

คู่มือการสอบเทียบเครื่องกำเนิดสัญญาณเสียง
อ้างอิง โดยใช้เทคนิค Insert Voltage
(Calibration Guideline for Sound
Calibrator by using insert voltage
technique)

คำนำ

คู่มือการสอบเทียบเครื่องกำเนิดสัญญาณเสียงอ้างอิง (Calibration Guideline for Sound Calibrator) ฉบับนี้ถูกจัดทำขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้การสอบเทียบเครื่องกำเนิดสัญญาณเสียงอ้างอิง ของห้องปฏิบัติการภายในประเทศ ใช้วิธีการสอบเทียบที่สอดคล้องกันเป็นไปตามมาตรฐานสากล และสามารถเปรียบเทียบผลการวัดได้ ก่อให้เกิดความเป็นเอกภาพในการให้บริการสอบเทียบเครื่องมือดังกล่าวภายในประเทศ วิธีการสอบเทียบเครื่องกำเนิดสัญญาณเสียงอ้างอิงในคู่มือฉบับนี้กล่าวถึงวิธีการติดตั้งอุปกรณ์ วิธีการ และขั้นตอน การวัดค่าความถี่ (Frequency) ค่าระดับความดันเสียง (Sound pressure level) และค่า Total Harmonics Distortion ตลอดจนวิธีการคำนวณค่าความไม่แน่นอนของการวัด อ้างอิงวิธีการสอบเทียบตามมาตรฐาน IEC 60942 (2003) - Annex B : Periodic Test โดยใช้เทคนิค Insert Voltage

คณะทำงานจัดทำคู่มือการสอบเทียบฯ

23 กรกฎาคม พ.ศ. 2558

สารบัญ

สารบัญรูป	3
สารบัญตาราง	4
ขอบเขต	5
มาตรฐานอ้างอิงที่ใช้ในการวัด	5
สภาวะของสิ่งแวดล้อมอ้างอิง(Reference environmental conditions)	5
สภาวะแวดล้อมขณะทำการวัด(Ambient Environment)	5
ขั้นตอนก่อนการสอบเทียบ (Preliminary Operations)	5
ขั้นตอนการสอบเทียบ(Calibration procedure)	6
• การวัดระดับความดันเสียง (Sound pressure level)	6
• การวัดความถี่ (Frequency)	11
• การวัด Total Distortion	14
การคำนวณค่าความไม่แน่นอน (Uncertainty estimation)	15
ภาคผนวก	22
• ใบรับรองผลการสอบเทียบ	22
• การรายงานผลการสอบเทียบ	22
• รายชื่อคณะทำงาน	26

สารบัญรูป

รูปที่ 1 แสดงการต่อเครื่องมือที่ใช้ในป้อนสัญญาณไฟฟ้า (INSERT VOLTAGE)	7
รูปที่ 2 แสดงการสวมไมโครโฟนเข้าไปใน COUPLER ของเครื่อง SOUND CALIBRATOR	7
รูปที่ 3 แสดงการต่อเครื่องมือที่ใช้ในการหาค่า VOLTAGE REFERENCE	9
รูปที่ 4 แสดงการต่อเครื่องมือที่ใช้ในการวัดระดับเสียงที่จ่ายออกจาก SOUND CALIBRATOR	10
รูปที่ 5 แสดงการต่อเครื่องมือที่ใช้ในการวัดความถี่	12
รูปที่ 6 แสดงการต่อเครื่องมือที่ใช้ในการวัด TOTAL HARMONIC DISTORTION	14

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1	ค่า TOLERANCE LIMIT ของการค่าระดับความดันเสียง (SOUND PRESSURE LEVEL)	11
ตารางที่ 2	ค่า TOLERANCE LIMIT ของการความถี่เสียง (SOUND FREQUENCY)	13
ตารางที่ 3	ค่า TOLERANCE LIMIT ของ TOTAL DISTORTION	15
ตารางที่ 4	ค่าความไม่แน่นอนสูงสุดที่ยอมรับได้ สำหรับการวัดค่าระดับความดันเสียง (MAXIMUM PERMITTED EXPANDED UNCERTAINTY OF MEASUREMENT FOR SOUND PRESSURE LEVEL)	18
ตารางที่ 5	ค่าความไม่แน่นอนสูงสุดที่ยอมรับได้ สำหรับการวัดค่าความถี่เสียง	20
ตารางที่ 6	ค่าความไม่แน่นอนสูงสุดที่ยอมรับได้ สำหรับการวัดค่า DISTORTION (MAXIMUM PERMITTED EXPANDED UNCERTAINTY OF MEASUREMENT FOR TOTAL DISTORTION)	21

1. ขอบเขต

คู่มือการสอบเทียบฉบับนี้ เป็นคู่มือสำหรับการสอบเทียบเครื่องกำเนิดสัญญาณเสียงอ้างอิง (sound calibrator) วิธีการตามมาตรฐาน IEC 60942 (2003) - Annex B : Periodic Test โดยใช้เทคนิค Insert Voltage หัวข้อในการสอบเทียบประกอบไปด้วย 3 พารามิเตอร์ คือ ระดับความดันเสียง (Sound pressure level) ความถี่เสียง (Frequency) และ Total harmonic distortion (THD)

2. มาตรฐานอ้างอิง

- IEC 60942 (2003) Electroacoustics- Sound calibrators
- IEC 61094-1 Specifications for laboratory standard microphones
- IEC 61094-4 Specifications for working standard microphones

3. สภาวะแวดล้อมอ้างอิง (Reference environmental conditions) ได้แก่

- อุณหภูมิ (Temperature) 23 °C
- ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity) 50 %Rh
- ความดันบรรยากาศ (Static Pressure) 101.325 kPa

4. สภาวะแวดล้อมสำหรับการวัด (Measurement ambient condition) ควรอยู่ภายใต้สภาวะดังต่อไปนี้

- อุณหภูมิ (Temperature) 20 °C ถึง 26 °C
- ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity) 25 %Rh ถึง 70 %Rh
- ความดันบรรยากาศ (Ambient Pressure) 80 kPa ถึง 105 kPa

5. ขั้นตอนก่อนการสอบเทียบ (Preliminary Operations)

- 5.1 ตรวจสอบสภาพทางกายภาพของเครื่อง ต้องอยู่ในสภาพปกติ ไม่แตกหัก
- 5.2 นำเครื่อง Sound calibrator ที่ต้องการสอบเทียบ (Unit Under Calibration: UUC) มาไว้ในห้องสอบเทียบ (Calibration Room) ก่อนทำการสอบเทียบอย่างน้อย 2 ชั่วโมง
- 5.3 เตรียมชุดเครื่องมือมาตรฐาน ที่ใช้ในการสอบเทียบ เปิดสวิตช์เพื่ออุ่นเครื่อง (warm up) อย่างน้อย 2 ชั่วโมงหรือตามที่ระบุในคู่มือการใช้งาน
- 5.4 ตรวจสอบสภาวะแวดล้อมและบันทึกค่าที่อ่านได้ลงในบันทึกผลการสอบเทียบ(calibration record) การสอบเทียบสามารถเริ่มกระบวนการได้เมื่อสภาวะแวดล้อม (ambient condition) อยู่ภายใต้สภาวะแวดล้อมสำหรับการวัดดังที่ระบุไว้ในหัวข้อ 4
- 5.5 ควรเปลี่ยนถ่านอัลคาไลน์ (Alkaline Batteries) ใหม่ให้กับเครื่อง UUC

5.6 ทำการสะอาดบริเวณช่องจ่ายสัญญาณเสียง (Coupler) โดยใช้ลมเบาๆเป่าไล่ฝุ่น และใช้ก้านสำลีทำความสะอาดบริเวณปารับ Microphone

6. ขั้นตอนการสอบเทียบ

6.1 การวัดระดับความดันเสียง (Sound pressure level)

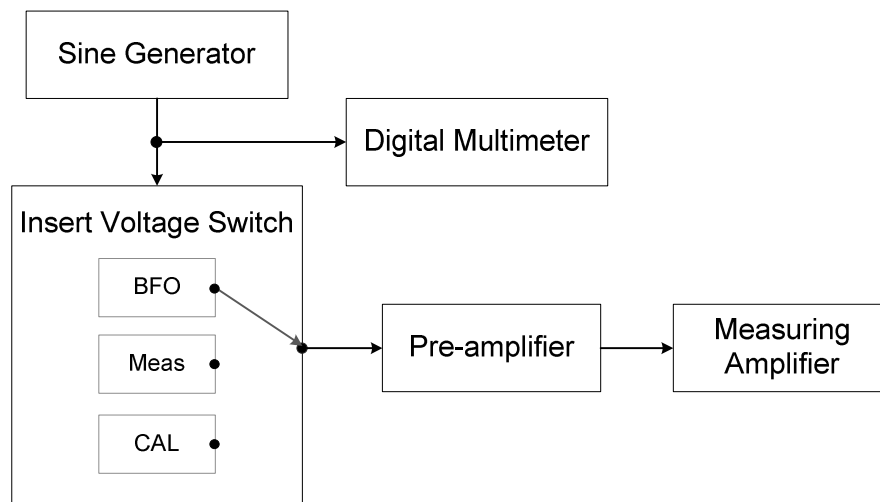
เป็นการวัดหาค่าระดับความดันเสียงของ Sound calibrator โดยใช้เทคนิค insert voltage หลักการคือการจำลองสัญญาณไฟฟ้าเอาต์พุตของ Standard Microphone ที่มีค่าสมมูลกับเอาต์พุตของ Standard Microphone ในขณะที่มีเสียงตกกระทบที่ Microphone ด้วยระดับความดันเสียงที่จะทำการสอบเทียบ (Nominal Sound Pressure Level) ระดับสัญญาณไฟฟ้าเอาต์พุตที่จำลองขึ้นจะถูกป้อนเข้าทางอินพุตของ preamplifier สัญญาณนี้จะถูกใช้เป็นสัญญาณอ้างอิงในการเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้จากเสียงที่จ่ายออกจากเครื่อง Sound calibrator

ขั้นตอนการสอบเทียบจะแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ 1) insert voltage 2) set reference และ 3) sound pressure level measurement

อุปกรณ์

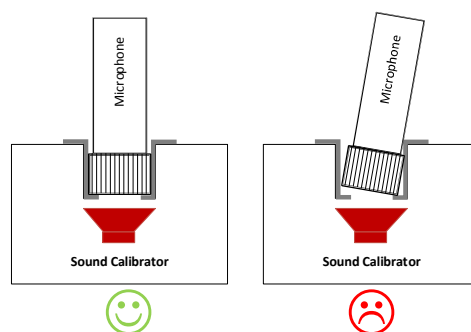
- Sine Generator
- Measuring Amplifier
- Digital Multimeter
- Barometer
- Condenser Microphone ชนิด LS Microphone ใช้สำหรับในกรณีที่สอบเทียบ Sound Calibrator ที่มีระดับความถูกต้อง Class LS และ ไมโครโฟน ชนิด WS microphone ใช้สำหรับในกรณีที่สอบเทียบ Sound Calibrator ที่มีระดับความถูกต้อง Class 1 และ Class 2 ขนาดของไมโครโฟนขึ้นกับขนาดของ Coupler
- Microphone preamplifier เป็นชนิดที่ใช้กับ Insert voltage technique
- Temperature sensor
- Insert Voltage Junction Unit (อุปกรณ์ช่วยในการ Insert สัญญาณเข้าไปยัง Pre-amplifier โดยไม่ต้องถอดไมโครโฟน)
- สาย BNC
- Attenuator (สำหรับใช้ในกรณีที่ Sine generator ไม่สามารถลดระดับสัญญาณลงในระดับที่ต้องการได้)

ขั้นตอนที่ 1 Insert voltage



รูปที่ 1 แสดงการต่อเครื่องมือที่ใช้ในป้อนสัญญาณไฟฟ้า (Insert Voltage)

1. นำ Standard Microphone มาติดตั้งเข้ากับ Preamplifier
2. ต่อสาย Preamplifier เข้ากับ Insert Voltage Junction Unit
3. สวม Insert voltage junction unit เข้าไปยัง Preamp Input ของเครื่อง Measuring Amplifier
4. ต่อเครื่องมือ ตามรูปที่ 1 โดยการต่อ output ของ Sine Generator เข้าที่ขั้ว BFO ของ Insert Voltage Junction และต่อขนาบเข้ากับ Input ของเครื่อง Digital Multimeter เพื่อวัดสัญญาณไฟฟ้าที่ insert เข้าไปยัง Pre-amplifier
5. สวม Microphone เข้าไปใน coupler ของ Sound Calibrator อย่างเบามือและระมัดระวังไม่ให้ไมโครโฟนได้รับการกระทบกระเทือน เพราะอาจเกิดความเสียหายต่อ microphone ได้ และการติดตั้งไมโครโฟน ควรอยู่ในตำแหน่งตามที่ระบุในคู่มือการใช้งานของเครื่อง Sound Calibrator ในการสวม Microphone จะต้องแน่ใจว่าไมโครโฟนแนบสนิทกับบารับของ Sound Calibrator



รูปที่ 2 แสดงการสวมไมโครโฟนเข้าไปใน Coupler ของเครื่อง Sound calibrator

6. ปรับตั้งเครื่องมือดังนี้

- Digital Multimeter ;
Function : ACV
Range : ที่เหมาะสมกับสัญญาณที่ทำการวัด
- Measuring Amplifier ;
Input Selection Gain : ให้เหมาะสมกับระดับความดันเสียงของ Sound calibrator ที่ทำการสอบเทียบ
- Insert voltage Junction : สวิตช์ที่ตำแหน่ง BFO
- Sine Generator ;
Signal output : Sine wave
Frequency : ที่ได้จากการวัดในหัวข้อการวัด Frequency
Amplitude : เท่ากับค่า insert voltage ที่ได้จากการคำนวณสมการ (1)

7. คำนวณค่า Insert Voltage จาก สมการ

$$V_{ins} = 10^{\left(\frac{M_{ref} + P_{corr} + T_{corr} + SPL_{corr}}{20} \right)} \text{-----(1)}$$

- เมื่อ V_{ins} = Insert Voltage
 M_{ref} = Microphone sensitivity (dB) (ค่าได้มาจาก Calibration certificate ของไมโครโฟน)
 P_{corr} = Microphone pressure correction

- Microphone pressure correction ; P_{corr}

$$P_{corr} = (P - 101.325 \text{ kPa}) \times P_{coef} \text{ (dB/kPa)}$$

- เมื่อ P = Ambient pressure (kPa) ขณะทำการวัด
 P_{coef} = Pressure coefficient (dB/kPa) (ค่าหาได้จาก Calibration certificate)

- Microphone temperature correction ; T_{corr}

$$T_{corr} = (T - 23 \text{ }^{\circ}\text{C}) \times T_{coef} \text{ (dB/}^{\circ}\text{C)}$$

- เมื่อ T = Ambient temperature ($^{\circ}\text{C}$) ขณะทำการวัด
 T_{coef} = Temperature coefficient (dB/ $^{\circ}\text{C}$) (ค่าหาได้จาก Calibration certificate)

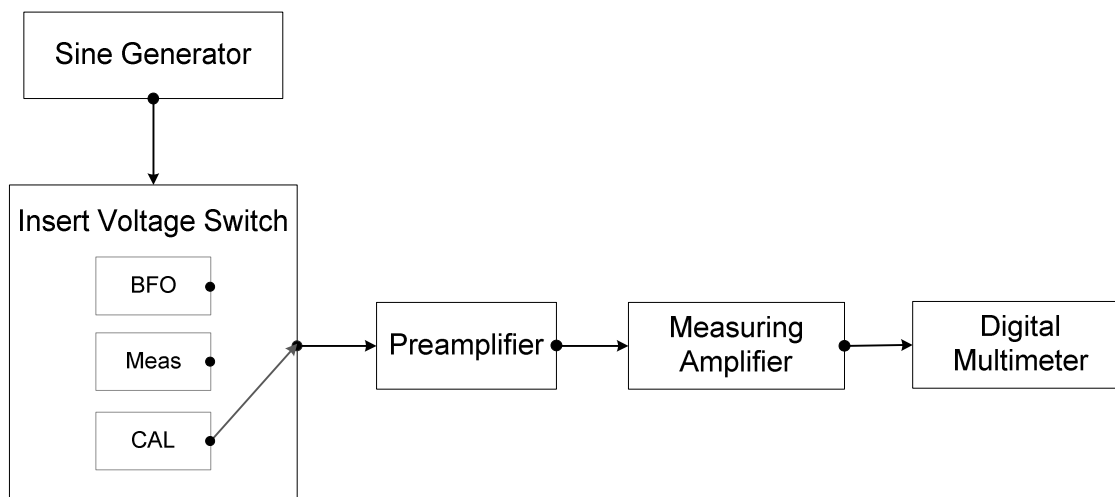
- Sound Pressure Level correction ; SPL_{cor}

$$SPL_{corr} = SPL - 94 + 0.021$$

- เมื่อ SPL = ระดับความดันเสียงของ Sound calibrator (หาได้จากบนตัวเครื่องหรือในคู่มือ)
 0.021 = ค่าแก้ (correction) เนื่องจากค่า sensitivity ของ Microphone อ้างอิงที่ 1V/1Pa

8. ปรับค่า Amplitude ของ Function Generator จะกระทั่ง Voltage Output ที่อ่านค่าจาก Digital Multimeter มีค่าเท่ากับค่า Insert Voltage ที่คำนวณได้ตามสมการที่ 1 หรือใกล้เคียงมากที่สุดบันทึก
9. ค่า Voltage ที่แสดงบน Digital Multimeter

ขั้นตอนที่ 2 Set reference

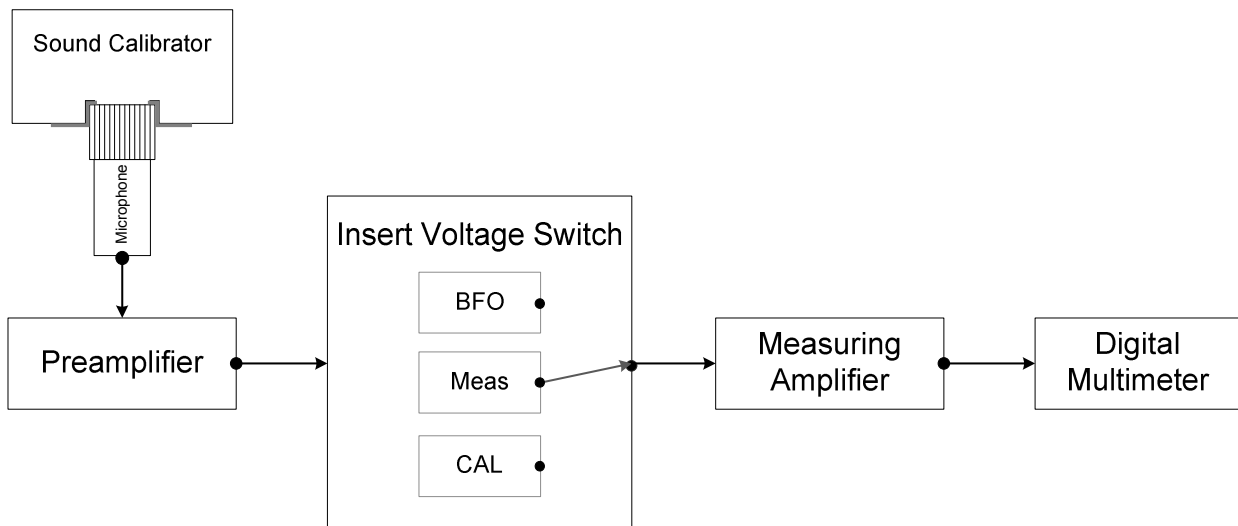


รูปที่ 3 แสดงการต่อเครื่องมือที่ใช้ในการหาค่า Voltage Reference

1. ต่อเครื่องมือดัง รูปที่ 3
2. ปรับตั้ง Insert voltage Junction : CAL
3. บันทึกค่า Voltage ที่แสดงบน Digital Multimeter เรียก Voltage นี้ว่า Reference Voltage

ขั้นตอนที่ 3 Sound Pressure Level Measurement

1. ต่อเครื่องมือดังรูปที่ รูปที่ 4
2. ปรับตั้ง Insert voltage Junction : Meas
3. Sine Generator กดปุ่ม Output : OFF



รูปที่ 4 แสดงการต่อเครื่องมือที่ใช้ในการวัดระดับเสียงที่จ่ายออกจาก sound calibrator

4. เปิดเครื่อง Sound Calibrator (UUC) ทิ้งไว้ประมาณ 20 วินาที หรือตามคู่มือกำหนดไว้
5. บันทึกค่า Voltage ที่แสดงบน Digital Multimeter โดยทำการเฉลี่ยค่าอย่างน้อย 10 ค่า ตลอดช่วงเวลา 20 วินาที
6. คำนวณหาค่า Sound Pressure Level จากสมการดังนี้

- สำหรับ Pistonphone

$$SPL_{UUC} = SPL_{nominal} + \left(20 \times \log \left(\frac{V_{uuc}}{V_{ref}} \right) \right) - \left(20 \times \log \left(\frac{P}{P_{ref}} \right) \right) - V_L$$

- สำหรับ Sound Calibrator

$$SPL_{UUC} = SPL_{nominal} + \left(20 \times \log \left(\frac{V_{uuc}}{V_{ref}} \right) \right) - V_L$$

โดยที่ $SPL_{nominal}$ = ระดับความดันเสียงที่ระบุไว้บนตัวเครื่อง UUC
 V_{uuc} = ค่าเฉลี่ยของ Voltage ที่วัดได้จากขั้นตอนที่ 3 หัวข้อที่ 5
 V_{ref} = ค่า Reference voltage ที่วัดได้จากขั้นตอนที่ 2 หัวข้อที่ 4
 P = ระดับความดันบรรยากาศขณะที่ทำการสอบเทียบ (kPa)
 P_{ref} = ระดับความดันบรรยากาศอ้างอิงมีค่าเท่ากับ 101.325 kPa
 V_L = ค่า Load volume correction หาได้จากคู่มือ ในกรณีที่ค่า correction ไม่สามารถหาได้ ให้ระบุไว้ในรายงานผลการสอบเทียบ

7. ปรับตั้งเครื่องมือ Measurement Amplifier
 Input Selection Gain : MAX
8. ปิดเครื่อง Sound calibrator
9. ถอดอุปกรณ์ยึดไมโครโฟน ถอด Microphone ออกจาก Sound Calibrator อย่างระมัดระวัง

10. สวม Microphone เข้าไปใน coupler ของเครื่อง sound calibrator โดยไม่ให้ตำแหน่งของ ไมโครโฟน อยู่ที่ตำแหน่งเดิม
11. วัดซ้ำโดยเริ่มต้นใหม่ตั้งแต่ขั้นตอนที่ 1 ถึง ขั้นตอนที่ 3 โดยจะต้องทำการวัดซ้ำอย่างน้อย 3 ครั้ง
12. นำผลการวัดซ้ำทั้งหมด มาหาค่าเฉลี่ย
13. การรายงานผลการสอบเทียบ เป็นการรายงานค่าความแตกต่างระหว่างค่าระดับเสียงที่ระบุไว้ specification (Principal sound pressure level) กับค่าที่วัดได้ แล้วใส่ Absolute ค่าความแตกต่าง จะต้องไม่เกิน ค่าที่ระบุไว้ใน ตารางที่ 1

$$SPL_{report} = |SPL_{nom} - SPL_{meas}|$$

โดยที่ SPL_{report} : ระดับความดันเสียงที่รายงานบน Certificate มีหน่วยเป็น dB
 SPL_{nom} : ระดับความดันเสียงที่ระบุไว้บนเครื่อง (Specification) มีหน่วยเป็น dB
 SPL_{meas} : ระดับความดันเสียงเฉลี่ยที่ได้จากการวัดซ้ำ มีหน่วยเป็น dB

ตารางที่ 1 ค่า Tolerance limit ของการค่าระดับความดันเสียง (Sound pressure level)

Range of nominal Frequency(Hz)	Sound pressure level tolerance limits (dB)		
	Class LS	Class 1	Class 2
31.5 to < 160	-	0.50	-
160 to 1 250	0.20	0.40	0.75
> 1 250 to 4 000	-	0.60	-
> 4 000 to 8 000	-	0.80	-
>8 000 to 16 000	-	1.00	-

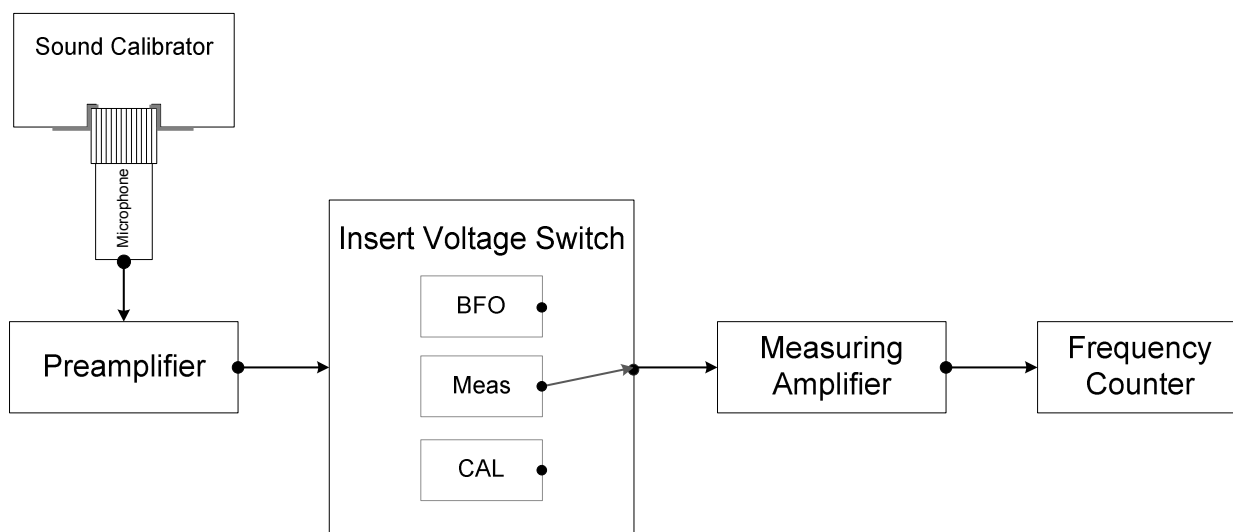
6.2 การวัดความถี่ (Frequency)

เป็นการวัดหาค่าความถี่ความเสียงของ Sound calibrator ที่จ่ายออกมา ทำได้โดยใช้วิธีการ direct measurement

อุปกรณ์

- Measuring Amplifier
- Digital Multimeter
- Barometer

- Condenser Microphone ชนิด LS Microphone ใช้สำหรับในกรณีทดสอบเทียบ Sound Calibrator ที่มีระดับความถูกต้อง Class LS และ ชนิด WS microphone ใช้สำหรับในกรณีทดสอบเทียบ Sound Calibrator ที่มีระดับความถูกต้อง Class 1 และ Class 2
- Microphone preamplifier เป็นชนิดที่ใช้กับ Insert voltage technique
- Temperature sensor
- Insert Voltage Junction Unit
- Frequency counter
- สาย BNC



รูปที่ 5 แสดงการต่อเครื่องมือที่ใช้ในการวัดความถี่

วิธีการ

1. ต่อเครื่องมือดังรูปที่ 5
2. นำ Standard Microphone มาติดตั้งเข้ากับ Preamplifier
3. ต่อสาย Preamplifier เข้ากับ Insert Voltage Junction Unit
4. สวม Insert voltage junction unit เข้าไปยัง Preamp Input ของเครื่อง Measuring Amplifier
5. ปรับตั้ง Insert voltage Junction : Meas
6. สวม Microphone เข้าไปใน coupler ของ Sound Calibrator อย่างเบามือและระมัดระวังไม่ให้ไมโครโฟนได้รับการกระทบกระเทือน เพราะอาจเกิดความเสียหายต่อ microphone ได้ และการติดตั้งไมโครโฟน ควรอยู่ในตำแหน่งตามที่ระบุในคู่มือการใช้งานของเครื่อง Sound Calibrator ในการ

สวม Microphone จะต้องแน่ใจว่าไมโครโฟนแนบสนิทกับบารับของ Sound Calibrator ดังแสดงในรูปที่ 2

7. เปิดเครื่อง Sound Calibrator (UUC) รอจนกระทั่งระดับความดันเสียงเข้าสู่ภาวะเสถียร (ทิ้งไว้ประมาณ 20 วินาที หรือตามคู่มือกำหนดไว้)
8. ปรับตั้งเครื่องมือ Measurement Amplifier ;
Input Selection Gain : ให้เหมาะสมกับระดับเสียงที่ทำการวัด
9. บันทึกค่าความถี่ ที่แสดงบน Frequency Counter โดยทำการเฉลี่ยค่าอย่างน้อย 10 ค่า ตลอดช่วงเวลา 20 วินาที
10. นำผลการวัด 10 ค่า มาหาค่าเฉลี่ยเป็น ผลการวัดของการวัดครั้งที่ 1
11. ปรับตั้งเครื่องมือ Measurement Amplifier ;
Input Selection Gain : MAX
12. ปิดเครื่อง Sound calibrator
13. ถอดอุปกรณ์ยึดไมโครโฟน ถอด Microphone ออกจาก Sound Calibrator อย่างระมัดระวัง
14. สวม Microphone เข้าไปใน coupler ของเครื่อง sound calibrator โดยไม่ให้ตำแหน่งของไมโครโฟนอยู่ที่ตำแหน่งเดิม
15. วัดซ้ำโดยเริ่มต้นใหม่ทั้งหมด ทำการวัดซ้ำอย่างน้อยทั้งหมด 3 ครั้ง
16. นำผลการวัดของการวัดแต่ละครั้งที่ทำการวัดซ้ำ มาหาค่าเฉลี่ย
17. การรายงานผลการสอบเทียบจะต้องรายงานเป็นค่าความแตกต่างระหว่างความถี่ที่ระบุไว้บนตัวเครื่อง กับค่าที่วัดได้ โดยเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์แล้วใส่ Absolute ค่าความแตกต่างจะต้องไม่เกิน ค่าที่ระบุไว้ในตารางที่ 2

$$\text{Freq}_{\text{report}} = \left| \text{Freq}_{\text{nom}} - \text{Freq}_{\text{meas}} \right| \times \frac{100}{\text{Freq}_{\text{nom}}}$$

- โดยที่ $\text{Freq}_{\text{report}}$: ระดับความถี่ที่ รายงานบน Certificate มีหน่วยเป็น %
 Freq_{nom} : ระดับความถี่ที่ระบุไว้บนเครื่อง (Specification) มีหน่วยเป็น Hz
 $\text{Freq}_{\text{meas}}$: ระดับความถี่เฉลี่ยที่ได้จากการวัดซ้ำ มีหน่วยเป็น Hz

ตารางที่ 2 ค่า Tolerance limit ของการความถี่เสียง (Sound frequency)

Frequency tolerance limits (%)		
Class LS	Class 1	Class 2
1.0	1.0	2.0

6.3 การวัด Total Distortion

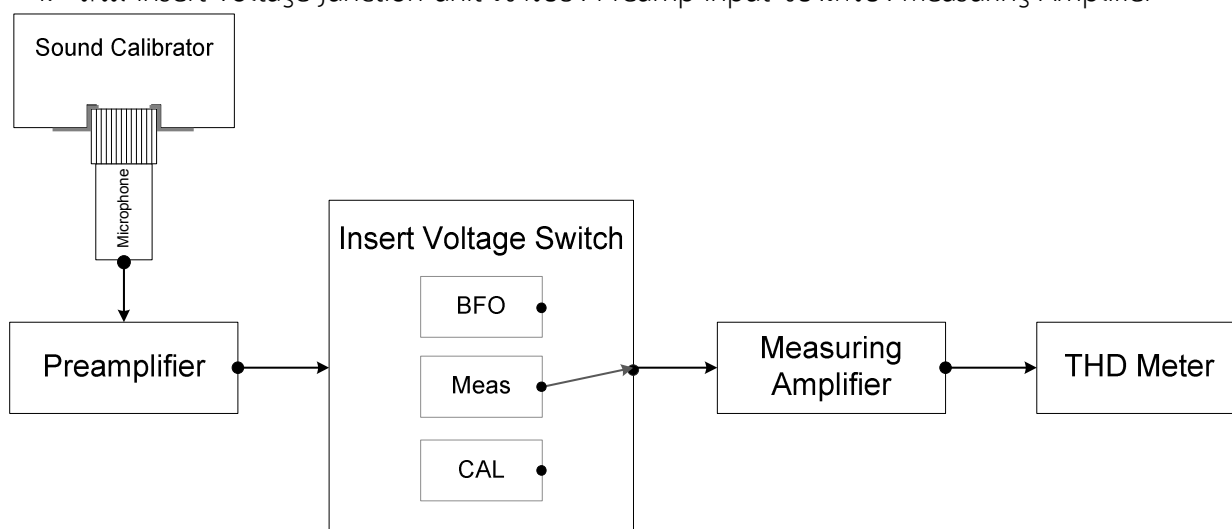
เป็นการวัดหาอัตราส่วนระหว่างขนาดสัญญาณของความถี่ที่สนใจกับขนาดสัญญาณของความถี่รวมทั้งหมดที่เครื่อง Sound calibrator จ่ายออกมา ทำได้โดยใช้วิธีการ direct measurement

อุปกรณ์

- Measuring Amplifier
- Digital Multimeter
- Barometer
- Condenser Microphone ชนิด LS Microphone ใช้สำหรับในกรณีทดสอบเทียบ Sound Calibrator ที่มีระดับความถูกต้อง Class LS และ ชนิด WS microphone ใช้สำหรับในกรณีทดสอบเทียบ Sound Calibrator ที่มีระดับความถูกต้อง Class 1 และ Class 2
- Microphone preamplifier เป็นชนิดที่ใช้กับ Insert voltage technique
- Temperature sensor
- Insert Voltage Junction Unit
- Distortion Meter สำหรับวัด THD+N
- สาย BNC

วิธีการ

1. ต่อเครื่องมือดังรูปที่ 6
2. นำ Standard Microphone มาติดตั้งเข้ากับ Preamplifier
3. ต่อสาย Preamplifier เข้ากับ Insert Voltage Junction Unit
4. สวม Insert voltage junction unit เข้าไปยัง Preamp Input ของเครื่อง Measuring Amplifier



รูปที่ 6 แสดงการต่อเครื่องมือที่ใช้ในการวัด Total harmonic distortion

5. ปรับตั้ง Insert voltage Junction : Meas

6. สวม Microphone เข้าไปใน coupler ของ Sound Calibrator อย่างเบามือและระมัดระวังไม่ให้ไมโครโฟนได้รับการกระทบกระเทือน เพราะอาจเกิดความเสียหายต่อ microphone ได้ และการติดตั้งไมโครโฟน ควรอยู่ในตำแหน่งตามที่ระบุในคู่มือการใช้งานของเครื่อง Sound Calibrator ในการสวม Microphone จะต้องแน่ใจว่าไมโครโฟนแนบสนิทกับบารับของ Sound Calibrator ดังแสดงในรูปที่ 2
7. เปิดเครื่อง Sound Calibrator (UUC) รอจนกระทั่งระดับความดันเสียงเข้าสู่ภาวะเสถียร (ทิ้งไว้ประมาณ 20 วินาที หรือตามคู่มือกำหนดไว้)
8. ปรับตั้งเครื่องมือ Measurement Amplifier ;
Input Selection Gain : ให้เหมาะสมกับระดับเสียงที่ทำการวัด
9. บันทึกค่า ที่แสดงบน distortion meter โดยทำการวัดครอบคลุมอย่างน้อยตลอดช่วงความถี่ ตั้งแต่ 22.5 Hz ถึง 20kHz
10. ปรับตั้งเครื่องมือ Measurement Amplifier ;
Input Selection Gain : MAX
11. ปิดเครื่อง Sound calibrator
12. ถอดอุปกรณ์ยึดไมโครโฟน ถอด Microphone ออกจาก Sound Calibrator อย่างระมัดระวัง
13. สวม Microphone เข้าไปใน coupler ของเครื่อง sound calibrator โดยไม่ให้ตำแหน่งของไมโครโฟนอยู่ที่ตำแหน่งเดิม
14. วัดซ้ำโดยเริ่มต้นใหม่ทั้งหมด ทำการวัดซ้ำอย่างน้อยทั้งหมด 3 ครั้ง
15. นำผลการวัดซ้ำทั้งหมด มาคำนวณหาค่าเฉลี่ย
16. ผลการสอบเทียบ จะต้องมามีค่าไม่เกินกว่า Tolerance limit ที่ระบุไว้ใน ตารางที่ 3
ตารางที่ 3 ค่า Tolerance limit ของ total distortion

Range of nominal frequency (Hz)	Total distortion (%)		
	Class LS	Class 1	Class 2
31.5 to < 160	-	4.0	-
160 to 1 250	2.5	3.0	4.0
> 1 250 to 16 000	-	4.0	-

7. ค่าความไม่แน่นอน (Uncertainty)

การประเมินค่าความไม่แน่นอนของผลการวัดในแต่ละห้องปฏิบัติการ อาจมีการประเมินที่แตกต่างกันขึ้นกับปัจจัยของห้องปฏิบัติการนั้นๆ ดังนั้นการประเมินค่าความไม่แน่นอนในคู่มือฉบับนี้ จึงเป็นเพียงข้อเสนอแนะ เพื่อใช้เป็นแนวทางการคำนวณเท่านั้น

7.1 องค์ประกอบของความไม่แน่นอนของการวัดค่าระดับความดันเสียง (sound pressure level) ของเครื่อง Sound calibrator ด้วยเทคนิค Insert voltage

การประเมินค่าความไม่แน่นอนของผลการวัดควรมีองค์ประกอบอย่างน้อย ดังต่อไปนี้

- ค่าความไม่แน่นอนจากการวัดซ้ำ (Repeatability) มีการกระจายตัวของข้อมูลแบบปกติ (normal distribution)

$$u_{\text{repeat}} = \frac{S_d}{\sqrt{n}}$$

โดยที่ S_d คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ของข้อมูลทั้งหมดที่ทำการวัดซ้ำ
 n คือ จำนวนข้อมูลที่ทำการวัดซ้ำ

- ค่าความไม่แน่นอนที่เกิดจาก Standard Microphone อาจมีหลายแหล่ง เช่น ค่า uncertainty ที่ได้จากการสอบเทียบ ค่า uncertainty เนื่องจากอุณหภูมิ และความดัน ค่า uncertainty เนื่องจากระดับแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับไมโครโฟน (Polarization voltage) และค่า uncertainty เนื่องจากการเปลี่ยนค่า sensitivity ในระหว่างรอบของการสอบเทียบ เป็นต้น การกระจายข้อมูลเป็นแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า (rectangular distribution) ตัวอย่างวิธีการคำนวณค่า uncertainty ดังนี้

Uncertainty ที่ได้จากการสอบเทียบ (หาได้จาก certificate ของไมโครโฟน)

$$u_{\text{unc}} = \frac{\text{Cert}}{2}$$

โดยที่ Cert คือ ค่า uncertainty ที่ได้จากการสอบเทียบ standard microphone
 2 คือ cover factor $k=2$ มาจากระดับความเชื่อมั่นของการสอบเทียบ standard microphone

Uncertainty เนื่องจากอุณหภูมิ (Temperature coefficient)

$$u_{\text{TC}} = \frac{\sqrt{((T_{\text{amb}} - 23) \times u_{\text{Tcoeff}})^2 + (T_{\text{coeff}} \times u_T)^2}}{\sqrt{3}}$$

โดยที่ T_{amb} คือ ค่าอุณหภูมิขณะทำการวัด ($^{\circ}\text{C}$)
 u_{Tcoeff} คือ ค่าความผิดพลาดของค่า temperature coefficient ได้มาจากผู้ผลิต (20%)

T_{coeff} คือ ค่า temperature coefficient ได้มาจากผู้ผลิต ($\text{dB}/^{\circ}\text{C}$)

u_T คือ ค่า uncertainty ของเครื่องวัดอุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)

Uncertainty เนื่องจากความดัน (Pressure coefficient)

$$u_{PC} = \frac{\sqrt{((P_{amb} - 101.325) \times u_{P_{coeff}})^2 + (P_{coeff} \times u_p)^2}}{\sqrt{3}}$$

- โดยที่ P_{amb} คือ ค่าความดันบรรยากาศขณะที่ทำการวัด (kPa)
 $u_{P_{coeff}}$ คือ ค่าความผิดพลาดของค่า pressure coefficient ได้มาจากผู้ผลิต (20%)
 P_{coeff} คือ ค่า pressure coefficient ได้มาจากผู้ผลิต (kPa)
 u_p คือ ค่า uncertainty ของเครื่องวัดความดัน (barometer)

- ค่าความไม่แน่นอนที่เกิดจากเครื่องมือวัดมาตรฐาน มีการกระจายของข้อมูลเป็นแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า (rectangular distribution) เช่น Digital Multimeter อาจพิจารณาจากค่า Accuracy ที่ระบุไว้ใน specification ของเครื่อง เช่น

- Accuracy (1 year) = 0.06% of reading + 0.03% of range
- ระดับ voltage ที่ทำการวัดคือ 1.44 V
- Range ที่ทำการวัดคือ Range 10 V

$$\text{Accuracy} = \left(\frac{\text{Acc}_{\text{read}} \times V_{\text{mea}}}{100} \right) + \left(\frac{\text{Acc}_{\text{range}} \times \text{Range}}{100} \right)$$

- โดยที่ Acc_{read} คือ Accuracy of reading
 V_{mea} คือ ระดับ Voltage ที่ทำการวัด
 $\text{Acc}_{\text{range}}$ คือ Accuracy of range
Range คือ Range ที่ทำการวัด

ตัวอย่างการคำนวณ

$$\begin{aligned} \text{Accuracy} &= \left(\frac{0.06 \times 1.44}{100} \right) + \left(\frac{0.03 \times 10}{100} \right) \\ &= 0.003864 \text{ Volt} \end{aligned}$$

แปลงจากหน่วย Volt เป็นหน่วย dB

$$\begin{aligned} &= 20 \times \text{Log} \left(\frac{0.003864 + 1.44}{1.44} \right) \text{ dB} \\ &= 0.0233 \text{ dB} \end{aligned}$$

ข้อมูลมีการกระจายตัวแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า (rectangular distribution) จึงหารด้วย $\sqrt{3}$

$$= \frac{0.0233 \text{ dB}}{\sqrt{3}} = 0.0135 \text{ dB}$$

- ค่าความไม่แน่นอนที่เกิดจากการปัดเศษ (Rounding Error) การกระจายข้อมูลเป็นแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า (rectangular distribution)

$$u_{\text{Res}} = \frac{R}{2\sqrt{3}}$$

โดยที่ R คือระดับความละเอียดของการรายงานผลการวัด (ทศนิยมตำแหน่งสุดท้ายของการรายงานผลการสอบเทียบ)

- ค่าความไม่แน่นอนเนื่องจากความผิดพลาดอื่นๆ เช่น ค่าความผิดพลาดจากการป้อนค่าสัญญาณไฟฟ้าสำหรับการ insert voltage เป็นต้น

ทำการรวมค่าความไม่แน่นอนจากแหล่งต่างๆ ดังสมการได้เป็นค่า Combined uncertainty

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + \dots + u_n^2}$$

ทำการหาค่า Expanded uncertainty โดยการคูณกับค่า k factor ซึ่งขึ้นกับระดับความเชื่อมั่นในการสอบเทียบ ในปัจจุบันห้องปฏิบัติการส่วนใหญ่มีการประเมินค่าความไม่แน่นอนด้วยระดับความเชื่อมั่นประมาณ 95% คือ k factor = 2

$$U_{\text{exp}} = k \times u_c$$

ค่าความไม่แน่นอนที่ประเมินได้นั้น (expanded uncertainty) จะต้องไม่เกินค่าความไม่แน่นอนสูงสุดที่ยอมรับได้ในการวัดค่าระดับความดันเสียง (Maximum permissible expanded uncertainty of measurement for sound pressure level) ตามที่กำหนดไว้ในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่าความไม่แน่นอนสูงสุดที่ยอมรับได้ สำหรับการวัดค่าระดับความดันเสียง
(Maximum permissible expanded uncertainty of measurement for sound pressure level)

Range of nominal frequency (Hz)	Uncertainty of measurement for generated sound pressure level (dB)		
	Class LS	Class 1	Class 2
31.5 to < 160	-	0.20	-
160 to 1 250	0.10	0.15	0.35
> 1 250 to 4 000	-	0.25	-
> 4 000 to 8 000	-	0.35	-
>8 000 to 16 000	-	0.50	-

7.2 องค์ประกอบของความไม่แน่นอนของการวัดความถี่

การประเมินค่าความไม่แน่นอนของผลการวัด ควรมียุทธศาสตร์ประกอบอย่างน้อย ดังต่อไปนี้

- ค่าความไม่แน่นอนเนื่องจากการวัดซ้ำ (Repeatability) มีการกระจายตัวของข้อมูลแบบปกติ (normal distribution)

$$u_{\text{repeat}} = \frac{S_d}{\sqrt{n}}$$

โดยที่ S_d คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ของข้อมูลทั้งหมดที่ทำการวัดซ้ำ
 n คือ จำนวนข้อมูลที่ทำการวัดซ้ำ

- ค่าความไม่แน่นอนที่เกิดจากเครื่องมือวัดความถี่ (Frequency counter) มีการกระจายของข้อมูลเป็นแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า (rectangular distribution) อาจจะใช้ค่าที่เป็น Specification ของเครื่อง หรือค่า uncertainty ที่ได้จากการสอบเทียบก็ได้ และอาจมีความไม่แน่นอนเนื่องจากการเปลี่ยนค่าระหว่างรอบของการสอบเทียบ (Drift) ยกตัวอย่างการคำนวณโดยใช้ค่าจาก Specification ในโหมดการวัดความถี่ คือ Accuracy : $\pm (0.004\% + 1\text{digit})$ และทำการวัดความถี่ที่ระดับ 31.63 Hz

$$\begin{aligned} u_{\text{FreqAcc}} &= \left(0.004 \times \frac{31.63}{100} \right) + 0.01 \quad \text{Hz} \\ &= 0.0113 \quad \text{Hz} \end{aligned}$$

แปลงจากหน่วย Hz เป็น %

$$= \frac{0.0113 \times 100}{31.63} = 0.03573\%$$

ข้อมูลมีการกระจายตัวแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า (Rectangular distribution) จึงหารด้วย $\sqrt{3}$

$$= \frac{0.03573}{\sqrt{3}} = 0.02063\%$$

- ค่าความไม่แน่นอนที่เกิดจากการปัดเศษ (Rounding Error) การกระจายข้อมูลเป็นแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า (rectangular distribution)

$$u_{\text{Res}} = \frac{R}{2\sqrt{3}}$$

โดยที่ R คือระดับความละเอียดของการรายงานผลการวัด (ทศนิยมตำแหน่งสุดท้ายของการรายงานผลการสอบเทียบ)

ทำการรวมค่าความไม่แน่นอนจากแหล่งต่างๆ ดังสมการได้เป็นค่า Combined uncertainty

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + \dots + u_n^2}$$

ทำการหาค่า Expanded uncertainty โดยการคูณกับค่า k factor ซึ่งขึ้นกับระดับความเชื่อมั่นในการสอบเทียบ ในปัจจุบันห้องปฏิบัติการส่วนใหญ่มีการประเมินค่าความไม่แน่นอนด้วยระดับความเชื่อมั่นประมาณ 95% คือ k factor = 2

$$U_{\text{exp}} = k \times u_c$$

ค่าความไม่แน่นอนที่ประเมินได้นี้ (Expanded uncertainty) จะต้องไม่เกินค่าความไม่แน่นอนสูงสุดที่ยอมรับได้ในการวัดค่าความถี่เสียง (Maximum permissible expanded uncertainty of measurement for frequency) ตามที่กำหนดไว้ในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ค่าความไม่แน่นอนสูงสุดที่ยอมรับได้ สำหรับการวัดค่าความถี่เสียง
(Maximum permissible expanded uncertainty of measurement for frequency)

Uncertainty of measurement for frequency (%)		
Class LS	Class 1	Class 2
0.3	0.3	0.3

7.3 องค์ประกอบของความไม่แน่นอน ของการวัด Total Distortion

การประเมินค่าความไม่แน่นอนของผลการวัด ควรมีองค์ประกอบอย่างน้อย ดังต่อไปนี้

- ค่าความไม่แน่นอนเนื่องจากการวัดซ้ำ (Repeatability) มีการกระจายตัวของข้อมูลแบบปกติ (normal distribution)

$$u_{\text{repeat}} = \frac{S_d}{\sqrt{n}}$$

โดยที่ S_d คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ของข้อมูลทั้งหมดที่ทำการวัดซ้ำ
 n คือ จำนวนข้อมูลที่ทำการวัดซ้ำ

- ค่าความไม่แน่นอนที่เกิดจากเครื่องมือวัด total distortion มีการกระจายของข้อมูลเป็นแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า (rectangular distribution) อาจจะใช้ค่าที่เป็น Specification ของเครื่อง หรือค่า uncertainty ที่ได้จากการสอบเทียบก็ได้ และอาจมีความไม่แน่นอนเนื่องจากการเปลี่ยนค่าระหว่างรอบของการสอบเทียบ (Drift) ยกตัวอย่างการคำนวณโดยใช้ค่าจาก Specification ในโหมดการวัดความถี่ คือ Accuracy : $\pm 1\text{dB}$ และทำการวัดที่ระดับ 0.54 %

แปลงหน่วยจาก dB เป็น %

$$\text{Accuracy} = \left(\left(\frac{1}{10^{20}} - 1 \right) \times 100 \right) = 12.2019 \%$$

ทำการหาค่าความผิดพลาดของค่าที่ทำการวัด จะได้เท่ากับ

$$u_{\text{THDAcc}} = \frac{12.2019 \times 0.54}{100} = 0.06589 \%$$

ข้อมูลมีการกระจายตัวแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า (Rectangular distribution) จึงหารด้วย $\sqrt{3}$

$$= \frac{0.06589}{\sqrt{3}} = 0.038 \%$$

- ค่าความไม่แน่นอนที่เกิดจากการปัดเศษ (Rounding Error) การกระจายข้อมูลเป็นแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า (rectangular distribution)

$$u_{\text{Res}} = \frac{R}{2\sqrt{3}}$$

โดยที่ R คือระดับความละเอียดของการรายงานผลการวัด (ทศนิยมตำแหน่งสุดท้ายของการรายงานผลการสอบเทียบ)

ทำการรวมค่าความไม่แน่นอนจากแหล่งต่างๆ ดังสมการได้เป็นค่า Combined uncertainty

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + \dots + u_n^2}$$

ทำการหาค่า Expanded uncertainty โดยการคูณกับค่า k factor ซึ่งขึ้นกับระดับความเชื่อมั่นในการสอบเทียบ ในปัจจุบันห้องปฏิบัติการส่วนใหญ่มีการประเมินค่าความไม่แน่นอนด้วยระดับความเชื่อมั่นประมาณ 95% คือ k factor = 2

$$U_{\text{exp}} = k \times u_c$$

ค่าความไม่แน่นอนที่ประเมินได้นั้น (Expanded uncertainty) จะต้องไม่เกินค่าความไม่แน่นอนสูงสุดที่ยอมรับได้ในการวัดค่า Distortion (Maximum permissible expanded uncertainty of measurement for total distortion) ตามที่กำหนดไว้ใน **ตารางที่ 6**

ตารางที่ 6 ค่าความไม่แน่นอนสูงสุดที่ยอมรับได้ สำหรับการวัดค่า Distortion
(Maximum permissible expanded uncertainty of measurement for total distortion)

Range of nominal Frequency (Hz)	Uncertainty of measurement for generated sound pressure level (dB)		
	Class LS	Class 1	Class 2
31.5 to < 160	-	1.0	-
160 to 1 250	0.5	0.5	1.0
> 1 250 to 16 000	-	1.0	-

ภาคผนวก

1 ใบรับรองผลการสอบเทียบ

รายงานผลการสอบเทียบเครื่อง Sound Calibrator/ Pistonphone ควรครอบคลุมเนื้อหา อย่างน้อย ดังนี้

- ชื่อและที่อยู่ของห้องปฏิบัติการที่ทำการสอบเทียบเครื่องมือ
- ชื่อของบริษัทผู้ผลิตเครื่อง Sound Calibrator/Pistonphone ที่ปรากฏอยู่บนเครื่อง
- เลขรหัสประจำเครื่อง (Serial Number) ของเครื่อง Sound Calibrator พร้อมกับตัว adaptor ที่ต้องใช้ของเครื่องนั้น
- ชื่อรุ่นของเครื่อง Sound Calibrator/ Pistonphone ที่ปรากฏอยู่บนเครื่อง
- ข้อความที่แสดงให้เห็นว่า เครื่อง Sound Calibrator ได้รับการสอบเทียบตามวิธีที่ระบุตามมาตรฐาน IEC 60942 (2003) Annex B
- วันที่ทำการสอบเทียบ และวันที่ออกรายงานผล
- ระเบียบวิธีการที่ใช้ในการสอบเทียบ
- ผลการวัด Sound Pressure Level พร้อมค่า Expanded uncertainty ของการวัด
- ผลการวัด Frequency และ Distortion พร้อมค่า expanded uncertainties ของการวัด
- ค่า Tolerance Limit ของแต่ละพารามิเตอร์ที่ทำการวัดตามมาตรฐาน IEC 60942 (2003)
- สรุประดับความถูกต้อง (Accuracy) ของเครื่อง sound calibrator

2 การรายงานผลการสอบเทียบ

• ระดับความดันเสียง (sound pressure level)

Specified sound pressure level ^[1] (dB)	Measured value ^[2] (dB)	Deviated value ^[3] (dB)	Uncertainty ^[4] (dB)	Tolerance limit ^[5] (dB)
114	114.10	0.10	0.06	0.40

- [1] Specification sound pressure level คือ ค่าระดับความดันเสียงที่ระบุไว้ใน specification ของเครื่อง sound calibrator ที่ได้รับการสอบเทียบ (UUC)
- [2] Measured value คือ ค่าระดับความดันเสียงที่ได้จากการวัด
- [3] Deviated value คือ ค่าสัมบูรณ์ของค่าความแตกต่างระหว่างค่า Measured value กับ ค่า Specified sound pressure level คำนวณตามสมการ

$$SPL_{report} = |SPL_{nom} - SPL_{meas}|$$

โดยที่ SPL_{report} : ระดับความดันเสียงที่รายงานบน Certificate มีหน่วยเป็น dB
 SPL_{nom} : ระดับความดันเสียงที่ระบุไว้บนเครื่อง (Specification) มีหน่วยเป็น dB
 SPL_{meas} : ระดับความดันเสียงเฉลี่ยที่ได้จากการวัดซ้ำ มีหน่วยเป็น dB

- [4] Uncertainty คือ ค่าความไม่แน่นอนที่ประเมินได้ จากการวัดค่าระดับความดันเสียง (sound pressure level) ของเครื่อง Sound calibrator ด้วยเทคนิค Insert voltage
- [5] Tolerance limit คือ ขอบเขตความผิดพลาดที่ยอมรับได้ของเครื่องกำเนิดสัญญาณเสียง ในหัวข้อ Sound pressure level ตามที่ระบุไว้ใน ตารางที่ 1 ค่า Tolerance limit ของการค่าระดับความดันเสียง (Sound pressure level)

● ความถี่ (Frequency)

Specified Frequency ^[6] (Hz)	Measured value ^[7] (Hz)	Deviated value ^[8] (%)	Uncertainty ^[9] (%)	Tolerance limit ^[10] (%)
At the sound pressure level of 114 dB				
250	249.6	0.2	0.1	1.0

- [6] Specification frequency คือ ค่าความถี่เสียงที่ระบุไว้ใน specification ของเครื่อง sound calibrator ที่ได้รับการสอบเทียบ (UUC)
- [7] Measured value คือ ค่าความถี่เสียงที่ได้จากการวัด
- [8] Deviated value คือ ค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างระหว่างค่า Measured value กับ ค่า Specification frequency

$$Freq_{report} = |Freq_{nom} - Freq_{meas}| \times \frac{100}{Freq_{nom}}$$

โดยที่ $Freq_{report}$: ระดับความถี่ที่ รายงานบน Certificate มีหน่วยเป็น %
 $Freq_{nom}$: ระดับความถี่ที่ระบุไว้บนเครื่อง (Specification) มีหน่วยเป็น Hz
 $Freq_{meas}$: ระดับความถี่เฉลี่ยที่ได้จากการวัดซ้ำ มีหน่วยเป็น Hz

- [9] Uncertainty คือ ค่าเปอร์เซ็นต์ความไม่แน่นอนที่ประเมินได้ จากการวัดค่าความถี่เสียงของเครื่อง Sound calibrator
- [10] Tolerance limit คือ ขอบเขตความผิดพลาดที่ยอมรับได้ของเครื่องกำเนิดสัญญาณเสียง ในหัวข้อความถี่ (Frequency) (มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์) ตามที่ระบุไว้ในตารางที่ 2 ค่า Tolerance limit ของการความถี่เสียง (Sound frequency)

- ค่า Total Distortion

Measured value ^[11] (%)	Uncertainty ^[12] (%)	Tolerance limit ^[13] (%)
At the sound pressure level of 114 dB		
0.6	0.1	3.0

[11] Measured value คือ ค่าเปอร์เซ็นต์ Distortion ที่ได้จากการวัดของเครื่อง sound calibrator ที่ได้รับการสอบเทียบ (UUC)

[12] Uncertainty คือ ค่าเปอร์เซ็นต์ความไม่แน่นอนที่ประเมินได้ จากการวัดค่า Distortion ของเครื่อง Sound calibrator ด้วย

[13] Tolerance limit คือ ขอบเขตความผิดพลาดที่ยอมรับได้ของเครื่องกำเนิดสัญญาณเสียง ในหัวข้อ Total distortion ตามที่ระบุไว้ใน ตารางที่ 3 ค่า Tolerance limit ของ total distortion

3 วิธีการคำนวณการเปลี่ยนหน่วย

เนื่องจากการคำนวณค่า uncertainty จำเป็นต้องมีการแปลงหน่วยเพื่อให้สามารถรวมกันได้ หน่วยที่เกี่ยวข้องได้แก่ เปอร์เซ็นต์ และ เดซิเบล การแปลงหน่วยกลับไปมาระหว่างสองหน่วยนี้ สามารถคำนวณได้ตามหัวข้อดังต่อไปนี้

- แปลงหน่วยจาก เปอร์เซ็นต์ (%) เป็น เดซิเบล (dB)

สามารถคำนวณได้ตามสมการดังต่อไปนี้

$$dB = 20 \times \log \left(1 + \frac{\%}{100} \right)$$

ยกตัวอย่างเช่น

$$\begin{aligned} \text{Uncertainty} &= 0.6666 \% \\ &= 20 \times \log \left(1 + \frac{0.6666}{100} \right) \\ &= 0.577 \text{ dB} \end{aligned}$$

- แปลงหน่วยจากเดซิเบล (dB) เป็น เปอร์เซ็นต์ (%)

$$\% = \left(10^{\left(\frac{dB}{20} \right)} - 1 \right) \times 100$$

ยกตัวอย่างการหาค่า uncertainty เนื่องจากการแสดงค่าของเครื่องมือวัด (resolution)

$$\begin{aligned}\text{Semi range} &= \frac{0.1}{2} = 0.05 \text{ dB} \\ &= \left(10^{\left(\frac{0.05}{20} \right)} - 1 \right) \times 100 \\ &= 0.5773 \text{ \%}\end{aligned}$$

4 รายชื่อคณะกรรมการ

ประธานคณะกรรมการ

ร.อ.ธวัช ช่างปั้น

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ

รองประธานคณะกรรมการ

นางสุรัตน์ ลีอุดมวงศ์

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ

เลขานุการคณะกรรมการ

นางสาวณูดา จันทระภาโส

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ

คณะกรรมการ

○ นางสาวปาณิสรา คงถาวร

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ

○ นายอธิราช ทองบุญ

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ

○ นายทวีเกียรติ อิ่มสำราญ

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

○ นายวิรัช ติชัยยะ

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

○ นายสิทธิชัย เสวกสุริยวงศ์

สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

○ นายวิรัช เอื้อทรงธรรม

ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม

○ นางสาวสุมาลี ปานมาศ

ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม

○ นายวัฒนินทร์ ศิริอาชวะวัฒน์

บริษัทอินโนเวทีฟ อินสทรูเมนต์ จำกัด

○ นายศุภวัฏ จิระเรืองฤทธิ์

บริษัทอินโนเวทีฟ อินสทรูเมนต์ จำกัด

○ นายบัณฑิต ศรีสัตย์ใจ

บริษัทอินโนเวทีฟ อินสทรูเมนต์ จำกัด