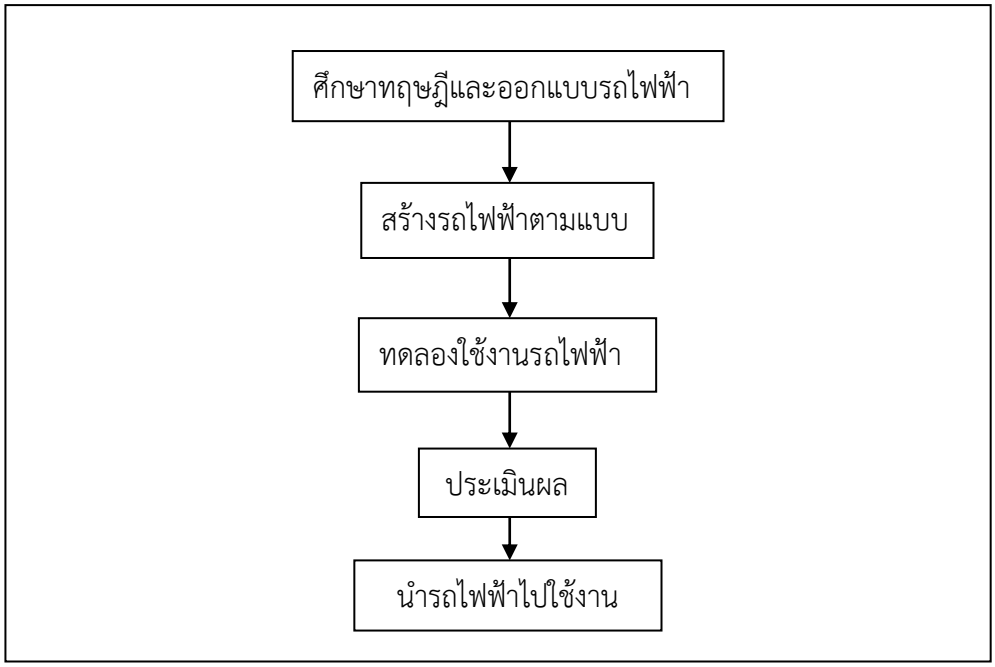
บทที่ 3
วิธีดำเนินการ

การวิจัยและพัฒนาต่อยอดรถไฟฟ้า RMU– Shuttle EV จะกล่าวถึงการออกแบบ การสร้าง และวิธีการทดสอบรถไฟฟ้าที่ใช้พลังงานจากร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์ ในการขับเคลื่อนรถไฟฟ้าที่มีโครงสร้างหลักสามารถดัดแปลงนำไปใช้งานได้หลากหลาย มีรายละเอียดดังนี้

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ในการดำเนินงานออกแบบระบบ และสร้างรถไฟฟ้า RMU– Shuttle EV ได้มีการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องมาใช้สร้างระบบรถไฟฟ้าที่ใช้พลังงานจากแบตเตอร์รี่ร่วมกับเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานทางเลือกที่ได้จากธรรมชาติ และไม่มีวันสิ้นสุด การนำเอาพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ร่วมกับการชาร์จไฟฟ้าจากบ้านในยานยนต์ รถไฟฟ้านับว่าเป็นนวัตกรรมด้านยานยนต์ที่จะสามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ได้ในอนาคต คณะผู้วิจัยจึงได้กำหนดแผนการออกแบบและสร้างรถไฟฟ้า RMU– Shuttle EV ดังแสดงในภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 แผนผังขั้นตอนการทำงานดำเนินงาน

3.1.1 การออกแบบรถไฟฟ้า

การออกแบบรถไฟฟ้านั้นมีวัตถุประสงค์ คือ โครงสร้างที่มีมาตรฐาน ปลอดภัย น้ำหนักเบา จากการออกแบบไฟฟ้านั้นมีวัตถุประสงค์คือโครงสร้างที่มีมาตรฐานความปลอดภัย น้ำหนักเบา จากการออกแบบและสร้างทำให้ได้รถไฟฟ้าที่มีโครงสร้างแบบท่อโครงถัก (Tube space frame chassis) เนื่องจากเป็นโครงสร้างที่มีความแข็งแรงสูง น้ำหนักเบา ทำให้ไม่จำเป็นต้องใช้มอเตอร์ที่กำลังขับสูง และจำเป็นต้องคำนึงถึงแรงกระทำในการใช้งานจริงและกระจายแรงภายในโครงสร้างรถ เมื่อโครงสร้างมีความซับซ้อนอยากต่อการคำนวณ จึงจำเป็นต้องใช้โปรแกรม Solid Work Simulation ทดสอบหาค่า Stress Displacement Strain และ Factor of Safety ค่าที่ได้เหล่านี้จำเป็นในการช่วยตัดสินใจออกแบบโครงแบบอย่างไรถึงจะรับแรงกระทำได้และใช้งานได้อย่างปลอดภัย ซึ่งค่าที่เราจะนำมาพิจารณาคือค่า ที่ Factor of safety โดยกำหนดเป็นแรงประเภทอยู่นิ่งซึ่งจะใช้ค่าความปลอดภัยเท่ากับ 3 เป็นอย่างน้อยสำหรับโครงสร้างดังนั้นคณะผู้จัดทำก็จะเลือกชนิดวัสดุที่มีความแข็งแรงอย่างน้อยเท่ากับ 3 เท่ามาทำเป็นโครงสร้างหลักของรถไฟฟ้าดังแสดงในภาพที่ 3.1

ภาพที่ 3.2 วัสดุที่นำมาใช้ผลิตเป็นโครงสร้างรถไฟฟ้า

3.1.2 การวิเคราะห์โครงสร้างโดยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ด้วยซอฟแวร์ Solidworks Simulation

ซอฟแวร์ Solidworks เป็นซอฟแวร์การออกแบบและเขียนแบบทางวิศวกรรมด้านสามมิติเป็นหลัก โดยนำซอฟแวร์มาออกแบบโครงสร้างรถไฟฟ้า RMU– Shuttle EV ทั้งหมดเพื่อเป็นแบบจำลอง (CAD Model) ของโครงสร้างรถไฟฟ้าซอฟแวร์ Solidworks Simulation เป็นซอฟแวร์การคำนวณทางคณิตศาสตร์ ด้วยปัญหาทางวิศวกรรมศาสตร์ล้วนแสดงในรูปแบบของสมการเชิงอนุพันธ์ที่มีความซับซ้อนมาก ซอฟแวร์นี้สามารถแก้ไขปัญหาด้านระเบียบไฟไนต์เอลิเมนต์ของโครงสร้างได้ในเบื้องต้น

หลังจากได้ศึกษาทฤษฎีการวิเคราะห์โครงสร้างด้วยเอลิเมนต์ ทางผู้จัดทำได้ใช้วิธีการทดสอบโครงสร้างด้วยซอฟแวร์ Solid works Simulation มีขั้นตอนดังนี้คือ สร้างแบบจำลองรถไฟฟ้า (CAD

Model) และสร้างแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Model) และกำหนดคุณสมบัติวัสดุในการสร้างรถไฟฟ้า

โครงสร้างรถไฟฟ้าจะรับภาระหนักของโครงสร้างและแรงกระทำจากการใช้งานทั้ง Static load และ Dynamic load โดยจุดจับยึดของโครงสร้างจะเป็นบริเวณส่งถ่ายแรงของล้อหลังเป็นหลัก เนื่องจากบริเวณนี้เป็นจุดที่รับแรงกกระทำจากท้องถนนส่งถ่ายมายังล้อหลังผ่านเหล็กสปริงแล้วค่อยถึงโครงสร้างหลักเป็นบริเวณที่มีโมเมนต์กับรถ สำหรับวัสดุที่ใช้ได้แก่ Alloy steel (ss) ซึ่งมีคุณสมบัติดังแสดงในตารางที่ 3.1

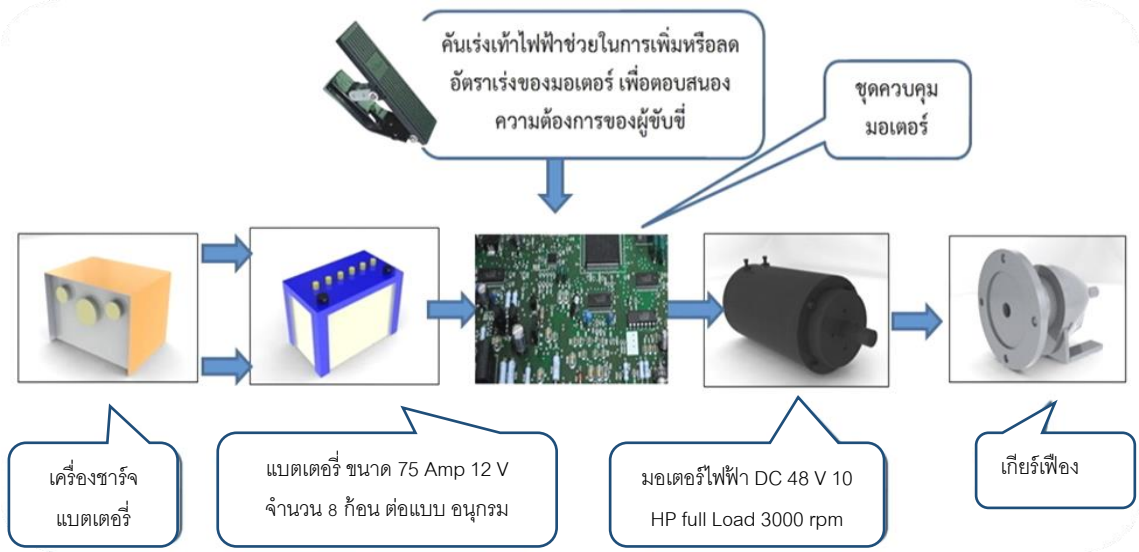
ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ประกอบโครงสร้างรถไฟฟ้า

ชนิดวัสดุ	**เหล็กโครงสร้าง**
รูปแบบการทดสอบ(model type)	linear elastic isotropic
แรงต้านทานการดึง(yield strength)	6.20122e+008 N/m^2
tensile strength	7.23826e+008 N/m^2
มอดูลัสของยัง (elastic modulus)	2.1e+011 N/m^2
อัตราส่วนบัวซอง (poisson's ratio)	0.28
ความหนาแน่น (mass density)	7700 kg/m^3
โมดูลัสของแรงเฉือน(shear modulus)	7.9e+020 N/m^2
สัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน (thermal expansion coefficient)	1.3e-005 $1/K$

3.2 การดำเนินงานด้านระบบไฟฟ้า

3.2.1 ระบบขับเคลื่อนและการควบคุม

ทางด้านโครงสร้างรถไฟฟ้าเป็นเหมือนรถทั่วไป แต่ส่วนประกอบทางด้านการขับเคลื่อนจะขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ที่ได้กำลังมาจากแบตเตอรี่ ในการเลือกใช้มอเตอร์ที่เหมาะสมนั้นต้องมีการคำนวณแรงบิดและความเร็วรอบของมอเตอร์ให้เหมาะสมกับการใช้งานจริงก่อน โดยขึ้นอยู่กับน้ำหนักรถและน้ำหนักบรรทุก ระยะทางและความเร็วที่ต้องการ ชุดมอเตอร์ที่เหมาะสมจะเป็นมอเตอร์ขนาด 48V/72V/96V กำลังตั้งแต่ 2kw จนถึง 10kw การใช้แรงดันไฟฟ้าที่สูงขึ้น กำลังขับมอเตอร์ก็จะสูงขึ้นเช่นกัน และจะต้องมีการระบายความร้อนที่ดี เมื่อได้ค่าที่เหมาะสมแล้วจึงกำหนดขนาดมอเตอร์ตามท้องตลาดที่ใกล้เคียงที่สุดภาพที่ 3.3 แสดงให้เห็นแนวคิดหลักการทำงานอย่างง่ายของระบบขับเคลื่อนไฟฟ้า



ภาพที่ 3.3 หลักการทำงานอย่างง่ายของระบบขับเคลื่อนไฟฟ้า

ขนาดของมอเตอร์ที่ใช้ในการขับเคลื่อน สามารถคำนวณหาได้ดังนี้

การคำนวณแรงขับเคลื่อน

$$R_r = K_r W \tag{3.1}$$

$$R_a = (\rho v^2 A C_d)/2 \tag{3.2}$$

$$F = R_t = (R_r + R_a) \tag{3.3}$$

เมื่อ

F คือ แรงขับเคลื่อนตัวรถ

R_r คือ แรงต้านการขับเคลื่อนจากน้ำหนักรถ

R_a คือ แรงต้านการขับเคลื่อนทางพลศาสตร์

W คือ น้ำหนักรถยนต์

C_d คือ สัมประสิทธิ์แรงฉุดอากาศ = 0.29

K_r คือ สัมประสิทธิ์แรงต้านการหมุนของล้อ = 0.012

η_t คือ ประสิทธิภาพการส่งกำลัง = 85%

r คือ รัศมียางรถยนต์

A คือ พื้นที่หน้าตัดรถยนต์ = 0.8 WH

H คือ ความสูงของตัวรถ

ρ คือ ความหนาแน่นของอากาศ = 1.18 kg/m^3

v คือ อัตราความเร็วสามล้อไฟฟ้า = 13-15 $m/\sec$

โดยทั้งนี้การคำนวณกำลังของรถไฟฟ้า (ธีรพัฒน์ ชมพูคำ, 2555) เป็นไปตามสมการ
กำลังที่ใช้ขับเคลื่อนที่ล้อ

$$P_w = F.v \quad (3.4)$$

ค่ากำลังพิกัดของมอเตอร์ไฟฟ้า

$$P_m = (100 \times P_w)\eta_t \quad (3.5)$$

ค่าแรงบิดของมอเตอร์

$$T_m = (100 \times T_w) / (\eta_t . i_g) \quad (3.6)$$

ค่าแรงบิดที่ล้อรถ

$$T_w = F.r \quad (3.7)$$

โดยที่

i_g = 12.00 เป็นค่าอัตราทดของเกียร์เฟืองท้ายเทียบกับมอเตอร์

3.2.2 ระบบแบตเตอรี่และการประจุไฟเข้าแบตเตอรี่

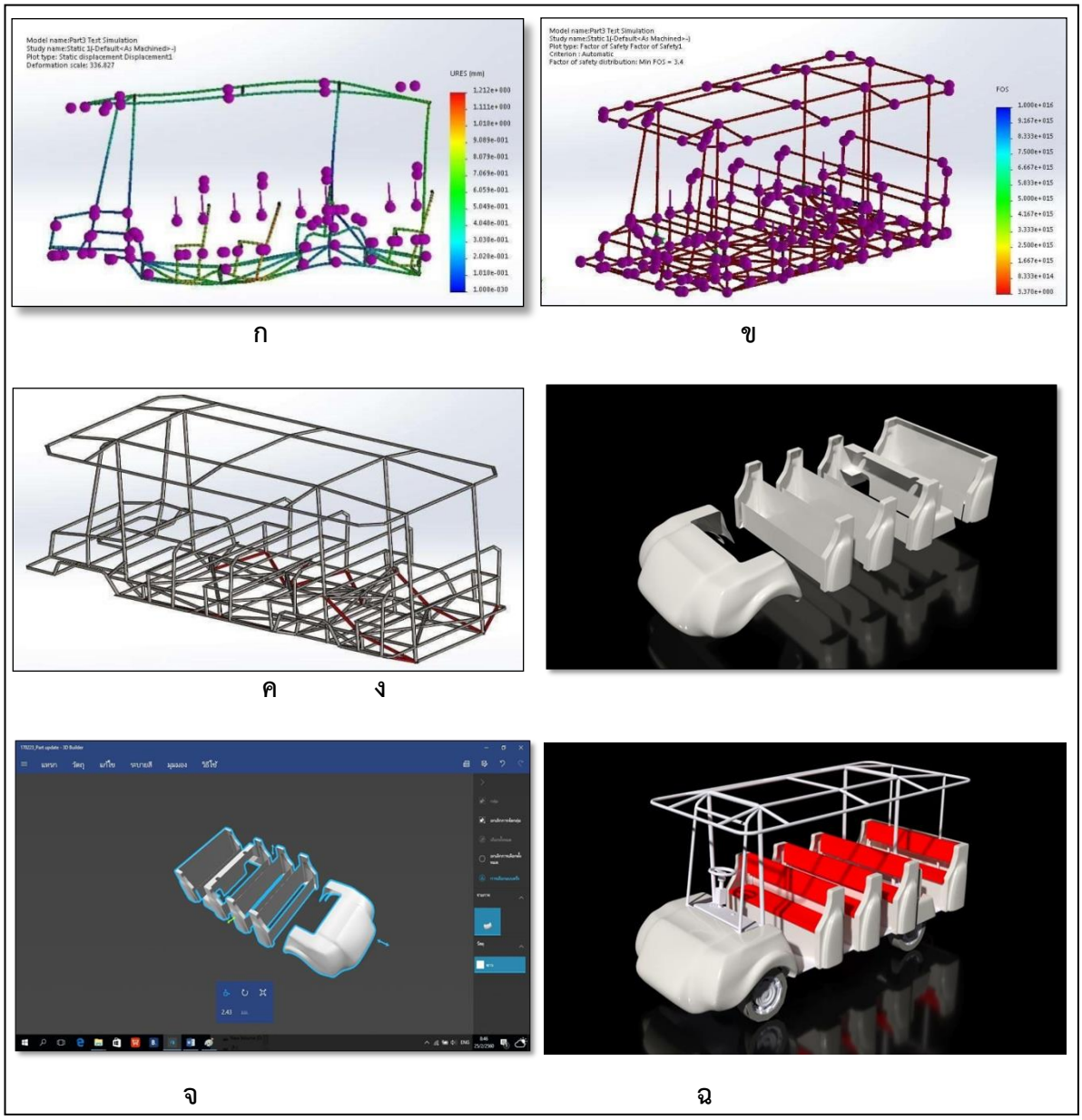
เมื่อได้ชนิดและขนาดมอเตอร์ที่ใช้แล้ว ก็ทำการกำหนดเลือกพลังงานจะนำมาใช้ในตัวรถทั้ง จ่ายไฟให้มอเตอร์ ให้เพียงพอต่อการใช้งานทั้งระบบ และต้องคำนึงถึงระยะเวลาการใช้งานต่อการประจุไฟหนึ่งครั้งว่าจะ ให้พลังงานแก่มอเตอร์นานเพียงใด และระยะทางที่ได้ต่อการประจุไฟเติมหนึ่งครั้ง

3.3 การสร้างรถไฟฟ้า RMU– Shuttle EV

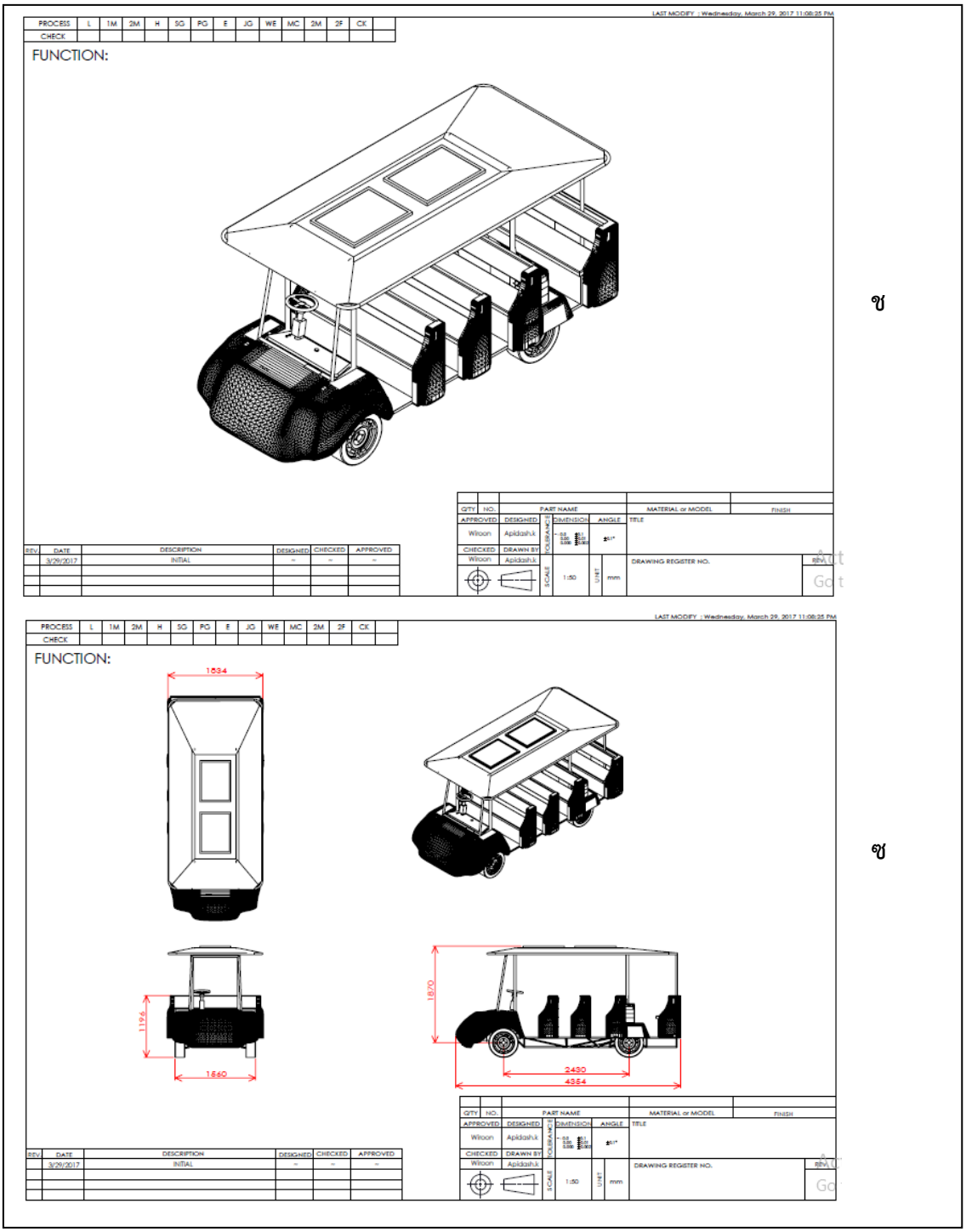
การออกแบบ และสร้างรถไฟฟ้า RMU– Shuttle EV ที่ใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์ มีรายละเอียดดังนี้

3.3.1 รถไฟฟ้า RMU– Shuttle EV คันที่ 1

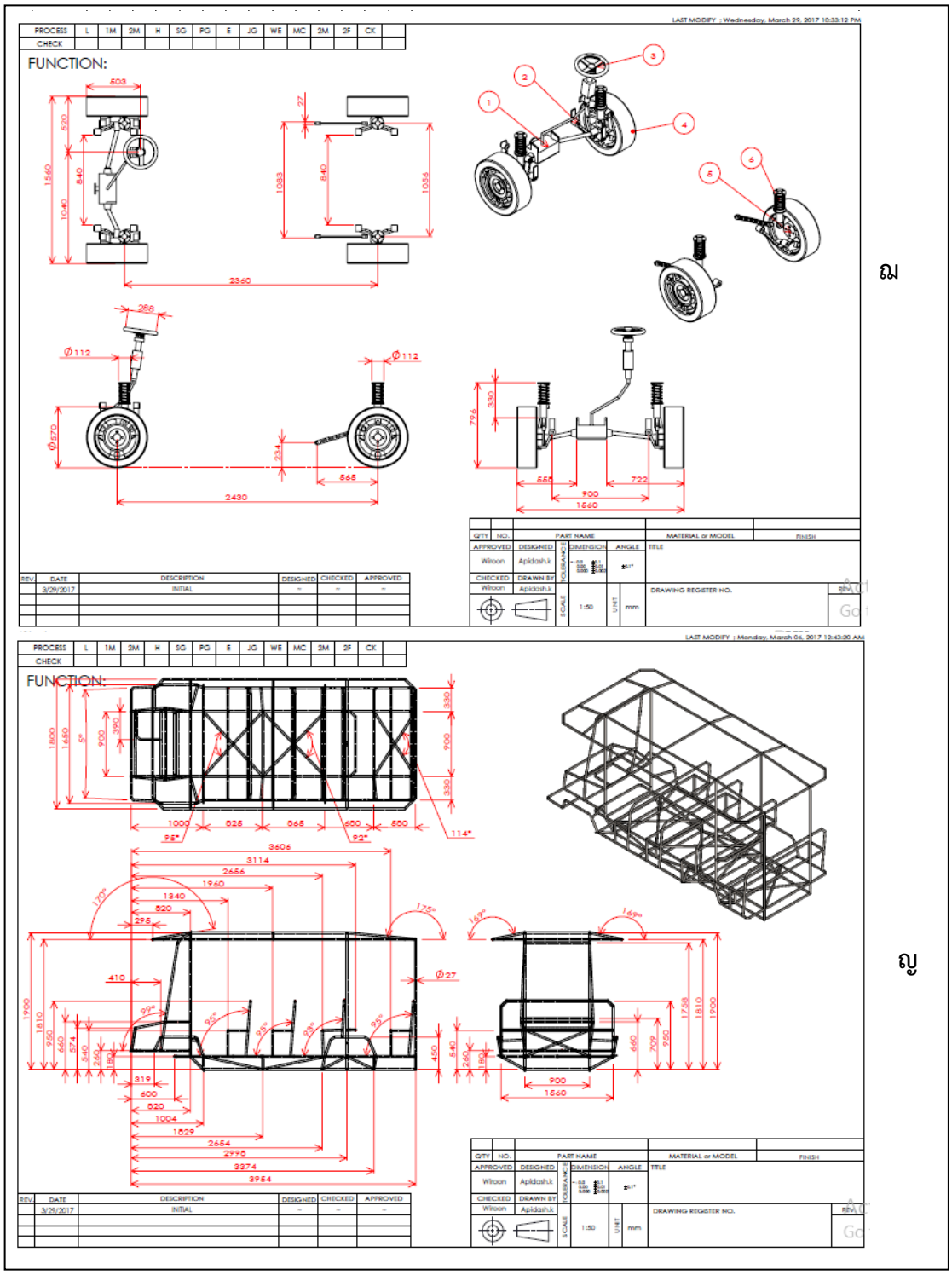
ทำการออกแบบรถไฟฟ้า RMU– Shuttle EV คันที่ 1 ตามการวิเคราะห์โครงสร้างโดยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ด้วยซอฟแวร์ SolidworksSimulation รถไฟฟ้าคันที่ 1 มีขนาด 16 ที่นั่งความกว้าง 1.8 เมตร ความยาว 3.992 เมตร ความสูง 2.117 เมตร ระยะฐานล้อยาว 2.430 เมตร ระยะฐานล้อกว้าง 1.370 เมตร น้ำหนักโครงสร้าง 267 kg ใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 48 โวลต์ 10,000 วัตต์ มีแผงโซล่าเซลล์ขนาด 80 วัตต์จำนวน 4 แผง แบตเตอรี่ 12 โวลต์ 70 แอมชั่วโมง จำนวน 8 ลูก รายละเอียดดังภาพที่ 3.4 ก – ฉ รายละเอียดโครงสร้าง ดังภาพที่ 3.5 ช – ถ ขนาดโครงสร้างของรถไฟฟ้า ดังภาพที่ 3.6 การประกอบรถไฟฟ้า ดังภาพที่ 3.7 การทอสอบสมรรถนะรถไฟฟ้า ดังภาพที่ 3.8 การประกอบรถไฟฟ้าให้สมบูรณ์ดังภาพที่ 3.9 และการตกแต่งรถไฟฟ้าให้สวยงาม ดังภาพที่ 3.10



ภาพที่ 3.4 การออกแบบรถไฟฟ้า RMU– Shuttle EV



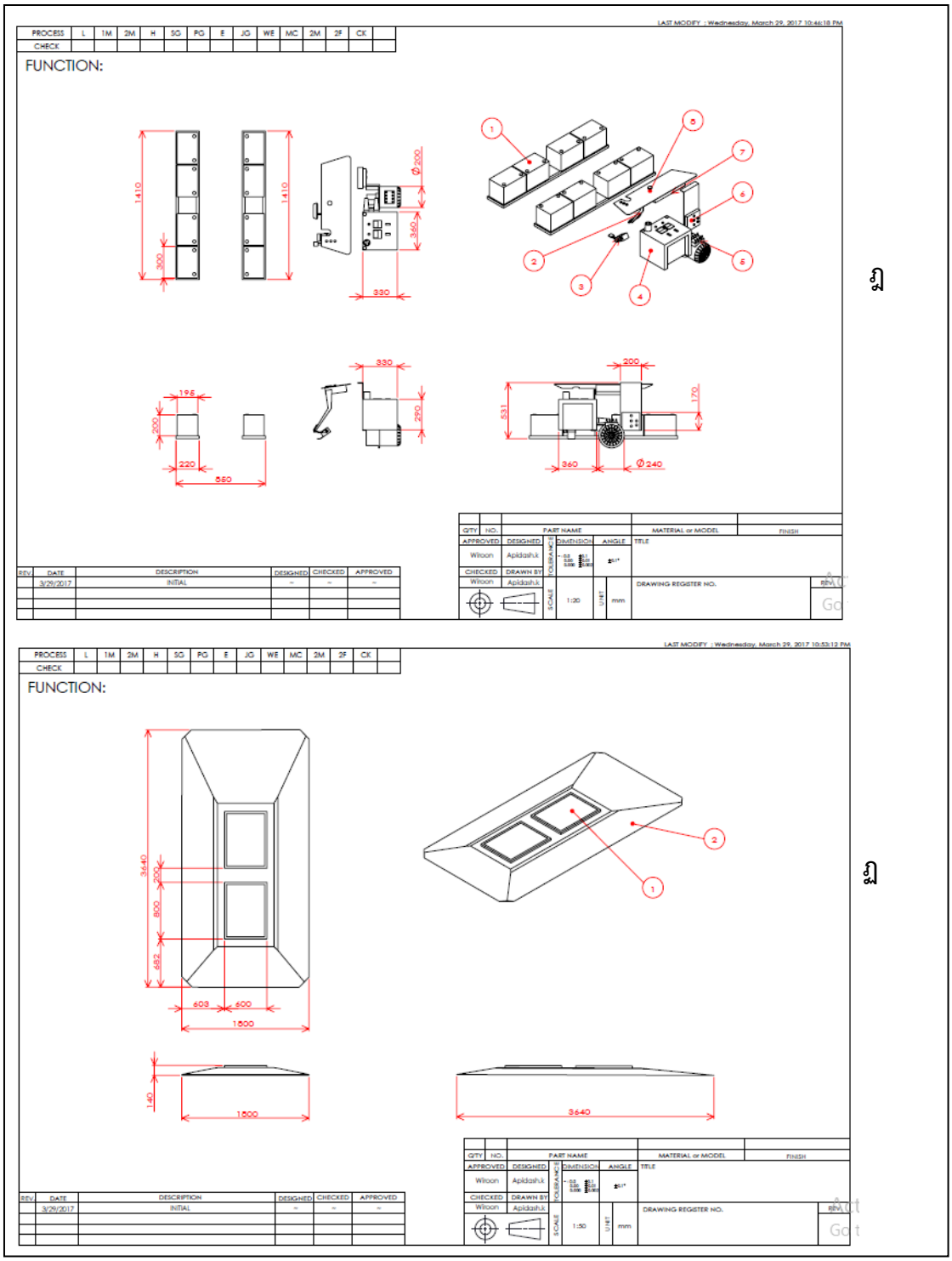
ภาพที่ 3.5 รายละเอียดโครงสร้าง



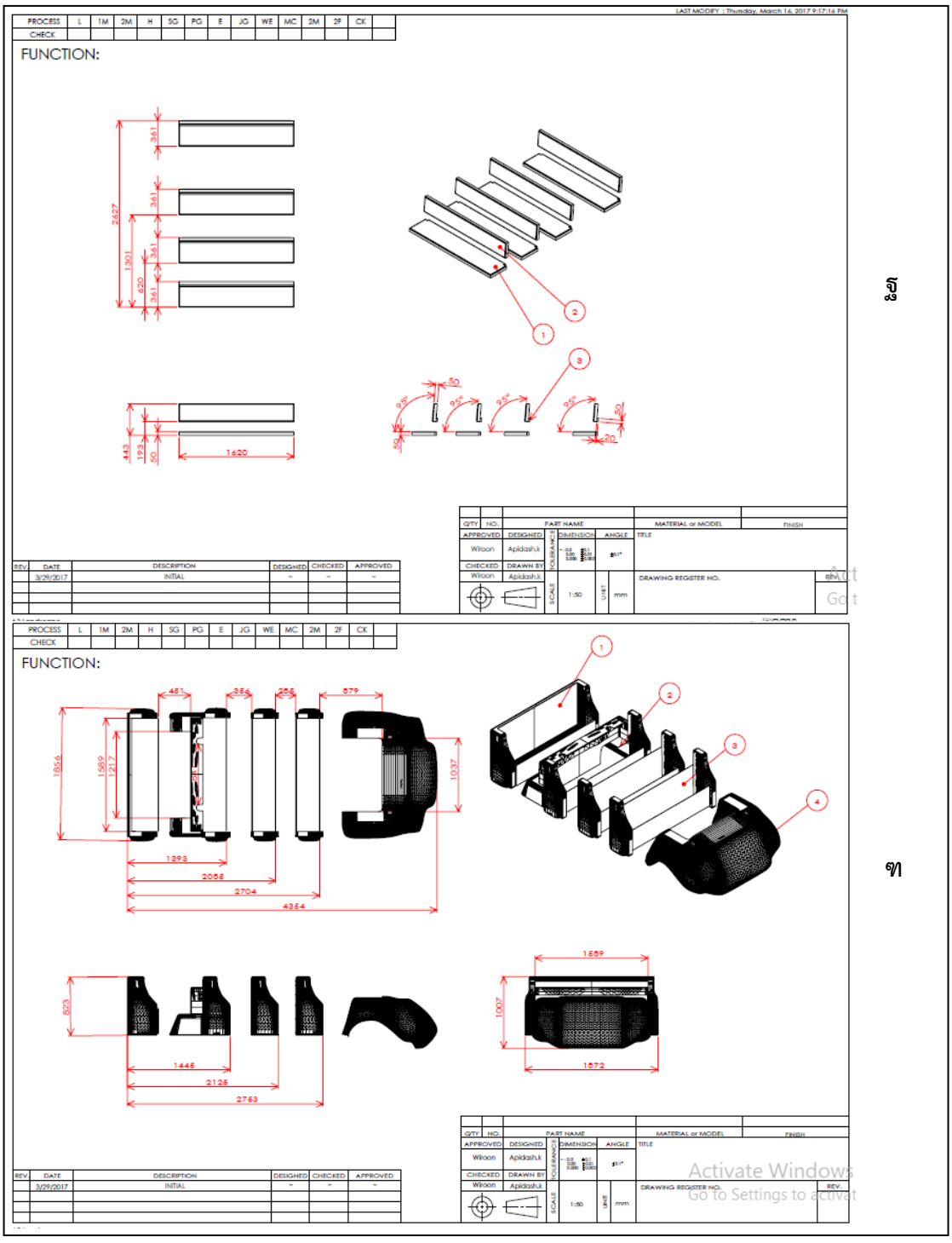
ฌ

ญ

ภาพที่ 3.5 (ต่อ)


FUNCTION:
1410
300
1410
Ø200
340
330
1
2
3
4
5
6
7
8
330
290
195
200
220
560
200
531
170
360
Ø240
FUNCTION:
3640
200
800
682
600
600
1500
140
1500
3640

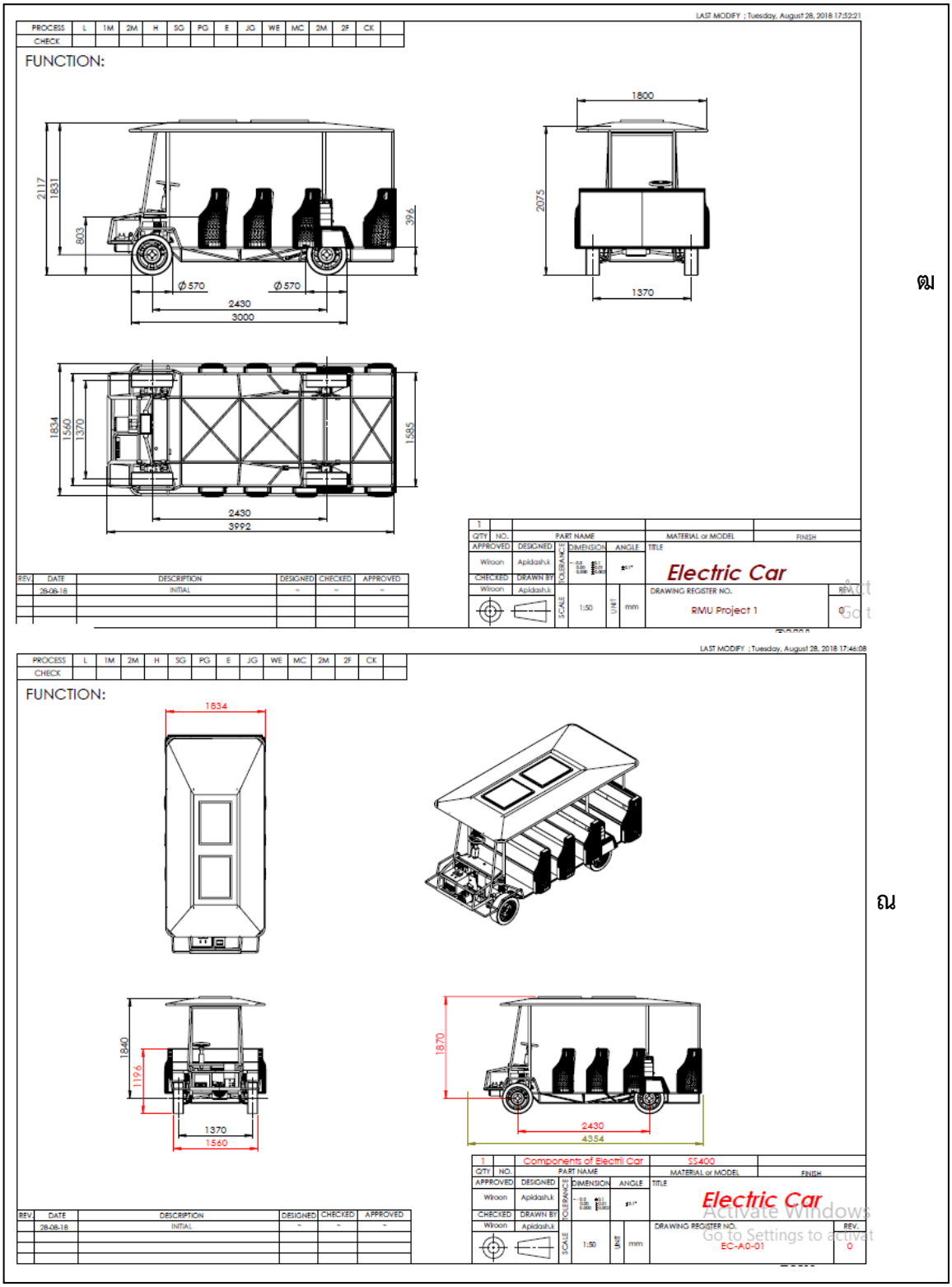
ภาพที่ 3.5 (ต่อ)


FUNCTION:
2627
1301
620
361
1620
FUNCTION:
1856
1589
1217
1037
1393
2056
2704
4364
1572
1007
1445
2126
2763

ฐ

ฑ

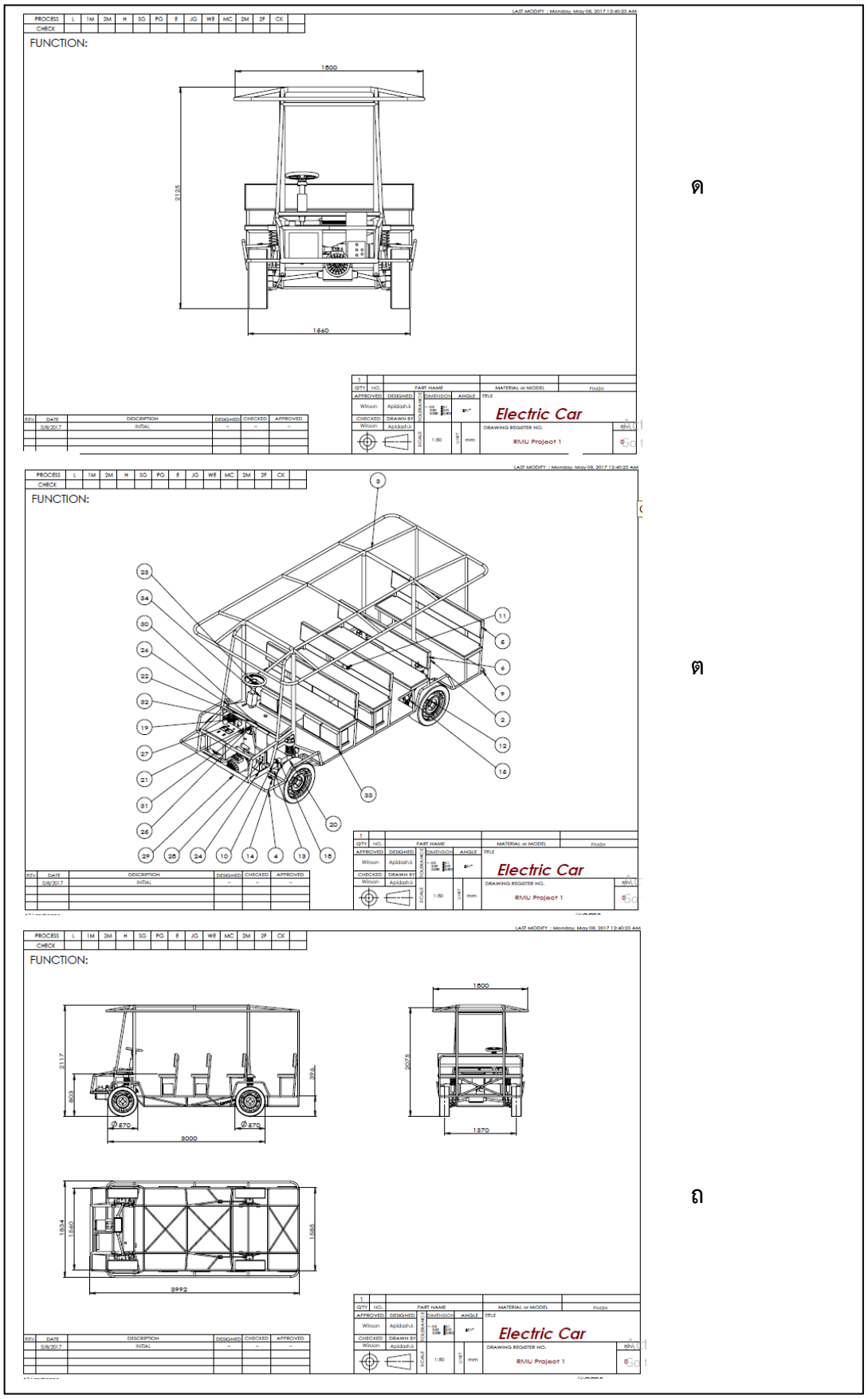
ภาพที่ 3.5 (ต่อ)


FUNCTION:
1800
2075
1370
2117
1831
803
396
Ø 570
Ø 570
2430
3000
1834
1560
1370
1585
2430
3992
Electric Car
RMU Project 1
FUNCTION:
1834
1840
1196
1370
1560
1870
2430
4354
Components of Electri Car
Electric Car
EC-A0-01

ฌ

ญ

ภาพที่ 3.5 (ต่อ)



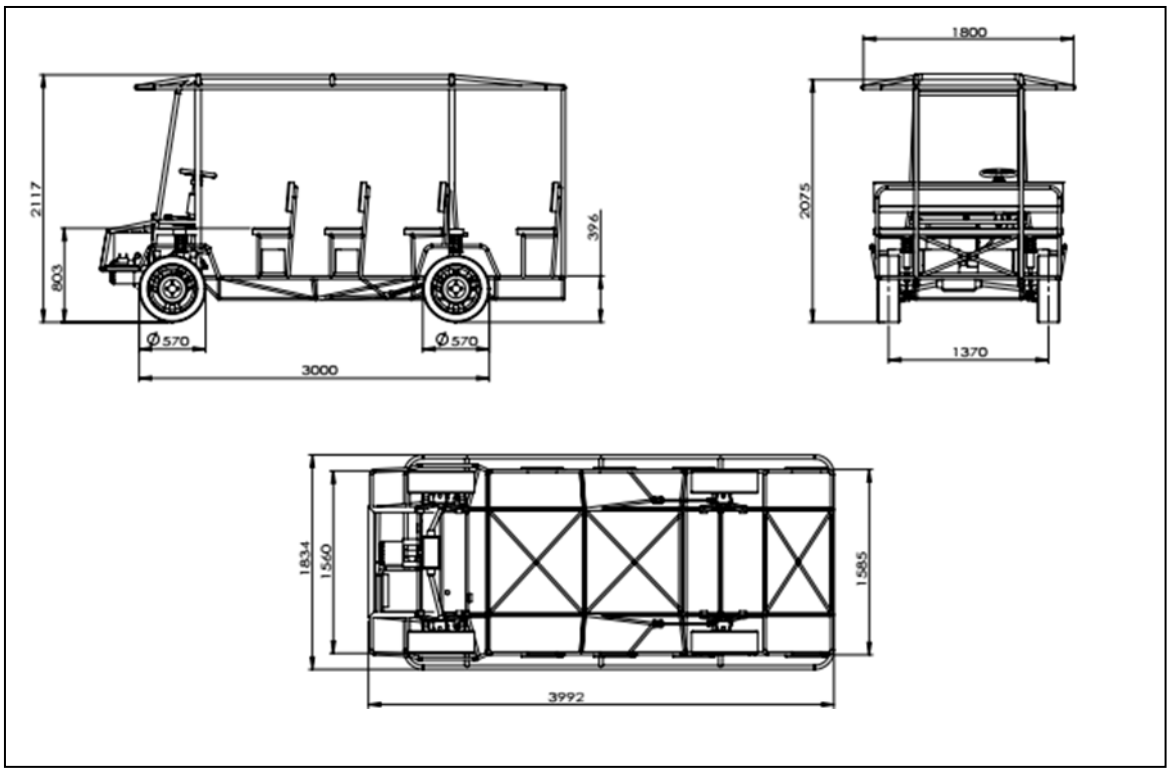
ด

ต

ถ

ภาพที่ 3.5 (ต่อ)

ขนาดและโครงสร้างของรถไฟฟ้า RMU– Shuttle EV คันที่ 1



ภาพที่ 3.6 ขนาดและโครงสร้างของรถไฟฟ้า RMU– Shuttle EVคันที่ 1

การประกอบโครงสร้างรถไฟฟ้า RMU– Shuttle EV คันที่ 1

ภาพที่ 3.7 การประกอบโครงสร้างรถไฟฟ้า RMU– Shuttle EV คันที่ 1

การทดสอบมรรถนะรถไฟฟ้า RMU– Shuttle EV คันที่ 1

ภาพที่ 3.8 การทดสอบสมรรถนะรถไฟฟ้า RMU– Shuttle EV คันที่1

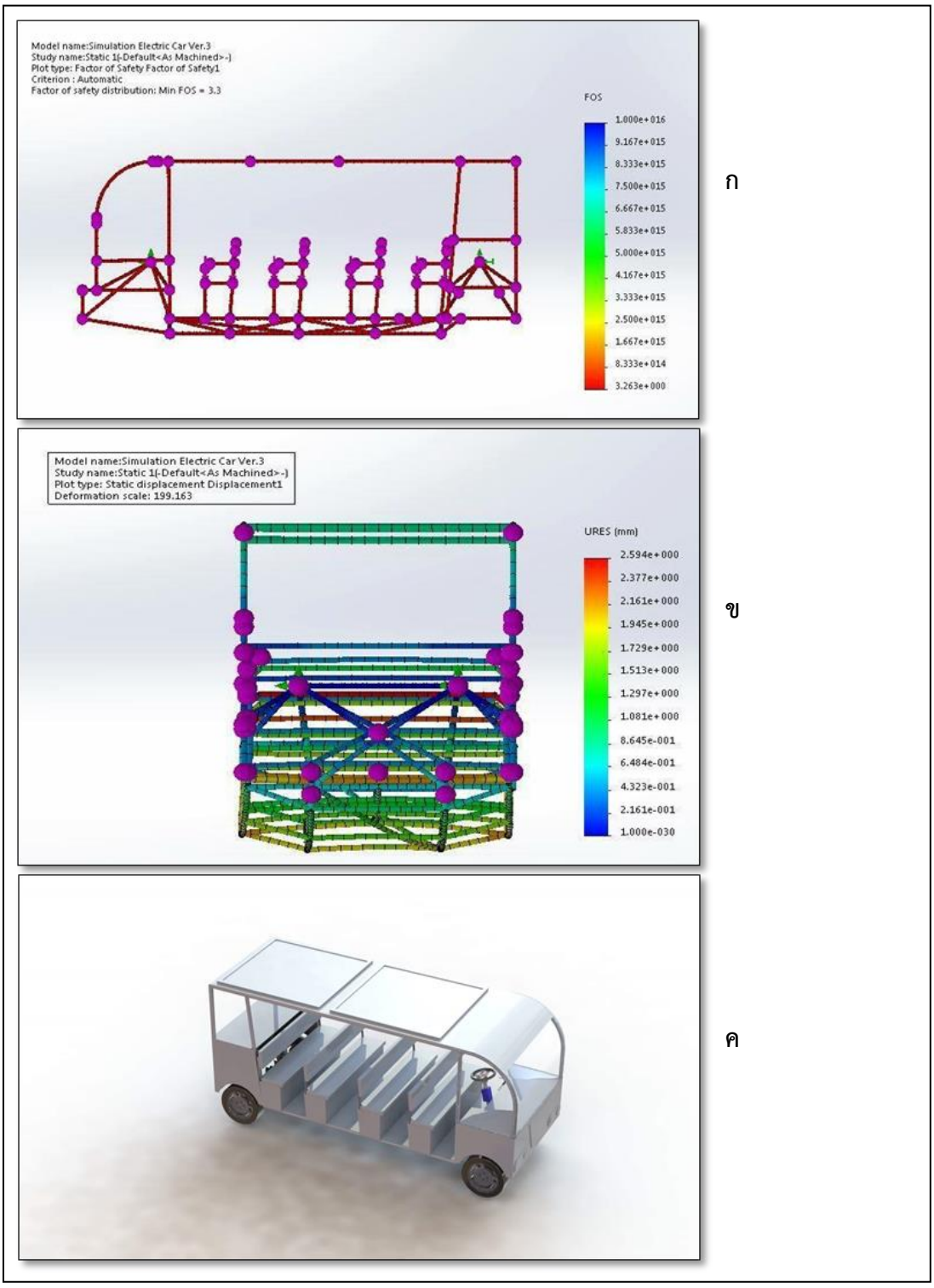
ภาพที่ 3.9 การประกอบรถไฟฟ้าให้สมบูรณ์ RMU– Shuttle EV คันที่ 1

การตกแต่งรถไฟฟ้า RMU– Shuttle EV ดังภาพที่ 3.10

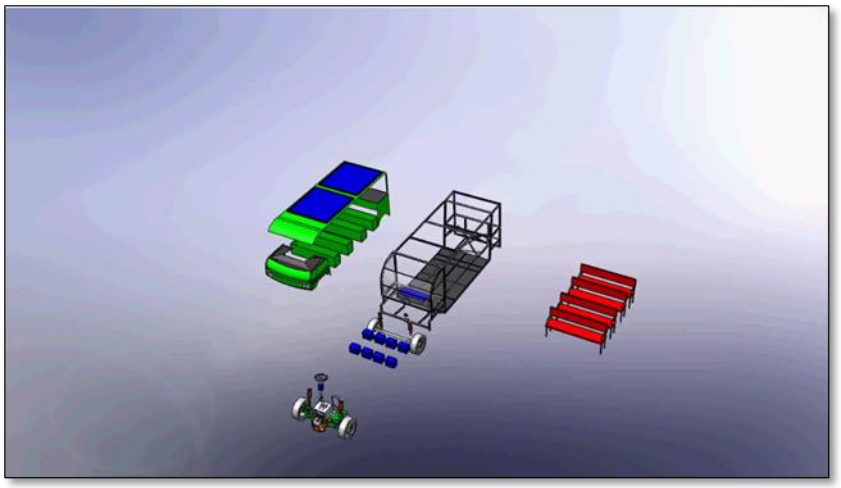
ภาพที่ 3.10 การตกแต่งรถไฟฟ้า RMU– Shuttle EV คันที่ 1

3.3.2 รถไฟฟ้า RMU – Shuttle EV คันที่ 2

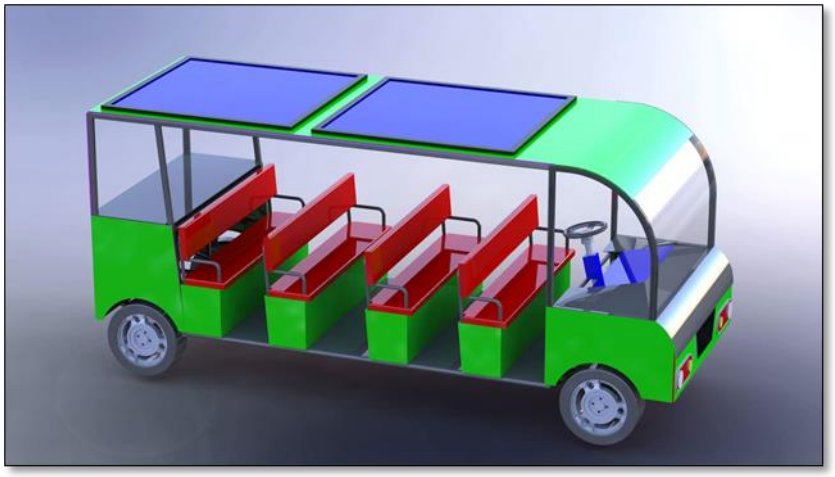
รถไฟฟ้าคันที่ 2 มีขนาด 20 ที่นั่ง ความกว้าง 1.8 เมตร ความยาว 4.436 เมตร ความสูง 2.045 เมตร ระยะฐานล้อยาว 3.520 เมตร ระยะฐานล้อกว้าง 1.410 เมตร ใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 48 โวลต์ 10,000 วัตต์ มีแผงโซล่าเซลล์ขนาด 80 วัตต์จำนวน 4 แผง แบตเตอรี่ 12 โวลต์ 70 แอมชั่วโมง จำนวน 8 ลูกทำการออกแบบจำลอง (Simulation) รถไฟฟ้า RMU – Shuttle EV คันที่ 2 ความต้องการวิคราะห์โครงสร้างโดยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ด้วยซอฟแวร์ Solidworks Simulation รายละเอียดดังภาพที่ 3.11 ก – ฉ คันที่ 2 รายละเอียดการออกแบบรถไฟฟ้า ดังภาพที่ 3.12 โครงสร้างรถไฟฟ้าดังภาพที่ 3.13 การประกอบรถไฟฟ้าคันที่ 2 ดังภาพที่ 3.14 และรถไฟฟ้าประกอบเสร็จสมบูรณ์ดังภาพที่ 3.15



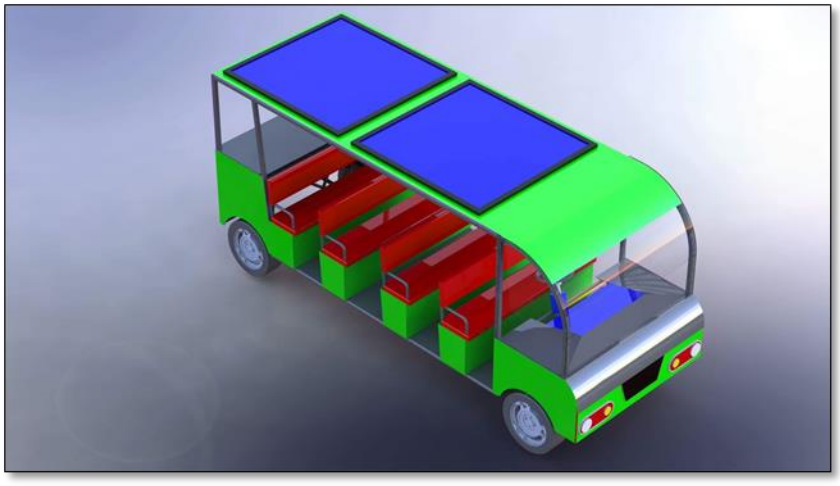
ภาพที่ 3.11 โครงสร้างรถไฟฟ้า RMU – Shuttle EV คันที่ 2



ง

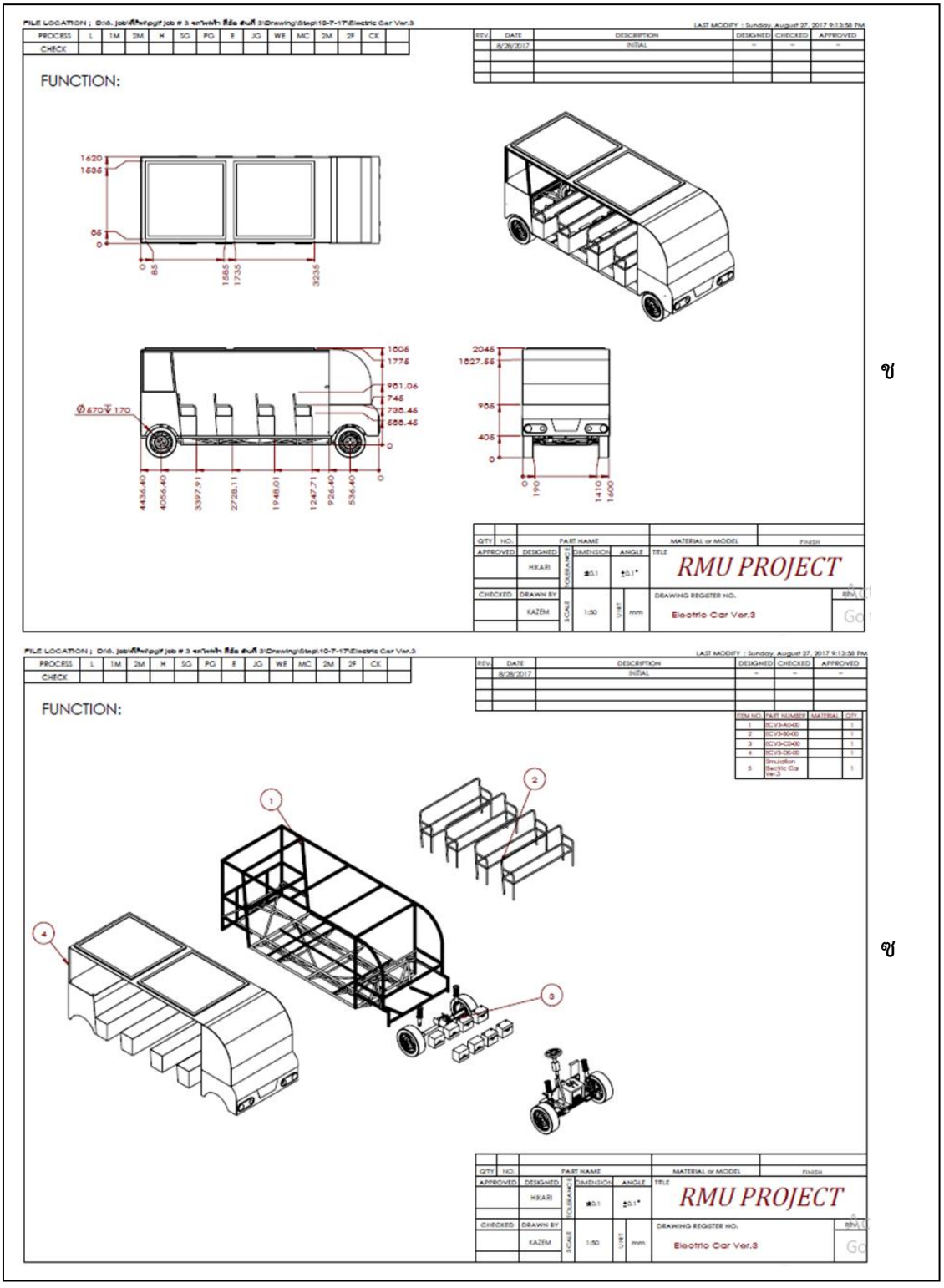


จ

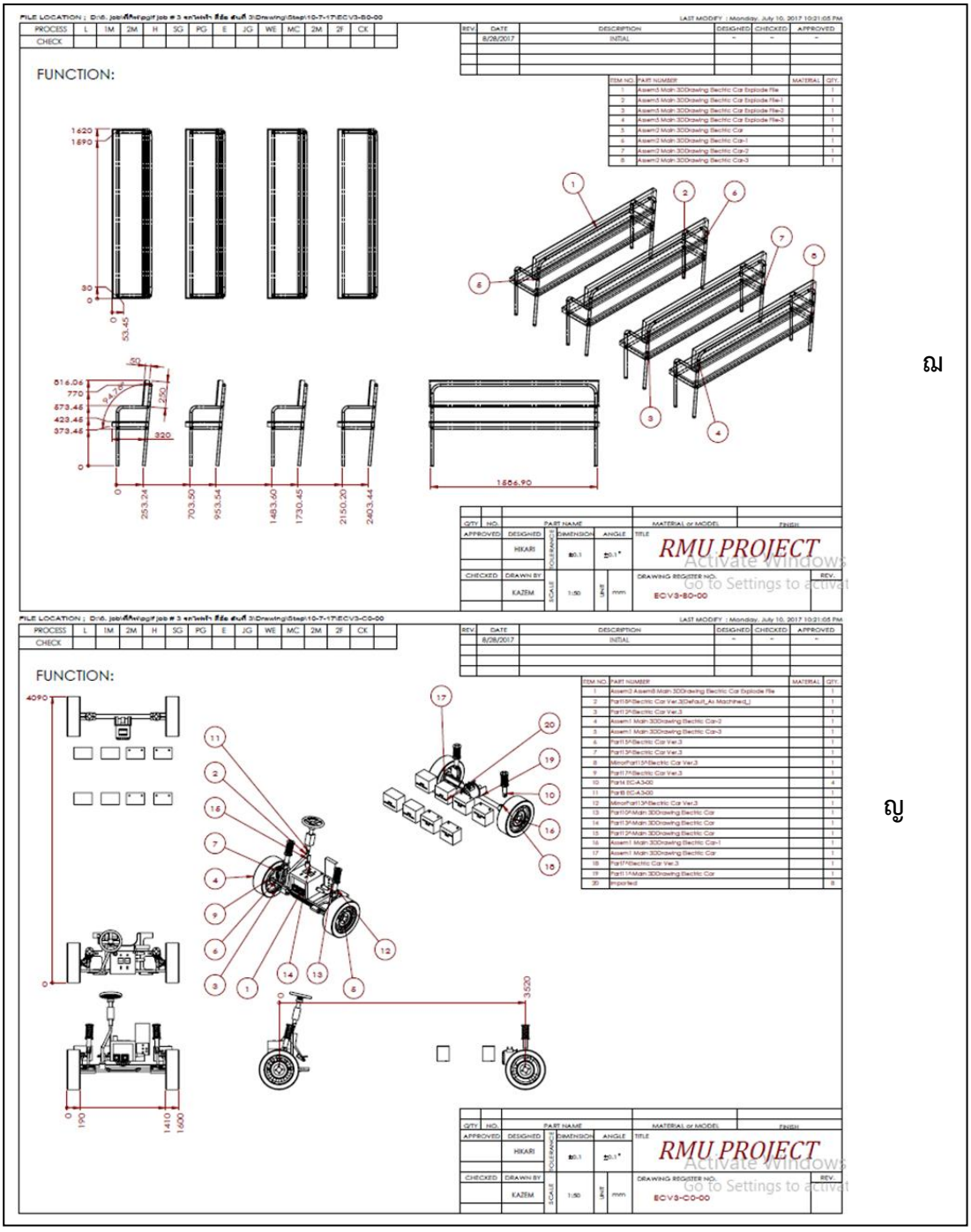


ฉ

ภาพที่3.11 (ต่อ)



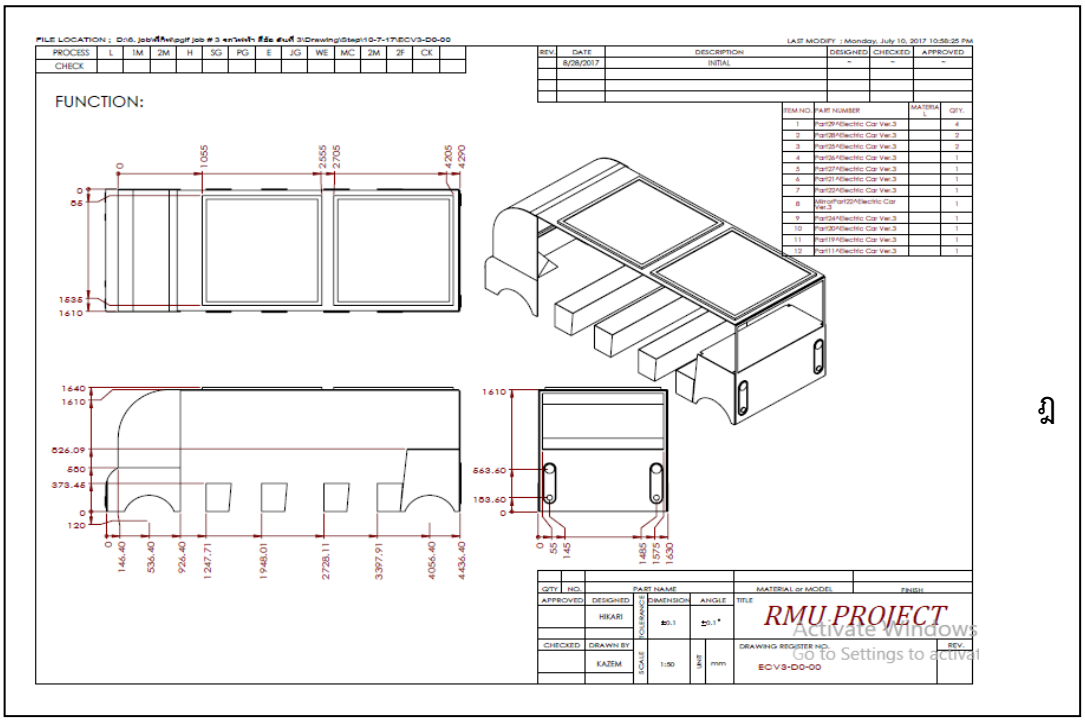
ภาพที่ 3.12 รายละเอียดโครงสร้างรถไฟฟ้า คันที่ 2



ฌ

ญ

ภาพที่ 3.12 (ต่อ)



ฎ

ภาพที่ 3.12 (ต่อ)

ฎ ฐ

ภาพที่ 3.13 โครงสร้างรถไฟฟ้า คันที่ 2

ฑ ฒ

ภาพที่ 3.13 (ต่อ)

ณ

ด

ภาพที่ 3.14 ประกอบโครงสร้างภายนอกรถไฟฟ้า คันที่ 2

ต

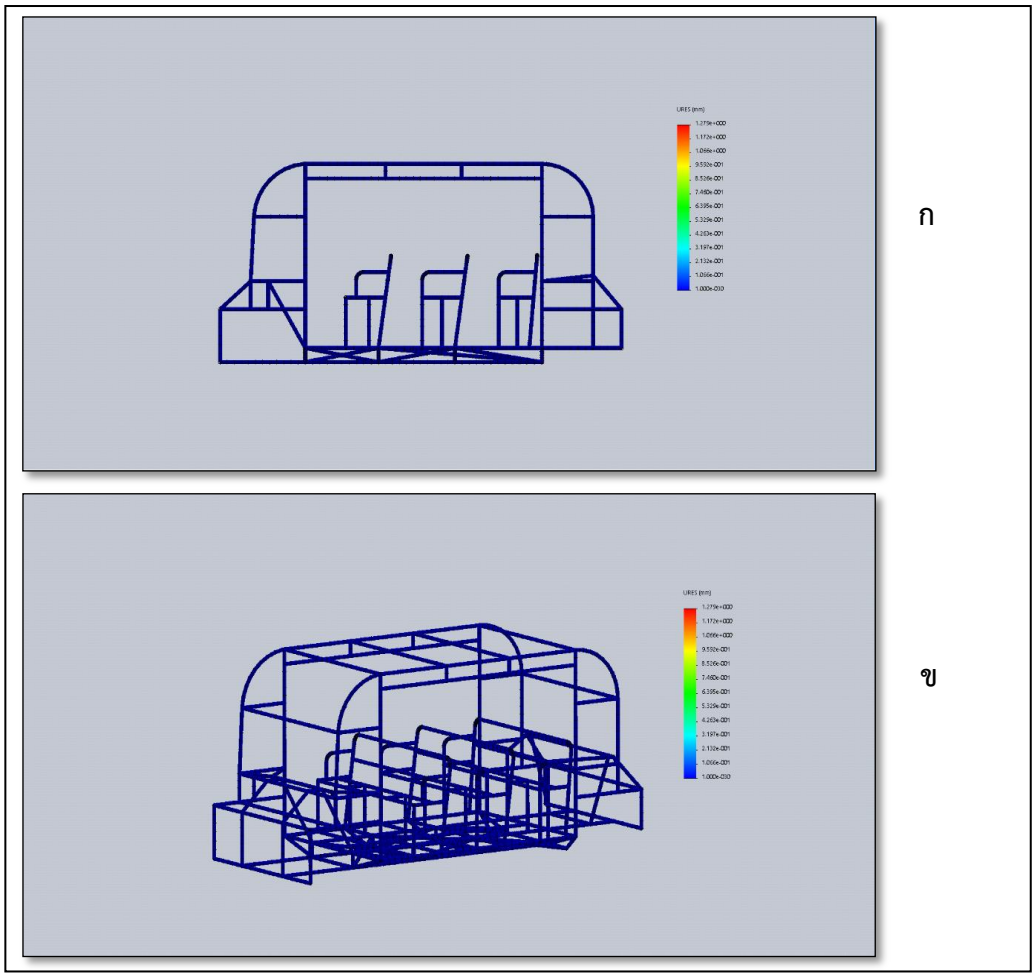
ถ

ท

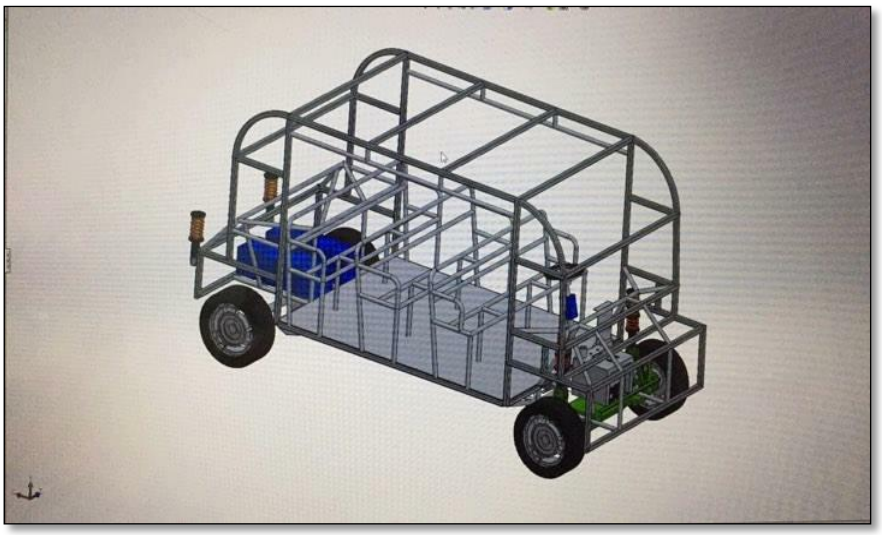
ภาพที่ 3.15 รถไฟฟ้าประกอบเสร็จสมบูรณ์ คันที่ 2

3.3.3 รถไฟฟ้า RMU – Shuttle EV คันที่ 3

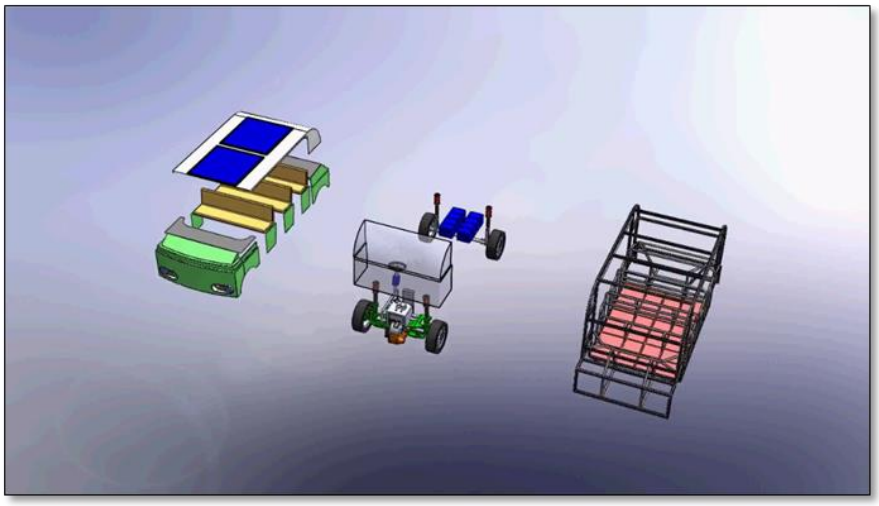
การออกแบบรถไฟฟ้า RMU – Shuttle EV คันที่ 3 ทำการออกแบบตามการวิเคราะห์โครงสร้างโดยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ด้วยระบบซอฟแวร์ Solidworks Simulation มีขนาด 12 ที่นั่ง มีความกว้าง 1.6 เมตร ความยาว 3.886 เมตร ความสูง 1.855 เมตร ระยะฐานล้อยาว 2.950 เมตร ระยะฐานล้อกว้าง 1.380 เมตร ใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 48 โวลต์ 5,000 วัตต์. มีแผงโซล่าเซลล์ขนาด 100 วัตต์จำนวน 4 แผง แบตเตอรี่ 12 โวลต์ 70 แอมชั่วโมง จำนวน 8 ลูกรายละเอียดการออกแบบรถไฟฟ้าคันที่ 3 ดังภาพ 3.16 ก – ฉ รายละเอียดโครงสร้างรถไฟฟ้า คันที่ 3 ดังภาพที่ 3.17 ช – รายละเอียดการประกอบรถไฟฟ้าคันที่ 3 ดังภาพที่ 3.18



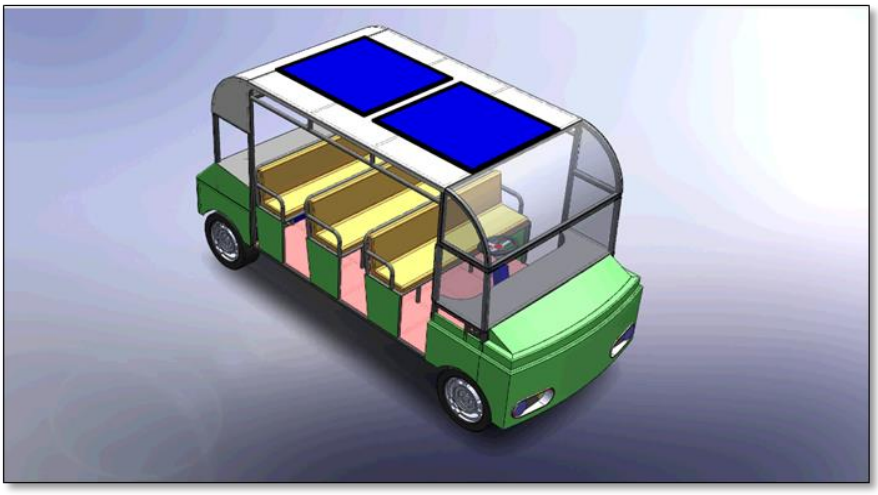
ภาพที่ 3.16 รายละเอียดการออกแบบรถไฟฟ้า คันที่ 3



ค

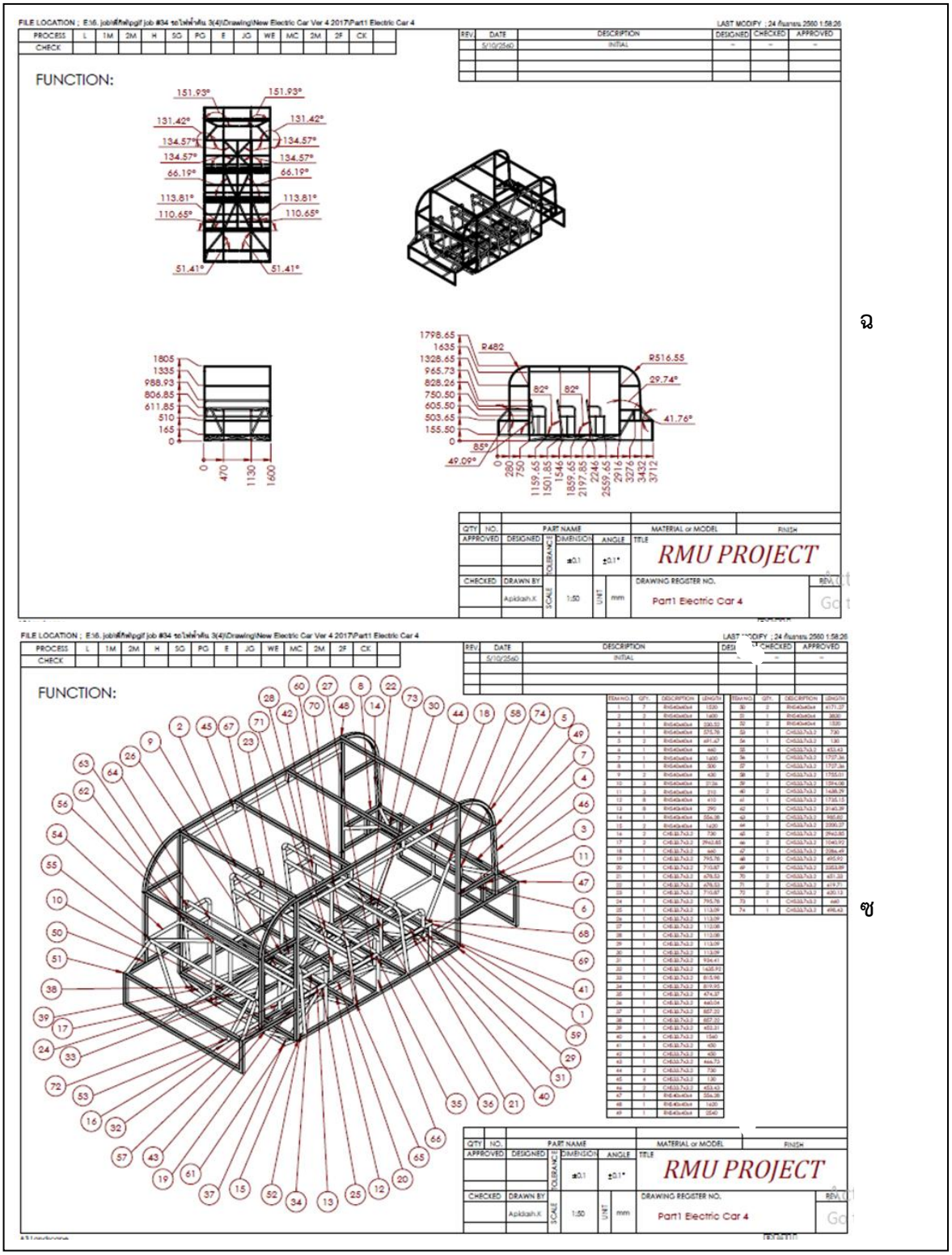


ง



จ

ภาพที่ 3.16 (ต่อ)



ภาพที่ 3.17 รายละเอียดโครงสร้างของรถไฟฟ้า คันที่ 3

ซ

ฌ

ญ

ภาพที่ 3.18 การประกอบรถไฟฟ้าคันที่ 3

ฎ

ฎ

ภาพที่ 3.18 (ต่อ)

3.4 การทดสอบสมรรถนะรถไฟฟ้า RMU – Shuttle EV

วิธีการทดสอบสมรรถนะของไฟฟ้า RMU – Shuttle EV มีรายละเอียดดังนี้

1. การทดสอบการใช้งานการขับเคลื่อนรถไฟฟ้า RMU – Shuttle EV ทั้ง 3 คัน จะใช้วิธีการประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่ให้เต็มแล้วทำการใช้งาน โดยการขับขี่จนกว่าแบตเตอรี่จะหมดหรือรถไม่สามารถขับเคลื่อนไปได้อีก จากนั้นทำการวัดระยะทางที่ได้ทั้งหมด และทำการจับเวลาในการวิ่งของรถไฟฟ้าระยะทางทั้งหมด บันทึกผล

2. การทดสอบความเร็วของรถไฟฟ้า RMU – Shuttle EV จะทำการทดสอบโดยการขับขี่รถไฟฟ้าในพื้นที่เปิดที่มีความสามารถในการทำความเร็วได้ในถนนเส้นทางแบบพื้นราบ มีความยาวเส้นทาง 3.5 กิโลเมตร พร้อมระยะเบรกที่ปลอดภัยจากนั้นเก็บข้อมูลอาศัยผู้ทดสอบและตัวเลขบนหน้าปัดบันทึกวีดีโอเพื่อให้เห็นอัตราการเร่งที่เกิดขึ้นจนถึงความเร็วสูงสุดอย่างชัดเจน

3. การทดสอบอัตราการเร่งของรถไฟฟ้า RMU – Shuttle EV ทำการทดสอบอัตราการเร่งของรถไฟฟ้า จากจุดหยุดนิ่งถึงความเร็ว 36 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยอาศัยอุปกรณ์ และการจับสัญญาณแบบ Assisted GPS ในการหาค่าเวลาระหว่างการเร่ง ในการทดสอบเพื่อดูการตอบสองเครื่องยนต์และแป้นคันเร่งเมื่อเร่งจากจุดหยุดนิ่ง

4. การทดสอบระยะเวลารักษาความเร็วสูงสูดของรถไฟฟ้า RMU – Shuttle โดยนำรถไฟฟ้าทดลองขับขี่ด้วยความเร็วสูงสุดในพื้นที่เปิดบนเส้นทางพื้นราบโดยทำการบันทึกเวลาที่รถวิ่งได้ในความเร็วสูงสุดของแต่ละคัน

5. การทดสอบรัศมีวงเลี้ยว ทำการทดสอบโดยเตรียมพื้นที่ที่เป็นพื้นราบเป็นพื้นที่ทดสอบขับรถเลี้ยวซ้ายสุดและเลี้ยวขวาสุด จากนั้นวัดรัศมีวงเลี้ยวต้นนอกและบันทึกผล

6. ระยะเวลาในการประจุไฟแบตเตอรี่ ทำการประจุไฟแบตเตอรี่จนเต็มทั้ง 8 ลูก จากแหล่งจ่ายไฟ 220 V. จากนั้นใช้ไฮโดรมิเตอร์ตรวจสอบค่าความถ่วงจำเพาะ และตรวจสอบแรงเคลื่อนไฟฟ้าตรงหน้าปัดตัวบงชี้แบตเตอรี่ว่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าอยู่ในระดับ High หรือไม่ แล้วขึ้นเบรกเกอร์ไปตำแหน่ง ON เพื่อให้วงจรเซลล์แสงอาทิตย์ครบวงจรเพื่อทำการประจุกระแสไฟฟ้าให้แก่แบตเตอรี่ ทำการทดสอบโดยใช้เกียร์ 3 ในการวิ่งทดสอบความเร็วที่ 20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และนำมัลติมิเตอร์วัดค่ากระแสที่ประจุเข้าชาร์จแบตเตอรี่ระหว่างการวิ่งจับเวลาในประจุเข้าแบตเตอรี่

7. ความแข็งแรงของโครงสร้างรถไฟฟ้า RMU – Shuttle EV ใช้โปรแกรม Solid Work Simulation ในการคำนวณโครงสร้างของรถไฟฟ้า โดยทดสอบหาค่า Stress Displacement Strain และ Factor of Safety ค่าที่ได้จะช่วยในการตัดสินใจออกแบบโครงสร้างทีจะรับแรงกระทำได้ และใช้งานได้อย่างปลอดภัยค่าที่นำมาพิจารณาคือ ค่าที่ Factor of Safety โดยกำหนดเป็นแรงประเภทอยู่นิ่งซึ่งจะใช้ค่าความปลอดภัยเท่ากับ 3 เป็นอย่างน้อย

8. น้ำหนักบรรทุกของรถไฟฟ้า RMU – Shuttle EV การทดสอบน้ำหนักบรรทุกของรถไฟฟ้าโดยการออกแบบรถไฟฟ้าที่มีโครงสร้าง (Tube space frame classic) มีความแข็งแรงสูงน้ำหนักเบาใช้การคำนวณด้วยโปรแกรม Solid work simulation โครงสร้างรถไฟฟ้ารับน้ำหนักของโครงสร้างและแรงกระทำจากการใช้งานทั้ง Static load และ Dymamic load ทำการทดสอบ โดยกำหนดน้ำหนักผู้โดยสารไว้ที่ 65 กิโลกรัม และทำการจำลองกดน้ำหนักตามจุดนั่งของโครงสร้างรถไฟฟ้าตามจำนวนผู้โดยสารที่ถูกกำหนดในแต่ละคัน