



รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาโปรแกรมสำหรับการสอบเทียบเครื่องตรวจการได้ยินชนิดตรวจ
การนำเสียงทางอากาศแบบกึ่งอัตโนมัติ
Semi-Automated Calibration Program for Air Conduction
Audiometer

นางสาวเกวลิน ทิรัณจากรุกร
นางสาววิศยา ตรีรกไพจิตร

ภาควิชาดนตรีและสื่อประสม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2561



รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาโปรแกรมสำหรับการสอบเทียบเครื่องตรวจการได้ยินชนิดตรวจ
การนำเสียงทางอากาศแบบกึ่งอัตโนมัติ
Semi-Automated Calibration Program for Air Conduction
Audiometer

นางสาวเกวลิน หิรัณจารุกร
นางสาววัศยา ตรีรกไพจิตร

ภาควิชาดนตรีและสื่อประสม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561

ชื่อโครงการสหกิจศึกษา การพัฒนาโปรแกรมการสอบเทียบเครื่องตรวจวัดการได้ยินชนิดตรวจ
การนำเสียงทางอากาศแบบกึ่งอัตโนมัติ
ชื่อ-สกุล นักศึกษา นางสาวเกวณีน หิรัญจารุกร และ นางสาววิศยา ธรรมกไพจิตร
คณะ วิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชา วิศวกรรมดนตรีและสื่อประสม
ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ Dr. Munhum Park
ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน สุรัตน์ ลีอุดมวงษ์
ชื่อสถานประกอบการ สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ (NIMT)

บทคัดย่อ

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติเป็นหน่วยงานที่พัฒนาระบบมาตรวิทยาของชาติให้สอดคล้องกับระบบ
มาตรวิทยาสากล และจัดการถ่ายทอดความถูกต้องของการวัดไปสู่ผู้ใช้งาน โดยกระบวนการดำเนินงาน
ของสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติยังคงขึ้นอยู่กับการทำงานของมนุษย์เป็นหลัก ดังนั้นทางคณะผู้จัดทำจึงได้
เขียนโปรแกรมแลปวิว (LabVIEW) ที่พัฒนาโปรแกรมการสอบเทียบเครื่องตรวจวัดการได้ยินชนิดตรวจ
การนำเสียงทางอากาศแบบกึ่งอัตโนมัติที่ปรับปรุงประสิทธิภาพของการสอบเทียบทั้ง 6 หัวข้อ
ได้แก่ Frequency, Sound pressure level, Vibratory force level, Masking noise, Linearity and
Total harmonic distortion โดยผลลัพธ์ที่ได้จากสหกิจศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ โปรแกรมการสอบเทียบเครื่อง
ตรวจวัดการได้ยินชนิดตรวจการนำเสียงทางอากาศแบบกึ่งอัตโนมัติที่เก็บข้อมูลจากเครื่อง Sound Level
Meter ซึ่งจัดเก็บในรูปแบบไฟล์อิเล็กทรอนิกส์ ที่ประกอบด้วยข้อมูลผลการวัดในควมถี่ต่างๆ สภาวะ
แวดล้อม และค่าที่เก็บมาทั้งหมด

Co-operative Title: Semi-Automated Calibration Program for Air Conduction Audiometer

Student Intern Name: Kewalin Hiruncharrukorn and Watsaya Takkapaijit

Faculty: Engineering

Department: Music Engineering and Multimedia

Advisor Name: Dr. Munhum Park

Mentor Name: Surat Leeudomwong

Company: National Institute of Metrology (Thailand)

ABSTRACT

The National Institute of Metrology Thailand (NIMT) is a calibration laboratory which demands effective and precise procedures for the calibration systems. However, some parts of the procedure rely on manual operation, which is prone to errors. The program developed in the current project is the LabVIEW program that semi-automatically calibrates audiometers for all 6 measurement; Frequency, sound pressure level, vibratory force level, masking noise, linearity and total harmonic distortion. This program collects the measurement data from a sound level meter connected to the audiometer and stores it to as electronic document. The document also contains the measurement record and ambient condition.

กิตติกรรมประกาศ

การที่ข้าพเจ้าได้มีโอกาสเข้าไปปฏิบัติงานสหกิจศึกษา ณ สถาบันมาตริวิทยาแห่งชาติ ฝ่ายมาตรวิทยาเสียงและการสั่นสะเทือน ตั้งแต่วันที่ 6 สิงหาคม พ.ศ.2561 ถึงวันที่ 23 พฤศจิกายน พ.ศ.2561 ส่งผลให้ข้าพเจ้าได้รับความรู้และประสบการณ์ต่างๆมากมาย ทั้งนี้เนื่องมาจากการได้รับความกรุณาอย่างสูงจากอาจารย์ Munhum Park และคณาจารย์ ที่ได้เริ่มติดต่อทางหน่วยงานจนข้าพเจ้าได้รับโอกาสอันดีนี้

ตลอดระยะเวลาในการเข้ารับการปฏิบัติงานสหกิจศึกษานั้น ข้าพเจ้าได้รับความกรุณาอย่างสูงจากคุณไพโรจน์ รัตนางกูร หัวหน้าฝ่ายกลุ่มงานสั่นสะเทือน คุณสุรัตน์ ลีอุดมวงษ์ หัวหน้าฝ่ายกลุ่มงานเสียง และบุคลากรท่านอื่นๆในฝ่ายงาน ที่ได้ให้ความรู้เกี่ยวกับงานในกลุ่มงาน ให้คำปรึกษาเกี่ยวกับโครงการสหกิจศึกษาครั้งนี้ รวมไปถึงให้คำแนะนำในการลงมือดำเนินงานจริง และการจัดทำรายงานฉบับนี้

ผู้วิจัยหวังว่ารายงานโครงการสหกิจฉบับนี้จะมีประโยชน์ต่อผู้ศึกษาไม่มากนักน้อย จึงขอมอบส่วนดีทั้งหมดนี้ให้แก่เหล่าคณาจารย์และบุคลากรของหน่วยงานที่ได้กล่าวไปข้างต้น หากมีข้อผิดพลาดประการใด ผู้วิจัยขออภัยมา ณ ที่นี้ และยินดีที่จะรับฟังคำแนะนำสำหรับการปรับปรุงโครงการต่อไป

เกวลิน หิรัณจารุกร และ วิชา ตรรกไพจิตร

ผู้จัดทำรายงาน

10 พฤศจิกายน 2561

สารบัญ

	หน้า
ABSTRACT	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญภาพ	VII
สารบัญภาพ (ต่อ).....	VIII
บทที่ 1	1
บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ	1
1.4 วิธีดำเนินโครงการ	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2.....	3
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ทฤษฎีเบื้องต้นการสอบเทียบเครื่องตรวจการไต่ยีน.....	3
2.2 การเขียนโปรแกรม LabVIEW เบื้องต้น [3],[4]	21
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	29
บทที่ 3	30
วิธีดำเนินการโครงการ	30
3.1 ศึกษาขั้นตอนการสอบเทียบเครื่องตรวจการไต่ยีน และมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง	30
3.2 ศึกษาหลักการเขียนโปรแกรม LabVIEW	30
3.3 การออกแบบและเขียนโปรแกรมในการสอบเทียบเครื่องตรวจการไต่ยีน.....	31
3.4 ทดสอบการใช้โปรแกรม	33
3.5 แก้ไขและปรับปรุงโปรแกรมจากการใช้งาน	43
3.6 จัดทำคู่มือประกอบการใช้งานของโปรแกรมการสอบเทียบเครื่องตรวจการไต่ยีน.....	43

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4	44
ผลการวิจัย	44
4.1 โปรแกรมการสอบเทียบเครื่องตรวจการได้ยิน	44
4.2 ข้อมูลการสอบเทียบ.....	44
บทที่ 5	45
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	45
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	45
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	45
บรรณานุกรม.....	46
ภาคผนวก ก	47
ภาคผนวก ข	48
ภาคผนวก ค	55
1. คำนำคู่มือการใช้งานโปรแกรม (Manual Introduction)	57
2. ข้อมูลทั่วไปของโปรแกรม (General Information)	57
3. เริ่มต้นการใช้งานโปรแกรม (Getting Started).....	61
4. การใช้งานโปรแกรม (Using the Program).....	64
5. การแก้ไขปัญหาที่อาจพบ (Troubleshooting).....	92

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงความสัมพันธ์ของคุณสมบัติและเงื่อนไขการใช้งานในกรณีที่มีความถี่แตกต่างกัน.....	13
ตารางที่ 2.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประเภทของเครื่องตรวจการได้ยินชนิด Pure-tone กับค่า tolerance limit.....	17
ตารางที่ 2.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความถี่กับค่า tolerance limit สำหรับ Sound pressure level ชนิด Air conduction	17
ตารางที่ 2.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความถี่กับค่า tolerance limit สำหรับ Sound pressure level ชนิด Bone conduction.....	18
ตารางที่ 2.5 แสดงค่า tolerance limit ของ masking noise level accuracy.....	19
ตารางที่ 2.6 แสดงค่าความสัมพันธ์ tolerance limit ระหว่างค่าความแตกต่างที่วัดได้ กับค่าความแตกต่างระหว่างระดับเสียงที่อยู่ติดกัน	20
ตารางที่ 2.7 แสดงค่าความสัมพันธ์ total harmonic distortion ระหว่างช่วงความถี่ กับค่าระดับเสียงของ ear simulator หรือ acoustic coupler	20
ตารางที่ 2.8 แสดงค่าความสัมพันธ์ total harmonic distortion ระหว่างช่วงความถี่ กับค่าระดับเสียงของ mechanical coupler	21

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
ภาพที่ 2.1 ลักษณะทางกายวิภาคของหูมนุษย์.....	3
ภาพที่ 2.3 การตรวจการได้ยิน	6
ภาพที่ 2.5 ค่าอ้างอิงสำหรับหูฟังชนิดวางบนหูรุ่น Telephonic TDH 39	7
ภาพที่ 2.6 การแปลง Minimum audible curve เป็น Audiogram.....	7
ภาพที่ 2.7 การตรวจ Tympanometer.....	8
ภาพที่ 2.8 การตรวจ Acoustic reflex testing.....	8
ภาพที่ 2.9 การตรวจ OAEs	9
ภาพที่ 2.10 การตรวจ Auditory Brainstem Response.....	10
ภาพที่ 2.11 Transducer ชนิด Air conduction	11
ภาพที่ 2.12 Bone vibrator.....	12
ภาพที่ 2.13 ตัวอย่าง Artificial Ear.....	13
ภาพที่ 2.14 ตัวอย่าง 2cc Coupler.....	15
ภาพที่ 2.15 ตัวอย่าง Mechanical coupler.....	15
ภาพที่ 2.16 รูปแบบหน้าต่างของโปรแกรม LabVIEW.....	21
ภาพที่ 2.17 แสดง Object ที่อยู่บน Front Panel	22
ภาพที่ 2.18 Tool palette	22
ภาพที่ 2.19 Icon ที่แสดงใน Block Diagram	23
ภาพที่ 2.20 ประเภทของข้อมูล	24
ภาพที่ 2.21 แสดงรูปแบบ Loop.....	25
ภาพที่ 2.22 Case structure	26
ภาพที่ 2.23 Sequence	26
ภาพที่ 2.24 ตัวอย่างการใช้งาน Event Structure	27
ภาพที่ 2.25 การควบคุม User Interface	27
ภาพที่ 2.26 การบันทึกและอ่านไฟล์.....	28
ภาพที่ 2.27 Icon VISA.....	28

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
ภาพที่ 3.1 Flow chart สำหรับโปรแกรมหลัก	31
ภาพที่ 3.2 Flow chart สำหรับโปรแกรมการสอบเทียบ	32
ภาพที่ 3.3 แสดงระบบการสอบเทียบเครื่องตรวจการได้ยิน	34
ภาพที่ 3.4 แสดงการติดตั้งการสอบเทียบ	34
ภาพที่ 3.5 แสดงการติดตั้งการปรับค่าความถูกต้องของเครื่อง Sound Level meter	35
ภาพที่ 3.6 แสดง Panel ของเครื่อง Sound level meter	36
ภาพที่ 3.7 แสดงหน้าจอการ Calibration	36
ภาพที่ 3.8 A แสดงหน้าจอการติดตั้งฟังก์ชันAudiometer Calibration และ B แสดงหน้าจอฟังก์ชัน Audiometer Calibration	37
ภาพที่ 3.9 ส่วนประกอบของหน้าต่างส่วนโปรแกรมหลัก	38
ภาพที่ 3.10 แสดงการบันทึกข้อมูล	39
ภาพที่ 3.11 การเรียกใช้ส่วนโปรแกรมการสอบเทียบ	40
ภาพที่ 3.12 หน้าต่างการสอบเทียบความถี่และระดับเสียง	40
ภาพที่ 3.13 ส่วนประกอบของหน้าต่างการตั้งค่าอุปกรณ์	41
ภาพที่ 3.14 การเรียกดูข้อมูล Measurement Information	42

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ(มว.) เป็นหน่วยงานที่พัฒนาระบบมาตรวิทยาของชาติให้สอดคล้องกับระบบมาตรวิทยาสากล การถ่ายทอดความถูกต้องของการวัดไปสู่ผู้ใช้งาน ดังนั้นโครงการงานสหกิจนี้จึงได้เห็นถึงความสำคัญของการวัดและการสอบเทียบให้ได้ข้อมูลที่มีความถูกต้องแม่นยำ และให้เกิดข้อผิดพลาดในการจัดเก็บข้อมูลน้อยที่สุด จึงได้จัดทำโปรแกรมสำหรับการสอบเทียบเครื่องตรวจการได้ยินชนิดตรวจการนำเสียงทางอากาศแบบกึ่งอัตโนมัติ

เนื่องจากในยุคปัจจุบัน เทคโนโลยีมีความก้าวไกลในการใช้งาน ดังนั้นการใช้โปรแกรมสำหรับระบบในการสอบเทียบ จึงช่วยให้การจัดเก็บข้อมูลมีความถูกต้อง และลดปัญหาความผิดพลาดในการจัดเก็บข้อมูลของผู้ปฏิบัติงาน(Humann error) อีกทั้งยังเพิ่มความสะดวกสบายในการสอบเทียบ และลดเวลาในการสอบเทียบน้อยลง

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการงาน

1.2.1 เพื่อศึกษาหลักการการทำงานของเครื่องวัดทางเสียง เครื่องตรวจการได้ยิน และเหล่ามาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับเครื่องมือวัดทางเสียง รวมถึงวิธีการสอบเทียบเครื่องตรวจการได้ยิน

1.2.2 เพื่อพัฒนาโปรแกรมการสอบเทียบเครื่องตรวจการได้ยินชนิดตรวจการนำเสียงทางอากาศแบบกึ่งอัตโนมัติโดยอ้างอิงวิธีการตามมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง

1.3 ขอบเขตของโครงการงาน

1.3.1 ศึกษาหลักการการทำงานของเครื่องวัดเสียง เครื่องตรวจการได้ยิน รวมถึงเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการสอบเทียบเครื่องตรวจการได้ยิน

1.3.2 ศึกษามาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับการสอบเทียบเครื่องตรวจการได้ยิน ยกตัวอย่างเช่น IEC 60645, IEC 60318, ISO 389, ISO 8253 เป็นต้น

1.3.3 ศึกษาหลักการเขียนโปรแกรม LabVIEW ในการติดต่อสื่อสารกับเครื่องมือที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของเครื่องมือที่ใช้ในการสอบเทียบ

1.3.4 ทดลองใช้โปรแกรม LabVIEW ในการติดต่อสื่อสารกับเครื่องมือที่ใช้ในการสอบเทียบ

1.3.5 ออกแบบสร้างโปรแกรมสำหรับการสอบเทียบเครื่องตรวจการได้ยินชนิดตรวจการนำเสียงทางอากาศแบบกึ่งอัตโนมัติให้ทำงานได้ตรงตามข้อกำหนดที่ระบุไว้ในมาตรฐาน

1.3.6 ตรวจสอบการใช้งานได้ของโปรแกรม (Vertification)

1.3.7 เปรียบเทียบประสิทธิภาพและประสิทธิผลของการสอบเทียบ ระหว่างการดำเนินการสอบเทียบโดยใช้วิธีการจดบันทึก(Manual) กับการใช้โปรแกรมที่ได้พัฒนาขึ้น

1.4 วิธีดำเนินโครงการ

- 1.4.1 ศึกษาขั้นตอนการสอบเทียบเครื่องตรวจการได้ยิน และมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง
- 1.4.2 ศึกษาหลักการเขียนโปรแกรม LabVIEW
- 1.4.3 ออกแบบและเขียนโปรแกรมในการสอบเทียบเครื่องตรวจการได้ยิน
- 1.4.4 เขียนโปรแกรมติดต่อสื่อสารกับเครื่อง Sound Level Meter(SLM)
- 1.4.5 แก้ไขและปรับปรุงโปรแกรมจากการใช้งานจริง
- 1.4.6 เขียนคู่มือการใช้งานของโปรแกรมการสอบเทียบเครื่องตรวจการได้ยิน
- 1.4.7 นำโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นไปทดลองใช้งานจริง

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1 มีความเข้าใจหลักการทำงานและการประยุกต์ใช้งานเครื่องมือต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการวัดทางเสียง ยกตัวอย่างเช่น เครื่องวัดเสียง (Sound Level Meter) และเครื่องตรวจการได้ยิน (Audiometer)
- 1.5.2 ได้ประสบการณ์จากการอ่านมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับการวัดเสียง โดยเฉพาะอย่างยิ่งมาตรฐานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสอบเทียบเครื่องตรวจการได้ยิน
- 1.5.3 ได้ฝึกฝนกระบวนการคิดและการจัดลำดับความสำคัญในการดำเนินงานให้บรรลุตามเป้าหมาย
- 1.5.4 ได้ประยุกต์ใช้ความรู้ และฝึกฝนทักษะทางด้านวิศวกรรม ทั้งด้านการออกแบบ การสร้าง และการแก้ปัญหา จากการพัฒนาระบบการสอบเทียบเครื่องตรวจการได้ยิน
- 1.5.5 ได้ฝึกฝนทักษะการทำงานที่เน้นเรื่องความถูกต้องมากๆ(High Accuracy)

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีเบื้องต้นการสอบเทียบเครื่องตรวจการได้ยิน

2.1.1 ความรู้ทั่วไป

2.1.1.1 ความถี่ที่มนุษย์สามารถรับรู้ได้ คือ 20Hz ถึง 20kHz

2.1.1.2 ความถี่ที่มนุษย์ตอบสนองได้ดี คือ 1kHz ถึง 3kHz

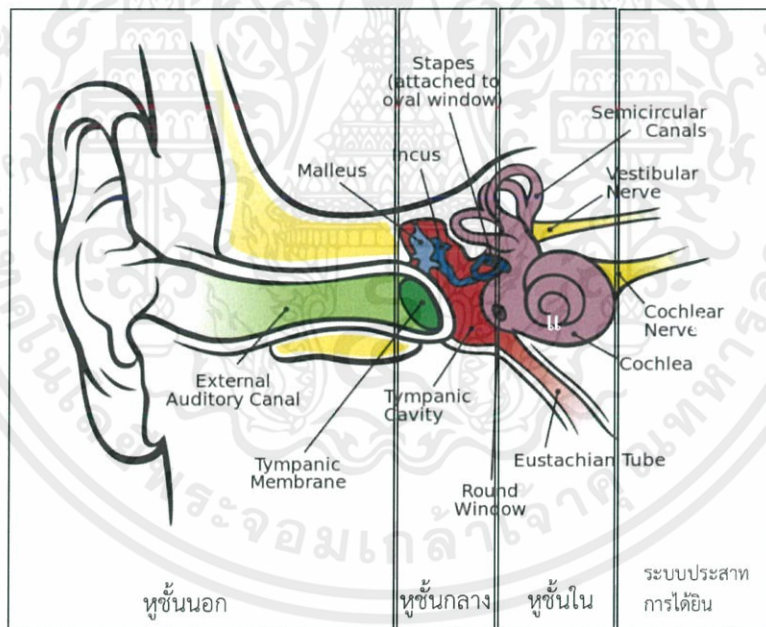
2.1.1.3 ความถี่ที่ใช้ในการสื่อสาร(Speech frequency) คือ 500Hz ถึง 4kHz

2.1.1.4 ความถี่ของการทดสอบการได้ยิน จะอยู่ในช่วง 1Octave คือ 500Hz, 1kHz, 2kHz, 4kHz, 8kHz นอกจากนี้ การทดสอบจะถูกทำที่ 3kHz และ 6kHz ด้วยเนื่องจากมีประโยชน์ในการทดสอบความถี่ที่สูญเสียการได้ยิน จากการได้รับเสียงสะสม

2.1.1.5 ระดับการได้ยินที่ใช้จะมีหน่วยเป็น dB HL(Hearing Level)

2.1.2 องค์ประกอบของระบบการได้ยิน (Audiology) [1]

หู ทำหน้าที่เกี่ยวกับการได้ยิน และ การทรงตัว แบ่งออกเป็น 3 ชั้น ดังนี้



ภาพที่ 2.1 ลักษณะทางกายวิภาคของหูมนุษย์
(ที่มา : CreationWiki)

2.1.2.1 หูชั้นนอก

- 1) ใบหู (Pinna) ทำหน้าที่ดักและรับเสียงเข้าสู่รูหู
- 2) รูหู (External auditory canal) ทำหน้าที่ขั้บไขมันเหนียวและเหลวมาหล่อเลี้ยงรูหู ซึ่งจะช่วยป้องกันสิ่งแปลกปลอมที่เข้ามาทางรูหูไม่ให้เข้าถึงเยื่อแก้วหูได้ง่าย
- 3) เยื่อแก้วหู อยู่ลึกเข้าไปในส่วนของรูหู กั้นอยู่ระหว่างหูชั้นนอกและหูชั้นกลาง ทำหน้าที่รับแรงสั่นสะเทือนของคลื่นเสียงที่เดินทางเข้ามาทางรูหู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา 3 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.2 หูชั้นกลาง

อยู่ถัดจากเยื่อแก้วหู บรรจุกระดูกเล็กๆ 3 ชิ้นติดต่อกัน คือกระดูกค้อน กระดูกทั่ง และกระดูกโกลน ส่วนล่างของโพรงอากาศตอนปลายของหูชั้นกลางจะมีท่อยูสเตเชียน (Eustachian tube) ซึ่งมีลักษณะเป็นช่องอากาศแคบๆ ทำหน้าที่ปรับความกดอากาศ ข้างในและข้างนอกหูให้มีความสมดุลกัน

2.1.2.3 หูชั้นใน

อยู่ถัดจากกระดูกโกลนเข้ามา หูชั้นนี้ประกอบด้วยอวัยวะที่สำคัญ 2 ส่วน คือ

- 1) ส่วนที่ทำหน้าที่รับเสียง คล้ายหอยโข่ง ภายในมีท่อของเหลวบรรจุอยู่ตามผนังด้านในของท่อมีอวัยวะรับเสียงอยู่ทั่วไป
- 2) ส่วนที่ทำหน้าที่ควบคุมการทรงตัว มีลักษณะเป็นรูปท่อโค้งครึ่งวงกลมเล็กๆ 3 วง ส่วนที่เป็นช่องว่างภายในท่อครึ่งวงกลมนี้ บรรจุด้วยของเหลว ซึ่งจะไปกระตุ้นประสาทรับความรู้สึกเกี่ยวกับการทรงตัวแล้วส่งความรู้สึกไปยังสมอง และจะปรับไปตามความกดดันของอากาศ

2.1.3 กลไกการได้ยิน

การได้ยิน (Hearing) จะเกิดขึ้นได้จะต้องมีพลังงานเสียง มีตัวกลางนำเสียง เช่น อากาศ โดยในหูของมนุษย์ สามารถเปลี่ยนเสียงในอากาศซึ่งเป็นพลังงานกล ให้กลายเป็นสัญญาณประสาทสำหรับส่งไปแปลผลที่สมอง เสียงซึ่งเป็นพลังงานกลจะเดินทางมาตามการสั่นสะเทือนของอากาศมาที่ใบหู ซึ่งทำหน้าที่รวบรวมเสียงให้เข้าช่องหู และ ยังช่วยสะท้อนเพื่อเพิ่มความดังของเสียงในบางความถี่ให้มากขึ้น

เมื่อเสียงเดินทางเข้าสู่ช่องหู ที่ช่องหูมีรูปร่างโค้งและเอียง เพื่อเป็นการป้องกันเยื่อแก้วหูไม่ให้ได้รับบาดเจ็บหรือมีวัสดุภายนอกเข้ามาในหูได้ง่าย และยังเป็นตัวช่วยสะท้อนเสียงให้เสียงที่มีความถี่ในช่วง 3000 - 4000 Hz มีความดังเพิ่มขึ้นประมาณ 10 - 15 เดซิเบล(dB) ซึ่งเป็นความถี่ที่มนุษย์มีความไวต่อการรับมากที่สุด และยังเสียงต่อการสูญเสียการได้ยินเนื่องจากการสัมผัสเสียงดังได้มากที่สุด

2.1.4 ความสามารถของหูในการได้ยินเสียง

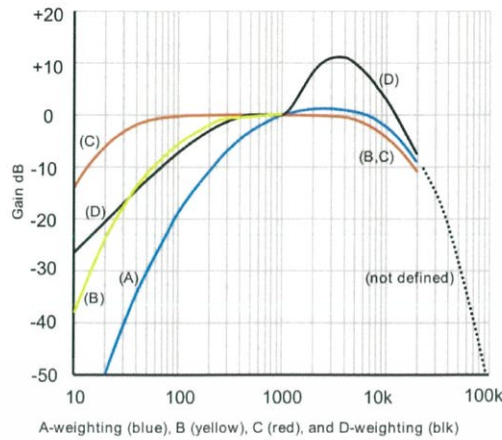
“เสียง” กับ “การได้ยินเสียง” นั้นเป็นสิ่งที่แตกต่างกันตรงที่เสียงเป็นพลังงานที่เกิดขึ้นในสิ่งแวดล้อม แต่ การได้ยิน เป็นกระบวนการซับซ้อน ที่เกิดในร่างกายของมนุษย์หรือสิ่งมีชีวิตหลังจากได้รับเสียง

ระดับความเข้มเสียงที่สูงหรือต่ำนั้น จะทำให้มนุษย์เกิดกระบวนการรับรู้เป็นความดังของเสียง (Loudness) เพื่อประเมินผลของเสียงต่อร่างกายของมนุษย์ เราจำเป็นต้องทำการวัดระดับ “ความดังของเสียง” แต่โดยทั่วไป การวัดระดับความดังของเสียงเป็นสิ่งที่ทำได้ยากกว่าการวัดระดับความเข้มเสียง เนื่องจากความดังของเสียงเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นจากกระบวนการการได้ยินในร่างกายของมนุษย์ซึ่งมีกลไกที่ซับซ้อน และแตกต่างกันไปในแต่ละคน แต่เพื่อให้สามารถทำการวัดความดังของเสียงที่มนุษย์ได้รับโดยประมาณได้จึง มีการพยายามวัดความดังของเสียงเป็นหน่วยที่เรียกว่าเดซิเบลเอ (Decibel A หรือ dB(A) หรือ dBA) ขึ้น

หลักการของการวัดระดับความเข้มเสียงด้วยเครื่องวัดเสียง (Sound level meter) จะมีการปรับระดับการวัดความเข้มเสียงในแต่ละความถี่ให้ไม่เท่ากัน โดยการ ปรับที่นิยมมากที่สุดคือปรับแบบ A-weighting ซึ่งคล้ายคลึงกับความสามารถในการรับเสียงของหูมนุษย์และเป็นหน่วยที่นิยมนำมาใช้ในการบอกความดังของเสียงในสิ่งแวดล้อม และเสียงในสถานประกอบการในงาน อาชีวอนามัยมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา 4 จะต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.2 กราฟเส้นแสดงค่าถ่วงน้ำหนักของระบบ A-,B-,C-และ D-weighting
(ที่มา : wikipedia.org)

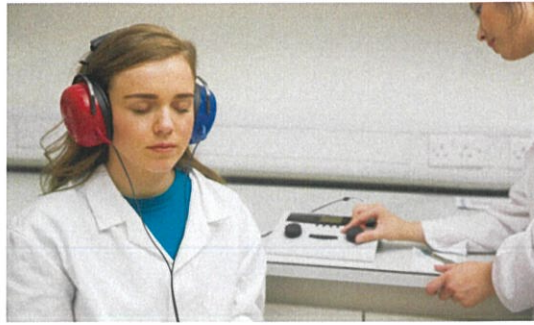
ในการวัดระดับความเข้มเสียงนั้น เรานิยมใช้หน่วย dB SPL เป็นหน่วยหลักที่บอก ระดับความเข้มเสียง แต่ในการวัดระดับความดังของเสียง เรานิยมใช้หน่วย dBA ซึ่งเป็นหน่วยที่ได้จากการวัดระดับความเข้มเสียง โดยใช้การคำนวณแบบลอการิทึมถ่วงน้ำหนักในแต่ละความถี่ที่วัดได้อย่างไม่เท่าเทียมกัน เพื่อให้มีลักษณะใกล้เคียงกับการรับฟังเสียงของมนุษย์

หากพิจารณาความสามารถของหูในการได้ยินเสียง ในแง่ความดังของเสียง นั้นจะเห็นว่าหูของมนุษย์ มีความสามารถในการได้ยินเสียงในช่วงกว้างมาก คือประมาณ 0 – 140 dBA ในคนที่หูดีส่วนใหญ่จะมี ระดับที่เริ่มได้ยิน (Hearing threshold) ที่ความดังตั้งแต่ 0 dBA ส่วนความดังสูงสุดที่หูของมนุษย์รับได้จะอยู่ที่ ประมาณไม่เกิน 140 dBA ถ้าดังมากกว่านี้จะทำให้เกิดการบาดเจ็บของหูขึ้น

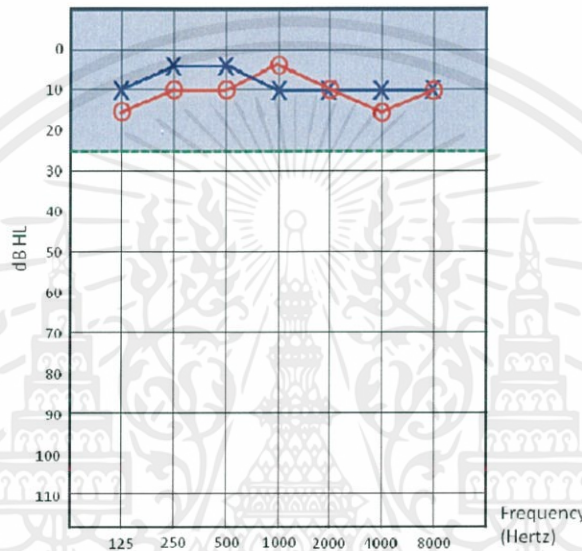
หากพิจารณาในแง่ความถี่ หูของมนุษย์ก็มีความสามารถในการได้ยินเสียงในช่วงความถี่ที่กว้างมาก เช่นกัน คนทั่วไปที่มีการได้ยินปกติจะสามารถได้ยินเสียงในช่วงความถี่ประมาณ 20 – 20,000 Hz ช่วงความถี่ที่หูของมนุษย์ได้ยินชัดเจนดีคือช่วงความถี่ประมาณ 1,000 – 4,000 Hz โดยเฉพาะในช่วงความถี่ 3,000 – 4,000 Hz เป็นช่วงความถี่ที่หูของมนุษย์รับเสียงได้ดีที่สุด สำหรับเสียงพูดของมนุษย์จะเป็นเสียงผสมที่มีความถี่อยู่ในช่วงประมาณ 500 – 3,000 Hz

2.1.5. การตรวจสอบสมรรถภาพการได้ยิน (Hearing test)

วิธีที่เป็นที่นิยมมากที่สุดคือ การตรวจสอบสมรรถภาพการได้ยินด้วยเครื่องตรวจการได้ยิน เป็นการตรวจเพื่อเฝ้าระวังภาวะสูญเสียการได้ยินจากเสียงดังโดยการวัดความสามารถในการได้ยินของหู ทั้ง 2 ข้างด้วยเครื่องตรวจการได้ยิน (audiometer) ที่ปล่อยเสียงบริสุทธิ์ (puretone) ที่มีความถี่แตกต่างกันผ่านหูฟัง (Earphone) มาสู่หูผู้รับการตรวจด้วยการนำเสียงผ่านทางอากาศ (air conduction) หรือ ผ่านกระดูก (bone conduction) เพื่อหาระดับเสียงต่ำสุดที่เริ่มได้ยิน (hearing threshold level) โดยค่าที่ตรวจได้ เมื่อนำมาวาดเป็นกราฟเส้น ให้แกนตั้งเป็นค่าระดับเสียงที่ตรวจได้ มีหน่วยเป็น dB HL และแกนนอนเป็นความถี่ที่ทำการตรวจ มีหน่วยเป็น Hz จะได้กราฟที่เรียกว่า ออดิโอแกรม (Audiogram) ดังภาพที่ 2.4



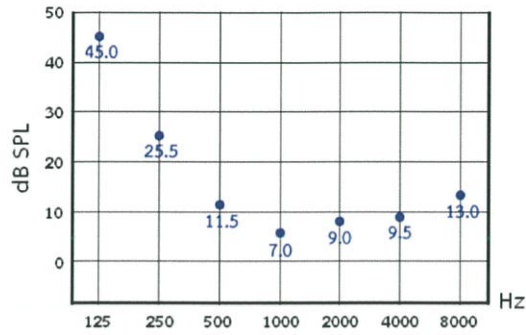
ภาพที่ 2.3 การตรวจการได้ยิน
(ที่มา : Tri-City Audiology)



ภาพที่ 2.4 ตัวอย่างออติโอแกรม
(ที่มา : summacheeva.org)

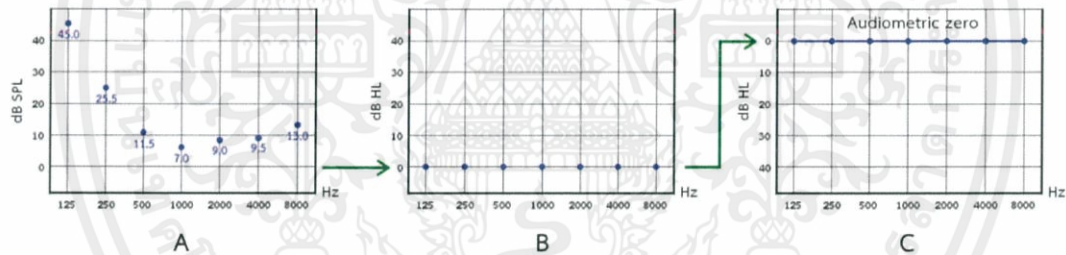
ค่าระดับเสียงต่ำสุดที่ได้ยินนี้จะแปรผันด้วยหลายปัจจัย ทั้งความถี่ของเสียงที่ตรวจ ลักษณะของ การตรวจการได้ยิน เช่น ตรวจแยกหูกันทีละข้างหรือตรวจทั้ง 2 หูพร้อมกัน, ตรวจโดยใช้หูฟัง (Earphone) หรือให้อยู่ในห้องแล้วฟังเสียงจากลำโพงผ่านมาทางอากาศ ที่เรียกว่าการตรวจในสนามเสียง (Sound field), ชนิดของหูฟังที่ใช้ตรวจ (Type of earphone), รวมถึงชนิดของเบาะหูฟังที่ใช้ตรวจ (Type of cushion)

ค่าที่จะนำมาใช้เป็นค่าอ้างอิง (Reference level) ในการเปรียบเทียบส่วนใหญ่นิยม ใช้ค่าที่กำหนดโดยองค์กรผู้ทำหน้าที่กำหนดมาตรฐานต่างๆ ยกตัวอย่าง เช่น องค์กร American National Standards Institute (ANSI) ได้กำหนดค่าอ้างอิงไว้ในมาตรฐาน ANSI S3.6-1996 สำหรับการตรวจด้วย เครื่องตรวจการได้ยิน โดยใช้หูฟังชนิดวางบนหู (Supra-aural) รุ่น Telephonic TDH 39 ดังแสดงในกราฟ ใน ภาพที่ 2.5 การกำหนดค่าอ้างอิงนี้จะต้องกำหนดวิธีการตรวจ รวมถึงชนิดและรุ่นของหูฟังที่ใช้ในการ ตรวจ เอาไว้ด้วย เนื่องจากค่าระดับเสียงต่ำสุดที่ได้ยิน มีการเปลี่ยนแปลงไปได้ตามปัจจัยวิธีการตรวจ ชนิดของหูฟัง และรุ่นของหูฟังได้ตามที่ได้กล่าวไปแล้ว



ภาพที่ 2.5 ค่าอ้างอิงสำหรับหูฟังชนิดวางบนหูรุ่น Telephonic TDH 39
(ที่มา : summacheeva.org)

dB HL (Decibel hearing level) เป็นค่าเดซิเบลที่ได้จากการสมมติให้ค่าระดับเสียงต่ำสุดที่ได้ยินในหน่วย dB SPL กลายเป็นค่า 0 เดซิเบล จะทำให้ค่าอ้างอิงเดิมที่มีค่าไม่เท่ากันในแต่ละความถี่ กลายมาเป็นค่าอ้างอิงใหม่ที่มีจุดเริ่มต้นที่ 0 เดซิเบล เท่ากันหมด ดังนั้นหน่วยที่ได้จะเปลี่ยนจาก dB SPL มาเป็น dB HL แทน ดังภาพที่ 2.6 หน่วย dB HL นี้จะเป็นหน่วยหลักที่ใช้ในการรายงานผลการตรวจสมรรถภาพการได้ยินด้วยเครื่องตรวจการได้ยินในทางปฏิบัติส่วนเส้นกราฟที่ 0 dB HL ที่กลายมาเป็นเส้นอ้างอิงใหม่นี้มีชื่อเรียกว่า “Audiometric zero”



ภาพที่ 2.6 การแปลง Minimum audible curve เป็น Audiogram
(ที่มา : summacheeva.org)

2.1.6 ชนิดของการทดสอบสมรรถภาพการได้ยิน (Audiometry)

2.1.6.1 เครื่องตรวจการได้ยินโดยใช้เสียงบริสุทธิ์(Pure-tone Audiometer)

เป็นการทดสอบการได้ยินโดยใช้เสียงบริสุทธิ์ โดยใช้ เครื่องตรวจการได้ยิน(Audiometer) โดยมีจุดประสงค์เพื่อวัดระดับการสูญเสียการได้ยิน(degree of hearing loss), หาตำแหน่งพยาธิสภาพที่ก่อให้เกิดปัญหาในการได้ยิน โดยแบ่งออกเป็น 2 วิธี ดังนี้

1) การตรวจการได้ยินทางอากาศ(Air-conduction)

เป็นการทดสอบการได้ยินโดยครอบคลุมตั้งแต่หูชั้นนอก ไปยังหูชั้นกลาง หูชั้นใน และประสาทการรับรู้ โดยการป้อนเสียงเข้าไปในช่องหู และพิจารณาการรับรู้เสียงโดยการตอบสนองของผู้ที่ถูกทดสอบ โดยช่วงความถี่ที่ใช้ในการตรวจ คือ 250Hz, 500Hz, 1000Hz, 2000Hz, 4000Hz, 8000Hzระดับความดังที่ใช้เริ่มตั้งแต่ -10dBHL ถึง120 dB HL

2) การตรวจการได้ยินทางกระดูก(Bone-conduction)

เป็นการทดสอบการทำงานของหูชั้นใน โดยจะติดตั้งอุปกรณ์สั่นขนาดเล็ก(vibrator) ไว้ที่ตำแหน่งด้านหลังหู หรือบนหน้าผาก สัญญาณการสั่นสะเทือนจะถูกส่งผ่านกะโหลกศีรษะ เข้าไปยังหูชั้นใน(Cochlea) เป็นการทดสอบที่ไม่ผ่านการทำงานของหูชั้นนอกและหูชั้นกลาง โดยช่วงความถี่ที่ตรวจคือ 500Hz ถึง 4000Hz ระดับความดังที่ใช้เริ่มตั้งแต่ -10dBHL จนถึง 70dB HL

2.1.6.2 เครื่องตรวจการได้ยินโดยเครื่องไฟฟ้า(Impedance Audiometer)

เป็นการทดสอบการทำงานของแก้วหู กระดูกลำเสียงและกล้ามเนื้อชั้นกลาง โดยแบ่งประเภทได้ดังนี้

1) Tympanometer

เป็นการทดสอบการเคลื่อนไหวของเยื่อแก้วหู การทดสอบถูกทำโดยการปิดทางเข้าช่องหูด้วย rubber cuff เปลี่ยนความดันอากาศภายในช่องหู และบันทึกความสามารถในการยืดหยุ่นของ Eardrum ที่ตอบสนองต่อความดันที่เปลี่ยนแปลง ดังภาพที่ 2.7



ภาพที่ 2.7 การตรวจ Tympanometer

ที่มา : Medische Vakhandel

2) Acoustic reflex testing

เป็นการตอบสนองต่อเสียงดัง โดยการหดตัวของกล้ามเนื้อ 2 ส่วนในหูชั้นกลาง เมื่อกล้ามเนื้อเหล่านี้หดตัวกระดูก ossicles จะดึง eardrum กลับเบาๆทำให้ความไวของหูชั้นในมีการป้องกันเสียงที่มีระดับสูงๆได้เล็กน้อย ดังภาพที่ 2.8



ภาพที่ 2.8 การตรวจ Acoustic reflex testing

ที่มา : Inventis- Audiology equipment, 2017

2.1.6.3 เครื่องตรวจการได้ยินโดยใช้คำพูด(Speech audiometer)

เป็นการทดสอบด้วยคำพูดและประโยค แทนที่จะใช้การทดสอบแบบ Pure-tone เพื่อประเมินความรวดเร็วหรือความเข้าใจของเสียงคำพูด โดยมีความจำเป็นสำหรับผู้ที่มีปัญหาในการเข้าใจคำพูดที่ได้ยินในชีวิตประจำวัน

2.1.6.4 เครื่องตรวจการได้ยินโดยการกระตุ้นเสียงในหูชั้นใน(Oto-Acoustic Emission Audiometer)



ภาพที่ 2.9 การตรวจ OAEs

ที่มา : MERZ Medizintechnik, 2010

เป็นการตรวจวัดระดับเสียงสะท้อนจากหูชั้นใน โดยเป็นการทดสอบชนิด Oto-acoustic emission(OAEs) วิธีการทดสอบคือจะวางprobe เล็กๆไว้ในช่องหู เพื่อกระตุ้นcochlea เซลล์ขนด้านนอกจะเกิดการสั่น และสัญญาณสะท้อนผ่านหูชั้นกลางและเสียงที่สะท้อนกลับมามีความถี่ที่ช่องหู ผลตอบรับจากการกระตุ้นเสียง หากมีเสียงสะท้อนเกิดขึ้นแสดงว่าการได้ยินของผู้ถูกทดสอบปกติ แต่หากไม่มีเสียงสะท้อนแสดงว่าอาจมีการสูญเสียการได้ยิน

การทดสอบนี้จะถูกใช้เพื่อทดสอบเด็กแรกคลอดในลักษณะ Screening test วิธีการทดสอบนี้จะสามารถตรวจสอบสิ่งกีดขวางในช่องหู ของเหลวในชั้นกลาง หรือความเสียหายของเซลล์ขนในcochlea และมักจะใช้ในการทดสอบในเด็กที่มีพัฒนาการล่าช้าที่ไม่สามารถสังเกตได้จากการโต้ตอบทางพฤติกรรม ดังภาพที่ 2.9

2.1.6.5 เครื่องตรวจการได้ยินโดยวัดคลื่นไฟฟ้าทางสมอง(Electric Response Audiometer: ERA)

การทดสอบนี้บ่อยครั้งจะถูกใช้เพื่อทดสอบเด็กแรกคลอดในลักษณะ Screening และมักใช้สำหรับตรวจการได้ยินในเด็กที่มีพัฒนาการล่าช้าที่ไม่สามารถสังเกตจากการตอบสนองทางพฤติกรรมได้

วิธีการทดสอบ Auditory Brainstem Response(ABR) คือจะติดตั้ง Electrods บนศีรษะและบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมองที่ตอบสนองต่อเสียงที่กระตุ้นเข้าไป ผู้ที่ถูกทดสอบจะต้องทดสอบภายใต้สภาวะแวดล้อมที่เงียบหรือ อยู่ในสภาวะหลับ ดังภาพที่ 2.10



ภาพที่ 2.10 การตรวจ Auditory Brainstem Response
ที่มา : Profoundly Strong ,2013

2.1.7 มาตรฐานอ้างอิงที่เกี่ยวข้อง [2]

2.1.7.1 IEC 60645 series — เครื่องมือการทดสอบ

IEC 60645-1:2012 ;Electroacoustics — Audiometric equipment - Part 1 :เครื่องมือการสอบเทียบการตรวจการได้ยินสำหรับ Pure-tone audiometry

2.1.7.2 IEC 60318; Electroacoustics — อุปกรณ์ประกอบทดแทนหูมนุษย์(หูเทียม)

1) IEC 60318-1:2009 ;Part 1 :Ear simulator for the measurement of supra-aural and circumaural earphones

2) IEC 60318-3:2014 ;Part 3 :Acoustic coupler for calibration of supra-aural earphones used in audiometry

3) IEC 60318-4:2010 ;Part 4 : Occluded-ear simulator for the measurement of earphones coupled to the ear by means of ear inserts

4) IEC 60318-5:2014 ;Part 5 : 2 cm^3 coupler for the measurement of hearing aids and earphones coupled to the ear by means of ear inserts

5) IEC 60318-6:2007 ;Part 6 : Mechanical coupler for the measurement of bone vibrators

2.1.7.3 ISO 389; Acoustics — Reference zero for the calibration of audiometric equipment-series

1) ISO 389-1:2017 ;Part 1 :Reference equipment threshold sound pressure levels for pure tones and supra-aural earphones

2) ISO 389-2:1994 ;Part 2 :Reference equipment threshold sound pressure levels for pure tones and insert earphones

3) ISO 389-3:2016 ;Part 3 :Reference equipment threshold sound pressure levels for pure tones and bone vibrator

4) ISO 389-4:1994 ;Part 4 :Reference levels for narrow-band masking noise

5) ISO 389-5:2006 ;Part 5 :Reference equipment threshold sound pressure levels for pure tones in frequency range 8kHz to 16kHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 10 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6) ISO 389-8:2004 ;Part 8 :Reference equipment threshold sound pressure levels for pure tones and circumaural earphones

2.1.7.4 ISO 8253; Acoustics — Audiometric test methods - series

ISO 8253-1:2010 ;Part 1 :Pure-tone air and bone conduction audiometry

2.1.8 ประเภทของเครื่องตรวจการได้ยินชนิด Pure-tone

ตามมาตรฐาน IEC 60645-1(P.12,13) มีทั้งหมด 4 ประเภท แสดงในภาคผนวก ก

2.1.9 ชนิดของ Transducer(หูฟัง) สำหรับ pure-tone audiometer

Transducer ทำหน้าที่แปลงสัญญาณไฟฟ้า (voltage) เป็นความดันเสียง (Sound pressure) สำหรับการสอบเทียบเครื่องตรวจการได้ยิน จะมีเอกลักษณ์ คือบริเวณหูฟังจะมีการบ่งบอกสีของด้านการสวมใส่ ตรงที่หูฟังด้านขวาจะมีสีแดง ส่วนด้านซ้ายจะมีสีน้ำเงิน โดยTransducer สามารถแบ่งตามชนิด Conduction Audiometry ได้ดังนี้

2.1.9.1 Transducer ชนิด Air conduction



a -Supra-aural earphone

b -Circumaural earphone

c -Insert earphone

ภาพที่ 2.11 Transducer ชนิด Air conduction

ที่มา : studio-amg

1) Supra-aural earphones

จะไม่มีการตัดเสียงรบกวนรอบข้าง และมักหลุดง่าย ไม่ได้ครอบคลุมทั้งใบหู ตัวอย่างเช่น Telephonics TDH 39 (ภาพที่ 2.11-a) ,Beyer DT48, Sennheiser HDA280 เป็นต้น

2) Circumaural earphone

มีลักษณะแบบครอบทั้งใบหู หรือแนบบนใบหู และสวมใส่สบาย ตัวอย่างเช่น Sennheiser HDA 200 (ภาพที่ 2.11-b)

3) Insert earphone

หูฟัง Insert เป็นหูฟังที่มีขนาดเล็กที่สุด และไม่ได้ครอบคลุมหู โดยการใส่หูฟังจะใส่เข้าไปในช่องหู ตัวอย่างเช่น Etymotic Research ER-2 (ภาพที่ 2.11-c)

2.1.9.2 Transducer ชนิด Bone conduction

Bone vibrator(ภาพที่ 2.12) เป็นอุปกรณ์สั่นขนาดเล็กที่จะติดไว้ที่ตำแหน่งหลังหู หรือบนหน้าผาก โดยจะสั่นผ่านกะโหลกศีรษะไปยังหูชั้นใน



ภาพที่ 2.12 Bone vibrator
(ที่มา : Echodia store)

2.1.10 ไมโครโฟน (Microphone)

เป็น Transducer ทำหน้าที่แปลงความดันเสียง (Sound pressure) เป็นสัญญาณไฟฟ้า (Voltage) ชนิดที่ใช้สำหรับการสอบเทียบเครื่องตรวจการได้ยิน มี 3 ชนิด ดังนี้

2.1.10.1 WS1P

คือไมโครโฟนที่มีระดับความแม่นยำ (Accuracy) Working Standard ขนาด 1 นิ้ว

2.1.10.2 WS2P

คือไมโครโฟนที่มีระดับความแม่นยำ (Accuracy) Working Standard ขนาด 1/2

นิ้ว

2.1.10.3 LS1P

คือไมโครโฟนที่มีระดับความแม่นยำ (Accuracy) Laboratory Standard ขนาด 1 นิ้ว แตกต่างกับ Working Standard คือจะไม่ใส่ protection grid แต่จะใส่ Adapter ring แทน

** P ย่อมาจาก Pressure field

2.1.11 หูเทียม (Artificial ear)

อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการวัดเสียงที่กำเนิดโดยหูฟัง (Earphone) โดยใช้คู่กับไมโครโฟน แบ่งตามชนิด Artificial Ear ตามมาตรฐาน IEC 60318 ได้ดังนี้



a - Ear simulator

b- Acoustic coupler

c -Occluded-ear simulator

ภาพที่ 2.13 ตัวอย่าง Artificial Ear

ที่มา : bksv.com

2.1.11.1 Ear Simulator (IEC 60318-1) แสดงดังภาพที่ 2.13-a

1) คุณสมบัติ และ เงื่อนไขการใช้งาน

สามารถใช้กับ Supra-aural earphone และ Circumaural earphone โดยแบ่งตามความถี่ได้เป็น 2 กรณี ดังนี้

ตารางที่ 2.1 แสดงความสัมพันธ์ของคุณสมบัติและเงื่อนไขการใช้งานในกรณีที่มีความถี่แตกต่างกัน

	ความถี่ต่ำกว่า 10kHz	ความถี่สูงกว่า 10kHz
ค่า acoustic impedance	มีค่าใกล้เคียงกับหูคน	มีค่าไม่ใกล้เคียงกับหูคน
ประเภท Microphone	WS2P	LS2P
Uncertainty ของไมโครโฟน	ที่ความถี่ 20Hz ถึง 10kHz ไม่น้อยกว่าเท่ากับ 0.2 dB	ที่ความถี่ 10kHz ถึง 16kHz ไม่น้อยกว่าเท่ากับ 0.5 dB

2) การจัดวาง Transducer บน Ear simulator

Supra-aural earphone

- Earphone จะต้องวางที่บนขอบด้านบน
- แรงที่ใช้กด earphone จะต้องประมาณ $4.5 \pm 0.5N$ (ไม่รวมน้ำหนักของ earphone) ถ้าใช้แรงในการกดแตกต่างจากนี้จะต้องระบุไว้
- ไม่ควรมีเสียงรบกวนออกมา

Circumaural earphone

- Earphone จะต้องวางให้สมมาตรบน ear simulator
- ถ้าใช้ earphone คู่กับ cushion ที่ไม่สมมาตรทางผู้ผลิตจะต้องแจ้งวิธีการ
- แรงที่ใช้กด earphone จะต้องแจ้งโดยผู้ผลิต

2.1.11.2 Acoustic Coupler (IEC 60318-3) แสดงดังภาพที่ 2.13-b

1) คุณสมบัติ และ เงื่อนไขการใช้งาน

ใช้สำหรับวัด Supra-aural earphone ที่ความถี่ 125Hz ถึง 8kHz ค่า sound pressure ที่กำเนิดโดย earphone ที่ถูกวัดโดย Acoustic coupler จะมีค่า Acoustic impedance ไม่เหมือนกับค่าที่ประกบเข้ากับหูคน โดยใช้สำหรับหาค่า Reference Equivalent Threshold Sound Pressure Level (RETSPL) ในการสอบเทียบเครื่องตรวจการได้ยิน ใช้คู่กับไมโครโฟนประเภท LS1P โดยมีค่า Uncertainty ของไมโครโฟน ≤ 0.2 dB

2) การจัดวาง Transducer บน Acoustic Coupler

Earphone จะต้องวางที่บนขอบด้านบน แรงที่ใช้กดจะต้องประมาณ $4.5 \pm 0.5N$ (ไม่รวมน้ำหนักของ earphone) ถ้าใช้แรงในการกดแตกต่างจากนี้จะต้องระบุไว้ และไม่ควรมีเสียงรบกวนออกมา

2.1.11.3 Occluded-ear simulator (IEC 60318-4) แสดงดังภาพที่ 2.13-c

คุณสมบัติ และ เงื่อนไขการใช้งาน

ใช้สำหรับการวัด Insert earphone ที่ความถี่ 100Hz ถึง 10kHz จะมีค่า Acoustic impedance ใกล้เคียงกับหูมนุษย์ มีคุณสมบัติเป็น Ear simulator ส่วนที่ความถี่ 20Hz ถึง 100Hz และ 10kHz ถึง 16kHz จะมีค่า Acoustic impedance ไม่ใกล้เคียงกับหูมนุษย์ มีคุณสมบัติเป็น Acoustic coupler

ใช้คู่กับ Microphone ประเภท WS2P (ไม่ใช่ protection grid) โดยค่า Uncertainty ของไมโครโฟนช่วงความถี่ 20Hz ถึง 10kHz ≤ 0.3 dB และ ความถี่ที่สูงกว่า 10kHz ≤ 0.5 dB

2.1.11.4 2cc Coupler (IEC 60318-5)



ภาพที่ 2.14 ตัวอย่าง 2cc Coupler

ที่มา : bksv.com

คุณสมบัติ และ เงื่อนไขการใช้งาน

ใช้สำหรับการวัด Insert earphone ที่ความถี่ 125Hz ถึง 8kHz และใช้คู่กับ Microphone ประเภท WS1P (ไม่ใช่ทั้ง protection grid และ adapter ring) โดยค่า Uncertainty ของไมโครโฟน $\leq 0.2\text{dB}$

2.1.11.5 Mechanical Coupler หรือ Artificial Mastoid (IEC 60318-6)



ภาพที่ 2.15 ตัวอย่าง Mechanical coupler

ที่มา : bksv.com

คุณสมบัติ และ เงื่อนไขการใช้งาน

ใช้สำหรับการวัด Bone vibrator ที่มีความถี่ 125Hz ถึง 8kHz โดยที่ Bone vibrator และ Mechanical coupler จะต้องทำงานภายใต้อุณหภูมิ $23^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}, 50\% \pm 20\%$

Bone vibrator จะต้องวางบนจุดกึ่งกลางและตั้งฉากกับ visco-elastic dome ของ mechanical coupler โดยใช้แรงกด earphone ประมาณ $5.4\text{N} \pm 0.5\text{N}$ (รวมน้ำหนักของ vibrator)

2.1.12 การสอบเทียบเครื่องตรวจการได้ยินชนิด Pure-tone

ตามมาตรฐาน ISO 8253-1:2010 แบ่งวิธีการสอบเทียบได้ 3 stage ดังนี้

- 1) Stage A: routine checking and subjective tests จะทำทุกสัปดาห์
- 2) Stage B: periodic objective checks จะทำทุก 3 เดือน-12 เดือน
- 3) Stage C: basic calibration test จะทำทุก 5 ปี เป็นการทดสอบค่าความถูกต้อง (type approval test) หรือ ประเมินรูปแบบของเครื่องตรวจการได้ยิน(pattern evaluation test)

2.1.12.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

- 1) เครื่องตรวจการได้ยิน (Audiometer)
- 2) Artificial Ear (Ear simulator/Acoustic coupler และ Mechanical coupler)

- 3) Transducer (air conduction หรือ bone conduction)
- 4) Microphone (WS1P/ WS2P/LS1P)
- 4) Sound Calibrator หรือ Pistonphone
- 5) แรงกด 4.5 N หรือตุ้มน้ำหนักประมาณ 459 หรือตามที่คุณผลิตกำหนด
- 6) เครื่องวัดระดับความดันเสียง (Sound Level meter)
- 7) Band pass filter
- 8) Distortion meter
- 9) Frequency counter

2.1.12.2 สภาวะแวดล้อมในการทดสอบ

- 1) อุณหภูมิ (Temperature) : $(23.0 \pm 3.0) ^\circ\text{C}$
- 2) ความชื้น (Relative Humidity) : $(50 \pm 15) \%rH$
- 3) ความดัน (Pressure) : $(101.3 \pm 1.5) \text{ kPa}$

2.1.12.4 ขั้นตอนการสอบเทียบและการพิจารณาผลการวัด

ตามมาตรฐาน ISO 8253-1:2010 - periodic objective checks โดยstage นี้ประเทศไทยใช้ในปัจจุบัน และในโครงการนี้ได้ใช้stage นี้เช่นกัน โดยจะมีหัวข้อในการสอบเทียบแบ่งออกได้เป็น 6 หัวข้อ ดังนี้

- 1) ความถี่ของสัญญาณเสียง (The frequency of test signals)

ขั้นตอนการสอบเทียบ

- 1.1) ทำการวัดที่ระดับ Hearing Level 70 dB หรือที่สูงกว่า

Background noise

- 1.2) ทำการวัดจนครบทุกความถี่ (frequency)

- 1.3) เปรียบเทียบค่าที่วัดได้กับค่าที่กำหนดบนเครื่องตรวจการ

ได้ยิน(Audiometer) โดยค่าความเบี่ยงเบนความถี่ (Deviated value) จะต้องไม่เกิน tolerance limit ดังที่แสดงไว้ในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประเภทของเครื่องตรวจการได้ยินชนิด Pure-tone กับค่า tolerance limit

ประเภทเครื่องตรวจการได้ยิน	Tolerance (% of stated value)
Type 1 และ 2	± 1.5 %
Type 3 และ 4	± 2.5 %
Continuous sweep frequency	± 5.5 %

วิธีการคำนวณหาค่า Deviated value มีสมการดังนี้

$$\text{Deviated value} = \frac{|F_{Set} - F_{Mea}|}{F_{Set}} \times 100$$

โดยที่ F_{Set} : ความถี่ที่ตั้งไว้บนเครื่อง Audiometer (Hz)
 F_{Mea} : ความถี่ที่วัดได้ โดยอ่านได้จากเครื่อง Sound analyzer (Hz)

2) ระดับความดันเสียง (The sound pressure level)

ขั้นตอนการสอบเทียบ

2.1) ทำการวัดที่ hearing level 70 dB(HL) หรือ ระดับ Maximum Hearing ที่มีบนเครื่องตรวจการได้ยินโดยพิจารณาเลือกวัดระดับที่ต่ำกว่า

2.2) ทำการวัดทุกความถี่ (Frequency)

2.3) เปรียบเทียบระดับ hearing level ระหว่างค่าที่กำหนดไว้บนเครื่องตรวจการได้ยินกับค่าที่วัดได้จาก earphone คู่กับ artificial ear โดยค่าความเบี่ยงเบนความถี่ (Deviated value) จะต้องไม่เกิน tolerance limit ของ sound pressure level accuracy ดังที่แสดงไว้ในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความถี่กับค่า tolerance limit สำหรับ Sound pressure level ชนิด Air conduction

Frequency (Hz)	Tolerance (dB)
125 ถึง 400	≤(± 3.7)
> 400 ถึง 8000	≤(± 6.2)
>8000	≤(± 6.5)

การพิจารณาผลการวัด Sound pressure level มีสมการดังนี้

$$\Delta \text{dB HL} = (\text{SPL} - \text{RETSPL}) - \text{Indicated value}$$

โดยที่ $\Delta \text{dB HL}$: ระดับความแตกต่างระหว่างระดับ hearing level ที่วัดได้กับระดับที่แสดงบนเครื่อง audiometer

- SPL : ระดับความดันเสียงที่วัดได้ โดยอ่านได้บนเครื่อง Sound analyzer (dB)
 RETSPL : Reference equivalent threshold sound pressure level (dB) มาจากค่ามาตรฐาน ISO 389 ของ artificial ear ร่วมกับชนิดของ Transducer ที่ใช้สามารถดูได้จากภาคผนวก ข
 Indicated value : ตัวเลขแสดงระดับเสียงที่ปรับตั้งค่าบนเครื่อง Audiometer (dB HL)

3) The vibratory force levels (สำหรับ Bone vibrator)

ขั้นตอนการสอบเทียบ

- 3.1) ทำการวัดที่ hearing level 30 dB(HL) หรือ ระดับ Maximum Hearing ที่มีบนเครื่องตรวจการได้ยินโดยพิจารณาเลือกวัดระดับที่ต่ำกว่า
 3.2) ทำการวัดทุกความถี่ (Frequency)
 3.3) เปรียบเทียบระดับ hearing level ระหว่างค่าที่กำหนดไว้บนเครื่องตรวจการได้ยินกับค่าที่วัดได้จาก earphone คู่กับ artificial ear โดยค่าความเบี่ยงเบนความถี่ (Deviated value) จะต้องไม่เกิน tolerance limit ดังที่แสดงไว้ในตารางที่ 2.4
 ตารางที่ 2.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความถี่กับค่า tolerance limit สำหรับ Sound pressure level ชนิด Bone conduction

Frequency (Hz)	Tolerance (dB)
250 ถึง 4000	$\leq (\pm 5.5)$
> 4000	$\leq (\pm 7.0)$

การพิจารณาผลการวัด Vibrator force level มีสมการดังนี้

$$\Delta \text{dB HL} = (\text{Force level} - \text{RETVFL}) - \text{Indicated value}$$

โดยที่ $\Delta \text{dB HL}$: ระดับความแตกต่างระหว่างระดับ hearing level ที่วัดได้กับระดับที่แสดงบนเครื่อง audiometer

Force level : ระดับความดันเสียงที่วัดได้ โดยอ่านได้บนเครื่อง Sound analyzer (dB)

RETVFL : Reference equivalent threshold vibratory force level (dB) มาจากค่ามาตรฐาน ISO 389 ของ artificial ear ร่วมกับชนิดของ Transducer ที่ใช้สามารถดูได้จากภาคผนวก ข

Indicated value : ตัวเลขแสดงระดับเสียงที่ปรับตั้งค่าบนเครื่อง Audiometer (dB HL)

4) The levels of masking noise

ขั้นตอนการสอบเทียบ

4.1) ทำการวัด masking noise level ผ่าน ear simulator หรือ acoustic coupler โดยวัดที่ระดับเสียง 70 dB(HL)

4.2) วัดด้วย Function Slow(S) time -weighted และ Z frequency-weighted

4.3) ทำการวัดทุกความถี่ที่มีบนเครื่อง audiometer

4.4) โดยค่าความเบี่ยงเบนความถี่ (Deviated value) จะต้องไม่เกิน tolerance limit ของ masking noise accuracy ดังที่แสดงไว้ในตารางที่ 2.5 ตารางที่ 2.5 แสดงค่า tolerance limit ของ masking noise level accuracy

Tolerance (dB)
$\leq +6, -4$

การพิจารณาผลการวัด accuracy of masking noise level มีสมการดังนี้

$\Delta\text{dB} = \text{masking noise level} - (\text{RETSPL} + \text{Ref. Level} + \text{Indicated value})$
โดยที่ masking noise: ระดับเสียงของ masking noise ที่วัดได้ (dB)
RETSPL : ค่า RETSPL (dB) ของ Artificial ear ร่วมกับชนิดของ Transducer ที่ใช้ มาจากค่ามาตรฐาน ISO 389 สามารถดูได้จากภาคผนวก ข
Ref. Level. : Reference level for narrow band masking noise มาจากมาตรฐาน ISO 389-4 (dB) สามารถดูได้จากภาคผนวก ข
Indicated value : ตัวเลขแสดงระดับเสียงที่ปรับตั้งค่าบนตัวเครื่อง audiometer (dB)
Hearing level : masking noise level - RETSPL - Ref. Level

5) The attenuator steps หรือ Accuracy of control (ความแม่นยำของการควบคุมระดับการได้ยิน)

ขั้นตอนการสอบเทียบ

5.1) ทำการวัดทุกระดับเสียงที่มีบนเครื่อง audiometer ด้วยความถี่เดียวกัน

5.2) พิจารณาค่าความแตกต่างระหว่างระดับของสัญญาณที่อยู่ติดกัน

5.3) นำค่าที่วัดได้มา คำนวณหาค่าความแตกต่างระหว่าง level ที่อยู่ติดกัน เทียบกับค่าความแตกต่างของค่าที่แสดงบนเครื่อง audiometer ในระดับที่อยู่ติดกัน โดยค่าความเบี่ยงเบนความถี่ (Deviated value) จะต้องไม่เกิน tolerance limit ดังที่แสดงไว้ในตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 แสดงค่าความสัมพันธ์ tolerance limit ระหว่างค่าความแตกต่างที่วัดได้ กับค่าความแตกต่างระหว่างระดับเสียงที่อยู่ติดกัน

Setting level (dB HL)	Tolerance (dB)
-10 dB HL ถึง 0 dB HL	1.5
0 dB HL ถึง 45 dB HL	1.4
45 dB HL หรือ มากกว่า	1.2

การพิจารณาผลการวัดของ level control accuracy มีสมการดังนี้

$$\text{Tolerance limit หรือ } 0.3|\Delta\text{setting level}| \geq |\Delta\text{Measured level}| - |\Delta\text{setting level}|$$

โดยที่ $\Delta\text{Measured level}$: ความแตกต่างระดับเสียงที่วัดได้ ในระดับที่อยู่ติดกัน

$\Delta\text{setting level}$: ความแตกต่างของระดับเสียงที่ตั้งค่าได้บนเครื่อง audiometer ในระดับที่อยู่ติดกัน

6) The harmonic distortion

ขั้นตอนการสอบเทียบ

6.1) ทำการวัด output level ผ่าน ear simulator , acoustic coupler หรือ mechanical coupler

6.2) ทำการวัด total harmonic distortion ที่ระดับ hearing level ที่กำหนดไว้ในตารางตามช่วงความถี่ต่างๆ

6.3) ค่าที่วัดได้จะต้องไม่เกินค่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 2.7 และ 2.8

ตารางที่ 2.7 แสดงค่าความสัมพันธ์ total harmonic distortion ระหว่างช่วงความถี่ กับค่าระดับเสียงของ ear simulator หรือ acoustic coupler

Maximum permissible acoustic total harmonic distortion						
Transducer type	Supra aural earphone			Circumaural and insert earphone		
	Frequency range (Hz)	125 to 200	250 to 400	500 to 8000	125 to 200	250 to 400
Hearing level ^a	75	90	110	65	80	100
Total harmonic distortion (%)	3	3	3	3	3	3
<i>a</i> or maximum output level of the audiometer, whichever is lower						

ตารางที่ 2.8 แสดงค่าความสัมพันธ์ total harmonic distortion ระหว่างช่วงความถี่ กับค่าระดับเสียงของ mechanical coupler

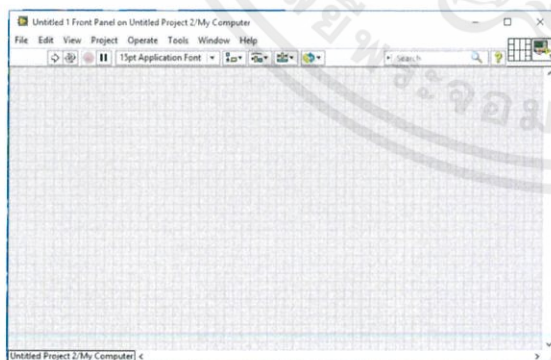
Maximum permissible acoustic total harmonic distortion For bone vibrators			
Frequency range(Hz)	125 to 200	250 to 400	500 to 8000
Hearing level(dB)	20	50	60
Total harmonic distortion (%)	6	6	6

2.2 การเขียนโปรแกรม LabVIEW เบื้องต้น [3],[4]

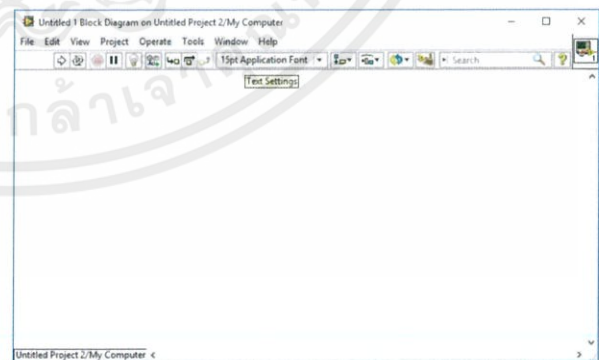
2.2.1 ที่มา

โปรแกรม LabVIEW เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา Application โดยย่อมาจาก Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench เป็นการเขียนโปรแกรมโดยใช้รูปในการพัฒนา (Graphical-based Programming) ซึ่งจะแตกต่างจากแนวคิด Text based Programming ตรงที่ Text-based จะทำงานจากบนลงล่าง เช่น C/C++, Visual C++, Visual Basic ส่วน LabVIEW จะทำงานแบบ Dataflow ซึ่งจะทำงานเป็น Node โดย Node ใดๆ จะทำงานก็ต่อเมื่อ Node นั้นมี Input ทุกตัวครบ โดยเน้นทำงานติดต่อเครื่องมือหรือทรานสดิวเซอร์ (Transducer) ที่วัดสัญญาณทางกายภาพต่างๆ เก็บและบันทึกข้อมูลในฐานข้อมูล (Database) และในอุตสาหกรรมได้นำ LabVIEW มาประยุกต์ใช้ทำงานกับงานวัดควบคุมระบบและ Automation

โปรแกรมที่พัฒนาด้วย LabVIEW จะเรียกว่า Visual Instrument (VI) ซึ่งหมายถึง เครื่องมือวัดเสมือน ที่ได้ทำการสร้างขึ้นบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ มีนามสกุลเป็น .vi ซึ่งไฟล์นี้จะประกอบด้วยหน้าต่างที่สามารถเขียนโปรแกรมให้แสดงผลโดยมีส่วน Front Panel (User Interface) และ Block Diagram



A - Front Panel

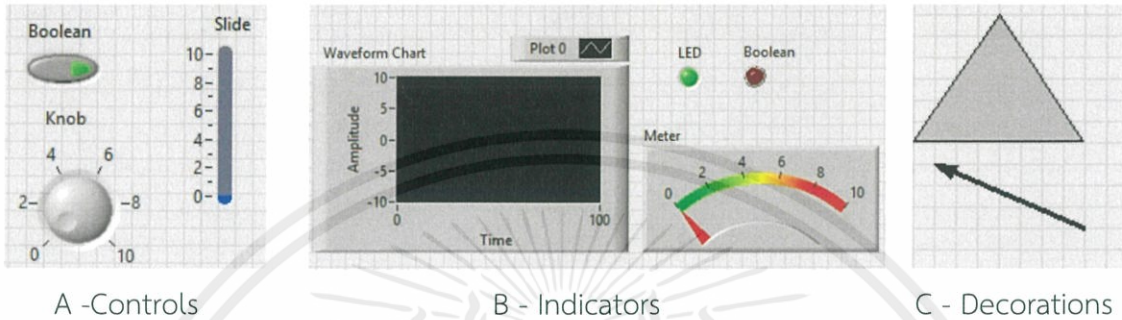


B - Block Diagram

ภาพที่ 2.16 รูปแบบหน้าต่างของโปรแกรม LabVIEW

2.2.2 Front Panel

Front Panel (ดังภาพที่ 2.16A) หน้าต่างนี้พื้นจะเป็นตารางสีเทา เป็นส่วนที่ใช้แสดง สัญลักษณ์ของอุปกรณ์เพื่อติดต่อกับผู้ใช้งาน ใช้สำหรับใส่ค่า (Input) และแสดงผล (Output) ของตัวโปรแกรมที่สร้างขึ้นมา โดยวัตถุ หรือที่เรียกว่า Object ที่อยู่บน Front Panel มีอยู่ 3 ประเภท คือ



ภาพที่ 2.17 แสดง Object ที่อยู่บน Front Panel

1) Controls

คือ รับค่าจากผู้ใช้งาน (Input) ซึ่งผู้ใช้งานสามารถพิมพ์ค่าลงไป หรือใช้เมาส์คลิกเพื่อเปลี่ยนแปลงค่าได้ เช่น ปุ่มหมุน, ปุ่มเลื่อน, ปุ่มสวิตช์ เป็นต้น ดังแสดงตามภาพที่ 2.17A

2) Indicators

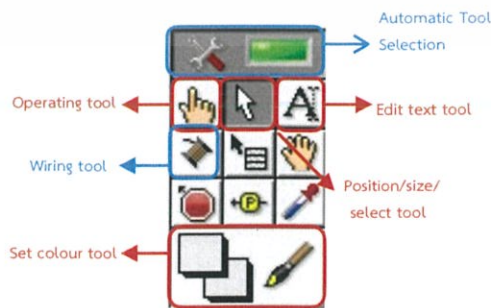
คือ ใช้แสดงค่าเท่านั้น (Output) ผู้ใช้งานไม่สามารถแก้ไขค่าบน Front Panel ได้ เช่น กราฟ, มิเตอร์, หลอดไฟ เป็นต้น ดังแสดงตามภาพที่ 2.17B

3) Decorations

คือ Object ที่ไม่เกี่ยวข้องกับโปรแกรม และโค้ดบน Block Diagram เลย แต่มีไว้เพื่อความสวยงามเป็นระเบียบของ Front Panel เท่านั้น ดังแสดงตามภาพที่ 2.17C

โดยที่ตัว Control และ Indicator ที่ถูกนำมาใช้ใน Front Panel ซึ่งจะมีจุดต่อเชื่อมปรากฏอยู่ที่ Block diagram ด้วย เมื่อโปรแกรมเริ่มทำงานตัว Control ที่ Front Panel จะส่งข้อมูลผ่านไปยัง Block diagram และตัว Output ก็ส่งค่าจาก Block diagram กลับมาแสดงผลที่ Front panel ผ่านตัว Indicator ที่กำหนดไว้

Tool Palette (ภาพที่ 2.18) สำหรับการออกแบบ Front Panel คือเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรม



ภาพที่ 2.18 Tool palette

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา 22 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

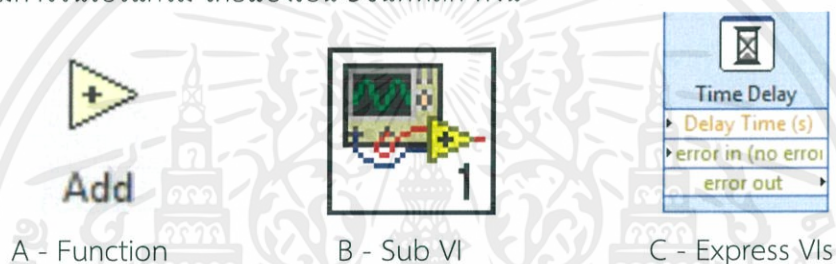
2.2.3 Block Diagram

Block Diagram (ดังภาพที่ 2.16B) หน้าต่างเป็นพื้นสีขาว เป็นส่วนที่ใช้สำหรับเขียนตัวโค้ด “Source code” เป็นกราฟิกที่เรียกกันว่า ภาษา G (Graphical Programming) ซึ่ง Block Diagram นี้ถือเป็น Executable Program คือสามารถที่จะทำงานได้ทันที และมีการตรวจสอบความผิดพลาดตลอดเวลา ทำให้ง่ายต่อการใช้งานสามารถที่จะดูรายละเอียดความผิดพลาด

ส่วนประกอบภายใน Block Diagram นี้จะประกอบไปด้วย ฟังก์ชัน ค่าคงที่ ตัวควบคุมการทำงานหรือโครงสร้าง จะใช้วิธีการเชื่อมต่อสัญลักษณ์ของอุปกรณ์แต่ละตัวเข้าด้วยกัน แทนการเขียนโค้ดคำสั่ง อาจกล่าวได้ว่า LabVIEW ให้หลักการเกี่ยวกับการเขียน Flow chart เพื่อกำหนดทิศทางการไหลของข้อมูลระหว่าง Block เหล่านั้น ทำให้ข้อมูลได้รับการประมวลผลตามที่ต้องการและแสดงผลออกมาให้แก่ผู้ใช้

Block Diagram Node

Node คือรูป Icon ที่อยู่บน Block diagram ซึ่งมี Input และ output และจะทำงานเมื่อมีการรันโปรแกรม โดยแบ่งเป็น 3 ชนิดหลัก ดังนี้



ภาพที่ 2.19 Icon ที่แสดงใน Block Diagram

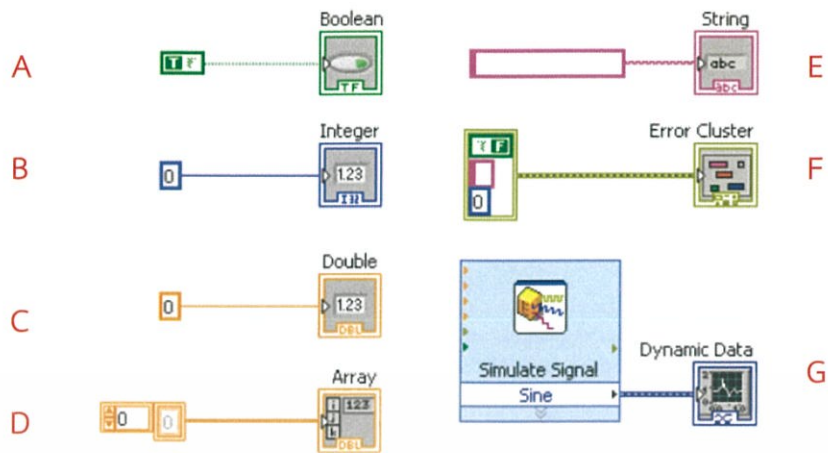
1) Function คือ Node ที่มีหน้าที่พื้นฐานของคอมพิวเตอร์ ซึ่งเราไม่สามารถที่จะเข้าไปดูรายละเอียดภายในได้อีก เช่น การบวก การคูณ แสดงดังภาพที่ 2.19A

2) Sub VI หรือในภาษาซอฟต์แวร์อาจจะเรียกว่า Subroutine หรือ subprogram คือโปรแกรมย่อยที่ถูกเขียนขึ้นมาเพื่อถูกนำมาเรียกใช้ในอีกโปรแกรมหนึ่ง แสดงดังภาพที่ 2.19B

3) Express VIs มี Icon เป็นพื้นหลังสีฟ้าขนาดใหญ่ เป็น SubVIs ประเภทพิเศษคือเมื่อเราเลือก Express VI มาวางบน Block diagram มันจะปรากฏหน้าต่าง Configuration ขึ้นมาเพื่อป้อนค่า parameter แสดงดังภาพที่ 2.19C

2.2.4 ประเภทของข้อมูล(Data Type)

ในการเขียนโปรแกรมต่างๆไปจะต้องมีการประกาศตัวแปรก่อนที่จะใช้ตัวแปรนั้น แต่ LabVIEW มันจะจัดการเอง ผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องทำเองเพียงแค่เลือกประเภทข้อมูลที่ต้องการมาใช้ได้เลย ซึ่งแต่ละรูปแบบของข้อมูลจะมีสีของ wiring ต่างกันขึ้นอยู่กับประเภทของข้อมูล โดยประเภทของข้อมูลแบ่งได้เป็น 6 ชนิดดังนี้ คือ



ภาพที่ 2.20 ประเภทของข้อมูล

2.2.4.1 Numeric

คือข้อมูลประเภทตัวเลข มีทั้งจำนวนเต็มซึ่งใน Block Diagram จะเห็นเป็นสีน้ำเงิน ส่วนจำนวนทศนิยมเป็นสีส้ม แสดงดังภาพที่ 2.20B

2.2.4.2 Boolean

คือข้อมูลประเภทที่มีสองค่า คือ True และ False บน Block Diagram จะแสดงข้อมูลเป็นสีเขียว แสดงดังภาพที่ 2.20A

2.2.4.3 String

คือข้อมูลประเภทที่เป็นตัวอักษร Iconจะแสดงเป็นสีชมพูบน Block Diagram (แสดงดังภาพที่ 2.20E)

2.2.4.4 Enum

คือข้อมูลประเภทแสดงให้ผู้ใช้เห็นเป็นตัวหนังสือ แต่ค่าจริงของมันคือตัวเลข บน Block Diagram จะแสดงสีน้ำเงิน ซึ่งเหมือนจำนวนเต็ม วิธีสร้าง Enum ใน Front panel จากนั้นคลิกขวา เลือก Edit item จากนั้นหน้าต่าง Enum properties ก็พิมพ์ตัวหนังสือตรงคอลัมน์ซ้าย (Items) จับคู่กับทางขวาเป็น Digital Display

2.2.4.5 Dynamic

เป็นข้อมูลที่อยู่ในรูปของ Waveform บน Block Diagram แสดงเป็นสีน้ำเงินเข้มซึ่งภายในประกอบด้วย Array , Time stamp, ชื่อของสัญญาณ เป็นต้น ส่วนมากใช้ใน Express VI จำรวอ่าน กำหนด และวิเคราะห์สัญญาณ ดังภาพที่ 2.20G

2.2.4.6 Time Stamp

เป็นข้อมูลที่ประกอบไปด้วย วันที่ และเวลา ที่มีความละเอียดถึงมิลลิวินาที บน Block Diagram จะมีหน้าต่างเป็นสีน้ำตาล โดยสามารถแปลงเป็น String ได้

2.2.5 Array

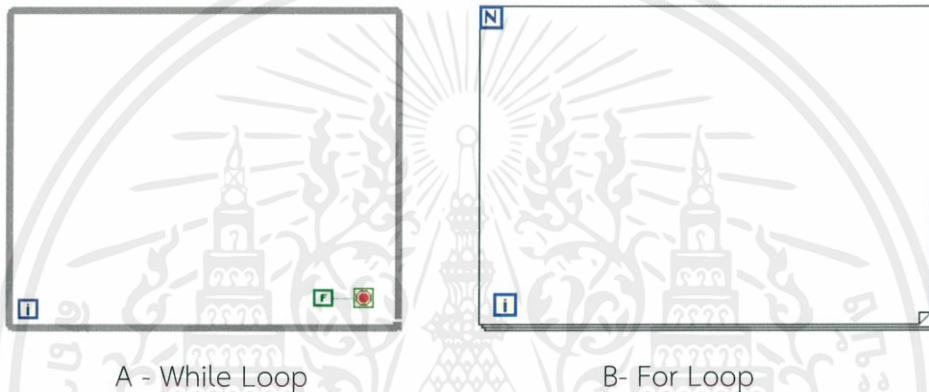
คือกลุ่มของข้อมูลประเภทเดียวกันนำมาเรียงเป็นแถว เช่น Array ของตัวเลขจำนวนเต็ม, Array ของ Boolean เป็นต้น (แสดงดังภาพที่ 2.20D)

2.2.6 Cluster

คือข้อมูลประเภทโครงสร้าง (structure) ที่ประกอบไปด้วยข้อมูลหลายตัวหลายประเภท อยู่ภายใน cluster เดียวกัน ซึ่งถือว่าเป็น Data type ที่สามารถกำหนดได้เอง อย่างเช่น ข้อมูลประเภท บัตรพนักงาน ข้อมูลที่อยู่อาจจะมี ชื่อ (string), อายุ (Numeric) เป็นต้น

2.2.7 Loop

การเขียนโค้ดให้มีการทำงานซ้ำหรือวนลูป เป็นสิ่งที่ใช้บ่อยมากสำหรับการเขียน โปรแกรม เนื่องจากการคำนวณหลายอย่างจำเป็นจะต้องทำในลักษณะซ้ำๆ ลักษณะลูปจะเป็นกรอบสี่เหลี่ยมที่ล้อมรอบโค้ดที่จะรันซ้ำไว้ มีประเภทการใช้งานอยู่ 2 ลักษณะการใช้งาน ดังนี้



ภาพที่ 2.21 แสดงรูปแบบ Loop

2.2.7.1 While Loop

เป็นกรอบสี่เหลี่ยม ประกอบด้วย Terminal Index จะส่งตัวเลขมาบอกกว่าวนไปกี่ ครั้งแล้วเริ่มจากศูนย์ ไปจนกว่า Terminal เงื่อนไขจะได้รับ Boolean 'True' จึงจะหยุดรัน ซึ่งเงื่อนไขตัวกลมสีแดง เรียกว่า stop if True แสดงดังภาพที่ 2.21A

2.2.7.2 For loop

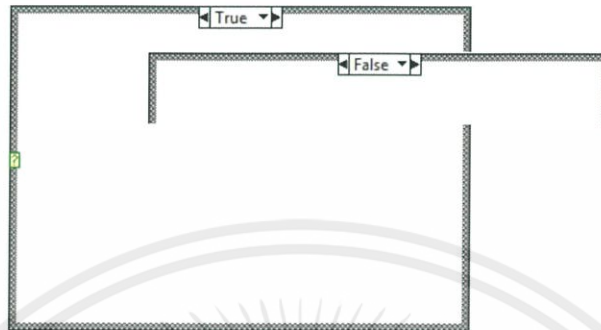
มีไว้สำหรับการรันลูปที่รู้แน่นอนว่ารันทั้งหมดกี่ครั้ง จึงจะต้องระบุจำนวนครั้ง (N) ไม่งั้นโค้ดจะไม่รัน และจะหยุดรันเมื่อครบ N ครั้งแล้วเท่านั้น แสดงดังภาพที่ 2.21B

การกำหนดความเร็วลูป (Timimg a VI)

คือการทำให้โปรแกรมรันด้วยจังหวะความเร็วที่ต้องการ และช่วยไม่ให้ CPU ของคอมพิวเตอร์ทำงานหนักเกินความจำเป็น ซึ่งเราสามารถหนดเวลาเพื่อให้ลูปทำงานช้าลงด้วยการใส่ฟังก์ชัน หน่วงเวลา (Wait) โดยจะใช้นาฬิกาของคอมพิวเตอร์อ้างอิงมีหน่วยเป็นมิลลิวินาที

2.2.8 Case Structure

ประกอบไปด้วย Diagram Case ย่อยอย่างน้อยสองชั้นซ้อนทับกันอยู่ ซึ่งจะมองเห็นได้แค่ครั้งหนึ่ง case และมีตัวเลือก (Case selector) ให้เลือกว่าจะรัน case ไหน ซึ่งตัวเลือกเริ่มต้นจะเป็น Boolean (? สีเขียว) แสดงดังภาพที่ 2.22



ภาพที่ 2.22 Case structure

2.2.9 Sequence

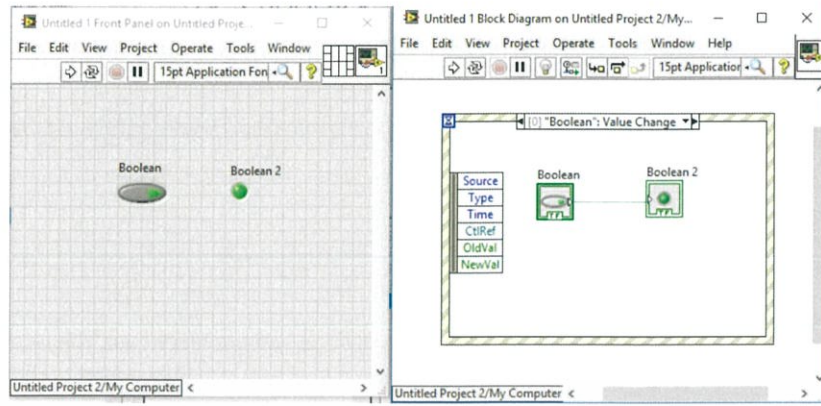
เป็นการควบคุมการไหลของโปรแกรมตามลำดับ Frame คล้ายกับฟิล์มรูป ซึ่งจะทำตามลำดับไม่สามารถย้อนกลับไปยังก่อนหน้าได้ เช่นถ้า Frame ลำดับที่ 3 ทำงานเสร็จไม่สามารถย้อนกลับไปทำงานลำดับที่ 2 ต่อได้ ดังภาพที่ 2.23



ภาพที่ 2.23 Sequence

2.2.10 Event Structure

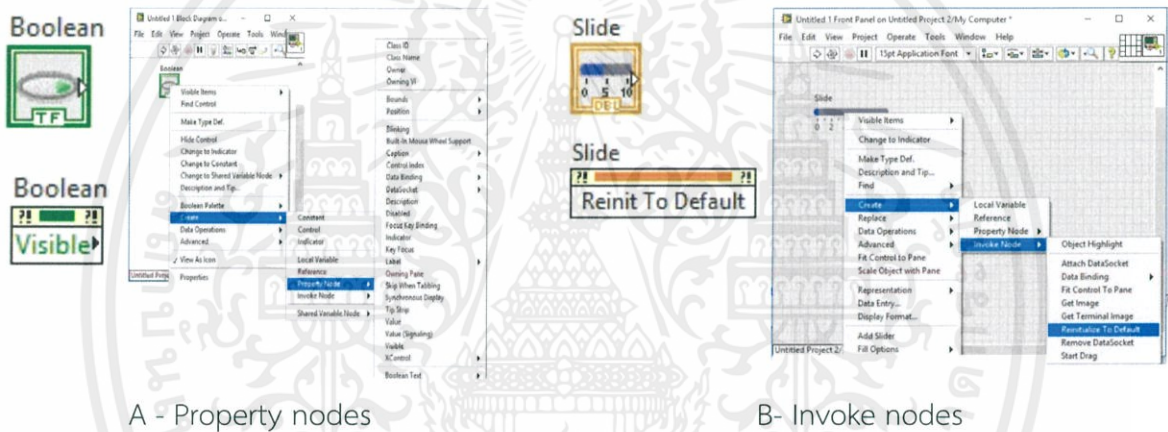
ช่วยให้การพัฒนาโปรแกรมที่มี User Interface ซับซ้อนทำได้ง่ายขึ้น ปกติแล้วจะทำงานร่วมกับ While Loop ซึ่งการทำงานของ Event structure จะคล้ายกับ Case structure ตรงที่ว่า มันจะมีโค้ดสำหรับแต่ละ Event วางซ้อนทับกันอยู่ และจะต้องระบุว่าจะเกิด Event อะไร ถึงจะรันโค้ดนั้น สมมติกรณีถ้าเราบอกว่าถ้ากดปุ่มนี้ ให้ทำงาน event นี้ ดังตัวอย่างภาพที่ 2.24



ภาพที่ 2.24 ตัวอย่างการใช้งาน Event Structure

2.2.12 การควบคุม User Interface

เป็นการควบคุม Object ต่างๆ บน Front panel โดยใช้โปรแกรมแทนที่จะใช้มือปรับ เช่นการเปลี่ยนสี เปลี่ยนสเกลกราฟ ฯลฯ



A - Property nodes

B- Invoke nodes

ภาพที่ 2.25 การควบคุม User Interface

2.2.12.1 Property nodes

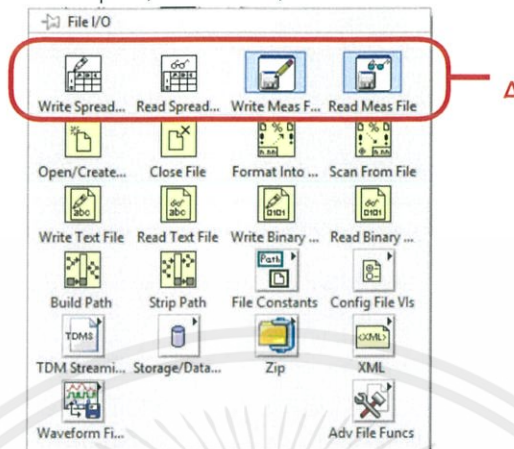
Property (แสดงดังภาพที่ 2.25A) คือคุณสมบัติของ Object ที่เราสามารถอ่านค่า (Read) หรือเขียนค่า (Write) ทับค่าเก่าลงไปได้ โดยเราสามารถปรับแก้ไขได้แค่บางค่า เช่น สี เราสามารถเปลี่ยนได้ แต่สีหรือล เราไม่สามารถเปลี่ยนได้ เช่นเดียวกับใน LabVIEW ถ้าเป็น Boolean Property ก็คือ สี, สถานะ, ค่า ฯลฯ

2.2.12.2 Invoke nodes

(แสดงดังภาพที่ 2.25B) Object ต่างๆ มีความสามารถทำงานบางอย่างได้ สิ่งที่สามารถทำได้ เรียกว่า Method ถ้าเปรียบกับรถยนต์คันเดิมอีกครั้ง Method คือการสตาร์ทรถ, เดินหน้า

2.2.13 การบันทึกและอ่านไฟล์

โดยการบันทึกไฟล์ที่เป็นตัวอักษร ซึ่งเป็นโค้ดในระบบ ASCII ที่สามารถ save หรือนำมาเปิดด้วยโปรแกรมต่างๆ เช่น Notepad, MS Word, MS Excel ฯลฯ โดยแบ่งเป็น 2 ประเภท ดังนี้



ภาพที่ 2.26 การบันทึกและอ่านไฟล์

1) High-Level File I/O

LabVIEW มี VI สำเร็จรูปสำหรับการเขียนและอ่านไฟล์โดยไม่สนใจการเปิด-ปิดไฟล์ ดังแสดงภาพที่ 2.26A

2) Low-Level File I/O

รูปแบบจะเริ่มจากการเปิดไฟล์ หรือสร้างไฟล์ใหม่ จากนั้นจะเริ่มอ่านไปเรื่อยๆจนจบรูปแล้วค่อยปิดไฟล์ ดังแสดงภาพที่ 2.26

2.2.14 การติดต่ออุปกรณ์ (Instrument Driver)



ภาพที่ 2.27 Icon VISA

เมื่อเราตั้งค่า port เรียบร้อย ต่อไปเราจะใช้ VISA (Functions Palette: Instrument I / O >> VISA) ซึ่งวิธีการจะคล้ายกับเรื่อง File I/O โดยจะมีการเปิด, การส่งคำสั่ง (เขียน), การรับค่า (อ่าน) และการปิด

ขั้นตอนแรกเริ่มเปิด (VISA Open) ว่าจะเปิดการสื่อสารเครื่องมือตัวไหน โดยใช้ชื่อ VISA Alias หรือ Address ของเครื่องไว้ที่ Resource Name หลังจากนั้นการออกคำสั่งใช้ VISA Write คำสั่งเป็น String และจะรับค่าคำตอบโดยใช้ VISA Read โดยจะต้องกำหนดความยาวสูงสุดของคำตอบตัวอักษร จะอยู่ในรูป String เสมอ และปิดท้ายด้วย VISA Close เพื่อจบการสื่อสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา 28 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาการเขียนโปรแกรมเพื่อพัฒนาระบบเครื่องตรวจการได้ยินชนิดตรวจการนำเสียงทางอากาศแบบกึ่งอัตโนมัติ งานวิจัยที่เกี่ยวข้องมาจากมาตรฐานของ International Electrotechnical Commission (IEC) และมาตรฐาน International Standard (ISO)

จากการสอบเทียบเครื่องตรวจการได้ยิน มาตรฐานมีความเกี่ยวข้องกัน โดยเริ่มจากการศึกษาเครื่องมืออุปกรณ์ในการสอบเทียบอยู่ในมาตรฐาน IEC 60645 series โดยใน Part 1 จะกล่าวถึงเครื่องตรวจการได้ยินชนิด Pure-tone และในมาตรฐานจะมีการอ้างอิงถึงหัวข้อที่ใช้ในการสอบเทียบทั้งหมด 6 หัวข้อ และในแต่ละหัวข้อจะมีการตรวจสอบความถูกต้องของการวัด ว่าผลสอบเทียบการวัดนั้น ต้องมีค่าความผิดพลาดไม่เกินค่า Tolerance Limit ตามที่กำหนดในมาตรฐาน IEC 60645-1

โดยการพิจารณาผลการสอบเทียบการตรวจการได้ยิน เราจะคำนวณหาความแตกต่างของผลที่วัดได้ กับค่าที่ตั้งไว้บนเครื่องตรวจการได้ยิน(สมการที่ใช้ในการคำนวณอยู่ในทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในบทที่ 2.1.11.5) โดยสมการในการคำนวณนั้นจะขึ้นอยู่กับการเลือกใช้ Artificial Ear (มาจากมาตรฐาน IEC 60318) และ Transducer จากความสัมพันธ์ของการเลือกใช้อุปกรณ์ทั้งสอง จะทำให้ทราบค่า RETSPL โดยมาจากมาตรฐาน ISO 389 เป็นค่าที่อ้างอิงถึงความดันเสียงที่เอาไปคำนวณให้ได้ค่าใกล้เคียงกับหูมนุษย์มากที่สุด โดยหน่วยที่จะได้เป็น dB(HL), Hearing Level และยิ่งทราบถึงค่า Reference Level ที่จะนำไปใช้ในการพิจารณาผลการสอบเทียบในหัวข้อ Masking Noise โดยอยู่ในมาตรฐาน ISO 389-4

โดยขั้นตอนการสอบเทียบเครื่องตรวจการได้ยินชนิด Pure-tone ทั้ง 6 หัวข้อ นั้นได้กำหนดในมาตรฐาน ISO 8253-1:2010

บทที่ 3 วิธีดำเนินการโครงการ

3.1 ศึกษาขั้นตอนการสอบเทียบเครื่องตรวจการได้ยิน และมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง

ในการเขียนโปรแกรมสำหรับการพัฒนาระบบเครื่องตรวจการได้ยินนั้น ควรคำนึงถึงการทำงานของขั้นตอนในการสอบเทียบเครื่องตรวจการได้ยิน โดยมีการสอบเทียบทั้งหมด 6 หัวข้อ ว่างอยู่ในทฤษฎีที่ 2.1.12.4 โดยที่แต่ละหัวข้อจะมีขั้นตอนการสอบเทียบที่แตกต่างกัน ในการเลือกอุปกรณ์ในการใช้งาน เช่น Artificial Ear , Earphone, Microphone มีหลากหลายชนิด และการใช้งานจะต้องเลือกชนิดของอุปกรณ์ให้สอดคล้องกันในการนำมาใช้ในการสอบเทียบเพื่อส่งผลต่อการเลือกใช้มาตรฐาน และให้ง่ายต่อการออกแบบระบบ เราจึงต้องเข้าใจขั้นตอนของการสอบเทียบเครื่องตรวจการได้ยิน มาตรฐานที่ใช้ เพื่อที่จะนำไปกำหนดเงื่อนไขต่างๆของโปรแกรมให้การออกแบบโปรแกรมเป็นไปอย่างเป็นระบบให้ตรงตามลำดับการใช้งานของผู้ใช้งาน สะดวกสบายต่อการใช้

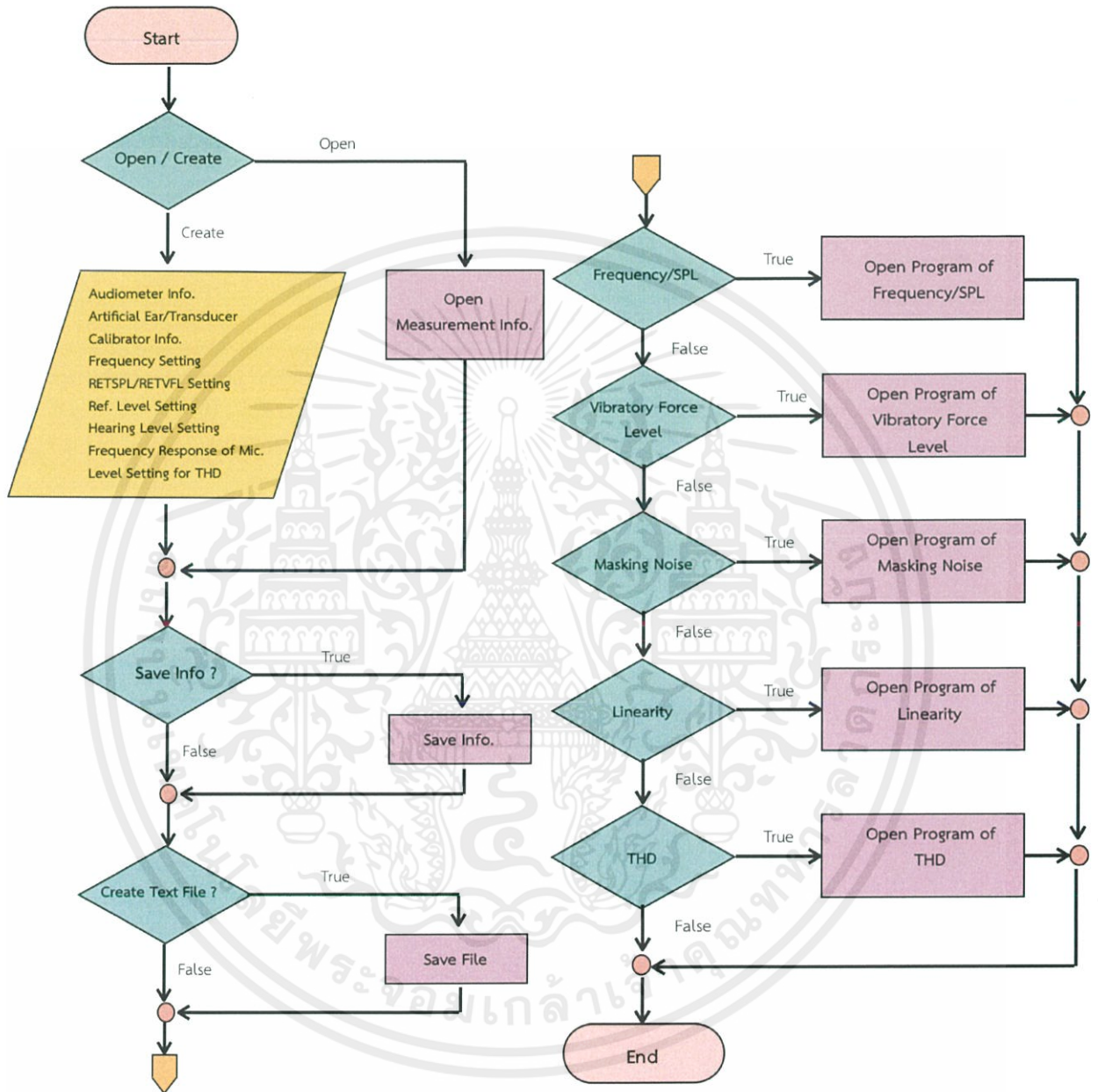
3.2 ศึกษาหลักการเขียนโปรแกรม LabVIEW

ในการเขียนโปรแกรมเพื่อใช้ในการสอบเทียบเครื่องตรวจการได้ยิน มีความซับซ้อนในการเขียนโปรแกรม ดังนั้นควรคำนึงถึงการใช้งานในเบื้องต้นของโปรแกรมในทฤษฎีที่ 2.2 เพื่อให้ง่ายต่อการใช้งาน และ จะทำให้ทำงานได้อย่างเร็วขึ้น อีกทั้งยังทำให้การเขียนโปรแกรมไม่ซับซ้อน เนื่องจากโปรแกรม LabVIEW เป็นโปรแกรมแบบ Graphic โดยเน้นทำงานติดต่อเครื่องมือหรือทรานสดิวเซอร์ (Transducer) ที่วัดสัญญาณทางกายภาพต่างๆ เก็บและบันทึกข้อมูลในฐานข้อมูล (Database) จึงเหมาะที่จะนำมาใช้ในการติดต่อในการเก็บข้อมูลจากเครื่อง Sound Level meter เพื่อให้การเก็บค่ามีความถูกต้องมากที่สุด

3.3 การออกแบบและเขียนโปรแกรมในการสอบเทียบเครื่องตรวจการได้ยิน

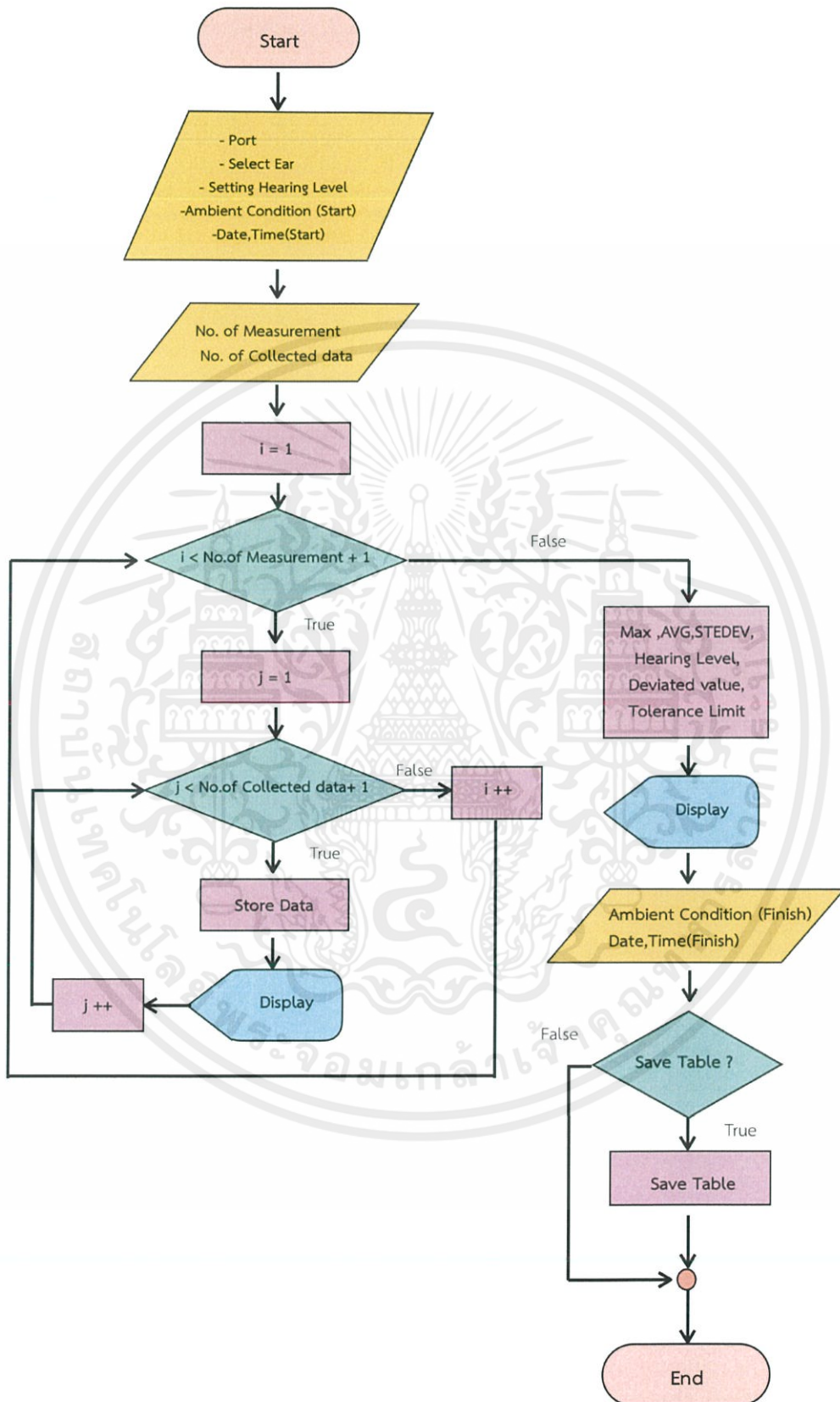
3.3.1 การออกแบบโปรแกรม

3.3.1.1 Flow Chart โปรแกรมหลัก แสดงในภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 Flow chart สำหรับโปรแกรมหลัก

3.3.1.2 Flow Chart สำหรับโปรแกรมการสอบเทียบ แสดงในภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 Flow chart สำหรับโปรแกรมการสอบเทียบ

3.3.2 การเขียนโปรแกรม

หลังจากที่ได้ศึกษาขั้นตอนการสอบเทียบเครื่องตรวจการได้ยิน, หลักการเขียนโปรแกรม LabVIEW และการออกแบบโปรแกรมการสอบเทียบในเบื้องต้น จะแบ่งโปรแกรมในการสอบเทียบออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

3.3.1.1 โปรแกรมหลัก

โปรแกรมส่วนนี้จะเขียนโปรแกรมสำหรับการใส่ข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับการเลือกใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ รวมถึงให้กรอก serial number ของอุปกรณ์นั้นๆ การตั้งค่าความถี่ที่ต้องการวัด หลังจากนั้นอุปกรณ์ที่เลือกจะได้ค่า RETSPL, Reference Level ตามมาตรฐานโดยมีเงื่อนไขที่ขึ้นอยู่กับชนิดเครื่องมือและอุปกรณ์ที่เลือก รวมถึงค่าต่างๆ เพื่อที่จะนำไปคำนวณหา deviated value ต่อไป หลักการทำงานของโปรแกรมหลักได้แสดงดังภาพที่ 3.1

3.3.1.2 โปรแกรมการสอบเทียบ

โดยโปรแกรมการสอบเทียบ เราจะมีทั้งหมด 5 โปรแกรม ดังนี้

- 1) Frequency และ SPL
- 2) Vibratory force level
- 3) Masking noise
- 4) Linearity
- 5) Total Harmonic Distortion

โปรแกรมสอบเทียบจะมีขั้นตอนการสอบเทียบและการคำนวณที่ต่างกัน แต่ส่วนที่เหมือนกันก็คือ จะต้องเลือกด้านของหู (ซ้าย/ขวา) ที่ใช้ในการสอบเทียบ, กรอกข้อมูลสถานะแวดล้อม (อุณหภูมิห้อง, ความดัน, ความชื้น โดยที่จะต้องไม่เกินตามที่กำหนดในหัวข้อ 2.1.12.2) และวันที่ เวลาที่ ก่อนเริ่มการสอบเทียบและหลังการสอบเทียบ และมีการกรอกจำนวนครั้งในการสอบเทียบ รวมถึงจำนวนการจัดเก็บข้อมูลในแต่ละครั้ง หลักการทำงานของโปรแกรมสอบเทียบ ได้แสดงดังภาพที่ 3.2

3.4 ทดสอบการใช้โปรแกรม

3.4.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ แสดงดังภาพที่ 3.3

- 3.4.1.1 เครื่องตรวจการได้ยิน (Audiometer) - ยี่ห้อ MADSEN Xeta
- 3.4.1.2 Artificial Ear ประเภท Acoustic coupler - ยี่ห้อ G.R.A.S RA0075
- 3.4.1.3 Earphone (Supra-aural earphone) - ยี่ห้อ Telephonics รุ่น THD-39P
- 3.4.1.4 Microphone (WS1P/ WS2P/LS1P) - ยี่ห้อ G.R.A.S
- 3.4.1.5 Sound Calibrator หรือ Pistonphone - ยี่ห้อ G.R.A.S
- 3.4.1.6 แรงกด 4.5 N หรือตุ้มน้ำหนักประมาณ 459 หรือตามที่ผู้ผลิตกำหนด - ยี่ห้อ

PESOLA

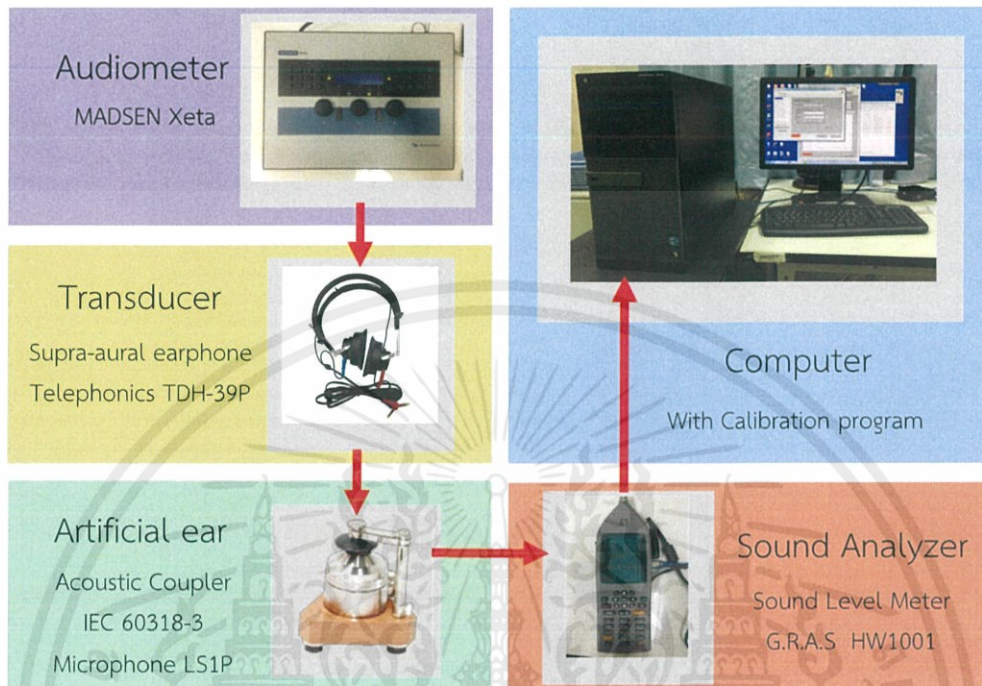
3.4.1.7 เครื่องวัดระดับความดันเสียง (Sound Level meter) - ยี่ห้อ G.R.A.S รุ่น HW1001 มีฟังก์ชันสำหรับการสอบเทียบเครื่องตรวจการได้ยิน (0012A)

3.4.1.8 คอมพิวเตอร์ ที่มีโปรแกรม LabVIEW version 14.0

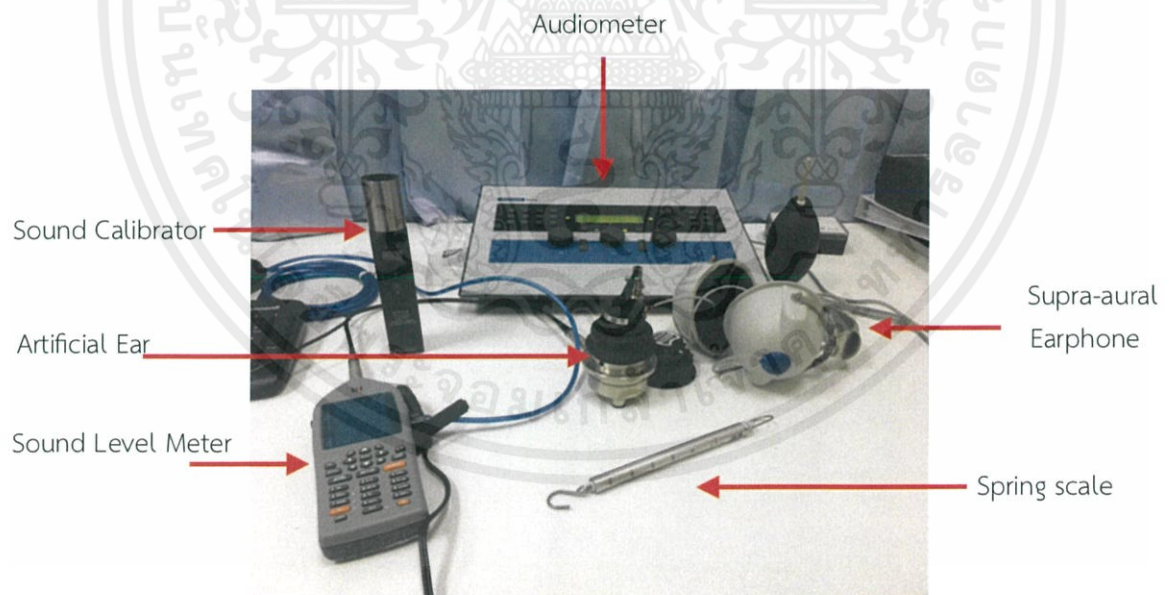
3.4.1.9 สาย USB

3.4.2 การติดตั้งอุปกรณ์และเครื่องมือ

3.4.2.1 เลือกชนิด Artificial Ear และติดตั้งตามภาพที่ 3.4 โดยชนิดของไมโครโฟนควรเลือกให้เหมาะกับ Artificial Ear ที่ใช้งาน



ภาพที่ 3.3 แสดงระบบการสอบเทียบเครื่องตรวจการได้ยิน



ภาพที่ 3.4 แสดงการติดตั้งการสอบเทียบ

3.4.1.2 เลือกประเภทหูฟัง และจัดให้อยู่ตรงกลางของ Artificial Ear เพื่อให้เสียงส่งได้ดีที่สุด และนำแจ็คไปต่อกับ Audiometer

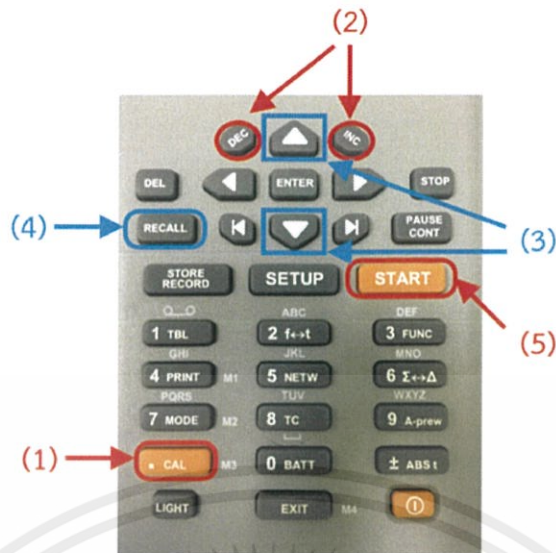
3.4.1.3 ปรับแรงกดบนหูฟังโดยใช้เครื่องชั่งสปริง (Precision scale) ปรับให้ได้ประมาณ $4.5N \pm 0.5N$ หรือ ตามมาตรฐาน ISO389 กำหนดหรือ ตามที่ผู้ผลิตกำหนด

3.4.1.4 ปรับค่าความถูกต้องของเครื่อง Sound Level meter



ภาพที่ 3.5 แสดงการติดตั้งการปรับค่าความถูกต้องของเครื่อง Sound Level meter

- 1) ติดตั้งอุปกรณ์ตามภาพที่ 3.5
- 2) สวม Sound Calibrator/Pistonphone ไว้บนไมโครโฟน กดลงไปอย่างระมัดระวัง
- 3) เปิดเครื่อง sound analyzer และ ปรับให้อยู่ช่วง 120 dB โดยกดที่ INC และ DEC ตามภาพที่ 3.5 -(2) เพื่อปรับ sound analyzer ให้ได้ตามที่กำหนด
- 4) ไปยังหน้า Calibration โดยการกดที่ปุ่ม CAL จะได้หน้าจอเมนูดังภาพที่ 3.7
- 5) เปิดเครื่อง Sound Calibrator/ Pistonphone จนกระทั่ง sound pressure level คงที่ประมาณ 10 วินาที
- 6) ปรับค่า Sensitivity โดยใช้ปุ่ม INC และ DEC ที่ปรากฏในภาพที่ 3.6-(2) ปรับให้ได้จนกระทั่ง sound pressure level ของ sound analyzer ตรงกับค่า sound pressure level ของ Sound Calibrator/Pistonphone
- 7) ปิดเครื่อง Sound Calibrator/ Pistonphone และดึงออกจาก microphone



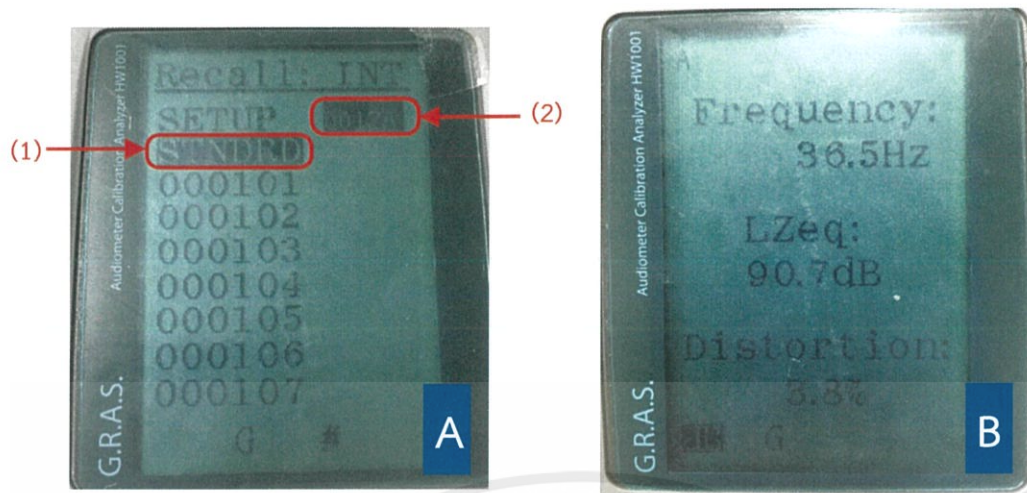
ภาพที่ 3.6 แสดง Panel ของเครื่อง Sound level meter



ภาพที่ 3.7 แสดงหน้าจอการ Calibration

3.4.1.5 เปิดการใช้งานในฟังก์ชัน Audiometer calibration

- 1) กด RECALL ตามภาพที่ 3.6(4)
- 2) เลื่อน cursor โดยใช้ปุ่ม ∇ และ \triangle ตามภาพที่ 3.6(3)
- 3) ไปที่ STNDRD ตามภาพที่ 3.8A(1) และกด ENTER ทางด้านขวาจะแสดงตัวเลขฟังก์ชัน
- 4) เลื่อน cursor ไปยังฟังก์ชันที่ 0012A ตามภาพที่ 3.8A (2) โดยใช้ปุ่ม ∇ และ \triangle และกด ENTER เพื่อออกจากเมนู RECALL
- 5) เมื่อติดตั้งฟังก์ชัน Audiometer เรียบร้อยแล้ว หลังจากทีกดปุ่ม START รอสักครู่ หน้าจอของ Sound Level meter จะแสดงดังภาพที่ 3.8B



ภาพที่ 3.8 A แสดงหน้าจอการติดตั้งฟังก์ชัน Audiometer Calibration และ B แสดงหน้าจอฟังก์ชัน Audiometer Calibration

3.4.1.6 เชื่อมต่อเครื่อง Sound Level Meter กับคอมพิวเตอร์โดยใช้สาย USB โดยจะต้องติดตั้ง driver “CDM 2.10.00” เพื่อให้สื่อสารกันได้ก่อน

3.4.3 วิธีการใช้โปรแกรมในการสอบเทียบเครื่องตรวจการได้ยิน

3.4.3.1 เริ่มต้นใช้งานโปรแกรม

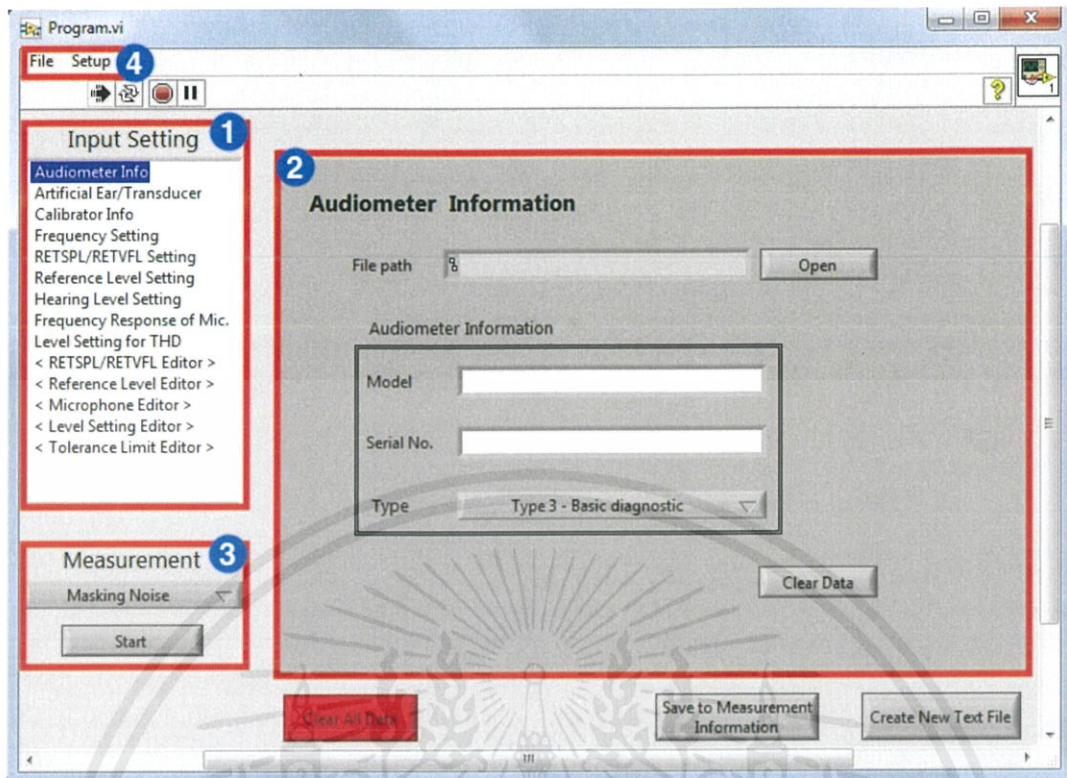
โปรแกรมสอบเทียบเครื่องตรวจการได้ยินนี้ จะต้องทำการเปิดผ่านโปรแกรม NI LabView เวอร์ชัน 14.0 ขึ้นไป และจัดทำขึ้นให้กลุ่มผู้ใช้งานที่เป็นนักมาตรวิทยาโดยเฉพาะ ใช้สำหรับการสอบเทียบเครื่องตรวจการได้ยิน

โปรแกรมนี้ประกอบไปด้วย 3 ส่วนหลักๆ ได้แก่ ส่วนโปรแกรมหลัก (Main Program) ซึ่งเป็นส่วนที่ให้ผู้ใช้งานป้อนข้อมูลเกี่ยวกับอุปกรณ์ที่จะใช้ในการสอบเทียบ และส่วนโปรแกรมการสอบเทียบ (Calibration Program) ซึ่งเป็นส่วนที่ให้ผู้ใช้งานได้เริ่มต้นการสอบเทียบในหัวข้อต่างๆ และส่วนสุดท้าย ส่วนการตั้งค่าอุปกรณ์ (Instrument Setup) ซึ่งเป็นส่วนที่ให้ผู้ใช้งานตั้งค่าเกี่ยวกับ Sound Level Meter ที่ใช้ในการสอบเทียบ

3.4.3.2 ส่วนโปรแกรมหลัก (Main Program)

หน้าต่างโปรแกรมหลักจะแบ่งออกเป็น 4 ส่วนหลักๆ ดังภาพที่ 3.9 หมายเลข 1 เป็นส่วนที่ให้ผู้ใช้งานเลือกหัวข้อในการกรอกข้อมูลอุปกรณ์ด้วยการคลิกเลือกหัวข้อในกล่องข้อความ หน้าต่างในหมายเลข 2 จะเปลี่ยนแปลงไปตามหัวข้อที่เลือก หมายเลข 2 เป็นหน้าต่างที่ให้ผู้ใช้งานกรอกข้อมูลและตั้งค่าต่างๆ หมายเลข 3 เป็นส่วนที่ให้ผู้ใช้งานเลือกหัวข้อการสอบเทียบหลังจากกรอกข้อมูลในหน้าต่างหมายเลข 2 เรียบร้อยทุกหัวข้อแล้ว

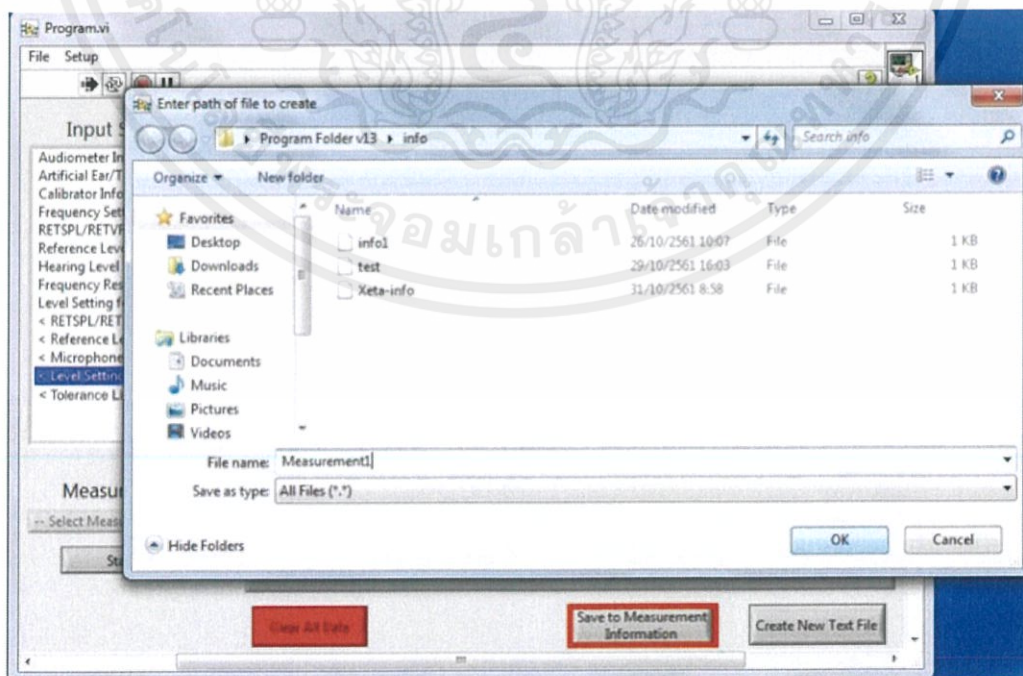
หมายเลข 4 ในส่วนของ Setup เป็นส่วนที่ให้ตั้งค่าอุปกรณ์ Sound Level Meter ที่ใช้ในการสอบเทียบ สามารถดูขั้นตอนและรายละเอียดการกรอกข้อมูลต่างๆได้ในภาคผนวก ค



ภาพที่ 3.9 ส่วนประกอบของหน้าต่างส่วนโปรแกรมหลัก

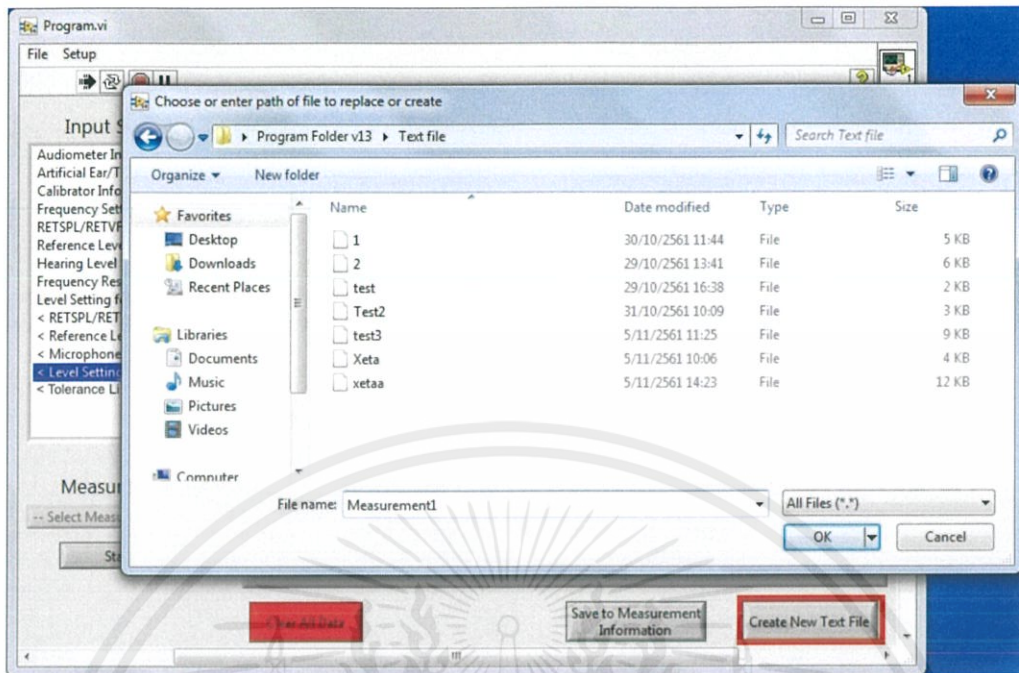
3.4.3.3 การบันทึกข้อมูลการตั้งค่าและข้อมูลอุปกรณ์

หลังจากใส่ข้อมูลในหน้าต่างต่างๆจนครบแล้ว กดปุ่ม 'Save to Measurement Information' เพื่อบันทึกข้อมูลการตั้งค่าในโปรแกรม (ภาพที่ 3.10(A)) และกดปุ่ม 'Create New Text File' เพื่อสร้างไฟล์บันทึกข้อมูลอุปกรณ์ที่ใช้ในการสอบเทียบ (ภาพที่ 3.10(B))



ภาพที่ 3.10(A)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา 38 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.10(B)

ภาพที่ 3.10 แสดงการบันทึกข้อมูล

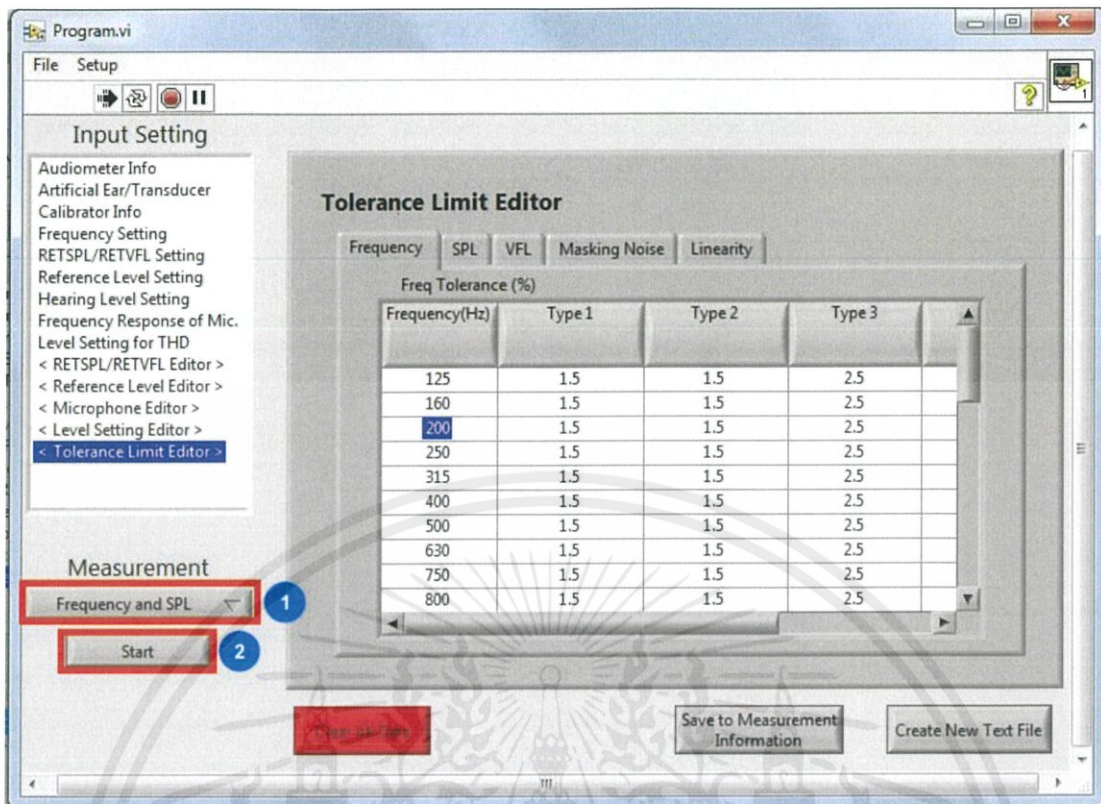
3.4.3.4 การเรียกใช้ส่วนโปรแกรมการสอบเทียบ

หลังจากบันทึกข้อมูลแล้ว เริ่มทำการเรียกใช้ส่วนโปรแกรมการสอบเทียบแต่ ละหัวข้อโดยการเลือกจากกล่องทางซ้ายล่าง (ภาพที่ 3.11 หมายเลข 1) และกดปุ่ม 'Start' (ภาพที่ 3.11 หมายเลข 2) หน้าต่างโปรแกรมการสอบเทียบนั้นๆจะปรากฏขึ้นมา

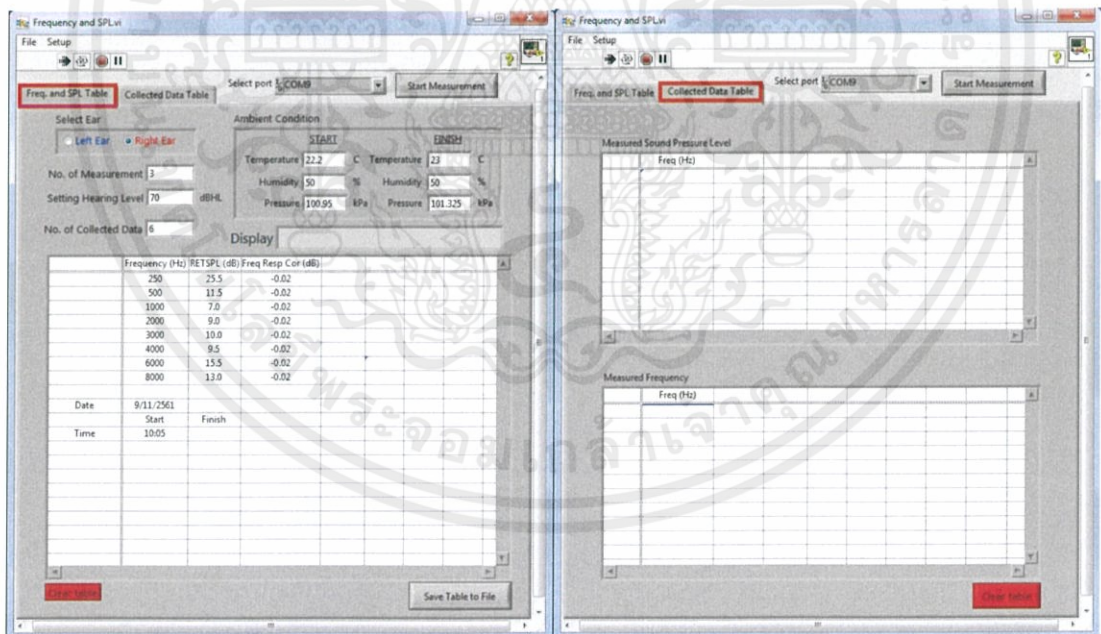
3.4.3.5 ส่วนโปรแกรมการสอบเทียบ (Calibration Program)

เมื่อกดเรียกใช้โปรแกรมจากหน้าต่างโปรแกรมหลักแล้ว จะมีข้อความที่เป็นชื่อ ของหัวข้อการสอบเทียบนั้นๆปรากฏขึ้นมา ให้กดปุ่ม 'OK' เพื่อเข้าสู่การสอบเทียบ

หน้าต่างของโปรแกรมการสอบเทียบจะแบ่งเป็น 2 tab หลักๆ คือ tab ของ Record Table ที่จะมีส่วนให้กรอกค่าต่างๆสำหรับการเก็บค่าและตารางที่จะถูกบันทึกเข้าไปในไฟล์ (ภาพที่ 3.12(A)) และ tab ของ Collected Data Table ซึ่งจะแสดงค่าที่ถูกเก็บมาทั้งหมด (ภาพที่ 3.12(B))



ภาพที่ 3.11 การเรียกใช้ส่วนโปรแกรมการสอบเทียบ



ภาพที่ 3.12(A)

ภาพที่ 3.12(B)

ภาพที่ 3.12 หน้าต่างการสอบเทียบความถี่และระดับเสียง

สามารถดูรายละเอียดขั้นตอนการใช้งานส่วนโปรแกรมการสอบเทียบหัวข้อต่างๆได้ในภาคผนวก ค

3.4.3.6 ส่วนการตั้งค่าอุปกรณ์ (Instrument Setup)

สามารถเข้าถึงหน้าตาการตั้งค่าอุปกรณ์ได้จากทั้งในโปรแกรมหลักและโปรแกรมการสอบเทียบ โดยเข้าสู่โหมด Runtime และกดเลือก Setup ดังนั้นเลือก Instrument Setup บนแถบด้านบน

ส่วนประกอบของหน้าตาการตั้งค่าอุปกรณ์ เป็นไปตามภาพที่ 3.13

Sound Level Meter Setup Menu

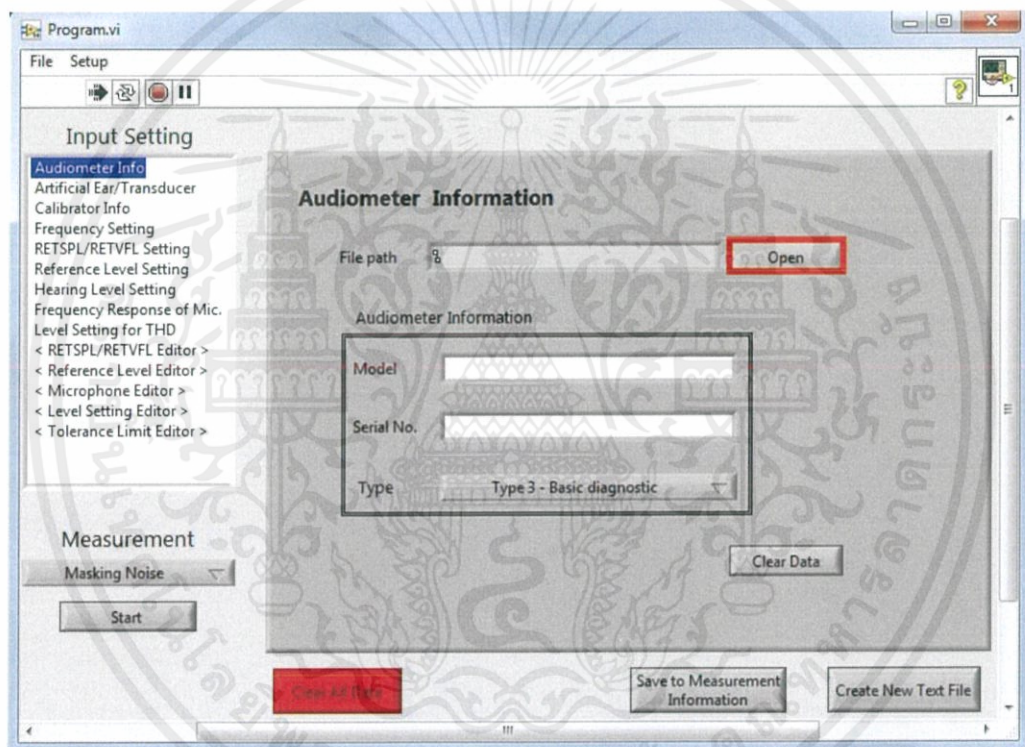
- 1 Sound Level Meter Information
Model name GRAS HW1001
Serial number 1408715
- 2 Control Command Setup
Start Measurement ST
Transfer Freq. TU Starting offset 0
Transfer SPL TU Starting offset 8
Transfer Distortion TU Starting offset 15
- 3 Control Command for Linearity Measurement
Set Spectral Weighting XW 2
Set Time Constant XC 2
Level Transfer @1kHz TS 30

Save

ภาพที่ 3.13 ส่วนประกอบของหน้าตาการตั้งค่าอุปกรณ์

3.4.3.7 การเรียกดูข้อมูล

1. ข้อมูล Measurement Information
 - a. การเรียกข้อมูลในโปรแกรมหลัก สามารถทำได้โดยการกดปุ่ม 'Open' ในหน้าแรกของโปรแกรมหลัก โดยจะต้องเลือกไฟล์ที่เคยบันทึกไว้ในหน้าต่างโปรแกรมหลัก (ภาพที่ 3.14)
 - b. การเรียกดูไฟล์ Text สามารถทำได้โดยเปิดไฟล์ Measurement Information ที่บันทึกไว้ผ่านทางโปรแกรมอื่นๆ เช่น Microsoft Word หรือ Microsoft Excel
2. ข้อมูล Measurement Record สามารถเรียกดูไฟล์ Measurement Record ที่บันทึกไว้เป็นไฟล์ Text ได้โดยการเปิดผ่านทาง Microsoft Excel



ภาพที่ 3.14 การเรียกดูข้อมูล Measurement Information

3.5 แก้ไขและปรับปรุงโปรแกรมจากการใช้งาน

จากการทดลองใช้งานโปรแกรมการสอบเทียบเครื่องตรวจการได้ยินกับระบบจริงที่ใช้ในห้องปฏิบัติการแล้ว ได้พบหลายจุดที่จะต้องแก้ไขปรับปรุงให้เหมาะสมกับการใช้งานจริงมากขึ้น โดยแต่ละประเด็นสามารถสรุปได้ดังนี้

3.5.1 การแก้ไขและปรับปรุงโปรแกรมหลัก

ในส่วนของโปรแกรมหลักนั้น ได้ทำการปรับปรุงส่วนของเงื่อนไขตัวเลือก Artificial ear กับหูฟังซึ่งจากในตอนแรกได้จำกัดตัวเลือกไว้เท่าที่มีข้อมูล เปลี่ยนเป็นสามารถให้ผู้ใช้แก้ไขตัวเลือกได้ และจัดการให้สอดคล้องกันตามมาตรฐาน IEC60318 ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 ส่วนหลักๆตามประเภทของ Artificial ear ได้แก่ Ear simulator (IEC60318-1) Acoustic coupler (IEC60318-3) Occluded-ear simulator (IEC60318-4) 2cc coupler (IEC60318-5) และ Mechanical coupler (IEC60318-6) โดยตัวเลือกทั้ง 5 ประเภทนี้ได้เป็นตัวแบ่งค่า RETSPL/RETVFL

ส่วนที่ได้ทำการแก้ไขปรับปรุงเพิ่มเติมอีกส่วนคือ Calibrator information ซึ่งการสอบเทียบที่ถูกต้องจะต้องทำการจดบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการสอบเทียบทั้งหมด

3.5.2 การแก้ไขและปรับปรุงโปรแกรมการสอบเทียบ

ในส่วนของโปรแกรมการสอบเทียบนั้น จะเกี่ยวข้องกับการติดต่อสื่อสารกับเครื่อง Sound level meter และส่งข้อมูลเป็นหลัก จึงได้ทำการแก้ไขและปรับปรุงด้วยการลดเวลาในการส่งข้อมูลให้เร็วที่สุด

3.5.3 การแก้ไขและปรับปรุงการตั้งค่าอุปกรณ์

การทำหน้าตาการตั้งค่าอุปกรณ์มีจุดประสงค์เพื่อให้เพิ่มประสิทธิภาพของโปรแกรมได้ โดยให้ผู้ใช้แก้ไขคำสั่งที่ใช้ในการติดต่อสื่อสาร (command) ให้สามารถใช้กับอุปกรณ์ Sound level meter อื่นๆนอกเหนือจากที่ได้กำหนดไว้ในโปรแกรมได้

3.6 จัดทำคู่มือประกอบการใช้งานของโปรแกรมการสอบเทียบเครื่องตรวจการได้ยิน

หลังจากที่ได้แก้ไขและปรับปรุงส่วนโปรแกรมให้เหมาะสมกับการใช้งานที่สุดแล้ว ได้ทำการจัดทำคู่มือประกอบการใช้งานของโปรแกรม เพื่อเป็นแนวทางให้ผู้ใช้งานได้ใช้โปรแกรมได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ โดยส่วนของข้อมูลคู่มือประกอบการใช้งานได้ที่ภาคผนวก ค

บทที่ 4 ผลการวิจัย

การจัดทำโครงการพัฒนาระบบการสอบเทียบเครื่องตรวจการได้ยินชนิดตรวจการนำทางเสียงทางอากาศแบบกึ่งอัตโนมัตินี้ได้ทดลองร่วมกับการใช้ระบบการสอบเทียบที่มีอยู่ภายในห้องปฏิบัติการซึ่งมีอุปกรณ์ต่างๆ ได้แก่ เครื่องตรวจการได้ยิน (Audiometer) ยี่ห้อ MADSEN Xeta, Artificial Ear ประเภท Acoustic coupler ยี่ห้อ G.R.A.S และหูฟังประเภท Supra-aural earphone ยี่ห้อ Telephonics รุ่น THD-39P เป็นต้นแบบในการออกแบบโครงการนี้ โดยผลการวิจัยจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ โปรแกรมการสอบเทียบเครื่องตรวจการได้ยิน และข้อมูลการสอบเทียบ

4.1 โปรแกรมการสอบเทียบเครื่องตรวจการได้ยิน

ผู้วิจัยได้เริ่มต้นเขียนโปรแกรมประกอบการสอบเทียบผ่านทางโปรแกรม NI LabView ver.14.0 และได้ทดลองใช้งานจริงกับอุปกรณ์ของระบบการสอบเทียบเครื่องตรวจการได้ยินที่ได้กล่าวไปข้างต้น ประกอบกับแก้ไขและปรับปรุงให้เหมาะสมกับการใช้งานจริง โดยอ้างอิงตามมาตรฐานสากล IEC 60645, IEC 60318, ISO 389 และ ISO 8253 โดยมีจุดประสงค์หลักในการทำโครงการนี้คือเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของระบบที่มีอยู่แล้ว ด้วยการลดความผิดพลาดที่อาจเกิดจากผู้ใช้งาน ลดระยะเวลาในการสอบเทียบ และออกแบบการจัดเก็บข้อมูลอย่างเหมาะสม

4.2 ข้อมูลการสอบเทียบ

หลังจากการทำการสอบเทียบเสร็จเรียบร้อยแล้ว ผู้ใช้งานจะได้ข้อมูลการสอบเทียบทั้งข้อมูลดิบหรือข้อมูลที่ถูกบันทึกมาทั้งหมด และข้อมูลตามตารางที่ปรากฏในหน้าต่างการสอบเทียบ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ค่า Hearing level และค่า Deviated value ซึ่งข้อมูลทั้งหมดนี้จะอยู่ในรูปแบบของไฟล์ข้อความ (Text file) ที่สามารถเปิดใช้งานต่อไปได้ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากจุดประสงค์ที่ต้องการจะช่วยให้การจัดเก็บข้อมูลมีความถูกต้อง และลดปัญหาความผิดพลาดในการจัดเก็บข้อมูลของผู้ปฏิบัติงาน ประกอบกับทางสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติเป็นหน่วยงานที่ต้องการความถูกต้องในการทำงานเป็นอย่างมาก จึงนำไปสู่การศึกษาและออกแบบโปรแกรมการสอบเทียบเครื่องตรวจการได้ยินชนิดตรวจการนำเสียงทางอากาศแบบกึ่งอัตโนมัติ โดยอ้างอิงจากมาตรฐานสากลในการออกแบบส่วนต่างๆของโปรแกรมด้วยโปรแกรม NI LabVIEW ผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมที่ถูกออกแบบคือข้อมูลผลการสอบเทียบที่ถูกจัดเก็บเป็นไฟล์ข้อความ (Text file) ซึ่งจะช่วยให้เกิดความสะดวกสบายและประหยัดเวลาในการสอบเทียบกว่าการจัดเก็บแบบจดบันทึกด้วยมือ (Manual)

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรศึกษามาตรฐานสากลที่เกี่ยวข้อง ขั้นตอนการสอบเทียบเครื่องตรวจการได้ยินชนิดตรวจการนำเสียงทางอากาศ รวมไปถึงการใช้งานโปรแกรม NI LabVIEW ให้ละเอียดมากที่สุด เพื่อจะได้เกิดอุปสรรคในการลงมือออกแบบตัวโปรแกรมให้น้อยที่สุด

5.2.2 ในการออกแบบตัวโปรแกรม ควรที่จะคำนึงถึงการนำไปใช้งานจริง ให้เกิดความสะดวกสบายต่อผู้ใช้งานมากที่สุด (User friendly) และควรออกแบบให้ตัวโปรแกรมสามารถรองรับการปรับเปลี่ยนของข้อมูลตามมาตรฐานสากล ที่อาจจะถูกเปลี่ยนแปลงได้ในอนาคต

บรรณานุกรม

- [1] มุลนิธิสัมมาอาชีวะ(2561) แนวทางการตรวจและแปลผลสมรรถภาพการได้ยินในงานอาชีวอนามัย .ชลบุรี : มุลนิธิสัมมาอาชีวะ.
- [2] สุรัตน์ ลีอุดมวงษ์ (2017) Audiometer Calibration .เอกสารของทางสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ กลุ่มงานเสียงและการสั่นสะเทือน
- [3] เจริญ เพชรมุณี (2547) การเรียนลัดLabVIEW™ .กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- [4] กิจไพบูลย์ ชิวพันธุ์ศรี (2550) การออกแบบแอปพลิเคชันในระบบกราฟิกด้วย LabVIEW .กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น.



ภาคผนวก ก
ประเภทของเครื่องทดสอบการได้ยินชนิด Pure-tone

ตารางที่ ก.1 แสดงประเภทของเครื่องทดสอบการได้ยินชนิด Pure-tone

Facility	Type 1 Advanced Clinical /research	Type 2 Clinical	Type 3 Basic diagnostic	Type 4 Screening / Monitoring
Air conduction - two earphones - additional insert earphone	X X	X	X	X
Bone conduction	X	X	X	
Hearing levels and test frequencies				
Narrow-band masking	X	X	X	
Input for external signals	X	X		
Tone switching -tone presentation -tone interruption -pulsed tone	X X X	X X X	X	X ^a X ^b
Routing of masking -contralateral earphone -ipsilateral earphone -bone vibrator	X X X	X	X	
Reference tone ^c -alternate presentation -simultaneous presentation	X X	X		
Subject's response system	X	X	X	X ^b
Electrical signal output	X	X		
Signal indicator	X	X		
Audible monitoring of test signal -pure tones and noise -external input	X X			
Speech communication -operator to subject -subject to operator	X X	X		
	NOTE : The extended high frequency range (EHF range) is optional for all four types of audiometer			
	^a Not mandatory for automatic recording audiometers, except for calibration purposes.			
	^b Not mandatory for manual audiometers.			
	^c The minimum requirement is for presentation of reference tones of the same frequency as the test tones.			

ภาคผนวก ข

ISO 389: Reference zero for the calibration of audiometric equipment

1. ISO 389-1:2017

Part 1 : Reference equivalent threshold sound pressure levels for pure tones and supra - aural earphones

ตารางที่ ข.1 แสดงค่า RETSPL (Reference : 20 μ Pa) หน่วย dB ของ Ear simulator (IEC 60318-1)

Frequency [Hz]	Generic Earphone	Sennheiser HDA 280
125	45	38,5
160	38,5	33
200	32,5	28,5
250	27	24
315	22	20,5
400	17	16,5
500	13,5	13,5
630	10,5	9,5
750	9	6,5
800	8,5	6
1000	7,5	6
1250	7,5	7
1500	7,5	8,5
1600	8	8,5
2000	9	10
2500	10,5	9,5
3000	11,5	9,5
3150	11,5	10
4000	12	11,5
5000	11	14,5
6000	16	17
6300	21	18,5
8000	15,5	28,5
Static force	4,5 N \pm 0,5 N	5,3 N \pm 0,5 N

NOTE Values are rounded to the nearest half decibel

ตารางที่ ข.2 แสดงค่า RETSPL (Reference : 20 μ Pa) หน่วย dB ของ Acoustic coupler (IEC 60318-3)

Frequency [Hz]	Beyer DT 48 With flat cushion	Telephonics		Sennheiser HDA 280	RadioEar DD 45
		TDH 39 with MX41/AR(or model 51 cushion)	Telephonics TDH 49/50		
125	47,5	45	47,5	38,5	47,5
160	40,5	37,5		33,5	40,5
200	34	31,5		29	33,5
250	28,5	25,5	26,5	24,5	27
315	23	20		20,5	22,5
400	18,5	15		16,5	17,5
500	14,5	11,5	13,5	13	13
630	11,5	8,5		9,5	9
750	9,5	7,5	8,5	7	6,5
800	9	7		7	6,5
1000	8	7	7,5	7	6
1250	7,5	6,5		8	7
1500	7,5	6,5	7,5	9,5	8
1600	7,5	7		9	8
2000	8	9	11	8	8
2500	7	9,5		7,5	8
3000	6	10	9,5	7,5	8
3150	6	10		8	8
4000	5,5	9,5	10,5	10,5	9
5000	7	13		16	13
6000	8	15,5	13,5	20,5	20,5
6300	9	15		20	19
8000	14,5	13	13	16,5	12
Static force	4,5 N \pm 0,5	4,5 N \pm 0,5 N	4,5 N \pm 0,5 N	5,3 N \pm 0,5 N	4,5 N \pm 0,5 N

NOTE Values are rounded to the nearest half decibel

2. ISO 389-2 :1994

Part 2 : Reference equivalent threshold sound pressure levels for pure tones and insert earphones

ตารางที่ ข.3 RETSPL (ref. 20 μ Pa)^a in an acoustic coupler conforming to IEC 126 and in an occluded-ear simulator conforming to IEC 711

Frequency [Hz]	Acoustic coupler (IEC 126)	Occluded -ear simulator (IEC 711)
125	26,0	28,0
160 ^b	22,0	24,5
200 ^b	18,0	21,5
250	14,0	17,5
315	12,0	15,5
400 ^b	9,0	13,0
500	5,5	9,5
630	4,0	7,5
750	2,0	6,0
800	1,5	5,5
1000	0,0	5,5
1250	2,0	8,5
1500	2,0	9,5
1600 ^b	2,0	9,5
2000	3,0	11,5
2500	5,0	13,5
3000	3,5	13,0
3150 ^b	4,0	13,0
4000	5,5	15,0
5000	5,0	18,5
6000	2,0	16,0
6300	2,0	16,0
8000	0,0	15,5

a) Values are rounded to the nearest half decibel

b) Values for these frequencies are derived by interpolation.

3. ISO 389-3 :2016

Part 3 : Reference equivalent threshold vibratory force levels for pure tones and bone vibrators

ตารางที่ ข.4 RETVFL (ref. 20 μ N)^a for location of the vibrator on the mastoid prominence

Frequency [Hz]	RETVFL (ref. 1 μ N) ^a dB
250	67,0
315 ^b	64,0
400 ^b	61,0
500	58,0
630 ^b	52,5
750 ^c	48,5
800 ^b	47,0
1000	42,5
1250 ^b	39,0
1500 ^c	36,5
1600 ^b	35,5
2000	31,0
2500 ^b	29,5
3000	30,0
3150 ^b	31,0
4000	35,5
5000 ^c	40,0
6000 ^c	40,0
6300 ^c	40,0
8000 ^c	40,0

a) Values are rounded to the nearest 0,5 decibel

b) Values for these frequencies are derived by interpolation.

c) Values for these frequencies are derived from one laboratory only.

4. ISO 389-4 :1994

Part 4 : Reference levels for narrow-band masking noise

ตารางที่ ข.5 Reference levels for narrow-band masking noise

Centre Frequency [Hz]	One-third octave [dB]	One-half octave [dB]
125	4	4
160	4	4
200	4	4
250	4	4
315	4	4
400	4	5
500	4	6
630	5	6
750	5	7
800	5	7
1000	6	7
1250	6	8
1500	6	8
1600	6	8
2000	6	8
2500	6	8
3000	6	7
3150	6	7
4000	5	7
5000	5	7
6000	5	7
6300	5	6
8000	5	6

หมายเหตุ

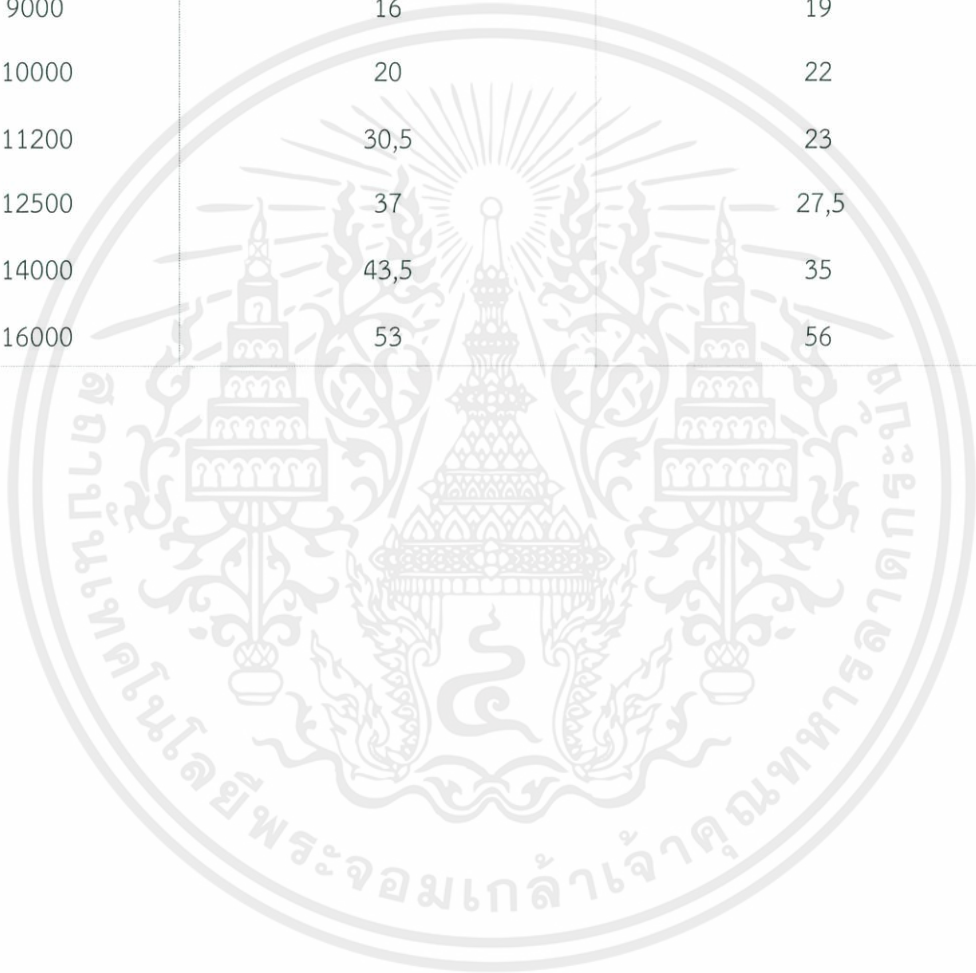
- การพิจารณาเลือกค่าที่จะนำไปใช้ ให้พิจารณาคูณสมบัติทางเทคนิคของเครื่องตรวจการได้ยิน ในหัวข้อ Bandwidth ของสัญญาณชนิด Masking noise ว่าระบุเป็น one-third octave หรือ one half octave

5. ISO 389-5 :2006

Part 5 : Reference equivalent threshold sound pressure levels for pure tones in frequency range 8kHz to 16kHz

ตารางที่ ข.6 RETSPL (ref. 20 μ Pa) for high frequency

Frequency [Hz]	Etymotic Research ER-2 (Ear-simulator: IEC60711 Adapter: ISO 389-2:1994)	SENNHEISER HDA 200 (Ear-simulator: IEC60318-1 Adapter: IEC 60318-2:1998)
8000	19	17,5
9000	16	19
10000	20	22
11200	30,5	23
12500	37	27,5
14000	43,5	35
16000	53	56



6. ISO 389-8 :2004

Part 8 : Reference equivalent threshold sound pressure levels for pure tones and circumaural earphones

ตารางที่ ข.7 RETSPL (ref. 20 μ Pa), in dB^b of circumaural earphone for specified ear simulator and specified adapter

Frequency [Hz]	Sennheiser HDA 200
125	30,5
160 ^a	26,0
200 ^a	22,0
250	18,0
315 ^a	15,5
400 ^a	13,5
500	11,0
630 ^a	8,0
750	6,0
800 ^a	6,0
1000	5,5
1250 ^a	6,0
1500	5,5
1600 ^a	5,5
2000	4,5
2500 ^a	3,0
3000	2,5
3150 ^a	4,0
4000	9,5
5000	14,0
6000	17,0
6300 ^a	17,5
8000 ^c	17,5

a) Values for these frequencies are partly derived by interpolation
 b) Values rounded to the nearest half decibel
 c) Values taken from ISO/TR 389-5

ภาคผนวก ค
คู่มือการใช้งานโปรแกรม
สารบัญ (Table of contents)

2.1 คำอธิบายโปรแกรม (Program Overview)	57
2.2 ส่วนประกอบของโปรแกรม (Program Components)	58
2.2.1 ส่วนโปรแกรมหลัก (Main Program)	58
2.2.3 ส่วนการตั้งค่าอุปกรณ์ (Instrument Setup)	60
3.1 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ (Set-up Considerations)	61
3.2 การเข้าถึงโปรแกรม (Program Access)	61
3.3 การบันทึกข้อมูล (Data Storing)	62
3.4 การเรียกดูข้อมูลผลการวัด (Data Recalling)	63
4.1 ส่วนโปรแกรมหลัก (Main Program)	64
4.1.1 ข้อมูลเครื่องตรวจการได้ยิน (Audiometer Information)	64
4.1.2 การตั้งค่า Artificial Ear และ Transducer (Artificial Ear and Transducer Information)	65
4.1.3 ข้อมูลเครื่อง Calibrator (Calibrator Information)	67
4.1.4 การตั้งค่าความถี่ (Frequency Setting)	67
4.1.5 การตั้งค่า RETSPL/RETVFL (RETSPL/RETVFL Setting)	68
4.1.6 การตั้งค่า Reference Level (Reference Level Setting)	69
4.1.7 การตั้งค่า Hearing Level (Hearing Level Setting)	70
4.1.8 การตั้งค่า Frequency Response ของไมโครโฟน (Frequency Response of Microphone Setting)	71
4.1.9 การตั้งค่า Level สำหรับการวัด Total Harmonic Distortion (Level Setting for Total Harmonic Distortion Measurement)	72
4.1.10 การแก้ไข RETSPL/RETVFL (RETSPL/RETVFL Editor)	73
4.1.11 การแก้ไข Reference Level (Reference Level Editor)	74
4.1.12 การตั้งค่า Frequency Response ของไมโครโฟน (Frequency Response of Microphone Editor)	75
4.1.13 การแก้ไข Level สำหรับการวัด Total Harmonic Distortion (Level Editor for Total Harmonic Distortion Measurement)	76
4.1.14 การแก้ไข Tolerance Limit (Tolerance Limit Editor)	77
4.1.15 การบันทึกข้อมูลการตั้งค่าและข้อมูลอุปกรณ์ (Measurement Information Storing)	78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา 55 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.16 การเรียกใช้ส่วนโปรแกรมการสอบเทียบ (Measurement Program Recalling)	79
4.2 ส่วนโปรแกรมการสอบเทียบ (Calibration Program)	80
4.2.1 การสอบเทียบ Frequency and Sound Pressure Level	80
4.2.2 การสอบเทียบระดับ Vibratory Force (Vibratory Force Level Calibration)	82
4.2.3 การสอบเทียบระดับ Masking Noise (Masking Noise Level Calibration)	84
4.2.4 การสอบเทียบ Linearity (Linearity Calibration)	86
4.2.5 การสอบเทียบ Total Harmonic Distortion (Total Harmonic Distortion Calibration)	89
5.1 ปัญหาการเชื่อมต่ออุปกรณ์ (Connecting Devices Trouble)	92
5.2 ปัญหาการบันทึกข้อมูล Text File (Storing Data to Text File Trouble)	93



1. คำนำคู่มือการใช้งานโปรแกรม (Manual Introduction)

คู่มือการใช้งานโปรแกรมฉบับนี้ประกอบไปด้วยคำแนะนำการใช้งาน โปรแกรม สำหรับนักมาตรวิทยาซึ่งเป็นกลุ่มผู้ใช้งานหลัก เพื่อใช้ประกอบการ สอบเทียบเครื่องตรวจการได้ยิน (Audiometer)

ในส่วนเนื้อหา ประกอบไปด้วยข้อมูลทั่วไปของโปรแกรม การเริ่มต้นการใช้งานโปรแกรม การใช้งานโปรแกรมทั้งในส่วนโปรแกรมหลัก และโปรแกรมการ สอบเทียบ ปัญหาที่อาจพบในการใช้งาน และข้อมูลอื่นๆ

2. ข้อมูลทั่วไปของโปรแกรม (General Information)

2.1 คำอธิบายโปรแกรม (Program Overview)

โปรแกรมการสอบเทียบเครื่องตรวจการได้ยินชนิดตรวจการได้ยินชนิดตรวจการนำเสียงทางอากาศแบบกึ่งอัตโนมัตินี้ ประกอบไปด้วยการเก็บข้อมูล อุปกรณ์ต่างๆ การตั้งค่าข้อมูลต่างๆโดยอ้างอิงจากมาตรฐาน การติดต่อเครื่อง วัดเสียง และการจัดเก็บข้อมูลผลการสอบเทียบเป็นไฟล์ตัวหนังสือ

การจัดเก็บข้อมูลจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักๆ คือส่วนของข้อมูลอุปกรณ์ที่ใช้ในการสอบเทียบในครั้งหนึ่งๆ ซึ่งจะถูกบันทึกเพียงครั้งเดียวต่อการสอบเทียบเครื่องตรวจการได้ยิน 1 เครื่อง และอีกส่วนคือข้อมูลหัวข้อการสอบเทียบ 6 หัวข้อที่ต้องมีข้อมูลเครื่องตรวจการได้ยิน 1 เครื่อง ได้แก่

1. ความถี่ของการทดสอบ (The frequency of test signals)
2. ระดับเสียงจากหูฟัง (Sound pressure level from earphones in an acoustic coupler or ear simulator)
3. ระดับ vibratory force จาก bone vibrator (The vibratory force from the bone vibrator on a mechanical coupler)
4. ระดับสัญญาณ masking noise (The levels of masking noise)
5. ชั้นของตัวลดทอนสัญญาณหรือการทดสอบ Linearity (The attenuator steps)
6. ค่า harmonic distortion (The Harmonic Distortion)

2.2 ส่วนประกอบของโปรแกรม (Program Components)

โปรแกรมนี้ประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลักๆ คือ

2.2.1 ส่วนโปรแกรมหลัก (Main Program)

เป็นส่วนที่ให้ผู้ใช้งานป้อนข้อมูลเกี่ยวกับอุปกรณ์ที่จะใช้ในการสอบเทียบ โดยหน้าต่างจะแบ่งออกเป็น 4 ส่วนหลักๆ ตามภาพที่ 2.1

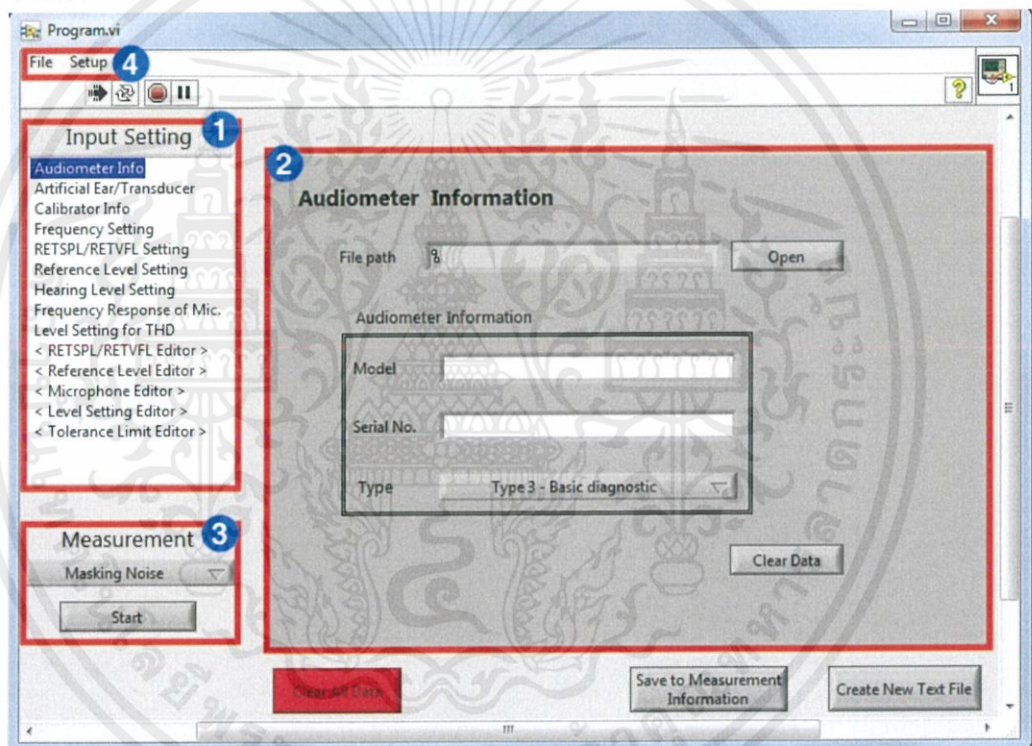
หมายเลข 1 เป็นส่วนที่ให้ผู้ใช้งานเลือกหัวข้อในการกรอกข้อมูลอุปกรณ์ด้วยการคลิกเลือกหัวข้อในกล่องข้อความ หน้าต่างในหมายเลข 2 จะเปลี่ยนแปลงไปตามหัวข้อที่เลือก

หมายเลข 2 เป็นหน้าต่างที่ให้ผู้ใช้งานกรอกข้อมูลและตั้งค่าต่างๆ

หมายเลข 3 เป็นส่วนที่ให้ผู้ใช้งานเลือกหัวข้อการสอบเทียบหลังจากกรอกข้อมูลในหน้าต่าง

หมายเลข 2 เรียบร้อยทุกหัวข้อแล้ว

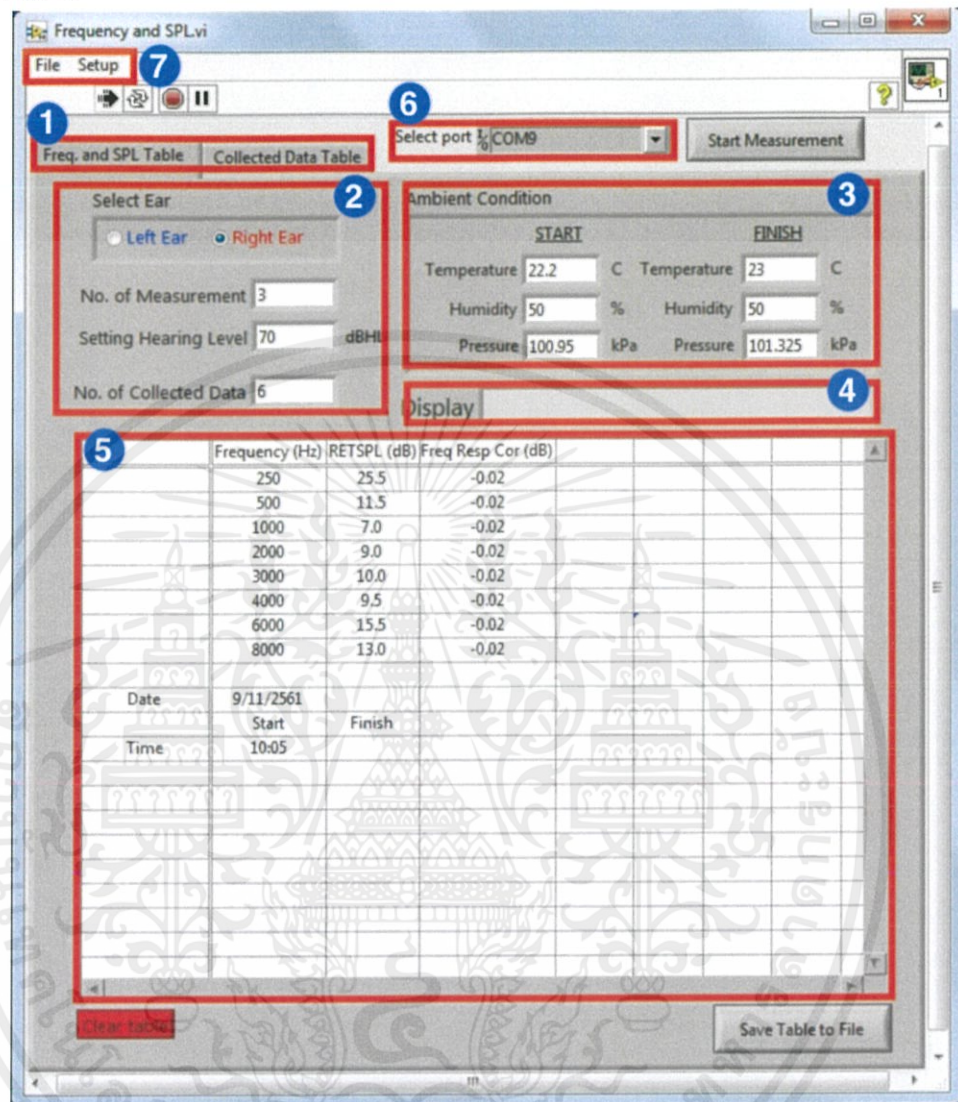
หมายเลข 4 ในส่วนของ Setup เป็นส่วนที่ให้ตั้งค่าอุปกรณ์ Sound Level Meter ที่ใช้ในการสอบเทียบ



ภาพที่ 2.1 ส่วนประกอบของหน้าต่างโปรแกรมหลัก

2.2.2 ส่วนโปรแกรมการสอบเทียบ (Calibration Program)

เป็นส่วนที่ให้ผู้ใช้งานได้เริ่มต้นการสอบเทียบในหัวข้อต่างๆ หน้าต่างจะแบ่งออกเป็นหลายส่วนดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 หน้าต่างโปรแกรมการสอบเทียบหัวข้อ Frequency and SP
หมายเลข 1 เป็นตัวเลือก tab ระหว่างหน้าต่างของตารางการสอบเทียบกับตารางข้อมูลที่เก็บมา

หมายเลข 2 เป็นส่วนที่ให้กำหนดค่าต่างๆก่อนเริ่มสอบเทียบ ได้แก่

- ข้างของหูฟัง
- No. of Measurement คือจำนวนรอบของการสอบเทียบต่อ 1 ชุดความถี่ (หรือต่อ 1 ชุดของ Setting Hearing Level ในหัวข้อ Linearity)
- No. of Collected Data คือจำนวนข้อมูลที่เก็บมาต่อ 1 ความถี่ (หรือต่อ 1 ค่าของ Setting Hearing Level ในหัวข้อ Linearity)
- Setting Hearing Level คือระดับความดังที่จะต้องตั้งที่ audiometer สำหรับหัวข้อ Frequency and SPL, Vibratory Force Level และ Masking Noise Level

- Setting Frequency คือความถี่ที่จะต้องตั้งที่ audiometer สำหรับหัวข้อ Linearity

หมายเลข 3 เป็นส่วนที่ให้กรอกข้อมูล Ambient Condition ทั้งก่อนและหลังการสอบเทียบ

หมายเลข 4 เป็นส่วนที่แสดงค่าที่กำลังเก็บมาระหว่างการสอบเทียบ

หมายเลข 5 เป็นตารางที่เก็บข้อมูลต่างๆที่จะถูกบันทึกในไฟล์

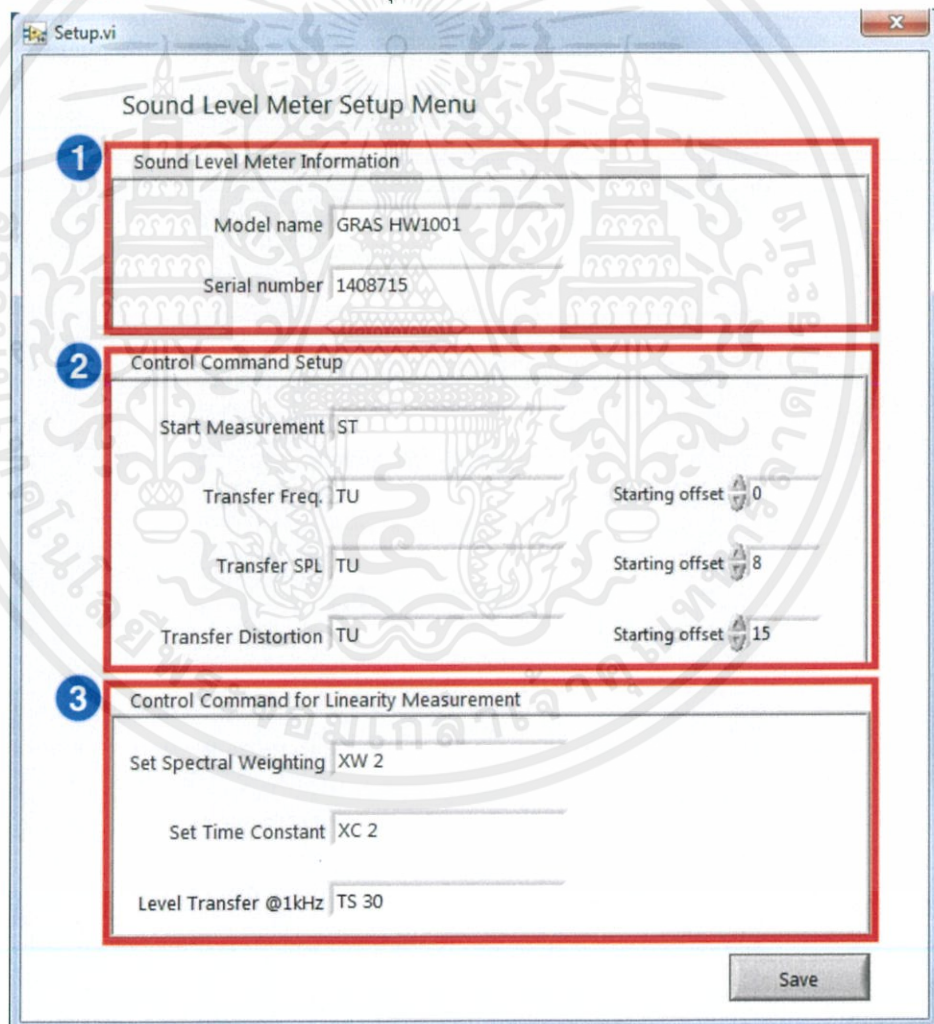
หมายเลข 6 เป็นส่วนที่ให้เลือก port ของคอมพิวเตอร์ที่จะเชื่อมต่อกับ Sound Level Meter

หมายเลข 7 ในส่วนของ Setup เป็นส่วนที่ให้ตั้งค่าอุปกรณ์ Sound Level Meter ที่ใช้ในการสอบเทียบ ที่สามารถตั้งค่าได้เหมือนกับหน้าต่างโปรแกรมหลัก

2.2.3 ส่วนการตั้งค่าอุปกรณ์ (Instrument Setup)

เป็นส่วนที่ให้ผู้ใช้งานตั้งค่าเกี่ยวกับ Sound Level Meter ที่ใช้สอบเทียบ โดยสามารถเข้าถึงหน้าต่างนี้ได้จากทั้งโปรแกรมหลักและโปรแกรมการสอบเทียบ โดยในโหมด Runtime ให้กดเลือก Setup > Instrument Setup บนแถบด้านบน

ส่วนประกอบของหน้าต่างการตั้งค่าอุปกรณ์ เป็นไปตามภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 ส่วนประกอบของหน้าต่างการตั้งค่าอุปกรณ์

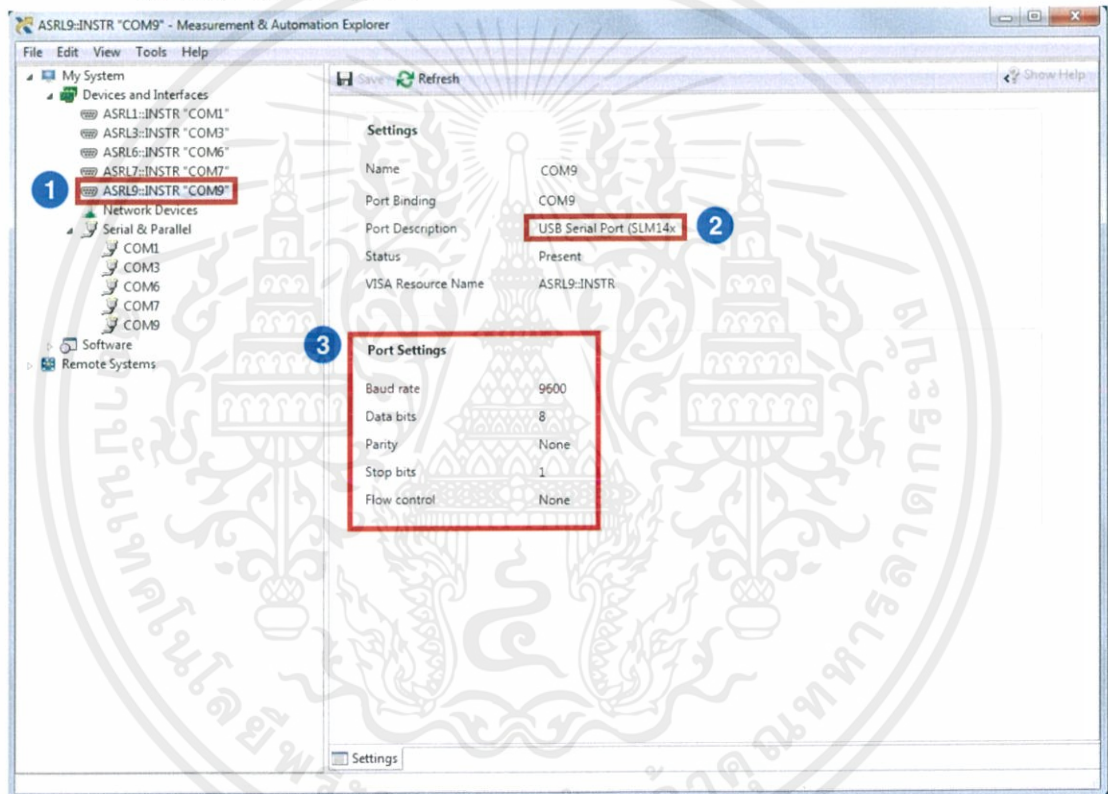
หมายเลข 1 เป็นส่วนที่ให้ผู้ใช้งานกรอกข้อมูล

3. เริ่มต้นการใช้งานโปรแกรม (Getting Started)

3.1 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ (Set-up Considerations)

หลังจากจัดการการเชื่อมต่ออุปกรณ์สำหรับการสอบเทียบเครื่องตรวจการได้ยินเรียบร้อยแล้วให้ทำตามขั้นตอนดังนี้

1. ติดตั้ง Driver ของ Sound Level Meter บนคอมพิวเตอร์ เพื่อให้สามารถติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์ได้ โดยเครื่องวัดระดับเสียงที่จะใช้ ในตัวอย่างคือ G.R.A.S. Audiometer Calibration Analyzer HW1001
2. เชื่อมต่อเครื่องวัดระดับเสียงกับเครื่องคอมพิวเตอร์ ด้วยสาย mini usb serial ผ่านทาง COM port และตรวจสอบตามภาพที่ 3.1 หมายเลข 1
3. ตรวจสอบว่าสามารถสื่อสารกันได้ผ่านทางโปรแกรม NI MAX ตามภาพที่ 3.1 หมายเลข 2 และตรวจสอบ baud rate ของ port และ Sound Level Meter ให้ตรงกัน ตามภาพที่ 3.1 หมายเลข 3



ภาพที่ 3.1 การตรวจสอบการเชื่อมต่ออุปกรณ์ในโปรแกรม NI MAX

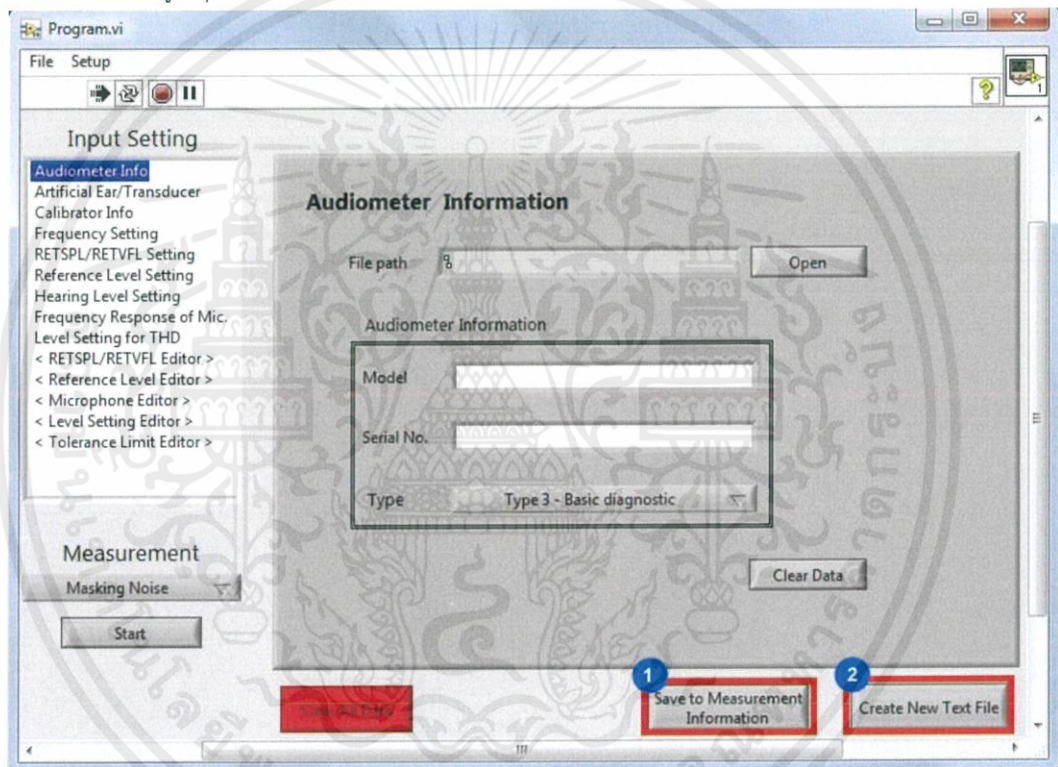
3.2 การเข้าถึงโปรแกรม (Program Access)

โปรแกรมสอบเทียบเครื่องตรวจการได้ยินนี้ จะต้องทำการเปิดผ่าน โปรแกรม NI LabView เวอร์ชัน 14.0 ขึ้นไปและจัดทำขึ้นให้กลุ่มผู้ใช้งาน นักมาตริวิทยาโดยเฉพาะ สำหรับการสอบเครื่องตรวจการได้ยิน

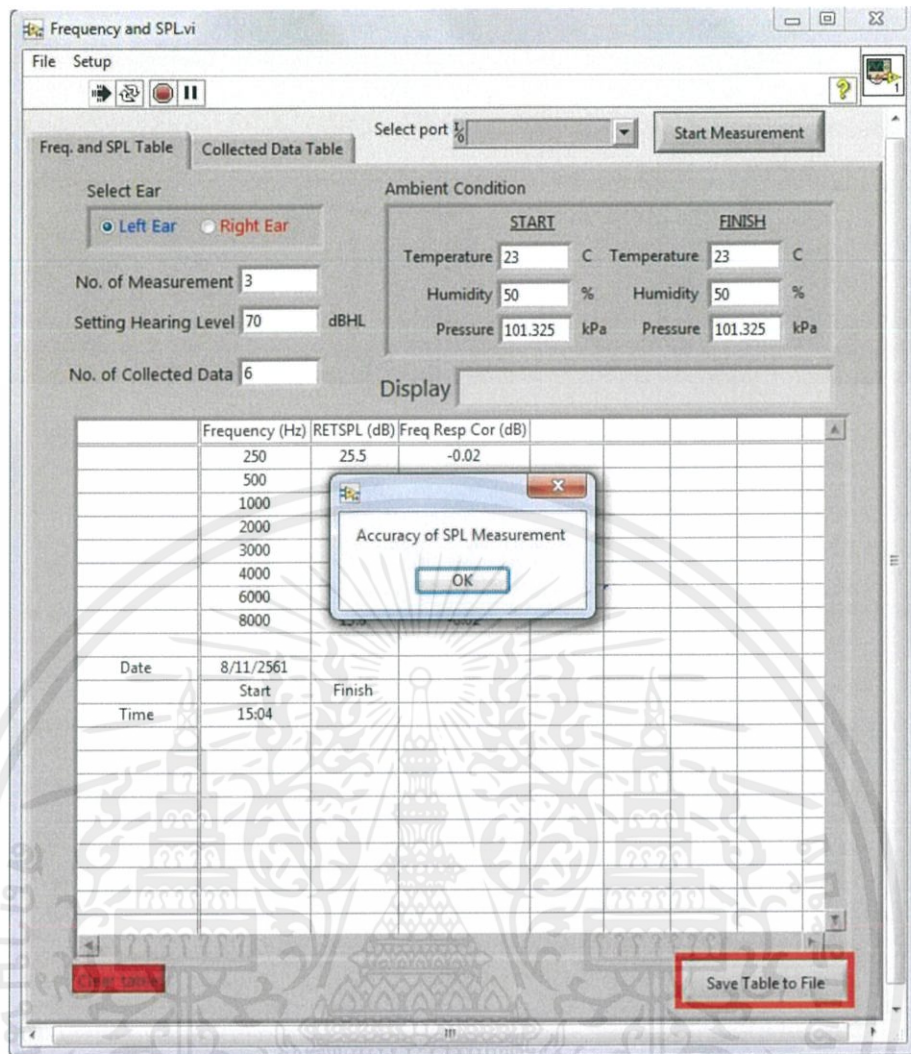
3.3 การบันทึกข้อมูล (Data Storing)

ข้อมูลที่สามารถบันทึกได้จะแบ่งเป็นสองประเภท คือ

1. ข้อมูล *Measurement Information* เป็นการบันทึกข้อมูลการตั้งค่าใน หัวข้อต่างๆในหน้าต่างโปรแกรมหลัก เพื่อใช้ในการเรียกข้อมูลนี้ขึ้นมา ในการสอบเทียบครั้งต่อไป บันทึกได้โดยกดปุ่ม 'Save to Measurement Information' ในหน้าต่างโปรแกรมหลัก (ภาพที่ 3.2 หมายเลข 1)
2. ข้อมูล *Measurement Record* เป็นการบันทึกข้อมูลอุปกรณ์ที่ใช้ และข้อมูลผลการสอบเทียบในหัวข้อต่างๆ โดยการบันทึก จะต้องบันทึก ด้วยกัน 2 ที่
 - a. หน้าต่างโปรแกรมหลัก บันทึกโดยกดปุ่ม 'Create New Text File' เป็นสร้างไฟล์ใหม่ สำหรับใช้ในการบันทึกข้อมูลอุปกรณ์ ที่เราตั้งค่าไว้ (ภาพที่ 3.2 หมายเลข 2)
 - b. หน้าต่างโปรแกรมการสอบเทียบ บันทึกโดยกดปุ่ม 'Save Table to File' ข้อมูลจะไปอยู่ต่อจากข้อมูล อุปกรณ์ในไฟล์เดียวกันกับไฟล์ที่สร้างไว้ในโปรแกรมหลักในข้อ a. (ภาพที่ 3.3)



ภาพที่ 3.2 การบันทึกข้อมูลในโปรแกรมหลัก



ภาพที่ 3.3 การบันทึกข้อมูลในโปรแกรมการสอบเทียบ

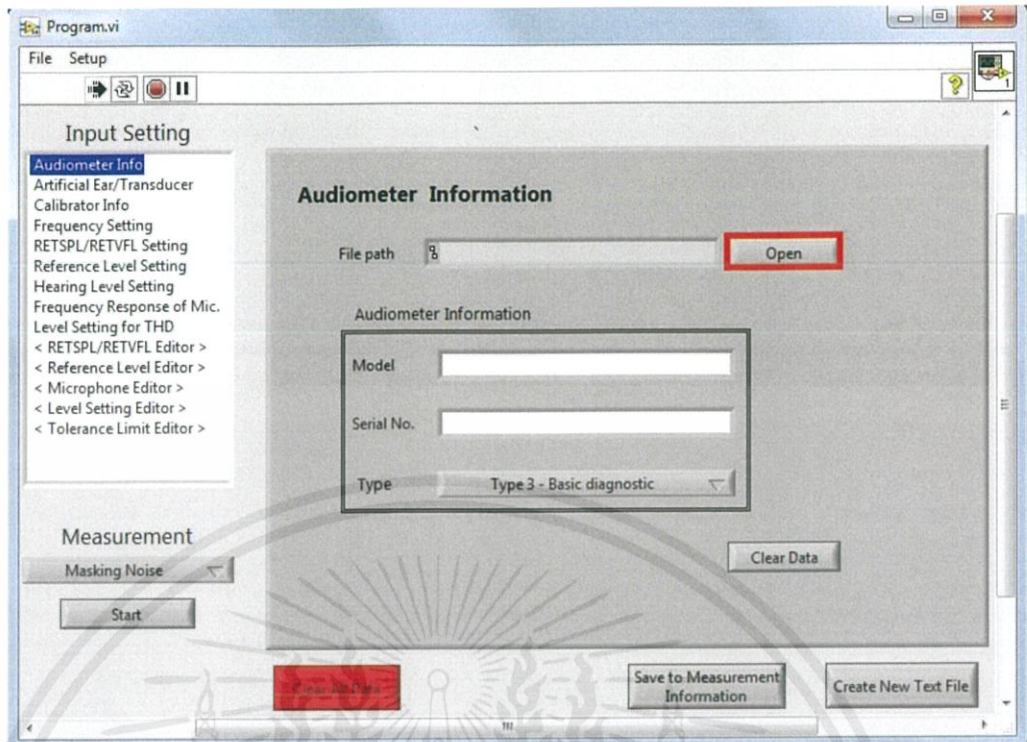
3.4 การเรียกดูข้อมูลผลการวัด (Data Recalling)

1. ข้อมูล Measurement Information

- การเรียกข้อมูลในโปรแกรมหลัก สามารถทำได้โดยการกดปุ่ม 'Open' ในหน้าแรกของโปรแกรมหลัก โดยจะต้องเลือกไฟล์ที่ เคยบันทึกไว้ดังข้อ 3.3-1 (ภาพที่ 3.4)
- การเรียกดูไฟล์ Text สามารถทำได้โดยเปิดไฟล์ Measurement Information ที่บันทึกไว้ผ่านทาง โปรแกรมอื่นๆ เช่น Microsoft Word หรือ Microsoft Excel

2. ข้อมูล Measurement Record

สามารถเรียกดูไฟล์ Measurement Record ที่บันทึกไว้เป็นไฟล์ Text ได้โดยการเปิดผ่านทาง Microsoft Excel



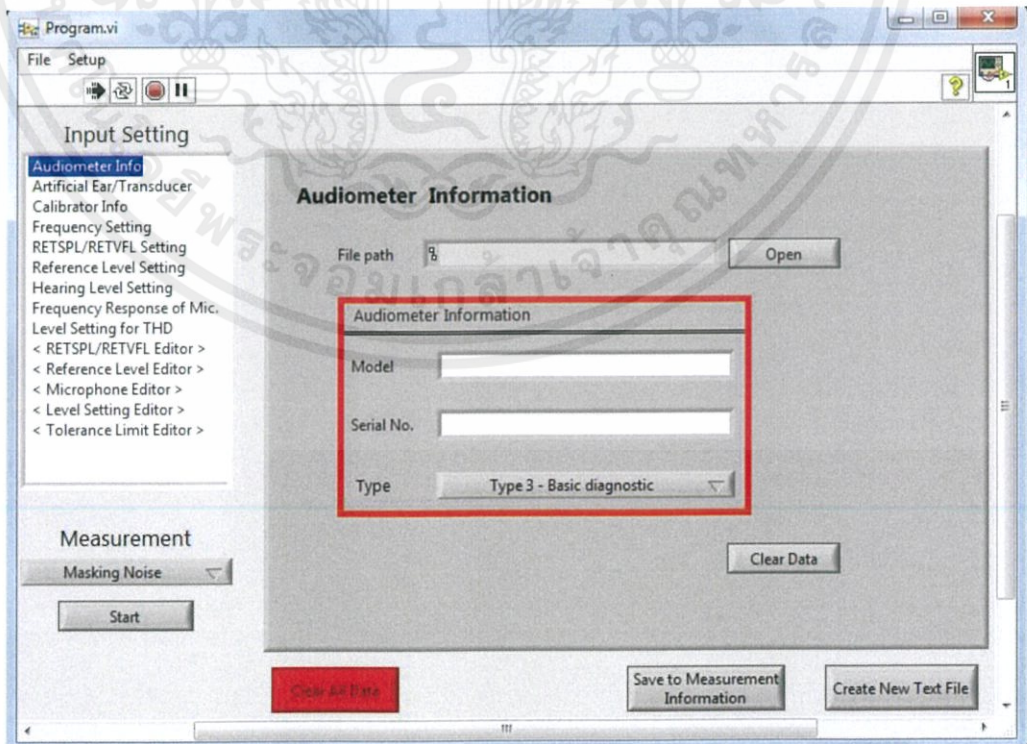
ภาพที่ 3.4 การเรียกข้อมูลในโปรแกรมหลัก

4. การใช้งานโปรแกรม (Using the Program)

4.1 ส่วนโปรแกรมหลัก (Main Program)

4.1.1 ข้อมูลเครื่องตรวจการได้ยิน (Audiometer Information)

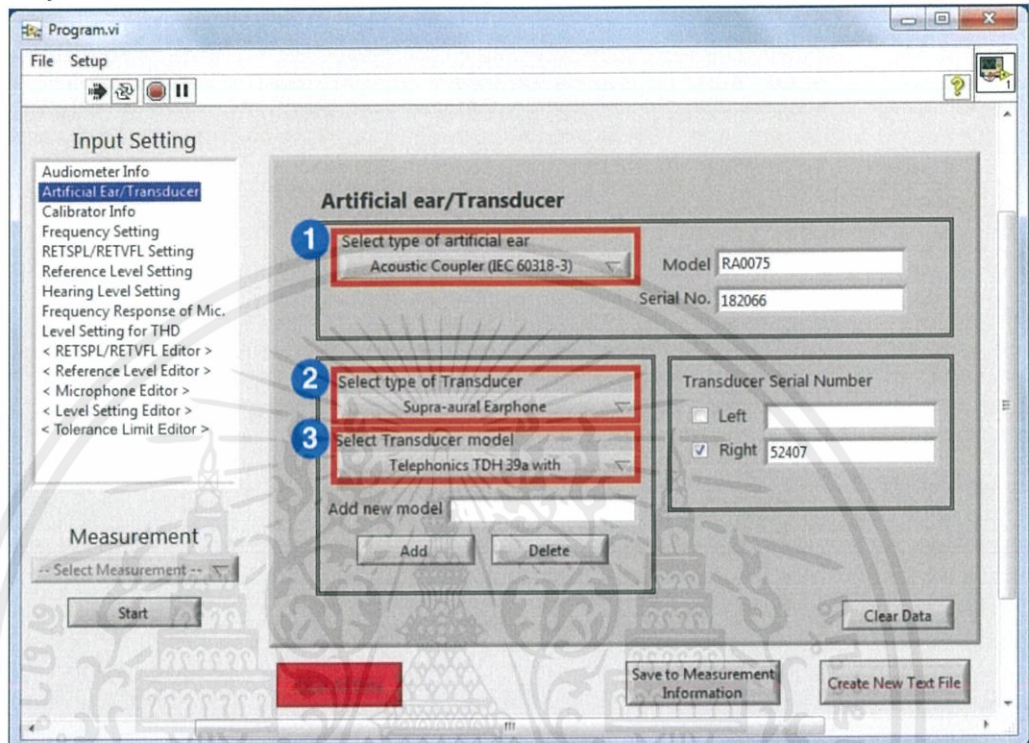
เป็นส่วนที่ผู้ใช้งานต้องกรอกรายละเอียด Model และ Serial Number ของเครื่องตรวจการได้ยินที่จะทำการสอบเทียบ (ภาพที่ 4.1)



ภาพที่ 4.1 การกรอกรายละเอียดของเครื่องตรวจการได้ยิน

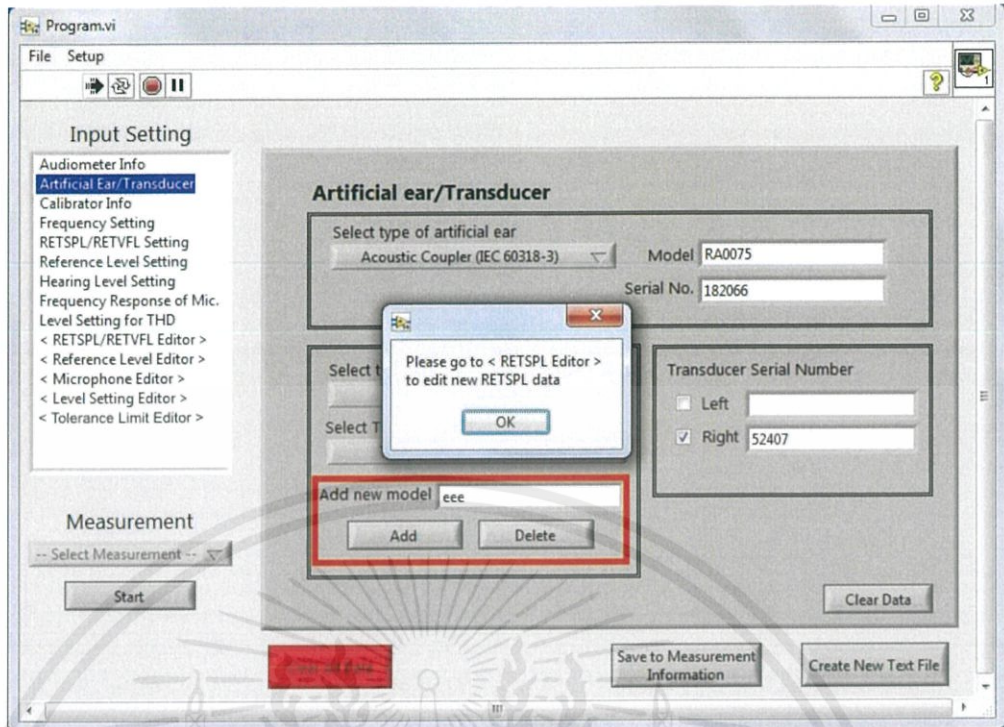
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 การตั้งค่า Artificial Ear และ Transducer (Artificial Ear and Transducer Information) เป็นส่วนที่ผู้ใช้งานต้องเลือกชนิดของ Artificial Ear ที่กล่อง ‘Select type of artificial ear’ เลือกชนิดของ Transducer ที่กล่อง ‘Select type of Transducer’ (ภาพที่ 4.2 หมายเลข 1) และเลือก Transducer Model ที่กล่อง ‘Select Transducer model’ (ภาพที่ 4.2 หมายเลข 2) รวมทั้งกรอกข้อมูล Model และ Serial number ของทั้งสองอุปกรณ์ (ภาพที่ 4.2 หมายเลข 3)

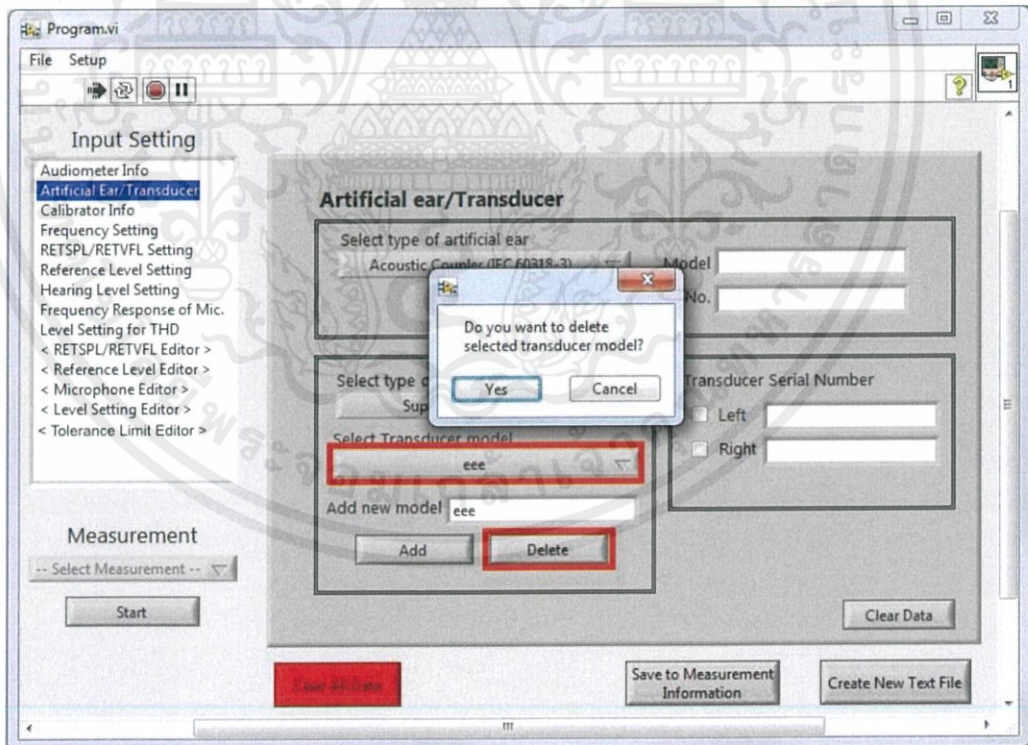


ภาพที่ 4.2 การตั้งค่า Artificial Ear และ Transducer

หากไม่มี Model ของ Transducer ที่ใช้ให้เลือก ให้กรอก ชื่อ model นั้นในกล่องข้อความ แล้วกดปุ่ม ‘Add’ ชื่อ model นั้นจะเข้าไปอยู่ในกล่องให้สามารถเลือกได้ หลังจากกดปุ่ม Add แล้ว โปรแกรมจะมีหน้าต่างเตือน ให้ไปหน้า RETSPL/RETVFL Editor (ภาพที่ 4.3) เพื่อทำการเพิ่มข้อมูลใหม่เข้าไปในตาราง



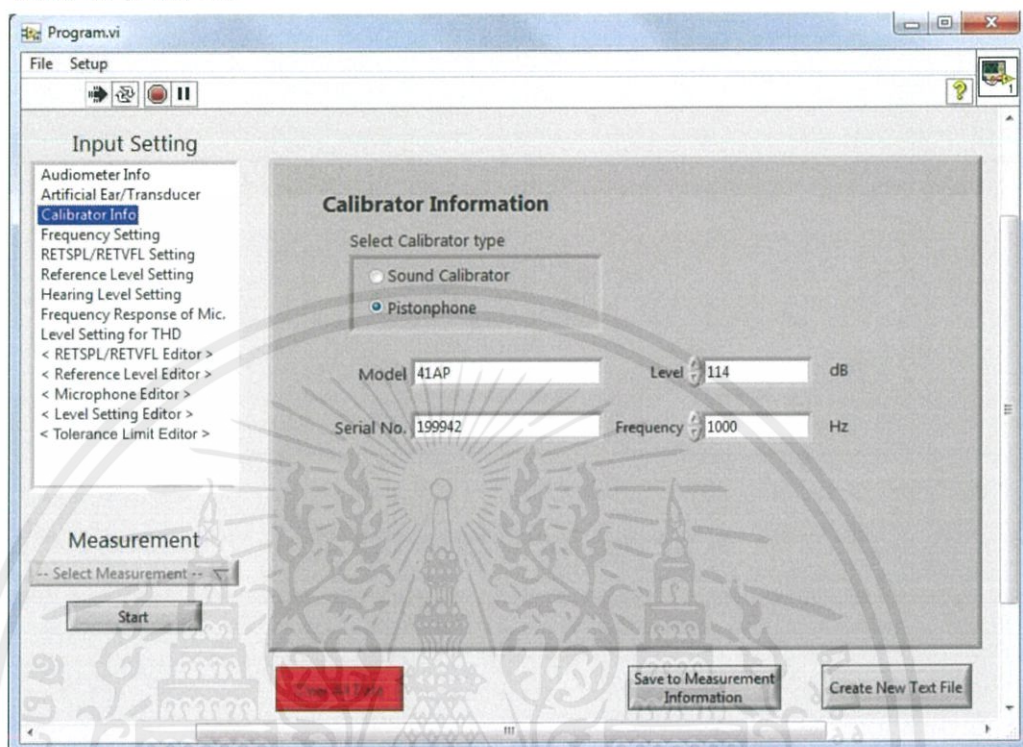
ภาพที่ 4.3 การเพิ่ม model ของ Transducer หากเกิดกรณีที่กรอกข้อมูลผิด หรือต้องการที่จะลบชื่อนั้นออก ให้กดเลือกชื่อนั้น แล้วกดปุ่ม 'Delete' ชื่อนั้นจะหายไปจากตัวเลือก (ภาพที่ 4.4)



ภาพที่ 4.4 การลบ model ของ Transducer

4.1.3 ข้อมูลเครื่อง Calibrator (Calibrator Information)

เป็นส่วนที่ผู้ใช้งานต้องกรอกข้อมูลและเลือกชนิดของ Calibrator ระหว่าง Sound calibrator กับ Pistonphone ซึ่งใช้ในการปรับค่า Sensitivity ของเครื่อง Sound Level Meter และเลือกความถี่ และระดับเสียง (ภาพที่ 4.5)



ภาพที่ 4.5 การลบ model ของ Transducer

4.1.4 การตั้งค่าความถี่ (Frequency Setting)

เป็นส่วนที่ผู้ใช้งานสามารถเลือกความถี่ที่จะทำการสอบเทียบ ขึ้นอยู่กับความถี่ที่เครื่องตรวจการได้ยินจะจ่ายได้

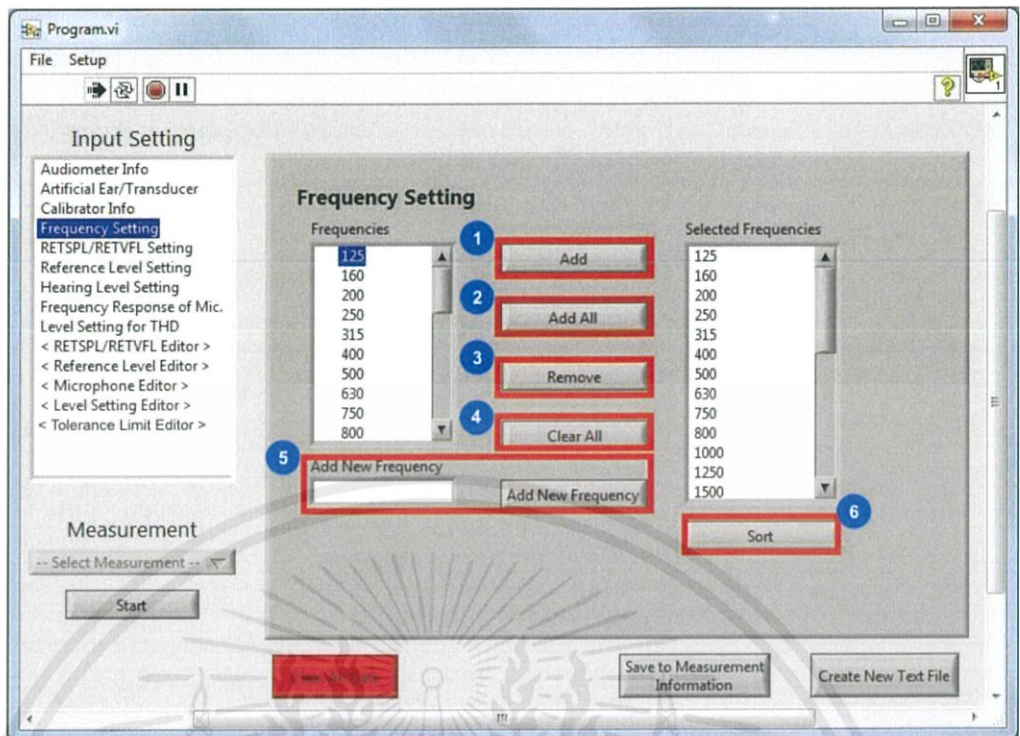
หากต้องการเลือกความถี่ ให้กดเลือกในกล่องด้านซ้าย แล้วกด 'Add' หากต้องการเลือกหลายความถี่ ให้กด Ctrl บนแป้นพิมพ์ แล้วกดเลือกความถี่ที่ต้องการ จากนั้นกดปุ่ม 'Add' ความถี่ที่เราได้เลือกไปจะเข้าไปอยู่ในกล่องด้านขวา (ภาพที่ 4.6 หมายเลข 1)

หากต้องการเลือกความถี่ที่มีให้เลือกทั้งหมดในกล่องด้านซ้าย ให้กดปุ่ม 'Add All' (ภาพที่ 4.6 หมายเลข 2)

หากต้องการลบความถี่ที่เลือกไปแล้วในกล่องด้านขวา ให้เลือกความถี่นั้น แล้วกดปุ่ม 'Remove' (ภาพที่ 4.6 หมายเลข 3)

หากต้องการลบความถี่ที่ถูกเลือกในกล่องด้านขวาทั้งหมด ให้กดปุ่ม 'Clear All' (ภาพที่ 4.6 หมายเลข 4)

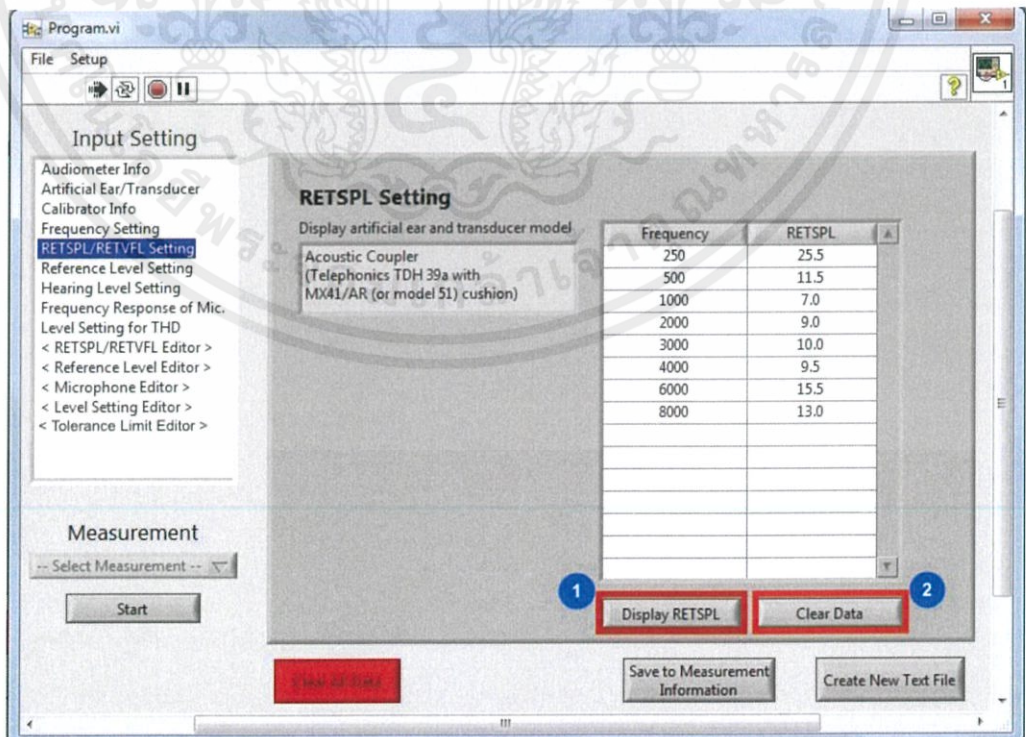
หากต้องการเพิ่มความถี่ที่ไม่มีให้เลือก ให้กรอกความถี่นั้นในกล่องข้อความนี้ แล้วกดปุ่ม 'Add New Frequency' (ภาพที่ 4.6 หมายเลข 5) และกด 'Sort' เพื่อเรียงลำดับความถี่ (ภาพที่ 4.6 หมายเลข 6)



ภาพที่ 4.6 การตั้งค่าความถี่

4.1.5 การตั้งค่า RETSPL/RETVFL (RETSPL/RETVFL Setting)

เป็นส่วนที่ผู้ใช้งานได้ตรวจสอบความถี่ และค่า RETSPL หรือ RETVFL โดยกดปุ่ม 'Display RETSPL' (ภาพที่ 4.7 หมายเลข 1) และสามารถเคลียร์ตารางได้โดยกดปุ่ม 'Clear Data' (ภาพที่ 4.7 หมายเลข 2)

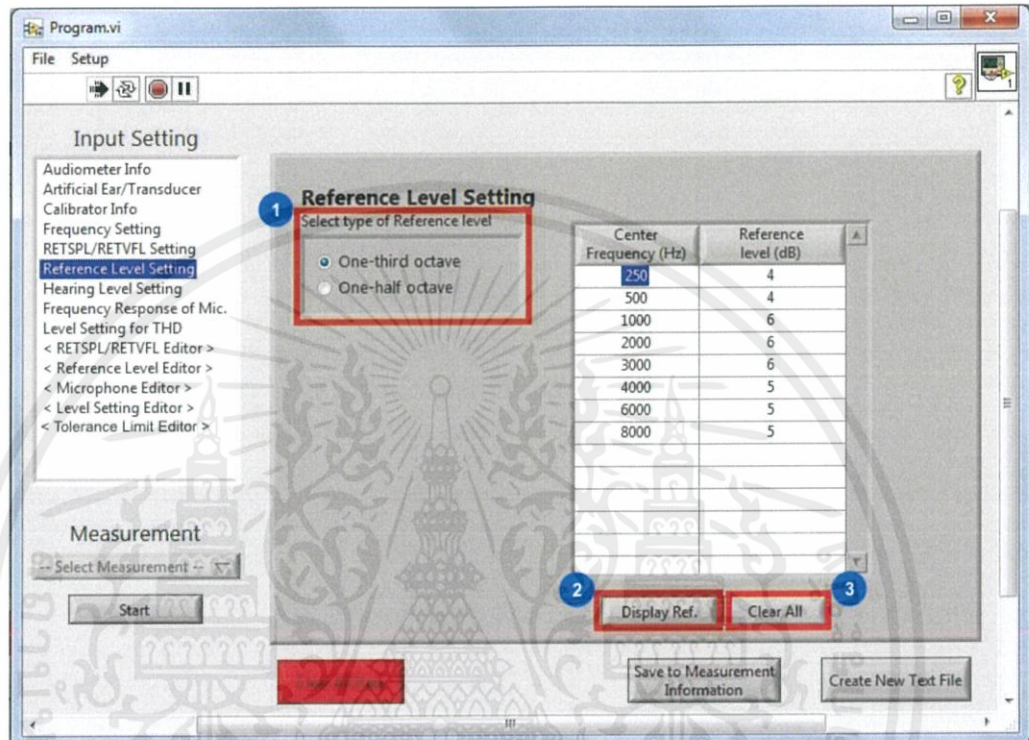


ภาพที่ 4.7 การตั้งค่า RETSPL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 68 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.6 การตั้งค่า Reference Level (Reference Level Setting)

เป็นส่วนที่ผู้ใช้งานสามารถเลือกโหมดของ Sound Level Meter ว่าเป็น one-third octave หรือ one-half octave (ภาพที่ 4.8 หมายเลข 1) จากนั้น กดปุ่ม 'Display Ref.' เพื่อตรวจสอบค่า Reference Level (ภาพที่ 4.8 หมายเลข 2) และสามารถเคลียร์ตารางได้โดยกดปุ่ม 'Clear Data' (ภาพที่ 4.8 หมายเลข 3)

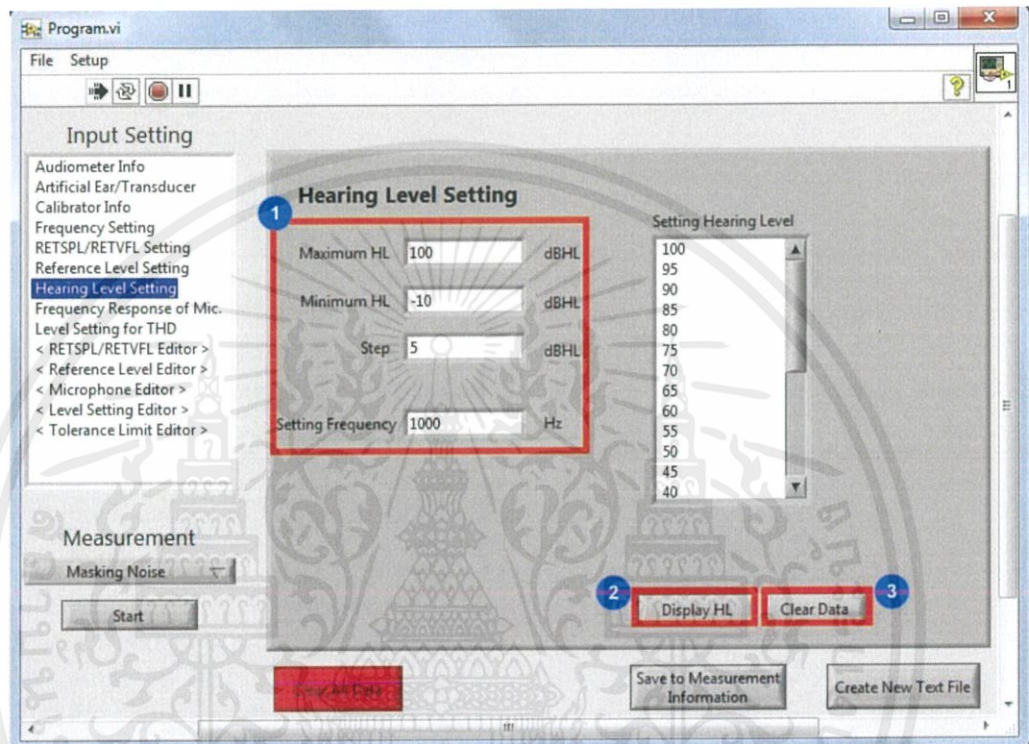


ภาพที่ 4.8 การตั้งค่า Reference Level

4.1.7 การตั้งค่า Hearing Level (Hearing Level Setting)

เป็นส่วนที่ให้ผู้ใช้งานกรอกค่า Maximum HL, Minimum HL และ Step ของเครื่องตรวจการได้ยินที่เรากำลังจะสอบเทียบ และกรอกค่าความถี่ที่จะใช้ทดสอบ (ภาพที่ 4.9 หมายเลข 1) ซึ่งทำไปแล้ว ในมาตรฐานกำหนดให้ใช้ความถี่ 250 Hz

จากนั้นกดปุ่ม 'Display HL' เพื่อตรวจสอบค่า (ภาพที่ 4.9 หมายเลข 2) และสามารถเคลียร์ตารางได้ โดยกดปุ่ม 'Clear Data' (ภาพที่ 4.9 หมายเลข 3)

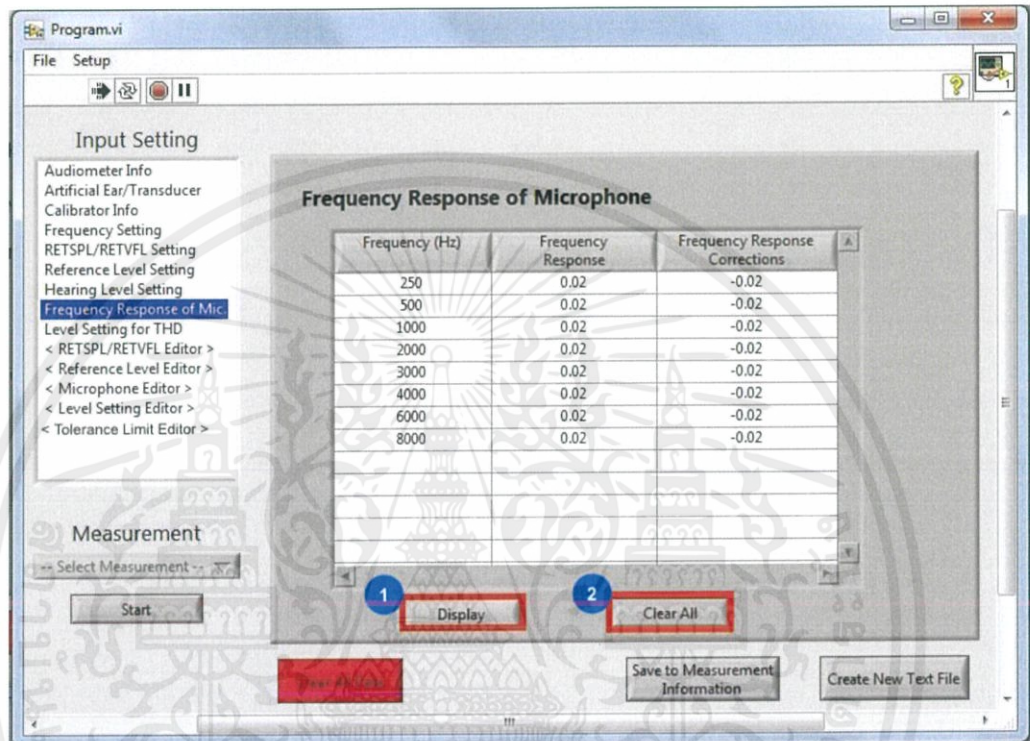


ภาพที่ 4.9 การตั้งค่า Hearing Level

4.1.8 การตั้งค่า Frequency Response ของไมโครโฟน (Frequency Response of Microphone

Setting)

เป็นส่วนที่ผู้ใช้งานได้ตรวจสอบความถี่และค่า Frequency Response Correction ของไมโครโฟนที่ใช้ในการสอบเทียบ โดยกดปุ่ม 'Display' เพื่อตรวจสอบค่า (ภาพที่ 4.10 หมายเลข 1) และสามารถเคลียร์ตารางได้โดยกดปุ่ม 'Clear Data' (ภาพที่ 4.10 หมายเลข 2)

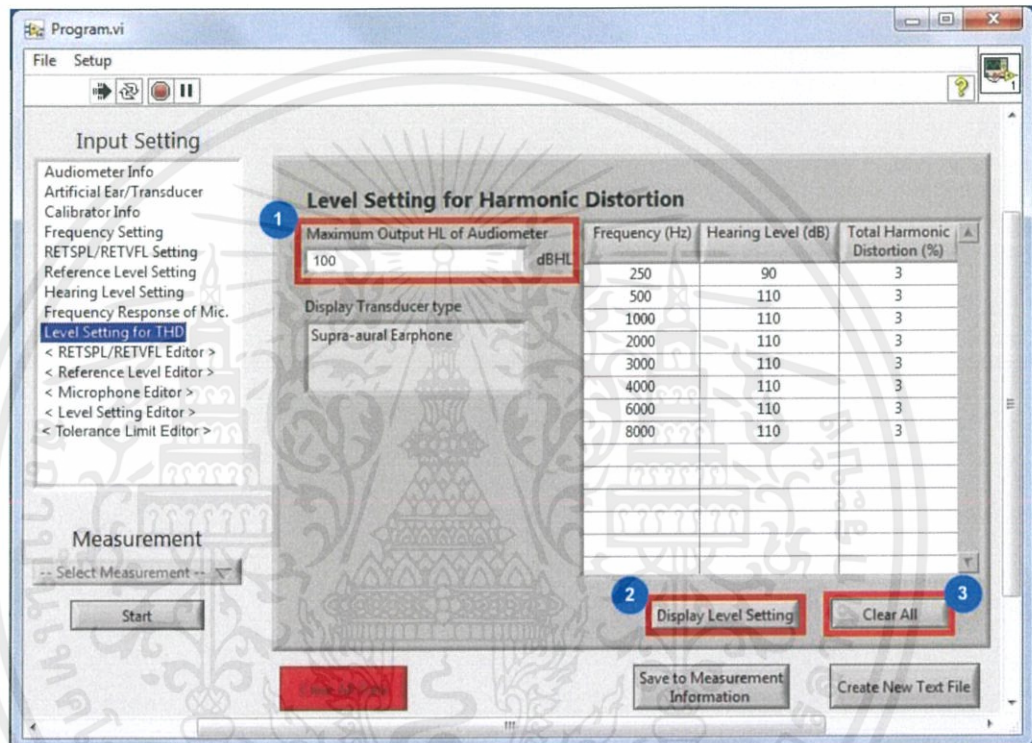


ภาพที่ 4.10 การตั้งค่า Frequency Response ของไมโครโฟน

4.1.9 การตั้งค่า Level สำหรับการวัด Total Harmonic Distortion (Level Setting for Total Harmonic Distortion Measurement)

เป็นส่วนที่ให้ผู้ใช้งานกรอก Maximum Output HL ของเครื่องตรวจการได้ยิน เพื่อนำไปคำนวณค่า Setting Hearing Level ที่จะต้องปรับเปลี่ยนในการสอบเทียบหัวข้อ Total Harmonic Distortion (ภาพที่ 4.11 หมายเลข 3)

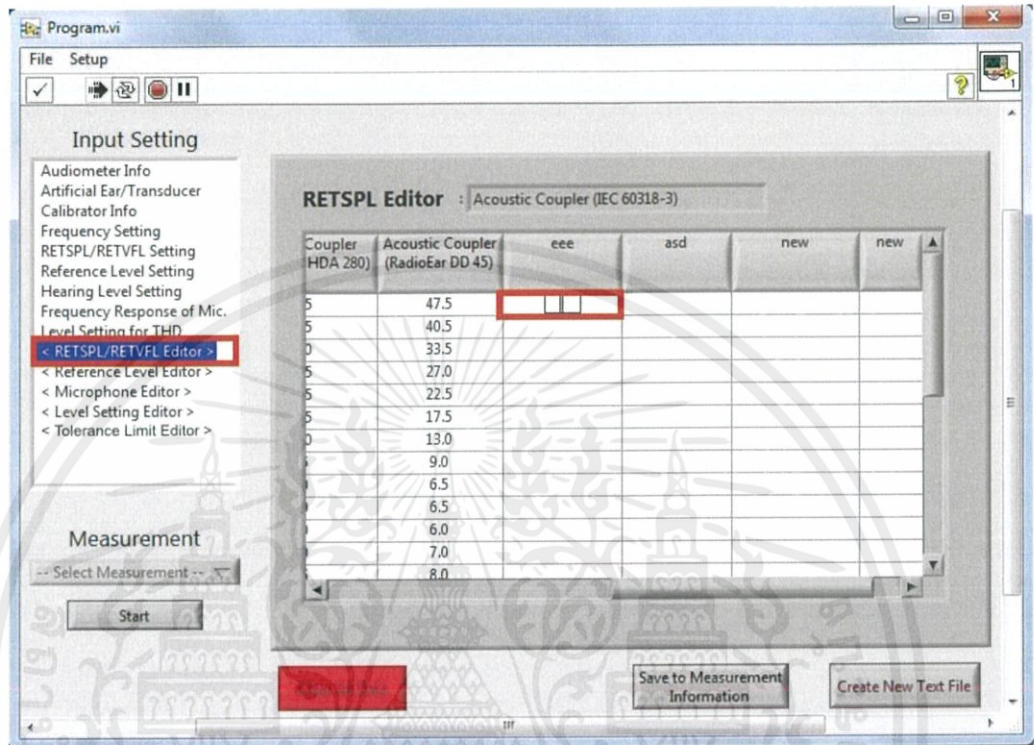
กดปุ่ม 'Display' เพื่อตรวจสอบค่า (ภาพที่ 4.11 หมายเลข 2) และสามารถเคลียร์ตารางได้โดยกดปุ่ม 'Clear Data' (ภาพที่ 4.11 หมายเลข 3)



ภาพที่ 4.11 การตั้งค่า Level สำหรับการวัด Total Harmonic Distortion

4.1.10 การแก้ไข RETSPL/RETVFL (RETSPL/RETVFL Editor)

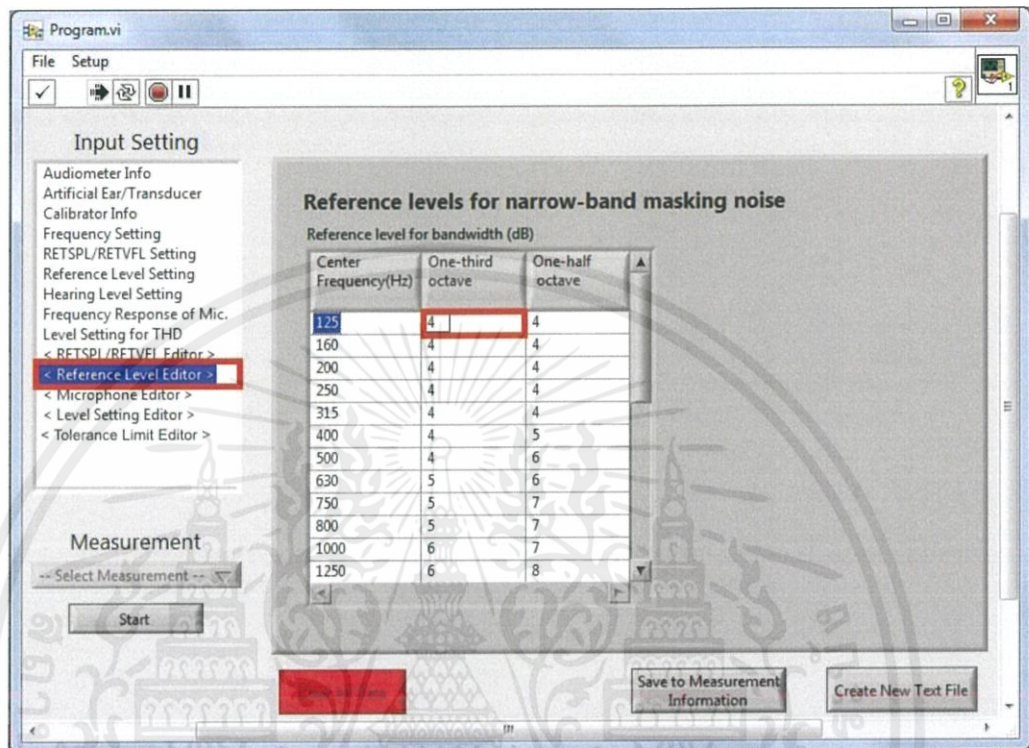
หลังจากที่กดปุ่ม 'Add' ในหน้าการตั้งค่า Artificial Ear และ Transducer แล้ว ให้มาเพิ่มข้อมูลในหน้าดังนี้ โดยผู้ใช้สามารถพิมพ์ค่า RETSPL/RETVFL ของแต่ละความถี่ลงในตารางที่หัวตารางเป็นชื่อ Model ที่เพิ่มเข้าไปได้เลย โดยคลิกเมาส์ 2 ครั้ง แล้วกรอกค่าเข้าไป (ภาพที่ 4.12)



ภาพที่ 4.12 การแก้ไข RETSPL/RETVFL

4.1.11 การแก้ไข Reference Level (Reference Level Editor)

เป็นหน้าที่ให้ผู้ใช้งานแก้ไขข้อมูล Reference Level โดยสามารถแก้จากรายได้ด้วยคลิกเมาส์ 2 ครั้งแล้วกรอกค่าใหม่เข้าไปได้เลย (ภาพที่ 4.13)



ภาพที่ 4.13 การแก้ไข Reference Level สำหรับการสอบเทียบ Masking Noise Level

4.1.12 การตั้งค่า Frequency Response ของไมโครโฟน (Frequency Response of Microphone Editor)

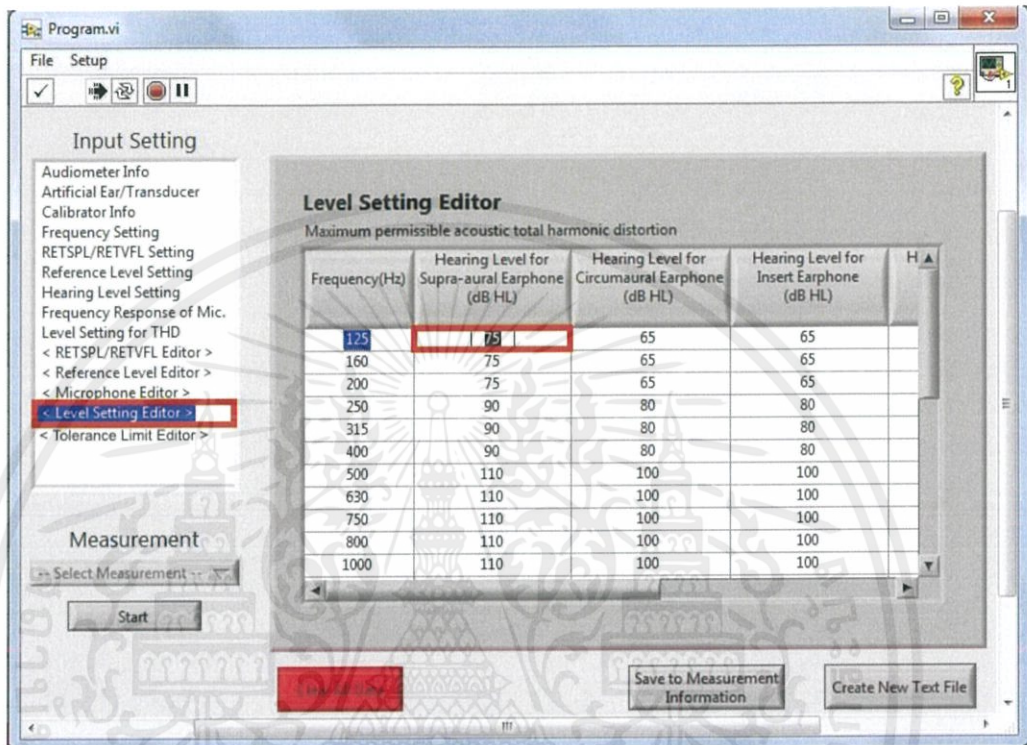
เป็นหน้าที่ให้ผู้ใช้งานแก้ไขข้อมูล Frequency Response ของไมโครโฟน โดยสามารถแก้ไขจากรายการได้ด้วยการคลิกเมาส์ 2 ครั้ง แล้วกรอกค่าใหม่เข้าไปได้เลย (ภาพที่ 4.14)



ภาพที่ 4.14 การแก้ไข Frequency Response ของไมโครโฟน

4.1.13 การแก้ไข Level สำหรับการวัด Total Harmonic Distortion (Level Editor for Total Harmonic Distortion Measurement)

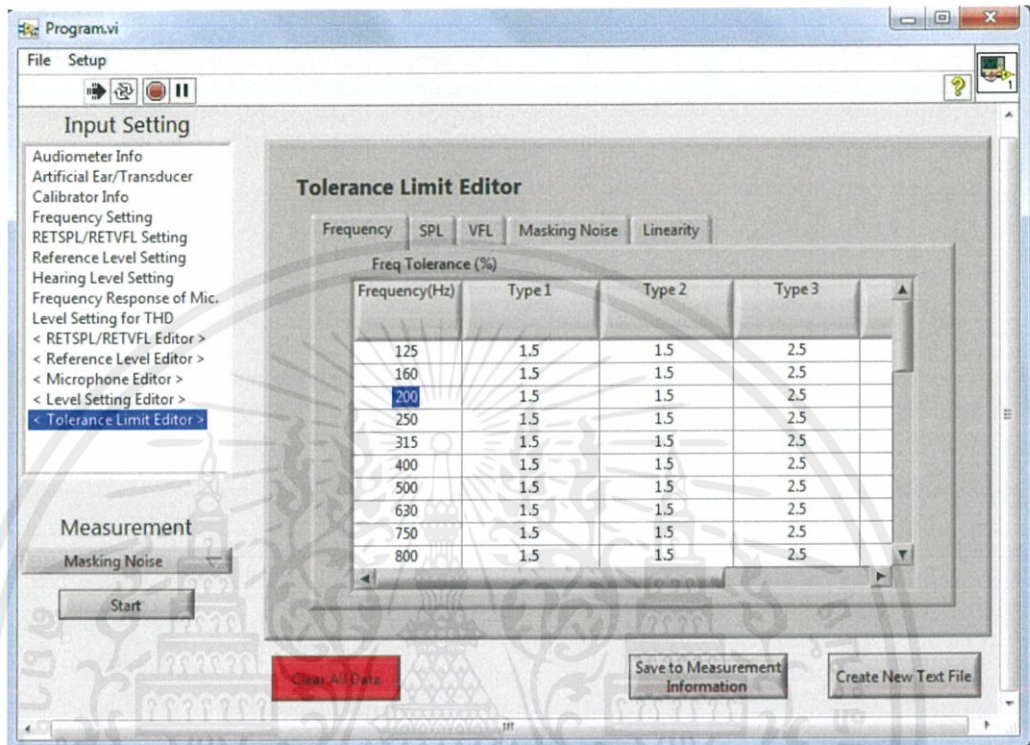
เป็นหน้าที่ให้ผู้ใช้งานแก้ไขข้อมูล Level สำหรับการวัด Total Harmonic Distortion โดยสามารถแก้จกตารางได้ด้วยการคลิกเมาส์ 2 ครั้ง แล้วกรอกค่าใหม่เข้าไปได้เลย (ภาพที่ 4.15)



ภาพที่ 4.15 การแก้ไข Level สำหรับการวัด Total Harmonic Distortion

4.1.14 การแก้ไข Tolerance Limit (Tolerance Limit Editor)

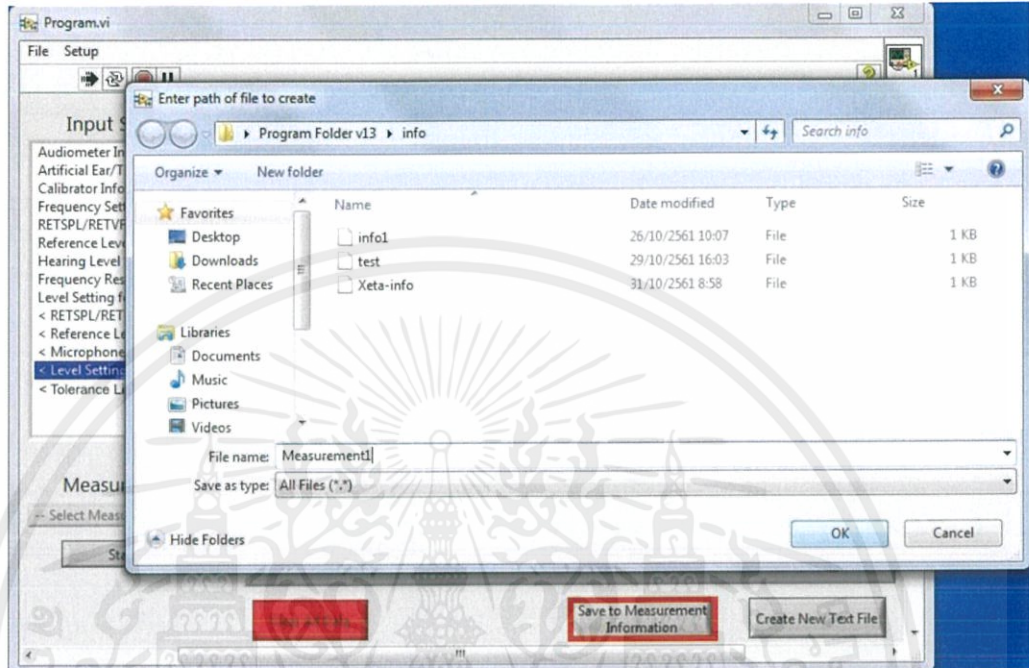
เป็นหน้าที่ให้ผู้ใช้งานแก้ไขข้อมูล Tolerance Limit สำหรับการวัดในทุกหัวข้อ โดยสามารถแก้จากตารางได้ด้วย การคลิกเมาส์ 2 ครั้ง แล้วกรอกค่าใหม่เข้าไปได้เลย (ภาพที่ 4.16)



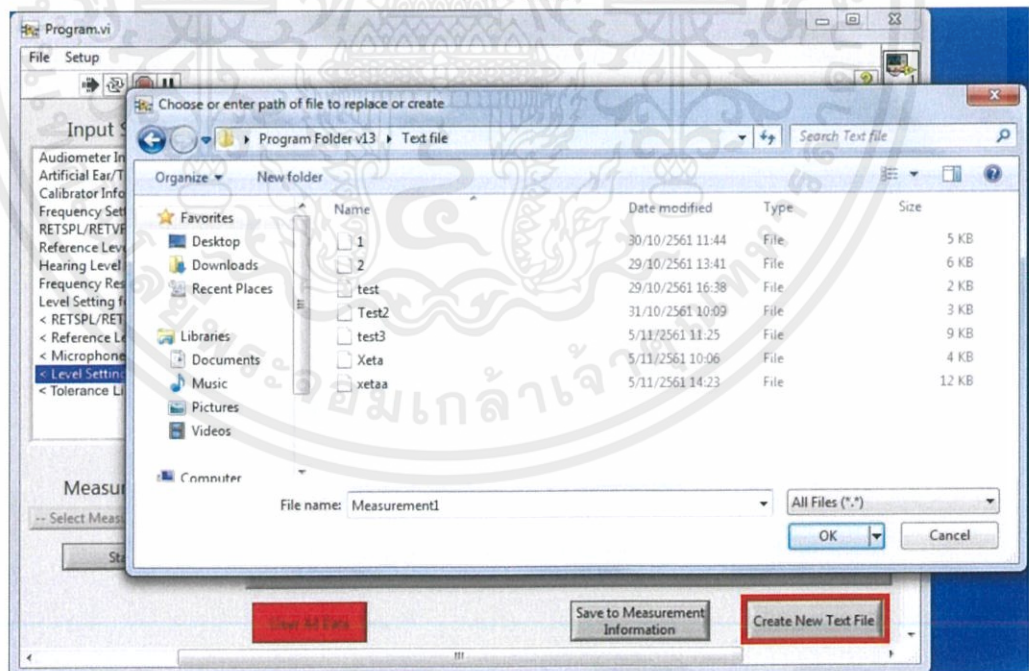
ภาพที่ 4.16 การแก้ไข Tolerance Limit

4.1.15 การบันทึกข้อมูลการตั้งค่าและข้อมูลอุปกรณ์ (Measurement Information Storing)

หลังจากใส่ข้อมูลในหน้าต่างจนครบแล้ว กดปุ่ม 'Save to Measurement Information' เพื่อบันทึกข้อมูลการตั้งค่าในโปรแกรม (ภาพที่ 4.17(a)) และกดปุ่ม 'Create New Text File' เพื่อสร้างไฟล์บันทึกข้อมูล อุปกรณ์ที่ใช้ในการสอบเทียบ (ภาพที่ 4.17(b))



ภาพที่ 4.17(a)

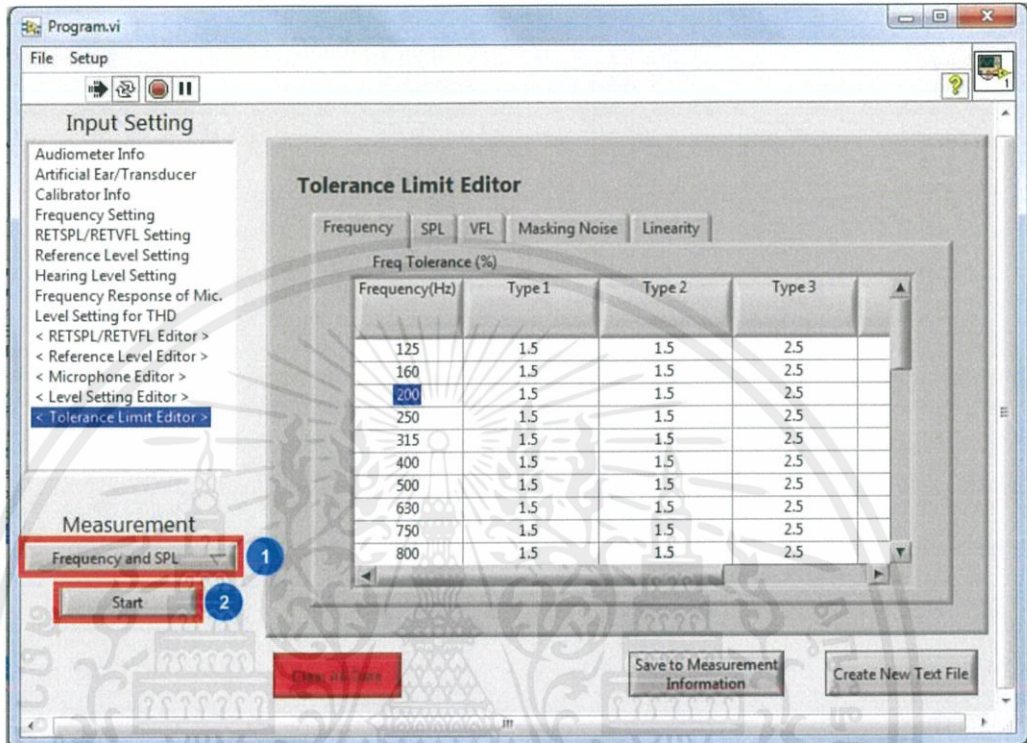


ภาพที่ 4.17(b)

ภาพที่ 4.17 การบันทึกข้อมูลการตั้งค่าและอุปกรณ์

4.1.16 การเรียกใช้ส่วนโปรแกรมการสอบเทียบ (Measurement Program Recalling)

หลังจากบันทึกข้อมูลแล้ว เริ่มทำการเรียกใช้ส่วนโปรแกรมการสอบเทียบแต่ละหัวข้อโดยการเลือกจากกล่องทางซ้ายล่าง (ภาพที่ 4.18 หมายเลข 1) และกดปุ่ม 'Start' (ภาพที่ 4.18 หมายเลข 2) หน้าต่างโปรแกรมการสอบเทียบนั้นจะปรากฏขึ้นมา



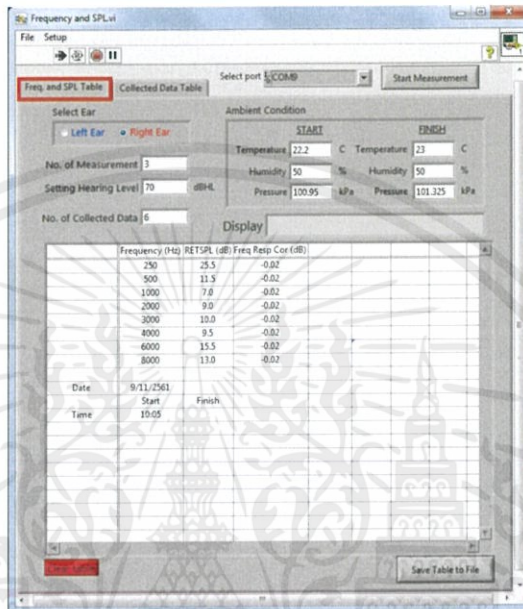
ภาพที่ 4.18 การเรียกใช้ส่วนโปรแกรมการสอบเทียบ

4.2 ส่วนโปรแกรมการสอบเทียบ (Calibration Program)

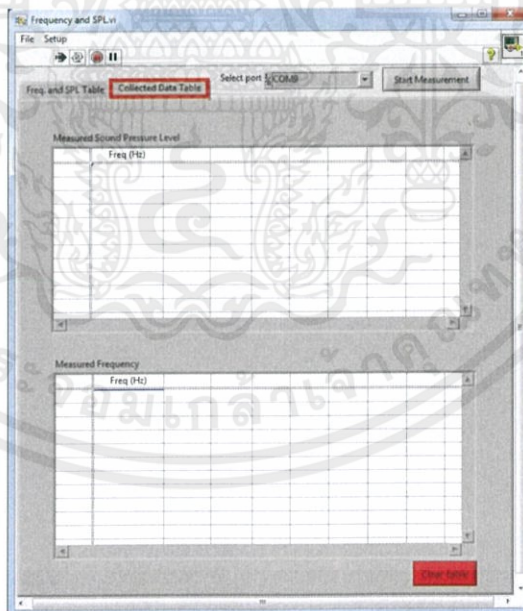
เมื่อกดเรียกใช้โปรแกรมจากหน้าต่างโปรแกรมหลักแล้ว จะมีข้อความที่เป็นชื่อของหัวข้อการสอบเทียบนั้นๆปรากฏขึ้นมา ให้กดปุ่ม 'OK' เพื่อเข้าสู่การสอบเทียบ

4.2.1 การสอบเทียบ Frequency and Sound Pressure Level

หน้าต่างจะแบ่งเป็น 2 tab หลักๆ คือ tab ของ Record Table ที่จะมีส่วนให้กรอกค่าต่างๆ สำหรับการเก็บค่าและตารางที่จะถูกบันทึกเข้าไปในไฟล์ (ภาพที่ 4.19(a)) และ tab ของ Collected Data Table ซึ่งจะแสดงค่าที่ถูกเก็บมาทั้งหมด (ภาพที่ 4.19(b))



ภาพที่ 4.19(a)

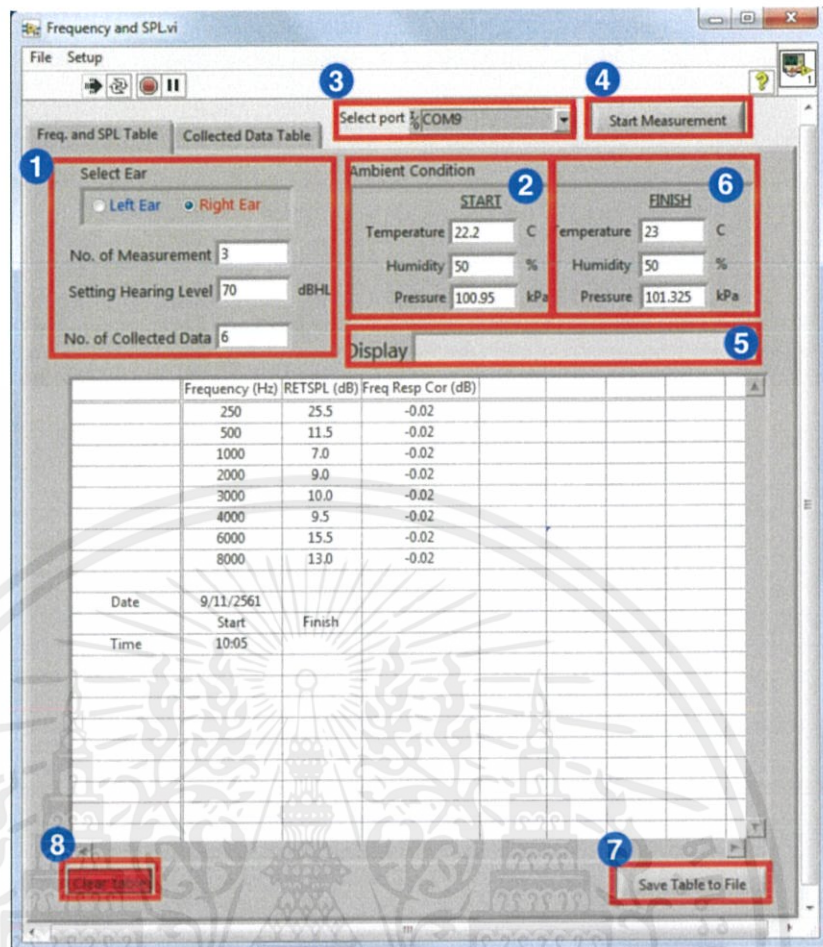


ภาพที่ 4.19(b)

ภาพที่ 4.19 หน้าต่างการสอบเทียบความถี่และระดับเสียง

ขั้นตอนการใช้งานโปรแกรมมีดังนี้

1. กรอกข้อมูลส่วนหัวด้านซ้ายของหน้าต่าง Record Table ได้แก่ กล่องตัวเลือกข้างของหูฟังที่กำลังจะสอบเทียบ กล่องข้อความ No. of Measurement ที่ให้ใส่จำนวนรอบการทำการสอบเทียบ (ต่อ 1 ชุดความถี่) ระดับของ Hearing Level ที่จะใช้ในการสอบเทียบ โดยตามมาตรฐานแล้วกำหนดให้ตั้งไว้ที่ 70 dBHL และกล่องสุดท้ายเป็น No. of Collected Data ที่ให้ใส่จำนวนข้อมูลที่เก็บต่อ 1 ความถี่ (ภาพที่ 4.20 หมายเลข 1)
2. กรอกข้อมูล Ambient Condition ตรงส่วนหัวด้านขวา ได้แก่ข้อมูลอุณหภูมิ (Temperature) ความชื้น (Humidity) และความดันอากาศ (Pressure) ซึ่งต้องกรอกก่อนเริ่มเก็บค่าในแถวของ START (ภาพที่ 4.20 หมายเลข 2)
3. เลือก port ของ Sound Level Meter ที่เราได้เชื่อมต่อไว้กับคอมพิวเตอร์ (ภาพที่ 4.20 หมายเลข 3)
4. กดปุ่ม 'Start Measurement' เพื่อเริ่มต้น จะมีข้อความเตือนให้ปรับแรงที่กดลงบนหูฟังและข้อความเตือนให้ปรับความถี่ที่เครื่องตรวจการได้ยินปรากฏขึ้น (ภาพที่ 4.20 หมายเลข 4)
5. ระหว่างเก็บค่า สามารถดูค่าที่กำลังเก็บได้ในกล่องข้อความ Display ได้ Ambient Condition (ภาพที่ 4.20 หมายเลข 5)
6. เมื่อเก็บค่าครบตามจำนวน No. of Collected Data แล้ว ข้อความจะขึ้นมาเตือนให้เปลี่ยนความถี่ที่เครื่องตรวจการได้ยินเพื่อสอบเทียบความถี่ต่อไป
7. ทำตามข้อ 4. ถึง 6. ไปเรื่อยๆจนกว่าจะครบชุดความถี่ทั้งหมด ข้อความเตือนจบการทำ Measurement นั้นๆและเตือนให้ทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์ใหม่จะปรากฏขึ้นมา
8. ก่อนจะทำ Measurement ต่อไป สามารถดูค่าที่ถูกเก็บไปได้ที่ tab ของ Collected Data Table
9. ให้เริ่มทำการสอบเทียบตามข้อ 4. ถึง 8. ไปเรื่อยๆจนกว่าข้อความ 'All Measurement Finished' จะปรากฏขึ้นมา
10. เมื่อทำครบจำนวน Measurement แล้ว ค่า Max value, Average Value, Standard Deviation, Deviated Value และ Tolerance Limit ของทั้ง Frequency และ Sound Pressure Level จะปรากฏขึ้นมาในตารางด้านขวามือ ต่อจากข้อมูลที่ถูกรวบรวมมาให้ตรวจสอบข้อมูลในตาราง
11. กรอกข้อมูล Ambient Condition ในแถว FINISH (ภาพที่ 4.20 หมายเลข 6)
12. กดปุ่ม 'Save Table to File' เพื่อบันทึกตารางลงในไฟล์ที่ได้สร้างไว้ในหน้าต่างโปรแกรมหลัก (ภาพที่ 4.20 หมายเลข 7)
13. สามารถล้างข้อมูลในตารางได้โดยการกดปุ่ม 'Clear table' ทั้งใน tab ของ Record Table และ Collected Data Table (ภาพที่ 4.20 หมายเลข 8)



ภาพที่ 4.20 การสอบเทียบหัวข้อความถี่และระดับเสียง

4.2.2 การสอบเทียบระดับ Vibratory Force (Vibratory Force Level Calibration)

หน้าต่างจะแบ่งเป็น 2 tab หลักๆ คือ tab ของ Record Table ที่จะมีส่วนให้กรอกค่าต่างๆ สำหรับการเก็บค่าและตารางที่ จะถูกบันทึกเข้าไปในไฟล์ และ tab ของ Collected Data Table ซึ่งจะแสดงค่าที่ถูกเก็บมาทั้งหมด

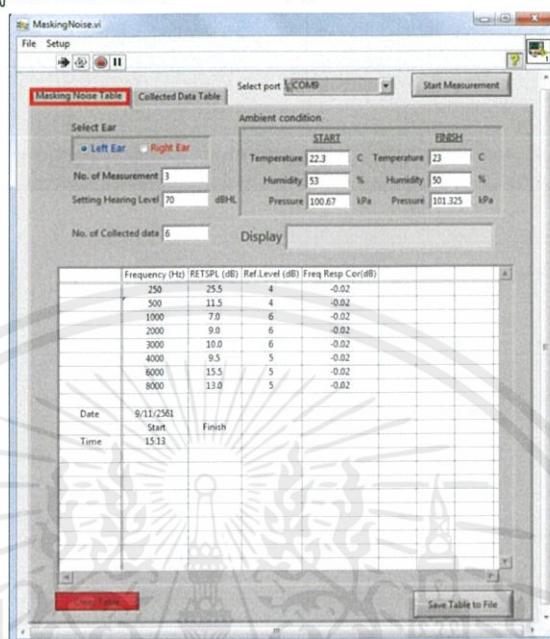
ขั้นตอนการใช้งานโปรแกรมมีดังนี้

1. กรอกข้อมูลส่วนหัวด้านซ้ายของหน้าต่าง Record Table ได้แก่ กล่องตัวเลือกข้างของหูฟังที่กำลังจะสอบเทียบ กล่อง ข้อความ No. of Measurement ที่ให้ใส่จำนวนรอบการทำการสอบเทียบ (ต่อ 1 ชุดความถี่) ระดับของ Hearing Level ที่จะใช้ในการสอบเทียบ โดยตามมาตรฐานแล้วกำหนดให้ตั้งไว้ที่ 30 dBHL และกล่องสุดท้ายเป็น No. of Collected Data ที่ให้ใส่ จำนวนข้อมูลที่เก็บต่อ 1 ความถี่
2. กรอกข้อมูล Ambient Condition ตรงส่วนหัวด้านขวา ได้แก่ ข้อมูลอุณหภูมิ (Temperature) ความชื้น (Humidity) และความดันอากาศ (Pressure) ซึ่งต้องกรอกก่อนเริ่มเก็บค่าใน แถวของ START
3. เลือก port ของ Sound Level Meter ที่เราได้เชื่อมต่อ ไว้กับคอมพิวเตอร์
4. กดปุ่ม 'Start Measurement' เพื่อเริ่มต้น จะมีข้อความ เตือนให้ปรับแรงที่ตกลงบนหูฟังและข้อความเตือนให้ปรับความถี่ที่เครื่องตรวจการได้ยินปรากฏขึ้น

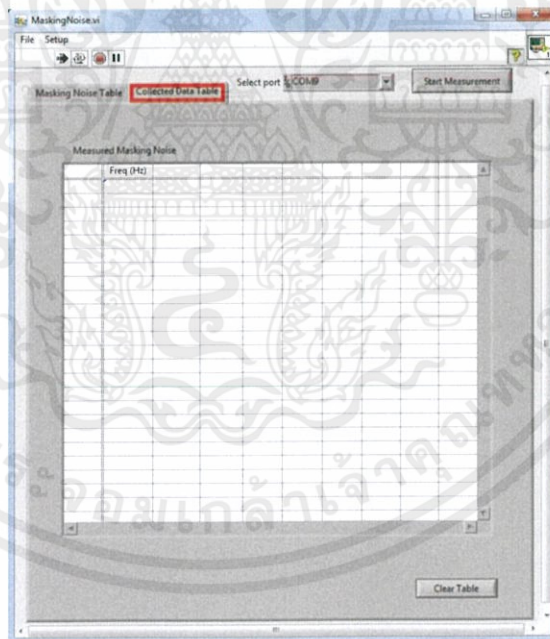
5. ระหว่างเก็บค่า สามารถดูค่าที่กำลังเก็บได้ในกล่อง ข้อความ Display ใต้ส่วนของ Ambient Condition
6. เมื่อเก็บค่าครบตามจำนวน No. of Collected Data แล้ว ข้อความจะขึ้นมาเตือนให้เปลี่ยนความถี่ที่เครื่องตรวจการได้ยิน เพื่อสอบเทียบความถี่ต่อไป
7. ทำตามข้อ 4. ถึง 6. ไปเรื่อยๆจนกว่าจะครบชุดความถี่ ทั้งหมด ข้อความเตือนจบการทำ Measurement นั้นๆและเตือน ให้ทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์ใหม่จะปรากฏขึ้นมา
8. ก่อนจะทำ Measurement ต่อไป สามารถดูค่าที่ถูกเก็บไป ได้ที่ tab ของ Collected Data Table
9. ให้เริ่มทำการ สอบเทียบตามข้อ 4. ถึง 8. ไปเรื่อยๆจนกว่า ข้อความ 'All Measurement Finished' จะปรากฏขึ้นมา
10. เมื่อทำครบจำนวน Measurement แล้ว ค่า Max value, จะปรากฏขึ้นมาในตาราง ด้านขวามือ ต่อจากข้อมูลที่ถูก เก็บมา ให้ตรวจสอบข้อมูลในตาราง
11. กรอกข้อมูล Ambient Condition ในแถว FINISH
12. กดปุ่ม 'Save Table to File' เพื่อบันทึกตารางลงในไฟล์ที่ ได้สร้างไว้ในหน้าต่างโปรแกรมหลัก
13. สามารถล้างข้อมูลในตารางได้โดยการกดปุ่ม 'Clear table' ทั้งใน tab ของ Record Table และ Collected Data Table

4.2.3 การสอบเทียบระดับ Masking Noise (Masking Noise Level Calibration)

หน้าต่างจะแบ่งเป็น 2 tab หลักๆ คือ tab ของ Record Table ที่จะมีส่วนให้กรอกค่าต่างๆ สำหรับการเก็บค่าและตารางที่จะถูกบันทึกเข้าไปในไฟล์ (ภาพที่ 4.21(a)) และ tab ของ Collected Data Table ซึ่งจะแสดงค่าที่ถูกเก็บมาทั้งหมด(ภาพที่ 4.21(b))



ภาพที่ 4.21(a)



ภาพที่ 4.21(b)

ภาพที่ 4.21 หน้าต่างการสอบเทียบระดับ Masking Noise

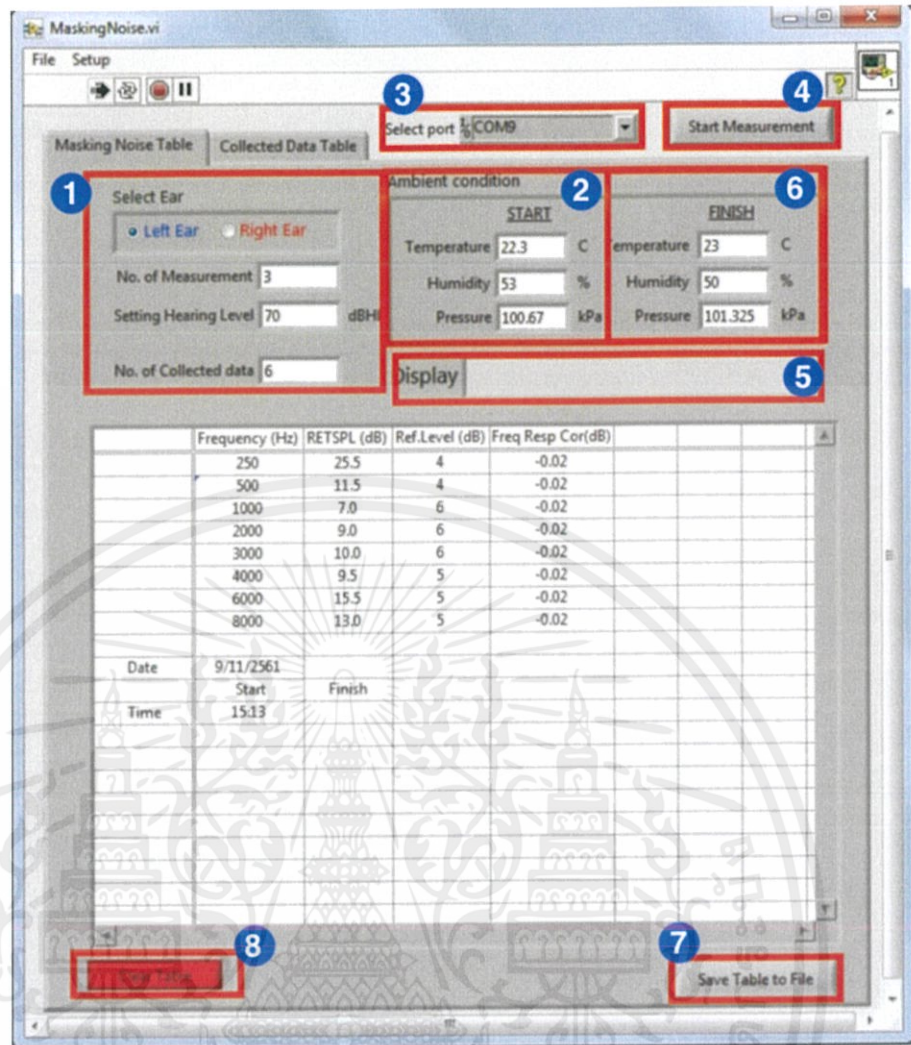
ขั้นตอนการใช้งานโปรแกรมมีดังนี้

1. กรอกข้อมูลส่วนหัวด้านซ้ายของหน้าต่าง Record Table ได้แก่ กล่องตัวเลือกข้างของหูฟังที่กำลังจะสอบเทียบ กล่องข้อความ No. of Measurement ที่ให้ใส่จำนวนรอบการทำการสอบเทียบ (ต่อ 1 ชุดความถี่) ระดับของ Hearing Level ที่จะใช้ในการสอบเทียบ โดยตามมาตรฐานแล้วกำหนดให้ตั้งไว้ที่ 70 dBHL และกล่องสุดท้ายเป็น No. of Collected Data ที่ให้ใส่จำนวนข้อมูลที่เก็บต่อ 1 ความถี่ (ภาพที่ 4.22 หมายเลข 1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 84 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

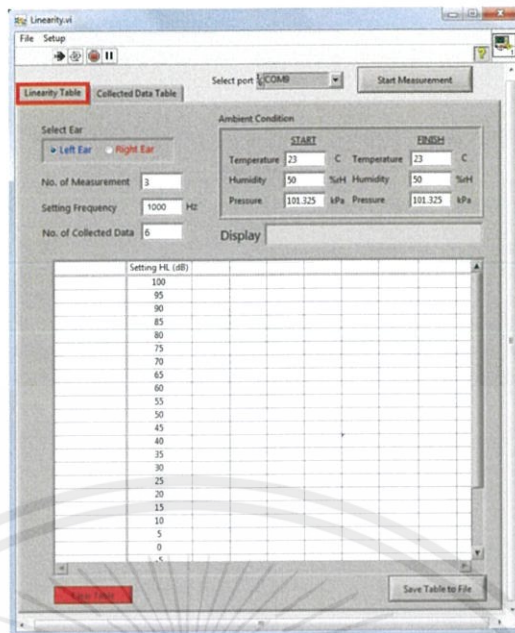
2. กรอกข้อมูล Ambient Condition ตรงส่วนหัวด้านขวา ได้แก่ข้อมูลอุณหภูมิ (Temperature) ความชื้น (Humidity) และความดันอากาศ (Pressure) ซึ่งต้องกรอกก่อนเริ่มเก็บค่าในแถวของ START (ภาพที่ 4.22 หมายเลข 2)
3. เลือก port ของ Sound Level Meter ที่เราได้เชื่อมต่อไว้กับคอมพิวเตอร์ (ภาพที่ 4.22 หมายเลข 3)
4. กดปุ่ม 'Start Measurement' เพื่อเริ่มต้น จะมีข้อความเตือนให้ปรับแรงที่กดลงบนหูฟังและข้อความเตือนให้ปรับความถี่ที่เครื่องตรวจการได้ยินปรากฏขึ้น (ภาพที่ 4.22 หมายเลข 4)
5. ระหว่างเก็บค่า สามารถดูค่าที่กำลังเก็บได้ในกล่องข้อความ Display ได้ส่วนของ Ambient Condition (ภาพที่ 4.22 หมายเลข 5)
6. เมื่อเก็บค่าครบตามจำนวน No. of Collected Data แล้ว ข้อความจะขึ้นมาเตือนให้เปลี่ยนความถี่ที่เครื่องตรวจการได้ยินเพื่อสอบเทียบความถี่ต่อไป
7. ทำตามข้อ 4. ถึง 6. ไปเรื่อยๆจนกว่าจะครบชุดความถี่ทั้งหมด ข้อความเตือนจบการทำ Measurement นั้นๆและเตือนให้ทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์ใหม่จะปรากฏขึ้นมา
8. ก่อนจะทำ Measurement ต่อไป สามารถดูค่าที่ถูกเก็บไปได้ที่ tab ของ Collected Data Table
9. ให้เริ่มทำการสอบเทียบตามข้อ 4. ถึง 8. ไปเรื่อยๆจนกว่าข้อความ 'All Measurement Finished' จะปรากฏขึ้นมา
10. เมื่อทำครบจำนวน Measurement แล้ว ค่า Max value, Average Value, Standard Deviation, Hearing Level, Deviated Value และ Tolerance Limit จะปรากฏขึ้นมาในตารางด้านขวามือ ต่อจากข้อมูลที่ถูกเก็บมา ให้ตรวจสอบข้อมูลในตาราง
11. กรอกข้อมูล Ambient Condition ในแถว FINISH (ภาพที่ 4.22 หมายเลข 6)
12. กดปุ่ม 'Save Table to File' เพื่อบันทึกตารางลงในไฟล์ที่ได้สร้างไว้ในหน้าต่างโปรแกรมหลัก (ภาพที่ 4.22 หมายเลข 7)
13. สามารถล้างข้อมูลในตารางได้โดยการกดปุ่ม 'Clear table' ทั้งใน tab ของ Record Table และ Collected Data Table (ภาพที่ 4.22 หมายเลข 8)



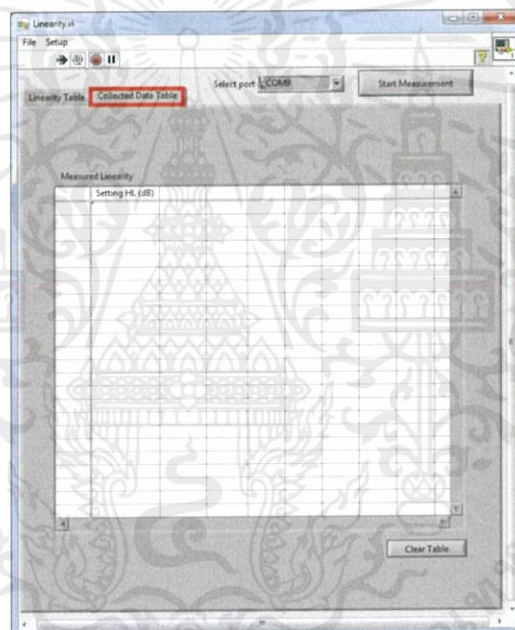
ภาพที่ 4.22 การสอบเทียบหัวขอร์ดับ Masking Noise

4.2.4 การสอบเทียบ Linearity (Linearity Calibration)

หน้าต่างจะแบ่งเป็น 2 tab หลักๆ คือ tab ของ Record Table ที่จะมีส่วนให้กรอกค่าต่างๆ สำหรับการเก็บค่าและตารางที่จะถูกบันทึกเข้าไปในไฟล์ (ภาพที่ 4.23(a)) และ tab ของ Collected Data Table ซึ่งจะแสดงค่าที่ถูกเก็บมาทั้งหมด (ภาพที่ 4.23(b))



ภาพที่ 4.23(a)



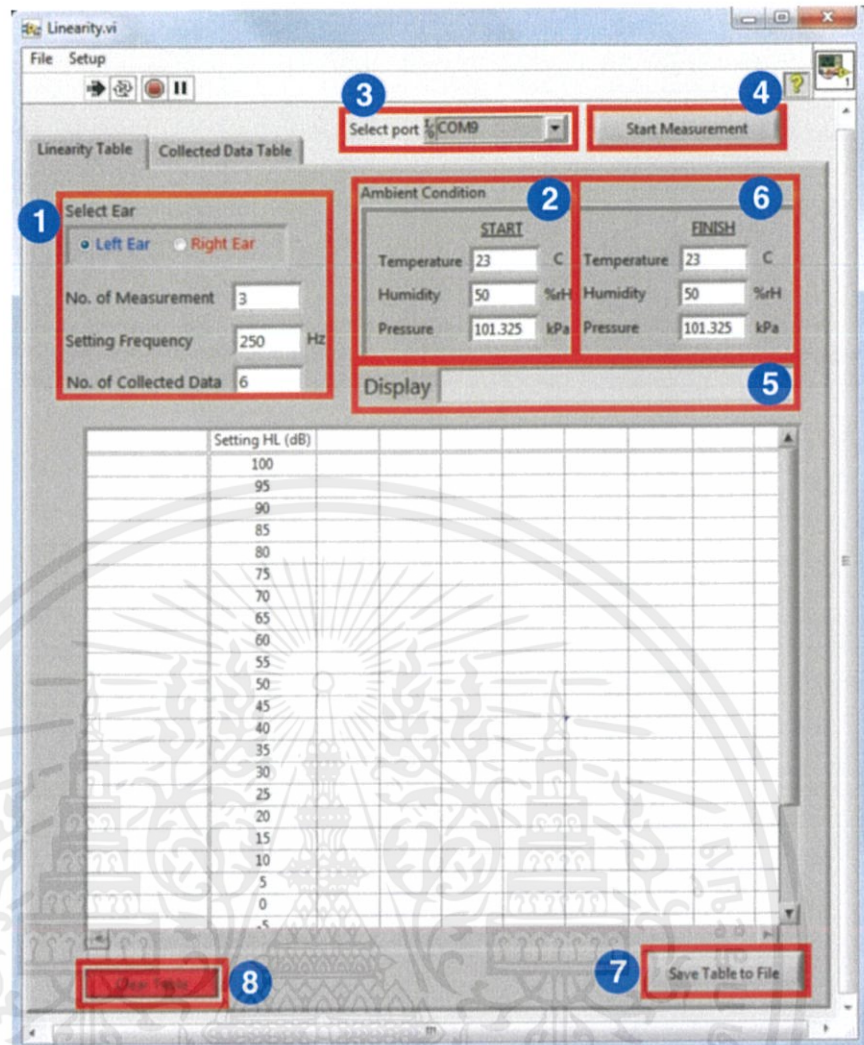
ภาพที่ 4.23(b)

ภาพที่ 4.23 หน้าต่างการสอบเทียบ Linearity

ขั้นตอนการใช้งานโปรแกรมมีดังนี้

1. กรอกข้อมูลส่วนหัวด้านซ้ายของหน้าต่าง Record Table ได้แก่ กล่องตัวเลือกข้างของหูฟังที่กำลังจะสอบเทียบ กล่อง ข้อความ No. of Measurement ที่ให้ใส่จำนวนรอบการทำการสอบเทียบ (ต่อ 1 ชุดความถี่) ความถี่ที่จะใช้ในการสอบเทียบ โดยตามมาตรฐานแล้วกำหนดให้ตั้งไว้ที่ 250 Hz และกล่อง สุดท้ายเป็น No. of Collected Data ที่ให้ใส่จำนวนข้อมูลที่เก็บ ต่อ 1 ระดับของ Hearing Level (ภาพที่ 4.24 หมายเลข 1)
2. กรอกข้อมูล Ambient Condition ตรงส่วนหัวด้านขวา ได้แก่ ข้อมูลอุณหภูมิ (Temperature) ความชื้น (Humidity) และความดันอากาศ (Pressure) ซึ่งต้องกรอกก่อนเริ่มเก็บค่าในแถวของ START (ภาพที่ 4.24 หมายเลข 2)

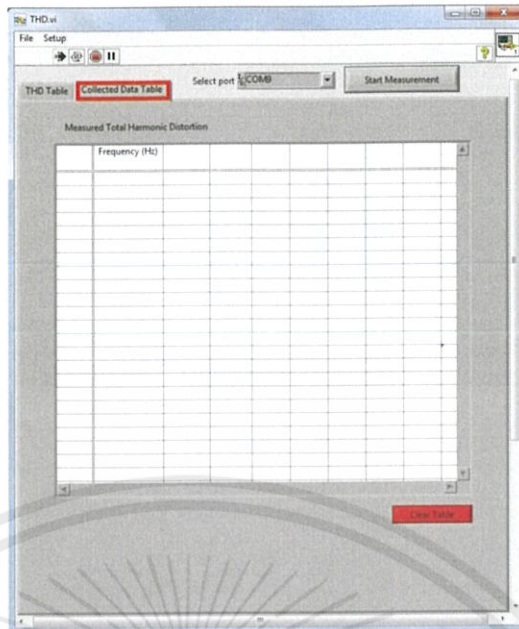
3. เลือก port ของ Sound Level Meter ที่เราได้เชื่อมต่อไว้ กับคอมพิวเตอร์ (ภาพที่ 4.24 หมายเลข 3)
4. กดปุ่ม 'Start Measurement' เพื่อเริ่มต้น จะมีข้อความเตือนให้ปรับแรงที่ตกลงบนหูฟังและข้อความเตือนให้ปรับความถี่ที่เครื่องตรวจการได้ยินปรากฏขึ้น (ภาพที่ 4.24 หมายเลข 4)
5. ระหว่างเก็บค่า สามารถดูค่าที่กำลังเก็บได้ในกล่องข้อความ Display ได้ส่วนของ Ambient Condition (ภาพที่ 4.24 หมายเลข 5)
6. เมื่อเก็บค่าครบตามจำนวน No. of Collected Data แล้ว ข้อความจะขึ้นมาเตือนให้เปลี่ยน Hearing Level ที่เครื่องตรวจ การได้ยิน เพื่อสอบเทียบที่ระดับ Hearing Level ต่อไป
7. ทำตามข้อ 4. ถึง 6. ไปเรื่อยๆจนกว่าจะครบ Setting Hearing Level ทั้งหมด ข้อความเตือนจบการทำ Measurement นั้นๆและเตือนให้ทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์ใหม่จะปรากฏขึ้นมา
8. ก่อนจะทำ Measurement ต่อไป สามารถดูค่าที่ถูกเก็บไปได้ที่ tab ของ Collected Data Table
9. ให้เริ่มทำการสอบเทียบตามข้อ 4. ถึง 8. ไปเรื่อยๆจนกว่าข้อความ 'All Measurement Finished' จะปรากฏขึ้นมา
10. เมื่อทำครบจำนวน Measurement แล้ว ค่า Max value, Average Value, Standard Deviation, Deviated Value และ Tolerance Limit จะปรากฏขึ้นมาในตารางด้านขวามือ ต่อจากข้อมูลที่ถูกเก็บมา ให้ตรวจสอบข้อมูลในตาราง
11. กรอกข้อมูล Ambient Condition ในแถว FINISH (ภาพที่ 4.24 หมายเลข 6)
12. กดปุ่ม 'Save Table to File' เพื่อบันทึกตารางลงในไฟล์ที่ได้สร้างไว้ในหน้าต่างโปรแกรมหลัก (ภาพที่ 4.24 หมายเลข 7)
13. สามารถล้างข้อมูลในตารางได้โดยการกดปุ่ม 'Clear table' ทั้งใน tab ของ Record Table และ Collected Data Table (ภาพที่ 4.24 หมายเลข 8)



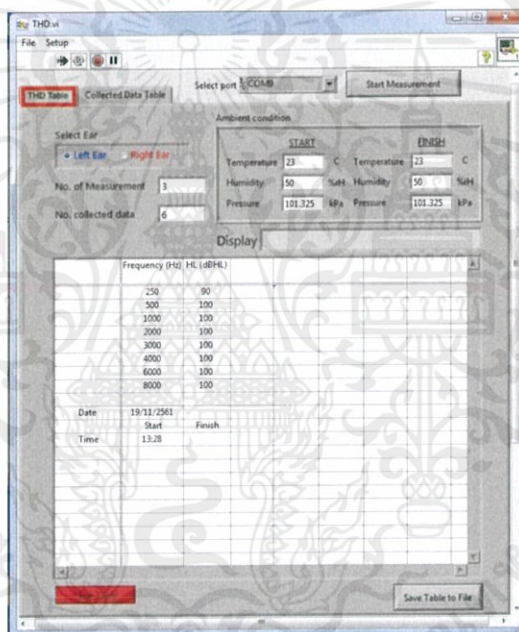
ภาพที่ 4.24 การสอบเทียบหัวข้อ Linearity

4.2.5 การสอบเทียบ Total Harmonic Distortion (Total Harmonic Distortion Calibration)

หน้าต่างจะแบ่งเป็น 2 tab หลักๆ คือ tab ของ Record Table ที่จะมีส่วนให้กรอกค่าต่างๆ สำหรับการเก็บค่าและตารางที่จะถูกบันทึกเข้าไปในไฟล์ (ภาพที่ 4.25(a)) และ tab ของ Collected Data Table ซึ่งจะแสดงค่าที่ถูเก็บมาทั้งหมด (ภาพที่ 4.25(b))



ภาพที่ 4.25(a)



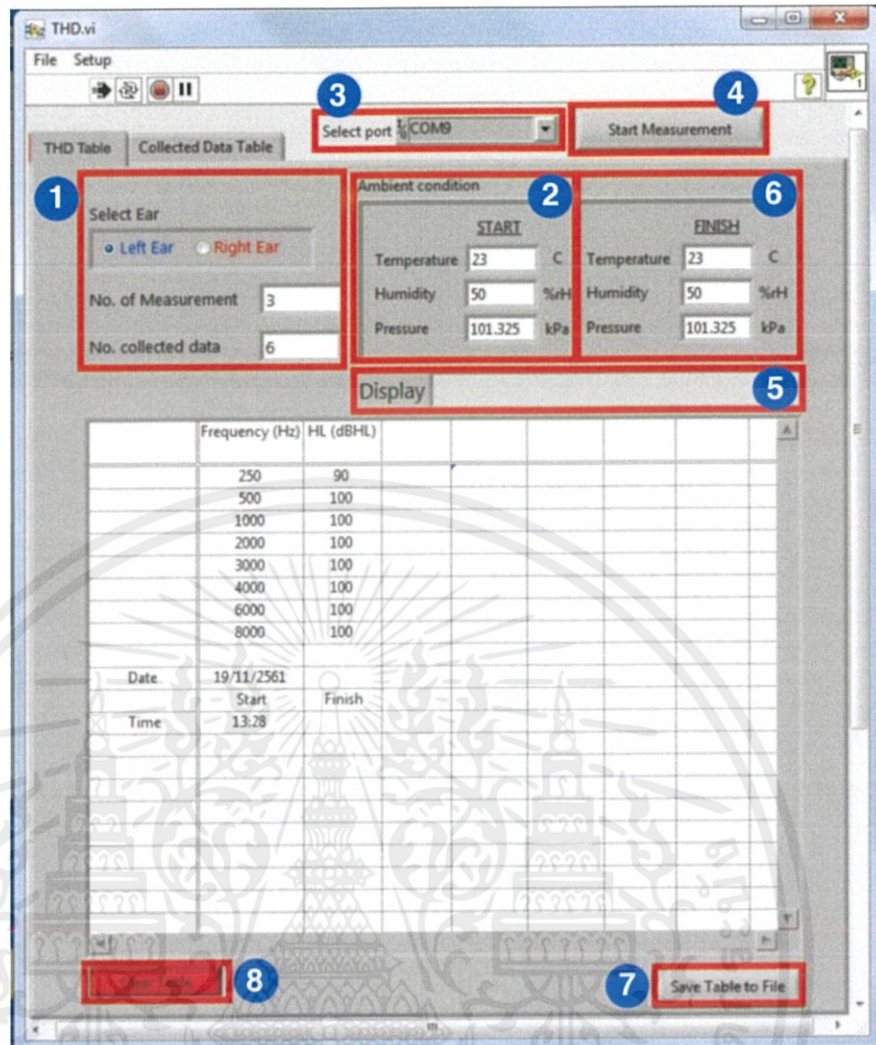
ภาพที่ 4.25(b)

ภาพที่ 4.25 หน้าต่างการสอบเทียบหัวข้อ Linearity

ขั้นตอนการใช้งานโปรแกรมมีดังนี้

1. กรอกข้อมูลส่วนหัวด้านซ้ายของหน้าต่าง Record Table ได้แก่ กล่องตัวเลือกข้างของหูฟังที่กำลังจะสอบเทียบ กล่องข้อความ No. of Measurement ที่ให้ใส่จำนวนรอบการทำการสอบเทียบ (ต่อ 1 ชุดความถี่) และกล่องสุดท้ายเป็น No. of Collected Data ที่ให้ใส่จำนวนข้อมูลที่เก็บต่อ 1 ความถี่ (ภาพที่ 4.26 หมายเลข 1)
2. กรอกข้อมูล Ambient Condition ตรงส่วนหัวด้านขวา ได้แก่ ข้อมูลอุณหภูมิ (Temperature) ความชื้น (Humidity) และความดันอากาศ (Pressure) ซึ่งต้องกรอกก่อนเริ่มเก็บค่าในแถวของ START (ภาพที่ 4.26 หมายเลข 2)
3. เลือก port ของ Sound Level Meter ที่เราได้เชื่อมต่อไว้กับคอมพิวเตอร์ (ภาพที่ 4.26 หมายเลข 3)

4. กดปุ่ม 'Start Measurement' เพื่อเริ่มต้น จะมีข้อความ เตือนให้ปรับแรงที่กดลงบนหูฟังและข้อความเตือนให้ปรับความถี่ที่เครื่องตรวจการได้ยินปรากฏขึ้น (ภาพที่ 4.26 หมายเลข 4)
5. ระหว่างเก็บค่า สามารถดูค่าที่กำลังเก็บได้ในกล่องข้อความ Display ได้ส่วนของ Ambient Condition (ภาพที่ 4.26 หมายเลข 5)
6. เมื่อเก็บค่าครบตามจำนวน No. of Collected Data แล้ว ข้อความจะขึ้นมาเตือนให้เปลี่ยนความถี่และ Hearing Level ที่เครื่องตรวจการได้ยินเพื่อสอบเทียบความถี่ต่อไป
7. ทำตามข้อ 4. ถึง 6. ไปเรื่อยๆจนกว่าจะครบชุดความถี่ทั้งหมด ข้อความเตือนจบการทำ Measurement นั้นๆและเตือนให้ทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์ใหม่จะปรากฏขึ้นมา
8. ก่อนจะทำ Measurement ต่อไป สามารถดูค่าที่ถูกเก็บไปได้ที่ tab ของ Collected Data Table
9. ให้เริ่มทำการสอบเทียบตามข้อ 4. ถึง 8. ไปเรื่อยๆจนกว่าข้อความ 'All Measurement Finished' จะปรากฏขึ้นมา
10. เมื่อทำครบจำนวน Measurement แล้ว ค่า Max value, Average Value, Standard Deviation และ Total Harmonic Distortion จะปรากฏขึ้นมาในตารางด้านขวามือต่อจากข้อมูลที่ถูกเก็บมา ให้ตรวจสอบข้อมูลในตาราง
11. กรอกข้อมูล Ambient Condition ในแถว FINISH (ภาพที่ 4.26 หมายเลข 6)
12. กดปุ่ม 'Save Table to File' เพื่อบันทึกตารางลงในไฟล์ที่ได้สร้างไว้ในหน้าต่างโปรแกรมหลัก (ภาพที่ 4.26 หมายเลข 7)
13. สามารถล้างข้อมูลในตารางได้โดยการกดปุ่ม 'Clear table' ทั้งใน tab ของ Record Table และ Collected Data Table (ภาพที่ 4.26 หมายเลข 8)

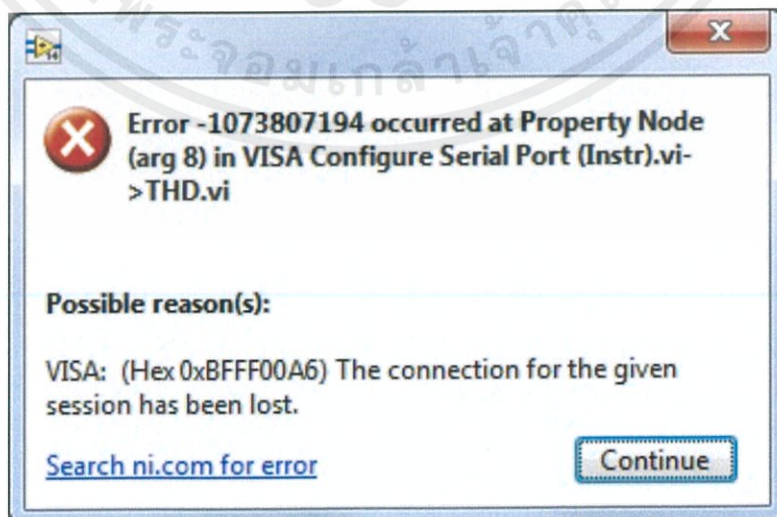


ภาพที่ 4.26 การสอบเทียบหัวข้อ Total Harmonic Distortion

5. การแก้ไขปัญหาที่อาจพบ (Troubleshooting)

5.1 ปัญหาการเชื่อมต่ออุปกรณ์ (Connecting Devices Trouble)

ปัญหาหนึ่งที่อาจเจอในการใช้งานโปรแกรมนี้คือการเชื่อมต่อกับ Sound Level Meter ในครั้งแรกนั้น อาจจะไม่เชื่อมต่อกันไม่สำเร็จ อาจทำให้มีข้อความ error ขึ้นมา (ภาพที่ 5.1)



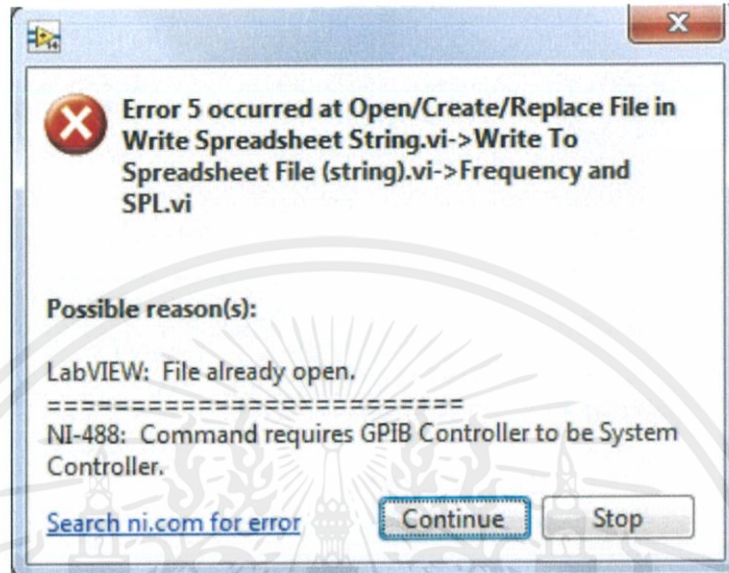
ภาพที่ 5.1 ข้อความเตือนข้อผิดพลาดในการเชื่อมต่ออุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีแก้ไขเบื้องต้นให้ลองถอดสายที่เชื่อมต่ออยู่และต่อใหม่อีกครั้ง หากยังไม่สำเร็จให้ทดลองปิดโปรแกรมและเปิดขึ้นมาใหม่

5.2 ปัญหาการบันทึกข้อมูล Text File (Storing Data to Text File Trouble)

ปัญหาที่อาจจะเจอในการบันทึกไฟล์ Text คือ หากกดปุ่ม 'Save Table to File' ในโปรแกรมการสอบเทียบ เลือกไฟล์ที่จะบันทึกแล้วมีข้อความ error ดังภาพที่ 5.2 ขึ้นมา



วิธีแก้ไขคือ กดปุ่ม continue และต้องปิดไฟล์ที่จะบันทึกเข้าไปก่อน จึงจะบันทึกเข้าไปใหม่ได้

ภาคผนวก ก: ตัวอย่างข้อมูลที่ถูกจัดเก็บ (Stored Data)

	A	B	C	D	E	F	G
1	Input Setting						
2	-- Audiometer Information --						
3	Model	Xeta	Serial No.	208237			
4							
5	-- Artificial Ear Information--						
6	Type of Artificial Ear	Acoustic Coupler (IEC 60318-3)					
7	Model	RA0075					
8	Serial No.	182066					
9							
10	-- Transducer Information --						
11	Type of Transducer	Supra-aural Earphone					
12	Model	Telephonics TDH 39a with MX41/AR (or model 51) cushion					
13	Serial No.						
14	Left						
15	Right	52407					
16							
17	-- Calibrator Information --						
18	Calibrator type	Pistonphone					
19	Model	41AP					
20	Serial No.	199942					
21	Level	114 dB					
22	Frequency	1000 Hz					
23	--- End of Measurement Information ---						

รูป ก-1 ตัวอย่างข้อมูลที่ถูกบันทึกตามหัวข้อที่ 3.3-2a

24	SPL and Frequency Measurement																				
25	Frequency (Hz)	RET SPL (d)	Freq Resp	1 SPL	1 Freq	2 SPL	2 Freq	3 SPL	3 Freq	Max SPL (-Max Freq)	AVG SPL (d)	STDEV	Hearing Le	Deviated v	Tolerance	AVG Freq	STDEV	Deviated v	Tolerance		
27	Right Ear	250	11.5	-0.02	82.2	499.9	81.8	499.9	82.3	499.9	82.3	499.9	82.08	0.26	70.78	0.78	6.2	499.9	0	0.02	2.5
28		500	7	-0.02	78.1	1000.5	77.5	1000.5	77.9	1000.5	78.1	1000.5	77.81	0.31	71.08	1.08	6.2	1000.5	0	0.05	2.5
29		1000	9	-0.02	80.4	2000.8	79.7	2000.8	79.7	2000.7	80.4	2000.8	79.91	0.4	71.38	1.38	6.2	2000.77	0.06	0.04	2.5
30		2000	10	-0.02	81.3	3000.2	80.9	3000.2	81.1	3000.2	81.3	3000.2	81.08	0.2	71.28	1.28	6.2	3000.2	0	0.01	2.5
31		3000	9.5	-0.02	81.1	4001.2	80.8	4001.2	80.9	4001.2	81.1	4001.2	80.91	0.15	71.58	1.58	6.2	4001.2	0	0.03	2.5
32		4000	15.5	-0.02	87.4	6002.3	87.4	6002.3	87.4	6002.7	87.4	6002.7	87.38	0	71.88	1.88	6.2	6002.43	0.23	0.04	2.5
33		6000	13	-0.02	85.3	8001.1	84.1	8000.6	84.4	8001.1	85.3	8001.1	84.58	0.62	72.28	2.28	6.2	8000.93	0.29	0.01	2.5
34		8000																			
35																					
36	Date	9/11/2561																			
37		Start																		Finish	
38	Time	10:05 10:46																			
39	Temp. (C)	22.2 23																			
40	Humidity (%)	50 50																			
41	Pressure (kPa)	100.95 101.325																			
42																					

รูป ก-2 ตัวอย่างข้อมูลที่ถูกรับที่กตามหัวข้อที่ 3.3-2b

44	< Measured SPL - All data >							
45	Freq (Hz)	1	2	3	4	5	6	
46	1	250	96.6	95.7	95.3	95.3	95.3	95.4
47		500	82.2	82.1	82	82.2	82.1	82.2
48		1000	78.1	78.4	77.8	78	78.6	78.1
49		2000	80.4	79.9	80.1	80.2	80.3	80.3
50		3000	81.3	81.5	81.4	81.1	81.6	81.2
51		4000	81.1	81	81.9	81.9	81.2	83.3
52		6000	87.4	87.4	87.4	87.4	87.4	87.5
53		8000	85.3	84.3	84.4	84.4	84.3	84.8
54	2	250	95.6	95.6	95.6	95.6	95.6	95.6
55		500	81.8	81.8	81.8	81.8	81.8	81.8
56		1000	77.5	77.4	77.4	77.4	77.4	77.5
57		2000	79.7	79.6	79.6	79.6	79.6	79.6
58		3000	80.9	80.8	80.8	80.8	80.8	80.8
59		4000	80.8	80.6	80.6	80.7	80.6	80.6
60		6000	87.4	87.3	87.3	87.3	87.3	87.3
61		8000	84.1	84.1	84.1	84.1	84.1	84.1
62	3	250	95.7	95.6	95.6	95.6	95.6	95.6
63		500	82.3	81.8	81.9	81.8	81.8	81.9
64		1000	77.9	77.6	77.6	77.5	77.5	77.8
65		2000	79.7	79.8	79.7	79.8	79.8	79.8
66		3000	81.1	80.9	81	81.1	80.9	81.1
67		4000	80.9	80.9	80.9	80.7	80.7	80.7
68		6000	87.4	87.7	87.3	87.3	87.3	87.4
69		8000	84.4	84.2	84.1	84.6	84.1	84.2

รูป ก-3 ตัวอย่างข้อมูลที่ถูกรับที่กมาทั้งหมดใน tab ของ Collected Data Table