

การออกแบบสายอากาศเจโพล

J-Pole Antenna Design

สุวลักษณ์ มีสมกลิ่น* และเวช วิเวก

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1518 ถนนพินิจสงคราม บางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800 โทรศัพท์ 02-9132500 ต่อ 8519 โทรสาร 02-5857350

E-mail: pinkkmutnb@hotmail.com, vvv@kmutnb.ac.th

บทคัดย่อ

บทความวิชาการนี้นำเสนอเกี่ยวกับการออกแบบรวมทั้งการจำลองการทำงานของสายอากาศแบบเจโพล ซึ่งเป็นสายอากาศที่มีการพัฒนามาจากสายอากาศแบบไดโพลโดยสมบัติของสายอากาศที่ได้พัฒนานี้จะมีข้อดีที่เพิ่มขึ้นในด้านต่างๆ คือ น้ำหนักเบา ง่ายต่อการออกแบบ สามารถแผ่กระจายคลื่นรอบทิศทาง (Omni-directional) มีค่า VSWR ที่ใกล้เคียง 1 สายอากาศชนิดนี้นิยมใช้มากในงานวิทยุสมัครเล่น การออกแบบสายอากาศชนิดนี้กำหนดความถี่ปฏิบัติการเป็น 900 MHz แบนด์วิดท์ 118.96 MHz ซึ่งเป็นการเพิ่มความถี่ในย่าน GSM ผลการจำลองการทำงานด้วยโปรแกรม CST Studio Suite 2010 พบว่าสายอากาศแบบเจโพลมีประสิทธิภาพดีกว่าสายอากาศแบบไดโพล

คำสำคัญ: สายอากาศแบบเจโพล เจโพล

Abstract

This paper presents the design and simulation of J-pole Antenna, which is a further development of the half wave Dipole. This J-pole Antenna has better physical and radiation characteristics such as light weight, easy to design, omni-directional pattern, near perfect VSWR 1.0. It is very popular among amateur radio. The antenna is designed to operate at 900MHz frequency, within the GSM band. The operating bandwidth is 118.96 MHz. It is

found from simulation using CST Studio Suite 2010 that the J-pole antenna has better performance than the Dipole antenna.

Keywords: J-Pole Antenna, J-Pole

1. บทนำ

เทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายในปัจจุบันมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อรองรับปริมาณการใช้งานที่เพิ่มขึ้นของระบบการสื่อสารไร้สายในปัจจุบัน ไม่ว่าจะเป็น อินเทอร์เน็ตไร้สาย (WLAN) โทรศัพท์มือถือในย่านความถี่ต่างๆ หรือแม้กระทั่งการสื่อสารผ่านดาวเทียม การใช้งานดังที่ได้กล่าวมาในการรับส่งข้อมูลการสื่อสารต่างๆ ส่วนที่มีความสำคัญไม่น้อยกว่าส่วนอื่นในระบบสื่อสารคือสายอากาศ (Antenna) เนื่องจากมีหน้าที่เป็นภาครับและส่งสัญญาณข้อมูลระหว่างเครื่องส่งและเครื่องรับ สายอากาศมีหลายรูปแบบเพื่อการใช้งานที่หลากหลายตามความต้องการที่แตกต่างกัน

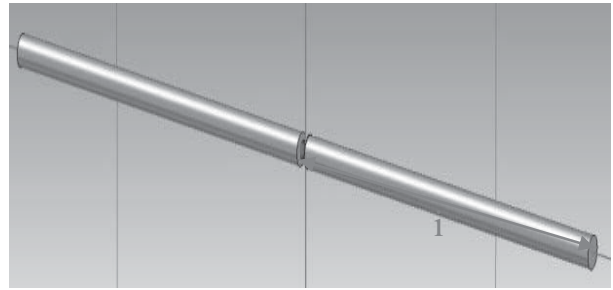
บทความนี้เสนอการออกแบบสายอากาศไดโพลแบบครึ่งความยาวคลื่น ซึ่งมีข้อดีคือออกแบบง่าย มีการแผ่กระจายคลื่นแบบรอบทิศทาง มีอัตราขยายที่มากกว่าสายอากาศไดโพลแบบหนึ่งส่วนสี่ความยาวคลื่น และได้พัฒนาเพื่อให้มีสมบัติที่ดีขึ้นเป็นสายอากาศแบบ เจโพล โดยสายอากาศชนิดนี้นอกจากความง่ายในการออกแบบแล้ว ยังมีการแผ่กระจายคลื่นแบบรอบทิศทาง (Omni directional) [1-2] และมีน้ำหนักเบา ได้รับการพัฒนาเป็นครั้งแรกเพื่อใช้บนบอลูน สมบัติที่โดดเด่นคือ มีค่า VSWR ที่เข้าใกล้ 1 ซึ่ง

หมายความว่าไม่เกิดการสูญเสียทั้งในภาคส่งและภาครับหรือกล่าวได้ว่าทำให้ประสิทธิภาพการส่งผ่านกำลังงานคลื่นเกือบเต็ม 100%

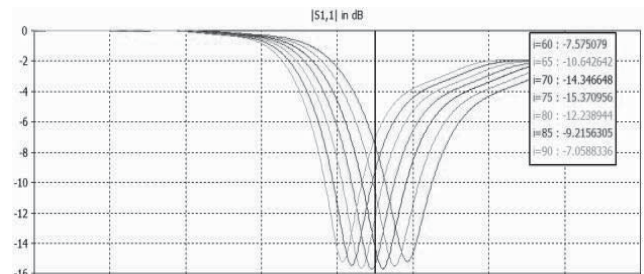
2. การออกแบบสายอากาศไดโพล

การออกแบบสายอากาศที่ดีจะช่วยทำให้ประสิทธิภาพโดยรวมของระบบดีขึ้น [3 - 4] การออกแบบจึงมีความสำคัญอย่างมาก ขึ้นแรกจำเป็นต้องเลือกย่านความถี่ที่สนใจก่อน ในที่นี้สนใจที่ความถี่ 900 MHz ค่าความยาวคลื่น (λ) ณ ความถี่นี้เป็น 333.33 มิลลิเมตร จึงเลือกออกแบบสายอากาศไดโพลแบบครึ่งความยาวคลื่น ($l = \lambda/2$) เนื่องจากค่าความต้านทานการแผ่กระจายคลื่นของไดโพลมีค่าเป็น $73 + j42.5$ โอห์ม ในการใช้งานจริงจะทำให้เกิดการแมตชิ่งเฉพาะที่ความถี่เรโซแนนซ์ เพื่อทำให้ค่าจินตภาพ (j) หดไป โดยการปรับขนาดความยาวของไดโพลลงให้น้อยกว่าครึ่งความยาวคลื่น ($l < \lambda/2$)

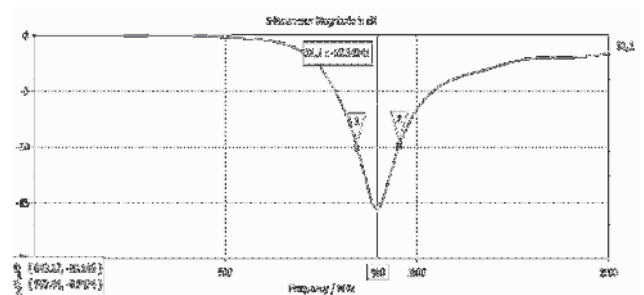
รูปที่ 1 แสดงลักษณะของไดโพลแบบครึ่งความยาวคลื่นที่ได้ออกแบบไว้โดยให้รัศมีของลวดทองแดงเท่ากับ 2 มิลลิเมตร ความยาวของไดโพล แต่ละด้านกำหนดให้มีความยาว i ซึ่งเมื่อจำลองผลการทำงานด้วยโปรแกรม CST Studio Suite 2010 โดยการปรับค่าพารามิเตอร์ความยาว i เพื่อหาค่าเหมาะสมที่สุดดังรูปที่ 2 จะพบว่าเมื่อปรับค่าความยาว i จะเกิดการเปลี่ยนแปลงต่อความถี่ คือเมื่อลดขนาดความยาว i ลงความถี่ที่ได้จะเพิ่มขึ้น ตรงกันข้าม ถ้าต้องการลดความถี่ลงต้องเพิ่มความยาว i จะเห็นได้ว่าค่าความยาว i แปรผกผันกับค่าความถี่นั่นเอง การจำลองผลการทำงานดังกล่าวทำให้พบว่าที่ความถี่ 900 MHz ได้ค่าความยาวที่เหมาะสมที่สุดคือ ยาวด้านละ 75.3 มิลลิเมตร มีค่าการสูญเสียย้อนกลับ (S_{11}) เท่ากับ -15.5431 dB มีค่าแบนด์วิดท์เท่ากับ 110.67 MHz แสดงได้ดังรูปที่ 3 และมีรูปแบบการแผ่กระจายคลื่นแบบรอบทิศทาง (Omni-directional) ดังแสดงในรูปที่ 4 ซึ่งมีค่าอัตราขยาย (Gain) เท่ากับ 2.005 dB จึงสรุปได้ว่าสายอากาศแบบไดโพลออกแบบง่าย มีรูปแบบการแผ่กระจายคลื่นแบบรอบทิศทาง



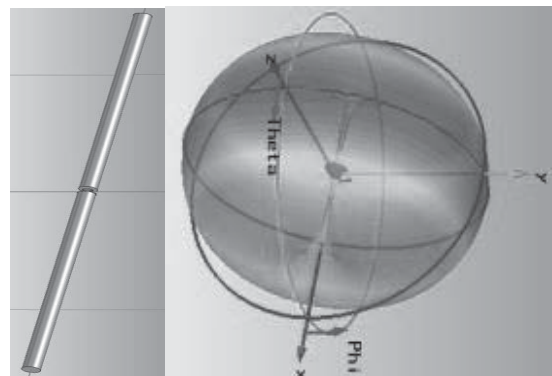
รูปที่ 1 สายอากาศไดโพลแบบครึ่งความยาวคลื่น



รูปที่ 2 ค่าการสูญเสียย้อนกลับเมื่อปรับระยะ i ของสายอากาศแบบไดโพล



รูปที่ 3 ผลการจำลองผลการทำงานของสายอากาศแบบไดโพล

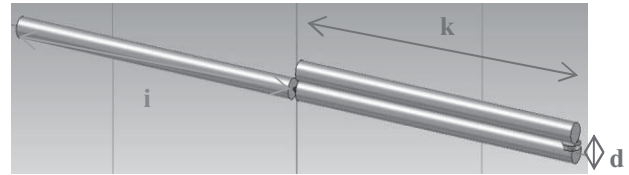


รูปที่ 4 การแผ่กระจายคลื่นของสายอากาศแบบไดโพล

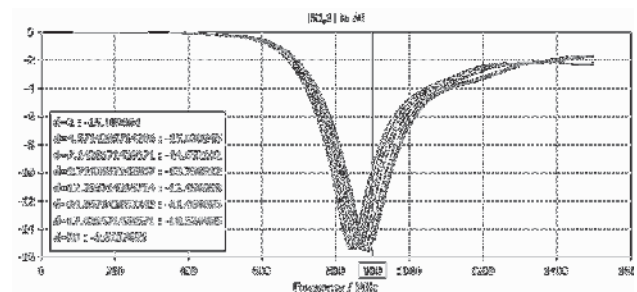
3. การออกแบบสายอากาศเจโพล

เมื่อได้ออกแบบสายอากาศไคโพลแบบครึ่งความยาวคลื่นแล้ว สามารถนำสายอากาศไคโพลแบบครึ่งความยาวคลื่นมาพัฒนาเป็นสายอากาศแบบเจโพลต่อไปได้ดังแสดงในรูปที่ 5 ลักษณะของเจโพลที่ได้มีรัศมีของหลอดทองแดงเท่ากับ 2 มิลลิเมตรและความยาวของไคโพลแต่ละด้านกำหนดให้มีพารามิเตอร์ i และ k ซึ่งยาวด้านละ 75.3 มิลลิเมตร มีระยะห่าง d เป็นระยะห่างระหว่างไคโพลกับหลอดทองแดงอีกด้าน นำพารามิเตอร์ดังกล่าวไปจำลองผลการทำงานด้วยโปรแกรม CST Studio Suite2010 โดยทำการปรับค่าพารามิเตอร์ระยะห่าง d ดังแสดงในรูปที่ 6 เพื่อหาระยะที่เหมาะสมพบว่าระยะห่าง d มีผลต่อความถี่เพียงอย่างเดียวไม่มีผลต่อค่าการสูญเสียย้อนกลับ โดยจะพบว่าถ้าปรับระยะห่าง d จะเกิดการเปลี่ยนแปลงต่อความถี่ คือเมื่อลดระยะห่าง d ลง ความถี่ที่ได้จะเพิ่มขึ้น ตรงกันข้าม ถ้าเพิ่มระยะห่าง d จะทำให้ความถี่ลดลง ดังนั้นจะเห็นได้ว่าค่าระยะห่าง d แปรผกผันกับค่าความถี่นั่นเอง รูปที่ 7 แสดงผลการปรับพารามิเตอร์ความยาว i จะพบว่าถ้าปรับความยาว i จะเกิดการเปลี่ยนแปลงต่อความถี่ คือเมื่อลดขนาดความยาว i ลง ความถี่ที่ได้จะเพิ่มขึ้น ตรงกันข้าม ถ้าต้องการลดความถี่ลงต้องเพิ่มความยาว i จะเห็นได้ว่าค่าความยาว i แปรผกผันกับค่าความถี่นั่นเอง เช่นเดียวกับรูปที่ 8 ซึ่งแสดงผลการปรับพารามิเตอร์ k เพื่อหาความยาวที่เหมาะสม โดยจะพบว่าถ้าเพิ่มหรือลดความยาว k จะเกิดการเปลี่ยนแปลงต่อความถี่ คือเมื่อลดขนาดความยาว k ลง ความถี่ที่ได้จะเพิ่มขึ้น ตรงกันข้าม ถ้าต้องการลดความถี่ลงต้องเพิ่มความยาว k จะเห็นได้ว่าค่าความยาว k แปรผกผันกับค่าความถี่นั่นเอง การจำลองผลการทำงานดังกล่าวพบว่าความยาว i และ k ที่เหมาะสมเท่ากับ 75.3 มิลลิเมตร ($i = k$) ทำให้พบว่าที่ความถี่ 900 MHz จะมีค่าการสูญเสียย้อนกลับ (s_{11}) เท่ากับ -15.176099 dB มีค่าแบนด์วิดท์เท่ากับ 118.96 MHz แสดงได้ดังรูปที่ 9 และมีลักษณะรูปแบบการแผ่กระจายคลื่นแบบรอบทิศทาง (Omnidirectional) ดังแสดงในรูปที่ 10 ซึ่งมีค่าอัตราขยาย (Gain) เท่ากับ 2.187 dB สรุปได้ว่าสายอากาศแบบเจโพลออกแบบง่าย มีรูปแบบการแผ่กระจายคลื่นแบบรอบทิศทาง แต่มีค่าการ

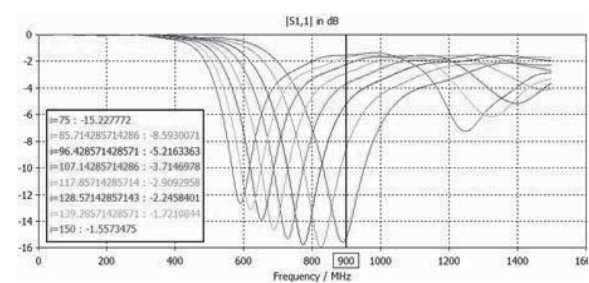
สูญเสียย้อนกลับที่น้อยกว่าไคโพล และมีอัตราขยายที่ดีกว่าไคโพล ส่งผลให้มีประสิทธิภาพที่ดีกว่าไคโพลนั่นเอง



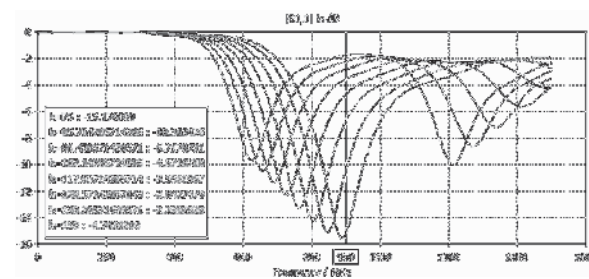
รูปที่ 5 สายอากาศแบบเจโพล



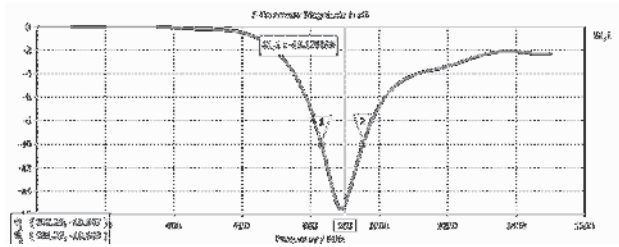
รูปที่ 6 ค่าการสูญเสียย้อนกลับเมื่อปรับระยะห่าง d ของสายอากาศแบบเจโพล



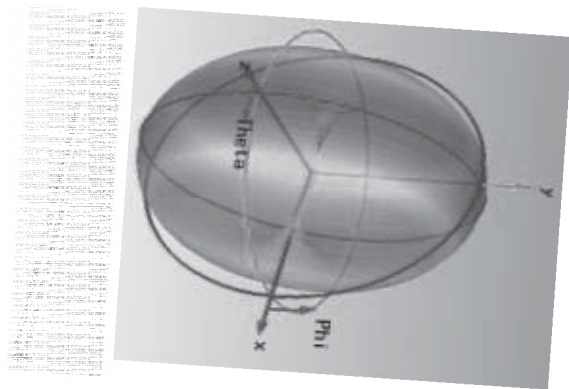
รูปที่ 7 ค่าการสูญเสียย้อนกลับเมื่อปรับระยะ i ของสายอากาศแบบเจโพล



รูปที่ 8 ค่าการสูญเสียย้อนกลับเมื่อปรับระยะ k ของสายอากาศแบบเจโพล



รูปที่ 9 ผลการจำลองผลการทำงาน
ของสายอากาศแบบเจโพล



รูปที่ 10 การแผ่กระจายคลื่นของสายอากาศแบบเจโพล

4. สรุปผล

ในการออกแบบสายอากาศที่ความถี่ 900 MHz นั้น จะพบว่าทั้งสายอากาศแบบไดโพลและสายอากาศแบบเจโพล จะมีรูปแบบการแผ่กระจายคลื่นแบบรอบทิศทาง แต่

สายอากาศแบบเจโพลจะมีค่าการสูญเสียย้อนกลับที่เปลี่ยนแปลงได้เมื่อปรับค่าความยาวต่างจากสายอากาศแบบไดโพล อีกทั้งยังมีค่าการสูญเสียย้อนกลับที่น้อยกว่าสายอากาศแบบไดโพลคิดเป็นร้อยละ 2.363 อีกทั้งมีค่าแบนด์วิดท์ที่กว้างกว่าไดโพลคิดเป็นร้อยละ 0.262 และมีอัตราขยายที่มากกว่าไดโพลคิดเป็นร้อยละ 9.077 ดังแสดงในตารางที่ 1 นั้นหมายความว่าสายอากาศแบบเจโพลมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าสายอากาศแบบไดโพลจึงกลายเป็นที่นิยมในกลุ่มวิทยุสมัครเล่น สร้างง่าย และยังมีน้ำหนักเบา ไม่เกิดการสูญเสียทั้งในภาครับและภาคส่ง

เอกสารอ้างอิง

- [1] Samiul Hayder Choudhury, Md. Imran Momtaz and Md. Abdul Matin. "Analytical deduction of the salient properties of a half wavelength J-pole antenna." IEEE, 2010.
- [2] http://en.wikipedia.org/wiki/J-pole_antenna [January 10, 2012].
- [3] Constantine A. Balanis. Antenna Theory, Wiley.
- [4] ดร.ศราวุธ ชัยมูล. วิศวกรรมสายอากาศ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ระหว่างสายอากาศแบบไดโพลและเจโพลเมื่อทำการออกแบบที่ 900 MHz

ชนิดของสายอากาศ	สายอากาศแบบไดโพล	สายอากาศแบบเจโพล	ดีขึ้นคิดเป็นร้อยละ
พารามิเตอร์			
ค่าการสูญเสียย้อนกลับ (s_{11}) (dB)	-15.54341	-15.176099	2.363
ค่าอัตราขยาย (Gain) (dB)	2.005	2.187	9.077
ค่าแบนด์วิด (MHz)	110.67	118.96	7.49
รูปแบบการแผ่กระจายคลื่น	รอบทิศทาง	รอบทิศทาง	

ประวัติผู้เขียนบทความ



นางสาวสุวลักษณ์ มีสมกลิ่น สำเร็จ
การศึกษาระดับปริญญาตรี สาขา
วิศวกรรมควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
พระนครเหนือ ปัจจุบันกำลังศึกษาต่อ
ระดับปริญญาโท สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร ภาควิชา
วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

งานวิจัยที่สนใจ: Antenna, Microwave, Wave propagation,
Multiband BPF



รองศาสตราจารย์เวช วิเวก สำเร็จ
การศึกษาระดับปริญญาตรี สาขา
วิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ
ทหารลาดกระบัง และระดับปริญญาโท
สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยี

พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปัจจุบันรับราชการ
ตำแหน่งรองศาสตราจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
สื่อสาร ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะ
วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระ
นครเหนือ

งานวิจัยที่สนใจ : Antenna, Microwave, Wave propagation