



รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 5
สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

การออกแบบสายอากาศแบบโมโนโพลสำหรับใช้งานย่านระบบการสื่อสาร UWB
Design of Monopole Antenna for Ultra-wideband
Communication Systems

เทพ เกื้อทวีกุล

Thep Kueathaweekun

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอสายอากาศแบบโมโนโพลสำหรับระบบการสื่อสาร UWB โดยโครงสร้างของสายอากาศประกอบด้วย ช่องเปิดรูปสี่เหลี่ยมที่มีการตัดเหลี่ยมทั้งสี่ด้าน และมีระนาบกราวด์อีกด้านและป้อนด้วยสายส่งสัญญาณแบบไมโครสตริป ในการจำลองโครงสร้างสายอากาศได้ของนำวิธีระเบียบวิธีโมเมนต์ด้วยโปรแกรม IE3D มาใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างของสายอากาศ ซึ่งจะทำการวิเคราะห์พารามิเตอร์ของสายอากาศบางตัวเพื่อดูคุณสมบัติของสายอากาศ ประกอบด้วย การสูญเสียย้อนกลับ (S_{11}) แบนด์วิดท์ อินพุตอิมพีแดนซ์ (Z_{in}) อัตราส่วนแรงดันคลื่นนิ่ง (VSWR) และแบบรูปการแผ่พลังงานสนามระยะไกล ตามลำดับ ผลที่ได้จากการจำลองได้แบนด์วิดท์เท่ากับ 6.21 GHz ครอบคลุมแถบความถี่ตั้งแต่ 2.97 GHz-9.18 GHz การสื่อสารโดยแบบรูปการแผ่พลังงานสนามระยะไกลเป็นแบบสองทิศทาง

คำสำคัญ : สายอากาศโมโนโพล/การสื่อสาร UWB/การขยายแบนด์วิดท์

Abstract

In this paper, design of monopole antenna for ultra-wideband systems is presented. The proposed antenna consists of a rectangular shaped with cutting strip at four edges of rectangular monopole at the microstrip line and ground plane in another side. The proposed antenna is analyzed by using IE3D Software. The simulations results of the slot antenna can be obtained the impedance bandwidth of 6.21 GHz coverage the frequency band at 2.97 GHz-9.18 GHz for UWB operations. The radiation patterns of the proposed antenna in x-y plane and x-z plane the H-plane are omni-directional and bi-directional.

Keywords : Monopole antenna/ UWB communication/bandwidth enhancement



รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 5 สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกาฬงเพชร

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายได้รับความนิยมใช้งานกันอย่างแพร่หลายมากขึ้น จึงเป็นเหตุให้การสื่อสารไร้สายได้ถูกพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เช่น สมาร์ทโฟน คอมพิวเตอร์แบบพกพา (Notebook) ไอแพด (Ipad) เป็นต้น และล้วนแต่ต้องมี สายอากาศเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการเชื่อมต่อแบบไร้สายเพื่อใช้ในการรับส่งข้อมูลหรือกระจายสัญญาณ ซึ่งสายอากาศที่นำมาใช้จะต้องรองรับกับเทคโนโลยีไร้สายต่าง ๆ ตามมาตรฐานที่นิยมใช้กันโดยทั่วไป เทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายแบบแถบกว้างยิ่งยวด (Ultra-wideband: UWB) เป็นเทคโนโลยีหนึ่งที่ได้รับคามนิยมนำมาใช้งานในย่านการสื่อสารไร้สายระดับบุคคล (Wireless Personal Area Network: WPAN) เนื่องจาก มีความเร็วในการรับส่งข้อมูลสูง และมีแบนด์วิดท์ที่กว้างมาก การสื่อสาร UWB ถูกกำหนดโดยคณะกรรมการการสื่อสารแห่งอเมริกา (Federal Communications Commission: FCC) (FCC, 2002) มีแบนด์วิดท์เท่ากับ 7.5 GHz ครอบคลุมย่านความถี่ 3.1-10.60 GHz ตามลำดับ ซึ่งการสื่อสารนี้มีข้อดีคือมีการส่ง-รับข้อมูลประมาณ 500 Mbps ในระยะ 10 เมตร ดังนั้นเทคโนโลยีนี้จึงมีความน่าสนใจในการออกแบบและพัฒนาสายอากาศเพื่อนำมาใช้ในการสื่อสารนี้ และได้มีนักวิจัยทำการออกแบบและพัฒนาสายอากาศ เช่น การออกแบบสายอากาศความถี่เดี่ยว และสองความถี่สำหรับการสื่อสารไร้สายในมาตรฐานของ IEEE 802.11 a/b/g/j และ IEEE 802.16d (W. Kueathaweekun, N. Anantrasirichai, J. Nakasuwan, and T. Wakabayashi, (2007), (Shih-Huang and W. Kin-Lu, 2002), (H. D. Chen, J. S. Chen, and Y. T. Cheng, 2003), (C. Horng-Dean, 2003), (Sanchita, B., Srivastava, A. and Goswami, A., 2013) มีการออกแบบสายอากาศที่ต้องการให้มีแบนด์วิดท์ที่กว้างมากขึ้น เพื่อสามารถนำไปใช้กับย่านการสื่อสารแบบแถบกว้างยิ่งยวด (UWB) ซึ่งก็มีหลาย ๆ งานวิจัยได้นำเสนอการออกแบบสายอากาศสำหรับการสื่อสารย่านการสื่อสารแบบแถบกว้างยิ่งยวด (UWB) ที่มีขนาดค่อนข้างใหญ่ (F. G. Kharakhili, M. Fardis, G. Dadashzadeh, and A. Ahmadi, 2007), (A. Dastranj, A. Imani, and M. NaserMoghaddasi, 2008), (A. Dastranj and A. Imani, 2010), (Pratap N. Shinde and Jayashree P. Shinde, 2015) ซึ่งสายอากาศที่ได้นำเสนอยังมีข้อจำกัดคือ สายอากาศมีโครงสร้างที่ค่อนข้างใหญ่ และมีความซับซ้อนค่อนข้างมาก ดังนั้นจึงต้องมีการพัฒนาสายอากาศที่มีโครงสร้างที่ไม่ซับซ้อนและง่ายต่อการทำแมทซ์อิมพีแดนซ์ ดังนั้นสายอากาศที่ถูกนำเสนอในงานวิจัยฉบับนี้จึงเป็นสายอากาศแบบโมโนโพลที่มีโครงสร้างไม่ซับซ้อน ราคาถูก และง่ายในการสร้าง รองรับกับย่านความถี่แบบแถบกว้างยิ่งยวด (UWB)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ออกแบบและพัฒนาสายอากาศแบบโมโนโพลสำหรับการสื่อสารแบบแถบกว้างยิ่งยวด (Ultra-wideband: UWB)

ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยฉบับนี้นำเสนอออกแบบและพัฒนาสายอากาศแบบโมโนโพลสำหรับการสื่อสารแบบแถบกว้างยิ่งยวด (Ultra-wideband: UWB) โดยนำวิธีระเบียบวิธีโมเมนต์ด้วยโปรแกรม IE3D มาใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างของสายอากาศ ซึ่งจะทำการวิเคราะห์พารามิเตอร์ของสายอากาศบางตัวเพื่อดูคุณสมบัติของสายอากาศ ประกอบด้วย การสูญเสียย้อนกลับ (S_{11}) แบนด์วิดท์ อินพุตอิมพีแดนซ์ (Z_{in}) อัตราส่วนแรงดันคลื่นนิ่ง (VSWR) และแบบรูปการแพร่พลังงานสนามระยะไกล ตามลำดับ

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. ออกแบบและพัฒนาสายอากาศแบบโมโนโพลสำหรับการสื่อสารแบบแถบกว้างยิ่งยวด (Ultra-wideband: UWB)



รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 5
สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

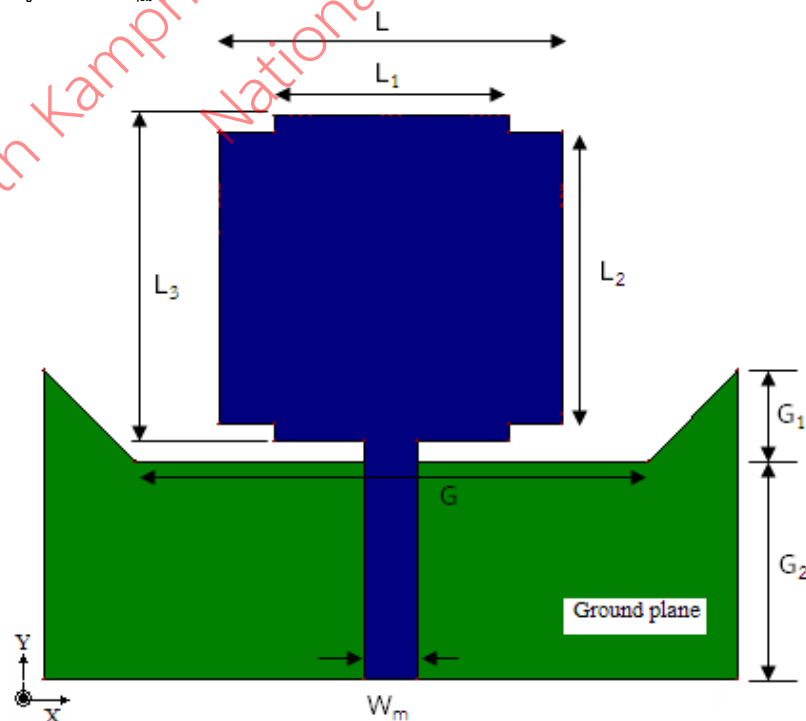
การออกแบบและพัฒนาสายอากาศแบบโมโนโพลสำหรับการสื่อสารแบบแถบกว้างยิ่งยวด (Ultra-wideband: UWB) เริ่มต้นจากการเลือกชนิดของวัสดุฐานรอง (Substrate) และความหนาของวัสดุฐานรอง (h) เพื่อนำคุณสมบัติดังกล่าวมาใช้ในการคำนวณหาความกว้างของ W_m และความยาวคลื่นสัมพันธ์ (λ_g) (Balanis, A. C., 2005) เพื่อออกแบบความถี่เรโซแนนซ์ที่ต้องการ ซึ่งในงานวิจัยฉบับนี้เลือกใช้วัสดุฐานรอง (Substrate) FR4 โดยมีค่าคุณสมบัติ ดังนี้คือ ค่าคงตัวไดอิเล็กตริก (ϵ_r) เท่ากับ 4.5 ค่า Loss tangent เท่ากับ 0.02 และความหนาของวัสดุฐานรอง (h) เท่ากับ 1.6 มิลลิเมตร ตามลำดับ เพื่อนำมาคำนวณความยาวรวมทั้งหมดของวงรอบช่องเปิด การออกแบบสายอากาศในบทความนี้จะเริ่มทำการออกแบบที่ความถี่แรก คือ ความถี่ 3.0 GHz โดยค่าความยาวที่ทำการคำนวณจาก (1)-(3) ซึ่งจะมีการอ้างอิงกับความยาวคลื่นสัมพันธ์ (λ_g) เพื่อให้ได้ความถี่ที่ต้องการ

$$\lambda_g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{eff}}} \quad (1)$$

$$\lambda_0 = \frac{c}{f} \quad (2)$$

$$\epsilon_{eff} \approx \frac{\epsilon_r + 1}{2} \quad (3)$$

เมื่อ c คือ ความเร็วของแสง (3×10^8 เมตร/วินาที) λ_g คือ ความยาวคลื่นสัมพันธ์ f คือ ความถี่เรโซแนนซ์ที่ต้องการ ϵ_{eff} คือ ค่าคงตัวไดอิเล็กตริกสัมพันธ์ ϵ_r คือ ค่าคงตัวไดอิเล็กตริกของวัสดุฐานรอง h คือ ความหนา (สูง) ของวัสดุฐานรอง



ภาพที่ 1 โครงสร้างของสายอากาศแบบโมโนโพล



รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 5 สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

ในการออกแบบสายอากาศจะเริ่มต้นจากการคำนวณค่าความยาวคลื่นกับความกว้างของสายส่งสัญญาณได้แล้ว โดยความถี่ที่นำมาทำออกแบบคือ 3 GHz ลำดับแรกเป็นการออกแบบสายอากาศโมโนโพล และทำการศึกษาวิเคราะห์ ขยายแบนด์วิดท์ให้มากขึ้น ลำดับที่สองทำการปรับสี่เหลี่ยม (Rectangular Stub) ให้มากขึ้นโดยทำการตัดขอบทั้งสี่ด้าน ออกเพื่อเพิ่มแบนด์วิดท์ให้มากขึ้น (Cross Stub or Double Rectangular Stub) และวิเคราะห์คุณสมบัติของ สายอากาศ เพื่อให้สามารถขยายแบนด์วิดท์ให้มากขึ้นครอบคลุมแถบความถี่ในย่าน UWB ในการออกแบบและพัฒนา สายอากาศในงานวิจัยฉบับนี้มีพารามิเตอร์สำคัญแสดงในภาพที่ 1 และค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดของการออกแบบ สายอากาศนี้ได้แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 พารามิเตอร์ของสายอากาศแบบโมโนโพล

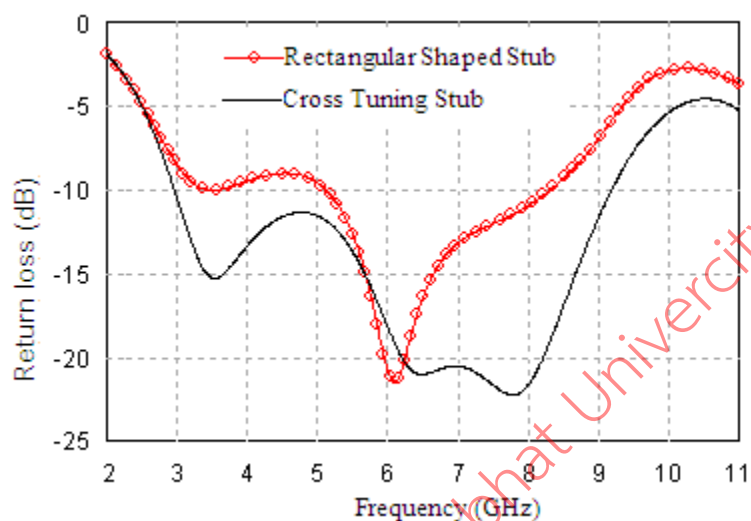
พารามิเตอร์	ขนาด (มิลลิเมตร)
ความยาวของสายอากาศโมโนโพลด้านนอก (L)	19 มิลลิเมตร
ความยาวของสายอากาศโมโนโพลด้านใน (L_1)	13 มิลลิเมตร
ความกว้างของสายอากาศโมโนโพลด้านใน (L_2)	16 มิลลิเมตร
ความกว้างของสายอากาศโมโนโพลด้านนอก (L_3)	18 มิลลิเมตร
ความยาวระนาบกราวด์ด้านบน (G)	28.4 มิลลิเมตร
ความกว้างระนาบกราวด์ด้านบน (G_1)	5 มิลลิเมตร
ความกว้างระนาบกราวด์ด้านล่าง (G_2)	12 มิลลิเมตร
ความกว้างของสายส่งสัญญาณแบบไมโครสริปไลน์ (W_m)	3.0 มิลลิเมตร
ค่าคงตัวไดอิเล็กตริกของวัสดุฐานรอง (ϵ_r)	4.5
ความหนาของวัสดุฐานรอง (h)	1.6 มิลลิเมตร

2. ผลการจำลองของการออกแบบและพัฒนาสายอากาศสายอากาศแบบโมโนโพลสำหรับการสื่อสารแบบ แถบกว้างยิ่งยวด (Ultra-wideband: UWB)

จากผลการศึกษาวิเคราะห์สายอากาศสายอากาศแบบโมโนโพลเพื่อใช้งานย่านการสื่อสารไร้สาย UWB ซึ่งใน การจำลองเพื่อศึกษาวิเคราะห์คุณสมบัติของสายอากาศ ได้นำระเบียบวิธีโมเมนต์ด้วยโปรแกรม IE3D (Zeland Software, 2010) มาใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างของสายอากาศ และทำการศึกษาพารามิเตอร์ของสายอากาศบางตัว เพื่อดูคุณสมบัติของสายอากาศ ประกอบด้วย การสูญเสียย้อนกลับ (S_{11}) แบนด์วิดท์ อินพุตแมตซ์ (Z_{in}) อัตราส่วนแรงดันคลื่นนิ่ง (VSWR) และแบบรูปการแพร่พลังงานสนามระยะไกล ตามลำดับ

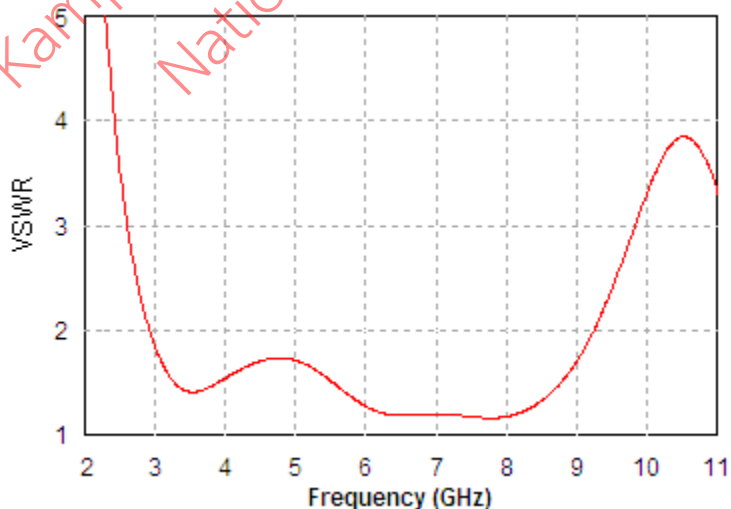


รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 5
สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร



ภาพที่ 2 การสูญเสียย้อนกลับ (S_{11}) ของสายอากาศแบบโมนโพล

จากภาพที่ 2 แสดงผลการจำลองค่าการสูญเสียย้อนกลับ (S_{11}) ในกรณีคือ สตับรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า (Rectangular Shaped stub) และสตับรูปกากบาท หรือสี่เหลี่ยมซ้อนกันสองรูป โดยผลที่ได้จากการจำลองในกรณีแรกที่มีค่าการสูญเสียย้อนกลับต่ำกว่า -10 dB อยู่ในช่วง -10 dB ถึง -22.21dB ครอบคลุมแถบความถี่ตั้งแต่ 3.3-8.26 GHz และในกรณีที่สองค่าการสูญเสียย้อนกลับต่ำกว่า -10 dB อยู่ในช่วง -10 dB ถึง -21.21dB ครอบคลุมแถบความถี่ตั้งแต่ 2.97-9.18 GHz ดังแสดงในภาพที่ 2 ซึ่งการทำปรับปรุงนี้จะได้แบนด์วิดท์เท่ากับ 0.9 GHz ตามลำดับ

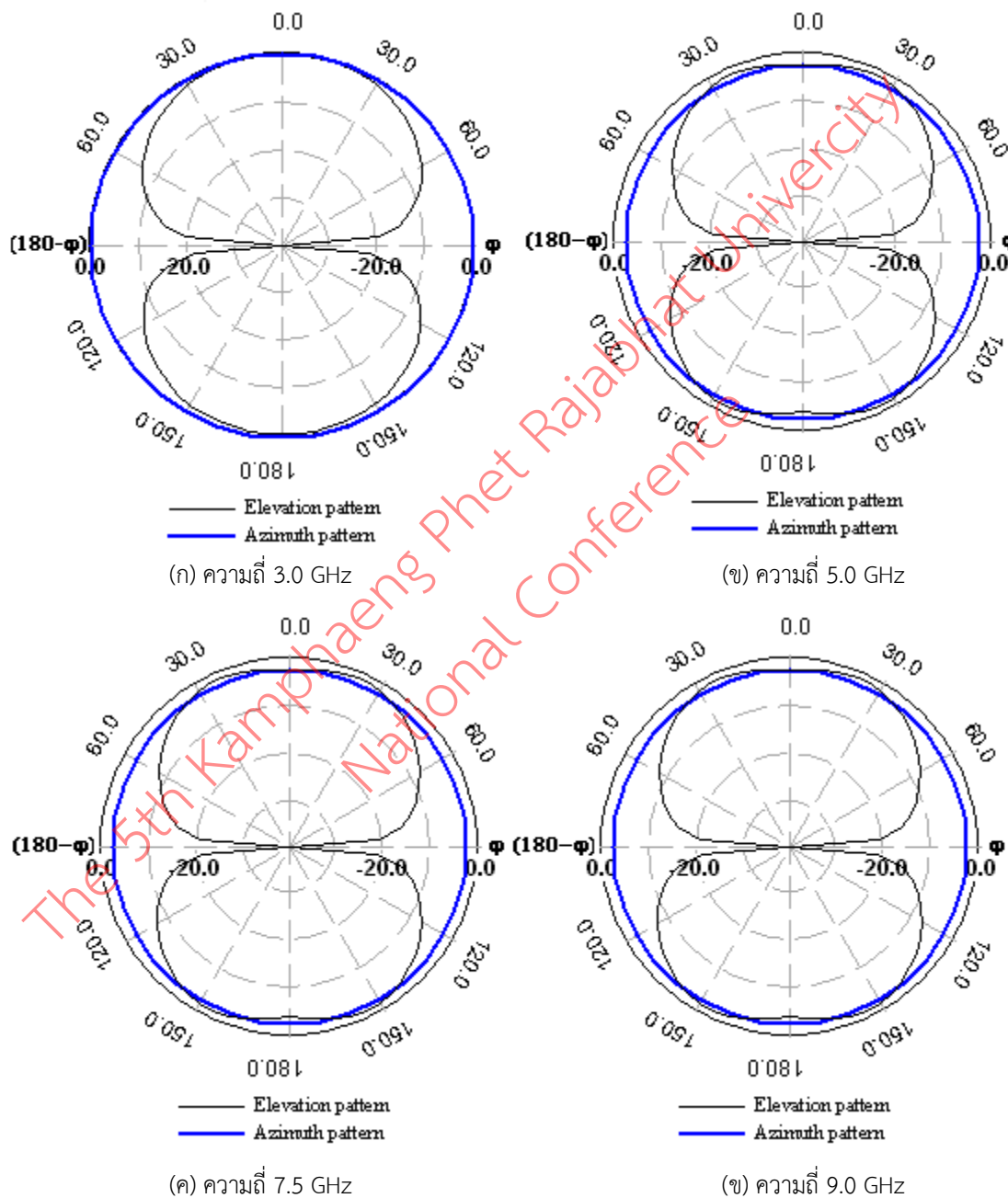


ภาพที่ 3 อัตราส่วนแรงดันคลื่นนิ่ง (VSWR) ของสายอากาศแบบโมนโพล



รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 5
สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

อัตราส่วนแรงดันคลื่นนิ่ง (VSWR) ที่แสดงในภาพที่ 3 จะมีค่าอยู่ในช่วง 1-2 ซึ่งครอบคลุมแถบความถี่ตั้งแต่ 2.97-9.18 GHz ดังแสดงในภาพที่ 3 ซึ่งเป็นแถบความถี่ที่สามารถนำไปใช้งานในย่าน UWB ได้อย่างมีประสิทธิภาพ



ภาพที่ 4 แบบรูปการแผ่พลังงานสนามระยะไกลของสายอากาศแบบโมนิโพล

จากภาพที่ 4 แสดงแบบรูปการแผ่พลังงานสนามระยะไกลของสายอากาศช่องเปิดที่ความถี่ 3.0 GHz ที่ความถี่ 5.0 GHz ความถี่ 7.5 GHz และที่ความถี่ 9.0 GHz จากผลการจำลองแบบรูปการแผ่พลังงานสนามระยะไกลใน



รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 5
สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

ระนาบ azimuth (xy-plane) เป็นแบบรอบทิศทาง (Omni-directional) และระนาบ elevation (xz-plane) เป็นแบบสองทิศทาง (bi-directional)

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การออกแบบสายอากาศแบบโมโนโพลสำหรับใช้งานย่านระบบการสื่อสาร UWB โดยทำการจำลองโครงสร้างสายอากาศได้ของนำวิธีระเบียบวิธีโมเมนต์ด้วยโปรแกรม IE3D จากผลการจำลองผลที่ได้แบนด์วิดท์ครอบคลุมแถบความถี่ตั้งแต่ 2.97-9.18 GHz เพื่อนำไปใช้งานย่านการสื่อสาร UWB โดยแบบรูปการแผ่พลังงานสนามระยะไกลเป็นแบบสองทิศทาง

เอกสารอ้างอิง

- Balanis, A. C. (2005). **Antenna Theory Analysis and Design**. John Wiley & Sons, Inc.
- Chavan, A. S., Pragnesh, N. S. and Seema, M. (2013). Analysis of Dual Frequency Microstrip Antenna Using Shorting Wall. **International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering**, 3, 578-582.
- Chulvanich, C., Nakasuwan, J., Songthanapitak, N., Anantrasirichai, N. and T. Wakabayashi. (2007). Design Narrow Slot Antenna for Dual Frequency. **PIERS**, 3, 1024-1028.
- Dastranj, A., Imani, A. and M. Naser-Moghaddasi. (2008). Printed Wide-Slot Antenna for Wideband Applications. **IEEE Trans. Antennas Propag.**, 56, 3097-3102.
- Dastranj, A. and Imani, A. (2010). Bandwidth Enhancement of Printed E-Shaped Slot Antenna Fed by CPW and Microstrip Line. **IEEE Trans. Antennas Propag.**, 58,1402-1407.
- Kueathaweekun, W., Anantrasirichai N., Nakasuwan, J. and Wakabayashi, T. (2007). Broadband Slot Antenna Fed by Microstrip Line. **The International conference on Engineering, Applied Sciences, and Technology (ICEAST)**, 21-23 November, Thailand.
- Pratap N. Shinde & Jayashree P. Shinde. (2015). Design of compact pentagonal slot antenna with bandwidth enhancement for multiband wireless applications. **Int. J. Electron. Commun. (AEU)**, 69, 1489-1494.
- Sanchita, B., Srivastava, A. and Goswami, A. (2013). Dual Frequency Hexagonal Microstrip Patch Antenna. **International Journal of Scientific and Research Publications**, 3, 1-9.
- Zeland Software, Inc., IE3D, New York.