

## รายละเอียดทางเทคนิคของการจัดซื้อจัดจ้างครุภัณฑ์

ชุดทดลองอิเล็กทรอนิกส์กำลัง

ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา

งบประมาณเงินรายจ่าย : 990,0000 บาท (เก้าแสนเก้าหมื่นบาทถ้วน)

1. รายการครุภัณฑ์ ชุดทดลองอิเล็กทรอนิกส์กำลัง,
2. คุณสมบัติเฉพาะ (Specification) : มีคุณสมบัติอย่างน้อย ดังนี้

2.1 ชุดทดลองอิเล็กทรอนิกส์กำลัง จำนวน 1 ชุด ประกอบด้วย

2.1.1 เป็นชุดทดลองที่ออกแบบเพื่อการศึกษาทฤษฎีและภาคปฏิบัติที่ครอบคลุมเนื้อหาการเรียนรู้เกี่ยวกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลังต่างๆเช่นไดโอดกำลัง, SCR, TRIAC และอุปกรณ์สวิตช์กำลังต่างๆ เช่น MOSFET, IGBT, TRANSISTOR

2.1.2 ตัวชุดทดลองเป็นแบบ Panel System ความสูงมาตรฐาน A4ทำด้วยวัสดุที่เป็นฉนวนปิดผิวทั้ง2 ด้านเป็นเนื้อเดียวกัน

2.1.3 ด้านหน้าของแต่ละ Panel มีอักษรกำกับและสัญลักษณ์ลายวงจรใช้เทคนิคการพิมพ์แบบกัดเซาะร่องลงบนผิวหน้าของแผง Panel เพื่อความคงทนถาวรตลอดอายุการใช้งาน

2.1.4 มีชุดอุปกรณ์ต่างๆที่จะสามารถทำการทดลองในหัวข้อต่างๆได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.1.5 มีชุดแหล่งแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ3เฟสขนาด45-0-45โวลต์ โหลด R-L ประกอบการทดลอง

2.1.6 ชุดทดลองสามารถทำการทดลองในหัวข้อต่างๆดังนี้

### Diode and Uncontrolled Rectifier Circuit (AC-DC Conversion)

- V-I Characteristic of Power Diode
- Single Phase Half Wave Rectifier Circuit
- Full Wave Rectifier Circuit with Center Tap Transformer
- Single Phase Full wave Bridge Rectifier Circuit
- Three Phase Half Wave Rectifier Circuit
- Three Phase Full Wave with Center Tap Transformer Rectifier Circuit
- Three Phase Full Wave Bridge Rectifier Circuit

### SCR and Controlled Rectifier Circuit (AC-DC Conversion)

- V-I Characteristic of Power of SCR
- Single Phase Half Wave Controlled Rectifier Circuit
- Single Phase Full Wave Controlled Rectifier With Center Tap Transformer Circuit
- Single Phase Bridge Full Wave Controlled Rectifier Circuit
- Temperature Control By Single Phase Bridge Full Wave Controlled Rectifier Circuit
- Close Loop Temperature Control By Single Phase Bridge Full Wave Controlled Rectifier Circuit

- Single Phase Full Wave Half Controlled Rectifier Circuit
- Three Phase Half Wave Controlled Rectifier Circuit
- Three Phase Full Wave Controlled Rectifier With Center Tap Transformer Circuit
- Three Phase Bridge Full Wave Controlled Rectifier Circuit
- Three Phase Full Wave Half Control Bridge Rectifier Circuit
- Star-Delta Connection Control Rectifier Circuit

#### Thyristors and Controlled Circuit (AC-AC Conversion)

- V-I Characteristic of Power of Triac
- Single Phase AC Voltage Control Circuit (By Triac)
- Single Phase AC Voltage Control Circuit (By SCR)
- Single Phase AC Voltage and Frequency Control By H-Bridge Inverter (Single Phase inverter)
- Three Phase Full Wave AC Voltage Control Circuit
- Single Phase AC Voltage and Frequency Control By Cycloconverter.
- Temperature Control By AC Voltage Control Circuit (By Triac)
- Close Loop Temperature Control By AC Voltage Control Circuit (By Triac)
- Single Phase AC Voltage and Frequency Control By Cycloconverter.

#### Chopper Circuit (DC-DC Conversion)

- DC Chopper
- Temperature Control By DC Chopper
- Precision Temperature Control By Close Loop DC Chopper
- Precision DC POWER SUPPLY By Close Loop DC Chopper
- Step Down Voltage with Buck Converter
- Step Up Voltage with Boost Converter
- Step Down Step Up Voltage with Buck-Boost
- CUK Converter

### 2.2 ชุดทดลองประกอบด้วยบอร์ดการทดลองต่างๆ ดังนี้

#### 2.2.1 ชุดไดโอดกำลัง POWER DIODE จำนวน 2 ชุด

- เป็นชนิด ไดโอดชอทท์กี (Schottky Diode)
- พิกัดแรงดันไม่น้อยกว่า 1,200 V (Repetitive peak reverse voltage 1,200 V)
- พิกัดกระแสไม่น้อยกว่า 15 A (Continuous forward current 15 A)  
มี Fuse Fast-Acting ป้องกัน

2.2.2 ชุดไดโอดหมุนอิสระ FREE WHEELING DIODE จำนวน 1 ชุด

- ขนาดพิกัดแรงดันไม่น้อยกว่า 1,200 V
- ขนาดพิกัดกระแสไม่น้อยกว่า 15 A
- มี Fuse Fast-Acting ป้องกัน

2.2.3 ชุดกลุ่มไดโอดกำลัง GROUP OF DIODE จำนวน 1 ชุด

ประกอบด้วยไดโอดจำนวน 6 ตัว

- เป็นชนิด ไดโอดชอทท์กี (Schottky Diode)
- พิกัดแรงดันไม่น้อยกว่า 1,200 V (Repetitive peak reverse voltage 1,200 V)
- พิกัดกระแสไม่น้อยกว่า 15 A (Continuous forward current 15 A)
- มีวงจร R-C Snubber ป้องกัน
- มี Fuse Fast-Acting ป้องกัน

2.2.4 ชุดไทรสเตอร์ SCR จำนวน 1 ชุด

- พิกัดแรงดันไม่น้อยกว่า 1,200 V (Repetitive peak off-state voltage 1,200 V)
- พิกัดกระแสไม่น้อยกว่า 25 A (RMS on-state current 25 A)
- มี Fuse Fast-Acting ป้องกัน

2.2.5 ชุดกลุ่มไทรสเตอร์ GROUP OF SCR จำนวน 2 ชุด

- ประกอบด้วยเอสซีอาร์(SCR) จำนวน 6 ตัว
- พิกัดแรงดันไม่น้อยกว่า 1,200 V (Repetitive peak off-state voltage 1,200 V)
- พิกัดกระแสไม่น้อยกว่า 25 A (RMS on-state current 25 A)
- มีวงจร R-C Snubber ป้องกัน
- มี Fuse Fast-Acting ป้องกัน

2.2.6 ชุดไตรแอค TRIAC จำนวน 1 ชุด

- ประกอบด้วยไตรแอค (Triac) จำนวน 3 ตัว
- พิกัดแรงดันไม่น้อยกว่า 800 V (Repetitive peak off-state voltage 800 V)
- พิกัดกระแสไม่น้อยกว่า 16 A (RMS on-state current 16 A)
- มีวงจร R-C Snubber ป้องกัน
- มี Fuse Fast-Acting ป้องกัน

2.2.7 ชุดไดโอดกำลังแบบครึ่งบริดจ์ POWER DIODE HALF BRIDGE จำนวน 2 ชุด

- พิกัดแรงดันไม่น้อยกว่า 1,200 V (Repetitive peak reverse voltage 1,200 V)
- พิกัดกระแสไม่น้อยกว่า 15 A (Continuous forward current 15 A)
- มี Fuse Fast-Acting ป้องกัน

- 2.2.8 ชุดไทรสเตอร์แบบครึ่งบริดจ์ SCR HALF BRIDGE จำนวน 2 ชุด
- พิกัดแรงดันไม่น้อยกว่า 1,200 V (Repetitive peak off-state voltage 1,200 V)
  - พิกัดกระแสไม่น้อยกว่า 25A (RMS on-state current 25 A)
  - มี Fuse Fast-Acting ป้องกัน
- 2.2.9 ชุดมอสเฟสกำลัง POWER MOSFET จำนวน 1 ชุด
- พิกัดแรงดันไม่น้อยกว่า 500 V(Drain to Source Break Down voltage 500 V)
  - พิกัดกระแสไม่น้อยกว่า 8 A(Continuous Drain current@100 °C 8 A)
  - มี Free Wheeling Diode ที่อยู่ภายในตัวอุปกรณ์
  - มีวงจร R-C Snubber ป้องกัน
  - มี Fuse Fast-Acting ป้องกัน
- 2.2.10 ชุดดาร์ลิ่งตันทรานซิสเตอร์ DARLINGTON TRANSISTOR จำนวน 1 ชุด
- พิกัดแรงดันไม่น้อยกว่า 500 V(Collector to Emitter Break Down voltage 500V)
  - พิกัดกระแสไม่น้อยกว่า 10 A(Collector current10A)
  - มี Free Wheeling Diode ที่อยู่ภายในตัวอุปกรณ์ป้องกัน
  - ความถี่ในการสวิตช์ไม่น้อยกว่าในช่วง 0-10 kHz
  - มีวงจร R-C-D Snubber ป้องกัน
  - มี Fuse Fast-Acting ป้องกัน
- 2.2.11 ชุดไอจีบีที IGBT จำนวน 1 ชุด
- พิกัดแรงดันไม่น้อยกว่า 1,200 V (Collector-emitter voltage 1,200V)
  - พิกัดกระแสไม่น้อยกว่า 20A (DC collector current@100 °C 20A)
  - มี Free Wheeling Diode ที่อยู่ภายในตัวอุปกรณ์ป้องกัน
  - มี Fuse Fast-Acting ป้องกัน
- 2.2.12 ชุดกลุ่มไอจีบีที GROUP OF IGBT จำนวน 1 ชุด
- ประกอบด้วย IGBT จำนวน 4 ตัว
- พิกัดแรงดันไม่น้อยกว่า 1,200 V (Collector-emitter voltage 1,200V)
  - พิกัดกระแสไม่น้อยกว่า 20 A (DC collector current@100 °C 20A)
  - มี Free Wheeling Diode ที่อยู่ภายในตัวอุปกรณ์ป้องกัน
  - มีวงจร R-C-D Snubber ป้องกัน
  - มี Fuse Fast-Acting ป้องกัน
- 2.2.13 ชุดBuck Converter จำนวน 1 ชุด
- ชุดกำเนิดสัญญาณแบบ PWM สามารถกำเนิดสัญญาณอยู่ในช่วง 10kHz-100kHz
  - สามารถปรับค่าความกว้างพัลส์ (Duty Cycle) อยู่ในช่วง 0- 100%

- รองรับสัญญาณคำสั่ง (Set Point) เพื่อควบคุมค่า Duty Cycle โดยใช้ขนาดแรงดันอยู่ในช่วง 0-10VDC โดยสามารถต่อใช้งานเป็นแบบที่รับค่าสัญญาณคำสั่งจากบอร์ดการทดลองโดยตรง หรือแบบรับสัญญาณคำสั่งจากภายนอก
- ใช้ตัวตรวจจับกระแสแบบเซนเซอร์วัดสนามแม่เหล็ก(Hall Current Effect Sensor)จำนวน 3 จุด
- อัตราส่วนสัญญาณเอาต์พุต 1 โวลต์ต่อ 1 แอมป์ (1V/1A)
- พิกัดของอุปกรณ์ มอสเฟส(MOSFET) ไม่น้อยกว่า 500V/8A
- พิกัดของอุปกรณ์ ไดโอดคืนสภาพอย่างรวดเร็ว(Schottky Diode) ไม่น้อยกว่า 1000V/10A
- ชุดอุปกรณ์ตัวเก็บประจุและตัวเหนี่ยวนำทำหน้าที่กรองแรงดัน
- อินพุตสามารถรับแรงดันสูงสุดไม่น้อยกว่า 30 VDC
- แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า 220V/50Hz

#### 2.2.14 BOOST CONVERTER จำนวน 1 ชุด

- ชุดกำเนิดสัญญาณแบบ PWM สามารถกำเนิดสัญญาณอยู่ในช่วง 10kHz-100kHz
- สามารถปรับค่าความกว้างพัลส์ (Duty Cycle) อยู่ในช่วง 0 100%
- รองรับสัญญาณคำสั่ง (Set Point) เพื่อควบคุมค่า Duty Cycle โดยใช้ขนาดแรงดันอยู่ในช่วง 0-10VDC โดยสามารถต่อใช้งานเป็นแบบที่รับค่าสัญญาณคำสั่งจากบอร์ดการทดลองโดยตรง หรือแบบรับสัญญาณคำสั่งจากภายนอก
- ใช้ตัวตรวจจับกระแสแบบเซนเซอร์วัดสนามแม่เหล็ก(Hall Current Effect Sensor)จำนวน 3 จุด
- อัตราส่วนสัญญาณเอาต์พุต 1 โวลต์ต่อ 1 แอมป์ (1V/1A)
- พิกัดของอุปกรณ์ มอสเฟส(MOSFET) ไม่น้อยกว่า 500V/8A
- พิกัดของอุปกรณ์ ไดโอดคืนสภาพอย่างรวดเร็ว(Schottky Diode) ไม่น้อยกว่า 1000V/10A
- ชุดอุปกรณ์ตัวเก็บประจุและตัวเหนี่ยวนำทำหน้าที่กรองแรงดัน
- อินพุตสามารถรับแรงดันสูงสุดไม่น้อยกว่า 30 VDC
- แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า 220V/50Hz

#### 2.2.15 BUCK-BOOST CONVERTER จำนวน 1 ชุด

- ชุดกำเนิดสัญญาณแบบ PWM สามารถกำเนิดสัญญาณอยู่ในช่วง 10kHz-100kHz
- สามารถปรับค่าความกว้างพัลส์ (Duty Cycle) อยู่ในช่วง 0 100%
- รองรับสัญญาณคำสั่ง (Set Point) เพื่อควบคุมค่า Duty Cycle โดยใช้ขนาดแรงดันอยู่ในช่วง 0-10VDC โดยสามารถต่อใช้งานเป็นแบบที่รับค่าสัญญาณคำสั่งจากบอร์ดการทดลองโดยตรง หรือแบบรับสัญญาณคำสั่งจากภายนอก
- ใช้ตัวตรวจจับกระแสแบบเซนเซอร์วัดสนามแม่เหล็ก(Hall Current Effect Sensor) จำนวน 3 จุด
- พิกัดของอุปกรณ์ มอสเฟส(MOSFET) ไม่น้อยกว่า 500V/8A
- อัตราส่วนสัญญาณเอาต์พุต 1 โวลต์ต่อ 1 แอมป์ (1V/1A)
- พิกัดของอุปกรณ์ ไดโอดคืนสภาพอย่างรวดเร็ว(Schottky Diode) ไม่น้อยกว่า 1000V/10A
- ชุดอุปกรณ์ตัวเก็บประจุและตัวเหนี่ยวนำทำหน้าที่กรองแรงดัน

- อินพุทสามารถรับแรงดันสูงสุดไม่น้อยกว่า 30 VDC
  - แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า 220V/50Hz
- 2.2.16 ชุดแรงดันอ้างอิง COMMAND UNIT จำนวน 1 ชุด
- สามารถกำเนิดสัญญาณแรงดันที่จะนำไปใช้งานอยู่ในช่วง 0-10V และ -10V ถึง +10V
  - สามารถกำเนิดสัญญาณรูปคลื่นที่จะนำไปใช้ ได้แก่ Sine Wave, Triangle Wave ,Ramp ,Step โดยสามารถปรับความถี่ได้ตั้งแต่ 1Hz-50Hz
  - สามารถปรับขนาดสัญญาณในช่วง 0-10Vp
  - สามารถกำเนิดสัญญาณดิจิทัลขนาด 8 Bits
  - มีหน่วยความจำที่สามารถ Save/Recall ค่าได้ไม่น้อยกว่า 8ค่า
- 2.2.17 ชุดกำเนิดสัญญาณควบคุมจุดชนวนเกตไทรสเตอร์ TWO PULSE CONTROL UNIT จำนวน 1 ชุด
- แรงดันที่ใช้ในการ Synchronization อยู่ในชวงไม่น้อยกว่า 5 ถึง 240V, 50Hz
  - รองรับแรงดันแบบอนาลอกที่ใช้ในการควบคุมการกำเนิดสัญญาณมุมจุดชนวนอยู่ในช่วง 0-10 VD
  - มีชุดเอาต์พุทแบบไอโซเลทที่สามารถกำเนิดมุมจุดชนวนที่มุม 0°-180° จำนวน 2ชุด และมุม 180°- 0° จำนวน 2ชุด (โดยอ้างอิงจากทางด้านเอาต์พุท)
  - สามารถเลือกกำเนิดสัญญาณมุมจุดชนวนแบบ Single Pulse หรือ Pulse Train ได้
  - สามารถเลือกกำเนิดสัญญาณมุมจุดชนวนให้เริ่มต้นที่มุม 0°, 30°, 60° ได้
  - สามารถเลือกฟังก์ชันในการสร้างสัญญาณจุดชนวนสำหรับ SCR และ TRIAC ได้
  - มีจุดต่อใช้งานแบบ Inhibit Voltage Control
  - สามารถควบคุมการกำเนิดสัญญาณมุมจุดชนวนจากสัญญาณดิจิทัลขนาดไม่น้อยกว่า 8 Bits
  - ใช้กับแหล่งจ่ายแรงดัน +15V / 0V / -15V
- 2.2.18 ชุดกำเนิดสัญญาณควบคุมจุดชนวนเกตไทรสเตอร์ SIX PULSE CONTROL UNIT จำนวน 1 ชุด
- แรงดันที่ใช้ในการ Synchronization อยู่ในชวงไม่น้อยกว่า 5 ถึง 400V, 50Hz แบบสามเฟส
  - รองรับแรงดันแบบอนาลอกที่ใช้ในการควบคุมการกำเนิดสัญญาณมุมจุดชนวนอยู่ในช่วง 0-10VDC
  - มีชุดเอาต์พุทแบบไอโซเลทที่สามารถกำเนิดมุมจุดชนวนที่มุม 0°-180° จำนวน 3ชุด และมุม 180°- 0° จำนวน 3ชุด (โดยอ้างอิงจากทางด้านเอาต์พุท)
  - สามารถเลือกกำเนิดสัญญาณมุมจุดชนวนแบบ Single Pulse หรือ Pulse Train ได้
  - สามารถเลือกกำเนิดสัญญาณจุดชนวนให้เริ่มต้นที่มุม 0°, 30°, 60° ได้
  - สามารถเลือกฟังก์ชันในการสร้างสัญญาณจุดชนวนสำหรับ SCR และ TRIAC ได้
  - มีจุดต่อใช้งานแบบ Inhibit Voltage Control
  - สามารถควบคุมการกำเนิดสัญญาณมุมจุดชนวนจากสัญญาณดิจิทัลขนาดไม่น้อยกว่า 8 Bits
  - ใช้กับแหล่งจ่ายแรงดัน +15V / 0V / -15V
- 2.2.19 ชุดกำเนิดสัญญาณควบคุมความกว้างพัลส์ PWM/PFM/TCP CONTROL UNIT จำนวน 1 ชุด
- รองรับสัญญาณคำสั่งแบบแรงดันไฟตรง 0-10V หรือ -10V ถึง +10V
  - รองรับสัญญาณคำสั่งแบบรูปคลื่นต่างๆได้ แรงดันในช่วง-10V ถึง +10V

- ชุดกำเนิดสัญญาณแบบ PWM (Pulse Width Modulation) สามารถกำเนิดสัญญาณอยู่ในช่วง 10Hz - 100kHz แบบปรับย่านความถี่ได้ x1, x10, x100, x1k
- สามารถปรับค่า Duty Cycle (Ton/T) อยู่ในช่วง 0 - 100%
- สามารถเลือกแรงดันอ้างอิงอินพุต ขนาด 0-10 โวลต์ และ -10 - 10 โวลต์ เพื่อควบคุม ความกว้างพัลส์ (Duty Cycle) อยู่ในช่วง 0 - 100%
- สามารถรับแรงดันอ้างอิงอินพุตแบบไซน์ เพื่อสร้างสัญญาณขับเกตแบบไซน์พีคบีวีเอ็ม (Sine PWM) ได้
- ชุดกำเนิดสัญญาณแบบ PFM (Pulse Frequency Modulation) มีฐานเวลาอยู่ในช่วง 5us - 5ms แบบปรับย่านได้ x1, x10, x100 ซึ่งจะกำเนิดค่าความถี่ในช่วง 20Hz-20kHz
- ชุดกำเนิดสัญญาณแบบ TPC (Two Points Control) เป็นชุดควบคุมแบบลูปิดทำงานเป็นสภาวะเปิด(ON)และปิด(OFF)
- มีชุดสร้างสัญญาณแรงดันอ้างอิง 0-2V เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบค่าสัญญาณผิดพลาดจากชุด Summing Point
- ชุดขับเกตแบบไอโซเลท จำนวน 4 ช่อง
- มีคาบเวลาเดดไทม์ไม่เกิน 8 ไมโครวินาที(Dead Time )
- พิกัดแรงดันไฟฟ้าชุดขับเกตไม่น้อยกว่า 10 โวลต์(Voltage Peak)
- ใช้กับแหล่งจ่ายแรงดัน +15V / 0V / -15V

#### 2.2.20 ชุดไซโครคอนเวอร์เตอร์ (CYCLO CONVERTER CONTROL UNIT) จำนวน 1 ชุด

- เป็นชุดควบคุมการกำเนิดสัญญาณมุมจุดขนวนวงจรไซโครคอนเวอร์เตอร์
- แรงดันที่ใช้ในการ Synchronization อยู่ในช่วงไม่น้อยกว่า 5 ถึง 240V, 50Hz
- มีชุดจุดขนวนเกตไทรสเตอร์แบบเต็มคลื่น(Full Bridge Converter)จำนวน 2 ชุดแต่ละชุดประกอบด้วย ชุดจุดขนวนขับเกตแบบไอโซเลท จำนวน 4 ช่อง คือ มุมจุดขนวนที่มุม 0°-180° จำนวน 2 ชุด และมุม 180°- 360° จำนวน 2 ชุด (มุมจุดขนวนอ้างอิงสัญญาณอินพุต)
- สามารถเลือกควบคุมจำนวนลูกคลื่นสัญญาณได้แบบ 1 ลูกคลื่น, 2 ลูกคลื่น, 3 ลูกคลื่นและ 4 ลูกคลื่น (อ้างอิงสัญญาณแรงดันที่ใช้ในการ Synchronization)
- ใช้กับแหล่งจ่ายแรงดัน +15V / 0V / -15V

#### 2.2.21 ชุดควบคุมอัตโนมัติแบบพีไอดี (PIDCONTROLLER) จำนวน 1 ชุด

- อินพุตรับสัญญาณแรงดันไฟฟ้าไม่น้อยกว่าในช่วง -10V ถึง +10V
- อินพุตรับสัญญาณป้อนกลับ สามารถปรับอัตราขยายสัญญาณได้
- สามารถปรับค่าตัวควบคุมแบบ P(Proportional) ได้
- สามารถปรับค่าตัวควบคุมแบบ I(Integrate) ได้
- สามารถปรับค่าตัวควบคุมแบบ D(Differential) ได้
- สามารถต่อเป็นตัวควบคุมแบบ P,PI,PD หรือ PID ได้
- สามารถปรับค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมอิสระและต่อเนื่องในแต่ละย่านการควบคุม
- ใช้กับแหล่งจ่ายแรงดัน +15V / 0V / -15V

- 2.2.22 TEMPERATURE CONTROLLER UNIT จำนวน 1 ชุด
- power supply :+15 V / 0 V / -15 V
  - ใช้ความต้านทานแบบอลูมิเนียมเป็นฮีตเตอร์ทำความร้อนขนาดไม่น้อยกว่า 150 W
  - สามารถควบคุมอุณหภูมิ ด้วยชุดควบคุม TWO PULSE CONTROL UNIT, SIX PULSE CONTROL UNIT , PWM/PFM/TCP CONTROL UNIT, AND CYCLO CONVERTER (AC CONTROLLER)
  - มีเซนเซอร์วัดความร้อน แล้วแปลงเป็นแรงดัน 0-10 โวลต์ เพื่อใช้ในการควบคุมแบบลูปปิด
  - มีชุดตัวแสดงผลอุณหภูมิจริงแบบตัวเลข
- 2.2.23 ชุดโหลดตัวต้านทานRESISTIVE LOAD จำนวน 1 ชุด
- ขนาดค่าความต้านทาน 100 โอห์ม
  - กำลังไฟฟ้า 150 W
  - เป็นแบบอลูมิเนียมเพื่อประสิทธิภาพในการระบายความร้อน
  - มี Fuse Fast Acting ป้องกัน จำนวน 3 ตัว
- 2.2.24 ชุดโหลดตัวเหนี่ยวนำ INDUCTIVE LOAD จำนวน 1 ชุด
- เป็นตัวเหนี่ยวนำมีแทปกลาง ขนาดไม่น้อยกว่า 100mH-CT-100mH
  - ขนาดกระแสไม่น้อยกว่า 2A
  - มี Fuse Fast Acting ป้องกัน
- 2.2.25 ชุดคาปาซิเตอร์และอินดักเตอร์ฟิลเตอร์ LC Filter จำนวน 1 ชุด
- อินดักเตอร์ฟิลเตอร์ขนาดไม่น้อยกว่า 10mHแกนเฟอร์ไรต์
  - อินดักเตอร์ฟิลเตอร์ขนาดกระแสไม่น้อยกว่า 1A
  - คาปาซิเตอร์ขนาดค่าความจุ 2.2uF
  - คาปาซิเตอร์พิกัดแรงดัน 250โวลต์
  - มี Fuse Fast Acting ป้องกัน
- 2.2.26 ชุด CAPACITIVE FILTER จำนวน 1 ชุด
- ขนาดค่าความจุไม่น้อยกว่า 470 uF
  - พิกัดแรงดันไม่น้อยกว่า 400โวลต์ จำนวน 2ตัว
- 2.2.27 ชุด8 CHANNEL VOLTAGE AND CURRENT ISOLATING จำนวน 1 ชุด
- เป็นชุดตรวจวัดสัญญาณแรงดันและกระแส แบบไอโซเลท เพื่อความปลอดภัยในการทดลอง
  - มีชุดตรวจจับแรงดันไฟฟ้าแบบ 4ช่อง อิสระ (Channel A,B,C,D)
  - ใช้ตัวตรวจจับแรงดันแบบขยายสัญญาณแรงดันไฟฟ้าชนิดแยกแรงดันไฟฟ้า(Precision Isolating Amplifier)
  - พิกัดการแยกแรงดันไฟฟ้าไม่น้อยกว่า 3,000โวลต์ (Voltage Isolation >+3000Vrms)



- แรงดันอินพุตสูงสุดไม่น้อยกว่า 400 VAC
- สามารถปรับอัตราลดทอนแรงดัน 1:1, 1:10 และ 1:100
- ช่วงความถี่ในการวัดสูงสุดหรือมากกว่า 0 - 10kHz
- สัญญาณเอาต์พุตสูงสุดไม่น้อยกว่า  $\pm 10$  V max.
- มีชุดตรวจจับกระแสไฟฟ้าแบบ 4 ช่อง อิสระ (Channel E,F,G,H)
- ใช้ตัวตรวจจับกระแสแบบเซนเซอร์วัดสนามแม่เหล็ก (Hall Current Effect Sensor)
- พิกัดการแยกแรงดันไฟฟ้าไม่น้อยกว่า 1,000 โวลต์ (Voltage Isolation  $\geq 1000$ Vrms)
- กระแสไฟฟ้าอินพุตสูงสุด 10 A
- ช่วงความถี่ในการวัดสูงสุด 0 - 10kHz
- อัตราส่วนสัญญาณเอาต์พุต 1 โวลต์ต่อ 1 แอมป์ (1V/1A)
- มีชุดสั่งงานการเลือกช่องสัญญาณเพื่อเชื่อมต่อกับตัว DAQ พร้อม LED แสดงสถานะการทำงาน
- มีชุดเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์แบบ USB Port
- มีโปรแกรมแสดงผลสัญญาณแบบ 8 ช่องสัญญาณบน PC
- แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า 220V/50Hz

2.2.28 ดิจิตอลออสซิลอสโคป 4 ช่องสัญญาณ(Mixed Signal Oscilloscope) จำนวน 1 ชุด

- ความถี่ (Bandwidth)ไม่น้อยกว่า 70MHz
- อัตราการสุ่มสัญญาณ 1Gsa/s
- วัดสัญญาณไฟฟ้าได้พร้อมกันไม่น้อยกว่า 4 ช่องสัญญาณ
- มีสามารถเก็บบันทึกที่รูปสัญญาณได้โดยผ่าน USB Flash drive
- มี 8 ช่องสัญญาณในการวิเคราะห์สัญญาณดิจิตอล (8 Channels Logic Analyzer) อัตราการสุ่มสัญญาณ 500 Msa/s
- มีชุดกำเนิดสัญญาณ (ABR. Waveform Generator)
- สามารถสร้างสัญญาณ Sine waveform, Ramp waveform, Square waveform, AM/FM waveform,
- สามารถสร้างสัญญาณความถี่สูงสุดไม่น้อยกว่า 10MHz
- อัตราการสุ่มสัญญาณ 200 Msa/s
- จอแสดงผลขนาดไม่น้อยกว่า 7 นิ้ว (WVGA) ความละเอียด 800\*480
- ใช้ได้กับระบบไฟฟ้า 220V, 50Hz

2.2.29 ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ จำนวน 1 ชุด

- จอแสดงผลแบบ LCD ขนาดไม่น้อยกว่า 4 หลัก
- มีย่านการวัดสัญญาณประกอบด้วย
- ย่านการวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงแบบปรับย่านอัตโนมัติ(400mV/4V/40V/400V/600V)
- ย่านการวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับแบบปรับย่านอัตโนมัติ

- ย่านการวัดความถี่ปรับย่านอัตโนมัติ
- ย่านการวัดกระแสไฟฟ้ากระแสตรงแบบปรับย่านอัตโนมัติ
- ย่านการวัดกระแสไฟฟ้ากระแสสลับแบบปรับย่านอัตโนมัติ
- ย่านการวัดความต้านทานแบบปรับย่านอัตโนมัติ ( $400\Omega/4k\Omega/40k\Omega/400k\Omega/4M\Omega/40M\Omega$ )
- ย่านการวัดตัวเก็บประจุแบบปรับย่านอัตโนมัติ ( $40nF/400nF/4\mu F/40\mu F/100\mu F$ )
- มีฟังก์ชันในการทดสอบไดโอด

## 2.2.30 V/F CONCEPT INVERTER TRAINING จำนวน 1 ชุด

### ชุดควบคุม (Control Unit)

- ใช้ตัวประมวลผลสัญญาณแบบดิจิทัลเป็นตัวประมวลผล
- ใช้หลักการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำสามเฟส แบบอัตราส่วนแรงดันต่อความถี่ (V/F)
- สามารถขับมอเตอร์แบบเดลต้า ที่กำลังสูงสุด 0.5HP
- แสดงขั้นตอนการกำเนิดสัญญาณ PWM แบบ Sine PWM ทุกขั้นตอนการประมวลผลสามารถวัดสัญญาณได้ใช้ออสซิลโลสโคปเป็นตัววัด สัญญาณ
- รับสัญญาณคำสั่งผ่านตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลเพื่อใช้ในการควบคุมมอเตอร์ ความละเอียด 10 บิต
- สามารถปรับความเร็วของมอเตอร์จากภายใน (COMMAND) โดยใช้สัญญาณแอนาล็อก 0-5 โวลต์
- สามารถแสดงสัญญาณการควบคุมตามทฤษฎี โดยผ่านชุดแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็น แอนาล็อก ความละเอียด 8 บิต 6 ช่องสัญญาณ โดยสามารถใช้ออสซิลโลสโคปเป็นตัววัดสัญญาณ ประกอบด้วยสัญญาณ  $\omega, v, \theta, \omega, \omega + 120, \omega + 120$  และสัญญาณพาหะ

### ชุดภาคกำลัง (POWER Unit)

- มีชุดเรียงกระแสแบบฟูลบริดจ์คอนเวอร์เตอร์ (Full Bridge Rectifier)
- ใช้ไอจีบีทีเป็นอุปกรณ์ในการสวิตช์
- มีคาปาซิเตอร์ขนาดไม่น้อยกว่า 470 ไมโครฟารัด 400 โวลต์ เป็นตัวกรองแรงดัน
- สัญญาณขับเคลื่อนผ่านการไอโซเลต (Isolate) สามารถวัดสัญญาณได้โดยใช้ออสซิลโลสโคป
- สามารถวัดแรงดันที่ตีซีบัส
- แสดงหลักการทำงานของอินเวอร์เตอร์อย่างชัดเจน
- มีชุดป้องกันทางด้านกระแสเพื่อป้องกันความเสียหาย
- ชุด LED แสดงสถานะการ Fault และสวิตช์สำหรับ Reset
- Squirrel Cage Three-Phase Motor
- ขนาดกำลังของมอเตอร์ไม่น้อยกว่า 370W

- ขนาดแรงดันอินพุท 220 /380V (Delta/Star)
  - ความเร็วรอบไม่น้อยกว่า 1300 rpm
  - ความถี่ 50Hz
- 2.2.31 ชุดจ่ายแรงดันไฟกระแสสลับ AC POWER SUPPLY จำนวน 1 ชุด
- เป็นชุดจ่ายแรงดันไฟกระแสสลับแบบสามเฟสแรงดันต่ำสำหรับการทดลอง
  - พิกัดแรงดันเอาต์พุท 3x0-45-90V
  - พิกัดกระแสเอาต์พุทไม่น้อยกว่า 2 A
  - มีชุดหลอดไฟแสดงสภาวะการทำงานของแรงดันไฟฟ้าในแต่ละเฟส
  - มีชุดอุปกรณ์ป้องกัน Circuit Breaker 4 Pole, E.L.C.B และชุด Fast Acting Fuse
  - ใช้กับแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า แบบสามเฟส 220/380V, 50Hz
- 2.2.32 ชุดจ่ายแรงดันไฟกระแสตรงปรับค่าได้ (Adjust DC POWER SUPPLY) จำนวน 1 ชุด
- พิกัดแรงดันเอาต์พุทปรับค่าได้ 0-30V
  - พิกัดกระแสเอาต์พุทไม่น้อยกว่า 2A
  - พร้อมวงจรป้องกันการ Short Circuit
  - ใช้กับแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า 220V,50Hz
- 2.2.33 ชุดจ่ายแรงดันไฟกระแสตรงคงที่ DC POWER SUPPLY จำนวน 1 ชุด
- พิกัดแรงดันเอาต์พุท +15V/0/-15V
  - พิกัดกระแสเอาต์พุทไม่น้อยกว่า 2A
  - พร้อมวงจรป้องกันการ Short Circuit
  - ใช้กับแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า 220V,50Hz
- 2.2.34 ชุดติดตั้งแผงทดลองมี 2 ชั้น เป็นแบบ รางอลูมิเนียม
- 2.2.35 สายประกอบวงจรขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางหัว 4 มิลลิเมตร (สีแดง สีดำ สีเหลือง สีน้ำเงิน)
- ความยาวไม่น้อยกว่า 50 ซม. จำนวน 80 เส้น
  - ความยาวไม่น้อยกว่า 100 ซม. จำนวน 80 เส้น
- 2.2.36 สายประกอบวงจรขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางหัว 2 มิลลิเมตร
- ความยาวไม่น้อยกว่า 20 ซม. จำนวน 80 เส้น
- 2.2.37 บริดส์คอนเนคเตอร์ 4 มิลลิเมตร จำนวน 40 ตัว

## 2.3 โต๊ะทดลองพร้อมคอนโซล จำนวน 2 ตัว มีรายละเอียดดังนี้หรือดีกว่า

### 2.3.1 รายละเอียดทั่วไป

- 2.3.1.1 เป็นโต๊ะทดลองทางไฟฟ้า ขนาดไม่น้อยกว่า (WxHxD)1500 x 800 x 800 มม.
- 2.3.1.2 พื้นโต๊ะทำด้วยไม้ปาติเกิล เคลือบด้วยเมลามีนตัวพื้นมีขนาดความหนา 28 มม.ปิดขอบโต๊ะโดยรอบด้วย PVC หนา 2 มม.พร้อมปรับระดับความสูงได้ 20 มม.
- 2.3.1.3 มี CONSOLE ติดตั้งระบบไฟฟ้าขนาด (WxHxD) 1500 มม. x 216 มม. x 220 มม. ทำจากไม้ปาติเกิลเคลือบผิวด้วยเมลามีน มีความหนารวม 19 มม.ปิดขอบโดยรอบด้วย PVC หนา 2 มม. มีตะแกรงช่องลมระบายอากาศ 2 ช่อง
- 2.3.1.4 แผงมิเตอร์อุปกรณ์ไฟฟ้าทำจากแผ่นแบกกาไลท์หนา 5 มม. พิมพ์สัญลักษณ์ด้วยการซิลสกรีน
- 2.3.1.5 ใช้กับแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า 3 เฟส 220/380V 50 Hz หรือมากกว่า

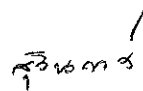
### 2.3.2 รายละเอียดทางเทคนิค

- 2.3.2.1 มีแผง ELCB20 Af 30 mA แบบติดบนราง มีหลอดไฟสัญญาณขนาด 16 มม. แสดงสถานะ พร้อม Safety Socket 4 มม. L1 , L2 , L3 , N , PE พร้อม Emergency Stop แบบล็อกได้ จำนวน 1 ชุด
- 2.3.2.2 มีแผงจ่ายไฟปรับค่าได้ 1 เฟส 0-250 V ขนาด 2A มี Voltmeter แสดงระดับแรงดันไฟฟ้า และมีจุดจ่ายแรงดันไฟฟ้าแบบ Safety Socket 4 มม. จำนวน 1 ชุด
- 2.3.2.3 มีแผงจ่ายไฟ Universal Outlet แบบ 2P+PE 220 โวลท์ ใช้กับกระแสไฟฟ้า 16 แอมป์ จำนวน 1แผง
- 2.3.2.4 มีสายไฟขนาด 5x 1.5 มม.<sup>2</sup> ยาว 5 เมตร พร้อม Power Plug จำนวน 1 ชุด
- 2.3.2.5 พื้นโต๊ะปฏิบัติงาน มีคุณลักษณะดังนี้
  - 2.3.2.5.1 พื้นโต๊ะทำด้วยไม้ปาติเกิล เคลือบด้วยเมลามีน
  - 2.3.2.5.2 ตัวพื้นมีขนาด W1500 มม. x D 800 มม. ความหนา 28 มม.
  - 2.3.2.5.3 ปิดขอบโต๊ะโดยรอบด้วย PVC หนา 2 มม.
  - 2.3.2.5.4 พื้นโต๊ะเจาะรูสำหรับร้อยสายจาก Console ลงไปที่พื้นด้านล่างของโต๊ะ
  - 2.3.2.5.5 การยึดพื้นโต๊ะเข้ากับ Console และโครงขาโต๊ะยึดได้อย่างมั่นคงแข็งแรง
- 2.3.2.6 โครงขาโต๊ะ มีคุณลักษณะดังนี้
  - 2.3.2.6.1 โครงขาโต๊ะเป็นแบบถอดประกอบได้
  - 2.3.2.6.2 ขาทั้ง 4 ด้าน ทำด้วยเหล็กกล่องหนา 2.2 มม. ขนาดกล่อง 38 x 38 มม.
  - 2.3.2.6.3 ตัวคานเป็นเหล็กกล่องขนาด 50 x 25 มม. หนา 2 มม.
  - 2.3.2.6.4 ลักษณะตัวคานเชื่อมยึดติดกันทั้ง 4 ด้าน พร้อมทั้งมีคานรองรับน้ำหนักพื้นโต๊ะตามแนวความกว้างของพื้นโต๊ะ
  - 2.3.2.6.5 ชุดตัวคานประกอบเข้ากับตัวขาโต๊ะ โดยใช้สกรูยึดทั้ง 4 ด้าน
  - 2.3.2.6.6 ขาโต๊ะสามารถปรับระดับความสูงได้ 20 มม.
  - 2.3.2.6.7 ความสูงจากพื้นถึงระดับพื้นโต๊ะด้านบน มีความสูง 800 มม.

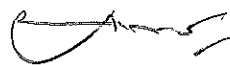
๒.๓.๒.๖.๘ ชุดขาโต๊ะทุกชิ้นพ่นสีเป็นแบบสีฝุ่นอุตสาหกรรมชนิดใช้ภายนอกอาคาร  
และ ผ่านขบวนการอบความร้อน สามารถทนความชื้นได้เป็นอย่างดี

๓ รายละเอียดอื่นๆ

- ๓.๑ เอกสารสำหรับปฏิบัติงานและใบงานประกอบการทดลองจำนวน ๒ เล่ม พร้อมไฟล์เอกสารในรูปแบบ Word หรือ PDF โดยบันทึกข้อมูลใน แผ่นซีดี หรือ ดีวีดี หรืออุปกรณ์บันทึกข้อมูลอื่นๆ
- ๓.๒ เอกสารสำหรับปฏิบัติการพร้อมคำตอบ จำนวน ๒ เล่ม พร้อมไฟล์เอกสารในรูปแบบ Word และ PDF โดยบันทึกข้อมูลใน แผ่นซีดี หรือ ดีวีดี หรืออุปกรณ์บันทึกข้อมูลอื่นๆ
- ๓.๓ ต้องมีการจัดฝึกอบรมการใช้งานจากทางบริษัทที่ชนะการประมูล โดยทำการฝึกอบรมการใช้งานให้กับอาจารย์และบุคลากร หลังจากติดตั้งชุดทดลองแล้วภายใน ๓๐ วัน
- ๓.๔ เป็นชุดฝึกที่ออกแบบ และผลิตจากบริษัทที่ได้รับรองมาตรฐาน ISO ๙๐๐๑: ๒๐๐๘ ทางด้านการออกแบบ และผลิตชุดฝึกด้านการศึกษา For the following activities Design and manufacturing of training kits โดยเฉพาะพร้อมมีเอกสารรับรอง
- ๓.๕ บริษัทผู้เสนอราคาต้องได้รับรองมาตรฐาน ISO ๙๐๐๑ : ๒๐๐๘ ด้านการบริการหลังการขายเพื่อประโยชน์ในการดูแลบำรุงรักษาและซ่อมแซม
- ๓.๖ มีการรับประกันคุณภาพพร้อมบริการซ่อมฟรีรวมอะไหล่ ๑ ปี นับถัดจากวันตรวจรับเรียบร้อยแล้ว และในระยะรับประกันต้องให้บริการตรวจสอบการใช้งานทุก ๆ ๖ เดือน
- ๓.๗ ส่งมอบครุภัณฑ์ภายใน ๖๐ วัน



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุรินทร์ อ่อนน้อม)  
ผู้กำหนดคุณลักษณะ



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิชุนพงษ์ วิบูลเจริญ)  
ผู้ตรวจสอบ



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์รัชณีวรรณ การคำ)  
รองอธิการบดีฝ่ายบริหารและพัฒนาทรัพยากรมนุษย์  
รักษาการแทนอธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี  
ผู้อนุมัติ