

## ร่างขอบเขตของงาน

สำหรับการซื้อ ชุดปฏิบัติการระบบควบคุมของระบบขับเคลื่อนในยานยนต์ไฟฟ้าสมัยใหม่ ตำบลในเมือง  
อำเภอเมืองนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา จำนวน ๔ ชุด

### ๑. ความเป็นมา

การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงภายในรถยนต์ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ เช่น PM ๒.๕ ที่ประเทศไทยกำลังเผชิญ และตระหนักถึงปัญหานี้ จึงได้ผลักดันนโยบายให้มีการใช้รถยนต์ไฟฟ้าเพื่อลดการปล่อยก๊าซพิษ โดยในระยะเริ่มต้นได้มีการนำยานยนต์ไฟฟ้ามาใช้งานขนส่งสาธารณะเป็นตัวอย่างนำร่อง มีการส่งเสริมการลงทุนให้แก่ผู้ผลิตรายยนต์ไฟฟ้า ยกเว้นภาษีนำเข้าชิ้นส่วน และอุปกรณ์เกี่ยวกับยานยนต์ไฟฟ้า โดยมีเป้าหมายที่จะส่งเสริมให้มีการใช้ยานยนต์ไฟฟ้าจำนวน ๑.๒ ล้านคัน ภายในปี ๒๕๗๙ นอกจากนี้แล้วอุตสาหกรรมยานยนต์ไฟฟ้ายังเป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมเป้าหมาย (S-Curve) ของประเทศ ซึ่งมหาวิทยาลัยได้นำมากำหนดเป็นยุทธศาสตร์ที่มีส่วนร่วมในการขับเคลื่อนประเทศ

ดังนั้นเพื่อเป็นการสร้างบุคลากรรองรับการเจริญเติบโตของอุตสาหกรรมยานยนต์ไฟฟ้าในอนาคต จึงมีความจำเป็นที่จะต้องจัดซื้อครุภัณฑ์ชุดปฏิบัติการระบบขับเคลื่อนในยานยนต์สมัยใหม่ เพื่อนำมาใช้ในการเรียนการสอนเชิงปฏิบัติการของนักศึกษาทั้งระดับปริญญาตรี และปริญญาโท ตอบสนองต่อนโยบายของมหาวิทยาลัยที่ต้องการสร้างบัณฑิตนักปฏิบัติ นอกจากนี้แล้วยังสามารถนำมาใช้เป็นชุดฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการให้กับบุคคลภายนอก ชุดทดลองดังกล่าวสามารถที่จะใช้ในการศึกษาและทดสอบการทำงานของระบบควบคุมการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงทั้งแบบลูปเปิด และแบบลูปปิด ระบบควบคุมการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบบ vector control และแบบ V/F ซึ่งระบบควบคุมดังกล่าวถูกนำมาใช้เป็นตัวควบคุมของระบบขับเคลื่อนยานยนต์ไฟฟ้า

### ๒. วัตถุประสงค์

๒.๑ เพื่อใช้เป็นชุดฝึกปฏิบัติการในการพัฒนาและผลิตกำลังคนด้านระบบขับเคลื่อนยานยนต์ไฟฟ้า

๒.๒ เพื่อใช้เป็นชุดทดสอบด้านการวิจัยพัฒนาองค์ความรู้ด้านยานยนต์ไฟฟ้า

### ๓. คุณสมบัติผู้เสนอราคา

๓.๑ มีความสามารถตามกฎหมาย

๓.๒ ไม่เป็นบุคคลล้มละลาย

๓.๓ ไม่อยู่ระหว่างเลิกกิจการ

๓.๔ ไม่เป็นบุคคลซึ่งอยู่ระหว่างถูกระงับการยื่นข้อเสนอหรือทำสัญญากับหน่วยงานของรัฐไว้ชั่วคราว เนื่องจากเป็นผู้ที่ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินผลการปฏิบัติงานของผู้ประกอบการตามระเบียบที่รัฐมนตรีว่าการกระทรวงการคลังกำหนดตามที่ประกาศเผยแพร่ในระบบเครือข่ายสารสนเทศของกรมบัญชีกลาง

๓.๕ ไม่เป็นบุคคลซึ่งถูกระงับชื่อไว้ในบัญชีรายชื่อผู้ทำงานและได้แจ้งเวียนชื่อให้เป็นผู้ทำงานของหน่วยงานของรัฐในระบบเครือข่ายสารสนเทศของกรมบัญชีกลาง ซึ่งรวมถึงนิติบุคคลที่ผู้ทำงานเป็นหุ้นส่วนผู้จัดการ กรรมการผู้จัดการ ผู้บริหาร ผู้มีอำนาจในการดำเนินงานในกิจการของนิติบุคคลนั้นด้วย

๓.๖ มีคุณสมบัติและไม่มีลักษณะต้องห้ามตามที่คณะกรรมการนโยบายการจัดซื้อจัดจ้างและการบริหารพัสดุภาครัฐกำหนดในราชกิจจานุเบกษา

๓.๗ เป็นบุคคลธรรมดาหรือนิติบุคคลผู้มีอาชีพขายพัสดุที่ประกวดราคาอิเล็กทรอนิกส์ดังกล่าว

๓.๘ ไม่เป็นผู้มีผลประโยชน์ร่วมกันกับผู้ยื่นข้อเสนอรายอื่นที่เข้ายื่นข้อเสนอให้แก่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ณ วันประกาศประกวดราคาอิเล็กทรอนิกส์ หรือไม่เป็นผู้กระทำการอันเป็นการขัดขวางการแข่งขันอย่างเป็นธรรมในการประกวดราคาอิเล็กทรอนิกส์ครั้งนี้

๓.๙ ไม่เป็นผู้ได้รับเอกสิทธิ์หรือความคุ้มกัน ซึ่งอาจปฏิเสธไม่ยอมขึ้นศาลไทย เว้นแต่รัฐบาลของผู้ยื่นข้อเสนอได้มีคำสั่งให้สละเอกสิทธิ์และความคุ้มกันเช่นนั้น

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

**๔. แบบรูปรายการ หรือคุณลักษณะเฉพาะ**

รายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะ (ตามเอกสารแนบ)

**๕. ระยะเวลาดำเนินการ**

ภายใน ๑๒๐ วัน นับถัดจากวันลงนามในสัญญา

**๖. ระยะเวลาส่งมอบของหรืองาน**

ภายใน ๑๒๐ วัน นับถัดจากวันลงนามในสัญญา

**๗. วงเงินในการจัดหา**

เป็นจำนวนเงิน ๓,๖๐๐,๐๐๐ บาท (สามล้านบาทถ้วน)

**๘. หลักเกณฑ์การพิจารณาคัดเลือกข้อเสนอ**

การพิจารณาคัดเลือกข้อเสนอใช้เกณฑ์ราคา โดยพิจารณาจากราคารวม

คณะกรรมการร่างขอบเขตของงาน และกำหนดรายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะ

๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พินิจ ศรีธร ประธานกรรมการ

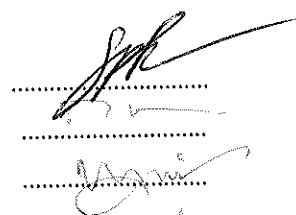
๒. รองศาสตราจารย์ ดร.ภาณท์ เกิดชื่น กรรมการ

๓. อาจารย์ ดร.มงคล ด้านบำรุงตระกูล กรรมการและเลขานุการ

ลงชื่อ ..... (ผู้อนุมัติ)

(รองศาสตราจารย์ ดร.โฆษิต ศรีภูธร)

อธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน



## รายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะ

สำหรับการซื้อ ชุดปฏิบัติการระบบควบคุมของระบบขับเคลื่อนในยานยนต์ไฟฟ้าสมัยใหม่ ตำบลในเมือง อำเภอเมืองนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา จำนวน ๔ ชุด

### ๑. รายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะ

#### ๑.๑ ชุดปฏิบัติการระบบควบคุมของระบบขับเคลื่อนในยานยนต์ไฟฟ้าสมัยใหม่ จำนวน ๔ ชุด

##### ๑.๑.๑ รายละเอียดทั่วไป

๑.๑.๑.๑ เป็นชุดทดลองที่ออกแบบสำหรับการทดลองหรือการพัฒนา ที่ใช้การประมวลผลเชิงตัวเลขด้วยตัวประมวลผลแบบ DSP (Digital Signal Processing) เป็นตัวประมวลผลหลัก

๑.๑.๑.๒ รองรับการใช้งานร่วมกับโปรแกรม Matlab/Simulink เพื่อการพัฒนาและเขียนโปรแกรมสั่งงานควบคุม

๑.๑.๑.๓ ชุดบอร์ดทดลอง DSP สามารถใช้งานทดลองในการควบคุมแบบ Digital Input/Output, Analog Input/ Output, PWM, Encoder Sensor, Hall Sensor ได้

๑.๑.๑.๔ สามารถทำการทดลองควบคุมทางด้านอิเล็กทรอนิกส์กำลังแบบ BUCK, BOOST, CUK, Temperature ได้

๑.๑.๑.๕ สามารถทำการทดลองควบคุมการขับเคลื่อนมอเตอร์แบบ Three Phase Squirrel Motor, DC Shunt Motor, Brushless DC Motor, Three Phase Servo Motor ได้

๑.๑.๑.๖ ชุดโหลดทางกลเป็นแบบ Electromagnetic Brake และตัวแสดงผลแรงบิด ความเร็วรอบ สำหรับการทดสอบมอเตอร์

๑.๑.๑.๗ ชุด Power Inverter ที่ใช้ประกอบการทดลอง สามารถใช้งานกับแรงดัน ๑ เฟส หรือ ๓ เฟสได้ ขนาดพิกัดทางด้านเอาต์พุตไม่น้อยกว่า ๑kW

๑.๑.๑.๘ ชุดเครื่องมือวัด ๔CH Digital Oscilloscope และ ชุด V-I Sensor ๔CH แบบ Ground Isolated

๑.๑.๑.๙ ชุดโต๊ะปฏิบัติการขนาดไม่น้อยกว่า ๘๐๐mm.x๑๕๐๐mm.x๘๐๐mm. (กxย xส) พร้อม Rack ๒ ระดับ

๑.๑.๑.๑๐ ชุดคอมพิวเตอร์ประมวลผลเป็นแบบตั้งโต๊ะ

๑.๑.๑.๑๑ ชุดทดลองออกแบบเป็นระบบ Panel System มีการพิมพ์อักษรกำกับหรือสัญลักษณ์ไว้อย่างชัดเจนด้วยเทคนิค การพิมพ์แบบกัดเซาะร่อง

##### ๑.๑.๒ รายละเอียดด้านเทคนิค ประกอบด้วย

๑.๑.๒.๑ DSP Control Unit จำนวน ๔ ชุด ประกอบด้วย

- ตัวประมวลผลเป็นแบบ ๓๒Bits ความถี่ไม่น้อยกว่า ๑๕๐MHz
- หน่วยความจำแบบ Flash ไม่น้อยกว่า ๒๕๖kB แบบ RAM ไม่น้อยกว่า ๓๔kB
- มีจุดต่ออินพุต/เอาต์พุต ที่สามารถต่อใช้งานโดยผ่าน socket ขนาด ๒mm.

สำหรับใช้งานต่างๆ ดังนี้

(๑) Digital Input จำนวนไม่น้อยกว่า ๘ ช่อง ใช้กับระดับแรงดันไฟฟ้าได้ไม่เกิน +๕V

(๒) Digital Output จำนวนไม่น้อยกว่า ๘ ช่อง ใช้กับระดับแรงดันไฟฟ้าได้ไม่เกิน +๕V

(๓) Analog Input จำนวนไม่น้อยกว่า ๘ ช่อง ใช้กับระดับแรงดันในช่วง - ๑๐V ถึง +๑๐V หรือในช่วงที่กว้างกว่า

(๔) Analog Output จำนวนไม่น้อยกว่า ๔ ช่อง ใช้กับระดับแรงดันไฟฟ้าในช่วง -๑๐V ถึง ๑๐V หรือในช่วงที่กว้างกว่า

- (๕) PWM Output จำนวนไม่น้อยกว่า ๔ ชุด ชุดละ ๒ ช่อง ใช้กับระดับแรงดันไฟฟ้าไม่เกิน +๕V
- (๖) Encoder Sensor Input จำนวนไม่น้อยกว่า ๑ ชุด สามารถรับสัญญาณแบบ A, B, Z ใช้กับระดับแรงดันไฟฟ้าไม่เกิน +๕V
- (๗) Hall sensor Input จำนวนไม่น้อยกว่า ๑ ชุด ใช้กับระดับแรงดันไฟฟ้าไม่เกิน +๕V
- ชุดพอร์ตสำหรับโปรแกรมเป็นแบบ USB
- ๑.๑.๒.๒ Basic Input/Output Interfacing จำนวน ๔ ชุด ประกอบด้วย
- เป็นชุดบอร์ดอินเตอร์เฟซแบบพื้นฐานที่ออกแบบเพื่อการทดลองร่วมกับชุด DSP Control Unit
  - ชุดอุปกรณ์อินเตอร์เฟซประกอบด้วยส่วนต่างๆ สำหรับใช้งานต่างๆ ดังนี้
- (๑) ชุด Toggle Switch จำนวนไม่น้อยกว่า ๘ ตัว ใช้กับระดับแรงดันไฟฟ้าไม่เกิน +๕V
- (๒) ชุดตัวแสดงผลแบบ LED จำนวนไม่น้อยกว่า ๘ ตัว ใช้กับระดับแรงดันไฟฟ้าไม่เกิน +๕V
- (๓) ชุดตัวต้านทานแบบปรับค่าได้ จำนวนไม่น้อยกว่า ๔ ตัว สามารถปรับระดับแรงดันไฟฟ้าในช่วง -๑๐V ถึง +๑๐V หรือในช่วงที่กว้างกว่า
- (๔) ชุด Voltmeter แบบเข็มชี้ตรงกลาง ขนาดสเกลอยู่ในช่วง -๑๐V ถึง +๑๐V หรือในช่วงที่กว้างกว่า
- (๕) Function Generator ย่านความถี่ใช้งานสูงสุดไม่น้อยกว่า ๑๐๐kHz, สามารถปรับย่านความถี่ได้ สามารถเลือกรูปแบบสัญญาณเอาต์พุตเป็นแบบ Sine, Square, Triangle ได้ มีขนาดแรงดันเอาต์พุตอยู่ในช่วง -๑๐V ถึง +๑๐V หรือในช่วงที่กว้างกว่า ทางด้านเอาต์พุตสามารถใช้งานได้ทั้งแบบ ๕๐ohm และ TTL
- สามารถต่อใช้งานโดยผ่าน socket ขนาด ๒mm.
- ๑.๑.๒.๓ BUCK CONVERTER จำนวน ๔ ชุด ประกอบด้วย
- ชุดกำเนิดสัญญาณแบบ PWM สามารถกำเนิดสัญญาณแบบเลือกความถี่ได้ไม่น้อยกว่า ๖ ระดับ อยู่ในช่วง ๑๕kHz ถึง ๔๐kHz หรือในช่วงที่กว้างกว่า
  - สามารถปรับค่า Duty Cycle (Ton/T) อยู่ในช่วง ๑๐% ถึง ๙๐% หรือในช่วงที่กว้างกว่า
  - สามารถรองรับสัญญาณคำสั่ง (Set Point) เพื่อควบคุมค่า Duty Cycle โดยใช้ขนาดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงอยู่ในช่วง ๐ ถึง ๑๐V หรือในช่วงที่กว้างกว่า โดยสามารถต่อใช้งานเป็นแบบที่รับคำสั่งสัญญาณคำสั่งจากบอร์ดการทดลองโดยตรงหรือแบบรับสัญญาณคำสั่งจากภายนอก
  - มีจุดวัดกระแสแบบ Ground Isolated จำนวนไม่น้อยกว่า ๓ จุด
  - ขนาดพิกัดแรงดันไฟฟ้าสูงสุดของอุปกรณ์ MOSFET ไม่น้อยกว่า ๕๐๐V และพิกัดกระแสไฟฟ้าสูงสุดไม่น้อยกว่า ๘A
  - ขนาดพิกัดแรงดันไฟฟ้าสูงสุดของอุปกรณ์ DIODE ULTRAFAST ไม่น้อยกว่า ๖๐๐V และพิกัดกระแสไฟฟ้าสูงสุดไม่น้อยกว่า ๘A
  - สามารถเชื่อมต่อกับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงอินพุตสูงสุดไม่น้อยกว่า ๒๐V
  - สามารถจ่ายแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตสูงสุดได้ ไม่เกินแรงดันอินพุต
  - สามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าเอาต์พุตได้ไม่น้อยกว่า ๒๐W

๑.๑.๒.๔ BOOST CONVERTER จำนวน ๔ ชุด ประกอบด้วย

- ชุดกำเนิดสัญญาณแบบ PWM สามารถกำเนิดสัญญาณ แบบเลือกความถี่ได้ ๖ ระดับ อยู่ในช่วง ๑๕kHz ถึง ๔๐kHz หรือกว้างกว่า
- สามารถปรับค่า Duty Cycle (Ton/T) อยู่ในช่วง ๑๐% ถึง ๙๐% หรือในช่วงที่กว้างกว่า
- สามารถรองรับสัญญาณคำสั่ง (Set Point) เพื่อควบคุมค่า Duty Cycle โดยใช้ขนาดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง อยู่ในช่วง ๐ ถึง ๑๐V หรือในช่วงที่กว้างกว่า โดยสามารถต่อใช้งานเป็นแบบที่รับคำสั่งสัญญาณคำสั่งจากบอร์ดการทดลองโดยตรงหรือแบบรับสัญญาณคำสั่งจากภายนอก
- มีจุดวัดกระแสแบบ Ground Isolated จำนวนไม่น้อยกว่า ๓ จุด
- ขนาดพิกัดแรงดันไฟฟ้าสูงสุดของอุปกรณ์ MOSFET ไม่น้อยกว่า ๕๐๐V และพิกัดกระแสไฟฟ้าสูงสุดไม่น้อยกว่า ๘A
- ขนาดพิกัดแรงดันไฟฟ้าสูงสุดของอุปกรณ์ DIODE ULTRAFAST ไม่น้อยกว่า ๖๐๐V และพิกัดกระแสไฟฟ้าสูงสุดไม่น้อยกว่า ๘A
- สามารถเชื่อมต่อกับแรงดันไฟฟ้าอินพุตกระแสตรงสูงสุดได้ไม่น้อยกว่า ๑๐V
- สามารถจ่ายแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตสูงสุดได้ไม่น้อยกว่า ๒ เท่าของแรงดันอินพุต
- สามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าเอาต์พุตได้ไม่น้อยกว่า ๒๐W

๑.๑.๒.๕ CUK CONVERTER จำนวน ๔ ชุด ประกอบด้วย

- ชุดกำเนิดสัญญาณแบบ PWM สามารถกำเนิดสัญญาณแบบเลือกความถี่ได้ ๖ ระดับ อยู่ในช่วง ๑๕kHz ถึง ๔๐kHz หรือในช่วงที่กว้างกว่า
  - สามารถปรับค่า Duty Cycle (Ton/T) ตั้งแต่ ๑๐% ถึง ๙๐% หรือดีกว่า
  - สามารถรองรับสัญญาณคำสั่ง (Set Point) เพื่อควบคุมค่า Duty Cycle โดยใช้ขนาดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงสูงสุดไม่น้อยกว่า ๑๐V โดยสามารถต่อใช้งานเป็นแบบที่รับคำสั่งสัญญาณคำสั่งจากบอร์ดการทดลองโดยตรงหรือแบบรับสัญญาณคำสั่งจากภายนอก
  - มีจุดวัดกระแสแบบ Ground Isolated จำนวนไม่น้อยกว่า ๓ จุด
  - ขนาดพิกัดแรงดันไฟฟ้าสูงสุดของอุปกรณ์ MOSFET ไม่น้อยกว่า ๕๐๐V และพิกัดกระแสไฟฟ้าสูงสุดไม่น้อยกว่า ๘A
  - ขนาดพิกัดแรงดันไฟฟ้าสูงสุดของอุปกรณ์ DIODE ULTRAFAST ไม่น้อยกว่า ๖๐๐V และพิกัดกระแสไฟฟ้าสูงสุดไม่น้อยกว่า ๘A
  - สามารถเชื่อมต่อกับแรงดันไฟฟ้าอินพุตกระแสตรงสูงสุดไม่น้อยกว่า ๑๐V
  - สามารถจ่ายแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตแบบ BUCK (Step Down) โดยการปรับ DUTY Cycle ของชุด PWM ตั้งแต่ ๑๐% ถึง ๕๐%
  - สามารถจ่ายแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตแบบ BOOST (Step Up) ได้สูงสุดไม่น้อยกว่า ๒ เท่าของแรงดันอินพุต โดยการปรับ DUTY Cycle ของชุด PWM ตั้งแต่ ๕๐% ถึง ๙๐%
  - สามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าเอาต์พุตได้ไม่น้อยกว่า ๒๐ วัตต์
- ๑.๑.๒.๖ TEMPERATURE CONTROL PLANT จำนวน ๔ ชุด ประกอบด้วย
- สามารถทำการควบคุมแบบ P, PI และ PID ได้
  - สามารถทำการควบคุมอุณหภูมิได้ทั้งแบบ Open loop และ Close loop
  - สามารถทำการควบคุมด้วยพีเอชดี

- ชุดเซนเซอร์อุณหภูมิสามารถวัดขนาดแรงดันได้ตั้งแต่ ๐ ถึง ๑๐V หรือดีกว่า มีอัตราส่วนอุณหภูมิ ต่อแรงดันเอาต์พุต ๑๐°C:๑V หรือดีกว่า
- สามารถเชื่อมต่อกับสัญญาณ Set point ของอุณหภูมิที่ต้องการควบคุมได้ ตั้งแต่ ๐ ถึง ๑๐V

๑.๑.๒.๗ POWER INVERTER จำนวน ๔ ชุด ประกอบด้วย

- อินพุตสามารถเชื่อมต่อกับระบบแรงดันไฟฟ้าแบบ ๑ เฟส หรือ ๓ เฟส ได้
- เอาต์พุตเป็นระบบแรงดันไฟฟ้าแบบ ๓ เฟส
- มีชุดวงจรเรียงกระแสไฟฟ้าแบบ ๓ เฟส และมีวงจรฟิลเตอร์
- ใช้ IPM (INTELLIGENT POWER MODULES : IGBT) เป็นอุปกรณ์ชุดสวิตช์กำลังแบบ ๓ เฟส

- มีวงจร Over Current Protection และสวิตช์ Reset
- มีวงจร Inrush Current Protection
- มีวอลุ่มที่สามารถสร้างสัญญาณแรงดัน (COMMAND) +/-๑๐ V
- มีพิกัดกำลังไฟฟ้าเอาต์พุตไม่น้อยกว่า ๑kW

๑.๑.๒.๘ DC MOTOR - DC GENERATOR - ROTARY ENCODER จำนวน ๔ ชุด

ประกอบด้วย

- เป็นชุด DC Motor เพื่อใช้ในการทดลองการควบคุมความเร็ว
- ตัว DC Motor สามารถเชื่อมต่อเข้ากับตัว DC Generator และมีการติดตั้งตัว Rotary Encoder

ความเร็วรอบสูงสุดไม่น้อยกว่า ๑,๕๐๐ rpm พร้อมหัวต่อใช้งานแบบ ๔mm. มีฉนวนหุ้ม

- ตัว DC Generator สามารถจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงสูงสุดไม่น้อยกว่า ๒๔V ที่ความเร็วรอบสูงสุดไม่น้อยกว่า ๑,๕๐๐ rpm พร้อมหัวต่อใช้งานแบบ ๔mm. มีฉนวนหุ้ม

- Incremental Rotary Encoder แบบ Open Collector เอาต์พุต A, B, Z มีจำนวนพัลส์ต่อรอบไม่น้อยกว่า ๑,๐๒๔ พัลส์ต่อรอบ พร้อมหัวต่อใช้งานแบบ DB๙

- ชุดตัวต้านทานปรับค่าได้สามารถปรับค่าความต้านทานได้ ๗ ระดับ จาก ๐ ถึง ๑๐๐% มีขนาดเหมาะสมที่จะใช้เป็นโหลดให้กับ DC Generator

๑.๑.๒.๙ Three Phase Squirrel Cage Motor จำนวน ๔ ชุด ประกอบด้วย

- ขนาดพิกัดกำลังไฟฟ้าไม่น้อยกว่า ๓๐๐W
- ขนาดพิกัดแรงดันไฟฟ้า ๒๒๐V (Delta) / ๓๘๐V (Star)
- ขนาดพิกัดความเร็วรอบไม่น้อยกว่า ๑,๓๗๐ rpm
- ขนาดพิกัดความถี่ ๕๐ Hz

๑.๑.๒.๑๐ DC Shunt Wound Machine จำนวน ๔ ชุด ประกอบด้วย

- ขนาดพิกัดกำลังไฟฟ้าไม่น้อยกว่า ๒๐๐ W
- ขนาดพิกัดแรงดันไฟฟ้าของขดลวดอาเมเจอร์ไม่น้อยกว่า ๒๒๐ V
- ขนาดพิกัดความเร็วรอบไม่น้อยกว่า ๑,๕๐๐ rpm
- ขนาดพิกัดแรงดันไฟฟ้าของขดลวดกระตุ้นไม่น้อยกว่า ๒๒๐ V

- ๑.๑.๒.๑๑ Electromagnetic Brake จำนวน ๔ ชุด ประกอบด้วย
- ขนาดพิกัดกำลังไฟฟ้าไม่น้อยกว่า ๔๐๐ W
  - ขนาดพิกัดความเร็วรอบไม่น้อยกว่า ๑,๕๐๐ rpm
  - ขนาดพิกัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงไม่น้อยกว่า ๒๒๐ V
  - ติดตั้งตัวตรวจจับค่าแรงบิดแบบ Load Cell
  - ติดตั้งตัวตรวจจับค่าความเร็วรอบแบบ Proximity
  - สามารถต่อใช้งานร่วมกับตัวเครื่องวัด Torque - Speed Measuring

- ๑.๑.๒.๑๒ Brushless DC Motor จำนวน ๔ ชุด ประกอบด้วย
- มอเตอร์แบบขดลวด ๓ เฟสต่อแบบเดลต้าพร้อม Hall Sensor
  - ขนาดพิกัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงไม่น้อยกว่า ๑๒๐ V
  - ขนาดพิกัดกำลังไฟฟ้าไม่น้อยกว่า ๑๒๐W
  - ขนาดพิกัดความเร็วรอบไม่น้อยกว่า ๓,๐๐๐ rpm
  - มีสัญญาณ Hall Output ขนาดอยู่ในช่วงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ๔.๕-๒๘

V (Open Collector)

- ๑.๑.๒.๑๓ Three Phase AC Servo Motor จำนวน ๔ ชุด ประกอบด้วย
- ขนาดพิกัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับไม่น้อยกว่า ๒๐๐ V
  - ขนาดพิกัดกำลังไฟฟ้าไม่น้อยกว่า ๒๕๐W
  - ขนาดพิกัดความเร็วรอบไม่น้อยกว่า ๓,๐๐๐ rpm
  - ติดตั้ง Incremental Encoder มีค่าความละเอียด ไม่น้อยกว่า ๒,๕๐๐ ppr

- ๑.๑.๒.๑๔ Rotary Encoder จำนวน ๔ ชุด ประกอบด้วย
- Incremental Rotary Encoder เอาต์พุตชนิด Line Driver
  - สัญญาณเอาต์พุต A, B และ Z
  - จำนวนพัลส์ต่อรอบมีค่าไม่น้อยกว่า ๑,๐๒๔ พัลส์ต่อรอบ
  - พร้อมขั้วต่อใช้งานแบบ DB๙ และ Socket ๒mm.
  - มีแกนเพลลาที่สามารถต่อคัปปลิงได้สองด้าน

- ๑.๑.๒.๑๕ Torque-Speed Measuring Instrument จำนวน ๔ ชุด ประกอบด้วย
- ตัวแสดงผลเป็นแบบดิจิตอล
  - พิกัดแรงบิดสูงสุดที่สามารถวัดได้ไม่น้อยกว่า : ๒.๕๐ Nm
  - พิกัดความเร็วรอบสูงสุดที่สามารถวัดได้ไม่น้อยกว่า ๓,๐๐๐ rpm
  - มีปุ่มปรับค่า Zero Setting

- ๑.๑.๒.๑๖ DC VARIABLE POWER SUPPLY จำนวน ๔ ชุด ประกอบด้วย
- พิกัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเอาต์พุตสูงสุดไม่น้อยกว่า ๒๒๐ V
  - พิกัดกระแสเอาต์พุตไม่น้อยกว่า ๒ A

- ๑.๑.๒.๑๗ AC VARIABLE POWER SUPPLY จำนวน ๔ ชุด ประกอบด้วย
- พิกัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเอาต์พุตสูงสุดไม่น้อยกว่า ๒๒๐ V
  - พิกัดกระแสเอาต์พุตไม่น้อยกว่า ๔ A

๑.๑.๒.๑๘ Voltage Isolated Measuring จำนวน ๔ แฉง ประกอบด้วย

- จุดวัดแรงดันไฟฟ้าแบบอิสระจำนวนไม่น้อยกว่า ๔ ช่อง
- สามารถวัดแรงดันไฟฟ้าอยู่ในช่วง +/-๕๐๐V หรือในช่วงที่กว้างกว่า
- สามารถใช้วัดสัญญาณไฟฟ้าที่มีความถี่ตั้งแต่ ๐ ถึง ๕kHz หรือในช่วงที่กว้างกว่า
- สามารถเลือกอัตราส่วนการวัดได้ ๑๐:๑ และ ๑๐๐:๑ หรืออัตราส่วนอื่นเพิ่มเติม
- มีค่าแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตตั้งแต่ +/-๕V หรือในช่วงที่กว้างกว่า
- มีชุด LED แสดงสถานะแรงดันเอาต์พุตเกินค่า +/-๕V

๑.๑.๒.๑๙ Current Isolated Measuring จำนวน ๔ แฉง ประกอบด้วย

- จุดวัดกระแสไฟฟ้าแบบอิสระ จำนวนไม่น้อยกว่า ๔ ช่อง
- สามารถวัดกระแสไฟฟ้าสูงสุดไม่น้อยกว่า +/-๕A หรือในช่วงที่กว้างกว่า
- สามารถใช้วัดสัญญาณไฟฟ้าที่มีความถี่ตั้งแต่ ๐ ถึง ๕kHz หรือในช่วงที่กว้างกว่า
- สามารถเลือกอัตราส่วนการวัดได้ ๑๐:๑(X๐.๑) และ ๑:๑(X๑) หรือ

อัตราส่วนอื่นเพิ่มเติม

- แรงดันเอาต์พุตตั้งแต่ +/-๕V หรือในช่วงที่กว้างกว่า
- มีชุด LED แสดงสถานะแรงดันเอาต์พุตเกินค่า +/-๕V

๑.๑.๒.๒๐ STEP RESISTIVE LOAD จำนวน ๔ แฉง ประกอบด้วย

- มีขนาดความต้านทาน ๑๐๐ Ohm และมีขนาดกำลังไฟฟ้าไม่น้อยกว่า ๑๐๐ W
- สามารถปรับค่าความต้านทานได้ ๕ ระดับ Open, ๑๐๐, ๕๐, ๒๐ และ

๑๕ Ohm

- มี Fuse ป้องกัน

๑.๑.๒.๒๑ ๗๐MHz, ๔CH, DIGITAL OSCILLOSCOPE จำนวน ๔ ชุด ประกอบด้วย

- ความถี่ใช้งานไม่น้อยกว่า ๗๐ MHz
- มีช่องวัดสัญญาณไม่น้อยกว่า ๔ ช่อง
- จอแสดงภาพเป็นแบบสีขนาดไม่น้อยกว่า ๘ นิ้ว แบบ TFT Color LCD

SVGA ความละเอียดไม่น้อยกว่า ๘๐๐ x ๖๐๐ จุด

- มีฟังก์ชันที่สามารถทำการแยกส่วนของหน่วยความจำได้ไม่น้อยกว่า ๒,๐๔๘ ส่วน
- มีฟังก์ชันในการ Search และสามารถทำ Markers สัญญาณภาพได้
- สามารถแสดงการขยายภาพสัญญาณรูปคลื่นได้ (Zoom Window)
- สามารถทำการแสดงสัญญาณรูปคลื่นในรูปแบบ PLAY/PAUSE ได้
- วัดและแสดงค่าพารามิเตอร์ของสัญญาณแบบอัตโนมัติได้ไม่น้อยกว่า ๓๖ ค่า
- Save และ Recall ค่า Setup ได้ไม่น้อยกว่า ๒๐ ค่า และรูปคลื่นไม่น้อยกว่า

๒๔ รูปคลื่น

- มีฟังก์ชันในการจับสัญญาณรูปคลื่นแบบอัตโนมัติ
- มีคุณสมบัติทางด้านแนวแกนตั้งช่วงเวลาขอบขาขึ้นไม่เกิน ๕ ns ความไวใน

การแสดงผลทางแนวแกนตั้งอยู่ระหว่าง ๑mV/div ~ ๑๐V/div

- อัตราการสุ่มสัญญาณแบบ Real Time ไม่น้อยกว่า ๒ GSa/s. และแบบ

Equivalent Time ไม่น้อยกว่า ๑๐๐ GSa/s

- คุณสมบัติทางด้านแนวแกนนอนอยู่ระหว่าง ๑ns/div ~ ๑๐๐s/div

(แบบ Step ๑-๒-๕)



d/dt, f/dt, v

- สามารถสนับสนุนการใช้งานฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ +, -, x, ÷, FFT,
  - มีพอร์ตสนับสนุนการอินเทอร์เฟซแบบ RS๒๓๒C, USB Port, Go/No Go
  - สามารถเก็บข้อมูลและรูปคลื่นสัญญาณผ่าน USB Flash Drive
  - มีชุดโปรแกรมอินเทอร์เฟซกับคอมพิวเตอร์
  - มี PROBE วัดสัญญาณแบบ ๑๐:๑ จำนวน ๔ เส้น
  - มี Current Probe DC~ ๓๐๐kHz ,๒๐๐A (๑๐mV/A) and ๒๐A(๑๐๐mV/A) จำนวน ๑ เส้น
  - มี Voltage Differential Probe DC~ ๒๕ MHz , x๒๐ x๕๐ x๒๐๐ จำนวน ๑ เส้น
  - สาย AC POWER CORE จำนวน ๑ เส้น
  - บริษัทผู้ผลิตได้รับมาตรฐาน ISO ๙๐๐๑:๒๐๑๕ และ ๑๔๐๐๑ : ๒๐๑๕ และตัวผลิตภัณฑ์ได้รับมาตรฐาน CE หรือเทียบเท่า พร้อมทั้งมีเอกสารประกอบการยืนยัน
  - บริษัทที่เสนอราคาต้องเป็นตัวแทนจำหน่ายสินค้าโดยตรงจากบริษัทผู้ผลิต โดยมีเอกสารประกอบการยืนยันโดยระบุชื่อหน่วยงานที่ขายสินค้าให้และวันที่สอบราคาด้วย ทั้งนี้เพื่อเป็นการสนับสนุนบริการหลังการขาย เช่น การซ่อมบำรุง, การ upgrade software หรือ firmware
- ๑.๑.๒.๒๒ โต๊ะปฏิบัติการทดลองพร้อม RACK จำนวน ๔ ชุด ประกอบด้วย
- พื้นโต๊ะทำด้วยไม้ปาติเกิล มีความหนาไม่น้อยกว่า ๒๘ mm. ปิดทับด้วยเมลามีนทั้งสองด้าน ปิดขอบโต๊ะทั้ง ๔ ด้าน ด้วย PVC หนาไม่น้อยกว่า ๒ mm.
  - พื้นโต๊ะมีขนาดไม่น้อยกว่า ๑,๕๐๐ mm. x ๘๐๐ mm. ความหนาไม่น้อยกว่า ๒๘ mm.
  - โครงสร้างขาโต๊ะเป็นเหล็กกล่องขนาดไม่น้อยกว่า ๕๐x๕๐ mm. หนาไม่น้อยกว่า ๒.๒ mm. เคลือบสีอีพ็อกซี ผ่านขบวนการอบความร้อน
  - ตัวคานเป็นเหล็กกล่องขนาดเดียวกับขาโต๊ะ
  - ลักษณะตัวคานเชื่อมยึดติดกันทั้ง ๔ ด้าน พร้อมทั้งมีคานรองรับน้ำหนักพื้นโต๊ะตามแนวความกว้างของพื้นโต๊ะ
  - ขาโต๊ะสามารถปรับระดับความสูงได้ไม่น้อยกว่า ๒๐ mm.
  - ความสูงจากพื้นถึงระดับพื้นโต๊ะด้านบน มีความสูงไม่น้อยกว่า ๘๐๐ mm.
  - มีชุด Outlet ทำด้วยโลหะพับขึ้นรูป ใช้กับแรงดันไฟฟ้า ๒๒๐V, ๕๐Hz จำนวนไม่น้อยกว่า ๘ จุด และมี Circuit Breaker ขนาดไม่น้อยกว่า ๑๐A เป็นตัวควบคุม ติดตั้งบนโต๊ะปฏิบัติการ
  - พร้อม Rack ๒ ระดับ ทำจากวัสดุอลูมิเนียมฉีดขึ้นรูป ที่สามารถใส่แผงโมดูลมาตรฐาน A๔ ขนาดไม่น้อยกว่า ๑,๔๐๐ mm. พร้อมแท่นโลหะที่ประกอบกับตัว Rack สำหรับวาง Oscilloscope
- ๑.๑.๒.๒๓ ชุดสายเสียบทดลอง จำนวน ๔ ชุด ประกอบด้วย
- สายเสียบทดลองมีฉนวนหุ้ม หัวเสียบขนาด ๔ mm.
    - (๑) ขนาดความยาวไม่น้อยกว่า ๓๐ cm. จำนวนไม่น้อยกว่า ๑๐ เส้น ประกอบด้วยสายสีดำ จำนวน ๕ เส้น และสายสีแดง จำนวน ๕ เส้น
    - (๒) ขนาดความยาวไม่น้อยกว่า ๑๐๐ cm. จำนวนไม่น้อยกว่า ๑๐ เส้น ประกอบด้วย สายสีดำ จำนวน ๕ เส้น และสายสีแดง จำนวน ๕ เส้น

- สายต่อวงจรแบบหัวเสียบ ขนาด ๒ mm. ความยาวไม่น้อยกว่า ๕๐ cm. จำนวนไม่น้อยกว่า ๒๕ เส้น ประกอบด้วย สายสีดำ จำนวน ๕ เส้น และสายสีแดง จำนวน ๒๐ เส้น

๑.๑.๒.๒๔ เครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับงานประมวลผล จำนวน ๔ ชุด ประกอบด้วย

- มีหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) ไม่น้อยกว่า ๖ แกนหลัก (๖ core) โดยมีความเร็วสัญญาณนาฬิกาพื้นฐานไม่น้อยกว่า ๓.๐ GHz และมีเทคโนโลยีเพิ่มสัญญาณนาฬิกาได้ในกรณีที่ต้องใช้ความสามารถในการประมวลผลสูง จำนวน ๑ หน่วย

- หน่วยประมวลผลกลาง (CPU) มีหน่วยความจำแบบ Cache Memory รวมในระดับ (Level) เดียวกันขนาดไม่น้อยกว่า ๘ MB

- มีหน่วยจัดเก็บข้อมูลชนิด SATA หรือดีกว่า ขนาดความจุไม่น้อยกว่า ๑TB หรือชนิด Solid State Drive ขนาดความจุไม่น้อยกว่า ๒๕๐GB จำนวน ๑ หน่วย

- มีหน่วยประมวลผลเพื่อแสดงภาพ โดยมีคุณลักษณะอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือดีกว่า ดังนี้

๑) มีหน่วยประมวลผลเพื่อแสดงภาพ เป็นแผงวงจรเพื่อแสดงภาพแยกจากแผงวงจรหลักที่มีหน่วยความจำ ขนาดไม่น้อยกว่า ๒ GB หรือ

๒) มีหน่วยประมวลผลเพื่อแสดงภาพติดตั้งอยู่ภายในหน่วยประมวลผลกลางแบบ Graphics Processing Unit ที่สามารถใช้หน่วยความจำหลักในการแสดงภาพขนาดไม่น้อยกว่า ๒ GB หรือ

๓) มีหน่วยประมวลผลเพื่อแสดงภาพที่มีความสามารถในการใช้หน่วยความจำหลักในการแสดงภาพขนาดไม่น้อยกว่า ๒ GB

- มีหน่วยความจำหลัก (RAM) ชนิด DDR๔ หรือดีกว่า มีขนาดไม่น้อยกว่า ๔ GB

- มีDVD-RW หรือดีกว่า จำนวน ๑ หน่วย

- มีช่องเชื่อมต่อระบบเครือข่าย (Network Interface) แบบ ๑๐/๑๐๐/๑๐๐๐ Base-T หรือดีกว่า จำนวนไม่น้อยกว่า ๑ ช่อง

- มีแป้นพิมพ์และเมาส์

- มีช่องเชื่อมต่อ (Interface) แบบ USB ๒.๐ หรือดีกว่า ไม่น้อยกว่า ๓ ช่อง

- มีจอแสดงผลขนาดไม่น้อยกว่า ๑๙ นิ้ว จำนวน ๑ หน่วย

## ๒. รายละเอียดเงื่อนไขประกอบอื่นๆ

๒.๑ รับประกันไม่น้อยกว่า ๑ ปี

๒.๒ มีคู่มือการใช้งาน และใบทดลองหรือใบงาน

๒.๓ อบรมให้ความรู้การใช้งานของครุภัณฑ์แก่บุคลากรของมหาวิทยาลัย จำนวน ๒๐ ท่าน

๒.๔ บริษัทที่เสนอราคา เป็นบริษัทผู้ผลิตที่ได้รับมาตรฐาน ISO ๙๐๐๑:๒๐๑๕ และ ISO ๑๔๐๐๑:๒๐๑๕ ภายใต้ข้อขาย Design and Manufacture, Sale, After Sale Service of Education Training Set ในอุปกรณ์รายการที่ ๑.๒.๑ - ๑.๒.๒๐, ๑.๒.๒๒ และ๑.๒.๒๓

## ๓. กำหนดส่งมอบ

ภายใน ๑๒๐ วัน นับถัดจากวันลงนามในสัญญา

## ๔. หลักเกณฑ์การพิจารณาคัดเลือกข้อเสนอ

การพิจารณาคัดเลือกข้อเสนอใช้เกณฑ์ราคา โดยพิจารณาจากราคารวม

คณะกรรมการร่างขอบเขตของงาน และกำหนดรายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะ

๑. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พินิจ ศรีธร ประธานกรรมการ
๒. รองศาสตราจารย์ ดร.กานต์ เกิดชื่น กรรมการ
๓. อาจารย์ ดร.มงคล ด้านบำรุงตระกูล กรรมการและเลขานุการ

.....  
.....  
.....

ลงชื่อ ..... (ผู้อนุมัติ)  
(รองศาสตราจารย์ ดร.โมชิต ศรีภูธร)  
อธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน