

บทที่ 4

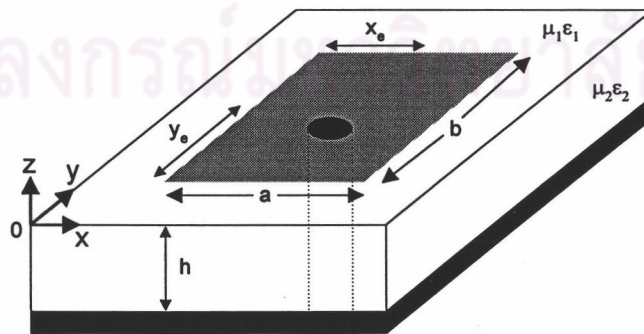
การวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของสายอากาศไมโครสตริปด้วยวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์

ในบทนี้เป็นการนำเสนอผลการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของสายอากาศไมโครสตริปด้วยวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์ตามขั้นตอนที่ได้วิเคราะห์ในบทที่ 2 และบทที่ 3 โดยใช้โปรแกรม Matlab Version 4.2c เป็นโปรแกรมช่วยในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์บนระบบปฏิบัติการ Microsoft Windows ในการประมวลผลการวิเคราะห์นั้นพิจารณาแผ่นสายอากาศรูปร่างแตกต่างกัน โดยวิเคราะห์การกระจายความหนาแน่นกระแสบนแผ่นสายอากาศ พร้อมทั้งทวนสอบค่าอิมพีแดนซ์ขาเข้าและแบบรูปการแผ่พลังงานบนแผ่นสายอากาศไมโครสตริปที่มีรูปร่างแตกต่างกันไปกับงานวิจัยในอดีต

ตัวอย่างการวิเคราะห์สายอากาศไมโครสตริปที่มีแผ่นสายอากาศรูปร่างแตกต่างกัน ในงานวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 4 รูปแบบได้แก่

- 1) ตัวอย่างที่ 1 สายอากาศไมโครสตริปที่มีแผ่นสายอากาศรูปร่างสี่เหลี่ยมที่มีอัตราส่วนด้านยาวต่อด้านกว้างเท่ากับ 1.5 ต่อ 1
- 2) ตัวอย่างที่ 2 สายอากาศไมโครสตริปที่มีแผ่นสายอากาศรูปร่างสี่เหลี่ยมที่มีอัตราส่วนด้านยาวต่อด้านกว้างเท่ากับ 2 ต่อ 1
- 3) ตัวอย่างที่ 3 สายอากาศไมโครสตริปที่มีแผ่นสายอากาศรูปร่างวงกลม
- 4) ตัวอย่างที่ 4 สายอากาศไมโครสตริปที่มีแผ่นสายอากาศรูปร่างตัวแอล

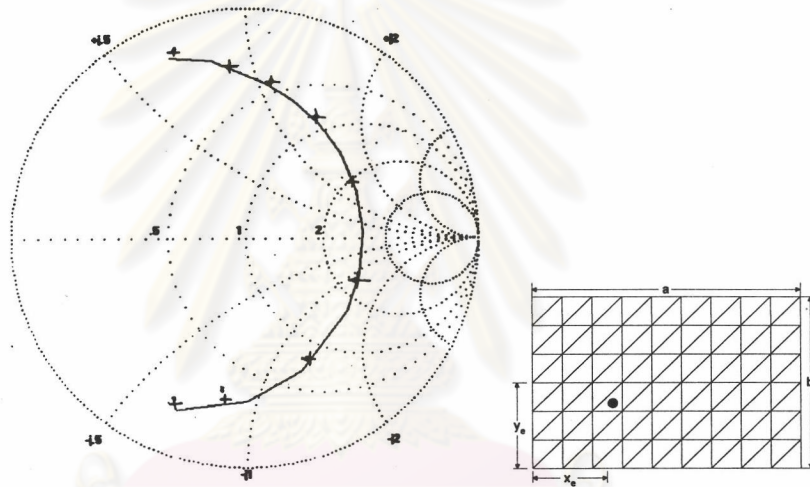
ตัวอย่างที่ 1 สายอากาศไมโครสตริปที่มีแผ่นสายอากาศรูปร่างสี่เหลี่ยมที่มีอัตราส่วนด้านยาวต่อด้านกว้างเท่ากับ 1.5 ต่อ 1



รูปที่ 4.1 ระบบพิกัดของสายอากาศที่ทำการศึกษา

ในการวิเคราะห์สายอากาศไมโครสตริปโดยมีแผ่นสายอากาศรูปร่างสี่เหลี่ยมมุมฉากดังแสดงในรูปที่ 4.1 นั้น กำหนดให้ค่า $a = 60$ มม. $b = 40$ มม. ความสูงของชั้นไดอิเล็กตริก h มีค่าเท่ากับ 1.28 มม. ค่าคงตัวไดอิเล็กตริกสัมพัทธ์ $\epsilon_r = 2.55$ และค่าแทนเจนต์การสูญเสีย $\tan \delta = 0.002$ โดยใช้ระบบบ่อนกำลังแบบโพรบิคแอกเซียลและจ่ายกระแสที่ตำแหน่ง (x_0, y_0) เท่ากับ $(16.66, 16.66)$ มม. และ $(16.66, 20.00)$ มม. แบ่งแผ่นสายอากาศออกเป็นอิลิเมนต์ย่อยรูปสามเหลี่ยมจำนวน 108 อิลิเมนต์มีจำนวนขอบ 117 ขอบ

ความสัมพันธ์ของค่าอิมพีแดนซ์ขาเข้าเทียบกับความถี่เปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Mosig (Hall and James eds. 1989) ซึ่งใช้วิธีของโมเมนต์โดยจ่ายกระแสในตำแหน่ง $x_0 = 16.66$ มม. และ $y_0 = 20$ มม. และรูปการแบ่งอิลิเมนต์แสดงได้ดังรูปที่ 4.2

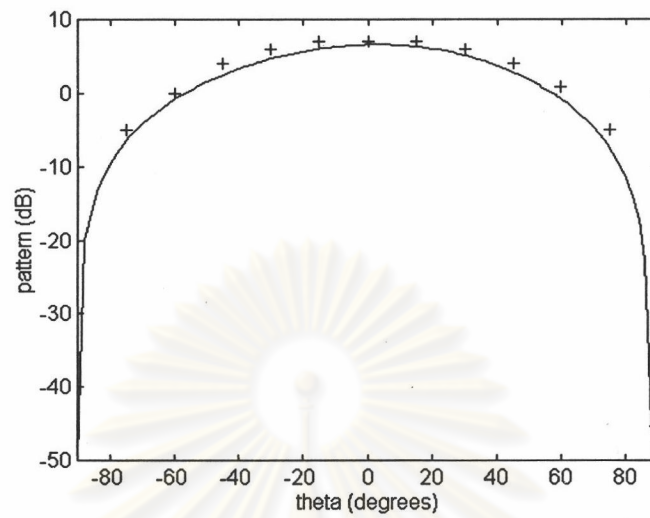


รูปที่ 4.2 ทางเดินบนแผนภูมิลิมิตของอิมพีแดนซ์ขาเข้าของสายอากาศในรูปที่ 4.1

เมื่อ — เป็นผลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์

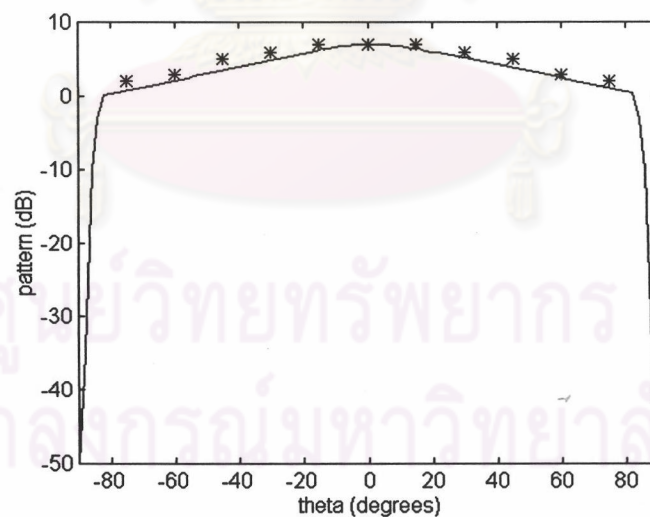
x เป็นอิมพีแดนซ์ขาเข้าของสายอากาศจากงานวิจัยของ Mosig โดยใช้เซลล์ 9×7 เซลล์ โดยมีช่วงความถี่ตั้งแต่ 1.52 จิกะเฮิรตซ์ตามเข็มนาฬิกาจนถึงความถี่ 1.60 จิกะเฮิรตซ์ ด้วยขั้นความถี่ขนาดขั้นละ 0.01 จิกะเฮิรตซ์

จากรูปที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าผลที่ได้ทั้งสองกรณีสอดคล้องกัน กล่าวคือค่าความถี่เรโซแนนซ์ของสายอากาศมีค่าประมาณ 1.565 จิกะเฮิรตซ์ เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของแบบรูปการแผ่พลังงานเทียบกับงานวิจัยของ Mosig ที่ความถี่ 1.565 จิกะเฮิรตซ์ ณ จุดจ่ายกระแส 2 จุดได้แก่ ตำแหน่ง $x_0 = 16.66$ มม. และ $y_0 = 16.66$ มม. และตำแหน่ง $x_0 = 16.66$ มม. และ $y_0 = 20$ มม. ดังแสดงในรูปที่ 4.3 ถึงรูปที่ 4.9



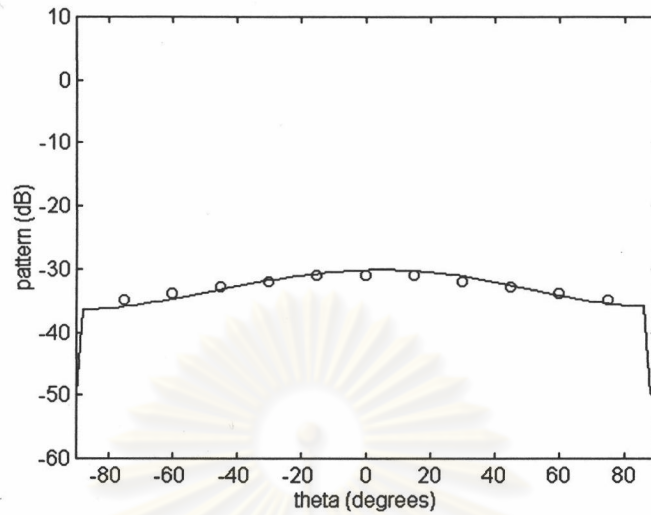
รูปที่ 4.3 แบบรูปการแผ่พลังงานในระนาบสนามแม่เหล็ก (H-plane) ที่มีโพลาริเซชันร่วมของสายอากาศในรูปที่ 4.1 เมื่อจุดจ่ายกระแสที่ตำแหน่ง $x_0 = 16.66$ มม. และ $y_0 = 16.66$ มม.

- เมื่อ — คือผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์
+ คือผลการวิเคราะห์ของ Mosig



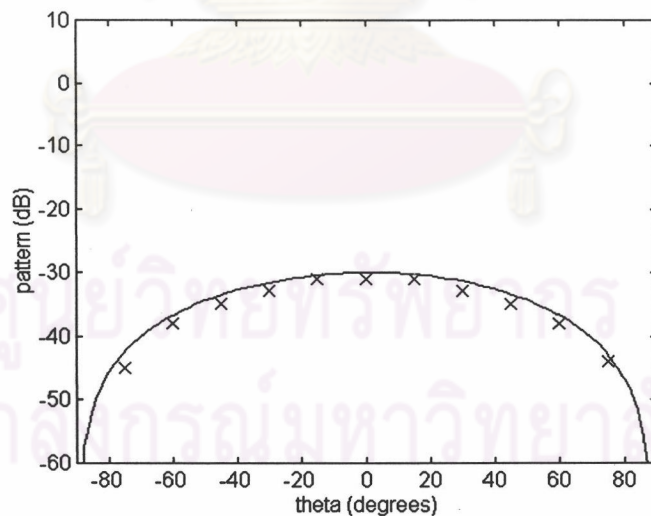
รูปที่ 4.4 แบบรูปการแผ่พลังงานในระนาบสนามไฟฟ้า (E-plane) ที่มีโพลาริเซชันร่วมเมื่อมีจุดจ่ายกระแสที่ตำแหน่ง $x_0 = 16.66$ มม. และ $y_0 = 16.66$ มม.

- เมื่อ — คือผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์
* คือผลการวิเคราะห์ของ Mosig



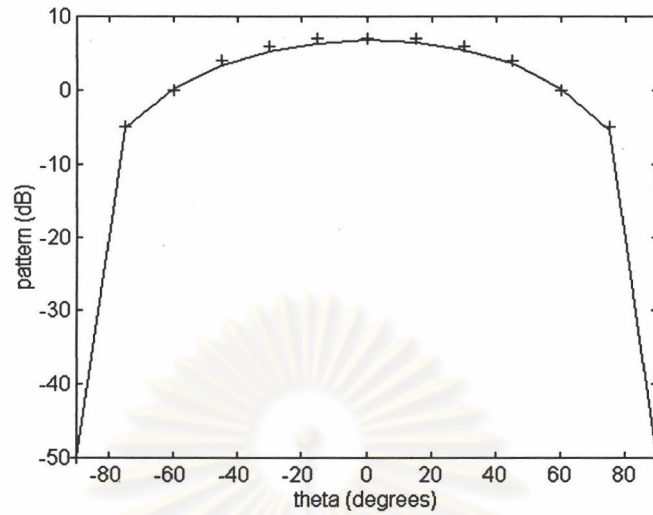
รูปที่ 4.5 แบบรูปการแผ่พลังงานในระนาบสนามแม่เหล็ก (H-plane) ที่มีโพลาริเซชันไขว้
เมื่อมีจุดจ่ายกระแสที่ตำแหน่ง $x_0 = 16.66$ มม. และ $y_0 = 16.66$ มม.

- เมื่อ — คือผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์
- o คือผลการวิเคราะห์ของ Mosig



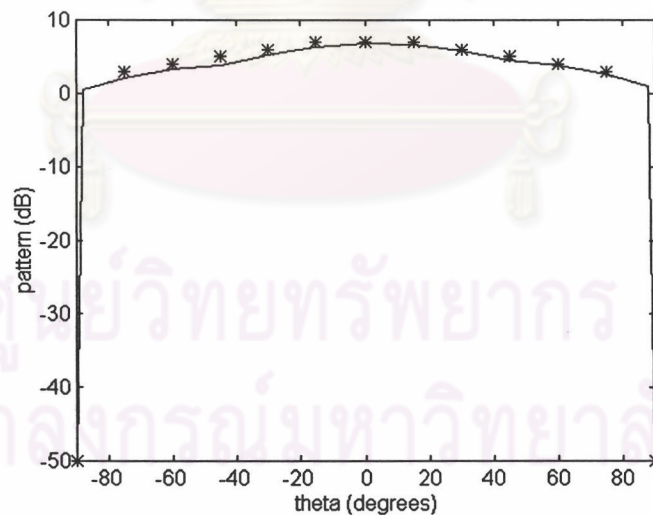
รูปที่ 4.6 แบบรูปการแผ่พลังงานในระนาบสนามไฟฟ้า (E-plane) ที่มีโพลาริเซชันไขว้
เมื่อมีจุดจ่ายกระแสที่ตำแหน่ง $x_0 = 16.66$ มม. และ $y_0 = 16.66$ มม.

- เมื่อ — คือผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์
- x คือผลการวิเคราะห์ของ Mosig



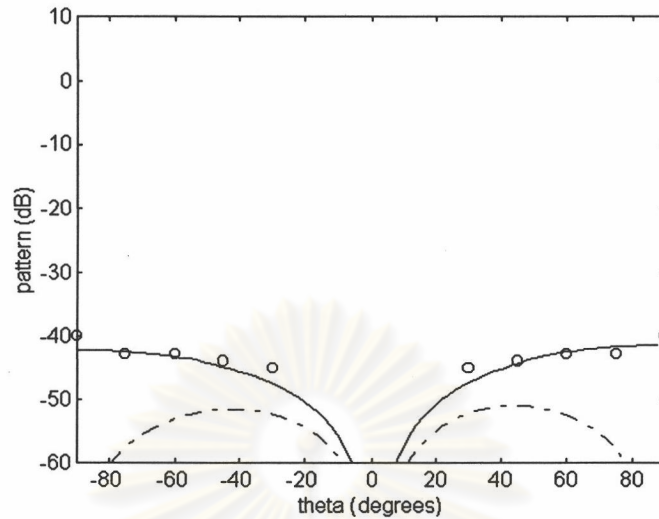
รูปที่ 4.7 แบบรูปการแผ่พลังงานในระนาบสนามแม่เหล็ก (H-plane) ที่มีโพลาริเซชันร่วม
เมื่อมีจุดจ่ายกระแสที่ตำแหน่ง $x_0 = 16.66$ มม. และ $y_0 = 20.00$ มม.

- เมื่อ — คือผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์
- + คือผลการวิเคราะห์ของ Mosig



รูปที่ 4.8 แบบรูปการแผ่พลังงานในระนาบสนามไฟฟ้า (E-plane) ที่มีโพลาริเซชันร่วม
เมื่อมีจุดจ่ายกระแสที่ตำแหน่ง $x_0 = 16.66$ มม. และ $y_0 = 20.00$ มม.

- เมื่อ — คือผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์
- * คือผลการวิเคราะห์ของ Mosig



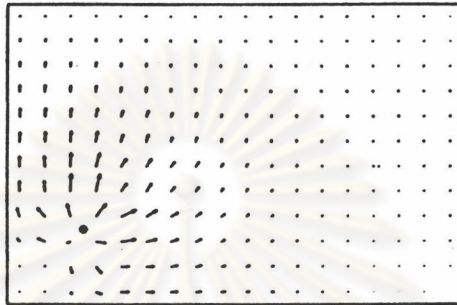
รูปที่ 4.9 แบบรูปการแผ่พลังงานในระนาบสนามแม่เหล็กและไฟฟ้าที่มีโพลาริเซชันไขว้

เมื่อมีจุดจ่ายกระแสที่ตำแหน่ง $x_0 = 16.66$ มม. และ $y_0 = 20.00$ มม.

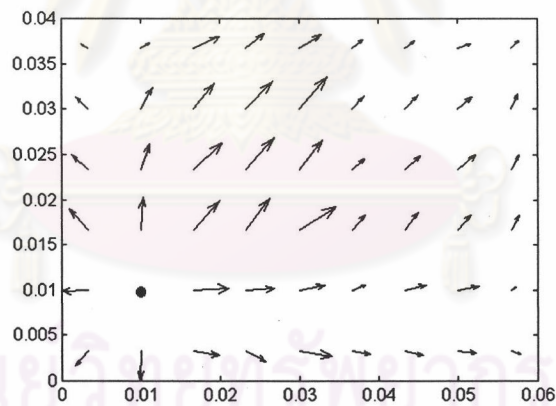
- เมื่อ — คือผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์บนระนาบสนามแม่เหล็กที่มีโพลาริเซชันไขว้
- - - คือผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์บนระนาบสนามไฟฟ้าที่มีโพลาริเซชันไขว้
- o คือผลการวิเคราะห์ของ Mosig บนระนาบสนามแม่เหล็กที่มีโพลาริเซชันไขว้

จากรูปที่ 4.3 ถึงรูปที่ 4.9 ผลการวิเคราะห์ที่ได้ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์และจากงานวิจัยของ Mosig มีค่าสอดคล้องกันทุกกรณี จะเห็นว่าค่าของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กที่มีโพลาริเซชันรวมจะต่างกับสนามที่มีโพลาริเซชันไขว้ประมาณ 30 - 40 เดซิเบล จากตัวอย่างของสายอากาศในแบบที่ 1 ถ้าความสูงของชั้นไดอิเล็กทริกมีขนาด $h=0.8$ มม. จะได้ลักษณะของการกระจายความหนาแน่นกระแสแสดงในรูปที่ 4.10 และรูปที่ 4.11 เปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Mosig (Mosig and Gardiol, 1985) ซึ่งวิเคราะห์ด้วยวิธีของโมเมนต์

จากรูปที่ 4.10 และรูปที่ 4.11 แสดงผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ที่ให้ผลสอดคล้องกับวิธีของโมเมนต์ซึ่ง Mosig ได้ทำการวิเคราะห์ไว้ จากรูปแสดงถึงลูกศรที่มีขนาดยาวกว่าจะมีค่าสูงกว่าลูกศรที่มีขนาดสั้นกว่า ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าสูงสุดของส่วนจินตภาพมีค่าสูงกว่าค่าสูงสุดของส่วนจริง และการกระจายกระแสของส่วนจินตภาพไม่ขึ้นกับตำแหน่งของการจ่ายกระแส ในขณะที่การกระจายกระแสของส่วนจริงจะขึ้นอยู่กับตำแหน่งของการจ่ายกระแส โดยเกิดการกระเจิงบริเวณรอบจุดจ่ายกระแสแสดงในรูปที่ 4.10

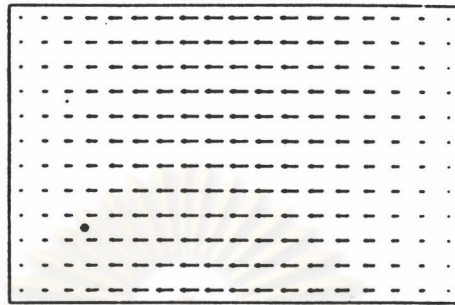


(ก) ส่วนจริงของความหนาแน่นกระแสที่ขนาดสูงที่สุดเท่ากับ 0.334 A
จากผลการวิเคราะห์ของ Mosig

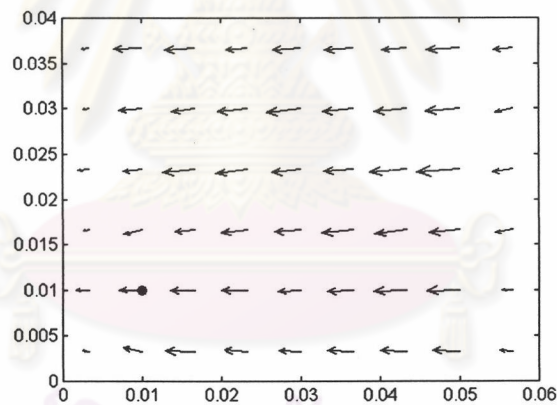


(ข) ส่วนจริงของความหนาแน่นกระแสที่ขนาดสูงที่สุดเท่ากับ 0.3676 A
จากผลการวิเคราะห์ของวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

รูปที่ 4.10 (ก)-(ข) ส่วนจริงของการกระจายความหนาแน่นกระแส J_r
ที่ความถี่เรโซแนนซ์เท่ากับ 1.206 จิกะเฮิรตซ์



(ก) ส่วนจินตภาพของความหนาแน่นกระแสที่ขนาดสูงที่สุดเท่ากับ 3.750 A
จากผลการวิเคราะห์ของ Mosig



(ข) ส่วนจินตภาพของความหนาแน่นกระแสที่ขนาดสูงที่สุดเท่ากับ 3.503 A
จากผลการวิเคราะห์ของวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

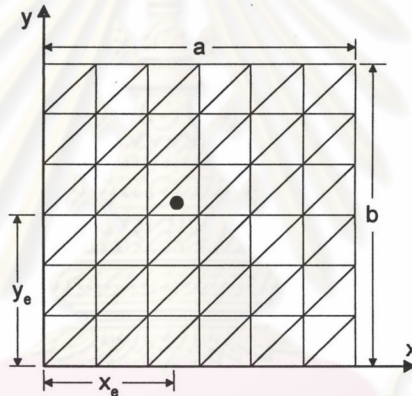
รูปที่ 4.11 (ก)-(ข) ส่วนจินตภาพของการกระจายความหนาแน่นกระแส J_s
ที่ความถี่เรโซแนนซ์เท่ากับ 1.206 จิกะเฮิรตซ์

สำหรับขนาดสูงสุดของส่วนจริงและส่วนจินตภาพจากผลการวิเคราะห์ของ Mosig และวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์มีค่าใกล้เคียงกัน จากผลการวิเคราะห์ของ Mosig มีค่าเท่ากับ 0.334 A และ 3.750 A ตามลำดับ และจากการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์มีค่าเท่ากับ 0.3676 A และ 3.503 A ตามลำดับ

ตัวอย่างที่ 2 สายอากาศไมโครสตริปที่มีแผ่นสายอากาศรูปร่างสี่เหลี่ยมที่มีอัตราส่วนด้านยาวต่อด้านกว้างเท่ากับ 2 ต่อ 1

ในการวิเคราะห์สายอากาศแบบที่สองนี้ ดังมีระบบพิกัดแสดงในรูปที่ 4.1 ด้วยขนาด $a = 150$ มม. $b = 75$ มม. ความสูงของชั้นไดอิเล็กตริก h มีค่าเท่ากับ 3.175 มม. ค่าคงตัวไดอิเล็กตริกสัมพัทธ์ ϵ_r และค่าแทนเจนต์การสูญเสีย $\tan \delta$ มีค่าเท่ากับ 2.56 และ 0.0015 ตามลำดับ ระบบป้อนกำลังที่นำมาใช้เป็นแบบโพรบโคแอกเซียล จ่ายกระแส ณ ตำแหน่ง $x_0 = 60$ มม. และ $y_0 = 37.5$ มม. โดยแบ่งสายอากาศออกเป็นอิเลเมนต์ย่อยรูปสามเหลี่ยมจำนวน 72 อิเลเมนต์และมีจำนวนขอบ 120 ขอบดังแสดงในรูปที่ 4.12

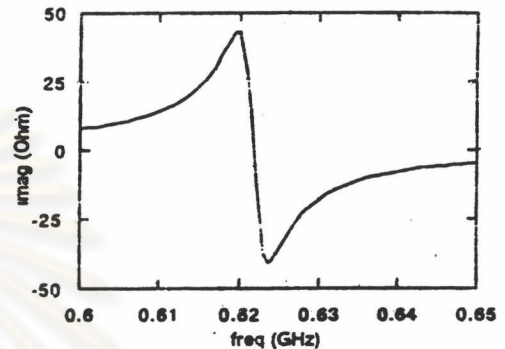
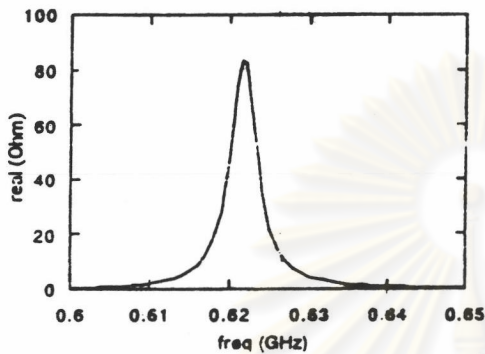
ความสัมพันธ์ของอิมพีแดนซ์ขาเข้าเมื่อเปรียบเทียบกับความถี่จากงานของ Matsuhara and Angkaew (1996) ซึ่งใช้วิธีไฟไนต์อิเลเมนต์ แต่เลือกฟังก์ชันเบสิสชนิดเวกเตอร์แบบกำลังสองดัดแปร (modified quadratic vector)



รูปที่ 4.12 การแบ่งแผ่นสายอากาศออกเป็นอิเลเมนต์สามเหลี่ยมจำนวน 72 อิเลเมนต์ พร้อมทั้งแสดงจุดจ่ายกระแส

ในการวิเคราะห์ผลแสดงได้ดังรูปที่ 4.13 ในรูปที่ 4.14 เป็นผลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์อิเลเมนต์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ซึ่งผลที่ได้ทั้งสองกรณีนั้นให้ค่าความถี่เรโซแนนซ์ของสายอากาศแตกต่างกัน ในรูปที่ 4.13 นั้นให้ค่าความถี่เรโซแนนซ์ประมาณ 0.622 จิกะเฮิร์ตซ์ สำหรับในรูปที่ 4.14 ซึ่งเป็นผลของวิธีที่ใช้ในงานวิจัยนี้นั้นให้ค่าความถี่เรโซแนนซ์ประมาณ 0.631 จิกะเฮิร์ตซ์ โดยที่ทั้งสองวิธีให้ค่าของส่วนจริงของอิมพีแดนซ์ขาเข้าที่ความถี่เรโซแนนซ์มีค่าใกล้เคียงกันประมาณ 88 โอห์ม และสาเหตุที่ไม่ได้แสดงผลของอิมพีแดนซ์ขาเข้าในรูปของแผนภูมิสมิทดังในตัวอย่างที่ 1 เนื่องจากผลการวิเคราะห์ของ Matsuhara and Angkaew ไม่ได้แสดงผลในรูปของแผนภูมิสมิท เพื่อให้เห็นผลการเปรียบเทียบที่ชัดเจน รูปที่ 4.14 จึงแสดงผลในรูปแบบเดียวกับงานวิจัยในอดีต ซึ่งจะใช้หลักการนี้ในทุกตัวอย่างของงานวิจัยนี้

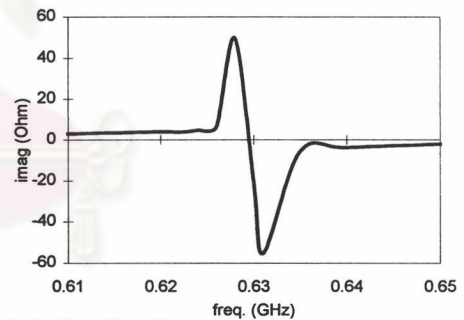
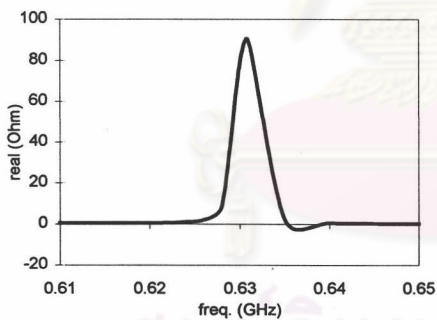
สำหรับค่าความถี่เรโซแนนซ์ของสายอากาศในแบบที่ 2 นี้ จากงานของ Pozar (1982) และ Mosig (1988) ในอดีตนั้น งานวิจัยของ Pozar ได้ใช้วิธีของโมเมนต์และเลือกโหมดการกระจายแบบเบสิสรวม (Entire Basis) ซึ่งให้ความถี่เรโซแนนซ์มีค่าเท่ากับ 0.634 จิกะเฮิรตซ์ ส่วนงานวิจัยของ Mosig ได้ใช้วิธีโมเมนต์วิธีเดียวกันแต่เลือกฟังก์ชันเบสิสที่แตกต่างกัน จึงทำให้ค่าความถี่เรโซแนนซ์มีค่าเท่ากับ 0.6289 จิกะเฮิรตซ์



(ก) ส่วนจริงของอิมพีแดนซ์ขาเข้า

(ข) ส่วนจินตภาพของอิมพีแดนซ์ขาเข้า

รูปที่ 4.13 อิมพีแดนซ์ขาเข้าของสายอากาศตัวอย่างที่ 2 จากงานของ Matsuhara and Angkaew (1996)



(ก) ส่วนจริงของอิมพีแดนซ์ขาเข้า

(ข) ส่วนจินตภาพของอิมพีแดนซ์ขาเข้า

รูปที่ 4.14 อิมพีแดนซ์ขาเข้าของสายอากาศตัวอย่างที่ 2 จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

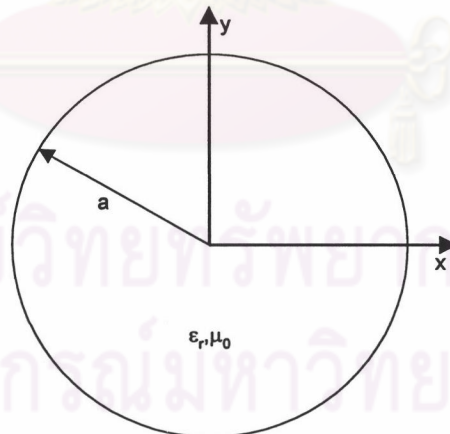
เมื่อเปรียบเทียบค่าความถี่เรโซแนนซ์กับจำนวนอิลิเมนต์ที่แบ่งบนแผ่นสายอากาศและฟังก์ชันเบสิสที่เลือกใช้ดังแสดงในตารางที่ 4.1 พบว่าวิธีที่ใช้ในงานวิจัยนี้ให้ค่าความถี่เรโซแนนซ์เท่ากับ 0.631 จิกะเฮิรตซ์ โดยไม่ขึ้นกับจำนวนอิลิเมนต์ที่แบ่งบนสายอากาศ

ตารางที่ 4.1 ความสัมพันธ์ของค่าความถี่เรโซแนนซ์กับจำนวนอิลิเมนต์

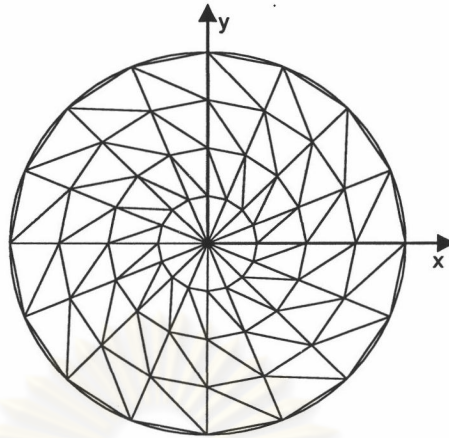
จำนวนอิลิเมนต์	ความถี่เรโซแนนซ์ของ วิธีไฟไนต์อิลิเมนต์ (GHz)
16	0.631
40	0.631
72	0.631
150	0.631

ตัวอย่างที่ 3 สายอากาศไมโครสตริปที่มีแผ่นสายอากาศรูปร่างวงกลม

ในการวิเคราะห์สายอากาศที่มีแผ่นสายอากาศรูปร่างวงกลม ซึ่งมีระบบพิกัดดังแสดงในรูปที่ 4.15 โดยมีรัศมี $a = 8$ มม. ความสูงของชั้นไดอิเล็กตริก 1.5875 มม. ค่าคงตัวไดอิเล็กตริกสัมพัทธ์ ϵ_r มีค่าเท่ากับ 2.65 ใช้ระบบป้อนกำลังแบบโพรบโคเอกเซียลซึ่งจ่ายกระแส ณ ตำแหน่งกึ่งกลางแผ่นสายอากาศ $x_0 = 0$ มม. และ $y_0 = 0$ มม. แบ่งแผ่นสายอากาศออกเป็นอิลิเมนต์ย่อยรูปสามเหลี่ยมจำนวน 112 อิลิเมนต์ 176 ขอบดังแสดงในรูปที่ 4.16



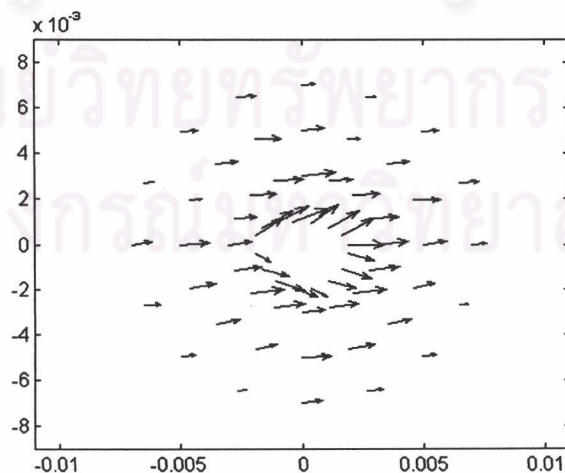
รูปที่ 4.15 แผ่นสายอากาศรูปร่างวงกลมและระบบพิกัดที่พิจารณา



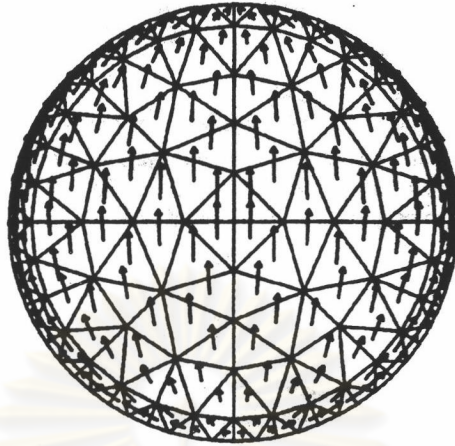
รูปที่ 4.16 การแบ่งอีลิเมนต์และตำแหน่งของจุดจ่ายกระแส

พิจารณาการกระจายความหนาแน่นกระแสแสดงในรูปที่ 4.17 และรูปที่ 4.18 เปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Michalski และ Zheng (Michalski and Zheng, 1992) ซึ่งวิเคราะห์ด้วยวิธีของโมเมนต์และไม่ได้พิจารณาการจ่ายกระแส

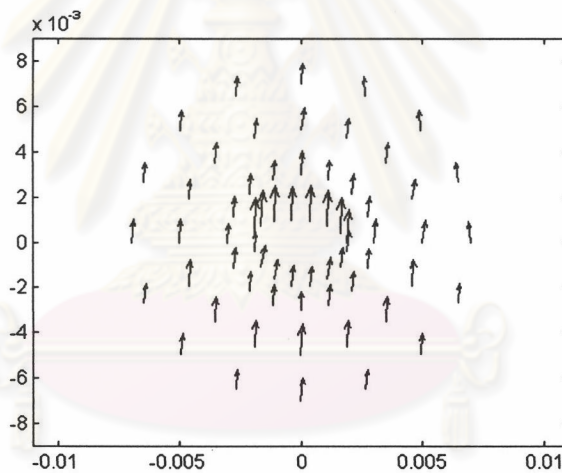
ผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์อีลิเมนต์ได้ขนาดของค่าสูงสุดของส่วนจริงมีค่าเท่ากับ 1.107 A และขนาดของค่าสูงสุดของส่วนจินตภาพมีค่า 1.674 A ซึ่งใกล้เคียงกับผลการวิเคราะห์ของ Michalski และ Zheng ดังแสดงในรูปที่ 4.18 จากรูปทั้งสองสามารถสรุปได้ในทำนองเดียวกับตัวอย่างของสายอากาศในตัวอย่าง 1 คือ ค่าสูงสุดของส่วนจินตภาพมีค่ามากกว่าค่าสูงสุดของส่วนจริง และการกระจายความหนาแน่นกระแสของส่วนจินตภาพไม่ขึ้นกับตำแหน่งของการจ่ายกระแส ในขณะที่การกระจายความหนาแน่นกระแสของส่วนจริงจะขึ้นกับตำแหน่งของการจ่ายกระแสดังรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.17 ส่วนจริงของการกระจายความหนาแน่นกระแส J_r ที่ความถี่เรโซแนนซ์ 6.186 จิกะเฮิรตซ์



(ก) ส่วนจินตภาพของความหนาแน่นกระแสที่มีขนาดสูงสุดเท่ากับ 1.46 A
จากผลการวิเคราะห์ของ Michaiski และ Zheng

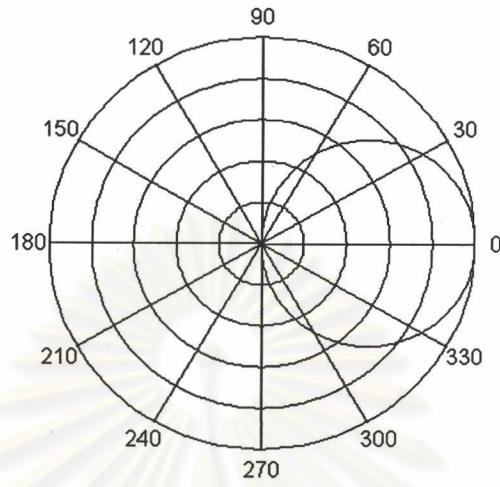


(ข) ส่วนจินตภาพของความหนาแน่นกระแสที่มีขนาดสูงสุดเท่ากับ 1.674 A
จากผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

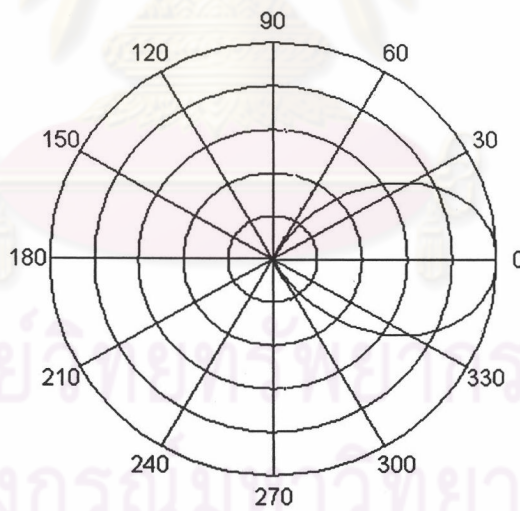
รูปที่ 4.18 ส่วนจินตภาพของการกระจายความหนาแน่นกระแส J_z
ที่ความถี่เรโซแนนซ์ 6.186 จิกะเฮิรตซ์

พิจารณาแบบรูปการแผ่พลังงานที่ความถี่เดียวกันที่ 6.186 จิกะเฮิรตซ์ ณ จุดจ่ายกระแสที่กลางแผ่น
สายอากาศ $(x_0, y_0) = (0, 0)$ ดังแสดงในรูปที่ 4.19 และ 4.20

จากแบบรูปการแผ่พลังงานที่ได้จากการวิเคราะห์สายอากาศไมโครสตริปที่มีแผ่นสายอากาศเป็น
รูปร่างวงกลม ได้ผลสอดคล้องกับลักษณะสมบัติของสายอากาศไมโครสตริปที่มีแบบรูปการแผ่พลังงานเป็น
รูปรอดไซด์ (broadside) โดยที่ไม่มีลำคลื่นด้านข้าง (side lobe)



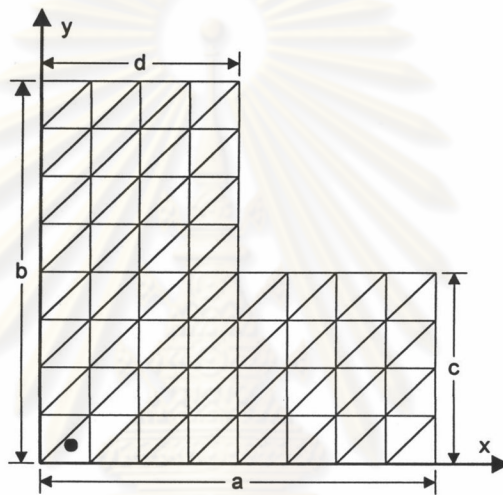
รูปที่ 4.19 แบบรูปการแผ่พลังงานของสนามไฟฟ้าในแนว θ (E_0)



รูปที่ 4.20 แบบรูปการแผ่พลังงานของสนามไฟฟ้าในแนว ϕ (E_ϕ)

ตัวอย่างที่ 4 สายอากาศไมโครสตริปที่มีแผ่นสายอากาศรูปร่างตัวแอล

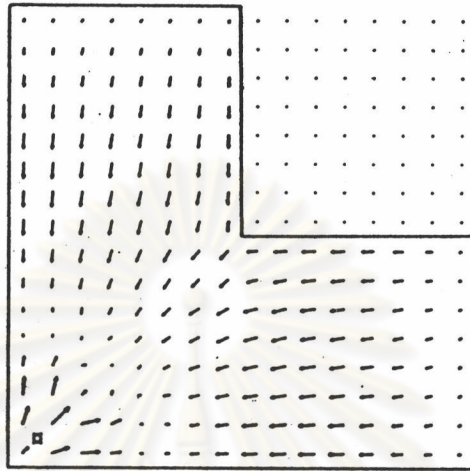
สายอากาศไมโครสตริปที่มีแผ่นสายอากาศรูปร่างตัวแอล ซึ่งมีระบบพิกัดและการแบ่งอิลิเมนต์ดังแสดงในรูปที่ 4.21 โดยมีขนาด $a = 56$ มม. $b = 56$ มม. $c = 28$ มม. และ $d = 28$ มม. ความสูงของชั้นไดอิเล็กทริก 0.8 มม. ค่าคงตัวไดอิเล็กทริกสัมพัทธ์ ϵ_r และค่าแทนเจนต์การสูญเสีย $\tan \delta$ มีค่าเท่ากับ 4.34 และ 0.02 ตามลำดับ ใช้ระบบป้องกันกำลังแบบโพรบโคแอกเซียลซึ่งจ่ายกระแส ณ ตำแหน่ง $x_0 = 2.8$ มม. และ $y_0 = 2.8$ มม. แบ่งแผ่นสายอากาศออกเป็นอิลิเมนต์ย่อยรูปสามเหลี่ยมจำนวน 96 อิลิเมนต์ 160 ขอบ



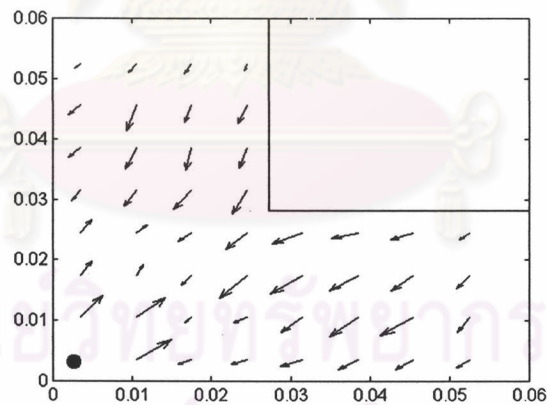
รูปที่ 4.21 พิกัดของแผ่นสายอากาศรูปร่างตัวแอลและการแบ่งอิลิเมนต์

พิจารณาการกระจายความหนาแน่นกระแสดังแสดงในรูปที่ 4.22 และ 4.23 ณ ความถี่เรโซแนนซ์เปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Mosig (Mosig, 1988) ซึ่งวิเคราะห์ด้วยวิธีของโมเมนต์ จะเห็นได้ว่าผลการวิเคราะห์ที่ได้โดยใช้วิธีไฟไนต์อิลิเมนต์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ให้ผลสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ของ Mosig แต่งานของ Mosig ให้ความถี่เรโซแนนซ์เท่ากับ 1.55 จิกะเฮิรตซ์ แต่ผลการวิเคราะห์ที่ได้โดยวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์ให้ความถี่เรโซแนนซ์เท่ากับ 1.56 จิกะเฮิรตซ์ ซึ่งคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเพียง 0.32 เปอร์เซ็นต์ ส่วนลักษณะของการกระจายความหนาแน่นกระแสทั้งส่วนจริงและส่วนจินตภาพสามารถสรุปได้ในทำนองเดียวกับสายอากาศในตัวอย่างที่ 1 และตัวอย่างที่ 3

พิจารณาขนาดของค่าสูงสุดของส่วนจริงและส่วนจินตภาพจากผลการวิเคราะห์ของ Mosig มีขนาดเท่ากับ 0.102 A และ 1.280 A ตามลำดับ ส่วนขนาดของค่าสูงสุดของส่วนจริงและส่วนจินตภาพจากผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์มีขนาดเท่ากับ 0.337 A และ 1.683 A ตามลำดับ



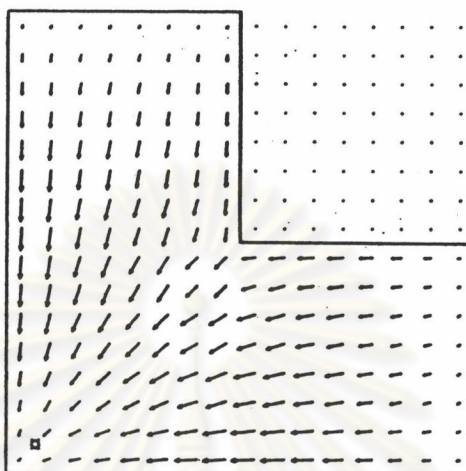
(ก) ส่วนจริงของความหนาแน่นกระแสที่มีขนาดสูงสุดเท่ากับ 0.102 A จากผลการวิเคราะห์ของ Mosig



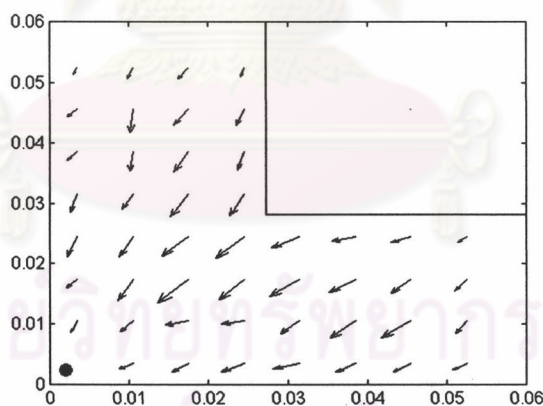
(ข) ส่วนจริงของความหนาแน่นกระแสที่มีขนาดสูงสุดเท่ากับ 0.337 A

จากผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

รูปที่ 4.22 ส่วนจริงของการกระจายความหนาแน่นกระแส J_x ที่ความถี่เรโซแนนซ์



(ก) ส่วนจินตภาพของความหนาแน่นกระแสที่มีขนาดสูงสุดเท่ากับ 1.280 A จากผลการวิเคราะห์ของ Mosig

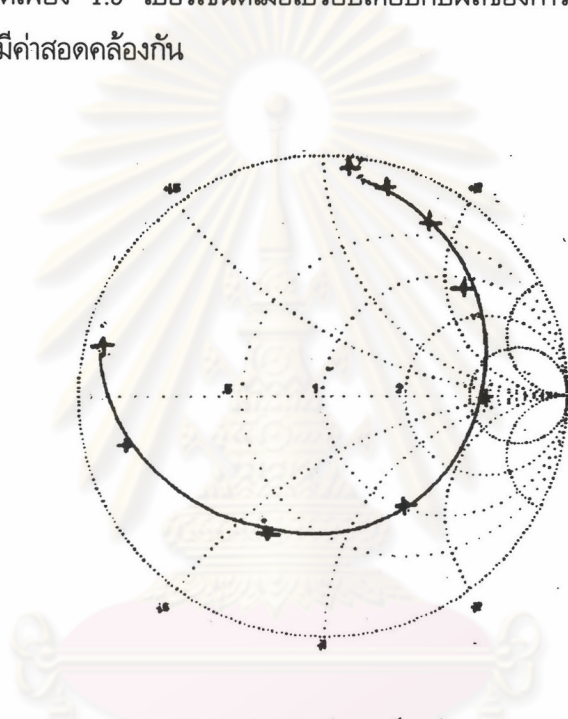


(ข) ส่วนจินตภาพของความหนาแน่นกระแสที่มีขนาดสูงสุดเท่ากับ 1.683 A จากผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

รูปที่ 4.23 ส่วนจินตภาพของการกระจายความหนาแน่นกระแส J_z ที่ความถี่เรโซแนนซ์

พิจารณาความสัมพันธ์ของค่าอิมพีแดนซ์ขาเข้าเทียบกับความถี่เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Mosig โดยจ่ายกระแส ณ ตำแหน่ง $x_0 = 2.8$ มม. และ $y_0 = 2.8$ มม. โดย Mosig ได้แบ่งอิลิเมนต์ออกเป็น รูปสี่เหลี่ยมจำนวน 75 อิลิเมนต์และช่วงความถี่ที่พิจารณาคือ 1.4 ถึง 1.7 จิกะเฮิรตซ์

จากรูปที่ 4.24 จะเห็นว่าค่าความถี่เรโซแนนซ์จากผลการทดลองวัดค่าบนสายอากาศของ Mosig มีค่าประมาณ 1.53 จิกะเฮิรตซ์ ในขณะที่ความถี่เรโซแนนซ์ที่ได้จากงานวิจัยนี้มีค่า 1.56 จิกะเฮิรตซ์ ซึ่งคิดเป็น เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเพียง 1.9 เปอร์เซ็นต์เมื่อเปรียบเทียบกับผลของการวัดและแนวโน้มของอิมพีแดนซ์ขาเข้าที่ได้จากทั้งสองวิธีมีค่าสอดคล้องกัน



รูปที่ 4.24 ทางเดินบนแผนภูมิสมิทของอิมพีแดนซ์ขาเข้าของสายอากาศในตัวอย่างที่ 4
 เมื่อ — เป็นผลจากการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์
 + เป็นอิมพีแดนซ์ขาเข้าของสายอากาศจากผลการทดลองวัดค่าบนแผ่นสายอากาศ
 ของ Mosig

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย