



การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 34 The 34th Electrical Engineering Conference (EECON-34)

มหาวิทยาลัยสยาม ได้รับเกียรติให้เป็นเจ้าภาพ
ณ โรงแรมแอมบาสซาเดอร์ ซิตี้ จอมเทียน พัทยา ชลบุรี 26 - 28 ตุลาคม 2554

" 80 years of Sustainable Innovation for All Mankind "

<http://eecon34.siam.edu>

คณะกรรมการจัดการประชุม

คณะกรรมการสภาวิชาการวิศวกรรมไฟฟ้า
สถาบันกรรมการสามัญ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
มหาวิทยาลัยศรีปทุม
มหาวิทยาลัยมหิดล
มหาวิทยาลัยสยาม
มหาวิทยาลัยกรุงเทพ
ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์
มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต
มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์
มหาวิทยาลัยธนบุรี
มหาวิทยาลัยรังสิต
มหาวิทยาลัยพระนคร
มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต
มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย

สถาบันกรรมการสมทบ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
มหาวิทยาลัยรามคำแหง
มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอัสสัมชัญ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
มหาวิทยาลัยราชธานี
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
มหาวิทยาลัยพะเยา

คณะกรรมการดำเนินงานจัดการประชุมประจำปี

การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า (Electrical Engineering Conference, EECON) เป็นการประชุมวิชาการระดับชาติที่มีมาตรฐานสูงระดับสากล ดำเนินการโดยคณะกรรมการจัดการประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้าที่ประกอบด้วย คณะกรรมการสภาวิชาการวิศวกรรมไฟฟ้าแห่งประเทศไทย ผู้แทนจากสถาบันกรรมการสามัญ ผู้แทนจากสถาบันกรรมการสมทบ และคณะกรรมการดำเนินงานจัดการประชุมจากสถาบันกรรมการสามัญที่ได้รับเกียรติให้เป็นเจ้าภาพในแต่ละปี เริ่มจัดประชุมครั้งแรกเมื่อ ปี 2521 จนถึงปัจจุบัน ปี 2554 เป็นครั้งที่ 34 ซึ่งมหาวิทยาลัยสยามได้รับเกียรติให้เป็นเจ้าภาพดำเนินงานจัดการประชุม

สาขาย่อยบทความ

ไฟฟ้ากำลัง (PW)
อิเล็กทรอนิกส์กำลัง (PE)
ไฟฟ้าสื่อสาร (CM)
ระบบควบคุมและการวัดคุม (CT)
อิเล็กทรอนิกส์ (EL)

การประมวลผลสัญญาณดิจิทัล (DS)
คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ (CP)
ไฟโตนิกส์ (PH)
วิศวกรรมชีวการแพทย์ (BE)
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิศวกรรมไฟฟ้า (GN)

การส่งบทความ

บทความจัดทำเป็นภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษ ความยาวไม่เกิน 4 หน้ากระดาษ A4 ส่งผ่านขบวนการออนไลน์ โดยขั้นตอนและรายละเอียดในการส่งบทความสามารถดูได้ที่เว็บไซต์ของสภาวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้าแห่งประเทศไทย (EECON Council) <http://www.eecon-thailand.org> หรือที่เว็บไซต์ของการประชุม <http://eecon34.siam.edu>

การพิจารณาและการนำเสนอบทความ

การพิจารณาบทความทำโดยผู้พิจารณาคำขอระดับวิชาชีพชั้นสูง (Professional Reviewers) ทางวิศวกรรมไฟฟ้า ที่ได้รับการคัดเลือกจกสมาคมสาขาจากสภาวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้าแห่งประเทศไทย และจากสถาบันกรรมการที่เป็นกรรมการสามัญทั่วประเทศ บทความที่ผ่านการพิจารณาได้รับการตีพิมพ์ใน Proceedings ของ EECON-34 และต้องมีการนำเสนอในที่ประชุมทุกบทความ บทความที่เด่นในแต่ละสาขาได้รับการคัดเลือกในขั้นตอนแรกจากผู้พิจารณาคำขอ และจะได้รับการพิจารณาตัดสินในขั้นตอนสุดท้ายโดยผู้ทรงคุณวุฒิที่ได้รับการเสนอชื่อจากสภาวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้าแห่งประเทศไทย และจากสถาบันที่เป็นกรรมการสามัญทั่วประเทศ

กำหนดการสำคัญ

หมดเขตรับบทความ	15 กรกฎาคม 2554
แจ้งผลการพิจารณาคำขอ	15 สิงหาคม 2554
หมดเขตรับบทความฉบับสมบูรณ์	2 กันยายน 2554
การนำเสนอบทความ	26 - 28 ตุลาคม 2554

ต้องการข้อมูลเพิ่มเติมกรุณาติดต่อ

1) ดร. ยงยุทธ นารายณ์	ผู้ประสานงาน EECON-34	โทรศัพท์ 089-678-3039
2) พศ. วิภาวิไล นาคกริชย์	ประชาสัมพันธ์ EECON-34	โทรศัพท์ 089-300-5880

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม
38 ถ.เพชรเกษม กทม. 10160

E-Mail: eecon34@siam.edu

การออกแบบและแบบจำลองสายอากาศโมโนโพลแบบแถบความถี่คู่กับสตัปรูปหกเหลี่ยม

Design And Model of The Dual Band Monopole Antenna With A Hexagon Shape Stub

ทิวากร สมวรรณ¹ วิทยุรักษ์เหลือ¹

¹ ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ และ โทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

คลอง 6 อ. ธัญบุรี ปทุมธานี 12110 โทร.02-549-3420 E-Mail: t_somwan@hotmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอเทคนิคการปรับความถี่ โดยการเพิ่มสตัปรูปหกเหลี่ยม ของสายอากาศโมโนโพลรูปหกเหลี่ยมป้อนด้วยสายนำสัญญาณระนาบร่วม เพื่อใช้สำหรับเครือข่ายไร้สาย สายอากาศออกแบบบนแผ่น FR4 ซึ่งมีขนาดเล็ก ง่ายต่อการสร้าง และต้นทุนต่ำ สายอากาศมีขนาด (4.4 x 3.5 ซม.) การจำลอง ออกแบบ และวัดผลการทดลองจริง ใช้วิธีการ Moment Method (MoM) ด้วยโปรแกรม IE3D ผลการทดลองพบว่า การเพิ่มสตัปรูปหกเหลี่ยม สามารถปรับความถี่ โดยขึ้นกับพื้นที่ของสตัป ที่ความถี่เรโซแนนซ์แรก และเรโซแนนซ์ที่สอง ให้การสูญเสียย้อนกลับอยู่ในระดับต่ำที่ -23 dB และ -29 dB การตอบสนองความถี่ของสายอากาศมีอยู่ 2 แถบความถี่ คือ ความถี่ 2.4GHz (2.33GHz – 2.59GHz) และ แถบความถี่ 5 GHz (4.7GHz – 6.4GHz) การแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศเป็นแบบ 2 ทิศทาง สายอากาศที่สร้างขึ้นครอบคลุมความถี่ใช้งาน WLAN(2.4/5.2GHz)

คำสำคัญ: สายนำสัญญาณระนาบร่วม, เครือข่ายไร้สาย, สายอากาศโมโนโพล,

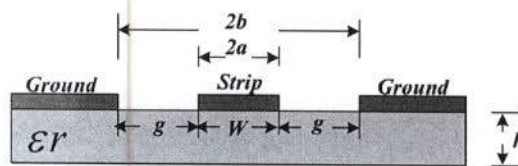
Abstract

This paper presents a increasing frequency technique using a hexagons stub of the coplanar waveguide hexagon shape monopole antenna. For wireless networks. Antenna design on FR4, which is small Easy to make and low cost. antenna size (4.4 x 3.5 cm) to simulate and experiments the design using Moment Method (MoM) using IE3D software. The results showed that with the present of the hexagons shape stub can adjust the frequency. the enhanced frequency can be tunable depending on the stub area. Return losses of -25 and -29 dB for the first and second resonant frequency, respectively, Frequency response of the antenna has two frequency band is 2.4GHz (2.3 GHz – 2.58GHz) and 5.1GHz (4.7 GHz – 6.4 GHz). the radiation of the antenna is a bi-direction. Antenna covers a frequency to use WLAN (2.4/5.2GHz).

Keywords: Coplanar waveguide, WLAN, Monopole Antenna

1. บทนำ

การสื่อสารไร้สายในปัจจุบัน มีความสำคัญต่อการสื่อสารเป็นอย่างยิ่ง และเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะการสื่อสารแบบไร้สาย โครงข่ายท้องถิ่นไร้สาย(WLAN) และโครงข่ายระดับเมืองไร้สาย(WMAN) ที่ใช้เทคโนโลยี WiFi และ WiMAX มีการพัฒนาอย่างมาก จึงต้องการสายอากาศใช้ในการรับส่งที่มีประสิทธิภาพสูง มีขนาดเล็กและราคาถูก ซึ่งสายอากาศที่ป้อนด้วยสายนำสัญญาณระนาบร่วม(CPW) เป็นอีกทางเลือกหนึ่ง ซึ่งปัจจุบันมีผู้วิจัยในการพัฒนาสายอากาศที่นำมาใช้กับการสื่อสารนี้อย่างต่อเนื่อง [1 – 3] มีการวิจัยของสายอากาศที่สามารถตอบสนองช่วงความถี่ แบบ 2 ช่วงความถี่ (dual band) [1,2] และการประยุกต์ใช้งานในการสื่อสารไร้สาย WLAN และ WIMAX [3] โดยสายอากาศที่สร้างขึ้นจะเป็น แบบโมโนโพล ที่ใช้การป้อนด้วยสายนำสัญญาณระนาบร่วม (Coplanar Waveguide) หรือ CPW – FED ซึ่งข้อดีของสายอากาศชนิดนี้ คือ มีขนาดเล็ก สร้างง่ายเพราะใช้แผ่นวงจรพิมพ์ด้านเดียว และมีแบนด์วิดท์ที่กว้าง วัดดูประสคของงานวิจัยนี้ คือ ออกแบบ และสร้างสายอากาศให้สามารถใช้งานได้ ในระบบการสื่อสารไร้สายWLAN โดยใช้การป้อนด้วยสายนำสัญญาณระนาบร่วม โดยเน้นขนาดเล็ก ราคาถูก สร้างง่ายบนแผ่นวงจรพิมพ์ FR4 ซึ่งหลักการพื้นฐานของสายนำสัญญาณระนาบร่วม แบบไม่มีกราวด์ด้านหลังสามารถอธิบายได้ดังรูปที่ 1 [4]

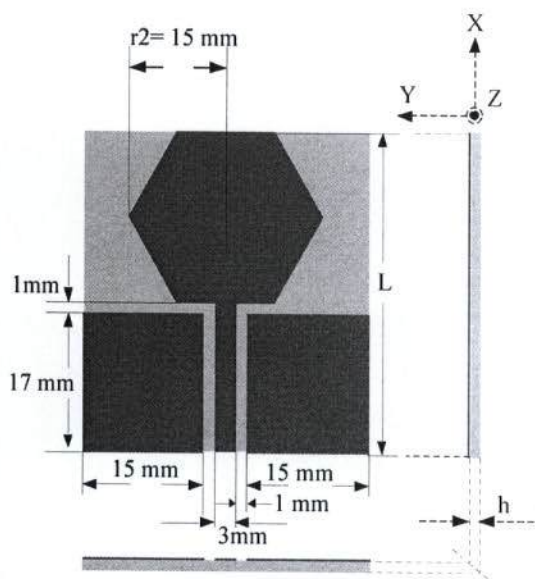


รูปที่ 1 โครงสร้างของสายนำสัญญาณระนาบร่วม

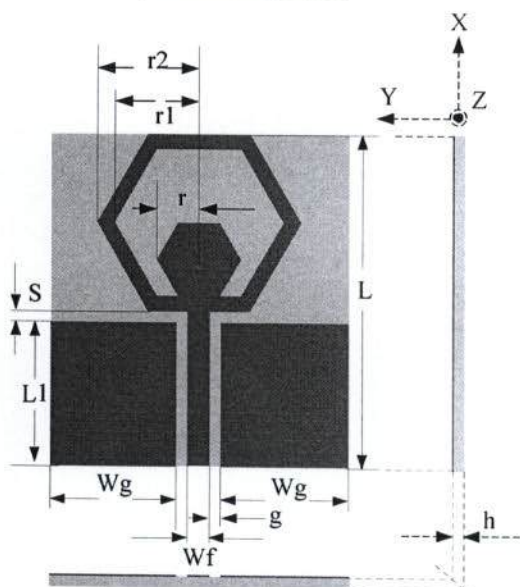
2. การออกแบบโครงสร้างและการจำลองผลสายอากาศ

ในการออกแบบสายอากาศใช้แผ่นวงจรพิมพ์ แบบ FR 4 ที่มีแผ่นฐานเป็นวัสดุEpoxy มีสัมประสิทธิ์การนำไฟฟ้า (Dielectric constant) (ϵ_r) = 4.4 ค่าการสูญเสียแทนเจนท (Loss Tangent) 0.002 และมีค่าความหนาของชั้นไดอิเล็กตริก (h) 1.64 มิลลิเมตร ขนาดความหนาของ

แผ่นทองแดงเท่ากับ 0.03 มิลลิเมตร ขนาดของสายอากาศโดยรวม (กว้าง x ยาว) คือ (4.4 x 3.5 ซม.) รูปทรงของสายอากาศแสดงในรูปที่ 2 ซึ่งค่าตัวแปร L คือ ความยาวของสายอากาศ ตัวแปร W_g และ L_1 คือ ความกว้าง และความยาวของพื้นที่กราวด์ทั้งสองข้างของสายอากาศ ค่า W_f มีค่าเท่ากับ 3 มม. และ g มีค่าเท่ากับ 1 มม. จากนั้นทำการเลือกตัวแปรที่ดีที่สุดของสายอากาศรูปหกเหลี่ยม ที่ละตัวแปร โดยเลือกตัวแปร r, r_1 และ r_2 ตามลำดับ ซึ่งได้ค่าตัวแปรที่ดีที่สุดดังนี้ $W_f = 3$ มม., $W_g = 15$ มม., $L_1 = 17$ มม., $S = 1$ มม., $g = 1$ มม., $L = 43.98$ มม., $r = 6.5$ มม., $r_1 = 12$ มม. และ $r_2 = 15$ มม.

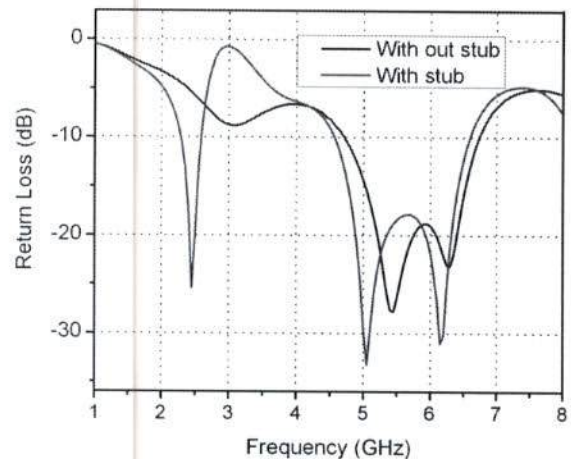


a) สายอากาศที่ไม่ใส่สตัป

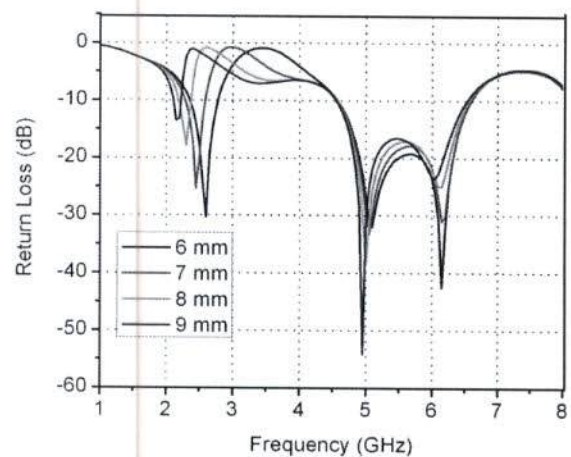


b) สายอากาศที่ปรับปรุงโดยการเพิ่มสตัปรูปหกเหลี่ยม

รูปที่ 2 โครงสร้างของสายอากาศ

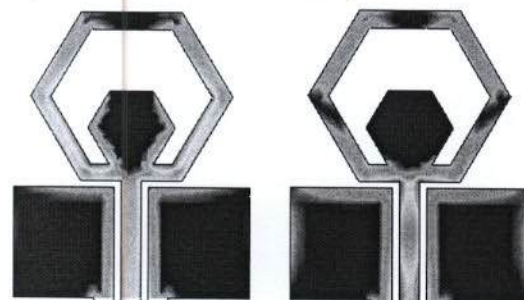


a) เปรียบเทียบการใส่สตัปและไม่ใส่สตัป



b) การปรับตัวแปร r ของสายอากาศรูป 2-b

รูปที่ 3 ค่า Return loss ของตัวแปรต่างๆ ตลอดจนความถี่



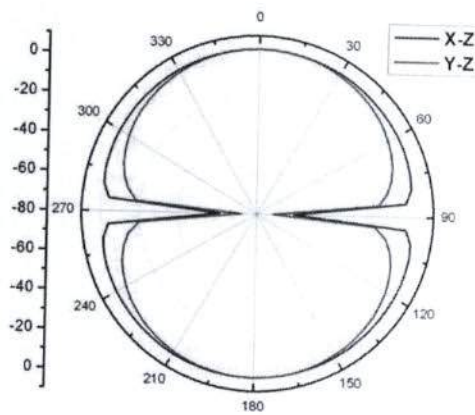
(a) 2.44 GHz

(b) 5 GHz

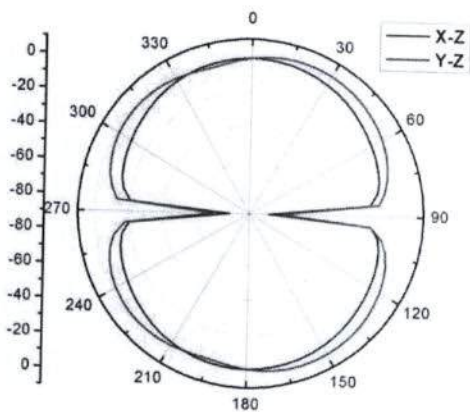
รูปที่ 4 Current distribution ของสายอากาศ

จากรูปที่ 4 (a) และ (b) คือผลการจำลอง Current distribution ของสายอากาศที่ความถี่ 2.44GHz และ 5GHz ตามลำดับ แสดงให้เห็นถึงลักษณะการไหลของกระแสในสายอากาศ โดยส่วนที่มีผลกับความถี่

รีโซแนนซ์ความถี่แรก คือสัณฐานรูปหกเหลี่ยม และส่วนที่มีผลกับความถี่รีโซแนนซ์ความถี่ที่สองคือขอบด้านล่างของของสายอากาศ



รูปที่ 5 การจำลอง Radiation Pattern ที่ความถี่รีโซแนนซ์แรก 2.44GHz



รูปที่ 6 การจำลอง Radiation Pattern ที่ความถี่รีโซแนนซ์ที่สอง 5 GHz

จากการจำลองผลการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศที่ความถี่รีโซแนนซ์ สองความถี่แรก ดังรูปที่ 5 และ 6 ตามลำดับ พบว่าลักษณะการแพร่กระจายคลื่นมีแนวโน้มเป็นแบบ 2 ทิศทาง (Bi-directional)

3. ผลการทดลองและการอภิปรายผล

ตารางที่ 1 ค่าความถี่รีโซแนนซ์ที่ 1 ที่ปรับค่าตั้งแต่ $r = 6$ ถึง $r = 9$ mm.

Diameter $2r$ (mm)	12	14	16	18
Frequency@ f_1 (GHz)	2.58	2.36	2.24	2.18
Wavelength (mm)	116.28	127.12	133.92	137.61
$\frac{2r}{\lambda}$	0.1	0.11	0.12	0.13

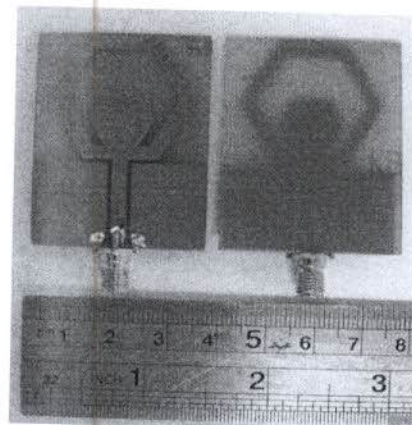
จากผลการทดลองในตารางนำมาทำการวิเคราะห์ผลที่ได้จากการ Simulation และหาสมการความถี่ เมื่อสังเกตค่าความถี่แรก ที่ได้จากการ simulation ตั้งแต่ $r = 6$ mm ถึง $r = 9$ mm พบว่าค่า $2r/\lambda$ จะมีค่าที่สามารถจำลองด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่เพิ่มขึ้นทีละ 1 ซึ่งเห็นได้ชัดเจนเมื่อเปลี่ยนค่า r จะได้ตัวเลขค่าจาก $2r/\lambda$ เป็นค่า K ดังนั้นหาค่าความถี่ จากสมการ $f = C/\lambda$ เมื่อ C เป็นค่าความเร็วของแสงในสุญญากาศซึ่งมีค่าเท่ากับ 3×10^8 m/s ซึ่งจากสมการพื้นฐานนี้นำไปสู่การหาค่าของ $2r/\lambda$ เมื่อ r เป็นรัศมีของรูปหกเหลี่ยม และให้ตัวแปรอื่นเป็นค่าคงที่ดังนั้นจะได้สมการดังนี้

$$f_1 = KC/2r \quad (1)$$

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบความถี่แรกที่ได้จากการคำนวณจากสมการ(1)

Diameter $2r$ (mm)	12	14	16	18
Frequency@ f_1 (GHz) Simulation	2.58	2.36	2.24	2.18
Frequency@ f_1 (GHz) Mathematics Model	2.5	2.357	2.25	2.166
% Difference	3.1	0.3	0.44	0.64

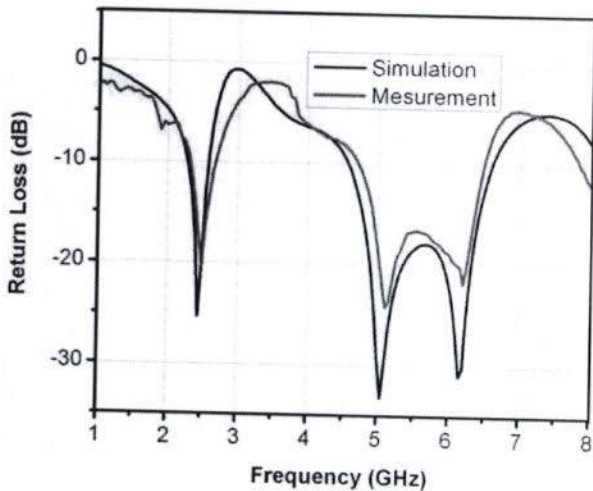
จากสมการ(1) เมื่อทดลองแทนค่า $r = 6$ ถึง $r = 9$ mm. หาค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการทดลองได้ตามตารางที่ 2 จะเห็นว่าสมการ(1) สามารถใช้ทำนายความถี่รีโซแนนซ์ความถี่แรกได้ โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนในระดับที่ยอมรับได้ซึ่งสามารถใช้ประโยชน์ในการทำนายและออกแบบสายอากาศที่มีโครงสร้างคล้ายกันนี้



รูปที่ 7 รูปถ่ายสายอากาศตัวต้นแบบ

เมื่อทำการออกแบบและจำลองผล ได้ผลที่เป็นที่น่าพอใจแล้วจึงนำขนาดของชิ้นงานที่ได้จากการ Export file ไปทำการ print และนำไปสร้างเป็นชิ้นงานโดยการกัดแผ่น print แล้วจึงนำแผ่น print ที่ได้ไป

ประกอบกับ SMA connector ซึ่งมีค่า Impedance 50Ω ซึ่งได้สายอากาศตัวต้นแบบดังรูปที่ 7 ผลที่ได้จากเครื่อง Network Analyzer จะเห็นว่าสายอากาศสามารถรับ – ส่ง สัญญาณได้ 2 ย่านความถี่ คือ ความถี่ 2.4 GHz (2.33GHz – 2.59 GHz) และ ความถี่ 5 GHz (4.7 GHz – 6.4 GHz) โดย มีค่า Return loss -20dB และ -24dB ตามลำดับดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 ผลการ Simulation กับการวัดจริง

4. สรุปผล

บทความนี้นำเสนอการออกแบบและแบบจำลองสายอากาศโมโนโพลแบบแถบความถี่คู่กับสัปปุรูปหกเหลี่ยม โดยสายอากาศ มีขนาดเล็ก ง่ายต่อการสร้าง และต้นทุนต่ำ สายอากาศมีขนาด $(4.4 \times 3.5 \text{ ซม.})$ สร้างบนแผ่นวงจรพิมพ์ FR4 โดยใช้หลักการป้อนสัญญาณด้วยสายนำสัญญาณระนาบร่วม จากผลการวิจัยพบว่า การตอบสนองความถี่ของสายอากาศมีอยู่ 2 แถบความถี่ คือ ความถี่ 2.4GHz มีแบนวิธ 10.83% (2.33GHz – 2.59GHz) และ 5GHz มีแบนวิธ 34 % (4.7GHz – 6.4GHz) การแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศเป็นแบบ 2 ทิศทาง (Bidirectional) ดังนั้นงานวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบสายอากาศ ระบบสื่อสารที่ต้องการใช้งานในย่าน WLANที่มีความถี่ 2.4GHz (2.4GHz - 2.484GHz) และที่ความถี่ 5.2GHz(5.13GHz – 5.35GHz)

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ และโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีที่สนับสนุนซอฟต์แวร์ เครื่องมือในการทดสอบ และสถานที่ รวมทั้งขอขอบคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี งานวิจัยที่สนใจ สำหรับสถานที่ในการทำงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Horng-Dean Chen, Hong-Twu Chen, "A CPW-Fed Dual-Frequency Monopole Antenna", IEEE ,2004
- [2] Hanhua Yang, Shu Yan, "Design of a Dualband Printed Monopole Antenna for WLAN applications", IEEE, 2008
- [3] Wen-Shan Chen, Yu-Chen Chang, Hong-Twu Chen, "Novel Design of Printed Monopole Antenna for WLAN/WiMAX Applications", IEEE, 2007
- [4] R.N.Simons. "Coplanar Waveguide circuits ,Components, and Systems." New York :John Wiley & Son, 2001.
- [5] C.A.Balanis, "Antenna Theory : Analysis and design ,2nd Edition", John wiley & Sons Inc: 1997 .
- [6] IE3D User's Manual Release9, Zeland software, inc. U.S.A, 2002

ประวัติผู้วิจัย



ทิวากร สมวรรณ สำเร็จการศึกษาปริญญาตรี อ.บ. สาขาเทคโนโลยีโทรคมนาคมจากสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ปัจจุบันกำลังศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า

แขนงอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี และเป็นอาจารย์ประจำสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี เชียงราย งานวิจัยที่สนใจด้านสายอากาศย่านความถี่ไมโครเวฟ



ไพฑูรย์ รักเหลือ สำเร็จการศึกษาปริญญาตรี อ.บ. สาขาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ (เกียรตินิยม) วศ.ม. สาขาวิศวกรรมสารสนเทศ และ วศ.ค. วิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยี

พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และเป็นอาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี งานวิจัยที่สนใจ ด้านวิศวกรรมสายอากาศ วิศวกรรมดาวเทียม