

**คู่มือการใช้งานไฟล์เสียง สำหรับการทดสอบมาตรฐานทาง
เทคนิคของเครื่องส่งวิทยุกระจายเสียงสำหรับ
การทดลองประกอบกิจการวิทยุกระจายเสียง**

เวอร์ชันที่ 3.0

พฤษภาคม 2557

สารบัญ

1. หลักการ.....	3
2. ไฟล์เสียง	3
3. อุปกรณ์ที่จำเป็นและการเตรียมอุปกรณ์	4
3.1 อุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับการใช้ไฟล์เสียงในการทดสอบ	4
3.2 การติดตั้งอุปกรณ์	6
3.3 การตรวจสอบความถูกต้องอุปกรณ์	6
4. ขั้นตอนการตั้งค่าสัญญาณเสียงสำหรับการทดสอบมาตรฐานเครื่องส่งวิทยุกระจายเสียง	7
4.1 การตั้งค่าสัญญาณเสียงสำหรับการทดสอบค่าเบี่ยงเบนทางความถี่ (Frequency Deviation)	7
4.2 การตั้งค่าสัญญาณเสียงสำหรับการทดสอบค่าการแพร่นอกแถบ (Out-of-Band Emission).....	7
5. การทดสอบเพิ่มเติมหัวข้อ การตรวจสอบ Audio Limiter	8
5.1. วัตถุประสงค์	8
5.2. หลักการประเมิน	8
5.3. มาตรฐานอ้างอิง	8
5.4. การจัดเตรียมอุปกรณ์ทดสอบ	8
5.5. ขั้นตอนในการทดสอบ	9
5.6. เกณฑ์การทดสอบ	9
5.7. การรายงานผลการทดสอบ.....	9
6. คุณสมบัติทางเทคนิคของไฟล์เสียง	10

คู่มือการใช้งานไฟล์เสียงสำหรับการทดสอบมาตรฐานทางเทคนิคของเครื่องส่งวิทยุกระจายเสียงสำหรับการทดลองประกอบกิจการวิทยุกระจายเสียง

1. หลักการ

จุดมุ่งหมายของการใช้ไฟล์เสียงสำหรับการทดสอบมาตรฐานทางเทคนิคของเครื่องส่งวิทยุกระจายเสียง เพื่อเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับทดแทนการใช้อุปกรณ์กำเนิดเสียงที่ใช้ในการทดสอบ เช่น AF Signal Generator, Noise Generator, Noise Meter, Coloured Noise Filter เป็นต้น ซึ่งในห้องปฏิบัติการทดสอบโดยทั่วไปยังขาดแคลนอุปกรณ์เหล่านี้ และต้องใช้งบประมาณที่สูงในการจัดหาอุปกรณ์กำเนิดเสียงสำหรับการทดสอบ

ในการทดสอบมาตรฐานทางเทคนิคเครื่องส่งวิทยุกระจายเสียงมีทั้งหมด 5 หัวข้อการทดสอบ ไฟล์เสียงจะเกี่ยวข้องกับการทดสอบสองหัวข้อหลักคือ การทดสอบค่าเบี่ยงเบนทางความถี่ (**Frequency Deviation**) และ การทดสอบการแพร่รบกวนแถบ (**Out-of-band Emission**)

นอกจากนี้ไฟล์เสียงจะเกี่ยวข้องกับการทดสอบในหัวข้อเสริม คือ การตรวจสอบ **Audio Limiter**

2. ไฟล์เสียง

ไฟล์เสียงที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบมีทั้งหมด 4 ไฟล์เสียงซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้คือ

1) ไฟล์เสียง **01_Tone1kHz_Baseline_(L=R-6dB Stereo)_v7.wav**

- เป็นไฟล์เสียงโทนเดี่ยว (Single Tone) ความถี่ 1 kHz
- เป็นไฟล์เสียง Stereo ซึ่งความดังของช่องเสียงด้านซ้าย ดังน้อยกว่า ช่องเสียงด้านขวา 6 dB หรือเรียกว่า $L = R - 6 \text{ dB}$

2) ไฟล์เสียง **02_Tone1kHz_+12dB_(L=R-6dB Stereo)_v7.wav**

- เป็นไฟล์เสียงโทนเดี่ยว (Single Tone) ความถี่ 1 kHz ซึ่งมีความดังมากกว่าไฟล์เสียง 01 อยู่ 12 dB
- เป็นไฟล์เสียง Stereo ซึ่งความดังของช่องเสียงด้านซ้าย ดังน้อยกว่า ช่องเสียงด้านขวา 6 dB หรือเรียกว่า $L = R - 6 \text{ dB}$

3) ไฟล์เสียง **03_ColouredNoise_Baseline_(L=R-6dB Stereo)_v7.wav**

- เป็นไฟล์เสียง Standard Coloured Noise ซึ่งมีคุณสมบัติทางด้านความถี่ตามที่ ETSI EN 302 018-1 กำหนด
- มี RMS Power หรือความดังเฉลี่ยเท่ากับไฟล์เสียง 01
- เป็นไฟล์เสียง Stereo ซึ่งความดังของช่องเสียงด้านซ้าย ดังน้อยกว่า ช่องเสียงด้านขวา 6 dB หรือเรียกว่า $L = R - 6 \text{ dB}$

4) ไฟล์เสียง **04_ColouredNoise_+12dB_(L=R-6dB Stereo)_v7.wav**

- เป็นไฟล์เสียง Standard Coloured Noise ซึ่งมีคุณสมบัติทางด้านความถี่ใกล้เคียง ETSI EN 302 018-1 กำหนด
- มี RMS Power หรือความดังเฉลี่ยใกล้เคียงกับไฟล์เสียง 02
- เป็นไฟล์เสียง Stereo ซึ่งความดังของช่องเสียงด้านซ้าย ดังน้อยกว่า ช่องเสียงด้านขวา 6 dB หรือเรียกว่า $L = R - 6 \text{ dB}$

ไฟล์เสียงทั้งสี่ถูกจัดเตรียมให้เป็นสองรูปแบบคือ

- รูปแบบไฟล์เสียง (Wav File) ซึ่งสามารถเปิดเล่นได้ด้วย Software ประเภท Media Player (ตัวอย่างเช่น MS Media Player, VLC Media Player เป็นต้น) บนเครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วไปได้
- รูปแบบของ AudioCD ซึ่งสามารถเปิดเล่นได้ด้วยเครื่องเล่น CD/DVD/Blu-ray ทั่วไปได้ AudioCD จะมีทั้งหมด 4 tracks โดยที่ลำดับของ track จะเป็นไปตามไฟล์เสียง 01 – 04 ตามลำดับ

หมายเหตุ สืบเนื่องการเปิดให้มีการทดลองใช้งานไฟล์เสียงของห้องปฏิบัติการทดสอบทั่วไป ผลปรากฏว่าการใช้งานไฟล์เสียงที่เป็น WAV file บนเครื่องคอมพิวเตอร์ บางครั้งผู้ใช้ไม่ได้ตรวจสอบและปิดการใช้งานการปรับแต่งเสียงของเครื่องคอมพิวเตอร์ตามข้อแนะนำ มีผลทำให้การทดสอบมีความคลาดเคลื่อน ดังนั้นเพื่อเป็นการลดข้อผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้น จึงกำหนดให้ใช้ไฟล์เสียงในรูปแบบ AudioCD บนเครื่องเล่น CD/DVD/Blu-ray เท่านั้น ห้ามใช้บนคอมพิวเตอร์

3. อุปกรณ์ที่จำเป็นและการเตรียมอุปกรณ์

3.1 อุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับการใช้ไฟล์เสียงในการทดสอบ

1. **เครื่องเล่น CD หรือ DVD หรือ Blu-ray** ซึ่งสามารถเปิดแผ่น AudioCD ได้ ข้อแนะนำคุณสมบัติของเครื่องเล่น CD/DVD/Blu-ray มีดังนี้
 - a. เป็นเครื่องเล่น CD/DVD/Blu-ray แบบตั้งโต๊ะที่ใช้กับเครื่องเสียงภายในบ้านโดยทั่วไป (Home Stereo) หลีกเลี่ยงการใช้เครื่องเล่นที่เป็นแบบหิ้วหรือแบบพกพา (Portable Player)
 - b. มีช่องสัญญาณเสียงออกเป็นแบบ Line Out หรือ Audio Out หรือ AV Out หัวต่อแบบ RCA แยกช่องสัญญาณเสียงซ้าย (L) และขวา (R)
 - c. หลีกเลี่ยงเครื่องเล่นที่มีการปรับแต่งเสียง เช่น ปรับแต่งเสียงทุ้มแหลม ปรับแต่งเสียง Balance ปรับเพิ่มหรือลดความดังของเสียง เป็นต้น เพื่อเป็นการลดข้อผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นจากการที่ไม่ได้ปิดการปรับแต่งเสียงขณะทดสอบซึ่งจะมีผลทำให้ผลการทดสอบนั้นมีความคลาดเคลื่อน
2. **มิกเซอร์ หรือ Pre-amplifier** เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการปรับระดับความดังของเสียงที่ทดสอบ ข้อแนะนำคุณสมบัติของมิกเซอร์ หรือ Pre-amplifier มีดังนี้
 - a. สามารถปรับเพิ่มหรือลดความดังเสียงได้อย่างน้อย +/- 15 dB และการควบคุมการปรับระดับเสียงควรจะสามารถปรับเสียง (L) และ ขวา (R) ได้พร้อมกัน หลีกเลี่ยงการควบคุมการปรับเสียงแบบสไลด์แยกช่องสัญญาณเสียงซ้าย และขวา เพราะ การสไลด์เพิ่มหรือลดเสียงของทั้งสองช่องสัญญาณอาจจะไม่เท่ากันอย่างแท้จริง

- b. เลือกการใช้ Input Port บนมิกเซอร์ให้เหมาะสม ในการต่อสายสัญญาณเสียงจากเครื่องเล่นที่มิกเซอร์ หลีกเลี่ยงการใช้ Input Port (MIC) เพราะพอร์ตถูกออกแบบให้ใช้กับไมโครโฟนไม่ใช่สำหรับเครื่องเล่น
- 3. **สายสัญญาณ**เชื่อมต่อระหว่าง เครื่องเล่น กับ มิกเซอร์ และระหว่าง มิกเซอร์ กับ เครื่องส่งวิทยุ ซึ่งหัวต่อของสายสัญญาณให้เป็นไปตามขนาดและชนิดของ I/O อุปกรณ์ในแต่ละส่วน สายสัญญาณต้องมีการเข้าหัวต่อที่มั่นคง ควรใช้สายที่มีการสูญเสียสัญญาณต่ำและความยาวสายที่เหมาะสม เพราะการใช้สายที่มีการสูญเสียสัญญาณสูงมีผลทำให้ต้องทำการเพิ่มเสียงที่มิกเซอร์มากขึ้นกว่าเดิม

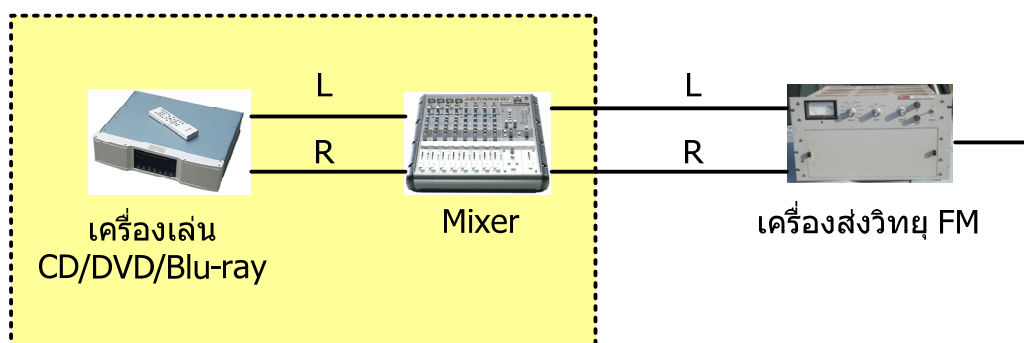
3.2 การติดตั้งอุปกรณ์ (ตามรูปที่ 1)

1. เครื่องเล่น CD/DVD/Blu-ray ปิดการปรับแต่งเสียง ตรวจสอบการตั้งค่า Balance ของเสียง ด้านซ้ายและด้านขวาอยู่กึ่งกลาง และทำการปรับวอลุ่มเสียงของเครื่องเล่นให้อยู่ในค่าสูงสุด (ถ้ามี)
2. มิกเซอร์ ปิดการใช้งานการปรับแต่งเสียงทั้งหมด เช่น ปิด Equalizer ปิดการปรับแต่งเสียงท่อม แหลม ตรวจสอบการตั้งค่า Balance ของเสียงด้านซ้ายและด้านขวาอยู่กึ่งกลาง

3.3 การตรวจสอบความถูกต้องอุปกรณ์

สืบเนื่องจากการเพิ่มเสียงหรือเพิ่มอัตราขยายเสียงบนมิกเซอร์ที่มากเกินไปมีผลทำให้โทนเสียงถูกคลิบ สัญญาณและเกิดการเพี้ยนของโทนเสียง (Audio Distortion) ขึ้น มีผลให้การทดสอบมีความคลาดเคลื่อน ดังนั้นก่อนการทดสอบต้องมีการตรวจสอบ เครื่องเล่น CD ความคู่กับมิกเซอร์ เพื่อหาระดับอัตราขยายเสียงสูงสุดของมิกเซอร์ที่ไม่ก่อให้เกิดการคลิบสัญญาณ โดยทั่วไปแล้วสามารถวัดค่าเสียงได้โดยใช้ Audio Analyzer หรือบางมิกเซอร์มีไฟแฉ่งเตือนถึงระดับเสียงที่เกินกำหนดอยู่ในตัว หรือบางมิกเซอร์มี VU meter ในการระบุระดับของเสียงสูงสุดที่ไม่ก่อให้เกิดการคลิบสัญญาณได้ การตรวจสอบความถูกต้องของอุปกรณ์มีขั้นตอนดังนี้

1. ติดตั้งอุปกรณ์ตามรูปที่ 1 และตรวจสอบการตั้งค่าตามที่ระบุในหัวข้อก่อนหน้านี้
2. เปิดโทนเสียงที่ 2 หรือ Track 2 (**02_Tone1kHz_+12dB_(L=R-6dB Stereo)_v6.wav**) ซึ่งเป็นโทนเสียงที่มีความดังที่สุดเมื่อเทียบกับโทนเสียงอื่น
3. ทำการเร่งเสียงพร้อมกับตรวจสอบเสียง ค่า %THD+N Ratio (จาก Audio Analyzer) โดยค่า %THD+N Ratio ต้องไม่เกิน 0.5% หรือสังเกตจากสัญญาณเตือนที่ระบุในมิกเซอร์บางรุ่น เช่น ไฟแฉ่งเตือนการคลิบสัญญาณ หรือ VU Meter ที่เข็มวัดความดังอยู่ในโซนแดงเป็นต้น
4. เพิ่มความดังเสียงตามข้อ 3 และหยุดก่อนที่สัญญาณเสียงเริ่มมี Distortion หรือมีการคลิบของสัญญาณ ทำการติดเครื่องหมายหรือทำสัญลักษณ์บนปุ่มปรับเสียงของมิกเซอร์ เพื่อเป็นการบ่งบอกถึงค่าสูงสุดที่จะสามารถใช้ทดสอบได้ ดังนั้นในการทดสอบเครื่องส่งวิทยุจะ**ไม่มีการปรับความดังที่เกินกว่าขีดที่ทำสัญลักษณ์ไว้ ไม่เช่นนั้นผลการทดสอบจะมีความคลาดเคลื่อนได้**



รูปที่ 1: การติดตั้งอุปกรณ์ส่วนของแหล่งกำเนิดเสียงสำหรับการทดสอบ

4. ขั้นตอนการตั้งค่าสัญญาณเสียงสำหรับการทดสอบมาตรฐานเครื่องส่งวิทยุกระจายเสียง

ขั้นตอนการตั้งค่าสัญญาณเสียงโดยใช้ไฟล์เสียง จะแตกต่างเล็กน้อยจากการตั้งสัญญาณเสียงโดยใช้อุปกรณ์กำเนิดเสียง (AF Generator) ที่กำหนดอยู่ใน ETSI EN 302 018-1 โดยตารางเปรียบเทียบมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 การตั้งค่าสัญญาณเสียงสำหรับการทดสอบค่าเบี่ยงเบนทางความถี่ (Frequency Deviation)

AF Generator (แบบเดิม)	ไฟล์เสียง (แบบใหม่)
1. ตั้งสัญญาณเสียงจาก AF Generator โดยกำหนดความถี่ 1 kHz และปรับให้ช่องเสียงด้านซ้ายให้มีความดังน้อยกว่าเสียงด้านขวา 6 dB หรือ L = R - 6 dB	1. เปิด CD Track ที่ 1 Tone1kHz_Baseline_(L=R-6dB Stereo)
2. ปรับความดังที่ Mixer เพื่อให้ได้ Frequency Deviation ±40 kHz (สำหรับการทดสอบในระบบเสียง Stereo) หรือ ±32 kHz (สำหรับการทดสอบในระบบเสียง Mono)	2. ปรับความดังที่ Mixer เพื่อให้ได้ Frequency Deviation ±40 kHz (สำหรับการทดสอบในระบบเสียง Stereo) หรือ ±32 kHz (สำหรับการทดสอบในระบบเสียง Mono)
3. เพิ่มความแรงของสัญญาณเสียงจาก AF Generator ให้มีความดังเพิ่มขึ้น 12 dB หรือ 4 เท่า	3. เปิด CD Track ที่ 2 Tone1kHz_+12dB_(L=R-6dB Stereo)
4. วัดค่า Frequency Deviation ที่ได้ (ข้อกำหนดไม่เกิน ±75 kHz)	4. วัดค่า Frequency Deviation ที่ได้ (ข้อกำหนดไม่เกิน ±75 kHz)

4.2 การตั้งค่าสัญญาณเสียงสำหรับการทดสอบค่าการแพร่นอกแถบ (Out-of-Band Emission)

AF Generator (แบบเดิม)	ไฟล์เสียง (แบบใหม่)
1. ตั้งสัญญาณเสียงจาก AF Generator โดยกำหนดความถี่ 1 kHz และปรับให้ช่องเสียงด้านซ้ายให้มีความดังน้อยกว่าเสียงด้านขวา 6 dB หรือ L = R - 6 dB	1. เปิด CD Track ที่ 1 Tone1kHz_Baseline_(L=R-6dB Stereo)
2. ปรับความดังที่ Mixer เพื่อให้ได้ Frequency Deviation ±40 kHz (สำหรับการทดสอบในระบบเสียง Stereo) หรือ ±32 kHz (สำหรับการทดสอบในระบบเสียง Mono)	2. ปรับความดังที่ Mixer เพื่อให้ได้ Frequency Deviation ±40 kHz (สำหรับการทดสอบในระบบเสียง Stereo) หรือ ±32 kHz (สำหรับการทดสอบในระบบเสียง Mono)
3. เปลี่ยนสัญญาณเสียงเป็น Coloured Noise โดยที่มิตความดัง (RMS Power) เท่ากับเสียงโทน 1 kHz ในข้อ 1	3. เปิด CD Track ที่ 3 ColouredNoise_Baseline_(L=R-6dB stereo)
4. อ่านค่า Spectrum Analyzer เปรียบเทียบกับกรอบมาตรฐานที่กำหนด	4. อ่านค่า Spectrum Analyzer เปรียบเทียบกับกรอบมาตรฐานที่กำหนด

5 การทดสอบเพิ่มเติมหัวข้อ การตรวจสอบ Audio Limiter

5.1. วัตถุประสงค์

เพื่อตรวจสอบว่าเครื่องส่งวิทยุกระจายเสียงได้มีระบบ Audio Limiter รวมอยู่ในระบบด้วยหรือไม่

Audio Limiter นี้เป็นได้ทั้งแบบรวมอยู่ภายในเครื่องส่งวิทยุกระจายเสียง หรือเป็นอุปกรณ์เชื่อมต่อภายนอกเครื่องส่งก็ได้

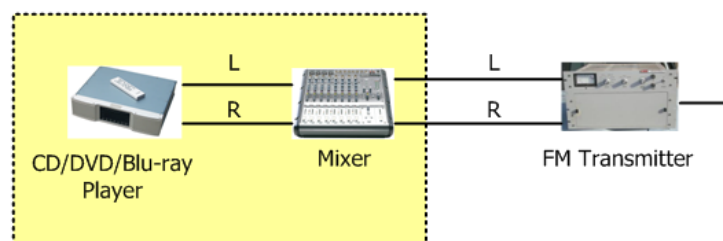
5.2. หลักการประเมิน

ถ้าเครื่องส่งวิทยุกระจายเสียงมี Audio Limiter อยู่ในระบบแล้ว เมื่อป้อนสัญญาณเสียงไม่ว่าจะมีระดับเสียงดังเพียงใด Audio Limiter จะควบคุมระดับเสียงไม่ให้ค่า Max Frequency Deviation ของเครื่องส่งมีค่าเกินกว่า ± 75 kHz

5.3. มาตรฐานอ้างอิง

- ในการเชื่อมต่ออุปกรณ์ให้เชื่อมต่อแบบเดียวกับการทดสอบตามมาตรฐาน ETSI EN302018-1 ในหัวข้อ Out-of-band emission
- ในการประเมินว่า Max. Frequency Deviation ยังอยู่ในกรอบค่า ± 75 kHz หรือไม่ โดยใช้เกณฑ์การทดสอบตามมาตรฐาน Recommendation ITU-R SM.1268-2 (ANNEX 1)

5.4. การจัดเตรียมอุปกรณ์ทดสอบ



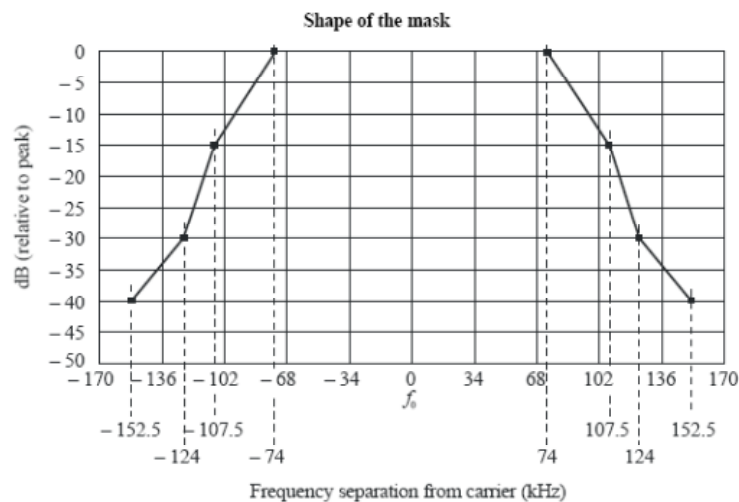
รูปที่ 2: การจัดเตรียมอุปกรณ์สำหรับทดสอบ

1. จัดเตรียมอุปกรณ์ดังรูปที่ 2 ซึ่งเป็นการเชื่อมต่ออุปกรณ์แบบเดียวกับการทดสอบหัวข้อ Out-of-band emission ใน ETSI EN302018-1
2. ปรับพารามิเตอร์ของ Spectrum Analyzer ดังต่อไปนี้
 - ปรับ Center Frequency ตรงกับความถี่ที่ใช้ในการทดสอบและออกอากาศ
 - RBW 10 kHz, VBW 10 kHz
 - Span 340 kHz
 - Sweeptime 340 ms (1 ms/kHz)
 - Max hold mode

5.5. ขั้นตอนในการทดสอบ

1. เปิด CD Track ที่ 1 **Tone1kHz_Baseline_(L=R-6dB Stereo)**
2. ปรับความดังที่ Mixer เพื่อให้ได้ Frequency Deviation ± 40 kHz
3. เปิด CD Track ที่ 4 **ColouredNoise_+12dB_(L=R-6dB stereo)**
4. ที่ Spectrum Analyzer ปรับเลื่อนการแสดงผลค่าในแกนตั้งให้ค่าสูงสุดของ Spectrum สัญญาณให้อยู่ที่ Reference Level ในกรอบมาตรฐานในรูปที่ 3
5. เปรียบเทียบ Spectrum สัญญาณกับกรอบมาตรฐานที่กำหนด (รูปที่ 3)

5.6. เกณฑ์การทดสอบ



รูปที่ 3: Spectrum Mask เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการตัดสินว่าเครื่องส่งวิทยุกระจายเสียงมี Freq. Deviation เกินกว่ากำหนดหรือไม่

หลังจากป้อนไฟล์เสียง Standard Colored Noise แล้ว ถ้า Spectrum ของสัญญาณที่แสดงบน Spectrum Analyzer อยู่ในกรอบของ Spectrum Mask แล้ว (รูปที่ 3) สามารถประเมินได้ว่า ระบบเครื่องส่งวิทยุ นั้นมีค่า Max. Frequency Deviation ไม่เกิน ± 75 kHz และแสดงว่าระบบเครื่องส่งวิทยุกระจายเสียง มี **Audio Limiter** รวมอยู่ด้วย

ในทางกลับกัน ถ้า Spectrum ของสัญญาณมีค่าเกินกว่า Spectrum Mask ที่กำหนดแล้ว แสดงว่า Max. Frequency Deviation เกินกว่า ± 75 kHz และแสดงว่าระบบเครื่องส่งวิทยุกระจายเสียง **ไม่มี Audio Limiter** รวมอยู่ด้วย

5.7. การรายงานผลการทดสอบ

จากผลการทดสอบให้ระบุในรายงานผลการทดสอบว่า **ระบบเครื่องส่งวิทยุกระจายเสียงนี้มี Audio Limiter รวมอยู่ด้วยหรือไม่**

6. คุณสมบัติทางเทคนิคของไฟล์เสียง

Track 01 Tone1kHz_Baseline (L=R-6 dB stereo)	ความถี่	1 ± 0.00 kHz
	R - L	6 ± 0.01 dB
	การคลิบของสัญญาณ	ไม่มี
Track 02 Tone1kHz_+12dB (L=R-6 dB stereo)	ความถี่	1 ± 0.00 kHz
	R - L	6 ± 0.01 dB
	ความดังเมื่อเทียบกับ Track 01	12 ± 0.01 dB
	การคลิบของสัญญาณ	ไม่มี
Track 03 ColouredNoise_ Baseline__(L=R-6 dB stereo)	R - L	6 ± 0.01 dB
	ส่วนต่าง Total RMS Power ระหว่าง Track01 และ Track03	± 0.00 dB
	คุณสมบัติด้านความถี่เทียบกับ Curve B ใน ETSI EN302018-1	

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะกรรมการจัดทำมาตรฐานด้านเทคนิคในกิจการกระจายเสียงและกิจการโทรทัศน์สำหรับข้อเสนอแนะและการสนับสนุนอย่างเต็มที่ ขอขอบคุณ ผศ.ดร. รุ่งสรรค์ ทองทา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี สำหรับคำแนะนำในการสร้างและทดสอบไฟล์เสียง ขอขอบคุณคุณธีรยุทธ เลากุลศานต์ บริษัท วิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัด สำหรับความช่วยเหลือในการทดสอบไฟล์เสียง และสุดท้ายขอขอบคุณผู้อำนวยการกลุ่มงานมาตรฐานและเทคโนโลยีกระจายเสียงและโทรทัศน์ (ทส) สำหรับคำแนะนำและการสนับสนุนที่ดีเสมอมา