

## รายละเอียดประกอบการจัดซื้อครุภัณฑ์

1. ชื่อครุภัณฑ์ ครุภัณฑ์ชุดปฏิบัติการเรียนรู้พื้นฐานการขับเคลื่อนเครื่องยนต์ไอพ่น (Jet Engine) และหลักการเทอร์โมไดนามิก
2. จำนวนที่ต้องการ 1 ชุด
3. เหตุผลความจำเป็น

ในปัจจุบัน อุตสาหกรรมการบินและอวกาศมีการเติบโตอย่างรวดเร็ว และเป็นหนึ่งในกลุ่มอุตสาหกรรมที่อยู่ในกลุ่ม New S-Curve ซึ่งได้รับการสนับสนุนจากรัฐบาลในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจไทย เทคโนโลยีที่สำคัญในอุตสาหกรรมนี้คือการขับเคลื่อนเครื่องยนต์ไอพ่น (Jet Engine) ซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการเดินทางทั้งในเชิงพาณิชย์และการทหาร รวมถึงการพัฒนาเทคโนโลยีด้านพลังงานที่เกี่ยวข้องมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีมีความตั้งใจที่จะพัฒนาหลักสูตรการเรียนการสอนและการวิจัยที่ทันสมัย เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการของอุตสาหกรรมการบินและพลังงาน โดยเฉพาะในด้านเทคโนโลยีการขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์ไอพ่น และหลักการทางอุณหพลศาสตร์ (Thermodynamics) ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญในการทำความเข้าใจและพัฒนาเทคโนโลยีในอุตสาหกรรมนี้โครงการนี้จะมุ่งเน้นการใช้ ชุดปฏิบัติการเรียนรู้พื้นฐานการขับเคลื่อนเครื่องยนต์ไอพ่น (Jet Engine) และหลักการเทอร์โมไดนามิก เป็นสื่อการสอนและการวิจัยหลักในห้องปฏิบัติการ โดยชุดปฏิบัติการนี้จะจำลองการทำงานของเครื่องยนต์ไอพ่นที่ใช้ในอุตสาหกรรมการบิน เพื่อให้นักศึกษาได้มีโอกาสศึกษาและทดลองการทำงานจริงของเครื่องยนต์ไอพ่น ทั้งในด้านการผลิตแรงขับ, การวิเคราะห์การเผาไหม้, การจัดการพลังงาน และการควบคุมกระบวนการทำงานต่าง ๆ นอกจากนี้ ชุดปฏิบัติการยังสามารถใช้ในการสอนและวิจัยในด้านหลักการ เทอร์โมไดนามิก ซึ่งเป็นหนึ่งในหลักการที่สำคัญในการศึกษาเกี่ยวกับพลังงานและการแปลงพลังงาน นักศึกษาจะได้เรียนรู้เกี่ยวกับกระบวนการแปลงพลังงานในเครื่องยนต์ไอพ่น ตั้งแต่การดูดอากาศ, การอัดอากาศ, การเผาไหม้ และการปล่อยไอเสีย ซึ่งสอดคล้องกับการทำงานของเครื่องยนต์ที่ใช้ในอุตสาหกรรมการบิน

ชุดปฏิบัติการนี้ ยังรองรับการเก็บข้อมูลเชิงลึกและการวิเคราะห์ผลการการทำงานของเครื่องยนต์ไอพ่นแบบเรียลไทม์ โดยใช้ซอฟต์แวร์ที่สามารถประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ เช่น อุณหภูมิ, ความดัน, การไหลของเชื้อเพลิง, และอัตราส่วนการอัด นอกจากนี้การเรียนรู้ทางทฤษฎี นักศึกษาจะสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ในการทำวิจัยเพื่อพัฒนานวัตกรรมใหม่ ๆ ที่เกี่ยวข้องกับพลังงานสะอาดและการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอุตสาหกรรมการบิน โครงการนี้ยังเป็นการเตรียมความพร้อมให้นักศึกษาสำหรับการทำงานในอุตสาหกรรมการบินและอวกาศ ซึ่งเป็นหนึ่งในกลุ่ม New S-Curve ที่มีศักยภาพสูงในการพัฒนาเทคโนโลยีขั้นสูงของประเทศ และเป็นการสร้างความรู้และทักษะที่จำเป็นในการแข่งขันในระดับโลก

ดังนั้น การจัดตั้งโครงการนี้จึงเป็นก้าวสำคัญในการส่งเสริมการศึกษาและการวิจัยในสาขาวิศวกรรมการบินและพลังงาน โดยการใช้ ชุดปฏิบัติการเรียนรู้พื้นฐานการขับเคลื่อนเครื่องยนต์ไอพ่นและหลักการเทอร์โมไดนามิก เป็นสื่อการเรียนรู้หลัก ซึ่งจะช่วยให้นักศึกษาได้พัฒนาทักษะที่สำคัญในการทำงานในอุตสาหกรรมการบินที่มีการเติบโตอย่างต่อเนื่อง และสอดคล้องกับนโยบายการพัฒนาประเทศตามแนวทาง New S-Curve

## 4. รายละเอียด

-ดังรายละเอียดที่แนบ-

5. ราคามาตรฐานหรือราคาที่เคยซื้อครุภัณฑ์ครั้งสุดท้ายในระยะเวลา 2 ปีงบประมาณ -ไม่มี-
6. วงเงินที่ได้รับอนุมัติ 26,600,000 บาท (ยี่สิบหกล้านบาทถ้วน)

7. คณะกรรมการพิจารณาผลการประกวดราคาอิเล็กทรอนิกส์


- |  |                     |
|--|---------------------|
| 7.1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญฤทธิ คุ่มเขต | ประธานกรรมการ       |
| 7.2. นางสาวรัชดาพร แสงเพชร                 | กรรมการ             |
| 7.3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิติต ภูครองตา  | กรรมการและเลขานุการ |

8. คณะกรรมการตรวจรับพัสดุ


- |  |                     |
|--|---------------------|
| 8.1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิโรจน์ พิราจเนนชัย | ประธานกรรมการ       |
| 8.2. นายภูเบต แสงมะฮะหมัด                  | กรรมการ             |
| 8.3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนาพร เพชรกุล   | กรรมการและเลขานุการ |


9. บริษัท/ห้าง/ร้าน/ที่จำหน่าย พร้อมเบอร์โทรศัพท์และเบอร์โทรสาร

- |                                      |
|--------------------------------------|
| 9.1. บริษัท โคตรอน จำกัด             |
| เบอร์โทรศัพท์ 02-183-0231            |
| 9.2. บริษัทอินโนเวชั่น อินโฟร์ จำกัด |
| เบอร์โทรศัพท์ 02-114-7286            |
| 9.3. บริษัท คอมเซิร์ฟ สยาม จำกัด     |
| เบอร์โทรศัพท์ 02-878-5599            |

ลงชื่อ  ผู้กำหนดรายละเอียด  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิโรจน์ พิราจเนนชัย)  
ตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์

ลงชื่อ  ผู้กำหนดรายละเอียด  
(นายภูเบต แสงมะฮะหมัด)  
ตำแหน่ง อาจารย์

ลงชื่อ  ผู้กำหนดรายละเอียด  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนาพร เพชรกุล)  
ตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์

ลงชื่อ  หัวหน้าหน่วยงาน  
(รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย ต่อสกุล)  
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

รายละเอียดประกอบการจัดซื้อครุภัณฑ์

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

เป็นครุภัณฑ์ชุดปฏิบัติการเรียนรู้พื้นฐานการขับเคลื่อนเครื่องยนต์ไอพ่น (Jet Engine) และหลักการเทอร์โมไดนามิก เป็นสื่อการสอนและการวิจัยหลักในห้องปฏิบัติการ โดยชุดปฏิบัติการนี้จะจำลองการทำงาน ของเครื่องยนต์ไอพ่นที่ใช้ในอุตสาหกรรมการบิน เพื่อให้นักศึกษาได้มีโอกาสศึกษาและทดลองการทำงานจริง ของเครื่องยนต์ไอพ่น ทั้งในด้านการผลิตแรงขับ, การวิเคราะห์การเผาไหม้, การจัดการพลังงาน และการควบคุม กระบวนการทำงานต่าง ๆ นอกจากนี้ ชุดปฏิบัติการยังสามารถใช้ในการสอนและวิจัยในด้านหลักการ เทอร์โม

ไดนามิก ซึ่งเป็นหนึ่งในหลักการที่สำคัญในการศึกษาเกี่ยวกับพลังงานและการแปลงพลังงาน นักศึกษาจะได้เรียนรู้เกี่ยวกับกระบวนการแปลงพลังงานในเครื่องยนต์ไอพ่น ตั้งแต่การดูดอากาศ, การอัดอากาศ, การเผาไหม้ และการปล่อยไอเสีย ซึ่งสอดคล้องกับการทำงานของเครื่องยนต์ที่ใช้ในอุตสาหกรรมการบิน ประกอบไปด้วย

#### 4. รายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะ

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

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

4.1.1.1. ออกแบบให้สามารถศึกษาและวิเคราะห์หลักการการทำงานของวงจร Brayton Cycle ได้

4.1.1.2. ติดตั้งภายในโครงเหล็ก มีแผ่นโพลีคาร์บอเนตป้องกันการกระเด็นและสามารถมองเห็นการทำงานของเครื่องได้

4.1.1.3. รองรับการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงประเภท Jet A, A-1, JP-4, JP-5, JP-8, Diesel, Fuel Oil #1, #2 โดยไม่ต้องอุ่นหรือติดตั้งระบบปรับสภาพน้ำมันเชื้อเพลิง

4.1.1.4. เครื่องยนต์จะต้องใช้คอมเพรสเซอร์แบบไหลแรงเหวี่ยงหรือดีกว่า

4.1.1.5. โครงสร้างภายในของเครื่องยนต์กังหันแก๊ส ต้องประกอบด้วย

4.1.1.5.1. คอมเพรสเซอร์แบบแรงเหวี่ยง (Centrifugal Flow Compressor)

4.1.1.5.2. ห้องเผาไหม้แบบไหลย้อน (Reverse Flow Annular Combustor)

4.1.1.5.3. เทอร์ไบน์แบบแกนหมุน (Axial Flow Turbine Stage)

4.1.1.6. มีซอฟต์แวร์สำหรับจำลองการทำงาน Gas Turbine Power System โดยสามารถแสดงผลการวัดได้อย่างน้อยดังนี้

4.1.1.6.1. อุณหภูมิและความดันทางเข้าคอมเพรสเซอร์

4.1.1.6.2. อุณหภูมิและความดันทางออกคอมเพรสเซอร์

4.1.1.6.3. อุณหภูมิและความดันทางเข้าเทอร์ไบน์

4.1.1.6.4. อุณหภูมิและความดันทางออกเทอร์ไบน์

4.1.1.6.5. อัตราการไหลของเชื้อเพลิง (Fuel Flow)

4.1.1.6.6. แรงผลักดัน (Thrust)

4.1.1.6.7. ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ (Engine Rotational Speed - RPM)

4.1.1.7. มีระบบสตาร์ทและดับเครื่องอัตโนมัติ (Auto Start / Auto Shutdown) ด้วยปุ่มเดียว

4.1.1.8. มีการควบคุมการทำงานปรับความเร็วรอบผ่านคันโยกแบบ T-handle

4.1.1.9. ส่วนประกอบของเครื่องยนต์ทั้งหมดเป็นแบบหล่อสูญญากาศหรือกลึงด้วยเครื่อง CNC ที่มีความแม่นยำ

4.1.1.10. Design Maximum RPM ไม่น้อยกว่า 87,000

4.1.1.11. มี Mass Flow ไม่น้อยกว่า 1.1 lbs/s หรือ 0.5 kg/s

4.1.1.12. รองรับอุณหภูมิทางเข้าสูงสุดของเทอร์ไบน์ได้ ไม่ต่ำกว่า 850°C

4.1.1.13. กำลังแรงดัน (Thrust) ไม่ต่ำกว่า 175 N

4.1.1.14. รองรับอุณหภูมิไอเสียสูงสุดได้ ไม่ต่ำกว่า 700°C

4.1.1.15. อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ (SFC) ไม่เกิน 1.2 lb/lbf-hr

4.1.1.16. ความดันลมสูงสุด (Maximum Air Pressure) ไม่ต่ำกว่า 150 PSI

- 4.1.1.17. ความดันเชื้อเพลิงต่ำสุด (Minimum Fuel Pressure) ไม่ต่ำกว่า 150 PSI
  - 4.1.1.18. แผงควบคุมจะต้องรองรับการแสดงผลดังนี้
    - 4.1.1.18.1. Digital Turbine Inlet Temperature (TIT)
    - 4.1.1.18.2. Digital Exhaust Gas Temperature (EGT)
    - 4.1.1.18.3. Digital Engine Rotational Speed (RPM)
    - 4.1.1.18.4. Analog Oil Pressure
    - 4.1.1.18.5. Analog Engine Pressure
    - 4.1.1.18.6. Analog Air Start Pressure
  - 4.1.1.19. สามารถแสดงผลได้ทั้งแบบตัวเลขและกราฟแบบ Real-time เป็นอย่างน้อย
  - 4.1.1.20. มีระบบเก็บข้อมูลแบบดิจิทัลรองรับการบันทึกและเรียกดูข้อมูลย้อนหลัง และนำค่าออกเป็นไฟล์เพื่อเปิดในโปรแกรม MS Excel ได้
- 4.1.2. เครื่องคอมพิวเตอร์ Workstation ประมวลผลด้านกราฟฟิกขั้นสูง จำนวน 2 เครื่อง โดยแต่ละเครื่องรายละเอียดดังนี้
- 4.1.2.1. มีหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) แบบ Core Ultra 7 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. มีจอมอนิเตอร์ขนาดไม่น้อยกว่า 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
  - 4.1.2.9. มีซอฟต์แวร์ป้องกันไวรัสคอมพิวเตอร์ (Antivirus) พร้อมลิขสิทธิ์ที่ถูกต้องตามกฎหมายระยะเวลา 1 ปี โดยมีคุณลักษณะอย่างน้อยดังนี้
    - 4.1.2.9.1. สามารถตรวจสอบข้อมูล hardware & software inventory, ตรวจสอบ software changelog และมีระบบ filter ในการกรองข้อมูล และสามารถออก scheduled report โดยอิงกับ filter ได้ เป็นอย่างน้อย

- 4.1.2.9.2. สามารถตั้ง scheduled report แบบ executive และ Zero-Trust สรุปรวมข้อมูลภาพรวม และส่งข้อมูล report เฉพาะตาม filter ที่สร้างไว้หรือดีกว่า
- 4.1.2.9.3. สามารถตั้งค่า anti-tamper ป้องกันระบบ Shadow Copy ของ Windows ให้ปลอดภัยยิ่งขึ้นจากภัยคุกคามภายนอก บนหน้า dashboard ของโปรแกรม antivirus ได้เป็นอย่างดี
- 4.1.2.9.4. มีการตรวจจับและแสดงผลแบบ Incident-Centric Detection รวมข้อมูล detection ระดับต่ำให้กลายเป็น visual attack path สำหรับลด alert noise และตรวจสอบหา root-cause อย่างมีประสิทธิภาพหรือดีกว่า
- 4.1.2.9.5. สามารถตรวจจับกิจกรรมที่น่าสงสัยใน TLS traffic ที่ถูกเข้ารหัสได้ โดยใช้ fingerprint analysis อิงกับ MITRE techniques โดยไม่ต้อง decrypt traffic หรือดีกว่า
- 4.1.2.9.6. มีเทคโนโลยี Decoy Files เพิ่ม layer การป้องกัน ransomware อีกชั้น เพื่อหยุดยั้งการทำงานของ process การเข้ารหัสได้เป็นอย่างดี
- 4.1.2.9.7. มีระบบ Zero-Trust Application Service สามารถวิเคราะห์พฤติกรรมของไฟล์หรือโปรแกรมนั้นๆว่าอันตรายหรือไม่ (classifies 100% of processes) หากเป็นอันตรายหรือไม่ น่าเชื่อถือ ต้องสามารถห้ามไม่ให้ไฟล์หรือโปรแกรมดังกล่าวสามารถ run ได้ โดยทำงานควบคู่กับ Collective Intelligence, Big Data, AI Deep Machine Learning Algorithms ได้เป็นอย่างดี
- 4.1.2.9.8. มีระบบ Threat Hunting Service ตรวจจับ Indicators of attack (IOA) ทำการตรวจจับและวิเคราะห์ event ลักษณะการโจมตีต่างๆ ที่เกิดขึ้นแบบเชิงรุก อิงกับ MITRE ATT&CK Matrix แจ้ง alert พร้อมกับ recommendation ที่ต้องดำเนินการได้เป็นอย่างดี
- 4.1.2.9.9. สามารถกำหนด Authorized Software ให้โปรแกรมเฉพาะทางหรือโปรแกรมที่หน่วยงานพัฒนาขึ้นเองไม่ถูกล็อกการทำงานโดยระบบ Zero-Trust แต่ยังคงถูกสแกนและวิเคราะห์ด้านความปลอดภัยอยู่เบื้องหลังได้เป็นอย่างดี
- 4.1.2.9.10. สามารถ monitor inbound และ outbound connection ระหว่าง endpoint ที่มีความเสี่ยงในระดับต่าง ๆ ได้ (Endpoint Access Enforcement) และสามารถสั่ง block inbound connection โดยอัตโนมัติจากเครื่องที่มีความเสี่ยงได้
- 4.1.2.9.11. ใช้เทคโนโลยี cloud platform ที่รองรับการตรวจจับ ตรวจสอบความสัมพันธ์ และการตอบสนอง จากหลากหลายมุมมองความปลอดภัยที่ครอบคลุมถึง endpoint, network, identity และ cloud โดยแสดงผลในหน้าจอ dashboard เดียวกัน

4.1.3. โปรแกรมซอฟต์แวร์คำนวณทางด้านคณิตศาสตร์ขั้นสูง 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), การหาค่าเหมาะที่สุด (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), การหาค่าเหมาะที่สุด (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. รองรับการสร้างรายงานแบบอินเทอร์แอกทีฟ (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. มีตัวอย่างโปรแกรมที่แสดงถึงการจำลองด้าน Turbojet อย่างน้อยดังนี้
  - 4.1.3.17.1. Aircraft Engine Simulation
  - 4.1.3.17.2. Turbojet Parametric Analysis
  - 4.1.3.17.3. Turbojet Engine Design and Simulation พร้อมแนบเอกสารตัวอย่างการจำลอง
- 4.1.3.18. สามารถติดตั้งใช้งานได้บนระบบปฏิบัติการ Windows, macOS และ Linux
- 4.1.3.19. รองรับการใช้งานแบบ Single License, Network License หรือ Academic License
- 4.1.3.20. 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
  - 4.1.5. มีคู่มือการใช้งานภาษาอังกฤษหรือภาษาไทย
  - 4.1.6. มีเอกสารตัวอย่างคู่มือการทดลอง (Experimental Manual) พร้อมเฉลย มาพร้อมในวันส่งมอบ
  - 4.1.7. ผู้เสนอราคาต้องได้รับการสนับสนุนทางเทคนิค และเป็นตัวแทนจำหน่ายที่ได้รับการแต่งตั้งเป็นตัวแทนจำหน่ายจากผู้ผลิต โดยจะต้องยื่นเอกสารมาพร้อมกับการเสนอราคา
- 4.2. ชุดระบบป้องกันเสียงกังหันแก๊ส (Gas Turbine Sound Suppressor System) จำนวน 1 ชุด ประกอบไปด้วย
- 4.2.1. ระบบป้องกันเสียงกังหันแก๊ส (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%
    - 4.2.1.5. ชุดลดเสียงทางเข้าอากาศ (Intake Suppressor Unit)

- 4.2.1.5.1. ผลิตจากวัสดุไฟเบอร์กลาสคุณภาพสูงระดับอากาศยาน
- 4.2.1.5.2. ออกแบบเป็นทรง Nacelle แบบเครื่องบิน
- 4.2.1.6. ชุดลดเสียงไอเสีย (Exhaust Suppressor Unit)
  - 4.2.1.6.1. ผลิตจากสแตนเลส (Stainless Steel) เพื่อความทนทานต่อความร้อนสูง
  - 4.2.1.6.2. มีหน้าต่างแก้วใส (Glass Sight Window) สำหรับมองเห็นเปลวไฟขณะเริ่มเดินเครื่อง
  - 4.2.1.6.3. มีห้องลดเสียง (Acoustic Expansion Chamber) ที่ปลายท่อเพื่อเชื่อมต่อกับท่อไอเสียของสถานที่ใช้งานได้สะดวก
- 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) ไม่น้อยกว่า 1 แบบ
  - 4.2.2.6. มีเลเซอร์พอยน์เตอร์ (Laser Pointer) ตัววัดระยะด้วยเลเซอร์ (Laser Distance Meter) และการวัดพื้นที่ (Area Measurement)
- 4.3. ชุดแบบจำลองเครื่องยนต์เทอร์โบเจ็ท (Turbojet Engine CAD Model) จำนวน 1 ชุด โดยมีองค์ประกอบและรายละเอียดดังนี้
  - 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 โดยมีรายละเอียดอย่างน้อยดังนี้
      - 4.3.1.1.1. Engine inlet
      - 4.3.1.1.2. Intake case
      - 4.3.1.1.3. Centrifugal flow compressor
      - 4.3.1.1.4. Bladed diffuser
      - 4.3.1.1.5. Reverse flow annular combustor
      - 4.3.1.1.6. Combustor straightener vanes
      - 4.3.1.1.7. Combustor transition liner
      - 4.3.1.1.8. Nozzle vane guide ring
      - 4.3.1.1.9. Axial flow turbine
      - 4.3.1.1.10. Turbine containment ring
      - 4.3.1.1.11. Thrust nozzle cone
      - 4.3.1.1.12. Engine outer mantle

- 4.3.1.2. สามารถจำลองชิ้นส่วนเครื่อง Turbo jet ได้ดังนี้
    - 4.3.1.2.1. Inlet Bellmouth
    - 4.3.1.2.2. Diffuser
    - 4.3.1.2.3. Annular Combusor
    - 4.3.1.2.4. Vane Guide Ring
    - 4.3.1.2.5. Thrust Nozzle / Exit
  - 4.3.1.3. สามารถใช้วิเคราะห์การไหลขั้นพื้นฐาน รวมถึงการออกแบบ เช่น การสร้างไดอะแกรมเวกเตอร์ความเร็ว (Velocity Vector Diagram)
  - 4.3.1.4. รองรับการใช้งานร่วมกับซอฟต์แวร์ CFD (Computational Fluid Dynamics) และ FEA (Finite Element Analysis) สำหรับการวิเคราะห์ทางวิศวกรรมได้
  - 4.3.1.5. มีข้อมูลคุณสมบัติวัสดุของแต่ละชิ้นส่วนที่สามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์แรง, ความร้อน และการไหลได้
- 4.3.2. ชุดจำลองเครื่องยนต์เทอร์โบเจ็ท จำนวน 1 ชุด โดยประกอบไปด้วยรายละเอียดดังนี้
- 4.3.2.1. เป็นเครื่องยนต์กังหันเทอร์โบขนาดเล็ก (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. เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ ไม่เคยใช้งานมาก่อน และอยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน
  - 4.3.2.4. มีขนาดไม่น้อยกว่าดังนี้ เส้นผ่านศูนย์กลาง (Diameter) 132 มิลลิเมตร (5 นิ้ว) ความยาว (Length) 335 มิลลิเมตร (13 นิ้ว) และน้ำหนัก (Weight) 2,900 กรัม (6 ปอนด์)
  - 4.3.2.5. มีความเร็วรอบสูงสุดไม่น้อยกว่า (Maximum RPM) 100,000 รอบต่อนาที
  - 4.3.2.6. มีแรงขับสูงสุดไม่น้อยกว่า (Maximum Thrust) 32 กิโลกรัม (71 ปอนด์)
  - 4.3.2.7. มีแบตเตอรี่ (Battery) 11.1V Li-Po ความจุอย่างน้อย 2200 mAh หรือดีกว่า
- 4.3.3. ผู้เสนอราคาต้องได้รับการสนับสนุนทางเทคนิค และเป็นตัวแทนจำหน่ายที่ได้รับการแต่งตั้งเป็นตัวแทนจำหน่ายจากผู้ผลิต โดยจะต้องยื่นเอกสารมาพร้อมกับการเสนอราคา
- 4.4. ชุดประมวลผลแบบกระทัดรัดสำหรับการควบคุมฮาร์ดแวร์อินเดอะลูป (hardware-in-the-loop : HIL) จำนวน 1 ชุด โดยมีองค์ประกอบและรายละเอียดดังนี้
- 4.4.1. ชุดประมวลผลแบบกระทัดรัดสำหรับการควบคุมฮาร์ดแวร์อินเดอะลูป (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. มีพ็อดอินเทอร์เฟซโฮสต์ Host interface : Integrated 1 Gb Ethernet host interface
- 4.4.1.5. มีพ็อดอินเทอร์เฟซ I/O แบบเรียลไทม์ของอีเทอร์เน็ต : 2x low-latency 10 Gb Ethernet interfaces
- 4.4.1.6. มีพ็อด USB : USB 2.0 interface สำหรับการบันทึกข้อมูลและเป็นที่จัดเก็บข้อมูลสำหรับแอปพลิเคชันแบบเรียลไทม์
- 4.4.1.7. มีพ็อด CAN interface : 4 x CANFD Signal Improvement Capability (SIC)
- 4.4.1.8. มีพ็อด LIN interface : 4 x LIN
- 4.4.1.9. มีพ็อด Serial interface : 2 x UART interfaces supporting RS232, RS422, หรือ RS485
- 4.4.1.10. มีพ็อด dSPACE IOCNet1 : 1 x IOCNet interface
- 4.4.1.11. มีพ็อดอนุกรมความเร็วสูง 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. มีอนาล็อกเอาต์พุตขนาด16-bit จำนวนไม่น้อยกว่า 14 channels, 2.5 MS/s, ground-based,รองรับแรงดันครอบคลุมช่วง -10 ถึง 10 V
- 4.4.1.16. มีอนาล็อกเอาต์พุตขนาด16-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,ขีดจำกัดกระแสเอาต์พุต 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-Commuted 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. เป็นเครื่องแบบ 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
- 4.4.1.24. มีซอฟต์แวร์สำหรับการกำหนดค่าและควบคุมระบบ Real-time HIL โดยมีรายละเอียดดังนี้
  - 4.4.1.24.1. โปรแกรมการทำงานที่ใช้งานร่วมกับระบบควบคุม MicroLabBox II
  - 4.4.1.24.2. มีฟังก์ชันการกำหนดค่าแบบกราฟิก สามารถเชื่อมต่อฟังก์ชันของ I/O เข้ากับพอร์ตของโมเดล
  - 4.4.1.24.3. สามารถกำหนดค่า I/O ได้ไม่น้อยกว่า 100 ฟังก์ชัน
  - 4.4.1.24.4. มีโทโพโลยีโมเดลสำหรับแสดงและอธิบายพอร์ตของโมเดลที่นำเข้า
  - 4.4.1.24.5. สามารถกำหนดและจัดสรรทรัพยากรฮาร์ดแวร์ให้กับฟังก์ชัน I/O ได้
  - 4.4.1.24.6. รองรับการทำงานร่วมกับ MATLAB/Simulink/Stateflow, Functional Mock-up Units (FMUs) และ virtual ECU
  - 4.4.1.24.7. รองรับการจำลองการสื่อสารผ่านบัส CAN หรือเทียบเท่า
  - 4.4.1.24.8. รองรับการประมวลผลแบบหลายคอร์ (Multi-core processing) และสามารถกำหนดการสื่อสารระหว่างโมเดลได้
  - 4.4.1.24.9. มีระบบจัดการโปรเจกต์และการทดลอง
  - 4.4.1.24.10. สามารถวัดสัญญาณและแสดงผลการทดลองได้
  - 4.4.1.24.11. สามารถบันทึกและแสดงผลสัญญาณตามเวลาได้

- 4.4.1.24.12. สามารถแสดงผลกราฟแบบหลายแกน (Multi-axis graph)
- 4.4.1.24.13. รองรับการแสดงผลจากระบบจำลองแบบ Real-time หรือ Offline simulation
- 4.4.1.24.14. สามารถตั้งค่าการวัด (Measurement Configuration) ได้
- 4.4.1.24.15. มีระบบแจ้งเตือนหรือแสดงข้อความสถานะของระบบ
- 4.4.1.24.16. ทั้งนี้ซอฟต์แวร์ต้องสามารถทำงานร่วมกับระบบ HIL ที่เสนอได้อย่างสมบูรณ์แบบ (Seamless integration)
- 4.4.1.24.17. ผู้เสนอราคาต้องจัดให้มีการฝึกอบรมการใช้งานซอฟต์แวร์ด้านระบบควบคุมและการจำลองแบบ Real-time โดยวิทยากรต้องมีประสบการณ์ตรงในระบบดังกล่าวไม่น้อยกว่า 2 ปี หรือมีผลงาน/ใบรับรองที่เกี่ยวข้อง และต้องแสดงหลักฐานประกอบการเสนอราคา
- 4.4.1.25. มีชุดอุปกรณ์ป้องกันไฟกระชอกทางระบบไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ที่นำมาใช้ เพื่อป้องกันความเสียหายที่เกิดจาก เช่น แรงดันไฟฟ้ากระชอก แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดจากฟ้าผ่า ฟ้าแลบ ซึ่งปนเข้ามาหรือเหนี่ยวนำเข้ามาในระบบจ่ายกระแสไฟฟ้าสลับ 230 Volt 50 Hz โดยทำให้เกิดความปลอดภัยต่อเจ้าหน้าที่ ที่ปฏิบัติงานและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์โดยมีรายละเอียดอย่างน้อย ดังนี้
  - 4.4.1.25.1. สามารถป้องกันอันตรายจากกระแสไฟฟ้าเกินหรือการลัดวงจรทางด้านไฟฟ้า (Circuit Breaker) ได้
  - 4.4.1.25.2. มีวงจรป้องกันสัญญาณรบกวนทางระบบไฟฟ้า (Noise Filter) เพื่อให้อุปกรณ์ใช้งานสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ
  - 4.4.1.25.3. มีสายไฟขนาดไม่น้อยกว่า 3 x 1.5 มม. ความยาวไม่น้อยกว่า 3 เมตรพร้อมเต้าเสียบตามมาตรฐาน IEC หรือ มอก. และมีเต้ารับตามมาตรฐาน มอก. ด้านหน้าจำนวนไม่น้อยกว่า 1 ชุด และด้านหลังจำนวนไม่น้อยกว่า 8 ชุด
  - 4.4.1.25.4. มีส่วนแสดงสถานะของแรงดันไฟฟ้าใช้งาน (Line Voltage) และสถานะของกระแสไหลดที่ต่อใช้งาน (Load Current) โดยส่วนแสดงผลจะต้องแสดงจำนวนตัวเลขได้ไม่ต่ำกว่า 3 หลัก
  - 4.4.1.25.5. อุปกรณ์ป้องกันมีขนาด 1 U และต้องสามารถติดตั้งในตู้ Rack 19” ได้
  - 4.4.1.25.6. ต้องมีอุปกรณ์ตรวจนับจำนวนครั้งของการเกิดไฟกระชอกแบบช่วงยาว (TOVs) ที่เกิดขึ้นในระบบไฟฟ้า โดยมีส่วนแสดงผลการนับเป็นแบบ LED แสดงจำนวนตัวเลขได้ไม่ต่ำกว่า 3 หลัก
  - 4.4.1.25.7. อุปกรณ์ที่เสนอมีคุณสมบัติทางเทคนิคอย่างน้อยดังนี้
    - Line Voltage 230 V, 50 Hz

- Max. Transient Surge Current  $\geq 40$  kA ที่รูปคลื่นมาตรฐาน 8/20  $\mu$ Sec
- Clamping Voltage 310 V  $\pm 10\%$  ที่กระแสมากกว่า 100 mA, 50 Hz
- TOVs Surge Current  $> 5$  A, 50 Hz ภายในเวลา 0.5 วินาที
- Let Through Voltage  $< 275$  Volt at TOVs Surge Current
- Residual Voltage  $< 1.2$  kV at Cat. B3/C1
- Response Time  $< 25$  nSec.
- Status Display - Power Fault Surge and Ground LED indicator
- Max. load current 16 A
- Standard According IEC 61643-11-2011, ANSI/IEEE C62.41.1-2002

4.4.1.25.8. ผู้เสนอราคาต้องแนบเอกสารแสดงผลการทดสอบคุณสมบัติทางเทคนิคของ Clamping Voltage, TOVs Surge Current และ Let Through Voltage จากโรงงานผู้ผลิตหรือจากหน่วยงานของรัฐหรือสถาบันที่เชื่อถือได้ ซึ่งเอกสารแสดงผลการทดสอบนี้จะต้องทดสอบ มาแล้วไม่เกิน 12 เดือนนับจากวันที่เสนอราคา มาพร้อมกับการเสนอราคาเพื่อประกอบการพิจารณา

4.4.2. มีโปรแกรมชุดซอฟต์แวร์ LabView แบบ Subscription License จำนวน 1 ชุด โดยรายละเอียดดังนี้

- 4.4.2.1. สามารถใช้งานได้พร้อมกันไม่น้อยกว่าจำนวน 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


4.4.3. ผู้เสนอราคาต้องได้รับการสนับสนุนทางเทคนิค และเป็นตัวแทนจำหน่ายที่ได้รับการแต่งตั้งเป็นตัวแทนจำหน่ายจากผู้ผลิต โดยจะต้องยื่นเอกสารมาพร้อมกับการเสนอราคา


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


- 4.5.1. เป็นชุดอุปกรณ์สำหรับฉีดพ่นหัวฉีดเชื้อเพลิง และทดสอบการทำงานของระบบเชื้อเพลิง
- 4.5.2. สามารถวัดความดันจ่ายเชื้อเพลิง และอัตราการไหลของเชื้อเพลิงแบบดิจิตอลได้
- 4.5.3. สามารถใช้ได้กับเชื้อเพลิงหนัก เช่น ไบโอดีเซล และเชื้อเพลิงทางเลือกอื่น


- 4.5.4. สามารถเรียนรู้ตรวจสอบความสมบูรณ์ของท่อจ่ายเชื้อเพลิง (Spray Manifold) ของชุดเครื่องยนต์กังหันแก๊ส (Gas Turbine Engine) ได้
  - 4.5.5. สามารถตรวจสอบรูปแบบการพ่น และความสมบูรณ์ของเชื้อเพลิง
  - 4.5.6. สามารถทดสอบลักษณะการพ่นเชื้อเพลิงก่อนที่จะถูกเผาไหม้ในเครื่องยนต์จริง หรือทดสอบสูตรเชื้อเพลิงทางเลือกได้
  - 4.5.7. สามารถตรวจสอบความสมบูรณ์ในการใช้งานการพ่นเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ได้
  - 4.5.8. มีท่อรวมน้ำมันเครื่องยนต์เจ็ทพร้อมระบบควบคุมการไหลแบบแปรผัน
  - 4.5.9. มีระบบดูดและระบายสูญญากาศการพ่นเชื้อเพลิง
  - 4.5.10. มีชุด Operating Panel ที่ใช้สำหรับควบคุมการทำงานของเครื่องดังนี้
    - 4.5.10.1. Digital Fuel Flow Meter
    - 4.5.10.2. Analog Fuel Pressure Gauge
    - 4.5.10.3. Keyed Master Switch
    - 4.5.10.4. Test Chamber Vacuum Switch
    - 4.5.10.5. Fuel Pump Switch
  - 4.5.11. มีห้องสังเกตการณ์การพ่นเชื้อเพลิงแบบโปร่งใส (Clear-View Spray Observation Chamber)
  - 4.5.12. มีแผ่นตรวจสอบการพ่น (Spray Verification Impingement Plates)
  - 4.5.13. มีชุดหัวฉีดแบบฝอยสำหรับเครื่องยนต์กังหันเจ็ท (Jet Engine Spray Manifold)
  - 4.5.14. มีปั๊มเชื้อเพลิงไฟฟ้าแบบติดตั้งในตัว (Electric fuel pump)
  - 4.5.15. ระบบดูดและระบายน้ำมันเชื้อเพลิงแบบสูญญากาศในตัว (Vacuum Fuel Collection System)
  - 4.5.16. ถังเก็บเชื้อเพลิงและโครงเครื่องทำจากสแตนเลส หรือดีกว่า
  - 4.5.17. มีระบบล้อเลื่อนพร้อมตัวล็อก (Locking Casters) หรือดีกว่า
  - 4.5.18. รองรับระบบไฟฟ้า 220V, 50Hz
  - 4.5.19. อุปกรณ์มี Dimensions (กว้างxยาวxสูง) ขนาดไม่น้อยกว่า 74 x 56 x 160 เซนติเมตร
  - 4.5.20. มีเอกสารคู่มือการใช้งาน (Operation Manual) หรือคู่มือการทดลอง (Experimental Manual) มาพร้อมในวันส่งมอบ
  - 4.5.21. ผู้เสนอราคาต้องได้รับการสนับสนุนทางเทคนิค และเป็นตัวแทนจำหน่ายที่ได้รับการแต่งตั้งเป็นตัวแทนจำหน่ายจากผู้ผลิต โดยจะต้องยื่นเอกสารมาพร้อมกับการเสนอราคา
5. ผู้เสนอราคาต้องแสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติเฉพาะของครุภัณฑ์ระหว่างคุณสมบัติเฉพาะที่มหาวิทยาลัยกำหนดกับคุณสมบัติเฉพาะของสินค้าที่เสนอราคาทั้งหมดทุกข้อ โดยแสดงว่าคุณสมบัติดังกล่าวตรงตามข้อกำหนด หรือดีกว่า ทั้งนี้จะต้องทำเครื่องหมายและระบุหมายเลขข้อที่กำหนด แสดงส่วนข้อกำหนดรายละเอียดคุณสมบัติเฉพาะ ในแคตตาล็อกหรือเอกสารอ้างอิงให้ชัดเจนทุกข้อ โดยแคตตาล็อกจะต้องเป็นเอกสารจากบริษัทผู้ผลิตที่สามารถสืบค้น เปิดเผยอยู่บนเว็บไซต์สาธารณะของผู้ผลิต เพื่อให้มหาวิทยาลัย สามารถตรวจสอบที่มาของสินค้าและคุณลักษณะเฉพาะของสินค้าจากเจ้าของผลิตภัณฑ์ได้ เพื่อป้องกันสินค้าลอกเลียนแบบ สินค้าละเมิดลิขสิทธิ์ สินค้าเลิกผลิตหรืออยู่นอกสายการผลิต หรือการนำสินค้าที่ผ่านการใช้งานแล้วนำมาปรับปรุงใหม่ และเพื่อประโยชน์ในแง่การบริการหลังการขาย

6. กำหนดส่งมอบ ภายใน 150 วัน
7. ระยะเวลาการรับประกัน 1 ปี
8. สถานที่ส่งมอบ ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ลงชื่อ  ผู้กำหนดรายละเอียด  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิโรจน์ พิราจเนนชัย)  
ตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์

ลงชื่อ  ผู้กำหนดรายละเอียด  
(นายภูเบต แสงมะฮะหมัด)  
ตำแหน่ง อาจารย์

ลงชื่อ  ผู้กำหนดรายละเอียด  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธนาพร เพชรกุล)  
ตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์

  
ลงชื่อ..... หัวหน้าหน่วยงาน  
(รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย ต่อสกุล)  
ตำแหน่ง คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์