

การลดขนาดสายอากาศไมโครสตริปแบบล็อกพีริออดิคร่วมกับชั้นวางซ้อนสำหรับ
งานตรวจจับสัญญาณรบกวนในย่านความถี่สูงยิ่ง
Miniaturization of Microstrip Log-periodic Antenna with Superstrate
for Interference Detection in UHF Bands

สืบสกุล กันธวงศ์¹, สิทธิชัย เด่นตรี² และ ศุภกิต แก้วดวงตา^{1*}
Suebsakoun Kuntawong¹, Sitthichai Dentri² and Supakit Kawdungta^{1*}

¹สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่

¹Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna

²ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

²Department of Electronics Engineering Technology, College of Industrial Technology, King Mongkut's University

of Technology North Bangkok

*Email: Supakitting@gmail.com

Received: March 18, 2022; Revised: June 27, Year; Accepted: July 02, 2022

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการลดขนาดของสายอากาศไมโครสตริปแบบล็อกพีริออดิคร่วมกับชั้นวางซ้อนด้วยเทคนิคชั้นวางซ้อนแบบแผ่นไดอิเล็กตริกซึ่งสามารถลดขนาดของสายอากาศลงได้ 25 % จากผลการออกแบบและทดสอบสายอากาศที่นำเสนอมีค่าอิมพีแดนซ์เข้าใกล้ 50Ω และมีค่า $|S_{11}|$ น้อยกว่า -10 dB ในช่วงความถี่ 332 MHz ถึง 3,000 MHz ครอบคลุมสำหรับการใช้งานช่วงความถี่ของวิทยุโทรทัศน์ วิทยุสื่อสาร โทรศัพท์เคลื่อนที่ และระบบเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย มีแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศเป็นแบบทิศทางด้วยความกว้างของลำคลื่น 30 องศา และมีอัตราขยายมากกว่า 7 dBi ตลอดช่วงความถี่ซึ่งสายอากาศที่นำเสนอสามารถใช้งานตรวจจับสัญญาณรบกวนทางความถี่วิทยุได้อย่างมีประสิทธิภาพ พร้อมทั้งเปรียบเทียบสายอากาศมาตรฐานกับสายอากาศที่นำเสนอพบว่ามีขนาดเล็กกว่าและมีน้ำหนักน้อยกว่า

คำสำคัญ : สายอากาศแบบล็อกพีริออดิค, เทคนิคการลดขนาด, ไดอิเล็กตริก, ชั้นวางซ้อน

Abstract

This paper presents the miniaturization of microstrip Log Periodic antenna in Ultra High Frequency (UHF) band by using dielectric Superstrate which can be reduced the total size by 25% of the conventional antenna. From simulated and measured results, the proposed antenna has an input impedance of 50Ω , $|S_{11}|$ less than -10 dB in the frequency range from 332 MHz to 3,000 MHz, that covers the application of Television Broadcasting, Radio Communication, Telecommunication as well as Wireless Communication. It also has a uni-directional radiation pattern with HPBW of 30 degrees, and an antenna Gain more than 7 dBi over the operating frequency. The proposed antenna is effective in detecting radio interference.

Keywords : Log Periodic Antenna, Miniaturization Technique, Dielectric, Superstrate

1. บทนำ

ปัจจุบันมีการใช้งานคลื่นความถี่สำหรับการส่งวิทยุกระจายเสียง วิทยุโทรทัศน์ และวิทยุโทรคมนาคม กันอย่างแพร่หลายเมื่อมีการใช้งานความถี่โดยไม่ได้รับอนุญาตหรือเกิดการแพร่คลื่นแปลกปลอมจะทำให้เกิดปัญหาการรบกวนกันของคลื่นความถี่ การตรวจสอบและติดตามการใช้คลื่นความถี่วิทยุเป็นอำนาจหน้าที่ของสำนักงานคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ (กสทช.) เพื่อกำกับดูแลให้การใช้ทรัพยากรแถบคลื่นความถี่วิทยุที่มีจำกัดอย่างคุ้มค่าถูกต้องตามกฎหมาย และไม่รบกวนซึ่งกันและกัน สำหรับกิจการต่างๆ วิทยุมี สำนักงาน กสทช. เขต ในส่วนภูมิภาคทำหน้าที่ตรวจสอบและแก้ไขการรบกวนกันของคลื่นความถี่วิทยุ [1] โดยใช้ระบบการตรวจจับสัญญาณรบกวน (Interference Detection System) โดยพื้นฐานของระบบนี้จะประกอบไปด้วย เครื่องวิเคราะห์สเปกตรัม (Spectrum Analyzer) สายนำสัญญาณและสายอากาศเป็นต้น ทั้งนี้เพื่อให้ระบบการตรวจจับสัญญาณรบกวนมีประสิทธิภาพจึงจำเป็นที่จะต้องใช้อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพด้วยซึ่งก็หมายถึงสายอากาศในระบบการตรวจจับสัญญาณรบกวนนั่นเอง สหภาพโทรคมนาคมระหว่างประเทศ (International Telecommunication Union; ITU) กำหนดให้สายอากาศในระบบการตรวจจับสัญญาณรบกวนนั้นจะต้องมีคุณสมบัติคือ มีแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นแบบทิศทาง (Unidirectional Radiation Pattern) มีอัตราการขยายสูง และสามารถใช้งานได้ในช่วงความถี่กว้าง ทำให้สายอากาศที่นิยมนำมาใช้งานอย่างกว้างขวางคือ สายอากาศแบบล๊อคพิริออดิค (Log Periodic Antenna) [2]

จากการศึกษาลักษณะสายอากาศแบบล๊อคพิริออดิคเป็นสายอากาศที่มีช่วงการตอบสนองความถี่กว้างอีกทั้งมีอัตราขยายสูงและมีความถี่ไม่ขึ้นกับการใช้งานแต่สายอากาศจะมีขนาดค่อนข้างใหญ่เมื่อออกแบบเพื่อใช้งานกับความถี่ต่ำ [3]-[6] จึงได้มีการนำเทคนิคการออกแบบสายอากาศแบบล๊อคพิริออดิคบนแผ่นวงจรพิมพ์ (PCB) เพื่อลดขนาดของสายอากาศดังแสดงในเอกสารอ้างอิงที่ [7]-[13] และได้มีการพัฒนาการลดขนาดของสายอากาศแบบล๊อคพิริออดิคบนแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยวิธีการที่แตกต่างออกไปด้วยการใช้

องค์ประกอบไดโพลแบบบ่วงขดวงวน (Folded Planar Helix (FPH) Dipole) ในเอกสารอ้างอิงที่ [14] พบว่าสามารถลดขนาดของสายอากาศได้ 39% ในช่วงความถี่ 400-800 MHz จากการมุ่งเน้นการลดขนาดของสายอากาศแบบล๊อคพิริออดิคบนแผ่นวงจรพิมพ์ซึ่งมักจะทำให้คุณสมบัติด้านอัตราการขยายของสายอากาศลดลงในเอกสารอ้างอิงที่ [15] จึงได้มีการนำเสนอการเพิ่มอัตราการขยายของสายอากาศแบบล๊อคพิริออดิคบนแผ่นวงจรพิมพ์ที่มีการลดขนาดด้วยวิธีการใช้อองค์ประกอบแบบแขนรูปตัวแอลสามารถใช้งานได้ความถี่ 1-9 GHz และในเอกสารอ้างอิงที่ [16]-[17] ได้มีการนำเสนอการลดขนาดและเพิ่มช่วงการตอบสนองความถี่ของสายอากาศแบบ ล๊อคพิริออดิคบนแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยโครงสร้าง 3 แบบ คือ บาลันรูปทรงหัวลูกศร (Arrow Shaped Balun) การันสัญญาณแบบขด (Mean Section of Feedline) และสตั๊ปแบบสี่เหลี่ยมคางหมู (Trapezoidal Stub) สามารถตอบสนองความถี่ได้ 0.55-9 GHz แต่อย่างไรก็ตามในการเปลี่ยนองค์ประกอบของสายอากาศแบบล๊อคพิริออดิคบนแผ่นวงจรพิมพ์ไปนั้นสามารถทำให้เกิดผลกระทบด้านประสิทธิภาพโดยในเอกสารอ้างอิงที่ [18] ได้มีการศึกษาพบว่าสามารถลดขนาดโดยรวมของสายอากาศลงได้และสุดท้ายได้มีการนำเทคนิคการใช้วัสดุฐานรองไดอิเล็กตริกมาขึ้นวางซ้อนมาเพื่อลดขนาดโดยรวมของสายอากาศแบบล๊อคพิริออดิคบนแผ่นวงจรพิมพ์ซึ่งสามารถที่จะทำได้ในช่วงความถี่ใช้งานทั้งหมด 3 ช่วงความถี่คือ 0.78-1.4 GHz 1.5-1.8 GHz และ 2.29-2.54 GHz [19] ดังนั้นเพื่อความสะดวกในการนำไปใช้งาน ลดพื้นที่ในการติดตั้งสายอากาศเพื่อใช้งานในระบบการตรวจจับสัญญาณรบกวนและตอบสนองกับการใช้งานให้ครอบคลุมในย่านความถี่ของวิทยุโทรทัศน์ วิทยุสื่อสาร โทรศัพท์เคลื่อนที่ และระบบเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายในบทความนี้จึงนำเสนอการออกแบบสายอากาศไมโครสตริปแบบล๊อคพิริออดิคร่วมกับชั้นวางซ้อนเพื่อลดขนาดและปรับปรุงประสิทธิภาพของสายอากาศแบบล๊อคพิริออดิคบนแผ่นวงจรพิมพ์เดิม โดยสายอากาศที่นำเสนอนี้สามารถลดขนาดลงได้จากเดิม 25 % มีค่า $|S_{11}| \leq -10$ dB ในช่วงความถี่ 332 MHz ถึง 3,000 MHz เหมาะสมสำหรับใช้เป็นสายอากาศในการหาสัญญาณรบกวนในย่านความถี่สูงยิ่ง

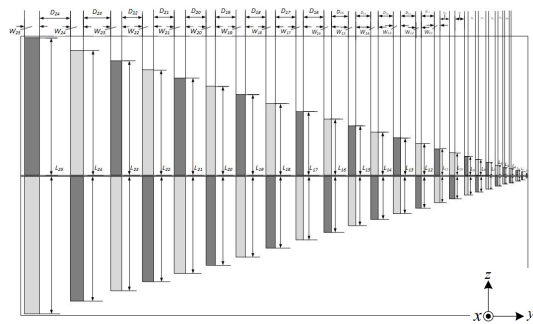
2. โครงสร้างและส่วนประกอบของสายอากาศไมโครสตริปแบบล็อกฟิรูดิคร่วมกับชั้นวางซ้อน

สายอากาศไมโครสตริปแบบล็อกฟิรูดิคร่วมกับชั้นวางซ้อนมีโครงสร้างประกอบด้วยสองส่วนคือ สายอากาศไมโครสตริปแบบล็อกฟิรูดิคและชั้นวางซ้อนที่มีลักษณะเป็นวัสดุฐานรองไดอิเล็กทริก โดยสายอากาศไมโครสตริปแบบล็อกฟิรูดิคประกอบไปด้วยโมโนโพลแบบแผ่นทองแดงจำนวน 25 องค์ประกอบวางตัวอยู่บนวัสดุฐานรองไดอิเล็กทริกชนิด FR4 มีค่าคงตัวไดอิเล็กทริก (ϵ_r) เท่ากับ 4.3 และโมโนโพลแบบแผ่นทองแดงจำนวน 25 องค์ประกอบวางตัวอยู่ด้านล่างของวัสดุฐานรองไดอิเล็กทริกชนิดเดียวกันแต่มีตำแหน่งสลับกัน มีจุดบ่อนสัญญาณร่วมกันที่จุดปลายเรียกว่า การบ่อนสัญญาณแบบ Crisscross Connection จะทำให้องค์ประกอบที่ใกล้กันมีเฟสตรงข้ามกันทำให้เกิดการสมดุลเมื่อบ่อนสัญญาณเข้าปลายด้านที่สั้นที่สุดจะทำให้สัญญาณเดินทางไปตามสายนำสัญญาณและองค์ประกอบแต่ละองค์ประกอบที่มีความยาวต่างกันก็จะตอบสนองที่ช่วงความถี่ที่ต่างกัน จากการบ่อนสัญญาณลักษณะนี้ถูกพิจารณาให้สายอากาศมีลักษณะคล้ายกับสายอากาศแถวลำดับที่เป็นไดโพลหลายองค์ประกอบต่อร่วมกันและเมื่อแต่ละองค์ประกอบตอบสนองย่านความถี่ต่างกันเป็นผลทำให้การตอบสนองย่านความถี่รวมของสายอากาศแบบล็อกฟิรูดิคมีช่วงความถี่กว้างประกบกับโครงสร้างของสายอากาศที่นำเสนอนี้เป็น

ตารางที่ 1 ค่าพารามิเตอร์ของสายอากาศไมโครสตริปแบบล็อกฟิรูดิคร่วมกับชั้นวางซ้อน

พารามิเตอร์	ขนาด (mm)	พารามิเตอร์	ขนาด (mm)	พารามิเตอร์	ขนาด (mm)	พารามิเตอร์	ขนาด (mm)	พารามิเตอร์	ขนาด (mm)
L_1	6.08	L_{16}	49.07	W_6	2.70	W_{21}	13.12	D_{11}	15.35
L_2	6.98	L_{17}	56.40	W_7	3.00	W_{22}	14.58	D_{12}	17.25
L_3	8.03	L_{18}	64.83	W_8	3.34	W_{23}	16.20	D_{13}	19.39
L_4	9.23	L_{19}	74.52	W_9	3.71	W_{24}	18.00	D_{14}	21.78
L_5	10.61	L_{20}	85.65	W_{10}	4.12	W_{25}	20.00	D_{15}	24.47
L_6	12.19	L_{21}	98.45	W_{11}	4.58	D_1	4.79	D_{16}	27.50
L_7	14.01	L_{22}	113.16	W_{12}	5.08	D_2	5.39	D_{17}	30.89
L_8	16.11	L_{23}	130.07	W_{13}	5.65	D_3	6.05	D_{18}	34.72
L_9	18.51	L_{24}	149.51	W_{14}	6.28	D_4	6.79	D_{19}	39.01
L_{10}	21.28	L_{25}	171.85	W_{15}	6.97	D_5	7.64	D_{20}	43.82
L_{11}	24.46	W_1	1.60	W_{16}	7.75	D_6	8.57	D_{21}	49.25
L_{12}	28.11	W_2	1.77	W_{17}	8.61	D_7	9.64	D_{22}	55.33
L_{13}	32.31	W_3	1.97	W_{18}	9.57	D_8	10.82	D_{23}	62.92
L_{14}	37.14	W_4	2.19	W_{19}	10.63	D_9	12.17	D_{24}	49.11
L_{15}	42.69	W_5	2.43	W_{20}	11.81	D_{10}	13.67	B	3.00

แบบแผ่นจึงทำให้การกระจายกระแสบนพื้นผิวของสายอากาศกว้างขึ้นจึงทำให้ตอบสนองความถี่ได้กว้างกว่าสายอากาศแบบล็อกฟิรูดิคแบบเส้นลวดเมื่อพิจารณาที่ขนาดและจำนวนองค์ประกอบที่เท่ากัน ถัดมาในส่วนของชั้นวางซ้อนได้นำแผ่นวัสดุฐานรองไดอิเล็กทริกชนิด FR4 จำนวน 2 แผ่น มาวางไว้ด้านบนและล่างของสายอากาศไมโครสตริปแบบล็อกฟิรูดิค ดังแสดงในรูปที่ 1 จะทำให้ขนาดโดยรวมของสายอากาศมีขนาดเล็กลง รูปที่ 1 แสดงโครงสร้างของสายอากาศไมโครสตริปแบบล็อก ฟิรูดิคร่วมกับชั้นวางซ้อนที่ใช้วัสดุฐานรองไดอิเล็กทริกชนิด FR4 มีความหนาเท่ากับ 1.6 mm

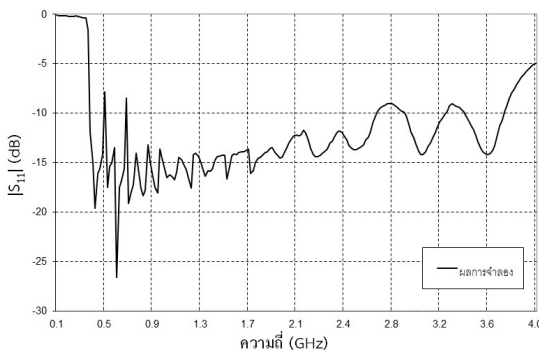


รูปที่ 1 โครงสร้างของสายอากาศไมโครสตริปแบบล็อกฟิรูดิคร่วมกับชั้นวางซ้อน

ตารางที่ 1 แสดงค่าของพารามิเตอร์ของสายอากาศไมโครสตริปแบบล็อกฟิรูดิคร่วมกับชั้นวางซ้อนเมื่อได้ทำการจำลองเรียบร้อยแล้ว

3. ผลการจำลองการลดขนาดด้วยชั้นวางซ้อนแบบวัสดุฐานรอง

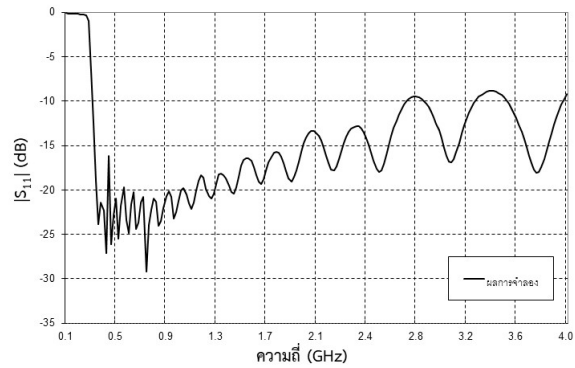
จากโครงสร้างของสายอากาศไมโครสตริปแบบล็อกพิริออดิคร่วมกับชั้นวางซ้อนที่แสดงในรูปที่ 1 ในการออกแบบสายอากาศที่นำเสนอจะเริ่มจากการออกแบบสายอากาศไมโครสตริปแบบโมนโพลที่นำมาเป็นองค์ประกอบของสายอากาศบนแผ่นวงจรพิมพ์ (Printed Circuit Board : PCB) ชนิด FR4 ($\epsilon_r = 4.3$) ที่มีความหนาเท่ากับ 1.6 mm มีแผ่นทองแดง 2 ด้าน โดยทำการจำลองปรับลดหรือเพิ่มขนาดของความสูงขององค์ประกอบย่อย (L) ความกว้างขององค์ประกอบย่อย (W) และทำการศึกษาการปรับระยะห่างระหว่างองค์ประกอบย่อย (D) เพื่อให้เกิดเรโซแนนซ์ที่ความถี่กลางและเพื่อให้มีช่วงกว้างความถี่ครอบคลุมช่วงความถี่ใช้งาน โดยจะปรับลดระยะห่างลงจากค่าพารามิเตอร์ของสายอากาศที่ได้ออกแบบไว้ในช่วงแรกจากรูปที่ 2 แสดงค่า $|S_{11}|$ ของสายอากาศไมโครสตริปแบบล็อกพิริออดิคร่วมกับชั้นวางซ้อน จากรูปที่ 2 แสดงให้เห็นว่ามีการเปลี่ยนแปลงของค่า $|S_{11}|$ มีการตอบสนองลดลงแต่ยังคงครอบคลุมย่านความถี่ของวิทยุโทรทัศน์ วิทยุสื่อสาร โทรศัพท์เคลื่อนที่ และระบบเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายคือ ช่วงความถี่ 800 MHz – 2.6 GHz



รูปที่ 2 ผลการจำลองค่า $|S_{11}|$ ของสายอากาศไมโครสตริปแบบล็อกพิริออดิคร่วมกับชั้นวางซ้อน

จากนั้นเพื่อลดขนาดโดยรวมของสายอากาศไมโครสตริปแบบล็อกพิริออดิคร่วมกับชั้นวางซ้อนได้อิเล็กทรอนิกส์มาวางซ้อนทั้ง 2 ด้าน ของสายอากาศโดยใช้วัสดุฐานรองได้อิเล็กทรอนิกส์แผ่นวงจรพิมพ์ชนิด FR4 ($\epsilon_r = 4.3$) ขนาด 598

X 364 mm ความสูงของฐานรอง 1.6 mm วางประกบทั้ง 2 ด้านของสายอากาศไมโครสตริปแบบล็อกพิริออดิคร่วมกับชั้นวางซ้อน การจำลองอีกครั้งพบว่าได้ค่า $|S_{11}|$ ดังแสดงในรูปที่ 3



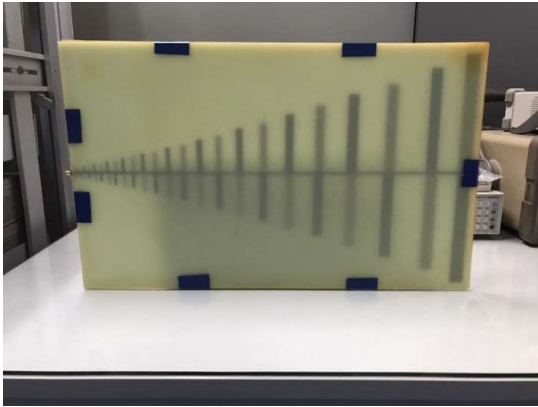
รูปที่ 3 ผลการจำลองค่า $|S_{11}|$ ของสายอากาศไมโครสตริปแบบล็อกพิริออดิคร่วมกับชั้นวางซ้อน

รูปที่ 3 แสดงผลการจำลองค่า $|S_{11}|$ ของสายอากาศไมโครสตริปแบบล็อกพิริออดิคร่วมกับชั้นวางซ้อนด้านบนและด้านล่าง ผลที่ได้พบว่าสายอากาศสามารถตอบสนองย่านความถี่ครอบคลุมตั้งแต่ความถี่ 332 MHz จนถึง 3,000 MHz ครอบคลุมย่านความถี่ของวิทยุโทรทัศน์ วิทยุสื่อสาร โทรศัพท์เคลื่อนที่ และระบบเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายและมีแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นแบบทิศทางด้วยอัตราขยายเท่ากับ 7 dBi ดังแสดงในรูปที่ 7

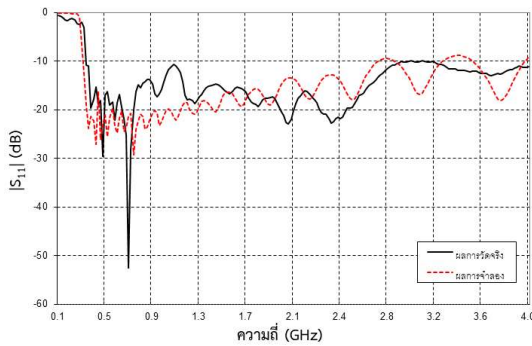
4. การทดสอบสายอากาศไมโครสตริปแบบล็อกพิริออดิคร่วมกับชั้นวางซ้อน

ในหัวข้อนี้เป็นการนำผลที่ได้จากการจำลองมาสร้างสายอากาศต้นแบบและทำการทดสอบคุณสมบัติ โดยสายอากาศไมโครสตริปแบบล็อกพิริออดิคร่วมกับชั้นวางซ้อนที่ได้ทำการออกแบบถูกสร้างขึ้นด้วยแผ่นวงจรพิมพ์ชนิด FR4 ($\epsilon_r = 4.3$) ที่มีความหนาเท่ากับ 1.6 mm จากนั้นนำแผ่นวงจรพิมพ์ชนิด FR4 ที่นำเอาทองแดงออกแล้วทั้ง 2 ด้าน มาวางซ้อนทั้งด้านบนและด้านล่างของสายอากาศ รูปที่ 4 แสดงภาพถ่ายของสายอากาศไมโครสตริปแบบล็อกพิริออดิคร่วมกับชั้นวางซ้อนต้นแบบที่ทำการสร้างขึ้น เมื่อได้ต้นแบบที่สมบูรณ์แล้วจึงทำการทดสอบค่า $|S_{11}|$ ของ

สายอากาศต้นแบบซึ่งพบว่าสายอากาศต้นแบบมีค่า $|S_{11}|$ มีค่าต่ำกว่า -10 dB ครอบคลุมช่วงความถี่ 332 MHz ถึง 3,000 MHz เปรียบเทียบกับสายอากาศที่ได้จากผลการจำลอง พบว่ามีค่า $|S_{11}|$ มีค่าต่ำกว่า -10 dB ครอบคลุมช่วงความถี่ 320 MHz ถึง 2,780 MHz ซึ่งมีความดังแสดงในรูปที่ 5

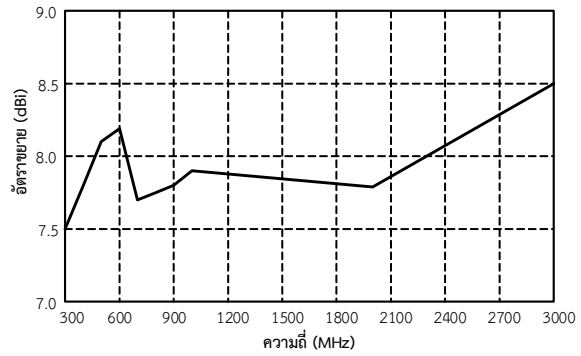


รูปที่ 4 ภาพถ่ายของสายอากาศไมโครสตริปแบบล็อกพิริอติคร่วมกับชั้นวางซ้อนต้นแบบ



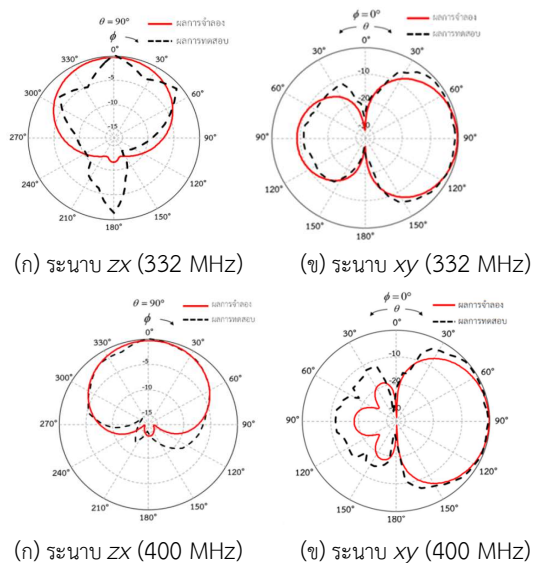
รูปที่ 5 ผลการทดสอบค่า $|S_{11}|$ ของสายอากาศไมโครสตริปแบบล็อกพิริอติคร่วมกับชั้นวางซ้อนต้นแบบ

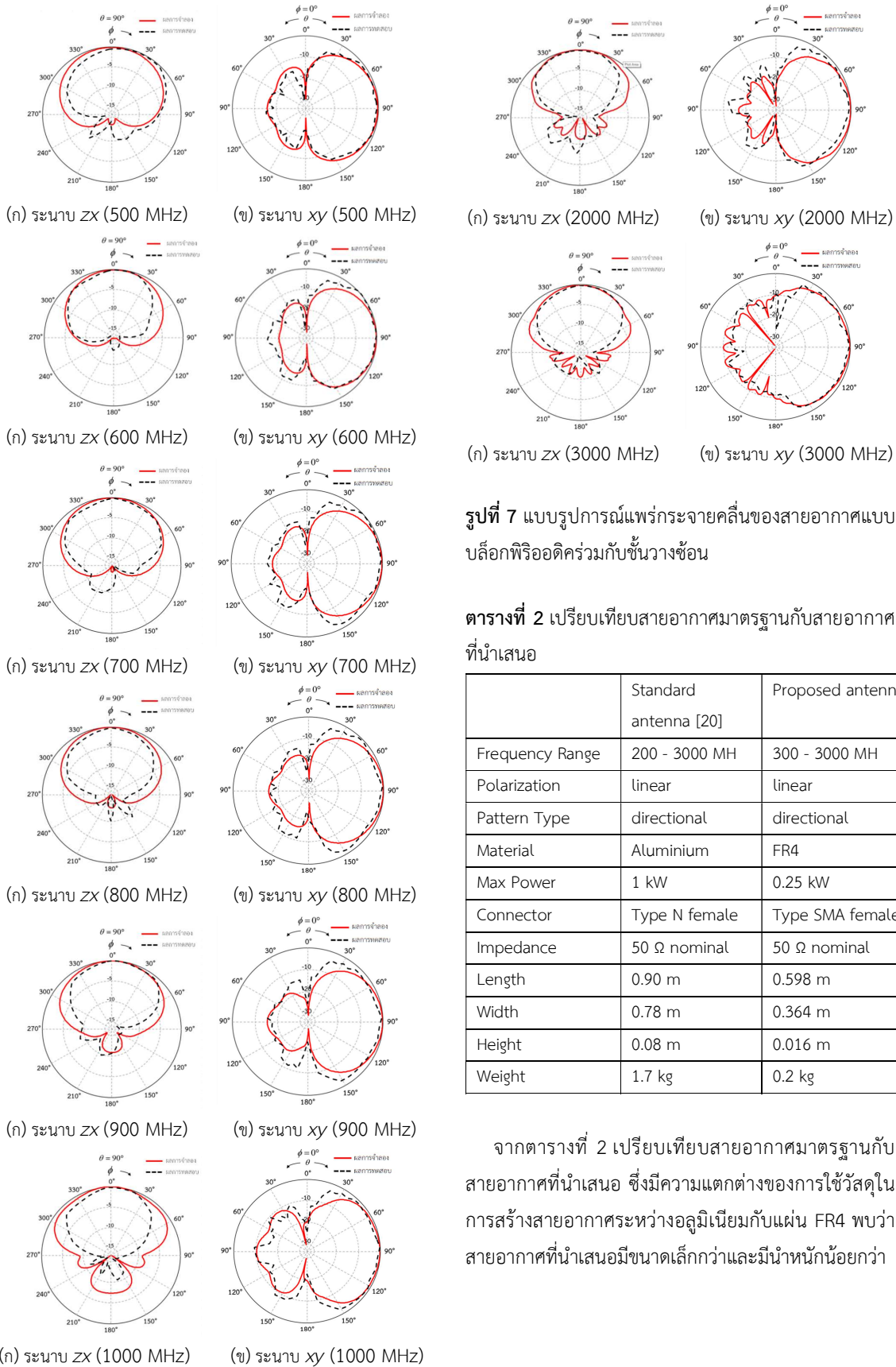
อัตราขยายต่อความถี่ใช้งานของสายอากาศไมโครสตริปแบบล็อกพิริอติคร่วมกับชั้นวางซ้อนต้นแบบแสดงในรูปที่ 6 โดยจะเห็นว่าสายอากาศต้นแบบนี้มีอัตราขยายมากกว่า 7 dBi ตลอดย่านความถี่



รูปที่ 6 อัตราขยายของสายอากาศไมโครสตริปแบบล็อกพิริอติคร่วมกับชั้นวางซ้อนต้นแบบ

สุดท้ายแสดงผลการทดสอบแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศไมโครสตริปแบบล็อกพิริอติคร่วมกับชั้นวางซ้อนที่ความถี่ 332 MHz 400 MHz 500 MHz 600 MHz 700 MHz 800 MHz 900 MHz 1000 MHz 2000 MHz และ 3000 MHz ตามลำดับ จะเห็นได้ว่ามีลักษณะแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นเป็นแบบทิศทางด้วยความกว้างลำคลื่นมากกว่า 30 องศา เมื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบกับผลการจำลอง พบว่าในระนาบ zx ผลการทดสอบจะมี HPBW แคบกว่าผลการจำลองเล็กน้อย ส่วนในระนาบ xy ผลการจำลองจะมี HPBW แคบกว่าผลการจำลองเล็กน้อย





รูปที่ 7 แบบรูปการแผ่รังสีกระจายคลื่นของสายอากาศแบบ บล็อกพีริออดิคร่วมกับชั้นวางซ้อน

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบสายอากาศมาตรฐานกับสายอากาศ ที่นำเสนอ

	Standard antenna [20]	Proposed antenna
Frequency Range	200 - 3000 MH	300 - 3000 MH
Polarization	linear	linear
Pattern Type	directional	directional
Material	Aluminium	FR4
Max Power	1 kW	0.25 kW
Connector	Type N female	Type SMA female
Impedance	50 Ω nominal	50 Ω nominal
Length	0.90 m	0.598 m
Width	0.78 m	0.364 m
Height	0.08 m	0.016 m
Weight	1.7 kg	0.2 kg

จากตารางที่ 2 เปรียบเทียบสายอากาศมาตรฐานกับสายอากาศที่นำเสนอ ซึ่งมีความแตกต่างของการใช้วัสดุในการสร้างสายอากาศระหว่างอลูมิเนียมกับแผ่น FR4 พบว่าสายอากาศที่นำเสนอมีขนาดเล็กกว่าและมีน้ำหนักน้อยกว่า

5. สรุปผล

จากการออกแบบและสร้างสายอากาศไมโครสตริปแบบล็อกพีริออดิคร่วมกับชั้นวางซ้อนที่นำเสนอในบทความนี้ด้วยเทคนิควัสดุฐานรองไดอิเล็กทริกวางซ้อน 2 ด้าน เพื่อลดขนาดของสายอากาศพบว่าสามารถลดขนาดโดยรวมของสายอากาศลง 25 % สายอากาศสามารถตอบสนองช่วงความถี่ได้ตั้งแต่ 332 MHz ถึง 3,000 MHz ซึ่งครอบคลุมย่านความถี่ของวิทยุโทรทัศน์ วิทยุสื่อสาร โทรศัพท์เคลื่อนที่ และระบบเครือข่ายท้องถิ่นไร้สาย มีแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นแบบทิศทางด้วยความกว้างลำคลื่นมากกว่า 30 องศาและมีอัตราขยายตลอดย่านความถี่ 7 dBi ซึ่งสามารถใช้งานตรวจจับสัญญาณรบกวนทางความถี่วิทยุได้จริง

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Office of The National Broadcasting and Telecommunications Commission, "Act on the organization of frequency allocation and supervision of radio broadcasting business Radio, Television and Telecommunications, 2010," Bangkok.
- [2] International Telecommunication Union, Spectrum Monitoring Handbook, Chapter 3, Section 3.2.4.2, 2011
- [3] R. H. DuHamel and D. E. Isbell, "Broadband Logarithmically Periodic Antenna Structures," *IRE National Convention Record*, pt. 1, 1957, pp. 119-128.
- [4] A. Q. Khan, M. Riaz and A. Bilal, "Various Types of Antenna with Respect to their Applications: A Review," *International Journal of Multidisciplinary Sciences and Engineering*, vol. 7, no. 3, pp. 1-8, March. 2016.
- [5] K. Mistry, P. Lazaridis, I. Glover, V. Holmes, F. Khan, Q. Ahmed, Z. Zaharis and T. Xenos, "Measurement, Simulation and Optimization of Wideband Log-periodic Antennas," *General Assembly and Scientific Symposium of the International Union of Radio Science (URSI GASS)*, November. 2017, pp. 1-4.
- [6] C. Peixeiro, "The Design of Log-periodic Dipole Antennas," *IRE International Convention Record*, March. 1966, pp. 98-102.
- [7] K. M. Keen, "A Planar Log-periodic Antenna," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 22, no. 3, pp. 489-490, May. 1974.
- [8] A. A. Gheethan and D. E. Anagnostou, "The Design and Optimization of Planar LPDAs," *PIERS ONLINE*, vol. 4, no. 8, pp. 811-814, 2008.
- [9] J. Rajendran and G. A. S. Sundaram, "Design and Evaluation of Printed Log Periodic Dipole Antenna for Detection of Radiolytic Components," *International Conference on Communication and Signal Processing*, April. 2016, pp. 32-36.
- [10] H. Kumar and G. Kumar, "A Broadband Planar Modified Quasi-Yagi Using Log-Periodic Antenna," *Progress In Electromagnetics Research Letters*, vol. 73, pp. 23-30, 2018.
- [11] T. Limpiti and A. Y. Chantaveerod, "Design of a Printed Log-Periodic Dipole Antenna (LPDA) for 0.8-2.5 GHz Band Applications," *2016 13th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON)*, July 2016.
- [12] Y. Liu, X. Shui, H. Lu, L. Si, Y. Ge, and X. Lv, "Design of Ultra-wideband Printed Log-periodic Dipole Antenna," *2013 IEEE International Conference on Microwave Technology & Computational Electromagnetics*, August 2013, pp. 176-178.

- [13] D. E. Anagnostou, J. Papapolymerou, M. M. Tentzeris, and C. G. Christodoulou, "A Printed Log-periodic Koch-Dipole Array (LPKDA)," *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 7, pp. 456-460, June 2008,
- [14] G. Shin, M. Kong, S. Lee, S. Kim, and I. Yoon, "Gain Characteristic Maintained, Miniaturized LPDA Antenna Using Partially Applied Folded Planar Helix Dipoles," *IEEE Access*, vol. 6, pp. 25874-25880, May. 2018.
- [15] A. Shruthi and S. K. Menon, "Design and Analysis of Modified Log Periodic Dipole Antenna with Enhanced Gain," *Progress In Electromagnetic Research Symposium (PIERS)*, August. 2016, pp. 1972-1976.
- [16] A. Kyei, D. Sim and Y. Jung, "Compact log-periodic dipole array antenna with bandwidth-enhancement techniques for the low frequency band," *IET Microwaves, Antennas & Propagation 2017*, vol. 11 Iss. 5, pp. 711-717, April. 2017.
- [17] F. Zengin, E. Akkaya, F. Güneş and F. N. Ecevit, "Printed log-periodic trapezoidal dipole array antenna with a balun-feed for ultra-wideband applications," *IET Microw. Antennas Propag.*, 2018, vol. 12 Iss. 9, pp. 1570-1574, November. 2017.
- [18] F. Zengin, "The Effects of the Trapezoidal Dipole Array Elements on Planar Log Periodic Antenna," *2019 IEEE-APS Topical Conference on Antennas and Propagation in Wireless Communications (APWC)*, September. 2019, pp. 333-336.
- [19] J. Kumar, B. Basu, F. Talukdar, "A Monopole Frequency Reconfigurable Antenna Printed on Multilayered Substrate," *Proceedings of 2017 Asia Pacific Microwave Conference*, November. 13-16, 2017, pp. 311-313.
- [20] Datasheet "Log. - Per. Breitband-Antenne VUSLP 9111B," SCHWARZBECK MESS – ELEKTRONIK, An der Klinge 29 D-69250 Schönau