รายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะ

ชุดปฏิบัติการสื่อสารในวงจรพาวเวอร์อิเล็กทรอนิกส์ด้วยเทคนิคการใช้แสงประยุกต์ (Photonic Technique)

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2570

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1. รายการจัดซื้อจัดจ้าง ชุดปฏิบัติการสื่อสารในวงจรพาวเวอร์อิเล็กทรอนิกส์ด้วยเทคนิคการใช้แสงประยุกต์ (Photonic Technique) **จำนวน** 1 ชุด

2. กำหนดรายละเอียดและคุณลักษณะของพัสดุ

2.1 คุณลักษณะทั่วไป

ชุดปฏิบัติการนี้เป็นระบบสำหรับศึกษาและทดสอบการประยุกต์ใช้แสงและใยแก้วนำแสงในการสื่อสาร การวัดและการแยกทางไฟฟ้าภายในวงจรพาวเวอร์อิเล็กทรอนิกส์ ครอบคลุมการวิเคราะห์สเปกตรัมและสถานะโพลาไรเซชันของแสง การตรวจวัดแรงดันและกระแสในระบบแปลงผันกำลังของยานยนต์ไฟฟ้าด้วยช่องวัดที่แยกกันทางแสง ตลอดจนการเรียนรู้การส่งข้อมูลแบบแอนะล็อกและดิจิทัลผ่านใยแก้วนำแสง โดยอุปกรณ์ทุกส่วนต้องสามารถประกอบ เชื่อมต่อ และใช้งานร่วมกันเป็นชุดปฏิบัติการที่สมบูรณ์

ชุดปฏิบัติการสื่อสารในวงจรพาวเวอร์อิเล็กทรอนิกส์ด้วยเทคนิคการใช้แสงประยุกต์ ประกอบด้วย

1) เครื่องวิเคราะห์สเปกตรัมแสงย่านที่ตามองเห็นความละเอียดสูง จำนวน 1 เครื่อง
2) เครื่องวิเคราะห์สถานะโพลาไรเซชันของแสงย่านที่ตามองเห็น จำนวน 1 เครื่อง
3) ชุดเครื่องมือวัดสัญญาณอิเล็กทรอนิกส์กำลังแบบแยกกราวด์ด้วยใยแก้วนำแสง จำนวน 2 ชุด
4) ชุดทดลองการสื่อสารผ่านใยแก้วนำแสงแบบขั้นสูง จำนวน 4 ชุด
5) ชุดอุปกรณ์เสริมสำหรับการจัดเตรียมสายใยแก้วนำแสงพลาสติก จำนวน 1 ชุด
6) เครื่องประมวลผลกราฟิกและปัญญาประดิษฐ์ จำนวน 1 เครื่อง
7) โพรบวัดแรงดันแบบพาสซีฟทนอุณหภูมิสูง จำนวน 2 เส้น
8) โพรบวัดแรงดันแบบดิฟเฟอเรนเชียลย่านความถี่กว้าง DC ถึง 400 MHz จำนวน 2 เส้น
9) ชุดโมดูลกำลังแบบฮาล์ฟบริดจ์ชนิดซิลิคอนคาร์ไบด์ จำนวน 5 ชุด
10) ชุดโมดูลกำลังแบบฟูลบริดจ์สำหรับงานต้นแบบแรงดันต่ำ จำนวน 2 ชุด

2.2 คุณลักษณะเฉพาะ

1. เครื่องวิเคราะห์สเปกตรัมแสงย่านที่ตามองเห็นความละเอียดสูง จำนวน 1 เครื่อง
   - 1.1 มีช่วงความยาวคลื่นครอบคลุมระหว่าง 350 ถึง 700 นาโนเมตร
   - 1.2 มีความละเอียดเชิงสเปกตรัมน้อยกว่า 0.5 นาโนเมตร
   - 1.3 ใช้ตัวตรวจจับแบบแถวที่มีจำนวนพิกเซลไม่น้อยกว่า 4,096 พิกเซล
   - 1.4 มีสัญญาณรบกวนแบบมืด (Dark Noise) ไม่เกิน 14 เคาน์ (Counts RMS)
   - 1.5 มีแสงรบกวนภายใน (Stray Light) ไม่เกิน 0.3 เปอร์เซ็นต์
   - 1.6 ปรับเวลารวมสัญญาณได้ ตั้งแต่ 0.01 มิลลิวินาที ถึง 30,000 มิลลิวินาที
   - 1.7 รองรับการเฉลี่ยสัญญาณภายใน ไม่น้อยกว่า 10,000 เฟรม
   - 1.8 มีอัตราส่วนสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน ไม่น้อยกว่า 300:1 และช่วงไดนามิก ไม่น้อยกว่า 4,500

1.9 มีขั้วทริกเกอร์เข้าและออก รองรับระดับสัญญาณ 3.3 โวลต์ แบบ TTL

1.10 เชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ผ่าน USB 2.0 และ Ethernet IPv4 ได้

1.11 มีช่องรับแสงสำหรับใยแก้วนำแสงแบบ SMA 905

1.12 สามารถตั้งค่าการวัด สอบเทียบความยาวคลื่น แก้ไขแอมพลิจูดได้

1.13 รองรับการวัดสเปกตรัม การส่งผ่าน การดูดกลืน และการวัดสเปกตรัมต่อเนื่องพร้อมบันทึกข้อมูลผ่านซอฟต์แวร์

2. เครื่องวิเคราะห์สถานะโพลาไรเซชันของแสงย่านที่ตามองเห็น จำนวน 1 เครื่อง

2.1 รองรับช่วงความยาวคลื่นอย่างน้อย 400 ถึง 700 นาโนเมตร

2.2 มีช่วงไดนามิกการวัดกำลังแสง ตั้งแต่ -60 dBm ถึง +10 dBm

2.3 มีอัตราการเก็บตัวอย่างสูงสุด ไม่น้อยกว่า 400 ตัวอย่างต่อวินาที

2.4 สามารถวัดสถานะโพลาไรเซชันแบบ Full Poincaré Sphere

2.5 มีความถูกต้องของมุม Azimuth ไม่เกิน ±0.25 องศา

2.6 มีความถูกต้องของมุมความรี (Ellipticity) ไม่เกิน ±0.25 องศา

2.7 มีความถูกต้องของระดับโพลาไรเซชัน (DOP) ไม่เกิน ±1.0 เปอร์เซ็นต์

2.8 วัดและแสดงค่ากำลังแสง ระดับโพลาไรเซชัน (DOP) และเวกเตอร์สโตกส์แบบนอร์มัลไลซ์ (Normalized Stokes Vectors) ได้

2.9 มีช่องรับแสงผ่านหัวต่อใยแก้วนำแสงแบบ FC/PC และช่องรับแสงอิสระขนาดไม่น้อยกว่า 3 มิลลิเมตร

2.10 รองรับมุมกระจายของลำแสงขาเข้า ไม่น้อยกว่า 2 องศา

2.11 เชื่อมต่อและรับไฟเลี้ยงผ่าน USB 2.0 และมีแหล่งจ่ายไฟภายนอก 15.0 โวลต์ สำหรับการวัดความเร็วสูง

2.12 มีเวลาอุ่นเครื่องเพื่อให้ได้ความแม่นยำ (Warm-Up) ตามพิกัดไม่เกิน 15 นาที

2.13 ทำงานได้ในช่วงอุณหภูมิอย่างน้อย 5 ถึง 40 องศาเซลเซียส

2.14 ซอฟต์แวร์สามารถแสดงวงรีโพลาไรเซชัน (Polarization Ellipse) ทรงกลมปวงกาเร (Poincaré Sphere) โหมดออสซิลโลสโคปและการวัดระยะยาวได้

2.15 รองรับการวัดอัตราส่วนการดับของโพลาไรเซชัน (Polarization Extinction Ratio) และการบันทึกผลการวัด

3. ชุดเครื่องมือวัดสัญญาณอิเล็กทรอนิกส์กำลังแบบแยกกราวด์ด้วยใยแก้วนำแสง จำนวน 2 ชุด

3.1 ออสซิลโลสโคปแบบแยกช่องสัญญาณทางไฟฟ้า (Isolated Channel) จำนวน 2 เครื่องต่อชุด

3.1.1 มีช่องวัดสัญญาณอนาล็อกที่แยกทางไฟฟ้าออกจากกัน ไม่น้อยกว่า 4 ช่องต่อเครื่อง (A-D)

3.1.2 มีแบนด์วิดท์สัญญาณอนาล็อกไม่น้อยกว่า 200 MHz

3.1.3 มีความละเอียดของตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลไม่น้อยกว่า 14 บิต

3.1.4 มีค่า Common Mode Rejection Ratio (CMRR) ไม่น้อยกว่า 100 dB ที่ความถี่ 50 MHz

3.1.5 ช่องวัดแต่ละช่องมีแรงดันใช้งานแยกทางไฟฟ้า (Operating isolation voltage) เทียบกับกราวด์และระหว่างช่อง ไม่น้อยกว่า 2 kVDC

3.1.6 รองรับการใช้งาน ไม่น้อยกว่า 1 kVAC CAT II และ 600 VAC CAT III

3.1.7 มีช่วงการวัดพื้นฐาน (Hardware range) อย่างน้อย 2 ช่วง ได้แก่ ±0.8 V ที่ความละเอียดไม่เกิน 100 μV และ ±8 V ที่ความละเอียดไม่เกิน 1 mV

3.1.8 สามารถเชื่อมต่อออสซิลโลสโคปหลายเครื่องเข้าด้วยกันเพื่อเพิ่มจำนวนช่องวัด และสุ่มตัวอย่างแบบสอดคล้องกัน (Coherent sampling) ได้ไม่น้อยกว่า 16 ช่อง

3.1.9 มีเครื่องกำเนิดสัญญาณแบบแยกทางไฟฟ้า (Isolated signal generator) รองรับแรงดันแยกทางไฟฟ้าไม่น้อยกว่า 600 VDC และ 300 VAC CAT II

3.1.10 รองรับการสร้างสัญญาณ Pulse Train, PWM และ Double Pulse

3.1.11 มีหัววัด (Probe) แบบปรับได้ 1x/10x และแบบ 100x อย่างละไม่น้อยกว่า 1 ชุดต่อช่องวัด

3.2 ชุดวัดแรงดันแบบแยกทางไฟฟ้า (Isolated) ผ่านใยแก้วนำแสง จำนวน 6 เครื่องต่อชุด

3.2.1 เป็นช่องวัดแรงดันแบบ Remote isolated Voltage Digitizer ที่เชื่อมต่อข้อมูลผ่านใยแก้วนำแสง

3.2.2 มีแบนด์วิดท์สัญญาณอนาล็อกไม่น้อยกว่า 200 MHz

3.2.3 มีความละเอียดของตัวแปลงสัญญาณ (Resolution) ไม่น้อยกว่า 14 บิต

3.2.4 รองรับแรงดันใช้งานแยกทางไฟฟ้า (Operating isolation voltage) ไม่น้อยกว่า 30 kV

3.3 ชุดวัดกระแสแบบแยกทางไฟฟ้า (Isolated) ผ่านใยแก้วนำแสง จำนวน 2 เครื่องต่อชุด

3.3.1 เป็นชุดวัดกระแสแบบ Remote isolated Current Digitizer ที่เชื่อมต่อข้อมูลผ่านใยแก้วนำแสง

3.3.2 รองรับช่วงการวัดกระแสต่อเนื่อง ไม่น้อยกว่า ±63 A แบบ Continuous square wave

3.3.3 รองรับช่วงการวัดกระแสสำหรับการทดสอบแบบพัลส์คู่ (Double Pulse Test) ไม่น้อยกว่า ±630 A

3.3.4 มีตัวต้านทานชันต์ (Current shunt) ขนาด 1 mΩ ที่ใช้งานร่วมกันได้ ไม่น้อยกว่า 1 ตัวต่อเครื่อง

3.4 ชุดรับสัญญาณดิจิทัลแบบแยกทางไฟฟ้า (Isolated) ผ่านทางใยแก้วนำแสง จำนวน 1 เครื่องต่อชุด

3.4.1 เป็นอุปกรณ์สำหรับรับสัญญาณดิจิทัลโดยมีการแยกสัญญาณ (Isolated)

3.4.2 มีช่องรับสัญญาณดิจิทัล ไม่น้อยกว่า 4 ช่องต่อเครื่อง

3.4.3 รองรับใยแก้วนำแสงพลาสติกขนาด 1 mm

3.4.4 สามารถใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ทดสอบ อาทิเช่น Gate driver board

3.5 ชุดรับส่งสัญญาณดิจิทัลแบบแยกทางไฟฟ้า (Isolated) ผ่านใยแก้วนำแสง จำนวน 1 เครื่องต่อชุด

3.5.1 เป็นอุปกรณ์สำหรับรับส่งสัญญาณดิจิทัลโดยมีการแยกสัญญาณ (Isolated)

3.5.2 มีช่องส่งสัญญาณดิจิทัล ไม่น้อยกว่า 4 ช่องต่อเครื่อง

3.5.3 มีช่องรับสัญญาณดิจิทัล ไม่น้อยกว่า 1 ช่องต่อเครื่อง

3.5.4 รองรับใยแก้วนำแสงพลาสติกขนาด 1 mm

3.5.5 สามารถใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ทดสอบ อาทิเช่น Gate driver board

3.6 สายใยแก้วนำแสงสำหรับเชื่อมต่อสัญญาณดิจิทัล จำนวนไม่น้อยกว่า 9 เส้นต่อชุด

3.6.1 สามารถใช้งานร่วมกับชุดรับและส่งสัญญาณดิจิทัลผ่านใยแก้วนำแสง

3.6.2 ระยะสายไม่น้อยกว่า 1 เมตร

4. ชุดทดลองการสื่อสารผ่านใยแก้วนำแสงแบบขั้นสูง จำนวน 4 ชุด

4.1 เป็นชุดทดลองรับส่งสัญญาณอนาล็อกและดิจิทัลแบบสองทิศทางเต็มรูปแบบ

4.2 มีตัวส่งสัญญาณแสงชนิดไดโอดเปล่งแสงสำหรับใยแก้วนำแสง (Fiber Optic LED) จำนวนไม่น้อยกว่า 2 ช่อง มีความยาวคลื่นยอด (Peak Wavelength) ประมาณ 660 นาโนเมตร และ 950 นาโนเมตร

4.3 มีตัวรับสัญญาณแสงชนิดโฟโตดีเทกเตอร์ (Photodetector) จำนวนไม่น้อยกว่า 2 ช่อง

4.4 รองรับ Modulation แบบ AM, FM และ PWM

4.5 มีเครื่องกำเนิดสัญญาณในตัว (Function Generator) ให้สัญญาณไซน์ (Sine wave) ความถี่ประมาณ 1 กิโลเฮิรตซ์ ปรับแอมพลิจูดได้ และสัญญาณสี่เหลี่ยม (Square wave) แบบ TTL ความถี่ประมาณ 1 กิโลเฮิรตซ์

4.6 มีเครื่องกำเนิดสัญญาณข้อมูล (Data Generator) ที่เลือกความถี่สัญญาณนาฬิกาได้ (Selectable Clock) อย่างน้อย 64, 128 และ 256 กิโลเฮิรตซ์

4.7 สามารถกำเนิดสัญญาณรบกวนที่ปรับอัตราขยายได้

4.8 มีตัวนับความผิดพลาดแบบบิต (Bit Error Counter) ไม่น้อยกว่า 4 หลัก

4.9 มีสัญญาณนาฬิกาควบคุมด้วยคริสตัล ความถี่ไม่น้อยกว่า 4.096 เมกะเฮิรตซ์

4.10 มีแบนด์วิดท์อนาล็อกไม่น้อยกว่า 350 กิโลเฮิรตซ์ และแบนด์วิดท์ดิจิทัลไม่น้อยกว่า 2.5 เมกะเฮิรตซ์

4.11 รองรับการสื่อสารคอมพิวเตอร์ถึงคอมพิวเตอร์ผ่าน USB

4.12 รองรับการสื่อสารโดยมีอัตรารับส่งข้อมูลไม่น้อยกว่า 19,200 บิตต่อวินาที

4.13 มีจุดทดสอบ (Test Points) ไม่น้อยกว่า 50 จุด

4.14 สายใยแก้วนำแสงที่ให้มาเป็นชนิดพลาสติก (PMMA) แบบ Step-Index มีค่าดัชนีหักเหของแกน (Core Refractive Index) ประมาณ 1.49

4.15 มีแหล่งจ่ายไฟในตัวรองรับไฟฟ้าขาเข้า 110 ถึง 220 โวลต์ ±10 เปอร์เซ็นต์ ความถี่ 50/60 เฮิรตซ์

5. ชุดอุปกรณ์เสริมสำหรับการจัดเตรียมสายใยแก้วนำแสงพลาสติก จำนวน 1 ชุด

5.1 สายใยแก้วนำแสงพลาสติกแบบเส้นเดี่ยว ความยาวไม่น้อยกว่า 100 เมตร

5.1.1 เป็นสายใยแก้วนำแสงชนิดพลาสติก (Plastic Optical Fiber: POF) แบบ Step-Index ชนิดเส้นเดี่ยว (Simplex)

5.1.2 สายเป็นแบบยังไม่ได้ติดตั้งหัวต่อ (Unconnectored) เพื่อให้สามารถตัดแบ่งและติดตั้งหัวต่อให้เหมาะสมกับการทดลองได้

5.1.3 เส้นใยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรวมแกนกลางและชั้นหุ้ม (Core and Cladding) ไม่น้อยกว่า 0.94 มิลลิเมตร และไม่เกิน 1.06 มิลลิเมตร (ขนาดปกติประมาณ 1.00 มิลลิเมตร)

5.1.4 เปลือกหุ้มสายผลิตจากวัสดุพอลิเอทิลีนสีดำ

5.1.5 สายและเปลือกหุ้มต้องมีคุณสมบัติหน่วงการลามของเปลวไฟตามมาตรฐาน UL VW-1

5.1.6 มีค่าการลดทอนสัญญาณแสง (Cable Attenuation) ไม่เกิน 0.27 เดซิเบลต่อเมตร (ค่าปกติประมาณ 0.22 เดซิเบลต่อเมตร) เมื่อทดสอบด้วยแหล่งกำเนิดแสง LED ความยาวคลื่น 660 นาโนเมตร ค่าช่องรับแสงเชิงตัวเลข 0.5 และสายทดสอบความยาว 50 เมตร

5.1.7 มีค่าช่องรับแสงเชิงตัวเลข (Numerical Aperture) ไม่น้อยกว่า 0.46 และไม่เกิน 0.50 (ค่าปกติประมาณ 0.47) เมื่อวัดด้วยสายที่มีความยาวมากกว่า 2 เมตร

5.1.8 สามารถใช้งานได้ในช่วงอุณหภูมิระหว่าง -40 ถึง 85 องศาเซลเซียส

5.1.9 สามารถรับแรงดึงในระยะเวลาสั้นสำหรับสายชนิดเส้นเดี่ยวได้ ไม่น้อยกว่า 50 นิวตัน

5.1.10 สามารถทนต่อการดัดงอได้ (Flexing) ไม่น้อยกว่า 1,000 รอบ

5.1.11 มีค่าคงที่การหน่วงเวลาการแพร่กระจายของสัญญาณ (Propagation Delay Constant) ประมาณ 5.0 นาโนวินาทีต่อเมตร

5.1.12 สายที่จัดส่งต้องมีความยาวต่อเนื่องไม่น้อยกว่า 100 เมตรต่อม้วน

5.2 เครื่องมือตัดสายใยแก้วนำแสงพลาสติก จำนวน 1 ชุด

5.2.1 เป็นเครื่องมือที่ออกแบบสำหรับตัดสายใยแก้วนำแสงชนิดพลาสติก

5.2.2 เป็นเครื่องมือตัดแบบกิโยติน (Guillotine) ซึ่งรองรับสายใยแก้วนำแสงพลาสติกขนาดประมาณ 2.2/1.0 มิลลิเมตร

5.2.3 สามารถใช้ตัดสายใยแก้วนำแสงพลาสติกได้ทั้งชนิดเส้นเดี่ยว (Simplex) และชนิดสองเส้น (Duplex)

5.2.4 รองรับเส้นใยแก้วนำแสงพลาสติกประเภท A4a และ A4b ตามมาตรฐาน IEC 60793-2-40

5.2.5 รองรับเส้นใยแก้วนำแสงพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.75 มิลลิเมตรและ 1.0 มิลลิเมตร

6. เครื่องประมวลผลกราฟิกและปัญญาประดิษฐ์ จำนวน 1 เครื่อง

6.1 หน่วยประมวลผลกลาง (CPU) มีจำนวนแกนประมวลผล (Core) ไม่น้อยกว่า 10 แกน และจำนวนเธรด (Thread) ไม่น้อยกว่า 16 เธรด มีความเร็วสัญญาณนาฬิกาสูงสุด (Max Turbo Frequency) ไม่น้อยกว่า 4.5 GHz

6.2 หน่วยประมวลผลกราฟิก (GPU) รองรับ CUDA มีหน่วยความจำกราฟิกไม่น้อยกว่า 16 GB ชนิด GDDR6 หรือดีกว่า

6.3 หน่วยความจำหลัก (RAM) เป็นแบบ DDR5 ที่มีความเร็วบัสไม่น้อยกว่า 5600 MT/s และมีความจุรวม ไม่น้อยกว่า 32 GB หรือดีกว่า

6.4 หน่วยความจำสำรองเป็นแบบ SSD NVMe โดยมี Interface แบบ PCIe Gen4 และความเร็วอ่านไม่น้อยกว่า 5,000 MB/s โดยมีความจุไม่น้อยกว่า 1 TB หรือมากกว่า

6.5 แหล่งจ่ายไฟ กำลังไฟไม่น้อยกว่า 600 W หรือมากกว่า

7. โพรบวัดแรงดันแบบพาสซีฟทนอุณหภูมิสูง (High Temperature Passive Voltage Probe) จำนวน 2 เส้น

7.1 อัตราส่วนการลดทอน (Attenuation Ratio at DC) เท่ากับ 10:1 (±2%)

7.2 สัมประสิทธิ์แรงดันไฟฟ้า (Voltage Coefficient at DC) ไม่เกิน 0.00025 %/V

7.3 แบนด์วิดท์ระบบ (System Bandwidth at -3 dB) ไม่น้อยกว่า 350 MHz

7.4 เวลาตอบสนอง (Probe Risetime 10% - 90%) ไม่เกิน 1 ns

7.5 ความต้านทานอินพุตของระบบ (System Input Resistance, ±1%) ไม่น้อยกว่า 5 MΩ

7.6 ความจุอินพุตของระบบ (System Input Capacitance) ไม่เกิน 20 pF

7.7 ช่วงการชดเชย (Compensation Range) 10 pF ถึง 25 pF

7.8 การเชื่อมต่ออินพุตของเครื่องมือวัด (Input Coupling) เท่ากับ 1 MΩ AC/DC

7.9 มาตรฐานความปลอดภัยการวัด (Measurement Category II) ไม่น้อยกว่า 300 V CAT II

7.10 ช่วงอุณหภูมิใช้งานของส่วนหัวโพรบและสาย (Probe and Cable, Temperature Range, operating) ครอบคลุม -55°C ถึง +155°C

7.11 ส่วนหัวโพรบและสายทนความชื้นสัมพัทธ์ (Maximum Relative Humidity, operating) ได้ไม่น้อยกว่า 98%

8. โพรบวัดแรงดันแบบดิฟเฟอเรนเชียลย่านความถี่กว้าง DC ถึง 400 MHz จำนวน 2 เส้น

8.1 ความกว้างแถบความถี่ (Bandwidth, -3 dB) ตั้งแต่ DC ถึงไม่น้อยกว่า 400 MHz ที่อัตราการลดทอน 500:1 และแรงดันอินพุตไม่เกิน 50 V

8.2 แรงดันดิฟเฟอเรนเชียลสูงสุด (DC + AC peak) ไม่น้อยกว่า ±2,000 V

8.3 แรงดันโหมดร่วม (Common mode / in-phase input) ไม่น้อยกว่า 1,000 V

8.4 มีตัวลดทอนสัญญาณ (Attenuator) ปรับได้ไม่น้อยกว่า 4 ระดับ คือ 50:1, 100:1, 250:1 และ 500:1

8.5 ความต้านทานอินพุตแบบดิฟเฟอเรนเชียล (Differential input impedance) ไม่น้อยกว่า 10 MΩ ขนานกับความจุไม่เกิน 2.5 pF

8.6 อัตราส่วนการกดสัญญาณโหมดร่วม (CMRR) ไม่น้อยกว่า 80 dB ที่ DC, ไม่น้อยกว่า 70 dB ที่ 100 kHz, ไม่น้อยกว่า 62 dB ที่ 1 MHz และไม่น้อยกว่า 50 dB ที่ 3.2 MHz

8.7 มีไฟแสดงสถานะโอเวอร์โหลด (Overload indicator) ที่อินพุตและที่เอาต์พุต

8.8 มีฟังก์ชันปรับชดเชยค่า (Offset adjustment) เพื่อให้วัดได้แม่นยำ

8.9 มาตรฐานความปลอดภัยการวัด (Measurement Category III) ไม่น้อยกว่า 1,000 V CAT III

9. ชุดโมดูลกำลังแบบฮาล์ฟบริดจ์ชนิดซิลิคอนคาร์ไบด์ จำนวน 5 ชุด

9.1 เป็นโมดูลกำลังแบบฮาล์ฟบริดจ์ (Half-bridge) ที่ใช้สวิตช์สารกึ่งตัวนำกำลังชนิด SiC MOSFET

9.2 รองรับแรงดันบัสกระแสตรงพิกัด ไม่น้อยกว่า 800 V

9.3 รองรับกระแสต่อเนื่อง (Continuous RMS current) ไม่น้อยกว่า 40 A RMS ที่ความถี่สวิตชิ่ง 20 kHz ภายใต้เงื่อนไขที่ผู้ผลิตกำหนด

9.4 รองรับความถี่สวิตชิ่งสูงสุด ไม่น้อยกว่า 200 kHz

9.5 รองรับกระแสเกินชั่วขณะ ไม่น้อยกว่าร้อยละ 200 เป็นเวลา ไม่น้อยกว่า 500 ms

9.6 มีตัวเก็บประจุบัสกระแสตรงติดตั้งภายใน โดยมีค่าความจุไม่น้อยกว่า 600 µF

9.7 สามารถต่อบัสกระแสตรงแบบซ้อนกันได้สูงสุด ไม่น้อยกว่า 1.6 kVDC เมื่อใช้จำนวน 2 โมดูล

9.8 มีวงจรวัดแรงดันบัสกระแสตรงและกระแสเอาต์พุตสลับติดตั้งภายในโมดูล

9.9 วงจรวัดแรงดันมีช่วงเชิงเส้นไม่น้อยกว่า 0–850 Vpk ช่วงวัดแรงดันสูงสุดไม่น้อยกว่า 0–1,000 Vpk และแบนด์วิดท์ไม่น้อยกว่า 10 kHz

9.10 วงจรวัดกระแสมีช่วงเชิงเส้นไม่น้อยกว่า ±62 Apk ช่วงวัดกระแสสูงสุดไม่น้อยกว่า ±89 Apk และแบนด์วิดท์ไม่น้อยกว่า 75 kHz

9.11 มีระบบป้องกันแรงดันเกิน กระแสเกิน อุณหภูมิเกิน และความผิดปกติของแหล่งจ่ายไฟ

9.12 มีระบบระบายความร้อนแบบปรับความเร็วได้ และรองรับกำลังสูญเสียความร้อนต่อเนื่องไม่น้อยกว่า 200 W

9.13 รับสัญญาณ PWM ผ่านใยแก้วนำแสง และมีสัญญาณป้อนกลับเมื่อเกิดความผิดปกติ

9.14 รองรับสายใยแก้วนำแสงพลาสติก POF ที่มีความยาวคลื่นประมาณ 650 nm

9.15 รองรับการระบุชนิดเซนเซอร์อัตโนมัติ (Sensor auto-identification) ผ่านการเชื่อมต่อแบบ 1-wire เมื่อใช้งานร่วมกับชุดควบคุมดิจิทัลที่รองรับ

10. ชุดโมดูลกำลังแบบฟูลบริดจ์สำหรับงานต้นแบบแรงดันต่ำ จำนวน 2 ชุด

10.1 เป็นโมดูลกำลังสำหรับงานต้นแบบแรงดันต่ำ โดยสามารถกำหนดการเชื่อมต่อได้ทั้งแบบฮาล์ฟบริดจ์ (Half-bridge) และฟูลบริดจ์ (Full-bridge)

10.2 รองรับแรงดันบัสกระแสตรงไม่น้อยกว่า 200 V และกระแสใช้งานไม่น้อยกว่า 15 A

10.3 ใช้สวิตช์กำลังชนิด IGBT โดยมีพิกัดแรงดันและกระแสไม่น้อยกว่า 600 V และ 50 A ตามลำดับ

10.4 รองรับกระแสพัลส์สูงสุดไม่น้อยกว่า 230 A เป็นเวลา 1 ms

10.5 รองรับความถี่สวิตชิ่งสูงสุดไม่น้อยกว่า 50 kHz

10.6 มีชุดตัวเก็บประจุบัสกระแสตรงภายในที่มีค่าความจุรวมไม่น้อยกว่า 5 mF และพิกัดแรงดันไม่น้อยกว่า 200 V

10.7 มีชุดระบายความร้อนสำหรับสวิตช์กำลัง (TDP envelope) โดยรองรับกำลังสูญเสียความร้อนไม่น้อยกว่า 2 × 20 W

10.8 มีระดับการแยกทางไฟฟ้า (Galvanic isolation) ไม่น้อยกว่า ±1.5 kV เป็นเวลา 60 s และรองรับแรงดัน (permanent) ขณะใช้งานไม่น้อยกว่า ±560 V

10.9 มีอินพุตรับสัญญาณ PWM ผ่านใยแก้วนำแสง ไม่น้อยกว่า 4 ช่อง และเอาต์พุตสัญญาณความผิดปกติ ไม่น้อยกว่า 1 ช่อง

10.10 มีวงจรวัดแรงดันและกระแสไฟฟ้าติดตั้งภายในโมดูล

10.11 วงจรวัดกระแสมีช่วงความแม่นยำไม่น้อยกว่า ±20 A ช่วงเชิงเส้นไม่น้อยกว่า ±37.5 A และแบนด์วิดท์ไม่น้อยกว่า 120 kHz

10.12 วงจรวัดแรงดันมีช่วงวัดไม่น้อยกว่า 0–250 V ช่วงวัดสูงสุดไม่น้อยกว่า 0–450 V และแบนด์วิดท์ไม่น้อยกว่า 25 kHz

10.13 มีระบบป้องกันแรงดันเกิน กระแสเกิน และอุณหภูมิเกินติดตั้งภายในโมดูล

10.14 มีอินพุตสำหรับเซนเซอร์อุณหภูมิ ไม่น้อยกว่า 4 ช่อง และรองรับเทอร์มิสเตอร์ NTC ขนาด 5–50 kΩ

10.15 รับสัญญาณ PWM ผ่านสายใยแก้วนำแสงพลาสติกชนิด POF ที่ความยาวคลื่น 650 nm

3. ข้อกำหนดอื่นๆ

3.1 ผู้ขายต้องจัดชุดอุปกรณ์ให้พร้อมประกอบและเชื่อมต่อสำหรับการศึกษา ทดสอบ และเรียนรู้ชุดปฏิบัติการสื่อสารในวงจรพาวเวอร์อิเล็กทรอนิกส์ด้วยเทคนิคการใช้แสงประยุกต์

3.2 อุปกรณ์ทุกกลุ่มต้องมาพร้อมสายสัญญาณ สายใยแก้วนำแสง หัวต่อ แหล่งจ่ายไฟ ซอฟต์แวร์ และอุปกรณ์ประกอบที่จำเป็นสำหรับเปิดใช้งานและทำการทดลองตามขอบเขตที่กำหนด

3.3 ติดตั้งเครื่องมือและซอฟต์แวร์ พร้อมทดสอบการทำงานร่วมกันของระบบ และสอนการใช้งานจนผู้ใช้งานสามารถปฏิบัติงานได้

3.4 รับประกันคุณภาพเครื่องมือไม่น้อยกว่า 1 ปี

3.5 ตรวจเช็คและบำรุงรักษาเครื่องทุก 6 เดือน ในระยะเวลารับประกัน

3.6 คู่มือการใช้งานฉบับภาษาอังกฤษเป็นไฟล์ดิจิทัล จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ชุด และเอกสารประกอบการทดลองสำหรับชุดฝึกศึกษา

3.7 ระยะเวลาส่งมอบไม่เกิน 180 วัน

4. สถานที่ติดตั้ง

ห้องปฏิบัติการไฟฟ้ากำลัง ECC-311 อาคารปฏิบัติการรวมวิศวกรรมศาสตร์ 2 คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ผู้กำหนดรายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะ (ผศ.ดร.ธีรพล โพธิ์พงศ์วิวัฒน์) ตำแหน่ง อาจารย์	**เห็นชอบรายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะ** (ผศ.ดร.ธีรพล โพธิ์พงศ์วิวัฒน์) ตำแหน่ง อาจารย์
เห็นชอบรายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะ (รศ.ดร.ธีรยศ เวียงทอง) ตำแหน่ง อาจารย์	**เห็นชอบรายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะ** (นายเกื้อกูล ฤกษ์วัฒนากูล) ตำแหน่ง วิศวกร

- ผู้ที่ได้รับการคัดเลือกต้องเป็นผู้ดำเนินการตีหมายเลขทะเบียนครุภัณฑ์ และถ่ายรูปภาพครุภัณฑ์ ตามที่สถาบันกำหนด หลังจากคณะกรรมการตรวจรับพัสดุ ได้ทำการตรวจรับพัสดุเรียบร้อยแล้ว และจัดส่งให้งานพัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ด้วย
- การจัดซื้อจัดจ้างครั้งนี้จะมีการลงนามในสัญญาหรือข้อตกลงเป็นหนังสือได้ต่อเมื่อพระราชบัญญัติงบประมาณรายจ่ายประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2570 มีผลใช้บังคับและได้รับจัดสรรงบประมาณรายจ่ายประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2570 จากสำนักงานงบประมาณแล้ว และกรณีที่หน่วยงานของรัฐไม่ได้รับจัดสรรงบประมาณเพื่อการจัดซื้อจัดจ้างในครั้งดังกล่าว หน่วยงานของรัฐสามารถยกเลิกการจัดซื้อจัดจ้างได้

- วงเงินงบประมาณในการจัดซื้อ 9,000,000 บาท
- สาธารณชนที่ต้องการเสนอแนะ วิจารณ์ หรือมีความเห็น ต้องเปิดเผยชื่อและที่อยู่ของผู้ให้ข้อเสนอแนะ วิจารณ์หรือมีความเห็นด้วย
- สถานที่ติดต่อเพื่อขอทราบข้อมูลเพิ่มเติม และส่งข้อเสนอแนะ วิจารณ์ หรือแสดงความคิดเห็นสามารถส่งข้อคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะ วิจารณ์เกี่ยวกับร่างขอบเขตของงานนี้ได้ที่ สำนักงานพัสดุ สำนักงานอธิการบดี

** โทรศัพท์ 0-2329-8124

*** E-mail : pasadu@kmitl.ac.th เว็บไซต์ : https://www.kmitl.ac.th/th/procurement