพัฒนาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่

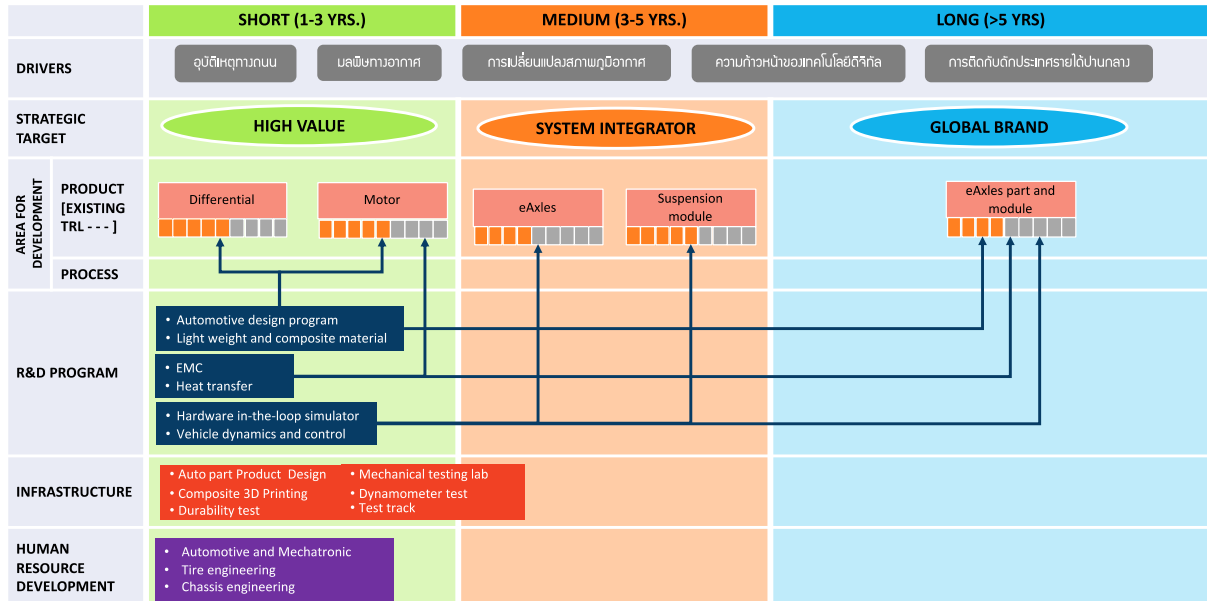
ที่มา: สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม. (2020)



รูปที่ 7-3 แผนที่นำทางการวิจัยและการพัฒนาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ในกลุ่มระบบอิเล็กทรอนิกส์และซอฟต์แวร์ในยานยนต์ (Automotive Electronics and Software)
ที่มา: สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม. (2020)

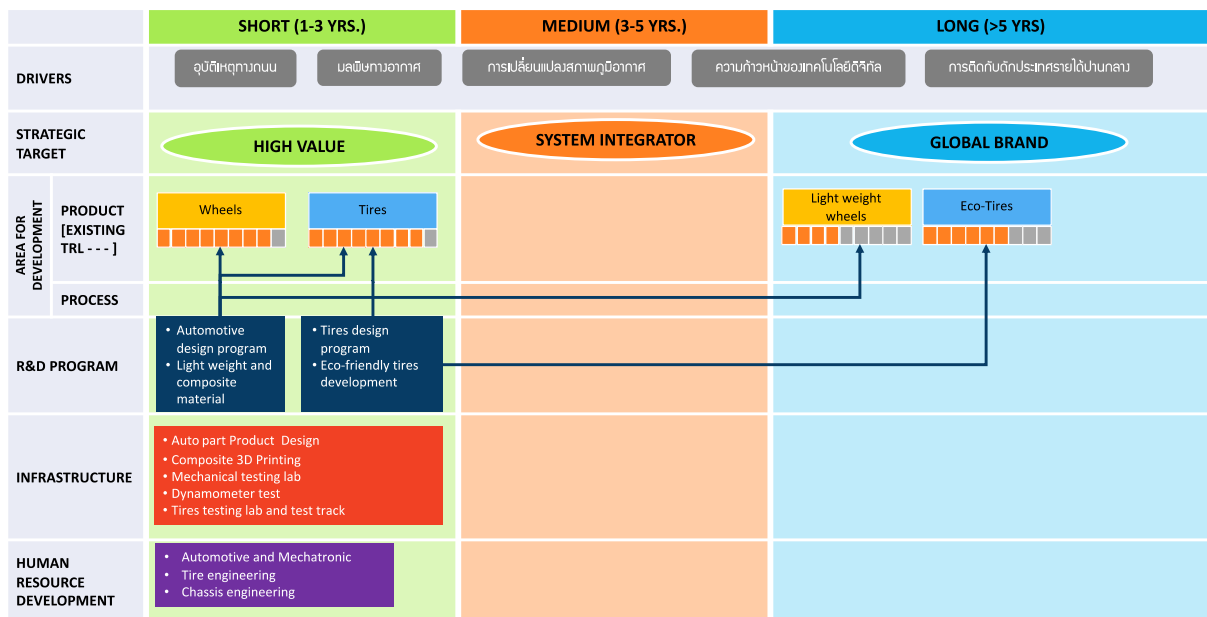


รูปที่ 7-4 แผนที่นำทางการวิจัยและการพัฒนาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ในกลุ่มตัวถัง (Body)
ที่มา: สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม. (2020)



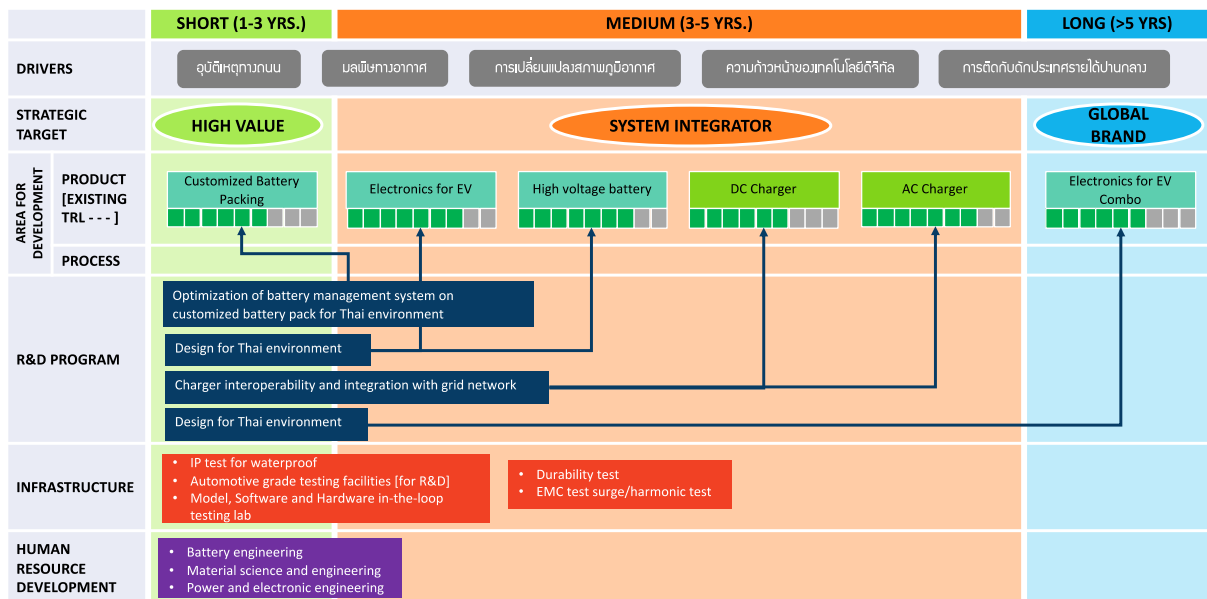
รูปที่ 7-5 แผนที่นำทางการวิจัยและการพัฒนาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่
ในกลุ่มช่วงล่าง (Chassis)

ที่มา: สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม. (2020)



รูปที่ 7-6 แผนที่นำทางการวิจัยและการพัฒนาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่
ในกลุ่มช่วงล่าง (Chassis) (ต่อ)

ที่มา: สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม. (2020)



รูปที่ 7-7 แผนที่นำทางการวิจัยและการพัฒนาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่

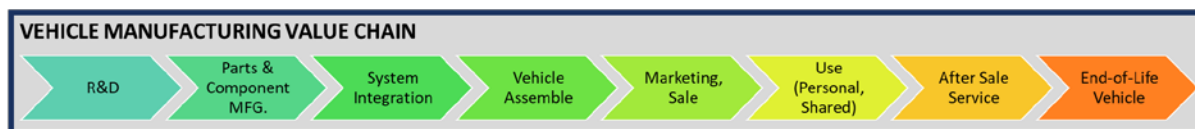
ในกลุ่มชิ้นส่วนยานยนต์ไฟฟ้า (EV Parts) และระบบประจุไฟฟ้า (Chargers)

ที่มา: สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม. (2020)

ในด้านการพัฒนาบุคลากร (สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม, 2020) เสนอว่า เพื่อให้บรรลุเป้าหมายดังกล่าว จำเป็นต้องเตรียมความพร้อมการพัฒนาทรัพยากรบุคคลในระดับสถาบันการศึกษาต้องมุ่งไปสู่องค์ความรู้ด้านเทคโนโลยียานยนต์สมัยใหม่และองค์ความรู้แบบสหวิทยาการ (Multi-disciplinary) ได้แก่ วิศวกรรมยานยนต์และแมคคาทรอนิกส์ (Automotive & Mechatronic engineering) ซอฟต์แวร์ยานยนต์ (Automotive Software) ชีวกลศาสตร์และการยศาสตร์ (Biomechanics and ergonomics) วิศวกรรมวัสดุศาสตร์ (Material Engineering) วิศวกรรมเคมี (Chemical Engineering) วิศวกรรมกำลังและอิเล็กทรอนิกส์ (Power & Electronic engineering) วิศวกรรมปัญญาประดิษฐ์ (Machine Learning and AI Engineering) รวมถึงการวิจัยพัฒนาผลิตภัณฑ์แบบเฉพาะด้าน เช่น วิศวกรรมยางล้อ (Tire engineering) วิศวกรรมโครงสร้างยานยนต์ (Chassis engineering) วิศวกรรมแบตเตอรี่ (Battery engineering) และได้เสนอให้มีการเตรียมการด้านโครงสร้างพื้นฐาน รวมถึงข้อเสนอแนะเชิงนโยบายในการทำวิจัยและพัฒนาในอุตสาหกรรมยานยนต์ไว้ด้วย

ในการศึกษาของสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม และสถาบันยานยนต์ (2022) พบว่า ศึกษาโดยใช้การรวบรวมข้อมูล และจัดการประชุมเชิงปฏิบัติการ ผลการศึกษาได้สรุปออกมาเป็นแนวโน้มของอุตสาหกรรมยานยนต์ เทคโนโลยียานยนต์สมัยใหม่ ระบบนิเวศของยานยนต์ เชื่อมต่อและขับเคลื่อนอัตโนมัติ การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานของยานยนต์สมัยใหม่ ความรู้และทักษะสำหรับบุคลากรในอุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ กฎหมายเพื่อการพัฒนาเทคโนโลยีสู่อุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ และบทสรุปและข้อเสนอแนะทางนโยบาย โดยส่วนของความรู้และทักษะสำหรับบุคลากรในอุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ จะสามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลตั้งต้นของโครงการฯ นี้ได้ โดยได้ศึกษาตามลำดับของกิจกรรมในห่วงโซ่มูลค่าการผลิตยานยนต์ ตั้งแต่กิจกรรมการวิจัยพัฒนา การผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ การควบคุมระบบ (System integration) การประกอบรถยนต์ การตลาดและบริการหลังการขาย การใช้งานกรณีนำไปใช้ให้บริการการใช้งานยานยนต์ร่วมกัน การบริการหลังการขาย และการจัดการซากยานยนต์เมื่อสิ้นอายุ ดังแสดง

ในรูปที่ 7-8 ในแต่ละกิจกรรมจะพิจารณาใน 3 ประเด็น คือ กระบวนการที่ดำเนินการในปัจจุบัน (Existing technology) กระบวนการที่จะเกิดขึ้นใหม่จากเทคโนโลยียานยนต์สมัยใหม่ (C.A.S.E Technology) และกระบวนการที่มีแนวโน้มเกิดขึ้นในระยะสั้น โดยสามารถใช้ได้กับทั้งยานยนต์ปัจจุบันและยานยนต์สมัยใหม่ (Future Technology) จากนั้น จะวิเคราะห์หาช่องว่างขององค์ความรู้ และทักษะที่จะต้องนำไปพัฒนาบุคลากร เพื่อเตรียมความพร้อมเข้าสู่อุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ ผลดังแสดงในรูปที่ 7-9 ถึง รูปที่ 7-16



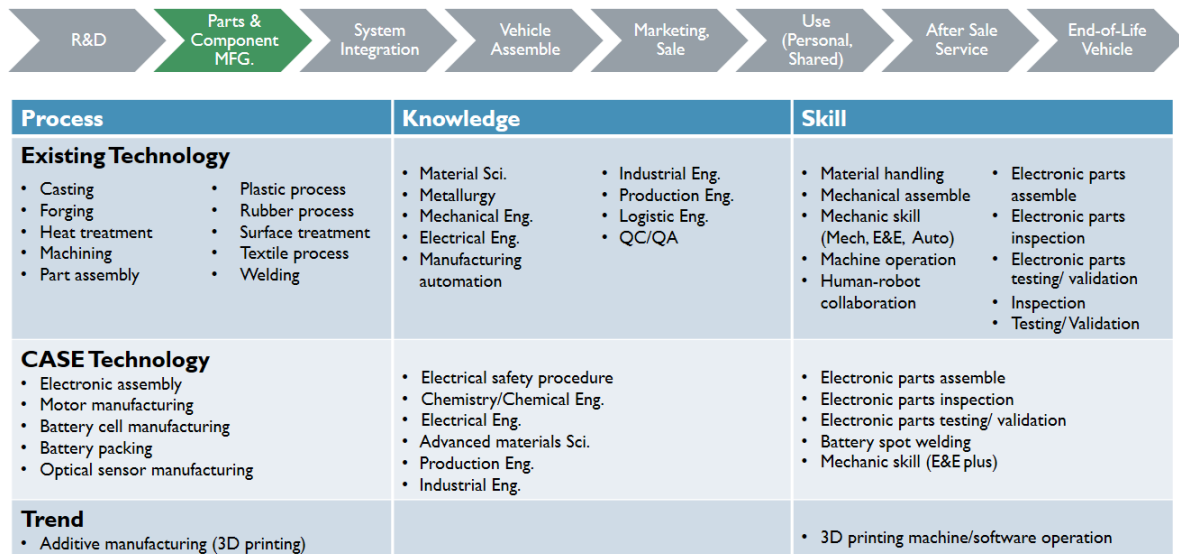
รูปที่ 7-8 ห่วงโซ่ผลิตภัณฑ์ของอุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่

ที่มา: สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม และสถาบันยานยนต์ (2022)

Process	Knowledge	Skill
Existing Technology - Conception - Product development - Prototyping - Line production planning - Process development - Product and process validation - X in the loop	- Automotive Eng. - Mechanical Eng. - Production Eng. - Electrical Eng. - Industrial design - Marketing - Materials Sci. - System Eng.	- CAD / CAM / CAE - Analytical - Calculating - Digital skill - Project management - Automotive design - Testing/Validation - Market analysis - Product development - Simulation - Mechanic skill (Mech, E&E, Auto)
CASE Technology - EV system development & design - CAV package development & design - Software development	- Electrical Eng. - Mechatronic Eng. - Telecommunication Eng. - Advanced materials Sci. - Cybersecurity - Computer Sci./ Eng. - Electrical Safety Procedure	- Data analytics - Mechanic skill (E&E) - Software development - CASE Testing/Validation - ML/AI development & implementation - Simulation
Trend - AI aided design - Digital twin	- Emerging digital technology - Computer Sci./ Eng.	ML/AI development & implementation

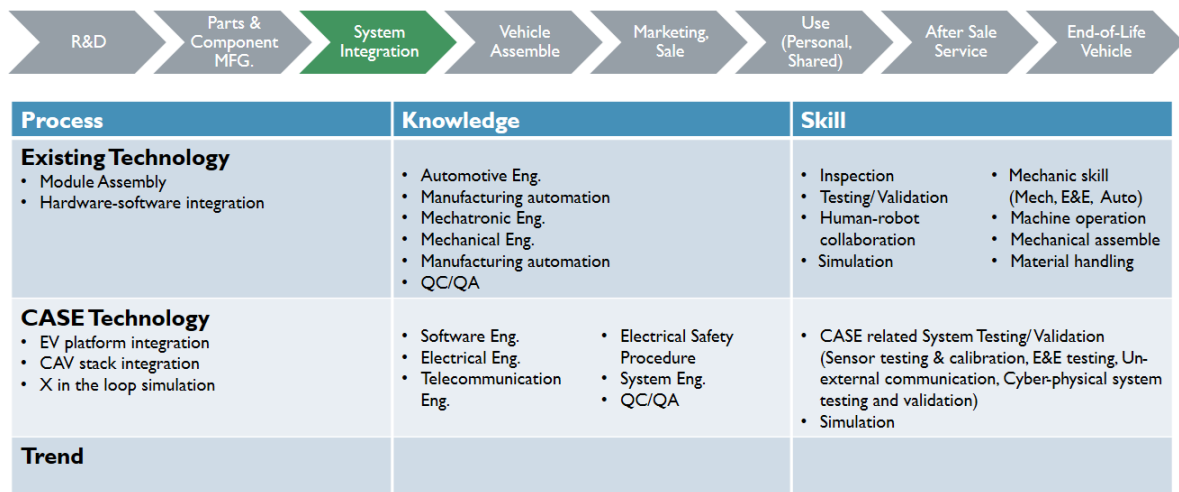
รูปที่ 7-9 สรุปความรู้และทักษะที่จำเป็นในกิจกรรมการวิจัยและพัฒนา

ที่มา: สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม และสถาบันยานยนต์ (2022)



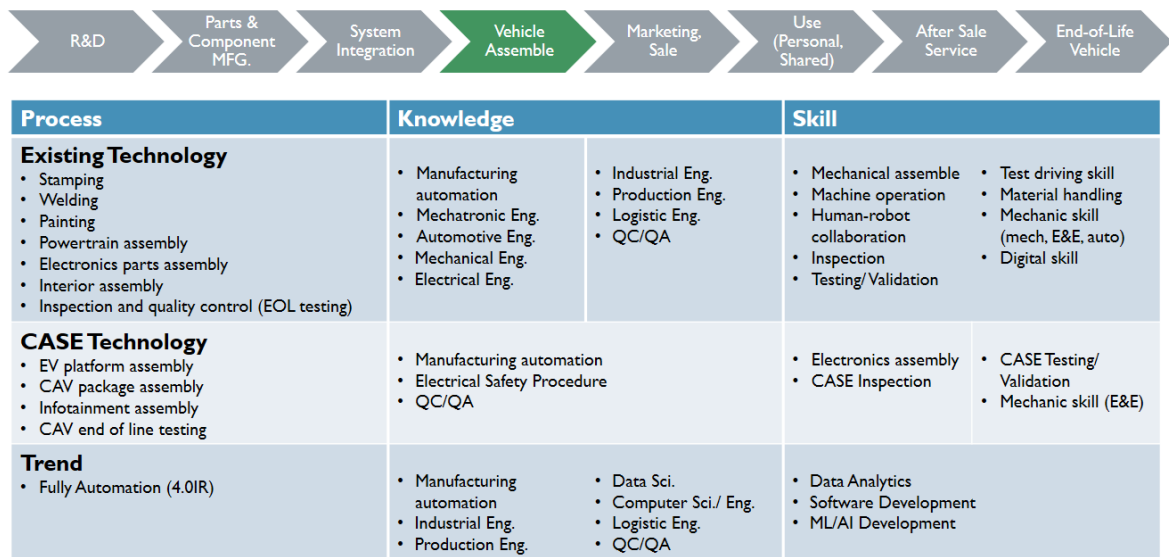
รูปที่ 7-10 สรุปความรู้และทักษะที่จำเป็นในกิจกรรมการผลิตชิ้นส่วน

ที่มา: สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม และสถาบันยานยนต์ (2022)



รูปที่ 7-11 สรุปความรู้และทักษะที่จำเป็นในกิจกรรมการควบคุมระบบ

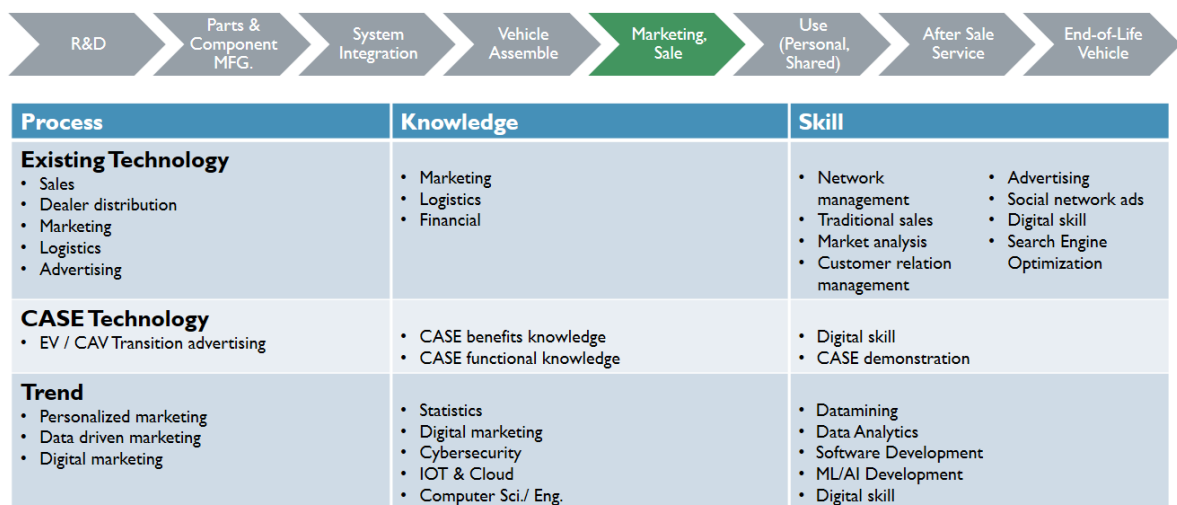
ที่มา: สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม และสถาบันยานยนต์ (2022)



รูปที่ 7-12 สรุปความรู้และทักษะที่จำเป็นในกิจกรรมการควบประกอบรถยนต์

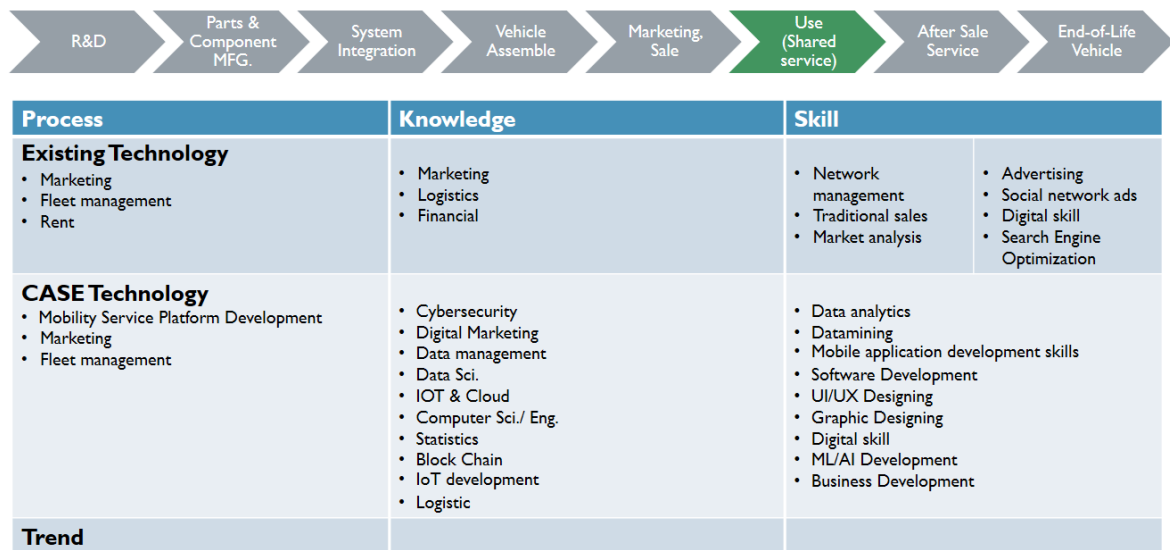
ที่มา: สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม และสถาบันยานยนต์ (2022)

Vehicle Manufacturing Value Chain



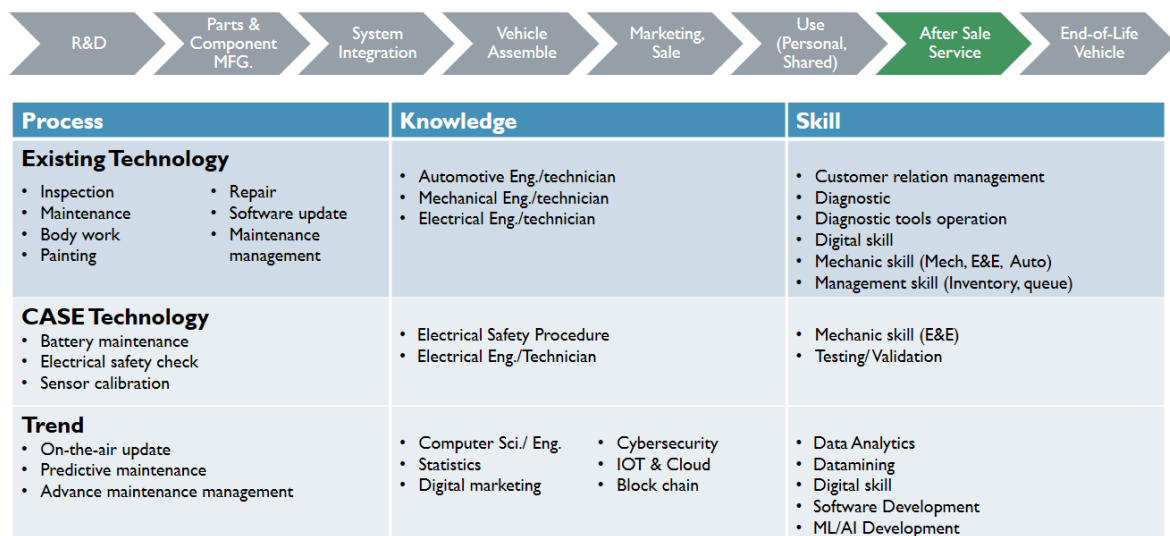
รูปที่ 7-13 สรุปความรู้และทักษะที่จำเป็นในกิจกรรมการตลาดและการขาย

ที่มา: สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม และสถาบันยานยนต์ (2022)



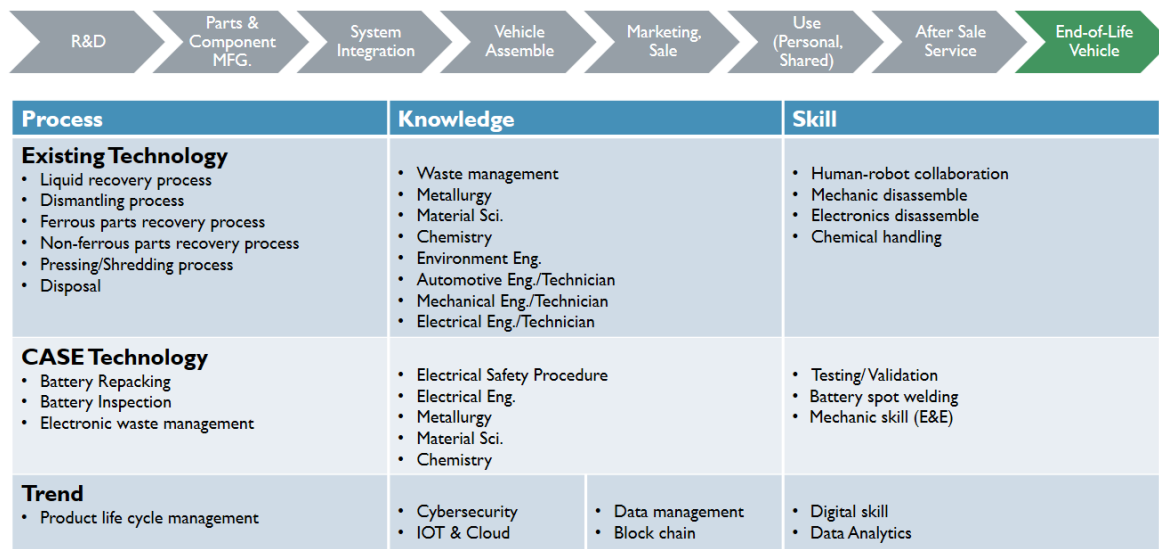
รูปที่ 7-14 สรุปความรู้และทักษะที่จำเป็นในกิจกรรมการใช้งาน กรณีนำไปใช้ให้บริการการใช้งานยานยนต์ร่วมกัน

ที่มา: สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม และสถาบันยานยนต์ (2022)



รูปที่ 7-15 สรุปความรู้และทักษะที่จำเป็นในกิจกรรมการบริการหลังการขาย

ที่มา: สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม และสถาบันยานยนต์ (2022)



รูปที่ 7-16 สรุปความรู้และทักษะที่จำเป็นในกิจกรรมการจัดการซากยานยนต์เมื่อสิ้นอายุ
ที่มา: สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม และสถาบันยานยนต์ (2022)

ในการศึกษาของสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม และสถาบันยานยนต์ (2022) ได้เสนอแนวทางเชิงยุทธศาสตร์ทั้งสิ้น 4 แนวทางที่มีความสำคัญเท่าเทียมกัน ได้แก่

- 1) **จัดทำแผนที่นำทางของการพัฒนาบุคลากร** เพื่อที่จะให้การดำเนินการเพื่อพัฒนาบุคลากรในอุตสาหกรรมยานยนต์ไทยเข้าสู่อุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ จำเป็นต้องมีการทำแผนที่นำทาง (Roadmap) อย่างชัดเจน ทั้งนี้ จำเป็นต้องได้รับความร่วมมือจากทั้งภาคการศึกษา ภาครัฐ และภาคเอกชน เพื่อให้สามารถกำหนดเป้าหมายเชิงยุทธศาสตร์และผลการดำเนินงานที่คาดหวังได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน โดยมีทำงานร่วมกันระหว่างกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม และกระทรวงแรงงาน
- 2) **การพัฒนาบุคลากรต้องทำควบคู่กับการยกระดับสถานประกอบการ** เดิมทีการพัฒนาบุคลากรในสถานประกอบการจะเริ่มดำเนินการเมื่อผู้ประกอบการเริ่มเห็นความจำเป็นของทักษะใหม่ของบุคลากรแล้ว กล่าวคือ ผู้ประกอบการได้รับคำสั่งซื้อผลิตภัณฑ์ที่ต้องการบุคลากรที่มีทักษะใหม่ ซึ่งหากผู้ประกอบการก่อให้เกิดความต้องการทักษะใหม่ของบุคลากรแล้ว การพัฒนาบุคลากรในสถานประกอบการอาจทำได้ไม่ทันต่อความต้องการที่เกิดขึ้นจากคำสั่งซื้อ ส่งผลให้เกิดการใช้งบประมาณจำนวนมากเพื่อสรรหาและจัดจ้างบุคลากรใหม่ที่คาดว่าจะมีความพร้อมเข้ามาเพิ่มในองค์กร (Head hunter) ดังนั้นสถานประกอบการจึงควรมีความเร่งด่วนที่ต้องพัฒนาบุคลากรที่มีอยู่เดิมให้พร้อม และยกระดับของสถานประกอบการให้เป็นผู้ผลิตที่มีความสำคัญมากขึ้นไปอีกขั้น เพื่อสร้างความพร้อมที่จะรองรับตลาด ผลิตภัณฑ์ หรือบริการใหม่ ๆ ที่จะเกิดขึ้นในอนาคตได้อย่างทันทั่วทั้งที่
- 3) **การปรับหลักสูตรในสถาบันการศึกษาให้เป็นแบบสหสาขาวิชาชีพ (Multidisciplinary)** เพื่อให้การทำงานสามารถเป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นสถานศึกษาจึงไม่สามารถใช้หลักสูตรเดิมที่ส่วนใหญ่มีจุดประสงค์เพื่อสร้างผู้ที่มีความเชี่ยวชาญในด้านใดด้านหนึ่งโดยเฉพาะเพื่อป้อนแรงงานทักษะเข้าสู่ภาคอุตสาหกรรม เช่นวิศวกรรมศาสตร์สาขาเครื่องกล ที่สามารถสร้างบุคลากรที่มีคุณภาพ

ให้กับอุตสาหกรรมยานยนต์ในปัจจุบันมาโดยตลอด แต่สำหรับอุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่นั้น หากวิศวกรไม่มีความรู้ความสามารถด้านเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ ความสามารถในการเขียนโปรแกรมเบื้องต้น หรือแม้กระทั่งใช้งานคอมพิวเตอร์ขั้นพื้นฐาน การที่จะต้องทำงานเกี่ยวกับอุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ ที่เป็นการผสมผสานระหว่างศาสตร์ของเครื่องกลและอิเล็กทรอนิกส์ นั้นจะมีอุปสรรคมากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นทางด้านการออกแบบ หรือแม้กระทั่งการซ่อมบำรุง ดังนั้น สถาบันการศึกษาจึงมีความจำเป็นที่จะต้องเตรียมนักบุคลากรที่มีความพร้อมในสหสาขาวิชา เหล่านี้เพื่อส่งต่อสู่ภาคอุตสาหกรรม

- 4) **การสร้างความร่วมมือระหว่างสถานประกอบการและสถานศึกษา** เนื่องจากเทคโนโลยีของอุตสาหกรรมยานยนต์นั้นนับว่าเป็นสิ่งใหม่ที่ประกอบขึ้นจากความรู้ใหม่ที่ได้รับการวิจัยและพัฒนาตลอดเวลา และสามารถเกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นได้อย่างรวดเร็ว ดังนั้นจึงเป็นไปได้ยากที่สถาบันการศึกษาจะสามารถเตรียมความพร้อมให้ทันต่อความต้องการได้อยู่ตลอด เช่นเดียวกันกับภาคอุตสาหกรรม ที่ไม่อาจสอนทุกอย่างใหม่ทั้งหมดตั้งแต่ต้นให้พนักงานใหม่ได้ทุกคน จึงจำเป็นต้องเกิดความร่วมมือระหว่างผู้เกี่ยวข้องหลัก ทั้ง 2 ฝ่ายนี้ โดยที่รูปแบบของความร่วมมือนั้นอาจเป็นไปได้หลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นการทำงานโดยการเรียนแบบสหกิจศึกษาที่เพิ่มขึ้นมากกว่าเดิม หรือการให้ทุนการศึกษาเพื่อสนับสนุนการเข้าเรียน ไปจนถึงการรับเข้าทำงานทันทีที่จบการศึกษาจากสถาบันฯ ซึ่งความร่วมมือต่าง ๆ เหล่านี้ นอกจากจะช่วยให้นักเรียนจากสถาบันการศึกษาต่าง ๆ ได้เข้าใจภาคอุตสาหกรรมมากขึ้น จะสามารถช่วยจูงใจให้ผู้สนใจเข้ามาเรียนหลักสูตรเหล่านี้เพิ่มขึ้นอีกด้วย

7.3 สถานการณ์ของการสอนและการอบรมด้านยานยนต์สมัยใหม่ในประเทศไทย

สถานการณ์ปัจจุบันของการเรียนและการอบรมในสาขาที่เกี่ยวข้องกับยานยนต์สมัยใหม่ในประเทศไทย จำแนกเป็น 2 กลุ่มได้แก่ การสอนในระดับภาคการศึกษา และการฝึกอบรมสำหรับผู้ที่อยู่ในอุตสาหกรรม โดยมีรายละเอียดดังนี้

กรณีการสอนในระดับภาคการศึกษามีทั้งการสอนในระดับมหาวิทยาลัยและวิทยาลัยอาชีวศึกษา โดยหลักสูตรส่วนใหญ่มุ่งเน้นไปที่หลักสูตรด้านยานยนต์ไฟฟ้า โดยในระดับมหาวิทยาลัย เน้นภาคทฤษฎี เสริมด้วยภาคปฏิบัติ มีการวิเคราะห์และออกแบบในบางวิชา ส่วนในระดับอาชีวศึกษา ยังเน้นไปที่การปฏิบัติ และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการบำรุงรักษา การใช้งาน และการผลิต

กรณีการอบรมด้านยานยนต์สมัยใหม่สำหรับผู้ที่อยู่ในอุตสาหกรรม จะเป็นการอบรมระยะสั้น ใช้เวลา 1-3 วัน เป็นส่วนใหญ่ โดยกลุ่มเป้าหมายเป็นบุคลากรจากบริษัทในอุตสาหกรรมยานยนต์และอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง ซึ่งการอบรมดำเนินการโดยมหาวิทยาลัยต่าง ๆ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ สถาบันยานยนต์ สมาคมยานยนต์ไฟฟ้าไทย เป็นต้น โดยกลุ่มเป้าหมายของผู้รับการอบรม ประกอบด้วย

- 1) ผู้ใช้งานยานยนต์ไฟฟ้า โดยเน้นเรื่องการใช้งานและการบำรุงรักษา
- 2) บุคลากรในภาคอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง โดยเน้นความรู้และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับยานยนต์ไฟฟ้า ทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง และมีการฝึกปฏิบัติในบางหัวข้อการอบรม
- 3) นักวิจัยและนิสิตนักศึกษา จะเน้นความรู้และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับรถไฟฟ้า ทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง และมีการฝึกปฏิบัติในบางหัวข้อการอบรม

ทั้งนี้ ยังไม่พบการอบรมระยะสั้นด้านยานยนต์เชื่อมต่อและขับเคลื่อนอัตโนมัติ (CAV) ยังไม่มีการจัดแต่อย่างใด แต่มีการสอนในระดับมหาวิทยาลัยเป็นรายวิชา โดยข้อมูลหลักสูตรด้านยานยนต์สมัยใหม่ที่สอนและจัดอบรมระยะสั้นในประเทศไทยดังตารางที่ 7-1 ถึงตารางที่ 7-3

ตารางที่ 7-1 หลักสูตรด้านยานยนต์สมัยใหม่ที่สอนในสถาบันการศึกษา ระดับวิทยาลัย

ลำดับ	ชื่อหลักสูตร	คำอธิบายรายวิชา	วิทยาลัย
	พื้นฐานด้านยานยนต์ไฟฟ้า		
1	เทคโนโลยียานยนต์พลังงานผสมผสาน	ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับเทคโนโลยี การใช้พลังงานทดแทนยานยนต์ ที่ใช้น้ำ น้ำมัน แก๊ส ไฟฟ้า และเทคโนโลยีเชื้อเพลิงในยานยนต์สมัยใหม่ ตรวจสอบ วิเคราะห์ปัญหา แก้ไข ออกแบบ พัฒนา ติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมระบบเครื่องยนต์พลังงานทางเลือก ทดสอบ แก้ไข วิเคราะห์ ข้อขัดข้อง ระบบยานยนต์ผสมผสาน	วิทยาลัยเทคนิคอุบลราชธานี วิทยาลัยเทคนิคสุพรรณบุรี
2	เทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้า	ศึกษาเกี่ยวกับวิวัฒนาการ หลักการเบื้องต้น โครงสร้าง ชิ้นส่วนการจำแนกประเภท ระบบควบคุมของไฟฟ้ายานยนต์ไฮบริด ยานยนต์ปลั๊กอินไฮบริด ยานยนต์พลังงานแบตเตอรี่ ยานยนต์พลังงานเซลล์เชื้อเพลิง การบำรุงรักษาเบื้องต้น และระบบความปลอดภัย	วิทยาลัยเทคนิคสุพรรณบุรี วิทยาลัยเทคนิคชลบุรี วิทยาลัยเทคนิคกันทรลักษ์ วิทยาลัยเทคนิคภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (อ.เทศ) วิทยาลัยเทคนิคพัทลุง
	แบตเตอรี่และการประจุไฟฟ้า		
3	แบตเตอรี่และระบบประจุไฟฟ้า ยานยนต์ไฟฟ้า	ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับ หลักการทำงาน ความปลอดภัย การใช้เครื่องมือตรวจสอบ ปรับเปลี่ยนและบำรุงรักษา แบตเตอรี่และระบบประจุไฟฟ้ายานยนต์ไฟฟ้า	วิทยาลัยเทคนิคสุพรรณบุรี วิทยาลัยเทคนิคชลบุรี วิทยาลัยเทคนิคกันทรลักษ์ วิทยาลัยเทคนิคภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (อ.เทศ) วิทยาลัยเทคนิคพัทลุง
	ยานยนต์สมัยใหม่อื่น ๆ		
4	ระบบควบคุมอัตโนมัติของยานยนต์	ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับระบบควบคุมอัตโนมัติ หลักการทำงานและขั้นตอนการออกแบบระบบอัตโนมัติที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของยานยนต์ การควบคุมระบบด้วยคอมพิวเตอร์ และซอฟต์แวร์ที่เหมาะสม การนำโปรแกรมมาควบคุมการทำงานของระบบยานยนต์	วิทยาลัยเทคนิคอุบลราชธานี วิทยาลัยเทคนิคสุพรรณบุรี
5	งานระบบขับเคลื่อนและส่งกำลัง ยานยนต์ไฟฟ้า	ศึกษาและปฏิบัติ เกี่ยวกับหลักการทำงาน โครงสร้าง การบริการ การบำรุงรักษา ตรวจสอบ และแก้ไขข้อขัดข้องเบื้องต้นของระบบขับเคลื่อนและส่งกำลังยานยนต์ไฟฟ้า	วิทยาลัยเทคนิคสุพรรณบุรี วิทยาลัยเทคนิคชลบุรี วิทยาลัยเทคนิคกันทรลักษ์

ลำดับ	ชื่อหลักสูตร	คำอธิบายรายวิชา	วิทยาลัย
			วิทยาลัยเทคนิคภาคตะวันออกเฉียง (อ.เทศ) วิทยาลัยเทคนิคพัทลุง
6.	งานระบบควบคุมยานยนต์ไฟฟ้า	ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับหลักการทำงาน การใช้เครื่องมือตรวจสอบ ปรับเปลี่ยนและบำรุงรักษา ความปลอดภัยของระบบควบคุมยานยนต์ไฟฟ้า	วิทยาลัยเทคนิคสุพรรณบุรี วิทยาลัยเทคนิคชลบุรี วิทยาลัยเทคนิคกันทรลักษ์ วิทยาลัยเทคนิคภาคตะวันออกเฉียง (อ.เทศ) วิทยาลัยเทคนิคพัทลุง
7.	งานระบบไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ยานยนต์ไฟฟ้า	ศึกษา และปฏิบัติเกี่ยวกับการหลักการทำงาน การอ่านวงจรไฟฟ้าและใช้เครื่องมือตรวจสอบ วิเคราะห์ ตัวตรวจจับสัญญาณ รีเลย์ หม้อแปลงไฟฟ้า รีแอกเตอร์ตัวเก็บประจุขนาบ บัสมอเตอร์และสายตัวนำ ข้อขัดข้องของอุปกรณ์ในระบบไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ยานยนต์ไฟฟ้า หลักสำคัญของระบบป้องกัน หลักการในการเชื่อมต่อระบบลงดิน การบำรุงรักษาอุปกรณ์ในระบบไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ยานยนต์ไฟฟ้า	วิทยาลัยเทคนิคสุพรรณบุรี วิทยาลัยเทคนิคชลบุรี วิทยาลัยเทคนิคกันทรลักษ์ วิทยาลัยเทคนิคภาคตะวันออกเฉียง (อ.เทศ) วิทยาลัยเทคนิคพัทลุง
8.	งานระบบเครื่องล่างยานยนต์ไฟฟ้า	ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับโครงสร้างหลักการทำงาน การบำรุงรักษา การใช้เครื่องมือ และเครื่องมือพิเศษ วิเคราะห์และแก้ไขข้อขัดข้องของระบบรองรับน้ำหนัก ระบบกันสะเทือน ระบบบังคับเลี้ยว การตั้งศูนย์ล้อ ระบบเบรกยานยนต์ไฟฟ้า	วิทยาลัยเทคนิคสุพรรณบุรี วิทยาลัยเทคนิคชลบุรี วิทยาลัยเทคนิคกันทรลักษ์ วิทยาลัยเทคนิคภาคตะวันออกเฉียง (อ.เทศ) วิทยาลัยเทคนิคพัทลุง
9.	งานตรวจวิเคราะห์ยานยนต์ไฟฟ้า	ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับการวิเคราะห์ปัญหา ข้อขัดข้องของยานยนต์ไฟฟ้าโดยการใช้ประสาทสัมผัส และการใช้เครื่องมือพิเศษ การปรับเปลี่ยน แก้ไขข้อขัดข้องของยานยนต์ไฟฟ้า	วิทยาลัยเทคนิคสุพรรณบุรี วิทยาลัยเทคนิคชลบุรี วิทยาลัยเทคนิคกันทรลักษ์ วิทยาลัยเทคนิคภาคตะวันออกเฉียง (อ.เทศ) วิทยาลัยเทคนิคพัทลุง
10.	การบริหารจัดการธุรกิจบริการยานยนต์ไฟฟ้า	ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับหลักการบริหาร และการจัดการงานบริการธุรกิจยานยนต์ไฟฟ้า การบริหารงานบุคคล หน้าที่ ความรับผิดชอบ และคุณลักษณะที่ดีของบุคลากรในงานบริการธุรกิจยานยนต์ไฟฟ้า	วิทยาลัยเทคนิคสุพรรณบุรี วิทยาลัยเทคนิคชลบุรี วิทยาลัยเทคนิคกันทรลักษ์

ลำดับ	ชื่อหลักสูตร	คำอธิบายรายวิชา	วิทยาลัย
			วิทยาลัยเทคนิคภาคตะวันออกเฉียง (อ.เทศ) วิทยาลัยเทคนิคพัทลุง
11.	เทคโนโลยีความปลอดภัยยานยนต์ไฟฟ้า	ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับหลักการความปลอดภัยในงานบริการยานยนต์ไฟฟ้าและการจัดการความปลอดภัยในงานบริการยานยนต์ไฟฟ้าตามคู่มือ	วิทยาลัยเทคนิคสุพรรณบุรี วิทยาลัยเทคนิคชลบุรี วิทยาลัยเทคนิคกันทรลักษ์ วิทยาลัยเทคนิคภาคตะวันออกเฉียง (อ.เทศ) วิทยาลัยเทคนิคพัทลุง
12.	งานเทคนิคยานยนต์ไฟฟ้า	ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับงานอาชีพระดับเทคนิคทางด้านเทคนิคยานยนต์ไฟฟ้า ในสถานประกอบการการเตรียมความพร้อมส่วนบุคคล การวิเคราะห์งาน การวางแผน การดำเนินงาน การประเมินผลและแก้ไขปัญหาในการดำเนินงาน การบันทึก สรุป จัดทำรายงานและนำเสนอผลการปฏิบัติงานอาชีพ	วิทยาลัยเทคนิคสุพรรณบุรี วิทยาลัยเทคนิคชลบุรี วิทยาลัยเทคนิคกันทรลักษ์ วิทยาลัยเทคนิคภาคตะวันออกเฉียง (อ.เทศ) วิทยาลัยเทคนิคพัทลุง

หมายเหตุ: หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล ทุกวิทยาลัยจะใช้มาตรฐานเดียวกัน (ปี 2563) จากสำนักมาตรฐานการอาชีวศึกษาและวิชาชีพ
สำนักงานการอาชีวศึกษา

ที่มา: รวบรวมโดยคณะผู้วิจัย ข้อมูล ณ วันที่ 15 พฤษภาคม ค.ศ. 2023

ตารางที่ 7-2 หลักสูตรด้านยานยนต์สมัยใหม่ที่สอนในสถาบันการศึกษา ระดับมหาวิทยาลัย

ลำดับ	ชื่อหลักสูตร	คำอธิบายรายวิชา	มหาวิทยาลัย
	พื้นฐานด้านยานยนต์ไฟฟ้า		
1.	Automotive Design and Manufacturing Engineering (ADMEV)	Modern Automotive Propulsion Systems: Fundamental of automotive propulsion systems. Internal combustion engine; Modern enhancement of ICE for performance and emission requirements. Performance and testing. Electric propulsion systems. Electric motors. EV, HEV, PHEV systems. Energy sources. Power electronics for Automotive Engineering: Fundamental of power electronics. DC-DC Converters, DC-AC converters, AC-DC converters. Fundamental of energy- storage technologies and power converters for EV, HEV and PHEV.	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2.	ยานยนต์ไฮบริดและยานยนต์ไฟฟ้า	ยานยนต์ไฮบริดและยานยนต์ไฟฟ้า(HEV), ประวัติโดยรวมและการใช้งานในปัจจุบัน, กลยุทธ์การจัดการกำลังและพลังงานในยานยนต์และยานยนต์ไฟฟ้า, พลศาสตร์พื้นฐานสำหรับการสร้างแบบจำลอง HEV และการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์, ปฏิบัติการทดสอบยานยนต์, ระบบขับเคลื่อนทางกล, ขับด้วยไฟฟ้า, ขับล้อด้วยไฟฟ้ารถยนต์, ออกแบบระบบสันสะเทือน, แบตเตอรี่และอุปกรณ์จัดเก็บพลังงาน, พลังงานไฟฟ้าในยานยนต์ไฟฟ้าไฮบริด, Plug-in ในรถยนต์ไฟฟ้า, ยานยนต์ไฟฟ้าไร้คนขับ: การสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์และการทดสอบทางกายภาพ	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
3.	ยานยนต์ไฮบริดและไฟฟ้า	การออกแบบยานยนต์ไฮบริดและไฟฟ้า ระบบต้นกำลังไฮบริด เครื่องยนต์สำหรับระบบไฮบริด ยานยนต์ไฮบริดแบบประจุไฟฟ้า มอเตอร์ขับเคลื่อน แบตเตอรี่และการเก็บพลังงานยานยนต์ เซลเชื้อเพลิง การประจุไฟฟ้าและโครงสร้างพื้นฐาน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
4.	ยานยนต์ไฟฟ้า	ประเภทของยานยนต์ไฟฟ้า มอเตอร์ไฟฟ้าสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า มอเตอร์แบบอะซิงโครนัส มอเตอร์แบบซิงโครนัสและหลักการทำงาน ระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า แบตเตอรี่ระบบไฟฟ้าแรงสูงในยานยนต์ไฟฟ้าการจัดการแบตเตอรี่ระบบไฟฟ้าแรงสูง ยานยนต์ระบบไฮบริด อุปกรณ์ควบคุมสำหรับยานยนต์ระบบไฮบริด รูปแบบการทำงานของยานยนต์ระบบไฮบริด	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ลำดับ	ชื่อหลักสูตร	คำอธิบายรายวิชา	มหาวิทยาลัย
		การทำงานในโหมดไฮบริด โหมดไฟฟ้า และโหมดกักพลังงานกลับจากการเบรก ความปลอดภัยในการทำงานกับระบบไฟฟ้าแรงสูงในยานยนต์	
5.	วิศวกรรมยานยนต์สมัยใหม่	การใช้พลังงานและสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับยานยนต์ เช่น มาตรฐานมลพิษ การทดสอบสมรรถนะ การประหยัดเชื้อเพลิง และสมรรถนะของยานยนต์ เชื้อเพลิงทางเลือกสำหรับยานยนต์ คุณสมบัติของเชื้อเพลิง แบตเตอรี่ ยานยนต์ไฟฟ้า และรถไฟฟ้าไฮบริด เทคโนโลยีการออกแบบยานยนต์ เช่น การสร้างแบบจำลองและการจำลองสถานการณ์ การใช้พลังงานและสมรรถนะของยานยนต์ การกำหนดขนาดชิ้นส่วน เซลล์เชื้อเพลิงสำหรับระบบขนส่ง ยานยนต์น้ำหนักรถเบา และเทคโนโลยียานยนต์ในอนาคต	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
6.	เทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้า	ชนิดของยานยนต์ไฟฟ้า หลักการออกแบบยานยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่ ยานยนต์ไฟฟ้าไฮบริด แบบอนุกรมและยานยนต์ไฟฟ้าไฮบริดแบบขนาน ระบบขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์กำลัง ในยานยนต์ไฟฟ้าเทคโนโลยีแบตเตอรี่ตัวเก็บประจุไฟฟ้า ความจุสูง การประจุไฟฟ้า ตัวเชื่อมต่อการประจุไฟฟ้า การเบรกโดยจ่ายพลังงานคืนเบื้องต้น เทคโนโลยีเซลล์เชื้อเพลิง และยานยนต์เซลล์เชื้อเพลิง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
7.	เทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้า	-ไม่มีข้อมูล-	มหาวิทยาลัยศรีปทุม
8.	Fundamental Electrical Engineering and Digital Technology	-ไม่มีข้อมูล-	มหาวิทยาลัยรังสิต
9.	อิเล็กทรอนิกส์ยานยนต์ร่วมสมัย	การนำพื้นฐานความรู้ทางด้านไฟฟ้ากำลัง อิเล็กทรอนิกส์ ไมโครโปรเซสเซอร์ สนามและคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์กายภาพ มาประยุกต์ใช้ในการศึกษาและทำความเข้าใจเทคโนโลยีชิ้นส่วนไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ยานยนต์ที่มีการใช้งานอยู่ในปัจจุบัน	สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
10.	พื้นฐานยานยนต์ไฟฟ้า	พัฒนาการยานยนต์ไฟฟ้า รถไฟฟ้า รถไฮบริด ปลั๊กอินไฮบริด รถเซลล์เชื้อเพลิง รถพลังงานแสงอาทิตย์ รถจักรยานยนต์ไฟฟ้า ระบบรถไฟฟ้า การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์และสิ่งแวดล้อม รถไฟฟ้าระบบราง	มหาวิทยาลัยสยาม
11.	เทคโนโลยียานยนต์ระบบยานยนต์ไฟฟ้า		สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน

ลำดับ	ชื่อหลักสูตร	คำอธิบายรายวิชา	มหาวิทยาลัย
12.	ยานยนต์ไฟฟ้าและไฮบริด	ศึกษาเกี่ยวกับรถไฟฟ้าพลังงานใหม่เพื่ออนาคตที่ยั่งยืน ระบบพลังงานในอนาคตเพื่อความยั่งยืน สถานภาพปัจจุบันและการคาดการณ์อนาคตของการเคลื่อนที่อย่างยั่งยืน ยานยนต์ใช้แบตเตอรี่ไฟฟ้า ยานยนต์ไฮบริด ยานยนต์ที่ใช้เซลล์เชื้อเพลิง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
13.	เทคโนโลยียานยนต์	อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดต่าง ๆ ที่มีใช้งานอยู่ในส่วนหรือระบบต่าง ๆ ของยานยนต์ ระบบจุดระเบิดและระบบฉีดเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์ ระบบอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้กับเครื่องยนต์ ดีเซลและเทคโนโลยียานยนต์อื่น ๆ ในปัจจุบัน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
แบตเตอรี่และการประจุไฟฟ้า			
14.	อุปกรณ์พลังงานไฟฟ้าเคมีสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า	เทคนิคการวิเคราะห์ทางไฟฟ้าเคมีพื้นฐาน การจำลองเทคนิคการวิเคราะห์ทางไฟฟ้าเคมี ตัวเก็บประจุไฟฟ้าแบบที่มีการเรียงตัวของประจุแบบสองชั้น ตัวเก็บประจุแบบประจุเทียม เซลล์เชื้อเพลิงแบบพอลิเมอร์อิเล็กโทรไลต์ แบตเตอรี่ลิเทียมไอออนแบบต่าง ๆ แบตเตอรี่โซลิดสเตต แบตเตอรี่อื่น ๆ ในอนาคต เช่น แบตเตอรี่แบบเคมีโซลิดโฟลว แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการออกแบบอุปกรณ์พลังงานไฟฟ้าเคมี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
15.	ระบบพลังงานสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า	พื้นฐานความเป็นมาของแหล่งพลังงานสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า คุณสมบัติและส่วนประกอบของแบตเตอรี่ แบตเตอรี่ชนิดน้ำกรด-ตะกั่ว แบตเตอรี่ชนิดนิเกิล แบตเตอรี่ชนิดโซเดียม แบตเตอรี่ชนิดลิเทียม แบตเตอรี่ชนิดโลหะ อากาศ ซูเปอร์คาปาซิเตอร์ ระบบการชาร์จแบตเตอรี่ การเลือกแบตเตอรี่สำหรับผู้ออกแบบส่วนสนับสนุนอื่นๆของรถไฟฟ้า (สถานีจ่ายไฟฟ้า) ระบบจ่ายไฟฟ้าในราง การจ่ายพลังงานโดยการเหนี่ยวนำสำหรับรถขณะเคลื่อนที่ การสลับเปลี่ยนแบตเตอรี่ ต้นกำลังผลิตไฟฟ้าจากฟอสซิล พลังงานทางเลือกอื่น ๆ พลังงานนิวเคลียร์	มหาวิทยาลัยสยาม
ยานยนต์สมัยใหม่อื่น ๆ			
16.	Automotive Design and Manufacturing Engineering (ADMEV)	Vehicle System Design: Systematic approach to automotive system design focusing on BEV; space defining components; ergonomics; automotive safety; standard; regulations and homologation. Electronics and Instruments for Automotive Engineering: Basic electronics; introduction to microcontroller; basic instrumentation; application of different types of instrumentations to automotive systems	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ลำดับ	ชื่อหลักสูตร	คำอธิบายรายวิชา	มหาวิทยาลัย
		Vehicle Dynamics: Dynamics of motor vehicles; properties of pneumatic tire; suspension and steering mechanism; vehicle longitudinal dynamics; linear bicycle models; stability; linear engine models; pleasure in driving. Embedded Systems in Automotive Engineering: Microprocessor architecture; introduction to embedded systems; programming concepts in C; software engineering practices; buses; device drivers and interrupt; inter-process communication; real-time operating system; hardware/software co-design Concept Car Design: Introduction to concept car design; design process overview; functional objectives; conceptual package development; product benchmarking process; interior system and application; powertrain anatomy and layout; wheels and tires system; suspension and chassis system; bodies construction design; design integration.	
17.	วิศวกรรมยานยนต์	การควบคุมในยานยนต์ พื้นฐานอิเล็กทรอนิกส์ หลักการระบบควบคุมแบบโวนกลับ ระบบควบคุมแบบแอนะล็อก ระบบควบคุมแบบดิจิทัล อุปกรณ์ควบคุมในยานยนต์ หัววัด ตัวควบคุม อุปกรณ์ทำงาน ระบบควบคุมต่างๆในยานยนต์ การวิเคราะห์เหตุขัดข้องของระบบ	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
18.	เทคโนโลยีวัสดุยานยนต์	แนะนำวัสดุในยานยนต์ คุณสมบัติ การเลือกใช้วัสดุ และฐานข้อมูลวัสดุ โลหะชั้นสูง เช่น เหล็กกล้าความแข็งแรงสูง โลหะผสมอลูมิเนียม แมกนีเซียม และไททาเนียม โพลีเมอร์ที่ใช้ในงานทางวิศวกรรม วัสดุยางรถยนต์ วัสดุเชิงประกอบ เซรามิกส์ และ แก้วที่ใช้ในงานทางวิศวกรรม ผ้าและหนัง ฉนวน การป้องกันการกัดกร่อน และการทำสี เทคโนโลยีการผลิตชิ้นส่วนจากวัสดุชนิดต่าง ๆ การนำกลับมาใช้	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
19.	ไบโอเมคานิกส์เบื้องต้น	ศัพท์ทางการแพทย์ที่เกี่ยวข้อง คุณสมบัติเชิงกลของวัสดุชีวภาพ เช่น เนื้อเยื่อ กล้ามเนื้อ กระดูก ของเหลวต่าง ๆ ในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม โครงสร้างของแมลง และ โครงสร้างของพืช เป็นต้น สมดุลสถิตย์ และการเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต ระบบตรวจวัดและควบคุมในสิ่งมีชีวิต การอธิบาย	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ลำดับ	ชื่อหลักสูตร	คำอธิบายรายวิชา	มหาวิทยาลัย
		เหตุผลในการออกแบบของธรรมชาติด้วยทฤษฎีทางด้านวิศวกรรมเครื่องกล วิธีการตรวจวัดคุณสมบัติทางกลของวัสดุชีวภาพ แนะนำการทดลองในสิ่งมีชีวิต การออกแบบอวัยวะเทียม	
20.	ตัวตรวจรู้ ตัวต้นกำลังและการสื่อสารในยานยนต์สมัยใหม่	หลักการวัดของตัวตรวจรู้ในยานยนต์ ตัวตรวจรู้ชนิดต่าง ตัวต้นกำลังทางไฟฟ้า ตัวต้นกำลังทางไฮดรอลิกส์ไฟฟ้า หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ หลักการเบื้องต้นของเครือข่าย เครือข่ายยานยนต์ ระบบบัสสำหรับยานยนต์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
21.	การประลองวิศวกรรมยานยนต์ 2	ปฏิบัติการเกี่ยวกับระบบความปลอดภัยในการขับขี่ ระบบเครือข่ายยานยนต์ ยานยนต์ไฮบริด ยานยนต์ไฟฟ้า	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
22.	ระบบยานพาหนะภาคพื้นดินที่ขับเคลื่อนด้วยตัวเอง	หลักการพื้นฐานของระบบยานยนต์ไร้คนขับและการทำงานของส่วนประกอบต่าง ๆ เบื้องต้นระบบพิกัด จลนศาสตร์ พลศาสตร์ของยานยนต์ เซนเซอร์สำหรับยานยนต์ไร้คนขับ วิธีการประมาณสถานะสถาปัตยกรรม ระบบควบคุมการขับเคลื่อนอัตโนมัติ อาทิ ระบบควบคุมการขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าทั้งระบบควบคุมคันเร่ง, บังคับเลี้ยว และเบรก ระบบควบคุมความเร็วเดินทาง ระบบควบคุมความเร็วเดินทางแบบปรับตัวได้ระบบควบคุมรถอยู่ในเลน การนำทาง วิธีการวางแผนและสร้างเส้นทางการขับขี่ การควบคุมภารกิจ (การควบคุมระดับสูง)	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
23.	ระบบควบคุมสมองกลฝังตัว	การวัด เก็บข้อมูล แสดงผลแบบทันสมัยและควบคุมระบบทางวิศวกรรมเครื่องกลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ เชื่อมต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ สู่โลกอินเทอร์เน็ต การสร้างและวิเคราะห์เสถียรภาพการตอบสนองเชิงพลวัตแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบทางกล และไฟฟ้าในโดเมนเวลา โดเมนความถี่ ออกแบบตัวควบคุมแบบ PI, PD, PID, Lead, Lag, Lag-Lead วิธีระบุเอกลักษณ์ของระบบและปัญญาประดิษฐ์ในการช่วยประมาณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และออกแบบตัวควบคุมระบบสมองกลฝังตัวโดยประยุกต์ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ MATLAB/Simulink และ Python	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
24.	ปัญญาประดิษฐ์สำหรับหุ่นยนต์และระบบอิสระ	การประยุกต์ใช้องค์ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับปัญญาประดิษฐ์ การเรียนรู้ของเครื่อง การมองเห็นของคอมพิวเตอร์สำหรับการรับรู้สิ่งแวดล้อม การควบคุม และการตัดสินใจของหุ่นยนต์และระบบอิสระ อาทิ หุ่นยนต์เคลื่อนที่ รถอัตโนมัติ โดรน เป็นต้น การหลบหลีกสิ่งกีดขวาง การตรวจจับและติดตามวัตถุ การเคลื่อนที่ตามเลน การประยุกต์ใช้กับปัญหาต่าง ๆ ทางวิศวกรรม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ลำดับ	ชื่อหลักสูตร	คำอธิบายรายวิชา	มหาวิทยาลัย
25.	ระบบควบคุมแบบทันสมัย	การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบปริภูมิสเตร การระบุเอกลักษณ์ของระบบ การวิเคราะห์ความสามารถการสังเกตและควบคุมได้ ตัวควบคุมแบบกำหนดตำแหน่งโพล ออกแบบตัวสังเกต ระบบเซโวล ตัวควบคุมแบบ LQR ตัวกรองคามาาน ระบบควบคุมแบบปรับตัวได้ที่ใช้แบบจำลองอ้างอิง การประยุกต์ใช้โปรแกรม MATLAB/Simulink ในการวิเคราะห์และออกแบบระบบควบคุมอัตโนมัติ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
26.	ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ยานยนต์	-ไม่มีข้อมูล-	มหาวิทยาลัยศรีปทุม
27.	เทคโนโลยียานยนต์ดิจิทัล	-ไม่มีข้อมูล-	มหาวิทยาลัยศรีปทุม
28.	หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ของยานยนต์	-ไม่มีข้อมูล-	มหาวิทยาลัยศรีปทุม
29.	Modern Automotive Control System	-ไม่มีข้อมูล-	มหาวิทยาลัยรังสิต
30.	ระบบขับเคลื่อนสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า	แนะนำมอเตอร์แบบต่างๆ มอเตอร์กระแสตรงแบบมีแปรงถ่าน เรกกูเรเตอร์กระแสตรง และการแปลงความต่างศักย์ มอเตอร์แบบไม่มีแปรงถ่าน การระบายความร้อนมอเตอร์ ประสิทธิภาพ ขนาดมอเตอร์และมวลรถ ระบบไฟฟ้าสำหรับรถไฮบริด ส่วนประกอบของรถไฮบริดและการออกแบบ ลิเนียร์มอเตอร์ การพิจารณาออกแบบ (แอโรไดนามิกส์ แรงต้าน การหมุนของล้อ ประสิทธิภาพระบบส่งกำลัง มวล โครงสร้างตัวถัง)	มหาวิทยาลัยสยาม
31.	ระบบควบคุมสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า	การควบคุมระบบรถไฟฟ้า การจ่ายไฟ การควบคุมขับเคลื่อนมอเตอร์ และการชาร์จไฟ อุปกรณ์ การแสดงผลบนแผงควบคุม EV-ECU ระบบการควบคุมจัดการแบตเตอรี่ระบบสื่อสารกับรถไฟฟ้าและอื่นๆ	มหาวิทยาลัยสยาม

ที่มา: รวบรวมโดยคณะผู้วิจัย ข้อมูล ณ วันที่ 15 พฤษภาคม ค.ศ. 2023

ตารางที่ 7-3 หลักสูตรด้านยานยนต์สมัยใหม่ที่จัดอบรมระยะสั้น

ลำดับ	ชื่อหลักสูตร	หัวข้อการอบรม	จำนวนวันที่จัดอบรม	ผู้จัดอบรม
	ยานยนต์ไฟฟ้า			
1	รู้จริงทุกเทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้า	- ภาพรวมเทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้า - มอเตอร์และระบบขับเคลื่อนยานยนต์ไฟฟ้า (Motor and Drive) - แบตเตอรี่และระบบการจัดการพลังงานสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า - ระบบประจุไฟฟ้าในยานยนต์ไฟฟ้า (Charging System) - โครงสร้างน้ำหนักเบาและการประกอบ (Light Weight Technology & Integration Design) - การออกแบบยานยนต์ไฟฟ้า (Styling and Design) - มาตรฐานและการทดสอบยานยนต์ไฟฟ้า (Standard & Testing) - เทคโนโลยียานยนต์อัจฉริยะไร้คนขับ (Autonomous Technology) - การสาธิตเทคโนโลยีกับยานยนต์ไฟฟ้าของจริง	2 วัน	สถาบันพัฒนาบุคลากรแห่งอนาคต สวทช.
2	ระบบขับเคลื่อนในยานยนต์ไฟฟ้า (Electric Vehicle Drive System)	- ความต้องการทางเทคนิค (Technical Requirement) ของระบบขับเคลื่อนในยานยนต์ไฟฟ้า (รถจักรยานไฟฟ้า รถมอเตอร์ไซด์ รถขนาดเล็ก รถสี่ล้อ รถโดยสารไฟฟ้าขนาดใหญ่) - เทคโนโลยีระบบขับเคลื่อนไฟฟ้าสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า - ตัวอย่างการใช้งานและการออกแบบระบบขับเคลื่อนในยานยนต์ไฟฟ้าแบบต่าง ๆ - การคำนวณเพื่อการออกแบบขนาดของระบบขับเคลื่อนที่เหมาะสมสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า - วิธีการทดสอบสมรรถนะระบบขับเคลื่อนไฟฟ้า	2 วัน	สถาบันพัฒนาบุคลากรแห่งอนาคต สวทช.

ลำดับ	ชื่อหลักสูตร	หัวข้อการอบรม	จำนวนวันที่จัดอบรม	ผู้จัดอบรม
3	เสริมสร้างความรู้ด้านยานยนต์ไฟฟ้า	- ความรู้ด้านเทคโนโลยีที่สำคัญของ EV - ทิศทางของยานยนต์ไฟฟ้าไทยในยุค New normal - บทบาทพลังงานทดแทนกับอุตสาหกรรมยานยนต์ไฟฟ้าของประเทศไทย - แนวโน้มสถานการณ์ระบบการกักเก็บพลังงาน - EV Transformation Challenges & Opportunity - ความก้าวหน้าของยานยนต์ไฟฟ้าไทยและแนวทางการส่งเสริมยานยนต์ไฟฟ้าในประเทศ - Thermal Management in EV Battery cooling - มาตรการส่งเสริมอุตสาหกรรมยานยนต์ไฟฟ้า - เทคโนโลยีระบบส่งกำลังสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า - เทคโนโลยีแบตเตอรี่ ระบบการอัดประจุไฟฟ้า ระบบกักเก็บพลังงาน และระบบการจัดการพลังงานแบตเตอรี่ - ระบบไฟฟ้าและวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น เครื่องมือวัด และการวัดทางไฟฟ้าสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า - ระบบขับเคลื่อนและควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า คอนเวอเตอร์ และอินเวอร์เตอร์ สำหรับยานยนต์ไฟฟ้า - ข้อกำหนดการเชื่อมต่อและติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับสถานีประจุไฟฟ้าสำหรับยานยนต์ไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค - แนวคิดการออกแบบ และการใช้งานรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า - แนวคิดการออกแบบ และการใช้งานยานยนต์ไฟฟ้า (FOMM) - ทิศทางมาตรฐานยานยนต์ไฟฟ้า - การพัฒนาสถานีประจุไฟฟ้าสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า - โครงการติดตั้งใช้งานและการให้บริการสถานีชาร์จไฟฟ้าในประเทศไทย	1 วัน	วิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อม อย่างยั่งยืนรัตนโกสินทร์ มทร. รัตนโกสินทร์

ลำดับ	ชื่อหลักสูตร	หัวข้อการอบรม	จำนวนวันที่จัดอบรม	ผู้จัดอบรม
4	หลักสูตรระบบขับเคลื่อนสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า	- องค์ประกอบของแรงลากจูง - คุณลักษณะของภาระทางกลในความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดและความเร็ว - ประเภทของมอเตอร์ไฟฟ้า(DC และAC) โครงสร้าง หลักการทำงาน คอนเวอร์เตอร์กำลังสำหรับมอเตอร์ไฟฟ้า และหลักการ PWM - เทคนิคการควบคุมแรงบิดหรือความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้า และคอนเวอร์เตอร์	2 วัน	สถาบันยานยนต์
5	พื้นฐานเทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้า	- เทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้า และระบบส่งกำลังเบื้องต้น - เทคโนโลยีแบตเตอรี่และระบบการอัดประจุไฟฟ้าสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า - วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น - ระบบขับเคลื่อนและระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า	1 วัน	สถาบันยานยนต์
6	หลักสูตรยานยนต์ไฟฟ้าและพลศาสตร์ยานยนต์ไฟฟ้า	- ระบบไฟฟ้าในยานยนต์ไฟฟ้าเบื้องต้น - ปัจจัยที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของรถยนต์ - ระบบขับเคลื่อน ระบบเบรก และยางรถยนต์ - ระบบรับน้ำหนักและระบบบังคับเลี้ยว - การทรงตัวของรถยนต์ - อากาศพลศาสตร์ของยานยนต์ และพฤติกรรมที่เกี่ยวกับรถยนต์	2 วัน	สถาบันยานยนต์
7	หลักสูตรระบบอิเล็กทรอนิกส์กำลังในยานยนต์ไฟฟ้า	- วงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลังสำหรับ On Board Charger - วงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลังสำหรับ DC-DC Converter - วงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลังสำหรับ Air Compressor Drive System - มอเตอร์ไฟฟ้าสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า - วงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลังสำหรับ Electric Motor Drive System และ Regenerative Braking	2 วัน	สถาบันยานยนต์

ลำดับ	ชื่อหลักสูตร	หัวข้อการอบรม	จำนวนวันที่จัดอบรม	ผู้จัดอบรม
8	หลักสูตรระบบไฟฟ้าในยานยนต์ไฟฟ้า	- ระบบไฟฟ้า - ระบบอิเล็กทรอนิกส์ - ระบบอิเล็กทรอนิกส์กำลัง - ระบบชาร์จพลังงานไฟฟ้าสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า - ระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้า - ระบบจัดการแบตเตอรี่ - ระบบขับเคลื่อนไฟฟ้า - ระบบปรับอากาศ	1 วัน	สถาบันยานยนต์
9	หลักสูตรวัสดุและชิ้นส่วนสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า และมาตรฐาน	- วัสดุและชิ้นส่วนของระบบไฟฟ้าสำหรับขับเคลื่อนยานยนต์ไฟฟ้า - วัสดุและชิ้นส่วนของระบบอิเล็กทรอนิกส์กำลัง - วัสดุและชิ้นส่วนของระบบชาร์จพลังงานไฟฟ้าสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า - วัสดุและชิ้นส่วนของระบบกักเก็บพลังงานไฟฟ้า	1 วัน	สถาบันยานยนต์
10	เทคโนโลยีและนวัตกรรมยานยนต์สมัยใหม่ (Technology & Innovation in Next Generation Mobility)	- เทคโนโลยีและนวัตกรรมยานยนต์สมัยใหม่ - นวัตกรรมแบตเตอรี่ในยานยนต์ไฟฟ้า	1 วัน	คณะกรรมการพลังงาน ในคณะกรรมการสาขา วิศวกรรมเครื่องกล โดย วิศวกรรม สถานแห่งประเทศไทย ในพระบรม ราชูปถัมภ์
11	เทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้าเบื้องต้น	- ภาพรวมเทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้า - ประเภทของยานยนต์ไฟฟ้า - องค์ประกอบหลักของยานยนต์ไฟฟ้า - แนวโน้มการพัฒนาเทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้าในประเทศ - มาตรฐานที่เกี่ยวข้อง - พื้นฐานของแบตเตอรี่สำหรับยานยนต์ไฟฟ้า - ระบบการจัดการแบตเตอรี่	1 วัน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี พระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ลำดับ	ชื่อหลักสูตร	หัวข้อการอบรม	จำนวนวันที่จัดอบรม	ผู้จัดอบรม
12	พื้นฐานยานยนต์ไฮบริด	- ภาพรวมของยานยนต์ไฮบริด - แหล่งพลังงานของยานยนต์ - ระบบขับเคลื่อนยานยนต์ไฮบริด - ระบบกักเก็บพลังงานของยานยนต์ไฮบริด - ชุดควบคุมกำลัง แบตเตอรี่ และระบบเบรกประจุไฟฟ้า - หลักการสร้างแบบจำลอง การวิเคราะห์ และการจำลองการทำงานของยานยนต์ไฮบริด - ปฏิบัติงานยานยนต์ไฮบริด	2 วัน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
13	ยานยนต์ไฟฟ้า : ภัยจากการสัญจรยุคหน้า	ประเทศไทยพร้อมหรือไม่สำหรับยานยนต์ไฟฟ้า เทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้า ตอนที่ 1 รูปแบบและส่วนประกอบ เทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้า ตอนที่ 2 แบตเตอรี่และสถานีประจุไฟฟ้า คำถามที่พบบ่อย 1 : ยานยนต์ไฟฟ้า ... จะปลอดภัยไหม คำถามที่พบบ่อย 2 : ยานยนต์ไฟฟ้า ... ดีต่อสิ่งแวดล้อมจริงหรือ คำถามที่พบบ่อย 3 : ยานยนต์ไฟฟ้า ... ใช้แล้ว ไฟหมด แร่ไม่พอ จะทำอย่างไร คนไทยพร้อมหรือไม่สำหรับยานยนต์ไฟฟ้า คำถามที่พบบ่อย 4 : ยานยนต์ไฟฟ้า ... จะขับเร็วไปไหม สามประสานสู่การเดินทางยุคหน้า		จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (เป็นหลักสูตรออนไลน์ สำหรับนิสิตและบุคลากรจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเท่านั้น สามารถเรียนได้ตลอดปี 2565)
	แบตเตอรี่และการประจุไฟฟ้า			
14	ความรู้เพื่อให้บริการสถานีประจุไฟฟ้าสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า	- ความรู้พื้นฐานยานยนต์ไฟฟ้า และการประจุไฟฟ้า - มาตรฐาน และข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องกับการประจุไฟฟ้า การติดตั้งสถานีประจุไฟฟ้า และยานยนต์ไฟฟ้า - การออกแบบสถานีประจุไฟฟ้า และการลงทุนติดตั้งสถานีประจุไฟฟ้า - การทดสอบสถานีประจุไฟฟ้า - นโยบายส่งเสริมสถานีประจุไฟฟ้าของภาครัฐ	3 วัน	สถาบันพัฒนาบุคลากรแห่งอนาคต สวทช.

ลำดับ	ชื่อหลักสูตร	หัวข้อการอบรม	จำนวนวันที่จัดอบรม	ผู้จัดอบรม
		- เสวนา แนวทางการขออนุญาตติดตั้งสถานีประจุไฟฟ้า และนโยบายภาครัฐที่เกี่ยวข้อง - รูปแบบสนับสนุนการติดตั้งสถานีประจุไฟฟ้าจากสถาบันการเงิน - เสวนาหัวข้อ “โอกาสทางธุรกิจและการเตรียมตัวในการติดตั้งสถานีประจุไฟฟ้า” - ศึกษาดูงานการออกแบบ และผลิตสถานีประจุไฟฟ้า และศึกษาดูงานการให้บริการสถานีประจุไฟฟ้า		
15	แพ็คเกจเตอร์สำหรับยานยนต์ไฟฟ้า	- ยานยนต์ไฟฟ้า/แหล่งพลังงานสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า - หลักการทำงาน, คำสำคัญ, คุณสมบัติที่สำคัญ - ประเภทของแบตเตอรี่, แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน, การใช้งาน ห่วงโซ่คุณค่าของแบตเตอรี่ - การชาร์จ/ดิสชาร์จ, voltage profile, การประเมินระดับพลังงานของแบตเตอรี่ - มาตรฐานที่เกี่ยวข้อง และการกำจัด - การออกแบบและการผลิตแพ็คเกจเตอร์โครงสร้างทางกายภาพและทางกล - ระบบบริหารจัดการแบตเตอรี่	2 วัน	ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สวทช.
16	ระบบจัดการแบตเตอรี่	- เทคโนโลยีแบตเตอรี่สำหรับยานยนต์ไฟฟ้า (Battery Technology) - การอัดประจุแบตเตอรี่สำหรับยานยนต์ไฟฟ้า (Battery Charging System) - การประมาณสถานะแบตเตอรี่ - วิธีการอัดประจุ การควบคุมการอัดประจุและคายประจุของแบตเตอรี่สำหรับยานยนต์ไฟฟ้า	2 วัน	สถาบันยานยนต์

ลำดับ	ชื่อหลักสูตร	หัวข้อการอบรม	จำนวนวันที่จัดอบรม	ผู้จัดอบรม
17	หลักสูตรความรู้พื้นฐานของอุปกรณ์อัดประจุไฟฟ้าสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า	- แนวคิดด้านความปลอดภัยระบบไฟฟ้าที่จำเป็นสำหรับอุปกรณ์อัดประจุไฟฟ้าสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า - ระบบอิเล็กทรอนิกส์กำลัง และวงจรแปลงผันกำลัง - มาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์อัดประจุไฟฟ้าสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า - ระบบชาร์จพลังงานไฟฟ้าสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า	1 วัน	สถาบันยานยนต์
18	แพ็คเกจเตอร์สำหรับยานยนต์ไฟฟ้า	- ยานยนต์ไฟฟ้า/แหล่งพลังงานสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า - แบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้า (หลักการทำงาน คำสำคัญและคุณลักษณะประเภทของแบตเตอรี่) - ลักษณะและขนาดของยานยนต์ไฟฟ้า การคำนวณหาค่าพลังงานและกำลังไฟฟ้า - คุณสมบัติและการเลือกชนิดของแบตเตอรี่ รูปแบบการเชื่อมต่อทางไฟฟ้าของแพ็คเกจเตอร์ - ระบบบริหารจัดการพลังงานแบตเตอรี่ - แนวทางการออกแบบ ระบบความปลอดภัยทางกล และไฟฟ้า - มาตรฐานการผลิตและการทดสอบแพ็คเกจเตอร์ยานยนต์ไฟฟ้า	2 วัน	สถาบันยานยนต์
19	สถานีประจุไฟฟ้าสำหรับยานยนต์ไฟฟ้าและผลกระทบต่อโครงข่ายไฟฟ้า	- ภาพรวมของระบบยานยนต์ไฟฟ้า - ระบบสถานีประจุไฟฟ้า สำหรับยานยนต์ไฟฟ้า - หลักการทำงาน โหมดการทำงานแบบประจุปกติ แบบประจุเร็ว - สถานีประจุไฟฟ้าสำหรับที่พำนักอาศัย สถานีประจุไฟฟ้าสาธารณะ - การออกแบบสถานีประจุสำหรับยานยนต์ไฟฟ้าที่เหมาะสม - มาตรฐานและข้อบังคับสำหรับสถานีประจุยานยนต์ไฟฟ้า - มาตรฐานการสื่อสารระหว่างยานยนต์ไฟฟ้าและสถานีอัดประจุไฟฟ้าและอุปกรณ์อื่นๆ - การบำรุงรักษาสถานีประจุยานยนต์ไฟฟ้า ข้อปฏิบัติด้านความปลอดภัยของสถานีประจุไฟฟ้า	2 วัน	สถาบันยานยนต์

ลำดับ	ชื่อหลักสูตร	หัวข้อการอบรม	จำนวนวันที่จัดอบรม	ผู้จัดอบรม
		- ผลกระทบของสถานีอัดประจุไฟฟ้าต่อโครงข่ายไฟฟ้า - ผลกระทบทางด้านคุณภาพทางไฟฟ้าต่อโครงข่ายไฟฟ้า เช่น พิกัดกำลังสูงสุด Harmonics unbalance load และ power factor - ผลกระทบต่ออุปกรณ์โครงข่ายไฟฟ้า และเทคนิคการแก้ปัญหา - ข้อกำหนดการเชื่อมต่อโครงข่ายไฟฟ้าสำหรับสถานีอัดประจุไฟฟ้า - การเลือกตำแหน่งการติดตั้งสถานีประจุไฟฟ้าที่เหมาะสม		
20	ระบบการจัดการแบตเตอรี่สำหรับยานยนต์ไฟฟ้า	- เทคโนโลยีแบตเตอรี่สำหรับยานยนต์ไฟฟ้า - เทคโนโลยีแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนกับยานยนต์ไฟฟ้า - การออกแบบแพ็คแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน - มาตรฐานและการทดสอบ - การดูแลรักษาแบตเตอรี่แพ็คและการแก้ปัญหาการใช้งานเบื้องต้น - สัญญาณความผิดปกติในการทำงานแบตเตอรี่แพ็คในยานยนต์ไฟฟ้า	2 วัน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
21	แพ็คแบตเตอรี่สำหรับยานยนต์ไฟฟ้า	- ยานยนต์ไฟฟ้า/แหล่งพลังงานสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า - แบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้า - ลักษณะและขนาดของยานยนต์ไฟฟ้า การคำนวณหาค่าพลังงานและกำลังไฟฟ้า - คุณสมบัติและการเลือกชนิดของแบตเตอรี่ รูปแบบการเชื่อมต่อทางไฟฟ้าของแพ็คแบตเตอรี่ - ระบบบริหารจัดการพลังงานแบตเตอรี่	2 วัน	สถาบันยานยนต์

ลำดับ	ชื่อหลักสูตร	หัวข้อการอบรม	จำนวนวันที่จัดอบรม	ผู้จัดอบรม
22	ความรู้พื้นฐานสำหรับช่างติดตั้งสถานีประจุไฟฟ้าสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า	- หลักการและข้อมูลทั่วไปของยานยนต์ไฟฟ้า และสถานีประจุไฟฟ้า - หลักการของระบบไฟฟ้าของอาคารและสถานีประจุไฟฟ้า - การสำรวจและออกแบบระบบไฟฟ้าสำหรับสถานีประจุไฟฟ้า - การคำนวณและคัดเลือกอุปกรณ์ การติดตั้งสถานีประจุไฟฟ้า เทคนิค - การติดตั้งระบบไฟฟ้า การเดินสาย/การต่อสายดิน การตรวจสอบและทดสอบระบบไฟฟ้า - Workshop I: ตัวอย่างการคำนวณ เลือกอุปกรณ์ และการติดตั้งระบบไฟฟ้า - Workshop II: การเชื่อมต่อระบบไฟฟ้าและระบบสายดินเข้ากับสถานีประจุไฟฟ้า - Workshop III: การตรวจสอบระบบเบื้องต้น - Workshop IV: Commissioning วิศวกร และประเมินผลจากเครื่องมือวัด	1 วัน	สถาบันพัฒนาบุคลากรแห่งอนาคต สวทช.
23	มาตรฐานและแนวทางการติดตั้งระบบอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าสำหรับบ้านอยู่อาศัย	เนื้อหาหลักสูตรเป็นการให้ความรู้เกี่ยวกับการให้บริการติดตั้งเครื่องอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าสำหรับบ้านอยู่อาศัยแก่ช่างผู้ติดตั้งได้ถูกต้อง ตรงตามมาตรฐานสร้างความเข้าใจด้านความปลอดภัยในการใช้งานและติดตั้งเครื่องอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าสำหรับบ้านอยู่อาศัยรวมถึงสามารถแนะนำผู้ใช้ไฟฟ้าและตรวจสอบมาตรฐานการติดตั้งเครื่องอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าสำหรับบ้านอยู่อาศัยให้แก่ประชาชนผู้ใช้ไฟฟ้าได้อย่างถูกต้อง เช่น การตรวจสอบประเภทหัวชาร์จยานยนต์ไฟฟ้า แนะนำขนาดมิเตอร์ไฟฟ้า เลือกใช้อุปกรณ์ป้องกันเครื่องอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าได้อย่างถูกต้องและสามารถเลือกจุดติดตั้งที่เหมาะสมให้แก่ผู้ใช้ไฟฟ้าได้	2 วัน	การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (PEA)

ลำดับ	ชื่อหลักสูตร	หัวข้อการอบรม	จำนวนวันที่จัดอบรม	ผู้จัดอบรม
24	อบรมเชิงปฏิบัติการเทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้าแบตเตอรี่	ความรู้ด้านคอนเวอร์เตอร์กำลังที่ใช้งานในยานยนต์ไฟฟ้า ระบบแบตเตอรี่ ระบบอัดประจุแบตเตอรี่ ระบบส่งกำลังของยานยนต์ไฟฟ้า แบบจำลองการทำงานยานยนต์ไฟฟ้าด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ พร้อมมอบตัวอย่างโปรแกรมจำลองการทำงานให้กับผู้ที่เข้าร่วมอบรม ตลอดจนการ Reskill & Upskill	2 วัน	ศูนย์เทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้า ร่วมกับสมาคมวิชาการไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ คอมพิวเตอร์ โทรคมนาคมและสารสนเทศ แห่งประเทศไทย
25	การฝึกอบรมด้านยานยนต์ไฟฟ้า: ระดับที่ 1 – หลักสูตรด้านการรับรู้เกี่ยวกับการทำงานให้ปลอดภัยกับยานยนต์ไฟฟ้า ที่ใช้ระบบไฟฟ้าแรงสูง	- ผังของระบบไฟฟ้าแรงสูง - อันตรายของกระแสไฟฟ้า - มาตรการป้องกันอุบัติเหตุ - มาตรการในการปฐมพยาบาล สำหรับอุบัติเหตุด้านเทคโนโลยีไฟฟ้า - การระแวดระวังทางเทคนิค - การทดสอบความรู้		TÜV SÜD
การดัดแปลงยานยนต์เป็นยานยนต์ไฟฟ้า				
26	การดัดแปลงรถยนต์สันดาปภายในเป็นรถยนต์ไฟฟ้าดัดแปลง	- ประสบการณ์บุกเบิกในการดัดแปลงยานยนต์ไฟฟ้า - นโยบายและการสนับสนุนอุตสาหกรรมยานยนต์ไฟฟ้าภายในประเทศ - การเทียบโครงสร้างระหว่างรถยนต์สันดาปภายใน (Internal Combustion Engine: ICE) กับรถยนต์ไฟฟ้าดัดแปลง (Battery Electrical Vehicle: BEV) - เรียนรู้อุปกรณ์และการเลือกใช้อุปกรณ์ในการดัดแปลง - การสาธิตเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าดัดแปลง - ขั้นตอนการจดทะเบียนรถยนต์ไฟฟ้าดัดแปลง - ชมตัวอย่างรถยนต์ไฟฟ้าดัดแปลงต้นแบบ	ทฤษฎี 1 วัน ปฏิบัติ 10 วัน	ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC) ร่วมกับ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย
27	ความรู้เบื้องต้นในการดัดแปลงรถยนต์ให้เป็นรถไฟฟ้า			เป็นงานสัมมนา 2 ชม.ในงาน Thai Subcon

ลำดับ	ชื่อหลักสูตร	หัวข้อการอบรม	จำนวนวันที่จัดอบรม	ผู้จัดอบรม
28	หลักสูตรยานยนต์ไฟฟ้าดัดแปลง	- เทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้าสมัยใหม่ - หลักพลศาสตร์ยานยนต์ - ระบบส่งกำลัง และไฟฟ้ารถยนต์ - มาตรฐาน ความปลอดภัย การทำงานแรงดันสูง - ระบบขับเคลื่อนสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า - Power Electronic อิเล็กทรอนิกส์กำลัง - ระบบ CAN-BUS VCU และระบบสื่อสาร - ระบบ Monitoring และการปรับปรุง - การออกแบบ หลักการ และติดตั้งแบตเตอรี่ - ระบบบริหารจัดการแบตเตอรี่ BMS และระบบประจุไฟฟ้า - เครื่องมือช่างเบื้องต้นสำหรับงานดัดแปลงยานยนต์ไฟฟ้า - เครื่องมือวัดทดสอบลักษณะสมบัติทางไฟฟ้า และการวิเคราะห์ผล	2 วัน	สถาบันยานยนต์
29	การดัดแปลงรถยนต์น้ำมันเป็นรถยนต์ไฟฟ้าดัดแปลง	- สร้างความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับขั้นตอนการดัดแปลงรถยนต์สันดาปภายในให้เป็นรถยนต์ไฟฟ้าดัดแปลง - วิธีการปฏิบัติในการจดทะเบียนที่กรมการขนส่งทางบกเพื่อเปลี่ยนแหล่งกำเนิดพลังงานเชื้อเพลิงเป็นมอเตอร์ไฟฟ้า	1 วัน	การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย
	ยานยนต์สมัยใหม่อื่น ๆ			
30	เทคโนโลยีน้ำหนักรถและการบูรณาการในยานพาหนะสมัยใหม่	- ภาพรวมองค์ความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีน้ำหนักรถและการออกแบบสำหรับยานพาหนะสมัยใหม่ - แนวโน้มของชิ้นส่วนและโมดูลสำหรับยานพาหนะยุคใหม่ - วัสดุน้ำหนักรถและเทคโนโลยีการผลิตสำหรับยานพาหนะสมัยใหม่ - กรณีศึกษา (1) : อะลูมิเนียมอัลลอยด์และการแปรรูปสำหรับยานพาหนะสมัยใหม่	2 วัน	สถาบันพัฒนาบุคลากรแห่งอนาคต สวทช.

ลำดับ	ชื่อหลักสูตร	หัวข้อการอบรม	จำนวนวันที่จัดอบรม	ผู้จัดอบรม
		- กรณีศึกษา (2) : เทคโนโลยีการผลิตยานพาหนะสมัยใหม่ด้วยนวัตกรรมอะลูมิเนียม - กรณีศึกษา (3) : เทคโนโลยีการเชื่อมโครงสร้างน้ำหนักเบาประสิทธิภาพสูงของยานยนต์ไฟฟ้า		
31	โลหะน้ำหนักเบาและวัสดุคอมโพสิตสำหรับยานยนต์สมัยใหม่	- แนวโน้มของการใช้งานโลหะน้ำหนักเบาและวัสดุคอมโพสิตในยานยนต์สมัยใหม่ - ความรู้พื้นฐานของโลหะน้ำหนักเบา - ความรู้พื้นฐานวัสดุคอมโพสิต - กระบวนการขึ้นรูปวัสดุคอมโพสิต - ชนิดของเครื่องมือและอุปกรณ์พื้นฐานในการขึ้นรูปวัสดุคอมโพสิต - มาตรฐานและวิธีการทดสอบโลหะน้ำหนักเบาและวัสดุคอมโพสิต	2 วัน	สถาบันยานยนต์
32	ยานยนต์และขนส่งสมัยใหม่ สอดคล้องกลุ่มอุตสาหกรรมเป้าหมายในเขตพื้นที่ EEC	- ภาพรวมหลักสูตรยานยนต์และขนส่งสมัยใหม่ - สนุกคิดพิชิตยานยนต์ไฟฟ้าและพลังงานแสงอาทิตย์ - พื้นฐานความรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีเกี่ยวกับยานยนต์ไฟฟ้า การสร้างรถพลังงานไฟฟ้า ความรู้ไฟฟ้าเบื้องต้นที่เกี่ยวข้อง รวมถึงการใช้งานอุปกรณ์ เครื่องมือ และเครื่องมือวัดต่าง ๆ รวมถึงกิจกรรมทดลองเกี่ยวกับรถพลังงานไฟฟ้า และหลักการทำงาน และกิจกรรมทดลองเกี่ยวกับรถเก็บประจุพลังงานแสงอาทิตย์ - ความรู้ทางด้านยานยนต์แห่งอนาคต หลักการทำงานของยานยนต์ล้อเดียว รวมถึงกิจกรรมปฏิบัติการประกอบสร้างยานยนต์ล้อเดียว การทดลองเกี่ยวกับปัจจัยการทำงานของยานยนต์ล้อเดียว และภารกิจปฏิบัติการกลุ่มเพื่อพัฒนายานยนต์ล้อเดียวที่สามารถเคลื่อนที่ถึงระยะทางที่กำหนด ตามเวลาที่กำหนด	3 วัน	สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) และสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ.)

ลำดับ	ชื่อหลักสูตร	หัวข้อการอบรม	จำนวนวันที่จัดอบรม	ผู้จัดอบรม
33	วัสดุเบาสำหรับยานยนต์สมัยใหม่	- ประวัติความเป็นมา - แนวโน้มการพัฒนาวัสดุเบาสำหรับยานยนต์ - ชิ้นส่วนต่าง ๆ ภายในยานยนต์ที่สามารถใช้วัสดุเบา - ผลกระทบของการใช้วัสดุเบา - ความคุ้มค่าของวัสดุเบาแต่ละประเภท - ความแตกต่างของเทคโนโลยีวัสดุเบาสำหรับยานยนต์สมัยใหม่	2 วัน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
34	อนาคตยานยนต์สมัยใหม่และการขนส่งและการจราจรอัจฉริยะ	- แนวโน้มยานยนต์สมัยใหม่ (CASE) - การเชื่อมโยงระหว่างยานยนต์สมัยใหม่ และสิ่งแวดล้อมรอบตัว (C) - เทคโนโลยีระบบขับเคลื่อนอัตโนมัติ (A) - การใช้งานพาหนะร่วมกัน (S) - เทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้าสมัยใหม่ (E) - เทคโนโลยีแบตเตอรี่และการประจุไฟฟ้าสมัยใหม่ - ระบบขนส่งและจราจรอัจฉริยะ (Intelligent Transportation System) - นโยบายของประเทศไทยต่อการขนส่งสมัยใหม่ - เสวนา: แนวโน้มยานยนต์สมัยใหม่ และระบบขนส่งและจราจรอัจฉริยะ	2 วัน	สถาบันพัฒนาบุคลากรแห่งอนาคต สวทช.
35	การบำรุงรักษารถจักรยานยนต์ไฟฟ้า EV	- ระบบแบตเตอรี่ - ระบบขับเคลื่อน - การบำรุงรักษารถจักรยานยนต์ไฟฟ้า EV	3 วัน	สถาบันพัฒนาบุคลากรในอุตสาหกรรมยานยนต์และชิ้นส่วนอะไหล่ยานยนต์

ลำดับ	ชื่อหลักสูตร	หัวข้อการอบรม	จำนวนวันที่จัดอบรม	ผู้จัดอบรม
36	เทคโนโลยีการเชื่อมวัสดุสำหรับอุตสาหกรรมยานยนต์ ยานยนต์ไฟฟ้า และอุตสาหกรรมระบบขนส่งทางราง	- เทคโนโลยีกระบวนการเชื่อมวัสดุ - เทคโนโลยีกระบวนการเชื่อมวัสดุสมัยใหม่ - พฤติกรรมของโลหะและวัสดุในกระบวนการเชื่อม - ลักษณะความเสียหายในงานเชื่อมและเทคนิคในการวิเคราะห์ความเสียหาย - การควบคุมคุณภาพและมาตรฐานสากลที่เกี่ยวข้องกับการเชื่อมในอุตสาหกรรมยานยนต์และยานยนต์ไฟฟ้า - การควบคุมคุณภาพและมาตรฐานสากลที่เกี่ยวข้องกับการเชื่อมในอุตสาหกรรมระบบขนส่งทางราง - กรณีศึกษาเรื่องกระบวนการเชื่อมวัสดุในอุตสาหกรรมยานยนต์ ยานยนต์ไฟฟ้า และอุตสาหกรรมระบบขนส่งทางราง - การใช้โปรแกรมจำลองทางวิศวกรรมในการประเมินความเค้น ความเครียดและการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางโลหะวิทยาในกระบวนการเชื่อม	2 วัน	ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สวทช.
37	อบรมเชิงปฏิบัติการ: ความปลอดภัยด้านยานยนต์ไฟฟ้า One – day Electric Vehicle Safety Training and Workshop”	- Korean EV Status - EV charging market status & solutions - Other Korean solutions - EV Safety Training Introduction - Overview & Levels - Other Training solutions - Electric Hazard - First Aid - EV safety solutions - EV Fire & Accidents - NFPA EV Emergency response training overview	1 วัน	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา

ลำดับ	ชื่อหลักสูตร	หัวข้อการอบรม	จำนวนวันที่จัดอบรม	ผู้จัดอบรม
		- Emergency field guide intro - Personal protective Equipment - De-Energized work with NISSAN Leaf		
	ซ่อมยานยนต์ไฟฟ้า			
38	อบรมช่างซ่อมรถยนต์ไฮบริดและรถยนต์ไฟฟ้า			มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ (มทร.สุวรรณภูมิ) จัดให้กับบุคลากรบริษัททางด่วนและรถไฟฟ้ากรุงเทพ จำกัด (มหาชน)
39	การปฏิบัติงานซ่อมบำรุงรถยนต์ไฟฟ้าและรถยนต์ไฮบริด			กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน เป็นการฝึกยกระดับฝีมือแรงงาน

ที่มา: รวบรวมโดยคณะผู้วิจัย ข้อมูล ณ วันที่ 15 พฤษภาคม ค.ศ. 2023

7.4 แผนที่น่าสนใจทางหลักสูตรการอบรมด้านยานยนต์สมัยใหม่

การจัดทำร่างแผนที่นำทาง (Roadmap) หลักสูตรการอบรมบุคลากรด้านยานยนต์สมัยใหม่ ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน โดยมีรายละเอียดดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดกลุ่มเป้าหมาย (Target) ของผู้เข้าอบรม ประกอบด้วย กลุ่มบุคลากรจากอุตสาหกรรมยานยนต์เดิม กลุ่มบุคลากรจากอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง เช่น ไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ คอมพิวเตอร์ซอฟต์แวร์ ระบบสื่อสาร เป็นต้น และกลุ่มบัณฑิตจบใหม่ เพื่อเตรียมความพร้อมก่อนเข้าสู่การทำงานในภาคอุตสาหกรรม

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดผลลัพธ์ (Outcome) ของการจัดทำแผนที่นำทาง โดยแผนที่นำทางนี้จะเป็นแนวทางเพื่อสนับสนุนให้ผู้ประกอบการมีองค์ความรู้และทักษะที่จำเป็นสำหรับการดำเนินธุรกิจในกลุ่มชิ้นส่วนยานยนต์สมัยใหม่ตามที่รัฐส่งเสริม คือ ชิ้นส่วนยานยนต์ไฟฟ้า (EV) 9 รายการ ชิ้นส่วนยานยนต์เชื่อมต่อและขับเคลื่อนอัตโนมัติ (CAV) 9 รายการ ชิ้นส่วนเครื่องยนต์สันดาปภายในที่สะอาด (Clean ICE) ในกลุ่มระบบบำบัดไอเสีย และชิ้นส่วนอะไหล่ทดแทน (REM)

ขั้นตอนที่ 3 กำหนดรายวิชาและลำดับการเรียนรู้ โดยประกอบด้วยระดับความยากง่ายของวิชา ชื่อวิชาและรายละเอียดโดยสังเขปของรายวิชา และแผนการเรียนรู้ ดังนี้

- 1) ระดับความยากง่ายของวิชา จะจำแนกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ ระดับต้น (Basic) ระดับกลาง (Intermediate) และระดับสูง (Advance)
 - 1.1) ระดับพื้นฐาน/ระดับต้น (Basic) เข้าใจพื้นฐานภาพรวมและหลักการทำงานของระบบ เพื่อเตรียมพร้อมในการเรียนรู้
 - 1.2) ระดับกลาง (Intermediate) เข้าใจหลักการทำงานของระบบควบคุม (System integration) และผลิตภัณฑ์ (Product) เพื่อสามารถประยุกต์ใช้ในการผลิต
 - 1.3) ระดับสูง (Advance) เข้าใจหลักการออกแบบและพัฒนา เพื่อสามารถประยุกต์ใช้ในการออกแบบและพัฒนา ทวนสอบการออกแบบ และการผลิตขั้นสูง
- 2) รวบรวมชื่อวิชาแต่ละกลุ่ม และในแต่ละวิชาจะให้รายละเอียดของวิชาโดยสังเขป
- 3) สร้างแผนการเรียนรู้ (ชุดรายวิชา) เพื่อบรรลุวัตถุประสงค์ เช่น การผลิต การทดสอบ การออกแบบและพัฒนาของชิ้นส่วน
- 4) กำหนดรหัสวิชา เพื่อให้เข้าใจได้ง่าย โดยมีหลักการกำหนดรหัสวิชา ดังนี้

ตัวอักษรขึ้นต้น แสดงถึง ตัวย่อชื่อกลุ่มชิ้นส่วน ได้แก่

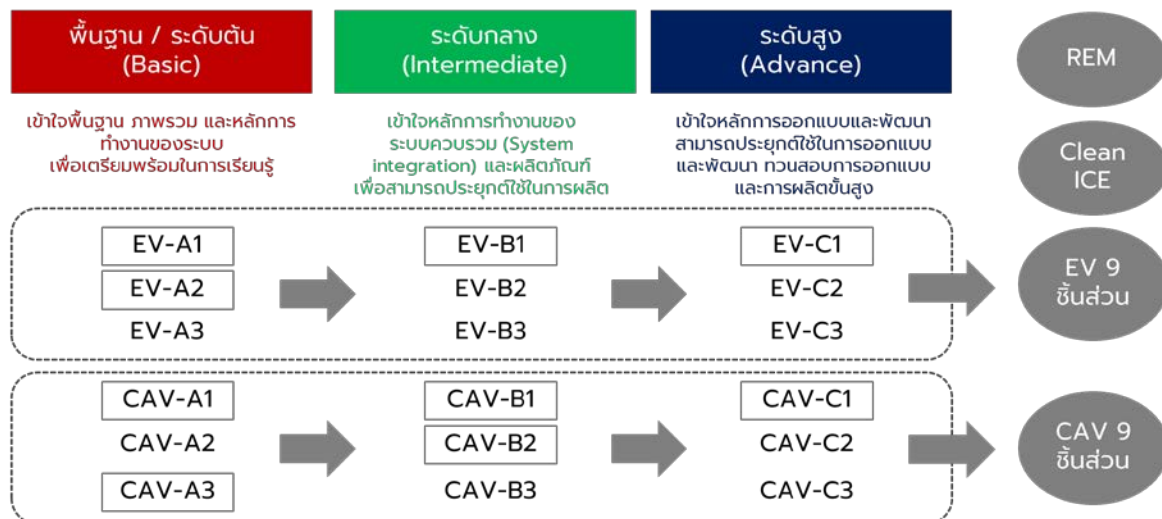
 - EV สำหรับกลุ่มยานยนต์ไฟฟ้า
 - AV สำหรับกลุ่มยานยนต์เชื่อมต่อและขับเคลื่อนอัตโนมัติ
 - ICE สำหรับกลุ่มยานยนต์เครื่องยนต์สันดาปสะอาด
 - REM สำหรับกลุ่มชิ้นส่วนอะไหล่ทดแทน

ตัวเลขหลักแรก แสดงถึง ระดับความยากง่ายของวิชา ได้แก่

 - 1 คือ ระดับพื้นฐาน
 - 2 คือ ระดับกลาง
 - 3 คือ ระดับสูง

ตัวเลขหลักที่สองและสาม แสดงถึง ลำดับของวิชา

เช่น EV101 พื้นฐานยานยนต์ไฟฟ้า EV201 ระบบขับเคลื่อนสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า EV301 X-in-the-Loop Simulation (MIL-SIL-PIL-HIL-VIL) AV101 พื้นฐานยานยนต์ขับเคลื่อนอัตโนมัติ AV201 เทคโนโลยี เซ็นเซอร์และตัวกระตุ้นการทำงานในยานยนต์สมัยใหม่ AV309 Advanced vehicle body and exterior manufacturing เป็นต้น (แสดงดังรูปที่ 7-17)



รูปที่ 7-17 กำหนดรายวิชาและลำดับการเรียนหลักสูตรการอบรมบุคลากรด้านยานยนต์สมัยใหม่

ขั้นตอนที่ 4 กำหนดช่วงเวลาที่เหมาะสมสำหรับการอบรม เพื่อให้สามารถพัฒนาบุคลากรได้ทันตามความต้องการของอุตสาหกรรม โดยจะพิจารณาจากแผนการผลิตและมาตรการที่เกี่ยวข้องกับการผลิตเป็นสำคัญ กล่าวคือ จากมาตรการ EV3 ที่กำหนดให้ผู้ผลิตรายานยนต์ที่เข้าร่วมโครงการต้องผลิตชุดเซรี่ย์ยนต์ไฟฟ้าตามจำนวนที่นำเข้ามา โดยหากผลิตภายในปี ค.ศ. 2024 ให้ผลิตในอัตรา 1 ต่อ 1 แต่หากผลิตภายในปี ค.ศ. 2025 ให้ผลิตในอัตรา 1 ต่อ 1.5 ดังนั้นจึงคาดการณ์ว่าผู้ผลิตรายานยนต์ที่เข้าร่วมโครงการน่าจะผลิตชุดเซรี่ย์ยนต์ภายในปี ค.ศ. 2024 ดังนั้น การจัดหาชิ้นส่วนและบริษัทคู่ค้าเพื่อเตรียมการผลิตจะเกิดขึ้นในปี ค.ศ. 2023 เป็นอย่างช้า ซึ่งเป็นเวลาที่กระชั้นชิดเกินไปสำหรับการพัฒนาบุคลากรให้แล้วเสร็จ ดังนั้นการอบรมเพื่อยกระดับบุคลากรสำหรับอุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ จะเป็นการดำเนินการเพื่อการผลิตรอบถัดไป

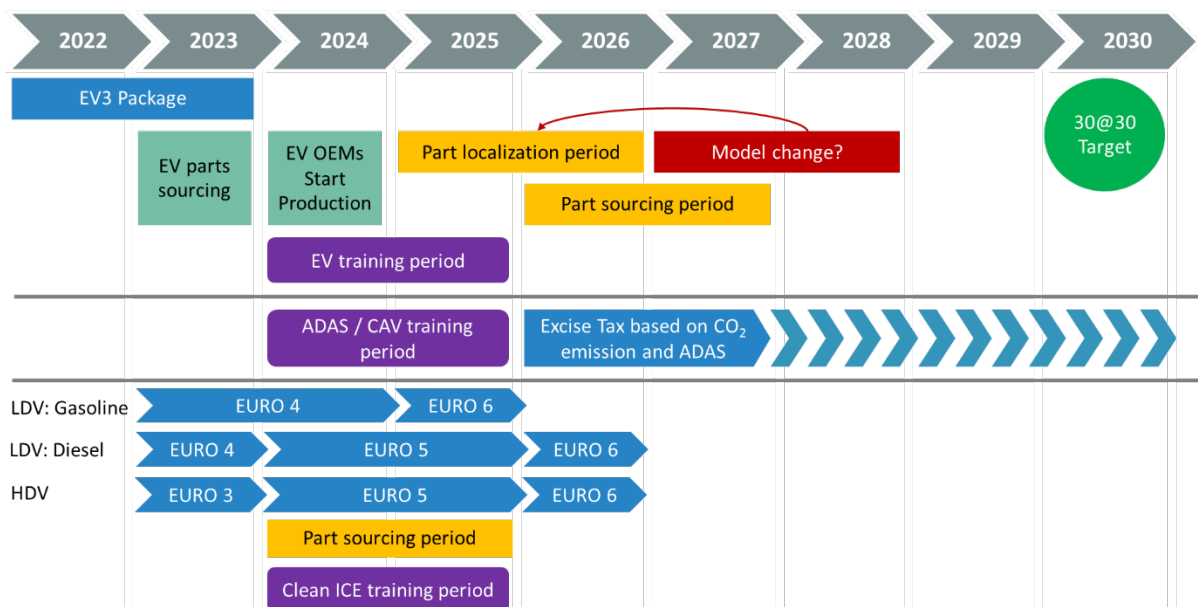
การผลิตในรอบถัดไป หรือ New Model คาดว่าจะเกิดในอีก 4 ปีข้างหน้า คือ ปี ค.ศ. 2028 และการจัดหาชิ้นส่วนและบริษัทคู่ค้าเพื่อเตรียมการผลิตจะเกิดขึ้น 1-2 ปี ก่อนหน้าปีที่มีการเปลี่ยนรุ่นการผลิต คือ ปี ค.ศ. 2026 ถึง 2027 และในช่วงก่อนเปลี่ยนรุ่นโมเดลใหม่ อาจเกิดกิจกรรมการพัฒนาชิ้นส่วนและผู้ประกอบการในประเทศเพิ่มเติมเพื่อลดต้นทุน หรือเพิ่มสัดส่วนชิ้นส่วนที่ผลิตในประเทศ ดังนั้นจึงสามารถระบุเงื่อนไขที่เหมาะสมในการอบรมกลุ่มยานยนต์ไฟฟ้า (EV) ควรอยู่ในช่วงปี ค.ศ. 2024-2025 โดยเน้นการอบรมวิชาการระดับพื้นฐานและระดับกลางในปี ค.ศ. 2024 และระดับสูง ในปี ค.ศ. 2025

ด้านการอบรมกลุ่มยานยนต์เชื่อมต่อและขับเคลื่อนอัตโนมัติ (CAV) ขึ้นกับปัจจัยด้านอุปสงค์ของอุตสาหกรรมของระบบช่วยเหลือผู้ขับขี่ขั้นสูง (Advanced Driver Assistance System: ADAS) ที่ติดตั้งในยานยนต์ โดยกรมสรรพสามิตจะปรับโครงสร้างภาษีสรรพสามิตรถยนต์ที่มีการคำนึงถึงอุปกรณ์มาตรฐานความปลอดภัยเพิ่มเติมมาจากการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของรถยนต์ โดยเริ่มบังคับใช้ 1 มกราคม 2026

กล่าวคือ ยานยนต์ที่ติดตั้งระบบช่วยเหลือผู้ขับขี่ขั้นสูง (ADAS) จะได้รับลดภาษีสรรพสามิต แต่หากติดตั้งน้อยกว่าที่กำหนดจะเสียภาษีในอัตราที่สูงกว่า โดยกรณีรถยนต์สันดาปภายในต้องติดตั้ง ADAS 2 จาก 6 ระบบ และกรณีรถยนต์ไฟฟ้าต้องติดตั้ง ADAS 4 จาก 6 ระบบ ได้แก่ ระบบเตือนเมื่อออกจากช่องจราจร (Lane Departure Warning) ระบบรักษารถให้อยู่ในช่องจราจร (Lane Keep Assist) ระบบเบรกฉุกเฉินอัตโนมัติ (Advance Emergency Braking System) ระบบเตือนการชนด้านหน้า (Forward Collision Warning) ระบบควบคุมความเร็วอัตโนมัติแปรผัน (Adaptive Cruise Control) และระบบเตือนเมื่อมีรถอยู่ในจุดอับสายตา (Blind Spot Monitoring) ดังนั้นจากมาตรการดังกล่าว พบว่าตั้งแต่ปี ค.ศ. 2026 จะเป็นปีที่ทำให้เกิดอุปสงค์ต่อ ADAS อย่างมาก ดังนั้นจึงควรอบรมบุคลากรด้านยานยนต์เชื่อมต่อและขับขี่อัตโนมัติ (CAV) ขึ้นในปี ค.ศ. 2024 ถึง 2025 เพื่อให้ทันต่อการจัดหาชิ้นส่วน ADAS

อีกทั้ง เพื่อให้สอดคล้องกับการส่งเสริมยานยนต์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม นอกจากการส่งเสริมยานยนต์ไฟฟ้าแล้ว สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เตรียมประกาศใช้มาตรฐานการปล่อยมลพิษรถยนต์นั่งส่วนบุคคลจากมาตรฐานยูโร 4 ที่ใช้ในปัจจุบันไปเป็น มาตรฐานยูโร 6 ในปี ค.ศ. 2025 และกรณีรถประเภทอื่น ๆ จะปรับจากมาตรฐานยูโร 4 เป็นมาตรฐานยูโร 5 และยูโร 6 ในปี ค.ศ. 2024 และ 2026 ตามลำดับ ดังนั้นเงื่อนไขที่เหมาะสมในการอบรมกลุ่มยานยนต์เครื่องสันดาปสะอาด (Clean ICE) จึงควรเกิดขึ้นในปี ค.ศ. 2024

การอบรมกลุ่มชิ้นส่วนอะไหล่ทดแทน (REM) ยังไม่พบเงื่อนไขเวลาจากนโยบายหรือมาตรการของภาครัฐที่มีความเกี่ยวข้องโดยตรง แต่หากพิจารณาถึงโอกาสทางธุรกิจของ กลุ่มชิ้นส่วนอะไหล่ทดแทน (REM) ควรจัดให้มีการอบรมโดยเร็ว ในช่วงปี ค.ศ. 2024 ถึงต้นปี 2025



รูปที่ 7-18 เงื่อนไขเวลาสำหรับการอบรมด้านยานยนต์สมัยใหม่

7.4.1 แผนที้นำทางหลักสูตรการอบรมบุคลากรด้านชิ้นส่วนยานยนต์ไฟฟ้า

ชิ้นส่วนยานยนต์ไฟฟ้า (EV) เป้าหมาย 9 รายการ ประกอบด้วย

- 1) แบตเตอรี่ (Battery)
- 2) มอเตอร์ขับเคลื่อนยานยนต์ไฟฟ้า (Traction motor)
- 3) คอมเพรสเซอร์สำหรับยานยนต์ไฟฟ้า (E compressor)
- 4) ระบบบริหารจัดการแบตเตอรี่ (BMS)
- 5) ระบบควบคุมการขับเคลื่อน (DCU)
- 6) อุปกรณ์ประจุไฟฟ้าที่ติดตั้งในยานยนต์ (On-board charger)
- 7) อุปกรณ์แปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (DC/DC converter)
- 8) อินเวอร์เตอร์สำหรับหน่วยควบคุมพลังงาน (Inverter)
- 9) เกียร์ทดรอบ (Reduction gear)

จากรายการชิ้นส่วนดังกล่าว มีชุดความรู้ที่บุคลากรจำเป็นต้องมี โดยเรียงลำดับตามความยากง่าย ดังนี้

ระดับพื้นฐาน (Basic) เข้าใจพื้นฐาน ภาพรวม และหลักการทำงานของระบบ เพื่อเตรียมพร้อมในการเรียนรู้ ประกอบด้วย

- EV-101 พื้นฐานยานยนต์ไฟฟ้า
- EV-102 ความปลอดภัยในการทำงานระบบแรงดันไฟฟ้าสูงในยานยนต์ไฟฟ้า
- EV-103 วัสดุและชิ้นส่วนสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า และมาตรฐาน
- EV-104 ความรู้พื้นฐานของอุปกรณ์อัดประจุไฟฟ้าสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า

ระดับกลาง (Intermediate) เข้าใจหลักการทำงานของระบบควบคุม (System integration) และผลิตภัณฑ์ (Product) เพื่อสามารถประยุกต์ใช้ในการผลิต

กลุ่มวิชาหลักการทำงานของระบบควบคุม (System integration) และผลิตภัณฑ์

- EV-201 ระบบขับเคลื่อนสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า
- EV-202 ระบบอิเล็กทรอนิกส์กำลังในยานยนต์ไฟฟ้า
- EV-203 แพ็คแบตเตอรี่สำหรับยานยนต์ไฟฟ้า
- EV-204 ระบบจัดการแบตเตอรี่
- EV-205 ระบบ HVAC สำหรับยานยนต์ไฟฟ้า
- EV-206 ซอฟต์แวร์ระบบฝังตัวในรถยนต์ (Automotive embedded system software)
- EV-207 พลศาสตร์ยานยนต์ (Vehicle Dynamics)

กลุ่มเน้นการประยุกต์ใช้ในการผลิต

- EV-208 Electronics Manufacturing and PCB Assembly
- EV-209 Battery manufacturing
- EV-210 Traction motor manufacturing
- EV-211 E-axle manufacturing

ระดับสูง (Advance) เข้าใจหลักการออกแบบและพัฒนา สามารถประยุกต์ใช้ในการออกแบบและพัฒนา ทวนสอบการออกแบบ และการผลิตขั้นสูง

กลุ่มวิชาการออกแบบและพัฒนา ทวนสอบการออกแบบ

- EV-301 X-in-the-Loop Simulation (MIL-SIL-PIL-HIL-VIL)
- EV-302 EV Powertrain System Integration (Acc performance/ Motor sizing/ Battery sizing)
- EV-303 Battery pack design
- EV-304 BMS Design
- EV-305 Traction motor design
- EV-306 Power electronics system design
- EV-307 Traction inverter design
- EV-308 DCU design
- EV-309 Transmission/ reduction gear / E-axle design
- EV-310 E-compressor design

กลุ่มวิชา การผลิตขั้นสูง (Advanced Manufacturing)

- EV-311 Advanced battery manufacturing
- EV-312 Advanced automotive electronics manufacturing

โดยมีเนื้อหารายวิชาโดยสังเขป (Course description) แสดงดังตารางที่ 7-4 และมีแผนการเรียนรู้ (ชุดรายวิชา) ลำดับการเรียนรู้ในแต่ละช่วงเวลาที่สุดคล้องกับความต้องการของภาคอุตสาหกรรม แสดงดังตารางที่ 7-5 ถึง ตารางที่ 7-13

ตารางที่ 7-4 เนื้อหารายวิชาโดยสังเขป หลักสูตรการอบรมกลุ่มชิ้นส่วนยานยนต์ไฟฟ้า

รหัสวิชา	ชื่อรายวิชา	เนื้อหารายวิชาโดยสังเขป (Course description)
EV-101	พื้นฐานยานยนต์ไฟฟ้า	Discover the basics of Electric Vehicles (EVs) in this course. Learn about essential components like batteries, motors, and charging systems. Understand their environmental benefits and performance. Get a solid foundation for the EV revolution.
EV-102	ความปลอดภัยในการทำงานระบบแรงดันไฟฟ้าสูงในยานยนต์ไฟฟ้า	Explore the Safety of High-Voltage Systems in Electric Vehicles (EVs). Learn about isolation, disconnect systems, emergency shutdowns, and advanced safeguards. Understand how proper grounding, thermal management, and structural design contribute to a secure EV environment. Gain insights into industry regulations and safety protocols. Equip yourself with essential knowledge to ensure the safe handling and operation of EV high-voltage systems.
EV-103	วัสดุและชิ้นส่วนสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า และมาตรฐาน	Dive into EV Materials, Components, and Standards. Discover the building blocks of Electric Vehicles (EVs), from batteries and motors to power electronics. Learn about advanced materials and their role in EV efficiency and safety. Understand industry standards shaping EV design and manufacturing.
EV-104	ความรู้พื้นฐานของอุปกรณ์อัดประจุไฟฟ้าสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า	Uncover EV Charging Systems & Standards. Delve into the world of Electric Vehicle (EV) charging, from home setups to public infrastructure. Learn about charging connector types, power levels, and charging network standards. Understand the role of interoperability and safety regulations. Get equipped with the knowledge to navigate the EV charging landscape.
EV-201	ระบบขับเคลื่อนสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า	This course provides an in-depth understanding of the core components driving electric vehicles (EVs). Delve into electric motor technologies, including types, design considerations, and their role in propulsion. Dive into power electronics, unraveling their significance in managing energy flow. Study drivetrain configurations and their impact on efficiency and performance. Explore regenerative braking, harnessing kinetic energy for increased sustainability.
EV-202	ระบบอิเล็กทรอนิกส์กำลังในยานยนต์ไฟฟ้า	Uncover the vital role of power electronics in Electric Vehicles (EVs). Delve into converters, inverters, and controllers that shape energy flow. Understand how power electronics optimize battery performance, motor control, and overall efficiency.
EV-203	แพ็คเกจเตอรี่สำหรับยานยนต์ไฟฟ้า	This course offers an in-depth exploration of the cornerstone of Electric Vehicles (EVs): the battery pack. Uncover the intricacies of various battery chemistries, their advantages, and limitations. Study the anatomy of a battery pack, from individual cells to modules and the overall pack design. Delve into energy density, capacity, and the

รหัสวิชา	ชื่อรายวิชา	เนื้อหาวิชาโดยสังเขป (Course description)
		critical interplay between range and efficiency. Learn about thermal management systems, crucial for battery longevity and safety. Discover battery management systems (BMS) and their role in monitoring, balancing, and protecting battery cells.
EV-204	ระบบจัดการแบตเตอรี่	This course offers a comprehensive exploration of BMS, the intelligence behind EV batteries. Discover how BMS monitors individual cell health, voltage, and temperature, ensuring optimal performance and safety. Explore cell balancing techniques that prolong battery life and enhance energy storage. Understand the significance of thermal management in preventing overheating and maintaining battery efficiency. Learn about advanced algorithms that predict battery behavior and optimize charging and discharging patterns.
EV-205	ระบบ HVAC สำหรับยานยนต์ไฟฟ้า	Delve into the specialized world of Heating, Ventilation, and Air Conditioning (HVAC) systems in Electric Vehicles (EVs). Understand how EV HVAC designs cater to unique energy constraints and cabin comfort needs. Learn about electric heating, cooling, and air distribution technologies. Gain insights into optimizing cabin climate control while enhancing overall energy efficiency.
EV-206	ซอฟต์แวร์ระบบฝังตัวในรถยนต์ (Automotive embedded system software)	This course takes you through the intricate world of software that governs the functionality and performance of modern vehicles. Uncover the complexities of embedded systems, the backbone of automotive software. Dive into control algorithms, understanding how they orchestrate critical vehicle operations in real-time. Learn about real-time operating systems (RTOS) and their role in ensuring seamless execution of tasks. Delve into the convergence of software with safety-critical functions, connectivity features, and infotainment systems. Gain insights into the evolving landscape of automotive cybersecurity, safeguarding vehicles from digital threats. Explore the era of over-the-air updates, enabling software enhancements without physical intervention.
EV-207	พลศาสตร์ยานยนต์ (Vehicle Dynamics)	Explore Vehicle Dynamics. Immerse yourself in the fascinating realm of how vehicles move and behave. Learn about suspension systems, steering mechanisms, and tire dynamics. Understand the principles behind stability, traction, and handling. Dive into the science of vehicle dynamics, mastering the art of optimizing control and performance.
EV-208	Electronics Manufacturing and PCB Assembly	This course provides an in-depth exploration of the intricate processes that bridge electronic design with functional devices. Delve into PCB design principles, mastering layout, and routing techniques. Uncover the art of component selection and placement, ensuring optimal functionality and reliability. Learn about soldering methods, from surface mount technology (SMT) to through-hole assembly. Explore quality control measures,

รหัสวิชา	ชื่อรายวิชา	เนื้อหาวิชาโดยสังเขป (Course description)
		examining inspection, testing, and defect mitigation strategies. Understand the synergy between design, fabrication, and assembly, as you navigate the complexities of turning concepts into tangible electronics.
EV-209	Battery manufacturing	This course offers a deep dive into the intricate processes that yield the energy-storage marvels powering modern technologies. Explore the spectrum of battery chemistries, understanding the strengths and limitations of each. Delve into cell assembly techniques, uncovering the precision required for electrode placement and electrolyte infusion. Learn about electrode fabrication, from active material preparation to coating methods. Investigate advanced manufacturing technologies such as roll-to-roll processes and automated assembly lines. Navigate quality control strategies that ensure consistency and performance across production batches. Grasp the art of scaling up manufacturing, from lab-scale to commercial-level production, all while prioritizing safety and efficiency.
EV-210	Traction motor manufacturing	This course offers a deep exploration of the critical components that drive electric vehicle propulsion. Delve into various motor types, dissecting their advantages and applications. Understand motor design principles, from electromagnetic theory to rotor dynamics, optimizing efficiency and performance. Learn about winding techniques, mastering the art of precise coil arrangement for optimal power output. Explore the intricacies of motor manufacturing, from core fabrication to assembly and testing. Dive into quality control methods that ensure consistent excellence in every unit produced. Uncover the cutting-edge technologies shaping the evolution of traction motor manufacturing, from automation to advanced materials.
EV-211	E-axle manufacturing	Uncover the intricacies of integrated electric axles, where motor, transmission, and power electronics converge. Delve into the design principles that optimize space, weight, and efficiency, while ensuring seamless integration with the vehicle. Learn about component selection, assembly techniques, and manufacturing considerations that contribute to compact and powerful E-Axle systems. Explore control strategies that harmonize motor performance with vehicle dynamics, enhancing driving experience and energy efficiency. Through real-world examples and case studies, gain insights into the cutting-edge technologies driving the evolution of E-Axle systems.
EV-301	X-in-the-Loop Simulation (MIL-SIL-PIL-HIL-VIL)	Explore various 'X' environments—such as Hardware-in-the-Loop (HIL), Software-in-the-Loop (SIL), and more—that replicate real-world conditions. Learn how simulation accelerates testing, validation, and optimization across automotive systems. Understand how X-in-the-Loop techniques drive innovation and streamline the modern

รหัสวิชา	ชื่อรายวิชา	เนื้อหารายวิชาโดยสังเขป (Course description)
		automotive design process. This course equips you with the skills to harness the power of simulation in shaping the vehicles of tomorrow.
EV-302	EV Powertrain System Integration (Acc performance/ Motor sizing/ Battery sizing)	This course provides a comprehensive understanding of how the various components of an electric vehicle powertrain come together to create a harmonious and high-performance system. Delve into the intricacies of achieving optimal acceleration performance through careful control of power delivery. Learn about the art and science of motor sizing, considering factors such as torque requirements, efficiency, and thermal management. Explore battery sizing methodologies that balance range, energy storage, and weight considerations. Through practical examples and case studies, understand the real-world application of these integration techniques. Gain insights into the computational tools and simulations used to model and optimize powertrain dynamics.
EV-303	Battery pack design	Uncover the complexities of cell selection, considering factors such as energy density, cycle life, and safety profiles. Explore thermal management strategies that prevent overheating and ensure consistent performance. Delve into packaging considerations, optimizing space utilization while maintaining structural integrity. Understand the intricate balance between battery capacity, range, and overall vehicle efficiency. Learn about advanced technologies such as battery management systems (BMS) that monitor and optimize pack health. Through real-world case studies, gain insights into the challenges and innovations driving battery pack design.
EV-304	BMS Design	Understand the intricate art and science of cell monitoring, ensuring precise assessment of individual cell health, voltage, and temperature. Learn about advanced balancing algorithms that distribute energy uniformly, maximizing battery capacity and prolonging lifespan. Explore thermal management strategies that safeguard battery health by preventing overheating and maintaining optimal operating conditions. Understand the pivotal role BMS plays in maintaining battery safety, optimizing performance, and enhancing overall efficiency. Dive into the design principles behind sophisticated BMS solutions that integrate cutting-edge technologies such as state estimation, predictive algorithms, and connectivity for real-time data analysis. Through real-world case studies, gain insights into the challenges and innovations driving BMS design.
EV-305	Traction motor design	This course offers an in-depth exploration of the pivotal components that propel electric vehicles forward. Delve into the various motor types available, from induction motors to permanent magnet motors, understanding their strengths and limitations. Learn about electromagnetic principles that govern motor operation, including torque production and efficiency optimization. Explore the intricacies of motor sizing, considering factors such as power

รหัสวิชา	ชื่อรายวิชา	เนื้อหาวิชาโดยสังเขป (Course description)
		requirements, weight constraints, and thermal considerations. Understand the art of thermal management, crucial for maintaining motor efficiency and longevity. Dive into materials selection, exploring advanced alloys and composites that enhance performance. Gain insights into control strategies, from sensor feedback to predictive algorithms, ensuring smooth and optimized motor operation. Through real-world case studies, grasp the challenges and innovations driving traction motor design.
EV-306	Power electronics system design	Delve into the intricacies of converters and inverters, understanding their roles in transforming and regulating electrical energy for optimal motor performance. Learn about control algorithms that dictate power distribution, ensuring seamless coordination between components. Understand the art of efficiency optimization, from minimizing energy losses to enhancing overall system performance. Explore thermal management strategies, crucial for maintaining the reliability and longevity of power electronics components. Gain insights into the integration of advanced semiconductor technologies, from wide bandgap materials to high-frequency switching. Through real-world case studies, grasp the challenges and innovations driving power electronics system design.
EV-307	Traction inverter design	Learn about inverter topologies, semiconductor devices, and thermal management. Understand the intricacies of designing efficient and reliable traction inverters that drive motor performance. Gain insights into control algorithms and software integration.
EV-308	DCU design	Learn about control algorithms, software integration, and real-time data processing. Understand how DCUs orchestrate motor, inverter, and battery interactions for optimal performance and efficiency. Gain insights into optimizing vehicle dynamics, energy consumption, and regenerative braking.
EV-309	Transmission/ reduction gear / E-axle design	This course offers an in-depth exploration of the critical components that dictate electric vehicle drivetrain performance. Delve into various transmission types, understanding their roles in optimizing power distribution and achieving desired vehicle dynamics. Learn about gear reduction principles, from planetary systems to single-speed setups, maximizing torque delivery and efficiency. Explore the innovative world of integrated E-Axle systems, where motor, transmission, and power electronics harmonize for optimal propulsion. Understand the intricacies of designing seamless and efficient drivetrains, balancing factors such as torque requirements, weight constraints, and energy consumption. Gain insights into thermal management strategies that enhance component longevity and system reliability.

รหัสวิชา	ชื่อรายวิชา	เนื้อหาวิชาโดยสังเขป (Course description)
EV-310	E-compressor design	Learn about electric compressors, refrigerant cycles, and cooling strategies. Understand how E-compressors enhance cabin comfort and battery thermal control. Gain insights into designing efficient and innovative E-compressor systems for optimal performance.
EV-311	Advanced battery manufacturing	Delve into advanced manufacturing techniques, from roll-to-roll processes to additive manufacturing, revolutionizing battery production efficiency and precision. Learn about the integration of nanomaterials, enhancing energy density and performance. Explore automation strategies that streamline assembly, from electrode fabrication to cell assembly. Understand the significance of quality control measures, ensuring consistency and reliability across production batches. Gain insights into the challenges and innovations in scaling up production, meeting the demands of an evolving market.
EV-312	Advanced automotive electronics manufacturing	Learn about advanced PCB assembly, high-reliability components, and automated production. Understand how electronics manufacturing drives safety, connectivity, and autonomous features. Gain insights into cutting-edge technologies shaping the future of automotive innovation.

ตารางที่ 7-5 แผนการเรียนรู้ (ชุดรายวิชา) หลักสูตรด้านชิ้นส่วนยานยนต์ไฟฟ้า: แบตเตอรี่

ปี ค.ศ. 2023	ไตรมาส 1 ปี ค.ศ. 2024	ไตรมาส 2 ปี ค.ศ. 2024	ไตรมาสที่ 3 ปี ค.ศ. 2024	ไตรมาส 4 ปี ค.ศ. 2024
การผลิตแบตเตอรี่แพ็ค				
EV-101 พื้นฐานยานยนต์ไฟฟ้า EV-102 ความปลอดภัยในการทำงานระบบแรงดันไฟฟ้าสูงในยานยนต์ไฟฟ้า EV-103 วัสดุและชิ้นส่วนสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า และมาตรฐาน	EV-203 แพ็คแบตเตอรี่สำหรับยานยนต์ไฟฟ้า EV-209 Battery manufacturing		EV-311 Advanced battery manufacturing	
การออกแบบแบตเตอรี่แพ็ค				
EV-101 พื้นฐานยานยนต์ไฟฟ้า EV-102 ความปลอดภัยในการทำงานระบบแรงดันไฟฟ้าสูงในยานยนต์ไฟฟ้า EV-103 วัสดุและชิ้นส่วนสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า และมาตรฐาน	EV-203 แพ็คแบตเตอรี่สำหรับยานยนต์ไฟฟ้า		EV-303 Battery pack design	

ตารางที่ 7-6 แผนการเรียนรู้ (ชุดรายวิชา) หลักสูตรด้านชิ้นส่วนยานยนต์ไฟฟ้า: มอเตอร์ขับเคลื่อนไฟฟ้า

ปี ค.ศ. 2023	ไตรมาส 1 ปี ค.ศ. 2024	ไตรมาส 2 ปี ค.ศ. 2024	ไตรมาสที่ 3 ปี ค.ศ. 2024	ไตรมาส 4 ปี ค.ศ. 2024
การผลิตมอเตอร์ขับเคลื่อน				
EV-101 พื้นฐานยานยนต์ไฟฟ้า EV-102 ความปลอดภัยในการทำงานระบบแรงดันไฟฟ้าสูงในยานยนต์ไฟฟ้า EV-103 วัสดุและชิ้นส่วนสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า และมาตรฐาน	EV-201 ระบบขับเคลื่อนสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า EV-210 Traction motor manufacturing			
การออกแบบมอเตอร์ขับเคลื่อน				
EV-101 พื้นฐานยานยนต์ไฟฟ้า EV-102 ความปลอดภัยในการทำงานระบบแรงดันไฟฟ้าสูงในยานยนต์ไฟฟ้า EV-103 วัสดุและชิ้นส่วนสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า และมาตรฐาน		EV-201 ระบบขับเคลื่อนสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า EV-202 ระบบอิเล็กทรอนิกส์กำลังในยานยนต์ไฟฟ้า EV-206 ซอฟต์แวร์ระบบฝังตัวในรถยนต์ (Automotive embedded system software)	EV-301 X-in-the-Loop Simulation (MIL-SIL-PIL-HIL-VIL) EV-302 EV Powertrain System Integration (Acc performance/ Motor sizing/ Battery sizing)	EV-305 Traction motor design

ตารางที่ 7-7 แผนการเรียนรู้ (ชุดรายวิชา) หลักสูตรด้านชิ้นส่วนยานยนต์ไฟฟ้า: คอมเพรสเซอร์สำหรับยานยนต์ไฟฟ้า

ปี ค.ศ. 2023	ไตรมาส 1 ปี ค.ศ. 2024	ไตรมาส 2 ปี ค.ศ. 2024	ไตรมาสที่ 3 ปี ค.ศ. 2024	ไตรมาส 4 ปี ค.ศ. 2024
การผลิตคอมเพรสเซอร์สำหรับยานยนต์ไฟฟ้า				
	EV-101 พื้นฐานยานยนต์ไฟฟ้า EV-102 ความปลอดภัยในการทำงานระบบแรงดันไฟฟ้าสูงในยานยนต์ไฟฟ้า EV-103 วัสดุและชิ้นส่วนสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า และมาตรฐาน	EV-205 ระบบ HVAC สำหรับยานยนต์ไฟฟ้า		
การออกแบบคอมเพรสเซอร์สำหรับยานยนต์ไฟฟ้า				
	EV-101 พื้นฐานยานยนต์ไฟฟ้า EV-102 ความปลอดภัยในการทำงานระบบแรงดันไฟฟ้าสูงในยานยนต์ไฟฟ้า EV-103 วัสดุและชิ้นส่วนสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า และมาตรฐาน	EV-205 ระบบ HVAC สำหรับยานยนต์ไฟฟ้า	EV-202 ระบบอิเล็กทรอนิกส์กำลังในยานยนต์ไฟฟ้า EV-206 ซอฟต์แวร์ระบบฝังตัวในรถยนต์	EV-301 X-in-the-Loop Simulation (MIL-SIL-PIL-HIL-VIL)

ตารางที่ 7-8 แผนการเรียนรู้ (ชุดรายวิชา) หลักสูตรด้านชิ้นส่วนยานยนต์ไฟฟ้า: ระบบบริหารจัดการแบตเตอรี่

ไตรมาส 1 ปี ค.ศ. 2024	ไตรมาส 2 ปี ค.ศ. 2024	ไตรมาสที่ 3 ปี ค.ศ. 2024	ไตรมาส 4 ปี ค.ศ. 2024	ไตรมาส 1 ปี ค.ศ. 2025
การผลิตระบบบริหารจัดการแบตเตอรี่				
EV-101 พื้นฐานยานยนต์ไฟฟ้า EV-102 ความปลอดภัยในการทำงานระบบแรงดันไฟฟ้าสูงในยานยนต์ไฟฟ้า EV-103 วัสดุและชิ้นส่วนสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า และมาตรฐาน	EV-204 ระบบจัดการแบตเตอรี่ EV-208 Electronics Manufacturing and PCB Assembly			
การออกแบบระบบบริหารจัดการแบตเตอรี่				
EV-101 พื้นฐานยานยนต์ไฟฟ้า EV-102 ความปลอดภัยในการทำงานระบบแรงดันไฟฟ้าสูงในยานยนต์ไฟฟ้า EV-103 วัสดุและชิ้นส่วนสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า และมาตรฐาน	EV-204 ระบบจัดการแบตเตอรี่ EV-208 Electronics Manufacturing and PCB Assembly	EV-202 ระบบอิเล็กทรอนิกส์กำลังในยานยนต์ไฟฟ้า EV-206 ซอฟต์แวร์ระบบฝังตัวในรถยนต์	EV-301 X-in-the-Loop Simulation (MIL-SIL-PIL-HIL-VIL)	EV-304 BMS Design

ตารางที่ 7-9 แผนการเรียนรู้ (ชุดรายวิชา) หลักสูตรด้านชิ้นส่วนยานยนต์ไฟฟ้า: ระบบควบคุมการขับเคลื่อน

ไตรมาส 1 ปี ค.ศ. 2024	ไตรมาส 2 ปี ค.ศ. 2024	ไตรมาสที่ 3 ปี ค.ศ. 2024	ไตรมาส 4 ปี ค.ศ. 2024	ไตรมาส 1 ปี ค.ศ. 2025	ไตรมาส 2 ปี ค.ศ. 2025
การผลิตระบบควบคุมการขับเคลื่อน					
EV-101 พื้นฐานยานยนต์ไฟฟ้า EV-102 ความปลอดภัยในการทำงานระบบแรงดันไฟฟ้าสูงในยานยนต์ไฟฟ้า EV-103 วัสดุและชิ้นส่วนสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า และมาตรฐาน	EV-201 ระบบขับเคลื่อนสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า EV-208 Electronics Manufacturing and PCB Assembly		EV-312 Advanced automotive electronics manufacturing		
การออกแบบระบบควบคุมการขับเคลื่อน					
EV-101 พื้นฐานยานยนต์ไฟฟ้า EV-102 ความปลอดภัยในการทำงานระบบแรงดันไฟฟ้าสูงในยานยนต์ไฟฟ้า EV-103 วัสดุและชิ้นส่วนสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า และมาตรฐาน	EV-201 ระบบขับเคลื่อนสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า EV-208 Electronics Manufacturing and PCB Assembly	EV-206 ซอฟต์แวร์ระบบฝังตัวในรถยนต์ EV-207 พลศาสตร์ยานยนต์	EV-301 X-in-the-Loop Simulation (MIL-SIL-PIL-HIL-VIL)	EV-302 EV Powertrain System Integration (Acc performance/ Motor sizing/ Battery sizing)	EV-308 DCU design

ตารางที่ 7-10 แผนการเรียนรู้ (ชุดรายวิชา) หลักสูตรด้านชิ้นส่วนยานยนต์ไฟฟ้า: อุปกรณ์ประจุไฟฟ้าที่ติดตั้งในยานยนต์ และอุปกรณ์แปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง

ไตรมาส 1 ปี ค.ศ. 2024	ไตรมาส 2 ปี ค.ศ. 2024	ไตรมาสที่ 3 ปี ค.ศ. 2024	ไตรมาส 4 ปี ค.ศ. 2024	ไตรมาส 1 ปี ค.ศ. 2025
การผลิตอุปกรณ์ประจุไฟฟ้าที่ติดตั้งในยานยนต์ และอุปกรณ์แปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง				
EV-101 พื้นฐานยานยนต์ไฟฟ้า EV-102 ความปลอดภัยในการทำงานระบบแรงดันไฟฟ้าสูงในยานยนต์ไฟฟ้า EV-103 วัสดุและชิ้นส่วนสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า และมาตรฐาน	EV-208 Electronics Manufacturing and PCB Assembly		EV-312 Advanced automotive electronics manufacturing	
การออกแบบอุปกรณ์ประจุไฟฟ้าที่ติดตั้งในยานยนต์ และอุปกรณ์แปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง				
EV-101 พื้นฐานยานยนต์ไฟฟ้า EV-102 ความปลอดภัยในการทำงานระบบแรงดันไฟฟ้าสูงในยานยนต์ไฟฟ้า EV-103 วัสดุและชิ้นส่วนสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า และมาตรฐาน		EV-202 ระบบอิเล็กทรอนิกส์กำลังในยานยนต์ไฟฟ้า EV-206 ซอฟต์แวร์ระบบฝังตัวในรถยนต์	EV-301 X-in-the-Loop Simulation (MIL-SIL-PIL-HIL-VIL)	EV-301 X-in-the-Loop Simulation (MIL-SIL-PIL-HIL-VIL)

ตารางที่ 7-11 แผนการเรียนรู้ (ชุดรายวิชา) หลักสูตรด้านชิ้นส่วนยานยนต์ไฟฟ้า: อินเวอร์เตอร์สำหรับหน่วยควบคุมพลังงาน

ไตรมาส 1 ปี ค.ศ. 2024	ไตรมาส 2 ปี ค.ศ. 2024	ไตรมาสที่ 3 ปี ค.ศ. 2024	ไตรมาส 4 ปี ค.ศ. 2024	ไตรมาส 1 ปี ค.ศ. 2025	ไตรมาส 2 ปี ค.ศ. 2025
การผลิตอินเวอร์เตอร์สำหรับ หน่วยควบคุมพลังงาน					
EV-101 พื้นฐานยานยนต์ ไฟฟ้า EV-102 ความปลอดภัย ในการทำงานระบบ แรงดันไฟฟ้าสูงในยานยนต์ ไฟฟ้า EV-103 วัสดุและชิ้นส่วน สำหรับยานยนต์ไฟฟ้า และมาตรฐาน	EV-201 ระบบขับเคลื่อน สำหรับยานยนต์ไฟฟ้า EV-208 Electronics Manufacturing and PCB Assembly		EV-312 Advanced automotive electronics manufacturing		
การออกแบบอินเวอร์เตอร์ สำหรับหน่วยควบคุม พลังงาน					
EV-101 พื้นฐานยานยนต์ ไฟฟ้า EV-102 ความปลอดภัย ในการทำงานระบบ แรงดันไฟฟ้าสูงในยานยนต์ ไฟฟ้า EV-103 วัสดุและชิ้นส่วน สำหรับยานยนต์ไฟฟ้า และมาตรฐาน	EV-201 ระบบขับเคลื่อน สำหรับยานยนต์ไฟฟ้า	EV-202 ระบบอิเล็กทรอนิกส์ กำลังในยานยนต์ไฟฟ้า EV-206 ซอฟต์แวร์ระบบ ฝังตัวในรถยนต์	EV-301 X-in-the-Loop Simulation (MIL-SIL-PIL- HIL-VIL)	EV-306 Power electronics system design	EV-307 Traction inverter design

ตารางที่ 7-12 แผนการเรียนรู้ (ชุดรายวิชา) หลักสูตรด้านชิ้นส่วนยานยนต์ไฟฟ้า: เกียร์ทดรอบ

ไตรมาส 1 ปี ค.ศ. 2024	ไตรมาส 2 ปี ค.ศ. 2024	ไตรมาสที่ 3 ปี ค.ศ. 2024	ไตรมาส 4 ปี ค.ศ. 2024	ไตรมาส 1 ปี ค.ศ. 2025	ไตรมาส 2 ปี ค.ศ. 2025
การผลิตเกียร์ทดรอบ					
EV-101 พื้นฐานยานยนต์ไฟฟ้า EV-102 ความปลอดภัยในการทำงานระบบแรงดันไฟฟ้าสูงในยานยนต์ไฟฟ้า EV-103 วัสดุและชิ้นส่วนสำหรับยานยนต์ไฟฟ้าและมาตรฐาน	EV-201 ระบบขับเคลื่อนสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า	EV-211 E-axle manufacturing	EV-312 Advanced automotive electronics manufacturing		
การออกแบบเกียร์ทดรอบ					
EV-101 พื้นฐานยานยนต์ไฟฟ้า EV-102 ความปลอดภัยในการทำงานระบบแรงดันไฟฟ้าสูงในยานยนต์ไฟฟ้า EV-103 วัสดุและชิ้นส่วนสำหรับยานยนต์ไฟฟ้าและมาตรฐาน	EV-201 ระบบขับเคลื่อนสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า	EV-207 พลศาสตร์ยานยนต์	EV-301 X-in-the-Loop Simulation (MIL-SIL-PIL-HIL-VIL)	EV-302 EV Powertrain System Integration (Acc performance/ Motor sizing/ Battery sizing)	EV-309 Transmission/ reduction gear / E-axle design

ตารางที่ 7-13 แผนการเรียนรู้ (ชุดรายวิชา) หลักสูตรด้านชิ้นส่วนยานยนต์ไฟฟ้า

	ปี ค.ศ. 2023	ไตรมาส 1 ปี ค.ศ. 2024	ไตรมาส 2 ปี ค.ศ. 2024	ไตรมาสที่ 3 ปี ค.ศ. 2024	ไตรมาส 4 ปี ค.ศ. 2024	ไตรมาส 1 ปี ค.ศ. 2025	ไตรมาส 2 ปี ค.ศ. 2025
1. แบตเตอรี่ (Battery)	ระดับต้น	ระดับกลาง		ระดับสูง	ระดับสูง		
2. มอเตอร์ขับเคลื่อนยานยนต์ไฟฟ้า (Traction motor)	ระดับต้น	ระดับกลาง	ระดับกลาง	ระดับสูง	ระดับสูง		
3. คอมเพรสเซอร์สำหรับยานยนต์ไฟฟ้า (E compressor)		ระดับต้น	ระดับกลาง	ระดับกลาง	ระดับสูง	ระดับสูง	
4. ระบบบริหารจัดการแบตเตอรี่ (BMS)		ระดับต้น	ระดับกลาง	ระดับกลาง	ระดับสูง	ระดับสูง	ระดับสูง
5. ระบบควบคุมการขับเคลื่อน (DCU)		ระดับต้น	ระดับกลาง	ระดับกลาง	ระดับสูง	ระดับสูง	
6. อุปกรณ์ประจุไฟฟ้าที่ติดตั้งในยานยนต์ (On-board charger)		ระดับต้น	ระดับกลาง	ระดับกลาง	ระดับสูง	ระดับสูง	
7. อุปกรณ์แปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (DC/DC converter)		ระดับต้น	ระดับกลาง	ระดับกลาง	ระดับสูง	ระดับสูง	ระดับสูง
8. อินเวอร์เตอร์สำหรับหน่วยควบคุมพลังงาน (Inverter)		ระดับต้น	ระดับกลาง	ระดับกลาง	ระดับสูง		
9. เกียร์ทดรอบ (Reduction gear)		ระดับต้น	ระดับกลาง	ระดับกลาง	ระดับสูง	ระดับสูง	ระดับสูง

7.4.2 แผนที้นำทางหลักสูตรการอบรมบุคลากรด้านชิ้นส่วนยานยนต์เชื่อมต่อและขับเคลื่อนอัตโนมัติ

ชิ้นส่วนยานยนต์เชื่อมต่อและขับเคลื่อนอัตโนมัติ (CAV) เป้าหมาย 9 รายการ ประกอบด้วย

- 1) ส่วนประกอบแบบพาสซีฟ (Passive components)
- 2) อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์สำหรับแสดงผล (Display)
- 3) ที่นั่งอัจฉริยะ (Smart seat)
- 4) ชิ้นส่วนตัวถังสำหรับติดตั้งเซ็นเซอร์ (Smart embedded body and exterior part)
- 5) โมเด็มแบบฝังตัว (Embedded modem)
- 6) อัลตราโซนิกเซ็นเซอร์ (Ultrasonic sensor)
- 7) อุปกรณ์รับคำสั่งจากผู้ขับขี่ (Driver input)
- 8) กล้อง (Camera)
- 9) ตัวกระตุ้นให้ทำงาน (Actuator)

จากรายการชิ้นส่วนดังกล่าว มีชุดความรู้ที่บุคลากรจำเป็นต้องมี โดยเรียงลำดับตามความยากง่าย ดังนี้

ระดับพื้นฐาน (Basic) เข้าใจพื้นฐาน ภาพรวม และหลักการทำงานของระบบ เพื่อเตรียมพร้อมในการเรียนรู้

- AV-101 พื้นฐานยานยนต์ขับเคลื่อนอัตโนมัติ
- AV-102 พื้นฐานยานยนต์เชื่อมต่อ
- AV-103 พื้นฐานระบบอิเล็กทรอนิกส์ในยานยนต์สมัยใหม่
- AV-104 พื้นฐานซอฟต์แวร์ในยานยนต์สมัยใหม่

ระดับกลาง (Intermediate) เข้าใจหลักการทำงานของระบบควมรวม (System integration) และผลิตภัณฑ์ (Product) เพื่อสามารถประยุกต์ใช้ในการผลิต

กลุ่มวิชาหลักการทำงานของระบบควมรวม (System integration) และผลิตภัณฑ์

- AV-201 เทคโนโลยี เซ็นเซอร์และตัวกระตุ้นการทำงานในยานยนต์สมัยใหม่
- AV-202 ซอฟต์แวร์ระบบฝังตัวในรถยนต์
- AV-203 ระบบสื่อสารในยานยนต์
- AV-204 Passive electronic components for automotive application
- AV-205 Automotive HMI technology
- AV-206 Automotive biomechanics and ergonomic
- AV-207 Telecommunication in vehicle
- AV-208 Automotive infotainment system

กลุ่มเน้นการประยุกต์ใช้ในการผลิต

- AV-209 Electronics Manufacturing and PCB Assembly
- AV-210 Automotive sensor and actuator manufacturing

ระดับสูง (Advance) เข้าใจหลักการออกแบบและพัฒนา สามารถประยุกต์ใช้ในการออกแบบและพัฒนา ทวนสอบการออกแบบ และการผลิตขั้นสูง

กลุ่มวิชาการออกแบบและพัฒนา ทวนสอบการออกแบบ

AV-301 X-in-the-Loop Simulation (MIL-SIL-PIL-HIL-VIL)

AV-302 Automotive HMI Design

AV-303 Vehicle Systems Integration

AV-304 Automotive ergonomic design

AV-305 Automotive car body and exterior design

AV-306 Automotive car interior design

AV-307 Automotive Electronics Design

กลุ่มวิชา การผลิตขั้นสูง (Advanced Manufacturing)

AV-308 Advanced automotive electronics manufacturing

AV-309 Advanced vehicle body and exterior manufacturing

โดยมีเนื้อหารายวิชาโดยสังเขป (Course description) แสดงดังตารางที่ 7-14 และมีแผนการเรียนรู้ (ชุดรายวิชา) ลำดับการเรียนรู้ในแต่ละช่วงเวลาที่สุดคล้องกับความต้องการของภาคอุตสาหกรรม แสดงดัง ตารางที่ 7-15 ถึง ตารางที่ 7-24

ตารางที่ 7-14 เนื้อหารายวิชาโดยสังเขป หลักสูตรการอบรมกลุ่มชิ้นส่วนยานยนต์เชื่อมต่อและขับเคลื่อนอัตโนมัติ

รหัสวิชา	ชื่อรายวิชา	เนื้อหารายวิชาโดยสังเขป (Course description)
AV-101	พื้นฐานยานยนต์ขับเคลื่อนอัตโนมัติ	Learn about sensors, perception algorithms, and decision-making systems. Understand the levels of autonomy, from driver assistance to full automation. Gain insights into safety considerations, regulatory landscapes, and the transformative potential of autonomous vehicles. This course equips you with a solid foundation to understand and engage with the fascinating world of self-driving technology.
AV-102	พื้นฐานยานยนต์เชื่อมต่อ	Explore Connected Vehicles Fundamentals. Immerse yourself in the dynamic world of vehicle connectivity. Learn about V2X communication, IoT integration, and data analytics. Understand how connected vehicles enhance safety, efficiency, and user experience. Gain insights into cybersecurity challenges and the transformative impact of vehicle connectivity.
AV-103	พื้นฐานระบบอิเล็กทรอนิกส์ในยานยนต์สมัยใหม่	Immerse yourself in the intricate world of vehicle electronics. Learn about ECU architecture, sensors, communication protocols, and infotainment systems. Understand how electronics drive performance, safety, and user experience. Gain insights into cutting-edge technologies shaping the future of automotive innovation. This course equips you with essential knowledge to navigate the dynamic landscape of modern automotive electronics.
AV-104	พื้นฐานซอฟต์แวร์ในยานยนต์สมัยใหม่	Immerse yourself in the vital world of software driving vehicles. Learn about embedded systems, control algorithms, and infotainment software. Understand how software enhances safety, efficiency, and user experience. Gain insights into real-time operating systems, cybersecurity, and the transformative potential of automotive software. This course equips you with essential knowledge to navigate the evolving landscape of modern automotive software.
AV-201	เทคโนโลยี เซ็นเซอร์และตัวกระตุ้นการทำงานในยานยนต์สมัยใหม่	This course offers a deep dive into the pivotal components that make vehicles intelligent and responsive. Delve into various sensor types, from LiDAR and radar to cameras and ultrasonics, understanding their roles in perceiving the vehicle's environment. Learn about data fusion techniques that combine sensor inputs for accurate and reliable information. Explore the interplay between sensors and actuators, understanding how actuators translate control signals into physical actions, such as braking or steering. Gain insights into the integration of sensor data with control algorithms, enabling functions like adaptive cruise control and lane keeping assistance. Understand the significance of sensor calibration, accuracy, and redundancy for safety-critical applications.

รหัสวิชา	ชื่อรายวิชา	เนื้อหารายวิชาโดยสังเขป (Course description)
AV-202	ซอฟต์แวร์ระบบฝังตัวในรถยนต์	This course takes you through the intricate world of software that governs the functionality and performance of modern vehicles. Uncover the complexities of embedded systems, the backbone of automotive software. Dive into control algorithms, understanding how they orchestrate critical vehicle operations in real-time. Learn about real-time operating systems (RTOS) and their role in ensuring seamless execution of tasks. Delve into the convergence of software with safety-critical functions, connectivity features, and infotainment systems. Gain insights into the evolving landscape of automotive cybersecurity, safeguarding vehicles from digital threats. Explore the era of over-the-air updates, enabling software enhancements without physical intervention.
AV-203	ระบบสื่อสารในรถยนต์	Immerse yourself in the intricate network that connects modern vehicles. Learn about CAN, LIN, FlexRay, and Ethernet protocols. Understand how communication systems enable seamless interactions between vehicle components. Gain insights into infotainment, safety, and autonomous driving applications. This course equips you with essential knowledge to navigate the complex world of in-vehicle communication and shape the future of connected vehicles.
AV-204	Passive electronic components for automotive application	Uncover Passive Electronic Components for Automotive Applications. Immerse yourself in the vital role of resistors, capacitors, and inductors in vehicles. Learn about component types, materials, and reliability considerations. Understand how passive components contribute to electronics, safety systems, and energy management in automobiles. Gain insights into selecting, testing, and optimizing components for automotive use. This course equips you with essential knowledge to navigate the critical landscape of passive electronic components in modern vehicles.
AV-205	Automotive HMI technology	Explore Automotive Human-Machine Interface (HMI) Technology. Immerse yourself in the realm of intuitive vehicle interactions. Learn about touchscreens, voice control, gesture recognition, and augmented reality displays. Understand how HMI technology enhances safety, infotainment, and user experience. Gain insights into design principles, cognitive load, and the future of connected and autonomous vehicles. This course equips you with essential knowledge to navigate the dynamic landscape of automotive HMI technology and shape the future of in-car interactions.
AV-206	Automotive biomechanics and ergonomic	Immerse yourself in the realm of human-centered vehicle design. Learn about ergonomic principles, user comfort, and safety considerations. Understand how biomechanics shape seating, controls, and interior layouts. Gain insights into optimizing driver and passenger experiences for enhanced comfort and well-being. This course equips

รหัสวิชา	ชื่อรายวิชา	เนื้อหาวิชาโดยสังเขป (Course description)
		you with essential knowledge to navigate the critical landscape of biomechanics and ergonomic design in modern vehicles smart seat and interior.
AV-207	Telecommunication in vehicle	Learn about telematics, vehicle-to-vehicle communication, and 5G technology integration. Understand how telecommunication enhances safety, navigation, and infotainment in modern vehicles. Gain insights into cybersecurity, data privacy, and the future of smart transportation. This course equips you with essential knowledge to navigate the evolving landscape of telecommunication in vehicles and contribute to the advancement of connected mobility.
AV-208	Automotive infotainment system	Immerse yourself in the fusion of entertainment and information in vehicles. Learn about touchscreens, voice control, navigation, and connectivity. Understand how infotainment systems enhance user experience, convenience, and safety. Gain insights into design principles, user interfaces, and the future of connected driving. This course equips you with essential knowledge to navigate the dynamic landscape of automotive infotainment systems and contribute to the evolution of in-car entertainment and connectivity.
AV-209	Electronics Manufacturing and PCB Assembly	This course provides an in-depth exploration of the intricate processes that bridge electronic design with functional devices. Delve into PCB design principles, mastering layout, and routing techniques. Uncover the art of component selection and placement, ensuring optimal functionality and reliability. Learn about soldering methods, from surface mount technology (SMT) to through-hole assembly. Explore quality control measures, examining inspection, testing, and defect mitigation strategies. Understand the synergy between design, fabrication, and assembly, as you navigate the complexities of turning concepts into tangible electronics.
AV-210	Automotive sensor and actuator manufacturing	This course offers an in-depth exploration of the intricate processes that bring intelligent vehicle technology to life. Delve into sensor fabrication techniques, understanding the precision required to create accurate and reliable sensing devices. Learn about actuator assembly methods, from electromechanical components to intricate mechanisms that enable precise control. Explore testing and calibration strategies that ensure consistency and optimal performance. Understand the interplay between manufacturing processes and quality control, crucial for safety-critical applications. Gain insights into advanced technologies such as MEMS (Micro-Electro-Mechanical Systems) and nano-scale fabrication that drive innovation in sensor and actuator manufacturing. By the end of this course, you'll possess the expertise to contribute to the forefront of intelligent vehicle technology, shaping the evolution of safer, more efficient, and automated vehicles.

รหัสวิชา	ชื่อรายวิชา	เนื้อหารายวิชาโดยสังเขป (Course description)
AV-301	X-in-the-Loop Simulation (MIL-SIL-PIL-HIL-VIL)	Explore various 'X' environments—such as Hardware-in-the-Loop (HIL), Software-in-the-Loop (SIL), and more—that replicate real-world conditions. Learn how simulation accelerates testing, validation, and optimization across automotive systems. Understand how X-in-the-Loop techniques drive innovation and streamline the modern automotive design process. This course equips you with the skills to harness the power of simulation in shaping the vehicles of tomorrow.
AV-302	Automotive HMI Design	This course takes you deep into the realm of crafting intuitive and user-centric vehicle interactions. Delve into the principles of designing touchscreens, understanding user interfaces, and optimizing user experiences for driver and passengers alike. Learn about voice recognition systems, gesture controls, and augmented reality displays that enhance safety and infotainment features. Understand the psychology behind HMI design, considering cognitive load, distraction, and usability. Explore the challenges of designing HMIs for connected and autonomous vehicles, where the balance between automation and user engagement is crucial.
AV-303	Vehicle Systems Integration	This course offers an in-depth exploration of the intricate processes that bring together diverse vehicle subsystems into a cohesive whole. Delve into powertrain integration, understanding how engines, transmissions, and electric propulsion systems interact for optimal performance and efficiency. Learn about electronics integration, from infotainment and connectivity to safety systems that collaborate for a safer driving experience. Understand chassis integration, optimizing suspension, steering, and braking systems for dynamic handling and comfort. Explore the art of managing trade-offs, from weight reduction to cost efficiency, to achieve a balanced vehicle design. Gain insights into systems engineering principles, collaborating with multidisciplinary teams to ensure seamless integration.
AV-304	Automotive ergonomic design	Learn about seating ergonomics, interior layout, and control placement. Understand how ergonomic design enhances driver well-being, reduces fatigue, and improves safety. Gain insights into anthropometry, cognitive ergonomics, and the future of intuitive vehicle interactions. This course equips you with essential knowledge to navigate the critical landscape of ergonomic design in modern vehicles.
AV-305	Automotive car body and exterior design	Learn about exterior styling, aerodynamic principles, and material selection. Understand how design influences efficiency, safety, and brand identity. Gain insights into CAD modeling, wind tunnel testing, and the future of innovative vehicle exteriors. This course equips you with essential knowledge to navigate the dynamic landscape of car body and exterior design, contributing to the visual and functional excellence of modern vehicles.

รหัสวิชา	ชื่อรายวิชา	เนือหารายวิชาโดยสังเขป (Course description)
AV-306	Automotive car interior design	Delve into Automotive Car Interior Design. Immerse yourself in the realm of creating user-focused vehicle cabin experiences. Learn about interior layout, materials, and comfort considerations. Understand how design enhances user satisfaction, ergonomics, and safety. Gain insights into infotainment integration, smart interfaces, and the future of intuitive vehicle interiors. This course equips you with essential knowledge to navigate the critical landscape of car interior design, shaping the future of in-car experiences.
AV-307	Automotive Electronics Design	Learn about designing electronic control units, sensors, and communication networks. Understand how electronics enhance safety, performance, and connectivity in modern vehicles. Gain insights into PCB design, electromagnetic compatibility, and the future of automotive innovation. This course equips you with essential knowledge to navigate the dynamic landscape of automotive electronics design and contribute to the evolution of smart vehicles.
AV-308	Advanced automotive electronics manufacturing	Learn about advanced PCB assembly, high-reliability components, and automated production. Understand how electronics manufacturing drives safety, connectivity, and autonomous features. Gain insights into cutting-edge technologies shaping the future of automotive innovation.
AV-309	Advanced vehicle body and exterior manufacturing	Delve into advanced manufacturing techniques such as hydroforming, laser welding, and 3D printing, revolutionizing the efficiency and precision of body and exterior components production. Learn about materials selection, considering factors such as weight reduction, durability, and sustainability. Explore assembly processes that ensure seamless integration of body panels, windows, and exterior features. Understand the critical role of quality control, from dimensional accuracy to surface finish, ensuring consistency and customer satisfaction. Gain insights into lightweighting strategies, leveraging advanced materials like carbon fiber composites to enhance fuel efficiency and performance.

ตารางที่ 7-15 แผนการเรียนรู้ (ชุดรายวิชา) หลักสูตรด้านชิ้นส่วนยานยนต์เชื่อมต่อและขับเคลื่อนอัตโนมัติ: ส่วนประกอบแบบพาสซีฟ

ไตรมาส 1 ปี ค.ศ. 2024	ไตรมาส 2 ปี ค.ศ. 2024	ไตรมาสที่ 3 ปี ค.ศ. 2024	ไตรมาส 4 ปี ค.ศ. 2024	ไตรมาส 1 ปี ค.ศ. 2025	ไตรมาส 2 ปี ค.ศ. 2025
การผลิตส่วนประกอบแบบพาสซีฟ					
AV-101 พื้นฐานยานยนต์ขับเคลื่อนอัตโนมัติ AV-102 พื้นฐานยานยนต์เชื่อมต่อ	AV-103 พื้นฐานระบบอิเล็กทรอนิกส์ในยานยนต์สมัยใหม่	AV-204 Passive electronic components for automotive application	AV-209 Electronics Manufacturing and PCB Assembly		AV-308 Advanced automotive electronics manufacturing
การออกแบบส่วนประกอบแบบพาสซีฟ					
AV-101 พื้นฐานยานยนต์ขับเคลื่อนอัตโนมัติ AV-102 พื้นฐานยานยนต์เชื่อมต่อ	AV-103 พื้นฐานระบบอิเล็กทรอนิกส์ในยานยนต์สมัยใหม่	AV-204 Passive electronic components for automotive application			AV-307 Automotive Electronics Design

ตารางที่ 7-16 แผนการเรียนรู้ (ชุดรายวิชา) หลักสูตรด้านชิ้นส่วนยานยนต์เชื่อมต่อและขับเคลื่อนอัตโนมัติ: อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์สำหรับแสดงผล

ไตรมาส 1 ปี ค.ศ. 2024	ไตรมาส 2 ปี ค.ศ. 2024	ไตรมาสที่ 3 ปี ค.ศ. 2024	ไตรมาส 4 ปี ค.ศ. 2024	ไตรมาส 1 ปี ค.ศ. 2025	ไตรมาส 2 ปี ค.ศ. 2025
การผลิตอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์สำหรับแสดงผล					
AV-101 พื้นฐานยานยนต์ขับเคลื่อนอัตโนมัติ AV-102 พื้นฐานยานยนต์เชื่อมต่อ	AV-103 พื้นฐานระบบอิเล็กทรอนิกส์ในยานยนต์สมัยใหม่ AV-104 พื้นฐานซอฟต์แวร์ในยานยนต์สมัยใหม่	AV-208 Automotive infotainment system	AV-209 Electronics Manufacturing and PCB Assembly		AV-308 Advanced automotive electronics manufacturing
การออกแบบอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์สำหรับแสดงผล					
AV-101 พื้นฐานยานยนต์ขับเคลื่อนอัตโนมัติ AV-102 พื้นฐานยานยนต์เชื่อมต่อ	AV-103 พื้นฐานระบบอิเล็กทรอนิกส์ในยานยนต์สมัยใหม่ AV-104 พื้นฐานซอฟต์แวร์ในยานยนต์สมัยใหม่	AV-208 Automotive infotainment system	AV-202 ซอฟต์แวร์ระบบฝังตัวในรถยนต์ AV-205 Automotive HMI technology	AV-307 Automotive Electronics Design	AV-302 Automotive HMI Design

ตารางที่ 7-17 แผนการเรียนรู้ (ชุดรายวิชา) หลักสูตรด้านชิ้นส่วนยานยนต์เชื่อมต่อและขับเคลื่อนอัตโนมัติ: ที่นั่งอัจฉริยะ

ไตรมาส 1 ปี ค.ศ. 2024	ไตรมาส 2 ปี ค.ศ. 2024	ไตรมาสที่ 3 ปี ค.ศ. 2024	ไตรมาส 4 ปี ค.ศ. 2024	ไตรมาส 1 ปี ค.ศ. 2025	ไตรมาส 2 ปี ค.ศ. 2025	ไตรมาส 3 ปี ค.ศ. 2025
การผลิตที่นั่งอัจฉริยะ						
AV-101 พื้นฐาน ยานยนต์ขับเคลื่อนอัตโนมัติ AV-102 พื้นฐาน ยานยนต์เชื่อมต่อ	AV-103 พื้นฐานระบบ อิเล็กทรอนิกส์ ในยานยนต์สมัยใหม่ AV-104 พื้นฐาน ซอฟต์แวร์ในยานยนต์ สมัยใหม่	AV-201 เทคโนโลยี เซ็นเซอร์และตัวกระตุ้น การทำงานในยานยนต์ สมัยใหม่ AV-202 ซอฟต์แวร์ ระบบฝังตัวในรถยนต์				
การออกแบบที่นั่ง อัจฉริยะ						
AV-101 พื้นฐาน ยานยนต์ขับเคลื่อนอัตโนมัติ AV-102 พื้นฐาน ยานยนต์เชื่อมต่อ	AV-103 พื้นฐานระบบ อิเล็กทรอนิกส์ ในยานยนต์สมัยใหม่ AV-104 พื้นฐาน ซอฟต์แวร์ในยานยนต์ สมัยใหม่	AV-201 เทคโนโลยี เซ็นเซอร์และตัวกระตุ้น การทำงานในยานยนต์ สมัยใหม่ AV-202 ซอฟต์แวร์ ระบบฝังตัวในรถยนต์	AV-206 Automotive biomechanics and ergonomic		AV-304 Automotive ergonomic design	AV-306 Automotive car interior design

ตารางที่ 7-18 แผนการเรียนรู้ (ชุดรายวิชา) หลักสูตรด้านชิ้นส่วนยานยนต์เชื่อมต่อและขับเคลื่อนอัตโนมัติ: ชิ้นส่วนตัวถังสำหรับติดตั้งเซ็นเซอร์

ไตรมาส 1 ปี ค.ศ. 2024	ไตรมาส 2 ปี ค.ศ. 2024	ไตรมาสที่ 3 ปี ค.ศ. 2024	ไตรมาส 4 ปี ค.ศ. 2024	ไตรมาส 1 ปี ค.ศ. 2025	ไตรมาส 2 ปี ค.ศ. 2025
การผลิตชิ้นส่วนตัวถัง สำหรับติดตั้งเซ็นเซอร์					
AV-101 พื้นฐานยานยนต์ ขับเคลื่อนอัตโนมัติ AV-102 พื้นฐานยานยนต์ เชื่อมต่อ		AV-201 เทคโนโลยี เซ็นเซอร์ และตัวกระตุ้นการทำงาน ในยานยนต์สมัยใหม่			
การออกแบบชิ้นส่วนตัวถัง สำหรับติดตั้งเซ็นเซอร์					
AV-101 พื้นฐานยานยนต์ ขับเคลื่อนอัตโนมัติ AV-102 พื้นฐานยานยนต์ เชื่อมต่อ				AV-303 Vehicle Systems Integration	AV-305 Automotive car body and exterior design

ตารางที่ 7-19 แผนการเรียนรู้ (ชุดรายวิชา) หลักสูตรด้านชิ้นส่วนยานยนต์เชื่อมต่อและขับเคลื่อนอัตโนมัติ: โมเต็มแบบฝังตัว

ไตรมาส 1 ปี ค.ศ. 2024	ไตรมาส 2 ปี ค.ศ. 2024	ไตรมาสที่ 3 ปี ค.ศ. 2024	ไตรมาส 4 ปี ค.ศ. 2024	ไตรมาส 1 ปี ค.ศ. 2025	ไตรมาส 2 ปี ค.ศ. 2025	ไตรมาส 3 ปี ค.ศ. 2025
การผลิตโมเต็มแบบฝังตัว						
AV-101 พื้นฐานยานยนต์ขับเคลื่อนอัตโนมัติ AV-102 พื้นฐานยานยนต์เชื่อมต่อ	AV-103 พื้นฐานระบบอิเล็กทรอนิกส์ในยานยนต์สมัยใหม่ AV-104 พื้นฐานซอฟต์แวร์ในยานยนต์สมัยใหม่		AV-203 ระบบสื่อสารในยานยนต์ AV-207 Telecommunication in vehicle	AV-209 Electronics Manufacturing and PCB Assembly	AV-308 Advanced automotive electronics manufacturing	
การออกแบบโมเต็มแบบฝังตัว						
AV-101 พื้นฐานยานยนต์ขับเคลื่อนอัตโนมัติ AV-102 พื้นฐานยานยนต์เชื่อมต่อ	AV-103 พื้นฐานระบบอิเล็กทรอนิกส์ในยานยนต์สมัยใหม่ AV-104 พื้นฐานซอฟต์แวร์ในยานยนต์สมัยใหม่		AV-203 ระบบสื่อสารในยานยนต์ AV-207 Telecommunication in vehicle	AV-202 ซอฟต์แวร์ระบบฝังตัวในรถยนต์	AV-301 X-in-the-Loop Simulation (MIL-SIL-PIL-HIL-VIL)	AV-307 Automotive Electronics Design

ตารางที่ 7-20 แผนการเรียนรู้ (ชุดรายวิชา) หลักสูตรด้านชิ้นส่วนยานยนต์เชื่อมต่อและขับเคลื่อนอัตโนมัติ: อัลตราโซนิกเซ็นเซอร์

ไตรมาส 1 ปี ค.ศ. 2024	ไตรมาส 2 ปี ค.ศ. 2024	ไตรมาสที่ 3 ปี ค.ศ. 2024	ไตรมาส 4 ปี ค.ศ. 2024	ไตรมาส 1 ปี ค.ศ. 2025	ไตรมาส 2 ปี ค.ศ. 2025
การผลิตอัลตราโซนิกเซ็นเซอร์					
AV-101 พื้นฐานยานยนต์ขับเคลื่อนอัตโนมัติ	AV-103 พื้นฐานระบบอิเล็กทรอนิกส์ในยานยนต์สมัยใหม่	AV-201 เทคโนโลยี เซ็นเซอร์และตัวกระตุ้นการทำงานในยานยนต์สมัยใหม่	AV-209 Electronics Manufacturing and PCB Assembly		
การออกแบบอัลตราโซนิกเซ็นเซอร์					
AV-101 พื้นฐานยานยนต์ขับเคลื่อนอัตโนมัติ	AV-103 พื้นฐานระบบอิเล็กทรอนิกส์ในยานยนต์สมัยใหม่	AV-201 เทคโนโลยี เซ็นเซอร์และตัวกระตุ้นการทำงานในยานยนต์สมัยใหม่	AV-202 ซอฟต์แวร์ระบบฝังตัวในรถยนต์	AV-301 X-in-the-Loop Simulation (MIL-SIL-PIL-HIL-VIL)	AV-307 Automotive Electronics Design

ตารางที่ 7-21 แผนการเรียนรู้ (ชุดรายวิชา) หลักสูตรด้านชิ้นส่วนยานยนต์เชื่อมต่อและขับเคลื่อนอัตโนมัติ: อุปกรณ์รับคำสั่งจากผู้ขับขี่

ไตรมาส 1 ปี ค.ศ. 2024	ไตรมาส 2 ปี ค.ศ. 2024	ไตรมาสที่ 3 ปี ค.ศ. 2024	ไตรมาส 4 ปี ค.ศ. 2024	ไตรมาส 1 ปี ค.ศ. 2025	ไตรมาส 2 ปี ค.ศ. 2025	ไตรมาส 3 ปี ค.ศ. 2025	ไตรมาส 4 ปี ค.ศ. 2025
การผลิตอุปกรณ์ รับคำสั่งจากผู้ขับขี่							
AV-101 พื้นฐาน ยานยนต์ขับเคลื่อนอัตโนมัติ AV-102 พื้นฐาน ยานยนต์เชื่อมต่อ	AV-103 พื้นฐาน ระบบอิเล็กทรอนิกส์ ในยานยนต์สมัยใหม่ AV-104 พื้นฐาน ซอฟต์แวร์ในยานยนต์ สมัยใหม่	AV-208 Automotive infotainment system	AV-205 Automotive HMI technology	AV-209 Electronics Manufacturing and PCB Assembly	AV-308 Advanced automotive electronics manufacturing		
การออกแบบอุปกรณ์ รับคำสั่งจากผู้ขับขี่							
AV-101 พื้นฐาน ยานยนต์ขับเคลื่อนอัตโนมัติ AV-102 พื้นฐาน ยานยนต์เชื่อมต่อ	AV-103 พื้นฐาน ระบบอิเล็กทรอนิกส์ ในยานยนต์สมัยใหม่ AV-104 พื้นฐาน ซอฟต์แวร์ในยานยนต์ สมัยใหม่	AV-208 Automotive infotainment system	AV-205 Automotive HMI technology	AV-202 ซอฟต์แวร์ ระบบฝังตัวในรถยนต์ AV-203 ระบบสื่อสารในยาน ยนต์	AV-301 X-in-the- Loop Simulation (MIL-SIL-PIL-HIL- VIL) AV-307 Automotive Electronics Design	AV-302 Automotive HMI Design	AV-303 Vehicle Systems Integration

ตารางที่ 7-22 แผนการเรียนรู้ (ชุดรายวิชา) หลักสูตรด้านชิ้นส่วนยานยนต์เชื่อมต่อและขับเคลื่อนอัตโนมัติ: กล้อง

ไตรมาส 1 ปี ค.ศ. 2024	ไตรมาส 2 ปี ค.ศ. 2024	ไตรมาสที่ 3 ปี ค.ศ. 2024	ไตรมาส 4 ปี ค.ศ. 2024	ไตรมาส 1 ปี ค.ศ. 2025	ไตรมาส 2 ปี ค.ศ. 2025
การผลิตกล้อง					
AV-101 พื้นฐานยานยนต์ขับเคลื่อนอัตโนมัติ	AV-103 พื้นฐานระบบอิเล็กทรอนิกส์ในยานยนต์สมัยใหม่ AV-104 พื้นฐานซอฟต์แวร์ในยานยนต์สมัยใหม่	AV-201 เทคโนโลยี เซ็นเซอร์และตัวกระตุ้นการทำงานในยานยนต์สมัยใหม่	AV-209 Electronics Manufacturing and PCB Assembly	AV-308 Advanced automotive electronics manufacturing	
การออกแบบกล้อง					
AV-101 พื้นฐานยานยนต์ขับเคลื่อนอัตโนมัติ	AV-103 พื้นฐานระบบอิเล็กทรอนิกส์ในยานยนต์สมัยใหม่ AV-104 พื้นฐานซอฟต์แวร์ในยานยนต์สมัยใหม่	AV-201 เทคโนโลยี เซ็นเซอร์และตัวกระตุ้นการทำงานในยานยนต์สมัยใหม่	AV-202 ซอฟต์แวร์ระบบฝังตัวในรถยนต์	AV-202 ซอฟต์แวร์ระบบฝังตัวในรถยนต์	AV-307 Automotive Electronics Design

ตารางที่ 7-23 แผนการเรียนรู้ (ชุดรายวิชา) หลักสูตรด้านชิ้นส่วนยานยนต์เชื่อมต่อและขับเคลื่อนอัตโนมัติ: ตัวกระตุ้นให้ทำงาน

ไตรมาส 1 ปี ค.ศ. 2024	ไตรมาส 2 ปี ค.ศ. 2024	ไตรมาสที่ 3 ปี ค.ศ. 2024	ไตรมาส 4 ปี ค.ศ. 2024	ไตรมาส 1 ปี ค.ศ. 2025	ไตรมาส 2 ปี ค.ศ. 2025	ไตรมาส 3 ปี ค.ศ. 2025	ไตรมาส 4 ปี ค.ศ. 2025
การผลิตตัวกระตุ้นให้ทำงาน							
AV-101 พื้นฐานยานยนต์ขับเคลื่อนอัตโนมัติ	AV-103 พื้นฐานระบบอิเล็กทรอนิกส์ในยานยนต์สมัยใหม่ AV-104 พื้นฐานซอฟต์แวร์ในยานยนต์สมัยใหม่	AV-201 เทคโนโลยีเซ็นเซอร์และตัวกระตุ้นการทำงานในยานยนต์สมัยใหม่	AV-209 Electronics Manufacturing and PCB Assembly	AV-308 Advanced automotive electronics manufacturing			
การออกแบบตัวกระตุ้นให้ทำงาน							
AV-101 พื้นฐานยานยนต์ขับเคลื่อนอัตโนมัติ	AV-103 พื้นฐานระบบอิเล็กทรอนิกส์ในยานยนต์สมัยใหม่ AV-104 พื้นฐานซอฟต์แวร์ในยานยนต์สมัยใหม่	AV-201 เทคโนโลยีเซ็นเซอร์และตัวกระตุ้นการทำงานในยานยนต์สมัยใหม่	AV-202 ซอฟต์แวร์ระบบฝังตัวในรถยนต์	AV-301 X-in-the-Loop Simulation (MIL-SIL-PIL-HIL-VIL)	AV-307 Automotive Electronics Design		AV-303 Vehicle Systems Integration

ตารางที่ 7-24 แผนการเรียนรู้ (ชุดรายวิชา) หลักสูตรด้านชิ้นส่วนยานยนต์เชื่อมต่อและขับเคลื่อนอัตโนมัติ

	ไตรมาส 1 ปี ค.ศ. 2024	ไตรมาส 2 ปี ค.ศ. 2024	ไตรมาสที่ 3 ปี ค.ศ. 2024	ไตรมาส 4 ปี ค.ศ. 2024	ไตรมาส 1 ปี ค.ศ. 2025	ไตรมาส 2 ปี ค.ศ. 2025	ไตรมาสที่ 3 ปี ค.ศ. 2025	ไตรมาส 4 ปี ค.ศ. 2025
1. ส่วนประกอบแบบพาสซีฟ (Passive components)	ขั้นต้น	ขั้นต้น	ขั้นกลาง	ขั้นกลาง		ขั้นสูง		
2. อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์สำหรับแสดงผล (Display)	ขั้นต้น	ขั้นต้น	ขั้นกลาง	ขั้นกลาง	ขั้นกลาง	ขั้นสูง	ขั้นสูง	
3. ที่นั่งอัจฉริยะ (Smart seat)	ขั้นต้น	ขั้นต้น	ขั้นกลาง	ขั้นกลาง		ขั้นสูง	ขั้นสูง	
4. ชิ้นส่วนตัวถังสำหรับติดตั้งเซ็นเซอร์ (Smart embedded body and exterior part)	ขั้นต้น		ขั้นกลาง		ขั้นสูง	ขั้นสูง		
5. โมเด็มแบบฝังตัว (Embedded modem)	ขั้นต้น	ขั้นต้น		ขั้นกลาง	ขั้นกลาง	ขั้นสูง	ขั้นสูง	
6. อัลตราโซนิกเซ็นเซอร์ (Ultrasonic sensor)	ขั้นต้น	ขั้นต้น	ขั้นกลาง	ขั้นกลาง	ขั้นสูง	ขั้นสูง		
7. อุปกรณ์รับคำสั่งจากผู้ขับขี่ (Driver input)	ขั้นต้น	ขั้นต้น	ขั้นกลาง	ขั้นกลาง	ขั้นกลาง	ขั้นสูง	ขั้นสูง	ขั้นสูง
8. กล้อง (Camera)	ขั้นต้น	ขั้นต้น	ขั้นกลาง	ขั้นกลาง	ขั้นสูง	ขั้นสูง		
9. ตัวกระตุ้นให้ทำงาน (Actuator)	ขั้นต้น	ขั้นต้น	ขั้นกลาง	ขั้นกลาง	ขั้นสูง	ขั้นสูง		ขั้นสูง

7.4.3 แผนพื้่นทางหลักสูตรการอบรมบุคลากรด้านชิ้นส่วนยานยนต์เครื่องยนต์สันดาปภายในแบบสะอาด

สำหรับชิ้นส่วนยานยนต์เครื่องยนต์สันดาปภายในแบบสะอาด มีชุดความรู้ที่บุคลากรจำเป็นต้องมี โดยเรียงลำดับตามความยากง่าย ดังนี้

ระดับพื้นฐาน (Basic) เข้าใจพื้นฐาน ภาพรวม และหลักการทำงานของระบบ เพื่อเตรียมพร้อมในการเรียนรู้

ICE-101 Clean Internal Combustion Engines

ICE-102 Emission Control Systems

ICE-103 Environmental Regulations and Compliance

ICE-104 Sustainable Manufacturing Practices

ระดับกลาง (Intermediate) เข้าใจหลักการทำงานของระบบควบรวม (System integration) และผลิตภัณฑ์ (Product) เพื่อสามารถประยุกต์ใช้ในการผลิต

ICE-201 Alternative Fuels and Advanced Combustion Technologies

ICE-202 Engine Calibration and Performance Optimization

ICE-203 Lightweight Materials and Manufacturing Techniques for Clean ICE

ICE-204 Engine Management Systems and Controls

ระดับสูง (Advance) เข้าใจหลักการออกแบบและพัฒนา สามารถประยุกต์ใช้ในการออกแบบและพัฒนา ทวนสอบการออกแบบ และการผลิตขั้นสูง

ICE-301 Advanced Engine Management Systems and Controls

ICE-302 Advanced Combustion Technologies

ICE-303 Advanced Manufacturing Techniques for Clean ICE

โดยมีเนื้อหารายวิชาโดยสังเขป (Course description) แสดงดังตารางที่ 7-25 และมีแผนการเรียนรู้ (ชุดรายวิชา) ลำดับการเรียนรู้ในแต่ละช่วงเวลาที่สุดคล้องกับความต้องการของภาคอุตสาหกรรม แสดงดังตารางที่ 7-26

ตารางที่ 7-25 เนื้อหารายวิชาโดยสังเขป หลักสูตรการอบรมกลุ่มชิ้นส่วนยานยนต์เครื่องยนต์สันดาปภายในแบบสะอาด

รหัสวิชา	ชื่อรายวิชา	เนื้อหารายวิชาโดยสังเขป (Course description)
ICE-101	Clean Internal Combustion Engines	This course provides an overview of the principles of internal combustion engines and focuses on technologies to reduce emissions, improve fuel efficiency, and minimize environmental impact.
ICE-102	Emission Control Systems	Participants will learn about various emission control systems, including exhaust gas after-treatment technologies like catalytic converters and particulate filters.
ICE-103	Environmental Regulations and Compliance	Participants will gain insight into current and future environmental regulations related to automotive manufacturing and how to ensure compliance.
ICE-104	Sustainable Manufacturing Practices	This course focuses on sustainable manufacturing methods and techniques that promote eco-friendly production processes in the automotive industry.
ICE-201	Alternative Fuels and Advanced Combustion Technologies	This course covers alternative fuels, such as biofuels, natural gas, and hydrogen, and explores advanced combustion techniques for cleaner and more efficient engine operation.
ICE-202	Engine Calibration and Performance Optimization	This course teaches how to calibrate engines to meet emissions regulations while maintaining high performance and efficiency.
ICE-203	Lightweight Materials and Manufacturing Techniques for Clean ICE	Participants will explore materials and manufacturing processes that can reduce the weight of engine components, leading to improved fuel efficiency and reduce emissions (after treatment system).
ICE-204	Engine Management Systems and Controls	This course covers the principles of engine management systems and the implementation of control strategies for emissions reduction and optimal engine performance.
ICE-301	Advanced Engine Management Systems and Controls	This is an advanced course in Engine Management Systems and Controls which is at the intermediate level. More depth in theory and testing will be added.
ICE-302	Advanced Combustion Technologies	Specialized course includes the exploration and application of state-of-the-art combustion techniques aimed at achieving cleaner and more environmentally friendly internal combustion engines (ICEs). The course focuses on cutting-edge technologies and research advancements designed to optimize combustion processes, reduce harmful emissions, and enhance fuel efficiency.

รหัสวิชา	ชื่อรายวิชา	เนือหารายวิชาโดยสังเขป (Course description)
ICE-303	Advanced Manufacturing Techniques for Clean ICE	It focuses on enhancing the manufacturing processes and materials used in the production of components for ICEs, aiming to reduce emissions, improve fuel efficiency, and optimize overall engine performance. Participants will learn about advanced machining, additive manufacturing (3D printing), precision casting, and other innovative techniques that help create environmentally friendly and sustainable internal combustion engines for various applications.

ตารางที่ 7-26 แผนการเรียนรู้ (ชุดรายวิชา) หลักสูตรด้านชิ้นส่วนเครื่องยนต์สันดาปภายในที่สะอาด

ไตรมาส 1 ปี ค.ศ. 2024	ไตรมาส 2 ปี ค.ศ. 2024	ไตรมาสที่ 3 ปี ค.ศ. 2024	ไตรมาส 4 ปี ค.ศ. 2024	ไตรมาส 1 ปี ค.ศ. 2025
การผลิตชิ้นส่วนเครื่องยนต์สันดาปภายในที่สะอาด				
ICE-101 Clean Internal Combustion Engines ICE-102 Emission Control Systems ICE-103 Environmental Regulations and Compliance ICE-104 Sustainable Manufacturing Practices	ICE-203 Lightweight Materials and Manufacturing Techniques for Clean ICE	ICE-303 Advanced Manufacturing Techniques for Clean ICE		
การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องยนต์สันดาปภายในที่สะอาด				
ICE-101 Clean Internal Combustion Engines ICE-102 Emission Control Systems ICE-103 Environmental Regulations and Compliance ICE-104 Sustainable Manufacturing Practices	ICE-201 Alternative Fuels and Advanced Combustion Technologies ICE-202 Engine Calibration and Performance Optimization	ICE-204 Engine Management Systems and Controls	ICE-301 Advanced Engine Management Systems and Controls	ICE-302 Advanced Combustion Technologies

7.4.4 แผนที่น่าสนใจหลักสูตรการอบรมบุคลากรด้านชิ้นส่วนอะไหล่ยานยนต์

กลุ่มชิ้นส่วนอะไหล่ยานยนต์ มีชุดความรู้ที่บุคลากรจำเป็นต้องมี โดยเรียงลำดับตามความยากง่าย ดังนี้

ระดับพื้นฐาน (Basic) เข้าใจพื้นฐาน ภาพรวม และหลักการทำงานของระบบ เพื่อเตรียมพร้อมในการเรียนรู้

REM-101 Automotive Aftermarket Industry Overview

REM-102 Quality Control and Testing for REM Products

REM-103 Manufacturing Processes for REM Products

ระดับกลาง (Intermediate) เข้าใจหลักการทำงานของระบบควบรวม (System integration) และผลิตภัณฑ์ (Product) เพื่อสามารถประยุกต์ใช้ในการผลิต

REM-201 REM Product Design and Development

REM-202 Product Lifecycle Management (PLM) for REM

REM-203 REM Product Certification and Regulatory Compliance

ระดับสูง (Advance) เข้าใจหลักการออกแบบและพัฒนา สามารถประยุกต์ใช้ในการออกแบบและพัฒนา ทวนสอบการออกแบบ และการผลิตขั้นสูง

REM-301 REM Supply Chain Management

REM-302 Intellectual Property and Patent Considerations

โดยมีเนื้อหารายวิชาโดยสังเขป (Course description) แสดงดังตารางที่ 7-27 และมีแผนการเรียนรู้ (ชุดรายวิชา) ลำดับการเรียนรู้ในแต่ละช่วงเวลาที่สุดคล้องกับความต้องการของภาคอุตสาหกรรม แสดงดังตารางที่ 7-28

ตารางที่ 7-27 เนื้อหารายวิชาโดยสังเขป หลักสูตรการอบรมกลุ่มชิ้นส่วนอะไหล่ยานยนต์

รหัสวิชา	ชื่อรายวิชา	เนื้อหารายวิชาโดยสังเขป (Course description)
REM-101	Automotive Aftermarket Industry Overview	An introduction to the automotive aftermarket industry, including the role of REMs and their importance in supplying replacement parts.
REM-102	Quality Control and Testing for REM Products	Learning about quality assurance procedures, testing methodologies, and compliance with industry standards.
REM-103	Manufacturing Processes for REM Products	Exploring various manufacturing techniques used for producing aftermarket parts, such as injection molding, machining, and casting.
REM-201	REM Product Design and Development	Understanding the design process, material selection, and manufacturing considerations specific to REM products.
REM-202	Product Lifecycle Management (PLM) for REM	Introduction to PLM software and its application in managing REM product development.
REM-203	REM Product Certification and Regulatory Compliance	Familiarization with certifications required for aftermarket parts and adherence to relevant automotive regulations
REM-301	REM Supply Chain Management	Understanding supply chain logistics, inventory management, and distribution strategies for REM products.
REM-302	Intellectual Property and Patent Considerations	Learning about protecting intellectual property and navigating patent regulations in the REM industry.

ตารางที่ 7-28 แผนการเรียนรู้ (ชุดรายวิชา) หลักสูตรด้านชิ้นส่วนอะไหล่ยานยนต์

ไตรมาส 1 ปี ค.ศ. 2024	ไตรมาส 2 ปี ค.ศ. 2024	ไตรมาสที่ 3 ปี ค.ศ. 2024	ไตรมาส 4 ปี ค.ศ. 2024	ไตรมาส 1 ปี ค.ศ. 2025
การผลิตชิ้นส่วนอะไหล่ยานยนต์				
REM-101 Automotive Aftermarket Industry Overview REM-102 Quality Control and Testing for REM Products	REM-103 Manufacturing Processes for REM Products	REM-202 Product Lifecycle Management (PLM) for REM	REM-203 REM Product Certification and Regulatory Compliance	REM-301 REM Supply Chain Management
การออกแบบชิ้นส่วนอะไหล่ยานยนต์				
REM-101 Automotive Aftermarket Industry Overview REM-102 Quality Control and Testing for REM Products	REM-103 Manufacturing Processes for REM Products	REM-201 REM Product Design and Development	REM-203 REM Product Certification and Regulatory Compliance	REM-302 Intellectual Property and Patent Considerations

แผนการอบรมของทุกกลุ่ม จำแนกตามระดับวิชา ขั้นต้น กลาง และสูง แสดงดังตารางที่ 7-29 โดยการอบรมขั้นต้นจะใช้เวลา 1 วัน ขั้นกลาง 3 วัน และขั้นสูง 5 วัน กิจกรรมของทั้ง 4 กลุ่มขึ้นส่วนจะเกิดขึ้นในปี ค.ศ. 2024 ถึง ค.ศ. 2025

ตารางที่ 7-29 แผนการอบรมบุคลากรด้านยานยนต์สมัยใหม่

	2024 M1-M3	2024 M4-M6	2024 M7-M9	2024 M10-M12	2025 M1-M3	2025 M4-M6	2025 M7-M9	2025 M10-M12
EV	Basic							
	Intermediate	Intermediate	Intermediate					
			Advance	Advance	Advance	Advance		
CAV	Basic	Basic						
			Intermediate	Intermediate	Intermediate			
					Advance	Advance	Advance	Advance
Clean ICE	Basic							
		Intermediate	Intermediate					
				Advance	Advance			
REM	Basic	Basic						
			Intermediate	Intermediate				
					Advance			

Basic 1-day course / Intermediate 3-day course / Advance 5-day course

7.4.5 ข้อจำกัดการจัดทำแผนที่นำทางหลักสูตรการอบรมด้านยานยนต์สมัยใหม่

ประเด็นปัญหาที่พบจากการสำรวจหลักสูตรต่างๆที่จัดอบรม คือ ยังขาดการเชื่อมโยงเป้าหมายของการอบรม กับชุดความรู้ อันได้แก่ หลักสูตรและรายวิชา และขาดแผนที่นำทางการอบรม จึงเป็นเหตุทำให้งานวิจัยนี้ได้เริ่มต้นโดยการจัดทำแผนที่นำทางหลักสูตรการอบรมด้านยานยนต์สมัยใหม่ ใน 4 กลุ่ม ดังอธิบายในหัวข้อก่อนหน้า ทั้งนี้ แผนที่นำทางฯ จะมีความสมบูรณ์มากขึ้น หากมีการจัดทำแผนยุทธศาสตร์การพัฒนาแรงงานในอุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ ที่ประกอบด้วยจำนวนความต้องการแรงงานในแต่ละประเภทในแต่ละช่วงเวลา และแผนการพัฒนาแรงงาน ทั้งแรงงานเดิมที่อยู่ในระบบ และแรงงานจากภาคการศึกษาให้สอดคล้องกับความต้องการของภาคอุตสาหกรรม

ทั้งนี้ การพิจารณาแผนที่นำทางหลักสูตรการอบรมถูกจัดทำขึ้น โดยใช้เงื่อนไขของเวลาที่จะเกิดกิจกรรมการผลิตของอุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ในประเทศ โดยแผนการอบรมพิจารณาตามลำดับเนื้อหาการเรียน แต่ทั้งนี้งานวิจัยนี้มีข้อจำกัดเรื่องข้อมูลความต้องการบุคลากรด้านยานยนต์สมัยใหม่ ดังนี้ **ประการแรก** ยังขาดข้อมูลปริมาณด้านความต้องการของจำนวนและตำแหน่ง (ประเภท) ของบุคลากรที่แท้จริง **ประการที่สอง** ยังขาดข้อมูลด้านความต้องการของความรู้และทักษะของงานในแขนงต่าง ๆ ในอุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ และ**ประการสุดท้าย** ยังขาดข้อมูลความรู้และทักษะของบุคลากรในปัจจุบัน และด้านระดับความพร้อมของบุคลากรในแขนงต่าง ๆ ทำให้การจัดทำแผนที่นำทางฯ นี้ ยังไม่ได้พิจารณาถึงจำนวนบุคลากรที่ต้องสร้างหรือพัฒนาขึ้น

7.4.6 ข้อเสนอแนะสำหรับการจัดอบรมบุคลากรด้านยานยนต์สมัยใหม่

7.4.6.1 ข้อเสนอแนะด้านรูปแบบการอบรม

ในอดีต การจัดฝึกอบรมบุคลากรด้านยานยนต์สมัยใหม่ พบว่ามีปัญหาหลายประการ ดังนี้ **ประการแรก** ขาดระบบประเมินความสามารถของบุคลากร และแนะนำการอบรมที่จำเป็น **ประการที่สอง** บุคลากรในอุตสาหกรรม ไม่สามารถมาอบรมได้ในระยะเวลายาวนาน และต่อเนื่อง และ**ประการที่สาม** การการอบรมในระดับกลางและสูง จำเป็นต้องใช้เวลา และประสบการณ์ของผู้สอนมาก และต้องมีการศึกษาจากของจริงประกอบ ทำให้หาผู้เชี่ยวชาญมาสอนได้ยาก

ดังนั้น เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว ควรสร้างการทดสอบและประเมินความสามารถของบุคลากร เทียบกับความต้องการของอุตสาหกรรมและจัดทำระบบแนะนำการอบรม เช่น การใช้แผนที่นำทางฯ โดยมีแนวทางของรูปแบบการอบรมดังนี้

รูปแบบการอบรมแบบดั้งเดิม ในรูปแบบนี้เป็นการอบรม ณ สถานที่ที่จัดไว้ และเน้นการมีประสบการณ์จากการเรียนรู้ของจริงควบคู่ไปกับภาคทฤษฎี ในรูปแบบนี้การจัดอบรมต่อเนื่องนานๆ อาจมีอุปสรรคต่อผู้เข้าร่วมการอบรมได้ ดังนั้นจึงควรมีการจัดเวลาในการอบรมให้ไม่เกิน 1 อาทิตย์ เช่น การอบรมในระดับพื้นฐาน 1 วัน ระดับกลาง 3 วัน และ ระดับสูง 5 วัน เป็นต้น วิธีการนี้จะใช้เวลาในการเตรียมการสอนน้อยกว่าแบบผสมผสาน เนื่องจากไม่จำเป็นต้องจัดทำสื่อออนไลน์ แต่ก็มีข้อจำกัดของเวลาที่ทำให้ไม่สามารถสอนได้ลึกมากนัก

รูปแบบการอบรมแบบผสมผสาน (Hybrid training system) จัดให้มีการอบรมแบบออนไลน์ควบคู่ไปกับการอบรมที่สถานที่จริง โดยผู้เข้าร่วมอบรมจะเรียนจากออนไลน์ก่อนและสอบให้ผ่าน แล้วจึงสามารถเข้าร่วมอบรมที่สถานที่จริงและดูงานได้ โดยการอบรมแบบออนไลน์ จะมีช่วงเวลา 1-2 เดือน และการจัดการอบรมแบบสถานที่จริง จะมีกำหนดการแจ้งไว้ เช่น มีเวลาให้เรียนออนไลน์ 1-2 เดือนแล้วจะมีจัดอบรมสถานที่จริง 1 ครั้ง เป็นต้น วิธีการนี้ผู้เข้าร่วมอบรมสามารถเรียนรู้ได้ในเวลาหลังเลิกงาน และใช้เวลาประมาณ 6 - 12 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ ในการอบรม โดยจะเป็นการดึงดูดมากขึ้น หากบริษัทคิดเวลาการเรียนออนไลน์นี้เป็นเวลาทำงานล่วงเวลา และรายวิชาระดับกลางและสูง จะสามารถมีเวลาในการอบรมเพิ่มขึ้นเมื่อใช้วิธีการนี้

ทั้งนี้ทั้งสองแนวทางการอบรม จำเป็นต้องมีผู้เชี่ยวชาญ ทั้งจากภาคการศึกษา วิจัย และผู้ประกอบการ เอกชน ร่วมกันอบรม เนื่องจากต้องใช้ประสบการณ์และกรณีศึกษาจริงจากผู้ประกอบการ ร่วมกับความรู้ภาคทฤษฎีจากภาคการศึกษาในการอบรม

7.4.6.2 ข้อเสนอแนะในการพัฒนาผู้สอนในหลักสูตร

จากหัวข้อที่แล้ว การพัฒนาผู้สอนในหลักสูตรมีความท้าทายมาก เนื่องจากต้องอาศัยประสบการณ์ในการทำงานจริง ในการเตรียมเนื้อหาและดำเนินการอบรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งการสาธิตและแสดงตัวอย่างการออกแบบ ทดสอบ และการสอบทวนการออกแบบ แนวทางในการพัฒนาผู้สอนมีดังนี้ **ประการแรก** สร้างเครือข่ายของผู้เชี่ยวชาญ ได้แก่ การรวบรวมข้อมูลผู้เชี่ยวชาญในแขนงต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ทั้งที่อยู่ในภาคการศึกษา วิจัย และผู้ประกอบการเอกชน และสร้างเป็นฐานข้อมูล สำหรับหน่วยงานที่ดูแลด้านการอบรม **ประการที่สอง** สร้างกลไกการสร้างผู้เชี่ยวชาญ ได้แก่ การสร้างกลไกความร่วมมือระหว่างหน่วยงานที่จัดการอบรมกับผู้ประกอบการเอกชน ศูนย์วิจัยและมหาวิทยาลัย ทั้งในและต่างประเทศ เพื่ออบรมผู้เชี่ยวชาญ (Train

the trainer) โดยอาจใช้วิธีการ คล้ายโครงการ Automotive Human Resource Development Project (AHRDP) ที่เคยดำเนินการมาในอดีต แต่ปรับให้สอดคล้องกับ แผนที่น่าทางๆ และรายวิชาของหลักสูตร การอบรมบุคลากรด้านยานยนต์สมัยใหม่ และมีทุนสนับสนุนให้สามารถเชิญผู้เชี่ยวชาญจากต่างประเทศ มาสอนได้ ในกรณีที่ไม่สามารถหาผู้เชี่ยวชาญหรือผู้ประกอบการเอกชน ภายในประเทศที่สามารถอบรมได้ และ**ประการที่สาม** สร้างให้เกิดระบบที่สามารถให้ผลตอบแทนแก่ผู้ประกอบการเอกชนที่เข้าร่วมโครงการ การสร้างผู้เชี่ยวชาญ เป็นหนึ่งในสิทธิประโยชน์ทางการลงทุนหรือทางภาษี เพื่อเป็นการดึงดูด

7.5 หลักสูตรอบรมนำร่องด้านยานยนต์สมัยใหม่

การจัดทำหลักสูตรในโครงการยกระดับผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ไทย เพื่อเตรียมความพร้อมในการเข้าสู่ ห่วงโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ (Parts Transformation) กำหนดกลุ่มเป้าหมายของผู้อบรม เป็น 2 กลุ่ม ประกอบด้วย กลุ่มบุคลากรที่อยู่ในอุตสาหกรรมเดิม และกลุ่มบัณฑิตจบใหม่ ที่ต้องการเข้าสู่ อุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ โดยเพิ่มองค์ความรู้และทักษะที่จำเป็นสำหรับการดำเนินธุรกิจในกลุ่มชิ้นส่วน ยานยนต์สมัยใหม่ สำหรับกลุ่มชิ้นส่วนยานยนต์สมัยใหม่พิจารณาจากชิ้นส่วนที่มีการส่งเสริมจากภาครัฐ ดังนี้

1. ชิ้นส่วนยานยนต์ไฟฟ้า 9 รายการ ได้แก่ Battery, Traction motor, BMS, DCU, On-board, DC/DC converter, Inverter, E-compressor และ Reduction gear
2. ชิ้นส่วนยานยนต์เชื่อมต่อและอัตโนมัติ 9 รายการ ได้แก่ Passive components, Display, Smart seat, Smart embedded body and exterior part, Embedded modem, Ultrasonic sensor, Driver input, Camera และ Actuator)

และแบ่งการเรียนรู้แบ่งออกเป็น 3 ระดับ ประกอบด้วย

1. ระดับพื้นฐาน เข้าใจพื้นฐาน ภาพรวม และหลักการทำงานของระบบเพื่อเตรียมพร้อมในการ เรียนรู้
2. ระดับกลาง เข้าใจหลักการทำงานของระบบควมรวม (System integration) และผลิตภัณฑ์ (Product) เพื่อสามารถประยุกต์ใช้ในการผลิต
3. ระดับสูง เข้าใจหลักการออกแบบและพัฒนาสามารถประยุกต์ใช้ในการออกแบบและพัฒนา ทวนสอบการออกแบบและการผลิตขั้นสูง

การเลือกหัวข้อหลักสูตร จะพิจารณาจากหลักสูตรที่นำไปสู่การพัฒนาผู้ประกอบการที่มีความสนใจ ในชิ้นส่วนเป้าหมาย และเป็นหลักสูตรที่สถาบันยานยนต์ไม่เคยพัฒนาหรือจัดอบรมมาก่อน ผลดังกล่าวทำให้ เลือกหลักสูตร Traction Motor โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. ระดับต้น (Beginner) ประกอบด้วย
 - 1.1 วิชาพื้นฐานเทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้า (Fundamentals of Electric Vehicle Technologies)
 - 1.2 วิชาความปลอดภัยในการทำงานระบบแรงดันไฟฟ้าสูงในยานยนต์ไฟฟ้า (High Voltage Electrical Safety in Electric Vehicle)
 - 1.3 วัสดุและชิ้นส่วนสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า และมาตรฐาน (Material and component for electric vehicles and standard)

2. ระดับกลาง (Intermediate) ประกอบด้วย

- 2.1 วิชาระบบขับเคลื่อนสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า (Drive System for Electric Vehicles)
- 2.2 วิชาพื้นฐานมอเตอร์ขับเคลื่อนยานยนต์ไฟฟ้า (Fundamentals of EV Traction Motor)
- 2.3 วิชาการผลิตมอเตอร์ขับเคลื่อน (Traction Motor Manufacturing)
- 2.4 วิชาระบบอิเล็กทรอนิกส์กำลังในยานยนต์ไฟฟ้า (Power Electronic in Electric Vehicle)
- 2.5 วิชาพื้นฐานซอฟต์แวร์ระบบฝังตัวในรถยนต์ (Fundamentals of Automotive embedded system software)
- 2.6 วิชาซอฟต์แวร์ระบบฝังตัวในรถยนต์ (Automotive Embedded System Software)

3. ระดับสูง (Advance) ประกอบด้วย

- 3.1 วิชาการควบรวมระบบขับเคลื่อนรถไฟฟ้า (EV Powertrain System Integration)
- 3.2 วิชาพื้นฐานการจำลองในลูสำหรับพัฒนาระบบยานยนต์ (Fundamentals of X-in-the-Loop Simulation for automotive system development)
- 3.3 วิชาการจำลองในลูสำหรับพัฒนาระบบยานยนต์ (X in the Loop)
- 3.4 วิชาการออกแบบมอเตอร์ (Traction motor design)

และด้วยเงื่อนไขข้างต้น ทำให้ได้วิชาที่เป็นพื้นฐานของหลักสูตรมอเตอร์ขับเคลื่อนสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า (Traction Motor) เพื่อนำมาใช้อบรมนักรองภายใต้โครงการฯ จำนวน 3 วิชาดังนี้

1. วิชาพื้นฐานมอเตอร์ขับเคลื่อนยานยนต์ไฟฟ้า (Fundamentals of EV Traction Motor)
2. วิชาพื้นฐานซอฟต์แวร์ระบบฝังตัวในรถยนต์ (Fundamentals of Automotive embedded system software)
3. วิชาพื้นฐานการจำลองในลูสำหรับพัฒนาระบบยานยนต์ (Fundamentals of X-in-the-Loop Simulation for automotive system development)

โดยมีรายละเอียดแต่ละวิชาแสดงในหัวข้อถัดไป

7.5.1 วิชาที่ 1 พื้นฐานมอเตอร์ขับเคลื่อนยานยนต์ไฟฟ้า

วิชาที่ 1 พื้นฐานมอเตอร์ขับเคลื่อนยานยนต์ไฟฟ้า (Fundamentals of EV Traction Motor)

(1) วัตถุประสงค์

- (1.1) เพื่อให้ผู้เข้าอบรมเข้าใจหลักการทำงานและหน้าที่ต่าง ๆ ของ Traction Motor และเทคนิคการควบคุมมอเตอร์ได้อย่างถูกต้อง
- (1.2) เพื่อให้ผู้อบรมเข้าใจเทคนิคการทดสอบมอเตอร์ วิธีการและมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง

(2) หัวข้ออบรม

- (2.1) ความรู้พื้นฐานของมอเตอร์ไฟฟ้า
 - (2.1.1) หลักการทำงานของมอเตอร์กระแสตรงและกระแสสลับ
 - (2.1.2) ส่วนประกอบต่างๆ ของมอเตอร์ไฟฟ้า (Stator, Rotor, Coil, etc.)
- (2.2) หลักการทำงานของมอเตอร์สำหรับยานยนต์ไฟฟ้า
 - (2.2.1) มอเตอร์ขับเคลื่อนสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า
 - (2.2.2) คุณสมบัติและสมรรถนะของมอเตอร์สำหรับยานยนต์ไฟฟ้า

- (2.2.3) หลักการทำงานของมอเตอร์ประเภท BLDC PMAC INDUCTION
- (2.3) การผลิตมอเตอร์
 - (2.3.1) ขั้นตอนในการผลิตมอเตอร์
- (2.4) การควบคุมมอเตอร์
 - (2.4.1) การควบคุมมอเตอร์พื้นฐาน
 - (2.4.2) การควบคุมมอเตอร์แบบเชิงโครนัส โดยใช้การควบคุมแบบป้อนกลับ
- (2.5) การทดสอบมอเตอร์
 - (2.5.1) มาตรฐานการทดสอบมอเตอร์
 - (2.5.3) อุปกรณ์ในการทดสอบ
 - (2.5.3) วิธีการในการทดสอบ
- (3) คุณสมบัติผู้เรียน
 - (3.1) จบการศึกษาระดับ ปวช. ปวส.ขึ้นไป และมีความรู้พื้นฐานทางด้านไฟฟ้า เครื่องกลหรือสาขาที่เกี่ยวข้อง หรือ ผ่านการอบรมความรู้พื้นฐานเทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้า
 - (3.2) เป็นกลุ่มผู้ประกอบการชิ้นส่วนยานยนต์หรือที่เกี่ยวข้อง
- (4) ระยะเวลาในการอบรม จำนวน 1 วัน
- (5) รูปแบบการอบรม เรียนในห้องเรียน

7.5.2 วิชาที่ 2 พื้นฐานซอฟต์แวร์ระบบฝังตัวในรถยนต์

วิชาที่ 2 พื้นฐานซอฟต์แวร์ระบบฝังตัวในรถยนต์ (Fundamentals of Automotive embedded system software)

- (1) วัตถุประสงค์
 - (1.1) เพื่อให้ผู้อบรมเข้าใจพื้นฐาน Software Embedded ที่มีการใช้ในอุตสาหกรรมยานยนต์
 - (1.2) เพื่อให้ผู้อบรมเข้าใจพื้นฐานระบบสมองกลฝังตัว ระบบการควบคุม รวมถึงการออกแบบจำลองสำหรับเทคโนโลยียานยนต์สมัยใหม่
- (2) หัวข้ออบรม
 - (2.1) พื้นฐานหัวข้อระบบสมองกลฝังตัวสำหรับยานยนต์
 - (2.1.1) ระบบยานยนต์ไฟฟ้าและยานยนต์ไฟฟ้าลูกผสม
 - (2.1.2) ระบบควบคุมยานยนต์
 - (2.1.3) กระบวนการออกแบบเชิงการสร้างแบบจำลอง
 - (2.1.4) ออกแบบระบบตามเวลาจริง
 - (2.1.5) การออกแบบกล่องควบคุมยานยนต์
 - (2.1.6) การทดสอบกล่องควบคุมยานยนต์แบบเสมือนจริง
 - (2.2) ระบบควบคุมสมองกลฝังตัว
 - (2.2.1) เซ็นเซอร์
 - (2.2.2) แอคชูเอเตอร์
 - (2.2.3) หน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์
 - (2.2.4) การออกแบบการควบคุมแบบดิจิทัล

- (2.2.5) รูปแบบสัญญาณสื่อสาร
- (2.3) การออกแบบเชิงสร้างแบบจำลองสำหรับเทคโนโลยียานยนต์สมัยใหม่
 - (2.3.1) กระบวนการออกแบบวีโมเดลสำหรับแบบจำลองเทคโนโลยียานยนต์สมัยใหม่
 - (2.3.2) การใช้เครื่องมือโปรแกรมช่วยในการออกแบบ
 - (2.3.3) เกณฑ์การออกแบบซอฟต์แวร์ยานยนต์
- (3) คุณสมบัติผู้เรียน
 - (3.1) จบการศึกษาระดับ ปวช. ปวส.ขึ้นไป และมีความรู้พื้นฐานทางด้านไฟฟ้า เครื่องกลหรือสาขาที่เกี่ยวข้อง หรือ ผ่านการอบรมความรู้พื้นฐานเทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้า
 - (3.2) เป็นกลุ่มผู้ประกอบการชิ้นส่วนยานยนต์หรือที่เกี่ยวข้อง
- (4) ระยะเวลาในการอบรม จำนวน 1 วัน
- (5) รูปแบบการอบรม เรียนในห้องเรียน

7.5.3 วิชาที่ 3 พื้นฐานการจำลองในรูปสำหรับการพัฒนาระบบยานยนต์

วิชาที่ 3 พื้นฐานการจำลองในรูปสำหรับการพัฒนาระบบยานยนต์ (Fundamentals of X-in-the-Loop Simulation for automotive system development)

- (1) วัตถุประสงค์
 - (1.1) เพื่อให้ผู้เข้าอบรมเข้าใจพื้นฐานเทคโนโลยีอินเดอะลูปในการทดสอบ การออกแบบระบบความปลอดภัยของรถยนต์ ที่มีการใช้ในอุตสาหกรรมยานยนต์
 - (1.2) เพื่อให้ผู้อบรมเข้าใจพื้นฐานการออกแบบเชิงสร้างแบบจำลองสำหรับเทคโนโลยียานยนต์สมัยใหม่
- (2) หัวข้ออบรม
 - (2.1) การออกแบบระบบความปลอดภัยในยานยนต์ (Automotive Functional Safety Design)
 - (2.1.1) ระบบความปลอดภัยแบบแพสซีฟ
 - (2.1.2) ระบบความปลอดภัยแบบแอคทีฟ
 - (2.1.3) การสร้างแบบจำลองระบบความปลอดภัย
 - (2.1.4) มาตรฐานความปลอดภัยของฟังก์ชันภายในรถยนต์ ISO 26262
 - (2.1.5) การทดสอบฟังก์ชันระบบความปลอดภัยในรถยนต์
 - (2.2) เทคโนโลยีเซ็นเซอร์และการวัดสัญญาณ (Sensor and Data Acquisition (DAQ) Technology)
 - (2.2.1) ชนิดและระบบเซ็นเซอร์ภายในรถยนต์
 - (2.2.2) การจำลองระบบเซ็นเซอร์
 - (2.2.3) การสอบเทียบระบบเซ็นเซอร์
 - (2.2.4) เทคโนโลยีการวัดสัญญาณ
 - (2.2.5) การประมวลผลและเก็บข้อมูลเซ็นเซอร์ดิจิทัล
 - (2.3) การจำลองระบบยานยนต์ (Vehicle System Simulation)
 - (2.3.1) กระบวนการและเทคนิคการจำลองระบบขับเคลื่อน ระบบส่งกำลัง ระบบการจัดการแบตเตอรี่ ระบบกักเก็บพลังงาน ระบบการสื่อสารภายในรถยนต์ ระบบอำนวยความสะดวกระบบระบายความร้อน

(2.4) การทดสอบแบบอินเทอร์ลูป (In-the-Loop Testing)

(2.4.1) ฟังก์ชันการทำงานของระบบรถยนต์แบบอินเทอร์ลูป

(2.4.2) กระบวนการใช้โมเดลเพื่อทดสอบ

(3) คุณสมบัติผู้เรียน

(3.1) จบการศึกษาระดับ ปวช. ปวส.ขึ้นไป และมีความรู้พื้นฐานทางด้านไฟฟ้า เครื่องกลหรือสาขาที่เกี่ยวข้อง หรือ ผ่านการอบรมความรู้พื้นฐานเทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้า

(3.2) เป็นกลุ่มผู้ประกอบการชิ้นส่วนยานยนต์หรือที่เกี่ยวข้อง

(4) ระยะเวลาในการอบรม จำนวน 1 วัน

(5) รูปแบบการอบรม เรียนในห้องเรียนและสอนแบบสาธิต

บทที่ 8 ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย แผนยุทธศาสตร์ การปรับเปลี่ยนผู้ผลิตชิ้นส่วนไปสู่อุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่

จากการกำหนดวิสัยทัศน์ เป้าหมาย และมาตรการของคณะกรรมการนโยบายยานยนต์ไฟฟ้าแห่งชาติ เพื่อขับเคลื่อนการลงทุน การผลิต และการพัฒนาบุคลากรให้ประเทศไทยเป็นฐานการผลิตยานยนต์ไร้มลพิษ (Zero-emission vehicle: ZEV) ทั้งนี้ เพื่อเปลี่ยนผ่านอุตสาหกรรมไปสู่อุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ ตามแผนยุทธศาสตร์ชาติ และแผนงานที่เกี่ยวข้อง คณะกรรมการฯ ได้อนุมัติ แผนงานการปรับเปลี่ยนไปสู่ยานยนต์ไฟฟ้า (การบริหารและการพัฒนาอุตสาหกรรมยานยนต์ไฟฟ้าและชิ้นส่วน) โดยโครงการยกระดับผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ไทย เพื่อเตรียมความพร้อมในการเข้าสู่ห่วงโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ (Parts transformation) เป็นหนึ่งในแผนงานระยะเร่งด่วนเพื่อลดผลกระทบของผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ไทย และใช้สร้างโอกาสในการเข้าสู่ตลาดยานยนต์สมัยใหม่

การจัดทำแผนยุทธศาสตร์ฉบับนี้มีจุดประสงค์เพื่อลดผลกระทบจากการปรับเปลี่ยนอุตสาหกรรมสู่อุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ และเป็นการเตรียมความพร้อมเพื่อให้ผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ไทยสามารถเข้าเป็นส่วนหนึ่งของอุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ได้ โดยอุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ในแผนยุทธศาสตร์ฉบับนี้ หมายถึง (1) อุตสาหกรรมยานยนต์ไฟฟ้า (EV) (2) อุตสาหกรรมยานยนต์เชื่อมต่อ และขับเคลื่อนอัตโนมัติ (CAV) และ (3) อุตสาหกรรมยานยนต์ที่มีลักษณะ สะอาด ประหยัดปลอดภัย โดยมีอุตสาหกรรมชิ้นส่วนเป้าหมาย ได้แก่ (1) อุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ไฟฟ้า (2) อุตสาหกรรมชิ้นส่วนอุปกรณ์เชื่อมต่อและขับเคลื่อนอัตโนมัติ (3) อุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์เครื่องยนต์สันดาปภายในที่สะอาดขึ้น (Clean ICE) และ (4) อุตสาหกรรมชิ้นส่วนอะไหล่ทดแทน (Replacement Equipment Manufacturing: REM)

จากสถานการณ์ของอุตสาหกรรมยานยนต์โลก รวมไปถึงการดำเนินนโยบายที่ผ่านมาของประเทศไทย ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในบริบทของอุตสาหกรรมยานยนต์ไทยสามประการสำคัญ ดังนี้ **ประการแรก** การลงทุนใหม่ของผู้ผลิตรถยนต์ต่างชาติ มีจุดประสงค์เพื่อสร้างฐานการผลิตที่มีตำแหน่งที่ตั้งใกล้เคียงกับตลาดเป็นสำคัญ และการเข้าถึงตลาดส่งออกเป็นปัจจัยรองที่พิจารณาต่อมา ดังนั้นความต้องการยานยนต์สมัยใหม่ในประเทศต้องมีขนาดมากเพียงพอ จึงจะเกิดการลงทุนผลิตยานยนต์สมัยใหม่ในประเทศ แต่อย่างไรก็ตามขนาดที่เพียงพอสำหรับผู้ผลิตรถยนต์กับผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์มีความแตกต่างกัน กล่าวคือ ผู้ผลิตรถยนต์สามารถเปิดสายการผลิตใหม่ที่จำนวนหลักหมื่นคันได้ ในขณะที่ผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ต้องการจำนวนในหลักล้านชิ้นต่อปี เช่น ระดับการผลิตที่ได้ประโยชน์จากการประหยัดต่อขนาด (Economy of scale) ของมอเตอร์ขับเคลื่อนยานยนต์ไฟฟ้า คือ สองล้านชิ้นต่อปี เป็นต้น **ประการที่สอง** เทคโนโลยียานยนต์สมัยใหม่ทั้งยานยนต์ไฟฟ้า และยานยนต์เชื่อมต่อและขับเคลื่อนอัตโนมัติ ส่งผลให้ผู้ผลิตรายอื่นมีบทบาทในอุตสาหกรรมยานยนต์โลกมากขึ้น และการเข้าสู่ห่วงโซ่อุปทานการผลิตยานยนต์ของผู้ผลิตรายอื่นมีความแตกต่างโดยสิ้นเชิงกับห่วงโซ่อุปทานของผู้ผลิตรายไทยซึ่งเป็นผู้เล่ายรายสำคัญในอุตสาหกรรมยานยนต์ไทย กล่าวคือ การลงทุนจากผู้ผลิตรายต่างชาติญี่ปุ่นในอดีต ต้องการแสวงหาแหล่งผลิตที่มีต้นทุนต่ำกว่าการผลิตในประเทศ และมีกิจกรรมการพัฒนาความสามารถผู้ผลิตชิ้นส่วน (Supplier development program) เพื่อทำให้มั่นใจว่าการผลิตในแหล่งผลิตต่าง ๆ ทั่วโลกจะมีคุณภาพและมีผลผลิตภาพเช่นเดียวกับการผลิตในประเทศญี่ปุ่น ในขณะที่ห่วงโซ่อุปทานการผลิตยานยนต์ในประเทศจีนมีความพร้อมทั้งด้านเทคโนโลยี

และต้นทุนการผลิตที่แข่งขันได้แล้ว ดังนั้นการลงทุนจากผู้ผลิตยานยนต์สัญชาติจีนในแหล่งอื่น ๆ จึงมีเป้าหมายเพื่อต้องการกระจายความเสี่ยงจากประเด็นภูมิรัฐศาสตร์ และเข้าใกล้ตลาดอื่น ๆ มากขึ้น โดยปัจจัยสำคัญที่จะพิจารณาเลือกผู้ผลิตชิ้นส่วนรายใด คือ ต้องมีความสามารถทางเทคโนโลยีและมีต้นทุน (ทั้งหมด) ที่ถูกกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการนำเข้าชิ้นส่วนจากประเทศจีน

ประการที่สาม ประเทศเพื่อนบ้านในภูมิภาคเริ่มพัฒนาความสามารถทางการผลิตในอุตสาหกรรมยานยนต์ และต้องการให้อุตสาหกรรมยานยนต์เป็นหนึ่งในกิจกรรมที่ขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศ เนื่องจากมีห่วงโซ่อุปทานการผลิตที่ยาว เกี่ยวเนื่องกับอุตสาหกรรมอื่น ๆ อีกจำนวนมาก ประกอบกับในบางประเทศ เช่น อินโดนีเซียมีแหล่งแร่นิกเกิลในประเทศ ซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญของแบตเตอรี่ที่ใช้ในยานยนต์ไฟฟ้า ส่งผลให้ประเทศเพื่อนบ้านต่างต้องการเป็นฐานการผลิตยานยนต์สมัยใหม่ของภูมิภาคเช่นเดียวกัน และดำเนินมาตรการจูงใจผู้ผลิตยานยนต์ต่างชาติเพิ่มขึ้น

จากบริบทดังกล่าว ทำให้ภาครัฐมีนโยบายเพื่อส่งเสริมอุตสาหกรรมการผลิตยานยนต์ไฟฟ้าในประเทศ โดยหัวใจหลัก คือ ให้สิทธิประโยชน์ต่าง ๆ แก่ผู้ผลิตยานยนต์ที่ลงทุนใหม่สำหรับการผลิตยานยนต์สมัยใหม่ โดยผู้ที่ขอรับสิทธิเหล่านั้น ต้องเกิดการใช้ชิ้นส่วนในประเทศอย่างมีนัยสำคัญ (ปัจจุบันกำหนดที่ระดับร้อยละ 40 ของมูลค่ารถยนต์หนึ่งคัน) แต่อย่างไรก็ตาม มาตรการส่งเสริมการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์สมัยใหม่ของรัฐกลายเป็นดาบสองคม ที่ทำให้ผู้ผลิตยานยนต์จากจีน ให้ความสำคัญเฉพาะการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์สมัยใหม่ในประเทศเท่านั้น เพื่อให้เป็นไปตามข้อกำหนดการใช้สิทธิประโยชน์จากภาครัฐ ซึ่งอาจเป็นการใช้ชิ้นส่วนจากบริษัทคู่ค้า/บริษัทลูกที่มาลงทุนใหม่ในประเทศไทย หรือผลิตเองในโรงงานประกอบรถยนต์ (In-house) รวมทั้งชิ้นส่วนยานยนต์สมัยใหม่มีสัดส่วนมูลค่าต่อรถยนต์ทั้งคันเกินกว่าร้อยละ 40 อยู่แล้ว ดังนั้น จึงไม่จำเป็นต้องใช้ชิ้นส่วนอื่น ๆ จากผู้ผลิตในประเทศไทย ซึ่งชิ้นส่วนเหล่านี้เป็นชิ้นส่วนเดิมหรือชิ้นส่วนที่ใช้ร่วมกับรถเครื่องยนต์สันดาปภายในได้ ทำให้ซ้ำเติมโอกาสสร้างที่จะความสามารถในการแข่งขันของผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ในประเทศ ดังนั้น อัตราการใช้ชิ้นส่วนยานยนต์สมัยใหม่ในประเทศไม่เป็นไปตามที่คาดหวัง เนื่องจากผู้ผลิตชิ้นส่วนในประเทศยังขาดความสามารถผลิตทั้งด้านเทคโนโลยีและด้านต้นทุน เนื่องจาก ผู้ผลิตชิ้นส่วนสัญชาติจีนมีต้นทุนต่ำกว่ามาก จากปริมาณการผลิตต่อปีที่สูงเพื่อรองรับตลาดภายในประเทศ รวมไปถึงคำสั่งซื้อจากผู้ผลิตรถยนต์ทั่วโลกทำให้ปริมาณการผลิตชิ้นส่วนของผู้ผลิตชิ้นส่วนจีนสามารถใช้ประโยชน์จากการประหยัดต่อขนาด (Economy of scale) เพื่อลดต้นทุนการผลิตได้ และเงื่อนไขการเข้าสู่ห่วงโซ่อุปทานที่ยากขึ้น ดังที่กล่าวไปก่อนหน้านี้ นอกจากนี้ ผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ไทยบางส่วนยังอยู่ในช่วงการตัดสินใจเพื่อเปลี่ยนแปลงไปสู่การผลิตยานยนต์สมัยใหม่ สืบเนื่องจากเทคโนโลยียานยนต์สมัยใหม่อาจยังมีความไม่แน่นอน และจำเป็นต้องใช้เงินทุนในการลงทุนสูง ผู้ผลิตชิ้นส่วนไทยจึงยังคงรอดูสถานการณ์เพื่อสร้างความมั่นใจว่า การลงทุนของตนจะมีความคุ้มค่า

ดังนั้น จากบริบทและสถานการณ์ปัจจุบันของอุตสาหกรรมยานยนต์ไทยที่มีการเปลี่ยนแปลงแผนยุทธศาสตร์การปรับเปลี่ยนผู้ผลิตชิ้นส่วนไปสู่อุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ จึงได้กำหนดเป้าหมายเพื่อ “**คงความสามารถในการแข่งขันของผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ไทย เพื่อเป็นฐานการผลิตยานยนต์ที่สำคัญของโลก ภายในปี ค.ศ. 2030**” และกำหนดเป้าหมายเชิงปริมาณ 2 เรื่อง ได้แก่ **หนึ่ง** ผู้ผลิตยานยนต์สมัยใหม่ในประเทศไทย มีอัตราการใช้ชิ้นส่วนยานยนต์สมัยใหม่ในประเทศร้อยละ 60 และ **สอง** ผู้ผลิตชิ้นส่วนที่เป็นผู้ประกอบการไทยมีความสามารถในการแข่งขันเทียบเท่ากับผู้ผลิตชิ้นส่วนต่างชาติ ที่ดำเนินกิจการอยู่ในประเทศไทย

เพื่อให้บรรลุไปสู่เป้าหมายดังกล่าว จึงได้เสนอมาตรการ โดยจะจำแนกเป็น 3 กลุ่ม ตามประเภทของผู้ประกอบการ ได้แก่ กลุ่มผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์เพื่อส่งมอบให้แก่ผู้ผลิตรถยนต์ (OEM) กลุ่มผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ในกลุ่มอะไหล่ทดแทน (REM) และกลุ่มผู้ผลิตรถยนต์สมัยใหม่ ทั้งนี้ แม้ว่าข้อเสนอจะเน้นเรื่อง การปรับเปลี่ยนผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ไปสู่อุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ก็ตาม แต่การใช้ชิ้นส่วนในประเทศ จะเกิดขึ้นไม่ได้ หากไม่มีการผลิตรถยนต์ในประเทศ ดังนั้น มาตรการที่เกี่ยวข้องกับผู้ผลิตรถยนต์จึงเป็นส่วน สำคัญและเป็นจุดเริ่มต้นของการพัฒนาห่วงโซ่อุปทานยานยนต์สมัยใหม่ในประเทศ อีกทั้งกรณีมาตรการ สำหรับผู้ผลิตชิ้นส่วน OEM และ REM จะจำแนกมาตรการเป็น 4 กลุ่มใหญ่ ดังนี้

- 1) มาตรการด้านส่งเสริมการเข้าสู่ตลาด เป็นกลุ่มมาตรการที่นำเสนอเพื่อช่วยให้ผู้ประกอบการสามารถ เข้าสู่ตลาดชิ้นส่วนยานยนต์สมัยใหม่ได้
- 2) มาตรการด้านส่งเสริมฐานการผลิตให้มีความสามารถในการแข่งขันสูงขึ้น เป็นกลุ่มมาตรการ ที่นำเสนอเพื่อสร้างความสามารถในการแข่งขันของผู้ประกอบการให้สูงขึ้น ผ่านการให้สิทธิ ประโยชน์ด้านการเงิน และช่วยลดต้นทุนอื่น ๆ ที่อาจเป็นภาระให้แก่ผู้ประกอบการทั้งทางตรง และทางอ้อม
- 3) มาตรการด้านสร้างความสามารถทางเทคโนโลยีแก่ผู้ประกอบการ เป็นกลุ่มมาตรการที่นำเสนอ เพื่อสร้างขีดความสามารถทางเทคโนโลยีให้แก่ผู้ประกอบการ โดยเล็งผลถึงการสร้างความสามารถ ในการวิจัยและพัฒนา โดยใช้กิจกรรมวิศวกรรมย้อนรอยเป็นจุดเริ่มต้น
- 4) มาตรการด้านการพัฒนาบุคลากร เป็นกลุ่มมาตรการที่นำเสนอเพื่อสร้างบุคลากรที่มีทักษะ สอดคล้องกับอุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ให้แก่อุตสาหกรรม

โดยมีรายละเอียดมาตรการของแต่ละกลุ่มผู้ประกอบการ ดังนี้

บริบทของอุตสาหกรรมยานยนต์ไทย			
1. การลงทุนจากผู้ผลิตรายอื่น เพื่อต้องการผลิตใกล้เคียง 2. ผู้ผลิตรายอื่นมีบทบาทในอุตสาหกรรมยานยนต์โลกมากขึ้น โดยการลงทุนจากผู้ผลิตรายอื่นสัญชาติญี่ปุ่นในอดีต ต้องการแสวงหาแหล่งผลิต ที่มีต้นทุนต่ำกว่าการผลิตในประเทศ ในขณะที่การลงทุนจากผู้ผลิตรายอื่นสัญชาติจีน ต้องการกระจายความเสี่ยง 3. ประเทศเพื่อนบ้านต่างต้องการเป็นฐานการผลิตยานยนต์สมัยใหม่ของภูมิภาค ทำให้มีการจูงใจให้ผู้ผลิตรายอื่นต่างเข้ามาขยาย			
เป้าหมาย คงความสามารถการแข่งขัน เพื่อเป็นฐานการผลิตยานยนต์ที่สำคัญของโลก โดย ภายในปี ค.ศ. 2030 1. มีอัตราการใช้ชิ้นส่วนยานยนต์สมัยใหม่ใน ประเทศร้อยละ 60 2. ผู้ผลิตรายอื่นไทยมีความสามารถแข่งขัน เทียบเท่าผู้ผลิตรายอื่นต่างชาติ (ในประเทศไทย)		สถานการณ์ปัจจุบัน 1. แนวโน้มการใช้ชิ้นส่วนยานยนต์สมัยใหม่ ในประเทศดังที่คาดหวัง เนื่องจาก ผู้ผลิต ชิ้นส่วนในประเทศยังไม่มีความสามารถ ผลิต และ เชื้อเพลิงการเข้าสู่ห่วงโซ่อุปทาน ที่ยากขึ้น 2. ผู้ผลิตรายอื่นไทยไม่สามารถ แข่งขันกับผู้ผลิตในประเทศจีนได้ เนื่องจากต้นทุนการผลิตสูงกว่า 3. ผู้ผลิตรายอื่นไทยบางส่วนยังอยู่ ในช่วงการตัดสินใจเพื่อเปลี่ยนแปลงไปสู่ การผลิตรถยนต์สมัยใหม่	
ขอบเขต ความต้องการชิ้นส่วนยานยนต์สมัยใหม่ (สะอาด-ประหยัด-ปลอดภัย) โดยผู้ผลิตราย ชาติในประเทศ ทั้งกลุ่ม OEM และ REM ได้แก่ EV CAV และ Clean ICE		ข้อเสนอมาตรการ 01. การส่งเสริมการเข้าสู่ตลาด 02. การส่งเสริมฐานการผลิตให้มีความสามารถในการแข่งขันสูงขึ้น 03. การสร้างความสามารถทางเทคโนโลยีแก่ผู้ประกอบการ 04. การพัฒนาบุคลากร	

รูปที่ 8-1 ข้อเสนอมาตรการเพื่อการเปลี่ยนผ่านไปสู่อุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่

ที่มา: คณะผู้วิจัย

8.1 ข้อเสนอมาตรการสำหรับการผลิตยานยนต์สมัยใหม่ในประเทศ

ประเด็นปัญหา

ผู้ผลิตรถยนต์มีความกังวลถึงนโยบายส่งเสริมยานยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทยที่มีการตั้งเป้าหมายไว้ แต่ไม่มีการดำเนินนโยบายอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะมาตรการสนับสนุนการใช้ยานยนต์ไฟฟ้าประเภทรถยนต์ และรถจักรยานยนต์ หรือ EV3 ที่กำลังจะสิ้นสุดในปี ค.ศ. 2023 นี้ และยังไม่มีความมาตรการสนับสนุนใหม่ใด ๆ ซึ่งอาจส่งผลให้ตลาดรถยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทยที่เริ่มเติบโตขึ้นอย่างมากในปี ค.ศ. 2023 ชะลอตัวลง นอกจากนั้น จากเป้าหมาย 30@30 รัฐบาลไทยยังไม่มีนโยบายที่เกี่ยวข้องกับรถยนต์เครื่องยนต์สันดาปภายใน ที่มีสัดส่วนร้อยละ 70 นอกจากตามที่ประกาศเป้าหมายไว้ รวมไปถึงมาตรการสนับสนุนที่เป็นมาตรการที่มี รายละเอียดคล้ายคลึงกับมาตรการที่ดำเนินการมาในอดีต ผู้ผลิตรถยนต์ต้องการมาตรการรูปแบบใหม่ที่มี แรงจูงใจในการลงทุนมากขึ้น

ข้อเสนอแนะ

ในอดีตการพัฒนาอุตสาหกรรมยานยนต์ไทย มีแผนแม่บทการพัฒนาอุตสาหกรรมยานยนต์ เป็นเสมือนแผนที่นำทางการพัฒนาอุตสาหกรรม ที่มีการพิจารณาประเด็นต่าง ๆ อย่างครอบคลุมและ สอดคล้อง โดยฉบับล่าสุดได้สิ้นสุดลงเมื่อปี ค.ศ. 2016 และไม่ได้ดำเนินการต่อ เนื่องด้วยการเปลี่ยนแปลง หลักเกณฑ์การทำแผนของประเทศ ประกอบกับในช่วงหลังการพัฒนาเทคโนโลยียานยนต์ถูกแรงกดดัน จากปัญหาสิ่งแวดล้อมและพลังงาน ทำให้การพัฒนาอุตสาหกรรมจึงอ้างอิงกับแผนด้านสิ่งแวดล้อมและ/หรือ พลังงานเป็นสำคัญ และอาจทำให้บางประเด็นไม่ถูกนำมาพิจารณา เช่น กรณีแผนส่งเสริมหรือทิศทาง ของเครื่องยนต์สันดาปภายในของประเทศไทย รวมทั้งการดำเนินงานหลายภาคส่วนไม่สอดคล้องกัน ไปด้วยกัน เช่น กรณีกรมสรรพสามิตจะลดหย่อนภาษีสรรพสามิต หากติดตั้งระบบช่วยเหลือผู้ขับขี่ขั้นสูง (ADAS) ในรถยนต์ ตั้งแต่ 1 มกราคม 2026 เป็นต้นไป โดยที่ยังไม่มีเงื่อนไขการใช้ชิ้นส่วน ADAS ยังไม่มีการส่งเสริม ผู้ประกอบการในประเทศให้สามารถผลิต ADAS ได้ รวมทั้งยังไม่มีข้อกำหนดมาตรฐาน ADAS ที่สามารถ ใช้งานได้บนถนนในประเทศไทย เป็นต้น

ดังนั้น เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว การทบทวนให้มีแผนแม่บทเพื่อพัฒนาอุตสาหกรรมยานยนต์ไทย (หรือ อาจใช้ชื่ออื่น เช่น แผนที่นำทางการพัฒนาอุตสาหกรรมยานยนต์ไทย) เพื่อเป็นแผนที่นำทางการพัฒนา อุตสาหกรรมยานยนต์ไทยจึงเป็นเรื่องจำเป็น โดยครอบคลุมทั้งการส่งเสริมการผลิตรถยนต์ ชิ้นส่วนสำหรับ การประกอบเป็นรถยนต์ใหม่ (ชิ้นส่วน OEM) และชิ้นส่วนอะไหล่ทดแทน (REM) ทั้งนี้ อาจใช้ประโยชน์ จากคณะกรรมการนโยบายยานยนต์ไฟฟ้าแห่งชาติที่ได้จัดตั้งไว้แล้ว เป็นผู้ดำเนินการ

หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

คณะกรรมการนโยบายยานยนต์ไฟฟ้าแห่งชาติ

8.2 ข้อเสนอมาตรการสำหรับกลุ่มชิ้นส่วน OEM

8.2.1 การส่งเสริมการเข้าสู่ตลาดโดยการจับคู่ธุรกิจแบบเชิงรุก

ประเด็นปัญหา

การจับคู่ธุรกิจเป็นกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้ผู้ซื้อและผู้ขายได้มีโอกาสได้พบกัน เพื่อพัฒนาไปจนถึงกระบวนการตกลงร่วมดำเนินกิจกรรมทางธุรกิจร่วมกัน แต่อย่างไรก็ดี กิจกรรมจับคู่ธุรกิจในปัจจุบัน ยังไม่ตอบโจทย์ความต้องการของผู้ประกอบการได้ กล่าวคือ ผู้ซื้อไม่สามารถหาผู้ขายที่ตรงกับความต้องการได้นอกจากนั้น ในด้านของผู้ขายก็ไม่สามารถเข้าถึงผู้ซื้อที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ของตนเองได้ เนื่องด้วยการจัดกิจกรรมยังไม่ได้พิจารณาข้อมูลในเชิงลึกถึงความสามารถของผู้ผลิตชิ้นส่วน และความเหมาะสมในการจับคู่ตัวอย่างเช่น นำผู้ผลิตชิ้นส่วนในระดับชิ้นส่วนย่อย เช่น น็อตสกรู มาเจรจาซื้อขายกับผู้ผลิตรถยนต์ ซึ่งเป็นระดับการจัดซื้อที่มีระดับขั้นในการส่งมอบต่างกันมาก ทำให้การเจรจาซื้อขายไม่สำเร็จ เป็นต้น โดยผู้ผลิตชิ้นส่วนที่ผู้ผลิตรถยนต์มองหาในปัจจุบัน ต้องมีความสามารถในการควบรวมชิ้นส่วน (Integrate) ชิ้นส่วนหลายรายการทั้งฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์เข้าด้วยกัน หรือมีความสามารถในการให้บริการแบบครบวงจร (Service provider) มากกว่าการจัดซื้อชิ้นส่วนเป็นรายชิ้นย่อย ๆ

นอกจากนี้ ยังพบว่ากิจกรรมการจัดหาผู้ผลิตชิ้นส่วน (Part supplier sourcing) ของผู้ผลิตรถยนต์รายใหม่จากประเทศจีนที่เกิดขึ้นในช่วงเวลานี้ ยังไม่ก่อให้เกิดคำสั่งซื้อใหม่กับผู้ผลิตชิ้นส่วนในประเทศได้ เนื่องจากการผลิตรถยนต์สมัยใหม่ในประเทศไทย ไม่ใช่รถยนต์ที่ถูกผลิตขึ้นใหม่ในโลก (New model) แต่เป็นรุ่นรถที่ถูกพัฒนาในต่างประเทศ (หรือประเทศแม่) มาแล้ว ซึ่งจะตกลงซื้อชิ้นส่วนหลายรายการกันมาก่อนหน้านี้แล้ว ดังนั้น หากผู้ผลิตชิ้นส่วนรายใหม่ ไม่สามารถพิสูจน์ความสามารถทางเทคโนโลยีและต้นทุนที่ต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญได้ มีโอกาสต่ำมากที่จะได้รับคำสั่งซื้อจากกิจกรรมดังกล่าว

ข้อเสนอแนะ

กิจกรรมการจับคู่ธุรกิจต้องดำเนินการในลักษณะเชิงรุก กล่าวคือ ผู้จัดกิจกรรมการจับคู่ธุรกิจต้องให้บริการในลักษณะแบบ Service provider ที่มุ่งเน้นผลลัพธ์ของงาน (Outcome) มากกว่าการเน้นผลผลิต (Output) ของกิจกรรม เช่น จำนวนครั้งของการจัดงาน จำนวนผู้เข้าร่วมงาน เป็นต้น ดังนั้น การที่จะพัฒนาให้เกิดการจับคู่ธุรกิจแบบเชิงรุกได้นั้น ต้องมีการเชื่อมโยงข้อมูลในระดับลึก อาทิ ศักยภาพการผลิต และข้อมูลต้องมีความทันสมัยปรับปรุงอยู่ตลอดเวลา นอกจากนั้นการเชื่อมโยงผู้ประกอบการต้องครอบคลุมถึงผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง อาทิ อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ อุตสาหกรรมซอฟต์แวร์ รวมไปถึงอาจมีการจัดกิจกรรมเยี่ยมชมโรงงานผลิต เพื่อให้ผู้ซื้อได้รับข้อมูลสำหรับพิจารณาว่าผู้ขายแต่ละรายมีศักยภาพตรงกับที่ตนต้องการหรือไม่

หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

- สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน
- สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม
- กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ
- กรมพัฒนาธุรกิจการค้า
- สถาบันยานยนต์

8.2.2 การส่งเสริมฐานการผลิตให้มีความสามารถในการแข่งขันสูงขึ้น

8.2.2.1 สิทธิประโยชน์ทางการเงิน เพื่อก่อให้เกิดการใช้ชิ้นส่วนในประเทศ

ประเด็นปัญหา

ปัจจุบันภาครัฐมีมาตรการจูงใจสำหรับผู้ผลิตยานยนต์สมัยใหม่อยู่บ้างแล้ว แต่อย่างไรก็ดี มาตรการในปัจจุบันยังประสบปัญหาหลายด้าน ดังนี้ **ประการแรก** ห่วงเวลาของการดำเนินมาตรการส่งเสริมการผลิตยานยนต์สมัยใหม่ อาจไม่สอดคล้องกับวัฏจักรการดำเนินธุรกิจของผู้ผลิตรถยนต์บางราย เช่น การพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ การจัดซื้อชิ้นส่วน และการผลิต ทำให้ผู้ผลิตรถยนต์กลุ่มดังกล่าว ไม่สามารถผลิตยานยนต์สมัยใหม่ในประเทศได้ หรือบางส่วนสามารถผลิตได้ แต่ไม่สามารถใช้ชิ้นส่วนในประเทศได้ **ประการที่สอง** มาตรการปัจจุบันมีความยากในการปฏิบัติ เนื่องจากข้อกำหนดกระบวนการผลิตที่เป็นสาระสำคัญในเขตปลอดอากร (Free trade zone) ที่เข้มงวด ทำให้ต้องใช้เทคโนโลยีในระดับสูง เช่น ข้อกำหนดการผลิตในระดับพันชุดต่อวัน สำหรับมอเตอร์ขับเคลื่อน หรือ ข้อกำหนดการทดสอบซอฟต์แวร์ในระดับ Software-in-the-loop สำหรับระบบบริหารจัดการแบตเตอรี่ (BMS) เป็นต้น ซึ่งผลจากข้อกำหนดดังกล่าว ทำให้มีความเป็นไปได้ใน 2 กรณี ดังนี้ กรณีแรก ผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์นำเข้าเทคโนโลยีหรือให้คู่ค้าในต่างประเทศลงทุนผลิตในประเทศเพื่อดำเนินกิจกรรมดังกล่าว ซึ่งส่งผลทำให้ไม่เกิดการใช้ชิ้นส่วนจากผู้ผลิตชิ้นส่วนที่อยู่ในประเทศ รวมทั้งไม่เปิดโอกาสให้ผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ในประเทศได้เรียนรู้เทคโนโลยีใหม่ และอาจจะทำให้ผู้ผลิตชิ้นส่วนจากต่างประเทศกลายเป็นผู้เล่นรายใหญ่ในอุตสาหกรรมยานยนต์ไทยได้ กรณีที่สอง หากการดำเนินการตามกรณีแรก มีต้นทุนการดำเนินงานสูงมากจนไม่คุ้มกับการลงทุน อาจไม่เกิดการผลิตยานยนต์ในประเทศเลย **ประการที่สาม** มาตรการส่งเสริมการผลิตยานยนต์สมัยใหม่ในปัจจุบัน มุ่งเน้นไปที่การสร้างแรงจูงใจการลงทุนในอุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่สำหรับผู้ผลิตรถยนต์เป็นหลัก โดยยังไม่มีมาตรการจูงใจในระดับเดียวกันที่ให้แก่ผู้ผลิตชิ้นส่วน ดังนั้นหากผู้ผลิตรถยนต์ไม่ผลิตหรือยังไม่ตัดสินใจผลิตยานยนต์สมัยใหม่ จึงเป็นโอกาสยากที่ผู้ผลิตชิ้นส่วนในประเทศจะเตรียมความพร้อมการผลิต หรือพัฒนาผลิตภัณฑ์ด้านยานยนต์สมัยใหม่

ข้อเสนอแนะ

มาตรการจูงใจการผลิตยานยนต์ อาจพิจารณาใช้อัตราการใช้ชิ้นส่วนในประเทศ (Local content) มาเป็นอัตรากำหนดการได้รับสิทธิประโยชน์ กล่าวคือ คำนวณสิทธิประโยชน์การลงทุนที่อิงกับระดับการใช้ชิ้นส่วนยานยนต์แบบอัตราก้าวหน้า โดยไม่กำหนดอัตราก้าวหน้าที่ร้อยละ 40 ดังเช่นปัจจุบัน โดยผู้ผลิตรถยนต์ที่ใช้ชิ้นส่วนในประเทศในอัตราที่มากกว่าจะได้รับสิทธิประโยชน์มากกว่า ซึ่งเป็นการส่งเสริมให้เกิดการใช้ชิ้นส่วนในประเทศให้เพิ่มมากขึ้น สำหรับผู้ผลิตรถยนต์ที่มีปริมาณการผลิตจำนวนมาก อีกทั้ง การกำหนดสิทธิประโยชน์ภายใต้เงื่อนไขเช่นนี้ ยังเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้ผลิตรถยนต์ที่ผลิตในปริมาณน้อย หรือยังไม่มีความพร้อมการใช้ชิ้นส่วนในประเทศในระดับสูง สามารถเริ่มผลิตในประเทศได้ และอาจเพิ่มอัตรากำหนดการใช้ชิ้นส่วนในประเทศมากขึ้นเมื่อมีปริมาณการผลิตเพิ่มขึ้นในอนาคตได้ อีกทั้ง เพื่อส่งเสริมมาตรการส่งเสริมการเข้าสู่ตลาด อาจมีข้อกำหนดมาตรการเพิ่มเติม โดยให้สิทธิประโยชน์เพิ่มเติม หากเป็นการใช้ชิ้นส่วนที่มาจากผู้ประกอบการไทย ทั้งนี้ มาตรการดังกล่าวต้องดำเนินการควบคู่กับการยกระดับศักยภาพผู้ผลิตชิ้นส่วนในประเทศให้มีความสามารถผลิตชิ้นส่วนยานยนต์สมัยใหม่ด้วย

รวมทั้ง อาจพิจารณารูปแบบการให้สิทธิประโยชน์เพิ่มเติม โดยเป็นแพคเกจที่ให้ทั้งผู้ผลิตรถยนต์และผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ที่จับคู่กัน (หรือมากกว่า) โดยมีเงื่อนไขการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์สมัยใหม่

นอกจากนี้ หน่วยงานผู้ให้สิทธิประโยชน์อาจพิจารณาให้สิทธิประโยชน์รูปแบบอื่นเพิ่มเติมจากการให้สิทธิประโยชน์ด้านภาษี เช่น การให้เงินอุดหนุนการลงทุน (Investment Grant) ร่วมกับการให้สิทธิประโยชน์ด้านภาษี ซึ่งจะช่วยให้ผู้ประกอบการมีสภาพคล่องด้านการเงินในช่วงต้นของการลงทุน หรือการลดอัตราภาษีสรรพสามิตเพิ่มขึ้น หากผู้ผลิตรถยนต์ใช้ระบบช่วยเหลือผู้ขับขี่ขั้นสูง (ADAS) ที่ผลิตจากผู้ประกอบการในประเทศ เป็นต้น

หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

- สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน
- สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม
- กรมศุลกากร
- สำนักงานเศรษฐกิจการคลัง
- กรมสรรพสามิต
- สำนักงบประมาณ
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

8.2.2.2 ส่งเสริมให้เกิดห่วงโซ่อุปทานแบบยั่งยืน

ประเด็นปัญหา

หลายประเทศทั่วโลกให้ความสำคัญกับการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อแก้ไขปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change) ทำให้บางประเทศเริ่มดำเนินมาตรการทางการค้าระหว่างประเทศ โดยใช้ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นหลักเกณฑ์ในการพิจารณาควบคุม อาทิ มาตรการ CBAM นอกจากนี้ผู้ผลิตยานยนต์หลายรายประกาศเป้าหมายความเป็นกลางทางคาร์บอน (Carbon Neutral) ซึ่งต้องดำเนินการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดห่วงโซ่อุปทาน มิใช่เพียงแค่บริษัทประกอบยานยนต์เท่านั้น ด้วยเหตุนี้เอง การดำเนินธุรกิจในอนาคตของผู้ผลิตชิ้นส่วนในอุตสาหกรรมยานยนต์ จำเป็นต้องมีการติดตามหรือคำนวณ เพื่อยืนยันของรับรองปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของธุรกิจของตน

นอกจากประเด็นด้านสิ่งแวดล้อมแล้ว ยังมีประเด็นด้านความรับผิดชอบต่อสังคม และการปฏิบัติตามหลักธรรมาภิบาลที่ผู้ประกอบการต้องให้ความสนใจ หรือที่เรียกรวมว่าการพัฒนาขององค์กรอย่างยั่งยืน (สิ่งแวดล้อม สังคม และธรรมาภิบาลขององค์กร (Environmental, social, and governance: ESG)) ทั้งนี้ ESG ไม่เพียงแต่ก่อให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและสิ่งแวดล้อมเท่านั้น แต่ในมุมมองของผู้ประกอบการ ESG สามารถช่วยระบุและจัดการความเสี่ยงที่อาจส่งผลกระทบต่อการทำงานของกิจการ ได้ เช่น การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การหยุดชะงักของห่วงโซ่อุปทาน และการลาออกของพนักงาน เป็นต้น ซึ่งส่งผลดีต่อผลประกอบการในที่สุด ดังนั้นผู้ประกอบการที่สามารถปฏิบัติตามหลัก ESG ได้ก่อน จะทำให้ได้เปรียบการแข่งขันทางธุรกิจในระยะยาวได้

ข้อเสนอแนะ

การส่งเสริมให้เกิดห่วงโซ่อุปทานแบบยั่งยืน ในด้านสิ่งแวดล้อม สามารถดำเนินการได้ 3 ขั้นตอน คือ **ขั้นแรก** ส่งเสริมกระบวนการผลิตแบบลดความสูญเปล่าและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (Lean and Green manufacturing) เพื่อลดการใช้ทรัพยากร และใช้พลังงานหมุนเวียน ซึ่งจะส่งผลทำให้ลดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากกระบวนการผลิตได้ **ขั้นที่สอง** การจัดทำแพลตฟอร์มสำหรับคำนวณ Carbon footprint ในกระบวนการผลิตสำหรับผู้ประกอบการ และสามารถให้การรับรอง Carbon credit ได้ เพื่อเป็น

การลดภาระของผู้ผลิตในการดำเนินกิจกรรมดังกล่าวได้ด้วยตนเอง รวมไปถึงเป็นการส่งเสริมให้ผู้ประกอบการขนาดเล็กที่อาจจะไม่มีศักยภาพในการคำนวณ Carbon credit ภายใต้กิจการของตนเอง ได้มาใช้แพลตฟอร์มดังกล่าวเป็นเครื่องมือสำหรับคำนวณ Carbon footprint และยังสามารถอยู่ในห่วงโซ่อุปทานของผู้ผลิตยานยนต์ที่จะมีการดำเนินกิจกรรมตามเป้าหมายความเป็นกลางทางคาร์บอนที่ได้ประกาศไว้ **ขั้นที่สาม** จำเป็นต้องคำนวณ Carbon footprint ของการนำเข้าชิ้นส่วนยานยนต์จากต่างประเทศ เพื่อไม่ให้เกิดการถ่ายโอน Carbon footprint ระหว่างประเทศจนกระทบต่อภาพลักษณ์ของห่วงโซ่อุปทานการผลิตรถยนต์ภายในประเทศ ที่สำคัญ อาจต้องพูดคุยหรือเจรจาเพิ่มเติมกับผู้นำเข้าชิ้นส่วนยานยนต์จากต่างประเทศต่อการจัดการ Carbon footprint ที่เกิดขึ้นจากการนำเข้า ทางออกหนึ่ง คือ การผนวก Carbon footprint เข้าไปสู่ผู้ผลิตชิ้นส่วนหรือค่ายรถยนต์ที่นำเข้าชิ้นส่วนจากต่างประเทศไปในกระบวนการผลิต และต้องมีการซื้อ Carbon Credit จากผู้ผลิตชิ้นส่วนอื่น ๆ ในอุตสาหกรรม เพื่อชดเชยต้นทุนการผลิตที่เกิดขึ้นกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ทั้งนี้ การคำนวณ Carbon footprint เป็นการทำให้ผู้ผลิตในอุตสาหกรรมยานยนต์ไทยมีจุดยืนอยู่บนต้นทุนที่คำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเช่นเดียวกัน รวมทั้ง ในอนาคตต้องขยายขอบเขตมาตรการไปให้ครอบคลุมถึงเรื่องสิทธิและความเท่าเทียมของแรงงาน ผลกระทบต่อชุมชน และธรรมาภิบาลด้วย เนื่องจากความยั่งยืนมิใช่เพียงแค่เรื่องสิ่งแวดล้อม แต่ต้องสร้างความสมดุลระหว่าง การเติบโตทางเศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อม และสังคม

หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

- สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม
- สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ
- องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก
- กรมการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและสิ่งแวดล้อม
- กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม
- กรมโรงงานอุตสาหกรรม
- สถาบันยานยนต์
- กรมศุลกากร
- กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ

8.2.2.3 จัดให้มีโครงสร้างพื้นฐานด้านการทดสอบและวิจัยพัฒนา

ประเด็นปัญหา

ผู้ประกอบการที่มีความต้องการใช้เครื่องมือทดสอบ ทั้งการทดสอบตามมาตรฐานและเพื่อวิจัยและพัฒนา ไม่สามารถเข้าถึงข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับศูนย์ทดสอบที่ตนเองต้องการได้ และในบางกรณีผู้ประกอบการทราบว่าเครื่องมือทดสอบที่ตนเองต้องการอยู่ภายใต้การดูแลของหน่วยงานภาครัฐ หน่วยงานใด แต่เมื่อติดต่อไปเพื่อขอเข้ารับบริการพบว่า เครื่องมือทดสอบในหน่วยงานราชการบางแห่ง ขาดงบประมาณบำรุงรักษา ทำให้ไม่สามารถนำผลิตภัณฑ์ของตนเองไปทดสอบได้ เนื่องจากเครื่องมือดังกล่าวชำรุดจากการขาดการดูแลรักษาที่เหมาะสม เช่น กรมควบคุมมลพิษ มี Dynamometer สำหรับรถยนต์เพื่อการพาณิชย์ขนาดใหญ่ แต่ไม่สามารถให้บริการได้เนื่องจากเครื่องมือทดสอบดังกล่าวชำรุดมาเป็นระยะเวลาหลายปี

ข้อเสนอแนะ

ควรจัดทำแพลตฟอร์มรวบรวมข้อมูลศูนย์ทดสอบตามมาตรฐานและการทดสอบเพื่อวิจัยและพัฒนา และการจองจ่ายเพื่อให้บริการทั้งในประเทศและเครือข่ายในต่างประเทศ เพื่อให้ผู้ประกอบการสามารถเข้าถึง โครงสร้างพื้นฐานด้านการทดสอบได้ โดยลดต้นทุนด้านเวลาและตัวเงินในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ รวมไปถึง การปรับปรุงสถานะการให้บริการของศูนย์ทดสอบต่าง ๆ ให้เป็นปัจจุบัน (Realtime update) เพื่อให้ ผู้ประกอบการสามารถทราบถึงสถานะการให้บริการ โดยไม่จำเป็นต้องเดินทางเข้าไปติดต่อที่หน่วยงานต่าง ๆ เป็นการลดต้นทุนด้านเวลาให้แก่ผู้ประกอบการ ในขณะเดียวกัน เครื่องมือทดสอบที่ปัจจุบันมีอยู่แล้ว หรือจะ ได้รับอนุมัติงบประมาณจัดซื้อในอนาคต ควรได้รับงบประมาณซ่อมบำรุงรักษาเครื่องมือทดสอบอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้เครื่องมือทดสอบต่าง ๆ ยังสามารถใช้งานได้ เพื่อรองรับความต้องการของผู้ประกอบการ ในอุตสาหกรรม

หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

- สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม
- สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
- กรมขนส่งทางบก
- สถาบันยานยนต์

8.2.3 การสร้างความสามารถทางเทคโนโลยีแก่ผู้ประกอบการโดยการวิจัยและพัฒนา

ประเด็นปัญหา

ความสามารถทางเทคโนโลยีโดยเฉพาะการวิจัยและพัฒนาเป็นปัจจัยสำคัญที่จะยกระดับการผลิต ในอุตสาหกรรมให้สามารถสร้างมูลค่าเพิ่ม (Value added) ให้สูงขึ้นได้ อีกทั้งแนวโน้มของผู้ผลิตรถยนต์ ที่ต้องการผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ที่มีลักษณะเป็นผู้ควบรวมระบบ (System integrator) มากขึ้น ดังนั้นผู้ผลิต ชิ้นส่วนต้องมีความสามารถทางเทคโนโลยีและวิศวกรรม โดยต้องเป็นผู้ออกแบบ ผลิตและทดสอบ ชิ้นส่วน ยานยนต์ของตนเองแบบครบวงจร เพื่อให้มีคุณลักษณะ ต้นทุน และคุณภาพตามที่คุณผลิตรถยนต์ต้องการ จึงจะคงความสามารถการแข่งขันและคงอยู่ในห่วงโซ่อุปทานยานยนต์ได้อย่างยั่งยืน

แต่อย่างไรก็ดี พบว่า ตลอด 60 ปีของอุตสาหกรรมยานยนต์ไทย ผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ในประเทศ เกือบทั้งหมดทำหน้าที่รับจ้างผลิตตามแบบที่ได้มาจากผู้ผลิตรถยนต์เป็นหลัก การวิจัยพัฒนาที่ดำเนินการ โดยมากเป็นการพัฒนาเพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตให้มีผลิตภาพสูงขึ้น หรือพัฒนาลักษณะบางอย่าง ของชิ้นส่วนภายใต้เงื่อนไขที่ผู้ผลิตรถยนต์กำหนดไว้ แต่จะไม่ใช้การวิจัยพัฒนาเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ อย่างเต็มรูปแบบ เนื่องด้วยข้อจำกัดทางธุรกิจที่ผู้ผลิตรถยนต์ไม่อนุญาตให้ดำเนินการเนื่องด้วยเป็นชิ้นส่วน ที่เกี่ยวข้องกับระบบความปลอดภัยหรือสมรรถนะยานยนต์ หรือในบางกรณีอาจอนุญาตให้ทำได้ แต่ผู้ผลิต ชิ้นส่วนยานยนต์ต้องพิสูจน์คุณสมบัติ สมรรถนะ ความปลอดภัย และต้นทุนที่แข่งขันได้ ซึ่งต้องใช้ทรัพยากร ทั้งงบประมาณและเวลาจำนวนมาก ทำให้การวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ชิ้นส่วนยานยนต์เกิดขึ้นน้อยมาก ในประเทศไทย ส่งผลให้ผู้ประกอบการและบุคลากรในอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ยังขาด ความคุ้นเคยและทักษะสำหรับกิจกรรมวิจัยและพัฒนา

เมื่อพิจารณาในด้านการวิจัยและพัฒนาชิ้นส่วนยานยนต์ในประเทศ พบว่า ประเทศไทยมีกองทุน สนับสนุนการวิจัยและพัฒนาร่วมระหว่างผู้ประกอบการในภาคเอกชน สถาบันวิจัยของรัฐ

และสถาบันการศึกษา แต่อย่างไรก็ตาม การดำเนินการดังกล่าวยังไม่ก่อให้เกิดการทำวิจัยและพัฒนาที่ต่อยอดไปสู่การผลิตเชิงพาณิชย์ และก่อให้เกิดรายได้ในวงกว้างดังที่ตั้งใจไว้ เนื่องด้วยสาเหตุหลายประการ ดังนี้

ประการแรก นโยบายด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรมยังขาดความสอดคล้องกับบริบทในอุตสาหกรรม ทำให้ประเทศไทยยังขาดเป้าหมาย และแผนที่นำทางเทคโนโลยีอุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ที่ถูกประกาศเป็นนโยบายในระดับประเทศ ส่งผลให้แนวทางการให้ทุนสนับสนุนการวิจัยและพัฒนา ไม่สามารถตอบโจทย์ภาพรวมของเทคโนโลยีและนวัตกรรมของอุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่

ประการที่สอง นโยบายการให้ทุนที่วิจัยที่มุ่งเป้าเฉพาะยานยนต์ไฟฟ้าและชิ้นส่วนสำคัญเท่านั้น ซึ่งการวิจัยและพัฒนาดังกล่าวต้องใช้งบประมาณและบุคลากรจำนวนมาก ที่ต้องดำเนินการต่อเนื่องกันหลายปี ในขณะที่การสนับสนุนงบประมาณมีจำนวนน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ที่ต้องการ อีกทั้ง ความล้มเหลวในภาคอุตสาหกรรมต่อการเติบโตของเทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้า การสละพื้นที่ของผู้ผลิตรถยนต์สัญชาติญี่ปุ่นที่เป็นผู้เล่นรายสำคัญในประเทศไทยต่อการก้าวสู่เทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้า เหล่านี้ล้วนเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อความสนใจในการทำวิจัยและพัฒนาชิ้นส่วนยานยนต์ไฟฟ้าของผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ในประเทศไทยทั้งสิ้น

ประการที่สาม กระบวนการให้ทุนวิจัยและพัฒนาในปัจจุบัน ยังไม่เห็นผลการถ่ายทอดเทคโนโลยีไปยังผู้ประกอบการอื่นในวงกว้าง (Spillover effect) เนื่องจากขาดกระบวนการถ่ายทอดเทคโนโลยีในวงกว้าง และดัชนีชี้วัดด้าน Spillover effect กล่าวคือ ผู้ประกอบการที่ต้องการเงินทุนในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้ายก่อนที่จะสามารถเข้าสู่ตลาดได้ ต้องหาความร่วมมือกับสถาบันวิจัยของรัฐและ/หรือสถาบันการศึกษาเพื่อขอเงินสนับสนุนจากกองทุนฯ แต่ท้ายที่สุดแล้วองค์ความรู้ที่ได้จากการดำเนินการจะหยุดการถ่ายทอดลงอยู่ภายในหน่วยงานที่ได้รับทุน ไม่กระจายไปสู่ผู้ประกอบการรายอื่นในอุตสาหกรรม ส่งผลให้งบประมาณที่ภาครัฐสนับสนุนได้รับผลสัมฤทธิ์ในวงแคบ เพียงแค่ผู้ขอรับทุนเท่านั้น

ข้อเสนอแนะ

การจัดให้มีแผนแม่บท (หรือแผนที่นำทาง) การพัฒนาอุตสาหกรรมยานยนต์ไทยเป็นเรื่องที่จำเป็น ซึ่งไม่เพียงแต่จะมีแนวทางการส่งเสริมด้านการผลิตเท่านั้นแต่ยังต้องมียุทธศาสตร์ประกอบการพัฒนาเทคโนโลยีที่สอดคล้องกับธรรมชาติและบริบทของอุตสาหกรรมด้วย ซึ่งเมื่อเป็นเช่นนั้นแล้ว แผนแม่บทฯ จะสะท้อนลงมายังมาแผนปฏิบัติการหรือมาตรการเพื่อส่งเสริมด้านการตลาด การผลิต รวมทั้งการดำเนินการของกองทุนสนับสนุนการวิจัยและพัฒนาด้วย

อย่างไรก็ตาม ในระยะสั้นที่ยังไม่มีการจัดทำแผนแม่บทฯ กองทุนเพื่อสนับสนุนการวิจัยพัฒนาอาจพิจารณาขยายขอบเขตการพิจารณาให้ทุน โดยไม่จำกัดเฉพาะการพัฒนานวัตกรรมสำหรับยานยนต์สมัยใหม่เท่านั้น แต่ต้องรวมถึงการปรับเปลี่ยนผู้ประกอบการไปสู่อุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ด้วย โดยการวิจัยและพัฒนานวัตกรรมจะสร้างประโยชน์ต่อผู้ผลิตรายอื่นในอุตสาหกรรมเฉพาะ (Niche market) ในขณะที่การวิจัยเพื่อปรับเปลี่ยนผู้ประกอบการไปสู่อุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ จะเกิดประโยชน์ต่อผู้ประกอบการจำนวนมากในอุตสาหกรรม

ในระยะกลาง ต้องปรับรูปแบบการทำวิจัยพัฒนา โดยต้องมีหน่วยงานกลางเพื่อเชื่อมโยงความต้องการของภาคอุตสาหกรรมกับความสามารถของนักวิจัยในประเทศ และดำเนินการในรูปแบบ Consortium เพื่อให้สามารถคงความรู้ไว้กับหน่วยงานกลาง เพื่อถ่ายทอดให้กับผู้ประกอบการหรือนักวิจัยรายอื่น ๆ เพื่อให้เกิด Spillover effect ต่อไป ตัวอย่างหน่วยงานที่สามารถดำเนินการเช่นนี้ได้ เช่น สถาบันยานยนต์ นอกจากนี้ การดำเนินกิจกรรมวิจัยและพัฒนาสำหรับผู้ประกอบการที่ไม่คุ้นเคย อาจเริ่มต้นจากการทำวิศวกรรมย้อนรอย (Reverse engineering) ก่อน เพื่อสร้างความคุ้นเคยและสิ่งสมรรถนะประสบการณ์ โดยการทำวิศวกรรม

ย้อนรอยจะทำให้ผู้ประกอบการได้ความรู้ด้านคุณสมบัติ และการทำงานของชิ้นส่วนยานยนต์ เพื่อนำ องค์ความรู้เหล่านี้ ไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ของตนเองต่อไปได้

หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

- สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม
- สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม
- สำนักงานสภานโยบายการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมแห่งชาติ
- คณะกรรมการนโยบายยานยนต์ไฟฟ้าแห่งชาติ
- สถาบันยานยนต์
- สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

8.2.4 การพัฒนาบุคลากร

8.2.4.1 การจัดทำแผนยุทธศาสตร์การพัฒนาแรงงานในอุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่

ประเด็นปัญหา

เป้าหมายในการยกระดับอุตสาหกรรมยานยนต์ไปสู่อุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ นอกจากการพัฒนาเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องและมาตรการสนับสนุนในทางการลงทุนในอุตสาหกรรมแล้วจำเป็นต้องมีการพัฒนาทรัพยากรบุคคลที่มีคุณสมบัติที่เหมาะสมเพื่อรองรับการเปลี่ยนผ่านไปสู่อุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ และเนื่องจากการพัฒนาทรัพยากรบุคคลต้องใช้เวลาและงบประมาณสูง จึงมีความจำเป็นที่ต้องวางแผนอย่างเป็นระบบในระยะยาว แต่ยังไม่พบแผนยุทธศาสตร์การพัฒนาแรงงานในอุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ อีกทั้ง การจัดการสอนในสถาบันการศึกษา หรือการฝึกอบรมระยะสั้นสำหรับบุคลากรในอุตสาหกรรมที่ดำเนินการในปัจจุบัน ยังเป็นการดำเนินการแบบระยะสั้นหรือเฉพาะหน้า โดยไม่มีการพิจารณาถึงชุดการเรียนรู้การสอนที่สมบูรณ์รวมทั้งระบบรับรองความสามารถ เพื่อให้สามารถตอบสนองความต้องการของอุตสาหกรรมได้อย่างยั่งยืน

ข้อเสนอแนะ

การจัดทำแผนยุทธศาสตร์การพัฒนาบุคลากร เป็นเรื่องสำคัญและจำเป็น โดยต้องให้สอดคล้องกับแผนแม่บทการพัฒนาอุตสาหกรรมยานยนต์ไทย โดยแผนที่นำทางการพัฒนาบุคลากรต้องประกอบไปด้วยจำนวนความต้องการแรงงานในแต่ละประเภท ในแต่ละช่วงเวลา และแผนการพัฒนาแรงงาน ทั้งแรงงานเดิมที่อยู่ในระบบ และแรงงานจากภาคการศึกษาให้สอดคล้องกับความต้องการของภาคอุตสาหกรรม ทั้งนี้ จำเป็นต้องได้รับความร่วมมือจากทั้งภาคการศึกษา ภาครัฐ และภาคเอกชน เพื่อให้สามารถกำหนดเป้าหมายเชิงยุทธศาสตร์และผลการดำเนินงานที่คาดหวังได้อย่างครบถ้วน และเพื่อให้ทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องรู้ถึงหน้าที่และความรับผิดชอบของแต่ละฝ่าย และสามารถดำเนินงานไปสู่จุดหมายเดียวกัน โดยต้องทำงานร่วมกันระหว่างกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม และกระทรวงแรงงาน ทั้งนี้ ในการศึกษาได้จัดทำแผนที่นำทางสำหรับหลักสูตรด้านยานยนต์สมัยใหม่ไว้ เพื่อเป็นจุดเริ่มต้นของการจัดทำแผนยุทธศาสตร์การพัฒนาบุคลากร แสดงในหัวข้อ 7.4 แผนที่นำทางหลักสูตรการอบรมด้านยานยนต์สมัยใหม่

นอกจากนี้ การพัฒนาบุคลากร ต้องดำเนินการควบคู่กับการยกระดับสถานประกอบการ แต่เดิมการพัฒนาบุคลากรในสถานประกอบการจะเริ่มดำเนินการเมื่อผู้ประกอบการเริ่มเห็นความจำเป็นของทักษะใหม่ของบุคลากรแล้ว กล่าวคือ ผู้ประกอบการได้รับคำสั่งซื้อผลิตภัณฑ์ที่ต้องการบุคลากรที่มีทักษะใหม่แล้ว ซึ่งหากผู้ประกอบการรอความให้เกิดความต้องการทักษะใหม่ของบุคลากรแล้ว การพัฒนาบุคลากร

ในสถานประกอบการอาจทำได้ไม่ทันต่อความต้องการที่เกิดขึ้นจากคำสั่งซื้อ ส่งผลให้เกิดการใช้งบประมาณจำนวนมากเพื่อสรรหาและจัดจ้างบุคลากรใหม่ที่มีความพร้อมเข้ามาเพิ่มในองค์กร ดังนั้นสถานประกอบการจึงมีความเร่งด่วนที่ต้องพัฒนาบุคลากรที่มีอยู่เดิมพร้อมทั้งต้องยกระดับของสถานประกอบการให้เป็นผู้ผลิตที่มีความสำคัญมากขึ้นไปอีกขั้น เพื่อสร้างความพร้อมที่จะรองรับตลาดผลิตภัณฑ์ หรือบริการใหม่ ๆ ที่จะเกิดขึ้นในอนาคตได้อย่างทันท่วงที

ในด้านสถาบันการศึกษา ต้องปรับหลักสูตรในสถาบันการศึกษาให้เป็นแบบสหสาขาวิชาชีพ (Multidisciplinary) เช่นเดียวกันกับอุตสาหกรรมอื่น ๆ ที่ต้องการบุคลากรที่มีความสามารถรอบด้านมากขึ้น เพื่อให้การทำงานสามารถเป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ อุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่เองก็เช่นกัน ดังจะเห็นได้จากรายการทักษะและวิชาชีพต่าง ๆ ที่ต้องการบุคลากรที่มีความรู้ความสามารถรอบด้านมากยิ่งขึ้นกว่าเดิม เพื่อที่จะสามารถประสานงานและทำงานร่วมกันกับส่วนอื่น ๆ ในบริษัท ดังนั้นสถานศึกษาจึงไม่สามารถใช้หลักสูตรเดิมที่ส่วนใหญ่มีจุดประสงค์เพื่อสร้างผู้ที่มีความเชี่ยวชาญในด้านใดด้านหนึ่งโดยเฉพาะเพื่อป้อนแรงงานทักษะเข้าสู่ภาคอุตสาหกรรม เช่น วิศวกรรมศาสตร์สาขาเครื่องกล ที่สามารถสร้างบุคลากรที่มีคุณภาพให้กับอุตสาหกรรมยานยนต์ในปัจจุบันมาโดยตลอด แต่สำหรับอุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่นั้น หากวิศวกรไม่มีความรู้ความสามารถด้านเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ ความสามารถในการเขียนโปรแกรมเบื้องต้น หรือแม้กระทั่งใช้งานคอมพิวเตอร์ขั้นพื้นฐาน การที่จะต้องทำงานเกี่ยวกับอุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ที่จะเป็นการผสมผสานระหว่างศาสตร์ของเครื่องกลและอิเล็กทรอนิกส์นั้นจะมีอุปสรรคมากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นทางด้านการออกแบบ หรือแม้กระทั่งการซ่อมบำรุง ดังนั้น สถาบันการศึกษาจึงมีความจำเป็นที่จะต้องเตรียมพัฒนาบุคลากรที่มีความพร้อมต่าง ๆ เหล่านี้เพื่อส่งต่อสู่ภาคอุตสาหกรรม รวมทั้งต้องสร้างความร่วมมือระหว่างสถานประกอบการและสถานศึกษา เนื่องจากเทคโนโลยีของอุตสาหกรรมยานยนต์นั้นนับว่าเป็นสิ่งใหม่ที่ประกอบขึ้นจากความรู้ใหม่ที่ได้รับการวิจัยและพัฒนาตลอดเวลา และอาจเกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นได้อย่างรวดเร็วเมื่อถึงเวลาปรับใช้ ดังนั้น จึงเป็นไปได้ยากที่เพียงแค่สถาบันการศึกษาจะสามารถเตรียมความพร้อมให้ทันต่อความต้องการได้อย่างตลอด เช่นเดียวกับภาคอุตสาหกรรม ที่ไม่อาจสอนทุกอย่างใหม่ทั้งหมดตั้งแต่ต้นให้พนักงานใหม่ได้ทุกคน จึงจำเป็นต้องเกิดความร่วมมือระหว่างผู้เกี่ยวข้องหลักทั้ง 2 ฝ่ายนี้ โดยที่รูปแบบของความร่วมมือนั้นอาจเป็นไปได้หลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นการทำงานโดยการเรียนแบบสหกิจศึกษาที่เพิ่มขึ้นมากกว่าเดิม หรือการให้ทุนการศึกษาเพื่อสนับสนุนการเข้าเรียน ไปจนถึงการรับเข้าทำงานทันทีที่จบการศึกษาจากสถาบันฯ ซึ่งความร่วมมือต่าง ๆ เหล่านี้ นอกจากจะช่วยให้นักเรียนจากสถาบันการศึกษาต่าง ๆ ได้เข้าใจภาคอุตสาหกรรมมากขึ้น จะสามารถช่วยจูงใจให้มีผู้สนใจเข้ามาเรียนหลักสูตรเหล่านี้เพิ่มขึ้นอีกด้วย

หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

- สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม
- สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ
- สำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม
- กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน
- สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน
- สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา
- สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา
- สำนักงานสภานโยบายการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมแห่งชาติ

8.2.4.2 การสร้างความยั่งยืนในการพัฒนาบุคลากร

ประเด็นปัญหา

การอบรมของหลักสูตรในระดับกลาง และระดับสูง จำเป็นต้องใช้เวลา และประสบการณ์ของผู้สอนเป็นอย่างมาก รวมถึงต้องมีการศึกษาจากตัวอย่างผลิตภัณฑ์จริง ทำให้การสรรหาผู้เชี่ยวชาญมาเป็นวิทยากรในการอบรมเป็นไปได้ยาก นอกจากนี้ ผู้เข้าร่วมอบรมยังประสบปัญหาด้านระยะเวลาในการอบรมที่จำเป็นต้องใช้เวลานานทำให้ไม่สามารถเข้าร่วมอบรมอย่างต่อเนื่องได้ เนื่องจากติดภารกิจ และหน้าที่รับผิดชอบที่ได้รับมอบหมายจากสถานประกอบการที่ตนสังกัดอยู่ ทำให้ผู้เข้าอบรมขาดความต่อเนื่องในการเข้าอบรม หรืออาจนำไปสู่การปฏิเสธที่จะเข้าร่วมอบรมหากหลักสูตรต้องใช้ระยะเวลาในการอบรมที่ยาวนาน

ข้อเสนอแนะ

จำเป็นต้องสร้างเครือข่ายของผู้เชี่ยวชาญ และมีกลไกสร้างผู้เชี่ยวชาญ เช่น การร่วมมือกับภาคเอกชน หรือศูนย์วิจัยและมหาวิทยาลัยทั้งในและต่างประเทศ เพื่อสร้างผู้เชี่ยวชาญเฉพาะทางสำหรับเป็นวิทยากรในการอบรมหลักสูตรพัฒนาบุคลากรสำหรับอุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ รวมทั้งจัดการอบรมในรูปแบบผสมผสาน (Hybrid) ระหว่างการอบรมแบบออนไลน์ควบคู่ไปกับการอบรมที่สถานที่จริง เพื่อให้ผู้เข้าร่วมอบรมสามารถจัดสรรเวลาการเข้าร่วมอบรมได้เหมาะสมกับภาระงานประจำของตน โดยกำหนดให้ผู้เข้าร่วมอบรมเข้าร่วมอบรมออนไลน์ในเนื้อหาพื้นฐานก่อน หากผู้เข้าร่วมอบรมเข้าร่วมอบรมออนไลน์ และผ่านการประเมินแล้วจึงจะเข้าร่วมอบรมที่สถานที่จริงเพื่อเรียนรู้กับของจริงและดูงาน โดยการจัดการอบรมแบบผสมสามารถออกแบบกำหนดการการอบรมออนไลน์ไว้ล่วงหน้าในระยะเวลาหนึ่ง อาทิ 1-2 เดือน เพื่อให้ผู้ที่สนใจเข้าร่วมอบรม สามารถจัดสรรเวลาเข้าร่วมอบรม และผ่านการทดสอบ ก่อนที่จะเข้าร่วมอบรมในสถานที่จริง 1 ครั้ง เป็นต้น

หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

- สำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม
- สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม
- สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน
- กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน
- สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา
- สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา
- สำนักงานสภานโยบายการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมแห่งชาติ

8.3 ข้อเสนอมาตรการสำหรับกลุ่มชิ้นส่วน REM

8.3.1 การส่งเสริมการเข้าสู่ตลาด

8.3.1.1 การจัดทำศูนย์รวมข้อมูลอุตสาหกรรมการผลิตและแพลตฟอร์มการซื้อขายอะไหล่ยานยนต์

ประเด็นปัญหา

อุตสาหกรรมชิ้นส่วนอะไหล่ยานยนต์ในประเทศไทย ยังไม่ได้จัดทำข้อมูลอย่างเป็นระบบทั้งการผลิต การขาย และการส่งออก เนื่องจาก ผู้ประกอบการส่วนมากเป็นกิจการขนาดกลางและขนาดย่อม (SMEs) ทำให้การติดตามข้อมูลต่าง ๆ ทำได้ค่อนข้างยาก อีกทั้งข้อมูลการส่งออกยังไม่สามารถจำแนกระหว่างชิ้นส่วนเพื่อการประกอบเป็นยานยนต์ใหม่ (ชิ้นส่วน OEM) และชิ้นส่วนอะไหล่ (ชิ้นส่วน REM) ทำให้ขาดข้อมูลภาพรวมเพื่อกำหนดนโยบายของประเทศ และการวางแผนเพื่อดำเนินธุรกิจของผู้ประกอบการ

ข้อเสนอแนะ

ภาครัฐต้องเริ่มจัดทำศูนย์รวมข้อมูลอุตสาหกรรมการผลิตอะไหล่ยานยนต์ เพราะการที่ผู้ประกอบการมีข้อมูลที่ครบถ้วนและทันสมัย จะสามารถสร้างโอกาสให้ผู้ประกอบการสามารถเข้าสู่ตลาดใหม่ได้ โดยข้อมูลที่จำเป็นต้องเก็บรวบรวมอยู่ในศูนย์ข้อมูล เช่น ข้อมูลขนาดตลาดทั้งในประเทศและต่างประเทศ มูลค่านำเข้าส่งออกรายชิ้นส่วน ข้อมูลรุ่นรถรถยนต์ที่ขายในแต่ละตลาด และกฎระเบียบที่เกี่ยวข้องกับตลาดอะไหล่ในแต่ละประเทศ

นอกจากนี้ ในระยะกลางอาจขยายขอบเขตของศูนย์ข้อมูลไปเป็นแพลตฟอร์มการซื้อขาย เพื่อเพิ่มช่องทางการจัดจำหน่ายให้ผู้ประกอบการอีกทางหนึ่งด้วย โดยชิ้นส่วนที่สามารถจำหน่ายได้ในแพลตฟอร์มต้องได้รับรองมาตรฐานอย่างใดอย่างหนึ่งด้วย เพื่อเป็นการรักษามาตรฐานและชื่อเสียงของแพลตฟอร์ม

หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

- สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน
- สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม
- กรมพัฒนาธุรกิจการค้า
- กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ
- กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม
- กรมศุลกากร

8.3.1.2 การจับคู่ธุรกิจแบบเชิงรุก

ประเด็นปัญหา

ผู้ผลิตชิ้นส่วนในอุตสาหกรรมชิ้นส่วนอะไหล่ทดแทน มิได้มีการดำเนินธุรกิจส่งออกผ่านบริษัทตัวแทนจัดซื้อของผู้ผลิตรถยนต์ ส่งผลให้ผู้ประกอบการต้องอาศัยงานจัดแสดงสินค้าในต่างประเทศ สำหรับการขยายตลาดส่งออกของบริษัทตนเองไปยังตลาดต่างประเทศ แม้ว่าปัจจุบันมีหน่วยงานภาครัฐที่ให้การสนับสนุนการนำสินค้าไปจัดแสดงที่งานจัดแสดงสินค้า ณ ต่างประเทศ แต่อย่างไรก็ดี ผู้ประกอบการต้องเผชิญกับเงื่อนไขที่ทำให้ไม่สามารถไปจัดแสดงได้อย่างต่อเนื่องซึ่งส่งผลต่อคำสั่งซื้อ เนื่องจากการขยายตลาดไปยังตลาดส่งออก ผู้ผลิตชิ้นส่วนอะไหล่ทดแทนจำเป็นต้องไปจัดแสดงอย่างต่อเนื่อง 2 – 3 ปี จึงจะเริ่มสามารถทำการค้ากับลูกค้าต่างประเทศไทย

ข้อเสนอแนะ

ด้านการเข้าตลาดในประเทศ กิจกรรมการจับคู่ธุรกิจต้องดำเนินการในลักษณะกิจกรรมการจับคู่ธุรกิจเชิงรุก หรือเป็น Service provider เช่นเดียวกับมาตรการของผู้ผลิตชิ้นส่วน OEM แต่อย่างไรก็ดี การจับคู่ธุรกิจควรจับคู่ผู้ผลิตชิ้นส่วนในอุตสาหกรรมชิ้นส่วนอะไหล่ทดแทน กับศูนย์บริการภายใต้ตราสินค้าของผู้ผลิตรถยนต์ (หรือเรียกว่ากลุ่มชิ้นส่วน Original Service Equipment: OES) ซึ่งจะส่งผลให้ผู้ผลิตชิ้นส่วนในอุตสาหกรรมชิ้นส่วนอะไหล่ทดแทนคุ้นเคยกับการดำเนินธุรกิจในห่วงโซ่อุปทานยานยนต์ และอาจมีโอกาเข้าสู่ห่วงโซ่อุปทานของผู้ผลิตรถยนต์ได้มากขึ้น สำหรับการเข้าตลาดส่งออก การจับคู่ธุรกิจควรส่งเสริมให้ผู้ผลิตชิ้นส่วนในอุตสาหกรรมชิ้นส่วนอะไหล่ทดแทนไปแสดงสินค้าในงานจัดแสดงสินค้าต่างประเทศ โดยสร้างข้อกำหนดให้เป็นไปตามลักษณะของการติดต่อธุรกิจจริง ตัวอย่างเช่น การส่งเสริมการจัดแสดงสินค้าในต่างประเทศอย่างต่อเนื่องอย่างน้อย 3 ปี และรัฐไม่ควรมีข้อจำกัดจำนวนครั้งของการเข้าร่วมโครงการให้เงินอุดหนุนเพื่อจัดแสดงผลิตภัณฑ์ของผู้ผลิตชิ้นส่วนในแต่ละราย โดยเฉพาะในโครงการ SME Pro-active

นอกจากนี้ โครงการความช่วยเหลือทางการดำเนินงานธุรกิจของภาครัฐมีจำนวนมากและกระจายไปยังหน่วยงานต่าง ๆ แต่เรื่องดังกล่าวกลายเป็นความยากของผู้ผลิตชิ้นส่วนที่ไม่รู้ว่าจะติดต่อหน่วยงานใด จึงควรมีศูนย์ที่ช่วยแนะนำและติดต่อโครงการความช่วยเหลือแบบรวมศูนย์ (One stop service)

หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

- สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน
- สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม
- กรมพัฒนาธุรกิจการค้า
- กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ
- สถาบันยานยนต์

8.3.2 การส่งเสริมฐานการผลิตให้มีความสามารถในการแข่งขันสูงขึ้น

8.3.2.1 ส่งเสริมการเพิ่มผลิตภาพในกระบวนการผลิต

ประเด็นปัญหา

เนื่องด้วยผู้ผลิตชิ้นส่วนอะไหล่ทดแทนส่วนใหญ่เป็นกิจการ SMEs และไม่มีการดำเนินการเกี่ยวเนื่องกับผู้ผลิตรถยนต์ ทำให้ไม่ได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยีกระบวนการผลิตที่เพิ่มผลิตภาพ รวมทั้งขาดโอกาสการเข้าถึงแหล่งความรู้เพื่อพัฒนาสถานประกอบการ

ข้อเสนอแนะ

จัดให้มีโครงการส่งเสริมกระบวนการผลิตเพื่อเพิ่มผลิตภาพการผลิต เช่น การทำ 5ส. Lean manufacturing เนื่องจากยังเป็นเรื่องจำเป็นสำหรับผู้ประกอบการชิ้นส่วนอะไหล่ประเภท SMEs และหากดำเนินการสำเร็จ สามารถขยายผลไปสู่การจัดการคาร์บอนในกระบวนการผลิต และความยั่งยืนในเรื่องอื่น ๆ เป็นลำดับถัดไป ทั้งนี้ สามารถใช้แพลตฟอร์มการคำนวณการปล่อยคาร์บอน (Carbon footprint) ที่จะดำเนินการสำหรับกลุ่มผู้ผลิตชิ้นส่วน OEM ได้

หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

- สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน
- สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม
- กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม

- สถาบันยานยนต์
- สถาบันไทย-เยอรมัน
- สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ
- องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก
- กรมการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและสิ่งแวดล้อม
- กรมโรงงานอุตสาหกรรม
- กรมศุลกากร
- กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ

8.3.2.2 จัดให้มีโครงสร้างพื้นฐานด้านการทดสอบและวิจัยพัฒนา

ประเด็นปัญหา

แม้ว่าผู้ผลิตชิ้นส่วนอะไหล่จำนวนมากจะเป็นกิจการประเภท SMEs แต่มีผู้ประกอบการบางส่วนที่มีขนาดกิจการใหญ่ และให้ความสนใจกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีคุณภาพและสมรรถนะสูงขึ้น แต่อย่างไรก็ตามพบว่า ชิ้นส่วนอะไหล่จำนวนมากไม่มีมาตรฐานกลางรองรับ ทำให้เมื่อผู้ประกอบการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขึ้นมาแล้ว ไม่สามารถระบุได้ว่าผลิตภัณฑ์ของตนแตกต่างจากคู่แข่งอย่างไร แม้จะมีรายงานการทดสอบผลิตภัณฑ์แล้วก็ตาม

ข้อเสนอแนะ

ภาครัฐอาจพิจารณาจัดทำมาตรฐานและระบบรับรองชิ้นส่วนอะไหล่ เช่น การให้ดาว เพื่อแสดงข้อมูลความแตกต่างของชิ้นส่วนอะไหล่แก่ผู้บริโภค เพื่อให้ผู้บริโภคสามารถเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมต่อการใช้งานและงบประมาณของตนได้ โดยอาจเริ่มจากกลุ่มชิ้นส่วนที่มีปริมาณใช้งานมากและต้องเปลี่ยนบ่อย เช่น ชิ้นส่วนระบบช่วงล่าง เบรก ล้อและยาง เป็นต้น

นอกจากนี้ หน่วยงานภาครัฐควรลงทุนด้านเครื่องมือทดสอบที่เป็นมาตรฐานสำหรับการทดสอบพื้นฐาน สามารถใช้งานได้หลากหลายผลิตภัณฑ์ (Universal) หรือการทดสอบคุณสมบัติของวัสดุต่าง ๆ อาทิ โลหะ พลาสติก ยาง เพื่อให้ผู้ประกอบการสามารถเข้าถึงเครื่องมือทดสอบได้ง่ายขึ้น โดยไม่ต้องลงทุน และเครื่องมือทดสอบ Universal สามารถใช้งานได้หลากหลายผลิตภัณฑ์ โดยอาจใช้งานข้ามอุตสาหกรรมได้ ทำให้งบประมาณที่ลงทุนไปของหน่วยงานภาครัฐ มีผลกระทบที่ดีเกิดขึ้นในวงกว้าง

หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

- สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
- กรมขนส่งทางบก
- สถาบันยานยนต์
- สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

8.3.3 การสร้างความสามารถทางเทคโนโลยีแก่ผู้ประกอบการ

ประเด็นปัญหาและข้อเสนอแนะ มีลักษณะเช่นเดียวกับกรณีชิ้นส่วนกลุ่ม OEM ในหัวข้อ 8.2.3 การสร้างความสามารถทางเทคโนโลยีแก่ผู้ประกอบการโดยการทำวิจัยและพัฒนา

8.3.4 การพัฒนาบุคลากร

ประเด็นปัญหาและข้อเสนอแนะ มีลักษณะเช่นเดียวกับกรณีชิ้นส่วนกลุ่ม OEM ในหัวข้อ 8.2.4 การพัฒนาบุคลากร

ตารางที่ 8-1 ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย มาตรการการปรับเปลี่ยนผู้ผลิตชิ้นส่วนไปสู่อุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่

มาตรการ	หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง	ระยะสั้น (ไม่เกิน 3 ปี)	ระยะกลาง (3-5 ปี)	ระยะยาว (6-10 ปี)
1. มาตรการสำหรับการผลิตยานยนต์สมัยใหม่ในประเทศ				
1.1 การจัดทำแผนพัฒนาอุตสาหกรรมยานยนต์ไทย	- คณะกรรมการนโยบายยานยนต์ไฟฟ้าแห่งชาติ	→		
2. มาตรการสำหรับกลุ่มชิ้นส่วน OEM				
2.1 การส่งเสริมการเข้าสู่ตลาดโดยการจับคู่ธุรกิจแบบเชิงรุก	- สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน - สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม - กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ - กรมพัฒนาธุรกิจการค้า - สถาบันยานยนต์	→	→	→
2.2 การส่งเสริมฐานการผลิตให้มีความสามารถในการแข่งขันสูงขึ้น				
2.2.1 สิทธิประโยชน์ทางการเงิน เพื่อก่อให้เกิดการใช้ ชิ้นส่วนในประเทศ				
2.2.1.1 คำนวณสิทธิประโยชน์การลงทุนที่อิงกับระดับ การใช้ชิ้นส่วนยานยนต์แบบอัตราก้าวหน้า	- สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน - สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม - กรมศุลกากร	→	→	
2.2.1.2 สิทธิประโยชน์เพิ่มเติม โดยเป็นแพ็คเกจที่ให้ทั้ง ผู้ผลิตรถยนต์และผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ที่จับคู่กัน โดยมีเงื่อนไขการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิต ชิ้นส่วนยานยนต์สมัยใหม่	- สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน - สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม - สำนักงานเศรษฐกิจการคลัง	→	→	
2.2.1.3 การให้เงินอุดหนุนการลงทุน (Investment Grant) ร่วมกับการให้สิทธิประโยชน์ด้านภาษี	- สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน - กรมศุลกากร - กรมสรรพสามิต	→	→	

มาตรการ	หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง	ระยะสั้น (ไม่เกิน 3 ปี)	ระยะกลาง (3-5 ปี)	ระยะยาว (6-10 ปี)
	- สำนักงานประมาณ - สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม			
2.2.1.4 การลดอัตราภาษีสรรพสามิตเพิ่มขึ้น หากผู้ผลิตรถยนต์ใช้ระบบช่วยเหลือผู้ขับขี่ขั้นสูง (ADAS) ที่ผลิตจากผู้ประกอบการในประเทศ	- สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน - กรมศุลกากร - กรมสรรพสามิต - สำนักงานประมาณ - สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม - สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม	→	→	
2.2.2 ส่งเสริมให้เกิดห่วงโซ่อุปทานแบบยั่งยืน				
2.2.2.1 ส่งเสริมกระบวนการผลิตแบบลดความสูญเปล่า และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (Lean and Green manufacturing)	- สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม - สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ - องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก - กรมการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและสิ่งแวดล้อม - กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม - กรมโรงงานอุตสาหกรรม - สถาบันยานยนต์		→	
2.2.2.2 จัดทำแพลตฟอร์มสำหรับคำนวณ Carbon footprint ในกระบวนการผลิตสำหรับผู้ประกอบการ และสามารถให้การรับรอง Carbon credit ได้ เพื่อเป็นการลดภาระ	- องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก - กรมการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและสิ่งแวดล้อม - กรมศุลกากร - กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ	→	→	→

มาตรการ	หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง	ระยะสั้น (ไม่เกิน 3 ปี)	ระยะกลาง (3-5 ปี)	ระยะยาว (6-10 ปี)
ของผู้ผลิตในการดำเนินกิจกรรมดังกล่าว ได้ด้วยตนเอง	- กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม - กรมโรงงานอุตสาหกรรม - สถาบันยานยนต์			
2.2.2.3 คำนวณ Carbon footprint ของการนำเข้า ชิ้นส่วนยานยนต์จากต่างประเทศ เพื่อไม่ให้ เกิดการถ่ายโอน Carbon footprint ระหว่างประเทศ	- องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก - กรมการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและ สิ่งแวดล้อม - กรมศุลกากร - กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ	➡	➡	➡
2.2.3 จัดให้มีโครงสร้างพื้นฐานด้านการทดสอบและวิจัย พัฒนา	- สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม - สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม - สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม - กรมขนส่งทางบก - สถาบันยานยนต์	➡		
2.3 การสร้างความสามารถทางเทคโนโลยีแก่ผู้ประกอบการ โดยการทำวิจัยและพัฒนา				
2.3.1 จัดทำแผนพัฒนาเทคโนโลยีและวิจัยพัฒนาให้สอดคล้อง กับแผนการพัฒนาอุตสาหกรรม	- สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม - สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม - สำนักงานสภานโยบายการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมแห่งชาติ - คณะกรรมการนโยบายยานยนต์ไฟฟ้าแห่งชาติ	➡		

มาตรการ	หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง	ระยะสั้น (ไม่เกิน 3 ปี)	ระยะกลาง (3-5 ปี)	ระยะยาว (6-10 ปี)
2.3.2 ปรับเงื่อนไขกองทุนเพื่อสนับสนุนการวิจัยพัฒนาให้ขยายขอบเขตการพิจารณาให้ทุน โดยไม่จำกัดเฉพาะการพัฒนานวัตกรรมสำหรับยานยนต์สมัยใหม่เท่านั้น แต่ต้องรวมถึงการปรับเปลี่ยนผู้ประกอบการไปสู่อุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ด้วย	- สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม - สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม - สำนักงานสภานโยบายการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมแห่งชาติ - คณะกรรมการนโยบายยานยนต์ไฟฟ้าแห่งชาติ	➡		
2.3.3 มีหน่วยงานกลางเพื่อเชื่อมโยงความต้องการของภาคอุตสาหกรรมกับความสามารถของนักวิจัยในประเทศ และดำเนินการในรูปแบบ Consortium เพื่อให้สามารถคงความรู้ไว้กับหน่วยงานกลาง	- สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม - สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม - คณะกรรมการนโยบายยานยนต์ไฟฟ้าแห่งชาติ - สถาบันยานยนต์ - สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ	➡	➡	
2.4 การพัฒนาบุคลากร				
2.4.1 การจัดทำแผนยุทธศาสตร์การพัฒนาแรงงานในอุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่	- สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม - สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ - สำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม - กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน - สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน - สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา - สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา	➡		

มาตรการ	หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง	ระยะสั้น (ไม่เกิน 3 ปี)	ระยะกลาง (3-5 ปี)	ระยะยาว (6-10 ปี)
	- สำนักงานสภานโยบายการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมแห่งชาติ			
2.4.2 การสร้างความยั่งยืนในการพัฒนาบุคลากร	- สำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม - สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม - สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน - กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน - สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา - สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา - สำนักงานสภานโยบายการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมแห่งชาติ		→	→
3. มาตรการสำหรับกลุ่มชิ้นส่วน REM				
3.1 การส่งเสริมการเข้าสู่ตลาด				
3.1.1 การจัดทำศูนย์รวมข้อมูลอุตสาหกรรมการผลิต และแพลตฟอร์มการซื้อขายอะไหล่ยานยนต์	- สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน - สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม - กรมพัฒนาธุรกิจการค้า - กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ - กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม - กรมศุลกากร	→	→	→
3.1.2 การจับคู่ธุรกิจแบบเชิงรุก	- สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน - สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม - กรมพัฒนาธุรกิจการค้า	→	→	

มาตรการ	หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง	ระยะสั้น (ไม่เกิน 3 ปี)	ระยะกลาง (3-5 ปี)	ระยะยาว (6-10 ปี)
	- กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ - สถาบันยานยนต์			
3.2 การส่งเสริมฐานการผลิตให้มีความสามารถแข่งขันสูงขึ้น				
3.2.1 ส่งเสริมการเพิ่มผลิตภาพในกระบวนการผลิต	- สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน - สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม - กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม - สถาบันยานยนต์ - สถาบันไทย-เยอรมัน	→		
3.2.2 ส่งเสริมให้เกิดห่วงโซ่อุปทานแบบยั่งยืน				
3.2.2.1 ส่งเสริมกระบวนการผลิตแบบลดความสูญเปล่าและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (Lean and Green manufacturing)	- สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม - สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ - องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก - กรมการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและสิ่งแวดล้อม - กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม - กรมโรงงานอุตสาหกรรม - สถาบันยานยนต์		→	
3.2.2.2 จัดทำแพลตฟอร์มสำหรับคำนวณ Carbon footprint ในกระบวนการผลิต สำหรับผู้ประกอบการ และสามารถให้การรับรอง Carbon credit ได้ เพื่อเป็นการลดภาระของผู้ผลิต ในการดำเนินกิจกรรมดังกล่าวได้ด้วยตนเอง	- องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก - กรมการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและสิ่งแวดล้อม - กรมศุลกากร - กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ	→	→	→

มาตรการ	หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง	ระยะสั้น (ไม่เกิน 3 ปี)	ระยะกลาง (3-5 ปี)	ระยะยาว (6-10 ปี)
	- กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม - กรมโรงงานอุตสาหกรรม - สถาบันยานยนต์			
3.2.2.3 คำนวณ Carbon footprint ของการนำเข้าชิ้นส่วนยานยนต์จากต่างประเทศ เพื่อไม่ให้เกิดการถ่ายโอน Carbon footprint ระหว่างประเทศ	- องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก - กรมการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและสิ่งแวดล้อม - กรมศุลกากร - กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ	➡	➡	➡
3.2.3 จัดให้มีโครงสร้างพื้นฐานด้านการทดสอบและวิจัยพัฒนา				
3.2.3.1 จัดทำมาตรฐานและระบบรับรองชิ้นส่วนอะไหล่	- สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม - สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม - กรมขนส่งทางบก - สถาบันยานยนต์	➡		
3.2.3.2 การลงทุนด้านเครื่องมือทดสอบที่เป็นการทดสอบพื้นฐาน สามารถใช้งานได้หลากหลายผลิตภัณฑ์ (Universal) หรือการทดสอบคุณสมบัติของวัสดุ	- สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม - สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม - สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม - สถาบันยานยนต์	➡		

มาตรการ	หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง	ระยะสั้น (ไม่เกิน 3 ปี)	ระยะกลาง (3-5 ปี)	ระยะยาว (6-10 ปี)
3.3 การสร้างความสามารถทางเทคโนโลยีแก่ผู้ประกอบการ โดยการทำวิจัยและพัฒนา				
3.3.1 จัดทำแผนพัฒนาเทคโนโลยีและวิจัยพัฒนาให้สอดคล้อง กับแผนการพัฒนาอุตสาหกรรม	- สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม - สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม - สำนักงานสภานโยบายการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมแห่งชาติ - คณะกรรมการนโยบายยานยนต์ไฟฟ้าแห่งชาติ	➡		
3.3.2 ปรับเงื่อนไขกองทุนเพื่อสนับสนุนการวิจัยพัฒนา ให้ขยายขอบเขตการพิจารณาให้ทุน โดยไม่จำกัดเฉพาะ การพัฒนานวัตกรรมสำหรับยานยนต์สมัยใหม่เท่านั้น แต่ต้องรวมถึงการปรับเปลี่ยนผู้ประกอบการไปสู่ อุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ด้วย	- สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม - สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม - สำนักงานสภานโยบายการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมแห่งชาติ - คณะกรรมการนโยบายยานยนต์ไฟฟ้าแห่งชาติ	➡		
3.3.3 มีหน่วยงานกลางเพื่อเชื่อมโยงความต้องการ ของภาคอุตสาหกรรมกับความสามารถของนักวิจัย ในประเทศ และดำเนินการในรูปแบบ Consortium เพื่อให้สามารถคงความรู้ไว้กับหน่วยงานกลาง	- สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม - สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม - สำนักงานสภานโยบายการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมแห่งชาติ - คณะกรรมการนโยบายยานยนต์ไฟฟ้าแห่งชาติ - สถาบันยานยนต์	➡	➡	

มาตรการ	หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง	ระยะสั้น (ไม่เกิน 3 ปี)	ระยะกลาง (3-5 ปี)	ระยะยาว (6-10 ปี)
	- สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ			
3.4 การพัฒนาบุคลากร				
3.4.1 การจัดทำแผนยุทธศาสตร์การพัฒนาแรงงานในอุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่	- สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม - สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ - สำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม - กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน - สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน - สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา - สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา - สำนักงานสภานโยบายการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมแห่งชาติ	→		
3.4.2 การสร้างความยั่งยืนในการพัฒนาบุคลากร	- สำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม - สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม - สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน - กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน - สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา - สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา - สำนักงานสภานโยบายการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมแห่งชาติ		→	→

บรรณานุกรม

- Ariffin, A. S., & Sahid, M. L. I. (2017). Competitiveness analysis of ASEAN automotive industry: a comparison between Malaysia and Thailand. *Journal of Science, Technology and Innovation Policy*, 3(2), 11-20.
- Arora, A., Niese, N., Dreyer, E., Waas, A., & Xie, A. (2021). Why Electric Cars Can't Come Fast Enough. *Boston Consulting Group: Boston, MA, USA*.
- Buckley, P. J., Pass, C. L., & Prescott, K. (1988). Measures of international competitiveness: a critical survey. *Journal of marketing management*, 4(2), 175-200.
- Burress, T. (2013). *Benchmarking State-of-the-Art Technologies*. O. R. N. Laboratory.
- Chen, J. (2017). The Chinese automobile market and the strategies of European, American, Japanese, Korean and Chinese auto makers. *International Relations and Diplomacy*, 5(5), 241-257.
- Chikán, A. (2008). National and firm competitiveness: a general research model. Competitiveness Review: An International Business Journal.
- Chikan, A., Czako, E., Kiss-Dobronyi, B., & Losonci, D. (2022). Firm competitiveness: a general model and a manufacturing application, *International Journal of Production Economics*.
- Clausen, J., & Olteanu, Y. (2021). *New Players in the Automotive Industry: Waymo, Build Your Dreams and Sono Motors*.
- Deloitte. (2020). *Software is transforming the automotive world*. Retrieved from https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/us/articles/22951_software-is-transforming-the-automotive-world/DI_Software-is-transforming-the-automotive-world.pdf
- Doll, G., Kellner, M., Wiemuth, C., Ebel, E., & Heineke, K. (2020). Private autonomous vehicles: the other side of the Robo-taxi story. *McKinsey & Company*.
- Domazet, T. (2012). Regional cooperation striving for competitiveness and finance. *Ekonomika preduzeća*, 60(5-6), 290-300.
- Flodin, A., & Kianian, B. (2021). *Tesla teardown: Identifying potential uses for PM in electric vehicle transmissions*. Inovar Communication Ltd.
- Fongsuwan, W., Chamsuk, W., Tawinunt, K., Tiengtavaj, S., Dansomboon, S., & Takala, J. (2017). Cluster and R&D affecting the competitive advantage of the mould and die sector in the Thai automotive industry.
- Grand View Research. (2021). Automotive Aftermarket Industry Size, Share & Trends Analysis Report By Replacement Part.
- Guy Fournier, H. H., Daniel Schmid, Rene Seign, Manuel Baumann,. (2011). The new mobility paradigm: Transformation of value chain and business models. *Enterprise and Work Innovation Studies*, 8, 9 - 40.

- Holmberg, S. R. (2011). Emerging green-technology entrepreneurs: Entrepreneurial pathways to growth in the hybrid and plug-in hybrid/electric vehicle space. ICSB World Conference Proceedings,
- ICCT. (2022). *Internal Combustion Engine Phase-out*. <https://theicct.org/ice-phase-outs/>
- IEA (2021), Global EV Outlook 2021, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2021>, License: CC BY 4.0
- IEA (2022a), Electric cars fend off supply challenges to more than double global sales, IEA, Paris <https://www.iea.org/commentaries/electric-cars-fend-off-supply-challenges-to-more-than-double-global-sales>
- IEA (2022b), Global EV Outlook 2022, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2022>, License: CC BY 4.0
- IEA. (2023). *Global EV Outlook 2023*. <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2023>
- International Council on Clean Transportation (ICCT). (2021). *Update on the global transition to electric vehicles through 2020*. Retrieved from <https://theicct.org/sites/default/files/publications/global-update-evs-transition-oct21.pdf>
- Jain, S., & Garg, R. K. (2007). Business competitiveness: strategies for automobile industry (Doctoral dissertation, Indian Institute of Management Kozhikode).
- Karamitsios, A. (2013). *Open Innovation in EVs: A Case Study of Tesla Motors* KTH Royal Institute of Technology].
- Kwade, A. (2022). Circular economy and future innovations of batteries.
- Lamichhane, T. N., Sethuraman, L., Dalagan, A., Wang, H., Keller, J., & Paranthaman, M. P. (2020). Additive manufacturing of soft magnets for electrical machines—A review. *Materials Today Physics*, 15, 100255.
- Liu, J.-h., & Meng, Z. (2017). Innovation model analysis of new energy vehicles: taking Toyota, Tesla and BYD as an example. *Procedia engineering*, 174, 965-972.
- Liu, Y., Zhang, R., Wang, J., & Wang, Y. (2021). Current and future lithium-ion battery manufacturing. *IScience*, 24(4), 102332.
- Michael, B. (2019). *Passive Electronic Components*. Department of Electrical & Computer Engineerings, Ben-Gurion University of the Negev.
- Mangram, M. E. (2012). The globalization of Tesla Motors: a strategic marketing plan analysis. *Journal of Strategic Marketing*, 20(4), 289-312.
- Market News. (2021a). An Important AM Market in the Automotive Component Supply Chain.
- Market News. (2021b). Taiwan's Automobile After-Sales Service and Auto Parts Industry Analysis.
- McKinsey & Company. (2018). Ready for inspection the automotive aftermarket in 2030.

- McKinsey & Company. (2019). *Automotive software and electronics 2030*. Retrieved from https://www.mckinsey.com/~/_media/mckinsey/industries/automotive%20and%20assembly/our%20insights/mapping%20the%20automotive%20software%20and%20electronics%20landscape%20through%202030/automotive-software-and-electronics-2030-final.pdf
- Michael, B. (2019). *Passive Electronic Components*. Department of Electrical & Computer Engineering, Ben-Gurion University of the Negev.
- Nazir, N. M., & Shavarebi, K. (2019). A review of global automotive industry's competitive strategies. *World Journal of Science, Technology and Sustainable Development*.
- OICA. (2023). *GLOBAL SALES STATISTICS 2019 – 2022*. <https://www.oica.net/category/sales-statistics/>
- Oliver Wyman. (2018). *Future Automotive Industry Structural Until 2030*.
- Polaris Market Research. (2022). *Self-driving Cars Market Share, Size, Trends, Industry Analysis Report, By Component; By Electric Vehicle; By System; By Mobility Type (Shared Mobility, Personal Mobility); By Region; Segment Forecast, 2022 - 2030*.
- Porter, M. E., Ketels, C., & Delgado, M. (2007). The microeconomic foundations of prosperity: findings from the business competitiveness index. *The global competitiveness report, 2008*.
- Roland Berger. (2022). *E-Mobility Index 2021*. Retrieved from https://www.rolandberger.com/publications/publication_pdf/roland_berger_e_mobility_index_2021_en.pdf
- Teece, D. J. (2007). Explicating dynamic capabilities: the nature and microfoundations of (sustainable) enterprise performance. *Strategic management journal*, 28(13), 1319-1350.
- Tera, T., Taki, H., & Shimizu, T. (2015). Loss reduction of laminated core inductor used in on-board charger for EVs. *IEEJ Journal of Industry Applications*, 4(5), 626-633.
- Tiengtavaj, S., Phimonsathienand, T., & Fongsuwan, W. (2017). Ensuring competitive advantage through innovation capability and clustering in the Thai automotive parts molding industry: a SEM approach. *Management and Production Engineering Review*, 8(1), 89-100.
- Thrun, S. (2010). What we're driving at. <https://googleblog.blogspot.com/2010/10/what-were-driving-at.html>
- Vitale, J., Bowman, K., Singh, R., Robinson, R., Giffi, C., Hecker, M., ... & Bae, J. H. (2020). Global Automotive Consumer Study. *Deloitte Development LLC*.
- สถาบันยานยนต์. (2018a). รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการศึกษาวิจัยถอดแบบชิ้นส่วนยานยนต์ไฟฟ้า ภายใต้โครงการศูนย์การเรียนรู้เทคโนโลยีและนวัตกรรมเพื่อการพัฒนาอุตสาหกรรมยานยนต์ไฟฟ้าปี 2561.

สถาบันยานยนต์. (2018b). รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการศึกษาเทคโนโลยีวัสดุสำหรับการผลิตยานยนต์ไฟฟ้า ภายใต้โครงการศูนย์การเรียนรู้เทคโนโลยีและนวัตกรรมเพื่อการพัฒนาอุตสาหกรรมยานยนต์ไฟฟ้า ปี 2561.

สถาบันยานยนต์. (2019). ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย การพัฒนาอุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ของประเทศไทย.

สถาบันยานยนต์. (2021). สถานการณ์การขาดแคลน Semiconductor ในอุตสาหกรรมยานยนต์.

สถาบันวิจัยและให้คำปรึกษาแห่งมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. (2013). รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการศึกษาศักยภาพชิ้นส่วนประกอบรถยนต์ที่เป็น *Product Champion* ของไทย.

สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม และสถาบันยานยนต์. (2021). โครงการจัดทำแนวทางการพัฒนาอุตสาหกรรมยานยนต์ไทยสู่อุตสาหกรรมยานยนต์อัตโนมัติ (*Autonomous Vehicle: AV*).

สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม และสถาบันยานยนต์. (2022). การศึกษาการเปลี่ยนผ่านห่วงโซ่อุปทานไปสู่อุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่

สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม และสถาบันยานยนต์. (2022). การศึกษาเรื่อง การพัฒนาบุคลากรในอุตสาหกรรมยานยนต์ เพื่อเปลี่ยนผ่านสู่ยุคอุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่.

สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม. (2020). การจัดทำแผนที่นำทางการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีสาขา การพัฒนาอุตสาหกรรมยานยนต์สมัยใหม่ เพื่อรองรับยุทธศาสตร์ของประเทศไทยที่มุ่งสู่ยุค 4.0 ในอนาคต.

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) และสถาบันยานยนต์. (2018). การศึกษาผลกระทบของอุตสาหกรรมรถยนต์ไฟฟ้าต่อห่วงโซ่มูลค่ายานยนต์ไทย.