

รายละเอียดประกอบการจัดซื้อครุภัณฑ์

1. รายการ ห้องปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์และเครื่องจักรกลไฟฟ้า
2. จำนวนที่ต้องการ 1 ห้อง
3. รายการครุภัณฑ์ ประกอบด้วย

รายการ	จำนวน
1.ชุดอิเล็กทรอนิกส์กำลัง	2 ชุด
2.ชุดอิเล็กทรอนิกส์กำลังแบบกระเป๋	10 ชุด
3.ชุด Drive Technology (Modern Control Technology)	1 ชุด
4.ชุดทดลองเครื่องกลไฟฟ้า 370 Watt (5 Station)	1 ชุด
5.ชุดโต๊ะทดลอง พร้อมคอนโทรล 1P , 3P	10 ชุด
6.เครื่องวัดและวิเคราะห์กำลังไฟฟ้าความเที่ยงตรงสูง	1 ชุด

4. คุณสมบัติเฉพาะ (Specification)

4.1 ชุดอิเล็กทรอนิกส์กำลัง จำนวน 1 ชุด

4.1.1 รายละเอียดทั่วไป

- เป็นชุดทดลองที่ออกแบบเพื่อการศึกษาภาคปฏิบัติที่ครอบคลุมเนื้อหา การเรียนรู้เกี่ยวกับ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลังต่างๆ เช่น ไดโอด , SCR , TRIAC และอุปกรณ์สวิตช์กำลังต่างๆ เช่น MOSFET , IGBT , TRANSISTOR
- ตัวชุดทดลองเป็นแบบ Panel System ความสูงมาตรฐาน A4 ทำด้วยวัสดุที่เป็นฉนวนปิดผิวทั้ง 2 ด้านเป็นเนื้อเดียวกัน
- ด้านหน้ามีอักษรกำกับและ สัญลักษณ์ของอุปกรณ์แสดงไว้อย่างชัดเจนด้วยวิธีการเจาะร่องทนต่อการขีดขูดได้เป็นอย่างดี
- มีชุดอุปกรณ์ต่างๆ ที่จะสามารถทำการทดลองในหัวข้อต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- มีชุดแหล่งแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ขนาด 45-0-45V โหลด R-Lประกอบการทดลอง
- มีชุดตรวจจับกระแสและแรงดันที่แยกกราวด์เพื่อความปลอดภัยในการวัดสัญญาณและป้องกันเครื่องมือวัด
- ชุดทดลองสามารถทำการทดลองในหัวข้อต่างๆ ดังนี้

4.1.2 รายละเอียดทางเทคนิค ประกอบด้วย

4.1.2.1 ชุดไดโอดกำลัง(Power Diode)

จำนวน 2 ชุด

- เป็นชนิด ไดโอดชอททกี (Schottky Diode)
- พิกัดแรงดันไม่ต่ำกว่า 1,200 โวลต์ (Repetitive peak reverse voltage 1,200V)
- พิกัดกระแสไม่ต่ำกว่า 15A (Continuous forward current 15A)
- มี Fuse Fast-Acting ป้องกัน

4.1.2.2 ชุดไดโอดหมุนอิสระ(Free Wheeling Diode) จำนวน 2 ชุด

- ขนาดพิกัดแรงดันไม่น้อยกว่า 1,200V
- ขนาดพิกัดกระแสไม่น้อยกว่า 15A
- คาบเวลาสวิตช์ไม่เกิน 10 นาโนวินาที (Switching Time $\leq 10nS$)
- มี Fuse Fast-Acting

4.1.2.3 ชุดกลุ่มไดโอดกำลัง(GROUP OF DIODE) จำนวน 2 ชุด

- ประกอบด้วยไดโอด จำนวน 6 ตัว
- เป็นชนิด ไดโอดชอทท์กี้ (Schottky Diode)
- พิกัดแรงดันไม่น้อยกว่า 1,200 โวลต์ (Repetitive peak reverse voltage 1,200V)
- พิกัดกระแสไม่น้อยกว่า 15A (Continuous forward current 15A)
- มีวงจร R-C Snubber ป้องกัน
- มี Fuse Fast-Acting ป้องกัน

4.1.2.4 ชุดไทรสเตอร์ (SCR) จำนวน 2 ชุด

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

4.1.2.5 ชุดกลุ่มไทรสเตอร์ (GROUP OF SCR) จำนวน 2 ชุด

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

4.1.2.6 ชุดไตรแอค (Triac) จำนวน 2 ชุด

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

4.1.2.7 ชุดไดโอดกำลังแบบครึ่งบริดจ์(POWER DIODE HALF BRIDGE) จำนวน 2 ชุด

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

4.1.2.8 ชุดเอสซีอาร์แบบครึ่งบริดจ์(SCR HALF BRIDGE) จำนวน 2 ชุด

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

4.1.2.9 ชุดไดโอดกำลังกับเอสซีอาร์แบบครึ่งบริดจ์

(POWER SCR DIODE HALF BRIDGE)

จำนวน 2 ชุด

1. เอสซีอาร์(SCR)

- พิกัดแรงดันไม่น้อยกว่า 1,200 โวลต์ (Repetitive peak off-state voltage 1,200V)
- พิกัดกระแสไม่น้อยกว่า 25A (RMS on-state current 25A)

2. ไดโอดกำลัง(Power Diode)

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

4.1.2.10

ชุดมอสเฟต (POWER MOSFET)

จำนวน 2 ชุด

- พิกัดแรงดันไม่น้อยกว่า 500 โวลต์(Drain to Source Break Down voltage 500V)
- พิกัดกระแสไม่น้อยกว่า 10A(Continuous Drain current@100 °C 10A)
- มี Free Wheeling Diode ที่อยู่ภายในตัวอุปกรณ์ป้องกัน
- มีวงจร R-C Snubber ป้องกัน
- มี Fuse Fast-Acting ป้องกัน

4.1.2.11

ชุดดาร์ลิ่งตันทรานซิสเตอร์(DARLINGTON TRANSISTOR) จำนวน 2

ชุด

- พิกัดแรงดันไม่น้อยกว่า 500 โวลต์(Collector to Emitter Break Down voltage 500V)
- พิกัดกระแสไม่น้อยกว่า 10A(Collector current10A)
- มี Free Wheeling Diode ที่อยู่ภายในตัวอุปกรณ์ป้องกัน
- มีวงจร R-C Snubber ป้องกัน
- มี Fuse Fast-Acting ป้องกัน

4.1.2.12

ชุดไอจีบีที (IGBT)

จำนวน 2 ชุด

- พิกัดแรงดันไม่น้อยกว่า 1,200 โวลต์ (Collector-emitter voltage 1,200V)
- พิกัดกระแสไม่น้อยกว่า 20A (DC collector current@100 °C 20A)
- มี Free Wheeling Diode ที่อยู่ภายในตัวอุปกรณ์ป้องกัน
- มี Fuse Fast-Acting ป้องกัน

4.1.2.13 ชุดกลุ่มไอจีบีที (GROUP OF IGBT) จำนวน 2 ชุด

- ประกอบด้วย IGBT จำนวน 4 ตัว
- พิกัดแรงดันไม่น้อยกว่า 1,200 โวลต์ (Collector-emitter voltage 1,200V)
- พิกัดกระแสไม่น้อยกว่า 20A (DC collector current@100 20A)
- มี Free Wheeling Diode ที่อยู่ภายในตัวอุปกรณ์ป้องกัน
- มีวงจร R-C Snubber ป้องกัน
- มี Fuse Fast-Acting ป้องกัน

4.1.2.14 ชุด Buck Converter จำนวน 2 ชุด

- ชุดกำเนิดสัญญาณแบบ PWM สามารถกำเนิดสัญญาณอยู่ในช่วง 20kHz-200kHz
 - สามารถปรับค่าความกว้างพัลส์ (Duty Cycle) อยู่ในช่วง 0-100%
 - รองรับสัญญาณคำสั่ง (Set Point) เพื่อควบคุมค่า Duty Cycle โดยใช้ขนาดแรงดันอยู่ในช่วง 0-10VDC โดยสามารถต่อใช้งานเป็นแบบที่รับค่าสัญญาณคำสั่งจากบอร์ดการทดลองโดยตรง หรือแบบรับสัญญาณคำสั่งจากภายนอก
 - มีชุดจำกัดความกว้างพัลส์ (Duty Cycle) ให้ทำงานไม่เกินช่วง 50-100%
 - ใช้ตัวตรวจจับกระแสแบบเซนเซอร์วัดสนามแม่เหล็ก(Hall Current Effect Sensor)
- จำนวน 3 จุด

- อัตราส่วนสัญญาณเอาต์พุต 5โวลต์ต่อ 1 แอมป์ (5V/1A)
- พิกัดของอุปกรณ์ มอสเฟต(MOSFET) ไม่น้อยกว่า 500V/8A
- พิกัดของอุปกรณ์ ไดโอดคืนสภาพอย่างรวดเร็ว(Schottky Diode) ไม่น้อยกว่า 1000V/10A
- ชุดอุปกรณ์ตัวเก็บประจุและตัวเหนี่ยวนำทำหน้าที่กรองแรงดัน
- ชุดอุปกรณ์ตัวเก็บประจุและตัวเหนี่ยวนำทำหน้าที่กรองแรงดัน
- อินพุตสามารถรับแรงดันในช่วง 0 - 30VDC
- เอาต์พุตสามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าได้ไม่น้อยกว่า 30 วัตต์
- แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า 220V/50Hz

4.1.2.15 ชุด Boost Converter จำนวน 2 ชุด

- ชุดกำเนิดสัญญาณแบบ PWM สามารถกำเนิดสัญญาณอยู่ในช่วง 20kHz-200kHz
 - 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 5 โวลต์ต่อ 1 แอมป์ (5V/1A)
- พิกัดของอุปกรณ์ มอสเฟส(MOSFET) ไม่น้อยกว่า 500V/8A
- พิกัดของอุปกรณ์ ไดโอดคืนสภาพอย่างเร็ว(Schottky Diode) ไม่น้อยกว่า 1000V/10A
- ชุดอุปกรณ์ตัวเก็บประจุและตัวเหนี่ยวนำทำหน้าที่กรองแรงดัน
- อินพุตสามารถรับแรงดันในช่วง 0 - 30VDC
- เอาต์พุตสามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าได้ไม่น้อยกว่า 30 วัตต์
- แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า 220V/50Hz

4.1.2.16 ชุด Buck-Boost Converter จำนวน 2 ชุด

- ชุดกำเนิดสัญญาณแบบ PWM สามารถกำเนิดสัญญาณอยู่ในช่วง 20kHz-200kHz
 - 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 5 โวลต์ต่อ 1 แอมป์ (5V/1A)
 - พิกัดของอุปกรณ์ มอสเฟส(MOSFET) ไม่น้อยกว่า 500V/8A
 - พิกัดของอุปกรณ์ ไดโอดคืนสภาพอย่างเร็ว(Schottky Diode) ไม่น้อยกว่า 1000V/10A
 - ชุดอุปกรณ์ตัวเก็บประจุและตัวเหนี่ยวนำทำหน้าที่กรองแรงดัน
 - อินพุตสามารถรับแรงดันในช่วง 0 - 30VDC
 - เอาต์พุตสามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าได้ไม่น้อยกว่า 30 วัตต์
 - แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า 220V/50Hz

4.1.2.17 ชุดแรงดันอ้างอิง(Command Unit) จำนวน 2 ชุด

- สามารถกำเนิดสัญญาณแรงดันที่จะนำไปใช้งานอยู่ในช่วง 0-10V และ -10V ถึง +10V
- สามารถกำเนิดสัญญาณรูปคลื่นที่จะนำไปใช้งาน ได้แก่ Sine Wave, Triangle Wave โดยสามารถปรับความถี่ได้ตั้งแต่ 1Hz-60Hz , ที่ขนาดแอมป์จูด 10Vp
- สามารถกำเนิดสัญญาณสัญญาณดิจิตอลขนาด 8 Bits
- มีหน่วยความจำที่สามารถ Save/Recall ค่าได้ไม่น้อยกว่า 8 ค่า

4.1.2.18 ชุดกำเนิดสัญญาณควบคุมจุดชนวนเกตไตรสเตอร์ (TWO PULSE CONTROL UNIT) จำนวน 2 ชุด

- แรงดันที่ใช้ในการ Synchronization อยู่ในช่วงไม่น้อยกว่า 5 ถึง 240V, 50Hz
- รองรับแรงดันแบบอนาล็อกที่ใช้ในการควบคุมการกำเนิดสัญญาณมุมจุดชนวนอยู่ในช่วง 0-10 VDC
- มีชุดเอาต์พุตแบบไอโซเลทที่สามารถกำเนิดมุมจุดชนวนที่มุม 0° - 180° จำนวน 2 ชุด และ มุม 180° - 0° จำนวน 2 ชุด (โดยอ้างอิงจากทางด้านเอาต์พุต)
- สามารถเลือกกำเนิดสัญญาณมุมจุดชนวนแบบ Single Pulse หรือ Pulse Train ได้
- สามารถเลือกกำเนิดสัญญาณมุมจุดชนวนให้เริ่มต้นที่มุม 0° , 30° , 60° ได้
- มีชุดต่อใช้งานแบบ Inhibit Voltage Control
- สามารถควบคุมการกำเนิดสัญญาณมุมจุดชนวนจากสัญญาณดิจิตอลขนาดไม่น้อยกว่า 8 Bits
- ใช้กับแหล่งจ่ายแรงดัน +15V / 0V / -15V

4.1.2.19 ชุดกำเนิดสัญญาณควบคุมจุดชนวนเกตไตรสเตอร์

(SIX PULSE CONTROL UNIT) จำนวน 2 ชุด

- แรงดันที่ใช้ในการ Synchronization อยู่ในช่วงไม่น้อยกว่า 5 ถึง 440V, 50Hz แบบ สามเฟส
- รองรับแรงดันแบบอนาล็อกที่ใช้ในการควบคุมการกำเนิดสัญญาณมุมจุดชนวนอยู่ในช่วง 0-10VDC
- มีชุดเอาต์พุตแบบไอโซเลทที่สามารถกำเนิดมุมจุดชนวนที่มุม 0° - 180° จำนวน 3 ชุด และ มุม 180° - 0° จำนวน 3 ชุด (โดยอ้างอิงจากทางด้านเอาต์พุต)
- สามารถเลือกกำเนิดสัญญาณมุมจุดชนวนแบบ Single Pulse หรือ Pulse Train ได้
- สามารถเลือกกำเนิดสัญญาณจุดชนวนให้เริ่มต้นที่มุม 0° , 30° , 60° ได้
- มีชุดต่อใช้งานแบบ Inhibit Voltage Control
- สามารถควบคุมการกำเนิดสัญญาณมุมจุดชนวนจากสัญญาณดิจิตอลขนาดไม่น้อยกว่า 8 Bits
- ใช้กับแหล่งจ่ายแรงดัน +15V / 0V / -15V

4.1.2.20 ชุดกำเนิดสัญญาณควบคุมความกว้างพัลส์

(PWM/PFM/TCP CONTROL UNIT) จำนวน 2 ชุด

- รับสัญญาณคำสั่งแบบแรงดันไฟตรง 0-10V หรือ -10V ถึง +10V
- รับสัญญาณคำสั่งแบบรูปคลื่นแบบ Sine Wave 0-10 Vp/ในช่วง 1-60 Hz หรือ รูปคลื่นแบบ Tri Wave 0-10 Vp/ในช่วง 1-60 Hz
- ชุดกำเนิดสัญญาณแบบ PWM (Pulse Width Modulation) สามารถกำเนิดสัญญาณ อยู่ในช่วง 20Hz-20kHz แบบปรับย่านความถี่ได้ $\times 1$, $\times 10$, $\times 100$

- สามารถปรับค่า Duty Cycle (Ton/T) อยู่ในช่วง 0-100%
- สามารถเลือกแรงดันอ้างอิงอินพุต ขนาด 0-10 โวลต์ และ -10 - 10 โวลต์ เพื่อควบคุมความกว้างพัลส์ (Duty Cycle) อยู่ในช่วง 0-100%
- สามารถรับแรงดันอ้างอิงอินพุตแบบไซน์ เพื่อสร้างสัญญาณขับเคลื่อนแบบไซน์พีดับบีวเอ็ม (Sine PWM) ได้
- ชุดกำเนิดสัญญาณแบบ PFM (Pulse Frequency Modulation) มีฐานเวลาอยู่ในช่วง 5 μ s - 5 ms แบบปรับย่านได้ x1, x10, x100 ซึ่งจะกำเนิดค่าความถี่ในช่วง 20Hz-20kHz
- ชุดกำเนิดสัญญาณแบบ TPC (Two Points Control) โดยรับสัญญาณคำสั่งแบบแรงดันไฟตรง 0-10V กับ สัญญาณป้อนกลับผ่านชุด Summing Point เพื่อสร้างสัญญาณผิดพลาด
- มีชุดสร้างสัญญาณแรงดันอ้างอิง 0-2V เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบค่าสัญญาณผิดพลาดจากชุด Summing Point
- ชุดขับเคลื่อนแบบไฮดรอลิก จำนวน 4 ช่อง
- มีคาบเวลาเดดไทม์ไม่เกิน 8 ไมโครวินาที (Dead Time)
- พิกัดแรงดันไฟฟ้าชุดขับเคลื่อนไม่น้อยกว่า 12 โวลต์ (Voltage Peak)
- ใช้กับแหล่งจ่ายแรงดัน +15V / 0V / -15V

4.1.2.21 ชุดไซโครคอนเวอร์เตอร์ (CYCLO CONVERTER CONTROL UNIT)

จำนวน 2 ชุด

- เป็นชุดควบคุมการกำเนิดสัญญาณมุมจุดขนวนวงจรไซโครคอนเวอร์เตอร์
- แรงดันที่ใช้ในการ Synchronization อยู่ในช่วงไม่น้อยกว่า 5 ถึง 240V, 50Hz
- รองรับแรงดันแบบอนาล็อกที่ใช้ในการควบคุมการกำเนิดสัญญาณมุมจุดขนวนอยู่ในช่วง 0-10 VDC
- มีชุดจุดขนวนเกตไทรสเตอร์แบบเต็มคลื่น (Full Bridge Converter) จำนวน 2 ชุด แต่ละชุดประกอบด้วย
- จุดขนวนขับเคลื่อนแบบไฮดรอลิก จำนวน 4 ช่อง คือ มุมจุดขนวนที่มุม 0°-180° จำนวน 2 ชุด และ มุม 180°- 360° จำนวน 2 ชุด (มุมจุดขนวนอ้างอิงสัญญาณอินพุต)
- สามารถเลือกควบคุมจำนวนลูกคลื่นสัญญาณได้แบบ 1 ลูกคลื่น, 2 ลูกคลื่น, 3 ลูกคลื่น และ 4 ลูกคลื่น (อ้างอิงสัญญาณแรงดันที่ใช้ในการ Synchronization)
- ใช้กับแหล่งจ่ายแรงดัน +15V / 0V / -15V

4.1.2.22 ชุดควบคุมอัตโนมัติแบบพีไอดี (PIDCONTROLLER)

จำนวน 2 ชุด

- เป็นชุดควบคุมสำหรับการควบคุม P, PI, PD หรือ PID ในระบบลูปปิด

- อินพุตรับสัญญาณแรงดันไฟฟ้าไม่น้อยกว่าในช่วง -10V ถึง +10V
- อินพุตรับสัญญาณป้อนกลับ สามารถปรับอัตราขยายอยู่ในช่วง $G = 0 - 1$ มี 1 ช่องสัญญาณ
- อินพุตรับสัญญาณป้อนกลับ แบบอัตราขยายคงที่ $G = 1$ มี 1 ช่องสัญญาณ
- มีชุด Summing Point แบบ 3 อินพุต เพื่อสร้างสัญญาณผิดพลาด
- มีชุด Summing Point แบบ 3 อินพุต เพื่อสร้างสัญญาณควบคุม
- อัตราขยายสัญญาณ ตัวควบคุมแบบ P(Proportional) อยู่ในช่วง $K_p = 0 - 1000$
- คาบเวลาอินทิเกรตสัญญาณ ตัวควบคุมแบบ I(Integrate) อยู่ในช่วง $T_i = 1\text{mS} - 100\text{S}$
- คาบเวลาดิฟเฟอเรนเชียลสัญญาณ ตัวควบคุมแบบ D (Differential) อยู่ในช่วง $T_d = 0.2\text{mS} - 20\text{S}$
- สามารถต่อเป็นตัวควบคุมแบบ P, PI, PD หรือ PID ได้
- สามารถปรับค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมอิสระและต่อเนื่องในแต่ละย่านการควบคุม
- ใช้กับแหล่งจ่ายแรงดัน +15V / 0V / -15V

4.1.2.23 ชุด TEMPERATURE CONTROLLER จำนวน 2 ชุด

- power supply : +15 V / 0 V / -15 V
- ใช้ความต้านทานแบบซิงค์เป็นฮีตเตอร์ทำความร้อน
- สามารถควบคุมอุณหภูมิ ด้วยชุดควบ TWO PULSE CONTROL UNIT, SIX PULSE CONTROL UNIT , PWM/PFM/TCP CONTROL UNIT, AND PULSE CONTROL UNIT(AC CONTROLLER)
- มีตัววัดความร้อนแล้วแปลงเป็นแรงดัน 0-10 โวลต์ เพื่อใช้ในการควบคุมแบบลูปปิด
- มีชุดตัวแสดงผลอุณหภูมิจริงแบบตัวเลข
- ใช้กับแหล่งจ่ายแรงดัน +15V / 0V / -15V

4.1.2.24 ชุดโหลดตัวต้านทาน (RESISTIVE LOAD) จำนวน 2 ชุด

- ขนาดค่าความต้านทาน 100 Ohm
- กำลังไฟฟ้า 100 Watt
- มี Fuse Fast Acting ป้องกัน
- จำนวน 3 ตัว

4.1.2.25 ชุดโหลดตัวเหนี่ยวนำ (INDUCTIVE LOAD) จำนวน 2 ชุด

- ขนาดไม่น้อยกว่า 50mH
- ขนาดกระแสไม่น้อยกว่า 2A
- มี Fuse Fast Acting ป้องกัน

4.1.2.26 ชุดคาปาซิเตอร์และอินดักเตอร์ฟิลเตอร์ (LC Filter)

- อินดักเตอร์ฟิลเตอร์ ขนาดไม่น้อยกว่า 20mH
- อินดักเตอร์ฟิลเตอร์ ขนาดกระแสไม่น้อยกว่า 1A
- คาปาซิเตอร์ขนาดค่าความจุ 2.2uF
- คาปาซิเตอร์พิกัดแรงดัน 250 โวลต์
- มี Fuse Fast Acting ป้องกัน

4.1.2.27 ชุด CAPACITIVE FILTER จำนวน 2 ชุด

- ขนาดค่าความจุ 470uF
- พิกัดแรงดัน 400 โวลต์
- จำนวน 2 ตัว

4.1.2.28 ชุด SIX CHANNEL VOLTAGE AND CURRENT ISOLATING

จำนวน 2 ชุด

- เป็นชุดตรวจวัดสัญญาณแรงดันและกระแส แบบไอโซเลท เพื่อความปลอดภัยในการทดลอง
- มีชุดตรวจจับแรงดันไฟฟ้าแบบ 4 ช่อง อิสระ (Channel A,B,C,D)
- ใช้ตัวตรวจจับแรงดันแบบขยายสัญญาณแรงดันไฟฟ้าชนิดแยกแรงดันไฟฟ้า(Precision Isolating Amplifier)
- พิกัดการแยกแรงดันไฟฟ้าไม่น้อยกว่า 1,200 โวลต์ (Voltage Isolation >1500Vrms)
- แรงดันอินพุตสูงสุด 400 VAC
- สามารถปรับอัตราลดทอนแรงดัน 1:1, 1:10 และ 1:100
- ช่วงความถี่ในการวัดสูงสุด 0 - 10kHz
- สัญญาณเอาต์พุตสูงสุด ± 10 V max.
- มีชุดตรวจจับกระแสไฟฟ้าแบบ 2 ช่อง อิสระ (Channel E,F)
- ใช้ตัวตรวจจับกระแสแบบเซนเซอร์วัดสนามแม่เหล็ก(Hall Current Effect Sensor)
- พิกัดการแยกแรงดันไฟฟ้าไม่น้อยกว่า 1,000 โวลต์ (Voltage Isolation >1000Vrms)
- กระแสไฟฟ้าอินพุตสูงสุด 10 A
- ช่วงความถี่ในการวัดสูงสุด 0 - 20kHz
- อัตราส่วนสัญญาณเอาต์พุต 1 โวลต์ต่อ 1 แอมป์ (1V/1A)
- มีไฟแสดงสถานะกรณี OVERLOAD แต่ละช่องสัญญาณ
- แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า 220V/50Hz

4.1.2.29 V/F CONCEPT INVERTER TRAINING จำนวน 2 ชุด

1. ชุดควบคุม (Control Unit)

- ใช้ตัวประมวลผลสัญญาณแบบดิจิทัลเป็นตัวประมวลผล
- ใช้หลักการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำสามเฟส แบบ อัตราส่วนแรงดันต่อความถี่ (V/F)
- สามารถขับมอเตอร์แบบเดลต้า ที่กำลังสูงสุด 0.5HP
- แสดงขั้นตอนการกำเนิดสัญญาณ PWM แบบ Sine PWM ทุก ขั้นตอนการประมวลผลสามารถวัดสัญญาณได้ใช้ออสซิลโลสโคป เป็นตัววัด สัญญาณ
- รับสัญญาณคำสั่งผ่านตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลเพื่อ ใช้ในการควบคุมมอเตอร์ ความละเอียด 10 บิต
- สามารถปรับความเร็วของมอเตอร์จากภายใน (COMMAND)โดย ใช้สัญญาณแอนาล็อก 0-5โวลต์
- สามารถแสดงสัญญาณการควบคุมตามทฤษฎี โดยผ่านชุดแปลง สัญญาณดิจิทัลเป็น แอนาล็อก ความละเอียด 8 บิต 6 ช่องสัญญาณ โดยสามารถใช้ออสซิลโลสโคปเป็นตัววัดสัญญาณ ประกอบด้วย สัญญาณ $\omega, v, \theta, \omega t, \omega t + 120, \omega t + 120$ และสัญญาณพาหะ

2. ชุดภาคกำลัง (POWER Unit)

- มีชุดเรียงกระแสแบบฟูลบริดจ์คอนเวอร์เตอร์ (Full Bridge Rectifier)
- ใช้ไอจีบีทีเป็นอุปกรณ์ในการสวิตช์
- มีคาปาร์ซิสเตอร์ขนาดไม่น้อยกว่า 470 ไมโครฟารัด 400 โวลต์ เป็นตัวกรอง แรงดัน
- สัญญาณขับเคลื่อนผ่านการไอโซเลต (Isolate) สามารถวัดสัญญาณได้โดยใช้ออสซิลโลสโคป
- สามารถวัดแรงดันที่ตีซีบัส
- แสดงหลักการทำงานของอินเวอร์เตอร์อย่างชัดเจน
- มีชุดป้องกันทางด้านกระแสเพื่อป้องกันความเสียหาย
- ชุด LED แสดงสถานะการ Fault และสวิตช์สำหรับ Reset

3. Squirrel Cage Three-Phase Motor

- ขนาดกำลังของมอเตอร์ไม่น้อยกว่า 370W
- ขนาดแรงดันอินพุท 220 /380V (Delta/Star)
- ความเร็วรอบไม่น้อยกว่า 1300 rpm
- ความถี่ 50Hz

4.1.2.30 ชุดจ่ายแรงดันไฟกระแสสลับ (AC POWER SUPPLY) จำนวน 2 ชุด

- เป็นชุดจ่ายแรงดันไฟกระแสสลับแบบสามเฟสแรงดันต่ำสำหรับใช้ในการทดลอง
- พิกัดแรงดันเอาต์พุต 3x0-45-90V
- พิกัดกระแสเอาต์พุตไม่น้อยกว่า 2A
- มีชุดหลอดไฟแสดงสถานะการทำงานของแรงดันไฟฟ้าในแต่ละเฟส
- มีชุดอุปกรณ์ป้องกัน Circuit Breaker, E.L.C.B และชุด Fast Acting Fuse
- ใช้กับแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า แบบสามเฟส 220/380V, 50Hz

4.1.2.31 ชุดจ่ายแรงดันไฟกระแสตรงปรับค่าได้(Adjust DC POWER SUPPLY)

จำนวน 2 ชุด

- พิกัดแรงดันเอาต์พุตปรับค่าได้ 0-30V
- พิกัดกระแสเอาต์พุตไม่น้อยกว่า 2A
- พร้อมวงจรป้องกันการ Short Circuit
- ใช้กับแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า 220V,50Hz

4.1.2.32 ชุดจ่ายแรงดันไฟกระแสตรงคงที่ (DC POWER SUPPLY)

จำนวน 2 ชุด

- พิกัดแรงดันเอาต์พุต +15V/0/-15V
- พิกัดกระแสเอาต์พุตไม่น้อยกว่า 2A
- พร้อมวงจรป้องกันการ Short Circuit
- ใช้กับแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า 220V,50Hz

4.1.2.33 โต๊ะปฏิบัติการ จำนวน 2 ชุด

1. รายละเอียดพื้นโต๊ะทดลอง ประกอบด้วย

- พื้นโต๊ะทำด้วยไม้ปาติเกิล เคลือบผิวด้วยเมลามีน
- พื้นโต๊ะมีขนาด กว้าง 800 มม ยาว 1500 มม หนาไม่น้อยกว่า 25 มม
- ปิดขอบโต๊ะด้วยพีวีซี หนาไม่น้อยกว่า 2 มม

2. รายละเอียดขาโต๊ะทดลอง ประกอบด้วย

- โครงขาโต๊ะเป็นแบบถอดประกอบได้
- ขาโต๊ะทดลองทำจากเหล็กกล่อง ขนาด 35 มม × 35 มม หนา 2 มม
- ตัวคานทำจากเหล็กกล่อง ขนาด 35 มม × 35 มม หนา 2 มม
- คานประกอบกับขาโต๊ะโดยใช้น็อตยึด
- ความสูงจากระดับพื้นถึงระดับพื้นโต๊ะมีความสูง 800 มม
- ขาโต๊ะมีตัวปรับระดับความสูงได้ไม่น้อยกว่า 20 มม
- ขาโต๊ะและคานพ่นสีฝุ่นอุตสาหกรรม

4.1.2.34 Rack 2 Level จำนวน 2 ชุด

- Panel Frame มี 2 ชั้น เป็นแบบ รางอลูมิเนียม ความยาวไม่ต่ำกว่า 1,420 มม.

4.1.2.35 สายประกอบวงจรขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางหัว 4 มิลลิเมตร จำนวน 2

ชุด

- ความยาวไม่น้อยกว่า 50 ซม. จำนวน 40 เส้น
- ความยาวไม่น้อยกว่า 100 ซม. จำนวน 30 เส้น

4.1.2.36 สายประกอบวงจรขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางหัว 2 มิลลิเมตร จำนวน 2 ชุด

- ความยาวไม่น้อยกว่า 20 ซม. จำนวน 30 เส้น

4.2 ชุดอิเล็กทรอนิกส์กำลังแบบกระแสเป่า จำนวน 10 ชุด

4.2.1 รายละเอียดทั่วไป

- เป็นชุดทดลองที่ออกแบบเพื่อการศึกษาภาคปฏิบัติที่ครอบคลุมเนื้อหา การเรียนรู้เกี่ยวกับ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลังต่างๆ เช่น ไดโอด , SCR , TRIAC และอุปกรณ์ สวิตช์กำลังต่างๆ เช่น MOSFET , IGBT , TRANSISTOR
- ตัวชุดทดลองขนาดมาตรฐาน A3 ทำด้วยวัสดุที่เป็นฉนวนปิดผิวทั้ง 2 ด้านเป็นเนื้อ เดียวกันและบรรจุในกระเปาะ
- ด้านหน้ามีอักษรกำกับและ สัญลักษณ์ของอุปกรณ์แสดงไว้อย่างชัดเจนด้วยวิธีการเจาะ ร่องทนต่อการขีดขูดได้เป็นอย่างดี
- ชุดทดลองสามารถศึกษาพื้นฐานด้านอิเล็กทรอนิกส์กำลัง ทั้งแบบระบบไฟฟ้าแบบ 1 เฟส และ 3 เฟส ซึ่งออกแบบเพื่อให้มีความปลอดภัยและสะดวกต่อการใช้งาน เพราะ ใช้กับระบบไฟฟ้าแบบเฟสเดียว 220V/50Hz
- ชุดทดลองมีชุดแหล่งแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ขนาด 20-0-20 โวลต์ (RMS) 50 เฮิร์ต
- ชุดทดลองมีภาระทางไฟฟ้าแบบ ตัวต้านทาน , ตัวเหนี่ยวนำ , ตัวเก็บประจุ และ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
- ชุดทดลองมีชุดตรวจจับกระแสและแรงดันที่แยกกราวด์เพื่อความปลอดภัยในการวัด สัญญาณและป้องกันเครื่องมือวัด
- มีชุดอุปกรณ์ต่างๆ ที่จะสามารถทำการทดลองในหัวข้อต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4.2.2 รายละเอียดทางเทคนิค ประกอบด้วย

4.2.2.1 ชุดแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับแบบ 3 เฟส

(Three Phase AC Power Supply)

- พิกัดแรงดันเอาต์พุต 3 x 20-0-20 โวลต์
- ความถี่ 50 เฮิร์ต
- ใช้ตัวประมวลผลแบบดิจิทัลเป็นชุดกำเนิดสัญญาณไซน์ เพื่อให้สัญญาณมีค่าความ

เที่ยงตรงสูง ทั้งรูปสัญญาณและเฟส

- ใช้ตัวขยายสัญญาณแรงดันและกระแสคุณภาพสูงของ Burr Brown
- มีชุดป้องกัน แบบจำกัดกระแส(Current Limit) และลัดวงจร(Short Circuit)
- สามารถทดสอบลัดวงจรได้
- มีชุดไฟแสดงสถานะการทำงาน แต่ละเฟส

4.2.2.2 ชุดแรงดันอ้างอิง(Referents Generator)

- สามารถเลือกได้ 3 โหมดการทำงาน คือ
- สัญญาณอ้างอิงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 0-10 โวลต์
- สัญญาณอ้างอิงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง -10 - 10 โวลต์
- สัญญาณอ้างอิงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 0-10 โวลต์ 50 เฮิรท์
- มีชุดไฟแสดงสถานะการทำงาน แต่ละโหมดการทำงาน

4.2.2.3 ชุดกำเนิดสัญญาณควบคุมจุดชนวนเกตไทรสเตอร์ (TWO/SIX PULSE CONTROL UNIT)

- มีสวิตช์เลือกจุดการทำงานเริ่มต้นได้ 0°และ 30°
- มีสวิตช์เลือกชนิดพัลส์จุดชนวนแบบพัลส์เดียวและแบบขบวนพัลส์
- พิกัดแรงดันซิงโครไนส์ไฟฟ้ากระแสสลับ 10 – 220 โวลต์
- พิกัดแรงดันอ้างอิงอินพุท 0-10โวลต์ ควบคุมมุมจุดชนวน 180° - 0°และ 360° - 180°
- ชุดจุดชนวนขับเคลื่อนแบบไอซีเลท จำนวน 6 ช่อง
- พิกัดแรงดันไฟฟ้าจุดชนวนมากกว่า 12 โวลต์(Peak Voltage)
- ควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์
- มีชุดไฟแสดงสถานะการทำงาน แต่ละโหมดการทำงาน

4.2.2.4 ชุดกำเนิดสัญญาณควบคุมความกว้างพัลส์ (Pulse Width Modulation Control Unit)

- สามารถกำเนิดสัญญาณความถี่ในช่วง 2Hz-20kHz
- แบ่งย่านความถี่เป็นสี่ช่วง x1, x10, x100, x1k
- สามารถปรับค่าความกว้างพัลส์ (Duty Cycle) อยู่ในช่วง 0–100%
- สามารถเลือกแรงดันอ้างอิงอินพุท ขนาด0-10โวลต์ และ -10 – 10 โวลต์ เพื่อควบคุมความกว้างพัลส์ (Duty Cycle) อยู่ในช่วง 0–100%
- สามารถรับแรงดันอ้างอิงอินพุทแบบไซน์ เพื่อสร้างสัญญาณขับเคลื่อนแบบไซน์พีคดับเบิลเอ็ม (Sine PWM)ได้
- มีคาบเวลาเดดไทม์ไม่เกิน 8 ไมโครวินาที(Dead Time ≤ 8μS)
- ชุดขับเคลื่อนแบบไอซีเลท จำนวน 4 ช่อง
- พิกัดแรงดันไฟฟ้าชุดขับเคลื่อนไม่น้อยกว่า 12 โวลต์(Voltage Peak)

4.2.2.5 ชุดตรวจจับกระแส (Isolating Current Sensor)

- พิกัดกระแสปกติ 5 แอมป์ (พิกัดกระแสสูงสุด 15 แอมป์)

- ใช้ตัวตรวจจับกระแสแบบเซนเซอร์วัดสนามแม่เหล็ก(Hall Current Effect Sensor)
- พิกัดการแยกแรงดันไฟฟ้าไม่น้อยกว่า 1,000 โวลต์ (Voltage Isolation >1000Vrms)
- อัตราส่วนสัญญาณเอาต์พุต 1 โวลต์ต่อ 1 แอมป์ (1V/1A)

4.2.2.6 ชุดตรวจจับแรงดัน (Isolating Voltage Sensor)

- พิกัดแรงดันไฟฟ้าสูงสุด 100 โวลต์
- ใช้ตัวตรวจจับแรงดันแบบขยายสัญญาณแรงดันไฟฟ้าชนิดแยกแรงดันไฟฟ้า(Precision Isolating Amplifier)
- พิกัดการแยกแรงดันไฟฟ้าไม่น้อยกว่า 1,500 โวลต์ (Voltage Isolation >1500Vrms)
- อัตราส่วนสัญญาณเอาต์พุต 1 โวลต์ต่อ 10 โวลต์ (1V/10V)

4.2.2.7 ชุดโหลดแบบ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

- พิกัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 24 โวลต์
- ความเร็วรอบไม่น้อยกว่า 1,000 รอบต่อนาที
- จำนวน 1 ตัว

4.2.2.8 ชุดโหลดแบบความต้านทาน

- ขนาดความต้านทาน 100 โอห์ม
- ขนาดกำลังไฟฟ้าไม่น้อยกว่า 10 วัตต์
- จำนวน 3 ตัว

4.2.2.9 ชุดโหลดแบบความเหนียวน้ำ

- ขนาดค่าความเหนียวน้ำไม่น้อยกว่า 50 มิลลิเฮนลี
- พิกัดกระแสสูงสุดไม่น้อยกว่า 500 มิลลิแอมป์
- จำนวน 1 ตัว

4.2.2.10 ชุดคาปาซิเตอร์ฟิลเตอร์

- ขนาดค่าความจุ 2,200 ไมโครฟารัส พิกัดแรงดันสูงสุดไม่น้อยกว่า 50 โวลต์
จำนวน 1 ตัว
- ขนาดค่าความจุ 1,000 ไมโครฟารัส พิกัดแรงดันสูงสุดไม่น้อยกว่า 50 โวลต์
จำนวน 1 ตัว
- ขนาดค่าความจุ 2.2 ไมโครฟารัส แบบไม่มีขั้ว พิกัดแรงดันสูงสุดไม่น้อยกว่า 50 โวลต์
จำนวน 1 ตัว

4.2.2.11 ไดโอดกำลัง (POWER DIODE)

- เป็นชนิด ไดโอดชอทท์กี (Schottky Diode)
- พิกัดแรงดันไม่น้อยกว่า 1,200 โวลต์ (Repetitive peak reverse voltage $\geq$ 1,200V)
- พิกัดกระแสไม่น้อยกว่า 15A (Continuous forward current $\geq$ 15A)
- จำนวน 6 ตัว

4.2.2.12 ไทริสเตอร์ (SCR)

- พิกัดแรงดันไม่น้อยกว่า 1,200 โวลต์ (Repetitive peak off-state voltage $\geq 1,200\text{V}$)
- พิกัดกระแสไม่น้อยกว่า 25A (RMS on-state current $\geq 25\text{A}$)
- จำนวน 6 ตัว

4.2.2.13 ไทรแอค (Triac)

- พิกัดแรงดันไม่น้อยกว่า 800 โวลต์ (Repetitive peak off-state voltage $\geq 800\text{V}$)
- พิกัดกระแสไม่น้อยกว่า 16A (RMS on-state current $\geq 16\text{A}$)
- จำนวน 3 ตัว

4.2.2.14 ทรานซิสเตอร์ (POWER TRANSISTOR)

- พิกัดแรงดันไม่น้อยกว่า 500 โวลต์ (Collector Emitter Voltage $\geq 500\text{V}$)
- พิกัดกระแสไม่น้อยกว่า 5A (Collector Current Continuous $\geq 5\text{A}$)
- จำนวน 1 ตัว

4.2.2.15 มอสเฟต (POWER MOSFET)

- พิกัดแรงดันไม่น้อยกว่า 500 โวลต์ (Drain to Source Break Down voltage $\geq 500\text{V}$)
- พิกัดกระแสไม่น้อยกว่า 10A (Continuous Drain current @ $100^\circ\text{C} \geq 10\text{A}$)
- จำนวน 1 ตัว

4.2.2.16 ไอจีบีที (IGBT)

- พิกัดแรงดันไม่น้อยกว่า 1,200 โวลต์ (Collector-emitter voltage $\geq 1,200\text{V}$) พิกัดกระแสไม่น้อยกว่า 20A (DC collector current @ $100^\circ\text{C} \geq 20\text{A}$)
- จำนวน 4 ตัว

4.2.2.17 ชุดควบคุมอัตโนมัติแบบพีไอ (PI CONTROLLER)

- ใช้ควบคุมแบบลูปิด สำหรับ Pure Sine Inverter
- ปรับค่าพารามิเตอร์ตัวควบคุมแบบพี (Proportional Controller) ได้ในช่วง 0.1-10
- ปรับค่าพารามิเตอร์ตัวควบคุมแบบไอ (Integrate Controller) ได้ในช่วง 10mS-100mS
- สามารถรับสัญญาณ คำสั่งและสัญญาณป้อนกลับได้ในช่วง -10โวลต์ ถึง +10โวลต์
- จำนวน 1 ตัว

4.2.2.18 ใช้กับระบบไฟฟ้า 220V/50Hz (Single Phase 220V/50Hz)**4.2.2.19 สายประกอบวงจรขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางหัว 2 มิลลิเมตร**

- ความยาวไม่น้อยกว่า 20 ซม. จำนวน 30 เส้น

4.3 ชุด Drive Technology

จำนวน 1 ชุด

4.3.1 4Quadrant Control Technology

4.3.1.1 ภาควควบคุม ประกอบด้วย

- 1.สามารถเลือกการปรับโหมดการทำงานเป็นแบบ 2 Quadrant และ 4 Quadrant โดยมี LED แสดงสถานะการทำงานในแต่ละ Quadrant
2. สามารถปรับความเร็วของมอเตอร์ (Set Point)
 - โดยใช้สัญญาณอนาล็อก 0-10 โวลต์ ในการทำงานแบบ 1 และ 2 Quadrant (Forward)
 - โดยใช้สัญญาณอนาล็อก -10 - +10 โวลต์ ในการทำงานแบบ 4 Quadrant (Reverse and Forward)
3. สามารถปรับช่วงเวลาขอขาขึ้นและขอลงของสัญญาณคำสั่งความเร็วได้ 0.1 -100 มิลลิวินาที
4. ตัวเปรียบเทียบสัญญาณรับได้ทั้งค่าลบและค่าบวก
5. สามารถปรับค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมแบบ PI ของลูความเร็ว (Speed Controller)
 - $K_p = 1 \dots 50$
 - $T_i = 50 \dots 500 \text{ms}$
6. มีขีดจำกัดกระแสได้ตั้งแต่ 1 - 125% ของกระแสพิก
7. สามารถปรับค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมแบบ PI ของลูความเร็ว (Current Controller)
 - $K_p = 0.1 \dots 1$
 - T_i แบ่งเป็นสองช่วงสามารถเลือกได้ ช่วงที่ 1 = $0.5 \dots 5 \text{ms}$,
ช่วงที่ 2 = $5 \dots 50 \text{ms}$
8. ชุดกำเนิดสัญญาณ PWM สามารถรับค่าอินพุตได้ทั้งค่าลบและบวก
9. รับสัญญาณป้อนกลับความเร็วจากเอ็นโค้ดเดอร์ และทำการแปลงสัญญาณเป็นแรงดันขนาด $\pm 10 \text{ V}$ และสามารถปรับอัตราขยายสัญญาณได้ 0.5 – 1.5 เท่า
10. รับสัญญาณป้อนกลับของกระแสจาก (Hall Current Effect) และทำการแปลงสัญญาณเป็นแรงดันขนาด ขนาด $\pm 10 \text{ V}$ และสามารถปรับอัตราขยายสัญญาณได้ 0.5 – 1.5 เท่า
11. มีการแสดงผลความเร็วรอบของมอเตอร์โดยผ่าน Seven Segment ขนาด 5 ดิจิต
12. มีเอาต์พุตสัญญาณเอนโคเดอร์ A และ B

4.3.1.2 ชุดภาคกำลัง ประกอบด้วย

1. ชุดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 200 VDC สำหรับขดลวดฟิลด์มอเตอร์

2. มีชุดเรียงกระแสแบบฟูลบริดจ์คอนเวอร์เตอร์ (Full Bridge Rectifier)
3. ชุดขับกระแสมอเตอร์แบบไฮบริดจ์คอนเวอร์เตอร์ (Hybridge Converter) ใช้ IPM(Intelligent Power Module) เป็นชุดสวิตซ์ซึ่ง ภาควิชา
4. สามารถวัดสัญญาณขั้วเกทที่ใช้ควบคุมมอเตอร์
5. มีชุดตรวจจับกระแสโดยใช้ Hall Current Effect Sensor เพื่อใช้ในการควบคุมแบบลูปปิด
6. สามารถวัดแรงดันที่ ดีซีบัสได้
7. มีชุดจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับขดลวด Filed ของมอเตอร์
8. มีวงจรป้องกัน การ Short circuit
9. มีชุด LED แสดงสถานะการ Fault และสวิตซ์สำหรับ Reset
10. ใช้กับแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า 220VAC, 50Hz

4.3.1.3 อุปกรณ์ประกอบ

1. ชุด DC Shunt Wound Machine จำนวน 1 ชุด
 - Nominal Power : 250 W
 - Nominal Voltage : >180 V
 - Nominal Speed : >1400 rpm.

4.3.2 Vector Control Technology

4.3.2.1 ชุดภาคควบคุม

1. ใช้ตัวประมวลผลสัญญาณแบบดิจิตอล (DSP) เป็นตัวประมวลผลกลาง ขนาด 16 บิต
2. มีตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลเพื่อใช้ในการควบคุมมอเตอร์แบบลูปปิดความละเอียด 10 บิต
3. ใช้เทคนิคการสร้างสัญญาณ PWM โดยใช้หลักการ สเปซเวกเตอร์แรงดัน (Space Vector PWM)
4. สามารถแสดงสัญญาณการควบคุมตามทฤษฎี โดยผ่านชุดแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาล็อกความละเอียด 8 บิต 16 ช่องสัญญาณ โดยสามารถใช้ ออสซิลโลสโคปเป็นตัววัดสัญญาณ ประกอบด้วย
5. กระแสของมอเตอร์ i_a, i_b, i_c
6. เวกเตอร์กระแสของมอเตอร์ i_α, i_β
7. เวกเตอร์กระแสที่ใช้ควบคุมฟลักซ์และ แรงบิด i_d, i_q
8. เวกเตอร์กระแสอ้างอิงที่ใช้ควบคุมฟลักซ์และ แรงบิด i_{dref}, i_{qref}
9. สัญญาณแรงดันอ้างอิงที่ใช้ควบคุมความเร็ว n_{ref}
10. สัญญาณการตอบสนองความเร็วมอเตอร์ n_r
11. เวกเตอร์แรงดันที่ใช้ควบคุมฟลักซ์และ แรงบิด V_d, V_q
12. เวกเตอร์แรงดันของมอเตอร์ V_α, V_β

13. การคำนวณตำแหน่งของโรเตอร์ θ
14. มีบล็อกแสดงการทำงานของควบคุมแบบปรับสนามแม่เหล็ก
อย่างละเอียด
15. บล็อกการแปลงสัญญาณกระแสของมอเตอร์จากระบบ 3 แกน ไปเป็น 2 แกน
อ้างอิง (Clark Transfer)
16. บล็อกการแปลงสัญญาณกระแสของมอเตอร์จาก 2 แกนอ้างอิงสเตเตอร์ ไปเป็น 2
แกนอ้างอิงของโรเตอร์ (Park Transfer) เป็นต้น
17. สามารถปรับความเร็วของมอเตอร์จากภายใน (Set Point) โดยใช้สัญญาณ
อนาล็อก 0-5 โวลต์
18. สามารถทดสอบการตอบสนองแบบเฉียบพลัน เช่น การกลับทางหมุน
แบบทันที
19. ใช้ตัวควบคุมอัตโนมัติ แบบ PI ทั้งลูปรูความเร็วและลูปรูกระแส มี
ค่าพารามิเตอร์คงที่ ที่เหมาะกับมอเตอร์ที่ใช้ในการควบคุม
20. มีการตรวจจับสัญญาณกระแสของมอเตอร์จากฮอลล์เซนเซอร์
2 ช่องสัญญาณ
21. มีการรับสัญญาณความเร็วรอบของมอเตอร์จาก เอนโคเดอร์
22. มีการแสดงผลความเร็วรอบของมอเตอร์โดยผ่าน Seven Segment
ขนาด 5 ดิจิต
23. มีเอาต์พุตสัญญาณเอนโคเดอร์ A และ B

4.3.2.2 ขุดภาคกำลัง

1. ขุดเรียงกระแสแบบ ซิงเกิลเฟสฟูลบริดจ์คอนเวอร์เตอร์ (Single Full Bridge Converter)
2. มีคาปาร์ซิสเตอร์ขนาด 470 ไมโครฟารัด 400 โวลต์ เป็นตัวกรองแรงดัน
3. สัญญาณขับเคลื่อนผ่านการไอโซเลต (Isolate) สามารถวัดสัญญาณได้โดยใช้
ออสซิลโลสโคป
4. สามารถวัดแรงดันที่ตีซีบัส
5. แสดงหลักการทำงานของอินเวอร์เตอร์อย่างชัดเจน
6. ใช้ IPM(Intelligent Power Module) เป็นชุดสวิตซ์ชิง ภาคกำลัง
7. มีชุดตรวจจับกระแสโดยใช้ Hall Current Effect Sensor เพื่อใช้ในการ
การควบคุมแบบลูปปิด
8. มีชุดป้องกันทางด้านกระแสเพื่อป้องกันความเสียหาย
9. มีชุด LED แสดงสถานะการ Fault และสวิตช์สำหรับ Reset

10. ใช้กับแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า 220VAC, 50Hz

4.3.2.3 อุปกรณ์ประกอบ

1. 3 Phase Induction Machine จำนวน 1 ชุด

- Nominal Power : 370 W
- Nominal Voltage : 220/380 V
(Delta/Star)
- Nominal Speed : 1,360 rpm

4.3.3 AC Servo Control Technology

1. เป็นชุดขับเคลื่อนที่มีความแม่นยำและเที่ยงตรงที่สุดในปัจจุบัน ทั้งทางด้านความเร็วและแรงบิดและมีการใช้งานควบคุมต่างๆ อย่างแพร่หลาย เช่น CNC เป็นต้น

- ชุดขับเคลื่อนประกอบด้วย AC SERVO MOTOR ขนาด 400 W
- ความเร็วรอบพิกัด 3000 rpm
- มีชุดแสดงผลค่าแรงบิดแบบตัวเลขด้วย 7-Segment ขนาด 4 ดิจิต
- มีชุดแสดงผลค่าความเร็วรอบแบบตัวเลขด้วย 7-Segment ขนาด 4 ดิจิต
- มีชุดแสดงสถานะการทำงานได้ 4 Quadrant โดยผ่าน LED
- สามารถสั่งงานโดยใช้สัญญาณ อนุล็อก $\pm 10V$ ในการควบคุมได้โดยตรง
- สามารถสั่งงานในโหมดควบคุมตำแหน่งโดยมีชุดกำเนิดพัลส์ ภายใน
- สามารถรับสัญญาณควบคุมจากภายนอกได้
- มีชุดสัญญาณอนุล็อกแสดงผลแรงบิดและความเร็ว
- สามารถเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์เพื่อแสดงกราฟการทำงาน
- ปรับแต่งค่าพารามิเตอร์ในการทำงานได้
- สามารถควบคุมในโหมดการทำงานดังนี้
 1. Speed Control
 2. Position Control
 3. Torque Control
- ใช้กับแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า 220VAC, 50Hz

4.3.3 ชุดโต๊ะทดลอง

- พื้นโต๊ะทำด้วยปาดิเกิลบอร์ดเคลือบผิวด้วยเมลามีน
- มีขนาด (1500 x 800 x 800) มม. (W x H x D) พื้นโต๊ะหนา 28 มม.
- ปิดขอบโต๊ะด้วยพีวีซี หนา 3 มม.
- พื้นโต๊ะเจาะ รูสำหรับร้อยสายจาก CONSOLE ลงไปที่พื้นด้านล่างของโต๊ะ อย่างเรียบร้อย สวยงามและปลอดภัย
- การยึดโต๊ะเข้ากับ CONSOLE และโครงขาโต๊ะแข็งแรงและสะดวก ต่อการประกอบ

- โครงเหล็กขาโต๊ะเป็นแบบถอดประกอบได้ พร้อมขาที่มีปุ่มปรับระดับ
- Two Level Rack จำนวน 1 ชุด
Panel Frame มี 2 ชั้น เป็นแบบ รางอลูมิเนียม ความยาวไม่ต่ำกว่า 1,420 มม.

4.3.5 สายต่อวงจร

- ขนาดหัวเสียบเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 มม.
- 50 ซม. จำนวน 20 เส้น
- 100 ซม. จำนวน 20 เส้น
- ขนาดหัวเสียบเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 มม.
- 50 ซม. จำนวน 20 เส้น

4.4 ชุดปฏิบัติการเครื่องกลไฟฟ้ากระแสสลับ ขนาด 0.5 แรงม้า (370 วัตต์) จำนวน 1 ชุด

4.4.1 รายละเอียดทั่วไป

- เป็นชุดทดลองใช้ในห้องปฏิบัติการเครื่องกลไฟฟ้า โดยการทดลองจำแนกชนิดของเครื่องกลไฟฟ้าอย่างชัดเจน ได้แก่ ชุดทดลองจำแนกชนิดของเครื่องกลไฟฟ้าอย่างชัดเจน สามารถทำการทดลองเครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรง มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบบเฟสเดียว มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบบสามเฟส เครื่องกลไฟฟ้าแบบซิงโครนัส และหม้อแปลงไฟฟ้าได้
- มีชุดแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงประสิทธิภาพสูงมีค่ากระแสเพี้ยน (Ripple) ต่ำและสามารถทดสอบลัดวงจรได้
- ตัวเครื่องกลไฟฟ้าเป็นแบบที่ใช้ในอุตสาหกรรม (Industrial Type) และ อุปกรณ์ต่างๆ สามารถต่อเข้ากันได้
- มีแผงต่อสายไฟ (Terminal Block) และ จุดเชื่อมต่อเป็นแบบ Safety Socket ขนาด 4 มม.
- ชุดทดลองเป็นแบบแผงทดลอง (Panel System) ตัวแผง (Panel) มีมาตรฐานความสูง A4 – (210x297 มม.)

4.4.2 ข้อกำหนดรายละเอียดทางเทคนิค

4.4.2.1 ชุดเครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรง ประกอบด้วย

1. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง แบบขดลวดสนามแม่เหล็กแบบขนาน (DC Shunt Wound Motor) จำนวน 1 ตัว
 - 1.1 พิกัดกำลังไฟฟ้าไม่น้อยกว่า 0.5 แรงม้า (370 วัตต์)
 - 1.2 พิกัดแรงดันไฟฟ้าอินพุท
 - แรงดันไฟฟ้าขดลวดอาร์เมเจอร์ไม่น้อยกว่า 180 โวลต์
 - กระแสไฟฟ้าขดลวดอาร์เมเจอร์ไม่น้อยกว่า 2.6 แอมป์
 - แรงดันไฟฟ้าขดลวดฟิลด์ 2 ชุด 200/100 โวลต์
 - กระแสไฟฟ้าขดลวดฟิลด์ 0.25/0.5 แอมป์
 - 1.3 พิกัดความเร็วรอบไม่น้อยกว่า 1,600 รอบต่อนาที

2. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง แบบขดลวดสนามแม่เหล็กแบบอนุกรม (DC Series Wound Motor) จำนวน 1 ตัว
 - 2.1 พิกัดกำลังไฟฟ้าไม่น้อยกว่า 0.5 แรงม้า (370วัตต์)
 - 2.2 พิกัดแรงดันไฟฟ้าอินพุท
 - แรงดันไฟฟ้าขดลวดอาร์เมเจอร์ไม่น้อยกว่า 180 โวลต์
 - กระแสไฟฟ้าขดลวดอาร์เมเจอร์ไม่น้อยกว่า 2.0 แอมป์
 - 2.3 พิกัดความเร็วรอบไม่น้อยกว่า 1,600 รอบต่อนาที
3. ชุดขับเคลื่อนทางกล จำนวน 1 ชุด ประกอบด้วย จำนวน 1 ตัว
 - 3.1 ชุดระบบขับเคลื่อนเซอร์โวมอเตอร์ ชนิดไฟฟ้ากระแสสลับ (AC SERVO DRIVE SYSTEM)
 - ชุดขับเคลื่อนเซอร์โวมอเตอร์ ชนิดไฟฟ้ากระแสสลับ (AC SERVO DRIVE) ขนาดไม่น้อยกว่า 1 กิโลวัตต์ (KW)
 - พิกัดกำลังไฟฟ้าเซอร์โวมอเตอร์ ชนิดไฟฟ้ากระแสสลับ (AC SERVO MOTOR) ขนาดไม่น้อยกว่า 1 กิโลวัตต์ (KW)
 - สามารถเป็นโหลดทางกลให้กับชุดมอเตอร์ได้
 - สามารถใช้เป็นชุดขับเคลื่อนเนอร์เรเตอร์ได้โดยที่ความเร็วรอบมีค่าคงที่ แม้โหลดของเนอเตอร์จะมีการเปลี่ยนแปลง
 - ความเร็วรอบพิกัดไม่น้อยกว่า 2,500 รอบต่อนาที
 - สามารถเลือกแสดงผลค่าแรงบิดและค่าความเร็วของมอเตอร์ได้ โดยแสดงค่าเป็นตัวเลขผ่านตัวแสดงผล 7 ส่วน (7 Segment)
 - สามารถสั่งงานความเร็วโดยใช้สัญญาณ อนาล็อก ± 10 โวลต์ ในการควบคุมความเร็วได้โดยตรง
 - สามารถสั่งงานแรงบิดโดยใช้สัญญาณ อนาล็อก ± 10 โวลต์ ในการควบคุมแรงบิดได้โดยตรง
 - สามารถควบคุมในโหมดการทำงานดังนี้
 1. ควบคุมความเร็ว (Speed Control)
 2. ควบคุมตำแหน่ง (Position Control)
 3. ควบคุมแรงบิด (Torque Control)
 - มีจุดวัดสัญญาณแรงดัน ดีซีบัส(DC BUS) ของชุดอินเวอร์เตอร์
 - มีจุดวัดสัญญาณขั้วเกต ของชุดอินเวอร์เตอร์ (จำนวน 6 ช่อง)
 - มีชุดตรวจจับความเร็วรอบ แบบ rotary Encoder ขนาด 2,500 พัลส์ต่อรอบ (2500p/r) พร้อม จุดวัดสัญญาณ A,B และ Z
 - มีชุดตรวจจับกระแสของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Servo Motor) แบบการวัด คล้องสาย (Hall Current Transducer) จำนวน 3 ช่องสัญญาณ พร้อมจุดวัดสัญญาณ กระแส I_u, I_v และ I_w

- พิกัดแรงดันไฟฟ้าอินพุต 220 โวลต์, 50 เฮิร์ต
- 4. ชุดอุปกรณ์ควบคุม ประกอบด้วย
 - 4.1 ความต้านทานแบบปรับค่าได้ (Starting Rheostat) จำนวน 1 ตัว
 - กำลังไฟฟ้าพิกัดไม่น้อยกว่า 300 วัตต์
 - ค่าความต้านทานสามารถปรับค่าได้แบบเชิงเส้นและต่อเนื่อง
 - 4.2 ความต้านทานแบบปรับค่าได้ (Field Excitation Rheostat) จำนวน 1 ตัว
 - กำลังไฟฟ้าพิกัดไม่น้อยกว่า 200 W
 - ค่าความต้านทานสามารถปรับค่าได้แบบเชิงเส้นและต่อเนื่อง
- 5. ชุดภาระทางไฟฟ้า ประกอบด้วย
 - 5.1 โหลดความต้านทาน (RESISTIVE LOAD) จำนวน 1 ตัว
 - กำลังไฟฟารวมไม่น้อยกว่า 800 วัตต์
 - ความต้านทานขนาด 1000โอห์ม/100 วัตต์ จำนวน 8 ตัว
 - แบบแผงทดลอง (Panel System) พร้อมพัดลมระบายความร้อน
 - 5.2 โหลดแบบหลอดไฟฟ้า (LAMP LOAD) (จำนวน 1 ตัว)
 - กำลังไฟฟารวมไม่น้อยกว่า 400 W
 - หลอดไฟฟ้าขนาด 40W จำนวน 10 หลอด
 - มีสวิตช์ควบคุมการเปิดปิดแต่ละหลอดแยกอิสระ
 - แบบแผงทดลอง (Panel System)
- 6. ชุดเครื่องมือวัดไฟฟ้าแบบแผงทดลอง (Panel System) ประกอบด้วย
 - 6.1 ดิจิตอลมิเตอร์วัดแรงดันไฟตรง (Digital DC Panel Voltmeter) จำนวน 2 ตัว
 - ความละเอียดในการแสดงผลไม่น้อยกว่า 3 หลัก
 - วัดค่าแรงดันสูงสุดไม่น้อยกว่า 500 โวลต์
 - แสดงผลแบบ ตัวแสดงผล 7 ส่วน (7 Segment)
 - 6.2 ดิจิตอลมิเตอร์วัดกระแสไฟตรง (Digital DC Panel Ammeter) จำนวน 2 ตัว
 - ความละเอียดในการแสดงผลไม่น้อยกว่า 3 หลัก
 - วัดค่ากระแสสูงสุดไม่น้อยกว่า 5 แอมป์
 - แสดงผลแบบ ตัวแสดงผล 7 ส่วน (7 Segment)
- 7. โต๊ะทดลองทางด้านไฟฟ้าพร้อมคอนโซล จำนวน 1 ชุด
เป็นโต๊ะปฏิบัติการทางด้านไฟฟ้า ใช้กับระบบไฟฟ้า 3 เฟส 220/380 โวลต์ 50 เฮิร์ต
 - 7.1 รายละเอียดโมดูลอุปกรณ์ไฟฟ้า ประกอบด้วย
 - แผงควบคุมและระบบป้องกันไฟฟ้าหลัก 220/380 โวลต์ / 50 เฮิร์ต
 - เซอร์คิตเบรกเกอร์ชนิด 3 เฟส (3 Phase Circuit Breaker)
 - เซอร์คิตเบรกเกอร์ชนิด ป้องกันไฟฟ้ารั่ว(Earth/ Leak Circuit Breaker 4 P)

- เตารับแบบ เซฟตี้ (Safety Socket Output)
- สวิตช์ฉุกเฉิน(Emergency Switch)
- หลอดไฟแสดงสถานะ(Pilot Lam Indicator)
- มีชุดแสดงค่าแรงดันแบบตัวเลข ขนาดไม่น้อยกว่า 3 หลัก แบบสามเฟส

7.2 แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงปรับค่าได้ (DC ADJUSTABLE POWER SUPPLY 0-250V/ 0-5A)

- แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงปรับค่าแรงดันได้ในช่วง 0-250 โวลต์
- สามารถปรับค่ากระแสได้ในช่วง 0-5 แอมป์
- ใช้เทคนิคการควบคุมแบบลูปปิด ทั้งลูปแรงดันและลูปกระแส เพื่อให้ได้ค่าแรงดัน คงที่ และกระแสมีเสถียรภาพในการใช้งาน
- สามารถทดสอบการลัดวงจรได้ โดยที่อุปกรณ์ไม่เกิดความเสียหาย
- มีชุดแสดงค่าแรงดันแบบตัวเลข ขนาดไม่น้อยกว่า 3 หลัก

7.3 แผงเตารับจ่ายไฟฟ้า ขนาด220 โวลต์(UNIVERSAL OUTLET 220VAC /10A / 50Hz)

7.4 รายละเอียดพื้นโต๊ะทดลอง ประกอบด้วย

- พื้นโต๊ะทำด้วยไม้ปาติเกิล เคลือบผิวด้วยเมลามีน
- พื้นโต๊ะมีขนาด กว้าง 800 มม ยาว 1500 มิลลิเมตร หนาไม่น้อยกว่า 20 มิลลิเมตร
- ปิดขอบโต๊ะด้วยพีวีซี หนาไม่น้อยกว่า 1.5 มิลลิเมตร

7.5 โครงขาโต๊ะเป็นแบบถอดประกอบได้

- ขาโต๊ะทดลองทำจากเหล็กกล่อง ขนาดไม่น้อยกว่า 35 มิลลิเมตร × 35 มิลลิเมตร หนา 2 มิลลิเมตร
- ตัวคานทำจากเหล็กกล่อง ขนาดไม่น้อยกว่า 35 มิลลิเมตร × 35 มิลลิเมตร หนา 2 มิลลิเมตร
- คานประกอบกับขาโต๊ะโดยใช้น็อตยึด
- ความสูงจากระดับพื้นถึงระดับพื้นโต๊ะมีความสูง 800 มิลลิเมตร
- ขาโต๊ะมีตัวปรับระดับความสูงได้ไม่น้อยกว่า 20 มิลลิเมตร
- ขาโต๊ะและคานพ่นสีฝุ่นอุตสาหกรรม

8. รายละเอียดคอนโซล ประกอบด้วย

- คอนโซลทำด้วยไม้ปาติเกิล เคลือบผิวด้วยเมลามีน
- ปิดขอบโต๊ะด้วยพีวีซี หนาไม่น้อยกว่า 1.5 มิลลิเมตร

9. รางอลูมิเนียมแบบ 2 ชั้น (Vertical Frame 2 Level)

- มี 2 ชั้น เป็นแบบ รางอลูมิเนียม ความยาวไม่ต่ำกว่า 1,420 มิลลิเมตร

10. สายต่อวงจร

- ขนาดหัวเสียบเส้นผ่าศูนย์กลาง กลาง 4 มม.

- 50 ซม. จำนวน 30 เส้น
- 100 ซม. จำนวน 30เส้น

4.4.2.2 ชุดเครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม ประกอบด้วย

1. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขดลวดผสม (DC Compound Wound Machines)

จำนวน 1 ตัว

1.1 พิกัดกำลังไฟฟ้าไม่น้อยกว่า 0.5 แรงม้า (370วัตต์)

1.2 พิกัดแรงดันไฟฟ้าอินพุท

- แรงดันไฟฟ้าขดลวดอาร์เมเจอร์ไม่น้อยกว่า 200 โวลต์
- กระแสไฟฟ้าขดลวดอาร์เมเจอร์ไม่น้อยกว่า 2.1 แอมป์
- แรงดันไฟฟ้าขดลวดฟิลด์ไม่น้อยกว่า 200 โวลต์
- กระแสไฟฟ้าขดลวดฟิลด์ 0.24 แอมป์

1.3 พิกัดความเร็วรอบไม่น้อยกว่า 1,600 รอบต่อนาที

2. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบแม่เหล็กถาวร (Permanent Magnet DC Machine)

จำนวน 1 ตัว

2.1 พิกัดกำลังไฟฟ้าไม่น้อยกว่า 0.5 แรงม้า (370วัตต์)

2.2 พิกัดแรงดันไฟฟ้าอินพุท

- แรงดันไฟฟ้าขดลวดอาร์เมเจอร์ไม่น้อยกว่า 180 โวลต์
- กระแสไฟฟ้าขดลวดอาร์เมเจอร์ไม่น้อยกว่า 2.5 แอมป์

2.3 พิกัดความเร็วรอบไม่น้อยกว่า 1,600 รอบต่อนาที

3. ชุดขับเคลื่อนทางกล ประกอบด้วย จำนวน 1 ชุด

3.1 ชุดระบบขับเคลื่อนเซอร์โวมอเตอร์ ชนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

(AC SERVO DRIVE SYSTEM)

- ชุดขับเคลื่อนเซอร์โวมอเตอร์ ชนิดไฟฟ้ากระแสสลับ (AC SERVO DRIVE)ขนาดไม่น้อยกว่า 1 กิโลวัตต์ (KW)
- พิกัดกำลังไฟฟ้าเซอร์โวมอเตอร์ ชนิดไฟฟ้ากระแสสลับ (AC SERVO MOTOR) ขนาดไม่น้อยกว่า 1กิโลวัตต์ (KW)
- สามารถเป็นโหลดทางกลให้กับชุดมอเตอร์ได้
- สามารถใช้เป็นชุดขับเคลื่อนเนอร์เรเตอร์ได้โดยที่ความเร็วรอบมีค่าคงที่ แม้โหลดของเนอร์เรเตอร์จะมีการเปลี่ยนแปลง
- ความเร็วรอบพิกัดไม่น้อยกว่า 2,500 รอบต่อนาที
- สามารถเลือกแสดงผลค่าแรงบิดและค่าความเร็วของมอเตอร์ได้ โดยแสดงค่าเป็นตัวเลขผ่านตัวแสดงผล 7 ส่วน (7 Segment)
- สามารถสั่งงานความเร็วโดยใช้สัญญาณ อนาล็อก ± 10 โวลต์ ในการควบคุมความเร็วได้โดยตรง

- สามารถส่งงานแรงบิดโดยใช้สัญญาณ อนาล็อก ± 10 โวลต์ ในการควบคุมแรงบิดได้โดยตรง
 - สามารถควบคุมในโหมดการทำงานดังนี้
 1. ควบคุมความเร็ว (Speed Control)
 2. ควบคุมตำแหน่ง (Position Control)
 3. ควบคุมแรงบิด (Torque Control)
 - มีจุดวัดสัญญาณแรงดัน ดีซีบัส(DC BUS) ของชุดอินเวอร์เตอร์
 - มีจุดวัดสัญญาณขับเคลื่อน ของชุดอินเวอร์เตอร์ (จำนวน 6 ช่อง)
 - มีชุดตรวจจับความเร็วรอบ แบบ rotary Encoder ขนาด 2,500 พัลส์ต่อรอบ (2500p/r) พร้อม จุดวัดสัญญาณ A,B และ Z
 - มีชุดตรวจจับกระแสของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Servo Motor) แบบการวัด คล้องสาย (Hall Current Transducer) จำนวน 3 ช่องสัญญาณ พร้อมจุดวัดสัญญาณ กระแส I_u , I_v และ I_w
 - พิกัดแรงดันไฟฟ้าอินพุท 220 โวลต์, 50 เฮิร์ต
4. ชุดอุปกรณ์ควบคุม ประกอบด้วย
- 4.1 Starting Rheostat (DC Machine) จำนวน 1 ตัว
- กำลังไฟฟ้าพิกัดไม่น้อยกว่า 300 วัตต์
 - ค่าความต้านทานสามารถปรับค่าได้แบบเชิงเส้นและต่อเนื่อง
- 4.2 Field Excitation Rheostat (DC Machine) จำนวน 1 ตัว
- กำลังไฟฟ้าพิกัดไม่น้อยกว่า 200 วัตต์
 - ค่าความต้านทานสามารถปรับค่าได้แบบเชิงเส้นและต่อเนื่อง
5. ชุดภาระทางไฟฟ้า ประกอบด้วย
- 5.1 โหลดความต้านทาน (RESISTIVE LOAD) จำนวน 1 ตัว
- กำลังไฟฟ้ารวมไม่น้อยกว่า 800 วัตต์
 - ความต้านทานขนาด 1000โอห์ม /100 วัตต์ จำนวน 8 ตัว
 - แบบ Panel System พร้อมพัดลมระบายความร้อน
- 5.2 โหลดแบบหลอดไฟฟ้า (LAMP LOAD) จำนวน 1 ตัว
- กำลังไฟฟ้ารวมไม่น้อยกว่า 400 วัตต์
 - หลอดไฟฟ้าขนาด 40 วัตต์ จำนวน 10 หลอดมีสวิตช์ควบคุมการเปิดปิดแต่ละหลอดแยกอิสระ
 - แบบแผงทดลอง (Panel System)

6. ชุดเครื่องมือวัดไฟฟ้าแบบแผงทดลอง(Panel System) ประกอบด้วย

6.1 ดิจิตอลมิเตอร์วัดแรงดันไฟฟ้าตรง (จำนวน 2 ตัว)

- ความละเอียดในการแสดงผลไม่น้อยกว่า 3 หลัก
- วัดค่าแรงดันสูงสุดไม่น้อยกว่า 500 โวลต์
- แสดงผลแบบ ตัวแสดงผล 7 ส่วน (7 Segment)

6.2 ดิจิตอลมิเตอร์วัดกระแสไฟฟ้าตรง (จำนวน 2 ตัว)

- ความละเอียดในการแสดงผลไม่น้อยกว่า 3 หลัก
- วัดค่ากระแสสูงสุดไม่น้อยกว่า 5 แอมป์
- แสดงผลแบบ ตัวแสดงผล 7 ส่วน (7 Segment)

7. โต๊ะทดลองทางด้านไฟฟ้าพร้อมคอนโซล จำนวน 1 ชุด

เป็นโต๊ะปฏิบัติการทางด้านไฟฟ้า ใช้กับระบบไฟฟ้า 3 เฟส 220/380 โวลต์ 50 เฮิร์ต

7.1 รายละเอียดโมดูลอุปกรณ์ไฟฟ้า ประกอบด้วย

- แผงควบคุมและระบบป้องกันไฟฟ้าหลัก 220/380 โวลต์ / 50 เฮิร์ต
- เซอร์คิตเบรกเกอร์ชนิด 3 เฟส (3 Phase Circuit Breaker)
- เซอร์คิตเบรกเกอร์ชนิด ป้องกันไฟฟ้ารั่ว(Earth/ Leak Circuit Breaker 4 P)
- เต้ารับแบบ เซฟตี้ (Safety Socket Output)
- สวิตช์ฉุกเฉิน(Emergency Switch)
- หลอดไฟแสดงสถานะ(Pilot Lam Indicator)
- มีชุดแสดงค่าแรงดันแบบตัวเลข ขนาดไม่น้อยกว่า 3 หลัก แบบสามเฟส

7.2 แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงปรับค่าได้(DC ADJUSTABLE POWER SUPPLY 0-250V/ 0-5A)

- แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงปรับค่าแรงดันได้ในช่วง 0-250 โวลต์
- สามารถปรับค่ากระแสได้ในช่วง 0-5 แอมป์
- ใช้เทคนิคการควบคุมแบบลูปิด ทั้งลูประดันและลูกระแส เพื่อให้ได้ค่าแรงดัน คงที่ และกระแสมีเสถียรภาพในการใช้งาน
- สามารถทดสอบการลัดวงจรได้ โดยที่อุปกรณ์ไม่เกิดความเสียหาย
- มีชุดแสดงค่าแรงดันแบบตัวเลข ขนาดไม่น้อยกว่า 3 หลัก

7.3 แผงเต้ารับจ่ายไฟฟ้า ขนาด220 โวลต์(UNIVERSAL OUTLET 220VAC /10A / 50Hz)

7.4 รายละเอียดพื้นโต๊ะทดลอง ประกอบด้วย

- พื้นโต๊ะทำด้วยไม้ปาติเกิล เคลือบผิวด้วยเมลามีน
- พื้นโต๊ะมีขนาด กว้าง 800 มม ยาว 1500 มิลลิเมตร หนาไม่น้อยกว่า 20 มิลลิเมตร
- ปิดขอบโต๊ะด้วยพีวีซี หนาไม่น้อยกว่า 1.5 มิลลิเมตร

7.5 โครงขาโต๊ะเป็นแบบถอดประกอบได้

- ขาโต๊ะทดลองทำจากเหล็กกล่อง ขนาดไม่น้อยกว่า 35 มิลลิเมตร × 35 มิลลิเมตร หนา 2 มิลลิเมตร
- ตัวคานทำจากเหล็กกล่อง ขนาดไม่น้อยกว่า 35 มิลลิเมตร × 35 มิลลิเมตร หนา 2 มิลลิเมตร
- คานประกอบกับขาโต๊ะโดยใช้น็อตยึด
- ความสูงจากระดับพื้นถึงระดับพื้นโต๊ะมีความสูง 800 มิลลิเมตร
- ขาโต๊ะมีตัวปรับระดับความสูงได้ไม่น้อยกว่า 20 มิลลิเมตร
- ขาโต๊ะและคานพื้นสีฝุ่นอุตสาหกรรม

8. รายละเอียดคอนโซล ประกอบด้วย

- คอนโซลทำด้วยไม้ปาติเกิล เคลือบผิวด้วยเมลามีน
- ปิดขอบโต๊ะด้วยพีวีซี หนาไม่น้อยกว่า 1.5 มิลลิเมตร

9. รางอลูมิเนียมแบบ 2 ชั้น (Vertical Frame 2 Level)

- มี 2 ชั้น เป็นแบบ รางอลูมิเนียม ความยาวไม่ต่ำกว่า 1,420 มิลลิเมตร

10. สายต่อวงจร

- ขนาดหัวเสียบเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 มม.
- 50 ซม. จำนวน 30 เส้น
- 100 ซม. จำนวน 30 เส้น

4.4.2.3 ชุดมอเตอร์ไฟฟ้า ประกอบด้วย

1. มอเตอร์ไฟฟ้าแบบเฟสเดียว (Starting and Operation Capacitor) (จำนวน 1 ตัว)

- พิกัดกำลังไฟฟ้าไม่น้อยกว่า 0.5 แรงม้า (370W)
- พิกัดแรงดันไฟฟ้าอินพุต 220 โวลต์
- ความถี่ 50 เฮิรท์
- พิกัดความเร็วรอบไม่น้อยกว่า 1,300 รอบต่อนาที

2. มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบสามเฟส (Three Phase Squirrel Cage Motor) (จำนวน 1 ตัว)

- พิกัดกำลังไฟฟ้าไม่น้อยกว่า 0.5 แรงม้า (370W)
- พิกัดแรงดันไฟฟ้าอินพุตไม่น้อยกว่า 220/380 โวลต์ (Delta/Star)
- พิกัดกระแสไฟฟ้าอินพุตไม่น้อยกว่า 1.80/1.00 แอมป์ (Delta/Star)
- ความถี่ 50 เฮิรท์
- พิกัดความเร็วรอบไม่น้อยกว่า 1,300 รอบต่อนาที

3. ชุดขับเคลื่อนทางกล ประกอบด้วย (จำนวน 1 ชุด)

3.1 ชุดระบบขับเคลื่อนเซอร์โวมอเตอร์ ชนิดไฟฟ้ากระแสสลับ(AC SERVO DRIVE SYSTEM)

- ชุดขับเคลื่อนเซอร์โวมอเตอร์ ชนิดไฟฟ้ากระแสสลับ (AC SERVO DRIVE)
ขนาดไม่น้อยกว่า 1 กิโลวัตต์ (KW)
- พิกัดกำลังไฟฟ้าเซอร์โวมอเตอร์ ชนิดไฟฟ้ากระแสสลับ (AC SERVO MOTOR)
ขนาดไม่น้อยกว่า 1 กิโลวัตต์ (KW)
- สามารถเป็นโหลดทางกลให้กับชุดมอเตอร์ได้
- สามารถใช้เป็นชุดขับเคลื่อนเนอร์เรเตอร์ได้โดยที่ความเร็วรอบมีค่าคงที่ แม้อัตราของ
เงินเนอร์เรเตอร์จะมีการเปลี่ยนแปลง
- ความเร็วรอบพิกัดไม่น้อยกว่า 2,500 รอบต่อนาที
- สามารถเลือกแสดงผลค่าแรงบิดและค่าความเร็วของมอเตอร์ได้ โดยแสดงค่าเป็นตัวเลข
ผ่านตัวแสดงผล 7 ส่วน (7 Segment)
- สามารถสั่งงานความเร็วโดยใช้สัญญาณ อนาล็อก ± 10 โวลต์ ในการควบคุม
ความเร็วได้โดยตรง
- สามารถสั่งงานแรงบิดโดยใช้สัญญาณ อนาล็อก ± 10 โวลต์ ในการควบคุมแรงบิด
ได้โดยตรง
- สามารถควบคุมในโหมดการทำงานดังนี้
 1. ควบคุมความเร็ว (Speed Control)
 2. ควบคุมตำแหน่ง (Position Control)
 3. ควบคุมแรงบิด (Torque Control)
- มีจุดวัดสัญญาณแรงดัน ดีซีบัส(DC BUS) ของชุดอินเวอร์เตอร์
- มีจุดวัดสัญญาณขั้วเกต ของชุดอินเวอร์เตอร์ (จำนวน 6 ช่อง)
- มีชุดตรวจจับความเร็วรอบ แบบ rotary Encoder ขนาด 2,500 พัลส์ต่อรอบ
(2500p/r) พร้อม จุดวัดสัญญาณ A,B และ Z
- มีชุดตรวจจับกระแสของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Servo Motor) แบบการวัด
คล่องสาย (Hall Current Transducer) จำนวน 3 ช่องสัญญาณ พร้อมจุดวัดสัญญาณ
กระแส I_u, I_v และ I_w
- พิกัดแรงดันไฟฟ้าอินพุท 220 โวลต์, 50 เฮิร์ต

4. ชุดเครื่องมือวัดไฟฟ้าแบบ Panel System ประกอบด้วย

4.4.1 ดิจิตอลมิเตอร์วัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ (จำนวน 1 ตัว)

- ความละเอียดในการแสดงผลไม่น้อยกว่า 3 หลัก
- วัดค่าแรงดันสูงสุดไม่น้อยกว่า 500 โวลต์
- แสดงผลแบบ ตัวแสดงผล 7 ส่วน (7 Segment)

4.4.2 ดิจิตอลมิเตอร์วัดกระแสไฟฟ้ากระแสสลับ (จำนวน 1 ตัว)

- ความละเอียดในการแสดงผลไม่น้อยกว่า 3 หลัก
- วัดค่ากระแสสูงสุดไม่น้อยกว่า 5 แอมป์
- แสดงผลแบบ ตัวแสดงผล 7 ส่วน (7 Segment)

4.4.3 Digital 3– Phase Power Meter Panel (จำนวน 1 ตัว)

- ความละเอียดในการแสดงผลไม่น้อยกว่า 4 หลัก
- วัดค่ากระแสได้ในช่วง 0 – 1000 วัตต์
- แสดงผลแบบ ตัวแสดงผล 7 ส่วน (7 Segment)

4.4.4 Digital Power Factor Meter Panel (จำนวน 1 ตัว)

- ความละเอียดในการแสดงผลไม่น้อยกว่า 3 หลัก
- แสดงผลแบบ ตัวแสดงผล 7 ส่วน (7 Segment)

4.4.5 Digital Frequency Meter Panel (จำนวน 1 ตัว)

- ความละเอียดในการแสดงผลไม่น้อยกว่า 2 หลัก
- แสดงผลแบบ ตัวแสดงผล 7 ส่วน (7 Segment)

5. โต๊ะทดลองทางด้านไฟฟ้าพร้อมคอนโซล (จำนวน 1 ชุด)

เป็นโต๊ะปฏิบัติการทางด้านไฟฟ้า ใช้กับระบบไฟฟ้า 3 เฟส 220/380 โวลต์ 50 เฮิร์ต

5.1 รายละเอียดโมดูลอุปกรณ์ไฟฟ้า ประกอบด้วย

- แผงควบคุมและระบบป้องกันไฟฟ้าหลัก 220/380 โวลต์ / 50 เฮิร์ต
- เซอร์คิตเบรกเกอร์ชนิด 3 เฟส (3 Phase Circuit Breaker
- เซอร์คิตเบรกเกอร์ชนิด ป้องกันไฟฟ้ารั่ว(Earth/ Leak Circuit Breaker 4 P)
- เต้ารับแบบ เซฟตี้ (Safety Socket Output)
- สวิตช์ฉุกเฉิน(Emergency Switch)
- หลอดไฟแสดงสถานะ(Pilot Lam Indicator)
- มีชุดแสดงค่าแรงดันแบบตัวเลข ขนาดไม่น้อยกว่า 3 หลัก แบบสามเฟส

5.2 แผงเต้ารับจ่ายไฟฟ้า ขนาด220 โวลต์(UNIVERSAL OUTLET 220VAC /10A / 50Hz)

5.3 รายละเอียดพื้นโต๊ะทดลอง ประกอบด้วย

- พื้นโต๊ะทำด้วยไม้ปาติเกิล เคลือบผิวด้วยเมลามีน
- พื้นโต๊ะมีขนาด กว้าง 800 มม ยาว 1500 มิลลิเมตร หนาไม่น้อยกว่า 20 มิลลิเมตร
- ปิดขอบโต๊ะด้วยพีวีซี หนาไม่น้อยกว่า 1.5 มิลลิเมตร

5.4 โครงขาโต๊ะเป็นแบบถอดประกอบได้

- ขาโต๊ะทดลองทำจากเหล็กกล่อง ขนาดไม่น้อยกว่า 35 มิลลิเมตร × 35 มิลลิเมตร หนา 2 มิลลิเมตร

- ตัวคานทำจากเหล็กกล่อง ขนาดไม่น้อยกว่า 35 มิลลิเมตร X 35 มิลลิเมตร หนา 2 มิลลิเมตร
 - คานประกอบกับขาโต๊ะโดยใช้นอตยึด
 - ความสูงจากระดับพื้นถึงระดับพื้นโต๊ะมีความสูง 800 มิลลิเมตร
 - ขาโต๊ะมีตัวปรับระดับความสูงได้ไม่น้อยกว่า 20 มิลลิเมตร
 - ขาโต๊ะและคานพื้นสีฝุ่นอุตสาหกรรม
6. รายละเอียดคอนโซล ประกอบด้วย
- คอนโซลทำด้วยไม้ปาติเกิล เคลือบผิวด้วยเมลามีน
 - ปิดขอบโต๊ะด้วยพีวีซี หนาไม่น้อยกว่า 1.5 มิลลิเมตร
7. รางอลูมิเนียมแบบ 2 ชั้น (Vertical Frame 2 Level)
- มี 2 ชั้น เป็นแบบ รางอลูมิเนียม ความยาวไม่ต่ำกว่า 1,420 มิลลิเมตร
8. สายต่อวงจร
- ขนาดหัวเสียบเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 มม.
 - 50 ซม. จำนวน 30 เส้น
 - 100 ซม. จำนวน 30เส้น

4.4.2.4 ชุดเครื่องกลไฟฟ้าแบบซิงค์โครไนส์ ประกอบด้วย

1. Three Phase Synchronous Machines (จำนวน 1 ตัว)
 - พิกัดกำลังไฟฟ้าไม่น้อยกว่า 250W
 - พิกัดแรงดันไฟฟ้าอินพุท 220/380 โวลต์ (Delta/Star)
 - ความถี่ 50 Hz
 - แรงดันไฟฟ้าขดลวดฟิลด์ไม่น้อยกว่า 100 โวลต์
 - พิกัดความเร็วรอบไม่น้อยกว่า 1,300 รอบต่อนาที
2. ชุดขับเคลื่อนทางกล ประกอบด้วย (จำนวน 1 ชุด)
 - 2.1 ชุดระบบขับเคลื่อนเซอร์โวมอเตอร์ ชนิดไฟฟ้ากระแสสลับ(AC SERVO DRIVE SYSTEM)
 - ชุดขับเคลื่อนเซอร์โวมอเตอร์ ชนิดไฟฟ้ากระแสสลับ (AC SERVO DRIVE)ขนาดไม่น้อยกว่า 1 กิโลวัตต์ (KW)
 - พิกัดกำลังไฟฟ้าเซอร์โวมอเตอร์ ชนิดไฟฟ้ากระแสสลับ (AC SERVO MOTOR) ขนาดไม่น้อยกว่า 1กิโลวัตต์ (KW)
 - สามารถเป็นโหลดทางกลให้กับชุดมอเตอร์ได้
 - สามารถใช้เป็นชุดขับเคลื่อนเนอร์เรเตอร์ได้โดยที่ความเร็วรอบมีค่าคงที่ แม้อัตราของเงินเนอร์เรเตอร์จะมีการเปลี่ยนแปลง
 - ความเร็วรอบพิกัดไม่น้อยกว่า 2,500 รอบต่อนาที

- สามารถเลือกแสดงผลค่าแรงบิดและค่าความเร็วของมอเตอร์ได้ โดยแสดงค่าเป็นตัวเลข ผ่านตัวแสดงผล 7 ส่วน (7 Segment)
 - สามารถสั่งงานความเร็วโดยใช้สัญญาณ อนาล็อก ± 10 โวลต์ ในการควบคุมความเร็วได้โดยตรง
 - สามารถสั่งงานแรงบิดโดยใช้สัญญาณ อนาล็อก ± 10 โวลต์ ในการควบคุมแรงบิดได้โดยตรง
 - สามารถควบคุมในโหมดการทำงานดังนี้
 1. ควบคุมความเร็ว (Speed Control)
 2. ควบคุมตำแหน่ง (Position Control)
 3. ควบคุมแรงบิด (Torque Control)
 - มีจุดวัดสัญญาณแรงดัน ดีซีบัส(DC BUS) ของชุดอินเวอร์เตอร์
 - มีจุดวัดสัญญาณขั้วเกต ของชุดอินเวอร์เตอร์ (จำนวน 6 ช่อง)
 - มีชุดตรวจจับความเร็วรอบ แบบ rotary Encoder ขนาด 2,500 พัลส์ต่อรอบ (2500p/r) พร้อม จุดวัดสัญญาณ A,B และ Z
 - มีชุดตรวจจับกระแสของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Servo Motor) แบบการวัด คล้องสาย (Hall Current Transducer) จำนวน 3 ช่องสัญญาณ พร้อมจุดวัดสัญญาณ กระแส I_u , I_v และ I_w
 - พิกัดแรงดันไฟฟ้าอินพุต 220 โวลต์, 50 เฮิร์ต
3. ชุดภาระทางไฟฟ้า ประกอบด้วย
- 3.1 โหลดความต้านทาน (RESISTIVE LOAD) เป็นแบบสามเฟส (จำนวน 1 ตัว)
- กำลังไฟฟ้ารวมไม่น้อยกว่า 1200 W
 - ความต้านทานขนาด $1000\Omega/50W$ จำนวน 8 ตัว (จำนวน 3 ชุด)
- 3.2 โหลดแบบหลอดไฟฟ้า (LAMP LOAD) (จำนวน 1 ตัว)
- กำลังไฟฟ้ารวมไม่น้อยกว่า 400 W
 - หลอดไฟฟ้าขนาด 40W จำนวน 10 หลอด
 - มีสวิตช์ควบคุมการเปิดปิดแต่ละหลอดแยกอิสระ
- 3.3 โหลดความเหนี่ยวนำ (INDUCTIVE LOAD) เป็นแบบสามเฟส (จำนวน 1 ตัว)
- ความเหนี่ยวนำ $1H/200\text{ mA}$ จำนวน 3 ตัว (จำนวน 3 ชุด)
- 3.4 โหลดตัวเก็บประจุ (CAPACITIVE LOAD) เป็นแบบสามเฟส (จำนวน 1 ตัว)
- ตัวเก็บประจุ $2\mu F/450\text{ VAC}$ จำนวน 6 ตัว (จำนวน 3 ชุด)
 - มีสวิตช์ควบคุมการเปิดปิดแยกอิสระ

4. ชุดอุปกรณ์ควบคุม ประกอบด้วย

4.1 Starting Rheostat (Synchronous Machines) (จำนวน 1 ตัว)

- กำลังไฟฟ้าพิกัดไม่น้อยกว่า 3x200 W
- ค่าความต้านทานสามารถปรับค่าได้แบบเชิงเส้นและต่อเนื่อง

5. ชุดเครื่องมือวัดไฟฟ้าแบบ Panel System ประกอบด้วย

5.1 ดิจิตอลมิเตอร์วัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ (จำนวน 1 ตัว)

- ความละเอียดในการแสดงผลไม่น้อยกว่า 3 หลัก
- วัดค่าแรงดันสูงสุดไม่น้อยกว่า 500 โวลต์
- แสดงผลแบบ ตัวแสดงผล 7 ส่วน (7 Segment)

5.2 ดิจิตอลมิเตอร์วัดกระแสไฟฟ้ากระแสสลับ (จำนวน 1 ตัว)

- ความละเอียดในการแสดงผลไม่น้อยกว่า 3 หลัก
- วัดค่ากระแสสูงสุดไม่น้อยกว่า 5 แอมป์
- แสดงผลแบบ ตัวแสดงผล 7 ส่วน (7 Segment)

5.2 Digital 3- Phase Power Meter Panel (จำนวน 1 ตัว)

- ความละเอียดในการแสดงผลไม่น้อยกว่า 4 หลัก
- วัดค่ากระแสได้ในช่วง 0 – 1000 วัตต์
- แสดงผลแบบ ตัวแสดงผล 7 ส่วน (7 Segment)

5.3 Digital Power Factor Meter Panel (จำนวน 1 ตัว)

- ความละเอียดในการแสดงผลไม่น้อยกว่า 3 หลัก
- แสดงผลแบบ ตัวแสดงผล 7 ส่วน (7 Segment)

5.4 Digital Frequency Meter Panel (จำนวน 1 ตัว)

- ความละเอียดในการแสดงผลไม่น้อยกว่า 2 หลัก
- แสดงผลแบบ ตัวแสดงผล 7 ส่วน (7 Segment)

6. โต๊ะทดลองทางด้านไฟฟ้าพร้อมคอนโซล (จำนวน 1 ชุด)

เป็นโต๊ะปฏิบัติการทางด้านไฟฟ้า ใช้กับระบบไฟฟ้า 3 เฟส 220/380 โวลต์ 50 เฮิรท์

6.1 รายละเอียดโมดูลอุปกรณ์ไฟฟ้า ประกอบด้วย

- แผงควบคุมและระบบป้องกันไฟฟ้าหลัก 220/380 โวลต์ / 50 เฮิรท์
- เซอร์คิตเบรกเกอร์ชนิด 3 เฟส (3 Phase Circuit Breaker)
- เซอร์คิตเบรกเกอร์ชนิด ป้องกันไฟฟ้ารั่ว(Earth/ Leak Circuit Breaker 4 P)
- เต้ารับแบบ เซฟตี้ (Safety Socket Output)
- สวิตช์ฉุกเฉิน(Emergency Switch)
- หลอดไฟแสดงสถานะ(Pilot Lam Indicator)
- มีชุดแสดงค่าแรงดันแบบตัวเลข ขนาดไม่น้อยกว่า 3 หลัก แบบสามเฟส

6.2 แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงปรับค่าได้(DC ADJUSTABLE POWER SUPPLY 0-250V/ 0-5A)

- แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงปรับค่าแรงดันได้ในช่วง 0-250 โวลต์
- สามารถปรับค่ากระแสได้ในช่วง 0-5 แอมป์
- ใช้เทคนิคการควบคุมแบบลูปปิด ทั้งลูปแรงดันและลูปกระแส เพื่อให้ได้ค่าแรงดัน คงที่ และกระแสมีเสถียรภาพในการใช้งาน
- สามารถทดสอบการลัดวงจรได้ โดยที่อุปกรณ์ไม่เกิดความเสียหาย
- มีชุดแสดงค่าแรงดันแบบตัวเลข ขนาดไม่น้อยกว่า 3 หลัก

6.3 แผงเต้ารับจ่ายไฟฟ้า ขนาด220 โวลต์(UNIVERSAL OUTLET 220VAC /10A / 50Hz)

6.4 รายละเอียดพื้นโต๊ะทดลอง ประกอบด้วย

- พื้นโต๊ะทำด้วยไม้ปาติเกิล เคลือบผิวด้วยเมลามีน
- พื้นโต๊ะมีขนาด กว้าง 800 มม ยาว 1500 มิลลิเมตร หนาไม่น้อยกว่า 20 มิลลิเมตร
- ปิดขอบโต๊ะด้วยพีวีซี หนาไม่น้อยกว่า 1.5 มิลลิเมตร

6.5 โครงขาโต๊ะเป็นแบบถอดประกอบได้

- ขาโต๊ะทดลองทำจากเหล็กกล่อง ขนาดไม่น้อยกว่า 35 มิลลิเมตร × 35 มิลลิเมตร หนา 2 มิลลิเมตร
- ตัวคานทำจากเหล็กกล่อง ขนาดไม่น้อยกว่า 35 มิลลิเมตร × 35 มิลลิเมตร หนา 2 มิลลิเมตร
- คานประกอบกับขาโต๊ะโดยใช้น็อตยึด
- ความสูงจากระดับพื้นถึงระดับพื้นโต๊ะมีความสูง 800 มิลลิเมตร
- ขาโต๊ะมีตัวปรับระดับความสูงได้ไม่น้อยกว่า 20 มิลลิเมตร
- ขาโต๊ะและคานพื้นสีฝุ่นอุตสาหกรรม

7. รายละเอียดคอนโซล ประกอบด้วย

- คอนโซลทำด้วยไม้ปาติเกิล เคลือบผิวด้วยเมลามีน
- ปิดขอบโต๊ะด้วยพีวีซี หนาไม่น้อยกว่า 1.5 มิลลิเมตร

8.รางอลูมิเนียมแบบ 2 ชั้น (Vertical Frame 2 Level)

- มี 2 ชั้น เป็นแบบ รางอลูมิเนียม ความยาวไม่ต่ำกว่า 1,420 มิลลิเมตร

9.สายต่อวงจร

- ขนาดหัวเสียบเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 มม.
- 50 ซม. จำนวน 30 เส้น
- 100 ซม. จำนวน 30 เส้น

4.4.2.5 ชุดหม้อแปลงไฟฟ้า ประกอบด้วย

1. หม้อแปลงไฟฟ้าแบบเฟสเดียว (Single Phase Transformer) (จำนวน 1 ตัว)
 - พิกัดแรงดันไฟฟ้าปฐมภูมิ 2×110 โวลต์
 - พิกัดแรงดันไฟฟ้าทุติยภูมิ 2×55 โวลต์
 - กำลังไฟฟ้าพิกัด 300 VA
 - ความถี่ 50 Hz
2. หม้อแปลงไฟฟ้าแบบสามเฟส (Three Phase Transformer) (จำนวน 1 ตัว)
 - พิกัดแรงดันไฟฟ้าปฐมภูมิ 3×380 โวลต์
 - พิกัดแรงดันไฟฟ้าทุติยภูมิ 3×110 โวลต์
 - กำลังไฟฟ้าพิกัด 300 VA
 - ความถี่ 50 Hz
3. ชุดภาระทางไฟฟ้า ประกอบด้วย
 - 3.1 โหลดความต้านทาน (RESISTIVE LOAD) เป็นแบบสามเฟส (จำนวน 1 ตัว)
 - กำลังไฟฟารวมไม่น้อยกว่า 1200 W
 - ความต้านทานขนาด $1000 \Omega / 50W$ จำนวน 8 ตัว (จำนวน 3 ชุด)
4. ชุดเครื่องมือวัดไฟฟ้าแบบ Panel System ประกอบด้วย
 - 4.1 ดิจิตอลมิเตอร์วัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ (จำนวน 1 ตัว)
 - ความละเอียดในการแสดงผลไม่น้อยกว่า 3 หลัก
 - วัดค่าแรงดันสูงสุดไม่น้อยกว่า 500 โวลต์
 - แสดงผลแบบ ตัวแสดงผล 7 ส่วน (7 Segment)
 - 4.2 ดิจิตอลมิเตอร์วัดกระแสไฟฟ้ากระแสสลับ (จำนวน 1 ตัว)
 - ความละเอียดในการแสดงผลไม่น้อยกว่า 3 หลัก
 - วัดค่ากระแสสูงสุดไม่น้อยกว่า 5 แอมป์
 - แสดงผลแบบ ตัวแสดงผล 7 ส่วน (7 Segment)
 - 4.3 Digital 3- Phase Power Meter Panel (จำนวน 1 ตัว)
 - ความละเอียดในการแสดงผลไม่น้อยกว่า 4 หลัก
 - วัดค่ากระแสได้ในช่วง 0 – 1000 วัตต์
 - แสดงผลแบบ ตัวแสดงผล 7 ส่วน (7 Segment)
 - 4.4 Digital Power Factor Meter Panel (จำนวน 1 ตัว)
 - ความละเอียดในการแสดงผลไม่น้อยกว่า 3 หลัก
 - แสดงผลแบบ ตัวแสดงผล 7 ส่วน (7 Segment)

4.4 Digital Frequency Meter Panel (จำนวน 1 ตัว)

- ความละเอียดในการแสดงผลไม่น้อยกว่า 2 หลัก
- แสดงผลแบบ ตัวแสดงผล 7 ส่วน (7 Segment)

5. โต๊ะทดลองทางด้านไฟฟ้าพร้อมคอนโซล (จำนวน 1 ชุด)

เป็นโต๊ะปฏิบัติการทางด้านไฟฟ้า ใช้กับระบบไฟฟ้า 3 เฟส 220/380 โวลต์ 50 เฮิรท์

5.1 รายละเอียดโมดูลอุปกรณ์ไฟฟ้า ประกอบด้วย

- แผงควบคุมและระบบป้องกันไฟฟ้าหลัก 220/380 โวลต์ / 50 เฮิรท์
- เซอร์คิตเบรกเกอร์ชนิด 3 เฟส (3 Phase Circuit Breaker)
- เซอร์คิตเบรกเกอร์ชนิด ป้องกันไฟฟ้ารั่ว(Earth/ Leak Circuit Breaker 4 P)
- เต้ารับแบบ เซฟตี้ (Safety Socket Output)
- สวิตช์ฉุกเฉิน(Emergency Switch)
- หลอดไฟแสดงสถานะ(Pilot Lam Indicator)
- มีชุดแสดงค่าแรงดันแบบตัวเลข ขนาดไม่น้อยกว่า 3 หลัก แบบสามเฟส

5.2 แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงปรับค่าได้(DC ADJUSTABLE POWER SUPPLY 0-250V/ 0-5A)

- แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงปรับค่าแรงดันได้ในช่วง 0-250 โวลต์
- สามารถปรับค่ากระแสได้ในช่วง 0-5 แอมป์
- ใช้เทคนิคการควบคุมแบบลูปปิด ทั้งลูปแรงดันและลูปกระแส เพื่อให้ได้ค่าแรงดัน คงที่ และกระแสมีเสถียรภาพในการใช้งาน
- สามารถทดสอบการลัดวงจรได้ โดยที่อุปกรณ์ไม่เกิดความเสียหาย
- มีชุดแสดงค่าแรงดันแบบตัวเลข ขนาดไม่น้อยกว่า 3 หลัก

5.3 แผงเต้ารับจ่ายไฟฟ้า ขนาด220 โวลต์(UNIVERSAL OUTLET 220VAC /10A / 50Hz)

5.4 รายละเอียดพื้นโต๊ะทดลอง ประกอบด้วย

- พื้นโต๊ะทำด้วยไม้ปาติเกิล เคลือบผิวด้วยเมลามีน
- พื้นโต๊ะมีขนาด กว้าง 800 มม ยาว 1500 มิลลิเมตร หนาไม่น้อยกว่า 20 มิลลิเมตร
- ปิดขอบโต๊ะด้วยพีวีซี หนาไม่น้อยกว่า 1.5 มิลลิเมตร

5.5 โครงขาโต๊ะเป็นแบบถอดประกอบได้

- ขาโต๊ะทดลองทำจากเหล็กกล่อง ขนาดไม่น้อยกว่า 35 มิลลิเมตร × 35 มิลลิเมตร หนา 2 มิลลิเมตร
- ตัวคานทำจากเหล็กกล่อง ขนาดไม่น้อยกว่า 35 มิลลิเมตร × 35 มิลลิเมตร หนา 2 มิลลิเมตร
- คานประกอบกับขาโต๊ะโดยใช้น็อตยึด
- ความสูงจากระดับพื้นถึงระดับพื้นโต๊ะมีความสูง 800 มิลลิเมตร
- ขาโต๊ะมีตัวปรับระดับความสูงได้ไม่น้อยกว่า 20 มิลลิเมตร

- ขาโต๊ะและคานพ่นสีฝุ่นอุตสาหกรรม
- 6. รายละเอียดคอนโซล ประกอบด้วย
 - คอนโซลทำด้วยไม้ปาติเกิล เคลือบผิวด้วยเมลามีน
 - ปิดขอบโต๊ะด้วยพีวีซี หนาไม่น้อยกว่า 1.5 มิลลิเมตร
- 7. รางอลูมิเนียมแบบ 2 ชั้น (Vertical Frame 2 Level)
 - มี 2 ชั้น เป็นแบบ รางอลูมิเนียม ความยาวไม่ต่ำกว่า 1,420 มิลลิเมตร
- 8. สายต่อวงจร
 - ขนาดหัวเสียบเส้นผ่าศูนย์กลาง กลาง 4 มม.
 - 50 ซม. จำนวน 30 เส้น
 - 100 ซม. จำนวน 30 เส้น

4.5 โต๊ะปฏิบัติการไฟฟ้าพร้อมแหล่งจ่าย จำนวน 10 ชุด

เป็นโต๊ะปฏิบัติการทางด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ใช้กับระบบไฟฟ้า 3 เฟส 220/380V 50Hz

- โต๊ะปฏิบัติการสามารถถอดและประกอบได้ เพื่อง่ายต่อการขนย้าย
- ชุดอุปกรณ์แต่ละโมดูลภายในคอนโซลแยกอิสระสามารถถอดและปรับเปลี่ยนได้
- สามารถเพิ่มเติมและเปลี่ยนโมดูลได้

4.5.1 รายละเอียดพื้นโต๊ะทดลอง ประกอบด้วย

- พื้นโต๊ะทำด้วยไม้ปาติเกิล เคลือบผิวด้วยเมลามีน
- พื้นโต๊ะมีขนาด กว้าง 800 มม ยาว 1500 มม หนาไม่น้อยกว่า 25 มม
- ปิดขอบโต๊ะด้วยพีวีซี หนาไม่น้อยกว่า 2 มม

4.5.2 รายละเอียดขาโต๊ะทดลอง ประกอบด้วย

- โครงขาโต๊ะเป็นแบบถอดประกอบได้
- ขาโต๊ะทดลองทำจากเหล็กกล่อง ขนาด 38 มม × 38 มม หนา 2 มม
- ตัวคานทำจากเหล็กกล่อง ขนาด 38 มม × 38 มม หนา 2 มม
- คานประกอบกับขาโต๊ะโดยใช้น็อตยึด
- ความสูงจากระดับพื้นถึงระดับพื้นโต๊ะมีความสูง 800 มม
- ขาโต๊ะมีตัวปรับระดับความสูงได้ไม่น้อยกว่า 20 มม
- ขาโต๊ะและคานพ่นสีฝุ่นอุตสาหกรรม

4.5.3 รายละเอียดคอนโซล ประกอบด้วย

- คอนโซลทำด้วยไม้ปาติเกิล เคลือบผิวด้วยเมลามีน
- ปิดขอบโต๊ะด้วยพีวีซี หนาไม่น้อยกว่า 2 มม
- คอนโซล สูง 220 มม ยาว 1500 มม ลึก 200 มม
- ด้านหลัง คอนโซล มีตะแกรงช่องลมระบายอากาศ 2 ช่อง

4.5.4 รายละเอียดโมดูลอุปกรณ์ไฟฟ้า ประกอบด้วย

- MAIN POWER SUPPLY 220/380VAC / 50Hz
- AC ADJUSTABLE POWER SUPPLY 0-250V/ 2A
- DC ADJUSTABLE POWER SUPPLY 0-30V/2A
- FUNCTION GENERATOR 1Hz - 1 MHz
- UNIVERSAL OUTLET 220VAC / 16A / 50Hz

4.5.5 MAIN POWER SUPPLY

- Phase Circuit Breaker
- Earth / Leak Circuit Breaker 4 P
- Safety Socket Output
- Emergency Switch
- Pilot Lam Indicator

4.5.6 AC ADJUSTABLE POWER SUPPLY

- Voltage Adjust 0 – 250 Vac
- Output Current 2 A
- 3 Digits - Digital Voltage Display
- Fuse Protection
- Safety Socket Output

4.5.7 DC ADJUSTABLE POWER SUPPLY 0-30V/2A

- Voltage Adjust 0 – 30 Vdc
- Current Adjust 0 – 2 A
- 3 Digits - Digital Voltage Display
- 3 Digits - Digital Current Display
- Find And Coarse (Voltage & Current)
- Current Setting Display
- Short Circuit Protection
- Overload Circuit Protection
- LED Fault Indicator
- Safety Socket Output

4.5.8 FUNCTION GENERATOR 1Hz - 1 MHz

- DDS Technology and FPGA Chip Design
- Frequency Range : 1Hz-1MH
- $\times 1 \Rightarrow 1-10H$

- $\times 10 \Rightarrow 10-100\text{H}$
- $\times 100 \Rightarrow 100-1000\text{Hz}$
- $\times 1\text{k} \Rightarrow 1\text{kHz}-10\text{kHz}$
- $\times 10\text{k} \Rightarrow 10\text{kHz}-100\text{kHz}$
- $\times 100\text{k} \Rightarrow 100\text{kHz}-1\text{MHz}$

4.5.9 Output Function

- Sine, Triangle, Square
- Output Amplifier Rang 20mV- 20Vp-p (No-load)
- Output Amplifier Rang 10mV- 10Vp-p (On-load)
- Output Impedance 50 ohm
- TTL OUTPUT
- 3 Digits - Digital Frequency Display

4.5.10 UNIVERSAL OUTLET 220VAC / 16A / 50Hz

- OUTLET 220VAC / 16A

4.6 เครื่องวัดและวิเคราะห์กำลังไฟฟ้าความเที่ยงตรงสูง (Precision Power Analyzer) จำนวน 1 เครื่อง

4.5.1 รายละเอียดทั่วไป

เป็นเครื่องวัดและวิเคราะห์กำลังไฟฟ้าความเที่ยงตรงสูง (Power Analyzer) สำหรับงานวัดค่าทางไฟฟ้ามีจำนวนช่องวัดสัญญาณอินพุต (Elements) ไม่น้อยกว่า 6 ช่อง หรือดีกว่า

4.5.2 คุณสมบัติทางเทคนิค

- เป็นเครื่องวัดและวิเคราะห์กำลังไฟฟ้าความเที่ยงตรงสูงชนิดตั้งโต๊ะแบบ 6 อินพุต (Elements) หรือดีกว่า
- ค่าความแม่นยำของแรงดันและกระแสในช่วงความถี่ 45-66Hz (Accuracy) : 0.1% of reading + 0.05 % of range หรือดีกว่า
- ค่าความแม่นยำของกำลังไฟฟ้าในช่วงความถี่ 45-66Hz (Accuracy): 0.1% of Reading + 0.05 % of range หรือดีกว่า
- สามารถแสดงผลการวัดได้เป็นแบบรูปคลื่น, แบบตัวเลข, กราฟแนวโน้ม, หรือดีกว่า
- สามารถแสดงผลการวัดแบบตัวเลขและรูปคลื่นสัญญาณได้ในเวลาเดียวกัน หรือมากกว่า
- มีย่านวัดแรงดัน 1.5V, 3V, 6V, 10V, 15V, 30V, 60V, 100V, 150V, 300V, 600, 1000V (crest factor 3)
- มีย่านวัดกระแส Direct input 1A, 2A, 5A, 10A, 20A, 50A (crest factor)
- จอภาพแสดงผลขนาดไม่น้อยกว่า 8 นิ้ว ชนิด LCD หรือดีกว่า

- สามารถวัดและแสดงรูปสัญญาณฮาร์โมนิคของความถี่หลักมูล $40 \leq f \leq 75$ ได้ไม่น้อยกว่า 100 อันดับ (Order)
- สามารถเก็บบันทึกข้อมูลการทดสอบลงหน่วยความจำภายในได้
- มีฟังก์ชันสำหรับการทดสอบมอเตอร์ เพื่อวัดค่า Torque, rpms, mechanical power, synchronization speed, slip, motor efficiency, total efficiency
- มีช่องอินพุตแบบอนาล็อกไม่น้อยกว่า 1 ช่อง สำหรับ Torque ที่มีค่าความแม่นยำ 0.1% of rdg+0.2% of rng. หรือ ดีกว่า
- มีช่องอินพุตแบบพัลส์ (Pulse Input) ไม่น้อยกว่า 1 ช่อง สำหรับ Speed Sensor ที่มีค่าความแม่นยำ 0.05% of rdg+1 MHz+ 1 digit. หรือ ดีกว่า
- ใช้แหล่งจ่ายไฟ : 100-240 VAC, 50/60 Hz

4.5.3 รายละเอียดอุปกรณ์ประกอบชุด

- สาย AC POWER CORD จำนวน 1 เส้น
- ฝาครอบป้องกันด้านอินพุต 1 ชุด
- คู่มือการใช้งานเป็นภาษาอังกฤษอย่างน้อย 1 ชุด
- มีการรับประกันเครื่องเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 3 ปี
- มีเอกสารแต่งตั้งตัวแทนจำหน่ายโดยตรงจากประเทศผู้ผลิต หรือได้รับหนังสือแต่งตั้งตัวแทนจำหน่ายภายในประเทศเพื่อความสะดวกในการให้บริการหลังการขาย

4.6 รายละเอียดอื่นๆ

4.6.1 คู่มือประกอบการทดลอง ประกอบด้วย

- คู่มือประกอบการทดลองพร้อมเฉลย จำนวน 1 ชุด
- ใบงานทดลองสำหรับนักศึกษา จำนวน 1 ชุด

4.6.2 รับประกันคุณภาพไม่น้อยกว่า 1 ปี

4.6.3 ส่งมอบสินค้า 150 วัน นับถัดจากวันที่ลงนามในสัญญา ณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ พื้นที่ศาลายา จังหวัดนครปฐม
