

ภาคผนวก 1

รายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะของพัสดุ

ครุภัณฑ์ชุดทดลองการขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้า ตำบลในเมือง อำเภอเมืองขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น

จำนวน 1 ชุด

ครุภัณฑ์ชุดทดลองการขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้า ตำบลในเมือง อำเภอเมืองขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น จำนวน 1 ชุด
ประกอบด้วย

- | | |
|---|-----------------|
| 1. ชุดพัฒนาระบบขับเคลื่อนมอเตอร์กำลังขั้นสูงพร้อมไมโครโพรเซสเซอร์แบบเรียลไทม์ | จำนวน 2 บอร์ด |
| 2. แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง | จำนวน 2 เครื่อง |
| 3. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ | จำนวน 2 ตัว |
| 4. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง | จำนวน 2 ตัว |
| 5. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไร้แปรงถ่าน (BLDC) | จำนวน 2 ตัว |
| 6. มอเตอร์ซิงโครนัสชนิดแม่เหล็กถาวร (PMSM) | จำนวน 2 ตัว |
| 7. เอ็นโค้ดเดอร์แบบแกนหมุน | จำนวน 2 ตัว |
| 8. โหลดทางกล | จำนวน 2 ตัว |
| 9. ชุดคอนโทรลเบรค | จำนวน 2 โมดูล |
| 10. ตู้มาตรฐานสำหรับติดตั้งอุปกรณ์ทดสอบและเครื่องมือวัด | จำนวน 2 ตู้ |
| 11. ดิจิตอลลอจิสติกส์โคป | จำนวน 2 เครื่อง |
| 12. ตัวประมวลผล | จำนวน 2 เครื่อง |
| 13. โต๊ะวางตัวประมวลผลพร้อมเก้าอี้ | จำนวน 2 ชุด |
| 14. Connecting Safety Lead | จำนวน 40 เส้น |

รายละเอียดทางเทคนิค

1. ครุภัณฑ์ชุดทดลองการขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้า 1 ชุด ประกอบด้วย

1.1 รายละเอียดครุภัณฑ์

- 1.1.1 เป็นชุดทดลองที่ออกแบบสำหรับการทดลองเรียนรู้หรือพัฒนาทางด้านการขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้การประมวลผลเชิงตัวเลข ด้วยตัวประมวลผลแบบ DSP : Digital Signal Processing
- 1.1.2 ตัวประมวลผลหลักเป็น DSP ที่มีสมรรถนะเทียบเท่าหรือดีกว่า CPU ตระกูล C2000
- 1.1.3 รองรับการใช้งานร่วมกับโปรแกรม Matlab/Simulink หรือ PSIM หรือโปรแกรมอื่นที่มีสมรรถนะเทียบเท่าหรือดีกว่า เพื่อการพัฒนา-โปรแกรมสั่งงานควบคุม
- 1.1.4 พร้อมชุดเครื่องมือวัดและทดสอบต่างๆ ติดตั้งอยู่ในตู้มาตรฐานเพื่อสะดวกต่อการใช้งาน
- 1.1.5 สามารถเรียนรู้ครอบคลุมเนื้อหา ดังนี้
รายวิชาระบบควบคุม

ลงชื่อ..........ประธานกรรมการ (อาจารย์ ดร.สุภาวดี ศรีไทย) ครั้งที่ 1 วันที่ 14 สิงหาคม 2568

ลงชื่อ..........กรรมการ (อาจารย์ชาญชัย ปะวะสรา)

ลงชื่อ..........กรรมการ (อาจารย์ศุภิสรา คำบุตดา)

1. การออกแบบระบบควบคุม
 2. การออกแบบตัวชดเชยด้วยวิธีเชิงความถี่
- รายวิชาการขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า
1. ระบบการขับเคลื่อนไฟฟ้า
 2. แรงบิดเครื่องจักรกลไฟฟ้า
 3. แบบจำลองของเครื่องจักรกลไฟฟ้ากระแสตรง
 4. ระบบควบคุมแบบหลายคอร์ดแดนท์
 5. การขับเคลื่อนเครื่องจักรกลไฟฟ้ากระแสสลับ
- 1.2 ชุดพัฒนาระบบขับเคลื่อนมอเตอร์กำลังขั้นสูงพร้อมไมโครโปรเซสเซอร์แบบเรียลไทม์ จำนวน 2 บอร์ด
- 1.2.1 ตัวประมวลผลที่ติดตั้งลงในบอร์ดเป็นแบบ 32Bits, ความถี่ไม่น้อยกว่า 150MHz, หน่วยความจำแบบ Flash ไม่น้อยกว่า 256KB, แบบ RAM ไม่น้อยกว่า 34 KB
 - 1.2.2 มีอินพุต, เอาต์พุต, อนาล็อกอินพุต และ อนาล็อกเอาต์พุต สำหรับใช้งานต่างๆ ดังนี้
 - 1.2.2.1 ดิจิตอลอินพุตแบบสวิตช์ จำนวนไม่น้อยกว่า 2 ช่อง
 - 1.2.2.2 ดิจิตอลเอาต์พุตแบบ LED จำนวนไม่น้อยกว่า 2 ช่อง
 - 1.2.2.3 อนาล็อกอินพุต แบบ Potentiometer จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ช่อง
 - 1.2.2.4 อนาล็อกเอาต์พุต แบบ DAC จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ช่อง
 - 1.2.2.5 PWM เอาต์พุต จำนวน 3 ชุด ชุดละ 2 ช่อง ใช้สำหรับการควบคุมอุปกรณ์สวิตช์กำลัง
 - 1.2.2.6 Enhanced Quadrature Encoder Pulse (eQEP) จำนวน 1 ชุด สามารถรับสัญญาณแบบ A, B, Z ใช้กับระดับแรงดันที่ +5V
 - 1.2.2.7 Enhanced Capture (eCAP) จำนวน 1 ชุด ใช้กับระดับแรงดันที่ +5V
 - 1.2.3 มีระบบอินเวอร์เตอร์กำลังแบบ 3 เฟส โดยจะมีรายละเอียดดังนี้
 - 1.2.3.1 เอาต์พุตเป็นระบบแรงดันไฟฟ้าแบบสามเฟส
 - 1.2.3.2 ใช้ IGBT หรือ MOSFET เป็นอุปกรณ์สวิตช์กำลัง
 - 1.2.3.3 มีวงจรขับเคลื่อนอุปกรณ์สวิตช์กำลังแบบ Isolated กับวงจรควบคุม ใช้งานได้กับความถี่สูงสุดไม่น้อยกว่า 20kHz
 - 1.2.3.4 มีระบบป้องกันแบบการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของสวิตช์กำลังที่ผิดพลาด
 - 1.2.3.5 มีฟิวส์ป้องกันกระแสเกิน
 - 1.2.3.6 มีเซนเซอร์กระแสสำหรับป้อนกลับ 3 จุด ได้แก่ ia, ib, ic
 - 1.2.4 มีจุดทดสอบสำหรับวัดสัญญาณที่เกี่ยวข้องในการควบคุมมอเตอร์ดังนี้
 - 1.2.4.1 สัญญาณอนาล็อกเอาต์พุต
 - 1.2.4.2 สัญญาณ Encoder
 - 1.2.4.3 สัญญาณ Hall Sensor
 - 1.2.4.4 สัญญาณกระแส 3 จุด ได้แก่ ia, ib, ic
 - 1.2.5 ชุดระบบสื่อสารสำหรับใช้งานร่วมกับคอมพิวเตอร์ มีรายละเอียดดังนี้
 - 1.2.5.1 มีพอร์ต JTAG สำหรับลงโปรแกรม
 - 1.2.5.2 มีพอร์ต RS-232 Isolated สำหรับรับและส่งข้อมูลแบบ Real-Time จากคอมพิวเตอร์

ลงชื่อ..........ประธานกรรมการ (อาจารย์ ดร.สุภาวดี ศรีไทย) ครั้งที่ 1 วันที่ 15 สิงหาคม 2568

ลงชื่อ..........กรรมการ (อาจารย์ชาญชัย ปะวะสะรา)

ลงชื่อ..........กรรมการ (อาจารย์ศุภิสรา คำบุตุดา)

- 1.3 แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง จำนวน 2 เครื่อง
 - 1.3.1 ขนาดพิกัดแรงดันไม่น้อยกว่า 160V
 - 1.3.2 ขนาดพิกัดกระแสไม่น้อยกว่า 4 A
- 1.4 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ จำนวน 2 ตัว
 - 1.4.1 ขนาดพิกัดกำลัง 300 W หรือ สูงกว่า
 - 1.4.2 ขนาดพิกัดแรงดัน 230/400 V (Delta/Star)
 - 1.4.3 ขนาดพิกัดความเร็วรอบ 1350 rpm โดยประมาณ
 - 1.4.4 ขนาดพิกัดความถี่ 50 Hz
- 1.5 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง จำนวน 2 ตัว
 - 1.5.1 ขนาดพิกัดกำลัง 200 W หรือสูงกว่า
 - 1.5.2 ขนาดพิกัดแรงดันที่ขดลวดอาเมเจอร์ 220 V
 - 1.5.3 ขนาดพิกัดความเร็วรอบ 1500 rpm โดยประมาณ หรือสูงกว่า
 - 1.5.4 ขนาดพิกัดแรงดันที่ขดลวดกระตุ้น 220 V
- 1.6 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดไร้แปรงถ่าน (BLDC) จำนวน 2 ตัว
 - 1.6.1 เป็นมอเตอร์แบบขดลวดสามเฟสพร้อม Hall Sensor
 - 1.6.2 ขนาดพิกัดแรงดัน 160 Vdc หรือสูงกว่า
 - 1.6.3 ขนาดพิกัดกำลัง 150W หรือสูงกว่า
 - 1.6.4 ขนาดพิกัดความเร็วรอบ 3000 rpm
 - 1.6.5 มีสัญญาณ Hall Output
- 1.7 มอเตอร์ซิงโครนัสชนิดแม่เหล็กถาวร (PMSM) จำนวน 2 ตัว
 - 1.7.1 ขนาดพิกัดแรงดัน 110 VAC หรือสูงกว่า
 - 1.7.2 ขนาดพิกัดกำลัง 400W หรือสูงกว่า
 - 1.7.3 ขนาดพิกัดความเร็วรอบ 3000 rpm
 - 1.7.4 ติดตั้ง Incremental Encoder มีค่าความละเอียด ไม่น้อยกว่า 2500 ppr
- 1.8 เอ็นโค้ดเดอร์แบบแกนหมุน จำนวน 2 ตัว
 - 1.8.1 Incremental Rotary Encoder เอาต์พุตชนิด Line Driver
 - 1.8.2 สัญญาณเอาต์พุต A, B, Z หรือดีกว่า
 - 1.8.3 จำนวนพัลส์ต่อรอบอยู่ที่ 1024
 - 1.8.4 พร้อมเชื่อมต่อใช้งานแบบ DB9 และ 2mm. Socket
 - 1.8.5 ใช้งานแบบคัปปลิงสองด้าน
- 1.9 โหลดทางกล จำนวน 2 ตัว
 - 1.9.1 ขนาดพิกัดกำลัง 400 W หรือสูงกว่า
 - 1.9.2 ขนาดพิกัดความเร็วรอบ 1500 rpm โดยประมาณ
 - 1.9.3 ใ้กับแรงดันไฟตรงไม่เกิน 220 V
 - 1.9.4 ติดตั้งตัวตรวจจับค่าแรงบิดแบบ Load Cell

ลงชื่อ.....*ศุภกมล*.....ประธานกรรมการ (อาจารย์ ดร.สุภาวดี ศิริไทย) ครั้งที่.....*1*.....วันที่.....*18 สิงหาคม 2568*

ลงชื่อ.....*h*.....กรรมการ (อาจารย์ขวัญชัย ปะวะสาร)

ลงชื่อ.....*กช*.....กรรมการ (อาจารย์ศุภิสรา คำบุตดา)

- 1.9.5 ติดตั้งตัวตรวจจับค่าความเร็วรอบแบบ Proximity
- 1.9.6 สามารถต่อใช้งานร่วมกับชุดคอนโทรลเบรกเพื่อแสดงค่าแรงบิดและความเร็วรอบได้
- 1.10 ชุดคอนโทรลเบรก จำนวน 2 โมดูล
- 1.10.1 แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงปรับค่าได้ เพื่อทำหน้าที่จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับตัวโหลดทางกล
- 1.10.2 พิกัดแรงดันเอาต์พุตสามารถปรับได้สูงสุดไม่น้อยกว่า 200 Vdc
- 1.10.3 พิกัดกระแสเอาต์พุตสูงสุดไม่น้อยกว่า 2 A
- 1.10.4 มีตัวแสดงผลแรงบิด-ความเร็วรอบ
- 1.10.5 ใช้สำหรับแสดงผลค่าของแรงบิดและค่าความเร็วรอบที่วัดได้จากตัวอุปกรณ์ ตรวจจับแบบ Load Cell และ Proximity ที่ติดตั้งอยู่บนตัวโหลดทางกล
- 1.10.6 ตัวแสดงผลเป็นแบบดิจิตอล LED
- 1.10.7 พิกัดสูงสุดค่าแรงบิดที่วัดได้ไม่น้อยกว่า : 2.50 Nm
- 1.10.8 พิกัดสูงสุดค่าความเร็วรอบที่วัดได้ไม่น้อยกว่า : 3000 rpm
- 1.10.9 มีปุ่ม Zero Setting สำหรับตัวแสดงผลค่าแรงบิด
- 1.11 คู่มือมาตรฐานสำหรับติดตั้งอุปกรณ์ทดสอบและเครื่องมือวัด จำนวน 2 ชุด
- 1.11.1 ขนาดไม่น้อยกว่า 600 x 1,200 x 750 มิลลิเมตร
- 1.11.2 โครงสร้างทำจากเหล็ก ฝ้าด้านข้างทึบ
- 1.11.3 ด้านหน้ามีถาดลิ้นชักรางเลื่อนสำหรับวางบอร์ดทดลองในขณะทดลองสามารถดึงเลื่อนออกมาหรือเลื่อนเก็บเข้าไปข้างในได้
- 1.11.4 ด้านหลังมีลิ้นชัก 1 ช่อง สำหรับเก็บอุปกรณ์เสริมหรือเครื่องมือวัด
- 1.11.5 ได้ตู้ใส่ล้อยुरิเทนและมีขาฉีสนแตนเลส
- 1.11.6 สามารถติดตั้งอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องต่างๆ เช่น แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง, ชุดคอนโทรลเบรก, ดิจิตอลออสซิลโลสโคป
- 1.12 ดิจิตอลออสซิลโลสโคป จำนวน 2 เครื่อง
- 1.12.1 ความถี่ใช้งาน 100 MHz แบบ 4 ช่องสัญญาณ
- 1.12.2 จอภาพสีขนาด 8 นิ้ว TFT LCD WVGA color display ความละเอียด 800x480 pixels
- 1.12.3 อัตราการสุ่มสัญญาณแบบ Real Time ที่ Max. : 1 GSa/s.
- 1.12.4 วัดและแสดงค่าพารามิเตอร์ของสัญญาณแบบอัตโนมัติได้ 36 ค่า
- 1.12.5 Save Setup ได้ 20 ค่า และ Save Waveform ได้ 24 รูป
- 1.12.6 มีฟังก์ชันในการจับค่าสัญญาณรูปคลื่นแบบอัตโนมัติ
- 1.12.7 คุณสมบัติทางด้านแนวแกนตั้ง ช่วงเวลาขอบขาขึ้นไม่เกิน 3.5 ns โดยประมาณ ความไวในการแสดงผลทางแนวแกนตั้งอยู่ระหว่าง 1mV ~ 10V/div
- 1.12.8 คุณสมบัติทางด้านแนวแกนนอน ขอบเขตอยู่ระหว่าง 1ns/div ~ 100s/div (แบบ step 1-2-5)
- 1.12.9 สนับสนุนฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ +, -, x, ÷, FFT
- 1.12.10 สนับสนุนการอินเตอร์เฟสมาตรฐานแบบ USB Port, Go/No Go BNC

ลงชื่อ.....*สมชาย*.....ประธานกรรมการ (อาจารย์ ดร.สุภาวดี ศรีไทย) ครั้งที่.....*1*.....วันที่.....*18 สิงหาคม 2568*.....

ลงชื่อ.....*สมชาย*.....กรรมการ (อาจารย์ขวัญชัย ปะวะสาร)

ลงชื่อ.....*สมชาย*.....กรรมการ (อาจารย์ศุภิสรา คำบุตดา)

1.13 ตัวประมวลผล จำนวน 2 เครื่อง

- 1.13.1 มีหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) ไม่น้อยกว่า 8 แกนหลัก (8 core) และ 16 แกนเสมือน (16 Thread) และมีเทคโนโลยีเพิ่มสัญญาณนาฬิกาได้ในกรณีที่ต้องใช้ความสามารถในการประมวลผลสูง (Turbo Boost หรือ Max Boost) โดยมีความเร็วสัญญาณนาฬิกาสูงสุด ไม่น้อยกว่า 4.4 GHz
- 1.13.2 มีหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) มีหน่วยความจำแบบ Cache Memory รวมในระดับ (Level) เดียวกัน ขนาดไม่น้อยกว่า 8 MB
- 1.13.3 มีหน่วยประมวลผลเพื่อแสดงภาพติดตั้งอยู่ในหน่วยประมวลผลกลาง แบบ Graphics Processing Unit ที่สามารถใช้หน่วยความจำหลักในการแสดงภาพขนาดไม่น้อยกว่า 2 GB
- 1.13.4 มีหน่วยความจำหลัก (RAM) ชนิด DDR4 หรือดีกว่า มีขนาดไม่น้อยกว่า 8 GB
- 1.13.5 มีหน่วยจัดเก็บข้อมูลชนิด Solid State Drive ขนาดความจุไม่น้อยกว่า 500 GB จำนวน 1 หน่วย
- 1.13.6 มีช่องเชื่อมต่อระบบเครือข่าย (Network Interface) แบบ 10/100/1000 Base-T หรือดีกว่า จำนวน ไม่น้อยกว่า 1 ช่อง
- 1.13.7 มีช่องเชื่อมต่อ (Interface) แบบ USB 2.0 หรือดีกว่า ไม่น้อยกว่า 3 ช่องมีแป้นพิมพ์และเมาส์
- 1.13.8 มีจอแสดงผลภาพขนาดไม่น้อยกว่า 19 นิ้ว

1.14 โต๊ะวางตัวประมวลผล พร้อมเก้าอี้ จำนวน 2 ชุด

- 1.14.1 โครงสร้างทำด้วยไม้ปาร์ติเกิ้ล
- 1.14.2 ขนาด กว้าง x ยาว x สูง ไม่น้อยกว่า 600 x 800 x 750 มิลลิเมตร
- 1.14.3 มีถาดวางเลื่อนสำหรับวางคีย์บอร์ด
- 1.14.4 มีเก้าอี้ขาแบบมีล้อเลื่อน 5 แฉก มีที่วางมือ เบาะนั่งและพนักพิง

1.15 Connecting Safety Lead จำนวน 40 เส้น

- 1.15.1 ชุดสายเสียบทดลองหัวเสียบแบบ 4 mm Safety

รายละเอียดอื่นๆ

1. มีเอกสารคู่มือการใช้งาน หรือคู่มือปฏิบัติการ อย่างน้อย 2 ชุด ในรูปแบบไฟล์ดิจิทัล เช่น MS word, MS Excel, PDF เป็นต้น
2. บริษัทที่เสนอราคาเป็นบริษัทได้รับมาตรฐาน ISO 9001 และ ISO 14001 โดยระบุในเอกสารอย่างชัดเจน โดยเฉพาะเพื่อเป็นประโยชน์ด้านการบริการหลังการขาย พร้อมทั้งแนบเอกสารประกอบการยืนยัน
3. ส่งมอบงาน 180 วัน
4. รับประกันสินค้าอย่างน้อย 1 ปี
5. มีการติดตั้งระบบเต้ารับไฟฟ้า 3 เฟส(Power plug) เพื่อเป็นแหล่งจ่ายไฟสำหรับใช้กับชุดครุภัณฑ์ อย่างเพียงพอ

ลงชื่อ..........ประธานกรรมการ (อาจารย์ ดร.สุภาวดี ศิริไทย) ครั้งที่ 1 วันที่ 18 สิงหาคม 2568

ลงชื่อ..........กรรมการ (อาจารย์ชวัญชัย ปะวะสะรา)

ลงชื่อ..........กรรมการ (อาจารย์ศุภิสรา คำบุตดา)