

สายอากาศล็อกเพอริอดิกแถบความถี่ 87-137 MHz ด้วยโปรแกรมจำลองสายอากาศ

A Log-Periodic Antenna 87-137 MHz Band With Antenna Simulation Software

ธนกิจ วัฒนิกัษร กมลทิพย์ วัฒนิกัษร นฤเบศ เกษวงษ์ และ วีรภัทร ชิมทิม

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

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

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอสายอากาศล็อกเพอริอดิกแถบความถี่ 87-137 MHz ด้วยโปรแกรมจำลองสายอากาศ โครงสร้างสายอากาศใช้อลูมิเนียม boom ที่ประกอบด้วยส่วน boom และอิลิเมนต์ และออกแบบโครงสร้างสายอากาศ ด้วยโปรแกรมจำลองสายอากาศ สายอากาศนี้มีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนน้อยกว่า -10 dB มีค่าอินพุตอิมพีแดนซ์ที่ดีที่สุดที่ความถี่ 95.95 MHz, 105.05 MHz และ 131.5 MHz เท่ากับ $50.05+j19.13 \Omega$, $50.02+j2.17 \Omega$ และ $50.30-j21.26 \Omega$ ตามลำดับ มีค่าอัตราส่วนแรงดันคลื่นนิ่งน้อยกว่า 2 มีแบบรูปการแผ่กระจายคลื่นในระนาบสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้า เป็นแบบซีกทิศทาง มีค่าอัตราขยายที่ความถี่ 87 MHz, 112 MHz และ 137 MHz เท่ากับ 6.45 dBi, 6.23 dBi และ 6.18 dBi ตามลำดับ สามารถนำไปใช้วัดการแพร่แปลกล้อมของสถานีวิทยุเอฟเอ็มได้

คำสำคัญ: สายอากาศล็อกเพอริอดิก, การแพร่แปลกล้อม

Abstract

The article presents a log-periodic antenna (87-137 MHz) designed using simulation software. The structure of the antenna is consisted of aluminum boom and aluminum element. The reflection coefficients of the antenna were below 10 dB at the interested frequencies. The best input impedance for 95.95 MHz, 105.05 MHz and 131.5 MHz, were $50.05+j19.13 \Omega$, $50.02+j2.17 \Omega$ and $50.30-j21.26 \Omega$ respectively. The voltage standing wave ratio : VSWR was less than 2. The radiation patterns were directional in the H-plane and E-plane. An antenna gains were 6.45 dBi, 6.23 dBi and 6.18 dBi at 87 MHz, 112 MHz and 137 MHz, respectively. This antenna can also be used to measure spurious emission in an FM radio station.

Keywords: Log-periodic antenna, Spurious Emission

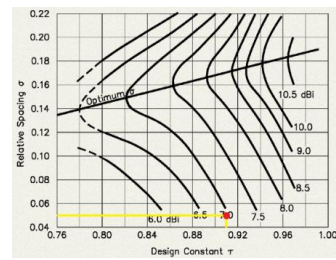
1. บทนำ

สายอากาศล็อกเพอริอดิก เป็นสายอากาศที่มีความนิยมนำมาใช้งานอย่างยาวนาน เนื่องจากเป็นสายอากาศที่มีคุณสมบัติที่คล้ายกับ

สายอากาศขาคี แต่จะแตกต่างกันตรงที่มีแบนด์วิดท์ความถี่ที่กว้างกว่า สายอากาศขาคี อีกทั้งยังสามารถกำหนดความกว้างของแบนด์วิดท์ได้อีก ด้วย จากการศึกษาสายอากาศล็อกเพอริอดิกใช้งานแถบความถี่ 87-137 MHz [1], [2] พบว่าสายอากาศที่สร้างนี้ มีขนาดใหญ่ และสายอากาศที่สร้างขึ้นนี้ต้องทำการสร้างใหม่ขึ้นมาหลายๆ ครั้ง เพราะไม่ได้ค่าพารามิเตอร์ตามที่ต้องการ จึงต้องทำการแก้ไข และสร้างสายอากาศขึ้นมาใหม่ ทำให้เกิดการสูญเสียต้นทุนและสูญเสียเวลาเป็นอย่างมาก สำหรับผู้ที่ไม่มีทั้งด้านประสบการณ์สร้างสายอากาศและประสบการณ์แมตซ์สายอากาศ

จากการศึกษาโปรแกรม CST studio suite [3] เป็นโปรแกรมที่ใช้จำลองการทำงานเพื่อวิเคราะห์ถึงค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ว่าเป็นไปตามที่กำหนดหรือไม่ ก่อนที่จะนำมาสร้างสายอากาศจริง เพื่อลดการสูญเสีย ต้นทุนและสูญเสียเวลาเป็นอย่างมาก สำหรับผู้ที่ไม่มีประสบการณ์ด้านสร้างสายอากาศ

2. การออกแบบสายอากาศการจำลองการทำงาน



รูปที่ 1 กราฟ Free-space directivity of a log-periodic dipole array

การออกแบบจะใช้กราฟจากรูปที่ 1 กราฟ Free-space directivity [4] เมื่อกำหนดค่าอัตราขยายสายอากาศไว้ที่ 7 dBi เพื่อจะได้สายอากาศที่มีขนาดเล็กมากที่สุดเท่าที่เป็นไปได้ จึงขอเลือกกำหนดค่า $\sigma = 0.05$ และ $\tau = 0.913$ เพื่อใช้สำหรับอ้างอิงในการใช้คำนวณในสมการต่อไป

แทนค่า B_s และ τ ในสมการที่ (1) เพื่อคำนวณหาจำนวนอิลิเมนต์ของสายอากาศ (N) จำนวนหาค่าความยาวของแต่ละอิลิเมนต์ ใช้สมการที่ (2) หาระยะห่างของ อิลิเมนต์โดยใช้สมการที่ (3) และ (4) ตามลำดับ เพื่อให้ N คือ จำนวนของอิลิเมนต์ B_s คือ แบนด์วิดท์ที่ทำการออกแบบ τ คือ ช่วงค่าคงที่ของโครงสร้าง ค่าความยาวและระยะห่างของแต่ละอิลิเมนต์ที่

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 4
 Proceedings of the 4th RMUTP Conference on Engineering and Technology

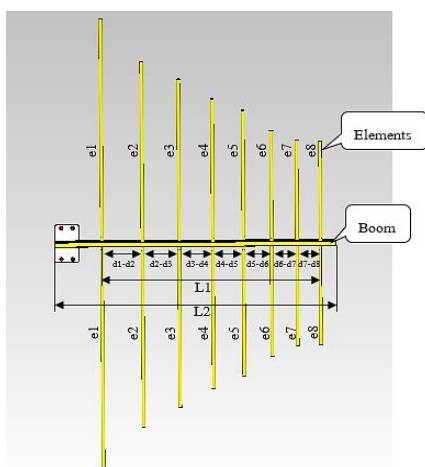
$$N = 1 + \frac{\ln B_s}{\ln \frac{1}{\tau}} \quad (1)$$

$$l_1 = \frac{\lambda_1}{2} = \frac{c}{2f_1} \quad (2)$$

$$\cot \alpha = \frac{4\sigma}{1-\tau} \quad (3)$$

$$d_{i,i+1} = \frac{l_i - l_{i+1}}{2} \cot \alpha \quad (4)$$

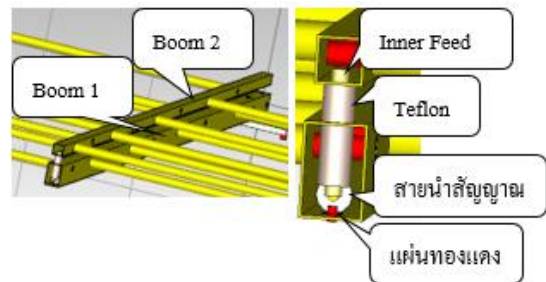
เมื่อ l_1 = ความยาวของอิลิเมนต์ λ_1 = ความยาวคลื่น
 d = ระยะห่างของอิลิเมนต์ l_i = อิลิเมนต์ที่ทราบค่า
 l_{i+1} = ความยาวอิลิเมนต์ที่ต้องการ



รูปที่ 2 โครงสร้างสายอากาศสี่เหลี่ยมคี่ที่นำเสนอ

คำนวณทั้งหมด ทั้งค่าความยาวในแต่ละอิลิเมนต์และระยะห่างในแต่ละช่วงอิลิเมนต์ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 1 จากนั้นนำค่าความยาวและระยะห่างของแต่ละอิลิเมนต์ไปวาดโครงสร้างสายอากาศในโปรแกรมจำลองการทำงานสายอากาศ CST โดยกำหนดวัสดุที่ใช้เป็นออลูมิเนียมทั้งหมด การสร้างบวมสายอากาศจะใช้ออลูมิเนียมกล่อง หนา 2 มิลลิเมตร จะมี 2 ชั้น คือ บวมด้านล่างที่มีขนาด 1.5x1 นิ้ว และบวมด้านบนที่มีขนาด 1x1 นิ้ว ระยะห่างระหว่างบวมทั้ง 2 ชั้น มีค่า 15 มิลลิเมตร ในส่วนของอิลิเมนต์จะใช้ท่อออลูมิเนียมกลวง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มิลลิเมตร ความหนา 2 มิลลิเมตร วาดแบบสร้างสายอากาศด้วยโปรแกรม CST ตามแบบในรูปที่ 2 จะได้โครงสร้างสายอากาศสี่เหลี่ยมคี่แถบความถี่ 87-137 MHz จำนวน 8 อิลิเมนต์

ส่วนฟีดหรือส่วนป้อนพลังงาน ดังแสดงในรูปที่ 3 ใช้สายนำสัญญาณชนิดโคแอกเซียล RG-8A/U ตัดขนาดยาว 4 เซนติเมตร inner feed คือปลายด้านที่ตัดสายถักชิดค็อกและบัดกรีเชื่อมติดกับบวมด้านล่าง อีกด้านของปลายสายนำสัญญาณ inner จะเชื่อมเข้ากับส่วนสายนำสัญญาณ RG-8A/U ส่วนสายถักชิดค็อกบัดกรีเชื่อมต่อกับบวมด้านล่าง



รูปที่ 3 สายอากาศสี่เหลี่ยมคี่และส่วนประกอบของชุดฟีดในโปรแกรมจำลองการทำงาน

ตารางที่ 1 พารามิเตอร์ของโครงสร้างสายอากาศสี่เหลี่ยมคี่ก่อนและหลังการปรับแต่ง

อิลิเมนต์	ความยาว (mm)		ตำแหน่งอิลิเมนต์	ระยะห่าง (mm)
	ก่อนปรับแต่ง	หลังปรับแต่ง		
e1	862	1000	d ₁₋₂	173
e2	787	815	d ₂₋₃	157
e3	718.5	728	d ₃₋₄	144
e4	656	645	d ₄₋₅	131
e5	599	586	d ₅₋₆	120
e6	546	500	d ₆₋₇	109
e7	500	451	d ₇₋₈	100
e8	455	450		

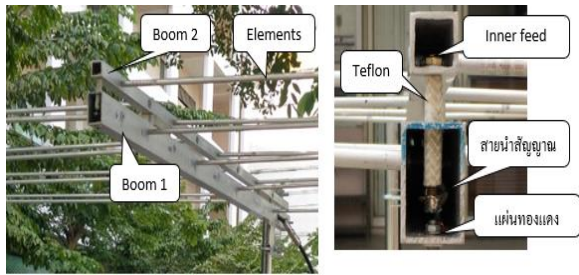
หลังจากจำลองการทำงานของสายอากาศ พบว่าสายอากาศมีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อน (S_{11}) ของสายอากาศตลอดแถบความถี่ 87-137 MHz มีค่ามากกว่า -10 dB ในบางความถี่ จำเป็นต้องปรับแก้เฉพาะความยาวของอิลิเมนต์ทั้ง 8 อิลิเมนต์ โดยไม่มีกรปรับแก้ระยะห่าง ทำการจำลองปรับค่าความยาวอิลิเมนต์ทั้ง 8 จนกระทั่งได้สายอากาศที่มีการตอบสนองตลอดแถบความถี่ 87-137 MHz มีค่าน้อยกว่า -10 dB ซึ่งค่าความยาวของอิลิเมนต์หลังการปรับแต่งได้แสดงไว้ในตารางที่ 1 ช่องหลังปรับแต่งเช่นกัน

3. ผลการทดสอบสายอากาศสี่เหลี่ยมคี่

เมื่อนำขนาดความยาวและระยะห่างในแต่ละอิลิเมนต์ของสายอากาศที่ได้จากออกแบบในตารางที่ 1 มาทำการสร้างจริง โดยโครงสร้างของสายอากาศทั้งหมดจะใช้วัสดุออลูมิเนียม ในส่วนของชุดฟีดจะใช้สายนำสัญญาณ RG-8A/U มาทำการตัดให้ได้ขนาด ปลายด้านบนบัดกรีเชื่อมต่อเข้ากับส่วนบวมผ่านทางปลาทองเหลืองและส่วนปลายด้านล่างทำการบัดกรีเข้ากับสายนำสัญญาณ RG-8A/U ที่ตัดให้ได้ความยาว 2 เมตร ที่ปลายด้านหนึ่งของสายนำสัญญาณ RG-8A/U นี้จะเชื่อมต่อกับหัวคอนเน็คเตอร์ 50 โอห์ม ชนิด N-Type ตัวเมีย ดังแสดงในรูปที่ 4

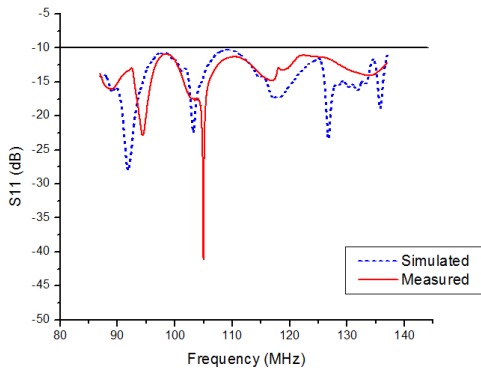
บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 4
 Proceedings of the 4th RMUTP Conference on Engineering and Technology

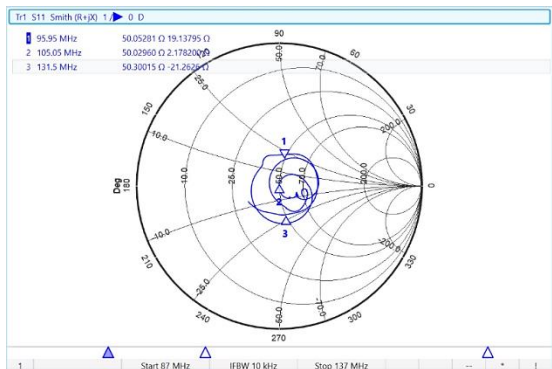


รูปที่ 4 สายอากาศสี่อวกเพื่อรีดิกและส่วนประกอบของชุดพีดีที่สร้างเสร็จแล้ว

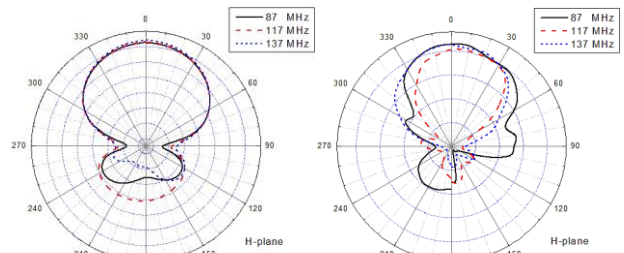
เมื่อนำสายอากาศสี่อวกเพื่อรีดิกไปทำการวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อน (S_{11}) ด้วยเครื่องวิเคราะห์สัญญาณไฟฟ้า Tektronix รุ่น TTR500 ซึ่งผลการวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อน (S_{11}) เมื่อเทียบกับผลการจำลองด้วยโปรแกรมจำลองการทำงาน CST แสดงในรูปที่ 5 พบว่าสายอากาศสี่อวกเพื่อรีดิกที่นำเสนอมีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อน (S_{11}) น้อยกว่า -10 dB ตลอดแถบความถี่ 87-137 MHz รูปที่ 6 แสดงค่าอิมพีแดนซ์ของสายอากาศ สำหรับผลการจำลองและผลวัดจริงแบบรูปการแผ่กระจายคลื่นในระนาบสนามแม่เหล็ก (H-Plane) และระนาบสนามไฟฟ้า (E-Plane) ณ ความถี่ที่ทดสอบ 87 MHz, 117 MHz และ 137 MHz แสดงดังในรูปที่ 7 และรูปที่ 8 ตามลำดับ และในรูปที่ 9 แสดงผลเปรียบเทียบการจำลองกับการวัดของค่าอัตราขยายของสายอากาศที่ได้



รูปที่ 5 ผลการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อน

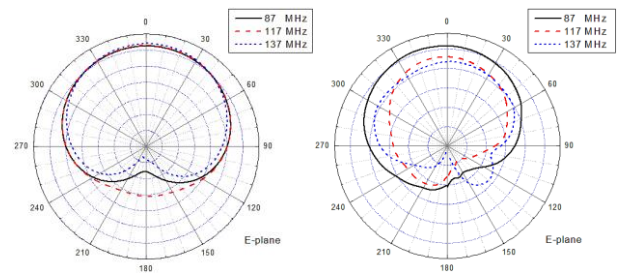


รูปที่ 6 ผลการเปรียบเทียบค่าอิมพีแดนซ์สายอากาศ

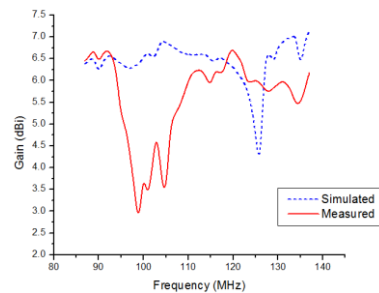


(ก) ผลการจำลอง (ข) ผลการวัดจริง

รูปที่ 7 ผลการวัดแบบรูปการแผ่กระจายคลื่นในระนาบ H-Plane ที่ความถี่ 87 MHz, 117 MHz และ 137 MHz



รูปที่ 8 ผลการวัดแบบรูปการแผ่กระจายคลื่นในระนาบ H-Plane ที่ความถี่ 87 MHz, 117 MHz และ 137 MHz



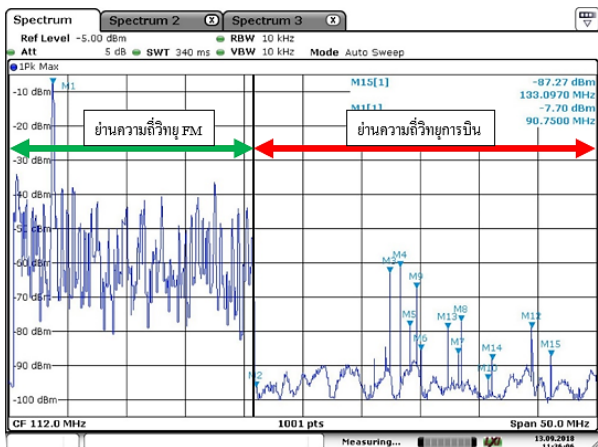
รูปที่ 9 ผลเปรียบเทียบค่าอัตราขยายของสายอากาศที่ได้

เมื่อนำสายอากาศที่สร้างขึ้นนี้ มาทำการทดสอบวัดการแพร่แปลงปลอมของสถานีทดลองประกอบกิจการวิทยุกระจายเสียงของสถานีวิทยุกระจายเสียงของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร คลื่นความถี่ 90.75 MHz ซึ่งมีเสาส่งออกอากาศติดตั้งอยู่ชั้นคานฟ้าของอาคารวิศวกรรมอุตสาหการ วัดโดยการติดตั้งสายอากาศด้านรับที่บริเวณคานฟ้าอาคารอิเล็กทรอนิกส์ โดยหันหน้าสายอากาศไปที่เสาส่งบนอาคารวิศวกรรมอุตสาหการ ซึ่งมีระยะห่างระหว่างเสาส่ง-เสารับ ประมาณ 205.81 เมตร

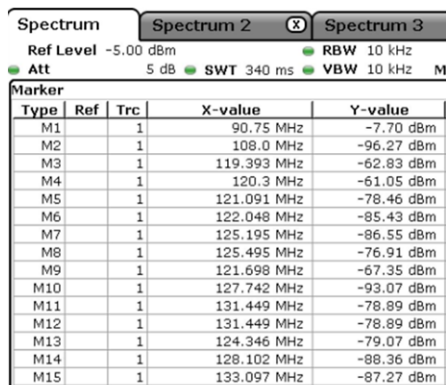
จากนั้นทำการวัดการแพร่แปลงปลอมด้วยเครื่องวิเคราะห์สเปกตรัมรุ่น FSV ยี่ห้อ Rohde&Schwarz โดยตั้งค่าการวัดให้ครอบคลุมย่านความถี่ 87-137 MHz ดังแสดงในภาพที่ 10 พบว่าสายอากาศที่นำเสนอสามารถรับสัญญาณวิทยุ FM ตลอดย่านความถี่ 87-108 MHz ย่านวิทยุการบินตั้งแต่ 108-137 MHz นี้ได้ ดังแสดงในรูปที่ 10 (ก)

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มท.พระนคร ครั้งที่ 4
 Proceedings of the 4th RMUTP Conference on Engineering and Technology



(ก) หน้าจอผลการวัดการแพร่แปลกล้อมฯ



(ข) หน้าจอผลการทดสอบวัดค่ากำลังงานมาร์กเกอร์ 1-15

รูปที่ 10 หน้าจอผลการวัดการแพร่แปลกล้อมของสถานีทดลอง
 ประกอบกิจการวิทยุกระจายเสียง

จากรูปที่ 10 (ข) แสดงค่าความแรงของสัญญาณที่ตำแหน่งต่างๆ เมื่อได้มีการโพลค่าเส้นภาพไว้เป็นเวลา 2 นาที สังเกตที่ตำแหน่งมาร์กเกอร์ 1-15 จะพบว่าที่มาร์กเกอร์ 1 จับตำแหน่งค่าความถี่ 90.75 MHz วัดค่าพลังงานสูงสุด -7.7 dBm ซึ่งก็คือความถี่ของสถานีวิทยุกระจายเสียงของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร คลื่นความถี่ 90.75 MHz ที่ทำการทดสอบวัดค่า ส่วนรอบข้าง ตั้งแต่ความถี่ 88-108 MHz แสดงค่าความแรงของคลื่นวิทยุของสถานีอื่นๆ โดยรอบบริเวณทดสอบวัดสัญญาณ ส่วนที่มาร์กเกอร์ 3-15 แสดงค่าความถี่ของการสื่อสารระหว่งนักบินกับสถานีบังคับการบิน ตลอดแถบย่านความถี่ 108-137 MHz ซึ่งจะเกิดเป็นบางช่วงเวลา จากการทดลองใช้สายอากาศลือกเพอริออดิก แถบความถี่ 87-137 MHz จำนวน 8 อิลิเมนต์ พบว่า สามารถทำการวัดการแพร่แปลกล้อมของสถานีทดลองประกอบกิจการวิทยุกระจายเสียงในช่วงตั้งแต่ 108-137 MHz ได้จริง

4. สรุป

จากการทดสอบผลเปรียบเทียบค่าอัตราขยายของสายอากาศที่ได้ในรูปที่ 9 ผลการวัดจริงและผลการจำลองมีความแตกต่างกันมากนั้น อาจเป็นเพราะสายอากาศนี้ ได้ทำการทดสอบในที่โล่ง ภายในมหาวิทยาลัยที่ล้อมรอบไปด้วยอาคาร จึงอาจเป็นไปได้ว่าอาจจะมีคลื่นสะท้อนจากอาคารรอบข้าง สะท้อนกลับเข้าสายอากาศในขณะที่ทำการทดสอบ จึงทำให้ได้ค่าผลการวัดและผลการจำลองผิดเพี้ยนไปได้ ซึ่งถ้าหากต้องการวัดค่าอัตราขยายที่ถูกต้องและแม่นยำ ควรจะนำไปวัดในสถานที่เหมาะสมคือ นำไปทำการทดสอบในห้องไร้การสะท้อน (Chamber Room) ซึ่งเป็นห้องที่ใช้สำหรับวัดพารามิเตอร์ของสายอากาศโดยเฉพาะ

สรุปได้ว่าสายอากาศลือกเพอริออดิกแถบความถี่ 87-137 MHz 8 อิลิเมนต์ ที่สร้างขึ้นนี้ มีคุณสมบัติดังนี้ สายอากาศมีอิมพีแดนซ์แบนด์วิดธ์ 50 Ω ตลอดแถบความถี่ตั้งแต่ 87-137 MHz มีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนน้อยกว่า -10 dB ตลอดแถบความถี่ โดยที่สายอากาศมีค่าอิมพีแดนซ์ที่ดีที่สุดที่ความถี่ 95.95 MHz, 105.05 MHz และ 131.5 MHz มีค่าเท่ากับ 50.05+j19.13 Ω, 50.02+j2.17 Ω และ 50.30-j21.26 Ω ตามลำดับ มีค่าอัตราส่วนแรงดันคลื่นนิ่ง น้อยกว่า 2 ตลอดช่วงความถี่ 87-137 MHz สายอากาศมีแบบรูปการแผ่กระจายคลื่นแบบชี้ทิศทาง ทั้งในระนาบ E-Plane และระนาบ H-Plane สายอากาศที่ระนาบ E-Plane มีค่าอัตราขยายที่ความถี่ 87 MHz, 112 MHz และ 137 MHz มีค่าเท่ากับ 6.45 dBi, 6.23 dBi และ 6.18 dBi ตามลำดับ

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณท่านศาสตราจารย์ ดร.ประยูทธ อัครเอกพลิน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่ให้ความอนุเคราะห์ใช้โปรแกรมจำลองสายอากาศ CST

เอกสารอ้างอิง

- [1] สุวรัต ตรีไกรนุช และอรนุช สุนทรภักดี. (2560). สายอากาศลือกเพอริออดิกแถบความถี่ 87-137MHz. การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มท.พระนคร ครั้งที่ 3 (น. 193-196). กรุงเทพมหานคร :คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.
- [2] สุเมธ โพธิ์เด็ย และเอกสิทธิ์ ภารสดีด. (2560). สายอากาศลือกเพอริออดิกแถบความถี่ 87-137MHz 8 อิลิเมนต์, วิทยานิพนธ์, สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.
- [3] CST STUDIO 2016, www.cst.com
- [4] "Log-Periodic Dipole Array Calculator" [Online]. Available: <http://hamwaves.com/lpda/en/index.html>. 2561.