

# มาตรฐานการออกอากาศวิทยุกระจายเสียงระบบเอฟเอ็มภายในประเทศไทย

## A Standard of FM Radio Broadcasting in Thailand

โชคชัย แสงดาว

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

140 ถนนเชื่อมสัมพันธ์ หนองจอก กรุงเทพมหานคร 10530

โทร. 0-2988-3655 ต่อ 2342, E-mail: chokchai@mut.ac.th

Manuscript received January 30, 2013

Revised May 11, 2013

### บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอมาตรฐานการออกอากาศวิทยุกระจายเสียงระบบเอฟเอ็มภายในประเทศไทยที่บัญญัติขึ้นโดยคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ (กสทช.) มาตรฐานดังกล่าวครอบคลุมถึงเครื่องส่งวิทยุสำหรับทดลองประกอบกิจการวิทยุกระจายเสียงที่อาศัยข้อกำหนดยึดถือตามคำแนะนำของสหภาพโทรคมนาคมระหว่างประเทศ สถาบันมาตรฐานทางโทรคมนาคมยุโรป คณะกรรมาธิการด้านเทคนิคไฟฟ้าสากล และสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม โดยกำหนดไว้ว่าเครื่องส่งวิทยุกระจายเสียงจะต้องผ่านการทดสอบทางเทคนิคได้แก่กำลังคลื่นพาห์ที่กำหนด กำลังปล่อยออกปดอมเทียมโดยการนำ การปล่อยคลื่นนอกแถบ ความผิดพลาดความถี่ และการเบี่ยงเบนความถี่ตามลำดับ

**คำสำคัญ:** กำลังคลื่นพาห์ที่กำหนด, กำลังปล่อยออกปดอมเทียมโดยการนำ, การแพร่รบกวนแถบ, ค่าผิดพลาดทางความถี่, การเบี่ยงเบนความถี่

### ABSTRACT

*This article presents a standard of FM radio broadcasting in Thailand. The FM radio broadcasting*

*standard was regulated by the National Broadcasting and Telecommunications Commission (NBTC). This standard focuses on the transmitter for FM radio broadcast station regarding to recommendation of International Telecommunication Union, European Telecommunication Standard Institute, International Electrotechnical Commission and Thai Industrial Standard Institute. The content in technical term of FM radio transmitter consists of Rated Carrier Power, Conducted Spurious Emission, Out-of-Band Emission, Frequency Error and Frequency Deviation, respectively.*

**Keyword:** Rated Carrier Power, Conducted Spurious Emission, Out-of-Band Emission, Frequency Error, Frequency Deviation

### 1. บทนำ

คลื่นวิทยุ (Radio Wave) หมายถึง คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดหนึ่ง ที่ส่งผ่านบรรยากาศด้วยความถี่วิทยุ [1] คลื่นวิทยุจัดได้ว่าเป็นคลื่นชนิดหนึ่งที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสนามแม่เหล็กไฟฟ้ามีลักษณะเป็นคลื่นตามขวาง (Transverse Electromagnetic) โดยสนามไฟฟ้าจะตั้งฉากกับสนามแม่เหล็กและสนามทั้งสองยังตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นวิทยุอีกด้วย คลื่นวิทยุมีความถี่ตั้งแต่ 10 กิโลเฮิร์ตซ์ ถึง 300 จิกะเฮิร์ตซ์ ความเร็วในการเดินทางภายในชั้นบรรยากาศเท่ากับความเร็วแสง [2] คลื่นวิทยุสามารถเกิดขึ้นได้จากการเหนี่ยวนำความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าของสายอากาศ คลื่นวิทยุ

ถูกค้นพบเมื่อประมาณ ปี ค.ศ. 1832 โดยไมเคิล ฟาราเดย์ (Michael Faraday) นักวิทยาศาสตร์สาขาฟิสิกส์และเคมีชาวอังกฤษ ฟาราเดย์ได้นำเสนอทฤษฎีความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับสนามแม่เหล็กจากการทดลองปล่อยกระแสไฟฟ้าไปบนเส้นลวดตัวนำแล้วทำให้เกิดสนามแม่เหล็กล้อมรอบเส้นลวดตัวนำขึ้น ขณะที่เจมส์ คลาร์ก แมกซ์เวลล์ (James Clerk Maxwell) นักวิทยาศาสตร์สาขาฟิสิกส์ชาวอังกฤษ ได้ทำการพิสูจน์ทฤษฎีความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับสนามแม่เหล็กของฟาราเดย์จนประสบความสำเร็จด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในปี ค.ศ. 1873 ต่อมาปี ค.ศ. 1886 เฮินริช รูดอล์ฟ เฮอร์ตซ์ (Heinrich Rudolph Hertz) ชาวเยอรมัน ทดลองแพร่กระจายคลื่นวิทยุออกอากาศเป็นระยะทางสั้นๆ ได้สำเร็จครั้งแรกจากการใช้กระแสไฟฟ้าสลับความถี่สูง โดยเฮอร์ตซ์สามารถวัดความยาวคลื่นและความถี่ได้ตรงตามการคำนวณของแมกซ์เวลล์ และมาร์เคซ กูกลีโอลโม มาร์โคนิ (Marchese Guglielmo Marconi) วิศวกรไฟฟ้าชาวอิตาลีได้รับรางวัลโนเบลสาขาฟิสิกส์ประจำปี ค.ศ. 1909 จากผลงานการทดลองส่งสัญญาณวิทยุเป็นระยะทางไกลข้ามมหาสมุทรแอตแลนติก (Atlantic) ได้สำเร็จเป็นคนแรก

การส่งคลื่นวิทยุได้ถูกพัฒนามาอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งในวันที่ 23 กุมภาพันธ์ ค.ศ. 1920 ถึงวันที่ 6 มีนาคม ค.ศ. 1920 สถานีวิทยุเคลมส์ฟอร์ด (Chelmsford) ของอังกฤษได้ทดลองออกอากาศรายการข่าวและดนตรีเป็นระยะเวลาสั้นๆ ได้สำเร็จ สถานีวิทยุเคลมส์ฟอร์ดจึงได้ร่วมกับหนังสือพิมพ์เดลีเมล (Daily Mail) ถ่ายทอดเพลงจากวงดนตรีดุริยางค์แห่งหนึ่งออกอากาศเป็นแห่งแรกในเดือนมิถุนายนถัดมา ขณะเดียวกันสถานีวิทยุเคเคเค (KDKA) ของบริษัทเวสต์อิงเฮาส์อิเล็กทริกแอนด์แมนูแฟคเจอร์ริง (Westinghouse Electric and Manufacturing Company) ตั้งอยู่ที่เมืองพิตส์เบิร์ก (Pittsburgh) รัฐเพนซิลวาเนีย (Pennsylvania) ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้เปิดทำการแพร่กระจายเสียงวิทยุข่าวเกี่ยวกับการเลือกตั้งประธานาธิบดีฮาร์ดิง (Harding) เมื่อวันที่ 7 พฤศจิกายน ค.ศ. 1920 และในปีเดียวกันนี้ประเทศรัสเซียได้เริ่มก่อตั้งสถานีวิทยุขึ้นด้วยเช่นกัน สำหรับประเทศฝรั่งเศสได้ก่อตั้งสถานีวิทยุที่หอไอเฟล (Eiffel) เมื่อเดือนกันยายน ค.ศ. 1921 แล้วส่งกระจายเสียงเป็นข่าวสั้นๆ สถานีวิทยุกระจายเสียงชื่อเรดิโอลา (Radiola) แห่งกรุงปารีส ได้ส่งกระจายเสียงคลื่นวิทยุจากนอกห้องส่งเป็นครั้งแรกในปี

ปี ค.ศ. 1924 ส่วนที่ประเทศอังกฤษมีการถ่ายทอดพระราชดำรัสของพระเจ้าจอร์จที่ 5 แห่งราชอาณาจักรอังกฤษในการเปิดประชุมทหารเรือที่กรุงลอนดอนเมื่อวันที่ 21 มกราคม ค.ศ. 1930 พิธีนี้มีสถานีวิทยุร่วมถ่ายทอดกระจายเสียงจำนวนมากถึง 242 สถานี ซึ่งในจำนวนนี้ 125 สถานีเป็นสถานีที่ตั้งอยู่ในทวีปยุโรป และหนึ่งในนั้นมีสถานีวิทยุบีบีซี (British Broadcast Corporation ; BBC) ที่เปิดการส่งกระจายเสียงมาตั้งแต่วันที่ 14 กุมภาพันธ์ ค.ศ. 1922 เป็นหัวหน้ากลุ่มในการถ่ายทอดครั้งนี้

สำหรับการแพร่กระจายเสียงคลื่นวิทยุภายในประเทศไทยได้ถือกำเนิดขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2447 ในสมัยพระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว รัชกาลที่ 5 โดยบริษัท เทเลฟงเกิน จำกัด ได้ขออนุญาตทดลองจัดตั้งสถานีวิทยุโทรเลขชั่วคราวที่บริเวณภูเขาทองและเกาะสีชังแต่การกระจายเสียงคลื่นวิทยุในครั้งนั้นยังไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร ต่อมาปี พ.ศ. 2450 จอมพลเรือสมเด็จเจ้าฟ้ากรมพระนครสวรรค์วรพินิตได้นำเครื่องรับส่งวิทยุโทรเลขแบบมาร์โคนิของประเทศอังกฤษมาใช้กับกรมทหารเรือ จนกระทั่งปี พ.ศ. 2456 ในพระบาทสมเด็จพระมงกุฎเกล้าเจ้าอยู่หัว รัชกาลที่ 6 ทรงให้กระทรวงทหารเรือจัดตั้งสถานีวิทยุโทรเลขถาวรขึ้นที่ศาลาแดง กรุงเทพฯ และสถานีวิทยุโทรเลขที่จังหวัดสงขลา พระองค์ได้ทรงบัญญัติคำศัพท์ “Radio (ราดิโอ)” ว่าหมายถึง “วิทยุ” พร้อมทั้งประกาศใช้พระราชบัญญัติวิทยุโทรเลขที่เกี่ยวกับกิจการวิทยุกระจายเสียงเป็นกฎหมายฉบับแรกโดยมีกรมไปรษณีย์โทรเลขเป็นผู้กำกับดูแลการนำเข้าเครื่องส่งและการใช้วิทยุโทรเลขภายในประเทศไทย การทดลองส่งกระจายเสียงคลื่นวิทยุได้ประสบความสำเร็จและเปิดขึ้นอย่างเป็นทางการครั้งแรกของประเทศไทยเมื่อวันที่ 25 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2473 ในรัชสมัยพระบาทสมเด็จพระปกเกล้าเจ้าอยู่หัว รัชกาลที่ 7 พิธีเปิดสถานีวิทยุได้อันเชิญกระแสพระราชดำรัสของพระบาทสมเด็จพระปกเกล้าเจ้าอยู่หัว รัชกาลที่ 7 จากพระที่นั่งอัมรินทร์วินิจฉัยในพระบรมมหาราชวัง ถ่ายทอดไปตามสายนำสัญญาณเข้าเครื่องวิทยุกระจายเสียงที่ตั้งอยู่ที่วังพญาไท โดยประชาชนต่างพากันตื่นเต้นและปิติยินดีเป็นที่สุด เมื่อได้รับฟังกระแสพระราชดำรัสของพระบาทสมเด็จพระปกเกล้าเจ้าอยู่หัวโดยตรงจากเครื่องรับวิทยุแบบแรกที่ใช้หูฟังซึ่งเป็นเหตุการณ์ที่ไม่เคยปรากฏมาก่อน ทั้งนี้ อยู่ในความควบคุมโดยตลอดของพลเอกพระบรมวงศ์เธอพระองค์

เจ้าขุนศรีไชยากร กรมพระกำแพงเพชรอัครโยธิน นายทหารช่างผู้นำวิทยุกระจายเสียงเข้ามาในประเทศไทย และได้ทรงริเริ่มงานสถานีวิทยุด้วยพระองค์เองตั้งแต่งานด้านช่างวิทยุจนถึงงานผู้ประกาศสถานีวิทยุกระจายเสียงใช้ความถี่ 826.41 กิโลเฮิร์ตซ์ ความยาวคลื่น 363 เมตร มีกำลังส่งออกอากาศเท่ากับ 2.5 กิโลวัตต์ด้วยเครื่องส่งของบริษัทฟิลลิปส์ และใช้เสาอากาศสูง 40 เมตร มีสัญญาณเรียกขาน (CALL-SIGH) ว่า “HSP1” [3]

การแพร่กระจายเสียงคลื่นวิทยุภายในประเทศไทยมีทั้งระบบเอเอ็ม (Amplitude Modulation ; AM) ความถี่ตั้งแต่ 455 กิโลเฮิร์ตซ์ ถึง 1,600 กิโลเฮิร์ตซ์ และเอฟเอ็ม (Frequency Modulation ; FM) ความถี่ตั้งแต่ 87.5 เมกะเฮิร์ตซ์ ถึง 107.75 เมกะเฮิร์ตซ์ โดยเฉพาะระบบเอฟเอ็มเป็นที่นิยมกันมากทั่วประเทศซึ่งทราบกันดีในนาม “วิทยุกระจายเสียงชุมชนหรือวิทยุชุมชน” ปัจจุบันสถานีวิทยุชุมชนถูกเรียกชื่อใหม่โดยคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ (กสทช.) ว่า “สถานีวิทยุกระจายเสียงสำหรับการทดลองประกอบกิจการ” ซึ่งมีจำนวนมากถึงประมาณ 15,000 สถานี สามารถแบ่งแยกเป็นสถานีที่ลงทะเบียนถูกต้องตามกฎหมายประมาณ 7,000 สถานีและยังไม่ได้ลงทะเบียนอีกกว่า 8,000 สถานี สถานีวิทยุกระจายเสียงสำหรับการทดลองประกอบกิจการเหล่านี้ใช้งานความถี่ใกล้เคียงกันและร่วมกันอย่างจำกัดจึงก่อให้เกิดปัญหาสัญญาณรบกวนกันระหว่างสถานี อีกทั้งยังรบกวนสัญญาณระบบนำร่องของเครื่องบินและเครื่องมืออุปกรณ์ที่สำคัญต่างๆ ด้วยเหตุนี้จึงเป็นที่มาของการกำหนดมาตรฐานการออกอากาศวิทยุกระจายเสียงภายในประเทศไทยขึ้นตามประกาศคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ

## 2. ประกาศคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ

คณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ (กสทช.) หรือเดิมคือคณะกรรมการกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ (กทช.) เป็นองค์กรอิสระของรัฐบาลซึ่งจัดตั้งขึ้นตามพระราชบัญญัติองค์กรจัดสรรคลื่นความถี่และกำกับการประกอบกิจการวิทยุกระจายเสียง วิทยุโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคม พ.ศ.2553 อันเป็นกฎหมายที่ตราขึ้นให้เป็นไปตาม

มาตร 43 ของรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย พ.ศ. 2550 โดย กสทช. ได้ออกประกาศในราชกิจจานุเบกษาเรื่อง “หลักเกณฑ์การทดสอบมาตรฐานทางเทคนิคของเครื่องส่งวิทยุกระจายเสียงสำหรับทดลองประกอบกิจการวิทยุกระจายเสียง” เมื่อวันที่ 11 ตุลาคม 2555 และ “หลักเกณฑ์การอนุญาตทดลองประกอบกิจการวิทยุกระจายเสียง” เมื่อวันที่ 19 กันยายน 2555 [4] เพื่อใช้เป็นกฎหมายควบคุมการใช้คลื่นความถี่สำหรับสถานีวิทยุกระจายเสียงสำหรับการทดลองประกอบกิจการให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและปราศจากปัญหาสัญญาณรบกวนซึ่งกันและกันดังมีรายละเอียดโดยสังเขปต่อไปนี้

### 2.1 หลักเกณฑ์การทดสอบมาตรฐานทางเทคนิคของเครื่องส่งวิทยุกระจายเสียงสำหรับทดลองประกอบกิจการวิทยุกระจายเสียง

รวมทั้งหมด 20 ข้อใน 4 หมวดด้วยกันมีสาระสำคัญได้แก่

**หมวด 1 บททั่วไป** เป็นเรื่องเกี่ยวกับหลักเกณฑ์การทดสอบมาตรฐานทางเทคนิคของเครื่องส่งวิทยุกระจายเสียงสำหรับการทดลองประกอบกิจการวิทยุกระจายเสียง ห้องปฏิบัติการที่ดำเนินการทดสอบ และผู้ได้รับอนุญาตให้ทดลองประกอบกิจการวิทยุกระจายเสียง **หมวด 2 การลงทะเบียนเป็นห้องปฏิบัติการทดสอบ** คือหลักเกณฑ์การอนุญาตให้ห้องปฏิบัติการทดสอบสามารถทำหน้าที่ทดสอบมาตรฐานทางเทคนิคเครื่องส่งวิทยุกระจายเสียงสำหรับการทดลองประกอบกิจการวิทยุกระจายเสียงได้ คุณสมบัติของผู้ประสงค์ขอเป็นห้องปฏิบัติการทดสอบ และการสิ้นสุดเป็นห้องปฏิบัติการทดสอบ **หมวด 3 ขอบเขตและเงื่อนไขการลงทะเบียนเป็นห้องปฏิบัติการทดสอบ** คือหลักเกณฑ์การสอบเทียบหรือทวนสอบเครื่องมือและอุปกรณ์ที่จำเป็น และการให้บริการทดสอบโดยไม่เลือกปฏิบัติ **หมวด 4 การกำกับดูแล** กล่าวถึงการเพิกถอนสิทธิการเป็นห้องปฏิบัติการทดสอบ และบทลงโทษกรณีห้องปฏิบัติการทดสอบดำเนินการทดสอบหรือรายงานผลการทดสอบโดยแสดงข้อความอันเป็นเท็จ **บทเฉพาะกาล** ว่าด้วยบรรดาเครื่องส่งวิทยุกระจายเสียงที่ใช้ในการทดลองประกอบกิจการวิทยุกระจายเสียงซึ่งผ่านการตรวจสอบลักษณะทางวิชาการจากสำนักงาน กทช.หรือหน่วยงานอื่นที่รับรองอยู่ก่อนวันที่ประกาศนี้บังคับและมีผลการตรวจสอบที่สอดคล้องกับมาตรฐานทางเทคนิค

ตามประกาศของ กสทช. ให้มีผลใช้ได้ต่อไปโดยถือเป็นการทดสอบและรับรองรายงานผลการทดสอบตามประกาศนี้

## 2.2 หลักเกณฑ์การอนุญาตทดลองประกอบกิจการวิทยุกระจายเสียงตามประกาศ กสทช. ปี พ.ศ. 2555

มีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ถัดจากประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป และให้ยกเลิกประกาศคณะกรรมการ กทช. เรื่อง “หลักเกณฑ์และวิธีการอนุญาตประกอบกิจการบริการชุมชนชั่วคราว (วิทยุกระจายเสียงชุมชน)” โดยหลักเกณฑ์การอนุญาตทดลองประกอบกิจการวิทยุกระจายเสียงตามประกาศ กสทช. มี 4 หมวดด้วยกัน ได้แก่ หมวด 1 ประเภท และการยื่นคำขอทดลองประกอบกิจการ คือหลักเกณฑ์การให้สิทธิอนุญาตทดลองประกอบกิจการวิทยุกระจายเสียงชุมชนชั่วคราว (วิทยุกระจายเสียงชุมชน) และการยื่นคำขอทดลองประกอบกิจการ หมวด 2 สิทธิและหน้าที่ของผู้ทดลองประกอบกิจการ มีรายละเอียดคือระยะเวลาการทดลองประกอบกิจการ การสิ้นสุดการอนุญาตทดลองประกอบกิจการ และเงื่อนไขของการเป็นผู้ทดลองประกอบกิจการ หมวด 3 การกำกับดูแลการทดลองประกอบกิจการวิทยุกระจายเสียง คือห้ามมิให้ผู้ทดลองประกอบกิจการออกอากาศหรือดำเนินการใด ๆ อันเป็นการแพร่กระจายคลื่นความถี่รบกวนผู้ได้รับสิทธิในการประกอบกิจการขณะที่พระราชบัญญัติการประกอบกิจการกระจายเสียงและกิจการโทรทัศน์ พ.ศ. 2551 มีผลบังคับใช้ ห้ามรบกวนผู้ทดลองประกอบกิจการด้วยตนเอง ห้ามรบกวนกิจการวิทยุทางการบิน ห้ามรบกวนกิจการโทรคมนาคมหรือกิจการวิทยุคมนาคมที่ได้รับใบอนุญาตตามกฎหมายที่เกี่ยวข้อง กรณีผู้ทดลองประกอบกิจการฝ่าฝืนหรือไม่ปฏิบัติตามกฎหมายจะมีโทษทางอาญานอกจากต้องรับโทษตามกฎหมายอื่นแล้ว ให้พนักงานเจ้าหน้าที่สั่งให้ผู้ทดลองประกอบกิจการระงับการกระทำที่ฝ่าฝืน แก้ไขปรับปรุงหรือปฏิบัติให้ถูกต้องหรือเหมาะสมภายในระยะเวลาที่กำหนดไว้ในคำสั่ง

ประกาศคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติทั้ง 2 ฉบับได้แสดงให้เห็นเจตนารมณ์ในการบริหารจัดการความถี่วิทยุ โดยหลักเกณฑ์สามารถสรุปได้ว่าความถี่วิทยุสำหรับการทดลองประกอบกิจการวิทยุกระจายเสียงมีความถี่ระหว่าง 87.5 เมกะเฮิร์ตซ์ ถึง 107.75 เมกะเฮิร์ตซ์ อาศัยการมอดูเลตสัญญาณแบบเอฟเอ็ม ช่องห่าง

ระหว่างคลื่นพาห์ (Channel Spacing) เท่ากับ 250 กิโลเฮิร์ตซ์ ความกว้างแถบความถี่ (Bandwidth) ไม่เกิน 200 กิโลเฮิร์ตซ์ การเบี่ยงเบนความถี่ (Frequency Deviation) ไม่เกิน  $\pm 75$  กิโลเฮิร์ตซ์ ความถี่คลื่นพาห์ในบริเวณพื้นที่กระจายเสียงทับซ้อนจะต้องอยู่ห่างกันไม่น้อยกว่า 250 กิโลเฮิร์ตซ์ หรือ 1 ช่องห่างคลื่นพาห์ กำลังคลื่นพาห์ของเครื่องส่งตามผู้ผลิตประกาศต้องไม่เกิน 500 วัตต์ ความสูงของเสาอากาศไม่เกิน 60 เมตร พื้นที่กระจายเสียงรัศมีไม่เกิน 20 กิโลเมตร และมีระดับความแรงสัญญาณ (Field Strength) ไม่เกิน 54 dB $\mu$ V/m (ITU-R Recommendation P.1546) [5] ค่าอัตราส่วนป้องกันกรรบกวน (Protection Ratio) สำหรับการใช้ช่องความถี่ข้างเคียง (Adjacent Channel) จะต้องไม่น้อยกว่า 2 dB สถานีวิทยุกระจายเสียงสำหรับการทดลองประกอบกิจการต้องตั้งห่างจากสถานีตรวจสอบการใช้ความถี่ของสำนักงาน กสทช. เขต อย่างน้อย 1 กิโลเมตรทางอากาศ โดยมีความเข้มสัญญาณคลื่นพาห์ไม่เกิน 50 dB $\mu$ V/m ทั้งนี้เพื่อวัตถุประสงค์ในการบริหารจัดการเรื่องคลื่นความถี่วิทยุกระจายเสียงสำหรับการทดลองประกอบกิจการวิทยุกระจายเสียงให้มีประสิทธิภาพปราศจากการรบกวนสัญญาณซึ่งกันและกันอย่างเที่ยงตรงสูงสุด ดังนั้นการปฏิบัติให้สอดคล้องกับประกาศดังกล่าวทั้ง 2 ฉบับ จึงจำเป็นต้องทราบมาตรฐานเครื่องส่งวิทยุกระจายเสียง หลักการเครื่องส่งวิทยุระบบเอฟเอ็ม และการทดสอบเครื่องส่งวิทยุระบบเอฟเอ็มตามมาตรฐานสากลที่ใช้กันอยู่ทั่วโลกดังต่อไปนี้

## 3. มาตรฐานเครื่องส่งวิทยุกระจายเสียงระบบเอฟเอ็ม

เครื่องส่งวิทยุระบบเอฟเอ็มที่จะสามารถใช้ได้กับการทดลองประกอบกิจการวิทยุกระจายเสียงทุกประเภทภายในประเทศไทยจะต้องมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อกำหนดและข้อบังคับของคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติที่อ้างอิงจากมาตรฐานของสหภาพโทรคมนาคมระหว่างประเทศ (International Telecommunication Union ; ITU), สถาบันมาตรฐานทางโทรคมนาคมยุโรป (European Telecommunication Standard Institute ; ETSI), คณะกรรมาธิการด้านเทคนิคไฟฟ้าสากล (International Electrotechnical Commission; IEC) และสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม โดยมาตรฐาน

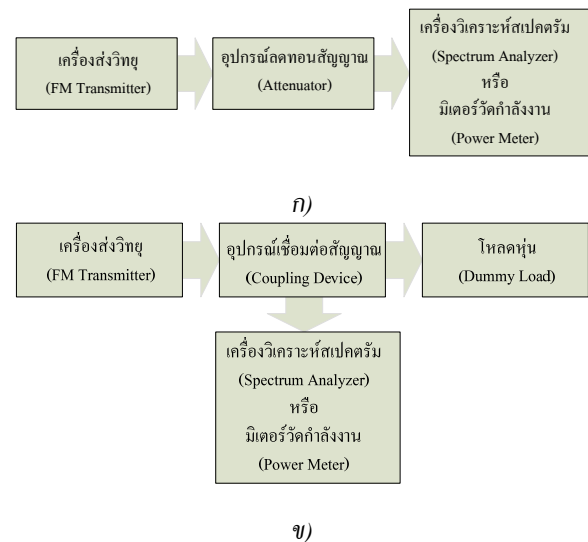
ต่างๆ เหล่านี้ประกอบไปด้วยมาตรฐานด้านการแพร่กระจายคลื่นวิทยุ มาตรฐานด้านความปลอดภัยทางไฟฟ้า (Electrical Safety Requirement) และมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งกับการใช้งานเครื่องส่งวิทยุกระจายเสียงโดยมีข้อความสำคัญดังนี้

### 3.1 มาตรฐานด้านการแพร่กระจายคลื่นจากเครื่องส่งวิทยุประกอบด้วย

กำลังคลื่นพาห์ที่กำหนด (Rated Carrier Power) หมายถึงกำลังคลื่นพาห์ของเครื่องส่งวิทยุกระจายเสียงตามผู้ผลิตแจ้งไว้ โดยกำลังคลื่นพาห์ หมายถึงกำลังเฉลี่ย (Average Power) ที่ส่งไปยังโหลดหุ่น (Dummy Load) ในสภาวะที่ไม่มีการมอดูเลต (Unmodulate) ซึ่งค่ากำลังคลื่นพาห์ที่ทดสอบจากการทดสอบจะต้องมีค่าไม่เกิน  $\pm 0.5$  dB ของกำลังคลื่นพาห์ที่กำหนด (ETSI EN 302 018-1 V1.2.1 (2006-03)) [6] สำหรับในประเทศไทยกำลังคลื่นพาห์กำหนดให้ไม่เกิน 500 วัตต์ ดังนั้นกำลังส่งคลื่นพาห์จะต้องอยู่ระหว่าง 445.5 วัตต์ ถึง 561 วัตต์ หรือระหว่าง 56.5 dBm ถึง 57.5 dBm โดยการวัดกำลังคลื่นพาห์ที่กำหนดสามารถกระทำได้ 2 วิธีจากการอาศัยอุปกรณ์ลดทอนสัญญาณ (Attenuator) อุปกรณ์เชื่อมต่อสัญญาณ (Coupling Device) โหลดหุ่น (Dummy Load) และเครื่องวิเคราะห์สเปกตรัม (Spectrum Analyzer) หรือมิเตอร์วัดกำลังงาน (Power Meter) ดังแสดงไคอะแกรมในรูปที่ 1 ก) และ ข) ตามลำดับ

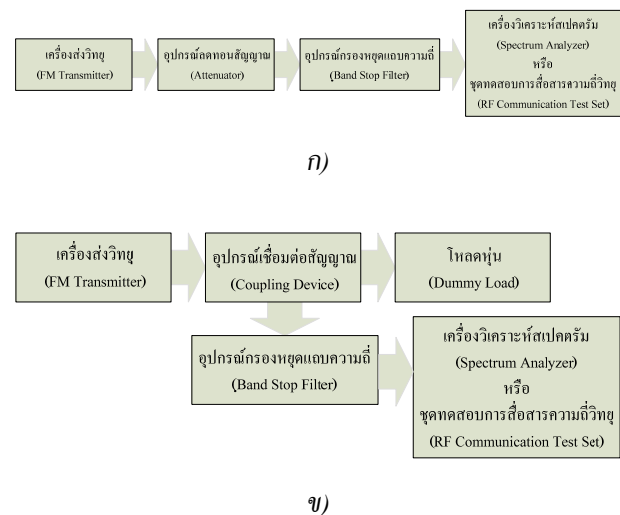
กำลังปล่อยออกปลอมเพิ่มเติมโดยการนำ (Conducted Spurious Emission) หมายถึงการแพร่ที่ชั่วต่อสายอากาศที่ความถี่วิทยุใดๆ ที่อยู่นอกเหนือความกว้างแถบความถี่ที่จำเป็น (Necessary Bandwidth) และหมายความรวมถึงการปล่อยฮาร์โมนิก (Harmonic Emission) ซึ่งเป็นความถี่ทวีคูณตั้งแต่สองเท่าขึ้นไปของความถี่หลักมูล (Fundamental Frequency) การปล่อยพาราซิติก (Parasitic Emission) อันเกิดจากความไม่เที่ยงตรงของแหล่งกำเนิดความถี่ ออสซิลเลเตอร์ประจำเครื่อง (Local Oscillator) ผลจากการมอดูเลตระหว่างกัน (Intermodulation Product) และผลจากการแปลงความถี่ (Frequency Conversion Product) แต่ไม่รวมถึงการปล่อยคลื่นนอกแถบ (ITU-R SM.329-11 (2011-01)) [7] กำลังปล่อยออกปลอมเพิ่มเติมโดยการนำจึงมีค่าไม่เกิน 70 dBc หรือ  $46+10 \log(P)$  เมื่อ P คือกำลังคลื่นพาห์ที่กำหนด (วัตต์) วิธีการวัดกำลังปล่อยออก

ปลอมเพิ่มเติมโดยการนำมี 2 วิธีเช่นเดียวกันซึ่งจะอาศัยอุปกรณ์ลดทอนสัญญาณ อุปกรณ์กรองหยุดแถบความถี่ (Band Pass Filter) อุปกรณ์เชื่อมต่อสัญญาณ โหลดหุ่น เครื่องวิเคราะห์สเปกตรัมหรือชุดทดสอบการสื่อสารความถี่วิทยุ (RF Communication Test Set) ดังแสดงในรูปที่ 2 ก) และ ข)



รูปที่ 1 ไคอะแกรมการวัดกำลังคลื่นพาห์ที่กำหนด

ก) วิธีที่ 1 ข) วิธีที่ 2

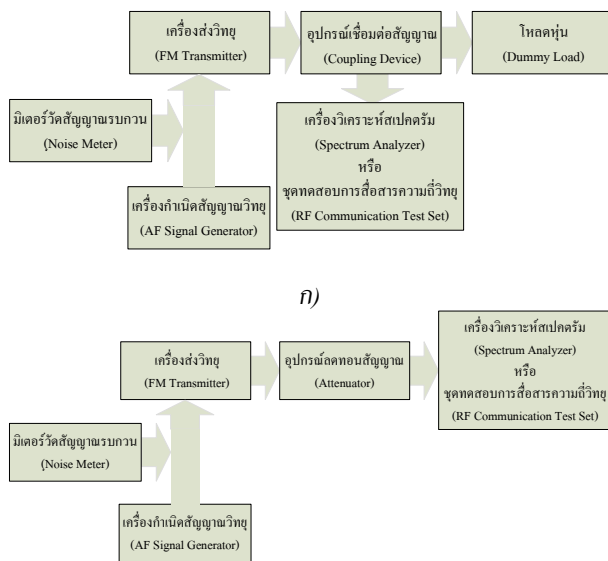


รูปที่ 2 ไคอะแกรมการวัดกำลังปล่อยออกปลอมเพิ่มเติมโดยการนำ

ก) วิธีที่ 1 ข) วิธีที่ 2

การปล่อยคลื่นนอกแถบ (Out-of-Band Emission) หมายถึงการแพร่ที่ชั่วต่อสายอากาศที่ความถี่วิทยุใดๆ ที่อยู่นอกเหนือแถบความถี่จำเป็นในขณะที่มีการมอดูเลตความถี่เสียงตามที่กำหนด โดยไม่รวมถึงกำลังปล่อยออกปลอมเทียมโดยการนำ (ETSI EN 302 018-1 V1.2.1 (2006-03)) [8] ซึ่งมาตรฐานการทดสอบการปล่อยคลื่นนอกแถบจะกำหนดให้ระดับสัญญาณเสียงช่องซ้าย (Ch L.) มีค่าน้อยกว่าระดับสัญญาณเสียงช่องขวา (Ch R.) 6 dB และก่อนการทดสอบจะต้องเปิดเครื่องส่งไว้อย่างน้อย 30 นาที เพื่อให้เครื่องส่งวิทยุมีอุณหภูมิคงที่

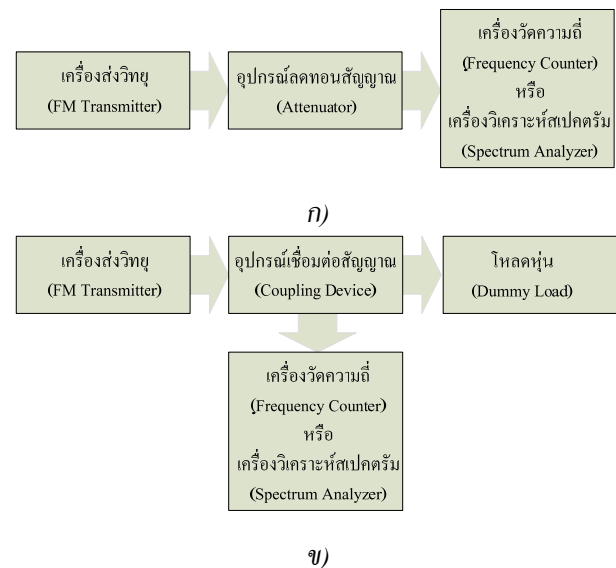
การทดสอบสัญญาณจะวัดที่ตำแหน่งความถี่ต่ำสุด ความถี่กึ่งกลาง และความถี่สูงสุดของช่องสัญญาณที่ต้องการ โดยอาศัยมิเตอร์วัดสัญญาณรบกวน (Noise Meter) และเครื่องกำเนิดสัญญาณวิทยุ (AF Signal Generator) เป็นอุปกรณ์เสริมดังแสดงในรูปที่ 3 ก) และ ข)



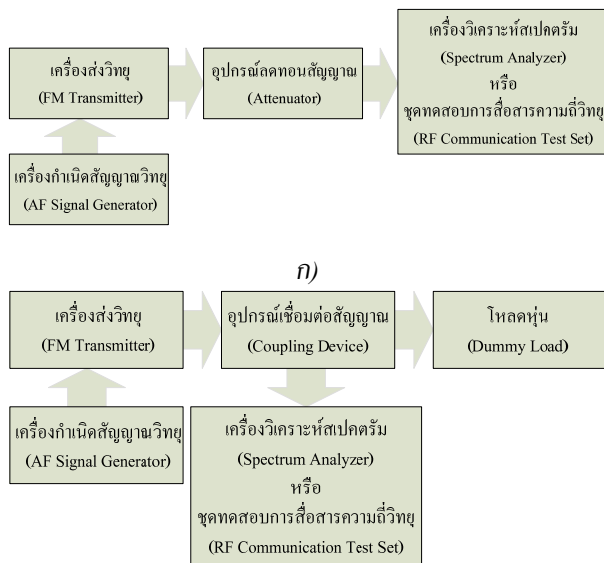
รูปที่ 3 การวัดการปล่อยคลื่นนอกแถบ  
ก) วิธีที่ 1 ข) วิธีที่ 2

ความผิดพลาดความถี่ (Frequency Error) หมายถึงค่าแตกต่างระหว่างความถี่คลื่นพาห်ในขณะที่ไม่มีการมอดูเลตกับความถี่ที่ระบุ (Nominal Frequency) ของภาคเครื่องส่งวิทยุกระจายเสียง (ETSI 300 384) [9] โดยค่าความผิดพลาดความถี่จะต้องไม่เกิน  $\pm 2$  กิโลเฮิรตซ์ วิธีการวัดความผิดพลาดความถี่แสดงโดยแกรมดังรูปที่ 4 ก) และ ข)

การเบี่ยงเบนความถี่ (Frequency Deviation) หมายถึงค่าแตกต่างที่มากที่สุดระหว่างความถี่ขณะใดขณะหนึ่ง (Instantaneous Frequency) เมื่อมีการมอดูเลตกับความถี่คลื่นพาห်ในขณะที่ไม่มีการมอดูเลต (ETSI EN 302 018-1 V1.2.1 (2006-03)) [8] ควรมีค่าไม่เกิน  $\pm 75$  กิโลเฮิรตซ์ สำหรับการวัดการเบี่ยงเบนความถี่จะอาศัยเครื่องกำเนิดสัญญาณวิทยุและเครื่องวิเคราะห์สเปกตรัมหรือชุดทดสอบการสื่อสารความถี่วิทยุเป็นอุปกรณ์หลักดังแสดงในรูปที่ 5 ก) และ ข)



รูปที่ 4 การวัดความผิดพลาดความถี่  
ก) วิธีที่ 1 ข) วิธีที่ 2



รูปที่ 5 การวัดการเบี่ยงเบนความถี่

ก) วิธีที่ 1 ข) วิธีที่ 2

### 3.2 มาตรฐานความปลอดภัยสำหรับสุขภาพจากการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของอุปกรณ์ต่างๆ

ปัจจุบันมีทั้งมาตรฐานความปลอดภัยทางไฟฟ้า (IEC 60950-1 : Information Technology Equipment-Safety Part 1 : General Requirements) [10] มาตรฐานความปลอดภัยของสหภาพโทรคมนาคมระหว่างประเทศ (ITU-T K.70 : Mitigation Techniques to Limit Human Exposure to EMFs in the Vicinity of Radiocommunication Stations) [11] และมาตรฐานความปลอดภัยต่อสุขภาพของมนุษย์จากการใช้เครื่องวิทยุคมนาคม (กทข. มท. 5001-2550) ตามประกาศ กทข. เรื่อง “หลักเกณฑ์และมาตรการกำกับดูแลความปลอดภัยต่อสุขภาพมนุษย์จากการใช้เครื่องวิทยุโทรคมนาคม” กำหนดไว้ว่าแบ่งออกเป็น 3 ประเภทได้แก่ 1) เครื่องวิทยุโทรคมนาคมซึ่งส่วนประกอบที่สามารถแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าอยู่ใกล้บริเวณศีรษะหรืออยู่ห่างจากร่างกายน้อยกว่า 20 เซนติเมตร ในตำแหน่งใช้งานปกติ ตัวอย่างเช่น โทรศัพท์เคลื่อนที่ในระบบต่างๆ 2) เครื่องวิทยุโทรคมนาคมซึ่งส่วนประกอบที่สามารถแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าอยู่ห่างจากร่างกายไม่น้อยกว่า 20 เซนติเมตร ในตำแหน่งใช้งานปกติตัวอย่างเช่น

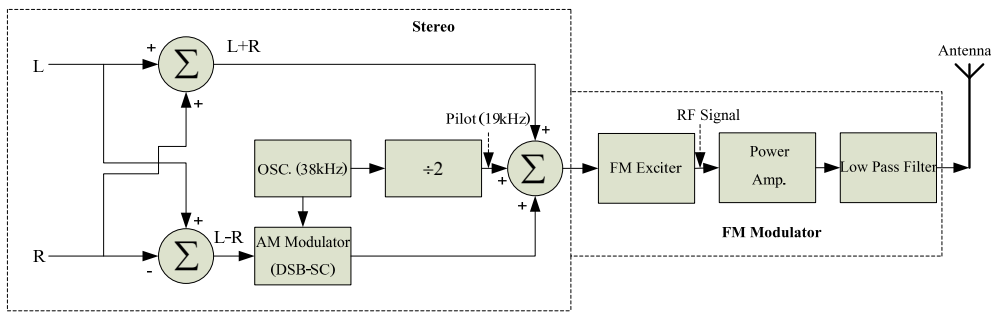
ระบบ RFID หรือระบบบรรดาเรดิครอยนต์ที่มีกำลังส่งเกิน 100 มิลลิวัตต์ และ 3) เครื่องวิทยุโทรคมนาคมซึ่งติดตั้งอยู่กับที่ถาวรและมีการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าครอบคลุมบริเวณกว้างตัวอย่างเช่น สถานีฐานระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ทุกระบบ สถานีแม่ข่ายในกิจการวิทยุสมัครเล่น และสถานีฐานหรือสถานีประจำที่ในกิจการเคลื่อนที่ทางบกจะต้องมีการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในลักษณะความหนาแน่นกำลังงาน (Power Density) ไม่เกิน 2 วัตต์ต่อตารางเมตร สำหรับบุคคลทั่วไป และต้องไม่แผ่ความหนาแน่นกำลังงานเกิน 10 มิลลิวัตต์ต่อตารางเมตร สำหรับผู้ปฏิบัติงาน

### 3.3 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 1561-2548 : บริษัทเทคโนโลยีสารสนเทศเฉพาะด้านความปลอดภัย : ข้อกำหนดทั่วไป) ซึ่งประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 123 ตอนที่ 60 ง หน้า 8 (ท้ายประกาศ 226 หน้า) วันที่ 22 มิถุนายน พ.ศ. 2549 [12] ได้กำหนดหลักเกณฑ์ทั่วไปของอุปกรณ์ไฟฟ้าและโทรคมนาคมเกี่ยวกับการป้องกันอันตรายจากกระแสไฟฟ้า ใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้า ข้อกำหนดทางกายภาพของอุปกรณ์ไฟฟ้า ข้อกำหนดทางไฟฟ้าและสภาวะผิดปกติจำลอง ตลอดจนวิธีการเชื่อมต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าเข้ากับโครงข่ายโทรคมนาคมเป็นต้น

### 4. เครื่องส่งวิทยุระบบเอฟเอ็มสเตอริโอ

เครื่องส่งวิทยุระบบเอฟเอ็มสเตอริโอเป็นหัวใจหลักของการทดลองประกอบกิจการวิทยุกระจายเสียง โดยหลักการพื้นฐานของเครื่องส่งวิทยุระบบเอฟเอ็มสเตอริโอประกอบด้วยสัญญาณเสียงพูดด้านซ้าย (L) และด้านขวา (R) ที่ถูกนำมารวมกันเป็นสัญญาณ L+R และหักล้างกันเป็นสัญญาณ L-R หลังจากนั้นนำสัญญาณ L-R ไปมอดูเลตแบบเอเอ็มชนิดแอมพลิจูดแบบสัญญาณแถบข้างคู่ไว้คลื่นพาห์ (AM Double Sideband Suppressed Carrier ; AM DSB-SC) กับสัญญาณพาห์รอง (Subcarrier) ที่สร้างจากวงจรออสซิลเลเตอร์ (ณ ที่นี้กำหนดให้ความถี่ออสซิลเลเตอร์เท่ากับ 38 กิโลเฮิร์ตซ์) เพื่อไม่ให้เกิดการรบกวนกันเองระหว่างสัญญาณ L+R กับสัญญาณ L-R สัญญาณ L-R ที่ผ่านการมอดูเลตกับคลื่นพาห์รองจะไปรวมกับสัญญาณนำร่อง (Pilot Signal)



รูปที่ 6 บล็อกไดอะแกรมเครื่องส่งวิทยุระบบสเตอริโอ

จากการนำเอาคลื่นพาห้หรือมาหารลงครึ่งหนึ่ง แล้วนำมารวมกับสัญญาณ L+R อีกครึ่งหนึ่งจึงได้เป็นสัญญาณเสียงระบบสเตอริโอ (สัญญาณนำร่องที่ถูกส่งออกไปพร้อมกับสัญญาณเสียงมีไว้สำหรับการกู้สัญญาณพาห้ที่เครื่องรับกลับคืน) หลังจากนั้นสัญญาณเสียงระบบสเตอริโอจะถูกนำไปมอดูเลตแบบเอฟเอ็มกับสัญญาณพาห้หลัก (Main Carrier) ด้วยความถี่ระหว่าง 87.5 เมกะเฮิรตซ์ ถึง 107.75 เมกะเฮิรตซ์ (ขึ้นอยู่กับช่องสัญญาณที่ใช้) ภายในวงจรเอ็กซ์ไซเตอร์แบบเอฟเอ็ม (FM Exciter) ที่ประกอบด้วยวงจรออสซิลเลเตอร์ประจำเครื่อง และวงจรมอดูเลตแบบเอฟเอ็ม (FM Modulator) แล้วขยายสัญญาณให้แรงขึ้นด้วยวงจรขยายกำลัง (Power Amplifier) พร้อมทั้งกรองความถี่ที่ต้องการส่งด้วยวงจรกรองแบบผ่านต่ำ (Low Pass Filter) ก่อนส่งออกอากาศผ่านระบบสายอากาศ (Antenna) [13] ดังแสดงในรูปที่ 6

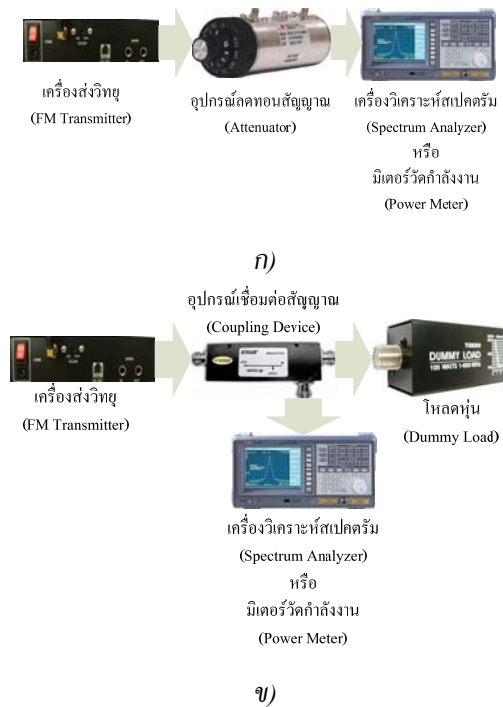
เครื่องส่งที่ดินนอกจากจะมีกำลังส่งสูงอย่างเหมาะสมแล้วจะต้องไม่สร้างสัญญาณรบกวนแก่ผู้อื่น โดยเฉพาะการปล่อยคลื่นนอกแถบ กำลังปล่อยออกปลอมเทียมโดยการนำ ความผิดพลาดความถี่ และการเบี่ยงเบนความถี่ ตลอดจนสามารถออกแบบสร้างง่าย คุณภาพดี ทนทาน ค่าบำรุงรักษาต่ำ ดังนั้นการเลือกใช้เครื่องส่งควรตรวจสอบคุณสมบัติให้มีความสอดคล้องกับการใช้งานเพื่อไม่สร้างปัญหาในการออกอากาศวิทยุกระจายเสียง

## 5. อุปกรณ์เครื่องมือและวิธีการทดสอบ

อุปกรณ์เครื่องมือที่จำเป็นสำหรับการใช้ทดสอบเครื่องส่งวิทยุระบบเอฟเอ็มทั่วไปประกอบด้วย เครื่องส่งวิทยุ (Transmitter ; Tx) อุปกรณ์ลดทอนสัญญาณ อุปกรณ์เชื่อมต่อสัญญาณ อุปกรณ์กรองหยุดแถบความถี่ โหลดหุ่น มิเตอร์วัดสัญญาณรบกวน เครื่องวิเคราะห์สเปกตรัมหรือมิเตอร์วัดกำลังงานหรือชุดทดสอบการ

สื่อสารวิทยุ และเครื่องกำเนิดสัญญาณวิทยุ [14]-[15] ที่สามารถใช้วัดกำลังคลื่นพาห้ที่กำหนด กำลังปล่อยออกปลอมเทียมโดยการนำการปล่อยคลื่นนอกแถบ ความผิดพลาดความถี่ และการเบี่ยงเบนความถี่ โดยการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ต่อร่วมกันดังนี้

### 5.1 การวัดกำลังคลื่นพาห้ที่กำหนด



รูปที่ 7 การต่ออุปกรณ์วัดกำลังคลื่นพาห้ที่กำหนด

ก) วิธีใช้อุปกรณ์ลดทอนสัญญาณ

ข) วิธีใช้อุปกรณ์เชื่อมต่อสัญญาณ

การวัดกำลังคลื่นพาห์ที่กำหนดสามารถกระทำได้คือใช้อุปกรณ์ลดทอนสัญญาณร่วมกับเครื่องวิเคราะห์สเปกตรัมหรือใช้อุปกรณ์เชื่อมต่อสัญญาณร่วมกับโหลดหุ่นและเครื่องวิเคราะห์สเปกตรัมดังแสดงในรูปที่ 7 ก) และ ข) ตามลำดับ ซึ่งเป็นการวัดระดับสัญญาณของวงจรขยายในสถานะที่ยังไม่มีการมอดูเลต ผลกำลังงานที่วัดได้จะต้องคิดค่าการลดทอนสัญญาณของสายนำสัญญาณต่างๆ ในระบบการวัดเข้าด้วยกัน โดยกำลังงานที่วัดได้จะต้องมีค่าไม่เกิน  $\pm 0.5$  dB

## 5.2 การวัดกำลังปล่อยออกปลอมเทียมโดยการนำ

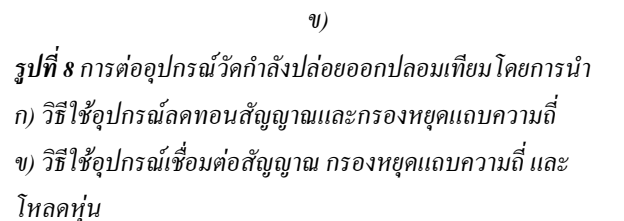
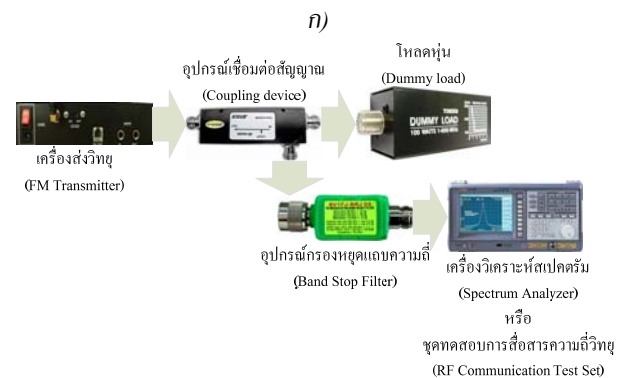
วิธีการวัดกำลังปล่อยออกปลอมเทียมโดยการนำคือใช้อุปกรณ์ลดทอนสัญญาณและกรองหยุดแถบความถี่หรือใช้อุปกรณ์เชื่อมต่อสัญญาณ กรองหยุดแถบความถี่ และ โหลดหุ่นร่วมกับเครื่องวิเคราะห์สเปกตรัมหรือชุดทดสอบการสื่อสารความถี่วิทยุดังแสดงในรูปที่ 8 ก) และ ข) โดยจะวัดสัญญาณในสถานะที่ยังไม่มีการมอดูเลตช่วง 3 ความถี่ได้แก่ 9 กิโลเฮิร์ตซ์ ถึง 150 กิโลเฮิร์ตซ์ 150 กิโลเฮิร์ตซ์ ถึง 30 เมกะเฮิร์ตซ์ และ 30 เมกะเฮิร์ตซ์ ถึง 1 จิกะเฮิร์ตซ์ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องตั้งความละเอียดของเครื่องวิเคราะห์สเปกตรัม (Resolution Bandwidth) ให้เหมาะสมคือ 1 กิโลเฮิร์ตซ์ 10 กิโลเฮิร์ตซ์ และ 100 กิโลเฮิร์ตซ์ตามลำดับ ผลการวัดที่ได้จะต้องไม่มีความถี่อื่นใดแปลกปลอมออกมาจากเครื่องส่งนอกจากความถี่ที่ใช้งานเท่านั้น

## 5.3 การวัดการปล่อยคลื่นนอกแถบ

สำหรับการวัดการปล่อยคลื่นนอกแถบจะต้องใช้มิเตอร์วัดสัญญาณรบกวนกับเครื่องกำเนิดสัญญาณวิทยุเพิ่มเข้ามาดังแสดงในรูปที่ 9 ก) และ ข) เนื่องจากเป็นการวัดสัญญาณในสถานะที่มีการมอดูเลตแล้ว โดยการป้อนสัญญาณวิทยุเข้าไปให้มีระดับกำลังงานสัญญาณช่องด้านซ้ายน้อยกว่าช่องด้านขวา 6 dB และค่าเบี่ยงเบนความถี่  $\pm 40$  กิโลเฮิร์ตซ์ วัดความแรงสัญญาณรบกวนช่องด้านขวาด้วยมิเตอร์วัดสัญญาณรบกวนพร้อมกับปรับตั้งระดับสัญญาณที่อ่านได้จากเครื่องวิเคราะห์สเปกตรัมให้ตำแหน่งสูงสุดเท่ากับ 0 dB เพื่อใช้สำหรับเป็นตำแหน่งอ้างอิง

หลังจากนั้นค่ากำลังงานที่อ่านได้ ณ ตำแหน่งความถี่  $\pm 200$  กิโลเฮิร์ตซ์  $\pm 300$  กิโลเฮิร์ตซ์ และ  $\pm 500$  กิโลเฮิร์ตซ์ จาก

เครื่องส่งวิทยุที่ทดสอบจะต้องมีค่าไม่น้อยกว่า -80 dBc, -80 dBc และ -85 dBc ตามลำดับ (dBc คือค่าระดับกำลังงานสัมพันธ์กับสัญญาณพาห์)



รูปที่ 8 การต่ออุปกรณ์วัดกำลังปล่อยออกปลอมเทียมโดยการนำ

ก) วิธีใช้อุปกรณ์ลดทอนสัญญาณและกรองหยุดแถบความถี่

ข) วิธีใช้อุปกรณ์เชื่อมต่อสัญญาณ กรองหยุดแถบความถี่ และ โหลดหุ่น

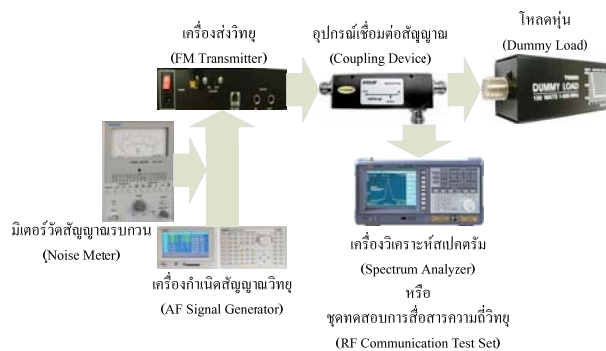
## 5.4 การวัดความผิดพลาดความถี่

ส่วนการทดสอบการวัดความผิดพลาดความถี่จะวัดสัญญาณในสถานะไม่มีการมอดูเลตสัญญาณ ผลการวัดความถี่ที่ได้จะต้องมีค่าผิดพลาดไม่เกิน  $\pm 2$  กิโลเฮิร์ตซ์ การต่ออุปกรณ์การวัดความผิดพลาดความถี่ดังแสดงในรูปที่ 10 ก) และ ข)

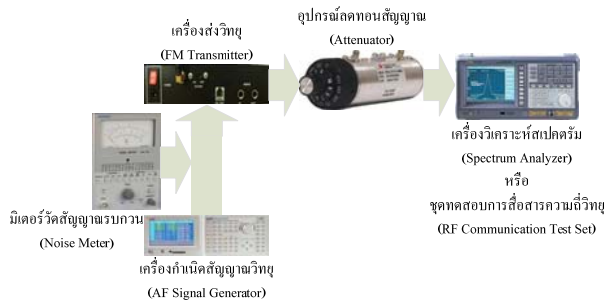
## 5.5 การวัดการเบี่ยงเบนความถี่

วิธีการวัดการเบี่ยงเบนความถี่จะวัดสัญญาณในสถานะที่มีและไม่มีการมอดูเลต โดยขั้นตอนการวัดเช่นเดียวกับการวัดการปล่อยคลื่นนอกแถบคือป้อนสัญญาณวิทยุเข้าไปให้มีระดับกำลังงานสัญญาณช่องด้านซ้ายน้อยกว่าช่องด้านขวา 6 dB และค่าเบี่ยงเบนความถี่  $\pm 40$  กิโลเฮิร์ตซ์ หลังจากนั้นเพิ่มระดับความแรงสัญญาณ

ของเครื่องกำเนิดสัญญาณวิทยุจนอ่านค่าจากเครื่องวิเคราะห์สเปกตรัมได้เท่ากับ 12 dB ซึ่งต้องมีค่าเบี่ยงเบนความถี่ประมาณ  $\pm 145$  กิโลเฮิร์ตซ์ (เครื่องกำเนิดสัญญาณวิทยุจะอยู่ในสถานะ Disable) และเมื่อทำการ Enable Deviation Limiter ที่เครื่องกำเนิดสัญญาณวิทยุ ค่าเบี่ยงเบนความถี่ที่อ่านได้จากเครื่องวิเคราะห์สเปกตรัมจะต้องไม่เกิน  $\pm 75$  กิโลเฮิร์ตซ์ จึงจะเป็นผลทดสอบที่ถูกต้องดังแสดงในรูปที่ 11 ก) และ ข) ตามลำดับ



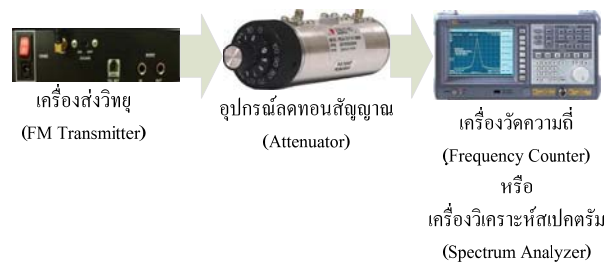
ก)



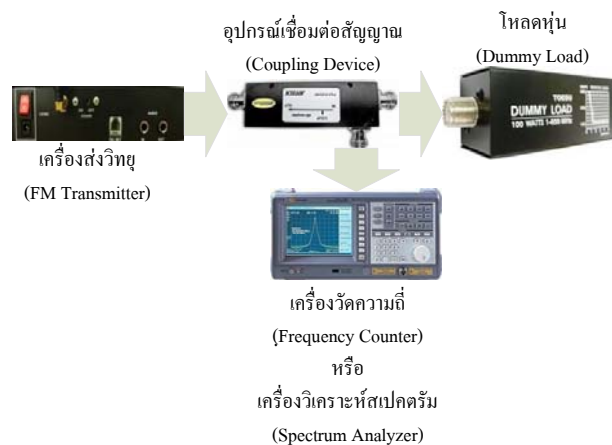
ข)

### รูปที่ 9 การต่ออุปกรณ์วัดการปล่อยคลื่นนอกแถบ

- ก) วิธีใช้อุปกรณ์เชื่อมต่อสัญญาณและมิเตอร์วัดสัญญาณรบกวน
- ข) วิธีใช้อุปกรณ์ลดทอนสัญญาณและมิเตอร์วัดสัญญาณรบกวน



ก)



ข)

### รูปที่ 10 การต่ออุปกรณ์วัดความผิดพลาดความถี่

- ก) วิธีใช้อุปกรณ์ลดทอนสัญญาณ
- ข) วิธีใช้อุปกรณ์เชื่อมต่อสัญญาณ

คณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติได้ทำการออกประกาศในราชกิจจานุเบกษาเพื่อใช้เป็นกฎหมายควบคุมสถานีทดลองประกอบกิจการวิทยุกระจายเสียงที่มีอยู่จำนวนมากในปัจจุบัน ซึ่งสถานีทดลองประกอบกิจการวิทยุกระจายเสียงที่ยังไม่ได้ลงทะเบียนและยังไม่ผ่านการทดสอบมาตรฐานทางเทคนิคมักสร้างปัญหาสัญญาณรบกวนซึ่งกันและกันโดยอาจจะรู้เท่าไม่ถึงการณ์ อีกทั้งยังรบกวนสัญญาณในระบบอื่น ๆ ที่มีความสำคัญกับชีวิตมนุษย์ซึ่งอาจมีการฟ้องร้องเป็นคดีความตามมา

ปัญหาเหล่านี้จะลดลงจนหมดไปเมื่อมีการบังคับใช้กฎหมายอย่างเข้มงวดจริงจัง ตลอดจนเครื่องส่งวิทยุสำหรับทดลองประกอบกิจการวิทยุกระจายเสียงจะต้องผ่านการทดสอบมาตรฐานทางเทคนิคจากหน่วยงานที่ได้รับอนุญาต โดยต้องผ่านการทดสอบทั้ง 5 ประเด็นดังกล่าวข้างต้น ประเด็นหลักที่สร้างปัญหาสัญญาณรบกวนมากที่สุดคือการปล่อยคลื่นนอกแถบซึ่งเกิดจากการมอดูเลตระหว่างกัน หากแก้ไขไม่ถูกจุดสถานีวิทยุที่ถูกรบกวนด้วยการปล่อยคลื่นนอกแถบจากสถานีอื่นจะเพิ่มกำลังส่งของตนให้สูงขึ้น การเพิ่มกำลังส่งจะส่งผลทำให้ระดับสัญญาณของการปล่อยคลื่นนอกแถบของสถานีนั้นๆ สูงตามไปด้วยวิธีนี้จึงเป็นวิธีแก้ไขที่ไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการ ประเด็นรองลงมาคือปัญหาลำดับปล่อยออกปลอมเทียมเกิดจากสัญญาณฮาร์โมนิก (Harmonics) ของเครื่องส่งที่หลุดลอดออกมาซึ่งสามารถกำจัดได้ด้วยการใช้วงจรกรองแบบผ่านต่ำที่มีคุณภาพสูง ส่วนปัญหาความผิดพลาดความถี่และการเบี่ยงเบนความถี่เกิดจากวงจรกำเนิดสัญญาณคลื่นพาห์ที่ไม่มีเสถียรภาพทั้งออสซิลเลเตอร์ประจำเครื่อง และวงจรควบคุม (Controller) ซึ่งต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญในการออกแบบวงจรผลิตความถี่คลื่นพาห์ที่ดีจึงจะขจัดปัญหาเหล่านี้ได้ [16] วิธีการหนึ่งที่ดีที่สุดสำหรับแก้ปัญหาลำดับปล่อยเครื่องส่งก็ต้องใช้สายอากาศที่มีอัตราขยายสูงเพียงพอ มีแบบรูปการแผ่พลังงานแบบรอบตัว (Omnidirectional Pattern) และมีการแมตช์อิมพีแดนซ์ (Impedance Matching) กับเอาต์พุต (Output) ของเครื่องส่ง เพื่อครอบคลุมพื้นที่ออกอากาศได้เป็นบริเวณกว้าง สำหรับการแก้ปัญหาลำดับสัญญาณรบกวนอย่างง่ายอาจใช้เทคนิคการลดสัญญาณรบกวน (Noise Reduction) โพลาไรเซชัน (Polarization) ไดเวอร์ซิตี (Diversity) หรือการใช้ความถี่ซ้ำ (Frequency reuse) [17] - [18] ขณะที่ระบบสายดิน (Ground) ต้องมีคุณสมบัติความเป็นดินทางไฟฟ้าได้ดีซึ่งตามที่มาตรฐานแนะนำควรมีความต้านทาน 6 โอห์ม (ไม่เกิน 20 โอห์ม) และจะสังเกตได้ว่าอุปกรณ์และเครื่องมือวัดที่ใช้ทดสอบมาตรฐานทางเทคนิคนั้นมีราคาสูง การจัดตั้งศูนย์ทดสอบขึ้นใหม่อาจจะยังไม่คุ้มต้นทุนหรือคืนต้นทุนได้ช้า เนื่องจากต้นทุนด้านราคาอุปกรณ์เครื่องมือ อาคารสถานที่ ผู้ปฏิบัติการทดสอบ และค่าบำรุงรักษา ตลอดจนค่าใช้จ่ายในการสอบเทียบหรือสอบทวนเครื่องมือและอุปกรณ์ให้มีความเที่ยงตรงตลอดเวลา ดังนั้นงานนี้จึงอาจจะเหมาะสมกับหน่วยงานที่มีความพร้อมด้านเครื่องมือและ

สถานที่อยู่ก่อนแล้ว



รูปที่ 11 การต่ออุปกรณ์วัดการเบี่ยงเบนความถี่

ก) วิธีใช้อุปกรณ์ลดทอนสัญญาณและเครื่องกำเนิดสัญญาณ

ข) วิธีใช้อุปกรณ์เชื่อมต่อสัญญาณและเครื่องกำเนิดสัญญาณ

สถานีวิทยุกระจายเสียงภายในประเทศไทยในอนาคตอาจมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการออกอากาศจากระบบเก่าคือระบบแอนะล็อก (Analog) ทั้งเอเอ็มและเอฟเอ็มไปเป็นระบบดิจิทัล (Digital) หรือที่ทราบกันดีคือวิทยุดิจิทัล (Digital Radio) [19] เนื่องจากระบบดิจิทัลมีคุณภาพเสียงที่ดีกว่าและมีภูมิคุ้มกันสัญญาณรบกวนสูงกว่าระบบแอนะล็อก ซึ่งระบบวิทยุดิจิทัลในปัจจุบันมีทั้งของ Eureka 147 (DAB), Digital Radio Mondiale (DRM) และ SAT (Satellite Radio) ซึ่งเป็นวิทยุดิจิทัลที่ใช้งานในกลุ่มประเทศยุโรป สำหรับ FM In-Band On Channel (FM IBOC), HD Radio (High Definition Radio) และ SAT (Satellite Radio) ใช้งานในกลุ่มประเทศอเมริกา ส่วนใหญ่จะใช้วิธีการมอดูเลตแบบ

รหัสพัลส์ (Pulse Code Modulation ; PCM) หรือมอดูเลตแบบพรีเควนซ์ชิฟท์คีย์อิง (Frequency Shift Keying ; FSK) และมอดูเลตแบบเฟสชิฟท์คีย์อิง (Phase Shift Keying ; PSK) อย่างใดอย่างหนึ่งตามความเหมาะสม [20] วิธีมอดูเลตทั้ง 3 แบบนี้เป็นวิธีพื้นฐานที่นิยมกันอย่างกว้างขวางทั่วโลก เนื่องจากสามารถเพิ่มช่องสัญญาณได้สูงขึ้นเพราะว่าใช้ความกว้างแถบความถี่ในการส่งสัญญาณเสียงแบบลง

## 6. บทสรุป

มาตรฐานการออกอากาศวิทยุกระจายเสียงภายในประเทศไทย ได้ยึดถือข้อแนะนำตามสหภาพโทรคมนาคมระหว่างประเทศ สถาบันมาตรฐานทางโทรคมนาคมยุโรป คณะกรรมการด้านเทคนิคไฟฟ้าสากล และสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม โดยคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติเป็นผู้ควบคุมกำกับดูแล ผู้ทดลองประกอบกิจการวิทยุกระจายเสียงและผู้ทดสอบมาตรฐานจะต้องผ่านการอบรมและลงทะเบียน โดยเครื่องส่งวิทยุกระจายเสียงจะต้องผ่านการทดสอบมาตรฐานทางเทคนิคได้แก่ กำลังคลื่นพาห้ที่กำหนด กำลังปล่อยออกปลอมเทียมโดยการนำ การปล่อยคลื่นนอกแถบความผิดพลาดความถี่ และการเบี่ยงเบนความถี่ จึงจะสามารถนำเครื่องส่งวิทยุไปใช้งานได้ ทั้งนี้เพื่อป้องกันปัญหาสัญญาณรบกวนซึ่งกันและกัน หรือรบกวนอุปกรณ์เครื่องมือที่มีความสำคัญกับชีวิตมนุษย์

## เอกสารอ้างอิง

- [1] ราชบัณฑิตยสถาน, “พจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2542,” กรุงเทพฯ, นานมีบุ๊คพับลิเคชั่นส์, 2547
- [2] C. H. Heimler and J. Price, “Focus on Physical Science,” Merrill Publishing Company, Columbus, Ohio, USA, 1989.
- [3] กิตติวัฒนา (ไขยันต์) ปกมนตรี, “สายพระโลหิตในพระพุทธรูปเจ้าหลวง,” กรุงเทพฯ, สำนักพิมพ์ดีเอ็มดี, ISBN : 978-974-312-022-0, 2551
- [4] คณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ, “ประกาศคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ,” เอกสารประกอบการฝึกอบรม การทดสอบมาตรฐานทางเทคนิคของเครื่องส่งวิทยุกระจายเสียง สำหรับการทดลองประกอบกิจการ
- [5] ITU-R Radiocommunication Sector, “ITU-R Recommendation P.1546 : Method for point-to-area predictions for terrestrial services in the frequency range 30 MHz to 3 000 MHz,” International Telecommunication Union, 2009.
- [6] ETSI Secretariat, “ETSI EN 302 018-1 V1.2.1 (2006-03)) : Electromagnetic Compatibility and Radio Spectrum Matters (ERM) ; Transmitting Equipment for the Frequency Modulated (FM) Radio Broadcast Service; Part 1: Technical Characteristics and Test Methods,” European Telecommunication Standard, January 2006.
- [7] ITU-R Radiocommunication Sector, “ITU-R SM.329-11 (2011-01) : Unwanted Emissions in the Spurious Domain,” International Telecommunication Union, 2011.
- [8] ETSI Secretariat, “ETSI EN 302 018-1 V1.2.1 (2006-03)) : Electromagnetic Compatibility and Radio Spectrum Matters (ERM) ; Transmitting Equipment for the Frequency Modulated (FM) Radio Broadcast Service; Part 2: Technical Characteristics and Test Methods,” European Telecommunication Standard, January 2006.
- [9] ETSI Secretariat, “ETS 300 384 : Radio Broadcasting System ; Very High Frequency (VHF), Frequency Modulated, Sound Broadcasting Transmitters,” European Telecommunication Standard, January 1995.
- [10] International Standard, “IEC 60950-1 : Information Technology Equipment-Safety Part 1 : General Requirements,” 2nd Edition, International Electrotechnical Commission, 2005.
- [11] ITU-R Standardization Sector, “ITU-T K.70 : Mitigation Techniques to Limit Human Exposure to EMFs in the Vicinity of Radiocommunication Stations,” International Telecommunication Union, 2007.
- [12] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, “มอก. 1561-2548 : บริษัทเทคโนโลยีสารสนเทศเฉพาะด้านความปลอดภัย : ข้อกำหนดทั่วไป,” กระทรวงอุตสาหกรรม, 2549
- [13] วิวัฒน์ กิรานนท์, “วิศวกรรมการสื่อสาร,” ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม, คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, พิมพ์ครั้งที่ 1, 2 มกราคม 2540
- [14] คณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ, “ประกาศคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ,” เอกสารประกอบการฝึกอบรม การทดสอบมาตรฐานทางเทคนิคของ

- เครื่องส่งวิทยุกระจายเสียง สำหรับการทดลองประกอบกิจการ เล่ม  
ที่ 1, 27-28 ตุลาคม 2555
- [15] คณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการ  
โทรคมนาคมแห่งชาติ, “ประกาศคณะกรรมการกิจการกระจาย  
เสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ,” เอกสาร  
ประกอบการฝึกอบรม การทดสอบมาตรฐานทางเทคนิคของ  
เครื่องส่งวิทยุกระจายเสียง สำหรับการทดลองประกอบกิจการ เล่ม  
ที่ 2, 27-28 ตุลาคม 2555
- [16] Radio Research Laboratory Harvard University, “Very High-  
Frequency Techniques,” Volume 2, 1st Edition, 3rd Impression,  
McGraw-Hill International Edition, New York and London,  
1947.
- [17] C. A. Balanis, “Antenna Theory : Analysis and Design,” John  
Wiley & Sons, Inc., New York, 1982.
- [18] J. D. Kraus and R. J. Marhefka, “Antennas for All  
Applications,” Third Edition, McGraw-Hill International  
Editions, Singapore, 2003.
- [19] Leon W. Couch, “Digital and Analog Communication Systems,”  
6th Edition, Prentice Hall PTR Upper Saddle River, NJ, USA ,  
2000.
- [20] Ulrich L. Rohde and T. T. N. Bucher, “Communications  
Receivers : Principle and Design,” McGraw-Hill International  
Editions, New York, 1988.