

## รายละเอียดประกอบการจัดซื้อครุภัณฑ์

1. ชื่อครุภัณฑ์ ชุดฝึกอบรมแบบและสร้างวงจรพิมพ์เทคโนโลยีสารกึ่งตัวนำย่านความถี่วิทยุสำหรับเทคโนโลยีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอุปกรณ์การสื่อสารยุค 5G และ 6G

2. จำนวนที่ต้องการ \_\_\_\_\_ 1 ชุด \_\_\_\_\_

### 3. เหตุผลความจำเป็น

เทคโนโลยีการสื่อสารยุค 4G และ 5G ในปัจจุบันและยุค 6G ในอนาคต จำเป็นต้องมีอุปกรณ์และวงจรควบคุมที่มีประสิทธิภาพทั้งความเร็วในการประมวลผลและการตอบสนองอย่างทันทีทันใด อุปกรณ์และวงจรควบคุมดังกล่าวถูกออกแบบให้มีผลตอบสนองทางความถี่ในย่านความถี่วิทยุ (Radio Frequency : RF) เพื่อให้สอดคล้องกับช่วงความถี่การสื่อสารเคลื่อนที่แต่ละยุค การที่จะได้การประมวลผลที่มีประสิทธิภาพ รวดเร็วและการตอบสนองอย่างทันทีทันใดนั้น อุปกรณ์การสื่อสารย่านความถี่วิทยุจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำย่านความถี่วิทยุ (RF Semiconductor) ที่มีการตอบสนองและการประมวลผลที่ไวกว่าอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป ประกอบกับขนาดที่เล็กลงอย่างมีนัยสำคัญเนื่องจากความถี่ใช้งานที่สูงมีช่วงความถี่ตั้งแต่ 700 MHz – 60 GHz ส่งผลทำให้การออกแบบวงจรพิมพ์สำหรับอุปกรณ์ที่ใช้ RF Semiconductor มีความซับซ้อนขึ้นอย่างมาก รวมถึงกระบวนการสร้างแผ่นวงจรพิมพ์ต้องมีความละเอียดและความแม่นยำสูงมากยิ่งขึ้น

ภาวะโลกร้อนที่เป็นปัญหาหลักของทุกประเทศ เกิดมาจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยเฉพาะคาร์บอนไดออกไซด์ไม่ว่าจะเป็นจากอุตสาหกรรมด้านน้ำมัน รถยนต์ คอมพิวเตอร์ และอิเล็กทรอนิกส์ ล้วนเป็นต้นเหตุของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่ชั้นทั้งสิ้น จึงทำให้ในการประชุมรัฐภาคีกรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ สมัยที่ 26 ณ เมืองกลาสโกว์ ประเทศสกอตแลนด์ หลากหลายประเทศหาข้อตกลงร่วมกัน ในการวางแผนลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เพื่อก่อให้เกิดการลงมือทำจริงตามข้อตกลงภายใต้ความตกลงปารีส (Paris Agreement) โดยมีเป้าหมายทั้งความเป็นกลางทางคาร์บอน (Carbon Neutrality) และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero Emissions) จากการรณรงค์ดังกล่าวส่งผลโดยตรงต่ออุตสาหกรรมหลากหลายประเภท รวมถึงอุตสาหกรรมโทรคมนาคมยุค 5G และ 6G ที่มีการใช้งานอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำย่านความถี่วิทยุเข้ามาช่วยประมวลผลและเพิ่มความไวในการตอบสนองมากขึ้น ทำให้อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์และอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำตื่นตัวอย่างมากในการผลิตอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่มีการใช้เทคโนโลยีในการผลิตอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกวางขายในตลาดมากขึ้นในอนาคต ส่งผลให้นักวิจัยและบริษัทอุปกรณ์การสื่อสารโทรคมนาคมมีการตื่นตัวและปรับตัวรูปแบบการออกแบบอุปกรณ์การสื่อสารเพื่อรองรับอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่มีเทคโนโลยีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอนาคต ทำให้แนวโน้มของอุปกรณ์การสื่อสารโทรคมนาคมย่านคลื่นความถี่วิทยุในปัจจุบันและอนาคต จำเป็นต้องใช้ อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่มีเทคโนโลยีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอนาคตอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ โดยอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเทคโนโลยีใหม่นี้จำเป็นต้องมาพร้อมด้วยการประมวลผลที่ไวขึ้นและการตอบสนองแบบทันทีทันใดมากขึ้นเพื่อรองรับการพัฒนาของระบบการสื่อสารในยุค 5G และ 6G ดังนั้นความก้าวหน้าและการเปลี่ยนแปลงนี้ ส่งผลทำให้อุปกรณ์นวัตกรรมด้านเทคโนโลยีโทรคมนาคมและดิจิทัลย่านความถี่วิทยุจำเป็นต้องได้รับการวิจัยและพัฒนาต้นแบบใหม่

ดังนั้นการผลิตและพัฒนากำลังคนด้านวิชาชีพและเทคโนโลยีขั้นสูงเพื่อรองรับยุทธศาสตร์ชาติ โดยมีเป้าประสงค์ผลิตบัณฑิตมีความรู้ มีทักษะและมีสมรรถนะตามมาตรฐานวิชาชีพ สอดคล้องกับความต้องการของผู้ประกอบการด้านอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์โทรคมนาคมและอุตสาหกรรมสารกึ่งตัวนำในประเทศที่กำลังเติบโตอย่างมาก รวมทั้งพัฒนากำลังคนมีทักษะความรู้ ความสามารถและสมรรถนะตามมาตรฐานวิชาชีพและพัฒนาคุณภาพชีวิตได้ตามศักยภาพ เป็นการวางรากฐานที่เข้มแข็งและรองรับการเปลี่ยนแปลงในการเปลี่ยนผ่านไปสู่เทคโนโลยีการสื่อสารที่ก้าวหน้ามากยิ่งขึ้นในอนาคต ผ่านกลไกการสร้างความร่วมมือ ประสพการณ์ และความรู้ทางวิชาการที่มีความพร้อมและความก้าวหน้าทางบุคลากรและเทคโนโลยีสารกึ่งตัวนำช่วงความถี่วิทยุ ที่ปรากฏผลงานเป็นที่ประจักษ์และได้รับการยอมรับในระดับสากล นับได้ว่ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีมีแผนในการการพัฒนาขีดความสามารถด้านการเรียนการสอน ด้านเทคโนโลยีที่สำคัญที่จะเป็นกลไกขับเคลื่อนการสนับสนุนนโยบายรัฐบาลเพื่อขับเคลื่อนยุทธศาสตร์ชาติทางด้านอุปกรณ์จากเทคโนโลยีสารกึ่งตัวนำ ทั้งยังเป็นจุดเริ่มต้นสำคัญของนโยบายรณรงค์ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่เป้าหมายความเป็นกลางทางคาร์บอนและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ในอนาคต

ด้วยเหตุนี้ ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ดำเนินการเรียนการสอนในหลักสูตรวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม จำเป็นต้องมีการใช้ชุดฝึกออกแบบและสร้างวงจรพิมพ์เทคโนโลยีสารกึ่งตัวนำย่านความถี่วิทยุสำหรับเทคโนโลยีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอุปกรณ์การสื่อสารยุค 5G และ 6G เพื่อประโยชน์ใช้ในการเรียนการสอนและพัฒนา นักศึกษาและบุคลากรด้านอุตสาหกรรมโทรคมนาคมควบคู่กับอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์และสารกึ่งตัวนำย่านความถี่สูงต่อไป

#### 4. รายละเอียด

-ตั้งรายละเอียดที่แนบ-

5. ราคามาตรฐานหรือราคาที่เคยซื้อครุภัณฑ์ครั้งสุดท้ายในระยะเวลา 2 ปีงบประมาณ ไม่มี

6. วงเงินที่ได้รับอนุมัติ 25,000,000 บาท ( ยี่สิบห้าล้านบาทถ้วน )

#### 7. คณะกรรมการพิจารณาผลการประกวดราคาอิเล็กทรอนิกส์

- |  |                     |
|--|---------------------|
| 1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์วันเฉลิม ชื่นวัฒนพงศ์ | ประธานกรรมการ       |
| 2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิพนธ์ ทางทอง     | กรรมการ             |
| 3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพฑูรย์ รักเหลือ  | กรรมการและเลขานุการ |

#### 8. คณะกรรมการตรวจรับพัสดุ

- |  |                     |
|--|---------------------|
| 1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นรภมล วงษ์ศิลป์ | ประธานกรรมการ       |
| 2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ทินวัฒน์ จังจริง    | กรรมการ             |
| 3. นายชวลิต รักเหลือ                     | กรรมการและเลขานุการ |

9. บริษัท/ห้าง/ร้าน/ที่จำหน่าย พร้อมเบอร์โทรศัพท์และเบอร์โทรสาร

1. บริษัท \_\_\_\_\_ อินโนเวชั่น อินโฟร์ จำกัด \_\_\_\_\_  
ที่อยู่ 15/47 หมู่ 3 ถนนบ้านกล้วย-ไทรน้อย ต.พิมลราช อ.บางบัวทอง จ.นนทบุรี 11110  
โทรศัพท์ 02-159-8567 โทรสาร \_\_\_\_\_
2. บริษัท \_\_\_\_\_ อินซิ่งค์ เทคโนโลยี จำกัด \_\_\_\_\_  
ที่อยู่ \_\_\_\_\_ 1425 ถนนกาญจนาภิเษก บางแคเหนือ บางแค กทม. 10160  
โทรศัพท์ 02-878-5570 โทรสาร \_\_\_\_\_
3. บริษัท \_\_\_\_\_ สมาร์ทเซนส์ เอ็นจิเนียริง จำกัด \_\_\_\_\_  
ที่อยู่ \_\_\_\_\_ 86/79 ถ.นครอินทร์ ต.ตลาดขวัญ อ.เมืองนนทบุรี จ.นนทบุรี 11000  
โทรศัพท์ 02-525-4945 โทรสาร \_\_\_\_\_

ลงชื่อ.....ผู้กำหนดรายละเอียด  
(นายชวลิต รักเหลือ)  
ตำแหน่ง อาจารย์

ลงชื่อ.....ผู้กำหนดรายละเอียด  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ทินวัฒน์ จังจริง)  
ตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์

ลงชื่อ.....ผู้กำหนดรายละเอียด  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นรกมล วงษ์ศิลป์)  
ตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์

ลงชื่อ.....  
(รองศาสตราจารย์ ดร.สรพงษ์ ภาวสุปรีย์)  
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

## รายละเอียดประกอบการจัดซื้อครุภัณฑ์

1. ชื่อครุภัณฑ์ ชุดฝึกอบรมแบบและสร้างวงจรพิมพ์เทคโนโลยีสารกึ่งตัวนำย่านความถี่วิทยุสำหรับเทคโนโลยีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอุปกรณ์การสื่อสารยุค 5G และ 6G

2. จำนวนที่ต้องการ 1 ชุด

3. รายละเอียดทั่วไป

3.1. ชุดสร้างลายวงจรพิมพ์ต้นแบบ จำนวน 1 ชุด โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1.1. เครื่องสร้างลายวงจรพิมพ์ชนิดเปลี่ยนดอกสว่านแบบ Automatic จำนวน 1 ชุด มีคุณสมบัติดังนี้

3.1.1.1. ตัวเครื่องมีขนาด (กว้าง x สูง x ลึก) ประมาณ 680 x 560 x 800 มิลลิเมตร มีน้ำหนักประมาณ 95 กิโลกรัม

3.1.1.2. ฐานเครื่องเป็นแกรนิตช่วยให้การกักเจาะงานออกมามีความแม่นยำ ถูกต้องสูงสุด

3.1.1.3. มีขนาดพื้นที่ทำงานสูงสุด ประมาณ 229 x 305 มิลลิเมตร (9 x 12 นิ้ว)

3.1.1.4. มีขนาด Tool Holder 3.175 mm. (1/8")

3.1.1.5. ควบคุมการทำงานด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ CircuitPro

3.1.1.6. มีระบบเปลี่ยนดอกสว่านแบบอัตโนมัติ 20 ตำแหน่ง (Automatic, 20 Positions Tool Change)

3.1.1.7. มีระบบ Milling Width Adjustment แบบ Automatic

3.1.1.8. มีฝาครอบเครื่อง เพื่อป้องกันสิ่งต่าง ๆ ภายนอกไม่ให้ตกกระทบหรือรบกวน

3.1.1.9. มีระบบกล้อง Optical Fiducial Recognition เพื่อกำหนดตำแหน่งการกักเจาะชิ้นงาน ประกอบติดกับเครื่อง

3.1.1.10. มี Vacuum Table สำหรับวางชิ้นงานให้ติดแน่นอยู่กับที่ ประกอบติดกับเครื่อง

3.1.1.11. ไฟแจ้งสถานะการทำงานของเครื่อง เพื่อประกอบติดกับตัวเครื่อง

3.1.1.12. มีความเร็วมอเตอร์ในการกักลายวงจร (Milling Spindle) สูงสุด 100,000 รอบต่อ นาที (rpm) โดย Software Controlled

3.1.1.13. มีความเร็วในการเจาะ (Drilling Speed) ประมาณ 100 ครั้ง/นาที (Strokes/Min)

3.1.1.14. มีกล้องส่องดูชิ้นงานด้วยตา (Measuring Microscope) เพื่อส่องดูคุณภาพของชิ้นงาน มาพร้อมกับไฟส่องสว่าง และ Scale วัดความถูกต้อง

3.1.1.15. มีเครื่องดูดฝุ่น (Dust Extraction) สำหรับดูดเศษฝุ่นผงหรือขี้เลื่อยของวัสดุในขณะที่เครื่องกำลังทำการกักเจาะ ตัวเครื่องมาพร้อมกับที่กรองฝุ่น (Filter) ควบคุมการเปิด/ปิดเครื่องแบบอัตโนมัติ ด้วย Software Controlled

3.1.1.16. มี Compressor สำหรับต่อกับเครื่องเพื่อช่วยระบบลมอัดในขณะที่เครื่องทำงาน

3.1.1.17. มีชุดดอกสว่านกักเจาะเซาะร่องและวัสดุเหมาะสำหรับใช้งานกับชุด Vacuum Table มาพร้อมกับตัวเครื่องเพื่อการใช้งานในเบื้องต้น จำนวน 1 ชุด

- 3.1.1.18. มีดอกสว่าน End Mill (RF) เพื่อกัดลายวงจรรสำหรับงาน RF พร้อมวงแหวนบอกระยะ (distance ring) ขนาด 1/8" ความยาว 36 mm สำหรับงานกัดขนาด d = 0.25 mm (10 mils) และงานกัดขนาด d = 0.40 mm (16 mils) มาพร้อมกับตัวเครื่อง จำนวนอย่างละ 10 ดอก
  - 3.1.1.19. มีชุดดอกสว่านสำหรับการกัด เจาะ เซาะร่อง ขนาดต่าง ๆ ที่หน้ากล่องมีป้ายระบุตำแหน่งของการวางดอกชนิดต่าง ๆ มาพร้อมกับตัวเครื่อง จำนวน 1 กล่อง
  - 3.1.1.20. แผ่นรองเจาะ สำหรับ Vacuum Table มาพร้อมกับตัวเครื่อง จำนวน 5 แผ่น
  - 3.1.1.21. ตัวเครื่องใช้ได้กับไฟฟ้า 220-240V/50-60Hz, กำลังไฟประมาณ 250 W
  - 3.1.1.22. ผู้เสนอราคาต้องได้รับการแต่งตั้งให้เป็นตัวแทนจำหน่ายจากผู้ผลิตหรือตัวแทนจำหน่ายในประเทศไทย โดยให้ยื่นขณะเสนอราคา
- 3.1.2. เครื่องวิเคราะห์โครงข่ายวงจรมิโครเวฟแบบเวกเตอร์ จำนวน 1 ชุด
- 3.1.2.1. รายละเอียดทั่วไป
    - 3.1.2.1.1. เป็นเครื่องมือวิเคราะห์วงจรแบบเครือข่ายความถี่ 10MHz-50GHz หรือกว้างกว่า
    - 3.1.2.1.2. ตัวเครื่องมีขั้วต่อจำนวน 4 ขั้วเป็นชนิด 2.4 mm (male), 50 โอห์ม และมีค่า Damage Input Level ไม่น้อยกว่า 27 dBm, 40 V (RF,DC)
    - 3.1.2.1.3. สามารถ adds front-panel jumpers and R1 receiver switch ได้
    - 3.1.2.1.4. มีหน้าจอกการแสดงผลด้วยจอสีแบบ active matrix LCD ขนาดไม่น้อยกว่า 12 นิ้ว มีความละเอียดไม่น้อยกว่า 1280 x 800 หรือกว้างกว่า
    - 3.1.2.1.5. มีค่าจำนวนจุดการวัดสูงสุดได้ถึง 100003 จุดหรือดีกว่า
    - 3.1.2.1.6. ตัวเครื่องมีพอร์ต LAN, USB, GPIB, Handler IO, Power IO สำหรับที่ทำงานร่วมกับอุปกรณ์ต่อพ่วง หรือดีกว่า
    - 3.1.2.1.7. สามารถเพิ่มฟังก์ชันการวัดสเปคตรัมของสัญญาณได้ในอนาคต
    - 3.1.2.1.8. ผู้เสนอราคาต้องได้รับการแต่งตั้งให้เป็นตัวแทนจำหน่ายจากผู้ผลิตหรือตัวแทนจำหน่ายในประเทศไทย โดยให้ยื่นขณะเสนอราคา
  - 3.1.2.2. รายละเอียดทางเทคนิค
    - 3.1.2.2.1. ค่า System Dynamic Range at Test Port (Typical) ดังนี้ หรือดีกว่า
      - 3.1.2.2.1.1. ความถี่ 1 GHz to 2 GHz : 140dB (Port1,3), 140dB (Port 2,4)
      - 3.1.2.2.1.2. ความถี่ 10 GHz to 26.5 GHz : 137dB (Port1,3), 137dB (Port 2,4)
      - 3.1.2.2.1.3. ความถี่ 40 GHz to 47 GHz : 131dB (Port1,3), 131dB (Port 2,4)

- 3.1.2.2.2. ค่า IF bandwidth range : 1Hz ถึง 15MHz หรือกว้างกว่า
- 3.1.2.2.3. ค่า Frequency Resolution : 1Hz หรือดีกว่า
- 3.1.2.2.4. ค่า Initial Frequency Accuracy :  $\pm 0.2$  ppm หรือดีกว่า
- 3.1.2.2.5. ค่า Maximum Leveled Power all port (Typical) ดั้งนี้ หรือดีกว่า
  - 3.1.2.2.5.1. ความถี่ 10 MHz to 24 GHz : 17dBm
- 3.1.2.2.6. ค่า Power Sweep Range (dB), All Ports(Typical) ดั้งนี้ หรือดีกว่า
  - 3.1.2.2.6.1. ความถี่ 10 MHz to 24 GHz : 45dB
- 3.1.2.2.7. ระดับ Harmonics ที่ 2 ในย่าน 13.5 GHz to 16.7 GHz : -60dBc หรือดีกว่า
- 3.1.2.2.8. ระดับ Non-Harmonic Spurs at Nominal Power ในย่าน 10 MHz to 1 GHz : - 80dBc หรือดีกว่า
- 3.1.2.2.9. มีค่า Trace Noise Magnitude ที่ 1 kHz IFBW (Typical) ดั้งนี้ หรือดีกว่า
  - 3.1.2.2.9.1. ความถี่ 500 MHz to 43.5 GHz : 0.001dB rms
- 3.1.2.2.10. มีค่า Phase Noise ที่ 10 kHz Offset (Typical) ดั้งนี้
  - 3.1.2.2.10.1. ความถี่ 1 GHz : -130 dBc/Hz
  - 3.1.2.2.10.2. ความถี่ 5 GHz : -119 dBc/Hz
  - 3.1.2.2.10.3. ความถี่ 50 GHz : -101 dBc/Hz
- 3.1.2.2.11. มีค่า Stability (Typical) ดั้งนี้
  - 3.1.2.2.11.1. ความถี่ 50 MHz to 16 GHz : Magnitude 0.010 dB/°C
  - 3.1.2.2.11.2. ความถี่ 26.5 GHz to 43.5 GHz : Magnitude 0.020 dB/°C
- 3.1.2.2.12. มีค่า Measurement receiver Inputs (RCVR A, B, C, D IN @ 0.1dB Typical Compression) (dBm) - (Typical) ดั้งนี้ หรือดีกว่า
  - 3.1.2.2.12.1. ความถี่ 26.5 GHz to 35 GHz : - 5 dBm
- 3.1.2.2.13. มีค่า Reference receiver Inputs and Reference source outputs (dBm) (Typical) ดั้งนี้
  - 3.1.2.2.13.1. ความถี่ 10 GHz to 26.5 GHz : - 8 dBm
  - 3.1.2.2.13.2. ความถี่ 47 GHz to 50 GHz : - 24 dBm

### 3.2. ชุดเครื่องทำ Through-Hole Plating จำนวน 1 ชุด มีคุณสมบัติดังนี้

3.2.1. เป็นชุดสร้างจุดเชื่อมระหว่างชั้นวงจรแบบ Conductive Paste

3.2.2. รองรับขนาดของ Material สูงสุดประมาณ 229 x 305 มิลลิเมตร (9 x 12 นิ้ว)

- 3.2.3. รองรับขนาดของ Hole Diameter ไม่น้อยกว่า 0.4 mm (15 mils) และจำนวนของ Plated Holes แบบไม่จำกัด
- 3.2.4. รองรับจำนวน Layer ของชั้นงานสูงสุด 4 Layers (ขึ้นอยู่กับชนิดของ Material PCB ที่เลือกใช้)
- 3.2.5. มี Vacuum Table สำหรับวางชิ้นงานเพื่อความเที่ยงตรงที่ครีม Paste จะทะลุผ่านรูที่เจาะเพื่อทำ Through-Hole Process
- 3.2.6. มี Vacuum Pump สำหรับดูดครีม Paste เพื่อให้ซึมทะลุรูที่เจาะทำ Through-Hole
- 3.2.7. มีชุดวัสดุอุปกรณ์เพื่อใช้สำหรับทำ Through-Hole Process เบื้องต้น จำนวน 1 ชุด

### 3.3. ชุดเครื่องทำ Multilayer PCB จำนวน 1 ชุด

- 3.3.1. เป็นเครื่อง Press ทำ Multilayer PCB ต้นแบบ รองรับวัสดุทำ PCB ได้หลากหลายประเภท เช่น Rigid, Rigid Flex, RF Materials เป็นต้น
- 3.3.2. ตัวเครื่องออกแบบในลักษณะ Stand Alone เคลื่อนย้ายได้ง่ายมีระบบ Vacuum และ Hydraulic Pump แบบ Built-in
- 3.3.3. มีขนาด(กว้างxสูงxลึก) ประมาณ 500 x 980 x 500 มิลลิเมตร มีน้ำหนักประมาณ 205 กิโลกรัม
- 3.3.4. รองรับขนาด Laminating Area ได้สูงสุดประมาณ 229 mm x 305 มิลลิเมตร และขนาดเล็กสุดประมาณ 100 x 100 มิลลิเมตร
- 3.3.5. รองรับขนาด layout สูงสุดประมาณ 200 x 275 มิลลิเมตร
- 3.3.6. รองรับการทำ Multilayer ได้สูงสุด 8 Layers (ขึ้นอยู่กับชนิดของ Material และ Layout ของชิ้นงาน)
- 3.3.7. ทำแรงกดได้สูงสุด (Max. Laminating Pressure) 340 N/cm<sup>2</sup> (ที่ขนาด 229 mm x 305 mm)
- 3.3.8. ทำอุณหภูมิได้สูงสุดถึง 320 องศาเซลเซียส
- 3.3.9. ทำงานผ่านระบบ Advanced Intuitive Graphical User Interface แบบ Touch Screen
- 3.3.10. มีช่อง Exhaust Connector อยู่ที่ด้านหลังเครื่อง เพื่อเชื่อมต่อกับระบบระบายอากาศของห้อง ทั้งนี้เพื่อระบายควัน หรือไอระเหยต่าง ๆ ในระหว่างการทำงานของเครื่อง
- 3.3.11. มีชุดวัสดุเบื้องต้นเพื่อรองรับการทำ Multilayer ได้สูงสุด 4 Layers มาพร้อมกับเครื่องจำนวน 1 ชุด
- 3.3.12. ใช้ได้กับไฟฟ้า 230V, 3 kW

### 3.4. เครื่องกำเนิดคลื่นสัญญาณไฟฟ้า (Signal Generator) จำนวน 10 เครื่อง มีคุณสมบัติดังนี้

- 3.4.1. มีความสามารถสร้างสัญญาณได้ความถี่สูงสุดอย่างน้อย 50 MHz พร้อมช่องจ่ายสัญญาณอย่างน้อย 2 ช่อง หรือดีกว่า
- 3.4.2. จอแสดงผลเป็นจอภาพสี 7" touch screen และ มีระบบ Overvoltage Protection

- 3.4.3. มีความสามารถใช้งานกำเนิดสัญญาณรูปคลื่นแบบมาตรฐาน ได้แก่ Sine, Square, Ramp, Pulse, Noise, และ Harmonic เป็นอย่างน้อย
- 3.4.4. มีความสามารถใช้งานกำเนิดสัญญาณรูปคลื่นแบบ Arbitrary Waveforms และสามารถปรับรูปแบบคลื่นได้ไม่น้อยกว่า 148 รูปคลื่น เช่น Sinc, Exponential Rise, Exponential Fall, ECG, Gaussian เป็นอย่างน้อย
- 3.4.5. มีค่าความละเอียดตามแนวตั้ง 16 bits และ output frequency resolution ที่ 1  $\mu$ Hz or 12 digits หรือดีกว่า
- 3.4.6. มีอัตราการ sample รูปคลื่นทุกๆ 625 MSa/s เป็นอย่างน้อย
- 3.4.7. มีช่อง interface มาตรฐาน ได้แก่ USB Host, USB Device และ LAN เป็นอย่างน้อย
- 3.4.8. มีความสามารถการมอดูเลต (Modulation) AM FM PM ASK FSK PSK PWM และ SUM เป็นอย่างน้อย
- 3.4.9. มีฟังก์ชัน high-order harmonic generator ที่ฮาร์โมนิกสูงสุด 20 order harmonics
- 3.4.10. มีช่อง Interface ที่แผงด้านหลังตัวเครื่องที่ตรงตามมาตรฐาน VESA
- 3.4.11. มีมาตรฐานความปลอดภัย Compliant with EMC Directive (2014/30/EU), UL 61010-1: 2012 R7.19, EN 61010-1:2010+A1:2019 เป็นอย่างน้อย
- 3.4.12. ช่อง Power interface แบบ type C ที่ใช้ได้กับไฟ USB PD 15 V, 3 A (45 W max.)
- 3.4.13. สามารถควบคุมการใช้งานผ่าน PC ได้ โดยควบคุมผ่าน LXI-web
- 3.4.14. คุณสมบัติด้าน Waveforms output
  - 3.4.14.1. Output Mode: Continuous, Modulation, Sweep, Burst, Sequence
  - 3.4.14.2. Standard Waveform: Sine, Square, Ramp, Pulse, Noise, Arb, Harmonic
- 3.4.15. คุณสมบัติด้าน output
  - 3.4.15.1. Amplitude Range (into 50  $\Omega$ ): 1 mVpp to 10 Vpp
  - 3.4.15.2. Amplitude Range (into High Z): 2 mVpp to 20 Vpp
  - 3.4.15.3. Protection: Waveform outputs are automatically disabled when overloaded
- 3.4.16. คุณสมบัติด้าน Frequency
  - 3.4.16.1. Sine : 1  $\mu$ Hz to 50 MHz
  - 3.4.16.2. Square : 1  $\mu$ Hz to 40 MHz
  - 3.4.16.3. Ramp : 1  $\mu$ Hz to 1 MHz
  - 3.4.16.4. Pulse : 1  $\mu$ Hz to 25 MHz
  - 3.4.16.5. Arbitrary Waveform : 1  $\mu$ Hz to 15 MHz
  - 3.4.16.6. Harmonic : 1 mHz to 25 MHz



- 3.4.16.7. Sequence : 1  $\mu$ Sa/s to 312.5 MSa/s
- 3.4.16.8. Noise (-3dB) : Typical (0 dBm), >250 MHz bandwidth
- 3.4.17. คุณสมบัติด้าน Burst
  - 3.4.17.1. Carrier Waveform : Sine, Square, Ramp, Noise, Arb (except DC)
  - 3.4.17.2. Burst Count : 1 to 1,000,000/Infinite
  - 3.4.17.3. Internal Burst Period : 4  $\mu$ s to 8000 s
- 3.4.18. คุณสมบัติด้าน Sweep
  - 3.4.18.1. Type : Linear, Log, Step
  - 3.4.18.2. Sweep Time : 1 ms to 250,000 s
  - 3.4.18.3. Orientation : Up/Down
- 3.4.19. คุณสมบัติด้าน Sequence
  - 3.4.19.1. Sample Rate : 1  $\mu$ Sa/s to 312.5 MSa/s
  - 3.4.19.2. Sequence Length : 32 pts/CH to 2 Mpts/CH
  - 3.4.19.3. No. of Waveform Entries : 64
  - 3.4.19.4. Loop : 0 to 256
  - 3.4.19.5. Filter Mode : Normal, Step, Interpolation
- 3.4.20. คุณสมบัติของ Frequency Counter
  - 3.4.20.1. Measurement Function : Frequency, period, positive pulse width, negative pulse width, duty cycle
  - 3.4.20.2. Input Impedance : 50  $\Omega \pm 2\%$ , 1 M $\Omega \pm 5\%$
- 3.4.21. ผู้เสนอราคาผู้เสนอราคาต้องได้รับการแต่งตั้งให้เป็นตัวแทนจำหน่ายจากผู้ผลิตหรือตัวแทนจำหน่ายในประเทศไทย โดยให้ยื่นขณะเสนอราคา

### 3.5. เครื่องวัดสัญญาณทางไฟฟ้าออสซิลโลสโคป (Oscilloscope) จำนวน 10 เครื่อง มีคุณสมบัติดังนี้

- 3.5.1. เป็นเครื่องวัดสัญญาณไฟฟ้าที่ใช้วัดสัญญาณขนาด 125 MHz หรือดีกว่า
- 3.5.2. มี Sample rate สูงสุดไม่น้อยกว่า 1.25 GSa/s และค่า Max. Memory Depth ไม่น้อยกว่า 50Mpts
- 3.5.3. มีจอแสดงผลเป็นแบบ multi-touch ขนาดไม่น้อยกว่า 7 นิ้ว
- 3.5.4. มีค่าความละเอียดแนวตั้ง (Vertical Resolution) ไม่น้อยกว่า 12 bits
- 3.5.5. มีช่อง interface มาตรฐาน ได้แก่ USB host, USB device, LAN, HDMI ไม่น้อยกว่าอย่างละ 1 ช่อง
- 3.5.6. มีมาตรฐาน safety : EN 61010-1:2019, EN 61010-031:2015, IEC 61010-1:2016 เป็นอย่างน้อย

- 3.5.7. มีมาตรฐาน EMC DIRECTIVE 2014/30/EU
- 3.5.8. มีช่อง Power Supply Interface แบบ Type C, Power Voltage DC 12V/4A
- 3.5.9. Channel : Analog 4 CH, Digital 16 CH
- 3.5.10. Vertical system Analog Channels
  - 3.5.10.1. Input Coupling : DC, AC, or GND
  - 3.5.10.2. Input Impedance :  $1\text{ M}\Omega \pm 1\%$
  - 3.5.10.3. Input Capacitance :  $15\text{ pF} \pm 3\text{ pF}$
  - 3.5.10.4. Maximum Input Voltage : CAT I 300 Vrms, 400 Vpk (DC + Vpeak)
  - 3.5.10.5. Vertical Sensitivity Range :  $200\ \mu\text{V}/\text{div}$  to  $10\ \text{V}/\text{div}$
- 3.5.11. Horizontal System Analog Channels
  - 3.5.11.1. Range of Time Base :  $2\ \text{ns}/\text{div}$  to  $500\ \text{s}/\text{div}$
  - 3.5.11.2. Time Base Accuracy :  $\pm 25\ \text{ppm} \pm 5\ \text{ppm}/\text{year}$
- 3.5.12. Acquisition Mode : Normal, Peak Detection, Average Type , UltraAcquire
- 3.5.13. Trigger System
  - 3.5.13.1. Trigger Sources : Analog channel (CH1 to CH4), digital channel (D0 to D15)
  - 3.5.13.2. Trigger Coupling : DC, AC, HF Reject, LF Reject
  - 3.5.13.3. Trigger Type : Edge, Pulse, Slope, Video, Pattern, Duration, Timeout, Runt, Window, Delay, Setup/Hold, Nth Edge, RS232/UART, I2C, SPI, CAN, and LIN
- 3.5.14. Waveform Calculation
  - 3.5.14.1. Operation: A+B, A-B, AxB, A/B, FFT, A&&B, A||B, A^B, !A, Intg, Diff, Sqrt, Lg, Ln, Exp, Abs, AX+B, LowPass, HighPass, BandPass, and BandStop
  - 3.5.14.2. FFT
    - 3.5.14.2.1. Record Length : Max. 1 Mpts
    - 3.5.14.2.2. Window Type : Rectangular, Blackman-Harris, Hanning (default), Hamming,Flattop, and Triangle.
    - 3.5.14.2.3. Peak Search : A maximum of 15 peaks
- 3.5.15. Decoding Type: Parallel, RS232/UART, I2C, SPI, LIN and CAN
- 3.5.16. Digital Voltmeter : Function : DC, AC+DCrms, ACrms
- 3.5.17. ผู้เสนอผู้เสนอราคาต้องได้รับการแต่งตั้งให้เป็นตัวแทนจำหน่ายจากผู้ผลิตหรือตัวแทนจำหน่ายในประเทศไทย โดยให้ยื่นขณะเสนอราคา

### 3.6. เครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับประมวลผล จำนวน 30 เครื่อง มีคุณสมบัติดังนี้

- 3.6.1. มีหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) ไม่น้อยกว่า 6 แกนหลัก (6 core) และ 12 แกนเสมือน (12 Thread) และมีเทคโนโลยีเพิ่มสัญญาณนาฬิกาได้ในกรณีที่ต้องใช้ความสามารถในการประมวลผลสูง (Turbo Boost หรือ Max Boost) โดยมีความเร็วสัญญาณนาฬิกาสูงสุด ไม่น้อยกว่า 4.2 GHz จำนวน 1 หน่วย
- 3.6.2. หน่วยประมวลผลกลาง (CPU) มีหน่วยความจำแบบ Cache Memory รวมในระดับ (Level) เดียวกันขนาดไม่น้อยกว่า 8 MB
- 3.6.3. มีหน่วยความจำหลัก (RAM) ชนิด DDR4 หรือดีกว่า มีขนาดไม่น้อยกว่า 16 GB
- 3.6.4. มีหน่วยจัดเก็บข้อมูล ชนิด SATA หรือ ดีกว่า ขนาดความจุไม่น้อยกว่า 1 TB หรือ ชนิด Solid State Drive ขนาดความจุไม่น้อยกว่า 250 GB จำนวน 1 หน่วย
- 3.6.5. มีช่องเชื่อมต่อระบบเครือข่าย (Network Interface) แบบ 10/100/1000 Base-T หรือดีกว่า จำนวน ไม่น้อยกว่า 1 ช่อง
- 3.6.6. มีช่องเชื่อมต่อ (Interface) แบบ USB 2.0 หรือดีกว่า ไม่น้อยกว่า 3 ช่อง
- 3.6.7. มีแป้นพิมพ์และเมาส์
- 3.6.8. มีจอแสดงผลขนาดไม่น้อยกว่า 19 นิ้ว จำนวน 1 หน่วย
- 3.6.9. สามารถตรวจสอบการปริมาณการใช้งาน CPU, Memory, Disk ภายใน 24 ชั่วโมงที่ผ่านมาได้
- 3.6.10. สามารถตั้งค่า anti-tamper ป้องกันระบบ Shadow Copy ของ Windows แบบรายวัน ให้ปลอดภัยยิ่งขึ้นจากภัยคุกคามภายนอกบนหน้า dashboard ของโปรแกรม antivirus ได้
- 3.6.11. มีเทคโนโลยี Decoy Files เพิ่ม layer การป้องกัน หลอกล่อ ransomware เพื่อหยุดยั้งการทำงานของ process อันตราย
- 3.6.12. สามารถตั้งค่าระบบ Computer Maintenance ช่วยในการลบไลเซนส์และข้อมูลของเครื่องที่ตรงกับเงื่อนไขที่ตั้ง filter ไว้ให้ข้อมูลไม่แสดงในคอนโซลร่วมกับเครื่องที่ใช้งานงานปัจจุบัน
- 3.6.13. มีระบบ Threat Hunting ตรวจจับ Indicators of attack (IOA) ทำการตรวจจับและวิเคราะห์ event ลักษณะการโจมตีต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นแบบเชิงรุก อิงกับ MITRE ATT&CK Matrix

### 3.7. ระบบประกาศเสียงแบบไอพี จำนวน 1 ชุด มีรายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะดังนี้

- 3.7.1. สามารถประกาศเสียง (Paging) ไปยังห้องเรียน หรือห้อง Lab ผ่านระบบ IP Network ของภาคฯ ด้วยเทคโนโลยี VoIP ได้
- 3.7.2. สามารถบริหารจัดการระบบประกาศเสียงผ่าน Web Browser ได้

### 3.7.3. ชุดอุปกรณ์ประกาศเสียง จำนวน 1 ชุด

- 3.7.3.1. มีส่วนสำหรับแสดงผล และควบคุมการทำงาน แบบ Touch Screen ขนาดไม่น้อยกว่า 7 นิ้ว
- 3.7.3.2. มีชุด Handset สำหรับใช้ประกาศเสียง
- 3.7.3.3. รองรับการใช้งาน Bluetooth Headset สำหรับใช้ประกาศเสียง
- 3.7.3.4. มีปุ่ม Programable ไม่น้อยกว่า 10 ปุ่ม
- 3.7.3.5. ส่งผ่านสัญญาณเสียงด้วยเทคโนโลยี VoIP แบบ IPKTS protocol signaling ได้
- 3.7.3.6. มี Interface Network แบบ 10/100/1000 Base-T ไม่น้อยกว่า 2 ports
- 3.7.3.7. สามารถกำหนด IP Address ได้ทั้งแบบ Static และ DHCP
- 3.7.3.8. มีฟังก์ชันการใช้งาน Open VPN
- 3.7.3.9. สามารถใช้งานได้ตามมาตรฐาน 802.3af
- 3.7.3.10. เป็นผลิตภัณฑ์ตราสินค้าเดียวกันกับชุดควบคุมระบบประกาศเสียง.

### 3.7.4. ชุดควบคุมระบบประกาศเสียง จำนวน 1 ชุด

- 3.7.4.1. มีจุดเชื่อมต่อสัญญาณเสียง Paging Output หรือ Audio Output สำหรับเชื่อมต่อกับเครื่องขยายเสียง (Power Amplifier)
- 3.7.4.2. มี LAN Interface Network ไม่น้อยกว่า 1 ports
- 3.7.4.3. มีวงจร VoIP สามารถเชื่อมต่อ แบบ SIP Trunk และแบบ IPKTS protocol signaling ได้
- 3.7.4.4. มีความสูงของอุปกรณ์ ขนาดไม่เกิน 1U สามารถติดตั้งใน Rack 19" ได้
- 3.7.4.5. สามารถควบคุมการประกาศเสียงโดยวิธีการกดปุ่ม (Programable Button) เพียงปุ่มเดียว หรือ กดรหัส เพื่อทำการประกาศเสียงออกไปดังที่ลำโพงของเครื่องขยายเสียง (Power Amplifier) ภายในห้องปฏิบัติการที่ติดตั้งชุดฝึก และสามารถหยุดเสียงประกาศได้เมื่อต้องการ
- 3.7.5. ผู้เสนอราคาต้องได้รับการแต่งตั้งให้เป็นตัวแทนจำหน่ายจากผู้ผลิตหรือตัวแทน จำหน่ายในประเทศไทย โดยให้ยื่นขณะเสนอราคา

## 3.8. อุปกรณ์ป้องกันไฟกระชอกด้าน AC Line จำนวน 1 ชุดมีรายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะดังนี้

- 3.8.1. เป็นอุปกรณ์ที่นำมาใช้ เพื่อป้องกันความเสียหายที่เกิดจาก เช่น แรงดันไฟฟ้ากระชอก แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดจากฟ้าผ่า ฟ้าแลบ ซึ่งปนเข้ามาหรือเหนี่ยวนำเข้ามาในระบบจ่ายกระแสไฟฟ้าสลับ 230 Volt 50 Hz โดยทำให้เกิดความปลอดภัยต่อเจ้าหน้าที่ ที่ปฏิบัติงาน Computer, Facsimile, Modem, Router, อุปกรณ์สื่อสารโทรคมนาคม และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ได้

- 3.8.2. มีอุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากกระแสไฟฟ้าเกินหรือการลัดวงจรทางด้านไฟฟ้า (Circuit Breaker)
- 3.8.3. มีวงจรป้องกันสัญญาณรบกวนทางระบบไฟฟ้า (Noise Filter) เพื่อให้อุปกรณ์ใช้งานสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- 3.8.4. อุปกรณ์ป้องกันนี้มีสายไฟขนาดไม่น้อยกว่า 3 x 1.5 ตร.มม. ความยาวไม่น้อยกว่า 3 เมตร พร้อม เต้าเสียบ ตามมาตรฐาน IEC หรือ มอก. และมีเต้ารับ ตามมาตรฐาน มอก. ด้านหน้า จำนวนไม่น้อย กว่า 1 ชุด และด้านหลังจำนวนไม่น้อยกว่า 8 ชุด ไว้ใช้งาน
- 3.8.5. ต้องมีส่วนแสดงสถานะของแรงดันไฟฟ้าใช้งาน (Line Voltage) และสถานะของกระแสไหลดที่ต่อใช้งาน (Load Current) โดยส่วนแสดงผลจะต้องแสดงจำนวนตัวเลขได้ไม่น้อยกว่า 3 หลัก
- 3.8.6. อุปกรณ์ป้องกันจะต้องมีขนาด 1U และต้องสามารถติดตั้งในตู้ Rack 19 นิ้ว ได้
- 3.8.7. จะต้องมีอุปกรณ์ตรวจนับจำนวนครั้งของการเกิดไฟกระชอกแบบช่วงยาว (TOVs) ที่เกิดขึ้นในระบบไฟฟ้า โดยส่วนแสดงผลจะต้องแสดงจำนวนตัวเลขได้ไม่น้อยกว่า 3 หลัก
- 3.8.8. คุณสมบัติทางเทคนิค
  - 3.8.8.1. Line Voltage 230 Volt, 50 Hz
  - 3.8.8.2. Max. Transient Surge Current  $\geq 40$  kA ที่รูปคลื่นมาตรฐาน 8/20 $\mu$ Sec
  - 3.8.8.3. Clamping Voltage. 310 Volt  $\pm 10\%$  ที่กระแสมากกว่า 100 mA, 50 Hz
  - 3.8.8.4. TOVs Surge Current  $> 5$  A, 50 Hz ภายในเวลา 0.5 วินาที
  - 3.8.8.5. Let Through Voltage (TOVs )  $< 275$  Volt at TOVs Surge Current
  - 3.8.8.6. Response Time  $< 25$  nSec
  - 3.8.8.7. Status Display Power Fault Surge and Ground LED indicator
  - 3.8.8.8. Max. load current 16 A
  - 3.8.8.9. Standard According IEC 61643-11-2011, ANSI/IEEE C62.41.1-2002
- 3.8.9. ผู้เสนอราคาต้องแนบเอกสารแสดงผลการทดสอบคุณสมบัติทางเทคนิคในข้อที่ 3.8.8.3. ข้อที่ 3.8.8.4. และข้อที่ 3.8.8.5. จากโรงงานผู้ผลิตหรือจากหน่วยงานของรัฐหรือสถาบันที่เชื่อถือได้ ซึ่งเอกสาร ผลการทดสอบนี้จะต้องทดสอบมาแล้วไม่เกิน 3 เดือนนับจากวันที่เสนอราคา มาพร้อมกับการเสนอราคาเพื่อประกอบการพิจารณา
- 3.8.10. ผู้เสนอราคาต้องได้รับการแต่งตั้งให้เป็นตัวแทนจำหน่ายจากผู้ผลิตหรือตัวแทน จำหน่ายในประเทศไทย โดยให้ยื่นขณะเสนอราคา

### 3.9. ระบบรายงานการใช้พลังงานไฟฟ้า จำนวน 1 ชุด มีรายละเอียดดังนี้

ผู้เสนอราคาจะต้องทำการติดตั้งระบบรายงานการใช้พลังงานไฟฟ้าห้องที่ทำการติดตั้งชุดตู้ฝึกอบรมและสร้างวงจรพิมพ์ จำนวน 1 ชุด และระบบต้องสามารถทำดังต่อไปนี้ได้

- 3.9.1. สามารถแสดงค่าการใช้พลังงานบนระบบบริหารจัดการพลังงานของมหาวิทยาลัยได้
- 3.9.2. สามารถทำรายงานรวมเป็นค่าพลังงานรวมของมหาวิทยาลัยได้
- 3.9.3. กรณีที่มีค่าใช้จ่ายในเรื่องลิขสิทธิ์หรืองานติดตั้งผู้เสนอราคาต้องรับผิดชอบค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นทั้งหมด
- 3.9.4. อุปกรณ์ตรวจวัดค่าพลังงานไฟฟ้า (Power meter) จำนวน 1 ชุด มีรายละเอียดดังนี้
  - 3.9.4.1. สามารถวัดค่าทางไฟฟ้าและแสดงผลเป็นแบบ ดิจิตอลในลักษณะ LCD ได้
  - 3.9.4.2. เครื่องวัดต้องสามารถเชื่อมต่อการสื่อสารผ่าน Protocol RS485 Modbus RTU ได้เป็นอย่างดี
  - 3.9.4.3. เครื่องวัดต้องมี LED Indicator แสดงสถานะ Pulse ได้เป็นอย่างดี
  - 3.9.4.4. คุณสมบัติทางเทคนิคอื่นๆ เป็นดังต่อไปนี้
    - 3.9.4.4.1. Power Supply : 200-240 V หรือดีกว่า
    - 3.9.4.4.2. Frequency : 45-65 Hz หรือดีกว่า
    - 3.9.4.4.3. Operating Temperature : -10 °C ถึง +50 °C หรือดีกว่า
    - 3.9.4.4.4. Degree of protection : ได้รับมาตรฐาน IP 65 หรือดีกว่า
  - 3.9.4.5. สามารถวัดค่าทางไฟฟ้าได้อย่างน้อยดังนี้
    - 3.9.4.5.1. Power Supply : 200-240 V หรือดีกว่า
    - 3.9.4.5.2. Frequency : 45-65 Hz หรือดีกว่า
    - 3.9.4.5.3. Operating Temperature : -10 °C ถึง +50 °C หรือดีกว่า
    - 3.9.4.5.4. สามารถวัดค่าความต้องการและค่าความต้องการสูงสุด (Demand และ Maximum Demand) ของกระแสและกำลังไฟฟ้าได้
    - 3.9.4.5.5. ได้รับมาตรฐาน EN และ IEC เป็นอย่างน้อย
- 3.9.5. ตู้อุปกรณ์ จำนวน 1 ชุด มีรายละเอียดดังนี้
  - 3.9.5.1. ผลิตจากแผ่นโลหะหนาไม่น้อยกว่า 0.8 mm
  - 3.9.5.2. มีประตูเปิดปิดตู้พร้อมกุญแจ
  - 3.9.5.3. สามารถติดตั้งแบบแขวนผนังได้
  - 3.9.5.4. มีขนาดไม่น้อยกว่า 200x300x150 mm. (กว้างxสูงxลึก)
- 3.9.6. อุปกรณ์ส่งสัญญาณผ่านเครือข่าย จำนวน 1 เครื่อง มีรายละเอียดดังนี้
  - 3.9.6.1. อุปกรณ์สามารถแปลงสัญญาณข้อมูลสื่อสารแบบอนุกรมเป็นสัญญาณเครือข่าย
  - 3.9.6.2. มีช่องเชื่อมต่อ Ethernet แบบ 10/100 Base-T จำนวนอย่างน้อย 1 ช่อง
  - 3.9.6.3. สามารถใช้งานได้ดีที่อุณหภูมิ -20 °C – 70 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 5 – 95 % หรือดีกว่า
  - 3.9.6.4. รองรับ Baud rate ระหว่าง 600-100,000 bps และ Data bit รองรับ 7bit, 8bit ได้

- 3.9.6.5. เป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่แปลงโปรโตคอลจาก Modbus RTU/ASCII เป็น Modbus TCP
- 3.9.6.6. มีช่องเชื่อมต่อแบบอนุกรม RS 232/485/422 สำหรับเชื่อมต่อการควบคุมภายนอกแบบ 3 in 1
- 3.9.6.7. อุปกรณ์สามารถสื่อสารกับ TCP Master ได้ถึง 16 Master ในเวลาเดียวกัน
- 3.9.6.8. รองรับมาตรฐาน EN 61000-4-2, EN 61000-4-3, EN 61000-4-4, EN 61000-4-5, EN61000-4-6, EN 61000-4-8 และ EN 61000-4-11 เป็นอย่างน้อย

### 3.10. ลิขสิทธิ์การใช้งานระบบการเผยแพร่ผลงานแบบออนไลน์ 1 ชุด

- 3.10.1. รองรับเทคโนโลยี Web Server เพื่อใช้ในการประมวลผล Web Application
- 3.10.2. รองรับการพัฒนา Web Application ด้วยเทคโนโลยีที่รองรับการทำงานผ่านระบบ Web Browser และเป็นมาตรฐาน W3C ที่ได้รับความนิยม รองรับการต่อขยายได้ในอนาคต
- 3.10.3. รองรับการทำงานผ่านทางระบบ Web Browser (Microsoft Edge, Google Chrome, Safari, Firefox)
- 3.10.4. รองรับการแสดงผลเว็บไซต์ผ่านอุปกรณ์ด้วย Responsive Design ทำให้สามารถ เรียกดูเว็บไซต์ผ่านทางอุปกรณ์ Computer PC, Tablet และ Smart Phone
- 3.10.5. รองรับเทคโนโลยีระบบฐานข้อมูล เพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลต่าง ๆ ในรูปแบบดิจิทัล
- 3.10.6. รองรับการจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบอิเล็กทรอนิกส์ไฟล์ บนระบบ Cloud พร้อมระบบการป้องกันการเข้าถึงหากไม่ได้รับสิทธิ์ เพื่อความปลอดภัยของข้อมูล
- 3.10.7. เข้ารหัสข้อมูลขนาดอย่างน้อย 128 บิต เพื่อป้องกันการเข้าถึงข้อมูล และการโจรกรรม
- 3.10.8. รองรับการทำระบบสำรองข้อมูล และการกู้คืนข้อมูลระบบได้
- 3.10.9. รองรับระบบเก็บข้อมูล Log Transaction เพื่อใช้ในการตรวจสอบการใช้งานส่วนต่าง ๆ ของเว็บไซต์ได้ โดยผู้ดูแลระบบสูงสุดเท่านั้นที่ได้รับสิทธิ์
- 3.10.10. ระบบรองรับการเข้าใช้งานผ่าน Social Account (Line, Facebook, Google)
- 3.10.11. รองรับความสามารถนำเข้า และนำเสนอผลงานในรูปแบบของ วีดีโอ e-book และ Digital File ได้
- 3.10.12. ระบบรองรับการแสดง และเล่นวีดีโอที่บันทึกผ่านทางระบบ Player ได้
- 3.10.13. ระบบรองรับการแสดงผลและเปิด e-book บนระบบเพื่ออ่านผ่านทางระบบ Web Browser ได้
- 3.10.14. ผู้ใช้งานสามารถตั้งค่า Favorite Content ที่ชื่นชอบได้
- 3.10.15. สามารถสร้าง playlist หรือ Bundle โดยเลือกจากสื่อต่าง ๆ ที่อัปโหลดขึ้นไปบนระบบได้

- 3.10.16. มีหน้าจอ Dashboard เพื่อดูปริมาณการใช้งาน และจำนวน Content ที่มีการเผยแพร่ทั้งหมด
- 3.10.17. มีระบบการบริหารการใช้งานของผู้ใช้งานแต่ละราย
- 3.10.18. รองรับระบบการเชื่อมต่อข้อมูลผ่าน RestAPI ได้เพื่อทำการเชื่อมโยงข้อมูลจากระบบ บูรณาการอื่น ๆ ได้

#### 4. ข้อกำหนดอื่น ๆ

- 4.1 ผู้เสนอราคาต้องแนบเอกสารแคตตาล็อกฉบับจริง จากเจ้าของผลิตภัณฑ์หรือตัวแทนจำหน่าย ถ้าเอกสารแคตตาล็อกไม่ได้อธิบายคุณสมบัติทางเทคนิคของอุปกรณ์จะต้องมีเอกสารรับรองคุณสมบัติจากเจ้าของผลิตภัณฑ์หรือตัวแทนจำหน่ายแนบมาในการเสนอราคาด้วย
- 4.2 ผู้ชนะการเสนอราคาต้องจัดอบรมการใช้งานเพื่อควมมีประสิทธิภาพในการใช้ระบบ โดยต้องจัดทำคู่มือการใช้งาน และจัดการฝึกอบรมบุคลากรของภาคฯ ให้สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ
5. ผู้เสนอราคาต้องจัดทำตารางแสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติเฉพาะของครุภัณฑ์ระหว่างคุณสมบัติเฉพาะที่มหาวิทยาลัยฯ กำหนดกับคุณสมบัติเฉพาะของสินค้าที่เสนอราคาโดยแสดงว่าคุณสมบัติดังกล่าวตรงตามข้อกำหนดหรือดีกว่า ทั้งนี้ผู้เสนอราคาจะต้องทำเครื่องหมายหรือระบุส่วนข้อกำหนดแสดงลงในแคตตาล็อกหรือเอกสารอ้างอิงให้ชัดเจน และยื่นเอกสารดังกล่าวมาในวันเสนอราคาด้วย
6. กำหนดส่งมอบครุภัณฑ์ \_\_\_\_\_ 150 \_\_\_\_\_ วัน
7. ระยะเวลารับประกัน \_\_\_\_\_ 1 \_\_\_\_\_ ปี
8. สถานที่ส่งมอบครุภัณฑ์ \_\_\_\_\_ ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ลงชื่อ.....ผู้กำหนดรายละเอียด  
(นายชวลิต รักเหลือ)  
ตำแหน่ง อาจารย์

ลงชื่อ.....ผู้กำหนดรายละเอียด  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ทินวัฒน์ จังจริง)  
ตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์

ลงชื่อ.....ผู้กำหนดรายละเอียด  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นรภมล วงษ์ศิลป์)  
ตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์

ลงชื่อ.....  
(รองศาสตราจารย์ ดร.สรพงษ์ ภาวสุปรีย์)  
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์