



รายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะ
ชุดเครื่องมือวัดขั้นสูงสำหรับรถยนต์ไฟฟ้า
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2570

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1. รายการจัดซื้อจัดจ้าง ชุดเครื่องมือวัดขั้นสูงสำหรับรถยนต์ไฟฟ้า จำนวน 1 ชุด

2. กำหนดรายละเอียดและคุณลักษณะของพัสดุ

2.1 คุณลักษณะทั่วไป

เพื่อจัดหาอุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับ การวัด วิเคราะห์ และวินิจฉัยรถยนต์ไฟฟ้า (EV) ในเชิงลึก เพื่อรองรับ การศึกษา การเรียนการสอน การวิจัย และพัฒนาระบบขับเคลื่อนไฟฟ้า ระบบชาร์จ ระบบแบตเตอรี่ และระบบ ควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ของรถยนต์ไฟฟ้า

เครื่องมือชุดนี้ช่วยให้นักศึกษาและวิศวกรสามารถ:

- วิเคราะห์พลังงานไฟฟ้าที่ไหลภายในระบบ EV (Battery, Inverter, Motor, On-board Charger)
- ตรวจสอบประสิทธิภาพและการทำงานของแบตเตอรี่และระบบจัดการพลังงาน (BMS / EMS)
- วิเคราะห์และวินิจฉัยข้อบกพร่องในระบบไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ของ EV
- ศึกษาโปรโตคอลสื่อสารภายในรถยนต์ เช่น CAN, LIN, FlexRay, Ethernet Automotive

2.2 คุณลักษณะเฉพาะ

2.2.1 เครื่องออสซิลโลสโคปความละเอียดสูงแบบดิจิทัล จำนวน 2 เครื่อง

เครื่องมือวัดสัญญาณความละเอียดสูงสำหรับสัญญาณทางไฟฟ้าที่มีหลายช่องสัญญาณ มีหน้าจอการแสดงผลแบบ สัมผัสสามารถใช้งานฟังก์ชันการ Zoom และ Search เพื่อเพิ่มความสะดวกสบายในการวิเคราะห์สัญญาณทางไฟฟ้าที่ วัดและเหมาะสำหรับการวัดสัญญาณการควบคุมอินเวอร์เตอร์และสามารถวัดสัญญาณอนาล็อกได้สูงสุด 4 ช่อง สัญญาณ

- 1) เป็นดิจิตอลออสซิลโลสโคปที่มีช่องสัญญาณสำหรับการวัดสัญญาณอนาล็อกไม่น้อยกว่า 4 ช่องสัญญาณ
- 2) สามารถรองรับการวัดในช่วงของความถี่ (Frequency Bandwidth) สูงสุด 200 MHz
- 3) มีค่าความละเอียดของการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล (A/D) สูงสุด 8 bit หรือดีกว่า
- 4) มีค่าอัตราการสุ่มตัวอย่างของสัญญาณสูงสุด 2.5 GS/s (Real Time Sampling mode) หรือมากกว่า
- 5) มีค่าความต้านทานของช่องรับสัญญาณของอนาล็อกอินพุต $1M\Omega$ หรือ 50Ω
- 6) มีฟังก์ชัน Triggers mode ชนิด Auto, Auto Level, Normal, Single, N-Single, Force trigger เป็นอย่างน้อย
- 7) มีความจุหน่วยความจำมาตรฐานไม่น้อยกว่า 12.5 Mpoints ต่อช่องสัญญาณ แบบ Repeat
- 8) สามารถรวมความจุหน่วยความจำมาตรฐาน ไม่น้อยกว่า 50 Mpoints สำหรับใช้งานแบบ Single
- 9) โหมดการบันทึกและได้มาซึ่งสัญญาณ (Waveform Acquisition & Modes) โหมดการทำงานปกติรองรับ ฟังก์ชัน Normal, Envelope และ Average
- 10) สามารถวัดค่าพารามิเตอร์พื้นฐาน Max, Min, P-P, High, Low, Amplitude, Rms, Mean, Sdev, IntegTY+, IntegTY, +Over, -Over, Pulse Count, Edge Count, V1, V2, ΔT , Freq, Period, Avg Freq, Avg Period, Burst, Rise, Fall, +Width, -Width, Duty, Delay เป็นอย่างน้อย

- 11) ฟังก์ชันการสร้างสมการทางคณิตศาสตร์ +, -, ×, Filter (Delay, Moving Avg, IIR Lowpass, IIR Highpass), Integ, Count (Edge, Rotary) เป็นอย่างน้อย
- 12) มีฟังก์ชันการวิเคราะห์ความถี่ในรูปแบบ FFT
- 13) มีหน้าจอแสดงผลแบบสัมผัส ขนาดไม่น้อยกว่า 8.4 นิ้ว TFT LCD หรือดีกว่า
- 14) ฟังก์ชันการซูมและเลื่อนดูสัญญาณ สามารถกำหนดหน้าต่างการซูมอิสระได้ไม่น้อยกว่า 2 หน้าต่าง (Zoom1, Zoom2)
- 15) มีช่องสำหรับการเชื่อมต่อ USB Type A จำนวนไม่น้อยกว่า 2 ช่อง และมีช่องสำหรับการเชื่อมต่อแบบ Ethernet แบบ RJ-45 จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ช่อง
- 16) มี Auxiliary Input สำหรับ Probe power terminal ไม่น้อยกว่า 4 terminals
- 17) ใช้แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 100 ถึง 120 VAC / 220 ถึง 240 VAC (ปรับเปลี่ยนแรงดันอัตโนมัติ - Automatic switching)
- 18) ใช้ความถี่ 50 Hz / 60 Hz
- 19) มีโหมดฟังก์ชันสำหรับการสุ่มตัวอย่าง (Sampling) Real time, Interpolation, Repetitive เป็นอย่างน้อย
- 20) คุณสมบัติ Input Impedance
 - Analog Input $1\text{M}\Omega \pm 1.0\%$ และ $50\Omega \pm 1.0\%$
 - Voltage axis sensitivity setting range $1\text{M}\Omega$ ที่ 500uV/div to 10V/div และ $50\text{M}\Omega$ ที่ 500uV/div to 1V/div
 - Input voltage Max. $1\text{M}\Omega$ สูงสุด 300 Vrms หรือ 400 Vpeak และ 50Ω สูงสุด 5 Vrms หรือ 10Vpeak
 - DC offset setting range Max. $1\text{M}\Omega$ ที่ 500uV/div to 50mV/div $\pm 1\text{V}$ และ 50Ω ที่ 500uV/div to 50mV/div $\pm 1\text{V}$
- 21) คุณสมบัติ Vertical-axis (voltage-axis)
 - DC Accuracy 500uV/div $\pm (3.0\% \text{ of } 8 \text{ div} + \text{offset voltage accuracy})$ หรือดีกว่า
 - Offset voltage accuracy 100mV to 500mV/div $\pm (1\% \text{ of setting} + 2 \text{ mV})$ หรือดีกว่า

2.2.2 เครื่องวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้าระดับกลาง จำนวน 2 เครื่อง

- 1) ความแม่นยำพื้นฐาน (Basic Power Accuracy) ที่ความถี่ 50/60 Hz ต้องไม่เกิน 0.1% ของค่าที่อ่านได้ (Reading) บวกกับ 0.1% ของเรนจ์ (Range)
- 2) ย่านความถี่ในการวัด (Measurement Power Bandwidth) ครอบคลุมตั้งแต่ DC, 0.5 Hz ถึง 100 kHz
- 3) รองรับช่องสัญญาณวัด (Input Elements) ได้ไม่น้อยกว่า 3 ช่อง
- 4) ช่วงการวัดแรงดัน (Voltage Range) รองรับได้ตั้งแต่ 15 V ถึง 1,000 V
- 5) ช่วงการวัดกระแส (Current Range) แบบต่อตรง (Direct input) รองรับตั้งแต่ 0.5 A ถึง 40 A
- 6) รองรับการต่อเซนเซอร์ภายนอก (External Sensor Input)
- 7) สามารถวัดค่าแรงดัน (Voltage), กระแส (Current) และกำลังไฟฟ้าแบบ Active, Apparent และ Reactive Power ได้พร้อมกัน
- 8) รองรับฟังก์ชันการวัดค่า Peak hold, Max hold, ค่า RMS/MEAN/AC/DC
- 9) สามารถวัดค่าความถี่ได้ไม่น้อยกว่า 2 ช่องสัญญาณ

- 10) สามารถวัดค่าประสิทธิภาพ (Efficiency)
- 11) หน้าจอสีแบบ TFT LCD ขนาดไม่น้อยกว่า 5.7 นิ้ว
- 12) สามารถแสดงผลได้ทั้งรูปแบบตัวเลข, รูปคลื่น (Waveforms), แนวโน้มข้อมูล (Trends), กราฟแท่ง (Bar graphs) และเวกเตอร์ (Vectors)
- 13) มีอัตราการสุ่มตัวอย่าง (Sampling frequency) ประมาณ 100 kS/s
- 14) รองรับ Function การวัด Harmonic

2.2.3 เครื่องวิเคราะห์สัญญาณทางไฟฟ้าความเร็วสูง จำนวน 1 เครื่อง

- 1) เป็นเครื่องที่สามารถประมวลผลรูปคลื่นแบบเรียลไทม์และฟังก์ชันอื่นๆ โดยสามารถรองรับการวัดและบันทึกสัญญาณ Analog ,Logic ,voltage , Strain ,Current ,Temperature , Frequency และ Acceleration ได้
- 2) ตัวเครื่องสามารถแสดงรูปแบบ waveform screen ของ FFT , XY composite waveform , Time-domain waveform representation , Zoom , Sheet function , Grid anchoring mode , Enlarge / Reduce , Waveform scrolling , Roll display mode , Waveform monitoring function , Cursor , Event mark เป็นอย่างน้อย
- 3) ตัวเครื่องสามารถเพิ่ม Input modules ได้สูงสุด 8 โมดูล
- 4) มี External control terminals สำหรับ Terminal block, External input, External output, External trigger, Trigger output เป็นอย่างน้อย
- 5) สามารถเลือก sampling rate ในโหมดปกติ ได้ดังนี้ 200 MS/s, 100 MS/s, 50 MS/s, 20 MS/s, 10 MS/s, 5 MS/s, 2 MS/s, 1 MS/s ,500 kS/s, 200 kS/s, 100 kS/s, 50 kS/s, 20 kS/s, 10 kS/s, 5 kS/s, 2 kS/s, 1 kS/s ,500 S/s, 200 S/s, 100 S/s, 50 S/s, 20 S/s, 10 S/s, 5 S/s, 2 S/s, 1 S/s
- 6) มีฟังก์ชันการคำนวณ Numerical calculations ได้สูงสุด 32 items x Measurement channels
- 7) มี ฟังก์ชัน Real-time waveform processing ที่สามารถคำนวณค่าได้สูงสุด 16 formulas
- 8) มีฟังก์ชัน FFT calculation ที่สามารถคำนวณค่าได้สูงสุด 8 ค่า
- 9) มีค่าความแม่นยำ (Time axis accuracy) เท่ากับ $\pm 0.0005\%$
- 10) มีหน้าจอแบบสัมผัส (Touch screen) ขนาด 12.1 นิ้ว XGA TFT color LCD (1024 x 768 dots)
- 11) ตัวเครื่องมีหน่วยความจำขนาดความจุ (Memory capacity) 1 G-words
- 12) มี Input แบบ High Speed Analog แบบ Isolated BNC connector จำนวน 2 channel สามารถวัดแรงดันไฟฟ้าสูงสุด 400 V DC ที่มี Sampling rate สูงสุด 200 MS/s สามารถใช้กับความถี่ DC ถึง 30 MHz และมีค่าความแม่นยำในการวัด $\pm 0.5\%$ f.s.
- 13) มี Input unit ที่รองรับการวัด Thermocouple type K,J,E,T,N,R,S,B,W จำนวน 4 channel (โดยมี 2 channel/unit) โดยมีค่าความแม่นยำ เท่ากับ $\pm 0.1\%$ f.s. $\pm 1^{\circ}\text{C}$ (สำหรับ type K,J,E,T,N) และมี Data refresh rate แบบ Fast 1.2 ms (digital filter OFF) , แบบ Normal 100 ms (digital filter 50/60 Hz) และ แบบ Slow: 500 ms (digital filter 10 Hz)
- 14) มี Input unit สำหรับวัดกระแสไฟฟ้าผ่าน Clamp sensor ที่มี connector terminal (ME15W) จำนวน 3 channel มี Sampling rate 5 MS/s และ ค่าความแม่นยำในการวัด $\pm 0.3\%$ f.s. ที่ ความถี่ DC ถึง 2 MHz ± 3 dB

- 15) มี Input unit แบบ Digital Voltmeter ที่มีคอนเนคเตอร์แบบ Banana จำนวน 2 channel สำหรับวัดแรงดันไฟฟ้าสูงสุด 500 V DC โดยมีค่าความละเอียดในการวัด 1/1,000,000 ของย่านการวัด และมีความแม่นยำ $\pm 0.01\% \text{ rdg.} \pm 0.0025\% \text{ f.s.}$ (ที่ย่าน 1000 mV f.s.)
- 16) มี Input unit สำหรับ High-Voltage ที่มีคอนเนคเตอร์แบบ Banana จำนวน 2 channel สามารถใช้วัดแรงดันไฟฟ้าสูงสุด 1000 V DC , 700 V AC ใช้ในช่วงความถี่ DC ถึง 100 kHz -3 dB และสามารถเลือกการวัดแรงดันไฟฟ้า DC และ RMS ได้ ซึ่งมี sampling rate สูงสุด 1 MS/s และมีค่าความแม่นยำ $\pm 0.25\% \text{ f.s.}$ และค่าความละเอียด 1/32,000 ของย่านการวัด
- 17) มี Input unit แบบ Analog ซึ่งคอนเนคเตอร์เป็น BNC สำหรับวัดสัญญาณแรงดันไฟฟ้าสูงสุด 400 V DC จำนวน 4 channel (โดยมี 2 channel/unit) ซึ่งมี sampling rate สูงสุด 20 MS/s , ความละเอียด 1/2000 ของย่านการวัด และมีความแม่นยำ $\pm 0.5\% \text{ f.s.}$ โดยใช้งานได้ในช่วงความถี่ DC ถึง 5 MHz-3 dB
- 18) มี Probe Power Unit จำนวน 8 channel สามารถจ่ายไฟให้กับเซ็นเซอร์วัดกระแสไฟฟ้าและมีแรงดันเอาต์พุต (Output voltage) $\pm 12\text{V} \pm 0.5\text{V DC}$
- 19) มีหน่วยความจำเป็นแบบ SSD ที่มีขนาดความจุ 256 GB มาพร้อมกับตัวเครื่อง
- 20) มีหน่วยความจำภายนอกแบบ USB DRIVE ที่มีขนาดความจุ 16GB
- 21) มี AC/DC Current Probe ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ϕ 5 mm สำหรับวัดกระแสสูงสุด 2 A จำนวน 3 อัน สามารถใช้ได้ในช่วงความถี่ DC ถึง 100 kHz ที่มีค่าความแม่นยำในการวัด $\pm 0.3\% \text{ rdg.} \pm 0.10\% \text{ f.s.}$ (ย่านการวัด DC) และ $\pm 0.3\% \text{ rdg.} \pm 0.05\% \text{ f.s.}$ (ในช่วงความถี่ $\text{DC} < f \leq 66 \text{ Hz}$)
- 22) มี AC/DC Current Probe ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ϕ 20 mm สำหรับวัดกระแสสูงสุด 500 A จำนวน 3 อัน สามารถใช้งานในช่วงความถี่ DC ถึง 50 kHz ที่มีค่าความแม่นยำในการวัด $\pm 0.07\% \text{ rdg} \pm 0.01\% \text{ f.s.}$ (ย่านการวัด DC) และ $\pm 0.07\% \text{ rdg} \pm 0.007\% \text{ f.s.}$ (ในช่วงความถี่ $16 \text{ Hz} \leq f \leq 66 \text{ Hz}$)
- 23) ตัวเครื่องรองรับการเชื่อมต่อ Interface LAN, USB, SD card, SATA และ Monitor output ได้
- 24) ตัวเครื่องสามารถใช้งานในช่วงอุณหภูมิ 0°C ถึง 40°C ที่ความชื้นไม่มากกว่า 80% RH
- 25) ตัวเครื่องเป็นไปตามมาตรฐานความปลอดภัย EN61010 และมาตรฐาน EMC EN61326
- 26) สามารถใช้งานกับแหล่งจ่ายไฟที่มีแรงดัน 100 V ถึง 240 V AC , 300 VA ความถี่ 50 Hz/60 Hz
- 27) มีกระเป๋ามีล้อลาก แบบ hard trunk สำหรับเก็บอุปกรณ์และเคลื่อนย้าย จำนวน 1 ใบ
- 28) มี Thermocouple type T สายยาว 10 เมตร จำนวน 4 เส้น
- 29) มีซอฟต์แวร์ในการวิเคราะห์ข้อมูลในการวัด หรือโหลดข้อมูลการวัดและแสดงผลได้

2.2.4 เครื่องวัดสัญญาณทางไฟฟ้าพื้นฐาน จำนวน 5 เครื่อง

- 1) ช่วงช่องวัดสัญญาณ 4 ช่อง เป็นอย่างน้อย
- 2) ย่านแบนด์วิธใช้งาน 200 MHz เป็นอย่างน้อย
- 3) อัตราการสุ่มสัญญาณ 2 GSa/s แบบ (One channel mode) เป็นอย่างน้อย
- 4) ค่าความละเอียดแกนตั้ง 12 bits เป็นอย่างน้อย
- 5) ความยาวการบันทึกข้อมูล 100 Mpts เป็นอย่างน้อย
- 6) อัตราการอัปเดตรูปคลื่นสัญญาณ 120,000 wfm/s (Normal mode) และ 500,000 wfm/s (Sequence mode) เป็นอย่างน้อย

- 7) รองรับการทริกเกอร์ Edge, Slope, pulse width, window, Runt, Interval, Dropout, Pattern, Video, Qualified, Nth edge, Setup/hold, Delay และ Serial เป็นอย่างน้อย
- 8) รองรับการถอดรหัสรูปแบบสัญญาณ I2C, SPI, UART, CAN และ LIN เป็นอย่างน้อย
- 9) รองรับการวัดค่า ได้สูงสุด 50 ค่า เป็นอย่างน้อย
- 10) รองรับการทำฟังก์ชันคณิตศาสตร์ FFT, +, -, x, +, -, x, ÷, fdt, d/dt, √, Identity, Negation, Absolute, Sign, ex, 10x, ln, lg, Interpolation, MaxHold, MinHold, ERES และ Average เป็นอย่างน้อย
- 11) มีฟังก์ชัน Search, Navigate, History, Mask test, DVM, Bode plot และ Frequency Counter เป็นอย่างน้อย
- 12) จอแสดงผล ขนาดไม่น้อยกว่า 10 นิ้ว แบบ TFT-LCD ค่าความละเอียดไม่น้อยกว่า 1024 x 600 พิกเซล และ รองรับการสัมผัส เป็นอย่างน้อย
- 13) ค่า Rise time น้อยกว่าหรือเท่ากับ 1.8 ns
- 14) ค่า Noise floor ย่าน Full Bandwidth น้อยกว่าหรือเท่ากับ 70 uV
- 15) ค่าความแม่นยำ offset ±0.5% เป็นอย่างน้อย
- 16) รองรับการจำกัดแบนด์วิธ 20 MHz และ 200 MHz เป็นอย่างน้อย
- 17) รองรับ Coupling ได้ทั้ง DC, AC และ GND เป็นอย่างน้อย
- 18) รองรับการลดทอนของโพรบ (Probe attenuation) 1X, 10X, 100X และสามารถกำหนดเองได้
- 19) พิกัดค่าสเกลแกนเวลา ตั้งแต่ 1 ns/div ถึง 1000 s/div เป็นอย่างน้อย
- 20) รองรับโหมดการแสดงผล Y-T, X-Y และ Roll เป็นอย่างน้อย
- 21) รองรับโหมดการทำงานทริกเกอร์ Auto, Normal และ Single เป็นอย่างน้อย
- 22) ค่า Jitter ช่องสัญญาณ C1 ถึง C4 น้อยกว่า 100 ps เป็นอย่างน้อย
- 23) รองรับการแสดงผลแบบ Dot หรือ Vector เป็นอย่างน้อย
- 24) ตัวเครื่องรองรับแรงดันไฟฟ้า ใช้งาน 100V ถึง 240V ย่านความถี่ 50/60 Hz

2.2.5 โมดูลแยกสัญญาณความเร็วสูง ชนิด 10 MS/s, 12 Bit จำนวน 2 โมดูล

- 1) อัตราการสุ่มสัญญาณ (Sampling Rate) ไม่น้อยกว่า 10 MS/s
- 2) ความละเอียด (Resolution) ไม่น้อยกว่า 12 Bit
- 3) จำนวนช่องสัญญาณเข้า (Input Channels) ไม่น้อยกว่า 2 ช่องสัญญาณ
- 4) รูปแบบสัญญาณเข้า (Input Type) เป็นแบบแยกอิสระไม่สมดุล (Isolated unbalanced)
- 5) การเชื่อมต่อสัญญาณเข้า (Input Coupling) สามารถรองรับการเชื่อมต่อแบบ AC, DC และ GND ได้
- 6) ชนิดหัวต่อสัญญาณเข้า (Input Connector) เป็นหัวต่อชนิด BNC แบบแยกอิสระ (Isolated type)
- 7) ค่าความต้านทานขาเข้า (Input Impedance) $1\text{ M}\Omega \pm 1\%$ และมีค่าความจุไฟฟ้าโดยประมาณ 35 pF
- 8) อัตราส่วนการตัดสัญญาณรบกวนโหมดร่วม (Common Mode Rejection Ratio) ไม่น้อยกว่า 80 dB (ที่ความถี่ 50/60 Hz)
- 9) ช่วงความถี่ (Frequency Range ที่ -3 dB) รองรับตั้งแต่ DC ถึงไม่น้อยกว่า 3 MHz
- 10) การตั้งค่าความไวของแกนแรงดัน (Voltage-axis Sensitivity Setting) สำหรับการต่อตรง (Direct input) สามารถตั้งค่าได้ตั้งแต่ 5 mV/div ถึงไม่น้อยกว่า 20 V/div (ปรับแบบ 1-2-5 steps)

- 11) ความแม่นยำของแกนแนวตั้ง/แกนแรงดัน (Vertical Axis Accuracy) ความแม่นยำ DC อยู่ที่ $\pm(0.5\%$ ของ 10 div)
- 12) การจำกัดแบนด์วิดท์ (Bandwidth Limit): สามารถเลือกตั้งค่าขีดจำกัดแบนด์วิดท์ได้ อย่างน้อยดังนี้ Full, 500 Hz, 5 kHz, 50 kHz และ 500 kHz

2.2.6 โมดูลแยกสัญญาณความเร็วสูง ชนิด 100 MS/s, 12 Bit จำนวน 1 โมดูล

- 1) อัตราการสุ่มสัญญาณ (Sampling Rate) ไม่น้อยกว่า 100 MS/s
- 2) ความละเอียด (Resolution) ไม่น้อยกว่า 12 Bit
- 3) จำนวนช่องสัญญาณเข้า (Input Channels) ไม่น้อยกว่า 2 ช่องสัญญาณ
- 4) รูปแบบสัญญาณเข้า (Input Type) เป็นแบบแยกอิสระไม่สมดุล (Isolated unbalanced)
- 5) การเชื่อมต่อสัญญาณเข้า (Input Coupling) สามารถรองรับการเชื่อมต่อแบบ AC, DC และ GND ได้
- 6) ชนิดหัวต่อสัญญาณเข้า (Input Connector) เป็นหัวต่อชนิด BNC แบบแยกอิสระ (Isolated type)
- 7) ค่าความต้านทานขาเข้า (Input Impedance) $1\text{ M}\Omega \pm 1\%$ และมีค่าความจุไฟฟ้าโดยประมาณ 35 pF
- 8) อัตราส่วนการตัดสัญญาณรบกวนโหมตร่วม (Common Mode Rejection Ratio) ไม่น้อยกว่า 80 dB (ที่ความถี่ 50/60 Hz)
- 9) ช่วงความถี่ (Frequency Range ที่ -3 dB) รองรับตั้งแต่ DC ถึงไม่น้อยกว่า 20 MHz
- 10) การตั้งค่าความไวของแกนแรงดัน (Voltage-axis Sensitivity Setting) สำหรับการต่อตรง (Direct input) สามารถตั้งค่าได้ตั้งแต่ 10 mV/div ถึงไม่น้อยกว่า 20 V/div (ปรับแบบ 1-2-5 steps)
- 11) ความแม่นยำของแกนแนวตั้ง/แกนแรงดัน (Vertical Axis Accuracy) ความแม่นยำ DC อยู่ที่ $\pm(0.5\%$ ของ 10 div)
- 12) การจำกัดแบนด์วิดท์ (Bandwidth Limit): สามารถเลือกตั้งค่าขีดจำกัดแบนด์วิดท์ได้ อย่างน้อยดังนี้ Full/ 2 MHz/1.28 MHz/640 kHz/320 kHz/160 kHz/80 kHz/ 40 kHz/20 kHz/10 kHz

2.2.7 อุปกรณ์วัดสัญญาณแรงดัน (Differential Probe) จำนวน 8 เครื่อง

- 1) ย่านความถี่ตอบสนอง (Bandwidth) ไม่น้อยกว่า 150 MHz
- 2) หัวต่อสัญญาณขาออกเป็นแบบ BNC ที่เข้ากันได้กับเครื่องออสซิลโลสโคปมาตรฐานทั่วไป
- 3) พิกัดแรงดันไฟฟ้าสูงสุด (Maximum Voltage) รองรับแรงดันสูงสุดไม่น้อยกว่า 1,500 V
- 4) ความต้านทานอินพุต $4.1\text{ M}\Omega \pm 3\%$
- 5) ความจุไฟฟ้าอินพุต 5 pF
- 6) ที่แรงดัน Common mode ภายใน $\pm 400\text{ V}$ มีความแม่นยำภายใน $\pm 2\%$
- 7) ที่แรงดัน Common mode ภายใน $\pm 1,000\text{ V}$ มีความแม่นยำภายใน $\pm 3\%$
- 8) อัตราส่วนการลดทอน (Attenuation Ratio) เลือกปรับได้ 50:1 / 500:1
- 9) มาตรฐานความปลอดภัยได้รับมาตรฐานความปลอดภัยระดับ CAT III 1,000 V

2.2.8 เครื่องวัดกระแสไฟฟ้าแบบออสซิลโลสโคป (AC/DC Current Probe) จำนวน 2 เครื่อง

- 1) ช่วงการวัดกระแส (Current Range) รองรับการวัดกระแสในช่วง 30 Arms
- 2) ช่วงการวัดกระแส (Current Range) 50 Apeak, non-continuous
- 3) ย่านความถี่ (Frequency Bandwidth) ครอบคลุมตั้งแต่ความถี่ DC ถึง 100 MHz (-3 dB) เพื่อรองรับการวัดสัญญาณทรานเซียนต์และสวิตชิงความเร็วสูง

- 4) เวลาในการตอบสนอง (Rise Time) น้อยกว่าหรือเท่ากับ 3.6 ns
- 5) เส้นผ่านศูนย์กลางรูร้อยสาย (Aperture Diameter) : ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรูร้อยสายประมาณ 5 มม.
- 6) สัญญาณรบกวนไม่เกิน 2.5 mArms
- 7) Output voltage rate 30 A Range เท่ากับ 0.1 V/A
- 8) ขั้วต่อสัญญาณ (Output Connector) : เป็นขั้วต่อสัญญาณมาตรฐาน BNC สำหรับเชื่อมต่อเข้ากับ ออสซิลโลสโคป
- 9) อุณหภูมิในการทำงาน ตั้งแต่ 0.0 องศาถึง 40.0 องศา
- 10) ผลกระทบจากสนามแม่เหล็กภายนอก (Effect of External Magnetic Fields) มีความคลาดเคลื่อน เทียบเท่าสูงสุดไม่เกิน 5 mA เมื่ออยู่ในสนามแม่เหล็กแบบ DC หรือ 60 Hz ที่ความเข้มสนามแม่เหล็ก 400 A/m

3. ข้อกำหนดอื่นๆ

- 3.1 บริษัทผู้ขายต้องรับประกันชุดเครื่องมือวัดขั้นสูงสำหรับรถยนต์ไฟฟ้าและอุปกรณ์ประกอบ เป็นเวลา 1 ปี ถ้าเกิดความผิดปกติ หรือชำรุดเสียหาย เนื่องมาจากการใช้งานตามปกติทางบริษัทต้องทำการซ่อมแซม หรือเปลี่ยนให้ใหม่โดยไม่คิดค่าใช้จ่ายเพิ่มเติม
- 3.2 บริษัทผู้ขายจะต้องส่งเจ้าหน้าที่ผู้ชำนาญการใช้เครื่องมือมาฝึกอบรมให้แก่ผู้ใช้งาน จนสามารถใช้งานเครื่องมือได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพอย่างน้อย 2 ครั้ง
- 3.3 บริษัทผู้ขายจะต้องทำการส่งมอบเครื่องมือภายใน 180 วัน หลังจากการทำสัญญาซื้อขาย
- 3.4 คู่มือการใช้งานและคู่มือบำรุงรักษา จำนวน 1 ชุด
- 3.5 รับประกันคุณภาพอย่างน้อย 1 ปี
- 3.6 ผู้ที่ได้รับคัดเลือกต้องเป็นผู้ดำเนินการตีพิมพ์เลขครุภัณฑ์ และถ่ายรูปภาพครุภัณฑ์ตามที่สถาบันกำหนด หลังจากคณะกรรมการตรวจรับพัสดุได้ทำการตรวจรับพัสดุเรียบร้อยแล้ว และจัดส่งให้งานพัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ด้วย
- 3.7 การจัดซื้อจัดจ้างครั้งนี้จะมีการลงนามในสัญญาหรือข้อตกลงเป็นหนังสือได้ต่อเมื่อพระราชบัญญัติงบประมาณรายจ่ายประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2570 มีผลใช้บังคับและได้รับจัดสรรงบประมาณรายจ่ายประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2570 จากสำนักงบประมาณแล้ว และกรณีที่หน่วยงานของรัฐไม่ได้รับจัดสรรงบประมาณเพื่อการจัดซื้อจัดจ้างในครั้งดังกล่าว หน่วยงานของรัฐสามารถยกเลิกการจัดซื้อจัดจ้างได้
- 3.8 วงเงินงบประมาณในการจัดซื้อ 7,400,000.- บาท (เจ็ดล้านสี่แสนบาทถ้วน)
- 3.9 สาธารณชนที่ต้องการเสนอแนะ วิจารณ์ หรือมีความเห็น ต้องเปิดเผยชื่อและที่อยู่ของผู้ให้ข้อเสนอแนะ วิจารณ์ หรือมีความเห็นด้วย
- 3.10 สถานที่ติดต่อเพื่อขอทราบข้อมูลเพิ่มเติม และส่งข้อเสนอแนะ วิจารณ์ หรือแสดงความคิดเห็น สามารถส่ง ข้อคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะ วิจารณ์เกี่ยวกับร่างขอบเขตของงานนี้ได้ที่ สำนักงานพัสดุ สำนักงานอธิการบดี โทรศัพท์ 0-2329-8124, E-mail : pasadu@kmitl.ac.th, เว็บไซต์ : <https://www.kmitl.ac.th/th/procurement> จึงเรียนมาเพื่อทราบและโปรดดำเนินการ

4. สถานที่ติดตั้ง

อาคารปฏิบัติการกลางคณะวิศวกรรมศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล.

ผู้กำหนดรายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะ



(ผศ.ดร.ธีรพล โพธิ์พงษ์วัฒน์)

ตำแหน่ง อาจารย์

เห็นชอบรายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะ



(ผศ.ดร.ธีรพล โพธิ์พงษ์วัฒน์)

ตำแหน่ง อาจารย์

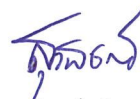
เห็นชอบรายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะ



(ดร.ปุณยวีร์ ฉายศิริ)

ตำแหน่ง อาจารย์

เห็นชอบรายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะ



(นายสุพิชญ์ ฝ่องสวัสดิ์)

ตำแหน่ง นักวิจัย