

## ขอบเขตของงาน (Terms of Reference: TOR)

เครื่องวิเคราะห์ห้วงจรข่าย ตำบลข้างเผือก อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 1 ชุด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

### 1. ความเป็นมา

ในการศึกษารายวิชาในหลักสูตรต่าง ๆ ทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ และโทรคมนาคมมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องใช้เครื่องมือวิเคราะห์ห้วงจรข่ายความถี่สูง และจัดเป็นเครื่องมือหลักของการเรียนการสอน การวิจัยขั้นต้นจนถึงขั้นสูง ส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้เชิงบูรณาการ การวิเคราะห์คุณสมบัติต่าง ๆ ของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ความถี่สูงในยุค 4G เช่น ระบบสายส่งในรูปแบบของไมโครสตริป วงจรไมโครสตริป ระบบสายอากาศ ตลอดจนวงจรข่ายหนึ่งพอร์ต และมัลติพอร์ตแบบต่าง ๆ ทำได้โดยง่าย ประหยัดเวลา มีความแม่นยำ นอกจากนี้สามารถตอบสนองงานวิจัยทางการเกษตรกรรม อุตสาหกรรมอาหาร งานวิจัยด้านอากาศยาน งานวิจัยด้านการแพทย์ และงานวิจัยที่ต้องการสร้างองค์ความรู้ใหม่

มาตรฐานขั้นต่ำที่ควรมี 8 เครื่อง มีอยู่แล้ว 0 เครื่อง ใช้การได้ 0 เครื่อง ชำรุด 0 เครื่อง

ใช้สำหรับวิชาการระบบไมโครเวฟ วิศวกรรมสายอากาศ วิศวกรรมไมโครเวฟ วิศวกรรมสายส่ง วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ เครื่องรับ-ส่งวิทยุ ระบบโทรคมนาคม สนามแม่เหล็กไฟฟ้า งานเชิงประยุกต์ทางการเกษตรกรรม อุตสาหกรรมอาหาร

นักวิจัยเชิงประยุกต์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

หลักสูตร วศ.บ. วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม อส.บ. เทคโนโลยีโทรคมนาคม

ค.อ.บ. วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ปวส. อิเล็กทรอนิกส์ และ ปวส. อิเล็กทรอนิกส์สื่อสาร นักศึกษาทุก ๆ สาขาวิชาที่ต้องการสร้างงานวิจัยเชิงประยุกต์

จำนวนนักศึกษา 500 คน ความถี่ในการใช้งาน 40 ชั่วโมงต่อสัปดาห์

นักวิจัยเชิงรุกของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดเชียงใหม่

### 2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อจัดหาวัสดุ ครุภัณฑ์ให้เพียงพอสำหรับห้องปฏิบัติการโทรคมนาคม

2.2 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนการสอนและงานวิจัยทางด้านโทรคมนาคม

2.3 เพื่อให้สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคมมีจำนวนห้องปฏิบัติการมาตรฐานตามเกณฑ์การรับรอง

หลักสูตรของสภาวิศวกร



4.1.3 สามารถแสดงผลการวัดในรูปแบบ Log magnitude, Phase, group delay, SWR, real, imaginary, Smith chart, polar หรือมากกว่า

4.1.4 มีระบบการวัด S-Parameter

4.1.5 มี marker สำหรับอ่านค่าของเส้นกราฟ ได้ถึง 10 marker หรือมากกว่า

4.1.6 มีการกวาดสัญญาณ(Sweep) แบบ Linear, Log, power, CW, phase และ segment หรือมากกว่า

4.1.7 มีฟังก์ชันการคำนวณค่า Equation editor หรือ Math

4.1.8 มีซอฟต์แวร์เชื่อมต่อผ่านคอมพิวเตอร์เพื่อถ่ายโอนข้อมูลหน้าจอกการวัดค่า, ข้อมูลรูปสัญญาณ, ข้อมูลภาพและการถ่ายโอนข้อมูลไปที่ Matlab

4.1.9 บริษัทผู้ขายต้องเป็นตัวแทนจำหน่ายและมีหนังสือรับรองยืนยันเพื่อรองรับบริการหลังการขาย

## 4.2 ลักษณะทางเทคนิค

### 4.2.1 System Dynamic Range at Test Port (Typical)

- ย่านความถี่ 10 MHz ถึง 45 MHz : 94 dB หรือสูงกว่า
- ย่านความถี่ 12.5 GHz ถึง 13.51 GHz : 131 dB หรือสูงกว่า
- ย่านความถี่ 35 GHz ถึง 40 GHz : 116 dB หรือสูงกว่า
- ย่านความถี่ 40 GHz ถึง 43.5 GHz : 104 dB หรือสูงกว่า

### 4.2.2 Receiver Dynamic Range (Typical)

- ย่านความถี่ 10 MHz ถึง 45 MHz : 100 dB หรือสูงกว่า
- ย่านความถี่ 8.5 GHz ถึง 13.5 GHz : 129 dB หรือสูงกว่า
- ย่านความถี่ 20 GHz ถึง 35 GHz : 116 dB หรือสูงกว่า
- ย่านความถี่ 40 GHz ถึง 43.5 GHz : 105 dB หรือสูงกว่า

### 4.2.3 ความถี่

- ย่านความถี่ใช้งาน (Frequency Range) : 10 MHz ถึง 43 GHz หรือกว้างกว่า
- ความละเอียดของความถี่ (Frequency Resolution) : 1 Hz หรือดีกว่า
- ความแม่นยำของความถี่ (Frequency Accuracy) : +/- 1 ppm หรือดีกว่า

#### 4.2.4 Maximum Leveled Power (typical)

- ย่านความถี่ 10 MHz ถึง 45 MHz : 4 dBm หรือสูงกว่า
- ย่านความถี่ 8 GHz ถึง 12.5 GHz : 10 dBm หรือสูงกว่า
- ย่านความถี่ 20 GHz ถึง 40 GHz : 5 dBm หรือสูงกว่า
- ย่านความถี่ 40 GHz ถึง 43.5 GHz : 0 dBm หรือสูงกว่า

#### 4.2.5 Power Level Accuracy (typical)

- ย่านความถี่ 10 MHz ถึง 45 MHz : +/- 0.18 dB หรือดีกว่า
- ย่านความถี่ 500 MHz ถึง 10.5 GHz : +/- 0.07 dB หรือดีกว่า
- ย่านความถี่ 20 GHz ถึง 40 GHz : +/- 0.11 dB หรือดีกว่า
- ย่านความถี่ 40 GHz ถึง 43.5 GHz : +/- 0.14 dB หรือดีกว่า

#### 4.2.6 Power Sweep Range (typical)

- ย่านความถี่ 10 MHz ถึง 45 MHz : 31 dB หรือดีกว่า
- ย่านความถี่ 2 GHz ถึง 12.5 GHz : 37 dB หรือดีกว่า
- ย่านความถี่ 20 GHz ถึง 40 GHz : 32 dB หรือดีกว่า

#### 4.2.7 Power Resolution and Maximum/Minimum Settable Power

- Maximum Settable Power : 30 dBm หรือดีกว่า
- Minimum Settable Power : -30 dBm หรือดีกว่า

#### 4.2.8 Phase Noise (100 kHz Offset)

- ย่านความถี่ 10 MHz ถึง 50 MHz : -101 dBc/Hz หรือดีกว่า
- ย่านความถี่ 1 GHz ถึง 2 GHz : -102 dBc/Hz หรือดีกว่า
- ย่านความถี่ 4 GHz ถึง 8 GHz : -90 dBc/Hz หรือดีกว่า
- ย่านความถี่ 16 GHz ถึง 32 GHz : -78 dBc/Hz หรือดีกว่า

#### 4.2.9 Test Port Input Noise Floor @ 10 Hz IFBW

- ย่านความถี่ 10 MHz ถึง 45 MHz : -90 dBm (typical) หรือดีกว่า
- ย่านความถี่ 12.5 GHz ถึง 13.51 GHz : -122 dBm (typical) หรือดีกว่า
- ย่านความถี่ 20 GHz ถึง 40 GHz : -111 dBm (typical) หรือดีกว่า

#### 4.2.10 Damage Level Port 1,2

- RF : 30 dBm หรือดีกว่า
- DC : 40 VDC หรือดีกว่า

#### 4.2.11 System IF Bandwidth Range : 1 Hz ถึง 15 MHz, nominal หรือดีกว่า

#### 4.2.12 หัวต่อสำหรับใช้งาน (RF Connectors) : 2.4 mm, 50 ohm, (nominal) หรือ V(male)

#### 4.2.13 จอแสดงผล

- ขนาด : 10 นิ้ว หรือดีกว่า
- ความละเอียด : 1024 x 728 หรือดีกว่า

#### 4.2.14 ขั้วต่อด้านหลังเครื่อง : VGA Output, GPIB, LAN, USB 2.0, 10 MHz Ref input, Trigger

### 4.3 อุปกรณ์ประกอบเครื่อง

#### 4.3.1 ชุดสอบเทียบสำหรับ Vector Network Analyzer แบบ 2.92 mm หรือแบบ V Calibrations

- ที่รองรับการสอบเทียบ SOLT cal จำนวน 1 ชุด
- Torque wrench จำนวน 1 ตัว
- 2.92 mm Adapter จำนวน 3 ตัว
- ข้อมูล Cal coefficient ในรูป USB flash drive จำนวน 1 ชุด

#### 4.3.2 ออสซิลโลสโคปประกอบตัวอย่างการวัดเชิงเวลา จำนวน 1 เครื่อง

##### 4.3.2.1 รายละเอียดทั่วไป

- เป็นดิจิตอลสต่อเรจออสซิลโลสโคป ที่มีแบนด์วิธ 500 MHz หรือ มากกว่า
- สามารถวัดสัญญาณได้พร้อมกัน 2 ช่องสัญญาณ หรือมากกว่า
- จอแสดงผลแบบสัมผัสขนาด ขนาด 8.4 นิ้ว หรือใหญ่กว่า
- จอภาพมีความละเอียดจอภาพ 800x480 หรือมากกว่า

- มีฟังก์ชันการวัดค่าอัตโนมัติไม่น้อยกว่า 30 พารามิเตอร์
- มีอัตราประมวลผลรูปคลื่นไม่น้อยกว่า 900,000 waveform/sec
- มีฟังก์ชัน Search & Navigate สำหรับค้นหาสัญญาณที่ต้องการ
- มีหน้าจอแสดงผลแบบสัมผัส (Touch Screen)
- สามารถขยายแบนด์วิธ (bandwidth upgrade) ได้ในภายหลัง
- ฟังก์ชันคณิตศาสตร์ขั้นสูงคือ Transformer (Ax+B, Square, Logarithm, Exponential), Filter (low pass, High pass), magnify หรือมากกว่า
- มีตัวกำเนิดสัญญาณรูปขายนี สี่เหลี่ยม สามเหลี่ยม อยู่ภายในเครื่อง
- มีเมนูภาษาไทยแสดงบนตัวเครื่อง
- มีช่องต่อ USB 2.0 สำหรับด้านหน้าและด้านหลังเครื่องเพื่อการถ่ายโอนข้อมูล
- บริษัทผู้ขายต้องเป็นตัวแทนจำหน่ายหรือมีหนังสือรับรองยืนยันรับรองรับบริการหลังการขาย

#### 4.3.2.2 รายละเอียดทางด้านเทคนิค

- แแกนตั้ง
 

|                             |                                   |
|-----------------------------|-----------------------------------|
| ย่านการแสดงผล               | : 1 mV/DIV ถึง 5 V/DIV หรือดีกว่า |
| ความแม่นยำ DC Vertical Gain | : +2% full scale                  |
| อินพุตอิมพีแดนซ์            | : 1 Mohm และ 50 ohm               |
| แรงดันป้อนเข้าสูงสุด        | : 300Vrms, 400Vpeak หรือดีกว่า    |
- แแกนนอน
 

|               |   |
|---------------|---|
| ย่านการแสดงผล | : 2ns/div ถึง 50 s/div หรือกว้างกว่า      |
| โหมด          | : Main, zoom, roll, XY                    |
| ความแม่นยำ    | : $\pm 1.6$ ppm + aging factor หรือดีกว่า |
- Trigger System
 

|               |   |
|---------------|---|
| Hold-off Time | : 50 ns ถึง 10.0s หรือกว้างกว่า               |
| Coupling      | : HF, LF, AC, DC, noise reject                |
| Mode          | : Auto, Normal (triggered), single            |
|               | : Edge, Runt, setup and hold, zone qualifier, |

edge bust

- Acquisition
  - อัตราการสุ่มค่า : 2.5 GSa/sec ต่อช่องสัญญาณ
  - หน่วยความจำสูงสุด : 4 Mpts
  - โหมตความละเอียดสูง : 12 bits
  
- ฟังก์ชันการวัดค่า
  - แรงดัน : Peak, max, min, average, amplitude, overshoot, RMS
  - เวลา : Frequency, period, width, phase และ duty cycle
  
- คณิตศาสตร์ : บวก, ลบ, คูณ, FFT, differentiate, integrate
  
- ฟังก์ชัน FFT (Fast Fourier Transform)
  - จำนวนจุด : 64 kpoints หรือดีกว่า
  - FFT Window : Ractangular, flattop, hanning

#### 4.3.3 เครื่องวัดค่า LCR สำหรับประกอบการทดลองรวม Network Analyzer จำนวน 1 เครื่อง

##### 4.3.3.1 คุณสมบัติโดยทั่วไป

- เป็นเครื่องมือตรวจวัดค่าความต้านทาน, ความเหนี่ยวนำ และค่าตัวเก็บประจุ
- สามารถวัดค่าพารามิเตอร์ดังต่อไปนี้ได้
- Cp-D, Cp-Q, Cp-G, Cp-Rp
- Cs-D, Cs-Q, Cs-Rs
- Lp-D, Lp-Q, Lp-G, Lp-Rp
- Ls-D, Ls-Q, Ls-Rs
- R-X
- $Z-\theta_d$ ,  $Z-\theta_r$
- G-B
- $Y-\theta_d$ ,  $Y-\theta_r$ ,

- Vdc
- สามารถวัดค่าได้ในช่วงความถี่ ตั้งแต่ 20 Hz ถึง 300 KHz หรือดีกว่า
- สามารถ SAVE/RECALL ค่าการวัดได้ไม่น้อยกว่า 10 ค่า ในตัวเครื่อง
- สามารถบันทึกผลการวัดลงบน USB Flash Drive ได้โดยตรงด้านหน้าเครื่อง
- สามารถเชื่อมต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ได้โดยผ่านพอร์ต USB, LAN หรือมากกว่า
- ผู้เสนอราคาจะต้องเป็นตัวแทนจำหน่าย จากบริษัทฯ ผู้ผลิตหรือตัวแทนจำหน่าย ภายในประเทศ เพื่อรองรับบริการหลังการขาย โดยมีเอกสารรับรองมายืนยัน

#### 4.3.3.2 คุณสมบัติทางเทคนิค

- ย่าน Trigger Delay Time : 0 S ถึง 999 S หรือดีกว่า
- ความละเอียดสูงสุด Trigger Delay Time: 100  $\mu$ s หรือดีกว่า
- หมวดของช่วงเวลาที่ทำการวัด : Short, Medium, Long
- ย่าน Averaging : 1 ถึง 256 measurements หรือกว้างกว่า
- ย่านความถี่ทดสอบ : 20 Hz ถึง 300 KHz หรือกว้างกว่า
- ความถูกต้องในการวัด (Measurement Accuracy) : 0.01% หรือดีกว่า
- ความละเอียดสูงสุดของความถี่ทดสอบ : 0.01 Hz หรือดีกว่า
- ย่านวัดค่าพารามิเตอร์ (Measurement Range) ดังต่อไปนี้ หรือดีกว่า
  - Cs, Cp :  $\pm 1.000000$  aF to 999.9999 EF
  - Ls, Lp :  $\pm 1.000000$  aH to 999.9999 EH
  - D :  $\pm 0.000001$  to 9.999999
  - Q :  $\pm 0.01$  to 99999.99
  - R, Rs, Rp, X, Z, Rdc :  $\pm 1.000000$  a $\Omega$  to 999.9999 E $\Omega$
  - G, B, Y :  $\pm 1.000000$  aS to 999.9999 ES
  - Vdc :  $\pm 1.000000$  aV to 999.9999 EV
  - Idc :  $\pm 1.000000$  aA to 999.9999 EA
  - $\theta_r$  :  $\pm 1.000000$  arad to 3.141593 rad
  - $\theta_d$  :  $\pm 0.0001$  deg to 180.0000 deg
  - $\Delta\%$  :  $\pm 0.0001$  % to 999.9999 %



; เมื่อ a คือ  $1 \times 10^{-18}$ , E คือ  $1 \times 10^{18}$

- ย่านแรงดันไบแอสกระแสตรง : 0 ถึง 2 V หรือดีกว่า
- ความแม่นยำแรงดันไบแอสกระแสตรงสูงสุด : 0.1% + 2 mV หรือดีกว่า
- มีจำนวนจุดในการกวาดสัญญาณ : 200 จุดหรือมากกว่า

4.3.4 ชุดโพรบพร้อมโปรแกรมวัดและวิเคราะห์ค่าไดอิเล็กตริกสำหรับประกอบการทดลองร่วมกับ Network Analyzer จำนวน 1 เครื่อง

- ย่านความถี่การใช้งาน 200 MHz ถึง 20 GHz
- หัวโพรบสามารถทนอุณหภูมิ -30 องศา ถึง 200 องศา หรือดีกว่า
- หัวโพรบสามารถวัดวัสดุทดสอบได้ทั้งแบบ ของเหลวและของแข็ง
- ซอฟต์แวร์สามารถแสดงผลเป็นกราฟและตัวเลขได้
- ซอฟต์แวร์มีลิขสิทธิ์และอุปกรณ์ทุกตัวสามารถใช้งานร่วมกันได้เป็นอย่างดี โดยเป็นผลิตภัณฑ์เดียวกันเพื่อความเข้ากันได้

4.3.5 สายนำสัญญาณหัวต่อแบบ 2.4 mm – 2.92 mm ยาว 3 ฟุต จำนวน 2 เส้น

4.3.6 ซอฟต์แวร์จำลองการทำงาน S-parameter, transmission line, หรือมากกว่า จำนวน 1 ชุด

4.3.7 Log Periodic Antenna 80 - 200 MHz เพื่อประกอบการทดลองร่วมกับ Network Analyzer จำนวน 1 ชุด

#### 4.4 อื่นๆ

4.4.1 มีอบรมการใช้งานเครื่องอย่างน้อย 1 วัน

4.4.2 มีการรับประกันสินค้าอย่างน้อย 1 ปี

4.4.3 เอกสารอบรมการใช้งานเครื่อง จำนวน 2 ชุด

### 5. ระยะเวลาดำเนินการ

ภายใน 120 วัน นับถัดจากลงนามในสัญญา

6. ระยะเวลาส่งมอบของหรืองาน

งวดเดียว ภายใน 120 วัน

7. งบประมาณในการจัดหา

เงินงบประมาณโครงการ 4,600,000.00 บาท (สี่ล้านหกแสนบาทถ้วน)

ราคากลาง 4,600,000.00 บาท (สี่ล้านหกแสนบาทถ้วน)

8. สถานที่ติดต่อเพื่อขอทราบข้อมูลเพิ่มเติมและส่งข้อเสนอแนะ วิจารณ์ หรือแสดงความคิดเห็น

สามารถส่งข้อคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะ วิจารณ์เกี่ยวกับร่างขอบเขตของงานได้ที่

สถานที่ติดต่อ งานพัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

เลขที่ 128 ถนนห้วยแก้ว ตำบลช้างเผือก อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50300

โทรศัพท์ 0-5392-1444 ต่อ 1321


โทรสาร 0-5392-1444 ต่อ 1321

เว็บไซต์ <http://www.rmutl.ac.th>


E-Mail pasadu@rmutl.ac.th

สาธารณชนที่ต้องการเสนอแนะ วิจารณ์ หรือมีความเห็น ต้องเปิดเผยชื่อและที่อยู่ของผู้ให้ข้อเสนอแนะ วิจารณ์ หรือมีความเห็นด้วย

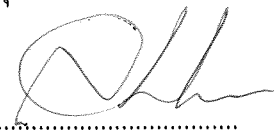
คณะกรรมการร่างขอบเขตของงาน

(ลงชื่อ) .....  


( นายเอกทัศน์ พงกขารธรณ )

(ลงชื่อ) .....  


( นายศุภกิต แก้วดวงตา )

(ลงชื่อ) .....  


( นายสาคร ปินตา )