การพัฒนาออกแบบสร้างโครงรถบัสไฟฟ้าชานต่ำแบบ Monocoque ของไทย

วรากร กติกาวงศ์
บริษัท ไทยยานยนต์ไฟฟ้า จำกัด

จากความต้องการของบริษัท ไทยยานยนต์ไฟฟ้า จำกัด (THAI ELECTRIC VEHICLE CO.,LTD. หรือ TEV) โดยได้รับความร่วมมือจาก สมาคมเครื่องจักรกลไทย และบริษัท ไทยเซ็นทรัลเมคคานิคส์ จำกัด ภายใต้การสนับสนุนจากสำนักงานปลัดกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อดำเนินงานศึกษาวิจัย พัฒนา ออกแบบ และผลิตสร้าง “ต้นแบบโครงรถโดยสารไฟฟ้าแบบ Monocoque ขนาดความยาว 10.5 เมตร” ที่มีความปลอดภัยตามมาตรฐานรถโดยสารไฟฟ้าจนสำเร็จ

แต่เดิมอุตสาหกรรมรถโดยสารของไทย ต้องนำเข้าโครงช่วงล่าง (Chassis) แล้วสร้างห้องโดยสารตามลักษณะความต้องการติดตั้งบนโครงช่วงล่าง ทำให้รถโดยสารมีพื้นห้องโดยสารสูงจากพื้นถนนมาก ผู้โดยสารต้องก้าวขึ้นบันไดหลายขั้น ไม่เหมาะที่จะใช้เป็นรถโดยสารประจำทางที่วิ่งรับ-ส่งผู้โดยสารในเมืองเพราะต้องขึ้นลงตลอดเวลา ลักษณะที่เหมาะสมควรเป็นโครงสร้างที่มีการเชื่อมยึดชิ้นส่วนโครงห้องโดยสารเป็นชิ้นเดียวกัน สามารถกระจายการรับแรงหรือภาระได้ดีกว่าโครง Chassis แบบเดิม ทำให้เกิดคุณสมบัติที่ดีหลายประการ ดังนี้

- มีน้ำหนักรวมน้อยกว่าแบบเดิม เพราะผนวกโครงสร้างรับน้ำหนักเข้ากับโครงสร้างห้องโดยสาร
- สามารถลดความสูงลงได้มาก และสามารถใช้พื้นที่หรือปริมาตรความจุโดยสารได้มากกว่าระบบเดิม
- สามารถออกแบบให้ตอบสนองความต้องการในการใช้งาน และข้อจำกัดทางภูมิสภาพได้ดี

เป้าหมายการพัฒนาออกแบบสร้างโครงรถโดยสารไฟฟ้าแบบ Monocoque ในครั้งนี้ เพื่อการสร้างรถโดยสารไฟฟ้าประจำทาง รับ-ส่งผู้โดยสารในเขตเมือง เช่น กรุงเทพมหานครและปริมณฑล หรือเมืองใหญ่ จึงได้กำหนดคุณลักษณะเพื่อการออกแบบดังนี้

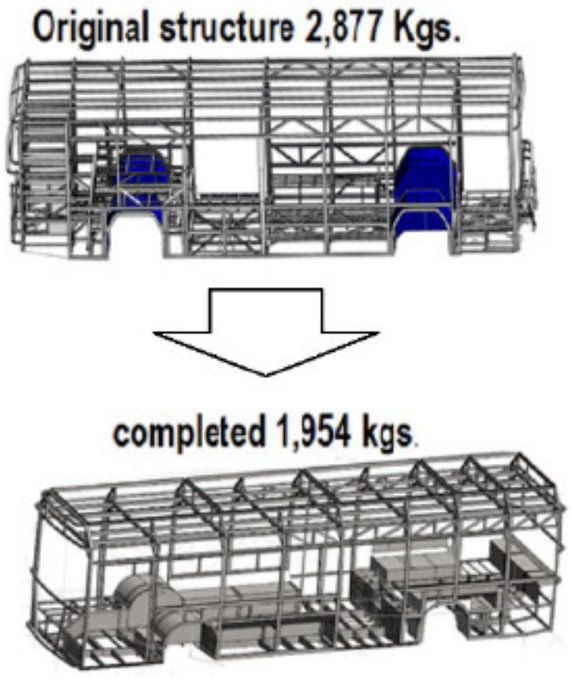
1.ต้องเป็นรถโดยสารที่มีขนาดเหมาะสมกับเมืองและสภาพการจราจรในเมือง ซึ่งจากผลสำรวจและวิเคราะห์แล้วว่า ควรเป็นรถชานต่ำขนาดความยาว 10.5 เมตร เพื่อความคล่องตัวและลดปัญหาการกีดขวางการจราจร

2.ต้องเหมาะสมกับภูมิสภาพของ กทม. ที่มักมีน้ำท่วมขังต้องคำนึงถึงการผุกร่อนและความปลอดภัยของผู้โดยสาร โครงสร้างด้านล่างของตัวรถมีโอกาสแช่น้ำจะต้องไม่มีจุดอับที่น้ำเข้าได้แต่ไม่สามารถเคลือบผิวกันสนิมได้ ควรเป็นโครงสร้างเปิดที่ให้สารเคลือบกันสนิมเข้าถึงได้ง่าย และเพื่อป้องกันอุบัติเหตุอันเกิดจากกระแสไฟฟ้า จึงต้องออกแบบย้ายแบตเตอรี่ทั้งหมด ซึ่งปกติติดตั้งไว้ใต้ท้องรถให้ไปอยู่ในตำแหน่งที่ไม่โดนน้ำ เช่น ด้านหลังรถ หรือหลังคารถ ซึ่งแบตเตอรี่รถโดยสารไฟฟ้ามีขนาดใหญ่และมีน้ำหนักมากกว่า3,000 กิโลกรัม จึงต้องออกแบบโครงสร้างตัวรถและหลังคาให้สามารถรับน้ำหนักได้อย่างปลอดภัย

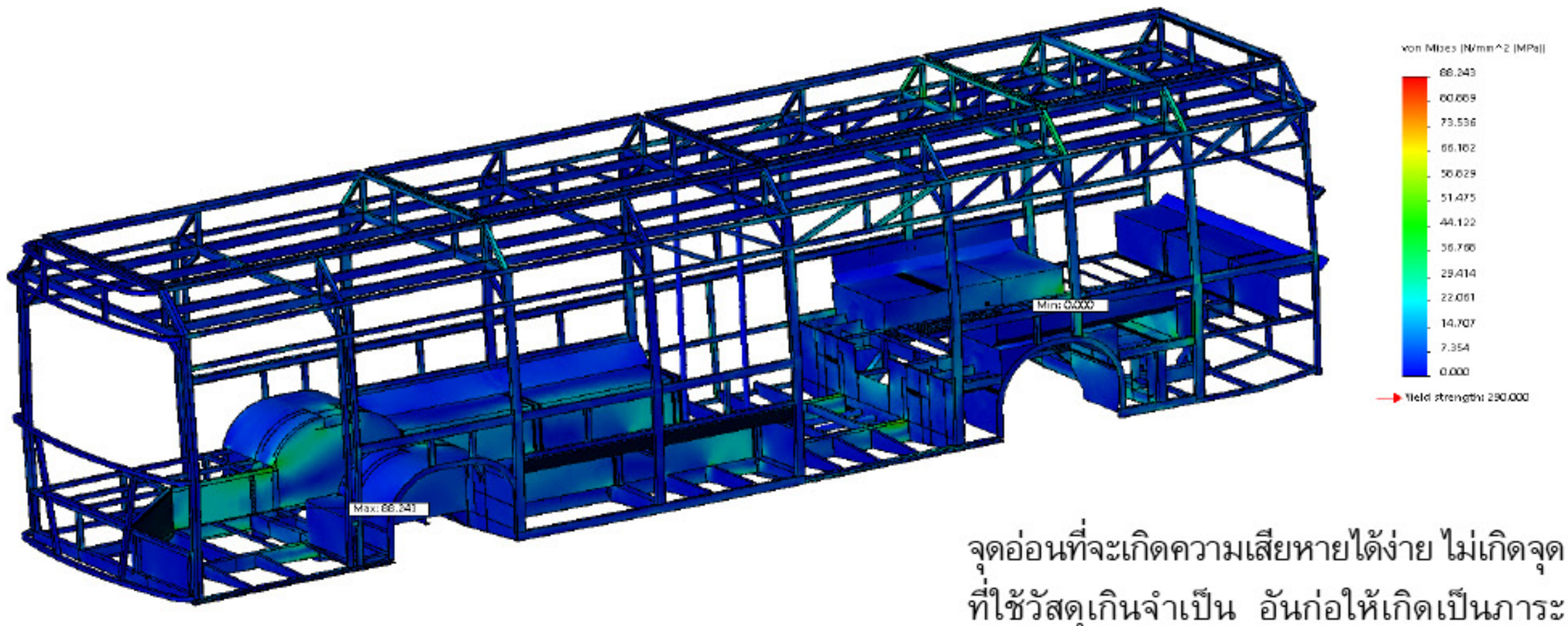
3.ต้องการความเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ประหยัดพลังงาน และมีต้นทุนการผลิตต่ำ ได้ผลสรุปว่าต้องออกแบบสร้างให้มีน้ำหนักเบา โดยตั้งเป้าให้น้ำหนักโครงสร้างลดลงจากแบบเดิมที่มีในท้องตลาดอย่างน้อย 30% โครงสร้างสามารถใส่หรือติดตั้งวัสดุฉนวนกันความร้อนได้รอบด้าน ลดช่องหรือปริมาณแสงที่จะเข้าตัวรถ ลดปริมาตรในห้องโดยสารในส่วนที่ไม่เกิดประโยชน์ เพื่อลดพลังงานของเครื่องทำความเย็น และต้องสามารถออกแบบโดยใช้วัสดุที่ผลิตหรือมีในประเทศ

โดยแนวทางในการดำเนินงานโครงการฯ อาศัยกระบวนการวิศวกรรมย้อนรอย (Reverse Engineering) จากรถโดยสารไฟฟ้า (EV-city bus) ขนาดความยาว 10.5 เมตร ที่นำเข้าจากประเทศจีน ซึ่งจะช่วยให้ผู้ประกอบการตอบสนองความต้องการของตลาดได้ทันเวลา และช่วยลดความเสี่ยงในขั้นตอนการดำเนินงาน นอกจากนี้ยังช่วยให้สามารถออกแบบผลิตภัณฑ์ใหม่เองได้ในอนาคตด้วย ซึ่งหากผู้ผลิตสามารถเสริมสร้างศักยภาพการผลิตได้จนเป็นที่ยอมรับก็จะทำให้เกิดความก้าวหน้าทางอุตสาหกรรมไทยที่สมบูรณ์ขึ้น

ในการวิจัยและพัฒนานี้ โครงการฯ มุ่งเน้นให้ไทยสามารถลดการนำเข้าชิ้นส่วนจากต่างประเทศให้ได้มากที่สุด และแก้ไขจุดด้อยบางประการของเทคโนโลยีต่างประเทศที่ออกแบบมาไม่เหมาะสม ไม่สอดคล้องกับสภาพการใช้งานในประเทศไทย การดำเนินงานใช้เวลารวม 16 เดือน เริ่มจากการศึกษาหาเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับประเทศไทย



การลดน้ำหนักของโครงสร้างรถแบบ monocoque



การวิเคราะห์ความแข็งแรงด้วยโปรแกรม Finite Element

และทำข้อตกลงกับบริษัทผู้ผลิตรถโดยสารไฟฟ้าในประเทศจีนเพื่อการสนับสนุนในด้านต่างๆ ตั้งแต่สร้างรถโดยสารไฟฟ้าต้นแบบตามความเหมาะสมกับการใช้งานในประเทศไทย ถ่ายทอดเทคโนโลยีให้ในระดับที่สร้างประกอบและซ่อมบำรุง จำหน่ายชิ้นส่วนที่เราไม่สามารถผลิตเองได้ เมื่อได้รับรถที่สั่งนำเข้ามาเป็นต้นแบบเพื่อการเรียนรู้

โดยหลัก Reverse Engineering เริ่มศึกษามิติและขนาดของโครงรถต้นแบบ ซึ่งมีทั้งการศึกษาชิ้นส่วนทางกล การทำงานการเคลื่อนไหวของชิ้นส่วนที่มีความสัมพันธ์กับโครงสร้างให้เข้าใจกลไกการทำงานทั้งหมดแล้วจึงออกแบบใหม่ให้สอดคล้องกับคุณลักษณะและคุณสมบัติที่กำหนดขึ้นมาใหม่ เมื่อได้แบบร่างตามที่ต้องการแล้ว จึงนำมาจำลองและทดสอบด้วย ระเบียบวิธี Finite Element เพื่อหาตำแหน่งที่มีความแข็งแรงน้อยสุดหรือน้อยกว่าค่าความปลอดภัยที่กำหนดแล้วทำการปรับแก้ขนาดรูปร่าง เพื่อให้สามารถรับภาระที่กระทำได้ สามารถรับแรงอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด พร้อมตรวจดูชิ้นส่วนหรือตำแหน่งที่มีการรับภาระได้สูงเกินความต้องการอย่างมาก ก็ทำการลดขนาดหรืออาจตัดทิ้งหากไม่จำเป็น เพื่อลดน้ำหนัก ทำอยู่เช่นนี้หลายรอบจนได้สัดส่วนขนาดและค่าความสามารถในการรับภาระแล้วไม่เสียรูปทรงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

จากการทำเช่นนี้ทำให้ได้โครงสร้างที่มีความแข็งแรง สม่ำเสมอใกล้เคียงกัน ไม่เกิดจุดอ่อนที่จะเกิดความเสียหายได้ง่าย ไม่เกิดจุดที่ใช้วัสดุเกินจำเป็น อันก่อให้เกิดเป็นภาระสิ้นเปลืองพลังงาน ผลสุดท้ายคือ ได้โครงสร้างที่ตอบสนองความต้องการ มีน้ำหนักน้อยกว่าโครงสร้างต้นแบบมากกว่า 30% ซึ่งเมื่อได้แบบโครงสร้าง Monocoque ตามคุณลักษณะและคุณสมบัติที่ต้องการแล้ว จึงมาทำแบบแยกชิ้น ใส่รายละเอียดเพื่อการผลิตชิ้นส่วนและภาพแสดงการประกอบพร้อมตัวเลขสัดส่วนเพื่อช่างประกอบสามารถทำงานได้ อีกทั้งต้องออกแบบ Jig & Fixture เพื่อให้สามารถประกอบงานได้มิติและขนาดที่ถูกต้องแม่นยำ สามารถทำซ้ำได้ขนาดเท่ากันและรวดเร็ว

โครงสร้าง Monocoque ที่สร้างสำเร็จมีน้ำหนักเพียง 1,954 กิโลกรัม น้อยกว่าโครงสร้างต้นแบบจากประเทศจีนที่หนัก 2,877 กิโลกรัม อยู่ถึง 923 กิโลกรัม คิดเป็นน้ำหนักที่ลดได้ 32% การทดสอบการรับน้ำหนักเสมือนจริง โดยการสร้างแท่นรับน้ำหนักโครงสร้างรถให้น้ำหนักถ่ายส่งผ่านมายังจุดหน้าแปลน Air spring ทั้ง 6 จุด นำโครงสร้าง Monocoque ขึ้นตั้งบนแท่นแล้วนำน้ำหนักถ่วงกระจายตามจุดต่างๆ ที่เป็นภาระจริง น้ำหนักตามที่จะเกิดจริงมีการกระจายน้ำหนักสมมุติเป็นผู้โดยสาร แบตเตอรี่ มอเตอร์ และอุปกรณ์อื่นๆ โดยกระจายตามสัดส่วนที่จะเกิดจริงถึง 13 จุด (ตามที่ได้จำลองและทดสอบโดยระเบียบวิธี Finite element) เป็นน้ำหนักรวมที่ใช้ทดสอบจริงถึง 13.5 ตัน (มากกว่าภาระที่จะเกิดจริงในขณะรับผู้โดยสารเต็มคันรถ)