การสร้างขีดความสามารถในการแข่งขันในระบบการขนส่งทางรางและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม กรณีศึกษา การนำรถโบกี้ไฟฟ้ากำลังปรับอากาศมาใช้ในการเดินขบวนรถการรถไฟแห่งประเทศไทย

COMPETITIVE PERFORMANCE OF RAIL TRANSPORTATION AND FRIENDLYENVIRONMENT: A CASE STUDY OF THE USE OF AIR-CONDITIONED POWER VAN CAR (APVC) IN STATE RAILWAY OF THAILAND

ศิริพงศ์ พฤทธิพันธุ์*

Siripong Preutthipan*

รองผู้ว่าการรถไฟแห่งประเทศไทย กลุ่มธุรกิจการซ่อมบำรุงรถจักรและล้อเลื่อน
Deputy Governor, Locomotive and Rolling-Stock Business Cluster.

**Corresponding author, e-mail: Preutthipan@gmail.com*

Received: *9 March 2020;* ***Revised:*** *19 August 2020;* ***Accepted:*** *24 September 2020*

บทคัดย่อ

ปัจจุบันการรถไฟแห่งประเทศไทยได้มีการให้บริการด้านการเดินรถโดยสารหลากหลายรูปแบบและหลากหลายชนิดของการทำขบวน โดยมีการพ่วงตู้รถโดยสารที่มีเครื่องยนต์ในแต่ละตู้รถโดยสารต่อจากหัวรถจักรเพื่อทำเป็นขบวนรถในการให้บริการด้านการโดยสาร ซึ่งในแต่ละปีมีค่าใช้จ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงมากถึง 2,500 ล้านบาท ทั้งนี้ การรถไฟฯ เล็งเห็นถึงวิธีการในการลดค่าใช้จ่ายดังกล่าว โดยการนำรถไฟฟ้ากำลัง หรือ พาวเวอร์คาร์ (Power Car) ซึ่งเป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้าให้กับระบบต่าง ๆ ในตู้โดยสารทั้งหมดในขบวน แทนการให้แต่ละตู้รถโดยสารต้องติดเครื่องยนต์และใช้น้ำมันในแต่ละตู้รถโดยสาร จากการทดสอบใช้งานจริงโดยพ่วงรถไฟฟ้ากำลังเข้ากับขบวนรถโดยสารในเส้นทางต่าง ๆ พบว่าสามารถลดการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงได้ถึง 30% ต่อขบวน ซึ่งนอกจากจะสามารถลดค่าใช้จ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงได้แล้ว ยังลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ถึงปีละ 1,432,750.176 tCO_2e ในอีกด้านหนึ่ง การที่การรถไฟฯได้เริ่มโครงการก่อสร้างดัดแปลงรถไฟฟ้ากำลังนี้ ยังเป็นการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน รวมทั้งส่งเสริมการพัฒนาอย่างยั่งยืนโดยการใช้ทรัพยากรและองค์ความรู้ที่มีภายในประเทศ (Local Content) ซึ่งเป็นการสนับสนุนการสร้างนวัตกรรมภายในประเทศในด้านอุตสาหกรรมทางรางด้วยเช่นกัน

คำสำคัญ: ระบบการขนส่งทางราง รถโบกี้ไฟฟ้ากำลัง ความเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม การสร้างขีดความสามารถในการแข่งขัน

Abstract

At present, State Railway of Thailand (SRT) provides passenger service with different and many types of passenger trains by attaching each passenger coach that has his own's engine to the locomotive at the beginning of train consist next to the locomotive. Each year, SRT pays about 2,500 million baht for fuel expenses. SRT can reduce these expenses by attaching Air-conditioned Power Van Car (Power Car) that generates electricity supply to all passenger coaches instead of each passenger coach with own's engine and consume fuel in each coach. In experiment, attaching Power Car to passenger trains in different routes can reduce the fuel expense up to 30% per passenger train. Also, the greenhouse effect can reduce 1,432,750. 176 tCO_2e per year. In addition, by promoting to build Power Car domestically can generate and support the innovation by using local content in the rail industry.

Keywords: Rail Transport, Power Car, Friendly Environment, Competitive Performance

บทนำ

ปัจจุบันการรถไฟแห่งประเทศไทย อยู่ระหว่างการเข้าสู่แผนการปรับปรุงฟื้นฟูกิจการ เข้าสู่ช่วงการดำเนินการเปลี่ยนถ่ายจากระบบดีเซลไฟฟ้าสู่ระบบรถไฟฟ้า การก่อสร้างโครงการระบบรถไฟชานเมืองสายสีแดง การสร้างทางคู่ รถไฟความเร็วสูงและโครงการรถไฟทางไกลหลายเส้นทางตามกรอบยุทธศาสตร์การพัฒนาโครงข่ายคมนาคมทั่วประเทศ จึงจำเป็นต้องทำการพิจารณากำหนดรูปแบบการบริหารจัดการเดินรถไฟแบบต่าง ๆ ให้มีความสอดรับซึ่งกันและกันในแต่ละระบบเพื่อให้มั่นใจว่าระบบการเดินรถและองค์ประกอบต่าง ๆ จะก่อให้เกิดความปลอดภัยและความสะดวกสบายต่อผู้โดยสาร แต่การประกอบการของการรถไฟนั้นกับเป็นงานที่มีรายละเอียดค่อนข้างซับซ้อนต้องบูรณาการทั้งระบบ ทั้งในเรื่องความสิ้นเปลืองของการใช้พลังงาน การรักษาสิ่งแวดล้อม และค่าความคุ้มทุนที่การรถไฟแห่งประเทศไทยต้องแบกรับภาระต้นทุนที่สูงมาก อีกเหตุปัจจัยที่การรถไฟแห่งประเทศไทยต้องสานรับนโยบายที่สอดคล้องกับความร่วมมือระหว่างประเทศ และนโยบายและแผนระดับชาติที่เกิดขึ้นใหม่ ได้แก่ ความตกลงปารีส ยุทธศาสตร์ชาติ แผนการปฏิรูปประเทศ (พ.ศ. ๒๕๖๐ – ๒๕๗๙) ในเรื่องสิ่งแวดล้อมการลดภาระเรือนกระจก โดยมียุทธศาสตร์ชาติเป็นตัวกำหนดการดำเนินงานกิจการในภาคส่วนของกระทรวงคมนาคม

ด้วยบริบทที่การรถไฟแห่งประเทศไทยยังคงมีการใช้งานรถจักรดีเซลจำนวนมาก รวมทั้งขบวนรถโดยสารที่มีอยู่ซึ่งเรียกว่ารถโดยสารนั่งนอนปรับอากาศชั้นสอง (บนทป.) ที่ติดตั้งเครื่องยนต์เพื่อระบบปรับอากาศภายในตัวเองทุกคันอีกจำนวนหนึ่งอย่างไรก็ตาม รถโดยสาร บนทป. แต่ละคันมีความสิ้นเปลืองการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในปริมาณมาก ทำให้ค่าใช้จ่ายในเรื่องของค่าน้ำมัน อะไหล่ การบำรุงรักษาเครื่องยนต์มีมูลค่าสูง รวมทั้งยังส่งผลให้เกิดความร้อนและยังสร้างมลพิษให้กับสิ่งแวดล้อม ไม่คุ้มค่ากับค่าโดยสาร ซึ่งการรถไฟแห่งประเทศไทยต้องแบกรับภาระค่าจ่ายของการเดินขบวนรถดังกล่าวในเวลาหลายปีผ่านมาดังนั้นการรถไฟฯ จึงมีนโยบายในการปรับปรุงและเพิ่มประสิทธิภาพของขบวนรถโดยสารปรับอากาศ เพื่อลดการใช้พลังงาน ลดมลภาวะเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และเพื่อให้การเดินทางของผู้โดยสารในระยะทางไกลเป็นไปด้วยความสะดวกสบายยิ่งขึ้นนั้น โดยมีเป้าหมายในการปรับปรุงรถด่วน และรถด่วนพิเศษในส่วนของการผลิตและจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับรถโดยสาร เพื่อใช้กับระบบปรับอากาศ ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ระบบลมบังคับการ และระบบอำนวยความสะดวกอื่น ๆ ของขบวนรถ

เพื่อรองรับนโยบายในการปรับปรุงและเพิ่มประสิทธิภาพของขบวนรถดังกล่าว การรถไฟฯจึงได้วางแนวทางในการดัดแปลงรถโดยสารสภาพเก่าชำรุดให้เป็นรถโบกี้ไฟฟ้ากำลัง โดยทำการติดตั้งชุดเครื่องยนต์เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Diesel Generator Set) ขนาด 450 kVA จำนวน 2 ชุด เพื่อผลิตและจ่ายกระแสไฟฟ้าใช้การกับระบบปรับอากาศ แสงสว่างให้กับรถโดยสาร และติดตั้งเครื่องทำลมอัด (Compressor) จำนวนไม่น้อยกว่า 1 เครื่องใช้การกับระบบลมอัดของรถโดยสาร เช่น ระบบช่วงล่างแบบถุงลม (Air Spring) ประตู ระบบน้ำในห้องสุขา อีกทั้งติดตั้งระบบควบคุม สายไฟฟ้า ท่อลม และอุปกรณ์ประกอบต่าง ๆ โดยผลสำเร็จของโครงการนี้ทำให้รถโบกี้ไฟฟ้ากำลัง (บฟก.ป) หรือ Power Car ได้ถูกสร้างขึ้นภายใต้แผนฟื้นฟูกิจการและส่งเสริมนโยบายภาครัฐในรูปแบบของการใช้ทรัพยากรและองค์ความรู้ภายในประเทศ (Local Content) เพื่อเป็นตัวอย่างในการดำเนินงานตามแนวทางยุทธศาสตร์ชาติและยุทธศาสตร์การลดค่าใช้จ่ายของการรถไฟแห่งประเทศไทยโดยในส่วนของ Power Car อาจหมายถึง ยานพาหนะที่วิ่งบนรางที่อาจจะแบ่งเป็น 2 ประเภท กล่าวคือ 1.ยานพาหนะต้นกำลังที่ใช้การควบคุมเพื่อลากจูงรถคันอื่น ๆ ในขบวน 2.ยานพาหนะที่ติดตั้งอุปกรณ์และจักรกลในการสร้างความร้อนหรือแหล่งพลังงานไฟฟ้านำไปใช้กับส่วนอื่นของขบวนรถไฟ [1-6]

ทั้งนี้การกำหนดทิศทางองค์กรเพื่อรองรับพันธกิจในปัจจุบันต้องพิจารณาในปัจจัยหลายมิติเช่น การคำนึงถึงความรับผิดชอบต่อสังคมการสร้างสภาพแวดล้อมทางเทคโนโลยีเพื่อการบรรลุเป้าหมายขององค์การสร้างขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศในเรื่องของอุตสาหกรรมภายในประเทศการวิเคราะห์ผลจากข้อมูลและตัวชี้วัดความสำเร็จ เพื่อนำไปสู่การพัฒนาและปรับปรุงประสิทธิภาพในการทำงานการลดต้นทุนและการใช้ทรัพยากรที่มีประสิทธิภาพและเพิ่มขีดความสามารถทางการแข่งขันการมุ่งเน้นประสิทธิผลทั่วทั้งองค์การและผลกระทบต่อยุทธศาสตร์ชาติการสร้างนวัตกรรมในการปรับปรุงผลผลิต กระบวนการ และบริการการออกแบบกระบวนการที่เชื่อมโยงตั้งแต่ต้นจนจบกระบวนการ (End to Process) และการสร้างวัฒนธรรมการทำงานที่ดีมีประสิทธิภาพ ดังแสดงในภาพที่ 1

ภาพที่ 1 ความเชื่อมโยงของแผนวิสาหกิจการรถไฟฯกับแผนยุทธศาสตร์ชาติ
(ที่มา: การรถไฟแห่งประเทศไทย)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการลดค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ด้านการใช้พลังงานเชื้อเพลิง การบำรุงรักษาเครื่องยนต์ โดยใช้รถไฟฟ้ากำลัง (Power Car) ทดแทนการที่ตู้โดยสารแต่ละตู้ต้องติดตั้งเครื่องยนต์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า

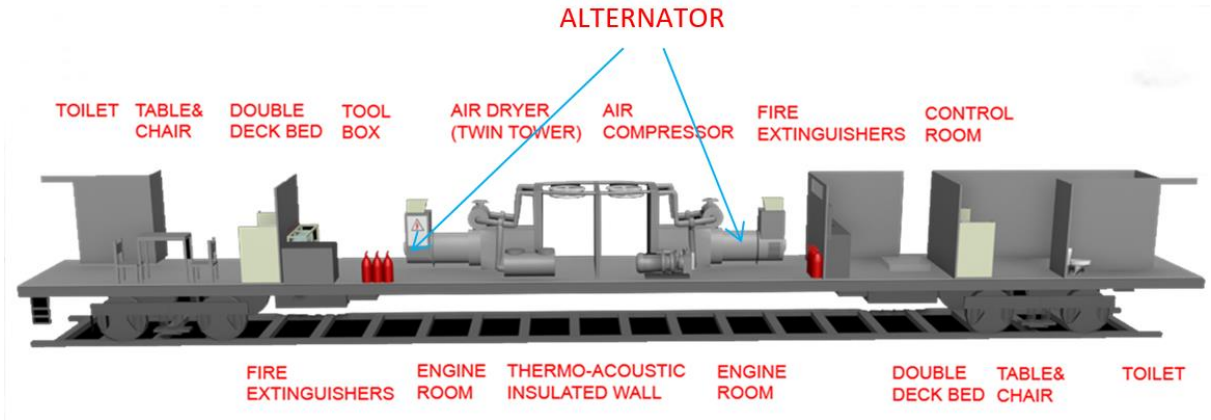
2. เพื่อประเมินถึงปริมาณการลดการปล่อยมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมและสร้างรูปแบบการเดินทางใหม่ให้ผู้โดยสารได้รับความสะดวกสบายจากการใช้งานรถไฟฟ้ากำลัง

3. เพื่อวิเคราะห์ถึงแนวทางการสร้างนวัตกรรมภายในประเทศ ให้ใช้ Local Content ในอุตสาหกรรมระบบรางให้เป็นรูปธรรม

วิธีดำเนินการวิจัย

- การดำเนินงานเพื่อนำรถไฟฟ้ากำลังมาใช้งาน

เมื่อการรถไฟแห่งประเทศไทยเริ่มโครงการในการปรับปรุงและเพิ่มประสิทธิภาพรถโดยสารเพื่อรองรับปริมาณผู้โดยสารที่จะเพิ่มขึ้นในอนาคตนั้นสิ่งที่การรถไฟแห่งประเทศไทยจำเป็นต้องดำเนินการควบคู่กันไปคือการดัดแปลงก่อสร้างรถไฟฟ้ากำลัง (Power Car) จำนวน 8 คันและการดัดแปลงสภาพตู้โดยสาร 95 คันจากเดิมให้สามารถใช้งานร่วมกับรถไฟฟ้ากำลังดังกล่าวได้ ซึ่งในกระบวนการดัดแปลงก่อสร้างรถไฟฟ้ากำลังนั้น จะต้องมีการสร้างโครงประธาน ปรับปรุงสภาพของโบกี้ รวมไปถึงงานติดตั้งระบบควบคุม สายไฟฟ้า ท่อลม ดังแสดงใน**ภาพที่ 2** รวมไปถึงอุปกรณ์อำนวยความสะดวกต่าง ๆ ภายในตัวรถสำหรับพนักงานประจำรถระหว่างก่อสร้างโครงประธานจะมีการทดสอบการรับน้ำหนักแบบสถิตย์ (Static Load Test) เพื่อตรวจสอบพฤติกรรมการรับน้ำหนักของโครงประธานก่อนที่จะรองรับน้ำหนักในการงานจริง หลังจากนั้นเมื่อสร้างรถเสร็จสมบูรณ์แล้วจะเข้าสู่กระบวนการทดสอบวิ่งจริง(Running Test) และทดสอบการใช้งานของระบบต่าง ๆ (Facility Test) เช่น ระบบจ่ายไฟฟ้าและระบบจ่ายลมอัด เป็นต้นโดยในการทดสอบจะทำการต่อรถเป็นขบวนเสมือนการใช้งานจริง ซึ่งผลการทดสอบได้ถูกนำไปวิเคราะห์ค่าใช้จ่าย(Financial Analysis) ความคุ้มค่า และจุดคุ้มทุน อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงระหว่างการใช้รถไฟฟ้ากำลังเปรียบเทียบกับขบวนรถโดยสารปรับอากาศทั้งขบวนที่ใช้งานเดิม



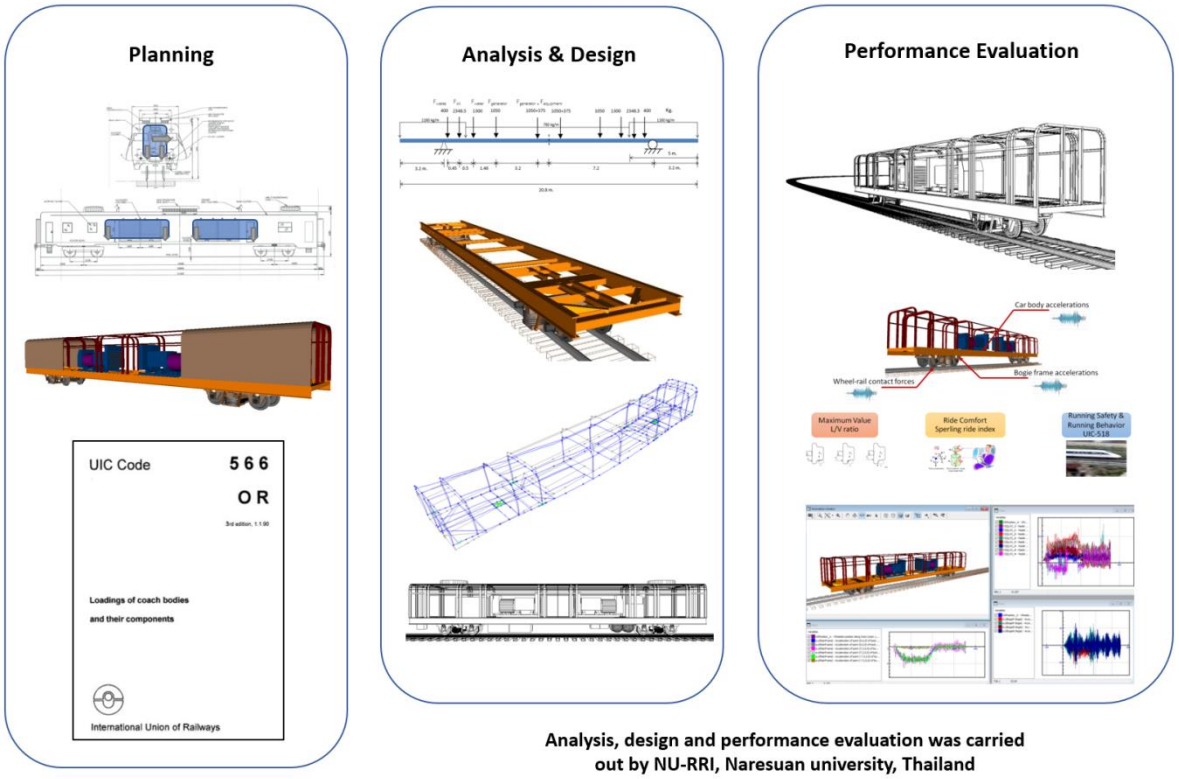
ภาพที่ 2 แผนผังภายในของรถไฟฟ้ากำลัง [2, 3]

- การวางแผนเตรียมการเพื่อปรับปรุงโครงสร้างรถไฟฟ้ากำลัง

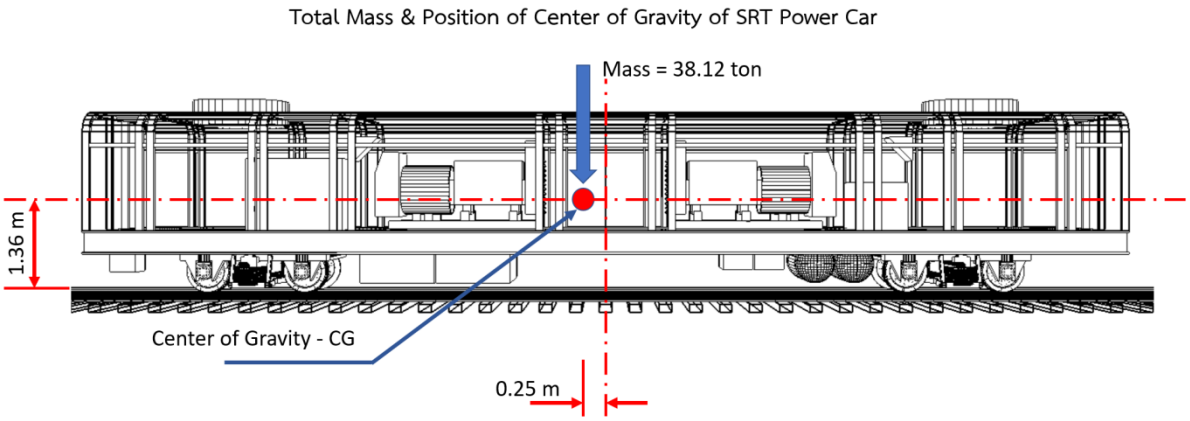
ขั้นตอนแรกในการดำเนินงานคือสำรวจหาตัวรถที่เหมาะสม โดยคำนึงถึงขนาดมิติ(Dimension)ของชนิดรถที่จะสามารถติดตั้งอุปกรณ์และเครื่องมือที่จำเป็นต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยได้เลือกตัวรถ JR WEST ที่ได้รับการบริจาคมาจากประเทศญี่ปุ่นที่ไม่ได้ใช้งานแล้ว นำมาตรวจสอบเพื่อเตรียมความพร้อมสำหรับการก่อสร้างดัดแปลงเป็นรถไฟฟ้ากำลัง ซึ่งจากผลการสำรวจโครงสร้างเดิมของตู้รถโดยสาร JR WEST ดังกล่าวนั้น พบว่าโครงสร้างโดยรวมอยู่ในสภาพที่ไม่สามารถนำมาดัดแปลงให้รองรับรูปแบบการใช้งานในอนาคตได้ ยิ่งไปกว่านั้นการเสื่อมสภาพของรถ JR WEST ในแต่ละตู้ยังมีรูปแบบที่ต่างกันไป ซึ่งจะส่งผลให้การควบคุมคุณภาพของงานในแต่ละขั้นตอนเกิดความยุ่งยากและมีโอกาศเกิดความผิดพลาดขึ้นได้ ดังนั้น การรถไฟฯจึงได้อนุมัติแนวคิดที่จะสร้างตู้รถไฟขึ้นใหม่โดยใช้ทรัพยากรและองค์ความรู้ภายในประเทศ (Local Content) ภายใต้เงื่อนไขว่ารถที่สร้างขึ้นมาใหม่นั้นต้องมีสมรรถนะและความปลอดภัยอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน โดยในการนี้ ทางการรถไฟฯจึงได้อนุเคราะห์ให้ สถานวิจัยเพื่อความเป็นเลิศด้านนวัตกรรมถนนและระบบราง มหาวิทยาลัยนเรศวร (NU-RRI) ร่วมกับบริษัท กิจการร่วมค้า ไซโนเจน-ปิ่นเพชร จำกัด ทำการออกแบบและก่อสร้างตู้รถไฟฟ้ากำลังขึ้นมาใหม่ภายใต้คำแนะนำและการตรวจสอบอย่างใกล้ชิดจากเจ้าหน้าที่ของการรถไฟฯ โดยได้มีการดำเนินงานตามมาตรฐาน EN, UIC [7-10] รวมไปถึงมาตรฐานของการรถไฟฯเองด้วยเช่นกัน นอกจากนี้ยังได้ร่วมกันวางแผนการทดสอบเพื่อประเมินความปลอดภัย (Running Safety) และความสะดวกสบายของการโดยสาร (Riding Comfort) เพื่อเป็นประโยชน์ในการวางแผนการใช้งานและซ่อมบำรุงตัวรถต่อไปตลอดโครงการ

- การก่อสร้างโครงสร้างรถไฟฟ้ากำลัง

โครงประธานถูกออกแบบให้สามารถรองรับน้ำหนักต่าง ๆ ขณะใช้งานได้อย่างปลอดภัย โดยอ้างอิงมาตรฐาน EN-12663, UIC-566 [7, 9] รวมทั้งข้อกำหนดด้านโครงสร้างรถไฟของการรถไฟฯด้วยเช่นกัน ทั้งนี้ ได้มีการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ถึงระดับของหน่วยแรงภายในโครงสร้าง (Stresses in Member) การแอ่นตัวของโครงประธาน (Deflections) จุดศูนย์ถ่วงของรถไฟ (Center of Gravity) รวมทั้งพฤติกรรมทางพลศาสตร์ (Dynamic Behavior) ขณะที่รถไฟแล่นด้วยความเร็วระดับต่าง ๆ ด้วยเช่นกัน ซึ่งผลการวิเคราะห์ทำให้มั่นใจถึงสมรรถนะของตู้รถไฟฟ้ากำลังก่อนที่จะเข้าสู่ขั้นตอนการก่อสร้างจริง ดังแสดงใน**ภาพที่ 3**



ภาพที่ 3 การวิเคราะห์และออกแบบโครงประธานของรถไฟฟ้ากำลัง [11]



ภาพที่ 4 การวิเคราะห์ตำแหน่งของจุดศูนย์ถ่วงของรถไฟฟ้ากำลัง [11]

การก่อสร้างโครงประธานจำเป็นต้องมีการทดสอบหลายรูปแบบเพื่อให้มั่นใจถึงสมรรถนะและคุณสมบัติของโครงประธานว่าสามารถทนต่อการใช้งานจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพปลอดภัยหรือไม่ โดยมีการทดสอบทั้งคุณสมบัติในการรับน้ำหนักบรรทุกของโครงประธาน รวมทั้งความสมบูรณ์ของจุดเชื่อมต่อดังนี้

- การทดสอบการรับน้ำหนักแบบสถิตย์ (Static Load Test) เป็นการทดสอบที่มีจุดประสงค์เพื่อตรวจสอบคุณสมบัติ และพฤติกรรมการรับน้ำหนักของโครงสร้างรถไฟว่ามีความสอดคล้องกับสมมุติฐานตามที่ได้ออกแบบไว้หรือไม่ รวมทั้งตรวจสอบถึงความสมบูรณ์ในการก่อสร้างโครงประธาน โดยในการทดสอบจะทำการ

เปรียบเทียบค่าการแอ่นตัวและความเครียดที่วัดได้จริงขณะใส่น้ำหนักบรรทุกกับค่าจากการคำนวณ ซึ่งจะทำให้ทราบถึงพฤติกรรมการแอ่นตัวของโครงประธานรวมทั้งความสมมาตรภายใต้น้ำหนักบรรทุก นอกจากนี้ยังตรวจสอบถึงค่าความเป็นสปริงของระบบช่วงล่างโดยวัดการยุบตัวระหว่างโบกี้และชุดล้อขณะทดสอบ

- MT- Magnetic Particle Testing ใช้ทดสอบดูคุณสมบัติบนผิวหน้าโลหะความเป็น Ferromagneticและความเป็นตัวนำทางไฟฟ้าของโลหะเพื่อตรวจสอบรอยร้าวหรือบริเวณชำรุดของชิ้นงานโลหะ เป็นการทดสอบทางเทคนิคเพื่อทดสอบหาด้วยขบวนการทางแม่เหล็กเพื่อหารอยแตกร้าวตามรอยผิวหน้าของโลหะตามจุดที่มีความซับซ้อน ซึ่งจะให้ข้อมูลถึงความลึกทางพื้นผิว รอยตะเข็บ รอยร้าวและจุดที่มีความบกพร่องทางโลหะโดยการใช้ไฟฟ้าเพื่อตรวจสอบเจาะเข้าไปใน Cross Section ของชิ้นส่วน
- UT-Ultrasonic Testingซึ่งเป็นการใช้คลื่น Ultrasonic ยิงเข้าสู่ชิ้นงานเพื่อดูจุดล่อแหลมที่เสี่ยงจะเกิดรอยแตกร้าวในแนวเชื่อมโลหะและยังใช้ในการตรวจสอบคุณภาพแนวเชื่อมเพื่อป้องกันในจุดที่ต้องการ การใช้ Ultrasonic Testing จะกระทำทันทีหลังจากเสร็จสิ้นการเชื่อมโลหะเมื่อพบว่าคุณภาพการเชื่อมโลหะไม่เป็นไปตามมาตรฐานจะทำการเคาะออกและทำการเชื่อมใหม่ทันที ซึ่งการทำ Ultrasonic Testing นั้นมีประโยชน์กว่าการใช้คลื่นวิทยุแบบ RT (Radio Testing) เพราะไม่ส่งผลกระทบกับชิ้นงานรอบ ๆ ด้านใกล้เคียง
- งานระบบและอุปกรณ์ที่ติดตั้งบนรถไฟฟ้ากำลัง

รถไฟฟ้ากำลังมีหน้าที่หลักในการจ่ายกระแสไฟฟ้ารวมทั้งลมอัดให้แก่รถคันอื่น ๆ ในขบวน ซึ่งจำเป็นต้องมีการติดตั้งระบบเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังนี้

เครื่องยนต์ดีเซลจำนวน 2 เครื่องสำหรับขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยเฉพาะแบบ Water-Cooled Pressure Lubricated ขนาดไม่น้อยกว่า 450kVA ตามมาตรฐาน ISO-8528 โดยมีรอบเครื่องยนต์ขณะใช้งานปกติที่ 1500 rpm และต้องสามารถทำงานอย่างมีประสิทธิภาพภายใต้สภาพภูมิอากาศของประเทศไทย นอกจากนี้ยังต้องเป็นเครื่องยนต์ชนิด Low Emission ที่ได้รับมาตรฐาน EU Stage II หรือเทียบเท่า Power Output มีค่าผันไม่เกิน 5% ที่มาตรฐาน SEAJ 1995 หรือ ISO 3046 รวมทั้งมีระบบควบคุม (Control Unit) ป้องกันการทำงานของเครื่องยนต์แต่ละเครื่องในกรณีเครื่องยนต์ผิดปกติโดยเครื่องยนต์จะดับเองอัตโนมัติ.

เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Alternator) ซึ่งสามารถผลิตกำลังกระแสไฟฟ้าสลับ (Prime Power) อย่างต่อเนื่องได้ไม่น้อยกว่า 450 kVApower (COP), 3Phase 4wires, 400/230 Volts, 50 Hz ที่ความเร็วรอบ 1500 rpm การควบคุมแรงเคลื่อนไฟฟ้าแบบ Digital ที่มีค่า Voltage Regulator ต้องไม่เกินกว่า 0.25% จาก No Load ถึง Full Load

ชุดควบคุมเครื่องยนต์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ตั้งค่าโปรแกรมกำหนดตามรอบลำดับไว้ให้เป็น Base Load ต้องทำการสั่งเดินและหน่วงเวลาให้เครื่องยนต์กำเนิดไฟฟ้าผลิตพร้อมปรับแต่งแรงดันไฟฟ้าให้ได้ 400 volt ครบ 3 Phase ความถี่ทางไฟฟ้า 50 HZ จึงสั่งให้ Circuit Breaker ทำการ Close จ่ายกระแสไฟเข้าด้าน Bus-Bar ด้าน Incoming ของ Feeder เมื่อขั้นตอนแรกเสร็จเรียบร้อย ชุดควบคุมของเครื่องยนต์กำเนิดไฟฟ้าทั้งสองเครื่องจะสื่อสารระหว่างกัน หากตรวจพบว่ากระแสไฟฟ้าไม่เพียงพอต่อการใช้งานเกินกว่า 80% ของเครื่องใดเครื่องหนึ่ง ชุดควบคุมอัตโนมัติจะสั่งการให้เครื่องยนต์อีกเครื่องเดิน และหน่วงเวลาให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าผลิตพร้อมปรับแต่งแรงดันไฟฟ้าให้ได้ใกล้เคียง 400 volt ครบ 3 Phase ความถี่ทางไฟฟ้า 50 HZ และ Check Synchronize Relay จะทำการตรวจสอบพร้อมทำการปรับแต่งให้รอบและแรงดันไฟฟ้าให้ In Phase กับอีกเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่จ่ายเข้า Bus-Bar ไปแล้วจึงสั่งการขนานจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าด้วยกัน

เมื่อชุดเครื่องยนต์กำเนิดไฟฟ้าทั้งสองเครื่องเดินขนานร่วมกันจ่ายกระแสไฟฟ้าที่เข้า Bus-Bar เสร็จเรียบร้อยแล้วชุดควบคุมของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะสื่อสารกันจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับ Load เมื่อชุดเครื่องยนต์

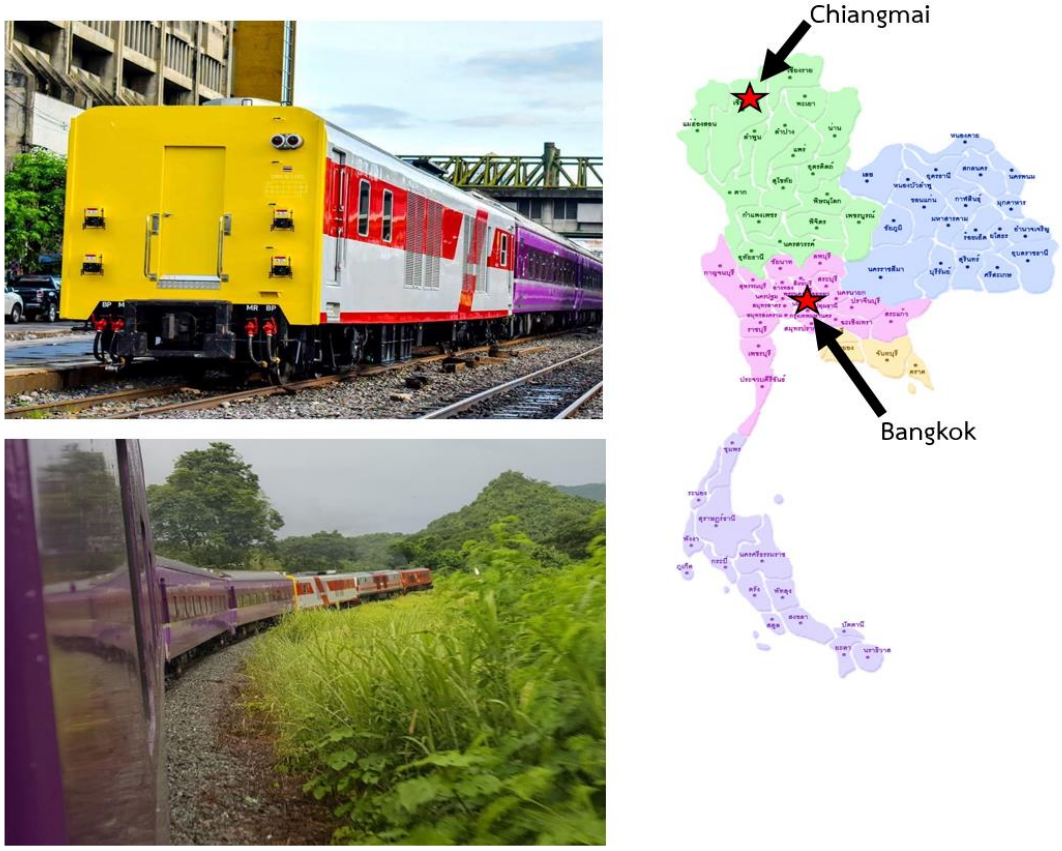
กำเนิดไฟฟ้าทั้งสองร่วมกันจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับ Load โดยการแบ่งจ่ายโหลด (Load Sharing) ชุดควบคุมของเครื่องยนต์กำเนิดไฟฟ้าทั้งสองเครื่องจะสื่อสารระหว่างกัน และตรวจสอบความต้องการของโหลดจากกระแสไฟฟ้ากิโลวัตต์และ Power Factor หากการใช้ Load เพียงพอกับความสามารถของเครื่องยนต์กำเนิดไฟฟ้าเพียงเครื่องเดียว ชุดควบคุมของชุดเครื่องยนต์กำเนิดไฟฟ้าตามรอบที่ได้ทำหน้าที่เป็น Base Load จะสั่งการให้ Circuit Breaker ของเครื่อง Open เหลือการจ่าย Load เพียงเครื่องเดียว พร้อมทำการ Cool Down เครื่องยนต์และทำการดับเครื่องยนต์ เตรียมความพร้อมรอรับคำสั่งเครื่องยนต์ใหม่ เมื่อ Load เพิ่มขึ้นจะทำหน้าที่เป็น Base Load สั่งการให้ Circuit Breaker ของเครื่อง Open เหลือการจ่าย Load เพียงเครื่องเดียว พร้อมทำการ Cool Down เครื่องยนต์และสั่งดับเครื่องยนต์ พร้อมรอรับคำสั่งเดินเครื่องยนต์ใหม่และเมื่อ Load เพิ่มขึ้นจะทำหน้าที่เป็น Base Load แทนเมื่อ Load ลดลง

- การทดสอบรถไฟฟ้ากำลังในการใช้งานจริง

การทดสอบวิ่งจริง (Running Test) เป็นการทดสอบเพื่อประเมินสมรรถนะรถไฟฟ้ากำลังภายใต้การใช้งานจริง โดยทำการพ่วงตู้รถไฟฟ้ากำลังเข้ากับขบวนรถโดยสารและทำการจ่ายไฟฟ้าให้แก่ตู้อื่น ๆ ซึ่งระหว่างการทดสอบได้ทำการบันทึกถึงปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงและการปล่อยมลพิษ นอกจากนี้ยังได้มีการตรวจวัดการสั่นสะเทือนบนรถไฟขณะวิ่งด้วยความเร็วบนเส้นทางทดสอบทั้งขาไปและกลับ โดยผลการตรวจวัดได้ถูกนำไปใช้ในการประเมินความปลอดภัย (Running Safety) และพฤติกรรมของการวิ่ง (Running Behavior) ตามมาตรฐาน UIC-518 Simplified Acceleration Method[12] ทั้งนี้ ในส่วนของการประเมินความสะดวกสบายของการโดยสาร (Riding Comfort) นั้นได้ดำเนินการตามข้อกำหนดของการรถไฟฯ

การทดสอบได้ถูกดำเนินการต่อรถไฟฟ้ากำลังหมายเลข บฟก.ป.1101 โดยทำการวิ่งจริงบนเส้นทางทดสอบกรุงเทพ-เชียงใหม่ทั้งขาไปและกลับซึ่งมีระยะทางรวมประมาณ 1,400 กิโลเมตร ณ วันที่ 14 มกราคม พ.ศ. 2562 โดยได้ผลสำเร็จของการทดสอบดังต่อไปนี้

- ระดับการสั่นสะเทือนบนรถไฟฟ้ากำลังบนเส้นทางทดสอบ ทั้งไปและกลับ
- ผลการประเมินความปลอดภัย (Running Safety) และพฤติกรรมของการวิ่ง (Running Behavior) ตามมาตรฐาน UIC-518 [12]
- ผลการประเมินความสะดวกสบายของการโดยสาร (Riding Comfort) ตามข้อกำหนดของการรถไฟฯ
- ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ลดลงต่อขบวน เปรียบเทียบกันในกรณีที่ใช้และไม่ใช้รถไฟฟ้ากำลัง
- ผลต่างการปล่อยปริมาณ Carbon ออกสู่สิ่งแวดล้อม เปรียบเทียบกันในกรณีที่ใช้และไม่ใช้รถไฟฟ้ากำลัง

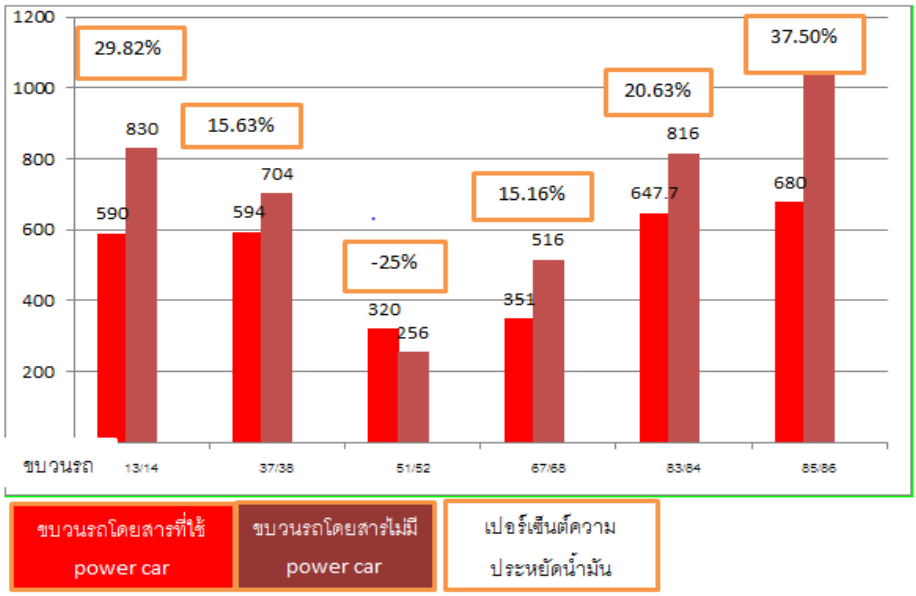


ภาพที่ 5 การทดสอบวิ่งจริง (Running Test) ของรถไฟฟ้ากำลัง
(ที่มา: การรถไฟแห่งประเทศไทย)

ผลการวิจัย

- การประเมินประสิทธิภาพของการใช้งานรถไฟฟ้ากำลัง

การประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงได้ทำการเปรียบเทียบระหว่างขบวนรถที่ใช้รถไฟฟ้ากำลัง กับขบวนรถโดยสารที่ใช้เครื่องยนต์กำเนิดไฟฟ้าเป็นต้นกำลังสำหรับจ่ายไฟแต่ละคันของตัวเองโดยมีการเก็บข้อมูลรวบรวมอัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในขบวนรถทุกเส้นทาง ซึ่งพบว่าขบวนรถโดยสารในปัจจุบันที่มีการใช้พลังงานเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ปรับอากาศและการใช้งานระบบแสงสว่างในตัวรถแต่ละคันนั้น มีความสิ้นเปลืองของน้ำมันเชื้อเพลิงรวมมากกว่าในกรณีที่ต่อพ่วงรถไฟฟ้ากำลัง (Power Car) เข้าไปในขบวน



ภาพที่ 6 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงระหว่างการใช้/ไม่ใช้ รถไฟฟ้ากำลัง (Power Car)

ตารางที่ 1 ข้อมูลการเปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงระหว่างการใช้/ไม่ใช้ รถไฟฟ้ากำลังในการทำขบวน

ลำดับ	รหัสสี	ขบวน	อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง x ราคา เชื้อเพลิง		คิดเป็น ค่าใช้จ่าย / เที่ยว / บาท	ประหยัด ค่าใช้จ่าย / เที่ยว / บาท	คิดเป็น (%)
1		ข. 13/14	1320	29.89	39,454.80	12150.29	30.80 %
		Power Car	913.5	29.89	27,304.52		30.80 %
2		ข. 37/38	1936	29.89	57,867.04	17820.42	30.80 %
		Power Car	1339.8	29.89	40,046.62		30.80 %
3		ข. 51/52	1408	29.89	42,085.12	12960.30	30.80 %
		Power Car	97404	29.89	29,124.82		30.80 %
4		ข. 67/68	1144	29.89	34,194.16	10530.25	30.80 %
		Power Car	791.7	29.89	23,663.91		30.80 %
5		ข. 83/84	1496	29.89	44,715.44	13770.32	30.80 %
		Power Car	1035.3	29.89	30,945.12		30.80 %
6		ข. 85/86	1496	29.89	44,715.44	13770.32	30.80 %
		Power Car	1035.3	29.89	30,945.12		30.80 %

เมื่อวิเคราะห์ถึงการนำรถไฟฟ้ากำลังมาใช้งานจริงในขบวนรถตัวอย่างในการวิ่งทั้งไปและกลับของขบวนรถโดยสารในแต่ละเส้นทางจะทำให้เห็นตัวเลขจากการคำนวณอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่คิดเป็นตัวเลขของ

ความประหยัดค่าใช้จ่ายจริงในแต่ละเที่ยวดังแสดงในตารางที่ 1จะพบว่าการใช้รถไฟฟ้ากำลัง (Power Car) เข้ามาต่อพ่วงกับขบวนรถโดยสารเพื่อให้เป็นแหล่งพลังงานในการผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อป้อนเข้าสู่ขบวนรถที่มีเครื่องปรับอากาศและสิ่งอำนวยความสะดวกอื่น ๆ ที่จำเป็นในการให้บริการในรถโดยสารแล้วนั้นกรณีที่ใช้รถไฟฟ้ากำลังจะสามารถลดค่าใช้จ่ายได้ถึง30%.

- การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ

แนวทางการประเมินเพื่อหาปริมาณการปล่อย Emission และส่งผลต่อภาวะเรือนกระจกของขบวนรถโดยสารที่มีเครื่องยนต์ผลิตไฟฟ้าเพื่อเปรียบเทียบกับกรณีใช้รถไฟฟ้ากำลัง (Power Car) จะดำเนินงานตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1 รวบรวมข้อมูลปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้สำหรับเครื่องยนต์ที่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำหรับรถโดยสารปรับอากาศและจำนวนเครื่องยนต์ Power Car ที่การรถไฟแห่งประเทศมีใช้งาน

2 ใช้ข้อมูลดิบในการเก็บข้อมูลปริมาณการใช้งานจากหัวจ่ายในขบวนรถเป้าหมายทั้งหมดเป็นปริมาณเชื้อเพลิง (ลิตร) แต่ละเที่ยวขบวนในช่วงเวลานั้นมาเป็นตัวแปลงข้อมูล

3 คำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากขบวนรถโดยสารปรับอากาศที่ไม่ใช้รถไฟฟ้ากำลัง (Power Car) เปรียบเทียบกับรถที่ใช้รถไฟฟ้ากำลัง โดยเลือกใช้ Emission Factor ที่สากลใช้จาก Mobile Combustion เจาะจงสำหรับ Rail Transport

4 รวบรวมข้อมูล ประเมิน และรายงาน

5 ใช้เครื่องมือการจัดการประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-Efficiency)

ความสัมพันธ์ของการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ

ปริมาณก๊าซเรือนกระจก = ข้อมูลกิจกรรม x ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (EF)

โดยใช้แหล่งข้อมูลจาก 1.ข้อมูลกิจกรรมที่เป็นแหล่งปล่อย GHG ได้แก่ ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลสำหรับการเดินรถไฟ (ลิตรน้ำมัน) และ 2.ค่าการปล่อยขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) และคู่มือ “2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories” อ้างอิงการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้น้ำมันดีเซลสำหรับรถไฟ เท่ากับ 3.013 kgCO_2e/ ลิตร

ตารางที่ 2 ผลการคำนวณหาค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของรถตัวอย่างจำนวน 12 ขบวนเพื่อเปรียบเทียบค่าของปริมาณcarbon ระหว่างขบวนรถที่ใช้/ไม่ใช้รถไฟฟ้ากำลัง (Power Car)

ขบวนรถโดยสารต่อเที่ยว	ข้อมูลกิจกรรม/ลิตร No Power Car/Power Car	ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (kg CO_2e/หน่วย)	ปริมาณการปล่อย GHGs รวม (tCO_2e)	
			กรณีไม่ใช้รถไฟฟ้ากำลัง (Power Car) พ่วงในขบวน	กรณีที่ใช้รถไฟฟ้ากำลัง (Power Car) พ่วงในขบวน
ขบวน 13/14	1,200 827.45	3.013	3,615.6	2,493.10

ขบวนรถโดยสารต่อเที่ยว	ข้อมูลกิจกรรม/ลิตร No Power Car/Power Car	ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (kg CO_2e/หน่วย)	ปริมาณการปล่อย GHGs รวม (tCO_2e)	
			กรณีไม่ใช้รถไฟฟ้ากำลัง (Power Car) พ่วงในขบวน	กรณีที่ใช้รถไฟฟ้ากำลัง (Power Car) พ่วงในขบวน
ขบวน 51/52	1,024 460	3.013	3,085.31	1,385.98
ขบวน 67/68	1,040 716.95	3.013	3,133.52	2,160.17
ขบวน 37/38	1,760 1213.3	3.013	5,302.88	3,655.67
ขบวน 83/84	1,360 937.55	3.013	4,097.68	2,824.83
ขบวน 85/86	1,360 937.55	3.013	3,965.10	2,834.83
		รวมทั้งหมด	**23,199.49**	**15,344.50**

จาก ตารางที่ **2**พบว่าผลต่างปริมาณการปริมาณการปล่อย GHGs (Greenhouse Gas) ของรถโดยสารปรับอากาศที่ใช้เครื่องยนต์ปรับอากาศของตัวเองในรถแต่ละคันที่ไม่มีการพ่วงรถไฟฟ้ากำลัง เปรียบเทียบกับขบวนรถเช่นเดียวกันแต่มีการพ่วงรถไฟฟ้ากำลัง จะพบว่าการปล่อยปริมาณ GHGs (t CO_2e) มีความแตกต่างกันถึง 23,199.49-15,344.50 = 7,854.99 t CO_2e นั่นแสดงว่าการใช้รถไฟฟ้ากำลัง(Power Car) สามารถทำให้ปริมาณ Emission ที่เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซลลดน้อยลงถึง 34%

สรุปและอภิปรายผล

รถโบกี้ไฟฟ้ากำลังต้นแบบ บฟก.ป 1101 ได้ถูกอนุมัติให้เดินขบวนรถพิเศษเพื่อทดสอบสมรรถนะ (Running Test) ระหว่างสถานี กรุงเทพ-ปากช่อง-กรุงเทพ, กรุงเทพ-เชียงใหม่-กรุงเทพ โดยพ่วงขบวนรถจำนวน 12 คัน มีผลการทดสอบดังนี้

ผลการทดสอบพลังงานและการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของรถต้นแบบอัตราความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจากการทดสอบที่เครื่องยนต์ดูดจาก Fuel Tank โดยเฉลี่ยเท่ากับ 33 ลิตร/ชม. เครื่องกำเนิดกำลังไฟฟ้า 380 kw, 400 v, 686 Amps.

ตารางที่ 3 ผลการทดลองจ่ายกำลังไฟเพียง 1 เครื่อง (เครื่องใดเครื่องหนึ่งจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 2 เครื่อง)

ระยะทางจากการทดลองใช้รถจักรลากจูง1คันพ่วงรถโดยสาร12คัน	อัตราการจ่ายกระแสโดยเฉลี่ยของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อมี Load	เปอร์เซ็นความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจากพิกัดเดิม	ระบบ Automatic Control และระบบการจ่ายไฟ
กรุงเทพ-เชียงใหม่	129 kw	34%	ปกติ
เชียงใหม่-กรุงเทพฯ	106 kw	28%	ปกติ

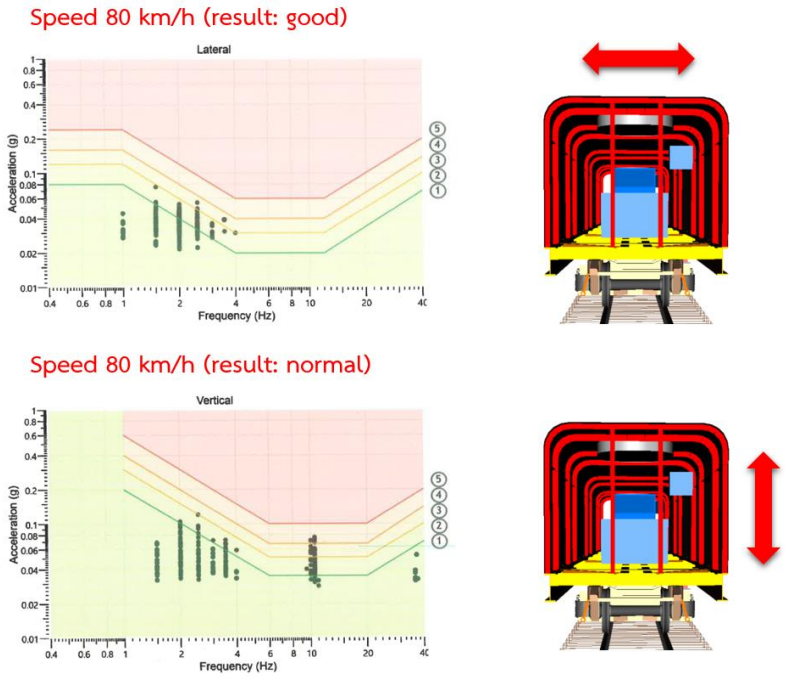
ผลการทดสอบสมรรถนะกำลังรถโบกี้ไฟฟ้ากำลังต้นแบบRiding Comfort Test หรือการตรวจสอบการสั่นสะเทือนเพื่อหาค่าความสะดวกสบายของการโดยสารเมื่อรถโดยสารคันทดสอบนั้นเดินทางด้วยความเร็วในระดับต่าง ๆ ดังแสดงใน

ตารางที่ 4 และ

ภาพที่ 7

ตารางที่ 4 ผลการประเมินความสะดวกสบายของการโดยสาร (Riding Comfort Test) ตามมาตรฐานของการรถไฟฯ

Running Speed km/h	**Overall Acceleration Level**	**Longitudinal Acceleration Level**	**Lateral Acceleration Level**	**Vertical Acceleration Level**
50	✓	Good	Good	Good
70	✓	Good	Good	Normal
80	✓	Good	Good	Normal
90	✓	Good	Good	Normal
100	✓	Normal	Good	Bad



ภาพที่ 7 ผลการประเมินความสะดวกสบายของการโดยสาร (Riding Comfort Test) ตามมาตรฐานของการรถไฟฯ

จากภาพที่ 7 ผลการประเมินความสะดวกสบายของการโดยสาร (Riding Comfort Test) โดยวัดค่าความสั่นสะเทือนที่ตรวจวัดในเส้นทางราบช่วงการทดลอง พบว่าการลากจูง การวิ่งผ่านทางโค้ง ผ่านประแจ ทางหลีกทางราบและทางลาดชันสามารถวิ่งใช้งานได้ในความเร็วที่กำหนด (ความเร็วไม่เกิน 90km/h) โดยไม่มีอุปสรรคแต่อย่างใด การส่ายตัว และการยุบตัวของแคร่โบกี้อยู่ในเกณฑ์ปกติ

ผลการตรวจสอบกระแสไฟฟ้าและอุณหภูมิของสายไฟในขบวนรถ โดยการใช้เครื่องมือวัดทางด้านไฟฟ้า เครื่องมือวัดกระแสไฟฟ้า (Ammeter) เครื่องมือวัดแรงดันไฟฟ้า (Voltmeter) และใช้เครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบ Infrared ปรากฏค่าต่าง ๆ อยู่ในเกณฑ์ปกติดังแสดงใน**ตารางที่ 5**

ตารางที่ 5 ผลการตรวจวัดสภาวะของเครื่องยนต์ขณะทำการทดสอบ ที่ 1500 รอบ/50HZ

Water Temperature	Oil Pressure	Oil Temperature
82-94 °c	0.896 Bar	107 °c

ทั้งนี้การสร้างรถไฟฟ้ากำลัง (Power Car) ต้นแบบเพื่อทำการทดลองจะทำให้เกิดนวัตกรรม (Innovation) และองค์ความรู้ที่มีคุณค่าใหม่ ๆ สำหรับการรถไฟแห่งประเทศไทยเอกชนผู้ประกอบการภายในประเทศและสถานศึกษาที่เป็นผู้เข้าร่วมโครงการจะเกิดการสร้างงานเมื่อปริมาณของการสร้างชิ้นงานมีมากขึ้น ส่งเสริมนโยบายรัฐบาลเรื่องการใช้ทรัพยากรและองค์ความรู้ภายในประเทศ (Local Content) รวมทั้งลดการใช้พลังงาน ลดการปลดปล่อยคาร์บอนออกสู่บรรยากาศ ทำให้ค่ามลภาวะ (Emission) ในสิ่งแวดล้อมมีค่าลดน้อยลง

หลักการดำเนินงานโครงการการใช้รถไฟฟ้ากำลังของการรถไฟแห่งประเทศไทยนั้นยังได้สร้างภาพลักษณ์ที่ดีต่อการให้บริการทางด้านการโดยสาร ให้ความรวดเร็วในการขนส่งผู้โดยสารเพราะขบวนรถเบาขึ้น ลดแรงต้านทานการเคลื่อนที่ของขบวนรถ การเข้าและออกจากสถานีเร็วขึ้น ลดเวลาการตั้งขบวนใหม่ (Turn-around

Time) ลดปัญหาด้านเสียงรบกวน (Noise) ความร้อน (Heat) ความสั่นสะเทือน (Vibration) ในห้องโดยสารสำหรับขบวนรถโดยสารปรับอากาศที่มีรถไฟฟ้ากำลังต่อพ่วง ลดภาระเรื่องค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงและค่าใช้จ่ายด้านน้ำมันเชื้อเพลิง น้ำมันหล่อลื่น อะไหล่สิ้นเปลืองต่าง ๆ และที่สำคัญจะทำให้ลดภาระในการซ่อมบำรุงทาง (Track Maintenance) ที่มีค่าใช้จ่ายสูงในแต่ละปีอีกด้วย นอกจากนี้เมื่อมีการนำรถไฟฟ้ากำลังมาใช้เต็มรูปแบบจะสนองตอบต่อการใช้งานในการเข้าสู่สถานีรถไฟบางซื่อใหม่ (Grand Terminal) ให้เป็นไปตามนโยบายรัฐบาลเรื่องการลดควันดำในบริเวณเขตสถานี จุดคุ้มทุนระยะเวลาสั้นเรื่องการขนส่งแบบใหม่ที่ลดการใช้เครื่องยนต์ การนำรถไฟฟ้ากำลัง Power Car มาใช้งานนั้น มีแนวโน้มเกิดผลลัพธ์เชิงบวกด้านการบริหารความเสี่ยงเรื่องความคุ้มทุนและค่าใช้จ่าย และการควบคุมภายใน (GRC) รวมทั้งหลักการในการกำหนด Risk Appetite (RA) ระดับองค์กรให้สอดคล้องกับบริบทของรัฐวิสาหกิจ ซึ่งมีการกำหนดยุทธศาสตร์ วัตถุประสงค์ เป้าประสงค์เชิงยุทธศาสตร์ Setting Strategy & Objectives สำหรับหน่วยงานด้วย ทั้งนี้เมื่อเทียบราคากับการนำเข้ารถโบกี้ไฟฟ้ากำลังจากประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีนในโครงการจัดหารถไฟ 115 คัน โดยบริษัท CNR Changchun Railway Vehicles Co., Ltd สาธารณรัฐประชาชนจีน พบว่ามีราคาตู้ละประมาณ 65 ล้านบาทไม่รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม ในขณะที่การจัดทำรถโบกี้ไฟฟ้ากำลังโดยผู้ผลิตในประเทศไทยจะมีราคาประมาณ 25 ล้านบาทเท่านั้น

เอกสารอ้างอิง

[1] Code of Federal Regulations Title 49*:* Transportation Office of the Federal Register. *(*2013*).* Definitions*:* Power car.

[2] DIN EN 15227. Railway applications - Crashworthiness requirements for railway vehicle bodies.

[3] EN-12663-1. Railway applications - Structural requirements of railway vehicle bodies - Part 1*:* Locomotives and passenger rolling stock *(*and alternative method for freight wagons*).*

[4] EN 15085. Railway Applications, Welding of Railway Vehicles and Components.

[5] McGraw-Hill Dictionary of Scientific & Technical Terms. (2013*).*Power car. The McGraw-Hill Companies, Inc.

[6] Merriam-Webster Dictionary. (2013). Full Definition of Power Car. Merriam-Webster, Incorporated.

[7] Pinpetch-Sinogen Co.Ltd. (2018). Structural Performance Investigation of Modified Railway Vehicle Car-Body Frame.

[8] Section, Transport for NSW, Customer Experience Division, Customer Service Branch, Customer Information Services, *"*XPT Regional Trains*"*, transportnsw.info. (2018).

[9] UIC 518 OR. Testing and approval of railway vehicles from the point of view of their dynamic behaviour - safety - track fatigue - ride quality.

[10] UIC 566 OR. Loading of Coach Bodies and their Components 3rd edition.

[11] UK DVV Media. (2018). Queensland orders 'next generation' diesel Tilt Train. Railway Gazette.

[12] ZEEBIZ.com. Indian Railways to leave power cars to provide 4 lakh more berths for passengers.