

## ร่างขอบเขตของงาน (Terms of Reference : TOR)

การจัดซื้อครุภัณฑ์รายการชุดปฏิบัติการ Maintenance (ชุดปฏิบัติการทดลอง Drive + Control) โครงการพัฒนาการจัดการศึกษาตามยุทธศาสตร์การพัฒนามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ประจำปีงบประมาณ 2554 โครงการพัฒนาการจัดการศึกษาสาขาเทคโนโลยีกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรม

### 1. ความเป็นมา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ได้รับงบประมาณในการจัดซื้อครุภัณฑ์รายการชุดปฏิบัติการ Maintenance (ชุดปฏิบัติการทดลอง Drive + Control) ตามโครงการพัฒนาการจัดการศึกษาตามยุทธศาสตร์การพัฒนามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล โครงการพัฒนาการจัดการศึกษาสาขาเทคโนโลยีกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรม โดยในปีงบประมาณ 2554 ได้กำหนดไว้ในแผนการจัดซื้อครุภัณฑ์รายการชุดปฏิบัติการ Maintenance (ชุดปฏิบัติการทดลอง Drive + Control) จำนวน 1 ชุด วงเงิน 12,414,400 บาท (สิบสองล้านสี่แสนหนึ่งหมื่นสี่พันสี่ร้อยบาทถ้วน) เพื่อใช้ในการเรียนการสอน ทั้งสำหรับฝึกนักศึกษาและผู้เข้ารับการอบรมทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย

### 2. วัตถุประสงค์

- 2.1 จัดซื้อครุภัณฑ์ไว้ใช้ในการจัดการเรียนการสอนและการฝึกอบรม
- 2.2 เพื่อให้ได้ครุภัณฑ์ที่มีคุณภาพ

### 3. คุณสมบัติผู้เสนอราคา

- 3.1 ผู้เสนอราคาต้องเป็นผู้มีอาชีพขายพัสดุที่ประกวดราคาซื้อด้วยวิธีการทางอิเล็กทรอนิกส์
- 3.2 ผู้เสนอราคาต้องไม่เป็นผู้ที่ถูกกระบุชื่อไว้ในบัญชีรายชื่อผู้ทำงานของทางราชการและได้แจ้งเวียนชื่อแล้วหรือไม่เป็นผู้ที่ได้รับผลของการสั่งให้นิติบุคคลอื่นเป็นผู้ทำงานตามระเบียบของทางราชการ
- 3.3 ผู้เสนอราคาต้องไม่เป็นผู้มีผลประโยชน์ร่วมกันกับผู้เสนอราคารายอื่น และ/หรือต้องไม่เป็นผู้มีผลประโยชน์ร่วมกันระหว่างผู้เสนอราคากับผู้ให้บริการตลาดกลางอิเล็กทรอนิกส์ ณ วันประกาศประกวดราคาซื้อด้วยวิธีการทางอิเล็กทรอนิกส์ หรือไม่เป็นผู้กระทำการอันเป็นการขัดขวางการแข่งขันราคาอย่างเป็นธรรม
- 3.4 ผู้เสนอราคาต้องไม่เป็นผู้ได้รับเอกสิทธิ์หรือคุ้มกัน ซึ่งอาจปฏิเสธไม่ยอมขึ้นศาลไทยเว้นแต่รัฐบาลของผู้เสนอราคาได้มีคำสั่งให้สละสิทธิและความคุ้มกันเช่นนั้น

#### 4. คุณลักษณะเฉพาะ

ปรากฏตามเอกสารที่แนบพร้อม TOR จำนวน 23 หน้า และร่างขอบเขตงาน จำนวน 2 หน้า

#### 5. ระยะเวลาดำเนินการ

เดือนมกราคม 2554 ถึงเดือนพฤษภาคม 2554

#### 6. ระยะเวลาส่งมอบ

ให้ผู้ขายส่งมอบครุภัณฑ์รายการชุดปฏิบัติการ Maintenance (ชุดปฏิบัติการทดลอง Drive + Control) โครงการการพัฒนาการจัดการศึกษาตามยุทธศาสตร์การพัฒนามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ตามรายการที่จัดซื้อดังกล่าว มีระยะเวลาส่งมอบภายใน 150 วัน นับตั้งแต่วันลงนามในสัญญา

#### 7. วงเงินงบประมาณ

วงเงิน 12,414,400 บาท (สิบสองล้านสี่แสนหนึ่งหมื่นสี่พันสี่ร้อยบาทถ้วน)

## รายละเอียดประกอบการจัดซื้อครุภัณฑ์ ชุดทดลอง Drive + Control

1. จำนวนที่ต้องการ 1 ชุด

2. รายละเอียดทั่วไป

- 2.1 เป็นชุดที่ใช้สำหรับศึกษาทดลองในเรื่องอิเล็กทรอนิกส์กำลัง โดยบริษัทที่ผลิตอุปกรณ์การทดลอง ทางด้านการศึกษาโดยเฉพาะ
- 2.2 สามารถทดลองในเรื่องเกี่ยวกับอิเล็กทรอนิกส์กำลังทั้งแบบ 1 เฟส และ 3 เฟส
- 2.3 สามารถขยายศักยภาพในทำการทดลองการขับเคลื่อนเครื่องจักรกลไฟฟ้าได้ทั้งกระแสตรง และกระแสสลับได้
- 2.4 แผงทดลองแต่ละแผงสามารถติดตั้ง บนโครงยึดอุปกรณ์ ด้านหน้าของแผงมีการพิมพ์วงจรไฟฟ้า ไว้อย่างชัดเจน เพื่อให้นักศึกษาเข้าใจสัญลักษณ์ และหลักการทำงานทางด้านอิเล็กทรอนิกส์กำลัง และการใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลังในการขับเคลื่อนเครื่องจักรกลได้ดียิ่งขึ้น

3. รายละเอียดทางเทคนิค

3.1 ชุดทดลองอิเล็กทรอนิกส์กำลัง จำนวน 6 ชุด  
ชุดทดลองอิเล็กทรอนิกส์กำลัง ต้องสามารถทำการทดลองได้ไม่น้อยกว่าหัวข้อต่อไปนี้

- คุณสมบัติของอุปกรณ์เซมิคอนดักเตอร์
  - อุปกรณ์ที่ไม่สามารถควบคุมได้ (Non – controllable Valves)
    - ไดโอดกำลัง
  - อุปกรณ์ที่สามารถควบคุมได้ (Controllable valves)
    - ไทริสเตอร์
    - ไทรแอก
  - สเตตติคคอนเวอร์เตอร์วาล์ว (Static Converter valves)
    - ไทริสเตอร์ แบบมีวงจรหยุดนำกระแสด้วยตัวเอง
    - มอสเฟตกำลัง
    - ไอจีบีที (Insulated gate bipolar transistor)
- วงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรง (AC to DC Rectifier)
  - Uncontrolled static converter circuits
  - Single – pulse static converters
  - Controlled Midpoint Rectifier Circuits

- Controlled Rectifier Bridge Circuits
- Controlled Drainage – coil Circuits
- วงจรแปลงผันแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (DC to DC Converters)
  - DC Chopper
  - Step – down converter with different loads
  - Step – up / Step – down converter
  - Step – up / Step – down converter with power factor correction
  - Fly back converter
- วงจรแปลงผันแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ (DC to AC Converters, Inverter)
  - Single – phase forward converter
  - Asymmetric half – bridge forward converter
  - DC chopper with a full – bridge and inverter
- วงจรแปลงผันแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ (AC to AC Converters)
  - AC static converters
  - Three – phase controller

**ชุดทดลองอิเล็กทรอนิกส์กำลัง ประกอบไปด้วยอุปกรณ์ทั้งหมดดังรายการต่อไปนี้**

**3.1.1 แผงวงจรคอนเวอร์เตอร์**

จำนวน 9 ชิ้น

- ใช้สำหรับวงจรเรียงกระแสแบบควบคุมได้ และควบคุมไม่ได้, วงจรอินเวอร์เตอร์ และการทำงานแบบ 4 ควอดแรนท์
- มีทรินสเตอร์ จำนวนไม่น้อยกว่า 8 ตัว
- มีไดโอด จำนวนไม่น้อยกว่า 6 ตัว
- มีไทรแอก จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ตัว
- มีการป้องกันโหลดเกิน และมีวงจรสับเบอรั
- ใช้กับแรงดันไฟฟ้าไม่เกิน 230 โวลท์, ทนกระแสได้ไม่น้อยกว่า 4 แอมป์
- มีสัญญาณทรiggerเกอร์เอาท์พุท และควบคุมเกท
- สามารถเปลี่ยนหน้ากการทดลองไม่น้อยกว่าหัวข้อดังต่อไปนี้
  - M1 / M3 แบบควบคุมไม่ได้
  - M1 แบบควบคุมได้
  - M3 แบบควบคุมได้

- B2 แบบควบคุมไม่ได้
- B2 แบบควบคุมได้
- B6 แบบควบคุมไม่ได้
- B6 แบบควบคุมได้
- W1 antiparallel 1 P
- W3 antiparallel 3 P
- ไตรแอค

- 3.1.2 แผงควบคุมคอนเวอร์เตอร์ จำนวน 9 ชั้น
- สามารถต่อใช้งานควบคุมร่วมกับแผงวงจรคอนเวอร์เตอร์ได้
  - สามารถควบคุมมูมเฟส สำหรับวงจร M1C, M3C, B2C, W1C, W3C, B6C และ ไตรแอคได้
  - มีโหมด 4 ควอทแรนท์
  - สามารถควบคุม Pulse group และจำกัดมูมได้
  - มีจอแสดงผลแบบดิจิตอลขนาดไม่น้อยกว่า 4 หลัก จำนวนไม่น้อยกว่า 2 แถว
- 3.1.3 แผงฟิวส์ จำนวน 12 แผง
- มีช่องฟิวส์จำนวนไม่น้อยกว่า 3 ช่อง แบบ Super-fast สำหรับป้องกัน อุปกรณ์กึ่งตัวนำ
  - ฟิวส์ขนาด 10 แอมป์ จำนวนไม่น้อยกว่า 3 ตัว
  - ฟิวส์ขนาด 6 แอมป์ จำนวนไม่น้อยกว่า 3 ตัว
- 3.1.4 โหลดเพาเวอร์อิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 6 ชั้น
- ประกอบด้วยโหลดที่เป็นตัวต้านทาน, ตัวเหนี่ยวนำ, และตัวเก็บประจุ สำหรับใช้กับวงจรที่เป็นชนิดเฟสเดียว และสามารถเฟสทั้งหมดในชุดอิเล็กทรอนิกส์กำลัง
- ตัวต้านทานขนาดไม่น้อยกว่า 100 โอห์ม, 1 แอมป์ จำนวน 3 ตัว พร้อมฟิวส์ขนาด 1.25 แอมป์
  - ตัวต้านทานขนาดไม่น้อยกว่า 1000 โอห์ม, 220 มิลลิแอมป์ จำนวน 1 ตัว
  - ตัวเหนี่ยวนำ ขนาดไม่น้อยกว่า 50 mH, 2.5 แอมป์ จำนวน 2 ตัว พร้อมตัว tap ที่ 12.5 mH
  - ตัวเก็บประจุ ขนาดไม่น้อยกว่า 4/8/16 ไมโครฟารัด 450 โวลท์ AC จำนวน 3 ตัว
- 3.1.5 แผงปรับแรงดันอ้างอิง จำนวน 6 ชั้น
- ใช้สำหรับปรับค่า โดยโพเทนชิโอมิเตอร์ที่ใช้ปรับค่าอ้างอิงมีการแบ่งค่าแบบเชิงเส้น
  - มีค่าเอาต์พุทไม่น้อยกว่า 0 ถึง +10 โวลท์ และสามารถต่อให้เป็น -10 ถึง +10 โวลท์ โดยใช้ปลั๊กเสียบ

- เอาท์พุทสามารถต่อกับแรงดันอ้างอิงภายนอก ( $U_{REF}$ ) โดยใช้สวิตช์โยกหรือต่อกับ 0 โวลท์ โดยใช้ปลั๊กเสียบ
  - ใช้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง  $\pm 15$  โวลท์
- 3.1.6 ชุดการจำลองระบบควบคุมอุณหภูมิ จำนวน 9 ชุด  
 สำหรับการควบคุมแบบ Full-wave เป็นระบบควบคุมอุณหภูมิแบบใช้ความร้อนด้วยความต้านทานขนาด 330 โอห์ม / 25 วัตต์ โดยเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ และการวัดค่าทรานสดิวเซอร์
- แรงดันเอาท์พุทไม่น้อยกว่า 0 ถึง 10 โวลท์
  - ใช้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง  $\pm 15$  โวลท์
- 3.1.7 แผงตัวควบคุม PID จำนวน 9 แผง  
 ใช้เป็นตัวควบคุมแบบ P, PI, PD หรือ PID สำหรับการควบคุมแบบ Continuous closed-loop ประกอบด้วย Input summing point สำหรับ Reference variable และ Controlled variable, ส่วนวัดสัญญาณผิดพลาด, ส่วนแสดงค่าเบี่ยงเบนของสัญญาณผิดพลาดเป็น LED 3 ดวง, I และ D สามารถหยุดการทำงานได้โดยลัมพ์ และ I สามารถ Reset ได้โดยแยกผ่าน separate Input ( $I_{off}$ ) รวมทั้ง Output Summing point สำหรับการเพิ่มหรือลดค่า Disturbance variable
- มีช่วงสัญญาณจาก -10 โวลท์ ถึง +10 โวลท์
  - มี Proportional rate  $K_p$  จาก 0 ถึง 1000
  - Correction Time  $T_N$  จาก 1 ms ถึง 100 s
  - Derivative-action time  $T_v$  จาก 0.2 ms ถึง 20 s
  - ปรับค่าละเอียดด้วย Potentiometer พร้อมจอแสดงผล
  - ใช้ไฟฟ้ากระแสตรง  $\pm 15$  โวลท์
- 3.1.8 แผงขั้วหลอดไฟ จำนวน 8 แผง
- มีขั้วเสียบแบบ E14 จำนวนไม่น้อยกว่า 3 ขั้ว สำหรับใช้กับหลอดไฟสูงสุดขนาด 60 วัตต์
  - สามารถต่อแบบขนานกันได้
  - จุดต่อทั้งหมดผ่าน Socket ขนาด 4 มิลลิเมตร
- 3.1.9 หลอดไฟฟ้า จำนวน 27 หลอด
- มีขนาดไม่น้อยกว่า 220 โวลท์, 40 วัตต์, ใช้กับขั้วเสียบแบบ E 14
- 3.1.10 ชุดควบคุมความกว้างพัลส์ จำนวน 7 ชุด
- สำหรับต่อกับ Switching DC Controllers, Switched - mode power supplies และ Single-phase inverters สามารถใช้ควบคุมวาล์วได้ทุกตัว ในชุดอิเล็กทรอนิกส์กำลัง

เช่น ไทริสเตอร์, GTO thyristors, MOSFETs, Darlington transistors, และ IGBTs  
พร้อมด้วย Output amplifier แบบ Electrically isolated outputs สำหรับ Triggering  
และ Turn-off สามารถเลือกใช้งานด้วยแบบควบคุม ดังนี้ คือ Pulse width modulation  
(PWM), Pulse frequency modulation (PFM) หรือ Two - position Control ได้

- Control voltage (สำหรับทุก modes) จาก 0 ถึง 10 โวลต์ DC

Pulse width modulator :

- มีช่วงความถี่อยู่ในช่วง 20 ถึง 200 เฮิรตซ์/0.2 ถึง 2 กิโลเฮิรตซ์/2 ถึง 20 กิโลเฮิรตซ์
- มี Pulse duty cycle  $t_{ON}$  0 ถึง 0.95

Pulse frequency modulator :

- มีช่วง Pulse duration อยู่ในช่วง 5 ถึง 50 ไมโครวินาที / 50 ถึง 500 ไมโครวินาที /  
0.5 ถึง 5 มิลลิวินาที
- ความถี่อยู่ในช่วง 20 เฮิรตซ์ ถึง 20 กิโลเฮิรตซ์

Two-position controller :

- มีค่า Hysteresis อยู่ในช่วง 0 ถึง 2 โวลต์

Output amplifier :

- มีระบบป้องกันไฟฟ้าลัดวงจร
- แสดงสถานะการ switching โดย LED 2 ดวง
- เอาท์พุทเป็นแบบ Electrically isolate 2 ชุด ๆ ละ 2 ตัว (มีค่า Test voltage ไม่น้อยกว่า  
3 กิโลโวลต์)
- มีอินพุทแบบ INHIBIT

ใช้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง  $\pm 15$  โวลต์

3.1.11 มอสเฟต

จำนวน 8 ชิ้น

เป็นแบบ Self - blocking n-channel field effect transistor พร้อมด้วย Fast - acting  
inverse diode (FREDFET) และวงจร RCD Suppressor ซึ่งสามารถหยุดการทำงาน  
ของ Mosfet ได้, ใช้ Mosfet ประกอบเป็น DC Controllers, Switched-mode power  
supplies และ Inverters ของ Higher pulse frequency

- มีค่า Drain-source voltage ( $U_{DS}$ ) ไม่น้อยกว่า 500 โวลต์
- มีค่า Drain DC current ( $I_D$ ) ไม่น้อยกว่า 10 แอมป์
- มีค่า Drain-source closing resister ( $R_{DS(on)}$ ) ไม่น้อยกว่า 0.6 โอห์ม

- 3.1.12 ไทริสเตอร์ พร้อมวงจรมอเตอร์เหนี่ยวนำกระแส จำนวน 8 ชิ้น
- ไทริสเตอร์สามารถหยุดการทำงานด้วยตัวเก็บประจุ และวงจร FREE WHEELING วงจรหยุดการทำงานประกอบด้วยขดลวดต่อกับ Blocking Diode, Thyristor และตัวเก็บประจุ สำหรับหยุดการทำงาน ใช้ไฟฟ้ากระแสตรงจากหน่วยควบคุม PWM, PFM มี SHUNT 4 ตัว สำหรับวัดกระแส ไฟฟ้าหลัก, กระแสสำหรับหยุดการทำงาน, กระแส ที่ขดลวด และกระแสที่ Free Wheeling, ตัวไทริสเตอร์ และไดโอดทั้งหมดมีวงจร RCD Suppressor
- Main thyristor และ Turn-off thyristor เป็น Repetitive peak forward off-state voltage มีค่า ( $U_{DRM}$ ) สูงสุด 800 โวลต์
  - มีค่ากระแสเฉลี่ย ( $I_{TAV}$ ) สูงสุด 13 แอมป์
  - มีค่า Circuit-commutated recovery time ( $t_Q$ ) 35 ไมโครวินาที
  - มี Free-wheeling diode
  - เป็น Repetitive peak reverse voltage มีค่า ( $U_{RRM}$ ) สูงสุด 1000 โวลต์
  - มีค่ากระแสเฉลี่ย ( $I_{TAV}$ ) สูงสุด 8 แอมป์
  - มีความต้านทาน ขนาด 0.1 โอห์ม, 1% จำนวนไม่น้อยกว่า 4 ชุด
  - ค่า Turn-off capacitor ขนาดไม่น้อยกว่า 4 ไมโครฟารัด, 450 โวลต์
  - ค่า Ring-around reactor ขนาดไม่น้อยกว่า 1 mH
- 3.1.13 ไอจีบีที จำนวน 28 ชิ้น
- IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) แสดงพฤติกรรมของ Self - blocking field - effect transistor (MOSFET) ที่ Input และพฤติกรรมของ Bipolar power transistor ที่ Output ประกอบ กับ Fast-acting inverse diode และ วงจร RCD Suppressor สำหรับใช้กับการสวิตช์ที่รวดเร็วด้วยแรงดันสูง เช่น DC Controllers, Switch-mode power supplies และอินเวอร์เตอร์
- มีค่า Collector-emitter blocking voltage ( $U_{CES}$ ) สูงสุด 1000 โวลต์
  - ค่า Collector current ( $I_{CAV}$ ) สูงสุด 10 แอมป์
  - ค่า Collector-emitter saturation voltage ( $U_{CE SAT}$ ) ไม่น้อยกว่า 3.5 โวลต์
  - ค่า Gate-emitter input capacitance ( $C_{GE}$ ) ไม่น้อยกว่า 1.8 nF
- 3.1.14 ตัวเก็บประจุ จำนวน 7 ชิ้น
- เป็น Electrolytic capacitors ซึ่งมีระบบป้องกันไฟฟ้าลัดวงจร และป้องกันสวิตช์
  - สามารถใช้งานกับ Switched-mode, Conventional power supplies และ DC Voltage links ได้



- มีค่า Nominal Capacitance ไม่น้อยกว่า 1,000 ไมโครฟารัด จำนวนไม่น้อยกว่า 2 ตัว
  - มีค่า Nominal Voltage ไม่น้อยกว่า 385 โวลท์
- 3.1.15 แผงวงจรเรียงกระแส จำนวน 7 ชิ้น
- ใช้สำหรับเป็นแหล่งกำเนิดของ Link voltage กับ Converters, Switched mode power supplies และในเทคโนโลยีการขับเคลื่อน
  - ค่า Nominal voltage ( $U_{N\text{RMS}}$ ) ไม่น้อยกว่า 3 x 400 โวลท์
  - ค่า Nominal current ( $I_{N\text{AV}}$ ) ไม่น้อยกว่า 10 แอมป์
  - ค่า Surge forward current ( $I_{FSM}$ ) ไม่น้อยกว่า 300 แอมป์
  - ค่า Conducting state voltage ( $U_F$ ) ไม่น้อยกว่า 1 โวลท์ (ต่อ diode)
- 3.1.16 หม้อแปลงสำหรับสวิตช์ซึ่งโหมดเพาเวอร์ซัพพลาย จำนวน 8 ชุด
- เป็นหม้อแปลงกำลังสำหรับจ่ายให้กับวงจรแปลงผันแบบ Forward
  - ด้านขาเข้า :
    - แรงดันอินพุต ( $U_o$ ) ไม่น้อยกว่า : 2 x 115 โวลท์
    - การพันไม่น้อยกว่า : 2 x 48 รอบ
  - ด้านขาออก :
    - แรงดันเอาต์พุต ( $U_a$ ) ไม่น้อยกว่า : 2 x 15 โวลท์ / 4.5 แอมป์
    - การพันไม่น้อยกว่า : 2 x 7 รอบ
    - กำลังไฟฟ้า ( $P_n$ ) ไม่น้อยกว่า : 135 โวลท์แอมป์
    - ความถี่ ( $f_n$ ) : มากกว่า 15 กิโลเฮิรตซ์
- 3.1.17 เครื่องกำเนิดสัญญาณ จำนวน 8 เครื่อง
- เป็นแบบติดตั้งบนโครงยึดอุปกรณ์ได้
  - ย่านความถี่อยู่ในช่วง 1 เฮิรตซ์ ถึง 200 กิโลเฮิรตซ์, Resolution 1 มิลลิเฮิรตซ์ ถึง 100 เฮิรตซ์ หรือดีกว่า
  - สามารถกำเนิดสัญญาณได้ไม่น้อยกว่า : Sine / Triangular / Square – wave / DC
  - แรงดันเอาต์พุตอยู่ในช่วง 0 ถึง 20 โวลท์พีคทูพีคแบบต่อเนื่อง
  - มีดีซีออฟเซ็ทอยู่ในช่วง -10 ถึง +10 โวลท์
  - มีจอแสดงผลแบบ LC display 4 digit
  - ค่าการลดทอนไม่มากกว่า 0dB, -20dB, -40dB
  - เอาต์พุตอิมพีแดนซ์ไม่น้อยกว่า 50 โอห์ม
  - ทริกเกอร์เอาต์พุต : TTL level

- เอาท์พุทผ่าน Safety sockets ขนาด 4 มิลลิเมตร
  - ใช้แรงดันไฟฟ้า 230 โวลท์, 50/60 เฮิรท์
- 3.1.18 แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง  $\pm 15$  โวลท์ จำนวน 6 ชิ้น
- Mains switch มีไฟแสดง
  - Output  $\pm 15$  โวลท์ / 2.4 แอมป์ หรือสูงกว่า
  - Residual ripple : 0.3 มิลลิโวลท์
  - Output เป็นแบบ Safety Sockets ขนาด 4 มิลลิเมตร
- 3.1.19 หม้อแปลงไฟฟ้า 45/90 โวลท์ จำนวน 6 ชิ้น
- เป็นตัวจ่ายไฟฟ้า และหน่วยทดลองในเรื่องอิเล็กทรอนิกส์กำลัง ประกอบด้วย
- Main switch เป็นเบรกเกอร์ชนิด 3 ขั้ว
  - Main voltage ไม่น้อยกว่า  $3 \times 380$  โวลท์  $\pm 10\%$ , 50-60 เฮิรท์
  - มีเอาท์พุทแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ  $3 \times 90$  โวลท์ / 1.5 แอมป์, Ground ลอย พร้อม TAP ที่ 45 โวลท์ จำนวนไม่น้อยกว่า 3 ตัว
  - มีเอาท์พุทแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 220 โวลท์ 1 แอมป์ จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ชุด
  - Output เป็นแบบ Safety sockets ขนาด 4 มิลลิเมตร
- 3.1.20 เครื่องมือวัดระบบคอมพิวเตอร์ จำนวน 1 เครื่อง
- เป็นเครื่องมือวัดสัญญาณด้วยระบบ PC – Based ซึ่งสามารถวัดสัญญาณได้หลากหลายรูปแบบ
  - สามารถทำงานในรูปแบบ ดิจิตอลสโตเรทออกซิโลสโคป ซึ่งมีช่องวัดสัญญาณไม่น้อยกว่า 2 ช่อง
  - สามารถทำงานในรูปแบบของสเปคตรัมอานาไลเซอร์ได้
  - สามารถทำงานในรูปแบบของแหล่งจ่ายแรงดันปรับค่าได้ (Variable Power Supply) ซึ่งสามารถปรับระดับสัญญาณได้ 0-25 โวลท์ , 1 แอมป์
  - สามารถทำงานในรูปแบบของแหล่งจ่ายสัญญาณรูปคลื่น (Function Generator) ซึ่งสามารถจ่ายสัญญาณได้ 20 Vp – p
  - สามารถบันทึกผลการวัดสัญญาณได้
  - สามารถแสดงผลการวัดและวิเคราะห์สัญญาณได้ในลักษณะ Real time
  - มีระดับสัญญาณไฟเลี้ยง 220 โวลท์, 50 เฮิรท์
- 3.1.21 แผงวงจรหลัก (Docking Station) จำนวน 1 แผง
- มีจอแสดงผลเป็นแบบ LCD
  - มีชุดจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 5 V,  $\pm 15$ V , 500mA หรือดีกว่า

- มีชุดค่าความต้านทานปรับค่าได้ขนาด 1k, 10k, 100k โอห์ม หรือดีกว่า
  - มีชุดจ่ายสัญญาณความถี่ จำนวน 2 ช่อง สามารถจ่ายความถี่ได้ 1-100k โอห์ม และสามารถเลือกรูปแบบของลูกคลื่นความถี่ได้ 2 รูปแบบ
  - มีระดับสัญญาณไฟเลี้ยง 220 โวลท์, 50 เฮิรท์
- 3.1.22 โมดูลการเรียนรู้เรื่อง Phase Control Rectifier จำนวน 1 โมดูล  
 ภายในโมดูลประกอบด้วยวงจรต่าง ๆ เพื่อเรียนรู้เรื่อง
- SCR Gate drive's characteristic and SCR phase control methods
  - SCR Phase control and each circuit's status by the phase variation
  - Half-wave, full-wave and bridge rectifier circuits
  - Peripherals of rectifier circuit and purpose of insertion
  - Rectifier's efficiency and change by the load variation
  - Bridge rectifier circuit's rectification course and adjacent circuits
- 3.1.23 โมดูลการเรียนรู้เรื่อง Chopper จำนวน 1 โมดูล  
 ภายในโมดูลประกอบด้วยวงจรต่าง ๆ เพื่อเรียนรู้เรื่อง
- Characteristics and control process of IGBT gate driver
  - Operation principles of boost, buck, boost and buck chopper circuit
  - Purpose of use and characteristics of chopper
- 3.1.24 โมดูลการเรียนรู้เรื่อง Electric Power Device & Rectifier จำนวน 1 โมดูล  
 ภายในโมดูลประกอบด้วยวงจรต่าง ๆ เพื่อเรียนรู้เรื่อง
- Characteristics of power electronic components and their operation principles
  - SCR, TRIAC and IGBT characteristics
  - Operation principles of full-wave, half-wave bridge rectifier circuit and load variations
- 3.1.25 โมดูลการเรียนรู้เรื่อง Single Phase Inverter จำนวน 1 โมดูล  
 ภายในโมดูลประกอบด้วยวงจรต่าง ๆ เพื่อเรียนรู้เรื่อง
- Characteristics and operation principles of the bridge using IGBT
  - Process of inverter and its operation principles
  - Process of PWM and IGBT driver's operation principles
  - The circuits adjacent to inverter and operation principles of each circuit

- 3.1.26 โมดูลการเรียนรู้เรื่อง AC Phase Control จำนวน 1 โมดูล  
ภายในโมดูลประกอบด้วยวงจรต่าง ๆ เพื่อเรียนรู้เรื่อง
- SCR & TRIAC Drive's operation principles and familiarize the test points
  - Operation principles of AC phase control and characteristics of each element
  - CYCRO converter's operation principles, purpose of use and conversion process
  - Operation principles of the circuits adjacent to CYCLO converter and their purpose of use
  - Process and characteristics of phase control by SCR, Diode and Triac elements
- 3.1.27 โมดูลการเรียนรู้เรื่อง Single – Phase Half / Full Wave Rectification จำนวน 1 โมดูล  
ภายในโมดูลประกอบด้วยวงจรต่าง ๆ เพื่อเรียนรู้เรื่องคุณสมบัติพื้นฐานของวงจรเรียงกระแสโดยใช้ไดโอด ซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้
- แรงดันไฟฟ้าภาคอินพุต AC 220 โวลท์
  - Output Load เป็นรีซิสแตนซ์ ขนาด 10 วัตต์ 100 โอห์ม
  - ไดโอดมีขนาดไม่น้อยกว่า 600 โวลท์ 10 แอมป์
  - มีจุดตรวจเช็คสัญญาณดังนี้ คือ จุดวัดรูปคลื่นสัญญาณอินพุต AC, จุดวัดรูปคลื่นสัญญาณแรงดันไฟฟ้านานเอาท์พุท, จุดวัดกระแสไฟฟ้าภาคเอาท์พุท และจุดวัด Diode counter-voltage
- 3.1.28 โมดูลการเรียนรู้เรื่อง Three – Phase Half / Full Wave Rectification จำนวน 1 โมดูล  
ภายในโมดูลประกอบด้วยวงจรต่าง ๆ เพื่อเรียนรู้เรื่องคุณสมบัติพื้นฐานของวงจรเรียงกระแสแบบ 3 เฟส โดยใช้ไดโอด ซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้
- แรงดันไฟฟ้าภาคอินพุทกระแสลับ 3 เฟส 380 โวลท์
  - Output Load เป็นรีซิสแตนซ์ ขนาด 10 วัตต์ 100 โอห์ม
  - ไดโอดมีขนาดไม่น้อยกว่า 600 โวลท์ 10 แอมป์
  - มีจุดตรวจเช็คสัญญาณดังนี้ คือ จุดวัดรูปคลื่นสัญญาณอินพุต AC, จุดวัดรูปคลื่นสัญญาณแรงดันไฟฟ้านานเอาท์พุท, จุดวัดกระแสไฟฟ้าภาคเอาท์พุท และจุดวัดแรงดันและกระแสไฟฟ้าที่ Each phase
- 3.1.29 โมดูลการเรียนรู้เรื่อง Single – Phase Half / Full Wave Phase – Control Converter จำนวน 1 โมดูล  
ภายในโมดูลประกอบด้วยวงจรต่าง ๆ เพื่อเรียนรู้เรื่องคุณสมบัติพื้นฐานของการควบคุมแบบเฟสคอนโทรล ซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้

- แรงดันไฟฟ้าภาคอินพุทกระแสสลับ 220 โวลท์
- Output Load เป็นรีซิสแตนซ์ ขนาด 10 วัตต์ 100 โอห์ม
- โมดูล SCR มีขนาดไม่น้อยกว่า 1000 โวลท์ 10 แอมป์
- มีจุดตรวจเช็คสัญญาณดังนี้ คือ จุดวัดรูปคลื่นสัญญาณอินพุท AC, จุดวัดรูปคลื่นสัญญาณแรงดันไฟฟ้าด้านเอาต์พุท, จุดวัดกระแสไฟฟ้าภาคเอาต์พุท และจุดวัด Counter voltage of SCR

3.1.30 โมดูลการเรียนรู้เรื่อง Three – Phase Half / Full Wave Phase – Control Converter จำนวน 1 โมดูล

ภายในโมดูลประกอบด้วยวงจรต่าง ๆ เพื่อเรียนรู้เรื่องคุณสมบัติพื้นฐานของการควบคุมแบบเฟสคอนโทรล สำหรับ SCR, วงจรเกจ และวงจรเรียงกระแส ซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้

- แรงดันไฟฟ้าภาคอินพุทกระแสสลับ 3 เฟส 380 โวลท์
- Output Load เป็นรีซิสแตนซ์ ขนาด 10 วัตต์ 100 โอห์ม
- SCR โมดูลมีขนาดไม่น้อยกว่า 1000 โวลท์ 10 แอมป์
- ไอซี Drive แบบ SCR Gate Trigger Circuit
- มีจุดตรวจเช็คสัญญาณดังนี้ คือ จุดวัดรูปคลื่นสัญญาณอินพุท AC, จุดวัดรูปคลื่นสัญญาณแรงดันไฟฟ้าด้านเอาต์พุท, จุดวัดกระแสไฟฟ้าภาคเอาต์พุท และจุดวัดแรงดันและกระแสไฟฟ้าที่ Each phase

3.1.31 โมดูลการเรียนรู้เรื่อง Buck (Step – Down) Converter จำนวน 1 โมดูล

ภายในโมดูลประกอบด้วยวงจรต่าง ๆ เพื่อเรียนรู้เรื่องวิธีการควบคุมดิซซีโพลด์ ซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้

- แรงดันไฟฟ้าภาคอินพุทกระแสสลับ 220 โวลท์
- Output Load เป็นรีซิสแตนซ์ ขนาด 10 วัตต์ 100 โอห์ม
- IGBT มีขนาดไม่น้อยกว่า 1000 โวลท์ 25 แอมป์
- ไอซี Drive แบบ IGBT Gate Trigger Circuit
- มีจุดตรวจเช็คสัญญาณดังนี้ คือ จุดวัดสัญญาณแรงดันอินพุท, จุดวัดรูปคลื่นสัญญาณแรงดันไฟฟ้าด้านเอาต์พุท, จุดวัดกระแสไฟฟ้าภาคเอาต์พุท และจุดวัดแรงดัน และกระแสไฟฟ้าที่เอาต์พุท

3.1.32 โมดูลการเรียนรู้เรื่อง Boost (Step – up) Converter จำนวน 1 โมดูล  
ซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้

- แรงดันไฟฟ้าภาคอินพุทกระแสสลับ 220 โวลท์
- Output Load เป็นรีซิสแตนซ์ ขนาด 10 วัตต์ 100 โอห์ม

- IGBT มีขนาดไม่น้อยกว่า 1000 โวลท์ 25 แอมป์
  - ไอซี Drive แบบ IGBT Gate Trigger Circuit
  - มีจุดตรวจเช็คสัญญาณดังนี้ คือ จุดวัดสัญญาณแรงดันอินพุท, จุดวัดรูปคลื่นสัญญาณแรงดันไฟฟ้าด้านเอาต์พุท, จุดวัดแรงดันและกระแสไฟฟ้าที่เอาต์พุท
- 3.1.33 โมดูลการเรียนรู้เรื่อง PWM Wave Voltage Inverter จำนวน 1 โมดูล  
ซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้
- แรงดันไฟฟ้าภาคอินพุทกระแสสลับ 220 โวลท์
  - Output Load เป็นรีซิสแตนซ์ ขนาด 10 วัตต์ 100 โอห์ม
  - IGBT มีขนาดไม่น้อยกว่า 1000 โวลท์ 25 แอมป์
  - ไอซี Drive แบบ IGBT Gate Trigger Circuit
  - มีจุดตรวจเช็คสัญญาณดังนี้ คือ จุดวัดสัญญาณแรงดันอินพุท, จุดวัดรูปคลื่นสัญญาณแรงดันไฟฟ้าด้านเอาต์พุท, จุดวัดแรงดันและกระแสไฟฟ้าที่เอาต์พุท
- 3.1.34 โมดูลการเรียนรู้เรื่อง Square Wave Voltage Inverter จำนวน 1 โมดูล
- แรงดันไฟฟ้าภาคอินพุทกระแสสลับ 220 โวลท์
  - Output Load เป็นรีซิสแตนซ์ ขนาด 10 วัตต์ 100 โอห์ม
  - SCR มีขนาดไม่น้อยกว่า 1000 โวลท์ 10 แอมป์
  - ไอซี Drive แบบ SCR Gate Trigger Circuit
  - มีจุดตรวจเช็คสัญญาณดังนี้ คือ จุดวัดสัญญาณแรงดันอินพุท, จุดวัดรูปคลื่นสัญญาณแรงดันไฟฟ้าด้านเอาต์พุท, จุดวัดแรงดันและกระแสไฟฟ้าที่เอาต์พุท
- 3.1.35 โมดูลการเรียนรู้เรื่อง Single - Phase Cyclo Converter จำนวน 1 โมดูล  
ซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้
- แรงดันไฟฟ้าภาคอินพุทกระแสสลับ 220 โวลท์
  - Output Load เป็นรีซิสแตนซ์ ขนาด 10 วัตต์ 100 โอห์ม
  - SCR มีขนาดไม่น้อยกว่า 1000 โวลท์ 25 แอมป์
  - ไอซี Drive แบบ SCR Gate Trigger Circuit
  - มีจุดตรวจเช็คสัญญาณดังนี้ คือ จุดวัดสัญญาณแรงดันอินพุท, จุดวัดรูปคลื่นสัญญาณแรงดันไฟฟ้าด้านเอาต์พุท, จุดวัดแรงดันและกระแสไฟฟ้าที่เอาต์พุท
- 3.1.36 โมดูลการเรียนรู้เรื่อง Single – Phase AC Converter จำนวน 1 โมดูล  
ซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้
- แรงดันไฟฟ้าภาคอินพุทกระแสสลับ 220 โวลท์
  - Output Load เป็นรีซิสแตนซ์ ขนาด 10 วัตต์ 100 โอห์ม

- SCR มีขนาดไม่น้อยกว่า 1000 โวลท์ 10 แอมป์
  - ไอซี Drive แบบ SCR Gate Trigger Circuit
  - มีจุดตรวจเช็คสัญญาณดังนี้ คือ จุดวัดสัญญาณแรงดันอินพุท, จุดวัดรูปคลื่นสัญญาณแรงดันไฟฟ้าด้านเอาท์พุท, จุดวัดแรงดันและกระแสไฟฟ้าที่เอาท์พุท
- 3.1.37 โปรแกรมจำลองการควบคุมวงจรอิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 1 ชุด  
มีรายละเอียดไม่น้อยกว่าดังนี้
- มีสัญลักษณ์ไฟฟ้าสำหรับเขียนวงจร
  - มีองค์ประกอบของห้องสมุดที่กำหนดไว้สำหรับการกำหนดค่าวงจรได้ง่าย
  - มีองค์ประกอบของเฟสเดียวสามเฟสโดยตรงหมุนเวียนและกระแสสลับวิธีการดู
  - เป็นโปรแกรมการเขียนวงจรโดยใช้รูปจริง
  - สามารถกำหนดค่าวงจรเชื่อมต่อกันกับวงจรนิวมเมติกส์ / วงจรไฮดรอลิกส์ด้วยแผนภาพสัญลักษณ์
  - สามารถตรวจจับสถานะการทำงานของวงจรไฟฟ้าโดยการเปลี่ยนแปลงของสี
  - สามารถตั้งค่ากระแสใช้งานได้, กระแสสูงสุด, แรงดันสูงสุด
  - สามารถตรวจสอบสถานะของกระแสเกินและแรงดันเกินได้
  - มีเสียงและข้อความแจ้งเตือนหน้าจอหากมีการลัดวงจร
  - มีองค์ประกอบของเครื่องวัดกระแสและโวลต์มิเตอร์
  - มีเสียงประกอบการทำงานของโปรแกรม
- 3.1.38 เครื่องประมวลผลกลางคอมพิวเตอร์ จำนวน 1 เครื่อง
- หน่วยประมวลผลกลาง CPU ไม่น้อยกว่า 2.8 GHz.
  - หน่วยความจำ (RAM) ไม่น้อยกว่า 1,024 MB แบบแชน์ หรือดีกว่า
  - ฮาร์ดดิสก์บันทึกข้อมูลไม่น้อยกว่า 250 GB หรือดีกว่า
  - จอ LCD ขนาด 17" หรือดีกว่า
  - เมาส์และคีย์บอร์ด (Mouse and Key Board)
  - มี Port ทั้งแบบ RS 232 และ USB
- 3.1.39 ชุดเครื่องมือวัดสัญญาณ จำนวน 1 ชุด
- ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ จำนวนไม่น้อยกว่า 2 เครื่อง
  - ออสซิลโลสโคป จำนวนไม่น้อยกว่า 2 เครื่อง
- 3.1.40 เครื่องทดสอบชนิดมัลติฟังก์ชัน จำนวน 6 เครื่อง
- เป็น Function Generator สามารถสร้างความถี่ที่ 100 mHz – 10 MHz หน้าจอแสดงผล 4 หลัก แบบ LED และมีฟังก์ชัน Sweep หรือดีกว่า

- เป็น Frequency Counter ใช้งานที่ความถี่ 0 Hz – 100 MHz หน้าจอแสดงผล 8 หลัก แบบ LED Display หรือดีกว่า
- เป็นดิจิตอลมัลติมิเตอร์ (DMM) หน้าจอแสดงผล 4 ½ หลัก หรือดีกว่า
- เป็น Power Supply 0 – 25 โวลต์ 1 แอมป์ 2 ช่องสัญญาณ หน้าจอแสดงผล 4 หลัก แบบ LED Display หรือดีกว่า
- มีรายละเอียดทางเทคนิคไม่น้อยกว่าดังนี้

#### Function Generator

- สามารถสร้างความถี่ที่ 100 mHz – 10 MHz หรือดีกว่า
- เลือกรูปแบบสัญญาณได้ 3 แบบ คือ Sine, Triangle, Square หรือดีกว่า
- มีฟังก์ชัน Sweep ภายใน หรือดีกว่า
- หน้าจอแสดงผล 4 หลัก หรือดีกว่า
- Frequency Range : 100 mHz – 10 MHz
- ความผิดเพี้ยนของสัญญาณแบบ Sine Wave
  - 100 mHz – 100 kHz : 0.5% หรือดีกว่า
  - 100 kHz – 500 kHz : 1.5% หรือดีกว่า
  - 500 kHz – 10 MHz : 3% หรือดีกว่า
- คุณสมบัติของแรงดันเอาต์พุต
  - แรงดันเอาต์พุตสูงสุด 10 Vp – p(50 Ω) หรือดีกว่า
  - ค่าอิมพีแดนซ์ 50 Ω ความผิดพลาด ± 5% หรือดีกว่า
- วงจรลดทอนขนาดของสัญญาณ
  - ปรับแบบได้ 2 Steps : 20dB ± 0.2dB หรือดีกว่า
  - ปรับค่าได้ 0 – 20 dB หรือดีกว่า
- Square Wave Risettime typ. 15nS (10 to 90%) หรือดีกว่า
- Frequency Accuracy up to 10 Hz ± (1% + 3 Digit) หรือดีกว่า
- DC Offset Range ปรับได้สูงสุดที่ ± 2.5 V (50 Ω) หรือดีกว่า
- Internal Sweep
  - ความเร็ว Sweep ที่ : 20 ms to 5 s หรือดีกว่า
  - Sweep Range > 1:100 หรือดีกว่า
- Amplitude Flatness
  - 100 mHz to 2 MHz : Max ± 0.5dB หรือดีกว่า
  - 2 MHz to 10 MHz : Max ± 1 dB หรือดีกว่า



### Frequency Counter

- ใช้งานที่ความถี่ 0 Hz – 100 MHz Frequency Counter หรือดีกว่า
- มีฟังก์ชัน Time Interval, วัดคาบเวลา หรือดีกว่า
- จอแสดงผล 8 หลัก แบบ LED Display หรือดีกว่า
- สามารถวัด Gate Time ได้ 3 แบบ หรือดีกว่า
- ช่วงความถี่ที่ใช้งาน
  - 0 Hz – 100 MHz (DC Coupled) หรือดีกว่า
  - 10 Hz – 100 MHz (AC Coupled) หรือดีกว่า
- Sensitivity : 60 mV (1 Hz – 100 MHz Sine Wave) หรือดีกว่า
- อินพุต อิมพีแดนซ์ : 1 M $\Omega$  (Approx.) หรือดีกว่า
- อินพุตสูงสุด 250 V (DC + AC peak) หรือดีกว่า
- ความเที่ยงตรงของ Time Base
  - Accuracy :  $\pm 1$  ppm หรือดีกว่า
  - Aging Rate :  $\pm 2.5$  ppm / year หรือดีกว่า
- Attenuation : x1, x20 (Switch Selectable) หรือดีกว่า
- คาบเวลา
  - สามารถใช้งานในช่วง : 10000 sec to 66.6 ns หรือดีกว่า
  - ความละเอียด  $\pm 1$  or 2 LSD หรือดีกว่า
- ฟังก์ชัน Gate Time ได้ 3 ย่าน ดังนี้ 10 s, 1 s, 0.1 s หรือดีกว่า
- ฟังก์ชัน Time Interval
  - LSD : 100 ns to 100 ps หรือดีกว่า
  - ความละเอียด 1 or 2 LSD หรือดีกว่า

### Digital Multimeter

- 4 ½ Digits Digital Multimeter หรือดีกว่า
- Beeper Function หรือดีกว่า
- ความผิดพลาดในการวัด AC  $\pm 0.5\%$  หรือดีกว่า
- ความผิดพลาดในการวัด DC  $\pm 0.05\%$  หรือดีกว่า
- ฟังก์ชันในการวัด
  - แบบ DC : แรงดัน / กระแส หรือดีกว่า
  - แบบ AC : แรงดัน / กระแส หรือดีกว่า

- ความต้านทาน หรือดีกว่า
- วัดการขี้อต (Beeper) หรือดีกว่า
- DC Voltage Measurement มีย่านการวัด : 2 V, 20 V, 200 V และ 1000 V หรือดีกว่า
- AC Voltage Measurement มีย่านการวัด : 2 V, 20 V, 200 V และ 750 V หรือดีกว่า
- DC Current Measurement มีย่านการวัด : 2 mA, 20 mA, 200 mA, 2000 mA และ 10 A หรือดีกว่า
- AC Current Measurement มีย่านการวัด : 2 mA, 20 mA, 200 mA, 2000 mA และ 10 A หรือดีกว่า
- Resistor Measurement มีย่านการวัด : 2 k $\Omega$ , 20 k $\Omega$ , 200 k $\Omega$ , 2 M $\Omega$  และ 10 M $\Omega$  หรือดีกว่า

#### DC Power Supply

- แรงดันเอาต์พุต 0 – 25 V Dual output หรือดีกว่า
- กระแสเอาต์พุต 0 – 1 A หรือดีกว่า
- Ripple and Noise : < 1 mV หรือดีกว่า
- ความละเอียดในการปรับ
  - แรงดัน 100 mV หรือดีกว่า
  - กระแส 1 mA หรือดีกว่า
- ฟังก์ชัน Transient Recovery Time ต่ำกว่า 80  $\mu$ s หรือดีกว่า
- Indicator จอแสดงผล 4 หลัก หรือดีกว่า
- กระแสสูงสุด สามารถปรับได้ 10 mA – 1000 mA หรือดีกว่า

#### 3.1.41 ดิจิตอลสโตเรจออกซิลโลสโคป

จำนวน 6 เครื่อง

- เป็นดิจิตอลสโตเรจออกซิลโลสโคป สามารถใช้วัดสัญญาณย่านความถี่สูงสุดถึง 40 MHz
- มีปุ่ม AUTOSET และมีหน่วยความจำเก็บค่า Set Up ได้
- สามารถวัดสัญญาณได้พร้อมกัน 2 แชนแนล
- Signal Acquisition System
  - Sensitivity : 2 mV/DIV ถึง 5 V/DIV เป็นอย่างน้อย
  - Bandwidth : 40 MHz
  - Sample Rate : 500 MS/s ทุกแชนแนล
  - Record Length : 2.5 k points หรือดีกว่า

- Maximum Input Voltage : 300 Vrms หรือดีกว่า
- Acquisition Mode : Sample, Average, Peak Detect
- Bandwidth Limit : 20 MHz หรือดีกว่า
- Horizontal System
  - Time Base Range : 5 ns/DIV ถึง 50 s/DIV
  - Time Base Accuracy : 50 ppm เป็นอย่างน้อย
- Trigger System
  - Type : EDGE, Video, Pulse Width
  - Trigger Source : CH1, CH2, Ext, Ext/5 and AC Line
  - Coupling : AC, DC, Noise Reject, HF Reject, LF Reject
- Display Characteristics
  - Display : Monochrome ¼ VGA backlit passive LCD
  - Display Types : Dots, Vectors หรือดีกว่า
  - Persistence : Off, 1 s, 2 s, 5 s, Infinite
  - Format : YT and XY
- มี Cursors สำหรับวัด Volts, Time และความถี่
- Waveform Operators : Add, Subtract, Multiply และ FFT
- มี Automatic Measurements อย่างน้อย 10 พารามิเตอร์
- มีฟังก์ชัน Probe Check Wizard เพื่อตรวจสอบสายวัดสัญญาณก่อนการใช้งาน
- มีปุ่ม AUTORANGE เพื่อปรับค่าการวัดแบบอัตโนมัติ เมื่อย้ายจุดทดสอบจากจุดหนึ่ง ไปอีกจุดหนึ่ง
- มี USB Ports : 2 Ports สนับสนุนการติดต่อกับ PC, PictBridge printers และ USB Flash Drives
- มีสายไฟ AC Power Cord จำนวน 1 เส้น / เครื่อง
- มีสายวัดสัญญาณขนาด 200 MHz จำนวน 2 เส้น / เครื่อง
- มีคู่มือการใช้งาน จำนวน 1 เล่ม / เครื่อง

3.1.42 แผงวัดสัญญาณแบบไอโซเลทสี่ช่องสัญญาณ จำนวน 6 ชั้น

- มีภาคขยาย 4 ช่องสัญญาณสำหรับวัด Potential-free ของ Converter แบบต่าง ๆ โดยต่อร่วมกับ Oscilloscope หรือชุด Interface ได้

มีรายละเอียดของ 4 ช่องสัญญาณ A, B, C, E มีรายละเอียดไม่น้อยกว่าดังนี้

- ช่วงความถี่ DC... 80 kHz
- แรงดันสูงสุด 620 V DC/440 V AC, ความเที่ยงตรง 2%
- กระแสสูงสุด 10 A AC/DC, ความเที่ยงตรง 5%
- แสดงสภาวะ overdrive โดย LED

มี Multiplexer รายละเอียดดังนี้

- ความถี่ในการ multiplex ปรับค่าได้สูงสุด 500 kHz
- มีการลดทอนสัญญาณ 0.2...1
- Y-position ปรับได้อยู่ในช่วง - 8 V ..... + 8 V
- Trigger source A, B, C, D หรือ E

มีชุดคำนวณทางคณิตศาสตร์ และ filter รายละเอียดดังนี้

- คำนวณค่า  $A + B$ ,  $A - B$ ,  $(A \times B) / 10$ ,  $A \times B$ ,  $L_{IN}$  (A, B, C), E โดยแสดงผลออกทางช่องสัญญาณ D ได้
- มี Lowpass filter ความถี่ไม่น้อยกว่า 1 kHz เปิด, ปิดได้
- ใช้กับแรงดันไฟฟ้า 230 โวลต์, 50 เฮิรตซ์

3.1.43 สาย BNC ขนาดยาวไม่น้อยกว่า 1 เมตร

จำนวน 12 เส้น

3.1.44 ดิจิตอลเพาเวอร์มิเตอร์

จำนวน 12 เครื่อง

- เป็นเครื่องมือวัดกำลังไฟฟ้าแบบดิจิตอลที่สามารถวัดค่า V, A, W, VAR, VA และ PF ได้เป็นอย่างดี
- สามารถวัดค่ากำลังไฟฟ้า DC และ AC TRMS ในระบบหนึ่งเฟสหรือสามเฟสบัลลันซ์
- มีแบตเตอรี่ในตัว และมีสัญลักษณ์แสดงสถานะของแบตเตอรี่ เมื่อแบตเตอรี่ใกล้หมดได้
- สามารถวัดค่าของกระแสสตาร์ท (Inrush Current) พร้อมกับมีฟังก์ชันคงค่าที่หน้าจอได้
- การแสดงผลผ่านจอ LCD ขนาดไม่น้อยกว่า 4 หลัก จำนวน 3 แถวต่อหน้าจอ
- ชนิดของการวัดเป็นแบบ : 1 เฟส หรือดีกว่า
- ภาคแสดงผลไม่น้อยกว่า : 3 แถว, แถวละ 4 หลัก
- กำลังไฟฟ้าจริง (Active Power)
  - ย่านการวัดอยู่ในช่วง : 10 W ถึง 6 kW หรือดีกว่า
  - ความละเอียดในการวัด : 0.1 W หรือดีกว่า
- กำลังไฟฟ้าปรากฏ (Apparent Power)
  - ย่านการวัดอยู่ในช่วง : 10 VA ถึง 6 kVA หรือดีกว่า
  - ความแม่นยำที่ดีที่สุด : 2.5% ของค่าที่อ่านได้ หรือดีกว่า

- กำลังไฟฟ้าต้านกลับ (Reactive Power)
    - ย่านการวัดอยู่ในช่วง : 10 VAR ถึง 6 kVAR หรือดีกว่า
    - ความแม่นยำที่ดีที่สุด : 2.5% 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 : 1% ของค่าที่อ่านได้ หรือดีกว่า
    - ความแม่นยำด้าน DC : 1.5% ของค่าที่อ่านได้ หรือดีกว่า
  - กระแสไฟฟ้า (Current)
    - ย่านการวัดอยู่ในช่วง : 10 mA ถึง 10 ARMS หรือดีกว่า
    - ความละเอียดในการวัด : 1 mA หรือดีกว่า
    - ความแม่นยำด้าน AC : 1% ของค่าที่อ่านได้ หรือดีกว่า
    - ความแม่นยำด้าน DC : 2% ของค่าที่อ่านได้ หรือดีกว่า
  - กระแสสตาร์ท (Starting Current)
    - ย่านการวัดอยู่ในช่วง : 5 A ถึง 65 A (Peak) หรือดีกว่า
    - ความละเอียดในการวัด : 100 mA หรือดีกว่า
    - ความแม่นยำ : 10% ของค่าที่อ่านได้ หรือดีกว่า
  - มีสายวัดแรงดันและกระแสในพิกัดของเครื่องวัด จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ชุด
- 3.1.45 ความต้านทานปรับค่าได้ จำนวน 1 ชุด  
 ประกอบด้วย :-
- ความต้านทานปรับค่าความต้านทานได้ ขนาดไม่น้อยกว่า 0 ถึง 100 โอห์ม จำนวน 8 ชุด
  - ความต้านทานปรับค่าความต้านทานได้ ขนาดไม่น้อยกว่า 0 ถึง 330 โอห์ม จำนวน 8 ชุด
- 3.1.46 โครงยึดอุปกรณ์ จำนวน 6 ชุด
- เป็นเฟรมแบบ 2 ชั้น สำหรับ Panel ขนาดไม่น้อยกว่า A4
  - แห่งอลูมิเนียม จำนวนไม่น้อยกว่า 3 แห่ง พร้อมรูยึด 2 ด้าน
  - ขาดึงเหล็กรูปตัว L จำนวนไม่น้อยกว่า 2 ชั้น
- 3.1.47 โต๊ะทดลอง จำนวน 6 ตัว
- มีขนาดไม่น้อยกว่า 150 x 75 x 75 เซนติเมตร

- พื้นโต๊ะเป็นไม้หนาไม่น้อยกว่า 19 มิลลิเมตร เคลือบผิวหน้าด้วยเมลามีน หรือวัสดุที่ดีกว่า
- ขาโต๊ะประกอบจากโครงเหล็กที่แข็งแรงทนทาน พื้นสีเคลือบอย่างดี
- สามารถติดตั้งร่วมกับโครงยึดอุปกรณ์ (Panel Frame) ได้เป็นอย่างดี

**3.2 ชุดทดลองการขับเคลื่อนเครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรง** จำนวน 1 ชุด  
**อุปกรณ์ทั้งหมดประกอบด้วย**

**3.2.1 ชุดควบคุมความเร็วโดยไทรสเตอร์** จำนวน 1 ชุด

ประกอบด้วยวงจร หรือแผงทดลองไม่น้อยกว่ารายละเอียดดังต่อไปนี้

- มีการทำงานแบบ SIX DOUBLE PULSE TRAIN หรือดีกว่า
- มีฟิวส์สำหรับป้องกัน
- สามารถควบคุมแบบวงรอบเปิด และวงรอบปิดได้
- มีวงจรจำกัดกระแส หรือแรงบิด สามารถปรับได้
- มีการปรับค่าเกณฑ์ Proportional และ Integral แบบหยาบ และแบบละเอียด โดยใช้โพเทนชิโอมิเตอร์ได้
- มีอินพุตอินพุตที่มีการอ้างอิงจากภายนอกอยู่ในช่วง 0 ถึง 10 V หรือ -10 ถึง +10 V ได้
- ชุดวงจรไทรสเตอร์แบบบริดจ์เต็มคลื่น
  - แรงดันเอาต์พุต 0 ถึง 230 โวลต์, ทนกระแสสูงสุดไม่น้อยกว่า 12 แอมป์
  - แรงดันกระตุ่น 220 โวลต์, ทนกระแสสูงสุดไม่น้อยกว่า 1 แอมป์
  - มีการแยกกันทางไฟฟ้าระหว่างวงจรไฟฟ้ากำลัง และวงจรควบคุม
- มีอินพุตสามารถสวิตช์เลือกการควบคุมได้
- มีการทำงานแบบ 4 ควอแรนทีได้ พร้อมกับมี LEDs แสดงสถานะ
- วงจรกำลังต่อใช้งานร่วมกับหม้อแปลงไฟฟ้า 45/90 โวลต์ได้

**3.2.2 ข้อต่อยาง** จำนวน 2 ชิ้น

- เป็น Rubber Coupling Sleeve สำหรับการต่อเครื่องกลไฟฟ้า 2 เครื่องเข้าด้วยกัน

**3.2.3 แผ่นปิดส่วนปลายเครื่องกลไฟฟ้า** จำนวน 1 ชิ้น

- เป็นเครื่องป้องกันที่นำมาติดไว้ สำหรับป้องกันหน้าสัมผัสของการหมุนของเครื่องกลไฟฟ้า 0.3 กิโลวัตต์

**3.2.4 แผ่นปิดเครื่องกลไฟฟ้า** จำนวน 2 ชิ้น

- เป็นเครื่องป้องกันที่นำมาติดไว้ สำหรับป้องกันหน้าสัมผัสของการหมุนของเครื่องกลไฟฟ้า 0.3 กิโลวัตต์

- 3.2.5 ชุดวัดความเร็วรอบ จำนวน 1 ชุด  
 - ใช้เพื่อวัดความเร็วของเครื่องมือกลทางไฟฟ้า มีขนาดแรงดันเอาต์พุตไม่น้อยกว่า  $\pm 1$  โวลท์ /  $1,000 \text{ min}^{-1}$
- 3.2.6 เครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรง จำนวน 2 เครื่อง  
 - เป็น DC Shunt Wound Machine สำหรับการทำงานของมอเตอร์ และ Generator มีค่า Rating สำหรับมอเตอร์ดังนี้  
 - ขนาดกำลังไม่น้อยกว่า 0.3 กิโลวัตต์  
 - ขนาดแรงดันไม่น้อยกว่า 220 โวลท์  
 - Excitation Voltage ไม่น้อยกว่า 220 โวลท์  
 - Excitation Current ไม่น้อยกว่า 0.45 แอมป์  
 - ความเร็วไม่น้อยกว่า 2,000 รอบต่อนาที
- 3.2.7 ชุดทดสอบเครื่องกลไฟฟ้า จำนวน 1 ชุด  
 ชุดทดลองประกอบด้วย
- 3.2.7.1 ชุดเบรกเครื่องกลไฟฟ้า จำนวน 1 ชุด  
 สามารถทำงานเป็นตัวขับเคลื่อนไฟฟ้า หรือทำงานเป็นโหลดเบรก มอเตอร์ได้ใช้งานร่วมกับชุดควบคุมเบรก และมีชุดวัดความเร็วรอบ
- ย่านการทำงาน
- แรงบิดสูงสุดไม่น้อยกว่า  $\pm 9.9$  นิวตันเมตร
  - ความเร็วสูงสุดไม่น้อยกว่า  $\pm 5,000$  รอบต่อนาที
  - การวัดค่าแรงบิดโดยใช้สเตรนเกจน์ หรือดีกว่า
  - มีการป้องกันโหลดเกินโดยใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ความร้อน หรือดีกว่า
- 3.2.7.2 ชุดควบคุมเบรก (Control Unit) จำนวน 1 ชุด
- ประกอบด้วยชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ และคอนเวอร์เตอร์ควบคุมความถี่
  - มีหน้าจอแสดงผลเป็น 7 Segment 4 Digit หรือดีกว่า สำหรับแสดงค่าความเร็วแรงบิด และรหัสแสดงค่าผิดพลาด (Fault codes)
  - มีหลอด LED แสดงการทำงานทั้ง 4 ควอดเรนท์
  - สามารถปรับจำกัดแรงบิดสูงสุด และความเร็วต่ำสุดได้
  - ย่านการแสดงผล และความเร็วไม่น้อยกว่า  $\pm 9.9 \text{ Nm}$  และ  $\pm 5,000 \text{ rpm}$  ตามลำดับ
  - สามารถจำลองโหลดแบบ Flywheel, Lift drive, Fan drive และ Winding drive ได้

- ใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้าไม่น้อยกว่า 220 โวลต์, 50 เฮิรตซ์
- มีพอร์ตอนุกรมสามารถต่อกับชุดประมวลผลได้

<b>3.3 ชุดทดลองการขับเคลื่อนเครื่องกลไฟฟ้ากระแสสลับ</b> <b>อุปกรณ์ทั้งหมดประกอบด้วย</b>	<b>จำนวน 1 ชุด</b>
<b>3.3.1 แผงควบคุมการรันอับ</b> ใช้ผลิต Ramp voltage สำหรับการเปลี่ยนค่าตัวแปรอ้างอิงแบบ Step ที่ Input <ul style="list-style-type: none"> <li>- มีค่า Voltage Gain อยู่ในช่วง 0.1 ถึง 1</li> <li>- มีช่วงของ input voltage จาก -10 โวลต์ ถึง +10 โวลต์ หรือกว้างกว่า</li> <li>- มีค่า Ramp integration time อยู่ในช่วง 0.5 ถึง 50 วินาที</li> <li>- มี Input แบบ Pulse inhibit</li> <li>- แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง <math>\pm 15</math> โวลต์</li> </ul>	<b>จำนวน 1 แผง</b>
<b>3.3.2 แผงปรับค่าออฟเซ็ท และค่าเกนซ์</b> ใช้สำหรับการปรับสัญญาณจากภายนอก (เช่น Output tacho generator) ให้เป็น Voltage มาตรฐานในระบบควบคุมอัตโนมัติ <ul style="list-style-type: none"> <li>- มี Input voltage อยู่ในช่วง -50 โวลต์ ถึง +50 โวลต์</li> <li>- มีค่าการขยาย อยู่ในช่วง 0 ถึง 1, 0 ถึง 10, 0 ถึง 100</li> <li>- Time constant อยู่ในช่วง 0.1 ถึง 10 ms, 10 ถึง 100 ms</li> <li>- ค่า Offset อยู่ในช่วง -10 โวลต์ ถึง +10 โวลต์</li> <li>- ปรับค่าขยายโดยปุ่มหมุน</li> <li>- ปรับค่าละเอียดด้วย Potentiometer พร้อมด้วย LED แสดงสถานะ Overload</li> <li>- แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง <math>\pm 15</math> โวลต์</li> </ul>	<b>จำนวน 1 แผง</b>
<b>3.3.3 ข้อต่ออย่าง</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- เป็น Rubber Coupling Sleeve สำหรับการต่อเครื่องกลไฟฟ้า 2 เครื่องเข้าด้วยกัน</li> </ul>	<b>จำนวน 2 ชิ้น</b>
<b>3.3.4 แผ่นปิดปลายเครื่องกลไฟฟ้า</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- เป็นเครื่องป้องกันที่นำมาติดไว้ สำหรับป้องกันหน้าสัมผัสของการหมุนของเครื่องกลไฟฟ้า 0.3 กิโลวัตต์</li> </ul>	<b>จำนวน 1 ชิ้น</b>
<b>3.3.5 แผ่นปิดเครื่องกลไฟฟ้า</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- เป็นเครื่องป้องกันที่นำมาติดไว้ สำหรับป้องกันหน้าสัมผัสของการหมุนของเครื่องกลไฟฟ้า 0.3 กิโลวัตต์</li> </ul>	<b>จำนวน 2 ชิ้น</b>



- 3.3.6 ชุดวัดความเร็วรอบ จำนวน 1 ชุด
- ใช้เพื่อวัดความเร็วของเครื่องมือกลทางไฟฟ้า มีขนาดแรงดันเอาต์พุทไม่น้อยกว่า  $\pm 1$  โวลท์ /  $1,000 \text{ min}^{-1}$
- 3.3.7 เครื่องกลไฟฟ้าสามเฟส จำนวน 1 เครื่อง
- เป็นเครื่องกลไฟฟ้าสามเฟสแบบมัลติฟังก์ชัน สามารถใช้งานเป็นสลีปรिंगมอเตอร์ หรือเป็นมอเตอร์แบบซิงโครนัส และเครื่องกำเนิดแบบซิงโครนัสได้
- มีค่า Ratings เมื่อใช้งานเป็นสลีปรึงมอเตอร์
- กำลังไฟฟ้าไม่น้อยกว่า : 0.22 กิโลวัตต์
  - แรงดันไฟฟ้าไม่น้อยกว่า : 220/380 โวลท์  $\Delta/Y$
  - ความถี่ : 50 เฮิรตซ์
  - ความเร็วรอบไม่น้อยกว่า : 1,400 รอบต่อนาที
- 3.3.8 ชุดทดสอบเครื่องกลไฟฟ้า จำนวน 1 ชุด
- ชุดทดลองประกอบด้วย
- 3.3.8.1 ชุดเบรกเครื่องกลไฟฟ้า จำนวน 1 ชุด
- สามารถทำงานเป็นตัวขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า หรือทำงานเป็นโหลดเบรกมอเตอร์ได้ ใช้งานร่วมกับชุดควบคุมเบรก และมีชุดวัดความเร็วรอบ
- ย่านการทำงาน
- แรงบิดสูงสุดไม่น้อยกว่า  $\pm 9.9$  นิวตันเมตร
  - ความเร็วสูงสุดไม่น้อยกว่า  $\pm 5,000$  รอบต่อนาที
  - การวัดค่าแรงบิดโดยใช้สเตรนเกจน์ หรือดีกว่า
  - มีการป้องกันโหลดเกินโดยใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ความร้อน หรือดีกว่า
- 3.3.8.2 ชุดควบคุมเบรก (Control Unit) จำนวน 1 ชุด
- ประกอบด้วยชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ และคอนเวอร์เตอร์ควบคุมความถี่
  - มีหน้าจอแสดงผลเป็น 7 Segment 4 Digit หรือดีกว่า สำหรับแสดงค่าความเร็วแรงบิด และรหัสแสดงค่าผิดพลาด (Fault codes)
  - มีหลอด LED แสดงการทำงานทั้ง 4 ควอดแรนต์
  - สามารถปรับจำกัดแรงบิดสูงสุด และความเร็วต่ำสุดได้
  - ย่านการแสดงผลแรงบิด และความเร็วไม่น้อยกว่า  $\pm 9.9 \text{ Nm}$  และ  $\pm 5,000 \text{ rpm}$ . ตามลำดับ
  - สามารถจำลองโหลดแบบ Flywheel, Lift drive, Fan drive และ Winding drive ได้

- ใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้าไม่น้อยกว่า 220 โวลต์, 50 เฮิรตซ์
- มีพอร์ตอนุกรมสามารถต่อกับชุดประมวลผลได้

**3.4 ชุดทดลองการขับเคลื่อนเซอร์โวมอเตอร์** **จำนวน 1 ชุด**  
**อุปกรณ์ทั้งหมดประกอบด้วย**

**3.4.1 ชุดควบคุมแบบบล็อกคอมมิวเตชัน** **จำนวน 1 ชุด**  
 เป็นชุดควบคุมทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับขับเคลื่อนเอซีเซอร์โว โดยใช้การ Block signal shape commutation

- สามารถปรับค่าจำกัดกระแสไม่น้อยกว่า 0 ถึง 9.9 แอมป์
- สามารถปรับค่าจำกัดความเร็วรอบไม่น้อยกว่า 0 ถึง 9,990 รอบต่อนาที
- สามารถปรับค่าอ้างอิงผ่านทางภายนอก โดยใช้สัญญาณอนาล็อกไม่น้อยกว่า -10 ถึง +10 โวลต์ หรือจากภายในผ่านปุ่มกด
- มีพอร์ตอินเทอร์เฟซ (RS-232) สำหรับการควบคุมจากชุดประมวลผล
- จอแสดงผลขนาดไม่น้อยกว่า 4 หลัก แสดงค่าอัตรากระแส, ความเร็ว หรือตำแหน่ง

**3.4.2 ชุดควบคุมแบบไซน์คอมมิวเตชัน** **จำนวน 1 ชุด**  
 เป็นชุดควบคุมทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับขับเคลื่อนเอซี เซอร์โว โดยใช้การคอมมิวเตชันรูปคลื่นสัญญาณไซน์ ต่อใช้งานร่วมกับ Universal Converter ในการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์

- สามารถปรับค่า จำกัดกระแสไม่น้อยกว่า 0 ถึง 9.9 แอมป์
- สามารถปรับค่า จำกัดความเร็วรอบไม่น้อยกว่า 0 ถึง 9,990 รอบต่อนาที
- สามารถปรับค่าอ้างอิงผ่านทางภายนอกโดยใช้สัญญาณอนาล็อกไม่น้อยกว่า -10 ถึง +10 โวลต์ หรือจากภายในผ่านปุ่มกด
- มีพอร์ตอินเทอร์เฟซ (RS-232) สำหรับการควบคุมจากชุดประมวลผล
- จอแสดงผลขนาดไม่น้อยกว่า 4 หลักแสดงค่าอัตรากระแส, ความเร็วหรือตำแหน่ง

**3.4.3 มอเตอร์ลิเนียร์** **จำนวน 1 ชิ้น**

ประกอบด้วยรางควบคุมแบบลิเนียร์ โดยใช้บอลและเพลลาหมุนสำหรับการขับเคลื่อน การเคลื่อนที่บอกระยะเป็นสเกลเวอร์เนียร์ ตามการวัดที่แบ่งเป็นหน่วยมิลลิเมตร และการกระตุ้นมีการรวมลิมิตสวิทช์ (ปกติเปิด NO) ที่ปลายด้านซ้ายและด้านขวา สายต่อเส้นการเปลี่ยนรหัสตำแหน่ง ทั้งหมดของลิเนียร์ยูนิตอยู่ในฝาครอบกระจกทนความร้อนที่ทำจากโพลีเมอร์ เพื่อเป็นการป้องกัน

- ความยาวไม่น้อยกว่า 900 มิลลิเมตร
- ระยะการเลื่อนไม่น้อยกว่า 650 มิลลิเมตร



- สามารถต่อกับชุดประมวลผลผ่านทางพอร์ตอนุกรม (RS-232) และสามารถปรับตั้งค่าตัวแปรอ้างอิง และค่าพารามิเตอร์ผ่านทางหน้าจอชุดประมวลผลได้
- 3.4.7 แผงคอนเวอร์เตอร์ปรับค่าได้ 0 ถึง 230 โวลท์ จำนวน 1 แผง
- เป็นแผงคอนเวอร์เตอร์ปรับค่าแรงดันเอาท์พุทได้อยู่ในช่วง 0 ถึง 230 โวลท์ แบบสามเฟส
  - สามารถจ่ายกระแสได้สูงสุด 8 แอมป์ต่อเฟส
  - ใช้กับแรงดันไฟฟ้า 220 โวลท์, 50 เฮิรตซ์
  - มีวงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบเชื่อมต่อที่สามารถวัดค่าแรงดันได้
  - มีระบบป้องกันการลัดวงจร
  - มีอินเตอร์เฟสสำหรับต่อกับชุดควบคุมได้
  - มี LED แสดงการทำงานของไอจีบีที
  - มีวงจรเบรคช็อบเปอร์
- 3.4.8 แผงปรับตั้งเซอร์โว จำนวน 1 แผง
- สำหรับปรับตำแหน่งค่าเริ่มต้นของมุมในการหมุน
  - สามารถรับสัญญาณควบคุมอยู่ในช่วง -10 ถึง +10 โวลท์
  - มีมุมในการหมุนทางกลไม่น้อยกว่า 360 องศา
  - ใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง  $\pm 15$  โวลท์
- 3.4.9 ชุดเกียร์ 36 : 1 จำนวน 1 ชุด
- เป็นชนิด Two – stage planetary gear พร้อม Free motor shaft และ Drive shaft
  - ใช้สำหรับทดรอบความเร็วรอบของเซอร์โวที่มีความเร็วสูง เช่น 6,000 รอบต่อนาที เพื่อลดความเร็วให้ต่ำลง ซึ่งเป็นการเพิ่มค่าแรงบิดในการทำงาน
  - ค่าอัตราส่วนในการทดไม่น้อยกว่า 36 ต่อ 1
  - ค่าคงที่ของแรงบิดสูงสุดไม่น้อยกว่า 24 นิวตันเมตร
  - สามารถรองรับความเร็วสูงสุดไม่น้อยกว่า 6,000 รอบต่อนาที
- 3.4.10 ชุดวัดความเร็วรอบแบบดิจิตอล จำนวน 1 ชุด
- สำหรับวัดค่าความเร็วรอบของเครื่องกลไฟฟ้าเซอร์โว ความเร็วสูงสุดไม่ต่ำกว่า 10,000 รอบต่อนาที
  - มีจุดต่อวัดแบบ 4 มิลลิเมตร และ DIN ช็อกเก็ต 6 ขา
  - มีค่าเอาท์พุทไม่น้อยกว่า 1,024 พัลส์ ต่อ 360 องศา
- 3.4.11 คอมมิวเตชันฟิคอัป จำนวน 1 ตัว
- สำหรับการหาค่าตำแหน่งของเครื่องกลไฟฟ้าเซอร์โว

- ความเร็วสูงสุดไม่ต่ำกว่า 10,000 รอบต่อนาที
  - แรงดันเอาต์พุตระบบ TTL โดยผ่านจุดต่อขนาด 4 มิลลิเมตร หรือ DIN ช็อกเก็ต 6 ขา
- 3.4.12 เครื่องกลไฟฟ้าเซอร์โว จำนวน 1 ตัว
- เป็นเครื่องกลไฟฟ้าเซอร์โวขนาดไม่น้อยกว่า 400 วัตต์
  - แรงดันไฟฟ้าสูงสุด 180 โวลต์ แบบเดลต้า
  - แรงบิดไม่น้อยกว่า 0.6 นิวตันเมตร
- 3.4.13 อุปกรณ์อินเตอร์เฟซ จำนวน 1 ชุด
- มีช่องรับสัญญาณ Voltage input 2 ช่อง มีความละเอียด 12 บิต สามารถเลือกการวัดได้ไม่น้อยกว่า 7 ระดับ คือ  $\pm 0.3 / 1 / 3 / 10 / 30 / 100 / 250$  โวลต์
  - รับสัญญาณ Current input ได้ไม่น้อยกว่า 1 ช่อง
  - มี Relay สำหรับสั่งงานอุปกรณ์ภายนอก พร้อมไฟ LED แสดงสถานะ
  - มีช่องจ่ายไฟฟ้าขาออก สามารถปรับค่าแรงดันได้สูงสุด 16 โวลต์
  - มีช่องต่อผ่านพอร์ตอนุกรมสำหรับเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ (RS – 232 หรือ USB)
  - มีสายสำหรับเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ จำนวน 1 เส้น
  - มีช่องต่อสำหรับต่อเพิ่มกล่องรับสัญญาณ หรืออุปกรณ์อื่น ๆ
  - มีแหล่งจ่ายไฟขนาด 12 โวลต์ จำนวน 1 เครื่อง
- 3.4.14 ซอฟต์แวร์สำหรับประมวลผล และแสดงผลบันทึกอยู่ในแผ่น CD จำนวน 1 แผ่น
- สามารถใช้งานบนระบบปฏิบัติการ Windows XP / Vista / 7 ได้
  - สามารถรับกล่องสัญญาณได้ 8 โมดูล ต่อ 1 พอร์ตอนุกรม
  - สามารถใช้งานร่วมกับอุปกรณ์เครื่องมือวัดบางอย่าง โดยผ่านพอร์ตอนุกรม
  - ใช้งานได้ง่ายด้วยระบบ Plug and Play สามารถรับรู้ชนิดของกล่องเซนเซอร์แล้วแสดงให้เห็นบนจอภาพโดยอัตโนมัติ
  - สามารถแสดงผลได้ในแบบอนาล็อก, ดิจิตอล, ตาราง และกราฟ สามารถกำหนดแกน X และแกน Y ได้ตามความต้องการของผู้ใช้งาน
  - การบันทึกผลสามารถกำหนดได้โดยผู้ใช้ หรืออัตโนมัติ ด้วยความเร็วสูงสุดถึง 1,600,000 ค่า/วินาที (เมื่อใช้งานร่วมกัน 8 โมดูล)
  - สามารถบันทึก และแสดงแบบอนุกรมในรูปแบบเดียวกัน เพื่อเปรียบเทียบได้
  - มีฟังก์ชันสำหรับวิเคราะห์ในรูปแบบต่าง ๆ ได้แก่ การทำ Fits curve (เส้นตรง, พาราโบลา, ไฮเพอร์โบลา, เอ็กซ์โปเนนเชียล, ฟังก์ชันทรานส์ฟอร์ม)

### 3.4.15 ดิจิตอลเพาเวอร์ออสซิลโลสโคป

จำนวน 1 เครื่อง

- เป็นดิจิตอลสต่อเรจออสซิลโลสโคป ที่ใช้วัดสัญญาณขนาด 100 MHz
- มีปุ่ม AUTOSET, AUTORANGE, PROBE CHECK WIZARD และมีหน่วยความจำเก็บค่า Set Up ได้
- สามารถวัดสัญญาณได้พร้อมกัน 4 แชนแนล แบบ Isolate และ Floating Channels
- ใช้ได้ดีกับระบบไฟฟ้า 220 โวลท์ 50 เฮิรท์
- จอแสดงผลแบบ LCD Color
- สามารถใช้งานนอกสถานที่ด้วยแบตเตอรี่
- Signal Acquisition System
  - Sensitivity : 2 mV/DIV ถึง 5 V/DIV หรือดีกว่า
  - Accuracy :  $\pm 3\%$  หรือน้อยกว่า
  - Bandwidth : 100 MHz
  - Sample Rate : 1 GS/s ต่อแชนแนล
  - Max Input Voltage : 300 Vrms หรือมากกว่า
  - Acquisition Mode : Sample, Average, Peak Detect
- Horizontal System
  - Time Base Range : 5 ns/DIV ถึง 50 s/DIV หรือมากกว่า
  - Time Base Accuracy : 50 ppm หรือดีกว่า
- Trigger System
  - Trigger Type : EDGE, Video, Pulse Width
  - Coupling : AC, DC, Noise Reject, HF Reject & LF Reject
- Measurement System
  - Cursors : Volts, Time, Frequency
  - Waveform Processing : Add, Subtract, Multiply, FFT
  - Automatic Measurements : อย่างน้อย 10 พารามิเตอร์
- Interface : Printer Port, RS – 232 Port และ Compact flash
- Automatics Function : AUTOSET, AUTORANGE, PROBE CHECK WIZARD
- มีสายไฟ AC Power Cord จำนวน 1 เส้น / เครื่อง

- มีสายวัดสัญญาณ 1X/10X ขนาด 200 MHz จำนวน 4 เส้น / เครื่อง
- มีคู่มือการใช้งาน จำนวน 1 เล่ม / เครื่อง

#### 4. รายละเอียดอื่น ๆ

- 4.1 อุปกรณ์ทุกชิ้นเป็นของใหม่ นำมาใช้งานได้ทันที
- 4.2 มีคู่มือการทดลองในหัวข้อต่าง ๆ ทุกการทดลอง
- 4.3 รับประกันการใช้งาน 1 ปี
- 4.4 บริษัทผู้เสนอราคาแนบเอกสารการเป็นตัวแทนจำหน่ายจากบริษัทผู้ผลิต หรือตัวแทนภายในประเทศไทย พร้อมแคตตาล็อกมาด้วยในวันยื่นซอง เพื่อพิจารณาบริการหลังการขาย
- 4.5 ผลิตภัณที่นำเข้า ผลิตจากประเทศในกลุ่มยุโรป, อเมริกา, หรือเอเชีย และได้รับมาตรฐาน ISO9001 หรือเทียบเท่า
- 4.6 ทางคณะกรรมการทวงไว้ซึ่งสิทธิ์ที่จะขอเรียกดูครุภัณฑ์หรือตัวอย่างในการนำเสนอเพื่อให้เป็นตามความต้องการทุกประการ
- 4.7 ผู้เสนอราคาต้องแนบคู่มือการเรียนรู้หรือใบงานประกอบการทดลองยื่นพร้อมกับเอกสารประกวดราคา