รายละเอียดประกอบการจัดซื้อครุภัณฑ์

1. ชื่อรายการ ห้องปฏิบัติการระบบไฟฟ้าและการป้องกัน

2. จำนวนที่ต้องการ 1 ห้อง

3. คุณลักษณะเฉพาะ (Specification)

3.1 ชุดทดลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและการป้องกัน จำนวน 1 ชุด

3.1.1 คุณสมบัติทางเทคนิค ประกอบด้วยอุปกรณ์ไม่น้อยกว่าดังนี้

3.1.1.1 แผงทดลองการซิงโครไนซ์ จำนวน 1 แผง

- มีหลอดไฟ Pilot Lamp แสดงการซิงโครไนซ์ไม่น้อยกว่า 3 หลอด
- มีโวลท์มิเตอร์ลำดับศูนย์
- มีมิเตอร์วัดความถี่แบบคู่
- มีซิงโครโนสโคปแบบดิจิตอล
- มีสวิทซ์การซิงโครไนซ์

3.1.1.2 เครื่องกลไฟฟ้าซิงโครนัส จำนวน 1 ตัว

- มีขนาดกำลังไม่น้อยกว่า 0.8 kW
- มีพิกัดแรงดัน 400/230 V, 50 Hz
- มีแรงดันกระตุ้น 220V
- มีพิกัดกระแส 1.5/2.6 แอมป์ หรือดีกว่า
- กระแสกระตุ้น 1.6 แอมป์ หรือดีกว่า
- ความเร็วรอบ 1,500 รอบต่อนาที หรือดีกว่า

3.1.1.3 แผงควบคุมแรงดันกระตุ้น จำนวน 1 แผง

- เอาพุท: แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 200 โวลท์/2 แอมป์ หรือดีกว่า
- อินพุท :
  - 2 อินพุทสำหรับเพิ่มและลดแรงดัน
  - 1 อินพุทสำหรับ deexcitation
  - 1 อินพุทสำหรับตัดต่อแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง
- มีปุ่มกดสำหรับเปิดและปิด
- มีปุ่มปรับแรงดันไฟฟ้าแบบโรตารี่

3.1.1.4 รีเลย์ป้องกันเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จำนวน 1 ตัว

- เป็นรีเลย์แบบมัลติฟังก์ชั่น ออกแบบมาสำหรับควบคุม, ป้องกันและตรวจดูการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
- ฟังก์ชั่นการควบคุม แบบการซิงโครไนซ์แบบอัตโนมัติ การควบคุมกำลังไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ การควบคุมเพาเวอร์แฟคเตอร์แบบอัตโนมัติ และการควบคุมกำลังไฟฟ้าแบบแอคทีฟและรีแอคทีฟในระบบไฟฟ้า

- ฟังก์ชั่นการป้องกัน แบบการป้องกันกำลังไฟฟ้าย้อนกลับ การป้องกันเมื่อภาระโหลดเกิน การป้องกันเมื่อกระแสเกิน การป้องกันเมื่อแรงดันไม่สมดุลย์
- ฟังก์ชั่นการมอนิเตอร์ริ่ง ตรวจดูแรงดันสูง/ต่ำ ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและระบบไฟฟ้า ตรวจดูความถี่ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและระบบไฟฟ้า
- ย่านแรงดันในการวัด 380 – 440 โวลท์ / AC
- ย่านความถี่ในการวัด 40 – 70 เฮิร์ท
- กระแสขนาด 1 แอมป์
- มีไฟ LED แสดงสถานะการทำงาน
- มีพอร์ต RS232 และ CAN ในการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์เพื่อแสดงผล

3.1.1.5 ชุดควบคุมเครื่องจักรกลไฟฟ้า จำนวน 1 ชุด

- สามารถขับและโหลด เครื่องกลไฟฟ้า ขนาด 1 กิโลวัตต์ได้
- มีการควบคุมการทำงาน แบบสี่ควอทแรนท์
- สามารถเลือกโหลดการควบคุมได้ไม่น้อยกว่า 10 แบบ เช่น แรงบิด, ความเร็ว หรือ คอมเพรสเซอร์ได้
- มีหน้าจอแสดงค่าความเร็ว และแรงบิด
- สามารถต่อกับชุดประมวลผลโดยผ่านพอร์ตอนุกรม
- ชุดเบรคสามารถใช้ความเร็วสูงสุดไม่ต่ำกว่า 4,000 รอบต่อนาที และแรงบิดสูงสุดถึง 30 นิวตันเมตร
- มีชุดวัดความเร็วรอบ แบบดิจิตอล ความละเอียดไม่น้อยกว่า 65,000 พัลส์ต่อหนึ่งรอบ

3.1.1.6 แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงปรับค่าได้ จำนวน 1 ตัว

- สามารถปรับค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงอยู่ในช่วง 0 – 240 โวลท์, กระแส 3 – 10 แอมป์
- มีเอาท์พุทแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงแบบคงที่ 210 โวลท์, 6 แอมป์
- มีระบบป้องกันการลัดวงจร

3.1.1.7 แผงเซอร์กิตเบรกเกอร์ จำนวน 1 แผง

- เป็นเพาเวอร์เซอร์กิตเบรกเกอร์ ชนิดความร้อน
- สามารถทนแรงดันได้ 500 โวลท์ เอซีที่กระแส 10 แอมป์ หรือดีกว่า
- พิกัดกระแส 1.6 – 2.5 แอมป์, สามารถปรับค่าได้

3.1.1.8 วัตต์มิเตอร์แบบดิจิตอล จำนวน 2 เครื่อง

- เป็นเครื่องมือวัดกำลังไฟฟ้าแบบดิจิตอลที่สามารถวัดค่า V, A, W, VAR, VA และ PF ได้เป็นอย่างน้อย
- สามารถวัดค่ากำลังไฟฟ้า DC และ AC TRMS ในระบบหนึ่งเฟสและสามเฟสบัลลานซ์ได้
- มีแบตเตอรี่ในตัว และมีสัญลักษณ์แสดงสถานะของแบตเตอรี่ เมื่อแบตเตอรี่ใกล้หมดได้
- สามารถวัดค่าของกระแสสตาร์ท (Inrush Current) พร้อมกับมีฟังก์ชั่นคงค่าที่หน้าจอได้

- การแสดงผลผ่านจอ LCD ขนาดไม่น้อยกว่า 4 หลัก จำนวน 3 แถวต่อหน้าจอ
- ชนิดของการวัดเป็นแบบ : 1 เฟส และ 3 เฟส หรือดีกว่า
- ภาคแสดงผลไม่น้อยกว่า : 3 แถว, แถวละ 4 หลัก
- กำลังไฟฟ้าจริง (Active Power)
  - ย่านการวัดอยู่ในช่วง : 10 W ถึง 6 kW หรือดีกว่า
  - ความละเอียดในการวัด : 0.1 W หรือดีกว่า
  - ความแม่นยำด้าน AC : 1% ของค่าที่อ่านได้ หรือดีกว่า
  - ความแม่นยำด้าน DC : 2% ของค่าที่อ่านได้ หรือดีกว่า
- กำลังไฟฟ้าปรากฏ (Apparent Power)
  - ย่านการวัดอยู่ในช่วง : 10 VA ถึง 6 kVA หรือดีกว่า
  - ความแม่นยำที่ดีที่สุด : 2% ของค่าที่อ่านได้ หรือดีกว่า
- กำลังไฟฟ้าสูญเสีย (Reactive Power)
  - ย่านการวัดอยู่ในช่วง : 10 VAR ถึง 6 kVAR หรือดีกว่า
  - ความแม่นยำที่ดีที่สุด : 2% ของค่าที่อ่านได้ หรือดีกว่า
- เพาเวอร์แฟคเตอร์ (Power Factor)
  - ความละเอียดในการวัด : 0.01 หรือดีกว่า
  - ความแม่นยำ : 3% ของค่าที่อ่านได้ หรือดีกว่า
- แรงดันไฟฟ้า (Voltage)
  - ย่านการวัดอยู่ในช่วง : 0.5 ถึง 600 VRMS หรือดีกว่า
  - ความละเอียดในการวัด : 100 mV หรือดีกว่า
  - ความแม่นยำด้าน AC : 0.5% ของค่าที่อ่านได้หรือดีกว่า
  - ความแม่นยำด้าน DC : 1% ของค่าที่อ่านได้ หรือดีกว่า
- กระแสไฟฟ้า (Current)
  - ย่านการวัดอยู่ในช่วง : 10mA ถึง 10ARMS หรือดีกว่า
  - ความละเอียดในการวัด : 1mA หรือดีกว่า
  - ความแม่นยำด้าน AC : 0.5% ของค่าที่อ่านได้หรือดีกว่า
  - ความแม่นยำด้าน DC : 1% ของค่าที่อ่านได้ หรือดีกว่า
- กระแสสตาร์ท (Starting Current)
  - ย่านการวัดอยู่ในช่วง : 5 A ถึง 65 A (Peak) หรือดีกว่า
  - ความละเอียดในการวัด : 100 mA หรือดีกว่า
  - ความแม่นยำ : 10% ของค่าที่อ่านได้ หรือดีกว่า
- มีสายวัดแรงดันและกระแสในพิกัดของเครื่องวัด จำนวนไม่น้อยกว่า 3 ชุด

3.1.1.9 สายต่อวงจรพร้อมปลั๊กต่อวงจรแบบปลอดภัยตามมาตรฐานสากล จำนวน 3 ชุด

3.1.1.10 โต๊ะวางอุปกรณ์พร้อมคอนโซลและที่ติดตั้งชุดจ่ายไฟฟ้าสามเฟส 380V พร้อมอุปกรณ์ป้องกันตามมาตรฐานสากล จำนวน 1 ชุด

- โต๊ะทดลองมีขนาดไม่น้อยกว่า 150 x 75 x 75 เซนติเมตร
- พื้นโต๊ะเป็นไม้หนาไม่น้อยกว่า 19 มิลลิเมตร เคลือบด้วย PVC หรือดีกว่า
- ขาโต๊ะประกอบจากโครงเหล็กที่แข็งแรงทนทาน พ่นสีเคลือบอย่างดี หรือดีกว่า
- มีโครงยึดอุปกรณ์ 3 ชั้น ติดตั้งบนโต๊ะทดลองได้ และมีขนาดเหมาะสมกับโต๊ะทดลอง
- มีคอนโซลแหล่งจ่ายไฟฟ้าสามเฟส ประกอบด้วยเซอร์กิตเบรคเกอร์ป้องกันการเกิดฟอลต์ (Fault Circuit Breaker) ขนาด 30 มิลลิแอมป์ มีเซอร์กิตเบรคเกอร์ขนาดไม่น้อยกว่า 10 แอมป์
- ไฟแสดงแต่ละเฟสแบบ Pilot Lamp 3 ดวง หรือดีกว่า

3.2 ชุดทดลองหม้อแปลงไฟฟ้าและการป้องกัน จำนวน 1 ชุด

3.2.1 คุณสมบัติทางเทคนิค ประกอบด้วยอุปกรณ์ไม่น้อยกว่าดังนี้

3.2.1.1 หม้อแปลงไฟฟ้าสามเฟส จำนวน 1 แผง

หม้อแปลงสำหรับสายส่งโมเดล 300 กิโลเมตร ที่มีสเกลแฟคเตอร์ 1:1000 สำหรับกระแสและแรงดันทางด้านทุติยภูมิ หรือดีกว่า

- แรงดันปฐมภูมิ : 3 x 400 โวลท์ หรือดีกว่า
- แรงดันทุติยภูมิ 1 : 3 x 400 โวลท์, 2 แอมป์ หรือดีกว่า
- แรงดันทุติยภูมิ 2 : 3 x 30 โวลท์, 0.2 แอมป์ หรือดีกว่า
- พิกัดกำลังไม่น้อยกว่า 1,000 โวลท์แอมป์ (2,000 โวลท์แอมป์ขณะลัดวงจร)
- ระบบป้องกันด้วยเบรกเกอร์ พิกัดกระแส 1.6 ถึง 2.5 แอมป์
- จุดต่อชนิดปลอดภัยขนาด 4 มิลลิเมตร

3.2.1.2 โมดูลสวิทช์เพาเวอร์ จำนวน 1 แผง

เป็นโมดูลสำหรับตัดต่อแรงดันแบบควบคุมด้วยมือ หรือควบคุมแบบอัตโนมัติ

- แรงดันปกติ : 230/400 โวลท์ 50 เฮริทซ์ หรือดีกว่า
- แรงดันสำหรับควบคุม : 24 โวลท์ หรือดีกว่า
- พิกัดกระแส : 16 แอมป์ หรือดีกว่า
- มีสวิทช์ปุ่มกดไม่น้อยกว่า 2 ชุด
- มีหน้าคอนแทคเตอร์ชนิดปกติเปิดไม่น้อยกว่า 3 ชุด
- มีไฟแสดงสถานะ “ทำงาน” และ “ไม่ทำงาน”
- จุดต่อชนิดปลอดภัยขนาด 4 มิลลิเมตร

3.2.1.3 รีเลย์ป้องกันหม้อแปลงแบบผลต่าง จำนวน 1 ชุด

- เป็นดิจิตอลรีเลย์แบบสามเฟส สำหรับเปรียบเทียบผลต่างกระแส แสดงผลต่าง LC- display
- พิกัดกระแส (IN) = 1 แอมป์
- พิกัดแรงดัน (UN) = 400 โวลท์
- ใช้กับความถี่ไฟฟ้า 50-60 เฮิร์ท

3.2.1.4 รีเลย์ป้องกันกระแสเกิน จำนวน 1 ชุด

เป็นรีเลย์กระแสเกินแบบเวลาผกผันสามเฟส และรีเลย์กระแสเกินแบบเวลาตายตัวสามเฟส สามารถเลือกได้โดยใช้สวิทช์ (DIP SWITCHS) หรือดีกว่า

- พิกัดกระแสไม่น้อยกว่า 1 แอมป์ (สามารถทดโหลดเกินแบบต่อเนื่องได้ถึง 4 แอมป์)
- พิกัดความถี่ 50 / 60 เฮิร์ต
- มีรีเลย์เอาท์พุทไม่น้อยกว่า 2 ชุด
- มีแรงดันช่วย : 10 ถึง 390 โวลท์ดีซี หรือ 36 ถึง 275 โวลท์ / 40 ถึง 70 เฮิร์ต
- สามารถตั้งค่าการทริปได้ ไม่น้อยกว่าดังนี้

  $I > 0.5$ ถึง $2\ I_N$

  $I >> 1$ ถึง $15\ I_N$

  $t(I) > 0$ ถึง 1 วินาที / 0 วินาที / 0 ถึง 100 วินาที

  $t(I) >> 0$ ถึง 2.5 วินาที
- สามารถตั้งคุณลักษณะการทริปได้ไม่น้อยกว่าดังนี้
  แบบกำหนดเวลา (Definite Time) ผกผันปกติ (Normal Inverse) ผกผันมาก (Very Inverse) และผกผันมากพิเศษ (Extremely Inverse)
- มีพอร์ต RS-485 สำหรับเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์

3.2.1.5 โหลดความต้านทานชนิดสามเฟส ขนาด 1 กิโลวัตต์ จำนวน 1 แผง

- สามารถนำมาต่อแบบขนาน, อนุกรม, สตาร์ หรือเดลต้าได้
- ค่าความต้านทานขนาด 750 โอห์ม จำนวนไม่น้อยกว่า 3 ชุด
- ความต้านทานแต่ละชุดสามารถทนกระแสได้ไม่น้อยกว่า 2 แอมป์
- เป็นความต้านทานแกนหมุนมีสเกล 100 ถึง 0 เปอร์เซ็นต์
- จุดต่อชนิดปลอดภัยขนาด 4 มิลลิเมตร

3.2.1.6 แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับสามเฟส จำนวน 1 เครื่อง

- เป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับสามเฟสชนิดปรับค่าได้
- แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับขนาด 0 ถึง 400 โวลท์ หรือดีกว่า
- พิกัดกระแสขนาด 2 แอมป์ หรือดีกว่า
- มีโวลท์มิเตอร์ขนาด 0 ถึง 450 โวลท์ หรือดีกว่า
- มีแอมป์มิเตอร์ขนาด 0 ถึง 3 แอมป์ หรือดีกว่า
- มีระบบป้องกันเป็นเบรกเกอร์ชนิดความร้อน
- จุดต่อชนิดปลอดภัยขนาด 4 มิลลิเมตร

3.2.1.7 วัตต์มิเตอร์แบบดิจิตอล จำนวน 2 เครื่อง

- เป็นเครื่องมือวัดกำลังไฟฟ้าแบบดิจิตอลที่สามารถวัดค่า V, A, W, VAR, VA และ PF ได้เป็นอย่างน้อย
- สามารถวัดค่ากำลังไฟฟ้า DC และ AC TRMS ในระบบหนึ่งเฟสและสามเฟสบัลลานซ์ได้

- มีแบตเตอรี่ในตัว และมีสัญลักษณ์แสดงสถานะของแบตเตอรี่ เมื่อแบตเตอรี่ใกล้หมดได้
- สามารถวัดค่าของกระแสสตาร์ท (Inrush Current) พร้อมกับมีฟังก์ชั่นคงค่าที่หน้าจอได้
- การแสดงผลผ่านจอ LCD ขนาดไม่น้อยกว่า 4 หลัก จำนวน 3 แถวต่อหน้าจอ
- ชนิดของการวัดเป็นแบบ : 1 เฟส และ 3 เฟส หรือดีกว่า
- ภาคแสดงผลไม่น้อยกว่า : 3 แถว, แถวละ 4 หลัก
- กำลังไฟฟ้าจริง (Active Power)
    - ย่านการวัดอยู่ในช่วง : 10 W ถึง 6 kW หรือดีกว่า
    - ความละเอียดในการวัด : 0.1 W หรือดีกว่า
    - ความแม่นยำด้าน AC : 1% ของค่าที่อ่านได้ หรือดีกว่า
    - ความแม่นยำด้าน DC : 2% ของค่าที่อ่านได้ หรือดีกว่า
- กำลังไฟฟ้าปรากฏ (Apparent Power)
    - ย่านการวัดอยู่ในช่วง : 10 VA ถึง 6 kVA หรือดีกว่า
    - ความแม่นยำที่ดีที่สุด : 2% ของค่าที่อ่านได้ หรือดีกว่า
- กำลังไฟฟ้าสูญเสีย (Reactive Power)
    - ย่านการวัดอยู่ในช่วง : 10 VAR ถึง 6 kVAR หรือดีกว่า
    - ความแม่นยำที่ดีที่สุด : 2% ของค่าที่อ่านได้ หรือดีกว่า
- เพาเวอร์แฟคเตอร์ (Power Factor)
    - ความละเอียดในการวัด : 0.01 หรือดีกว่า
    - ความแม่นยำ : 3% ของค่าที่อ่านได้ หรือดีกว่า
- แรงดันไฟฟ้า (Voltage)
    - ย่านการวัดอยู่ในช่วง : 0.5 ถึง 600 VRMS หรือดีกว่า
    - ความละเอียดในการวัด : 100 mV หรือดีกว่า
    - ความแม่นยำด้าน AC : 0.5% ของค่าที่อ่านได้ หรือดีกว่า
    - ความแม่นยำด้าน DC : 1% ของค่าที่อ่านได้ หรือดีกว่า
- กระแสไฟฟ้า (Current)
    - ย่านการวัดอยู่ในช่วง : 10 mA ถึง 10 ARMS หรือดีกว่า
    - ความละเอียดในการวัด : 1 mA หรือดีกว่า
    - ความแม่นยำด้าน AC : 0.5% ของค่าที่อ่านได้ หรือดีกว่า
    - ความแม่นยำด้าน DC : 1% ของค่าที่อ่านได้ หรือดีกว่า
- กระแสสตาร์ท (Starting Current)
    - ย่านการวัดอยู่ในช่วง : 5 A ถึง 65 A (Peak) หรือดีกว่า
    - ความละเอียดในการวัด : 100 mA หรือดีกว่า
    - ความแม่นยำ : 10% ของค่าที่อ่านได้ หรือดีกว่า

- มีสายวัดแรงดันและกระแสในพิกัดของเครื่องวัด จำนวนไม่น้อยกว่า 3 ชุด

3.2.1.8 สายต่อวงจรพร้อมปลั๊กต่อวงจรแบบปลอดภัยตามมาตรฐานสากล จำนวน 3 ชุด

3.2.1.9 โต๊ะวางอุปกรณ์พร้อมคอนโซลและที่ติดตั้งชุดจ่ายไฟฟ้าสามเฟส 380V พร้อมอุปกรณ์ป้องกันตามมาตรฐานสากล จำนวน 1 ชุด

- โต๊ะทดลองมีขนาดไม่น้อยกว่า 150 x 75 x 75 เซนติเมตร
- พื้นโต๊ะเป็นไม้หนาไม่น้อยกว่า 19 มิลลิเมตร เคลือบด้วย PVC หรือดีกว่า
- ขาโต๊ะประกอบจากโครงเหล็กที่แข็งแรงทนทาน พ่นสีเคลือบอย่างดี หรือดีกว่า
- มีโครงยึดอุปกรณ์ 3 ชั้น ติดตั้งบนโต๊ะทดลองได้ และมีขนาดเหมาะสมกับโต๊ะทดลอง
- มีคอนโซลแหล่งจ่ายไฟฟ้าสามเฟส ประกอบด้วยเซอร์กิตเบรคเกอร์ป้องกันการเกิดฟอลต์ (Fault Circuit Breaker) ขนาด 30 มิลลิแอมป์ มีเซอร์กิตเบรคเกอร์ขนาดไม่น้อยกว่า 10 แอมป์
- ไฟแสดงแต่ละเฟสแบบ Pilot Lamp 3 ดวง หรือดีกว่า

3.3 ชุดทดลองบัสบาร์ จำนวน 1 ชุด

3.3.1 คุณสมบัติทางเทคนิค ประกอบด้วยอุปกรณ์ไม่น้อยกว่าดังนี้

3.3.1.1 แผงบัสบาร์ ขาเข้า / ขาออก จำนวน 4 แผง

- เป็นแผงบัสบาร์สามเฟสแบบ 2 บัส มีชุดขาออกสายป้อน และมีโมดูลเพาเวอร์สวิทช์ เพื่อต่อไปยังโหลด หรือแหล่งจ่ายไฟฟ้าได้
- มีชุดสวิทช์ในการตัดต่อ จำนวน 2 ชุด ควบคุมด้วยสวิทช์ และมีคอนแทคช่วย
- มีชุดเพาเวอร์สวิทช์ จำนวน 1 ชุด สามารถทนกระแสได้ไม่น้อยกว่า 10 แอมป์ ควบคุมด้วยสวิทช์ และมีคอนแทคช่วย
- มีไฟแสดงสถานะการทำงาน
- ควบคุมการทำงานด้วยแรงดัน 24 โวลท์
- สามารถควบคุมการตัดต่อด้วยสวิทช์ปุ่มกด, ชุดควบคุมทางด้านอินพุท หรือเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ท RS485

3.3.1.2 แผงบัสบาร์เชื่อมต่อ จำนวน 1 แผง

- เป็นแผงบัสบาร์สามเฟสแบบ 2 บัส มีชุดขาออกสายป้อน และมีโมดูลเพาเวอร์สวิทช์เพื่อเชื่อมต่อบัสทั้งสองเข้าด้วยกัน
- มีชุดสวิทช์ในการตัดต่อ จำนวน 2 ชุด ควบคุมด้วยสวิทช์ และมีคอนแทคช่วย
- มีชุดเพาเวอร์สวิทช์ จำนวน 1 ชุด สามารถทนกระแสได้ไม่น้อยกว่า 10 แอมป์ ควบคุมด้วยสวิทช์ และมีคอนแทคช่วย
- มีไฟแสดงสถานะการทำงาน
- ควบคุมการทำงานด้วยแรงดัน 24 โวลท์

- สามารถควบคุมการตัดต่อด้วยสวิทช์ปุ่มกด, ชุดควบคุมทางด้านอินพุท หรือเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ท RS485

3.3.1.3 โหลดความต้านทานชนิดสามเฟส ขนาด 1 กิโลวัตต์ จำนวน 1 แผง

- สามารถนำมาต่อแบบขนาน, อนุกรม, สตาร์ หรือเดลต้าได้
- ค่าความต้านทานขนาด 750 โอห์ม จำนวนไม่น้อยกว่า 3 ชุด
- ความต้านทานแต่ละชุดสามารถทนกระแสได้ไม่น้อยกว่า 2 แอมป์
- เป็นความต้านทานแกนหมุนมีสเกล 100 ถึง 0 เปอร์เซ็นต์
- จุดต่อชนิดปลอดภัยขนาด 4 มิลลิเมตร

3.3.1.4 โหลดความต้านทานคงที่ จำนวน 1 ชุด

- โหลดความต้านทานสำหรับต่อขนาน, อนุกรม, สตาร์ และเดลต้า
- มีค่าความต้านทาน ขนาด 560 โอห์ม จำนวน 3 ชุด
- ทนกระแสได้ ขนาด 0.5 แอมป์
- จุดต่อชนิดปลอดภัย ขนาด 4 มิลลิเมตร

3.3.1.5 แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับสามเฟส จำนวน 1 เครื่อง

- เป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับสามเฟสชนิดปรับค่าได้
- แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับขนาด 0 ถึง 400 โวลท์ หรือดีกว่า
- พิกัดกระแสขนาด 2 แอมป์ หรือดีกว่า
- มีโวลท์มิเตอร์ขนาด 0 ถึง 450 โวลท์ หรือดีกว่า
- มีแอมป์มิเตอร์ขนาด 0 ถึง 3 แอมป์ หรือดีกว่า

3.3.1.6 วัตต์มิเตอร์แบบดิจิตอล จำนวน 1 เครื่อง

- เป็นเครื่องมือวัดกำลังไฟฟ้าแบบดิจิตอลที่สามารถวัดค่า V, A, W, VAR, VA และ PF ได้เป็นอย่างน้อย
- สามารถวัดค่ากำลังไฟฟ้า DC และ AC TRMS ในระบบหนึ่งเฟสและสามเฟสบัลลานซ์ได้
- มีแบตเตอรี่ในตัว และมีสัญลักษณ์แสดงสถานะของแบตเตอรี่ เมื่อแบตเตอรี่ใกล้หมดได้
- สามารถวัดค่าของกระแสสตาร์ท (Inrush Current) พร้อมกับมีฟังก์ชั่นคงค่าที่หน้าจอได้
- การแสดงผลผ่านจอ LCD ขนาดไม่น้อยกว่า 4 หลัก จำนวน 3 แถวต่อหน้าจอ
- ชนิดของการวัดเป็นแบบ : 1 เฟส และ 3 เฟส หรือดีกว่า
- ภาคแสดงผลไม่น้อยกว่า : 3 แถว, แถวละ 4 หลัก
- กำลังไฟฟ้าจริง (Active Power)

ย่านการวัดอยู่ในช่วง	:	10 W ถึง 6 kW หรือดีกว่า
ความละเอียดในการวัด	:	0.1 W หรือดีกว่า
ความแม่นยำด้าน AC	:	1% ของค่าที่อ่านได้ หรือดีกว่า
ความแม่นยำด้าน DC	:	2% ของค่าที่อ่านได้ หรือดีกว่า

- กำลังไฟฟ้าปรากฏ (Apparent Power)
  - ย่านการวัดอยู่ในช่วง : 10 VA ถึง 6 kVA หรือดีกว่า
  - ความแม่นยำที่ดีที่สุด : 2% ของค่าที่อ่านได้ หรือดีกว่า
- กำลังไฟฟ้าสูญเสีย (Reactive Power)
  - ย่านการวัดอยู่ในช่วง : 10 VAR ถึง 6 kVAR หรือดีกว่า
  - ความแม่นยำที่ดีที่สุด : 2% ของค่าที่อ่านได้ หรือดีกว่า
- เพาเวอร์แฟคเตอร์ (Power Factor)
  - ความละเอียดในการวัด : 0.01 หรือดีกว่า
  - ความแม่นยำ : 3% ของค่าที่อ่านได้ หรือดีกว่า
- แรงดันไฟฟ้า (Voltage)
  - ย่านการวัดอยู่ในช่วง : 0.5 ถึง 600 VRMS หรือดีกว่า
  - ความละเอียดในการวัด : 100 mV หรือดีกว่า
  - ความแม่นยำด้าน AC : 0.5% ของค่าที่อ่านได้หรือดีกว่า
  - ความแม่นยำด้าน DC : 1% ของค่าที่อ่านได้ หรือดีกว่า
- กระแสไฟฟ้า (Current)
  - ย่านการวัดอยู่ในช่วง : 10mA ถึง 10ARMS หรือดีกว่า
  - ความละเอียดในการวัด : 1 mA หรือดีกว่า
  - ความแม่นยำด้าน AC : 0.5% ของค่าที่อ่านได้หรือดีกว่า
  - ความแม่นยำด้าน DC : 1% ของค่าที่อ่านได้ หรือดีกว่า
- กระแสสตาร์ท (Starting Current)
  - ย่านการวัดอยู่ในช่วง : 5 A ถึง 65 A (Peak) หรือดีกว่า
  - ความละเอียดในการวัด : 100 mA หรือดีกว่า
  - ความแม่นยำ : 10% ของค่าที่อ่านได้ หรือดีกว่า
- มีสายวัดแรงดันและกระแสในพิกัดของเครื่องวัด จำนวนไม่น้อยกว่า 3 ชุด

3.3.1.7 สายต่อวงจรพร้อมปลั๊กต่อวงจรแบบปลอดภัยตามมาตรฐานสากล จำนวน 3 ชุด

3.3.1.8 โต๊ะวางอุปกรณ์พร้อมคอนโซลและที่ติดตั้งชุดจ่ายไฟฟ้าสามเฟส 380V พร้อมอุปกรณ์ป้องกันตามมาตรฐานสากล จำนวน 1 ชุด

- โต๊ะทดลองมีขนาดไม่น้อยกว่า 150 x 75 x 75 เซนติเมตร
- พื้นโต๊ะเป็นไม้หนาไม่น้อยกว่า 19 มิลลิเมตร เคลือบด้วย PVC หรือดีกว่า
- ขาโต๊ะประกอบจากโครงเหล็กที่แข็งแรงทนทาน พ่นสีเคลือบอย่างดี หรือดีกว่า
- มีโครงยึดอุปกรณ์ 3 ชั้น ติดตั้งบนโต๊ะทดลองได้ และมีขนาดเหมาะสมกับโต๊ะทดลอง
- มีคอนโซลแหล่งจ่ายไฟฟ้าสามเฟส ประกอบด้วยเซอร์กิตเบรคเกอร์ป้องกันการเกิดฟอลต์ (Fault Circuit Breaker) ขนาด 30 มิลลิแอมป์ มีเซอร์กิตเบรคเกอร์ขนาดไม่น้อยกว่า 10 แอมป์

- ไฟแสดงแต่ละเฟสแบบ Pilot Lamp 3 ดวง หรือดีกว่า

3.3.1.9 สายส่งกำลังไฟฟ้า จำนวน 1 แผง

เป็นโมเดลจำลองสายส่งไฟฟ้าแรงสูบด้วยความยาวในช่วงต่างๆ โดยมีสเกล 1:1000 สำหรับกระแสและแรงดัน

- จำลองสายส่งในช่วงความยาว 150 กิโลเมตร, 300 กิโลเมตร
- ความต้านทานต่อเฟส : 3.6 โอห์ม, 7.2 โอห์ม
- ความเหนี่ยวนำต่อเฟส : 150 มิลลิเฮนรี่, 300 มิลลิเฮนรี่
- ความเก็บประจุต่อเฟส
  - Line to line : 2 x 150 ไมโครฟารัด, 300 ไมโครฟารัด
  - Line to ground : 2 x 0.55 ไมโครฟารัด, 1.1 ไมโครฟารัด
- กำลังไฟฟ้าสูงสุดไม่น้อยกว่า 1 กิโลวัตต์
- แรงดัน : 3 x 400 , 50/60 เฮริทซ์
- กระแส : 2 แอมป์
- จุดต่อชนิดปลอดภัย ขนาด 4 มิลลิเมตร

3.3.1.10 โหลดความต้านทานชนิดสามเฟส ขนาด 1 กิโลวัตต์ จำนวน 1 แผง

- สามารถนำมาต่อแบบขนาน, อนุกรม, สตาร์ หรือเดลต้าได้
- ค่าความต้านทานขนาด 750 โอห์ม จำนวนไม่น้อยกว่า 3 ชุด
- ความต้านทานแต่ละชุดสามารถทนกระแสได้ไม่น้อยกว่า 2 แอมป์
- เป็นความต้านทานแกนหมุนมีสเกล 100 ถึง 0 เปอร์เซ็นต์
- จุดต่อชนิดปลอดภัยขนาด 4 มิลลิเมตร

3.3.1.11 โหลดตัวเก็บประจุชนิดสามเฟส ขนาด 1 กิโลวัตต์ จำนวน 1 แผง

- สามารถนำมาต่อแบบขนาน, อนุกรม, สตาร์ หรือเดลต้าได้
- ค่าตัวเก็บประจุขนาด 2 / 4 / 8 / 30 ไมโครฟารัด, 450 โวลท์ หรือดีกว่าจำนวนไม่น้อยกว่า 3 ชุด
- จุดต่อชนิดปลอดภัยขนาด 4 มิลลิเมตร

3.3.1.12 โหลดตัวเหนี่ยวนำชนิดสามเฟส ขนาด 1 กิโลวัตต์ จำนวน 1 แผง

- สามารถนำมาต่อแบบขนาน, อนุกรม, สตาร์ หรือเดลต้าได้
- ค่าความเหนี่ยวนำไม่น้อยกว่า 3 ชุด ประกอบด้วยดังนี้
  - 1.2 เฮนรี่ (0.65 แอมป์) หรือดีกว่า
  - 1.6 เฮนรี่ (0.50 แอมป์) หรือดีกว่า
  - 2.0 เฮนรี่ (0.45 แอมป์) หรือดีกว่า
  - 2.4 เฮนรี่ (0.35 แอมป์) หรือดีกว่า
  - 2.8 เฮนรี่ (0.30 แอมป์) หรือดีกว่า
  - 3.2 เฮนรี่ (0.25 แอมป์) หรือดีกว่า

- แรงดันสูงสุดไม่น้อยกว่า 400 โวลท์
- จุดต่อชนิดปลอดภัยขนาด 4 มิลลิเมตร

3.3.1.13 รีเลย์ป้องกันแรงดันสูงหรือต่ำเกิน จำนวน 1 ชุด

- เป็นรีเลย์หน่วงเวลาสามเฟสแบบแรงดันเกินและแรงดันต่ำ การตั้งค่าการทำงานทั้งสองแยกจากกัน
- ย่านการทำงานไม่น้อยกว่า : 0.7 ถึง 1.0 U_N
  1.0 ถึง 1.25 U_N
- ย่านการหน่วงเวลาไม่น้อยกว่า : 0.5 ถึง 10 วินาที หรือดีกว่า
- มีหน้าสัมผัสรีเลย์เอาท์พุท จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ชุด ขนาดไม่น้อยกว่า 5 แอมป์ หรือดีกว่า
- พิกัดแรงดันใช้งานไม่น้อยกว่า : 100 ถึง 400 โวลท์ 50 / 60 เฮิร์ต หรือดีกว่า

3.4 ชุดทดลองสายส่งไฟฟ้าและการป้องกัน จำนวน 1 ชุด

3.4.1 คุณสมบัติทางเทคนิค ประกอบด้วยอุปกรณ์ไม่น้อยกว่าดังนี้

3.4.1.1 สายส่งกำลังไฟฟ้า จำนวน 1 ชุด

- เป็นโมเดลจำลองสายส่งไฟฟ้าแรงสูงแบบสามเฟส
- สามารถทำการทดลองการทำงานแบบไม่มีโหลด, มีโหลด และลัดวงจรได้
- มีสเกลแฟคเตอร์ไม่น้อยกว่า 1/1,000 ทั้งกระแส และแรงดัน
- ความต้านทาน : 3.6 โอห์ม, 7.2 โอห์ม
- ความเหนี่ยวนำ : 150 มิลลิเฮนรี่, 300 มิลลิเฮนรี่
- ตัวเก็บประจุ : 1.1 ไมโครฟารัด, 300 นาโนฟารัด

3.4.1.2 โมดูลสวิทช์เพาเวอร์ จำนวน 1 แผง

เป็นโมดูลสำหรับตัดต่อแรงดันแบบควบคุมด้วยมือ หรือควบคุมแบบอัตโนมัติ

- แรงดันปกติ : 230/400 โวลท์ 50 เฮริทซ์ หรือดีกว่า
- แรงดันสำหรับควบคุม : 24 โวลท์ หรือดีกว่า
- พิกัดกระแส : 16 แอมป์ หรือดีกว่า
- มีสวิทช์ปุ่มกดไม่น้อยกว่า 2 ชุด
- มีหน้าคอนแทคเตอร์ชนิดปกติเปิดไม่น้อยกว่า 3 ชุด
- มีไฟแสดงสถานะ “ทำงาน” และ “ไม่ทำงาน”
- จุดต่อชนิดปลอดภัยขนาด 4 มิลลิเมตร

3.4.1.3 โหลดความต้านทาน ขนาด 1 กิโลวัตต์ จำนวน 1 ชุด

- สามารถใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับ และกระแสตรง 1 เฟส และ 3 เฟสได้
- สามารถนำมาต่อแบบอนุกรม, ขนาน, สตาร์ หรือเดลต้าได้
- ค่าความต้านทานขนาดไม่น้อยกว่า 3 x 750 โอห์ม
- พิกัดกระแสใช้งานขนาดไม่น้อยกว่า 3 x 2 แอมป์

3.4.1.4 โหลดตัวเก็บประจุชนิดสามเฟส ขนาด 1 กิโลวัตต์ จำนวน 1 แผง

- สามารถนำมาต่อแบบขนาน, อนุกรม, สตาร์ หรือเดลต้าได้
- ค่าตัวเก็บประจุขนาด 2 / 4 / 8 / 30 ไมโครฟารัด, 450 โวลท์ หรือดีกว่าจำนวนไม่น้อยกว่า 3 ชุด
- จุดต่อชนิดปลอดภัยขนาด 4 มิลลิเมตร

3.4.1.5 โหลดตัวเหนี่ยวนำชนิดสามเฟส ขนาด 1 กิโลวัตต์ จำนวน 1 แผง

- สามารถนำมาต่อแบบขนาน, อนุกรม, สตาร์ หรือเดลต้าได้
- ค่าความเหนี่ยวนำไม่น้อยกว่า 3 ชุด ประกอบด้วยดังนี้

  1.2 เฮนรี่ (0.65 แอมป์) หรือดีกว่า

  1.6 เฮนรี่ (0.50 แอมป์) หรือดีกว่า

  2.0 เฮนรี่ (0.45 แอมป์) หรือดีกว่า

  2.4 เฮนรี่ (0.35 แอมป์) หรือดีกว่า

  2.8 เฮนรี่ (0.30 แอมป์) หรือดีกว่า

  3.2 เฮนรี่ (0.25 แอมป์) หรือดีกว่า

- แรงดันสูงสุดไม่น้อยกว่า 400 โวลท์
- จุดต่อชนิดปลอดภัยขนาด 4 มิลลิเมตร

3.4.1.6 รีเลย์ป้องกันแรงดันสูงหรือต่ำเกิน จำนวน 1 ชุด

- เป็นรีเลย์หน่วงเวลาสามเฟสแบบแรงดันเกินและแรงดันต่ำ การตั้งค่าการทำงานทั้งสองแยกจากกัน
- ย่านการทำงานไม่น้อยกว่า : 0.7 ถึง 1.0 U_N

  1.0 ถึง 1.25 U_N
- ย่านการหน่วงเวลาไม่น้อยกว่า : 0.5 ถึง 10 วินาที หรือดีกว่า
- มีหน้าสัมผัสรีเลย์เอาท์พุท จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ชุด ขนาดไม่น้อยกว่า 5 แอมป์หรือดีกว่า
- พิกัดแรงดันใช้งานไม่น้อยกว่า : 100 ถึง 400 โวลท์ 50/60 เฮิร์ต หรือดีกว่า

3.4.1.7 รีเลย์ป้องกันแบบวัดกำลังไฟฟ้าย้อนกลับ จำนวน 1 ชุด

- เป็นรีเลย์ป้องกันรุ่นที่ใช้ในงานอุตสาหกรรม สามารถวัดกำลังไฟฟ้าแบบย้อนกลับที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้
- มี LED แสดงการทำงาน หรือดีกว่า
- แรงดันที่ใช้งาน (U_N) อยู่ในช่วง 100 ถึง 400 โวลท์ เอซี หรือดีกว่า
- ความถี่ที่ใช้งานอยู่ในช่วง 35 ถึง 70 เฮิร์ทซ หรือดีกว่า
- พิกัดกระแสไม่น้อยกว่า 1 แอมป์
- แรงดันที่ทำงานอยู่ในช่วง 0.4 ถึง 1.3 U_N หรือดีกว่า
- กระแสที่ทำงานอยู่ในช่วง 0 ถึง 1.2 I_N หรือดีกว่า
- สภาวะการทริปทางด้านกำลังไฟฟ้าจริง (Active Power) อยู่ในช่วง 1 ถึง 1.2 P_N หรือดีกว่า

- สภาวะการทริปทางด้านกำลังไฟฟ้าย้อนกลับ (Reverse Power) อยู่ในช่วง 1 ถึง 0.3 P_N หรือดีกว่า
- ย่านการหน่วงเวลาอยู่ในช่วง 0 ถึง 100 วินาที หรือดีกว่า
- พิกัดแรงดันไฟเลี้ยงไม่น้อยกว่า 220 โวลท์ เอซี หรือดีกว่า

3.4.1.8 รีเลย์ป้องกันความผิดพร่องลงดิน จำนวน 1 ตัว

- เป็นรีเลย์แรงดันเกินหนึ่งเฟส สำหรับแสดงสภาวะการเกิดฟอลต์ลงดินใช้ร่วมกับหม้อแปลงไฟฟ้าสามเฟส หรือดีกว่า
- หม้อแปลงไฟฟ้าพิกัดแรงดันไม่น้อยกว่า 100 โวลท์ (U_N) หรือดีกว่า
- แรงดันที่ทำงาน (U_A) ตั้งแต่ 0.01 ถึง 1 U_N หรือดีกว่า
- ย่านการหน่วงเวลาไม่น้อยกว่า : 0 ถึง 100 วินาที
- ภาวะทริป มีสวิทช์ตัดต่อไม่น้อยกว่า 2 ชุด 220 โวลท์ เอซี กระแสไม่น้อยกว่า 2 แอมป์ หรือดีกว่า
- พิกัดแรงดันไม่น้อยกว่า 230 โวลท์ เอซี

3.4.1.9 หม้อแปลงแรงดันไฟฟ้า 3 เฟส จำนวน 1 ชุด

- เป็นหม้อแปลงแรงดันไฟฟ้า 3 เฟส ใช้ร่วมกับรีเลย์ป้องกันความผิดพร่องลงดิน
- แรงดันขาเข้า 3 x 380V หรือดีกว่า
- แรงดันขาออก 3 x 100 V หรือดีกว่า
- กำลังไฟฟ้าขนาด 1 VA หรือดีกว่า
- เวคเตอร์กรุ๊ป : YYO
- มีฟิวส์ป้องกันแบบขาดช้า (slow-blow)
- จุดต่อชนิดปลอดภัย ขนาด 4 มิลลิเมตร

3.4.1.10 แหล่งจ่ายไฟฟ้าปรับค่าได้ จำนวน 1 ตัว

- เป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้าปรับค่าได้สามเฟส
- มีย่านแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับอยู่ในช่วง 0 – 400 โวลท์
- มีมิเตอร์แสดงค่าแรงดัน และกระแส

3.4.1.11 วัตต์มิเตอร์แบบดิจิตอล จำนวน 2 เครื่อง

- เป็นเครื่องมือวัดกำลังไฟฟ้าแบบดิจิตอลที่สามารถวัดค่า V, A, W, VAR, VA และ PF ได้เป็นอย่างน้อย
- สามารถวัดค่ากำลังไฟฟ้า DC และ AC TRMS ในระบบหนึ่งเฟสและสามเฟสบัลลานซ์ได้
- มีแบตเตอรี่ในตัว และมีสัญลักษณ์แสดงสถานะของแบตเตอรี่ เมื่อแบตเตอรี่ใกล้หมดได้
- สามารถวัดค่าของกระแสสตาร์ท (Inrush Current) พร้อมกับมีฟังก์ชั่นคงค่าที่หน้าจอได้
- การแสดงผลผ่านจอ LCD ขนาดไม่น้อยกว่า 4 หลัก จำนวน 3 แถวต่อหน้าจอ

- ชนิดของการวัดเป็นแบบ : 1 เฟส และ 3 เฟส หรือดีกว่า
- ภาคแสดงผลไม่น้อยกว่า : 3 แถว, แถวละ 4 หลัก
- กำลังไฟฟ้าจริง (Active Power)
  - ย่านการวัดอยู่ในช่วง : 10 W ถึง 6 kW หรือดีกว่า
  - ความละเอียดในการวัด : 0.1 W หรือดีกว่า
  - ความแม่นยำด้าน AC : 1% ของค่าที่อ่านได้ หรือดีกว่า
  - ความแม่นยำด้าน DC : 2% ของค่าที่อ่านได้ หรือดีกว่า
- กำลังไฟฟ้าปรากฏ (Apparent Power)
  - ย่านการวัดอยู่ในช่วง : 10 VA ถึง 6 kVA หรือดีกว่า
  - ความแม่นยำที่ดีที่สุด : 2% ของค่าที่อ่านได้ หรือดีกว่า
- กำลังไฟฟ้าสูญเสีย (Reactive Power)
  - ย่านการวัดอยู่ในช่วง : 10 VAR ถึง 6 kVAR หรือดีกว่า
  - ความแม่นยำที่ดีที่สุด : 2% ของค่าที่อ่านได้ หรือดีกว่า
- เพาเวอร์แฟคเตอร์ (Power Factor)
  - ความละเอียดในการวัด : 0.01 หรือดีกว่า
  - ความแม่นยำ : 3% ของค่าที่อ่านได้ หรือดีกว่า
- แรงดันไฟฟ้า (Voltage)
  - ย่านการวัดอยู่ในช่วง : 0.5 ถึง 600 VRMS หรือดีกว่า
  - ความละเอียดในการวัด : 100 mV หรือดีกว่า
  - ความแม่นยำด้าน AC : 0.5% ของค่าที่อ่านได้หรือดีกว่า
  - ความแม่นยำด้าน DC : 1% ของค่าที่อ่านได้ หรือดีกว่า
- กระแสไฟฟ้า (Current)
  - ย่านการวัดอยู่ในช่วง : 10mA ถึง 10 ARMS หรือดีกว่า
  - ความละเอียดในการวัด : 1 mA หรือดีกว่า
  - ความแม่นยำด้าน AC : 0.5% ของค่าที่อ่านได้หรือดีกว่า
  - ความแม่นยำด้าน DC : 1% ของค่าที่อ่านได้ หรือดีกว่า
- กระแสสตาร์ท (Starting Current)
  - ย่านการวัดอยู่ในช่วง : 5 A ถึง 65 A (Peak) หรือดีกว่า
  - ความละเอียดในการวัด : 100 mA หรือดีกว่า
  - ความแม่นยำ : 10% ของค่าที่อ่านได้ หรือดีกว่า
- มีสายวัดแรงดันและกระแสในพิกัดของเครื่องวัด จำนวนไม่น้อยกว่า 3 ชุด

3.4.1.12 สายต่อวงจรพร้อมปลั๊กต่อวงจรแบบปลอดภัยตามมาตรฐานสากล จำนวน 3 ชุด

3.4.1.13 โต๊ะวางอุปกรณ์พร้อมคอนโซลและที่ติดตั้งชุดจ่ายไฟฟ้าสามเฟส 380V พร้อมอุปกรณ์ป้องกันตามมาตรฐานสากล จำนวน 1 ชุด

- โต๊ะทดลองมีขนาดไม่น้อยกว่า 150 x 75 x 75 เซนติเมตร

- พื้นโต๊ะเป็นไม้หนาไม่น้อยกว่า 19 มิลลิเมตร เคลือบด้วย PVC หรือดีกว่า
- ขาโต๊ะประกอบจากโครงเหล็กที่แข็งแรงทนทาน พ่นสีเคลือบอย่างดี หรือดีกว่า
- มีโครงยึดอุปกรณ์ 3 ชั้น ติดตั้งบนโต๊ะทดลองได้ และมีขนาดเหมาะสมกับโต๊ะทดลอง
- มีคอนโซลแหล่งจ่ายไฟฟ้าสามเฟส ประกอบด้วยเซอร์กิตเบรคเกอร์ป้องกันการเกิดฟอลต์ (Fault Circuit Breaker) ขนาด 30 มิลลิแอมป์ มีเซอร์กิตเบรคเกอร์ขนาดไม่น้อยกว่า 10 แอมป์
- ไฟแสดงแต่ละเฟสแบบ Pilot Lamp 3 ดวง หรือดีกว่า

3.5 ชุดทดลองการป้องกันมอเตอร์ไฟฟ้า จำนวน 1 ชุด

3.5.1 คุณสมบัติทางเทคนิค ประกอบด้วยอุปกรณ์ไม่น้อยกว่าดังนี้

3.5.1.1 เครื่องกลไฟฟ้าสามเฟสแบบโรเตอร์กรงกระรอก จำนวน 1 ชุด

- เป็นมอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟสแบบอซิงโครนัส ใช้โรเตอร์แบบกรงกระรอก
- ขนาดกำลังไม่ต่ำกว่า 0.25 กิโลวัตต์
- แรงดันไฟฟ้าไม่ต่ำกว่า 690 / 400 โวลท์
- กระแสไม่ต่ำกว่า 1.4 / 2.4 แอมป์
- เพาเวอร์แฟคเตอร์ 0.8
- ความเร็วรอบไม่ต่ำกว่า 2500 รอบต่อนาที

3.5.1.2 แผงเซอร์กิตเบรคเกอร์ จำนวน 1 แผง

- เป็นเพาเวอร์เซอร์กิตเบรกเกอร์ชนิดความร้อน
- สามารถทนแรงดันได้ 500 โวลท์ เอซีที่กระแส 10 แอมป์ หรือดีกว่า
- พิกัดกระแส 1.6 – 2.5 แอมป์ สามารถปรับค่าได้

3.5.1.3 รีเลย์ป้องกันมอเตอร์ จำนวน 1 ชุด

- เป็นรีเลย์ป้องกันมอเตอร์ สามารถปรับเลือกได้โดยใช้สวิทช์ (DIP Switchs) หรือดีกว่า
- พิกัดกระแสไม่น้อยกว่า 1 แอมป์
- พิกัดความถี่ 50 / 60 เฮิร์ท
- มีแรงดันช่วย 220 โวลท์ AC หรือดีกว่า

3.5.1.4 สายต่อวงจรพร้อมปลั๊กต่อวงจรแบบปลอดภัยตามมาตรฐานสากล จำนวน 3 ชุด

3.5.1.5 โต๊ะวางอุปกรณ์พร้อมคอนโซลและที่ติดตั้งชุดจ่ายไฟฟ้าสามเฟส 380V พร้อมอุปกรณ์ป้องกันตามมาตรฐานสากล จำนวน 3 ชุด

- โต๊ะทดลองมีขนาดไม่น้อยกว่า 150 x 75 x 75 เซนติเมตร
- พื้นโต๊ะเป็นไม้หนาไม่น้อยกว่า 19 มิลลิเมตร เคลือบด้วย PVC หรือดีกว่า
- ขาโต๊ะประกอบจากโครงเหล็กที่แข็งแรงทนทาน พ่นสีเคลือบอย่างดี หรือดีกว่า
- มีโครงยึดอุปกรณ์ 3 ชั้น ติดตั้งบนโต๊ะทดลองได้ และมีขนาดเหมาะสมกับโต๊ะทดลอง

- มีคอนโซลแหล่งจ่ายไฟฟ้าสามเฟส ประกอบด้วยเซอร์กิตเบรคเกอร์ป้องกันการเกิดฟอลต์ (Fault Circuit Breaker) ขนาด 30 มิลลิแอมป์ มีเซอร์กิตเบรคเกอร์ขนาดไม่น้อยกว่า 10 แอมป์
- ไฟแสดงแต่ละเฟสแบบ Pilot Lamp 3 ดวง หรือดีกว่า

3.5.1.6 เครื่องวัดอุณหภูมิ จำนวน 1 เครื่อง

- เป็นเครื่องวัดอุณหภูมิที่มีเซนเซอร์คาปาซิแตนท์แบบแม่นยำ
- สามารถวัดค่าอุณหภูมิได้อยู่ในช่วง -20 ถึง 60 องศาเซลเซียส ความละเอียด 0.1 องศาเซลเซียส หรือดีกว่า
- สามารถวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ได้อยู่ในช่วง 0% RH ถึง 100% RH ความละเอียด 0.1% RH หรือดีกว่า
- สามารถแสดงผลบนหน้าจอแบบตัวเลขได้พร้อมกัน ทั้งค่าอุณหภูมิและค่าความชื้นสัมพัทธ์
- สามารถอ่านค่า Min/Max และคงค่าที่อ่านได้
- ระยะเวลาในการตอบสนองการวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์น้อยกว่าหรือเท่ากับ 3 นาที
- ระยะเวลาในการตอบสนองการวัดค่าอุณหภูมิน้อยกว่าหรือเท่ากับ 10 วินาที
- หน้าจอแสดงผลเป็นแบบแอลซีดี ขนาด 3 ½ หลัก
- ใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ 9 โวลท์ สามารถใช้งานได้ไม่น้อยกว่า 80 ชั่วโมง

3.5.1.7 ชุดเชื่อมต่อกับชุดประมวลผล จำนวน 1 ชุด

- เป็นชุดอินเตอร์เฟสและบันทึกค่าข้อมูลการวัดลงบนชุดประมวลผล
- มีความละเอียดไม่น้อยกว่า 12 บิต
- Scanning rate ไม่น้อยกว่า 7,800 ค่าต่อวินาที

3.6 เครื่องวัดความต้านทานดิน จำนวน 1 เครื่อง

3.6.1 คุณสมบัติทางเทคนิค ประกอบด้วยอุปกรณ์ไม่น้อยกว่าดังนี้

3.6.1.1 เป็นเครื่องมือวัดความต้านทานดินแบบ 4 หลัก

3.6.1.2 สามารถวัดค่า Earth, Resistivity, Coupling ได้

3.6.1.3 จอแสดงผลเป็น LCD

3.6.1.4 ย่านการวัด 0.01 โอห์ม ถึง 1,999 โอห์ม

3.6.1.5 ค่าความละเอียด 1 โอห์ม หรือดีกว่า

3.6.1.6 ตัวเครื่องเป็นแบบพกพา ใช้แบตเตอรี่ที่สามารถประจุไฟฟ้าใหม่ได้

3.6.1.7 ได้รับมาตรฐาน EN61010/IEC61557 หรือดีกว่า

3.7 ชุดประมวลผล จำนวน 30 เครื่อง

3.7.1 คุณสมบัติทางเทคนิค ประกอบด้วยอุปกรณ์ไม่น้อยกว่าดังนี้

3.7.1.1 มีหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) ไม่น้อยกว่า core i5 และมีความเร็วสัญญาณนาฬิกาไม่น้อยกว่า 2.5 GHz และมีความเร็วของหน่วยความจำ หรือมี HTT ขนาดไม่น้อยกว่า 1,066 MHz จำนวน 1 หน่วย

3.7.1.2 มีหน่วยประมวลผลเพื่อแสดงภาพแยกจากแผงวงจรหลัก ที่มีหน่วยความจำขนาดไม่น้อยกว่า 1 GB

3.7.1.3 มีฮาร์ดดิสก์แบบ SATA หรือดีกว่า ขนาดความจุไม่น้อยกว่า 1 TB มีความเร็วในการอ่านไม่น้อยกว่า 7,200 รอบต่อนาที จำนวน 1 หน่วย

3.7.1.4 มีหน่วยความจำหลัก (RAM) ชนิก DDR3 หรือดีกว่า มีขนาดไม่น้อยกว่า 8 GB

3.7.1.5 มีเครื่องอ่าน Multi Card Reader หรือดีกว่า

3.7.1.6 มีพอร์ตสำหรับต่อกับระบบเครือข่าย สามารถรับส่งข้อมูลที่ความเร็วไม่น้อยกว่า 10/100/1000 Mbps จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ช่อง

3.7.1.7 มีจอแสดงผลแบบ LCD มี Constrast Ratio ไม่น้อยกว่า 600:1 และมีขนาดไม่น้อยกว่า 18 นิ้ว จำนวน 1 หน่วย

3.7.1.8 มี Port แบบ USB ไม่น้อยกว่า 6 ช่อง หรือดีกว่า

3.7.1.9 มีแป้นพิมพ์ไทย –อังกฤษแบบ PS/2 หรือ USB และมีเมาส์แบบ PS/2 หรือ USB หรือดีกว่า

3.7.1.10 ตัวเครื่อง, จอภาพ, แป้นพิมพ์ และเมาส์ ต้องอยู่ภายใต้เครื่องหมายการค้าเดียวกัน

3.8 โต๊ะทดลองห้องปฏิบัติการจำนวน 30 ตัว

3.8.1 รายละเอียดทั่วไป

3.8.1.1 โต๊ะห้องปฏิบัติการ ขนาด 800x1,800x800 มม. ประกอบด้วย พื้นโต๊ะ (Work Top) เป็น Particle Board of Melamine Surface 2 ด้าน หนาไม่น้อยกว่า 19 มม. ปิดขอบด้วย PVC หนา 2 มม. ยึดพื้นโต๊ะเข้ากับคอนโซน และโครงขาโต๊ะ ได้อย่างมั่นคงแข็งแรง

3.8.1.2 โครงขาโต๊ะเป็นแบบ 4 ขา ถอดประกอบได้ ทำด้วยเหล็กกล่องหนาไม่น้อยกว่า 2 มม. ขนาดกล่อง 38x38 มม. ตัวคานเป็นเหล็กกล่อง เชื่อมยึด 4 ด้าน มีคานกลางรับน้ำหนักพื้นโต๊ะ ชุดตัวคานประกอบเข้ากับขาโต๊ะอย่างแข็งแรง ที่ปลายขาโต๊ะด้านล่าง มีที่วางเท้า เพื่อเสริมความแข็งแรง ป้องกันการล้มเอียงมาด้านหน้าปลายขามีอุปกรณ์ปรับระดับ ชุดขาโต๊ะทุกชิ้นพ่นสีฝุ่นอุตสาหกรรม สามารถทนความชื้นได้เป็นอย่างดี

3.8.1.3 คอนโซนติดตั้งระบบไฟฟ้า เป็นแบบหน้าเอียง มีขนาดไม่น้อยกว่า 150x1800x200 มม. ทำจาก Particle Board of Melamine Surface 2 ด้าน หนาไม่น้อยกว่า 16 มม. ปิดขอบด้วย PVC ด้านหลังคอนโซนมีช่องระบายอากาศ

3.8.1.4 เป็นโต๊ะทดลองไฟฟ้าพร้อมคอนโซนสำหรับห้องปฏิบัติการ โดยออกแบบให้สามารถถอดประกอบได้สะดวกง่ายต่อการเคลื่อนย้าย แหล่งจ่ายไฟฟ้าออกแบบให้เป็นคอนโซนวางยึดติดกับโต๊ะปฏิบัติการอย่างมั่นคงภายในคอนโซนติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าให้มีลักษณะคล้ายเป็นแผงโมดูลแยกแต่ละชนิดของแหล่งจ่าย

3.8.1.5 บริษัทที่เสนอราคาจะต้องทำการติดตั้งระบบตู้ควบคุมเบรคเกอร์ และเดินระบบไฟไปยังโต๊ะทดลอง พร้อมทั้งติดตั้งระบบเครื่องขยายเสียงตามสถานที่ที่กำหนดจำนวน 1 ห้อง

3.8.1.6 รับประกันคุณภาพและการบริการหลังการขายเป็นเวลาอย่างน้อย 1 ปี

3.8.2 คุณสมบัติทางเทคนิค

3.7.2.1 คอนโซนประกอบด้วยอุปกรณ์ดังนี้

3.7.2.1.1 Main Power Supply แบบ RCD DIN rail mounting ขนาด 4 pole 40A 30mA 1 ตัว ไว้สำหรับควบคุมระบบไฟฟ้าคอนโซนทั้งหมด

3.7.2.1.2 Power Supply 3 Phase 4 Wire 2 แผง ประกอบด้วย

- Main Circuit Breaker 3 Pole 20 แอมป์ 2 ตัว
- ขั้วต่อไฟฟ้า 3 เฟส 4 สาย ที่นำออกมาใช้งานเป็นแบบ Jack สี ให้ใช้สีตามมาตรฐานการจัดลำดับเฟส 2 ชุด

3.7.2.1.3 แผง Universal Plug AC 220V 4 แผง

- เต้ารับแบบคู่ 3 สาย 2 P+E
- แผงหน้ากาก แบบคู่

3.7.2.1.4 มีฟิวส์ ขนาด 15 A ต่อกับชุด Power Supply 3 Phase 4 Wire ในข้อย่อยที่ 4.8.2.1.2

3.7.2.1.5 มีหลอดแสดงสถานะการจ่ายไฟทั้งสามเฟส ของข้อย่อยที่ 4.8.2.1.2

3.7.2.2 สายไฟฟ้าสำหรับต่อระบบไฟภายนอกโต๊ะ ยาวไม่น้อยกว่า 3 เมตร จำนวน 1 ชุด

3.9 เก้าอี้ห้องปฏิบัติการจำนวน 90 ตัว

3.9.1 คุณสมบัติทางเทคนิค ประกอบด้วยอุปกรณ์ไม่น้อยกว่าดังนี้

3.9.1.1 ที่รองนั่ง: เป็นไม้เนื้อแข็งหรือไม้ยางพารา ขนาด ϕ 300x25 มม. ลงน้ำยารักษาเนื้อไม้ แล้วพ่นทับด้วยแลคเกอร์

3.9.1.2 ใต้พื้นที่นั่ง: ยึดติดกับแผ่นเหล็ก ขนาดไม่น้อยกว่า 150x150 มม. พ่นสีผงอีพ็อกซี่ (Epoxy Powder Coat)

3.9.1.3 ขาเก้าอี้: ทำจากเหล็กแป๊บกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ϕ 25 มม. หนา 1.2 มม. โครงสร้างขาทั้งหมดพ่นสีผงอีพ็อกซี่ (Epoxy Powder Coat) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ϕ 380-400 มม. ปลายขามีจุกพลาสติกปิดกันกระแทกและกันพื้นเป็นรอย

3.9.1.4 แกนกลาง: ทำด้วยเหล็กตันหรือโลหะเกลียว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ϕ 25 มม. มีเกลียวโดยรอบหมุนขึ้น-ลงได้ ด้านบนยึดกับแผ่นเหล็กใต้พื้นที่นั่งด้านล่างสวมอยู่ในปลอกเหล็กหนา มีเกลียวภายในเพื่อปรับระดับความสูงสุดของที่นั่งและจะไม่หลุดจากเก้าอี้ พ่นสีผงอีพ็อกซี่ (Epoxy Powder Coat)

3.9.1.5 ท่อเหล็กรัดขา: ทำด้วยโลหะ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ϕ 18 มม. หนา 1.2 มม. ชุบเคลือบสีผงอีพ็อกซี่ (Epoxy Powder Coat)

3.9.1.6 การปรับความสูง-ต่ำ: ใช้ระบบ “แกนเกลียว” ซึ่งสามารถปรับความสูง-ต่ำด้วยการหมุนด้วยมือ

3.9.1.7 ผู้ผลิต และติดตั้ง พร้อมกับบริการหลังการขายต้องได้รับการรับรองมาตรฐาน ISO 9001, ISO 14001

3.9.1.8 รับประกันการใช้งานปกติ 2 ปี

3.10 จอรับภาพแบบขาตั้ง จำนวน 1 จอ

3.10.1 คุณสมบัติทางเทคนิค

3.10.1.1 จอรับภาพโปรเจคเตอร์ ใช้กับเครื่องฉายภาพโปรเจคเตอร์ได้ทุกชนิด

3.10.1.2 สะท้อนแสงได้ดี ภาพสว่างสดใส คมชัดเจน

3.10.1.3 เนื้อผ้า MW High Gain ให้ความสว่างเพิ่ม 1.4 เท่า

3.10.1.4 โดยไม่ใช้ Glass beaded เพื่อสุขภาพของผู้ใช้งาน

3.10.1.5 สามารถปรับกล่องจอและก้านดึงจอบนขาตั้งได้อย่างสะดวก

3.10.1.6 กล่องจอรับภาพทำด้วยเหล็กอย่างดี ให้ความแข็งแรงในการใช้งานและสามารถถอดออกจากขาตั้งจอได้

3.10.1.7 มีตัวแก้สี่เหลี่ยมคางหมูทำจากเหล็กซ่อนอยู่ในขาตั้ง สามารถเก็บและนำมาใช้ได้สะดวก

3.10.1.8 มีขาตั้งสามขาทำจากเหล็กให้ความแข็งแรงทนทานในการใช้งาน

3.10.1.9 เนื้อจอสีขาวทำจากวัสดุ Fiber ให้ความเนียนเรียบ สามารถป้องกันเชื้อรา ป้องกันการติดไฟ และทำความสะอาดได้

3.10.1.10 เนื้อจอมีขอบสีดำสนิทและด้านหลังจอเคลือบสีดำ เพื่อคุณภาพของภาพที่ดี

3.10.1.11 ขนาดของจอมีขนาดแนวตั้ง 72 นิ้ว และแนวนอน 96 นิ้ว เส้นแทยงมุม 120 นิ้ว

3.10.1.12 รับประกันคุณภาพ 2 ปี

3.11 เครื่องฉายโปรเจคเตอร์ จำนวน 1 เครื่อง

3.11.1 คุณสมบัติทางเทคนิค

3.11.1.1 ความสว่าง (ANSI Lumens) 3000 หรือสูงกว่า

3.11.1.2 ความละเอียด (พิกเซล) 1024x768 (XGA) หรือดีกว่า

3.11.1.3 ค่า Contrast เท่ากับ 3000 หรือสูงกว่า

3.11.1.4 ขนาดภาพ (นิ้ว) 30-300 หรือสูงกว่า

3.11.1.5 ขนาดเครื่อง (มม.) H/W/D: 77x295x228

3.11.1.6 น้ำหนัก 2.3 kg

3.11.1.7 การรับประกันตัวเครื่อง 2 ปี หลอดภาพ 1 ปีหรือ 1000 ชม. หรือดีกว่า

3.11.1.8 Port การเชื่อมต่อที่ครบครัน มี HDMI 1.3, VGA (Computer), S-Video, AV, Audio L/R หรือดีกว่า

3.11.1.9 USB Type A เป็นคุณสมบัติพิเศษ (PC-Free) สามารถเปิดรูปได้จาก USB โดยตรงไม่ต้องเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ หรือดีกว่า

3.11.1.10 USB Type B สามารถใช้สาย USB Type B ส่งสัญญาณภาพได้แทนสาย VGA ได้, Page Up/down และยังสามารถต่อกับ Visualizer ได้เลยไม่ต้องผ่าน Computer หรือดีกว่า

3.11.1.11 Auto V-Keystone และสามารถปรับ H-Keystone ได้ หรือดีกว่า

3.11.1.12 ระบบ Pc-free สามารถเปิดรูปได้จาก USB โดยตรงไม่ต้องเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์, มี HDMI หรือดีกว่า

3.11.2 รายละเอียดอุปกรณ์ประกอบ

3.11.2.1 มีคู่มือการใช้งานเป็นภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษอย่างน้อย 1 ชุด

3.12 ตู้เหล็กเก็บอุปกรณ์ จำนวน 5 ตู้

3.11.1 คุณสมบัติทางเทคนิค

3.11.1.1 ขนาดไม่น้อยกว่า 1188 X 457 X 1830 mm (ยาว x หนา x สูง)

3.11.1.2 เป็นตู้กระจกบานเลื่อน ปิด-เปิด เลื่อนปิด-เปิดได้

3.11.1.3 มีกุญแจปิดล็อคแน่นหนาแข็งแรง

3.11.1.4 มีชั้นสำหรับวางอุปกรณ์ได้ 3 ชั้นหรือมากกว่า

4. รายละเอียดอื่นๆ

4.1 เป็นของใหม่ที่ไม่เคยใช้งานมาก่อน

4.2 รับประกันสินค้าไม่น้อยกว่า 1 ปี

4.3 ติดตั้งระบบไฟฟ้า และอุปกรณ์ไฟฟ้าในห้องปฏิบัติการตามหลักวิชาการ สามารถใช้งานได้ทันทีก่อนส่งมอบ

4.4 คณะกรรมการจัดซื้อมีสิทธิ์ที่จะซื้อจากผู้ขายรายใดก็ได้ ที่พิจารณาแล้วเห็นว่ามีประโยชน์ต่อทางราชการสูงสุด

4.5 จัดให้มีการฝึกอบรม หรือสาธิตวิธีการใช้งานชุดทดลองในทุกรายการ และบำรุงรักษาเครื่องให้บุคลากรของสถานศึกษาจนสามารถใช้งานได้เป็นอย่างดีและถูกต้อง

4.6 มีคู่มือการทดลองเป็นภาษาไทยและภาษาอังกฤษ พร้อมใบงานการทดลองและเฉลยทุกการทดลอง จำนวนไม่น้อยกว่า 5 ชุด

4.7 บริษัทผู้เสนอราคาต้องแนบเอกสารการเป็นตัวแทนจำหน่ายจากบริษัทผู้ผลิต พร้อมทั้งแนบเอกสารรูปแบบรายการ (แคตตาล็อก) ทุกรายการตามรายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะที่เสนอ

4.8 ต้องเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับมาตรฐาน ISO 9001 หรือเทียบเท่า

4.9 ส่งมอบสินค้า 180 วัน นับถัดจากวันที่ลงนามในสัญญา ณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ พื้นที่ศาลายา จังหวัดนครปฐม

****