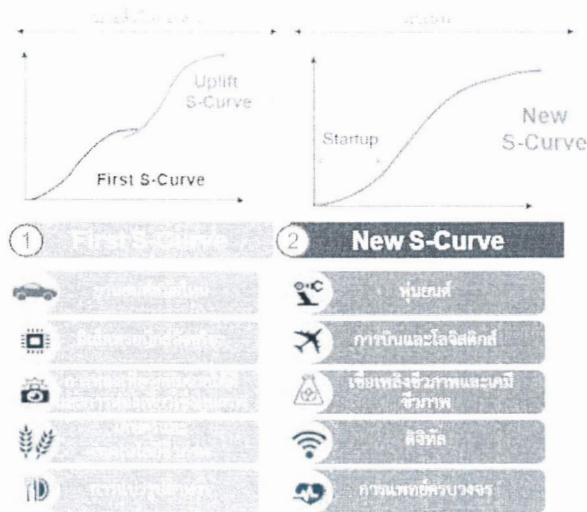


รายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะ (Terms of Reference : TOR)  
 ชุดฝึกปฏิบัติการสถานีชาร์จสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า  
 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร จำนวน 1 ชุด  
 (ราคาต่อหน่วย 8,456,500 บาท)

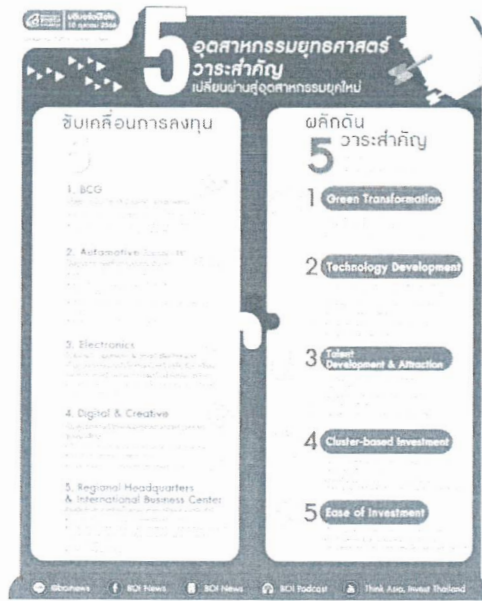
1. ความเป็นมา

การพัฒนาของเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมในระดับโลกมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาจาก ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี การติดต่อสื่อสาร และการคมนาคมขนส่งที่พัฒนาอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้เกิดการ ขยายตัวทางเศรษฐกิจ การแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสาร การแลกเปลี่ยนสินค้า และการแลกเปลี่ยนวัฒนธรรม ระหว่างประเทศต่างๆ ทั่วโลก กระแสการเปลี่ยนแปลงของโลกและพฤติกรรมผู้บริโภคที่เปลี่ยนแปลงไปเป็น ปัจจัยสำคัญในการกำหนดวิสัยทัศน์และยุทธศาสตร์ในการพัฒนาประเทศ ซึ่งแต่ละประเทศต่างก็มีการ เตรียมพร้อมในการปรับวิสัยทัศน์และยุทธศาสตร์การพัฒนาอุตสาหกรรมให้สอดคล้องกับบริบทต่าง ๆ ที่เปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นประเทศไทย การกำหนดวิสัยทัศน์และยุทธศาสตร์ในการพัฒนาประเทศด้วย โมเดลประเทศไทย 4.0 โดยกำหนดให้มีการปรับเปลี่ยนโครงสร้างเศรษฐกิจจากเดิมที่ขับเคลื่อนด้วยการพัฒนา ประสิทธิภาพในการผลิตภาคอุตสาหกรรม ไปสู่เศรษฐกิจที่ขับเคลื่อนด้วยเทคโนโลยีและนวัตกรรม (Innovation Drive Economy) โดยต้องขับเคลื่อนให้เกิดการเปลี่ยนแปลงใน 3 มิติที่สำคัญ ได้แก่ 1) เปลี่ยนจากการผลิตสินค้าโภคภัณฑ์ ไปสู่สินค้าเชิงนวัตกรรม 2) เปลี่ยนจากการขับเคลื่อนประเทศด้วยภาคอุตสาหกรรม ไปสู่การขับเคลื่อนด้วยเทคโนโลยี ความคิดสร้างสรรค์ และนวัตกรรม 3) เปลี่ยนจากการเน้นภาคการผลิตสินค้า ไปสู่การเน้นภาคบริการมากขึ้น โดยเน้นที่ 10 กลุ่มอุตสาหกรรมดังรูปที่ 1 และ 2



รูปที่ 1 กลุ่มอุตสาหกรรม ใน First S-Curve และ New S-Curve 10 กลุ่มอุตสาหกรรม

01/07/2023  
 0. ...  
 2. ...  
 3. ...  
 3. ...



## รูปที่ 2 กลุ่มอุตสาหกรรม

ด้วยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ตั้งยุทธศาสตร์การพัฒนามหาวิทยาลัยให้สอดคล้องกับยุทธศาสตร์ในการพัฒนาประเทศคือ การมุ่งเข้าไปสู่การเป็น มหาวิทยาลัยนักปฏิบัติมืออาชีพ (Professional University) โดยส่งเสริมการผลิตบัณฑิตนักปฏิบัติมืออาชีพ (Hands-on) ที่คิดเป็น ทำเป็น แก้ปัญหาเป็น ดังนั้น คณะวิศวกรรมศาสตร์ได้ทำการปรับปรุง/พัฒนาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิตให้สอดคล้องกับยุทธศาสตร์การพัฒนาของมหาวิทยาลัย สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า ได้เปิดการเรียนการสอนในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ซึ่งมีความสำคัญอย่างมากต่อพัฒนาประเทศโมเดลประเทศไทย 4.0

ปัจจุบันครุภัณฑ์สำหรับการเรียนการสอนด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ มีความจำเป็นต้องปรับตัวให้สอดคล้องกับยุทธศาสตร์ชาติ และ 5 กลุ่มอุตสาหกรรมในอนาคต (New S-Curve) ซึ่งประกอบด้วย

1. หุ่นยนต์เพื่ออุตสาหกรรม (Robotics)
2. อุตสาหกรรมการบินและโลจิสติกส์ (Aviation and Logistics)
3. อุตสาหกรรมดิจิทัล (Digital)
4. อุตสาหกรรมเชื่อมเพลิงชีวภาพและเคมีชีวภาพ (Biofuels and Biochemicals)
5. อุตสาหกรรมการแพทย์ครบวงจร (Medical Hub)

และ 5 อุตสาหกรรมยุทธศาสตร์เพื่อเปลี่ยนผ่านสู่อุตสาหกรรมยุคใหม่ประกอบด้วย

1. BCG
2. Automotive
3. Electronics
4. Digital & Creative
5. Regional Headquarters

S.W.

Prof. Dr. S.W.

Dr. S.W.

โดยเฉพาะอย่างยิ่งกลุ่มอุตสาหกรรมของ หุ่นยนต์เพื่ออุตสาหกรรม อุตสาหกรรมการบินและโลจิสติกส์ และ อุตสาหกรรมการแพทย์ครบวงจร และยานยนต์สมัยใหม่ อุตสาหกรรมดังกล่าวล้วนแล้วแต่ต้องอาศัยทักษะทางด้าน ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เป็นพื้นฐานในการพัฒนาต่อยอดองค์ความรู้ต่าง ๆ ซึ่งในเชิงอุตสาหกรรมทักษะทางด้าน ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ที่จะขาดไม่ได้เลยคือ ทักษะทางด้านอิเล็กทรอนิกส์กำลัง ซึ่งนักศึกษาหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า จะต้องได้รับการจัดการเรียนการสอนผ่านการเรียนรู้และปฏิบัติ ก่อนออกสู่สถานประกอบการอย่างไรก็ตาม สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าเล็งเห็นถึงความสำคัญที่จะต้องปรับเปลี่ยน ครุภัณฑ์เพื่อฝึกปฏิบัตินักศึกษาทางด้านไฟฟ้า จึงขอจัดซื้อครุภัณฑ์เพื่อเพิ่มเติมเพื่อใช้ในการสอนทฤษฎีและปฏิบัติ ในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาไฟฟ้า เพื่อให้นักศึกษาได้ลงมือฝึกปฏิบัติในเทคโนโลยีที่เป็นปัจจุบัน โดยครบถ้วนทุกคน ตรงตามวัตถุประสงค์การเรียนที่มุ่งเน้นผลิตวิศวกรนักปฏิบัติมืออาชีพ

## 2. วัตถุประสงค์

- 2.1. เพื่อพัฒนาทักษะการผลิตวิศวกรนักปฏิบัติมืออาชีพด้านอิเล็กทรอนิกส์กำลังขั้นสูงและเครื่องจักรกล ไฟฟ้าในระบบยานยนต์ไฟฟ้า เพื่อเพิ่มขีดความสามารถทางความรู้ด้านเทคโนโลยีให้รู้จักคิดวางแผน ทำงานเชิงปฏิบัติมากขึ้นและเน้นการประยุกต์ใช้งานรวมถึงให้มีการบูรณาการตั้งแต่ผู้ใช้งาน นักวิจัย และผู้ผลิต สำหรับท้องถิ่นชุมชน
- 2.2. เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนการสอนด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่ด้านอิเล็กทรอนิกส์กำลังขั้นสูงและ เครื่องจักรกลไฟฟ้าในระบบยานยนต์ไฟฟ้า จากภาคการศึกษาสู่ภาคอุตสาหกรรมเพื่อสนับสนุนและ ส่งเสริมในการนำผลงานวิจัยและพัฒนานวัตกรรมให้สามารถผลิตสู่เชิงพาณิชย์อย่างมีมาตรฐานใน ระดับที่เชื่อถือได้จนไปถึงระดับประเทศและระดับโลก

## 3. คุณสมบัติผู้เสนอราคา

- 3.1 มีความสามารถตามกฎหมาย
- 3.2 ไม่เป็นบุคคลล้มละลาย
- 3.3 ไม่อยู่ระหว่างเลิกกิจการ
- 3.4 ไม่เป็นบุคคลซึ่งอยู่ระหว่างถูกระงับการยื่นข้อเสนอหรือทำสัญญากับหน่วยงานของรัฐไว้ชั่วคราว เนื่องจากเป็นผู้ที่ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินผลการปฏิบัติงานของผู้ประกอบการตามระเบียบที่รัฐมนตรีว่าการ กระทรวงการคลังกำหนดตามที่ประกาศเผยแพร่ในระบบเครือข่ายสารสนเทศของกรมบัญชีกลาง
- 3.5 ไม่เป็นบุคคลซึ่งถูกระงับชื่อไว้ในบัญชีรายชื่อผู้ทำงานและได้แจ้งเวียนชื่อให้เป็นผู้ทำงานของหน่วยงาน ของรัฐในระบบเครือข่ายสารสนเทศของกรมบัญชีกลาง ซึ่งรวมถึงนิติบุคคลที่ผู้ทำงานเป็นส่วนผู้จัดการ กรรมการผู้ จัดการ ผู้บริหาร ผู้มี อำนาจในการดำเนินงานในกิจการของนิติบุคคลนั้นด้วย
- 3.6 มีคุณสมบัติและไม่มีลักษณะต้องห้ามตามที่คณะกรรมการนโยบายการจัดซื้อจัดจ้างและการบริหาร พัสดุภาครัฐกำหนดในราชกิจจานุเบกษา
- 3.7 เป็นบุคคลธรรมดาหรือนิติบุคคล ผู้มีอาชีพขายพัสดุที่ประกวดราคาซื้อด้วยวิธีประกวดราคา อิเล็กทรอนิกส์ดังกล่าว





3.8 ไม่เป็นผู้มีผลประโยชน์ร่วมกันกับผู้ยื่นข้อเสนอรายอื่นที่เข้ายื่นข้อเสนอให้แก่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ณ วันประกาศประกวดราคาอิเล็กทรอนิกส์ หรือไม่เป็นผู้กระทำการจนเป็นการขัดขวางการแข่งขันอย่างเป็นธรรมใน การประกวดราคาอิเล็กทรอนิกส์ครั้งนี้

3.9 ไม่เป็นผู้ได้รับเอกสิทธิ์หรือความคุ้มกัน ซึ่งอาจปฏิเสธไม่ยอมขึ้นศาลไทย เว้นแต่รัฐบาลของผู้ยื่นข้อเสนอได้มีคำสั่งให้สละเอกสิทธิ์ความคุ้มกันเช่นนั้น

3.10 ผู้ยื่นข้อเสนอต้องลงทะเบียนในระบบจัดซื้อจัดจ้างภาครัฐด้วยอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Government Procurement : e - GP) ของกรมบัญชีกลาง

#### 4. รายละเอียดทางเทคนิค

ชุดฝึกปฏิบัติการสถานีชาร์จสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า จำนวน 1 ชุด  
ประกอบด้วย

- |                                                            |             |
|------------------------------------------------------------|-------------|
| 1. ชุดปฏิบัติการวิเคราะห์ห้าด้านอิเล็กทรอนิกส์กำลังขั้นสูง | จำนวน 1 ชุด |
| 2. ชุดปฏิบัติการเครื่องจักรกลไฟฟ้าในระบบยานยนต์ไฟฟ้า       | จำนวน 1 ชุด |

รายละเอียดที่ 1 ชุดปฏิบัติการวิเคราะห์ห้าด้านอิเล็กทรอนิกส์กำลังขั้นสูง จำนวน 1 ชุด

#### 1. รายละเอียดทั่วไป

ชุดทดลองอิเล็กทรอนิกส์กำลัง ออกแบบเพื่อการศึกษา การทดลองภาคปฏิบัติโดยเฉพาะ ประกอบด้วย

- |                                                                                                     |             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| 1.1) ชุดควบคุมเครื่องแปลงผันเอซี-ดีซี และ เอซี-เอซี<br>(AC - DC and AC - AC Converter Control Unit) | จำนวน 1 ชุด |
| 1.2) ชุดควบคุมเครื่องแปลงผันดีซี-ดีซี และ ดีซี-เอซี<br>(DC - DC and DC - AC Converter Control Unit) | จำนวน 1 ชุด |
| 1.3) เครื่องแปลงผันเอซี-ดีซี และ เอซี-เอซี<br>(AC - DC and AC - AC Converter)                       | จำนวน 1 ชุด |
| 1.4) เครื่องแปลงผันเอซี-เอซี (AC - AC Converter)                                                    | จำนวน 1 ชุด |
| 1.5) เครื่องแปลงผันดีซี-ดีซี (DC - DC Converter)                                                    | จำนวน 1 ชุด |
| 1.6) เครื่องแปลงผันดีซี-เอซี (DC - AC Converter)                                                    | จำนวน 1 ชุด |
| 1.7) เครื่องปรับความเร็วรอบมอเตอร์ (Variable Speed Drive)                                           | จำนวน 1 ชุด |

#### 2) รายละเอียดทางเทคนิค

- |                                                                                                     |             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| 2.1) ชุดควบคุมเครื่องแปลงผันเอซี-ดีซี และ เอซี-เอซี<br>(AC - DC and AC - AC Converter Control Unit) | จำนวน 1 ชุด |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|

มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- 2.1.1. หน่วยควบคุมเครื่องแปลงผันเอซี-ดีซี และ เอซี-เอซี โดยมีสัญญาณขับเกตเอสซีอาร์ ไตรแอก แบบ 4 พัลส์, 6 พัลส์ และ 12 พัลส์



- 2.1.2. สัญญาณเกิด : แบบหม้อแปลงพัลส์ สำหรับ เอสซีอาร์ ไทรแอก
- 2.1.3. โหมด 4 พัลส์: มุมอัลฟา 5 – 175 องศา หรือกว้างกว่า
- 2.1.4. โหมด 6/12 พัลส์: มุมอัลฟา 5 – 115 องศา หรือกว้างกว่า
- 2.1.5. ชนิดพัลส์ : พัลส์เดี่ยว, พัลส์ทรานหรือต่อเนื่อง, พัลส์คู่
- 2.1.6. ฟังก์ชัน : มีฟังก์ชันเทียบเท่า หรือมากกว่าดังต่อไปนี้ พีไอดีคอนโทรล, การควบคุมแบบเปิด เรียงกระแสควบคุมได้เฟสเดี่ยว , เรียงกระแสควบคุมได้สามเฟสการขับเคลื่อนแบบสี่คอแตรนต์ , เรียงกระแสควบคุมได้สามเฟสแบบ 12 พัลส์การควบคุมแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ, ไซโคลคอนเวอร์เตอร์
- 2.1.7. การแสดงผล : จอแอลซีดี 20x4 อักขร จำนวนอย่างน้อย 1 จอ แสดงผล มุมอัลฟา, ความเร็วรอบมอเตอร์, ค่าพี-ไอ-ดี, และฟังก์ชันควบคุม
- 2.1.8. การเชื่อมต่อกอมพิวเตอร์: พอร์ตยูเอสบี สำหรับแสดงพล็อตกราฟสัญญาณ ค่าที่ตั้ง, ความเร็วรอบมอเตอร์, ค่าปรับแต่ง (manipulate)
- 2.1.9. อุปกรณ์ประกอบและเครื่องมือวัด
- ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ (Digital multimeter) จำนวน 1 ตัว
  - เครื่องวัดความเร็วรอบ (Tachometer) จำนวน 1 ตัว
  - แคลมป์วัดกระแสเอซี-ดีซี (AC-DC Current Clamp) จำนวน 1 ตัว

**2.2) ชุดควบคุมเครื่องแปลงผันดีซี-ดีซี และ ดีซี-เอซี**

**(DC - DC and DC - AC Converter Control Unit) จำนวน 1 ชุด**

มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- 2.2.1. หน่วยควบคุมเครื่องแปลงผันดีซี-ดีซี และ ดีซี-เอซี โดยมีสัญญาณขับเคลื่อนมอเตอร์เฟดไอจีบีที
- 2.2.2. การควบคุมเครื่องแปลงผันดีซี-ดีซี : สัญญาณเกิดสำหรับไอจีบีที มอสเฟด
- 2.2.3. บั๊กคอนเวอร์เตอร์ : ความถี่สวิตช์ ปรับได้ 20 – 40 กิโลเฮิร์ตซ์ หรือกว้างกว่า ดิวตี้ไซเคิล ปรับได้ 5 – 95 % หรือกว้างกว่า
- 2.2.4. บูสคอนเวอร์เตอร์ : ความถี่สวิตช์ ปรับได้ 50 – 60 กิโลเฮิร์ตซ์ หรือกว้างกว่า ดิวตี้ไซเคิล ปรับได้ 5 – 60 % หรือกว้างกว่า
- 2.2.5. ฟังก์ชัน : มีฟังก์ชันเทียบเท่าหรือมากกว่าดังต่อไปนี้ พีไอดีคอนโทรล, การควบคุมแบบเปิด
- 2.2.6. การควบคุมเครื่องแปลงผันดีซี-เอซี : สัญญาณเกิดสำหรับไอจีบีที มอสเฟด
- 2.2.7. แบบเฟสเดี่ยว : สัญญาณเกิด 4 สัญญาณ
- 2.2.8. แบบสามเฟส : สัญญาณเกิด 6 สัญญาณ

- 2.2.9. ความถี่สวิตช์ : ปรับได้ 1.5 – 10 กิโลเฮิร์ตซ์ หรือกว้างกว่า
- 2.2.10. ความถี่เอาต์พุต : ปรับได้ 5 – 90 เฮิร์ตซ์ หรือกว้างกว่า
- 2.2.11. ฟังก์ชัน : มีฟังก์ชันเทียบเท่า หรือมากกว่าดังต่อไปนี้ Sine PWM, Space vector PWM, V/F control, square wave, six-step
- 2.2.12. การแสดงผล : จอแอลซีดี 20x4 อักขร จำนวนอย่างน้อย 1 จอ แสดงผล  
ดิฟเฟอเรนเชียล, ma, ความถี่สวิตช์, ความถี่เอาต์พุต, ความเร็วรอบมอเตอร์, ค่าพี-ไอ-ดี,  
และฟังก์ชันควบคุม
- 2.2.13. การเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ : พอร์ตยูเอสบี สำหรับแสดงพล็อตกราฟสัญญาณ  
ค่าที่ตั้ง, ความเร็วรอบมอเตอร์, ค่าปรับแต่ง (manipulate)
- 2.2.14. อุปกรณ์ประกอบและเครื่องมือวัด
- ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ (Digital multimeter) จำนวน 1 ตัว
  - เครื่องวัดความเร็วรอบ (Tachometer) จำนวน 1 ตัว
  - แคลมป์วัดกระแสเอซี-ดีซี (AC-DC Current Clamp) จำนวน 1 ตัว

### 2.3) เครื่องแปลงผันเอซี-ดีซี และ เอซี-เอซี

(AC - DC and AC - AC Converter)

จำนวน 1 ชุด

มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- 2.3.1. เครื่องแปลงผันเอซี-ดีซี ประกอบด้วยวงจรเรียงกระแส วงจรเรียงกระแสควบคุมได้  
ทั้งเฟสเดียวและสามเฟส มีคอนเวอร์เตอร์คู่ สำหรับการขับเคลื่อนแบบสี่คอแตรนต์  
และไซโคลคอนเวอร์เตอร์
- 2.3.2. แรงดันอินพุต : สามเฟส 220/380 โวลต์ 50 เฮิร์ตซ์ หรือเทียบเท่า
- 2.3.3. แรงดันแหล่งจ่าย : ต่อแบบสตาร์ แรงดันไม่ต่ำกว่า 18 โวลต์ พิกัดรวมไม่ต่ำกว่า  
200 วัตต์
- 2.3.4. แรงดันแหล่งจ่าย : แบบเฟสเดียว แรงดันไม่ต่ำกว่า 18 โวลต์ พิกัดรวมไม่ต่ำกว่า  
100 วัตต์
- 2.3.5. สวิตช์สารกึ่งตัวนำ : เอสซีอาร์ พิกัดไม่ต่ำกว่า 400 โวลต์ 10 แอมแปร์ จำนวน  
ไม่ต่ำกว่า 18 ตัว ไดโอดพิกัดไม่ต่ำกว่า 400 โวลต์ 10 แอมแปร์ จำนวน ไม่ต่ำกว่า  
6 ตัว ไดโอดฟรีวิล พิกัดไม่ต่ำกว่า 400 โวลต์ 10 แอมแปร์ จำนวน ไม่ต่ำกว่า 1 ตัว
- 2.3.6. โหลดตัวต้านทาน : ไม่ต่ำกว่า 15 โอห์ม จำนวนไม่น้อยกว่า 2 ตัว
- 2.3.7. โหลดตัวเหนี่ยวนำ : ไม่ต่ำกว่า 10 มิลลิเฮนรี่ จำนวน ไม่น้อยกว่า 1 ตัว
- 2.3.8. โหลดตัวเก็บประจุ : ไม่ต่ำกว่า 170 ไมโครฟารัด จำนวน ไม่น้อยกว่า 1 ตัว
- 2.3.9. แสดงผลคอแตรนต์ : แอลอีดี จำนวน 4 ตัว แสดงผลคอแตรนต์ของแรงดัน-กระแส

2.3.10. มอเตอร์และเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

- พิกัดแรงดันมอเตอร์ ไม่ต่ำกว่า 24 โวลต์
- พิกัดกำลัง ไม่ต่ำกว่า 50 วัตต์
- ความเร็วรอบ ไม่ต่ำกว่า 1800 รอบต่อนาที
- เซ็นเซอร์ วัดความเร็วรอบมอเตอร์ด้วยพรีอิกซิมิต์

2.3.11. ใบงานการทดลองไม่น้อยกว่าหัวข้อดังต่อไปนี้

- วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นเฟสเดียว
- วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์เฟสเดียว
- วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นสามเฟส
- วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์สามเฟส
- วงจรเรียงกระแสควบคุมได้แบบครึ่งคลื่นเฟสเดียว
- วงจรเรียงกระแสควบคุมได้เต็มรูปแบบบริดจ์เฟสเดียว
- วงจรเรียงกระแสควบคุมได้แบบครึ่งคลื่นสามเฟส
- วงจรเรียงกระแสควบคุมได้เต็มรูปแบบบริดจ์สามเฟส
- วงจรไซโคลคอนเวอร์เตอร์แบบเฟสเดียว-เฟสเดียว
- วงจรไซโคลคอนเวอร์เตอร์แบบสามเฟส-เฟสเดียว
- การควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์กระแสตรงแบบพีไอดีด้วยวงจรรเรียงกระแสควบคุมได้เฟสเดียว
- การควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์กระแสตรงแบบพีไอดีด้วยวงจรรเรียงกระแสควบคุมได้สามเฟส
- การขับเคลื่อนมอเตอร์กระแสตรงแบบสตีคอสเตรนต์ ด้วยวงจรรเรียงกระแสควบคุมได้เฟสเดียว
- การขับเคลื่อนมอเตอร์กระแสตรงแบบสตีคอสเตรนต์ ด้วยวงจรรเรียงกระแสควบคุมได้สามเฟส

2.4) เครื่องแปลงผันเอซี-เอซี (AC - AC Converter)

จำนวน 1 ชุด

มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.4.1. เครื่องแปลงผันเอซี-เอซี ประกอบด้วยวงจรรเรียงควบคุมแรงดันไฟฟ้าแบบเฟสเดียวหรือสามเฟส มีโหลดเป็นตัวต้านทานหรือตัวเหนี่ยวนำ

2.4.2. แรงดันอินพุต : สามเฟส 220/380 โวลต์ 50 เฮิร์ตซ์ หรือเทียบเท่า



- 2.4.3. แรงดันแหล่งจ่าย : ต่อแบบสตาร์ แรงดันไม่ต่ำกว่า 15 โวลต์ พิกัดรวมไม่ต่ำกว่า 200 วีเอ
- 2.4.4. สวิตซ์สารกึ่งตัวนำ : เอสซีอาร์ พิกัดไม่ต่ำกว่า 400 โวลต์ 10 แอมแปร์ จำนวน ไม่ต่ำกว่า 6 ตัว ไทรแอก พิกัดไม่ต่ำกว่า 400 โวลต์ 10 แอมแปร์ จำนวน ไม่ต่ำกว่า 1 ตัว
- 2.4.5. โหลดตัวต้านทาน : ไม่ต่ำกว่า 15 โอห์ม จำนวน ไม่น้อยกว่า 3 ตัว
- 2.4.6. โหลดตัวเหนี่ยวนำ : ไม่ต่ำกว่า 10 มิลลิเฮนรี่ จำนวน ไม่น้อยกว่า 1 ตัว
- 2.4.7. ใบงานการทดลองไม่น้อยกว่าหัวข้อดังต่อไปนี้
- วงจรควบคุมแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเฟสเดียวด้วยเอสซีอาร์
  - วงจรควบคุมแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเฟสเดียวด้วยไทรแอก
  - วงจรควบคุมแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับสามเฟสโหลดต่อแบบสตาร์
  - วงจรควบคุมแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับสามเฟสโหลดต่อแบบเดลต้า
  - ไซโคลคอนเวอร์เตอร์แบบสามเฟส-เฟสเดียว

**2.5) เครื่องแปลงผันดีซี-ดีซี (DC - DC Converter) จำนวน 1 ชุด**

มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- 2.5.1. เครื่องแปลงผันดีซี-ดีซี ประกอบด้วย ไอจีบีที มอสเฟต พร้อมชุดขับเกต, วงจรดีซีชอปเปอร์, บั๊ก, บูส, ซีพิก
- 2.5.2. แรงดันแหล่งจ่าย : ไม่ต่ำกว่า 12 โวลต์ 240 วัตต์ และ ไม่ต่ำกว่า 24 โวลต์ 240 วัตต์
- 2.5.3. บั๊กคอนเวอร์เตอร์ : มอสเฟต พิกัดไม่ต่ำกว่า 400 โวลต์ 20 แอมแปร์  
ไดโอด พิกัดไม่ต่ำกว่า 400 โวลต์ 10 แอมแปร์  
ตัวต้านทาน ไม่ต่ำกว่า 15 โอห์ม จำนวน 2 ตัว  
ตัวเก็บประจุ ไม่ต่ำกว่า 170 ไมโครฟารัด และไม่ต่ำกว่า 370 ไมโครฟารัด
- 2.5.4. บูสคอนเวอร์เตอร์ : ไอจีบีที พิกัดไม่ต่ำกว่า 400 โวลต์ 20 แอมแปร์  
ไดโอด พิกัดไม่ต่ำกว่า 400 โวลต์ 10 แอมแปร์  
ตัวต้านทาน ไม่ต่ำกว่า 90 โอห์ม จำนวน 2 ตัว  
ตัวเก็บประจุ ไม่ต่ำกว่า 170 ไมโครฟารัด จำนวน 1 ตัว
- 2.5.5. บูสคอนเวอร์เตอร์ : ไอจีบีที พิกัดไม่ต่ำกว่า 400 โวลต์ 20 แอมแปร์  
ไดโอด พิกัดไม่ต่ำกว่า 400 โวลต์ 10 แอมแปร์  
ตัวต้านทาน ไม่ต่ำกว่า 90 โอห์ม จำนวน 2 ตัว



- ตัวเก็บประจุ ไม่ต่ำกว่า 170 ไมโครฟารัด จำนวน 1 ตัว
- 2.5.6. วงจรตีชีชอปเปอร์ : ไอจีบีที พิกัดไม่ต่ำกว่า 400 โวลต์ 20 แอมแปร์  
 ไดโอด พิกัดไม่ต่ำกว่า 400 โวลต์ 10 แอมแปร์  
 ตัวต้านทาน ไม่ต่ำกว่า 8 โอห์ม จำนวน 1 ตัว  
 ตัวต้านทาน ไม่ต่ำกว่า 12 โอห์ม จำนวน 1 ตัว  
 ตัวเหนี่ยวนำ ไม่ต่ำกว่า 10 มิลลิเฮนรี่ จำนวน 1 ตัว
- 2.5.7. มอเตอร์และเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง
- พิกัดแรงดันมอเตอร์ ไม่ต่ำกว่า 24 โวลต์
  - พิกัดกำลัง ไม่ต่ำกว่า 50 วัตต์
  - ความเร็วรอบ ไม่ต่ำกว่า 1800 รอบต่อนาที
  - เซ็นเซอร์ วัดความเร็วรอบมอเตอร์ด้วยพร็อกซิมีตี
- 2.5.8. ใบบางการทดลองไม่น้อยกว่าหัวข้อดังต่อไปนี้
- วงจรตีชีชอปเปอร์
  - บั๊กคอนเวอร์เตอร์
  - บูล์คคอนเวอร์เตอร์
  - ซีพิกคอนเวอร์เตอร์
  - การควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์กระแสตรงแบบพีไอดีด้วยวงจรถีชีชอปเปอร์

**2.6) เครื่องแปลงผันดีซี-เอซี (DC - AC Converter) จำนวน 1 ชุด**

มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- 2.6.1. แรงดันแหล่งจ่าย : ไม่ต่ำกว่า 24 โวลต์ 240 วัตต์
- 2.6.2. อินเวอร์เตอร์แบบบริดจ์เฟสเดียว
- 2.6.3. มอสเฟต พิกัดไม่ต่ำกว่า 400 โวลต์ 20 แอมแปร์ จำนวน 4 ตัว
- 2.6.4. ตัวต้านทาน ไม่ต่ำกว่า 8 โอห์ม จำนวน 1 ตัว
- 2.6.5. ตัวเหนี่ยวนำ ไม่ต่ำกว่า 10 มิลลิเฮนรี่ จำนวน 1 ตัว
- 2.6.6. อินเวอร์เตอร์แบบบริดจ์สามเฟส
- 2.6.7. ไอจีบีที พิกัดไม่ต่ำกว่า 400 โวลต์ 20 แอมแปร์ จำนวน 6 ตัว
- 2.6.8. ตัวต้านทาน ไม่ต่ำกว่า 8 โอห์ม จำนวน 3 ตัว
- 2.6.9. ตัวเหนี่ยวนำ ไม่ต่ำกว่า 10 มิลลิเฮนรี่ จำนวน 3 ตัว
- 2.6.10. ใบบางการทดลองไม่น้อยกว่าหัวข้อดังต่อไปนี้
- อินเวอร์เตอร์แบบบริดจ์เฟสเดียวแบบรูปคลื่นสี่เหลี่ยม

- อินเวอร์เตอร์แบบบริดจ์เฟสเดียวแบบรูปคลื่น Unipolar Sine PWM
- อินเวอร์เตอร์แบบบริดจ์สามเฟสแบบรูปคลื่น Six-Step
- อินเวอร์เตอร์แบบบริดจ์สามเฟสแบบรูปคลื่น Sine PWM
- อินเวอร์เตอร์แบบบริดจ์สามเฟสแบบรูปคลื่น Space vector PWM
- อินเวอร์เตอร์แบบบริดจ์สามเฟสแบบ V/F control

**2.7) เครื่องปรับความเร็วรอบมอเตอร์ (Variable Speed Drive) จำนวน 1 ชุด**

มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- 2.7.1. แรงดันอินพุต : 3 เฟส 380 โวลต์ (หรือกว้างกว่า) 50 หรือ 60 เฮิร์ตซ์
- 2.7.2. พิกัดกำลัง : ไม่ต่ำกว่า 0.9 แรงม้า
- 2.7.3. แรงดันเอาต์พุต : ไม่ต่ำกว่า 380 โวลต์
- 2.7.4. ความถี่เอาต์พุต : 2 – 90 เฮิร์ตซ์ (หรือกว้างกว่า)
- 2.7.5. ความถี่สวิตช์ : ความถี่ปรับได้ 5 - 10 กิโลเฮิร์ตซ์ หรือกว้างกว่า
- 2.7.6. อนุบาลอกอินพุต : 1 – 10 โวลต์ หรือกว้างกว่า ปรับด้วยโพเทนทิโอมิเตอร์
- 2.7.7. ดิจิตอลอินพุต : ไม่ต่ำกว่า 6 อินพุต
- 2.7.8. การควบคุมแบบปิด : PID Control
- 2.7.9. การป้องกัน : แหล่งจ่ายแรงดันต่ำหรือสูง และเฟสหาย ชุดไดร์ลัดวงจร, กระแสเอาต์พุตสูง, ความร้อนชุดไดร์
- 2.7.10. รีโมทกราฟฟิกระดิสเพลย์เทอร์มินอล
- 2.7.11. ขนาดจอกราฟฟิก : 8 lines, 240 x 160 pixels หรือเทียบเท่าหรือกว้างกว่า
- 2.7.12. การแสดงผล : ความถี่เอาต์พุต, แรงดัน, กระแส, ความเร็วรอบ, เปอร์เซ็นต์กำลังไฟฟ้า, เปอร์เซ็นต์แรงบิด
- 2.7.13. มอเตอร์กระแสสลับ
- มอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟส พิกัดแรงดัน 220/380 โวลต์ หรือกว้างกว่า
  - พิกัดกำลัง ไม่ต่ำกว่า 0.4 แรงม้า พิกัดความถี่ 50 หรือ 60 เฮิร์ตซ์
  - โหลดไฟลวีล
  - เซนเซอร์ความเร็วรอบแบบพร็อกซิมิตี้
- 2.7.14. โปรแกรมการทดลองไม่น้อยกว่าหัวข้อดังต่อไปนี้
- Variable speed drive Setting
  - Standard constant torque
  - Voltage/Frequency ratio 2 points



- Voltage/Frequency ratio 5 points
- Variable standard torque
- Optimized torque mode
- AC Motor Speed Control by PID Control

รายละเอียดที่ 2 ชุดปฏิบัติการเครื่องจักรกลไฟฟ้าในระบบยานยนต์ไฟฟ้า จำนวน 1 ชุด  
ประกอบด้วย

- |                                                                          |             |
|--------------------------------------------------------------------------|-------------|
| 1. ชุดเรียนรู้ระบบการจัดการแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้า                         | จำนวน 1 ชุด |
| 2. ชุดเรียนรู้ระบบขับเคลื่อนยานยนต์ไฟฟ้า                                 | จำนวน 1 ชุด |
| 3. ชุดสถานีอัดประจุแบบ DC Quick Charge                                   | จำนวน 1 ชุด |
| 4. ชุดเครื่องมือบริการยานยนต์ไฟฟ้าชนิดหุ้มฉนวน 1000 V พร้อมตู้เครื่องมือ | จำนวน 1 ชุด |
| 5. จอภาพระบบสัมผัสเชิงตอบโต้                                             | จำนวน 2 ชุด |

มีรายละเอียดดังนี้

1. ชุดเรียนรู้ระบบการจัดการแบตเตอรี่ยานยนต์ไฟฟ้า จำนวน 1 ชุด

1.1 รายละเอียดทั่วไป

ชุดฝึกออกแบบเพื่อการศึกษาโดยเฉพาะ เป็นชุดฝึกปฏิบัติการเพื่อการเรียนรู้ระบบจัดการแบตเตอรี่ที่ใช้ในยานยนต์ไฟฟ้า เป็นระบบเทคโนโลยีที่มีใช้ในปัจจุบัน ใช้กล่องควบคุมระบบจัดการแบตเตอรี่จริงในการควบคุมระบบจัดการแบตเตอรี่ ติดตั้งอุปกรณ์บนแผงแบกกาไลท์ ขนาด W100xH70 cm. ชุดฝึกใช้งานกับระบบไฟฟ้า 220VAC, 50Hz

1.2 รายละเอียดทางเทคนิค

- 1.2.1 เป็นชุดทดลองประกอบด้วยระบบจัดการแบตเตอรี่ที่ใช้ในยานยนต์ไฟฟ้า ชุดแบตเตอรี่มีจำนวนไม่น้อยกว่า 14 เซลล์
- 1.2.2 เป็นแบตเตอรี่ชนิด  $\text{LiFePO}_4$  (Lithium iron phosphate) หรือชนิด LTO (Lithium titanium oxide) หรือดีกว่า
- 1.2.3 ฝาครอบชุดแบตเตอรี่ทำจากวัสดุโปร่งใสสามารถมองเห็นส่วนประกอบภายในได้เป็นอย่างดี
- 1.2.4 ออกแบบมาเพื่อให้ผู้เรียนสามารถทดลองเชื่อมต่อได้ โดยมีอุปกรณ์ป้องกันเพื่อความปลอดภัย
- 1.2.5 มีสวิตช์หยุดการทำงานฉุกเฉิน เมื่อเกิดความผิดพลาดในการทดลอง

- 1.2.6 มีชุดประจุไฟแรงดันไม่น้อยกว่า 46 โวลต์ หรือดีกว่า
- 1.2.7 ชุดประจุไฟมีฟังก์ชันการเรียนรู้การประจุไฟอัตโนมัติ หรือดีกว่า
- 1.2.8 มีหน้าจอแสดงผลขณะทำการประจุไฟ
- 1.2.9 สามารถประจุไฟให้กับแบตเตอรี่ของชุดทดลองได้
- 1.2.10 มีเซนเซอร์วัดอุณหภูมิที่แบตเตอรี่ หรือดีกว่า
- 1.2.11 มีอุปกรณ์ในการจัดการแบตเตอรี่แบบ BMS หรือดีกว่า
- 1.2.12 อุปกรณ์ควบคุมการประจุไฟ มีแรงดันไม่น้อยกว่า 40 โวลต์และกระแสไม่น้อยกว่า 20 แอมป์
- 1.2.13 มีระบบควบคุมการประจุและการปล่อยประจุ หรือดีกว่า
- 1.2.14 มีอุปกรณ์ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าแรงดันสูง หรือดีกว่า
- 1.2.15 ชุดประจุไฟมีฟังก์ชันการเรียนรู้การประจุไฟอัตโนมัติ หรือดีกว่า
- 1.2.16 มีมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงหรือกระแสสลับแบบไร้แปรงถ่าน หรือดีกว่า
- 1.2.17 มอเตอร์ไฟฟ้ามีแรงดันสูงสุดไม่น้อยกว่า 42 โวลต์ กำลังไม่น้อยกว่า 380 วัตต์  
ความเร็วสูงสุดไม่น้อยกว่า 2,000 รอบต่อนาที หรือดีกว่า
- 1.2.18 มีแป้นคันเร่งสำหรับควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า หรือดีกว่า
- 1.2.19 มีสวิตช์กุญแจ สำหรับเปิดการทำงาน หรือดีกว่า
- 1.2.20 พื้นของโต๊ะทดลองทำจากวัสดุที่เป็นฉนวนทางไฟฟ้าเพื่อความปลอดภัยของผู้ใช้งาน
- 1.2.21 ชุดทดลองสามารถใช้กับระบบไฟฟ้า 220 โวลต์ 50 เฮิร์ตซ์ พร้อมระบบป้องกัน หรือดีกว่า
- 1.2.22 มีหน้าจอแสดงค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้า ขนาดจอไม่น้อยกว่า 10 นิ้ว หรือดีกว่า
- 1.2.23 มีจุดต่อหรือเทอร์มินอลสำหรับใช้ในการวัดหรือทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ หรือดีกว่า
- 1.2.24 มีชุดจำลองข้อบกพร่องการทำงานของระบบ แบบควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ตั้งค่าได้ จำนวนไม่น้อยกว่า 10 สถานการณ์
- 1.2.25 โครงทำจากโลหะพ่นหรือเคลือบสีเพื่อป้องกันการเกิดสนิม
- 1.2.26 โครงขาโต๊ะเป็นแบบ 4 ขา เป็นโลหะมั่นคงแข็งแรงสามารถรับน้ำหนักชุดทดลองได้ เป็นอย่างดี
- 1.2.27 มีล้อ 4 ล้อ สามารถเคลื่อนที่ได้สะดวกและล็อกล้อได้ไม่น้อยกว่า 2 ล้อ หรือดีกว่า
- 1.2.28 ติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ และสามารถทำงานได้เสมือนจริง
- 1.2.29 แผงทดลองแนวตั้ง มีสัญลักษณ์ต่างๆ ใช้วิธีการทำสัญลักษณ์บนพื้นผิวแผงทดลอง

1.2.30 ชุดทดลองมีขนาด (กว้างxสูงxลึก) ไม่น้อยกว่า 1000 x1590 x 590 มิลลิเมตร

1.2.31 มีเอกสารประกอบการทดลองเป็นภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษ ในรูปแบบเล่ม หรือไฟล์บันทึกใน USB Drive หรือดีกว่า จำนวน 1 ชุด โดยส่งมอบให้ทางมหาวิทยาลัยในวันส่งมอบครุภัณฑ์

1.2.32 มีผ้าคลุมชุดทดลอง จำนวน 1 ผืน

## 2. ชุดเรียนรู้ระบบขับเคลื่อนยานยนต์ไฟฟ้า จำนวน 1 ชุด

### 2.1 รายละเอียดทั่วไป

ชุดฝึกออกแบบเพื่อการศึกษาโดยเฉพาะ เป็นชุดฝึกปฏิบัติการเพื่อการเรียนรู้ระบบขับเคลื่อนที่ใช้ในยานยนต์ไฟฟ้า เป็นระบบเทคโนโลยีที่มีใช้ในปัจจุบัน ใช้กล่องควบคุมระบบขับเคลื่อนยานยนต์จริงในการควบคุมระบบติดตั้งอุปกรณ์บนแผงแบกกาไลท์ขนาด W100xH70 cm. ชุดฝึกใช้งานกับระบบไฟฟ้า 220VAC, 50Hz

### 2.2 รายละเอียดทางเทคนิค

2.2.1 เป็นชุดทดลองที่ออกแบบมาเพื่อการศึกษาเกี่ยวกับระบบการทำงานของยานยนต์ไฟฟ้าที่มีใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบันโดยเฉพาะ

2.2.2 โครงทำจากโลหะพ่นหรือเคลือบสีเพื่อป้องกันการเกิดสนิม

2.2.3 โครงขาโต๊ะ เป็นโลหะมันคงแข็งแรงสามารถรับน้ำหนักชุดทดลองได้เป็นอย่างดี

2.2.4 มีล้อ 4 ล้อ สามารถเคลื่อนที่ได้สะดวกและล็อกล้อได้ไม่น้อยกว่า 2 ล้อ

2.2.5 ติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ และสามารถทำงานได้เสมือนยานยนต์ไฟฟ้าจริง

2.2.6 แผงทดลองแนวตั้งมีสัญลักษณ์ต่างๆ ใช้วิธีการทำสัญลักษณ์บนพื้นผิวแผงทดลอง

2.2.7 ชุดทดลองมีขนาด (กว้างxสูงxลึก) ไม่น้อยกว่า 1000 x 1590 x 590 มิลลิเมตร

2.2.8 ชุดทดลองมีเนื้อหาการเรียนรู้ไม่น้อยกว่านี้

2.2.8.1 แบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้า

2.2.8.2 การประจุไฟในยานยนต์ไฟฟ้า

2.2.8.3 อุปกรณ์การวัดในยานยนต์ไฟฟ้า

2.2.8.4 DC to DC Converter

2.2.8.5 การควบคุมมอเตอร์แบบ High Voltage

2.2.8.6 อุปกรณ์ป้องกัน

2.2.9 ชุดทดลองสามารถรองรับการเรียนรู้ได้ไม่น้อยกว่านี้

2.2.9.1 การวัดค่าความต้านทานของมอเตอร์ในยานยนต์ไฟฟ้า

2.2.9.2 การวัดความจุของแบตเตอรี่ในยานยนต์ไฟฟ้า



- 2.2.9.3 การวัดแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ในยานยนต์ไฟฟ้า
- 2.2.9.4 กราฟการใช้กำลังไฟฟ้าในยานยนต์ไฟฟ้า
- 2.2.9.5 การวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าที่แตกต่างกัน
- 2.2.9.6 การทดลองการจ่ายไฟฟ้าของแบตเตอรี่ในยานยนต์ไฟฟ้า
- 2.2.9.7 การทดลองอุปกรณ์ควบคุมมอเตอร์แรงดันสูงในยานยนต์ไฟฟ้า
- 2.2.9.8 การทดลองอุปกรณ์ควบคุมมอเตอร์แรงดันสูงในยานยนต์ไฟฟ้าพร้อมการวัดค่าต่างๆ
- 2.2.9.9 การทดลองอุปกรณ์การวัดและแสดงผลในยานยนต์ไฟฟ้า
- 2.2.9.10 การถอดประกอบเซลล์แบตเตอรี่และการวัดค่า
- 2.2.9.11 การทดลองการปรับแต่งแรงดันการประจุไฟ
- 2.2.9.12 การวัดค่าสัญญาณจากคันเกียร์ในยานยนต์ไฟฟ้า
- 2.2.9.13 การวัดค่าสัญญาณจากคันเร่งในยานยนต์ไฟฟ้า
- 2.2.9.14 การวัดค่าสัญญาณอุปกรณ์ควบคุมความเร็วในยานยนต์ไฟฟ้า
- 2.2.9.15 การทำงานของ Key Switch ในยานยนต์ไฟฟ้า
- 2.2.9.16 วงจรการแปลงไฟ DC to DC ในยานยนต์ไฟฟ้า
- 2.2.10 ชุดทดลองสามารถใช้กับระบบไฟฟ้า 220 โวลต์ 50 เฮิร์ตซ์ พร้อมระบบป้องกัน
  - 2.2.10.1 ชุดแบตเตอรี่ มีรายละเอียดไม่ได้น้อยกว่านี้
  - 2.2.10.2 เป็นแบตเตอรี่ชนิด  $\text{LiFePO}_4$  (Lithium iron phosphate) หรือชนิด LTO (Lithium titanium oxide) หรือดีกว่า
  - 2.2.10.3 เซลล์แบตเตอรี่ แรงดันไม่น้อยกว่า 3 โวลต์ และกระแสไม่น้อยกว่า 8 แอมป์ จำนวน 16 เซลล์ หรือมากกว่า
  - 2.2.10.4 ฝาครอบชุดแบตเตอรี่ทำจากวัสดุโปร่งใสสามารถมองเห็นส่วนประกอบภายในได้เป็นอย่างดี
  - 2.2.10.5 มีชุดประจุไฟแรงดันไม่น้อยกว่า 48 โวลต์ หรือดีกว่า
  - 2.2.10.6 ชุดประจุไฟมีฟังก์ชันการเรียนรู้การประจุไฟอัตโนมัติ หรือดีกว่า
  - 2.2.10.7 มีหลอดไฟแสดงสถานการณ์ทำงาน หรือดีกว่า
  - 2.2.10.8 สามารถประจุไฟให้กับแบตเตอรี่ของชุดทดลองได้
  - 2.2.10.9 มีคันเร่งของยานยนต์ไฟฟ้า
  - 2.2.10.10 มีคันเกียร์ของยานยนต์ไฟฟ้า
  - 2.2.10.11 มีอุปกรณ์ควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้า

2.2.10.12 มีตัวแสดงผลของยานยนต์ไฟฟ้า

2.2.10.13 มี Key switch

2.2.11 มีสายสำหรับต่อทดลองเพียงพอต่อการใช้งาน

2.2.12 มีเอกสารประกอบการทดลองเป็นภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษ ในรูปแบบเล่มหรือไฟล์บันทึกใน USB Drive หรือดีกว่า จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ชุด โดยส่งมอบให้ทางมหาวิทยาลัยในวันส่งมอบครุภัณฑ์

2.2.13 มีผ้าคลุมชุดทดลอง จำนวน 1 ผืน

### 3. ชุดสถานีอัดประจุแบบ DC Fast Chargeing

จำนวน 1 ชุด

มีรายละเอียดดังนี้

#### 3.1 รายละเอียดทั่วไป

3.1.1 ในปัจจุบันประเทศไทยเริ่มมีการใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในอนาคตอันใกล้ ปัญหาสำคัญของการใช้ยานยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทยส่วนหนึ่งมาจากสถานีอัดประจุแบบเร็ว (DC Fast Chargeing) ยังมีน้อยและตั้งอยู่ห่างกัน ต่างจากสถานีบริการน้ำมัน ที่มีปริมาณสูงและครอบคลุม การตั้งสถานีอัดประจुरถยนต์ไฟฟ้าแบบ DC Fast Chargeing ขนาด 50KW ในมหาวิทยาลัยจึงมีความเหมาะสมอย่างยิ่งในด้านของสถานที่ตั้ง และจะเป็นประโยชน์ต่อมหาวิทยาลัยในด้านการศึกษา การสร้างบุคลากรเกี่ยวกับเทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้า การเผยแพร่องค์ความรู้ รวมไปถึงจะเป็นประโยชน์ต่อสาธารณะในการจัดหาแหล่งพลังงานให้กับยานยนต์ไฟฟ้า

#### 3.2 รายละเอียดทางเทคนิค

3.2.1 ชุดเรียนรู้ระบบสถานีชาร์จแบบ DC Fast Chargeing จำนวน 1 ชุด

3.2.1.1 เป็นเครื่องสถานีชาร์จแบบ DC Fast Chargeing ขนาดไม่น้อยกว่า 50 kW

3.2.1.2 มีกำลังขับกระแสไฟขาออกสูงสุดไม่น้อยกว่า 200 A

3.2.1.3 มีอินพุต รายละเอียดไม่น้อยกว่าดังนี้

- แรงดันไฟฟ้าขาเข้าขนาดไม่น้อยกว่า 400 VAC  $\pm$  10% (3-ph)
- Min. Power Factor ขนาดไม่น้อยกว่า 0.98
- THDi :  $\leq$ 5%
- Efficiency:  $\geq$ 95%
- Input Frequency : 50Hz or 60 Hz
- AC Wiring : Three-Phase: L1, L2, L3, N, PE

3.2.1.4 Mechanical รายละเอียดไม่น้อยกว่าดังนี้

- Ingress Protection : IP54
- Impact Protection : IK10
- Product Dimension : 700 \* 550 \* 1800 mm (W\*D\*H)
- Mounting : Cabinet
- Accessories : Cable Holder, Pedestal Stand (optional)
- Material : Galvanized Steel

3.2.1.5 มีระบบป้องกันไม่น้อยกว่าดังนี้

- กระแสไฟเกิน, แรงดันไฟเกิน/ต่ำ, ไฟฟ้าลัดวงจร, ไฟฟ้า

3.2.1.6 ระบบแสดงผลไม่น้อยกว่า ดังนี้

- มีระบบ LED
- หน้าจอแสดงผลขนาดไม่น้อยกว่า 7 นิ้ว
- เครื่องอ่านชนิด ISO/IEC 14443 RFID Card Reader หรือดีกว่า
- สามารถเชื่อมต่อ บลูทูธ, Wifi ได้
- มีมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้า ความแม่นยำไม่น้อยกว่า 1%

3.2.1.7 อุณหภูมิในการทำงาน -30°C to 55°C หรือดีกว่า

3.2.1.8 อุณหภูมิในการจัดเก็บ -40°C to 75°C หรือดีกว่า

3.2.1.9 ระบบไฟฟ้าเข้า 400Vac  $\pm$ 10%, 50Hz, 3P+N+PE

3.2.1.10 มี Fan Cooling

3.2.1.11 เสียงรบกวนจากการทำงาน ไม่มากกว่า 65dB

3.2.1.12 ใต้รับมาตรฐาน CE; IEC62196-1/-3; IEC61851-1/-23/-24; SAE J1772  
เป็นอย่างน้อย โดยแนบเอกสารหลักฐานในวันยื่นข้อเสนอ

3.2.1.13 ระบบการสื่อสารกับรถยนต์ไฟฟ้า ตามมาตรฐาน DIN 70121 โดยแนบเอกสาร  
หลักฐานในวันยื่นข้อเสนอ

3.2.1.14 มีหัวจ่าย CCS2 จำนวนไม่น้อยกว่า 2 หัวจ่าย สามารถทำงานได้พร้อมกัน

3.2.1.15 กำลังไฟฟ้าสูงสุดของเครื่อง ไม่ต่ำกว่า 50 kW DC

3.2.1.16 มีแรงดัน Output voltage ในช่วง 150-950 VDC หรือกว้างกว่า

3.2.2 การติดตั้งสายไฟฟ้าและช่องทางเดินสายไฟต้องมีขนาดรองรับกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับ  
หัวจ่ายประจุไฟฟ้า ตามหลักวิชาการขนาดของสายไฟฟ้าอ้างอิงตามมาตรฐานตาราง



สายไฟฟ้าของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย โดยสายไฟฟ้าทุกประเภทต้องทำการติดตั้งในช่องเดินสายไฟฟ้าประเภทท่อหรือรางที่มีการติดตั้งอย่างมิดชิดและปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน

3.2.3 ผู้เสนอราคาต้องได้รับการแต่งตั้งตัวแทนจำหน่ายจากผู้ผลิตหรือตัวแทนจำหน่ายในประเทศไทย โดยให้ยื่นเอกสารหลักฐานขณะเข้าเสนอราคา

#### 4. ชุดเครื่องมือบริการยานยนต์ไฟฟ้าชนิดหุ้มฉนวน 1000 V พร้อมตู้เครื่องมือ จำนวน 1 ชุด

4.1 ตู้เครื่องมือลิ้นชักระบบอินเตอร์ล็อกจำนวนไม่น้อยกว่า 7 ชั้น

4.1.1 ขนาดตู้มีขนาดไม่น้อยกว่า สูงxกว้างxลึก 900x700x400 มิลลิเมตร

4.1.2 ท็อปบนตู้เป็นถาดโลหะ มีความแข็งแรงทนทาน

4.1.3 มือจับรถเข็นทำจากพลาสติก PP&TPR มีความนุ่ม แข็งแรง หุ้มขอบท้อปด้วยพลาสติก

4.1.4 ขอบตู้หุ้มด้วยพลาสติก PVC กันกระแทก

4.1.5 แผงด้านข้างตู้เป็นรูสำหรับใช้แขวนเครื่องมือ

4.1.6 มีล้ออุตสาหกรรมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 125 มิลลิเมตร (5 นิ้ว) สำหรับงานหนัก

4.1.7 ประกอบไปด้วยลิ้นชักระบบรางลูกปืน ขอบอลูมิเนียมพ่นสี ล็อคทุกลิ้นชักด้วยกุญแจดอกเดี่ยว ป้องกันตู้ไหลมาด้านหน้าด้วยระบบอินเตอร์ล็อก

4.1.8 ถาดเครื่องมือกันกระแทกไฟฟ้าแรงสูง ถาดที่ 1 จำนวน 1 ถาด ประกอบด้วยเครื่องมือหุ้มฉนวนดังนี้

- ถาดเครื่องมือกันกระแทกไฟฟ้าแรงสูง 20 ชั้น ประกอบด้วย

- ประแจแหวนทางเดียว จำนวน 7 อัน

- ประแจปากตายทางเดียว จำนวน 8 อัน

- ประแจหกเหลี่ยม จำนวน 5 อัน

4.1.9 ถาดเครื่องมือกันกระแทกไฟฟ้าแรงสูง ถาดที่ 2 จำนวน 1 ถาด ประกอบด้วยเครื่องมือหุ้มฉนวนดังนี้

- ถาดเครื่องมือกันกระแทกไฟฟ้าแรงสูง 16 ชั้น ประกอบด้วย

- ประแจหกเหลี่ยมด้ามตัวที่ จำนวน 5 อัน

- ค้อน ขนาด 160 มิลลิเมตร จำนวน 1 อัน

- เทปพันสายไฟยาว 10 เมตร จำนวน 1 อัน

- คีมคีบแบนขนาด 150 มิลลิเมตร จำนวน 2 อัน

- โคฟเวอร์ จำนวน 3 อัน

- แหนบปลายตรง จำนวน 1 อัน

- คีมตัดขนาด 6" จำนวน 1 อัน
- คีมแหลมขนาด 6" จำนวน 1 อัน
- คีมจิ้งจกขนาด 7" จำนวน 1 อัน

4.1.10 ถาดเครื่องมือกันกระแสไฟฟ้าแรงสูง ถาดที่ 3 จำนวน 1 ถาด ประกอบด้วยเครื่องมือหุ้มฉนวนดังนี้

- ถาดเครื่องมือกันกระแสไฟฟ้าแรงสูง 16 ชั้น ประกอบด้วย
- ไชควงแบน จำนวน 3 อัน
- ไชควงแฉกเบอร์ จำนวน 3 อัน
- ไชควงขนาดเล็ก จำนวน 3 อัน
- Socket Bit holder จำนวน 4 อัน
- มัลติเตอร์ จำนวน 1 เครื่อง
- ปากกาทดสอบแรงดันไฟฟ้า จำนวน 1 อัน
- มีด จำนวน 1 เล่ม

4.1.11 ถาดเครื่องมือกันกระแสไฟฟ้าแรงสูง ถาดที่ 4 จำนวน 1 ถาด ประกอบด้วยเครื่องมือหุ้มฉนวนดังนี้

- ถาดเครื่องมือกันกระแสไฟฟ้าแรงสูง จำนวน 36 ชั้น ประกอบด้วย
- ลูกบล็อกรูซัน 1/4" จำนวน 11 ลูก
- ลูกบล็อกรูซัน 1/2" จำนวน 12 ลูก
- ลูกบล็อกยาวรูซัน 1/2" จำนวน 3 ลูก
- ลูกบล็อกเดี่ยวโผล่หกเหลี่ยมรูซัน 1/4" จำนวน 5 ลูก
- ด้ามต่อบล็อกขนาด 1/4" ยาว 100 มิลลิเมตร จำนวน 1 อัน
- ด้ามต่อบล็อกขนาด 1/4" ยาว 150 มิลลิเมตร จำนวน 1 อัน
- ด้ามต่อบล็อกขนาด 1/2" ยาว 250 มิลลิเมตร จำนวน 1 อัน
- ด้ามขันพริก๊อกแก๊กขนาด 1/4" จำนวน 1 อัน
- ด้ามขันพริก๊อกแก๊กขนาด 1/2" จำนวน 1 อัน

4.1.12 ถาดเครื่องมือกันกระแสไฟฟ้าแรงสูง ถาดที่ 5 จำนวน 1 ถาด ประกอบด้วยเครื่องมือหุ้มฉนวนดังนี้

- ถาดเครื่องมือกันกระแสไฟฟ้าแรงสูง 16 ชั้น ประกอบด้วย
- ประแจแหวนทางเดียว คอ 75 องศา จำนวน 8 อัน
- ประแจปากตายทางเดียว จำนวน 8 อัน

4.1.13 ถาดเครื่องมือกันกระแสไฟฟ้าแรงสูง ถาดที่ 6 จำนวน 1 ถาด ประกอบด้วยเครื่องมือหุ้ม  
ฉนวนดังนี้

- ถาดเครื่องมือกันกระแสไฟฟ้าแรงสูง 16 ชั้น ประกอบด้วย
- ไชควงแบน SL จำนวน 4 อัน
- ไชควงแฉก PH จำนวน 4 อัน
- Socket Bit holder จำนวน 4 อัน
- ไชควงลองไฟ จำนวน 1 อัน

4.1.14 ถาดเครื่องมือกันกระแสไฟฟ้าแรงสูง ถาดที่ 7 จำนวน 1 ถาด ประกอบด้วยเครื่องมือหุ้ม  
ฉนวนดังนี้

- ถาดเครื่องมือกันกระแสไฟฟ้าแรงสูง 13 ชั้น ประกอบด้วย
- ประแจคอม้าขนาด 10" จำนวน 1 อัน
- ประแจหกเหลี่ยม จำนวน 5 อัน
- คีมตัดขนาด 6" จำนวน 1 อัน
- คีมแหลมขนาด 6" จำนวน 1 อัน
- คีมจิ้งจกขนาด 7" จำนวน 1 อัน
- คีมปอกสายไฟขนาด 6" จำนวน 1 อัน
- มัลติเตอร์ จำนวน 1 เครื่อง
- ปากกาทดสอบแรงดันไฟฟ้า จำนวน 1 อัน
- มีด จำนวน 1 เล่ม

## 5. จอภาพระบบสัมผัสเชิงตอบโต้

จำนวน 2 ชุด

รายละเอียดทางเทคนิค

- 5.1. ชนิดของจอภาพ ADS (DLED Backlight) แสดงอัตราส่วนแบบ 16:9 มีขนาดไม่น้อยกว่า 65 นิ้ว
- 5.2. จอแสดงผลทัชสกรีนใช้เทคโนโลยีระบบสัมผัสชนิด Infrared Recognition
- 5.3. หน้าจอของเครื่องต้องมีความละเอียดไม่น้อยกว่า 3840 x 2160 (4K) ที่ 1.07 พันล้านสี (10 bit)
- 5.4. มีโหมด Eye Care เพื่อถนอมสายตาผู้ใช้และหน้าจอสามารถปรับลดแสงจอได้เองอัตโนมัติจากการวัดแสงด้วยเซนเซอร์บนตัวเครื่องในโหมด Auto Light โดยทั้งสองโหมดนี้ต้องตั้งค่าเปิดปิดได้
- 5.5. หน้าจอมี Contrast Ratio อย่างน้อย 1,200:1 และมีความสว่างไม่น้อยกว่า 350 cd/m<sup>2</sup>
- 5.6. สามารถใช้งานได้ไม่ต่ำกว่า 30,000 ชั่วโมงเป็นอย่างน้อย
- 5.7. หน้าจอต้องมี Pixel Pitch ไม่เกิน 0.372 x 0.372 mm เพื่อให้ได้ภาพที่คมชัดและมีรายละเอียดที่ครบถ้วน
- 5.8. ชนิดกระจกหน้าจอ Tempered Glass ความหนาไม่น้อยกว่า 3 มิลลิเมตร และมีระดับความแข็งของแร่ตามมาตรฐานโมห์สเกลไม่ต่ำกว่า 7 หรือดีกว่า



- 5.9. จอแสดงผลมีระบบป้องกันการกระพริบของภาพ (flicker free) และมีกระจกป้องกันการสะท้อนของแสงได้ (Anti-glare glass)
- 5.10. หน้าจอต้องมีมุมในการมองภาพไม่น้อยกว่า 178/178 เพื่อการมองภาพที่ชัดเจนจากมุมมองด้านข้าง
- 5.11. มีการตอบสนองต่อการสัมผัสไม่เกินกว่า 10 มิลลิวินาที และรองรับจุดสัมผัสได้เล็กสุดถึง 3 มิลลิเมตร
- 5.12. มีระยะห่างตรงจุดศูนย์กลางระหว่างจอภาพและกระจก เป็นศูนย์ (Zero Air Gap) เพื่อความแม่นยำในการเขียนและสัมผัส
- 5.13. สามารถสัมผัสจอโดยใช้มือ ปากกาหรือวัสดุทึบแสง ช่วยในการเขียนได้โดยเขียนพร้อมกันได้อย่างน้อย 20 จุดและรองรับการสัมผัสพร้อมกันได้อย่างน้อย 40 จุด
- 5.14. ตัวเครื่องมาพร้อมระบบปฏิบัติการ Android 11 , RAM 8G/ ROM 64G , CPU 4x ARM Cortex-A55 @ 1.92 GHz หรือดีกว่า และมีหน่วยประมวลผลกราฟฟิก (GPU) เป็น Mali G52MP2 หรือดีกว่า
- 5.15. มีปากกาที่มาพร้อมกับตัวเครื่อง 2 ด้าม โดยปากกา 1 แท่งสามารถใช้ได้ 2 สีพร้อมกัน โดยใช้ขนาดของหัวปากกาเป็นตัวกำหนดสีที่ใช้เขียนบนการทำงานของระบบปฏิบัติการ Android เป็นอย่างน้อย
- 5.16. ตัวเครื่องรองรับการเชื่อมต่อผ่าน USB Touch ร่วมกับ HDMI เพื่อใช้กับคอมพิวเตอร์ภายนอกให้สามารถส่งภาพ เสียง และสามารถสัมผัสหน้าจอที่แสดงผลจากคอมพิวเตอร์ภายนอกได้
- 5.17. ตัวเครื่องรองรับการใช้งาน USB Type C กับการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ภายนอก, มือถือ, แท็บเล็ต ที่รองรับการส่งสัญญาณภาพผ่าน USB Type C เพื่อส่งภาพ, เสียง และสามารถสัมผัสหน้าจอที่แสดงผลจากแหล่งสัญญาณที่มาต่อได้
- 5.18. มีช่องต่อสัญญาณอยู่ด้านหน้าและด้านหลังเพื่อสะดวกแก่การใช้งานและการติดตั้ง โดยมีช่องต่อสัญญาณได้แก่
  - 5.18.1. มีช่องต่อสัญญาณคอมพิวเตอร์ VGA Input ไม่น้อยกว่า 1 ช่อง
  - 5.18.2. มีช่องต่อสัญญาณ HDMI Input ไม่น้อยกว่า 2 ช่อง
  - 5.18.3. มีช่องต่อสัญญาณ USB Type C ไม่น้อยกว่า 1 ช่อง
  - 5.18.4. มีช่องต่อสัญญาณ USB 2.0 ไม่น้อยกว่า 1 ช่อง
  - 5.18.5. มีช่องต่อสัญญาณ USB 3.0 ไม่น้อยกว่า 3 ช่อง โดยสามารถสลับการใช้งานอัตโนมัติตามระบบปฏิบัติการที่ใช้อยู่แบบ Android หรือ Window ได้
  - 5.18.6. มีช่องต่อสัญญาณ TOUCH 2.0 อย่างละ 2 ช่อง
  - 5.18.7. มีช่องต่อสัญญาณเสียง AUDIO IN ไม่น้อยกว่า 1 ช่อง
  - 5.18.8. มีช่องต่อสัญญาณเสียง AUDIO OUT ไม่น้อยกว่า 1 ช่อง
  - 5.18.9. มีช่องต่อสัญญาณ RS232 ไม่น้อยกว่า 1 ช่อง
  - 5.18.10. มีช่องต่อสัญญาณ RJ45 IN ไม่น้อยกว่า 1 ช่อง
  - 5.18.11. มีช่องต่อสัญญาณ RJ45 OUT จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ช่อง

- 5.18.12. ช่องต่อสัญญาณ HDMI Output (4k@60hz) ไม่น้อยกว่า 1 ช่อง
- 5.18.13. มีตัวรับสัญญาณWIFI และตัวส่งสัญญาณ Hotspot อยู่ในตัวเดียวกันแบบไม่มีเสาสัญญาณและสามารถถอดแยกออกจากตัวเครื่องได้เพื่อซ่อมบำรุงได้
- 5.19. มีซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการเขียนที่มาพร้อมกับตัวเครื่อง ซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้
  - 5.19.1. ในการเขียนต้องสามารถเลือกสี ขนาด และชนิดของปากกาได้
  - 5.19.2. สามารถใช้ฝ่ามือทำหน้าที่เสมือนแปรงลบกระดานได้อัตโนมัติโดยไม่ต้องเลือกเมนูอย่างลบ
  - 5.19.3. สามารถแปลงตัวหนังสือภาษาอังกฤษจากลายมือเป็นตัวพิมพ์ได้และต้องสามารถกดคำสั่งเพื่อให้คำที่แปลงนั้นค้นหาผ่าน Google ได้ทันที
  - 5.19.4. สามารถนำรูปที่ค้นหาผ่าน Google เข้ามายังพื้นที่การเขียนได้
  - 5.19.5. มีฟังก์ชัน Post it เพื่อสำหรับโน้ตบนพื้นที่เขียนในซอฟต์แวร์
  - 5.19.6. สามารถสร้างตารางและเขียนสิ่งต่างๆลงในช่องตารางโดยขนาดช่องจะต้องปรับขนาดได้เองโดยอัตโนมัติ
  - 5.19.7. สามารถแชร์สิ่งที่เขียนบนกระดานทำเป็น QR Code เพื่อส่งต่อได้
  - 5.19.8. โปรแกรมสำหรับการเรียนรู้มีเนื้อหาเรียนในรูปแบบกิจกรรม และสามารถปรับเปลี่ยนแก้ไขเพิ่มเติมในส่วนเนื้อหาของเนื้อหาได้
  - 5.19.9. สามารถนำข้อมูลภาพ และไฟล์วิดีโอ เพื่อทำสไลด์ช่วยในการเตรียมการสอนได้
  - 5.19.10. มีซอฟต์แวร์เสริมที่สามารถสร้างรูปทรงเรขาคณิตแบบ 3 มิติ และสามารถใส่สีลงบนพื้นวัตถุ และสามารถคลิกวัตถุออกเพื่อแสดงส่วนประกอบในแต่ละด้านของวัตถุนั้นได้
  - 5.19.10. มีซอฟต์แวร์เสริมที่มีฟังก์ชันการเขียนรูปทรงแบบเส้นตรง โดยมีจุดเริ่มต้นและสิ้นสุดมาบรรจบกันและยังสามารถแสดงองศาของมุมแต่ละมุมในรูปทรงนั้นได้ และสามารถ zoomองศามุมได้
- 5.20. ต้องมี Software ที่ติดมากับตัวเครื่อง โดยใช้งานได้บนอุปกรณ์ทั้งในระบบ Android และ Windows (Option) เพื่อใช้โต้ตอบระหว่างผู้สอนกับผู้เรียน โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้
  - 5.20.1. ผู้เรียนสามารถเข้าใช้งานซอฟต์แวร์โดยการสแกน QR Codeหรือเข้าผ่าน Link ได้ และสามารถส่งข้อความต่างๆ เช่นคำถาม ได้ทั้งข้อความภาษาอังกฤษ ภาษาไทย และตัวอิมจิ โดยข้อความจะเป็นตัววิ่งให้ผู้สอนได้เห็นบนหน้าจอ
  - 5.20.2. ผู้สอนสามารถเขียนคำถาม หรือทำแบบทดสอบก่อนเรียนหรือหลังเรียน เป็นไฟล์ในรูปแบบตัวเลือก (Choice) ได้ทั้งแบบเลือกคำตอบเดียวหรือเลือกแบบหลายคำตอบได้ โดยที่ผู้เรียนสามารถส่งคำตอบผ่านอุปกรณ์ได้เลยทั้งระบบ Android และ iOS และสามารถ Export File เป็น EXCEL ออกมารายงานเป็นคะแนนของนักเรียนแต่ละคนเก็บไว้ได้เลย
  - 5.20.3. มีระบบสุ่มเลือกชื่อผู้เรียนในการร่วมทำกิจกรรมได้ เป็นชื่อนักเรียนที่กำหนดไว้แล้ว
  - 5.20.4. มีระบบที่ผู้เรียนสามารถขอตอบคำถาม แทนการยกมือตอบโดยที่ชื่อของนักเรียนคนแรกจะไปขึ้นบนกระดาน



- 5.21. ในระบบ Android ต้องรองรับการทำงานแบบ Multi-Windows ซึ่งสามารถเปิดแอปพลิเคชันได้พร้อมกันบนกระดานได้ไม่น้อยกว่า 4 แอปพลิเคชัน และปรับขนาดของหน้าต่างแอปพลิเคชันได้
- 5.22. มีระบบ Auto Shutdown / Auto Start ที่สามารถตั้งเวลาเปิด-ปิดเครื่องได้ แยกในแต่ละวันและเวลาได้
- 5.23. สามารถจัดทำตราสัญลักษณ์ ( Logo ) ให้เป็นของหน่วยงานได้โดยจะแสดงภาพเวลาเปิดเครื่อง
- 5.24. มีลำโพงขนาดไม่น้อยกว่า 16 วัตต์ จำนวนไม่น้อยกว่า 2 ตัว
- 5.25. สามารถใช้งานอินเทอร์เน็ตโดยต่อสาย Lan (RJ45) เพียงเส้นเดียว ก็สามารถใช้งานได้ทั้ง Android และ Windows(Optional)
- 5.26. ใช้กระแสไฟฟ้า 100-240V AC 50/60Hz และมีอัตราการใช้ไฟสถานะสแตนด์บาย 0.5 วัตต์หรือดีกว่า
- 5.27. ตัวเครื่องสามารถทำงานได้ในสภาพแวดล้อมที่มีความชื้นอย่างน้อย 10% RH จนถึง 90% RH
- 5.28. ตัวเครื่องสามารถเก็บรักษาในสภาพแวดล้อมตั้งแต่อุณหภูมิ -20°C จนถึง 60°C
- 5.29. รองรับคอมพิวเตอร์ที่สามารถถอดออกจากตัวเครื่องหรือประกอบเข้าไปแบบ Built-in ได้ (Detachable) แบบไม่มีสายพ่วงต่อ เพื่อความสะดวกในการใช้งาน
- 5.30. มีซอฟต์แวร์รองรับการส่งสัญญาณจากอุปกรณ์มือถือ แท็บเล็ต แบบไร้สายได้ทั้งภาพและเสียง และสามารถควบคุมหน้าจอของเครื่องคอมพิวเตอร์ ,โน้ตบุ๊ก และแท็บเล็ตที่รองรับการต่อ WIFI ได้บนหน้าจอกระดาน โดยสามารถใช้อุปกรณ์ขึ้นไปบนหน้าจอได้ถึง 9 หน้าจอ
- 5.31. ผลิตภัณฑ์ที่เสนอจะต้องได้รับการจดทะเบียนเครื่องหมายการค้าในประเทศไทย โดยแนบเอกสารขณะเข้าเสนอราคา เพื่อให้บริการหลังการขายที่มีประสิทธิภาพ
- 5.32. เจ้าของผลิตภัณฑ์ต้องมีสำนักงานใหญ่อยู่ในประเทศไทยและมีศูนย์บริการของเจ้าของผลิตภัณฑ์อยู่ในประเทศไทยไม่น้อยกว่า 4 สาขา เพื่อให้บริการหลังการขายที่มีประสิทธิภาพ
- 5.33. ผู้เสนอราคาจะต้องรับประกันคุณภาพสินค้าไม่น้อยกว่า 1 ปีแบบ Onsite-Service (หากกรณีเกิดปัญหาเกี่ยวกับตัวสินค้า ต้องมีบริการตรวจเช็คสินค้าหน้างาน ตลอดอายุการใช้งานและมีบริการให้คำแนะนำการใช้งานได้ตลอด 24 ชั่วโมง) โดยมีหนังสือรับรองจากบริษัทผู้นำเข้าหรือเจ้าของผลิตภัณฑ์ที่มีสำนักงานภายในประเทศไทย เพื่อให้บริการหลังการขายที่มีประสิทธิภาพ โดยแนบเอกสารขณะเข้าเสนอราคา

#### รายละเอียดอื่นๆ

1. บริษัทผู้เสนอราคาต้องแนบแคตตาล็อก ซึ่งมีรายละเอียดข้อมูลทางเทคนิค มาพร้อมกับใบเสนอราคา เพื่อให้ประกอบการพิจารณา
2. บริษัทผู้เสนอราคาต้องจัดฝึกอบรมการใช้งานชุดฝึกให้กับอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลังการส่งมอบเป็นจำนวนอย่างน้อย 2 วัน



## เงื่อนไขอื่นๆ

ผู้เสนอราคาจะต้องทำตารางเปรียบเทียบคุณสมบัติของครุภัณฑ์ โดยเปรียบเทียบระหว่างคุณสมบัติของครุภัณฑ์ที่มหาวิทยาลัยกำหนดเปรียบเทียบกับคุณสมบัติของครุภัณฑ์ที่ผู้เสนอราคานำเสนอ พร้อมทั้งแนบแคตตาล็อกประกอบครุภัณฑ์ทุกรายการ โดยทำการเขียนหมายเลขข้อและใช้ปากกาไฮไลต์ข้อความ ระบุหน้าให้ตรงกับคุณสมบัติที่ผู้เสนอราคานำเสนอ หากครุภัณฑ์รายการใดไม่มีข้อความหรือรายละเอียดตรงตามที่มหาวิทยาลัยฯ กำหนดอยู่ภายในแคตตาล็อกที่นำเสนอ ให้ผู้เสนอราคานำใบรับรองคุณสมบัติของครุภัณฑ์ที่นำเสนอจากเจ้าของผลิตภัณฑ์หรือตัวแทนจำหน่ายจากผู้ผลิตหรือบริษัทสาขาของผู้ผลิตในประเทศไทย โดยแนบเอกสารใบรับรองคุณสมบัติของครุภัณฑ์ที่นำเสนอ ยืนยันมาในวันยื่นข้อเสนอในระบบอิเล็กทรอนิกส์

### 5. กำหนดเวลาส่งมอบพัสดุ

ภายใน 150 วัน นับถัดจากวันที่ลงนามในสัญญาซื้อขาย

### 6. หลักเกณฑ์ในการพิจารณาคัดเลือกข้อเสนอ

แบ่งเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

- 6.1 ขั้นตอนที่ 1 คณะกรรมการฯ จะพิจารณาเอกสารที่ยื่นข้อเสนอได้เสนอมาโดยพิจารณาคุณสมบัติ ความถูกต้องครบถ้วนตามเงื่อนไข
- 6.2 ขั้นตอนที่ 2 คณะกรรมการฯ จะพิจารณาโดยใช้เกณฑ์ราคา พิจารณาจากราคารวม

### 7. วงเงินงบประมาณ/วงเงินที่ได้รับการจัดสรร

วงเงิน 8,456,500 บาท (แปดล้านสี่แสนห้าหมื่นหกพันห้าร้อยบาทถ้วน)

### 8. กำหนดการจ่ายเงิน

กำหนดจ่ายเงินเพียง 1 งวด เบิกจ่ายเมื่อผู้ขายดำเนินงานทั้งหมดเสร็จสิ้นเป็นไปตามสัญญา และคณะกรรมการตรวจรับพัสดุลงนามตรวจรับเรียบร้อยแล้ว

### 9. อัตราค่าปรับ

ร้อยละ 0.20

### 10. กำหนดระยะเวลารับประกันความชำรุดบกพร่อง

ระยะเวลาไม่น้อยกว่า 1 ปี