

สายอากาศลึอกเพอริอดิกแถบความถี่ 87-137 MHz

Log-Periodic Antenna 87-137 MHz Band

มนต์ชัย นรเศรษฐ์สิงห์ อรรถพล ช่วยคำชู กมลทิพย์ วัฒนิกำธร สุวรรต ตรีไกรนุช และ อรณุช สุนทรภักดี

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร E-mail: thanakit.w@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอสายอากาศลึอกเพอริอดิกแถบความถี่ 87-137 MHz สำหรับใช้ในการวัดการแพร่แปลงปลอมของสถานีทดลองประกอบกิจการวิทยุกระจายเสียง ออกแบบโดยการคำนวณและสร้างโดยใช้อลูมิเนียม สายอากาศลึอกเพอริอดิกแถบความถี่ 87-137 MHz ประกอบด้วยบูมและอิลิเมนต์ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนน้อยกว่า -6 dB มีค่าอิมพีแดนซ์ที่ความถี่ 87 MHz เท่ากับ $79.691-j4.0509 \Omega$ และที่ความถี่ 137 MHz เท่ากับ $50.328-j41.895 \Omega$ มีค่าอัตราส่วนแรงดันคลื่นไม่เกิน 3 มีแบบรูปการแผ่กระจายคลื่นในระนาบ E-plane และ H-plane แบบชี้ทิศทาง และสายอากาศมีค่าอัตราขยายที่ความถี่ 86.72 MHz เท่ากับ 7.4 dBi ที่ความถี่ 111.39 MHz เท่ากับ 9.21 dBi และที่ความถี่ 135.239 MHz เท่ากับ 5.9 dBi

คำสำคัญ: สายอากาศลึอกเพอริอดิก, การวัดการแพร่แปลงปลอม

Abstract

This article presents a log-periodic antenna (87-137 MHz) that was used for Spurious Emission. The antenna was designed by calculation. The structure of the antenna is consisted of aluminum boom and aluminum elements. The reflection coefficient was lower than 6 dB at the interested frequencies. The input impedance was $79.691-j4.0509 \Omega$ at 87 MHz and $50.328-j41.895 \Omega$ at 137 MHz. The voltage standing wave ratio was less than 2. The radiation pattern is directional in the elevation and azimuth plane. An antenna gain are 7.4 dBi, 9.21 dBi and 5.9 dBi at 86.72 MHz, 111.39 MHz and 135.239 MHz, respectively.

Keywords: Log-periodic antenna, Spurious Emission

1. บทนำ

ในปัจจุบันได้กำหนดให้มีการวัดการแพร่แปลงปลอมของสถานีทดลองประกอบกิจการวิทยุกระจายเสียงตามประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 133 ตอนพิเศษ 49 ง [1] ซึ่งในการวัดการแพร่แปลงปลอมของสถานีทดลองประกอบกิจการวิทยุกระจายเสียงมีการวัด 2 วิธี คือ วิธีวัดการแพร่แปลงปลอมของสถานีทดลองประกอบกิจการวิทยุกระจายเสียงผ่าน

สายนำสัญญาณและการวัดการแพร่แปลงปลอมของสถานีทดลองประกอบกิจการวิทยุกระจายเสียงที่แพร่ผ่านสายอากาศโดยใช้สายอากาศลึอกเพอริอดิกแถบความถี่ 87-137 MHz เป็นเสารับในการวัดการแพร่แปลงปลอม ดังนั้นทางผู้จัดทำจึงจัดทำสายอากาศลึอกเพอริอดิกแถบความถี่ 87-137 MHz ออกแบบโดยการคำนวณและใช้อลูมิเนียมเป็นวัสดุในการสร้างสายอากาศเพื่อให้ได้น้ำหนักที่เบา ซึ่งประกอบไปด้วย ส่วนที่เป็นบูมจำนวน 2 อัน ในแต่ละบูมจะมีอิลิเมนต์จำนวน 16 อิลิเมนต์

หลังจากสร้างสายอากาศลึอกเพอริอดิกแถบความถี่ 87-137 MHz และปรับแต่งอิลิเมนต์แล้ว นำสายอากาศที่ได้มาทำการวัดการแพร่แปลงปลอมของสถานีทดลองประกอบกิจการวิทยุกระจายเสียง

2. การออกแบบสายอากาศ

2.1 การคำนวณ

การคำนวณจะเริ่มจากการกำหนดค่าความถี่ต่ำสุด (87MHz) และความถี่สูงสุด (137MHz) , ค่าอัตราขยายของสายอากาศที่ต้องการ (เลือกไว้ 10dBi) เพื่อให้ได้ค่า σ (scale factor) , τ (spacing factor) และนำไปแทนค่าในสมการที่ (1)-(3) เพื่อหาจำนวนของอิลิเมนต์, ความยาวของแต่ละอิลิเมนต์และระยะห่างของอิลิเมนต์ [2]

การคำนวณหาจำนวนอิลิเมนต์ หาได้จากสมการ

$$N = 1 + \frac{\ln B_s}{\ln \frac{1}{\tau}} \tag{1}$$

การคำนวณหาขนาดของแต่ละอิลิเมนต์ หาได้จากสมการ

$$l_1 = \frac{\lambda_1}{2} = \frac{c}{2f_1} \tag{2}$$

การคำนวณหาระยะห่างของแต่ละอิลิเมนต์ หาได้จากสมการ

$$d_{i,i} = \frac{l_i - l_{i+1}}{2} \cot \alpha \tag{3}$$

2.2 โครงสร้างสายอากาศ

โครงสร้างสายอากาศลึอกเพอริอดิกแถบความถี่ 87-137 MHz ใช้สำหรับการวัดการแพร่แปลงปลอมของสถานีทดลองประกอบกิจการวิทยุกระจายเสียงที่นำเสนอในรูปแบบที่ 1 สร้างขึ้นจากอลูมิเนียม โดยใช้อลูมิเนียมกอลงขนาด 3/4 นิ้ว หนา 2 มม. ขนานกับอลูมิเนียมกอลง ขนาด

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 3

Proceedings of the 3rd RMUTP Conference of Engineering and Technology



รูปที่ 1 โครงสร้างสายอากาศสี่อวกาศสี่อวกาศถี่ 87-137MHz

ตารางที่ 1 ขนาดของความยาวอิลิเมนต์ที่ 1-16 จากการคำนวณ

อิลิเมนต์	ขนาด(m)	อิลิเมนต์	ขนาด (m)
L1	1.724	L9	1.254
L2	1.656	L10	1.205
L3	1.592	L11	1.158
L4	1.530	L12	1.113
L5	1.471	L13	1.069
L6	1.413	L14	1.028
L7	1.358	L15	0.988
L8	1.305	L16	0.949

ตารางที่ 2 ระยะห่างของอิลิเมนต์ที่ 1-16 จากการคำนวณ

อิลิเมนต์	ระยะห่าง (m)	อิลิเมนต์	ระยะห่าง (m)	อิลิเมนต์	ระยะห่าง (m)
d 1,2	1.104	d 6,7	0.085	d 13,14	0.063
d 2,3	0.098	d 7,8	0.081	d 14,15	0.061
d 3,4	0.095	d 8,9	0.078	d 15,16	0.060
d 4,5	0.091	d 9,10	0.075		
d 5,6	0.089	d 10,11	0.072		

ตารางที่ 3 ความยาวอิลิเมนต์ก่อนปรับแต่งและหลังปรับแต่งสายอากาศ

อิลิเมนต์	ก่อนปรับแต่ง (m)	หลังปรับแต่ง (m)	อิลิเมนต์	ก่อนปรับแต่ง (m)	หลังปรับแต่ง (m)
L1	1.724	1.807	L9	1.254	1.380
L2	1.656	1.770	L10	1.205	1.322
L3	1.592	1.706	L11	1.158	1.260
L4	1.530	1.630	L12	1.113	1.188
L5	1.471	1.566	L13	1.069	1.114
L6	1.413	1.536	L14	1.028	1.056
L7	1.358	1.486	L15	0.988	0.984
L8	1.305	1.424	L16	0.949	0.940

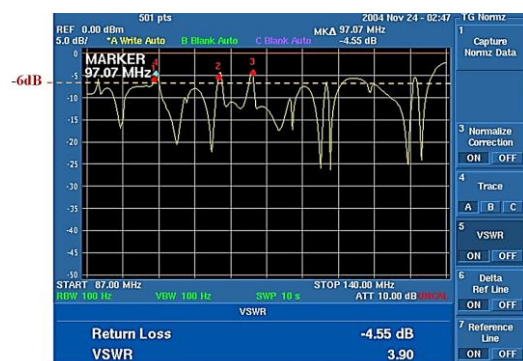
1.5 นิ้ว x 1 นิ้ว หนา 2 มม. นำมาทำบวม และใช้อลูมิเนียมกลางเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มม. หนา 2 มม. ทำอิลิเมนต์ จำนวน 16 อิลิเมนต์ และทำการออกแบบโดยการคำนวณ [2] จะได้ค่าความยาวของอิลิเมนต์ตั้งแต่ 1-16 ดังแสดงในตารางที่ 1 และระยะห่างอิลิเมนต์ 1-16 ดังแสดงในตารางที่ 2

3. การสร้างและทดสอบสายอากาศสี่อวกาศสี่อวกาศ

การสร้างสายอากาศสี่อวกาศสี่อวกาศถี่ 87-137 MHz มีวัสดุที่ใช้สร้างจากอลูมิเนียม และทำการทดสอบด้วยเครื่องวิเคราะห์สเปกตรัม ยี่ห้อ Advantest รุ่น U3751

3.1 การสร้าง

นำค่าพารามิเตอร์ของสายอากาศที่คำนวณได้มาทำการตัดอลูมิเนียมตามขนาดที่ได้ออกแบบไว้ นำอิลิเมนต์ทั้งหมดที่ตัดเรียบร้อยแล้วมาสร้างเกลียวขนาด 6 มม. ลึก 250 มม. ด้านหนึ่ง พร้อมทั้งนำอลูมิเนียมที่เป็นบวมมาเจาะรูขนาด 5 มม. จำนวน 16 รู และทำการสร้างเกลียวที่รูขนาด 6 มม. ซึ่งแต่ละรูมีระยะห่างตามที่ได้คำนวณไว้ในตารางที่ 2 และนำชิ้นส่วนต่าง ๆ ได้แก่อิลิเมนต์ทั้ง 16 อิลิเมนต์มาประกอบเข้าบวมทั้งสองตามโครงสร้างของสายอากาศที่ได้ออกแบบไว้ สุดท้ายประกอบสายนำสัญญาณโคแอกเซียล RG-8A/U ซึ่งเป็นสายนำสัญญาณขนาด 50 โอห์ม โดยนำอินเนอร์ของสายโคแอกเซียลปลายสายด้านหนึ่ง เชื่อมต่อเข้ากับบวม ด้านหนึ่งของสายอากาศ ส่วนสายชิลด์คักของสายโคแอกเซียลให้เชื่อมต่อเข้ากับบวมอีกด้านหนึ่ง การเชื่อมต่อระหว่างสายนำสัญญาณและบวมสายอากาศ จะบัดกรีผ่านแผ่นทองแดง จากนั้นนำแผ่นทองแดงมาประกอบเข้ากับบวมด้วยการยิงหมุดยี่ริเวท ส่วนสายนำสัญญาณอีกด้านหนึ่งจะประกอบเข้ากับหัวคอนเน็คเตอร์ชนิด N-Type ตัวเมีย จากนั้นนำสายอากาศที่ได้มาวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อน ด้วยเครื่องวิเคราะห์สเปกตรัม ยี่ห้อ Advantest รุ่น U3751 โดยต่อผ่านชุด SWR Bridge 50Ω โดยตั้งค่าความถี่ในการวัดทดสอบ 87MHz ถึง 140MHz ผลวัดทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อน แสดงดังรูปที่ 2 ผลการวัด จะเห็นได้ว่าแถบความถี่ 87-140 MHz ในบางความถี่ยังมีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนมากกว่า -6 dB จึงต้องทำการปรับแต่งด้วยการเพิ่มหรือลดขนาดความยาวของอิลิเมนต์ทั้ง 16 อิลิเมนต์ ครั้งละ 5 มม. ขณะเดียวกันก็ทำการวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนด้วยเครื่องวัด ไปด้วย จนให้ได้ขนาดความยาวของอิลิเมนต์ที่ 16 อิลิเมนต์ที่ดีที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 3 และรูปแสดงค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสดงไว้ในรูปที่ 3



รูปที่ 2 ผลการวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อน ก่อนปรับแต่ง

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 3
Proceedings of the 3rd RMUTP Conference of Engineering and Technology

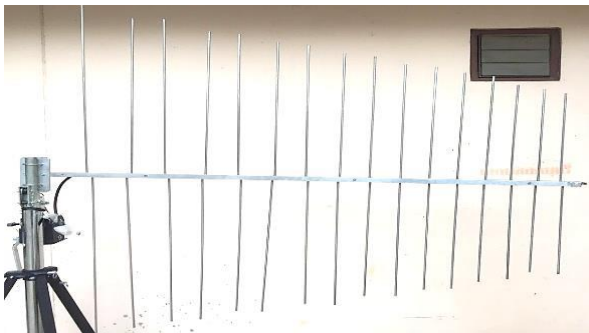
และเพื่อให้ได้สายอากาศที่มีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อน ให้น้อยกว่า -6dB ตลอดแถบความถี่ 87-137MHz จึงได้เพิ่มเทคนิคคอนจูเกตแมตซ์ซิ่งอิมพีแดนซ์ด้วยการนำตัวเก็บประจุปรับค่าได้ขนาด 0-70pF (Trimmer Capacitor) มาเชื่อมต่อระหว่างบวมทั้ง 2 จากนั้นทำการค่อยๆ ปรับค่าความจุที่ตัวเก็บประจุปรับค่าได้พร้อมกับปรับระยะห่างระหว่างบวมทั้ง 2 จนได้สายอากาศสี่อ็อกเพอริออดิกที่มีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อน น้อยกว่า -6 dB ตลอดแถบความถี่ 87-137 MHz ดังในรูปที่ 4 และได้สายอากาศที่เสร็จสมบูรณ์ดังรูปที่ 5 สายอากาศมีขนาดความยาวรวมส่วนยึดจับ มีความยาวทั้งสิ้น 1.5 เมตร



รูปที่ 3 ผลวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อน หลังเปลี่ยนความยาวอิลิเมนต์



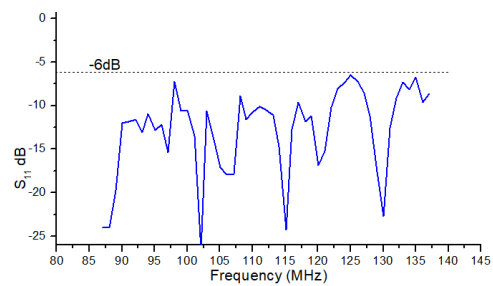
รูปที่ 4 ผลวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อน หลังเพิ่มตัวเก็บประจุปรับค่าได้



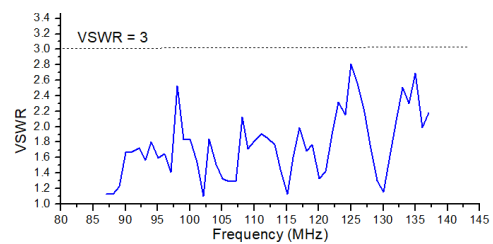
รูปที่ 5 สายอากาศสี่อ็อกเพอริออดิกแถบความ 87-137 MHz ที่เสร็จสมบูรณ์แล้ว

3.2 การทดสอบ

นำสายอากาศสี่อ็อกเพอริออดิกแถบความถี่ 87-137 MHz มาทำการวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อน, อัตราส่วนแรงดันคลื่นนิ่ง (VSWR), อัตราขยาย, แบบรูปการแผ่กระจายคลื่น และการวัดการแพร่แปลกลปอมของสถานีทดลองประกอบกิจการวิทยุกระจายเสียง ที่ความถี่ 90.75 MHz โดยเริ่มทำการวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อน ที่ความถี่ 87-137 MHz พร้อมทั้งทำการวัดค่าอัตราส่วนแรงดันคลื่นนิ่ง ด้วยเครื่องวิเคราะห์สเปกตรัม ยี่ห้อ Advantest รุ่น U3751 ได้ผลการวัดค่าดังกล่าวในรูปที่ 6



รูปที่ 6 ผลการวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนของสายอากาศ



รูปที่ 7 ผลการวัด VSWR ของสายอากาศ

เมื่อนำสายอากาศมาทำการวัดแบบรูปการแผ่กระจายคลื่น ระนาบ E-plane และ H-plane ที่ความถี่ 87 MHz, 112 MHz และที่ 137 MHz โดยทำการวัดที่ละความถี่ และที่ละระนาบจะได้ผลการวัดดังรูปที่ 8 และรูปที่ 9 จากแบบรูปการแผ่กระจายคลื่นที่แสดงในกราฟทั้ง 2 พบว่าสายอากาศมีลักษณะการแผ่กระจายคลื่นแบบซีกทิศทางไปด้านหน้าและเมื่อนำมาคำนวณหาค่าอัตราขยาย จะได้อัตราขยายที่ความถี่ 87 MHz, 112 MHz และที่ 137 MHz โดยมีค่า เท่ากับ 7.4 dBi, 9.21 dBi และ 5.9 dBi ตามลำดับ

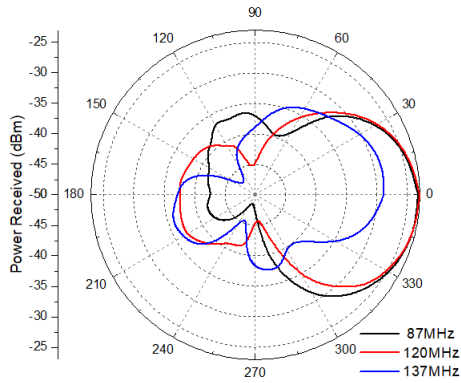
ทำการวัดค่าอิมพีแดนซ์ด้วยเครื่องวิเคราะห์ข่ายงานไฟฟ้ายี่ห้อ Rohde & Schwarz อ่านค่าที่วัดได้บนหน้าจอเครื่องวิเคราะห์ข่ายงานไฟฟ้า จะได้ค่าอิมพีแดนซ์ที่ความถี่ 87 MHz เท่ากับ 79.691-j41.0509 และที่ความถี่ 137 MHz เท่ากับ 50.328-j41.895

เมื่อนำสายอากาศสี่อ็อกเพอริออดิกแถบความ 87-137 MHz มาทำการวัดทดสอบการวัดการแพร่แปลกลปอมของสถานีทดลองประกอบกิจการวิทยุกระจายเสียง ของ สถานีวิทยุกระจายเสียงของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่คลื่นความถี่วิทยุ เอฟ.เอ็ม 90.75 MHz ซึ่ง

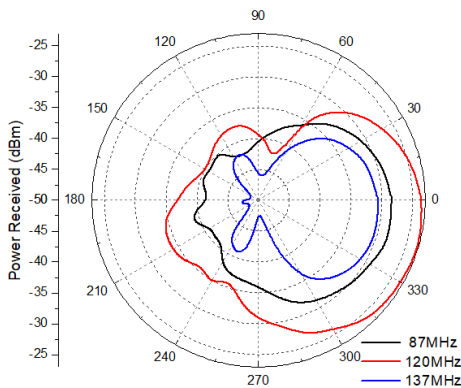
บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 3
 Proceedings of the 3rd RMUTP Conference of Engineering and Technology

มีเสาตั้งอยู่ที่ชั้นคานฟ้าตึกวิศวกรรมอุตสาหกรรม ทำการวัดโดยการติดสายอากาศทางด้านรับด้วยสายอากาศสี่อ็อกเพอริออดิกแถบความถี่ 87-137 MHz ที่คานฟ้าตึกอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเสารับมีความสูงประมาณ 10 m มีระยะห่างระหว่างเสาส่ง-เสารับ เท่ากับ 200 m ทำการหันหน้าสายอากาศไปที่เสาส่งบนตึกวิศวกรรมอุตสาหกรรมดังรูปที่ 10



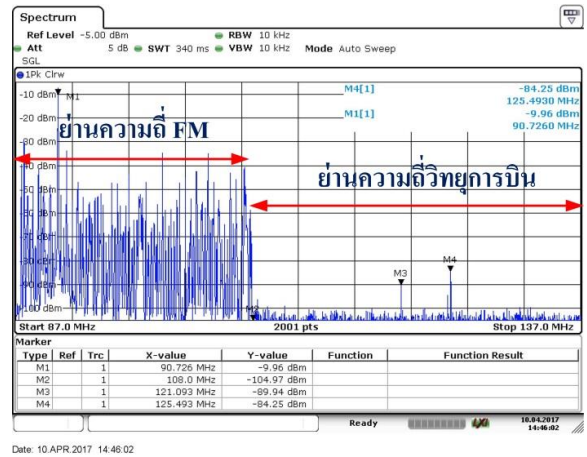
รูปที่ 8 ผลวัดแบบรูปการแผ่กระจายคลื่น ระนาบ E-plane ทั้ง 3 ความถี่



รูปที่ 9 ผลวัดแบบรูปการแผ่กระจายคลื่น ระนาบ H-plane ทั้ง 3 ความถี่



รูปที่ 10 ตำแหน่งสายอากาศภาครับที่ทำกรวัดการแพร่แปลงปลอมของสถานีทดลองประกอบกิจการวิทยุกระจายเสียง



รูปที่ 11 หน้าจอผลการวัดการแพร่แปลงปลอมของสถานีวิทยุ

ในรูปที่ 11 แสดงหน้าจอผลการวัดการแพร่แปลงปลอมด้วยสายอากาศสี่อ็อกเพอริออดิกแถบความถี่ 87-137 MHz ที่นำเสนอด้วยเครื่องวิเคราะห์แถบความถี่ Rohde & Schwarz รุ่น FSV4 มาทำการทดสอบประกอบกรวัดการแพร่แปลงปลอมของพบว่า สายอากาศที่นำเสนอนี้สามารถรับคลื่นช่วงแถบความถี่ FM ได้ตลอดย่านความถี่ตั้งแต่ 88MHz จนถึง 108MHz ได้ดีและในช่วงแถบความถี่ย่านวิทยุการบินตั้งแต่ 108MHz จนถึง 137MHz ก็รับคลื่นได้เช่นกันโดยดูจากจุดมาร์กเกอร์ M3 มีความถี่ 121.093MHz และ M4 มีความถี่ 125.493MHz ได้เช่นกัน

4. สรุป

สายอากาศสี่อ็อกเพอริออดิกแถบความถี่ 87-137 MHz มีคุณสมบัติดังนี้ ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนของสายอากาศ มีค่าน้อยกว่า -6 dB สายอากาศที่สร้างนี้มีอิมพีแดนซ์แบนด์วิดธ์อยู่ที่ 87-137 MHz มีค่าอินพุตอิมพีแดนซ์ที่ความถี่ 87 MHz เท่ากับ 79.691-j4.0509 Ω และที่ความถี่ 137 MHz เท่ากับ 50.328-j41.895 Ω มีค่าอัตราส่วนแรงดันคลื่นนิ่ง น้อยกว่า 3 ตลอดย่านแถบความถี่ 87-137 MHz มีแบบรูปการแผ่กระจายคลื่นในระนาบ E-plane และ H-plane แบบชี้ทิศทาง มีอัตราการขยายที่ความถี่ 86.72 MHz, 111.39 MHz และ 135.239 MHz เท่ากับ 7.4 dBi, 9.21 dBi และ 5.9 dBi ตามลำดับ การทดลองวัดการแพร่แปลงปลอมของสถานีทดลองประกอบกิจการวิทยุกระจายเสียง ของคลื่นความถี่วิทยุเอฟเอ็ม 90.75 MHz ผลการทดสอบสามารถวัดการแพร่แปลงปลอมของคลื่นความถี่วิทยุเอฟเอ็มที่ไปรบกวนคลื่นความถี่ของวิทยุการบิน ในช่วงแถบความถี่ 108-137 MHz ได้ สายอากาศที่นำเสนอมีน้ำหนักรวม 4.7 กิโลกรัม

5. เอกสารอ้างอิง

- [1] คณะกรรมการกิจการวิทยุกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ. "วิธีการวัดการแพร่แปลงปลอมของสถานีทดลองประกอบกิจการวิทยุกระจายเสียง," [Online]. Available : www.nbct.go.th, 2559.
- [2] "Log-Periodic Dipole Array Calculator." [Online]. Available : www.hamwaves.com, 2560.