

4.1.4 แผงทดลองวงจร Operational Amplifier จำนวน 1 แผง

4.1.4.2 แผงทดลองวงจร Operational Amplifier สามารถทำการทดลองหัวข้อต่าง ๆ ได้ดังนี้

- Operational Amplifier
- Voltage Follower
- Comparator
- Inverting Amplifier
- Non Inverting Amplifier
- Inverting Adder
- Non Inverting Adder
- Different Amplifiers

4.1.4.3 สามารถเชื่อมต่อกับแผงทดลองหลัก (Base Unit) ได้

4.1.5 แผงทดลองวงจร Static Converter จำนวน 1 แผง

4.1.5.2 แผงทดลองวงจร Static Converter สามารถทำการทดลองหัวข้อต่างๆ ได้ดังนี้

- Current Converter
- Fault finding
- DC Motor Drive
- Speed Control
- Opto Switch

4.1.5.3 สามารถเชื่อมต่อกับแผงทดลองหลัก (Base Unit) ได้

4.1.6 แผงทดลองวงจร AD/DA Converter จำนวน 1 แผง

4.1.6.2 มีขนาดความละเอียด (Resolution) ไม่น้อยกว่า 8 บิต

4.1.6.3 มีแรงดันอ้างอิงของ AD/DA Converter 5 โวลต์

4.1.6.4 สามารถเชื่อมต่อกับแผงทดลองหลัก (Base Unit) ได้

4.1.7 แผงทดลองวงจร Frequency Converter จำนวน 1 แผง

4.1.7.2 แผงทดลองวงจร Frequency Converter สามารถทำการทดลองหัวข้อต่าง ๆ ได้ดังนี้

- Frequency speed control of an AC-Motor
- Regulation
- Distortion
- Fault finding

4.1.7.3 มีแรงดันเอาต์พุต 12 โวลต์ 2 แอมป์ ที่สามารถปรับความถี่ 10 – 90 Hz ได้  
จำนวนอย่างน้อย 1 ช่อง

4.1.7.4 สามารถเชื่อมต่อกับแผงทดลองหลัก (Base Unit) ได้

4.1.8 แผงทดลอง DC Motor จำนวน 1 แผง

4.1.8.2 มีมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ขนาด 24 โวลต์ 10 วัตต์ จำนวน 1 ตัว

- 4.1.8.2 มีสเกลแสดงความเร็วรอบ จำนวน 1 ตัว
- 4.1.8.3 สามารถเชื่อมต่อกับแผงทดลองหลัก (Base Unit) ได้
- 4.1.9 แผงทดลอง AC Motor จำนวน 1 แผง
  - 4.1.9.1 มีมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ ขนาด 12 โวลต์ 10 วัตต์ จำนวน 1 ตัว
  - 4.1.9.2 มีสเกลแสดงความเร็วรอบ จำนวน 1 ตัว
  - 4.1.9.3 สามารถเชื่อมต่อกับแผงทดลองหลัก (Base Unit) ได้
- 4.1.10 แผงวงจร Help Function Card จำนวน 1 แผง
  - 4.1.10.1 มี DC Output 1 ขนาด 0 – +15 V จำนวนอย่างน้อย 1 ช่อง
  - 4.1.10.2 มี DC Output 2 ขนาด 0 – -15 V จำนวนอย่างน้อย 1 ช่อง
  - 4.1.10.3 มีสัญญาณ Sinus wave 1 Hz ถึง 10 kHz ใน 4 steps
  - 4.1.10.4 มีสัญญาณ Square wave 1 Hz ถึง 10 kHz ใน 4 steps
- 4.1.11 แผงวงจร Component Set จำนวน 1 แผง
  - 4.1.11.1 บนแผงวงจรประกอบด้วยตัวต้านทานปรับค่าได้ ตัวต้านทาน ตัวเหนี่ยวนำ และช่องเสียบต่อหลอดไฟ จำนวนอย่างน้อย 1 จุด
  - 4.1.11.2 มีหลอดไฟเพื่อทดสอบไม่น้อยกว่า 4 ขนาด
- 4.1.12 กล่องจัดเก็บแผงวงจร ขนาด 340x180x355 มม. จำนวน 1 กล่อง
- 4.1.13 อื่น ๆ
  - 4.1.13.1 มีสายไฟสีแดงสำหรับเสียบต่อวงจร จำนวนไม่น้อยกว่า 6 เส้น
  - 4.1.13.2 มีสายไฟสีดำสำหรับเสียบต่อวงจร จำนวนไม่น้อยกว่า 6 เส้น
  - 4.1.13.3 มี Test clip สีแดง จำนวนไม่น้อยกว่า 1 อัน
  - 4.1.13.4 มี Test clip สีดำ จำนวนไม่น้อยกว่า 1 อัน
- 4.2 ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ จำนวน 5 เครื่อง
  - 4.2.1 จอแสดงผลแบบดิจิตอล ขนาด 6,000 จำนวนนับ พร้อม Backlight
  - 4.2.2 สามารถวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงสูงสุดในหน่วยโวลต์ ขนาด 600 โวลต์ ความแม่นยำ  $\pm 0.5\%$
  - 4.2.3 สามารถวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงสูงสุดในหน่วยมิลลิโวลต์ ขนาด 600 มิลลิโวลต์ ความแม่นยำ  $\pm 1.5\%$
  - 4.2.4 สามารถวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับสูงสุดในหน่วยโวลต์ ขนาด 600 โวลต์ ความแม่นยำ  $\pm 1.5\%$
  - 4.2.5 สามารถวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับสูงสุดในหน่วยมิลลิโวลต์ ขนาด 600 มิลลิโวลต์ ความแม่นยำ  $\pm 2.0\%$
  - 4.2.6 สามารถวัดกระแสไฟฟ้ากระแสตรงสูงสุด ขนาด 10 แอมป์ ความแม่นยำ  $\pm 1.5\%$
  - 4.2.7 สามารถวัดกระแสไฟฟ้ากระแสสลับสูงสุด ขนาด 10 แอมป์ ความแม่นยำ  $\pm 1.5\%$
  - 4.2.8 สามารถวัดค่าความต้านทานสูงสุด ขนาด 40 เมกกะโอห์ม ความแม่นยำ  $\pm 1.5\%$
  - 4.2.9 สามารถวัดค่าการเก็บประจุสูงสุด ขนาด 1,000 ไมโครฟารัด ความแม่นยำ  $\pm 5.0\%$
  - 4.2.10 ความถี่สูงสุด 99.99 kHz ความแม่นยำ  $\pm 0.1\%$

- 4.2.11 รอบการทำงานสูงสุด 99.9% ความแม่นยำ  $\pm 1.0\%$
- 4.2.12 ผ่านมาตรฐานความปลอดภัย IEC61010-1 CAT IV 300V/CAT III 600 V
- 4.3 ออสซิลโลสโคป จำนวน 1 เครื่อง
  - 4.3.1 เป็นออสซิลโลสโคปแบบ 2 แชนแนลที่วัดสัญญาณความถี่ได้ตั้งแต่ DC – 40 MHz หรือมากกว่า
  - 4.3.2 ขนาดพื้นที่ใช้งานของจอภาพไม่ต่ำกว่า 7 นิ้ว ชนิด TFT LCD 480 x 240 pixel สามารถปรับความสว่างและความคมชัดได้
  - 4.3.3 ใช้ได้ดีกับระบบไฟฟ้า 220 โวลต์ 50 Hz
  - 4.3.4 Vertical Sensitivity: 2 mV/div หรือต่ำกว่า ถึง 10 V/div หรือสูงกว่า
  - 4.3.5 Vertical Resolution: 8 บิต หรือสูงกว่า
  - 4.3.6 Bandwidth ที่ -3 dB: DC - 40 MHz หรือสูงกว่า
  - 4.3.7 Accuracy:  $\pm 3\%$  หรือต่ำกว่า
  - 4.3.8 Input Impedance: 1 M $\Omega$ /17 pF หรือดีกว่า
  - 4.3.9 Maximum Input Voltage: 400 Vp-p
  - 4.3.10 Time Base Speed: 10 ns/div หรือต่ำกว่า ถึง 50 s/div หรือสูงกว่า
  - 4.3.11 Maximum Sampling Rate: 1 GS/s (1 channel) หรือสูงกว่า
  - 4.3.12 Acquisition Memory Depth: 1 M samples/channel
  - 4.3.13 สามารถบันทึกไฟล์ข้อมูลรูปคลื่นลง USB Flash drive ได้
  - 4.3.14 มีฟังก์ชันวิเคราะห์ FFT
  - 4.3.15 มีสาย Probe วัดสัญญาณ 1:1 และ 10:1 จำนวน 2 เส้นต่อเครื่อง หรือเท่ากับจำนวนช่องวัดสัญญาณ
  - 4.3.16 มีสายไฟ Power Cord หรือ Plug เสียบได้กับ Outlet
  - 4.3.17 มีคู่มือการใช้งาน จำนวน 1 ชุด/เครื่อง
- 4.4 โปรแกรมประกอบการเรียนรู้ชุดทดสอบเครื่องกลไฟฟ้า จำนวน 1 โปรแกรม
  - 4.4.1 สามารถเขียนและจำลองการทำงานของวงจรไฟฟ้าเพื่อควบคุมการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าได้ ด้วยสัญลักษณ์ตามมาตรฐาน IEC และ JIC
  - 4.4.2 สามารถเขียนและจำลองการทำงานของวงจรไฟฟ้า AC และ DC เพื่อควบคุมการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้า ด้วยสัญลักษณ์ตามมาตรฐาน IEC และ NEMA ได้
  - 4.4.3 สามารถเขียนและจำลองการทำงานของวงจรไฟฟ้าเพื่อควบคุมการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าแบบ One-line ได้
  - 4.4.4 สามารถเขียนและจำลองการทำงานของโปรแกรมพีแอลซีตามมาตรฐาน IEC เพื่อควบคุมการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าได้
  - 4.4.5 สามารถเขียนและจำลองการทำงานของโปรแกรมพีแอลซี เพื่อควบคุมการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าได้
  - 4.4.6 สามารถเขียนและจำลองการทำงานของวงจรดิจิทัลเพื่อควบคุมการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าได้โดยต้องมี Library ของสัญลักษณ์เพื่อช่วยในการออกแบบไม่น้อยกว่าดังนี้


Inverters, Logic Gates, Flip-Flops, Counters, Shift Registers, Comparators, Switches, LEDs, 7-bar Display, Decoders, Multiplexers


- 4.4.7 สามารถเขียนและจำลองการทำงานของโปรแกรม SFC หรือ GRAFCET เพื่อควบคุมการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าได้
- 4.4.8 สามารถสร้างและจำลองการทำงานของHMI ในรูปแบบ 2D และ 3D เพื่อควบคุมการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าได้
- 4.4.9 สามารถสร้างและจำลองการทำงานของControl Panels เพื่อควบคุมการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าได้
- 4.4.10 สามารถปรับค่าพารามิเตอร์ของอุปกรณ์เพื่อใช้จำลองการทำงานได้
- 4.4.11 มี Virtual Systems ในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อใช้สำหรับประกอบการเรียนรู้
- 4.4.12 ภายในโปรแกรมต้องมี Troubleshooting Module เพื่อใช้ในการกำหนดบกพร่องของตัวอุปกรณ์
- 4.4.13 ภายในโปรแกรมต้องมี Diagnostic Tools เพื่อช่วยในการเรียนรู้
- 4.4.14 ภายในโปรแกรมประกอบด้วย Libraries และ Modules ต่าง ดังนี้ Electrotechnical (AC/DC), Hydraulics / Proportional Hydraulics, Pneumatics / Proportional Pneumatics, Electrical Controls, PLC Ladder Logic, Allen Bradley, Siemens & IEC, Sequential Function Chart (SFC/GRAFCET) , Digital Electronics, Electrotechnical One-line, Control Panels & 2D-3D HMI, Mechanical Links, Fluid Power Component Sizing, Electrical Component Sizing, Catalogue Manager, Manufacturers' Catalogues, Bill of Material & Report, OPC Client & OPC Server (CAN Bus), APLs / Script Language, Didactic Support, Teachware
- 4.4.15 เป็นโปรแกรมที่มีลิขสิทธิ์ถูกต้องตามกฎหมายมี Hard lock จากโรงงานผู้ผลิต
- 4.4.16 ชุดโปรแกรมที่นำเสนอจะต้องถูกผลิตจากบริษัทที่ได้รับรองมาตรฐาน ISO พร้อมแนบเอกสารมาประกอบการยื่นขอ
- 4.4.17 ผู้เสนอราคาต้องเป็นผู้ผลิตหรือได้รับแต่งตั้งเป็นตัวแทนจำหน่ายจากบริษัทผู้ผลิตโดยตรงหรือตัวแทนจำหน่ายภายในประเทศ พร้อมแนบเอกสารมาประกอบการยื่นขอ

## 5. ระบบอิเล็กทรอนิกส์กำลังเพื่ออุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะจะต้องรองรับการเรียนการสอนอย่างน้อยตามรายการต่อไปนี้

- 5.1 การเรียงกระแสไฟฟ้า (Rectifications)
- 5.2 การปรับสัญญาณราบเรียบ (Smoothing)
- 5.3 การรักษาระดับแรงดันไฟฟ้า (Voltage Stabilizing)
- 5.4 ไทริสเตอร์ (Thyristors)
- 5.5 ไตรแอค (Triac) และไดแอค (Diac)
- 5.6 ทรานซิสเตอร์ (Transistors)
- 5.7 วงจรรอง (Filters)

- 5.8 สวิตช์ด้วยแสง (Opto Switches)
  - 5.9 ออปแอมป์ (Operation Amplifiers)
  - 5.10 วงจรแปลงผันกระแสคงที่ (Static Current Converter)
  - 5.11 ตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล/ดิจิตอลเป็นอนาล็อก (AD/DA Transducers)
  - 5.12 การวัดอุปกรณ์กึ่งตัวนำด้วยดิจิตอลมัลติมิเตอร์
  - 5.13 การวัดอุปกรณ์ต่าง ๆ ด้วยออสซิลอโคป
  - 5.14 การค้นหาจุดบกพร่อง
6. คู่มือประกอบการเรียนรู้ จำนวนไม่น้อยกว่า 1 เล่ม
7. ผู้เสนอราคาต้องแสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติเฉพาะของครุภัณฑ์ระหว่างคุณสมบัติเฉพาะที่มหาวิทยาลัยกำหนดกับคุณสมบัติเฉพาะของสินค้าที่เสนอราคาโดยแสดงว่าคุณสมบัติดังกล่าวตรงตามข้อกำหนดหรือดีกว่าทั้งนี้จะต้องทำเครื่องหมายหรือส่วนข้อกำหนดในแคตตาล็อกหรือเอกสารอ้างอิงให้ชัดเจน
8. กำหนดส่งมอบครุภัณฑ์ 60 วัน
9. ระยะเวลารับประกัน 1 ปี
10. สถานที่ส่งมอบครุภัณฑ์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ลงชื่อ  ผู้กำหนดรายละเอียด  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐภัทร พันธุ์คง)  
ตำแหน่ง อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

ลงชื่อ   
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิวกร อ่างทอง)  
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์