

ขอบเขตของงาน (Term of Reference : TOR)
โครงการซื้อ ครุภัณฑ์ห้องปฏิบัติการระบบไฟฟ้ากำลัง

1. ความเป็นมา

หลักสูตรวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ได้จัดการเรียนการสอนในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2560) ขึ้นในภาคการศึกษาที่ 1/2560 เพื่อที่จะผลิตบัณฑิตนักปฏิบัติที่มีความรอบรู้ทั้งทางภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติที่มีความเชี่ยวชาญทางด้านเทคโนโลยี มีคุณธรรมและจริยธรรม ตลอดจนสามารถวิจัยและพัฒนาสร้างสรรค์นวัตกรรมเพื่อตอบสนองต่อความต้องการของสังคมได้ ในปัจจุบันทางหลักสูตรมีนักศึกษาระดับปริญญาตรีทั้งหมด 183 คน โดยแยกเป็นนักศึกษาหลักสูตร 4 ปี จำนวน 70 คน และนักศึกษาหลักสูตรเทียบโอน จำนวน 113 คน ซึ่งในการจัดการเรียนการสอนในสอนในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าที่เปิดสอน จะต้องได้รับการรับรองปริญญา ประกาศนียบัตร หรือวุฒิบัตรในการประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม (กว.) สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า งานไฟฟ้ากำลังตามข้อบังคับของสภาวิศวกร โดยการจัดการเรียนการสอนตามข้อบังคับของทางสภาวิศวกรที่ได้มีการกำหนดไว้นั้น จะต้องจัดให้มีการเรียนการสอนทั้งทางภาคทฤษฎี และภาคปฏิบัติ โดยจะต้องมีทั้งห้องเรียนและห้องปฏิบัติการที่มีเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ทดสอบ ซึ่งได้มาตรฐานตามแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในห้องปฏิบัติการเบื้องต้นและตามเกณฑ์ในการตรวจสอบห้องปฏิบัติการของคณะกรรมการฯ ตามข้อบังคับของสภาวิศวกร และสนับสนุนด้านการเรียนการสอนให้นักศึกษามีความรู้และทักษะในการปฏิบัติงานจริงเมื่อจบออกไปแล้วสามารถทำงานได้ อีกทั้งยังสอดคล้องกับวิสัยทัศน์ของมหาวิทยาลัยที่ว่า “มหาวิทยาลัยชั้นนำด้านการผลิตบัณฑิตนักปฏิบัติ บนฐานสร้างสรรค์นวัตกรรม วิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อชุมชน สู่สากล”

ห้องปฏิบัติการระบบไฟฟ้ากำลังก็เป็นหนึ่งในห้องปฏิบัติการที่จำเป็นต้องมีตามข้อกำหนดของสภาวิศวกร ซึ่งให้คำแนะนำว่าห้องปฏิบัติการนั้นจะประกอบไปด้วย ชุดอุปกรณ์เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิด 3 เฟส แบบต่างๆ, ชุดทดลองระบบสายส่ง , โหลดแบบต่างๆ , ชุดอุปกรณ์สวิตช์เกียร์และบัสบาร์ , ชุดอุปกรณ์การวัดการต่อลงดินแบบต่างๆ , ชุดอุปกรณ์การป้องกันระบบไฟฟ้ากำลังแบบต่างๆ , เครื่องมือวัดแรงดัน กระแสและกำลังไฟฟ้าขนาดต่างๆ เป็นต้น ซึ่งอุปกรณ์ดังกล่าวเป็นอุปกรณ์เบื้องต้นที่จำเป็นต้องมีสำหรับห้องปฏิบัติการระบบไฟฟ้ากำลังตามข้อบังคับของสภาวิศวกร

2. วัตถุประสงค์

- 2.1 เพื่อให้เป็นไปตามข้อกำหนดการรับรองปริญญาของทางสภาวิศวกร (กว.)
- 2.2 เพื่อใช้สอนในรายวิชาปฏิบัติการระบบไฟฟ้ากำลังและการป้องกัน
- 2.3 เพื่อให้นักศึกษาเกิดทักษะการใช้งานอุปกรณ์ทางด้านระบบไฟฟ้ากำลัง

1.6. ชุดตัวรีเลย์ป้องกันออกแบบเป็นระบบ Panel System ความสูงมาตรฐาน A4 พิมพ์สัญลักษณ์หรืออักษร กำกับไว้อย่างชัดเจนด้วยเทคนิคการกัดเซาะร่องลงบนผิวหน้า จุดต่อใช้งานหลักเป็นแบบ Safety Socket ขนาด 4 มม.

2. รายละเอียดทางเทคนิค ครุภัณฑ์ห้องปฏิบัติการระบบไฟฟ้ากำลังประกอบด้วย

2.1. รีเลย์ป้องกันสำหรับมอเตอร์ (Motor Protection Relay) ชนิด Microprocessor-based relay จำนวน 1 ตัว มีฟังก์ชันการป้องกันอย่างน้อย ดังนี้

- 2.1.1. หมายเลขฟังก์ชันการทำงานของรีเลย์อ้างอิงจากมาตรฐาน ANSI
- 2.1.2. Function 27 Undervoltage
- 2.1.3. Function 59 Overvoltage
- 2.1.4. Function 50 Overcurrent Phase, Ground and Neg. Seq.
- 2.1.5. Function 51 Time Overcurrent Phase, Ground and Neg. Seq.
- 2.1.6. Function Load Jam Protection
- 2.1.7. Function Locked Rotor Protection
- 2.1.8. Function 37P Underpower
- 2.1.9. Function 37 Undercurrent
- 2.1.10. Function 50N Neutral Instantaneous Overcurrent
- 2.1.11. Function 49 Thermal Overload
- 2.1.12. Function 66 Starts Per Hour
- 2.1.13. Function 46 Current Unbalance
- 2.1.14. Input/Output Relays: 2 Inputs/3 Outputs เป็นอย่างน้อย
- 2.1.15. รองรับการสื่อสารแบบ Modbus RTU/TCP Protocols
- 2.1.16. มีไฟแสดงสถานะของรีเลย์และการเกิด Fault ด้านหน้าที่สามารถโปรแกรมได้ไม่น้อยกว่า 6 สถานะ
- 2.1.17. รีเลย์ป้องกันสามารถเก็บบันทึก Disturbance Record ได้อย่างน้อย 15 Disturbances
- 2.1.18. มีจอแสดงผลสีขนาดไม่น้อยกว่า 5 นิ้ว แบบสัมผัส สำหรับการแสดงผลและ Setting Configuration โดยไม่ต้องใช้ Software
- 2.1.19. มี User Communications Port แบบ EIA-232, EIA-485 และ RJ-45 เป็นอย่างน้อย สำหรับ อินเทอร์เน็ตเพื่อทำการ Remote Setting Configuration และมี Web Server บนตัวรีเลย์

2.2. รีเลย์ป้องกันเครื่องกำเนิด (Generator Protection Relay) ชนิด Microprocessor-based relay จำนวน 1 ตัว มีฟังก์ชันการป้องกันอย่างน้อย ดังนี้

- 2.2.1. หมายเลขฟังก์ชันการทำงานของรีเลย์อ้างอิงจากมาตรฐาน ANSI
- 2.2.2. Function 27 Undervoltage
- 2.2.3. Function 59 Overvoltage Phase and Neg. Seq
- 2.2.4. Function 59 Overvoltage Ground or Neutral
- 2.2.5. Function 50N Neutral Instantaneous Overcurrent
- 2.2.6. Function 51N Neutral Time Overcurrent

- 2.2.7. Function REF Restricted Earth Fault
 - 2.2.8. Function Ground or Neutral Current Differential
 - 2.2.9. Function 50 Overcurrent Phase, Ground and Neg. Seq. at Line Side
 - 2.2.10. Function 50 Overcurrent Phase, Ground and Neg. Seq. at Neutral Side
 - 2.2.11. Function 51G Ground Time Overcurrent
 - 2.2.12. Function 24 Volts Per Hertz
 - 2.2.13. Function 32 Directional Power
 - 2.2.14. Function 87 Current Differential
 - 2.2.15. Function 81 Frequency, Over, Under and Rate
 - 2.2.16. Function 25 Synchronism-Check
 - 2.2.17. Input/Output Relays: 2 Inputs / 3 Outputs เป็นอย่างน้อย
 - 2.2.18. รองรับการสื่อสารแบบ Modbus RTU/TCP Protocols
 - 2.2.19. รีเลย์ป้องกันสามารถเก็บบันทึก Disturbance Record ได้อย่างน้อย 15 Disturbance
 - 2.2.20. มีไฟแสดงสถานะของรีเลย์และการเกิด Fault ด้านหน้าที่สามารถโปรแกรมได้ไม่น้อยกว่า 6 สถานะ
 - 2.2.21. มีจอแสดงผลสีขนาดไม่น้อยกว่า 5 นิ้ว แบบสัมผัส สำหรับการแสดงผลและ Setting Configuration โดยไม่ต้องใช้ Software
 - 2.2.22. มี User Communications Port แบบ EIA-232, EIA-485 และ RJ-45 เป็นอย่างน้อย สำหรับ อินเทอร์เน็ตเพื่อทำการ Remote Setting Configuration และมี Web Server บนตัวรีเลย์
- 2.3. รีเลย์ป้องกันหม้อแปลง (Transformer Differential Protection Relay) ชนิด Microprocessor-based relay จำนวน 1 ตัว มีฟังก์ชันการป้องกันอย่างน้อย ดังนี้
- 2.3.1. หมายเลขฟังก์ชันการทำงานของรีเลย์อ้างอิงจากมาตรฐาน ANSI
 - 2.3.2. Function 50 Overcurrent Phase, Ground, Neg. Seq. and Breaker Failure at High Side
 - 2.3.3. Function 51 Time Overcurrent Phase, Ground and Neg. Seq. at High Side
 - 2.3.4. Function 87 Current Differential
 - 2.3.5. Function 50 Overcurrent Phase, Ground, Neg. Seq. and Breaker Failure at Low Side
 - 2.3.6. Function 51 Time Overcurrent Phase, Ground and Neg. Seq. at Low Side
 - 2.3.7. input/Output Relays: 2 Inputs/3 Outputs เป็นอย่างน้อย
 - 2.3.8. รีเลย์ป้องกันสามารถเก็บบันทึก Disturbance Record ได้อย่างน้อย 15 Disturbances
 - 2.3.9. รองรับการสื่อสารแบบ Modbus RTU/TCP Protocols
 - 2.3.10. มีไฟแสดงสถานะของรีเลย์และการเกิด Fault ด้านหน้าที่สามารถโปรแกรมได้ไม่น้อยกว่า 6 สถานะ
 - 2.3.11. มีจอแสดงผลสีขนาดไม่น้อยกว่า 5 นิ้ว แบบสัมผัส สำหรับการแสดงผลและ Setting Configuration โดยไม่ต้องใช้ Software

- 2.3.12. มี User Communications Port แบบ EIA-232, EIA-485 และ RJ-45 เป็นอย่างน้อย สำหรับ อินเทอร์เน็ตเพื่อทำการ Remote Setting Configuration และมี Web Server บนตัวรีเลย์
- 2.4. รีเลย์ป้องกันสายป้อน (Feeder Protection Relay) ชนิด Microprocessor-based relay จำนวน 1 ตัว มีฟังก์ชันการป้องกันอย่างน้อย ดังนี้
- 2.4.1. หมายเลขฟังก์ชันการทำงานของรีเลย์อ้างอิงจากมาตรฐาน ANSI
 - 2.4.2. Function 50 Overcurrent, Phase, Ground and Neg. Seq.
 - 2.4.3. Function 51 Time Overcurrent, Phase, Ground and Neg. Seq.
 - 2.4.4. Function 67 Directional Overcurrent, Phase, Ground and Neg. Seq.
 - 2.4.5. Function 51N Neutral Time Overcurrent
 - 2.4.6. Function 50N Neutral Instantaneous Overcurrent
 - 2.4.7. Function Arc Flash Overcurrent Protection
 - 2.4.8. Input/Output Relays: 6 Inputs / 3 Outputs เป็นอย่างน้อย และ 4 High-Speed Output สำหรับ Arc-Flash Detection เป็นอย่างน้อย
 - 2.4.9. รองรับการสื่อสารแบบ Modbus RTU/TCP Protocols
 - 2.4.10. มีFiber Optic Sensor Cable ความยาวไม่ต่ำกว่า 10 เมตร สำหรับ Arc-Flash Detection
 - 2.4.11. รีเลย์ป้องกันสามารถเก็บบันทึก Disturbance Record ได้อย่างน้อย 15 Disturbances
 - 2.4.12. มีไฟแสดงสถานะของรีเลย์และการเกิด Fault ด้านหน้าที่สามารถโปรแกรมได้ไม่น้อยกว่า 6 สถานะ
 - 2.4.13. มีจอแสดงผลสีขนาดไม่น้อยกว่า 5 นิ้ว แบบสัมผัส สำหรับการแสดงผลและ Setting Configuration โดยไม่ต้องใช้ Software
 - 2.4.14. มี User Communications Port แบบ EIA-232, EIA-485 และ RJ-45 เป็นอย่างน้อย สำหรับ อินเทอร์เน็ตเพื่อทำการ Remote Setting Configuration และมี Web Server บนตัวรีเลย์
- 2.5. รีเลย์วัดระยะทาง (Distance Protection Relay) จำนวน 1 ตัว
- 2.5.1. หมายเลขฟังก์ชันการทำงานของรีเลย์อ้างอิงจากมาตรฐาน ANSI
 - 2.5.2. Function 21 Distance, four zones of phase and ground mho elements plus four zones of ground distance quadrilateral elements.
 - 2.5.3. Function 81 Over/Under Frequency.
 - 2.5.4. Function 27 Undervoltage.
 - 2.5.5. Function 59 Overvoltage.
 - 2.5.6. Function 68 Out-of-Step Block/Trip
 - 2.5.7. Function 67 Directional Overcurrent.
 - 2.5.8. Function 50 Instantaneous Overcurrent.
 - 2.5.9. Function 51 Time Overcurrent.
 - 2.5.10. Function 25 Synchronism Check.

- 2.5.11. Function 79 Autoreclosing.
 - 2.5.12. Event and Disturbance Records.
 - 2.5.13. Digital Input/Output Relays : 6 Inputs / 8 Outputs
 - 2.5.14. รองรับการสื่อสารแบบ MODBUS RTU/TCP, Mirrored-Bits, DNP3.0 ทั้งแบบ Serial และ LAN/WAN protocol
 - 2.5.15. มีปุ่มกดสำหรับโปรแกรมตั้งค่าการทำงานด้านหน้าไม่น้อยกว่า 8 ปุ่ม
 - 2.5.16. มีไฟแสดงสถานะของรีเลย์และการเกิด Fault ด้านหน้า ไม่น้อยกว่า 16 สถานะ
 - 2.5.17. มีจอแสดงผลแบบ LCD 2 บรรทัด
 - 2.5.18. มี User Communications Port แบบ RS-232 อย่างน้อย 3 Port และ RJ-45 อย่างน้อย 2 port.
 - 2.5.19. สามารถตั้งค่า Relay Setting ด้วยปุ่มกดด้านหน้า หรือ Software ผ่านคอมพิวเตอร์ Notebook และ สามารถเชื่อมต่อกับรีเลย์ด้วย web server โดยใช้ web browser เพื่อดูค่า metering ของรีเลย์.
- 2.6. แบบจำลองการลัดวงจร จำนวน 2 ตัว
- 2.6.1. สามารถจำลองการลัดวงจรแบบ 1 สายลงดิน (Single-Line-to-Ground Fault) ได้
 - 2.6.2. สามารถจำลองการลัดวงจรแบบ 2 สายลงดิน (Double-Line-to-Ground Fault) ได้
 - 2.6.3. สามารถจำลองการลัดวงจรแบบระหว่างสาย (Line-to-Line Fault) ได้
 - 2.6.4. สามารถจำลองการลัดวงจรแบบ 3 สาย (Three-Phase Fault) ได้
- 2.7. แบบจำลองหม้อแปลง จำนวน 2 ตัว
- 2.7.1. หม้อแปลงไฟฟ้าเป็นหม้อแปลง 3 เฟส พิกัดไม่น้อยกว่า 900 VA
 - 2.7.2. ขดลวดด้านปฐมภูมิและทุติยภูมิมีพิกัดแรงดัน 380 V และ 220 V
- 2.8. Short Transmission Line Model จำนวน 1 ตัว
- ชุด Transmission Line Model ขนาด 115kV สามารถทำการทดลองสายส่งในระยะใกล้ (80 km) มีค่าประกอบต่างๆ ของชุดทดลองดังนี้
- 2.8.1. ความยาว : 80 km
 - 2.8.2. ค่าความเหนี่ยวนำ : 128 mH
- 2.9. Medium Transmission Line Model จำนวน 2 ตัว
- ชุด Transmission Line Model ขนาด 230kV สามารถทำการทดลองสายส่งในระยะปานกลาง (200 km) มีค่าประกอบต่างๆ ของชุดทดลองดังนี้
- 2.9.1. ความยาว : 200 km
 - 2.9.2. ค่าความเหนี่ยวนำ : 182 mH
 - 2.9.3. ค่าความจุ : 3 uF
- 2.10. Long Transmission Line Model จำนวน 1 ตัว
- ชุด Transmission Line Model ขนาด 500kV สามารถทำการทดลองสายส่งในระยะไกล (300 km) มีค่าประกอบต่างๆ ของชุดทดลองดังนี้
- 2.10.1. ความยาว : 300 km
 - 2.10.2. ค่าความเหนี่ยวนำ : 420 mH

- 2.10.3. ค่าความจุ : 2.5 uF
- 2.11. แบบจำลองเซอร์กิตเบรกเกอร์ จำนวน 1 ตัว
- 2.11.1. สามารถใช้งานได้ที่พิกัดแรงดันไม่น้อยกว่า 380 V
 - 2.11.2. สามารถใช้งานได้ที่พิกัดกระแสไม่น้อยกว่า 5 A
 - 2.11.3. สามารถสั่งการปิด/เปิด หรือตัดวงจรด้วยการสั่งการระยะไกลได้
 - 2.11.4. สามารถสั่งการปิด/เปิด หรือตัดวงจร ด้วยระบบกึ่งอัตโนมัติได้
- 2.12. หม้อแปลงวัดแรงดัน จำนวน 4 ชุด
- 2.12.1. ประกอบด้วยหม้อแปลงวัดแรงดัน 4 ตัว ต่อชุด
 - 2.12.2. พิกัดแรงดันด้านปฐมภูมิ 380/220 V
 - 2.12.3. พิกัดแรงดันด้านทุติยภูมิ 110 V
 - 2.12.4. ความถี่ใช้งานที่ 50 Hz
- 2.13. หม้อแปลงวัดกระแส จำนวน 4 ชุด
- 2.13.1. ประกอบด้วยหม้อแปลงวัดกระแส 4 ตัว ต่อชุด
 - 2.13.2. พิกัดกระแสด้านปฐมภูมิ 0.5A และ 1A
 - 2.13.3. พิกัดกระแสด้านทุติยภูมิ 1A
 - 2.13.4. ความถี่ใช้งานที่ 50 Hz
- 2.14. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับสามเฟส จำนวน 1 ตัว
- 2.14.1. เป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับสามเฟส Squirrel Cage Induction Motor
 - 2.14.2. พิกัดกำลังไม่น้อยกว่า 1 kw
 - 2.14.3. มีความเร็วรอบไม่น้อยกว่า 1350 รอบ/นาที
 - 2.14.4. สามารถยึดเข้ากับชุดภาระทางกลสำหรับการทดลองได้
 - 2.14.5. มีสัญลักษณ์หรืออักษรกำกับอย่างชัดเจน ขั้วต่อเป็นแบบ Safety Socket ขนาด 4 มม.
- 2.15. ภาระทางกล จำนวน 1 ชุด
- 2.15.1. สามารถจำลองเป็นโหลดมอเตอร์
 - 2.15.2. มีขนาดไม่น้อยกว่า 1 kW
 - 2.15.3. เป็นโหลดแบบอิเล็กทรอนิกส์แม่เหล็กเนติกเบรก
 - 2.15.4. ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับแบบ Load Cell และ Proximity
 - 2.15.5. มีสัญลักษณ์หรืออักษรกำกับอย่างชัดเจน ขั้วต่อเป็นแบบ Safety Socket ขนาด 4 มม.
- 2.16. เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับสามเฟส จำนวน 1 ตัว
- 2.16.1. เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับสามเฟส แบบซิงโครนัส
 - 2.16.2. พิกัดแรงดันไม่น้อยกว่า 220 V/ 380 V (Delta/Star)
 - 2.16.3. พิกัดกำลังไม่น้อยกว่า 1 kW
 - 2.16.4. มีสัญลักษณ์หรืออักษรกำกับอย่างชัดเจน ขั้วต่อเป็นแบบ Safety Socket ขนาด 4 มม.
- 2.17. มอเตอร์ต้นกำลังสำหรับขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จำนวน 1 ตัว
- 2.17.1. เป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับสามเฟส Squirrel Cage Induction Motor
 - 2.17.2. พิกัดกำลังไม่น้อยกว่า 1 kW
 - 2.17.3. มีความเร็วรอบไม่น้อยกว่า 1,350 รอบ/นาที

- 2.17.4. สามารถยึดเข้ากับชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับสามเฟสสำหรับการทดลองได้
- 2.17.5. มีสัญลักษณ์หรืออักษรกำกับอย่างชัดเจน ขั้วต่อเป็นแบบ Safety Socket ขนาด 4 มม.
- 2.18. แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับสามเฟส จำนวน 2 ชุด
- 2.18.1. ตัวโครงสร้างเป็นอลูมิเนียมโปรไฟล์ขนาดไม่น้อยกว่า 30x30 มม. ปิดด้วยแผ่นวัสดุที่เป็นฉนวนทางไฟฟ้าชนิดไม่สะท้อนแสงความหนาไม่น้อยกว่า 5 มม. ขนาดไม่น้อยกว่า 580x570x940 มม. (กxยxส)
- 2.18.2. ติดตั้งล้อแบบล็อกได้ เพื่อความสะดวกในการเคลื่อนย้าย
- 2.18.3. การติดตั้งมิเตอร์แสดงแรงดันและกระแสทำมุม 90 องศา กับแนวระนาบพื้นเพื่อสะดวกต่อการอ่านค่า
- 2.18.4. มีสวิตช์เปิด-ปิด สวิตช์ฉุกเฉิน ตัวตัดต่อวงจร Circuit Breaker 3P, 20A และ RCD 4P, 25A, IF 30mA เป็นชุดอุปกรณ์ควบคุมหลัก
- 2.18.5. มีหลอดไฟแสดงสถานะแรงดันไฟฟ้าทั้งสามเฟส แดง เหลือง น้ำเงิน
- 2.18.6. มีสวิตช์ที่สามารถปรับเปลี่ยนโหมดการใช้งานเป็นแบบแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับแบบ 3 เฟสหรือแบบแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับแบบ 1 เฟส
- 2.18.7. จ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับสามเฟสปรับค่าได้ต่อเนื่องไม่น้อยกว่า 0-400V, 5A พร้อมมิเตอร์แสดงค่าแรงดันและกระแสทั้งสามเฟส ที่มีขนาดขนาด 96 x 96 มม. (กxย) ค่าผิดพลาดไม่เกิน 1.5% พร้อมระบบป้องกันกระแสเกินและลัดวงจรแบบ Thermal Protective Circuit breaker และ Module Fuse ขนาด 10x38 มม. แบบ 3P, 5A จุดจ่ายแรงดันเป็น เป็นแบบ 4 มม. Safety Socket (L1, L2, L3, N, PE)
- 2.18.8. จ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเฟสเดียวปรับค่าได้ต่อเนื่องไม่น้อยกว่า 0-250VAC, 5A พร้อมมิเตอร์แสดงค่าแรงดันและกระแส ที่มีขนาดขนาด 96 x 96 มม. (กxย) ค่าผิดพลาดไม่เกิน 1.5% พร้อมระบบป้องกันกระแสเกินและลัดวงจรแบบ Thermal Protective Circuit breaker และ Module Fuse ขนาด 10x38 มม. แบบ 1P, 5A จุดจ่ายแรงดันเป็น เป็นแบบ 4 มม. Safety Socket (L, N)
- 2.18.9. จ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับสามเฟสคงที่ 380V, 5A พร้อมระบบป้องกันกระแสเกินและลัดวงจรแบบ Module Fuse ขนาด 10x38 มม. แบบ 3P, 5A จุดจ่ายแรงดันเป็นแบบ 4 มม. Safety Socket (L1, L2, L3, N, PE)
- 2.18.10. มี AC Universal Outlet 2P+PE จำนวน 2 ตัว และ Power Plug 3P+N+PE ขนาด 16A จำนวน 1 ตัว
- 2.18.11. ใช้กับแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าระบบสามเฟส 380V, 50Hz พร้อมหัวต่อแบบ Power Plug (Male) 3P+N+PE ขนาด 16A และสายไฟขนาด 5x2.5 ตร.มม. ความยาวสายไม่น้อยกว่า 5 เมตร
- 2.19. แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงสำหรับกระตุ้น จำนวน 1 ชุด
- 2.19.1. แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงมีพิกัดไม่น้อยกว่า 400 W พิกัดแรงดัน 220 Vdc
- 2.19.2. ใช้เป็นแหล่งจ่ายแรงดันเพื่อป้อนให้กับขดลวดกระตุ้นของตัวถ่วงทางกลแบบอิลีคโตรแม็กเนติกเบรค หรือเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับสามเฟส
- 2.19.3. แรงดันเอาต์พุตสามารถปรับค่าได้ในช่วง 0-220 Vdc

- 2.19.4. เครื่องวัดความเร็วรอบและค่าแรงบิด จำนวน 1 ชุด
 - 2.19.5. ใช้สำหรับแสดงผลค่าของแรงบิดและค่าความเร็วรอบที่วัดได้จากตัวอุปกรณ์ตรวจจับแบบ Load Cell และ Proximity ที่ติดตั้งอยู่กับตัวภาระทางกลแบบอิเล็กทรอนิกส์แบบเบรค
 - 2.19.6. ตัวแสดงผลเป็นแบบดิจิตอล LED
 - 2.19.7. พิกัดสูงสุดค่าแรงบิดที่วัดได้ไม่น้อยกว่า 10 Nm
 - 2.19.8. พิกัดสูงสุดค่าความเร็วรอบที่วัดได้ไม่น้อยกว่า 3000 rpm
 - 2.19.9. มีปุ่มปรับ Zero สำหรับตัวแสดงผลค่าแรงบิด
 - 2.19.10. ใช้กับแรงดันไฟฟ้า 220Vac, 50Hz
- 2.20. ตัวปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ต้นกำลัง จำนวน 1 ชุด
- 2.20.1. พิกัดกำลังไม่น้อยกว่า 1 kW
 - 2.20.2. ใช้เทคนิคการทำงานแบบ PWM
 - 2.20.3. ตัวแสดงผลเป็นแบบดิจิตอล LED
 - 2.20.4. พิกัดแรงดันทางด้านเอาต์พุตแบบสามเฟสสามารถปรับค่าได้ในช่วง 0-380V
 - 2.20.5. พิกัดความถี่ทางด้านเอาต์พุตสามารถปรับค่าได้ในช่วง 1 - 320 Hz หรือมากกว่า
 - 2.20.6. พิกัดแรงดันทางด้านอินพุตแบบสามเฟส 380 V, 50 Hz
 - 2.20.7. สามารถ Setting ค่า Torque Boost Control ได้
- 2.21. เครื่องวัดค่าปริมาณทางไฟฟ้าแบบหน้าจอสัมผัส จำนวน 2 ชุด
- 2.21.1. เป็นจอแสดงผลแบบสัมผัส ขนาดไม่น้อยกว่า 7 นิ้ว แบบ TFT LCD ความละเอียดไม่น้อยกว่า 800x400 pixels
 - 2.21.2. ใช้ตัวประมวลผลที่มีความเร็วไม่น้อยกว่า 800 MHz
 - 2.21.3. ตัวจอแสดงผลมีหน่วยความจำ Backup SRAM ขนาดไม่น้อยกว่า 1MB, Working Memory ไม่น้อยกว่า 256 MB และมี Real - Time Clock
 - 2.21.4. มีเมนูที่สามารถเลือกการวัดค่าหรือแสดงค่าต่างๆได้
 - 2.21.5. สามารถใช้ในการวัดกับระบบไฟฟ้าแบบ 1 เฟส 2 สาย, 3 เฟส 3 สาย และ 3 เฟส 4 สาย
 - 2.21.6. สามารถแสดงผลค่าแรงดันไฟฟ้า, กระแสไฟฟ้า, กำลังไฟฟ้า (W, VA, VAR), ความถี่ และ Power Factor
 - 2.21.7. สามารถแสดงผลค่าแรงดันไฟฟ้า, กระแสไฟฟ้า, กำลังไฟฟ้า แบบกราฟโดยเลือกการแสดงผลค่าที่ต้องการหรือแสดงผลพร้อมกันได้และสามารถกำหนดสเกลการแสดงผลเองได้
 - 2.21.8. วัดแรงดันและกระแสได้ไม่น้อยกว่า 500V และ 5A
 - 2.21.9. สามารถบันทึกค่า แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้าในรูปแบบไฟล์ Excel ได้
 - 2.21.10. สามารถทำการ Capture หน้าจอให้อยู่ในรูปแบบไฟล์รูปภาพได้
 - 2.21.11. สามารถโปรแกรมเพื่อปรับเปลี่ยนการแสดงผลของหน้าจอ หรือเงื่อนไขการวัดค่าและการแสดงผลตามเงื่อนไขเพิ่มเติมได้
 - 2.21.12. มี USB Port สำหรับบันทึกข้อมูล

- 2.22. ชุดภาระทางไฟฟ้าแบบความต้านทาน จำนวน 1 ชุด
ภาระแบบตัวต้านทานแยกอิสระจากกันจำนวน 3 ชุด ปรับระดับค่าความต้านทานได้ 7 ระดับ สามารถ
ต่อเป็นแบบอนุกรมหรือแบบขนาน ใช้กับระบบแบบเฟสเดียวหรือแบบสามเฟส
- 2.22.1. ขนาดพิกัดกำลัง 3x300 W หรือมากกว่า
 - 2.22.2. ขนาดพิกัดแรงดัน 220/380 V
- 2.23. ชุดภาระทางไฟฟ้าแบบตัวเหนี่ยวนำ จำนวน 1 ชุด
ภาระแบบตัวเหนี่ยวนำแยกอิสระจากกันจำนวน 3 ชุด ปรับระดับค่าตัวเหนี่ยวนำได้ 7 ระดับ สามารถ
ต่อเป็นแบบอนุกรมหรือแบบขนาน ใช้กับระบบแบบเฟสเดียวหรือแบบสามเฟส
- 2.23.1. ขนาดพิกัดกำลัง 3x300 VAR หรือมากกว่า
 - 2.23.2. ขนาดพิกัดแรงดัน 220/380 V
- 2.24. ชุดภาระทางไฟฟ้าแบบตัวเก็บประจุ จำนวน 1 ชุด
ภาระแบบตัวเก็บประจุแยกอิสระจากกันจำนวน 3 ชุด ปรับระดับค่าตัวเก็บประจุได้ 7 ระดับ สามารถ
ต่อเป็นแบบอนุกรมหรือแบบขนาน ใช้กับระบบแบบเฟสเดียวหรือแบบสามเฟส
- 2.24.1. ขนาดพิกัดกำลัง 3x300 VAR หรือมากกว่า
 - 2.24.2. ขนาดพิกัดแรงดัน 220/380 V
- 2.25. ชุดประมวลผลโปรแกรม จำนวน 2 ชุด
- 2.25.1. เป็นเครื่องคอมพิวเตอร์แบบตั้งโต๊ะ
 - 2.25.2. ใช้ตัวประมวลผล Intel core i5 gen 10 ขนาด 6 คอร์ 12 เธรด หรือดีกว่า ความเร็ว
สัญญาณนาฬิกา พื้นฐานไม่น้อยกว่า 2.9 – 4.3 GHz.
 - 2.25.3. VGA Card ออนบอร์ด Chipset Intel UHD Graphics 630 หรือดีกว่า
 - 2.25.4. เมนบอร์ด ขนาด mATX Chipset B560M มีพอร์ต PS/2 x 1, VGA x 1, HDMI x 1, USB
2.0 x 2, USB 3.2 Gen1 Type-A x 4, LAN RJ45 x 1, HD Audio Jacks x 1 ชุด มีช่อง
M.2 NVMe x 2 ช่องเป็น PCIe 4.0 x4 และ PCIe 3.0 x4 อย่างละช่อง
 - 2.25.5. มีหน่วยจัดเก็บข้อมูลชนิด Solid State Drive แบบ M.2 NVMe ขนาดความจุไม่น้อยกว่า
500GB จำนวน 1 หน่วย
 - 2.25.6. หน่วยความจำแรม DDR4 หรือดีกว่า ขนาด 16 GB (8GB x 2) บัส 3200 MHz
 - 2.25.7. Power Supply ขนาดไม่น้อยกว่า 700W
 - 2.25.8. จอภาพขนาดไม่น้อยกว่า 23 นิ้ว ความละเอียด Full HD 1920 x 1080 IPS
 - 2.25.9. พร้อมติดตั้งระบบปฏิบัติการ Windows 10 หรือดีกว่า
 - 2.25.10. พร้อมติดตั้งโปรแกรมสำหรับ Setting Configuration และโปรแกรมสำหรับวิเคราะห์
Fault Event ที่รีเลย์เก็บบันทึกไว้
 - 2.25.11. พร้อมอุปกรณ์ประกอบ เช่น Mouse , Keyboard ให้ใช้งานได้อย่างสมบูรณ์
- 2.26. โตะปฏิบัติการทดลองพร้อม RACK จำนวน 2 ตัว
- 2.26.1. พื้นโตะทำด้วยไม้ปาร์ติเกิ้ล มีความหนาไม่น้อยกว่า 28 มม. ปิดทับด้วยเมลามีนทั้งสองด้าน
ปิดขอบโตะทั้ง 4 ด้าน ด้วย PVC หนาไม่น้อยกว่า 2 มม.

- 2.26.2. พื้นโต๊ะมีขนาด 1800 มม. X 800 มม. ความหนาไม่น้อยกว่า 28 มม.
- 2.26.3. โครงสร้างขาโต๊ะเป็นเหล็กกล่องขนาด 50 มม. X 50 มม. หนาไม่น้อยกว่า 2.2 มม. เคลือบสีพ็อกซี่ ผ่านขบวนการอบความร้อน
- 2.26.4. ตัวคานเป็นเหล็กกล่องขนาดเดียวกับขาโต๊ะ
- 2.26.5. ลักษณะตัวคานเชื่อมยึดติดกันทั้ง 4 ด้าน พร้อมทั้งมีคานรองรับน้ำหนักพื้นโต๊ะตามแนวความกว้างของพื้นโต๊ะ
- 2.26.6. ขาโต๊ะสามารถปรับระดับความสูงได้ไม่น้อยกว่า 20 มม.
- 2.26.7. ความสูงจากพื้นถึงระดับพื้นโต๊ะด้านบน มีความสูงไม่น้อยกว่า 800 มม.
- 2.26.8. พร้อม Rack ที่สามารถใส่แผงโมดูลความสูงมาตรฐาน A4 ได้จำนวน 2 ชั้น ความกว้างไม่น้อยกว่า 1,700 มม.
- 2.26.9. มีชุด Outlet ทำด้วยโลหะพ่นสีรูป ใช้กับแรงดันไฟฟ้า 220 V, 50 Hz จำนวนไม่น้อยกว่า 8 จุด และมีCircuit Breaker ขนาดไม่น้อยกว่า 10 A เป็นตัวควบคุม ติดตั้งบนโต๊ะปฏิบัติการ
- 2.27. ชุดสายต่อวงจร จำนวน 1 ชุด
- 2.27.1. สายเสียบทดลองแบบ Safety Socket ขนาด 4 มม. สีต่างๆ จำนวน 4 สี ขนาดความยาวไม่น้อยกว่า 25 เซนติเมตร จำนวนไม่น้อยกว่า 80 เส้น
- 2.27.2. สายเสียบทดลองแบบ Safety Socket ขนาด 4 มม. สีต่างๆ จำนวน 4 สี ขนาดความยาวไม่น้อยกว่า 50 เซนติเมตร จำนวนไม่น้อยกว่า 60 เส้น
- 2.27.3. สายเสียบทดลองแบบ Safety Socket ขนาด 4 มม. สีต่างๆ จำนวน 4 สี ขนาดความยาวไม่น้อยกว่า 100 เซนติเมตร จำนวนไม่น้อยกว่า 60 เส้น
- 2.27.4. Bridging Plug ขนาด 4 มม. จำนวนไม่น้อยกว่า 40 ตัว

5. เงื่อนไขอื่นๆ

1. ครุภัณฑ์ต้องเป็นของใหม่ ไม่เคยใช้งานมาก่อน
2. ผู้เสนอราคาต้องเป็นตัวแทนจำหน่ายตัวรีเลย์ป้องกันโดยตรงจากผู้ผลิตหรือได้รับการแต่งตั้งจากตัวแทนในประเทศ เพื่อรองรับบริการหลังการขายพร้อมแนบเอกสารประกอบการพิจารณา
3. บริษัทที่เสนอราคา เป็นบริษัทผู้ผลิตที่ได้รับมาตรฐาน ISO 9001:2015 และ ISO 14001:2015 ภายใต้อชบช่าย Design and Manufacture, Sale, After Sale Service of Education Training Set โดยระบุในเอกสารอย่างชัดเจนโดยเฉพาะ เพื่อเป็นประโยชน์ด้านการบริการหลังการขาย พร้อมทั้งแนบเอกสารประกอบการยืนยัน
4. มีคู่มือใบงานการทดลอง และคู่มือครู (เฉลยใบงานการทดลอง) จำนวนอย่างละ 2 ชุด
5. ต้องจัดให้มีการอบรมกับคณาจารย์และเจ้าหน้าที่ผู้เกี่ยวข้องให้สามารถใช้งานได้ถูกต้องสมบูรณ์เป็นระยะเวลาไม่น้อยกว่า 2 วัน หลังจากส่งมอบงานแล้ว
6. รับประกันการใช้งานอย่างน้อย 1 ปี

6. กำหนดการส่งมอบพัสดุ

ผู้เสนอราคาจะต้องส่งมอบพัสดุทั้งหมดภายในระยะเวลา 180 วัน นับถัดจากวันลงนามในสัญญาซื้อขาย

7. สถานที่ส่งมอบ

ผู้เสนอราคาจะต้องส่งมอบพัสดุ ณ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน

8. วงเงินในการจัดซื้อ

งบประมาณในการจัดซื้อ จำนวนเงิน 3,400,000 บาท (สามล้านสี่แสนบาทถ้วน) รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม
ราคากลางในการจัดซื้อจัดจ้าง จำนวนเงิน 3,400,000 บาท (สามล้านสี่แสนบาทถ้วน) รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม

9. การรับประกันความชำรุดบกพร่องของพัสดุที่ส่งมอบ

ผู้เสนอราคาต้องรับประกันความชำรุดบกพร่องหรือขัดข้องของสิ่งของเป็นเวลา 1 ปี นับแต่วันที่มหาวิทยาลัยฯ ได้รับมอบ โดยภายในกำหนดเวลาดังกล่าว หากสิ่งของเกิดชำรุดบกพร่องหรือขัดข้อง ผู้เสนอราคาจะต้องซ่อมแซม หรือแก้ไขให้อยู่ในสภาพที่ใช้การได้ดีดังเดิม ภายใน 60 วัน นับแต่วันที่ได้รับแจ้งจากมหาวิทยาลัยฯ โดยไม่คิดค่าใช้จ่ายใดๆ ทั้งสิ้น

10. เงื่อนไขการชำระเงิน

มหาวิทยาลัยฯ จะชำระเงินค่าสิ่งของให้แก่ผู้ขาย เมื่อมหาวิทยาลัยฯ ได้รับมอบสิ่งของไว้โดยครบถ้วนแล้ว

11. ค่าปรับ

หากผู้ขายไม่สามารถส่งมอบสิ่งของภายในเวลาที่กำหนดไว้ในสัญญา ผู้ขายจะต้องชำระค่าปรับให้แก่มหาวิทยาลัยฯ เป็นรายวันอัตราร้อยละ 0.20 (ศูนย์จุดสองศูนย์) ของมูลค่าสิ่งของที่ยังไม่ได้ส่งมอบ

12. หลักเกณฑ์การพิจารณาคัดเลือกข้อเสนอ

ในการพิจารณาผลการยื่นข้อเสนอประกวดราคาอิเล็กทรอนิกส์ครั้งนี้ มหาวิทยาลัยฯ จะพิจารณาคัดเลือกโดยใช้เกณฑ์ราคา

คณะกรรมการกำหนดรายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะของพัสดุ

ลงชื่อ ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์วรรณกร พรหมอารีย์)

ลงชื่อ กรรมการ
(นายไตรรัตน์ ปะที)

ลงชื่อ กรรมการ
(นายกฤษนนท์ สนธิ)