

รายละเอียดประกอบการจัดซื้อครุภัณฑ์

1. ชื่อครุภัณฑ์ ชุดปฏิบัติการเรียนรู้พื้นฐานการขับเคลื่อนเครื่องยนต์ไอพ่น (Jet Engine) และหลักการเทอร์โมไดนามิก
2. จำนวนที่ต้องการ 1 ชุด
3. รายละเอียดทั่วไป

เป็นครุภัณฑ์ชุดปฏิบัติการเรียนรู้พื้นฐานการขับเคลื่อนเครื่องยนต์ไอพ่น (Jet Engine) และหลักการเทอร์โมไดนามิก เป็นสื่อการสอนและการวิจัยหลักในห้องปฏิบัติการ โดยชุดปฏิบัติการนี้จะจำลองการทำงานของเครื่องยนต์ไอพ่นที่ใช้ในอุตสาหกรรมการบิน เพื่อให้ให้นักศึกษาได้มีโอกาสศึกษาและทดลองการทำงานจริงของเครื่องยนต์ไอพ่น ทั้งในด้านการผลิตแรงขับ, การวิเคราะห์การเผาไหม้, การจัดการพลังงาน และการควบคุมกระบวนการทำงานต่าง ๆ นอกจากนี้ ชุดปฏิบัติการยังสามารถใช้ในการสอนและวิจัยในด้านหลักการ เทอร์โมไดนามิก ซึ่งเป็นหนึ่งในหลักการที่สำคัญในการศึกษาเกี่ยวกับพลังงานและการแปลงพลังงาน นักศึกษาจะได้เรียนรู้เกี่ยวกับกระบวนการแปลงพลังงานในเครื่องยนต์ไอพ่น ตั้งแต่การดูดอากาศ, การอัดอากาศ, การเผาไหม้ และการปล่อยไอเสีย ซึ่งสอดคล้องกับการทำงานของเครื่องยนต์ที่ใช้ในอุตสาหกรรมการบิน ประกอบไปด้วย

4. รายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะ

4.1. ชุดระบบเครื่องยนต์กังหันแก๊ส (Gas Turbine Engine) จำนวน 1 ชุด ประกอบไปด้วย

4.1.1. ระบบเครื่องยนต์กังหันแก๊ส (Gas Turbine Engine) จำนวน 1 ชุด โดยรายละเอียดดังนี้

- 4.1.1.1. เครื่องยนต์จะต้องใช้คอมเพรสเซอร์แบบไหลแรงเหวี่ยงหรือดีกว่า
- 4.1.1.2. มีซอฟต์แวร์สำหรับจำลองการทำงาน Gas Turbine Power System
- 4.1.1.3. ส่วนประกอบของเครื่องยนต์ทั้งหมดเป็นแบบหล่อสูญญากาศหรือกลึงด้วยเครื่อง CNC ที่มีความแม่นยำ
- 4.1.1.4. Design Maximum RPM ไม่น้อยกว่า 87,000
- 4.1.1.5. มี Mass Flow ไม่น้อยกว่า 1.1 lbs/s หรือ 0.5 kg/s
- 4.1.1.6. แผงควบคุมจะต้องรองรับการแสดงผลดังนี้
 - 4.1.1.6.1. Digital Turbine Inlet Temperature (TIT)
 - 4.1.1.6.2. Digital Exhaust Gas Temperature (EGT)
 - 4.1.1.6.3. Digital Engine Rotational Speed (RPM)
 - 4.1.1.6.4. Analog Oil Pressure
 - 4.1.1.6.5. Analog Engine Pressure
 - 4.1.1.6.6. Analog Air Start Pressure

- 4.1.2. เครื่องคอมพิวเตอร์ Workstation ประมวลผลด้านกราฟิกขั้นสูง จำนวน 2 เครื่อง โดยแต่ละเครื่องรายละเอียดดังนี้
- 4.1.2.1. มีหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) แบบ Core Ultra 7 265H หรือดีกว่า
 - 4.1.2.2. หน่วยประมวลผลกลาง (CPU) รองรับการประมวลผลแบบ 64 bit มีหน่วยความจำแบบ Smart Cache Memory รวมไม่น้อยกว่า 24 MB
 - 4.1.2.3. มีหน่วยความจำหลัก (Memory) DDR5 ขนาดไม่น้อยกว่า 32 GB หรือดีกว่า
 - 4.1.2.4. มีหน่วยจัดเก็บข้อมูล (Hard drive) ชนิด M.2 PCIe Gen4 NVMe Solid State Drive (SSD) ขนาดความจุไม่น้อยกว่า 256 GB หรือดีกว่า จำนวนไม่น้อยกว่า 1 หน่วย
 - 4.1.2.5. มีหน่วยควบคุมการแสดงผล (Graphic Card) แยกออกมาจากแผงวงจรหลัก ที่มีหน่วยความจำไม่น้อยกว่า 6 GB GDDR6 โดยมีประสิทธิภาพเทียบเท่าหรือดีกว่า
 - 4.1.2.6. มีจอ 모니터ขนาดไม่น้อยกว่า 16 นิ้ว และมีความละเอียดไม่น้อยกว่า 1920 x 1200 จุด ที่ 60Hz หรือดีกว่า
 - 4.1.2.7. มีระบบปฏิบัติการ Microsoft Windows 11 Pro รุ่นล่าสุดหรือดีกว่า โดยซอฟต์แวร์และไดรเวอร์ถูกติดตั้งมาบนเครื่องคอมพิวเตอร์มาจากโรงงานโดยมีลิขสิทธิ์การใช้งานถูกต้องตามกฎหมาย
 - 4.1.2.8. เงื่อนไขการรับประกันเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 1 ปี ในกรณีที่เกิดปัญหาทางด้าน Hardware โดยเข้ามาทำการแก้ไขหรือซ่อมแซม ณ ที่ติดตั้งเครื่อง (On-Site Service) ภายในวันทำการถัดไป (Next Business Day Response) หลังจากได้รับแจ้ง โดยไม่คิดค่าใช้จ่ายในการซ่อมและค่าใช้จ่ายอื่นๆ
- 4.1.3. โปรแกรมซอฟต์แวร์คำนวณทางคณิตศาสตร์ขั้นสูง จำนวน 1 ชุด โดยรายละเอียดดังนี้
- 4.1.3.1. สามารถใช้งานได้พร้อมกันไม่น้อยกว่า 40 ผู้ใช้งานและสามารถคำนวณทางคณิตศาสตร์ขั้นสูง ทั้งเชิงตัวเลข (Numerical) และเชิงสัญลักษณ์ (Symbolic) ได้อย่างครบถ้วน
 - 4.1.3.2. รองรับการคำนวณทางคณิตศาสตร์ขั้นสูง เช่น พีชคณิตเชิงเส้น (Linear Algebra), แคลคูลัส, สมการเชิงอนุพันธ์ (ODE/PDE), การหาเหมาะที่สุด (Optimization)
 - 4.1.3.3. รองรับการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาสคริปต์ (Script Language) แบบแมทริกซ์ (Matrix-based Language)
 - 4.1.3.4. มีฟังก์ชันพื้นฐานและฟังก์ชันเฉพาะทางมากกว่า 1,000 ฟังก์ชัน
 - 4.1.3.5. สามารถทำงานร่วมกับภาษาอื่นได้ เช่น Python, C/C++, Java ผ่าน API
 - 4.1.3.6. รองรับการประมวลผลแบบขนาน (Parallel Processing) และ GPU Computing
 - 4.1.3.7. รองรับการคำนวณทางคณิตศาสตร์ขั้นสูง เช่น พีชคณิตเชิงเส้น (Linear Algebra), แคลคูลัส, สมการเชิงอนุพันธ์ (ODE/PDE), การหาเหมาะที่สุด (Optimization)

- 4.1.3.8. มีเครื่องมือสำหรับจำลองระบบพลวัต (Dynamic Systems Simulation)
- 4.1.3.9. รองรับการวิเคราะห์ระบบควบคุม (Control System Design), การประมวลผลสัญญาณ (Signal Processing), และการประมวลผลภาพ (Image Processing)
- 4.1.3.10. สามารถทำงานร่วมกับเครื่องมือ Simulink หรือเทียบเท่า
- 4.1.3.11. สามารถสร้างกราฟ 2 มิติ และ 3 มิติ
- 4.1.3.12. รองรับการสร้างรายงานแบบอินเทอร์แอคทีฟ (Live Script / Report Generator)
- 4.1.3.13. รองรับการนำเข้าข้อมูลจาก CSV, Excel, JSON, SQL Database และ HDF5
- 4.1.3.14. รองรับการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก (Arduino, Raspberry Pi, PLC ผ่าน Toolbox หรือ Library เสริม)
- 4.1.3.15. มีสภาพแวดล้อมการเขียนโปรแกรม (Programming Environment) และการพัฒนาแอปพลิเคชันทางวิศวกรรม
- 4.1.3.16. รองรับการจำลองระบบ (Simulation) และการวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis)
- 4.1.3.17. สามารถติดตั้งใช้งานได้บนระบบปฏิบัติการ Windows, macOS และ Linux
- 4.1.3.18. รองรับการใช้งานแบบ Single License, Network License หรือ Academic License
- 4.1.3.19. ต้องเป็นซอฟต์แวร์ลิขสิทธิ์แท้ (Genuine License) ที่สามารถอัปเดตเวอร์ชันได้ภายในระยะเวลาการรับประกัน
- 4.1.4. ระบบควบคุมและแสดงผลการจำลองการทำงานของเครื่องยนต์กังหันแก๊ส (Gas Turbine Engine Control and Monitoring System) จำนวน 3 ชุด โดยแต่ละชุดมีรายละเอียดดังนี้
 - 4.1.4.1. มีหน้าจอแสดงผลแบบสัมผัสขนาดไม่น้อยกว่า 7 นิ้ว
 - 4.1.4.2. สามารถแสดงการทำงานของเครื่องยนต์กังหันแก๊สแบบตัดขวางและสามารถมองเห็นภายในได้หรือดีกว่า
 - 4.1.4.3. ส่วนประกอบของเครื่องยนต์จำลองการทำงานเป็นแบบหล่อขึ้นรูปด้วยเทคโนโลยี 3 มิติ ประกอบไปด้วยชุด Spinner Cone, Fan, Compressor, Combustion และมีความยาวของเครื่องยนต์ไม่น้อยกว่า 40 ซม.
 - 4.1.4.4. เครื่องยนต์สามารถควบคุมความเร็วได้ไม่น้อยกว่า 100 รอบต่อนาที
 - 4.1.4.5. ชุดควบคุมการทำงานด้วยหน่วยประมวลผลขนาด 32 บิต และมีความเร็วในการประมวลผลไม่น้อยกว่า 100MHz ที่สามารถเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ผ่านสาย USB ได้หรือดีกว่า
 - 4.1.4.6. มีชุดคันโยกบังคับเสมือนในเครื่องบินพาณิชย์ สำหรับควบคุมการทำงานของเครื่องยนต์กังหันแก๊ส หรือดีกว่า
 - 4.1.4.7. จอแสดงผลต้องรองรับการแสดงผลจริงหรือผลการจำลองการทำงานดังนี้
 - 4.1.4.7.1. Total Air Temperature (TAT)

- 4.1.4.7.2. Exhaust Gas Temperature (EGT)
- 4.1.4.7.3. Engine Rotational Speed (RPM)
- 4.1.4.7.4. Oil Pressure, Oil Quantity
- 4.1.4.7.5. Fuel flow, Fuel Quantity
- 4.1.4.8. มีคู่มือการใช้งานภาษาอังกฤษหรือภาษาไทย

4.2. ชุดระบบป้องกันเสียงกัมกัมแก๊ส (Gas Turbine Sound Suppressor System) จำนวน 1 ชุด ประกอบไปด้วย

- 4.2.1. ระบบป้องกันเสียงกัมกัมแก๊ส (Gas Turbine Sound Suppressor System) จำนวน 1 ชุด โดยรายละเอียดดังนี้
 - 4.2.1.1. ระบบ sound suppression ต้องสามารถลดเสียง engine core และ jet noise ได้
 - 4.2.1.2. ตัวลดเสียงขึ้นรูปจาก Fiberglass หรือดีกว่า
 - 4.2.1.3. ตัวอุปกรณ์สามารถปรับตำแหน่งการทำงานได้ดังนี้
 - 4.2.1.3.1. Controller Side
 - 4.2.1.3.2. Intake Side
 - 4.2.1.3.3. Exhaust Side
 - 4.2.1.4. อุปกรณ์สามารถลดเสียง Intake ได้ไม่น้อยกว่า 80% และ Exhaust ได้ไม่น้อยกว่า 70%
- 4.2.2. กล้องตรวจจับอุณหภูมิชนิดความร้อนสูง จำนวน 1 เครื่อง โดยรายละเอียดดังนี้
 - 4.2.2.1. มีความละเอียดอินฟราเรด (IR resolution) ไม่น้อยกว่า 464 x 348 พิกเซล
 - 4.2.2.2. มีความไวต่ออุณหภูมิ (Thermal Sensitivity) น้อยกว่า 30 mK @ 30°C (86°F), เลนส์ 42° หรือดีกว่า
 - 4.2.2.3. มีช่วงอุณหภูมิที่ตรวจวัดได้ (Temperature Range) -20°C ถึง 120°C (-4°F ถึง 248°F); 0°C ถึง 650°C (32°F ถึง 1202°F); 300°C ถึง 1000°C (572°F ถึง 1832°F) หรือดีกว่า
 - 4.2.2.4. มีโหมดโฟกัสต่อเนื่องด้วย LDM, one-shot LDM, one-shot contrast, manual
 - 4.2.2.5. มีเลนส์ที่ใช้ได้ (Available Lenses) อย่างน้อย 4 แบบ 14°, 24°, 42°, Macro (2x)
 - 4.2.2.6. มีเลเซอร์พอยน์เตอร์ (Laser Pointer) ตัววัดระยะด้วยเลเซอร์ (Laser Distance Meter) และการวัดพื้นที่ (Area Measurement)

4.3. ชุดแบบจำลองเครื่องยนต์เทอร์โบเจ็ต (Turbojet Engine CAD Model) จำนวน 1 ชุด ประกอบไปด้วย

- 4.3.1. แบบจำลองเครื่องยนต์เทอร์โบเจ็ท (Turbojet Engine CAD Model) จำนวน 1 ชุด โดยประกอบไปด้วยรายละเอียดดังนี้
 - 4.3.1.1. เป็นซอฟต์แวร์ CAD Model (Turbo Engine) ใช้สำหรับการเรียน Electronic solid models
 - 4.3.1.2. Engine inlet
 - 4.3.1.3. Intake case
 - 4.3.1.4. Centrifugal flow compressor
 - 4.3.1.5. Bladed diffuser
 - 4.3.1.6. Reverse flow annular combustor
 - 4.3.1.7. Combustor straightener vanes
 - 4.3.1.8. Combustor transition liner
 - 4.3.1.9. Nozzle vane guide ring
 - 4.3.1.10. Axial flow turbine
 - 4.3.1.11. Turbine containment ring
 - 4.3.1.12. Thrust nozzle cone
 - 4.3.1.13. Engine outer mantle
 - 4.3.1.14. สามารถจำลองชิ้นส่วนเครื่อง Turbo jet ได้ดังนี้
 - 4.3.1.14.1. Inlet Bellmouth
 - 4.3.1.14.2. Centrifugal Flow Compressor
 - 4.3.1.14.3. Diffuser
 - 4.3.1.14.4. Annular Combustor
 - 4.3.1.14.5. Vane Guide Ring
 - 4.3.1.14.6. Axial Flow Turbine
 - 4.3.1.14.7. Thrust Nozzle / Exit
- 4.3.2. ชุดจำลองเครื่องยนต์เทอร์โบเจ็ท จำนวน 1 ชุด โดยประกอบไปด้วยรายละเอียดดังนี้
 - 4.3.2.1. เป็นเครื่องยนต์กังหันเทอร์โบไจน์ขนาดเล็ก (Miniature Jet Turbine Engine) แบบแกนเดี่ยว (Single Shaft) ที่ใช้เชื้อเพลิงชนิด Jet A1, Kerosene หรือ Diesel
 - 4.3.2.2. มีระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์แบบดิจิทัล (Full Digital ECU) ที่สามารถสื่อสารด้วยระบบ S-Bus และรองรับการควบคุมอัตโนมัติแบบ Brushless Pump
 - 4.3.2.3. สามารถใช้งานได้ในงานวิจัย การสาธิต และการติดตั้งในเครื่องบินแบบ UAV / RC Jet / เครื่องทดสอบแรงขับ (Thrust Bench)
 - 4.3.2.4. เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ ไม่เคยใช้งานมาก่อน และอยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน

- 4.3.2.5. มีขนาดไม่น้อยกว่าดังนี้ เส้นผ่านศูนย์กลาง (Diameter) 132 มิลลิเมตร (5 นิ้ว) ความยาว (Length) 335 มิลลิเมตร (13 นิ้ว) และน้ำหนัก (Weight) 2,900 กรัม (6 ปอนด์)
- 4.3.2.6. มีความเร็วรอบสูงสุดไม่น้อยกว่า (Maximum RPM) 100,000 รอบต่อนาที
- 4.3.2.7. มีแรงขับสูงสุดไม่น้อยกว่า (Maximum Thrust) 32 กิโลกรัม (71 ปอนด์)
- 4.3.2.8. มีแบตเตอรี่ (Battery) 11.1V Li-Po ความจุอย่างน้อย 2200 mAh หรือดีกว่า

4.4. ชุดประมวลผลแบบกระต๊อตสำหรับการควบคุมฮาร์ดแวร์อินเดอะลูป (hardware-in-the-loop : HIL) จำนวน 1 ชุด ประกอบไปด้วย

- 4.4.1. ชุดประมวลผลแบบกระต๊อตสำหรับการควบคุมฮาร์ดแวร์อินเดอะลูป (hardware-in-the-loop : HIL) จำนวน 1 ชุด โดยประกอบไปด้วยรายละเอียดดังนี้
 - 4.4.1.1. มีโปรเซสเซอร์แบบเรียลไทม์ Intel Core i3 เจนเนอเรชั่น 9, RAM 8 GB DDR4 โปรเซสเซอร์การสื่อสารไฮสปีด ARM® Cortex®-A9, 2x 1.2 GHz, 512MB DDR4 RAM หรือดีกว่า
 - 4.4.1.2. มีชุด AMD® Kintex® UltraScale+ XCKU15P, 125 MHz ประกอบติดตั้งภายในฮาร์ดแวร์
 - 4.4.1.3. สามารถเชื่อมต่อ Communication interfaces
 - 4.4.1.4. มีพอร์ทอินเทอร์เฟซไฮสปีด Host interface : Integrated 1 Gb Ethernet host interface
 - 4.4.1.5. มีพอร์ทอินเทอร์เฟซ I/O แบบเรียลไทม์ของอีเทอร์เน็ต : 2x low-latency 10 Gb Ethernet interfaces
 - 4.4.1.6. มีพอร์ท USB : USB 2.0 interface สำหรับการบันทึกข้อมูลและเป็นที่จัดเก็บข้อมูลสำหรับแอปพลิเคชันแบบเรียลไทม์
 - 4.4.1.7. มีพอร์ท CAN interface : 4 x CANFD Signal Improvement Capability (SIC)
 - 4.4.1.8. มีพอร์ท LIN interface : 4 x LIN
 - 4.4.1.9. มีพอร์ท Serial interface : 2 x UART interfaces supporting RS232, RS422, หรือ RS485
 - 4.4.1.10. มีพอร์ท dSPACE IOCNet1 : 1 x IOCNet interface
 - 4.4.1.11. มีพอร์ทอนุกรมความเร็วสูง High-speed serial: 1 x อินเทอร์เฟซ Multi-Gigabit-Transceiver (MGT) 1เชื่อมต่อกับ GTY-Transceivers ของ FPGA
 - 4.4.1.12. มีอนาล็อกอินพุตขนาด 16-bit จำนวนไม่น้อยกว่า 24 channels, 2 MS/s, รองรับแรงดัน -10 ถึง 10V, differential

- 4.4.1.13. มีอนาล็อกอินพุตขนาด 16-bit จำนวนไม่น้อยกว่า 6 channels, 5 MS/s, รองรับแรงดัน -10 ถึง 10V, differential
- 4.4.1.14. มีอนาล็อกอินพุตขนาด 16-bit จำนวนไม่น้อยกว่า 2 channels, 5 MS/s, รองรับแรงดัน -10 ถึง 10V, differential สำหรับโหลด load resistor
- 4.4.1.15. มีอนาล็อกเอาต์พุตขนาด 16-bit จำนวนไม่น้อยกว่า 14 channels, 2.5 MS/s, ground-based, รองรับแรงดันครอบคลุมช่วง -10 ถึง 10 V
- 4.4.1.16. มีอนาล็อกเอาต์พุตขนาด 16-bit จำนวนไม่น้อยกว่า 2 channels, 5 MS/s, ground-based, รองรับแรงดันครอบคลุมช่วง -10 ถึง 10 V
- 4.4.1.17. มีดิจิตอลอินพุต/เอาต์พุต 48 bidirectional ช่วงแรงดันไฟฟ้า 0 - 35V, configurable threshold, ความถี่อินพุต 20 MHz, ความกว้างพัลส์ขั้นต่ำ 25ns, เอาต์พุตแรงดันสูง 3.3/5V, ความถี่เอาต์พุต 20 MHz, ความกว้างพัลส์ขั้นต่ำ 25ns, ซิตจำกัดกระแสเอาต์พุต 40mA
- 4.4.1.18. มีดิจิตอลอินพุต/เอาต์พุต 12 bidirectional ลักษณะอินพุต: ช่วงแรงดันไฟฟ้า -5V ถึง +5V, ความถี่อินพุต 20 MHz, ความกว้างพัลส์ขั้นต่ำ 25ns ,ลักษณะเอาต์พุต: ช่วงแรงดันไฟฟ้า 1.5V ถึง 3.3V, ความถี่เอาต์พุต 20MHz, ความกว้างพัลส์ขั้นต่ำ 25ns
- 4.4.1.19. รองรับอินพุต/เอาต์พุต สำหรับควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้านี้
 - 4.4.1.19.1. PWM/PFM In/Out รองรับไม่น้อยกว่า 48 Channel
 - 4.4.1.19.2. Block-Commutated PWM Out รองรับไม่น้อยกว่า 2 Channel
 - 4.4.1.19.3. Space Vector PWM In/Out รองรับไม่น้อยกว่า 2 Channel
 - 4.4.1.19.4. Hall Encoder In รองรับไม่น้อยกว่า 2 Channel
 - 4.4.1.19.5. Digital Incremental Encoder In/Out รองรับไม่น้อยกว่า 2 Channel
 - 4.4.1.19.6. Sine Encoder In รองรับไม่น้อยกว่า 2 Channel
 - 4.4.1.19.7. Resolver In รองรับไม่น้อยกว่า 2 Channel
 - 4.4.1.19.8. 2x SSI Master / BISS รองรับไม่น้อยกว่า 2 Channel
 - 4.4.1.19.9. EnDat Master รองรับไม่น้อยกว่า 2 Channel
 - 4.4.1.19.10. Digital Pulse Capture รองรับไม่น้อยกว่า 2 Channel
 - 4.4.1.19.11. Digital Pulse Out รองรับไม่น้อยกว่า 48 Channel

- 4.4.1.19.12. SENT In/Out รองรับไม่น้อยกว่า 2 Channel
- 4.4.1.19.13. SPI Master รองรับไม่น้อยกว่า 2 Channel
- 4.4.1.20. มีแหล่งจ่ายไฟ Sensor supply 1 channel ขนาดแรงดัน 5 V รองรับกระแส 500 mA
- 4.4.1.21. มีแหล่งจ่ายไฟ Sensor supply 1 channel ขนาดแรงดัน 12 V รองรับกระแส 500 mA
- 4.4.1.22. สามารถแสดงสถานะการทำงาน ผ่านทาง Programmable status LEDs ได้หรือดีกว่า
- 4.4.1.23. ลักษณะเครื่องแบบ Top Panel สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายในผ่านทาง Connector แบบต่าง ๆ ได้ดังนี้
 - 4.4.1.23.1. Sub-D 50 Input/Output connectors 2 ช่อง
 - 4.4.1.23.2. BNC Input/Output connectors 48 ช่อง
 - 4.4.1.23.3. Sub-D 9 Input/Output connectors 4 ช่อง
- 4.4.2. มีโปรแกรมชุดซอฟต์แวร์ LabView แบบ Subscription License จำนวน 1 ชุด โดยรายละเอียดดังนี้
 - 4.4.2.1. สามารถเข้าใช้งานได้พร้อมกันไม่น้อยกว่าจำนวน 50 ผู้ใช้งานและเป็นโปรแกรมพัฒนาซอฟต์แวร์แบบกราฟิก (Graphical Programming) สำหรับงาน Virtual Instrumentation หรือดีกว่า
 - 4.4.2.2. รองรับการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์วัดและควบคุม เช่น DAQ, NI CompactDAQ, CompactRIO, PXI, GPIB, VISA, RS-232, RS-485, Ethernet, Modbus
 - 4.4.2.3. สามารถใช้งานแบบ Subscription License มีอายุใช้งาน 1 ปี
 - 4.4.2.4. รองรับการเปิดใช้งานผ่านบัญชีผู้ใช้ (Online Activation) และรองรับ Offline License หรือดีกว่า
 - 4.4.2.5. สามารถติดตั้งและใช้งานบนระบบปฏิบัติการ Windows (Windows 10/11 64-bit)
 - 4.4.2.6. เป็นซอฟต์แวร์ลิขสิทธิ์แท้จากผู้ผลิตและผู้แทนจำหน่ายอย่างถูกต้อง
 - 4.4.2.7. ผู้เสนอราคาต้องได้รับการแต่งตั้งให้เป็นตัวแทนจำหน่ายจากผู้ผลิตหรือได้รับการแต่งตั้งจากตัวแทนในประเทศมาแสดงพร้อมระบุชื่อโครงการและหน่วยงานที่นำเสนอ เพื่อประโยชน์ต่อการรับประกันและการบริการหลังการขาย

4.5. ชุดระบบตรวจสอบการฉีดพ่นเชื้อเพลิง (fuel spray testing system) จำนวน 1 ชุด โดยประกอบไปด้วยรายละเอียดดังนี้

- 4.5.1. เป็นชุดอุปกรณ์สำหรับฉีดพ่นหัวฉีดเชื้อเพลิง และทดสอบการทำงานของระบบเชื้อเพลิง
- 4.5.2. สามารถวัดความดันจ่ายเชื้อเพลิง และอัตราการไหลของเชื้อเพลิงแบบดิจิทัลได้
- 4.5.3. สามารถตรวจสอบรูปแบบการพ่น และความสมบูรณ์ของเชื้อเพลิง
- 4.5.4. สามารถทดสอบลักษณะการพ่นเชื้อเพลิงก่อนที่จะถูกเผาไหม้ในเครื่องยนต์จริง หรือทดสอบสูตรเชื้อเพลิงทางเลือกได้
- 4.5.5. สามารถตรวจสอบความสมบูรณ์ในการใช้งานการพ่นเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ได้
- 4.5.6. มีท่อร่วมฉีดพ่นเครื่องยนต์เจ็ทพร้อมระบบควบคุมการไหลแบบแปรผัน
- 4.5.7. มีระบบดูดและระบายสูญญากาศการพ่นเชื้อเพลิง
- 4.5.8. มีชุด Operating Panel ที่ใช้สำหรับควบคุมการทำงานของเครื่องดังนี้
 - 4.5.8.1. Digital Fuel Flow Meter
 - 4.5.8.2. Analog Fuel Pressure Gauge
 - 4.5.8.3. Keyed Master Switch
 - 4.5.8.4. Test Chamber Vacuum Switch
 - 4.5.8.5. Fuel Pump Switch
- 4.5.9. อุปกรณ์มี Dimensions (กว้างxยาวxสูง) ขนาดไม่น้อยกว่า 74 x 56 x 160 เซนติเมตร

5. ผู้เสนอราคาต้องแสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติเฉพาะของครุภัณฑ์ระหว่างคุณสมบัติเฉพาะที่ มหาวิทยาลัยกำหนดกับคุณสมบัติเฉพาะของสินค้าที่เสนอราคาทั้งหมดทุกข้อ โดยแสดงว่าคุณสมบัติดังกล่าวตรงตามข้อกำหนด หรือดีกว่า ทั้งนี้จะต้องทำเครื่องหมายและระบุหมายเลขข้อที่กำหนด แสดงส่วนข้อกำหนดรายละเอียดคุณสมบัติเฉพาะ ในแคตตาล็อกหรือเอกสารอ้างอิงให้ชัดเจนทุกข้อ

6. กำหนดส่งมอบ ภายใน 150 วัน

7. ระยะเวลาการรับประกัน 1 ปี

8. สถานที่ส่งมอบ ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ลงชื่อ.....ผู้กำหนดรายละเอียด
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธนาพร เพชรกุล)
ตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์

ลงชื่อ.....ผู้กำหนดรายละเอียด
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิโรจน์ พิราบเนนชัย)
ตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์

ลงชื่อ.....ผู้กำหนดรายละเอียด
(ดร.ภูเบศ แสงมะฮะหมัด)
ตำแหน่ง อาจารย์

ลงชื่อ.....หัวหน้าหน่วยงาน
(รองศาสตราจารย์ ดร.สรพงษ์ ภาวสุปรีดิ์)
ตำแหน่ง คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์