สายอากาศโครงแบบใหม่ที่ป้อนด้วยสายนำสัญญาณแบบระนาบร่วมสำหรับการสื่อสารสามแถบความถี่

New Configurations CPW-Fed Triple Band Frequency Antenna

ณรงค์ฤทธิ์ เมฆลอย[1] และสุภณ พลสิงห์[2]

บทคัดย่อ

บทความนี้ นำเสนอการศึกษาและการออกแบบสายอากาศโครงแบบใหม่ย่านคว ามถี่สามแถบที่ป้อนด้วยสายนำสัญญาณแบบระนาบร่วมเพื่อให้สามารถใช้งานในย่านความถี่กว้างโดยจะจำลองแบบ (simulation)โครงสร้างของสายอากาศด้วยโปรแกรม IE3D สายอากาศจะมีการทำงานสามโหมด โหมดที่หนึ่งเรโซแนนซ์ 2.4 GHz โหมดที่สองเรโซแนนซ์ 3.3 GHz และโหมดที่สามเรโซแนนซ์ 5.2 GHz โดยมีวัตถุประสงค์ให้สายอากาศที่มีแบนด์วิดท์กว้างซึ่งค่าแบนด์วิดท์ของความถี่เรโซแนนซ์ช่วงต่ำมีค่าเท่ากับ 0.16 GHz ช่วงกลางมีค่า 0.80 GHz และความถี่เรโซแนนซ์ช่วงสูงมีค่าเท่ากับ 1.77 GHz สายอากาศที่นำเสนอออกแบบให้มีการแมตซ์อิมพีแดนซ์ที่ 50 โอห์มเพื่อใช้งานกับการสื่อสารย่านความถี่ 2.34-6.62GHz ซึ่งจะครอบคลุมมาตรฐาน IEEE802.11b/g (2.4-2.4835 GHz), IEEE802.11a (5.15-5.35 GHz), IEEE 802.11j (4.90-5.091 GHz) ผลการจำลองเปรียบเทียบกับการวัดพบว่ามีความสอดคล้องกัน เมื่อค่าแบนด์วิดท์พิจารณาที่ค่า S11ต่ำกว่า -10 dB.

คำสำคัญ: สายนำสัญญาณแบบระนาบร่วม สายอากาศโครงแบบใหม่ สายอากาศย่านความถี่สามแถบ

ABSTRACT

This paper presents the Triple-band frequency of coplanar waveguide (CPW)-fed new configurations antenna designed and simulated by using IE3D program. The three operating modes of the proposed antenna worked for the resonant mode 2.4, 3.3 and 5.2 GHz. The objective of an antenna was to provide wide bandwidth. The bandwidth at lower resonance frequency was 0.16 GHz, middle resonance frequency was 0.08 GHz. and upper resonance frequency was 1.77 GHz. This antenna was designed 50 Ohm impedance feed line for band frequency 2.34-6.62 GHz which supported WLAN communication coverage IEEE802.11b/g (2.4-2.4835 GHz), IEEE802.11a (5.15-5.35 GHz), IEEE802.11j (4.90-5.091 GHz). The simulation results were agreeable with experimental results. The proposed antenna system provided a large bandwidth at S_{11}<-10dB.

Keywords: coplanar waveguide, new configurations antenna, Triple band antenna

[1]อาจารย์ ดร. ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

[2]ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

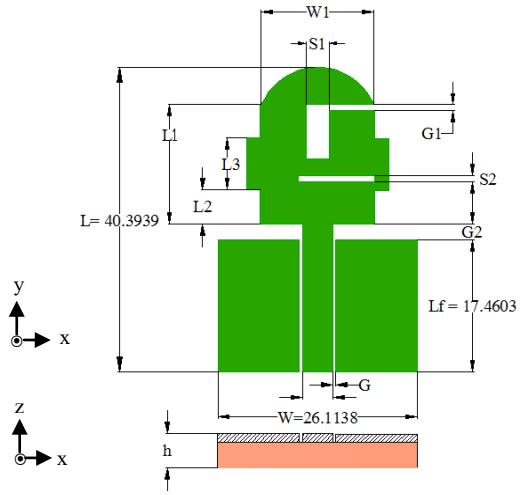
บทนำ

สายอากาศย่านความถี่สามแถบที่ป้อนด้วยสายนำสัญญาณแบบระนาบร่วม นับได้ว่าเ ป็นสายอากาศที่นำมาใช้เพื่อรองรับระบบสื่อสารข้อมูลในปัจจุบันมากขึ้น (Argawell et al., 1998), (Balanis, 1997), (Sze and Wong, 2001), (Chen et al., 2004) ซึ่งนิยมถูกออกแบบมาเพื่อให้มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบามีประสิทธิภาพสูงเพราะมีคุณสมบัติทางฟิสิกส์และทางไฟฟ้าได้ดี (Argawell et al., 1998), (Chen and Chen 2004) และถูกออกแบบให้มีการแพร่กระจายคลื่นในระดับต่ำ (Eldek et al., 2002) ที่มีการป้อนโดยสายนำสัญญาณแบบระนาบร่วม (CPW-fed) เนื่องจากโครงสร้างสายนำสัญญาณแบบระนาบร่วมมีคุณสมบัติที่ดีหลายประการ ไม่ว่าจะมีการสูญเสียของ สัญญาณและการผิดเพี้ยนต่ำ มีแบนด์วิดท์ที่กว้าง อย่างไรก็ตามสายอากาศแพทช์มีแบนด์แคบ ดังนั้นในการศึกษาการออกแบบสายอากาศแบบแผ่น (Coplanar Antenna: CPA) ได้มีการปรับขนาดของร่อง เข้าไปในตัวสายอากาศเพื่อแก้ไขปัญหาแบนด์วิดท์ที่แคบ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ศึกษาคุ ณสมบัติสายอากาศแบบรูปโครงแบบใหม่และป้อนสัญญาณด้วยสายนำสัญญาณแบบระนาบร่วมซึ่งในการออกแบบนี้ได้ศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาเกี่ยวกับการออกแบบสายอากาศสำหรับย่านความถี่กว้าง (1.85-6.39 GHz) (Sari-kha et al., 2006) และการออกแบบสายอากาศย่านความถี่กว้างมาก (3.1-10.6 GHz) (Horita and Iwasaki, 2005) เพื่อให้สามารถรองรับระบบโครงข่ายไร้สาย (WLAN) และ WiMAX และเครือข่ายระบบ สื่อสารไร้สายมาตรฐาน IEEE802.11b/g (2.4-2.4835 GHz) IEEE802.11a (5.15-5.35 GHz) และ IEEE802.11j (4.940-4.990 GHz) ซึ่งในปัจจุบันระบบเครือข่ายไร้สายมีผู้สนใจศึกษาอยู่เป็นจำนานมาก (Archevapanichai and Wakabayashi, 2007) (Chulvanich et al., 2007) ดังนั้นบทความนี้ได้นำเสนอสาย อากาศรูปโครงแบบใหม่ความถี่สามแถบที่ป้อนด้วยสายนำสัญญาณแบบระนาบร่วม โดยจำลองแบบ (Simulation) โครงสร้างสายอากาศด้วยโปรแกรม IE3D สายอากาศจะมีการทำงานสามโหมด โดยโหมดหนึ่งเรโซแนนซ์ 2.4 GHZ โหมดสองเรโซแนนซ์ 3.3 GHz และโหมดสามเรโซแนนซ์ 5.2 GHz สายอากาศที่นำเสนอออกแบบให้มีการแมทช์อิมพีแดนซ์ที่ 50 โอห์มเพื่อใช้ งานกับระบบสื่อสารไร้สาย

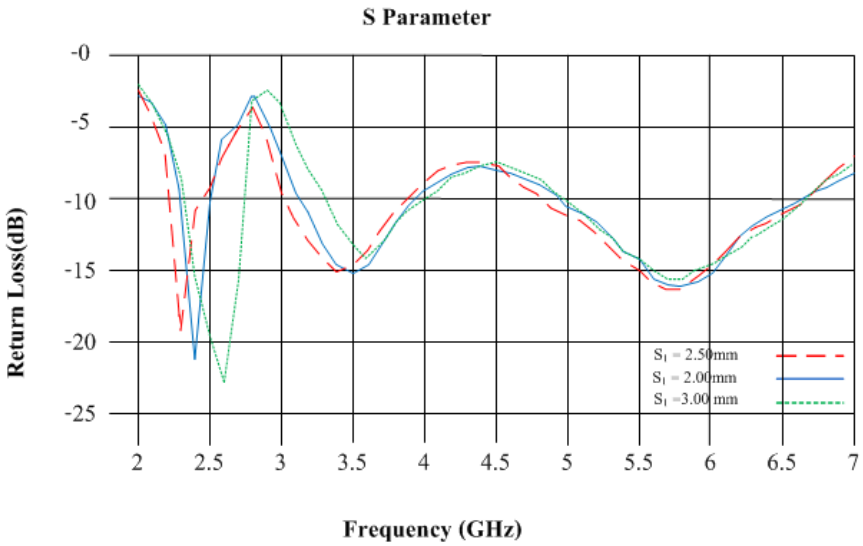
วิธีดำเนินการวิจัย

การออกแบบสายอากาศย่านความถี่สามแถบที่ป้อนด้วยสายนำสัญญาณแบบระนาบร่วมที่มีการปรับร่อง และการวิเคราะห์หาค่าคุณลักษณะของสายนำสัญญาณแบบระนาบร่วมชนิดไม่มีกราวด์ด้านล่างโดยใช้วิธีการวิเคราะห์ด้วยวิธีการส่งคงรูป เพื่อหาค่าคงที่ไดอิ-เล็กตริกประสิทธิผล (Effective dielectric constant) และค่าอิมพีแดนซ์คุณลัก ษณะ (Characteristic impedance) จะอยู่ในค่าอัตราส่วนของอินทิกรัลวงรีแบบสมบูรณ์ขั้นแรก (Complete elliptic integral of the first kind) ร่วมกับโปรแกรม IE3D ในการออกแบบและหาค่าที่เหมาะสมที่สุด (Optimization) ดังภาพที่ 1 ซึ่งประกอบไปด้วยสตริป (Strip) อยู่ตรงกลางด้านบนของฐานไดอิเล็กตริก (Substrate) โดยมีความกว้างของสตริป (W_f) = 4.01 mm. (Balanis, 1982), (Bahl and Bhartia, 1980), (Hammerstad, 1975) มีร่อง (Slot) และความกว้างระหว่างสตริปถึงระนาบกราวด์ (G) = 0.37 mm. และวัสดุที่นำมาใช้เป็นแผ่นวงจรพิมพ์แบบหน้าเดียว โดยใช้ FR4 มีคุณสมบัติดังต่อไปนี้ ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก (ε_r) = 4.4 ค่าการสูญเสียแทนเจนซ์ ($\tan\delta$) = 0.02 ความสูงของฐานรองไดอิเล็กตริก (h) = 1.6 mm. ความหนาของทองแดง (t) = 0.002 mm. การจำลองหาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของสายอากาศ ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 โครงสร้างของสายอากาศรูปโครงแบบใหม่แบบระนาบร่วม

จำลองการเปลี่ยนแปลงค่า S1 เมื่อกำหนดให้ W_1= 15.00 mm., W = 26.11 mm., L = 40.39 mm., L_f = 17.46 mm., L_1 = 15.08 mm., L_2 = 5.00 mm., L_3 = 7.00 mm., S_2 = 0.86 mm., G_1 = 0.75 mm., G_2 = 2.10 mm. มีผลการจำลองแสดงดัง ภาพที่ 2 และผลการจำลองค่าความสูญเสียเนื่องจากการย้อนกลับโดยการเปลี่ยนแปลงค่า S_1 จะได้ค่าความถี่กลาง f_1, f_2, f_3 และค่าแบนด์วิดท์ แสดงดังตารางที่ 1



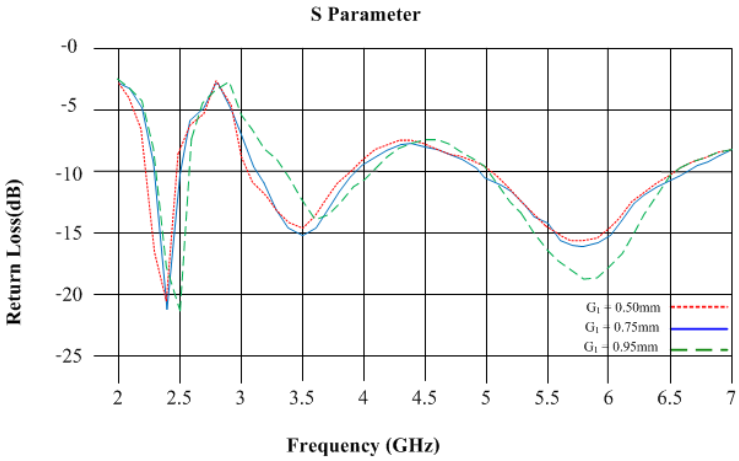
ภาพที่ 2 ผลการจำลองค่าความสูญเสียเนื่องจากการย้อนกลับโดยการเปลี่ยนแปลงค่า S_1

ตารางที่ 1 ผลการจำลองค่าความสูญเสียเนื่องจากการย้อนกลับ โดยการเปลี่ยนแปลงค่า S_1

S_1	f_1 / BW (GHz)	f_2 / BW (GHz)	f_3 / BW(GHz)
2.00 mm	2.4/0.18	3.3/0.8	5.2/1.69
2.50 mm	**2.4/0.16**	**3.3/0.80**	**5.2/1.77**
3.00 mm	2.4/0.16	3.3/0.66	5.2/1.69

ผลการจำลอง การเปลี่ยนแปลงค่า S_1 จะมีผลต่อค่าความสูญเสียเนื่องจากการย้อนกลับของสายอากาศที่ดี สังเกตเห็นได้ว่าที่ค่า S_1 = 2.50 mm. นั้น จะมีค่าความสูญเสียเนื่องจากการย้อนกลับที่ดีที่สุด และมีผลค่าความสูญเสียเนื่องจากการย้ อนกลับของสายอากาศเป็นผลตอบสนองแบบสามความถี่

จำลองการเปลี่ยนแปลงค่า G_1 เมื่อกำหนดให้ W_1= 15.00 mm., W = 26.11 mm., L = 40.39 mm., L_f = 17.46 mm., L_1 = 15.08 mm., L_2 = 5.00 mm., L_3 = 7.00 mm., S_1 = 2.50 mm., S_2 = 0.86 mm., G_2 = 2.10 mm. มีผลการจำลองแสดง ภาพที่ 3 และผลการจำลองค่าความสูญเสียเนื่อง จากการย้อนกลับโดยการเปลี่ยนแปลงค่า G_1 จะได้ค่าความถี่กลาง f_1, f_2, f_3 และค่าแบนด์วิดท์ แสดงดังตารางที่ 2



ภาพที่ 3 ผลการจำลองค่าความสูญเสียเนื่องจากการย้อนกลับโดยการเปลี่ยนแปลงค่า G_1

ตารางที่ 2 ผลการจำลองค่าความสูญเสียเนื่องจากการย้อนกลับโดยการเปลี่ยนแปลงค่า G_1

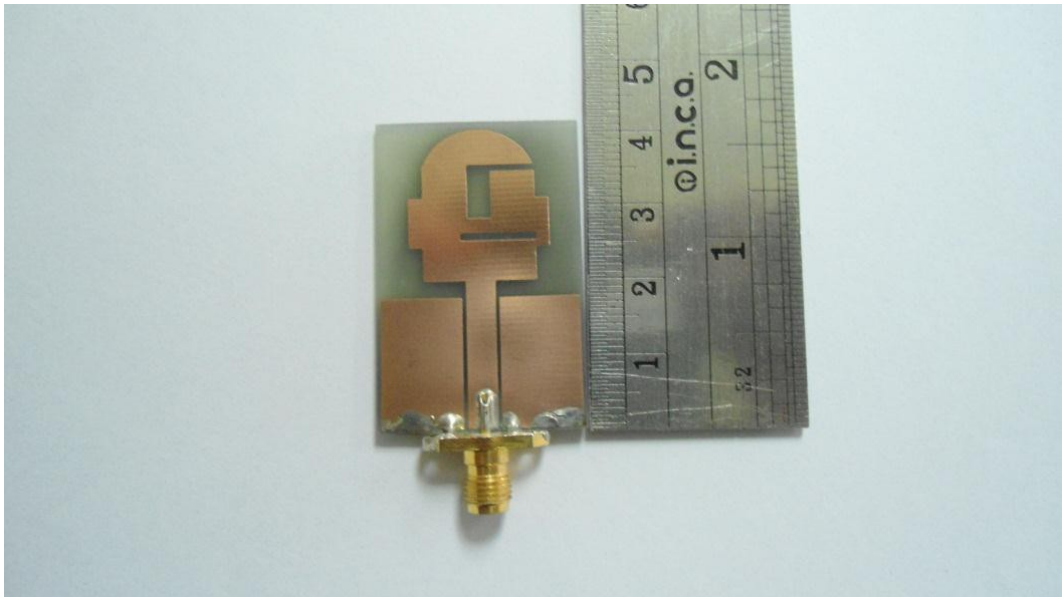
G_1	f_1 / BW(GHz)	f_2 / BW(GHz)	f_3 / BW (GHz)
0.50 mm	2.4/0.08	3.3/0.76	5.2/1.41
0.75 mm	**2.4/0.16**	**3.3/0.80**	**5.2/1.77**
0.95 mm	2.4/0.14	3.3/0.07	5.2/1.41

ผลการจำลองโดยการเปลี่ยนแปลงค่า G_1 สังเกตได้ว่าที่ค่า G_1 = 0.75 mm. นั้นจะมีค่าความสูญเสียเนื่องจากการย้อนกลับดีที่สุดและมีผลค่าความสูญเสียเนื่องจากการย้อนกลับของสายอากาศเป็นผลตอ บสนองแบบสามความถี่ และ ค่าความสูญเสียเนื่องจากการย้อนกลับของสายอากาศมีค่าต่ำกว่า - 10 dB

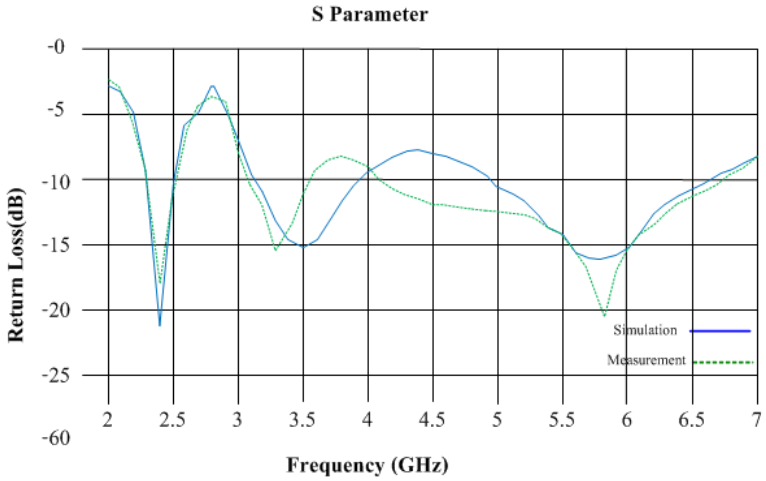
ผลการวิจัย

เมื่ อทำ การวิเคราะห์การจำลองแบบด้วยโปรแกรม IE3D จนได้ขนาดต่างๆ ของโครงสร้างสายอากาศที่เหมาะสมที่สุด นำค่าที่ไ ดัมาสร้างเป็นสายอากาศ แสดงดัง ภาพ ที่ 4 เป็นชิ้นงานจริงของสายอากาศแพทช์ ย่านความถี่สามแถบที่ป้อนด้วยสายนำสัญญาณแบบระนาบร่วม และมีค่าของสายอากาศแสดงดังนี้

W_1 = 15.00 mm.	L_1 = 15.08 mm.
W_f = 4.01 mm.	L_2 = 5.00 mm.
W = 26.11 mm.	L_3 = 7.00 mm.
G_1 = 0.75 mm.	L_f = 17.46 mm.
G_2 = 2.10 mm.	S_1 = 3.00 mm.
G = 0.37 mm.	S_2 = 0.75 mm.

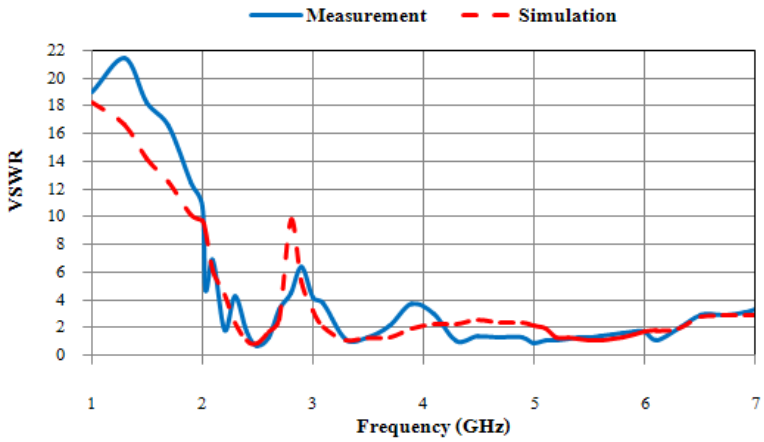


ภาพที่ 4 ชิ้นงานจริงของสายอากาศแบบระนาบร่วม



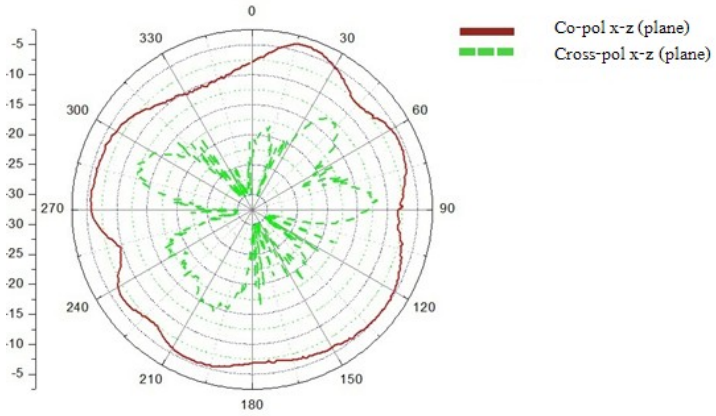
ภาพที่ 5 การเปรียบเทียบการจำลองของค่าความสูญเสียเนื่องจากการย้อนกลับ กับการวัดชิ้นงานจริงของสายอากาศ

จากภาพที่ 5 ผลที่ได้จากการวัดชิ้นงานเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการจำลองมีความแตกต่างกันที่ค่าการสูญเสียย้อนกลับ โดยจะมีความแตกต่างจากการจำลองอยู่เล็กน้อย

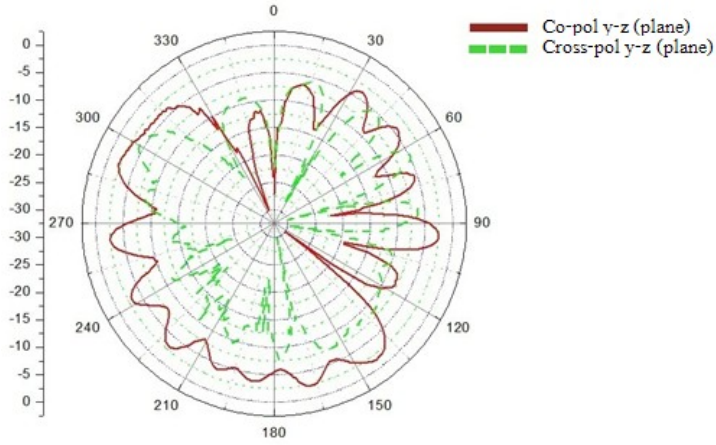


ภาพที่ 6 การเปรียบเทียบการจำลองของอัตราส่วนคลื่นนิ่งกับการวัดชิ้นงานจริงของสายอากาศ

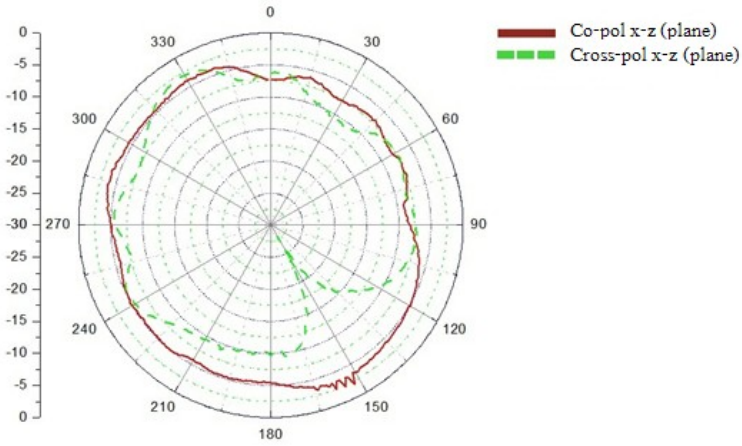
จากภาพที่ 6 ผลที่ได้จากการวัดชิ้นงานจริงเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการจำลองของอัตราส่วนคลื่นนิ่งมีความแตกต่างกันที่ความกว้างของแบนด์ วิดท์และภาพที่ 7 a) – f) แสดงผลการวัดแบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศ



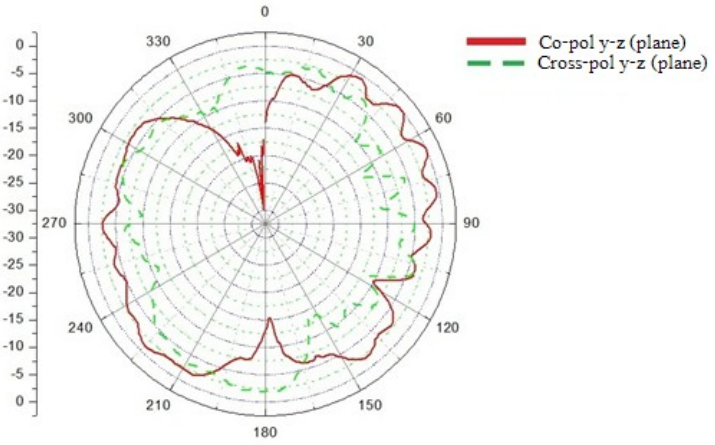
a) ความถี่ 2.4 GHz ระนาบ x-z



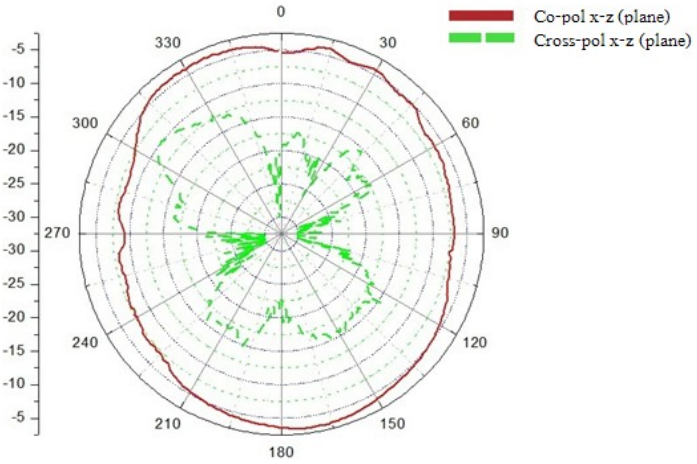
b) ความถี่ 2.4 GHz ระนาบ y-z



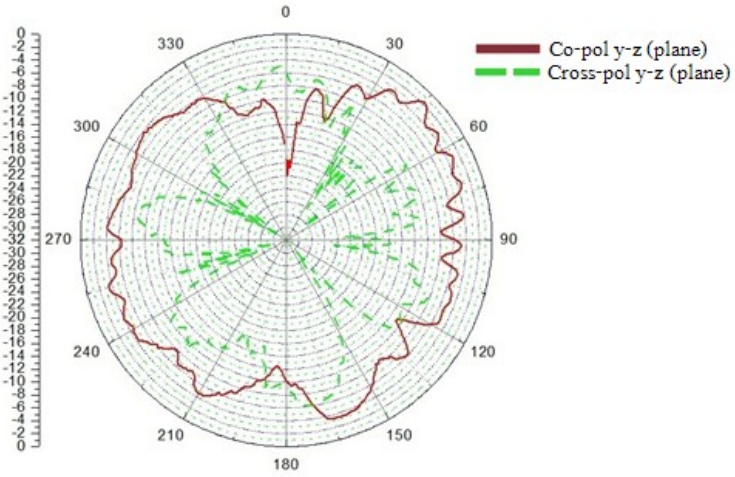
c) ความถี่ 3.3 GHz ระนาบ x-z



d) ความถี่ 3.3 GHz ระนาบ y-z



e) ความถี่ 5.2 GHz ระนาบ x-z



f) ความถี่ 5.2 GHz ระนาบ y-z

ภาพที่ 7 (a) – (f) ผลการวัดแบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศ

สรุปและวิจารณ์ผล

สายอากาศรูปแบบใหม่ความถี่สามแถบที่ป้อนด้วยสายนำสัญญาณแบบระนาบร่วม โดยอาศัยหลักการของสายอากาศแพทซ์รูปโครงแบบใหม่ที่มีการเปิดร่องทำให้เกิดการเรโซแนนซ์สามโหมดความถี่ ซึ่งผลที่ได้จากการจำลองการทำงานของค่าความสูญเสียเนื่องจากการย้อนกลับต่ำกว่า -10 dB ที่ย่านความถี่ 2.4 GHz มีแบนด์วิดท์ 0.16 GHz (2.34- 2.50 GHz), 3.3 GHz มีแบนด์วิดท์ 0.80 GHz (3.15- 3.95 GHz) และ 5.2 GHz มีแบนด์วิดท์ 1.77 GHz (4.85- 6.62 GHz) จากผลการจำล องการทำงานและทำให้เหมาะสมมากที่สุด จะพบว่าสายอากาศได้ค่าแบนด์วิดท์สูงที่สุดและจากการวัดชิ้นงานจริงด้วยเครื่องวิเคราะห์ข่ายงานไฟฟ้า (Network Analyzer) พบว่าสายอากาศรูปโครงแบบใหม่ความถี่สามแถบที่ป้อนด้วยสายนำสัญญาณแบบระนาบร่วม มีค่าความสูญเสียเนื่องจากการย้อ นกลับต่ำกว่า -10 dB ที่ความถี่ช่วงต่ำมีค่าความสูญเสียย้อนกลับต่ำสุด -18.7dB ที่ความถี่ 2.49 GHz มีแบนด์วิดท์ 0.42 GHz (2.23-2.65) ที่ความถี่กลางมีค่าความสูญเสียย้อนกลับต่ำสุด -16.1dB ที่ความถี่ 3.35 GHz มีแบนด์วิดท์ 0.28 GHz (3.23-3.51) และที่ความถี่ช่วงสูงมีค่าความสูญเสียย้อนกลับต่ำสุด - 20.5 dB ที่ความถี่ 5.81GHz มีค่าแบนด์วิดท์ 2.46 GHz (4.21-6.67 GHz)

เอกสารอ้างอิง

Agrawell, N.P., Kumar, G., and Ray, K.P. 1998. Wideband planar monopole antennas. IEEE Transaction on Antennas Propagation, AP-46: 249-251.

Archevapanichai, T. and Wakabayashi, T. 2007. E-Shaped Slot Antenna for WLAN Applications,ICCAS, October: 2854-2857.

Bahl, I.J. and Bhartia, P. 1980. Microstrip Antennas, Dedham MA, Artech house Inc.

Balanis, C.A. 1997. Antenna Theory Analysis and Design. Singapore: John wiley & Son.

Balanis, C.A. 1982. Antenna Theory. 2nd Edition, New York, John Wiley & Son, Inc.

Chen, H.C. and Chen, H.T., 2004. A CPW-Fed Dual-Frequency Monopole Antenna. IEEE transactions on antennas and propagation, April. Vol.52, No.4.

Chulvanich, C., Nakasuwan, J., Songthanapitak, N., Nantrasirichai, N. and Wakabayashi, T. 2007.Design Narrow Slot Antenna for Dual Frequency, PIERS, China, March: 1024-1028.

Eldek, A.A., Allen, C.M., Elsherbeni, A.Z., Smith, C.E. and Lee, K.F. 2002. Slot Antenna for Dual and Wideband Operation in Wireless Communication Systems. IEEE Antenna's and Propagation Magazine, Vol.44.

Hammerstad, E.O. 1975. Equation for Microstrip Circuit Design, 5th IEEE Europe Microwave Conference: 268-272.

Horita A. and Iwasaki H. 2005. Planar Trapezoid Dipole Antenna with Ultra Wideband Characteristic, IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium, Vol. 2B: 540-543.

Sari-Kha, K., Akkaraektharin, P. and Vivek, V. 2006. A Broadband CPW-fed Equilateral Hexagonal Slot Antenna.*International Symposium on Communications and Information Technologies*, Bangkok: 783-786.

Sze, J.Y., Wong,K.- L. 2001. Bandwidth enhancement of a microtrip – Line Fed PrintedWideslotantenna. IEEE Antennas and Wireless Propagation, Vol. 49: 1020-1024.