

บทที่ 4

การวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของสายอากาศไมโครสตริปรูปลี่เหลี่ยมมุมฉากด้วยแบบจำลองแบบโพรง

ในบทนี้เป็นการนำเสนอผลที่ได้จากการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของสายอากาศด้วยแบบจำลองแบบโพรงตามขั้นตอนวิเคราะห์ในบทที่ 3 บนเครื่องคอมพิวเตอร์แบบพีซีที่ใช้ซีพียูเพนเทียม 120 เมกกะเฮิร์ตของ intel หน่วยความจำหลัก 8 เมกกะไบต์และเนื้อที่ว่างบนฮาร์ดดิสก์ 200 เมกกะไบต์จากเนื้อที่ทั้งหมดหนึ่งกิกะไบต์ โดยใช้โปรแกรมแมทแคด (Mathcad) เวอร์ชัน 5.0 พลัสซึ่งเป็นโปรแกรมแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์บนระบบปฏิบัติการวินโดวส์ 3.11 ในการประมวลผล การวิเคราะห์แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่หนึ่งเป็นส่วนของการทวนสอบวิธีการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของสายอากาศ ส่วนที่สองและส่วนที่สามเป็นการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของสายอากาศไมโครสตริปรูปลี่เหลี่ยมจัตุรัสที่มีโพลาริเซชันแบบวงกลมโดยการจ่ายกระแสกระตุ้นสองจุดและโดยการจ่ายกระแสกระตุ้นจุดเดียวตามลำดับ

ในส่วนของการทวนสอบวิธีการวิเคราะห์แบ่งเป็น 2 ส่วน คือส่วนของการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองแบบโพรงกับงานวิจัยในอดีต และส่วนของการศึกษาลักษณะสมบัติของสายอากาศที่ใช้ในการทวนสอบเพิ่มเติมได้แก่ผลกระทบเนื่องจากโหมดอันดับสูง

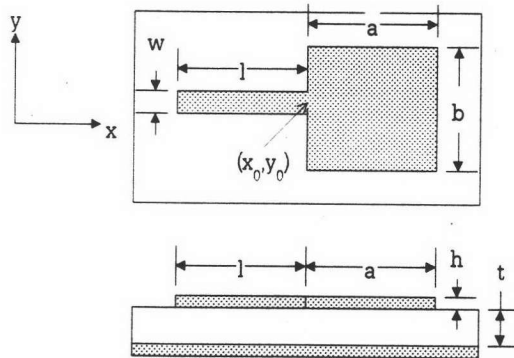
ส่วนที่สอง เป็นส่วนของการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของสายอากาศไมโครสตริปรูปลี่เหลี่ยมจัตุรัสที่มีโพลาริเซชันแบบวงกลมโดยการจ่ายกระแสกระตุ้นสองจุดที่รวมผลกระทบที่เกิดจากระบบป้อนกำลังแบบสายนำสัญญาณไมโครสตริปต่อลักษณะสมบัติของสายอากาศ โดยทำการวิเคราะห์ผลกระทบจากพารามิเตอร์ 3 ประการของสายนำสัญญาณไมโครสตริปคือ ตำแหน่งการจ่ายกระแสกระตุ้น อิมพีแดนซ์ลักษณะสมบัติและความยาวของสายนำสัญญาณไมโครสตริป

สำหรับส่วนที่สาม เป็นส่วนของการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของสายอากาศไมโครสตริปรูปลี่เหลี่ยมใกล้เคียงจัตุรัสที่มีโพลาริเซชันแบบวงกลมโดยการจ่ายกระแสกระตุ้นจุดเดียวโดยทำการวิเคราะห์ผลกระทบจากพารามิเตอร์ 3 ประการของสายนำสัญญาณไมโครสตริปคือ ตำแหน่งการจ่ายกระแส อิมพีแดนซ์ลักษณะสมบัติของสายนำสัญญาณไมโครสตริป และมุมที่สายนำสัญญาณทำกับแผ่นสายอากาศ

จากการวิเคราะห์ที่ได้ในบทนี้ ผลที่ได้จะนำไปใช้ในการสรุปผลกระทบเนื่องจากการวางตัวของระบบป้อนกำลังแบบสายนำสัญญาณไมโครสตริปต่อลักษณะสมบัติของสายอากาศไมโครสตริปรูปลี่เหลี่ยมมุมฉากที่มีโพลาริเซชันแบบวงกลม ซึ่งจะกล่าวถึงในบทต่อไป

การทวนสอบวิธีการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองแบบโพรง

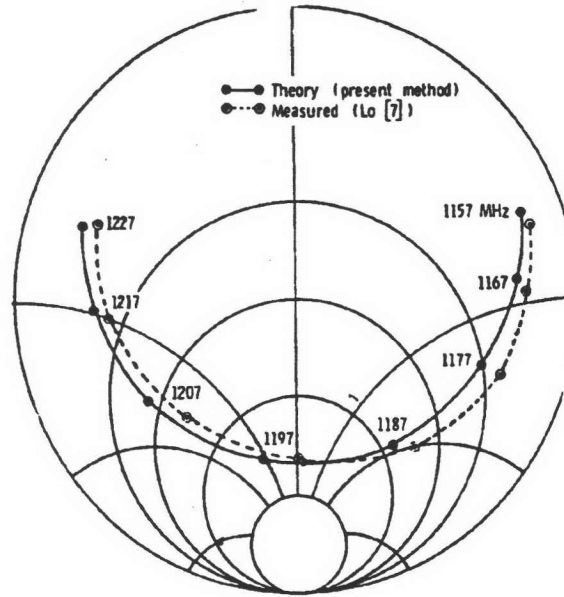
ในการทวนสอบนี้ใช้สายอากาศรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากที่มีระบบพิกัดดังรูป 4.1 โดยเปรียบเทียบค่าอิมพีแดนซ์ขาเข้าของสายอากาศที่ได้จากงานวิจัยในอดีตและการคำนวณด้วยแบบจำลองแบบโพรงในวิทยานิพนธ์นี้ สายอากาศที่ใช้ทวนสอบมี 3 แบบคือแผ่นสายอากาศรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า แผ่นสายอากาศรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส และแผ่นสายอากาศรูปสี่เหลี่ยมใกล้เคียงจัตุรัสที่มีโพลาริเซชันแบบวงกลม เมื่อเปรียบเทียบค่าอิมพีแดนซ์ขาเข้าที่ได้จากแบบจำลองแบบโพรงกับงานวิจัยในอดีตซึ่งแสดงอยู่ในรูปของแผนภูมิของสมิทท จะเห็นว่า เส้นทางเดินของอิมพีแดนซ์บนแผนภูมิเป็นไปในทางเดียวกัน และค่าอิมพีแดนซ์ขาเข้าที่ได้มีค่าใกล้เคียงกัน ดังผลที่ได้ดังต่อไปนี้



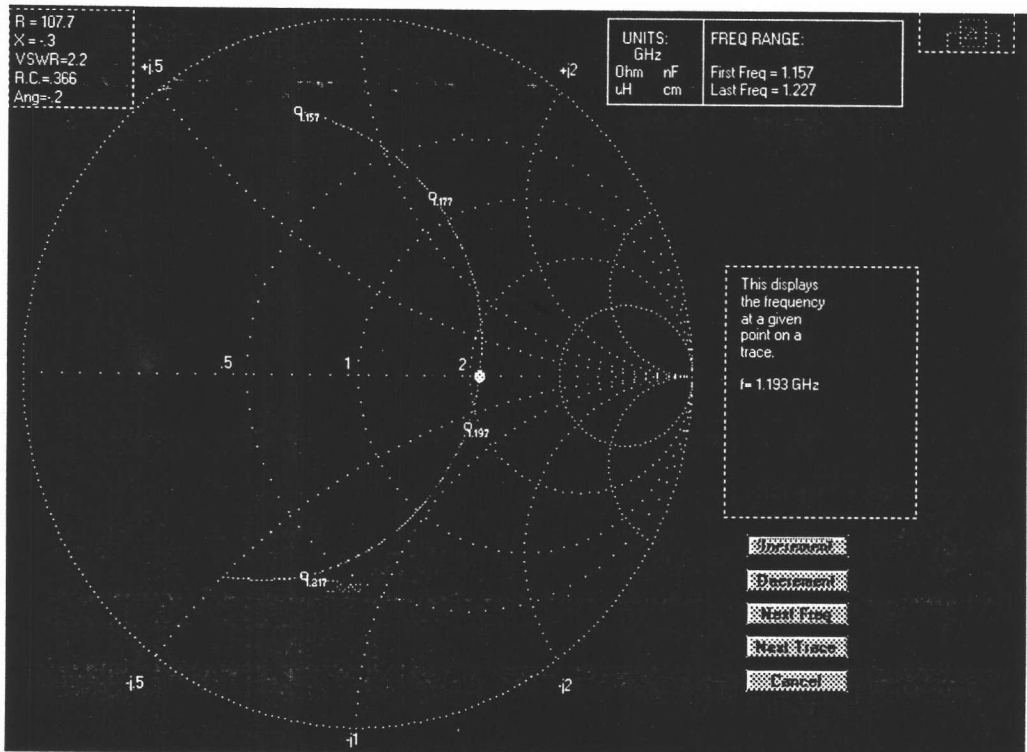
รูป 4.1 ระบบพิกัดของสายอากาศที่ศึกษา

1. สายอากาศสำหรับการทวนสอบแบบที่ 1 เป็นสายอากาศรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาด $a \times b$ เท่ากับ 7.6×11.4 ซม.² ความหนาของแผ่นฐานไดอิเล็กตริก t มีค่าเท่ากับ 0.159 ซม. ค่าคงตัวไดอิเล็กตริกสัมพัทธ์ ϵ_r และค่าแทนเจนต์การสูญเสีย $\tan \delta$ มีค่าเท่ากับ 2.62 และ 0.001 ตามลำดับ ใช้ระบบป้อนกำลังแบบสายนำสัญญาณไมโครสตริปที่มีอิมพีแดนซ์ลักษณะสมบัติ 50 โอห์ม กว้าง 0.44 ซม. และจ่ายกระแส ณ ตำแหน่ง (x_0, y_0) เท่ากับ $(0, b/2)$

ความสัมพันธ์ของอิมพีแดนซ์ขาเข้าเทียบกับความถี่จากงานของ Deshpande และ Bailey (1982) ที่ใช้วิธีเชิงเลขหาค่าอิมพีแดนซ์ขาเข้าของสายอากาศมีค่าดังรูป 4.2 ส่วนรูป 4.3 เป็นผลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองแบบโพรงในวิทยานิพนธ์นี้ ซึ่งผลที่ได้มีค่าสอดคล้องกันคือ ค่าความถี่เรโซแนนซ์ของสายอากาศมีค่าประมาณ 1.19 กิกะเฮิร์ต และที่ความถี่เรโซแนนซ์นี้อิมพีแดนซ์ขาเข้ามีค่าประมาณ 110 โอห์ม



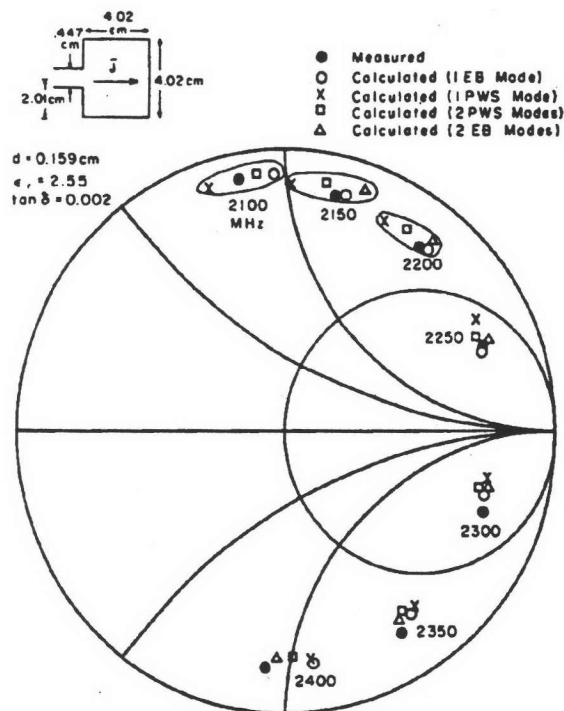
รูป 4.2 อิมพีแดนซ์ขาเข้าของสายอากาศสำหรับทวนสอบแบบที่ 1
ที่มา: Deshpande และ Bailey (1982)



รูป 4.3 อิมพีแดนซ์ขาเข้าของสายอากาศสำหรับทวนสอบแบบที่ 1
ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองแบบโพรง

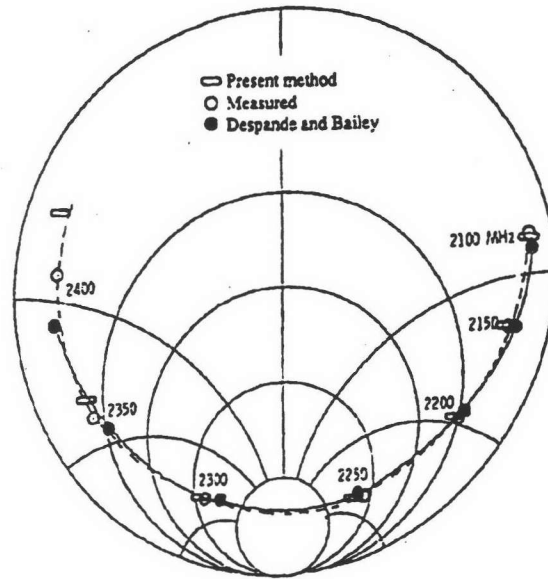
2. สายอากาศสำหรับการทวนสอบแบบที่ 2 สายอากาศที่ใช้ทวนสอบนี้เป็นสายอากาศรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 4.02×4.02 ซม.² ความหนาของแผ่นฐานไดอิเล็กตริก t มีค่าเท่ากับ 0.159 ซม. ค่าคงตัวไดอิเล็กตริกสัมพัทธ์ ϵ_r และค่าแทนเจนต์การสูญเสีย $\tan \delta$ มีค่าเท่ากับ 2.55 และ 0.002 ตามลำดับ ใช้ระบบป้อนกำลังแบบสายนำสัญญาณไมโครสตริปที่มีอิมพีแดนซ์ลักษณะสมบัติ 50 โอห์ม กว้าง 0.45 ซม. และจ่ายกระแส ณ ตำแหน่ง (x_0, y_0) เท่ากับ $(0, b/2)$

ความสัมพันธ์ของอิมพีแดนซ์ขาเข้าเทียบกับความถี่จากงานของ Pozar (1982) ซึ่งใช้วิธีของโมเมนต์ในการวิเคราะห์ผลเทียบกับการวัดดังรูป 4.4 และงานของ Mittra และ Akson (1995) ซึ่งใช้วิธีของโมเมนต์ร่วมกับการหาโคลสฟอร์มของฟังก์ชันกรีนแบบไดอะดิก (Dyadic Green's Function) วิเคราะห์ผลเทียบกับการวัดและผลของ Deshpande และ Bailey ดังรูป 4.5 ส่วนรูป 4.6 เป็นผลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองแบบโพรงในวิทยานิพนธ์นี้ ซึ่งผลที่ได้ทั้งสามกรณีมีค่าสอดคล้องกันคือ ค่าความถี่เรโซแนนซ์ของสายอากาศมีค่าประมาณ 2.28 กิกะเฮิร์ต และที่ความถี่เรโซแนนซ์นี้อิมพีแดนซ์ขาเข้ามีค่าประมาณ 220 โอห์ม

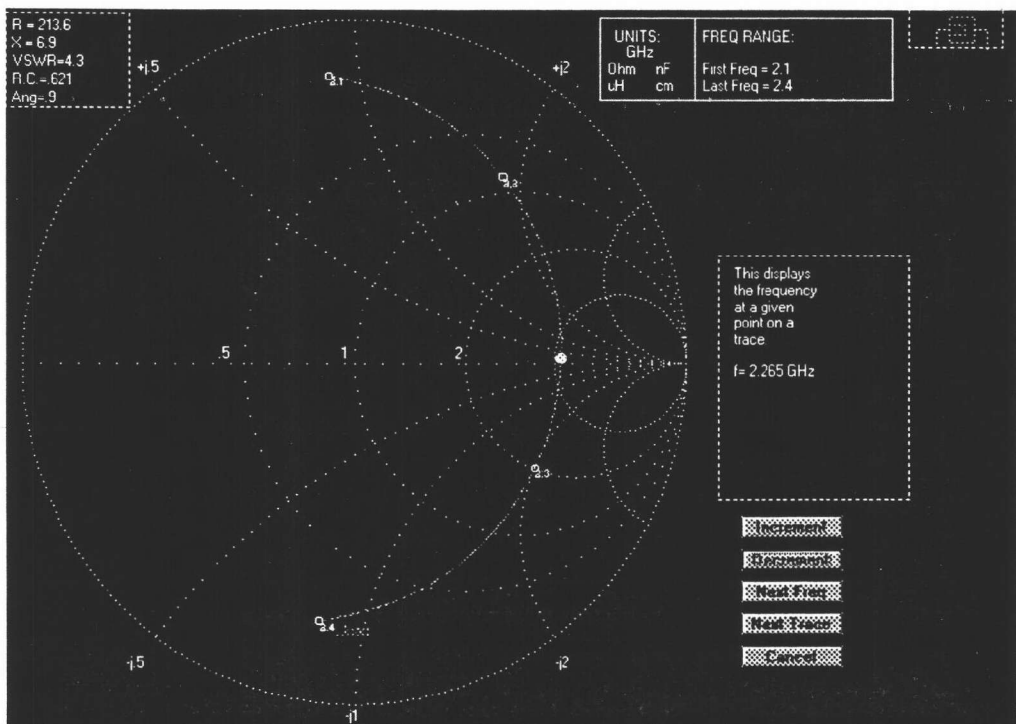


รูป 4.4 อิมพีแดนซ์ขาเข้าของสายอากาศสำหรับการทวนสอบแบบที่ 2

ที่มา: Pozar (1982)



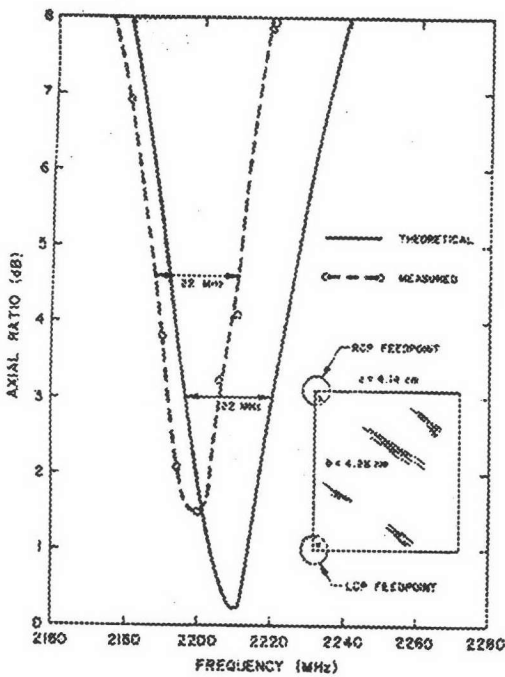
รูป 4.5 อิมพีแดนซ์ขาเข้าของสายอากาศสำหรับทวนสอบแบบที่ 2
ที่มา: Mitra and Akson (1995)



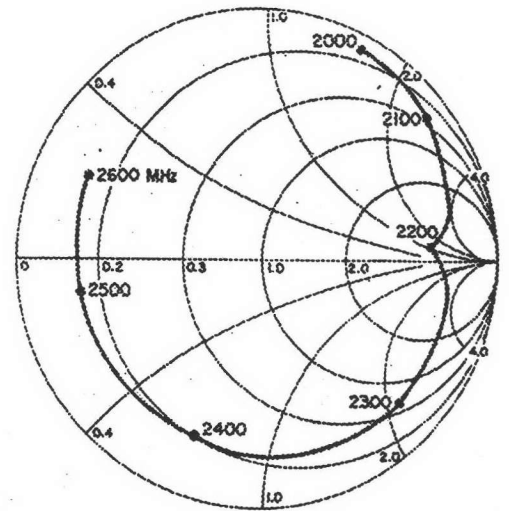
รูป 4.6 อิมพีแดนซ์ขาเข้าของสายอากาศสำหรับทวนสอบแบบที่ 2
ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองแบบโพรง

3. สายอากาศสำหรับการทดสอบแบบที่ 3 สายอากาศแบบนี้เป็นสายอากาศรูปสี่เหลี่ยมใกล้ เคียงจัตุรัสที่ให้โพลาริเซชันแบบวงกลม ขนาด 4.14×4.26 ซม.² ความหนาของแผ่นฐานไดอิเล็กตริก t มีค่าเท่ากับ 0.159 ซม. ค่าคงตัวไดอิเล็กตริกสัมพัทธ์ ϵ_r และค่าแทนเจนต์การสูญเสีย $\tan\delta$ มีค่าเท่ากับ 2.55 และ 0.002 ตามลำดับ ใช้ระบบป้อนกำลังแบบสายนำสัญญาณไมโครสตริปที่มีอิมพีแดนซ์ลักษณะสมบัติ 50 โอห์ม กว้าง 0.45 ซม. และจ่ายกระแสที่มุมของแผ่นสายอากาศ

ค่าแบนด์วิดท์ของอัตราส่วนตามแนวแกนและอิมพีแดนซ์ขาเข้าของสายอากาศที่ได้จากแบบจำลอง แบบโปรแกรมโดย Carver และ Coffey (1979) อ้างถึงใน Carver และ Mink (1981) มีค่าดังรูป 4.7ก และ 4.7ข เปรียบเทียบกับผลที่ได้จากแบบจำลองแบบโปรแกรมในรูป 4.8ก และ 4.8ข จะเห็นว่า ผลที่ได้สอดคล้องกัน ทั้งสองกรณี โดยที่ค่าความถี่เรโซแนนซ์มีค่าประมาณ 2.27 กิกะเฮิร์ต และความต้านทานขาเข้า 200 โอห์ม แบนด์วิดท์ของอัตราส่วนตามแนวแกนที่ได้มีค่าประมาณ 22 เมกกะเฮิร์ต



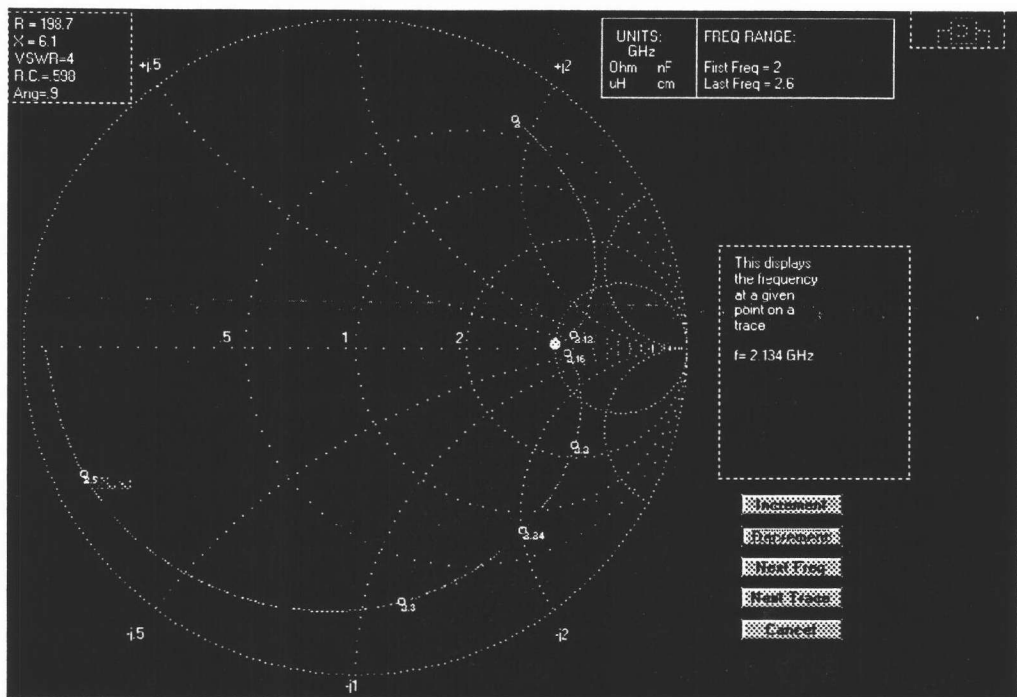
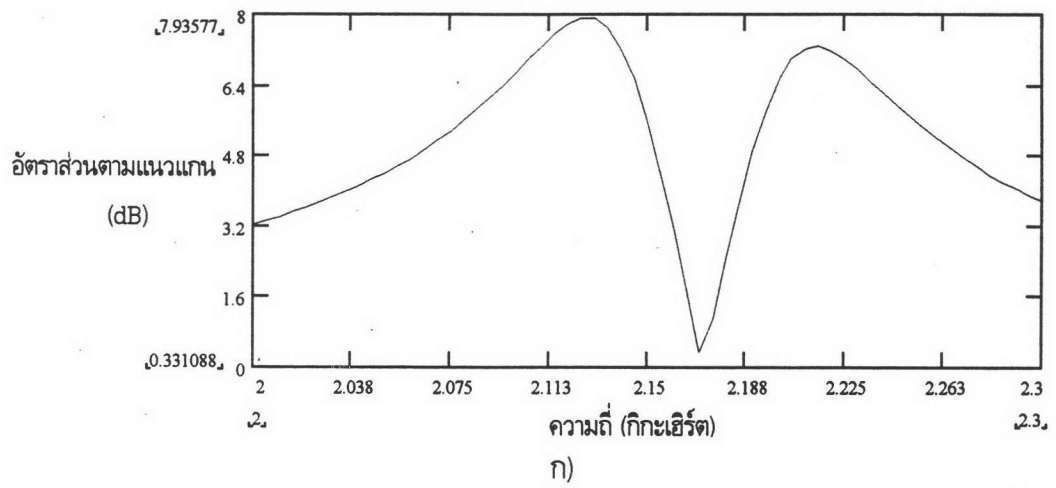
ก)



ข)

รูป 4.7 สายอากาศสำหรับการทดสอบแบบที่ 3

- ก) กราฟอัตราส่วนตามแกนกับความถี่
 - ข) อิมพีแดนซ์ขาเข้าเทียบกับความถี่
- ที่มา: Carver และ Mink (1981)



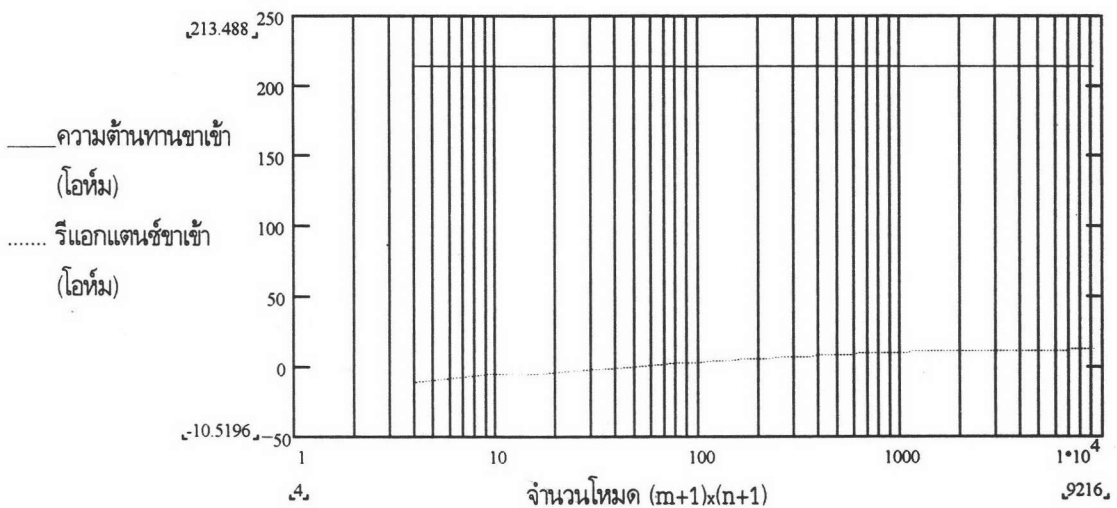
รูป 4.8 ผลการวิเคราะห์สายอากาศสำหรับทวนสอบแบบที่ 3 ด้วยแบบจำลองแบบโพรง

ก) กราฟอัตราส่วนตามแกนกับความถี่

ข) อิมพีแดนซ์ขาเข้าเทียบกับความถี่

จากผลการทวนสอบที่ได้ จะเห็นว่า วิธีการใช้แบบจำลองแบบโพรงสามารถให้คำตอบที่มีความถูกต้องภายใต้ข้อจำกัดในเรื่องของความหนาของแผ่นฐานไดอิเล็กตริกที่ต้องน้อยกว่า 0.02 เท่าของความยาวคลื่นในอวกาศว่าง และแผ่นกราวด์มีขนาดใหญ่มาก นอกจากข้อจำกัดของแบบจำลองแบบโพรงแล้ว วิธีการหาคำตอบของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าด้วยการกระจายฟังก์ชันกรีนด้วยฟังก์ชันค่าเจาะจงนั้น พบว่าสนามแม่เหล็กไฟฟ้าภายในโพรงประกอบด้วยสนามแม่เหล็กไฟฟ้าโหมดต่างๆ จำนวนมากจนถึงอนันต์ แต่ในความเป็นจริง ไม่สามารถคำนวณได้จนถึงอนันต์โหมด ดังนั้นจึงจำเป็นต้องหาจำนวนโหมดที่เหมาะสมในการคำนวณค่าสนามแม่เหล็กไฟฟ้าภายในโพรง โดยจะศึกษาผลที่เกิดขึ้นกับสายอากาศทวนสอบแบบที่ 2 ซึ่งเป็นรูปร่างสายอากาศที่ต้องการศึกษาคือแผ่นสายอากาศรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส

ในรูป 4.9 เป็นกราฟความสัมพันธ์ของค่าอิมพีแดนซ์ขาเข้ากับจำนวนโหมดทั้งหมด $(m+1) \times (n+1)$ โหมด จะเห็นว่า จำนวนโหมดที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลกระทบต่อรีแอกแตนซ์ขาเข้าของสายอากาศ และทำให้ความถี่เรโซแนนซ์มีค่าสูงขึ้น แต่ผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อค่ารีแอกแตนซ์นี้มีค่าน้อยมาก โดยเฉพาะเมื่อมีการคิดจำนวนโหมดสูงพอ



รูป 4.9 กราฟความสัมพันธ์ของอิมพีแดนซ์ขาเข้ากับจำนวนโหมดของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าภายในโพรง

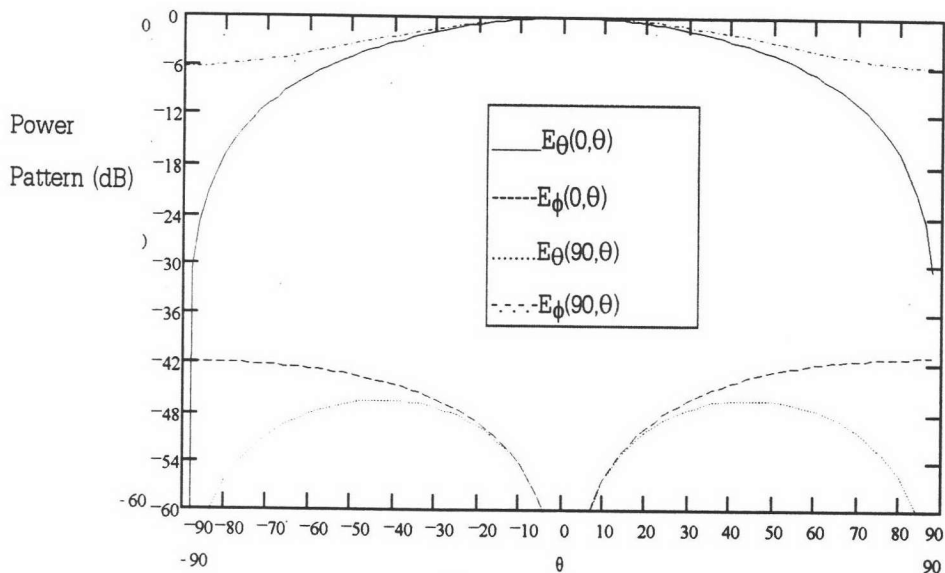
โหมดที่เพิ่มขึ้นของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าภายในโพรงจาก 16 โหมดเป็น 121 และ 441 โหมดทำให้เกิดผลกระทบต่อลักษณะสมบัติของสายอากาศคือ

1. ผลต่ออิมพีแดนซ์ขาเข้าของสายอากาศ พบว่า ค่าอิมพีแดนซ์มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากและเกิดขึ้นจากโหมดอันดับสูงที่เพิ่มขึ้นทำให้ค่ารีแอกแตนซ์เพิ่มขึ้นจาก 10.13 เป็น 10.98 และ 11.81 โอห์มเมื่อเพิ่มโหมดจาก 16 เป็น 121 และ 441 โหมดตามลำดับ และทำให้แบนด์วิดท์ ความถี่เรโซแนนซ์และประสิทธิภาพ

ของสายอากาศมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก และเมื่อพิจารณารูป 4.9 จะเห็นว่า การเพิ่มขึ้นของคาร์เรแอกแตนซ์ เทียบกับจำนวนโหนดเป็นการเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ดังจะเห็นได้จากคาร์เรแอกแตนซ์ที่ 121, 441 และ 9025 โหนด มีความแตกต่างกันน้อยมาก

2. ผลต่อแบบรูปการแผ่พลังงาน พบว่า โหนดที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ระดับโพลาริเซชันไขว้ของสายอากาศมีค่าสูงขึ้นเท่านั้น โดยค่าที่ได้จาก 121 โหนด และ 441 โหนดมีค่าใกล้เคียงกันมากคือที่ -18 dB ดังรูป 4.10

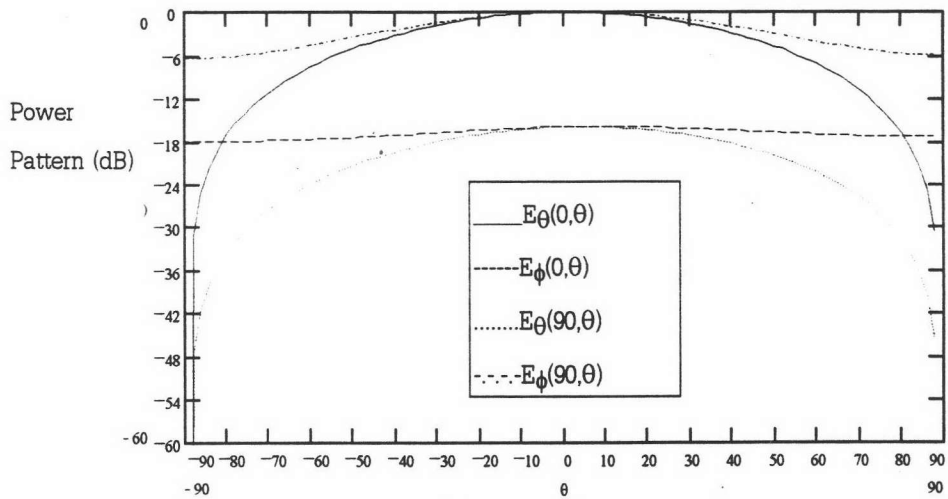
ฉะนั้นเพื่อลดเวลาที่ใช้ในการประมวลผล จำนวนโหนดของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าภายในโพรงที่ใช้ในงานวิจัยคือ 441 โหนด



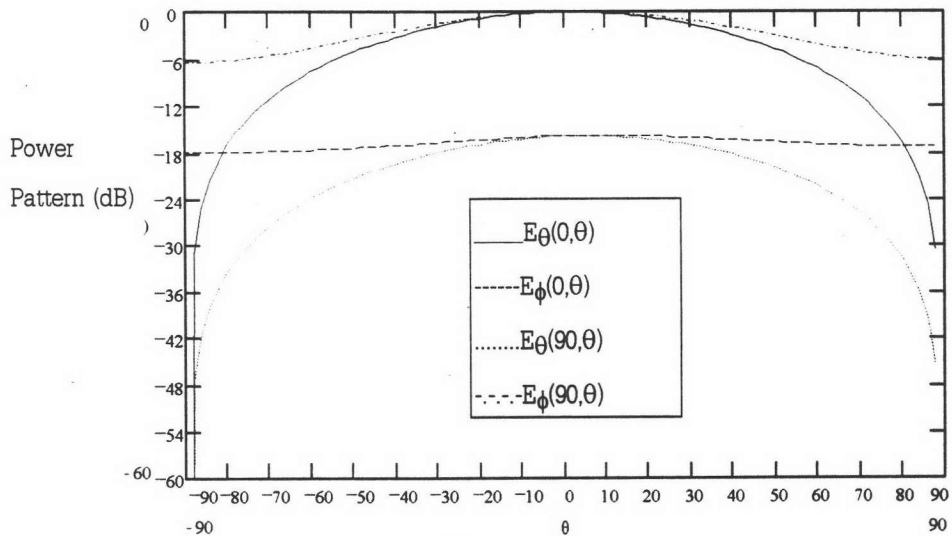
ก) จำนวนโหนด 16 โหนด

รูป 4.10 แบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศสำหรับทวนสอบแบบที่ 2
ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองแบบโพรงเมื่อ

- ก) จำนวนโหนด 16 โหนด
- ข) จำนวนโหนด 121 โหนด
- ค) จำนวนโหนด 441 โหนด



ข) จำนวนโหนด 121 โหนด



ค) จำนวนโหนด 441 โหนด

รูป 4.10 (ต่อ)

ก่อนที่จะทำการวิเคราะห์ผลกระทบของระบบป้อนกำลังแบบสายนำสัญญาณไมโครสตริปในหัวข้อต่อไป จะทำการศึกษาลักษณะสมบัติของสายนำสัญญาณไมโครสตริปตามสมการ 3.81-3.87 ในบทที่ 3 ดังนี้

1. ความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างและอิมพีแดนซ์ลักษณะสมบัติของสายนำสัญญาณไมโครสตริป จากวิธีการหาความกว้างของสายนำสัญญาณไมโครสตริป w ที่มีอิมพีแดนซ์ลักษณะสมบัตินี้ค่าใดๆ Z_c ตามสมการที่ 3.83 ความสัมพันธ์ของความกว้างและอิมพีแดนซ์ลักษณะสมบัติของสายนำสัญญาณ ที่แผ่นฐานไดอิเล็กตริกมีค่าคงตัวไดอิเล็กตริกสัมพันธ์เท่ากับ 2.55 หนา 0.159 ซม. ที่ความถี่ประมาณ 1.62 กิกะเฮิรต์ มีค่าดังตาราง 4.1

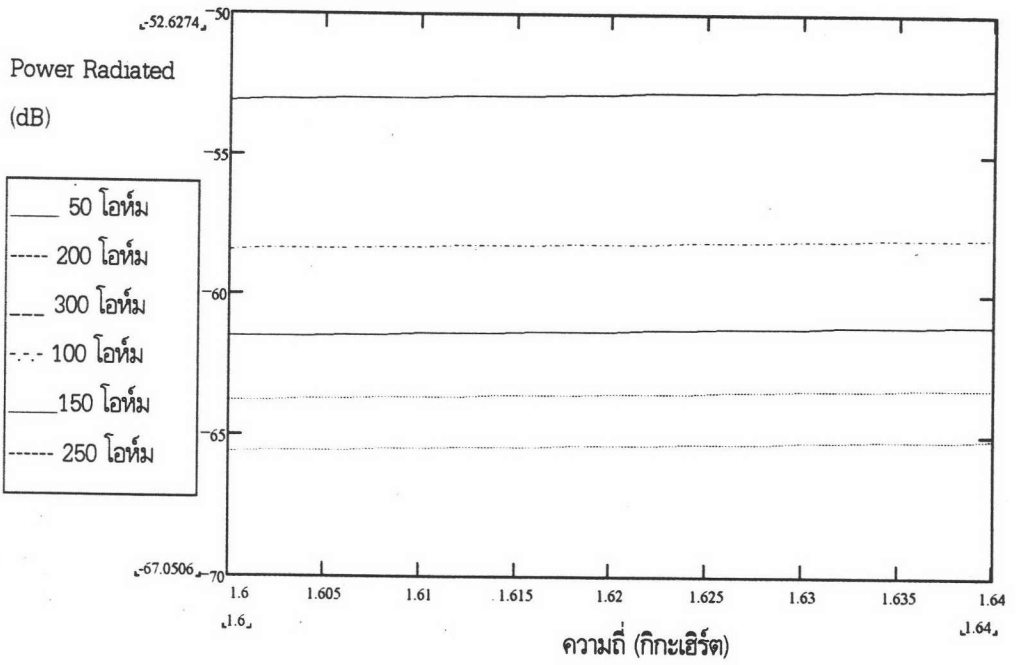
ตาราง 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างและอิมพีแดนซ์ลักษณะสมบัติของสายนำสัญญาณไมโครสตริป เมื่อแผ่นฐานไดอิเล็กตริกมีความหนา 0.159 เซนติเมตร และมีค่าคงตัวไดอิเล็กตริกสัมพัทธ์ 2.55

อิมพีแดนซ์ลักษณะสมบัติ : Z_c (โอห์ม)	ความกว้างที่ได้จากสมการที่ 3.83 : w (ซม.)	อิมพีแดนซ์ลักษณะสมบัติที่ได้จากการคำนวณตามสมการที่ 3.81-3.82 : Z_{c1} (โอห์ม)	ความผิดพลาด (%)
50	0.448	50.172	0.343
100	0.125	97.942	2.10
150	0.040	147.194	1.91
200	0.013	197.455	1.29
250	0.004	247.672	0.94
300	0.001	297.712	0.77

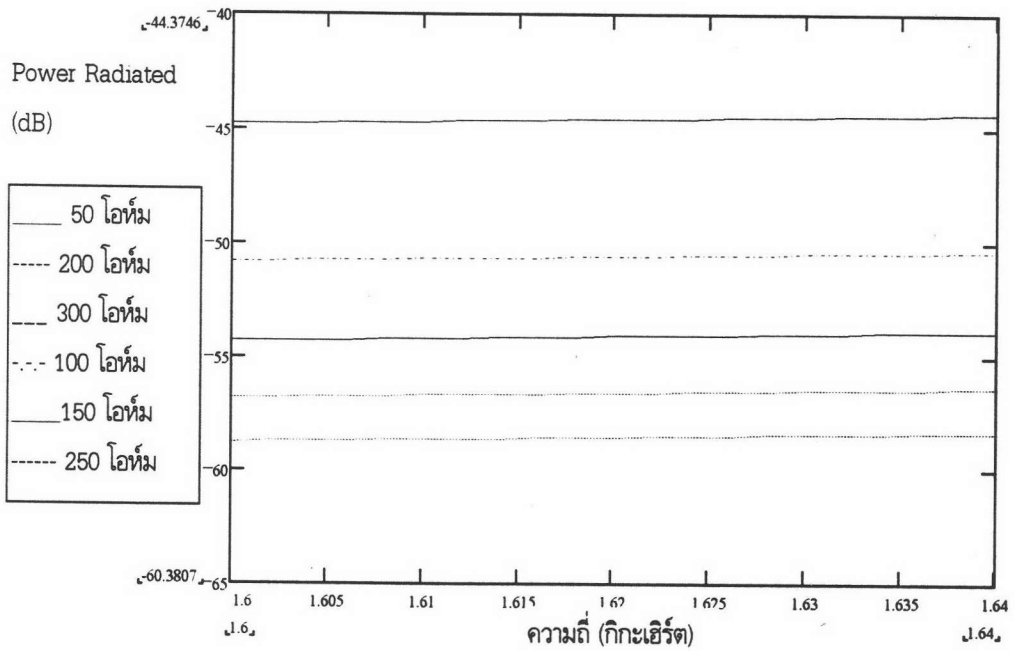
2. การสูญเสียในสายนำสัญญาณไมโครสตริป จากสมการการหาค่ากำลังการสูญเสียในสายนำสัญญาณไมโครสตริปที่เกิดขึ้นจากการสูญเสียในโลหะ ในไดอิเล็กตริก และการแผ่พลังงานตามสมการ 3.84 ถึงสมการ 3.87 ในบทที่ 3 สามารถนำมาหาค่าการสูญเสียในสายนำสัญญาณที่มีค่าอิมพีแดนซ์ลักษณะสมบัติและความกว้างตามตาราง 4.1 ได้ดังรูป 4.11 ถึง 4.14 ซึ่งเป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างการสูญเสียแบบต่างๆ ต่อความถี่และการสูญเสียต่อหนึ่งหน่วยความยาวของสายนำสัญญาณไมโครสตริป

จากรูปความสัมพันธ์ระหว่างการสูญเสียเนื่องจากการแผ่พลังงานจากความไม่ต่อเนื่องของสายนำสัญญาณไมโครสตริป ในรูป 4.11 และ 4.12 จะเห็นว่าการแผ่พลังงานจะมีค่าประมาณคงที่ในย่านความถี่ที่ใช้งาน โดยที่กำลังงานสูญเสียจากการแผ่พลังงานจะมีค่าสูงขึ้นเมื่ออิมพีแดนซ์ลักษณะสมบัติของสายนำสัญญาณมีค่าลดลง และจุดความไม่ต่อเนื่องรูปตัวทีจะมีกำลังงานสูญเสียสูงกว่าจุดความไม่ต่อเนื่องแบบมุมฉาก จากรูป 4.12 ระดับกำลังงานสูญเสียเนื่องจากการแผ่พลังงานจากสายนำสัญญาณที่มีการหักมุมเป็นมุมฉาก และสายนำสัญญาณที่มีรอยต่อรูปตัวทีของสายนำสัญญาณไมโครสตริปที่มีอิมพีแดนซ์ลักษณะสมบัติ 200 โอห์มกับความถี่ มีค่าเท่ากับ -64 และ -56 dB ตามลำดับ

สำหรับกำลังงานสูญเสียเนื่องจากการสูญเสียในไดอิเล็กตริกและในโลหะในรูป 4.13 จะเห็นว่า การสูญเสียจะมีค่าสูงขึ้นตามความถี่ โดยที่การสูญเสียในโลหะจะมีค่าลดลงเมื่ออิมพีแดนซ์ลักษณะสมบัติมีค่าลดลงแต่การสูญเสียในไดอิเล็กตริกมีค่าเพิ่มขึ้น จากรูป 4.13ค แสดงให้เห็นว่ากำลังงานสูญเสียรวมเนื่องจากการสูญเสียในไดอิเล็กตริกและในโลหะจะมีค่าใกล้เคียงกันประมาณ 0.5 dB ต่อเมตร เมื่ออิมพีแดนซ์ลักษณะสมบัติของสายนำสัญญาณอยู่ระหว่าง 50-200 โอห์ม

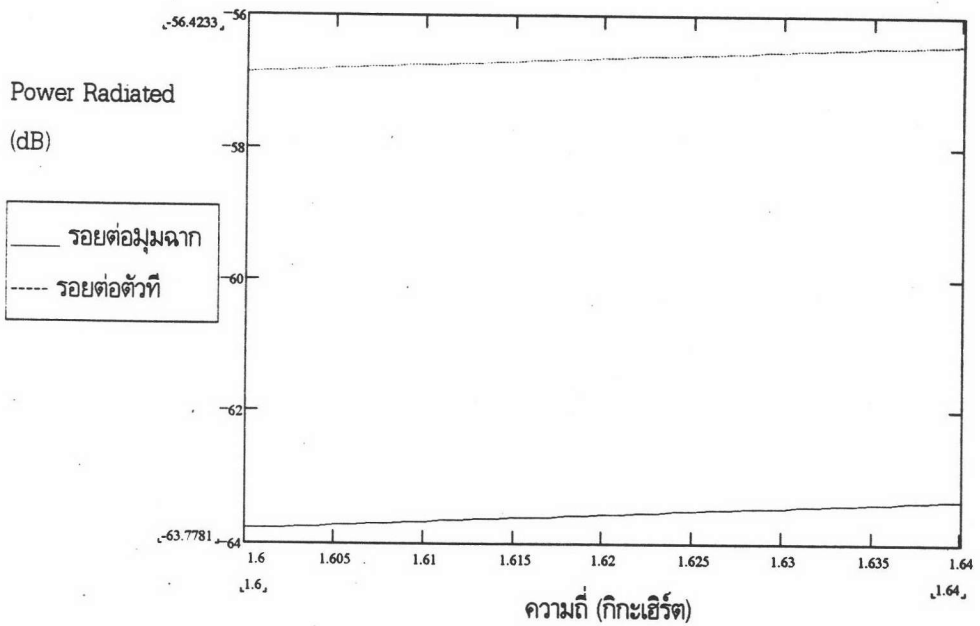


ก) สายนำสัญญาณไมโครสตริปที่มีการหักมุมเป็นมุมฉาก

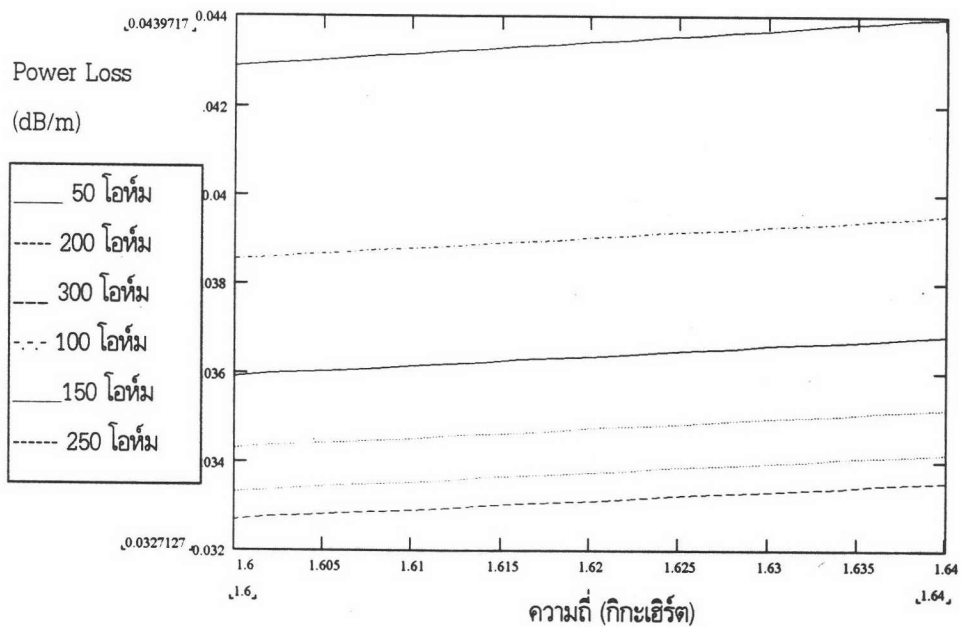


ข) สายนำสัญญาณไมโครสตริปที่มีรอยต่อรูปตัวที

รูป 4.11 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างการสูญเสียเนื่องจากการแผ่พลังงานจากสายนำสัญญาณไมโครสตริปที่มีอิมพีแดนซ์ลักษณะสมบัติ 50 -300 โอห์มกับความถี่ในย่านความถี่แอล

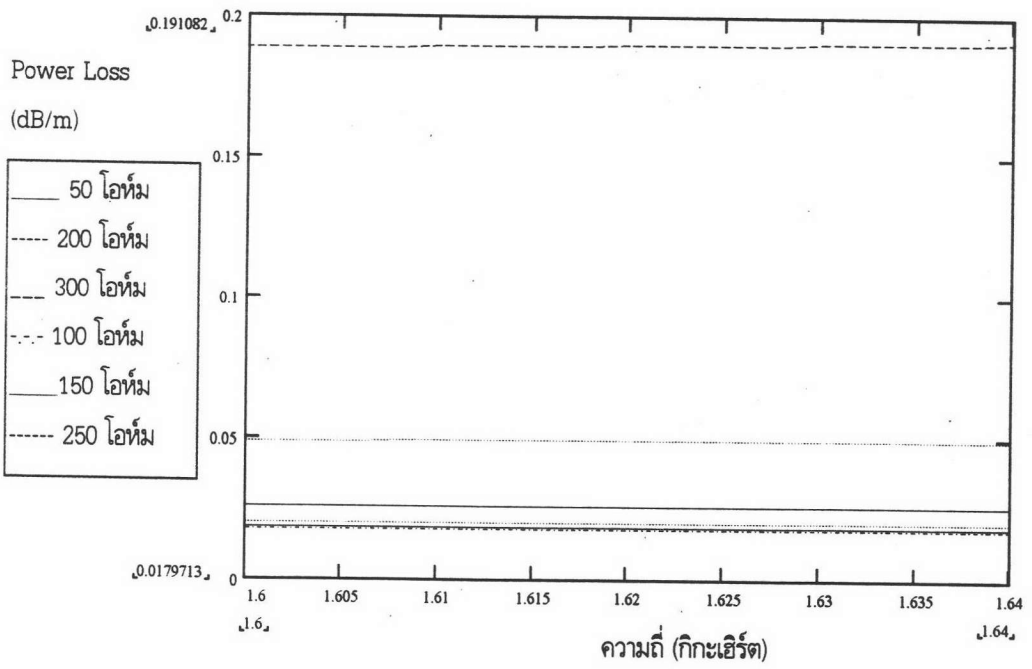


รูป 4.12 กราฟเปรียบเทียบกำลังงานสูญเสียเนื่องจากการแผ่พลังงานจากสายนำสัญญาณที่มีการหักมุมเป็นมุมฉาก (1) และสายนำสัญญาณที่มีรอยต่อรูปตัวที (2) (เรียงตามลำดับจากกราฟเส้นกราฟล่าง) ของสายนำสัญญาณไมโครสตริปที่มีอิมพีแดนซ์ลักษณะสมบัติ 200 โอห์ม กับความถี่

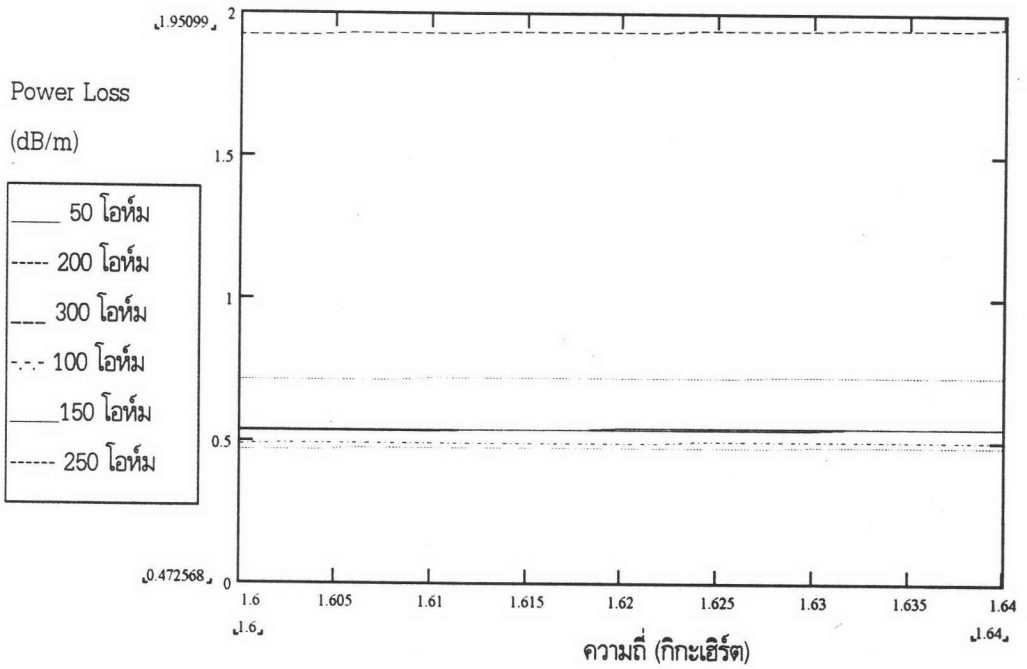


ก) การสูญเสียในไดอิเล็กตริก

รูป 4.13 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังงานสูญเสียต่อเมตรเนื่องจากการสูญเสียในโลหะ และการสูญเสียในไดอิเล็กตริกของสายนำสัญญาณไมโครสตริปในย่านความถี่แอลที่ต้องการใช้งาน



ข) การสูญเสียในโลหะ



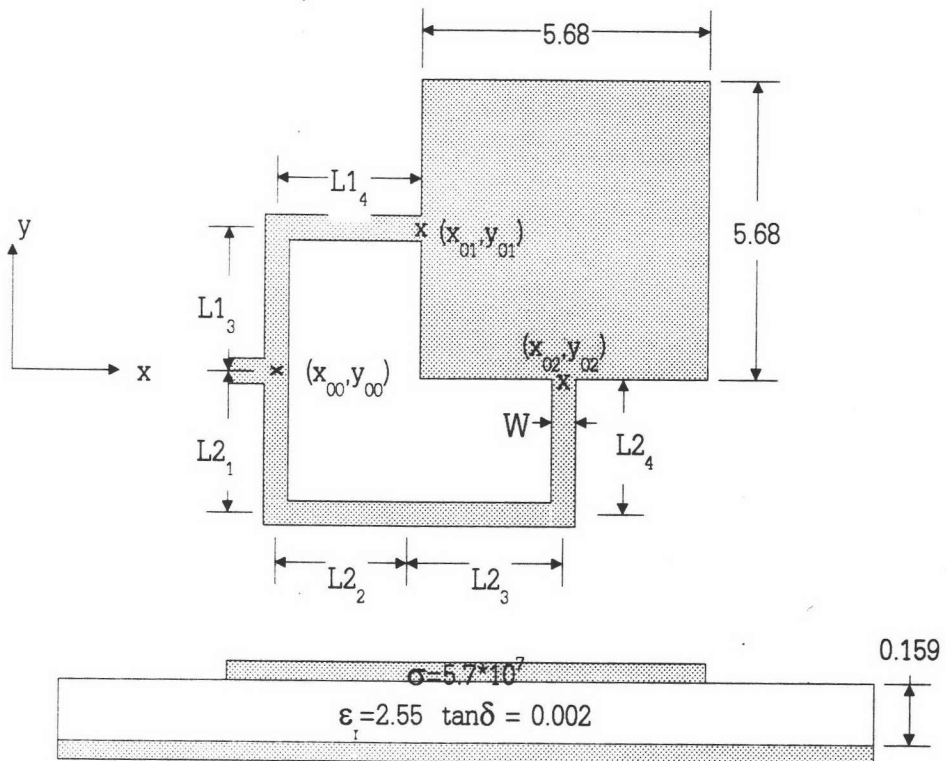
ค) การสูญเสียรวมของการสูญเสียในไดอิเล็กตริกและการสูญเสียในโลหะ

รูป 4.13 (ต่อ)

การวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของสายอากาศไมโครสตริปรูปลี่เหลี่ยมจัตุรัสที่มีการจ่ายกระแสกระตุ้นสองจุด

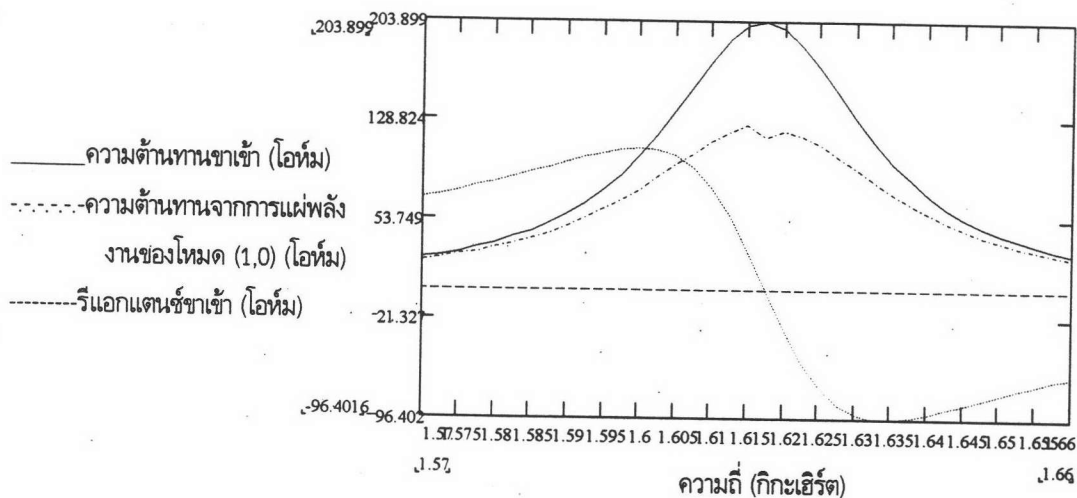
ในหัวข้อนี้ประกอบด้วยลักษณะสมบัติของสายอากาศไมโครสตริปรูปลี่เหลี่ยมมุมฉากที่มีการจ่ายกระแสกระตุ้นสองจุดเมื่อไม่รวมผลกระทบจากระบบป้อนกำลัง และเมื่อมีการรวมผลกระทบที่เกิดขึ้นจากระบบป้อนกำลังโดยศึกษาพารามิเตอร์ 3 ตัว คือ ตำแหน่งการจ่ายกระแสกระตุ้น (x_{01}, y_{01}) และ (x_{02}, y_{02}) บนแผ่นสายอากาศ ความยาวของสายนำสัญญาณไมโครสตริป ตำแหน่งการจ่ายกระแสกระตุ้น (x_{00}, y_{00}) ให้แก่ระบบ และอิมพีแดนซ์ลักษณะสมบัติของสายนำสัญญาณไมโครสตริปโดยโครงสร้างของสายอากาศที่ศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ความถี่ใช้งานอยู่ในย่านความถี่แวลูประมาณ 1.61-1.6285 กิกะเฮิรต
2. แผ่นฐานไดอิเล็กตริกที่เลือกศึกษาเป็นเทฟลอนไฟเบอร์กลาสที่มีค่าคงตัวไดอิเล็กตริกสัมพัทธ์ ϵ_r เท่ากับ 2.55 ค่าแทนเจนต์การสูญเสีย $\tan \delta$ เท่ากับ 0.001 และมีความหนา t เท่ากับ 0.159 ซม.
3. แผ่นสายอากาศทำจากทองแดงที่มีสภาพนำไฟฟ้า σ เท่ากับ 5.7×10^7 ซีเมนตต่อเมตร
4. สายอากาศรูปลี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 5.68×5.68 ซม.² ซึ่งมีลักษณะสมบัติตามรูป 4.34-4.37
5. จำนวนโหนดของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าภายในโพรงเท่ากับ 441 โหนด
6. จ่ายกระแสกระตุ้นสองจุดบนระนาบแกน $x = 0$ ซึ่งมีเฟสตามหลังจุดจ่ายกระแสบนระนาบแกน $y = 0$ อยู่ 90 องศา เพื่อให้คลื่นโพลาริซแบบวงกลมที่มีการหมุนในทิศทวนเข็มนาฬิกา

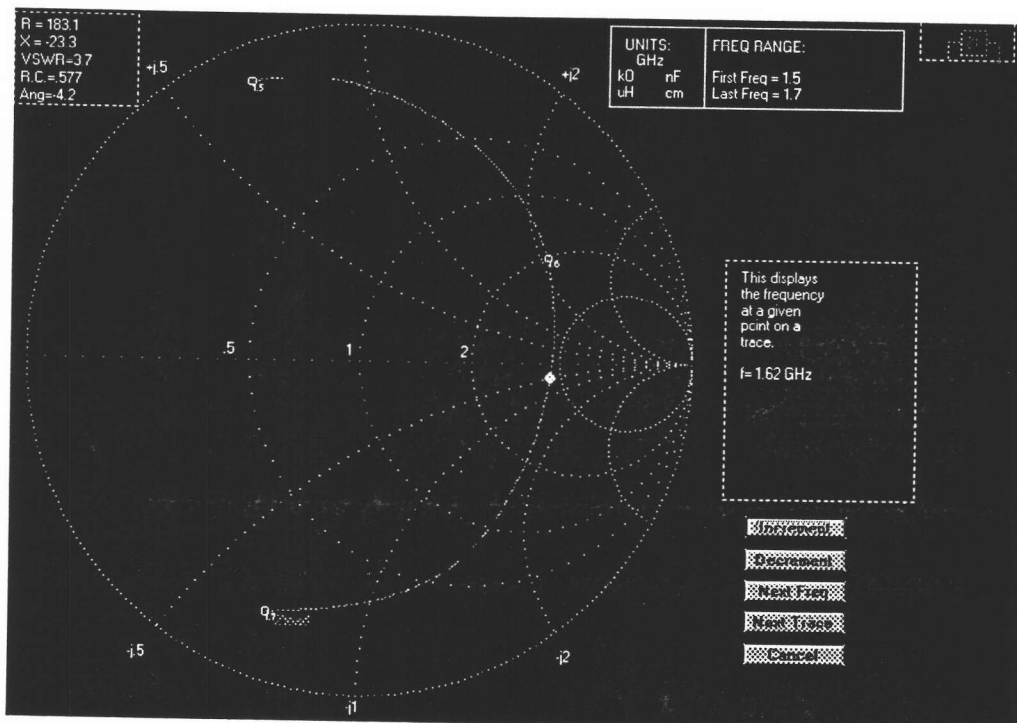


รูป 4.14 สายอากาศไมโครสตริปรูปลี่เหลี่ยมจัตุรัสที่มีการจ่ายกระแสกระตุ้นสองจุด

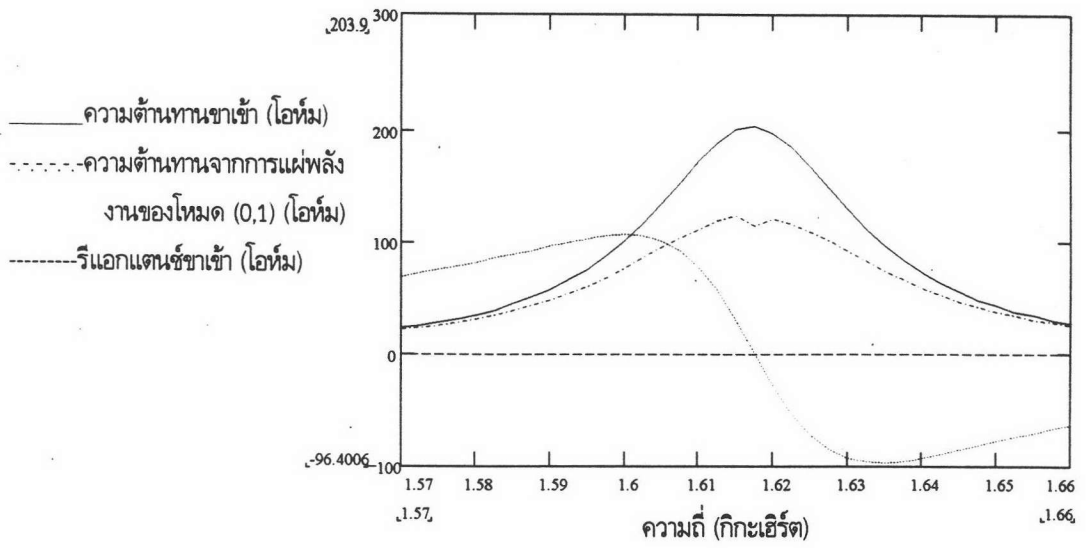
1. ลักษณะสมบัติของสายอากาศเมื่อไม่รวมผลกระทบจากระบบป้อนกำลัง จากความหนาของแผ่นฐานไดอิเล็กตริกที่มีค่าน้อยกว่า 0.02 เท่าของความยาวคลื่น และถือว่าแผ่นกราวด์มีขนาดใหญ่มาก จึงสามารถนำแบบจำลองแบบโพรงมาใช้ในการศึกษาสายอากาศในรูป 4.14 ได้ ผลที่ได้จากการใช้แบบจำลองแบบโพรงมีค่าดังรูป 4.15 - 4.18



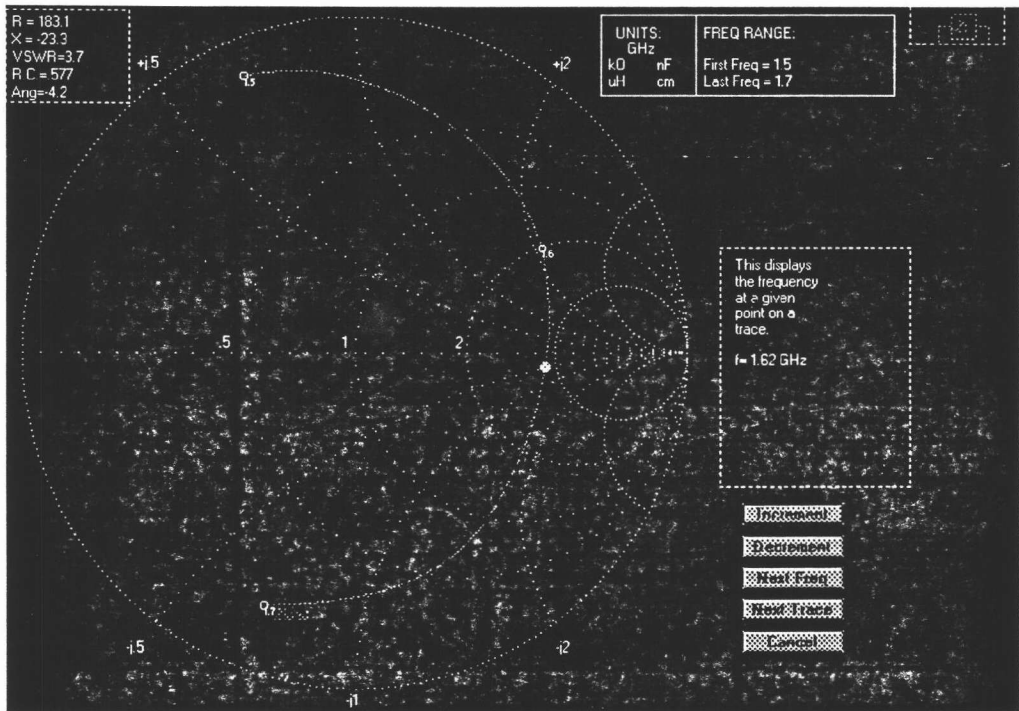
รูป 4.15ก อิมพีแดนซ์ขาเข้าเทียบกับความถี่ที่จุดจ่ายกระแส (0,2.84) ของสายอากาศไมโครสตริปรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 5.68 x 5.68 ซม.² ความหนาแผ่นฐานไดอิเล็กตริกเท่ากับ 0.159 ซม.



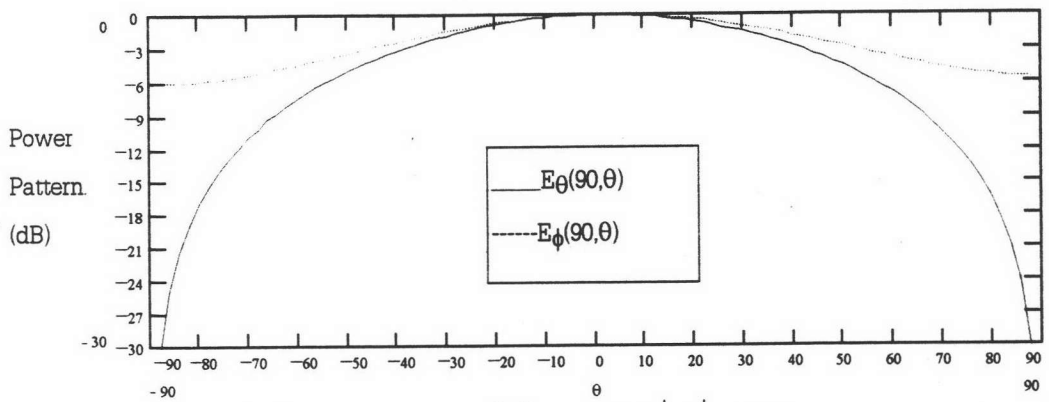
รูป 4.15ข ทางเดินของอิมพีแดนซ์ขาเข้าของสายอากาศบนแผนภูมิของสมิทในรูปที่ 4.16ก



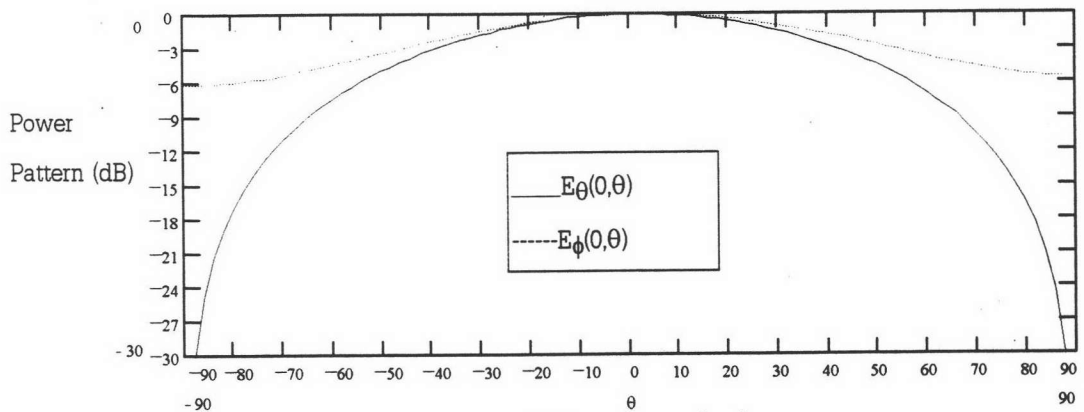
รูป 4.16ก อิมพีแดนซ์ขาเข้าเทียบกับความถี่ที่จุดจ่ายกระแส (2.84,0) ของสายอากาศไมโครสตริปรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 5.68 x 5.68 ซม.² ความหนาแผ่นฐานไดอิเล็กตริกเท่ากับ 0.159 ซม.



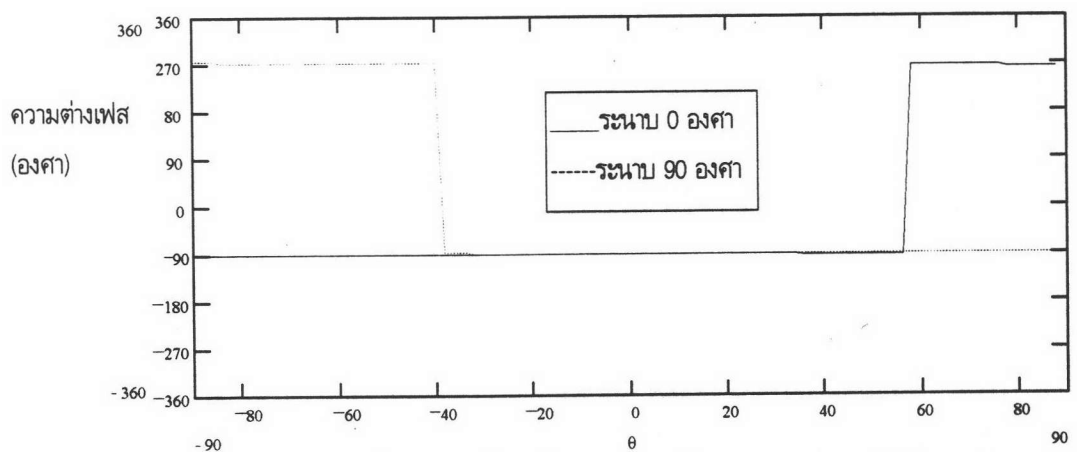
รูป 4.16ข ทางเดินบนแผนภูมิของสมิทของอิมพีแดนซ์ขาเข้าของสายอากาศในรูปที่ 4.17ก



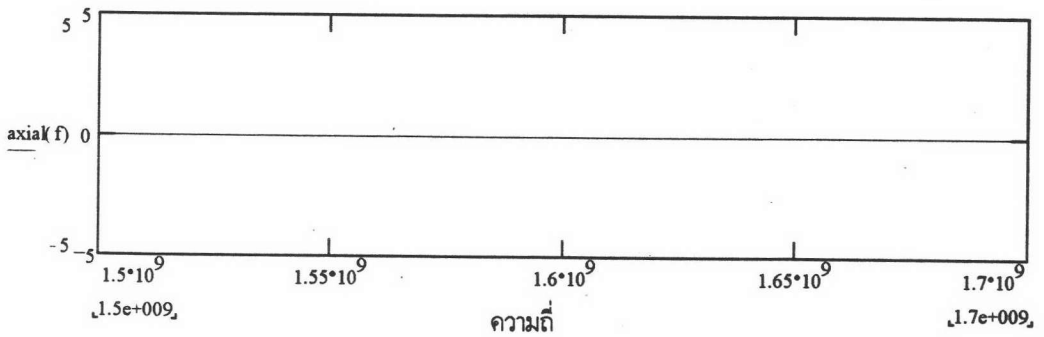
รูป 4.17ก แบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศไมโครสตริปรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 5.68×5.68 ซม.² ที่มีจุดจ่ายกระแสสองจุดคือที่ $(0, 2.84)$ และ $(2.84, 0)$ บนระนาบ 90 องศา



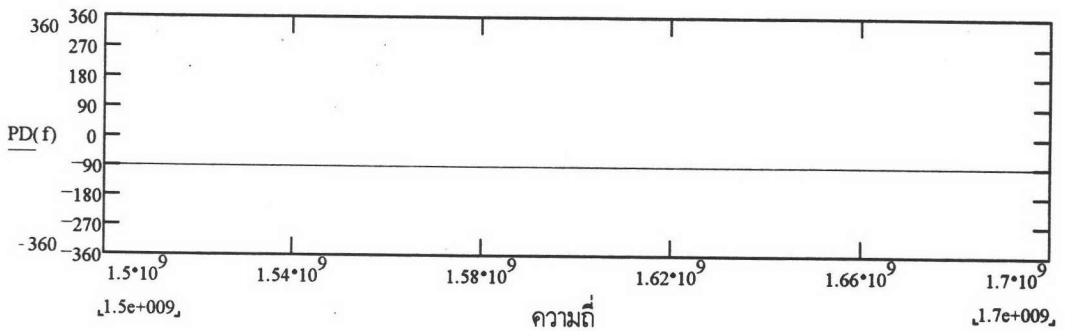
รูป 4.17ข แบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศไมโครสตริปรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 5.68×5.68 ซม.² ที่มีจุดจ่ายกระแสสองจุดคือที่ $(0, 2.84)$ และ $(2.84, 0)$ บนระนาบ 0 องศา



รูป 4.17ค ความต่างเฟสของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในระยะสนามไกลของสายอากาศไมโครสตริปรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 5.68×5.68 ซม.² ที่มีจุดจ่ายกระแสสองจุดคือที่ $(0, 2.84)$ และ $(2.84, 0)$



ก)



ข)

รูป 4.18 สายอากาศไมโครสตริปรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 5.68×5.68 ซม.² ที่มีจุดจ่ายกระแสสองจุด โดยที่กระแสกระตุ้นมีขนาดเท่ากันและเฟสของกระแสกระตุ้นที่ตำแหน่งกึ่งกลางด้านบนระนาบ $x = 0$ (0, 2.84) ตามหลังเฟสของกระแสที่ตำแหน่งกึ่งกลางด้านบนระนาบ $y = 0$ (2.84, 0) อยู่ 90 องศา

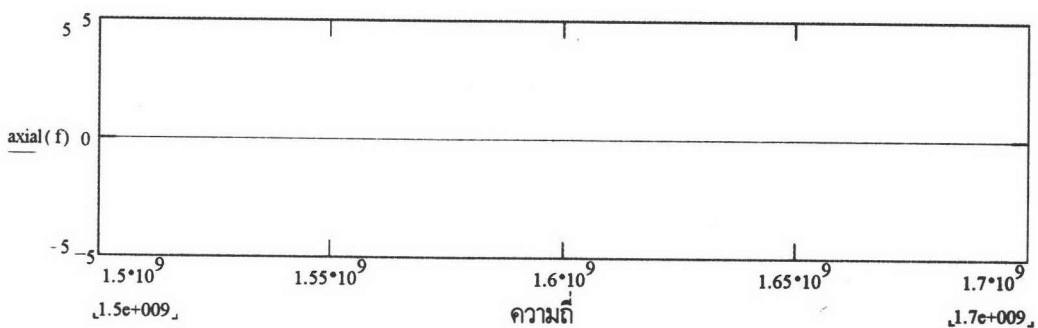
ก) อัตราส่วนตามแกนเทียบกับความถี่ ข) ความต่างเฟสเทียบกับความถี่

อิมพีแดนซ์ขาเข้าและแบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศในรูป 4.15 ถึงรูป 4.18 มีการจ่ายกระแสกระตุ้นสองแห่ง โดยที่กระแสกระตุ้นมีขนาดเท่ากันและเฟสของกระแสกระตุ้นที่ตำแหน่งกึ่งกลางด้านบนระนาบ $x = 0$ (0, 2.84) ตามหลังเฟสของกระแสกระตุ้นที่ตำแหน่งกึ่งกลางด้านบนระนาบ $y = 0$ (2.84, 0) อยู่ 90 องศา และจะได้ลักษณะสมบัติอื่นๆ ของสายอากาศดังนี้

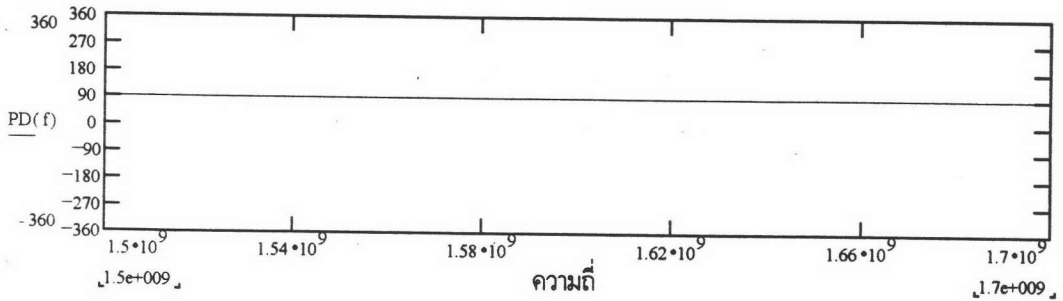
- ความถี่เรโซแนนซ์ของสายอากาศมีค่าเท่ากับ 1.6176 กิกะเฮิรต
- อิมพีแดนซ์แบนด์วิดท์มีค่าเท่ากับ 30 เมกกะเฮิรตหรือเท่ากับ 1.855%

- ความกว้างลำคลื่นมีค่าเท่ากับ 100 องศาในระนาบ 0 องศา และ 120 องศาในระนาบ 90 องศา
- ความต่างเฟสและอัตราส่วนตามแกนมีค่าคงที่ตลอดช่วงความถี่ที่พิจารณาคือมีค่าเท่ากับ -90 องศาและ 0 dB ตามลำดับ นั่นคือสายอากาศที่ได้จะมีโพลาริเซชันแบบวงกลมที่มีการหมุนในทิศมือขวาหรือทิศทวนเข็มนาฬิกา
- อิมพีแดนซ์ขาเข้าที่ความถี่เรโซแนนซ์ของแต่ละจุดทั้งสองจุดมีค่าเท่ากับ 203.8 โอห์ม ซึ่งประกอบด้วยอิมพีแดนซ์โหมดกระแสดตรง โหมดเด่นคือโหมด (1,0)หรือโหมด (0,1) และโหมดอันดับสูงมีค่าเท่ากับ $0.004-j2.15$, $203.78-j6.46$, และ $0.0016+j8.58$ โอห์ม ตามลำดับ
- ประสิทธิภาพของสายอากาศที่ความถี่เรโซแนนซ์มีค่าเท่ากับ 64.7%
- สภาพเจาะจงทิศทางมีค่าเท่ากับ 3.44 หรือเท่ากับ 10.7 dBi
- อัตราขยายมีค่าเท่ากับ 2.2

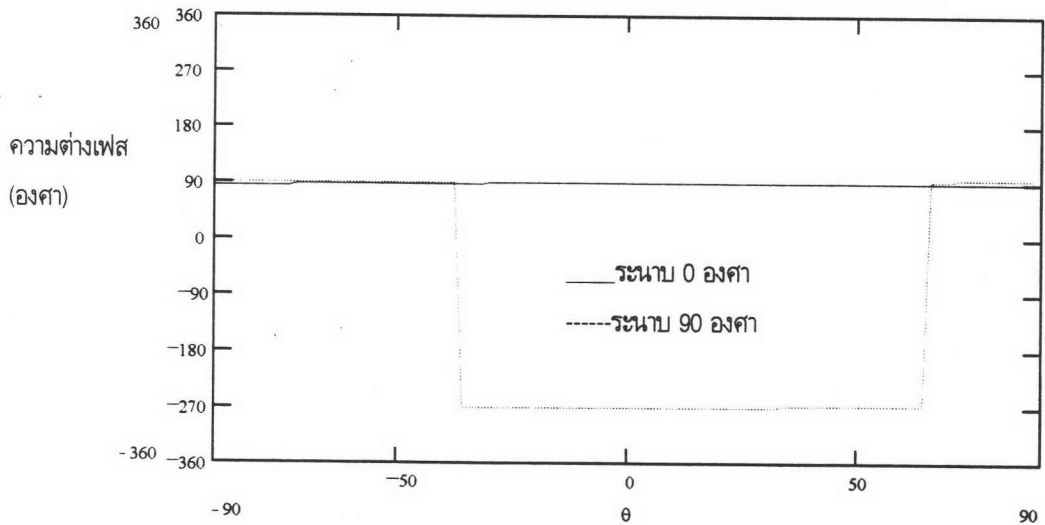
เมื่อทำให้ความต่างเฟสของกระแสกระตุ้นที่ตำแหน่ง (2.84,0) ตามหลังกระแสกระตุ้นที่ตำแหน่ง (0,2.84) อยู่ 90 องศาพบว่าลักษณะสมบัติของสายอากาศได้แก่ อิมพีแดนซ์ขาเข้า แบบรูปการแผ่พลังงาน ยังคงมีลักษณะเดียวกับที่ 4.15 ,4.16, 4.17ก และ 4.17ข ส่วนอัตราส่วนตามแกนและความต่างเฟสมีค่าเปลี่ยนไปดังรูปที่ 4.19 ซึ่งทำให้การโพลาริเซชันของสายอากาศยังคงเป็นแบบวงกลมแต่มีการหมุนกลับทิศเป็นทิศมือซ้ายหรือทิศตามเข็มนาฬิกา ในการศึกษาผลกระทบบของสายนำสัญญาณไมโครสตริปต่อไปนั้นจะศึกษากับสายอากาศไมโครสตริปที่มีโพลาริเซชันแบบวงกลมและมีทิศการหมุนทวนเข็มนาฬิกา ฉะนั้นการจ่ายกระแสกระตุ้นสองแห่งจะต้องมีขนาดเท่ากันและเฟสของกระแสกระตุ้นที่ตำแหน่งกึ่งกลางด้านบนระนาบ $x = 0$ (0,2.84) ตามหลังเฟสของกระแสกระตุ้นที่ตำแหน่งกึ่งกลางด้านบนระนาบ $y = 0$ (2.84,0) อยู่ 90 องศา



รูป 4.19ก อัตราส่วนตามแกนเทียบกับความถี่ของสายอากาศไมโครสตริปรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 5.68×5.68 ซม.² เมื่อเฟสของกระแสกระตุ้นที่ตำแหน่ง (2.84,0) ตามหลังเฟสของกระแสกระตุ้นที่ตำแหน่ง (0,2.84) 90 องศา

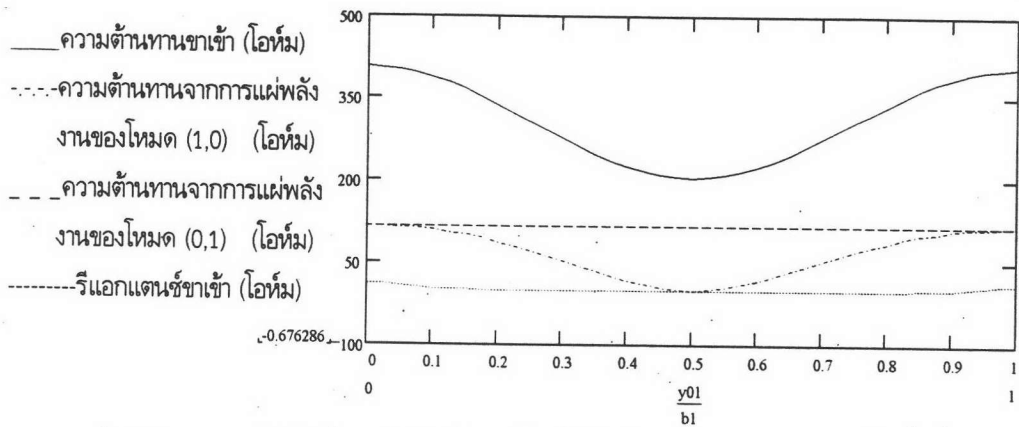


รูป 4.19ข ความต่างเฟสเทียบกับความถี่ของสายอากาศไมโครสตริปรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 5.68×5.68 ซม.² เมื่อเฟสของกระแสกระตุ้นที่ตำแหน่ง (2.84,0) ตามหลังเฟสของกระแสกระตุ้นที่ตำแหน่ง (0,2.84) 90 องศา

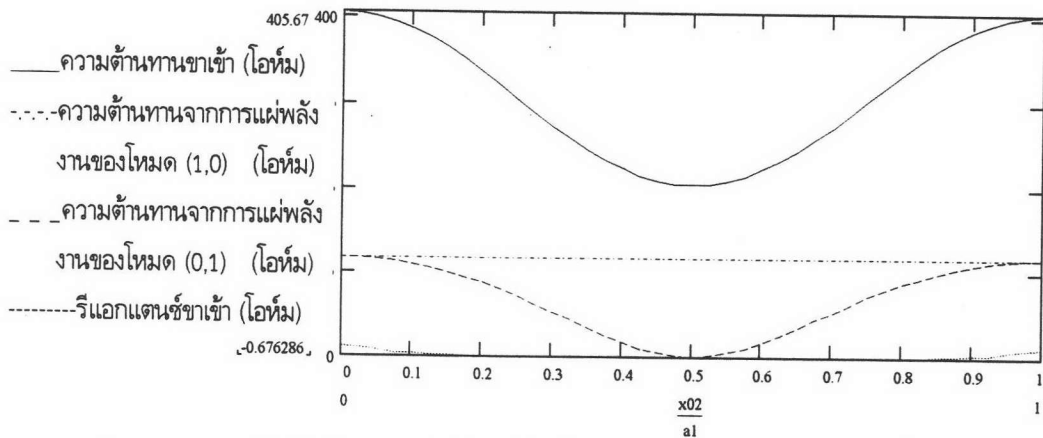


รูป 4.19ค ความต่างเฟสของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในระยะสนามไกลของสายอากาศไมโครสตริปรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 5.68×5.68 ซม.² เมื่อเฟสของกระแสกระตุ้นที่ตำแหน่ง (2.84,0) ตามหลังเฟสของกระแสกระตุ้นที่ตำแหน่ง (0,2.84) 90 องศา

2. ผลกระทบของตำแหน่งการจ่ายกระแสกระตุ้น การศึกษาในหัวข้อนี้หมายถึงการเลื่อนตำแหน่งการจ่ายกระแสจากสายนำสัญญาณไมโครสตริปเส้นที่หนึ่งซึ่ง (x_{01}, y_{01}) และเส้นที่สอง (x_{02}, y_{02}) ตามแนวแกน y และ x ตามลำดับ ความสัมพันธ์ระหว่างอิมพีแดนซ์ขาเข้ากับตำแหน่งของจุดจ่ายกระแสทั้งสองเส้นเป็นไปตามรูป 4.20ก และ 4.20ข ตามลำดับ



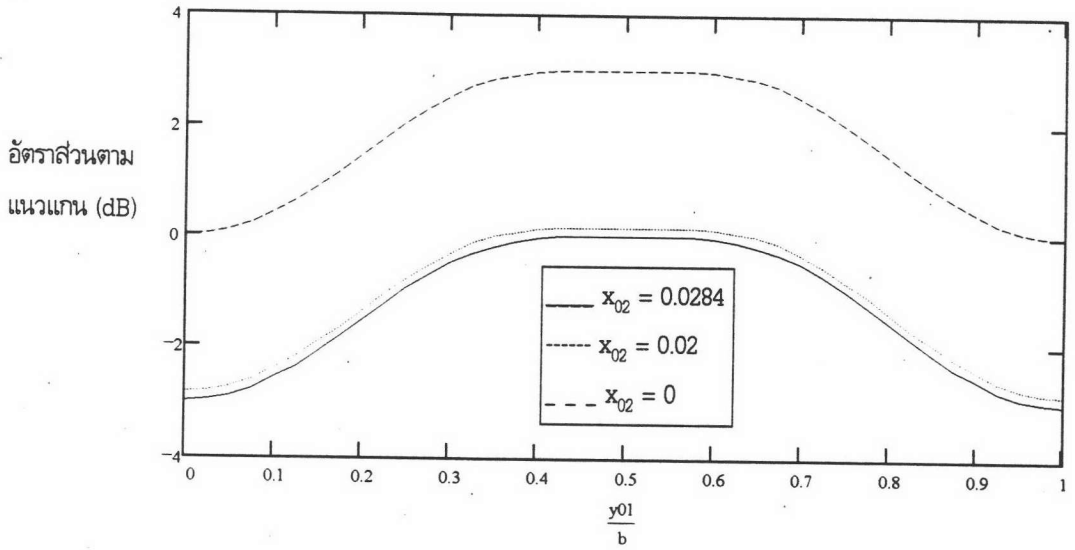
รูป 4.20ก ความสัมพันธ์ระหว่างอิมพีแดนซ์ขาเข้ากับตำแหน่งการจ่ายกระแสเส้นที่หนึ่ง $(0, y_{01})$



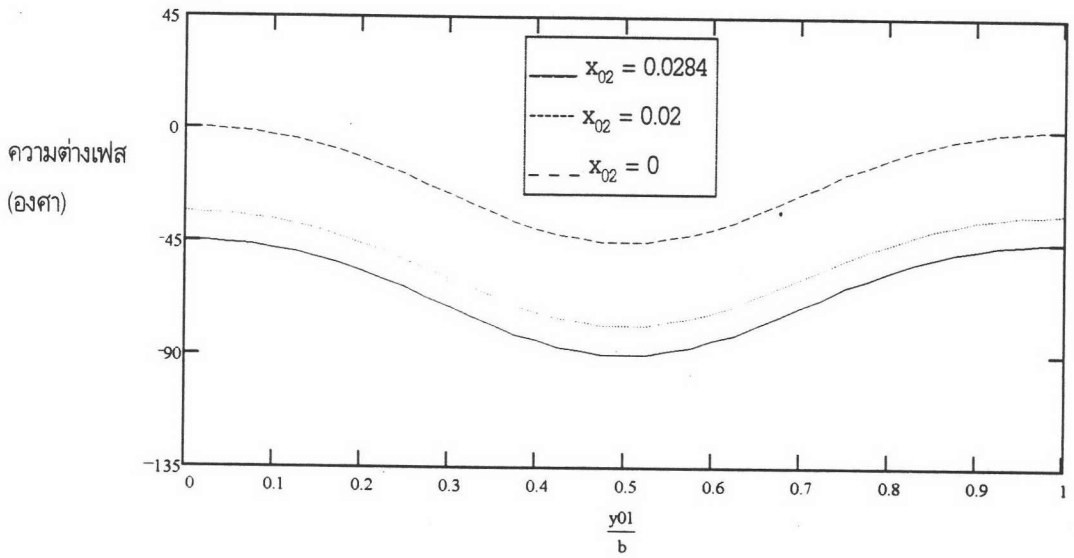
รูป 4.20ข ความสัมพันธ์ระหว่างอิมพีแดนซ์ขาเข้ากับตำแหน่งการจ่ายกระแสเส้นที่สอง $(x_{02}, 0)$

การเปลี่ยนตำแหน่งของการจ่ายกระแสให้ห่างจากกึ่งกลางด้านที่มีการแผ่พลังงานทำให้โหมดอื่นโดยเฉพาะโหมดที่ตั้งฉากกันมีการแผ่พลังงานออกมา ซึ่งจะส่งผลกระทบต่ออิมพีแดนซ์ขาเข้าดังรูป 4.20

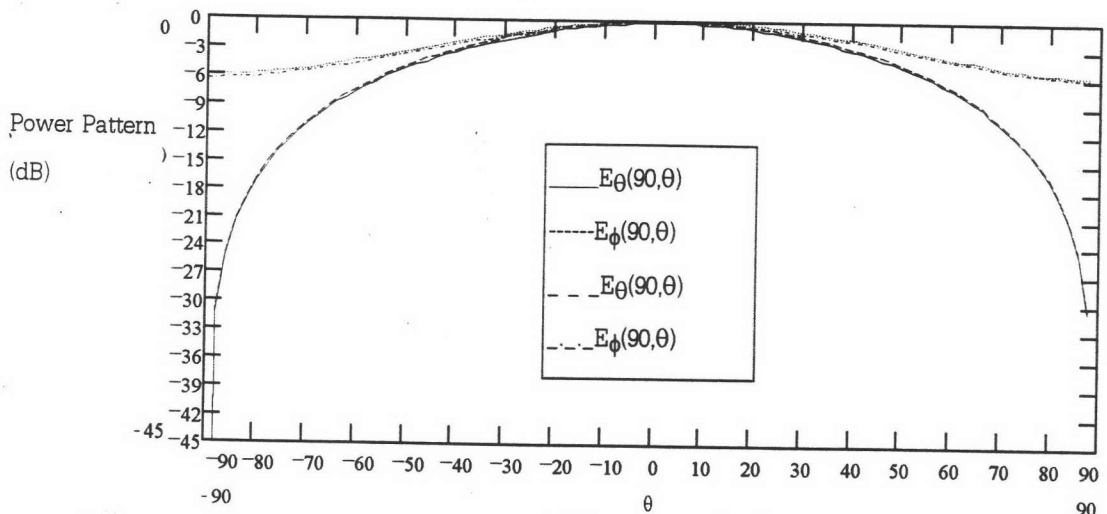
ในกรณีที่สายอากาศมีโพลาริเซชันแบบวงกลม การเปลี่ยนตำแหน่งจ่ายกระแส (x_{01}, y_{01}) และ (x_{02}, y_{02}) ใดๆ จะทำให้โพลาริเซชันของสายอากาศเปลี่ยนไปซึ่งสามารถพิจารณาได้จากอัตราส่วนตามแกนและความต่างเฟสของโหมด $(0, 1)$ และโหมด $(1, 0)$ ซึ่งตั้งฉากกันดังแสดงในรูป 4.21ก และ 4.21ข



รูป 4.21ก กราฟอัตราส่วนตามแกนเทียบกับจุดจ่ายกระแสกระตุ้นบนแกน y เมื่อมีการจ่ายกระแสกระตุ้นที่ตำแหน่งบนแนวแกน x ค่าต่างๆ



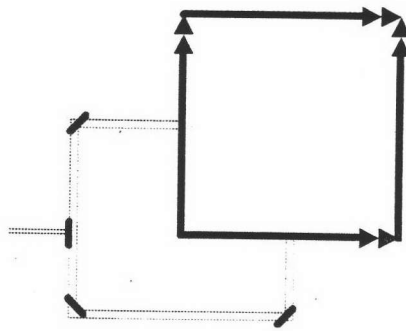
รูป 4.21ข กราฟความต่างเฟสเทียบกับจุดจ่ายกระแสกระตุ้นบนแกน y เมื่อมีการจ่ายกระแสกระตุ้นที่ตำแหน่งบนแนวแกน x ค่าต่างๆ



รูป 4.22 แบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศไมโครสตริปรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 5.68×5.68 ซม.² ที่มีจุดจ่ายกระแสที่ $(2.00, 0)$ และ $(0, 2.84)$

จากรูป 4.21 เมื่อจุดจ่ายกระแส (x_{01}, y_{01}) และ (x_{02}, y_{02}) มีค่าเคลื่อนที่ออกจากตำแหน่งกึ่งกลางด้านพบว่า ตำแหน่งที่เปลี่ยนไปของสายนำสัญญาณ ทำให้ระดับการแผ่พลังงานจากโหมดอื่นที่ตั้งฉากกับโหมดเด่นมีค่าสูงขึ้น ทำให้โพลาริเซชันของสายอากาศผิดเพี้ยนไป ในขณะที่ผลกระทบต่อแบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศมีน้อยมาก ดังรูป 4.22 ฉะนั้นเพื่อให้ได้คลื่นโพลาริซ์แบบวงกลมจุดจ่ายกระแสกระตุ้นของสายอากาศไมโครสตริปทั้งสองจุดจึงควรอยู่บริเวณจุดกึ่งกลางของด้าน โดยจากรูป 4.21 ตำแหน่งการจ่ายกระแส (x_{01}, y_{01}) และ (x_{02}, y_{02}) ควรมีค่าเท่ากับ $(0, 2.84 \pm 0.284)$ และ $(2.84 \pm 0.284, 0)$ หรือบริเวณ 0.45-0.55 เท่าของความยาวด้าน

3. ผลกระทบของความยาวของสายนำสัญญาณไมโครสตริป การปรับความยาว L_{13} , L_{14} , L_{21} , L_{22} , L_{23} และ L_{24} ของสายนำสัญญาณไมโครสตริปในรูป 4.15 ส่งผลต่อกำลังงานสูญเสียในไดโอดเล็กตริกและในโลหะและจุดความไม่ต่อเนื่องของสายนำสัญญาณ จุดความไม่ต่อเนื่องของสายอากาศจะทำให้เกิดการแผ่พลังงานออกจากสายนำสัญญาณไมโครสตริปซึ่งสามารถหาการแผ่พลังงานนั้นได้โดยการแทนจุดความไม่ต่อเนื่องด้วยแหล่งกระแสแม่เหล็กเสมือนดังได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 3 ฉะนั้นแบบรูปการแผ่พลังงานของระบบสายอากาศไมโครสตริปในรูป 4.15 จึงเกิดขึ้นจากแหล่งกระแสแม่เหล็กเสมือนที่มีการวางตัวดังรูปต่อไปนี้



รูป 4.23 แหล่งกระแสแม่เหล็กเสมือนของระบบสายอากาศไมโครสตริปในรูป 4.15

จากการศึกษาในหัวข้อที่ผ่านมา ตำแหน่งการจ่ายกระแส (x_{01}, y_{01}) และ (x_{02}, y_{02}) อยู่ที่ $(0, 2.84)$ และ $(2.84, 0)$ ตามลำดับ โดยที่เฟสของกระแสกระตุ้นที่จุดที่หนึ่งตามหลังเฟสของกระแสกระตุ้นที่จุดที่สองอยู่ 90 องศาเพื่อให้ได้คลื่นโพลาไรซ์แบบวงกลมที่มีทิศการหมุนแบบทวนเข็มนาฬิกา ฉะนั้นความยาวของสายนำสัญญาณไมโครสตริปเส้นที่หนึ่งจะต้องสั้นกว่าเส้นที่สองอยู่หนึ่งส่วนสี่ของความยาวคลื่นในไดอิเล็กทริกและจะทำให้ได้ความสัมพันธ์ของความยาวของสายนำสัญญาณเป็นไปตามสมการที่ 4.1

$$Ll_4 + Ll_3 = L2_1 + L2_2 + L2_3 + L2_4 - n\lambda + 0.25\lambda \quad ; n = 0, 1, 2, \dots \quad (4.1)$$

และเนื่องจากอิมพีแดนซ์ขาเข้าที่หัวเข้าของสายอากาศมีค่าอยู่ในช่วง 195-205 โอห์ม ฉะนั้นจึงเลือกศึกษาผลกระทบของความยาวของสายนำสัญญาณไมโครสตริปที่มีอิมพีแดนซ์ลักษณะสมบัติเท่ากับ 200 โอห์ม ความกว้างของสายนำสัญญาณเท่ากับ 0.45 เซนติเมตร โดยความยาวของสายนำสัญญาณที่ศึกษาแบ่งออกเป็น 2 กรณีดังนี้

กรณีที่หนึ่ง กำหนดให้ตำแหน่งการจ่ายกระแสให้แก่ระบบ (x_{00}, y_{00}) อยู่ที่ระดับ $y = 0$ คงที่ ในกรณีนี้จะได้ความยาวของสายนำสัญญาณไมโครสตริปดังนี้

$$\begin{aligned} Ll_3 &= 0.25\lambda_r = L2_3 \\ Ll_2 &= Ll_4 \\ Ll_4 &= L2_1 = 0.5n\lambda_r + 0.125\lambda_r \quad ; n = 0, 1, 2, \dots \end{aligned} \quad (4.2)$$

เมื่อ λ_r คือความยาวคลื่นในไดอิเล็กทริกที่ความถี่เรโซแนนซ์และเพื่อลดกำลังงานสูญเสียในสายนำสัญญาณและการผิดเพี้ยนทางขนาดและเฟสของกระแสกระตุ้น สายนำสัญญาณไมโครสตริปจึงควรมีขนาดสั้นที่สุดเท่าที่ทำได้ ค่า n จึงควรมีค่าเท่ากับศูนย์ จะได้ความยาว $L2_4 = L2_1 = 0.125\lambda_r$ โดยที่ความยาว Ll_4 และ $L2_2$ ปรับค่าได้ดังในตัวอย่างที่ 1-7 ในตารางที่ 4.2

ตาราง 4.2 โครงสร้างและกระแสกระตุ้นที่แผ่นสายอากาศของตัวอย่างความยาวสายนำสัญญาณไมโครสตริปในระบบสายอากาศไมโครสตริปรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่มีโพลาริเซชันแบบวงกลมโดยการจ่ายกระแสกระตุ้นสองจุดให้แก่สายอากาศ

ตัวอย่างที่	ความยาวของสายนำสัญญาณไมโครสตริป (ต่อความยาวคลื่น)					ตำแหน่งการจ่ายกระแส(x00,y00) เทียบกับความยาวคลื่น	อัตราส่วนของขนาดกระแสกระตุ้นเส้นที่สองต่อเส้นที่หนึ่ง	ความต่างเฟสของกระแสเส้นที่หนึ่งเทียบกับเส้นที่สอง
	L13	L14=L22	L21	L23	L24			
1	0.25	0.5	0.125	0.25	0.125	(-0.5,0)	0.95	-89.8
2	0.25	0.25	0.125	0.25	0.125	(-0.25,0)	1.05	-89.9
3	0.25	0.2	0.125	0.25	0.125	(-0.2,0)	1.06	-88.3
4	0.25	0.01	0.125	0.25	0.125	(-0.01,0)	0.95	-89.6
5	0.25	0.05	0.125	0.25	0.125	(-0.05,0)	0.96	-88.3
6	0.25	0.1	0.125	0.25	0.125	(-0.1,0)	1	-87.5
7	0.25	0.125	0.125	0.25	0.125	(-0.125,0)	0.98	-87.5
8	0.225	0.1	0.125	0.25	0.1	(-0.1,0.025)	0.95	-86.3
9	0.2	0.075	0.125	0.25	0.075	(-0.075,0.05)	0.94	-87.8
10	0.175	0.05	0.125	0.25	0.05	(-0.05,0.075)	1.02	-75.9
11	0.325	0.2	0.125	0.25	0.2	(-0.2,-0.075)	1	-89.9
12	0.375	0.25	0.125	0.25	0.25	(-0.25,-0.125)	0.94	-90.1
13	0.135	0.01	0.125	0.25	0.01	(-0.01,0.115)	0.96	-91.8
14	0.625	0.5	0.125	0.25	0.5	(-0.5,-0.375)	1.05	-92.4
15	0.275	0.15	0.125	0.25	0.15	(-0.15,-0.025)	1.02	-88.2

กรณีที่สอง กำหนดให้ความยาว $L1_4 = L2_4$ เพื่อให้กระแสแม่เหล็กเสมือนที่เกิดขึ้นห่างจากสายอากาศเท่ากัน และทำการปรับเลื่อนตำแหน่งการจ่ายกระแสให้แก่ระบบ (x_{00}, y_{00}) ในกรณีนี้จะมีความยาวของสายนำสัญญาณไมโครสตริปดังนี้

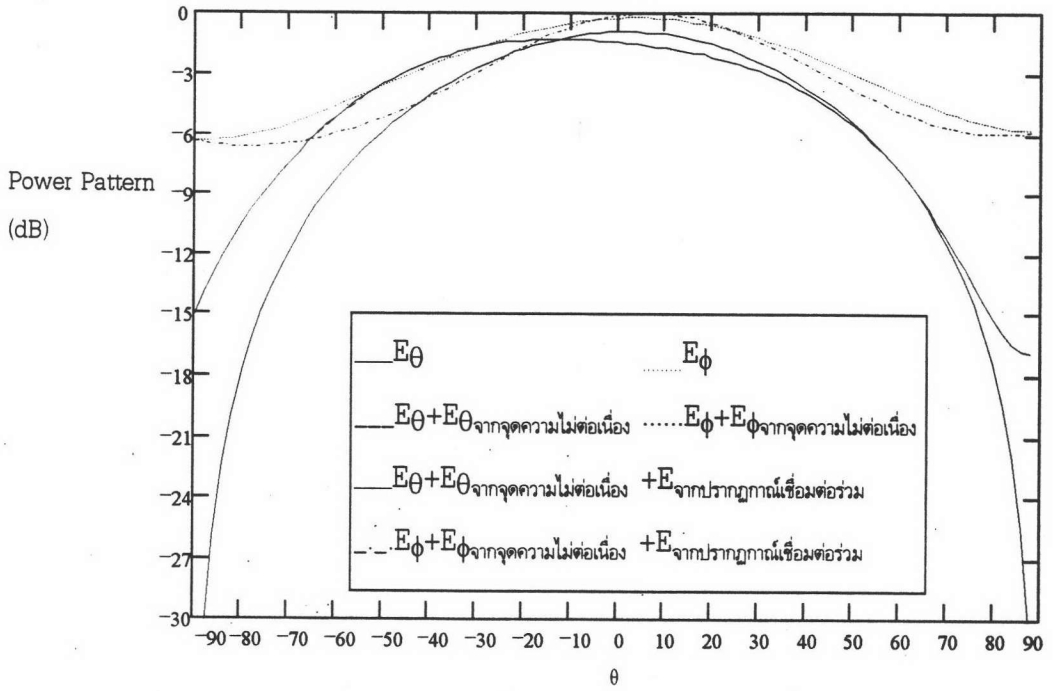
$$\begin{aligned}
 L2_3 &= 0.25\lambda_r \\
 L2_2 &= L1_4 = L2_4 \\
 L1_3 &= L1_4 + 0.5 n\lambda_r + 0.125\lambda_r & ; n = 0,1,2,\dots \\
 L2_1 &= 0.5 n\lambda_r + 0.125\lambda_r & ; n = 0,1,2,\dots
 \end{aligned}
 \tag{4.3}$$

เช่นเดียวกับกรณีนี้ที่หนึ่ง สายนำสัญญาณไมโครสตริปจึงควรมีขนาดสั้นที่สุดเท่าที่เป็นไปได้เพื่อลดกำลังงานสูญเสียในสายนำสัญญาณและการบิดเบี้ยวทางขนาดและเฟสของกระแสกระตุ้น ค่า n จึงควรมีค่าเท่ากับศูนย์ จะได้ความยาว $L_{2_1} = 0.125\lambda$ โดยที่ความยาว L_{1_4} และ L_{2_2} ปรับค่าได้ดังในตัวอย่างที่ 8-15 ในตารางที่ 4.2

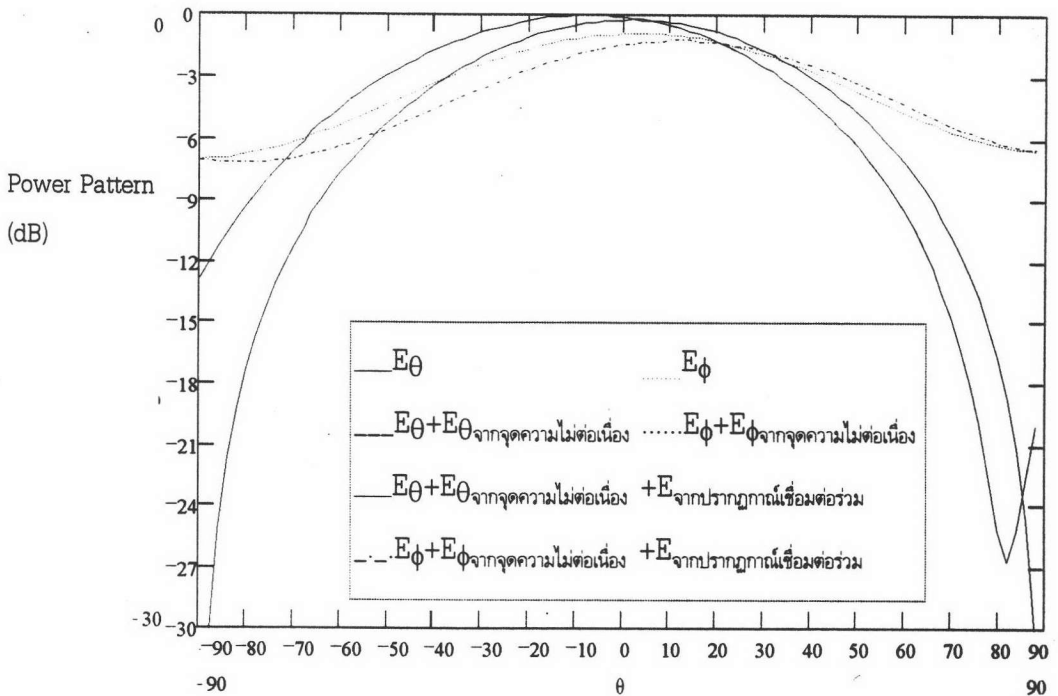
จากตารางที่ 4.2 จะเห็นว่า ความยาวของสายนำสัญญาณไมโครสตริปจะเป็นตัวกำหนดระดับกำลังงานสูญเสียที่เกิดขึ้นจากการสูญเสียในโลหะและการสูญเสียในไดอิเล็กตริกในสายนำสัญญาณไมโครสตริป ทำให้เกิดการบิดเบี้ยวของกระแสกระตุ้นที่ขั้วเข้าของแผ่นสายอากาศและส่งผลให้โพลาริเซชันของสายอากาศและแบนด์วิดท์ของอัตราส่วนตามแนวแกนบิดเบี้ยวไป แต่ผลที่เกิดขึ้นต่อการบิดเบี้ยวของกระแสกระตุ้นมีค่าน้อยมาก ความยาวของสายนำสัญญาณจะส่งผลกระทบต่อแบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศมากกว่า โดยที่ความยาวสายนำสัญญาณไมโครสตริปที่ต่างกัน ทำให้จุดความไม่ต่อเนื่องเกิดขึ้นที่ตำแหน่งต่างกัน และขนาดของกระแสแม่เหล็กเสมือนที่ได้มีค่าแตกต่างกันเนื่องจากการกำลังงานสูญเสียในสัญญาณไมโครสตริป จุดความไม่ต่อเนื่องเหล่านี้จะมีการแผ่พลังงานรบกวนแบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศไมโครสตริป และทำให้เกิดปรากฏการณ์เชื่อมต่อร่วมระหว่างแผ่นสายอากาศกับระบบป้อนกำลัง

จากรูป 4.24 ถึง 4.38 แสดงผลกระทบของความยาวของสายนำสัญญาณต่อแบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศ ที่ความยาวสายนำสัญญาณไมโครสตริปต่างๆ กัน พบว่า การรบกวนแบบรูปการแผ่พลังงานจากจุดความไม่ต่อเนื่องจะเกิดขึ้นที่มุมห่างจากมุม 0 องศาและทำให้เกิดพู่ซ่างที่มีขนาดระหว่าง -12 ถึง -36 dB ขึ้นอยู่กับระยะจากจุดไม่ต่อเนื่องกับแผ่นสายอากาศเช่นเดียวกับผลจากปรากฏการณ์เชื่อมต่อร่วม โดยที่ผลจากปรากฏการณ์เชื่อมต่อร่วมจะมีค่าสูงเมื่อความยาว L_{1_4} มีค่าน้อยกว่า 0.1 เท่าของความยาวคลื่นในไดอิเล็กตริก และผลที่เกิดขึ้นจะมีค่าน้อยมากเมื่อความยาว L_{1_4} มีค่ามากกว่า 0.2 เท่าของความยาวคลื่นในไดอิเล็กตริก เมื่อความยาว L_{1_4} มีค่าระหว่าง 0.1-0.2 เท่าของความยาวคลื่นในไดอิเล็กตริก พบว่า การรบกวนจากระบบป้อนกำลังจะมีค่าน้อยลง และจะมีค่าน้อยมากเมื่อความยาว L_{1_4} มีค่าตามเงื่อนไขในกรณีที่ 2 ดังจะเห็นได้จากกราฟที่ได้จากตัวอย่างที่ 6 และ 8

ฉะนั้นการเลือกความยาวของสายนำสัญญาณไมโครสตริปจึงเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สำคัญในการออกแบบระบบสายอากาศ ซึ่งจากเงื่อนไขในการกำหนดความยาวสายนำสัญญาณตามสมการที่ 4.1 - 4.3 และตำแหน่งของการจ่ายกระแสกระตุ้นให้แก่สายอากาศจะเห็นได้ว่าความยาวของสายนำสัญญาณที่เป็นตัวกำหนดผลกระทบจากระบบป้อนกำลังคือความยาว $L_{1_4} = L_{2_4}$ มีค่าระหว่าง 0.1 - 0.2 เท่าของความยาวคลื่นในแผ่นฐานไดอิเล็กตริกที่ความถี่เรโซแนนซ์

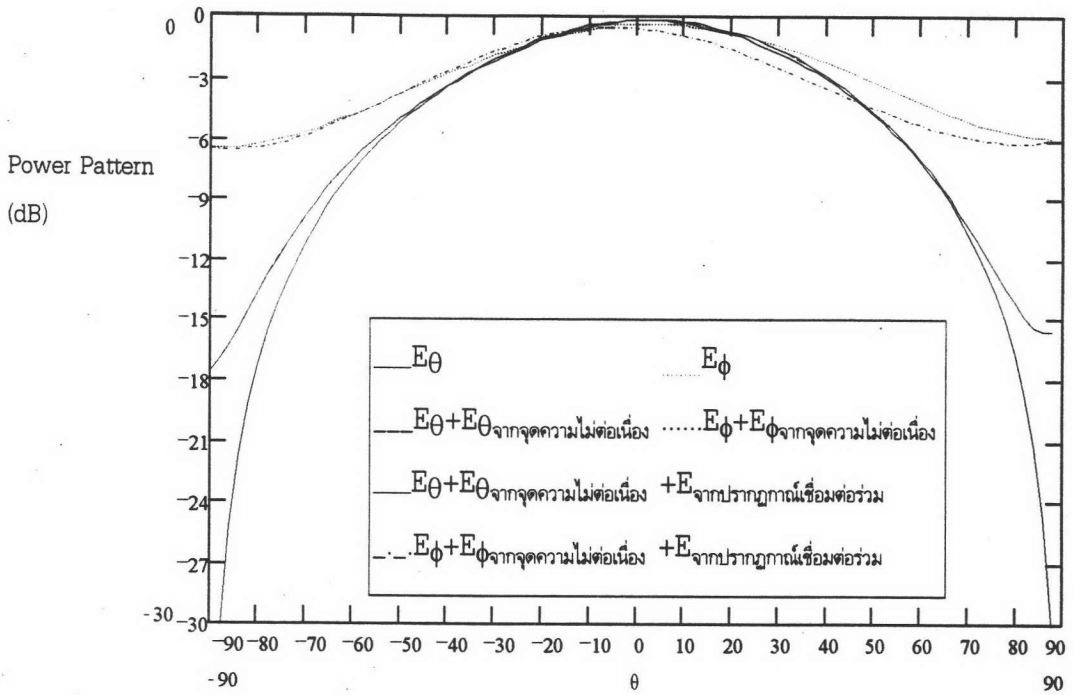


ก) ระนาบ 0 องศา

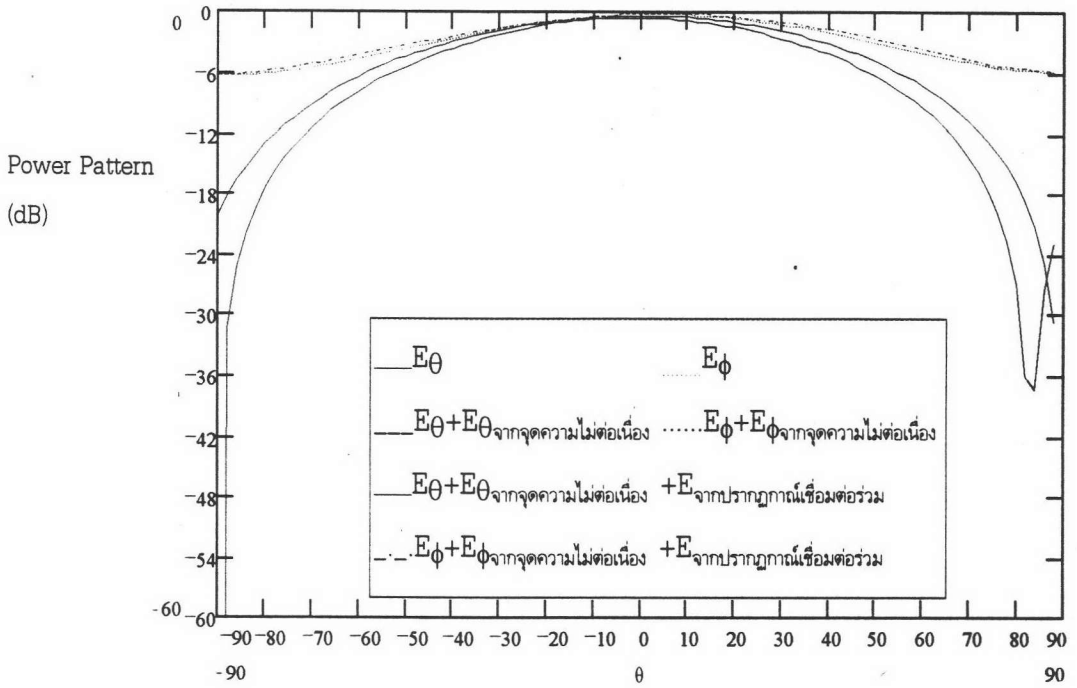


ข) ระนาบ 90 องศา

รูป 4.24 แบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศไมโครสตริปที่มีจุดจ่ายกระแสสองจุด สายนำสัญญาณไมโครสตริปมีอิมพีแดนซ์ลักษณะสมบัติเท่ากับ 200 โอห์มและมีความยาวตามตัวอย่างที่ 1

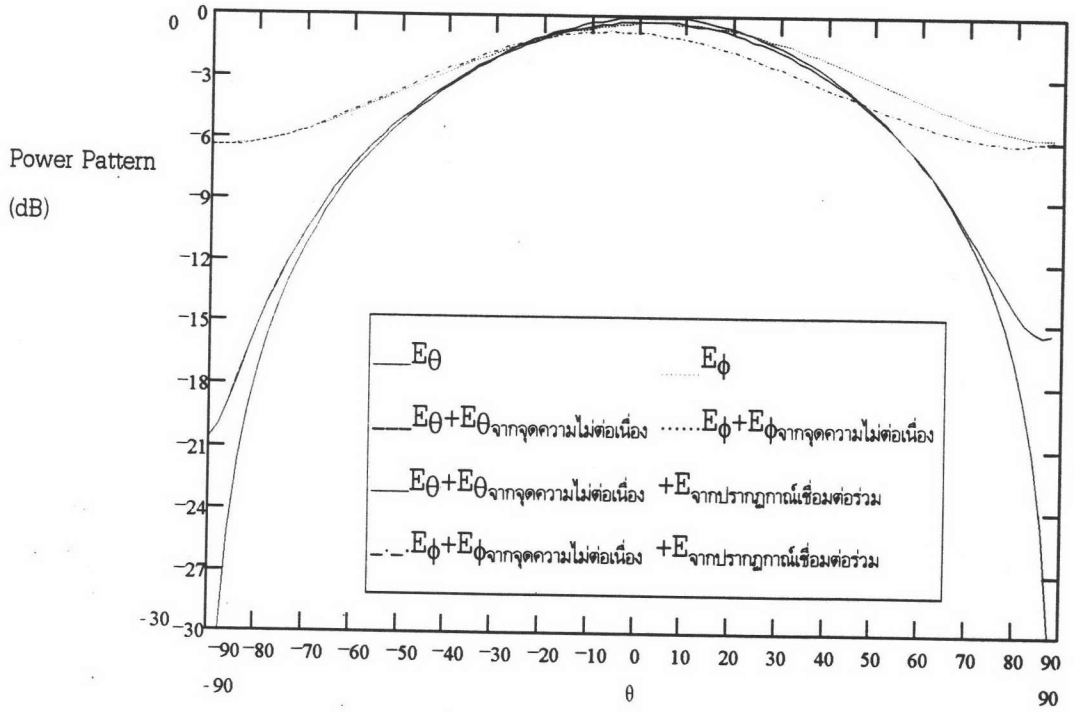


ก) ระบุหาบ 0 องศา

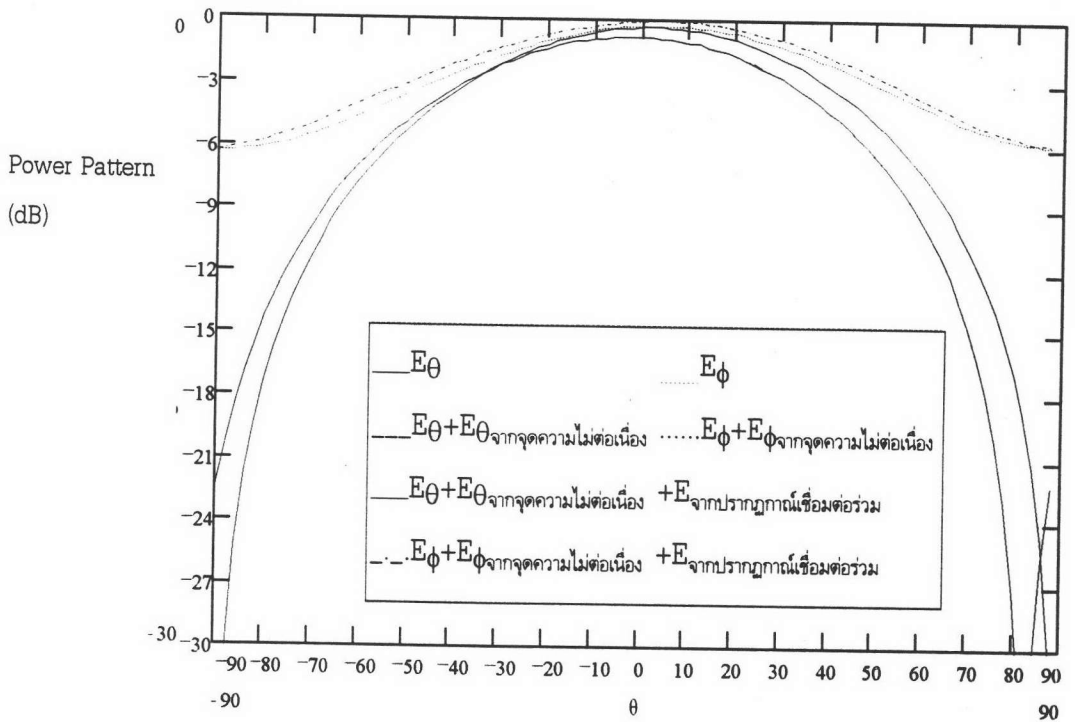


ข) ระบุหาบ 90 องศา

รูป 4.25 แบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศไมโครสตริปที่มีจุดจ่ายกระแสสองจุด สายนำสัญญาณไมโครสตริปมีอิมพีแดนซ์ลักษณะสมบัติเท่ากับ 200 โอห์มและมีความยาวตามตัวอย่างที่ 2

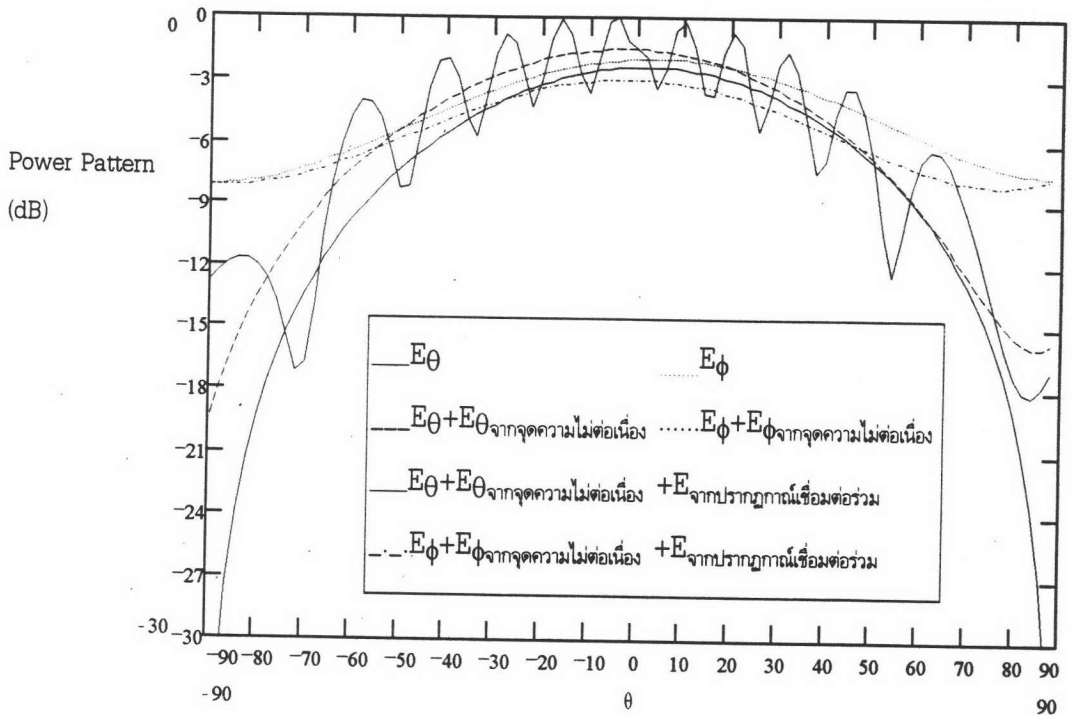


ก) ระนาบ 0 องศา

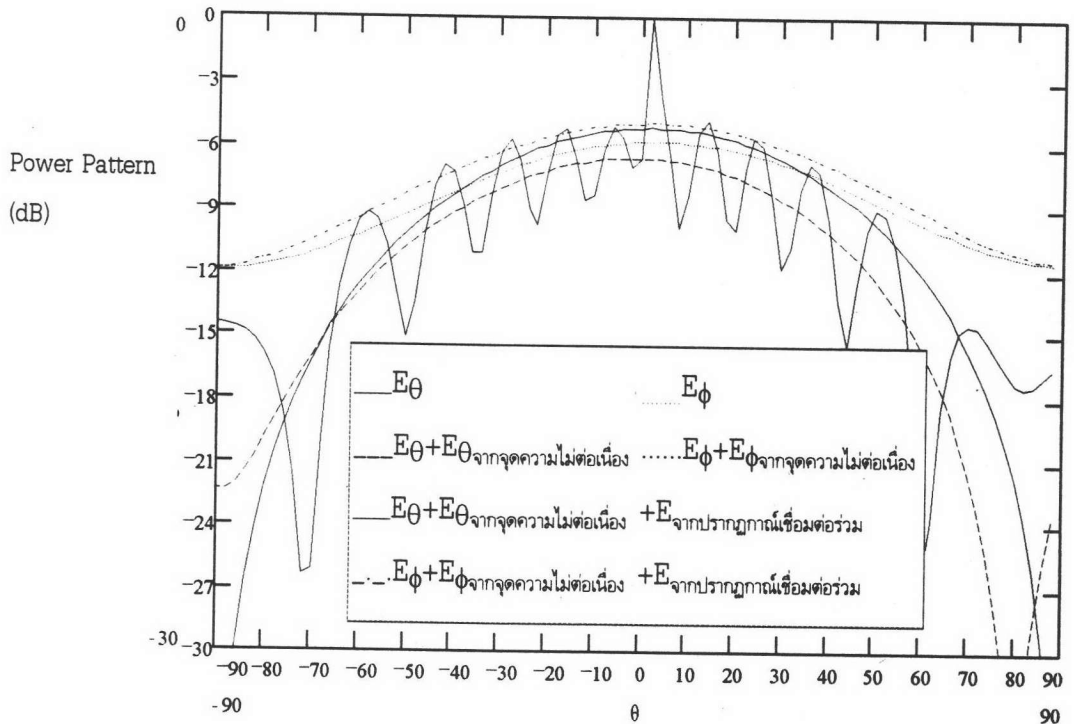


ข) ระนาบ 90 องศา

รูป 4.26 แบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศไมโครสตริปที่มีจุดจ่ายกระแสสองจุด สายนำสัญญาณไมโครสตริปมีอิมพีแดนซ์ลักษณะสมบัติเท่ากับ 200 โอห์มและมีความยาวตามตัวอย่างที่ 3

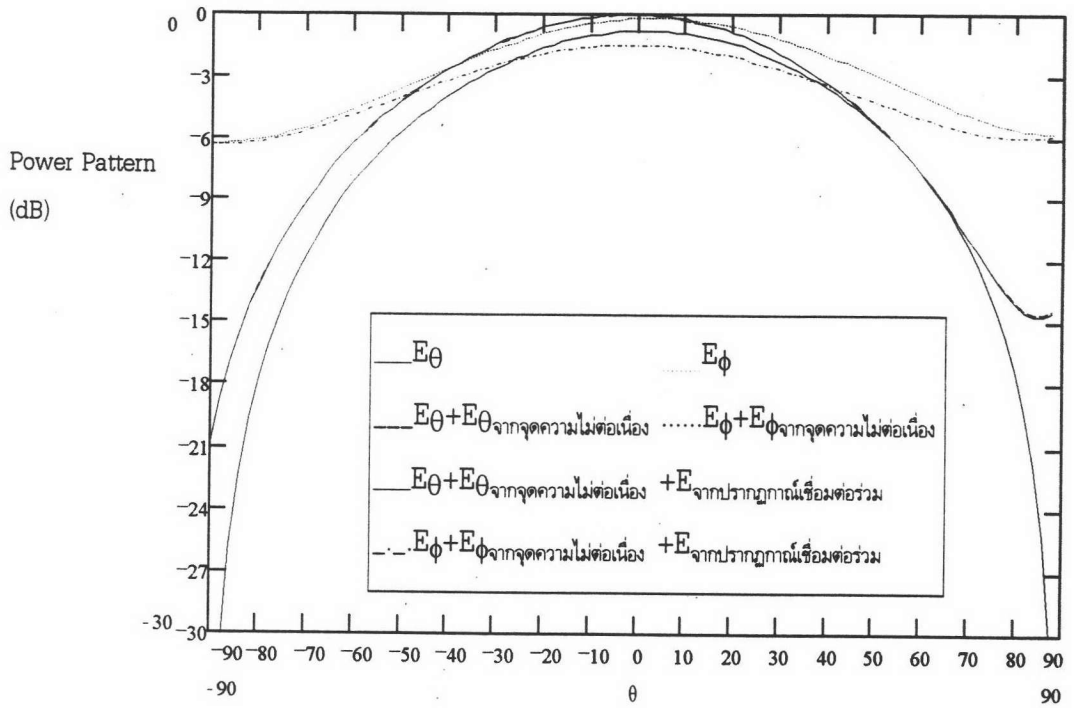


ก) ระนาบ 0 องศา

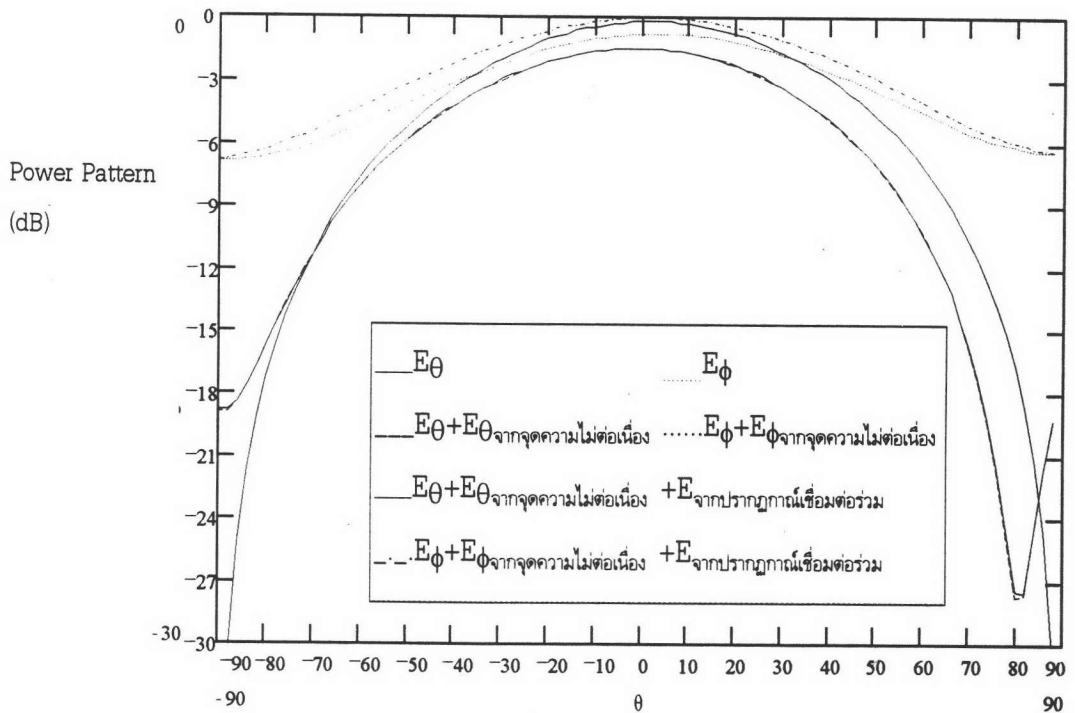


ข) ระนาบ 90 องศา

รูป 4.27 แบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศไมโครสตริปที่มีจุดจ่ายกระแสสองจุด สายนำสัญญาณไมโครสตริปมีอิมพีแดนซ์ลักษณะสมบัติเท่ากับ 200 โอห์มและมีความยาวตามตัวอย่างที่ 4

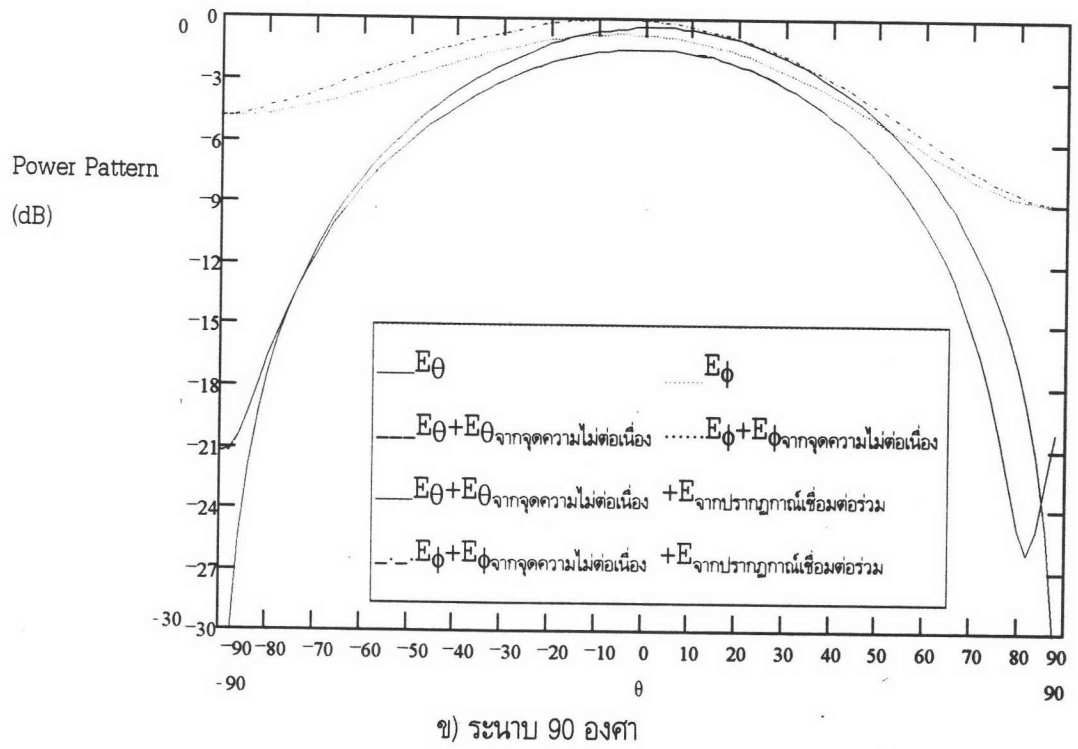
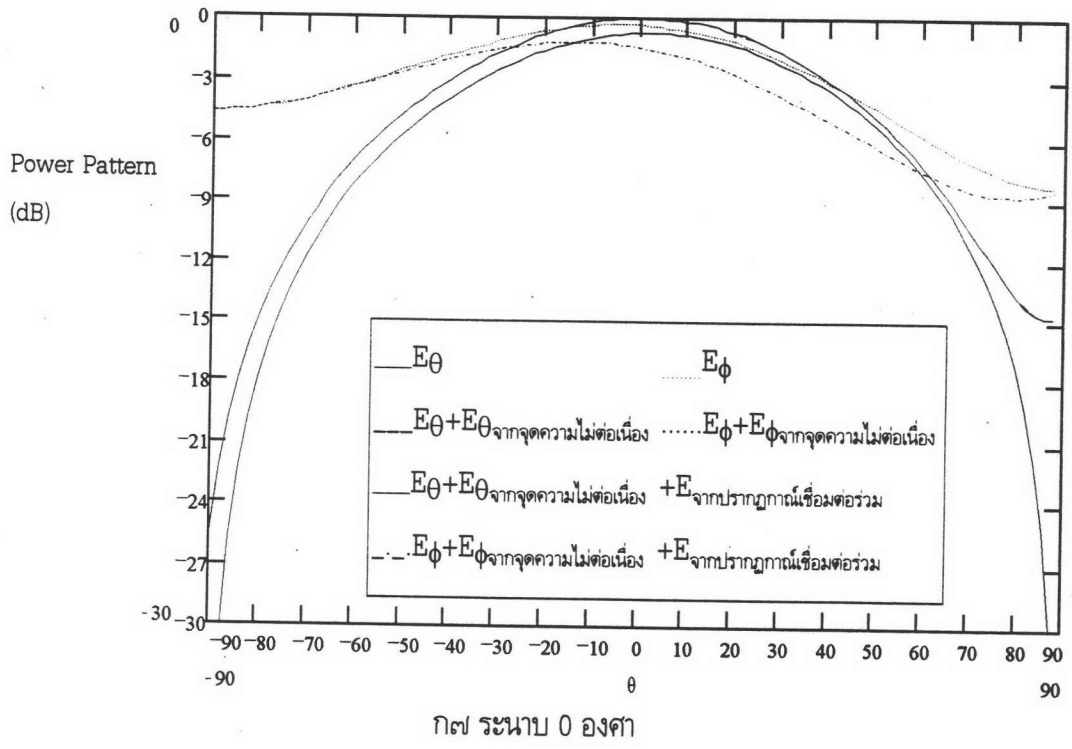


ก) ระนาบ 0 องศา

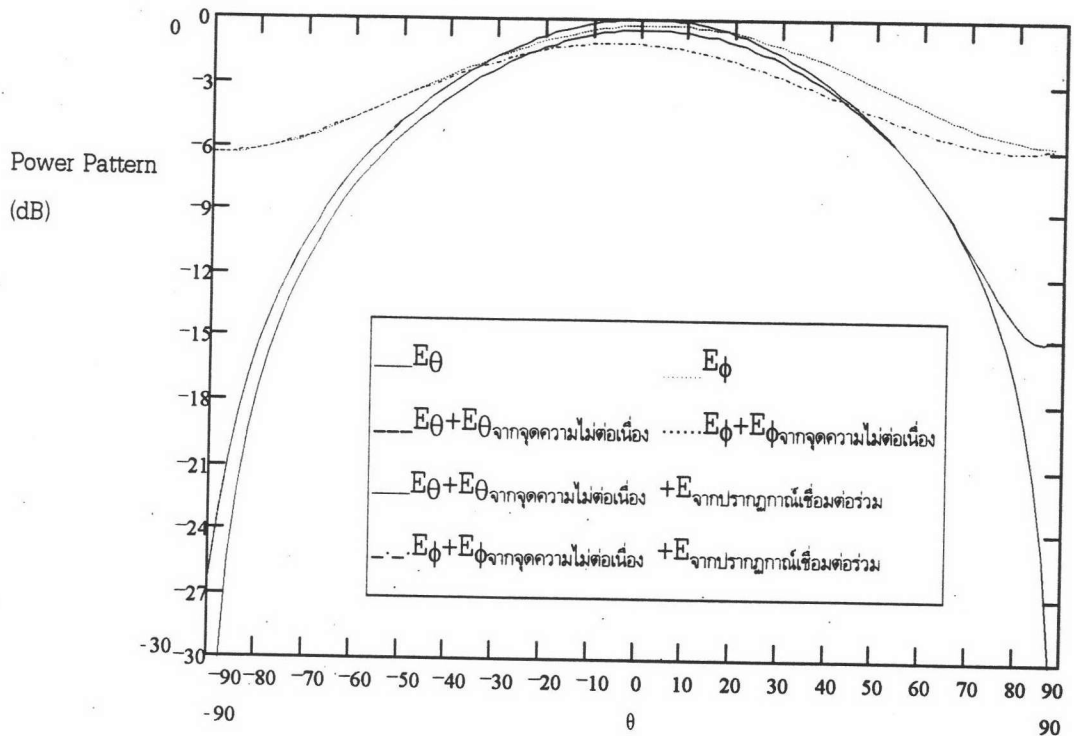


ข) ระนาบ 90 องศา

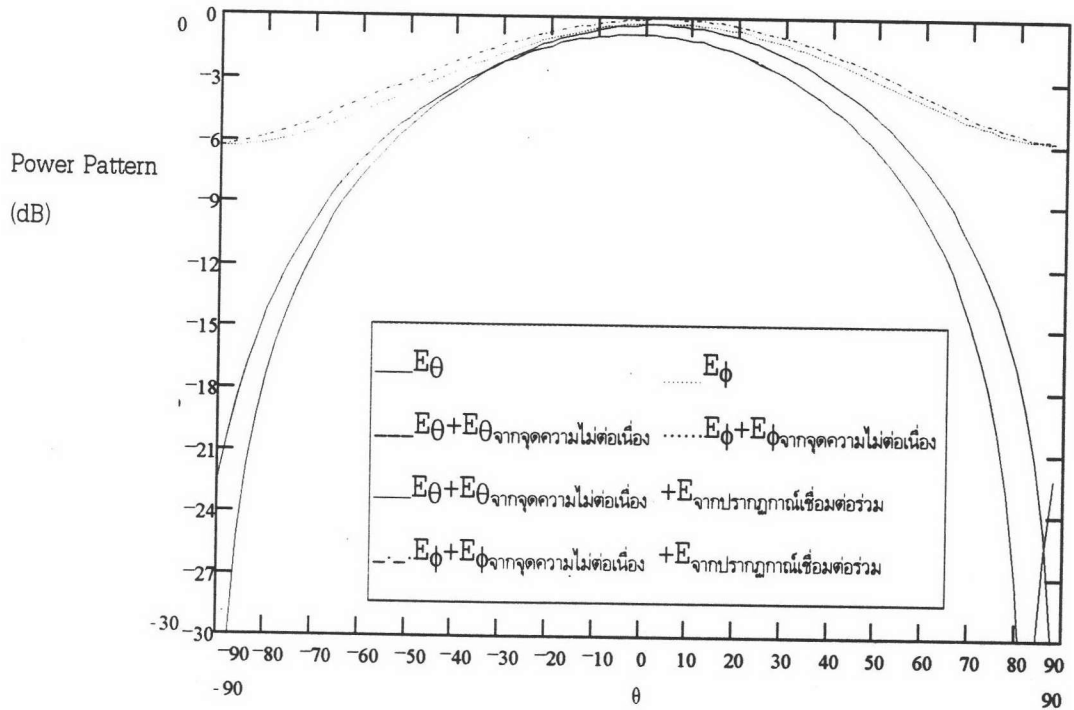
รูป 4.28 แบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศไมโครสตริปที่มีจุดจ่ายกระแสสองจุด สายนำสัญญาณไมโครสตริปมีอิมพีแดนซ์ลักษณะสมบัติเท่ากับ 200 โอห์มและมีความยาวตามตัวอย่างที่ 5



รูป 4.29 แบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศไมโครสตริปที่มีจุดจ่ายกระแสสองจุด สายนำสัญญาณไมโครสตริปมีอิมพีแดนซ์ลักษณะสมบัติเท่ากับ 200 โอห์มและมีความยาวตามตัวอย่างที่ 6

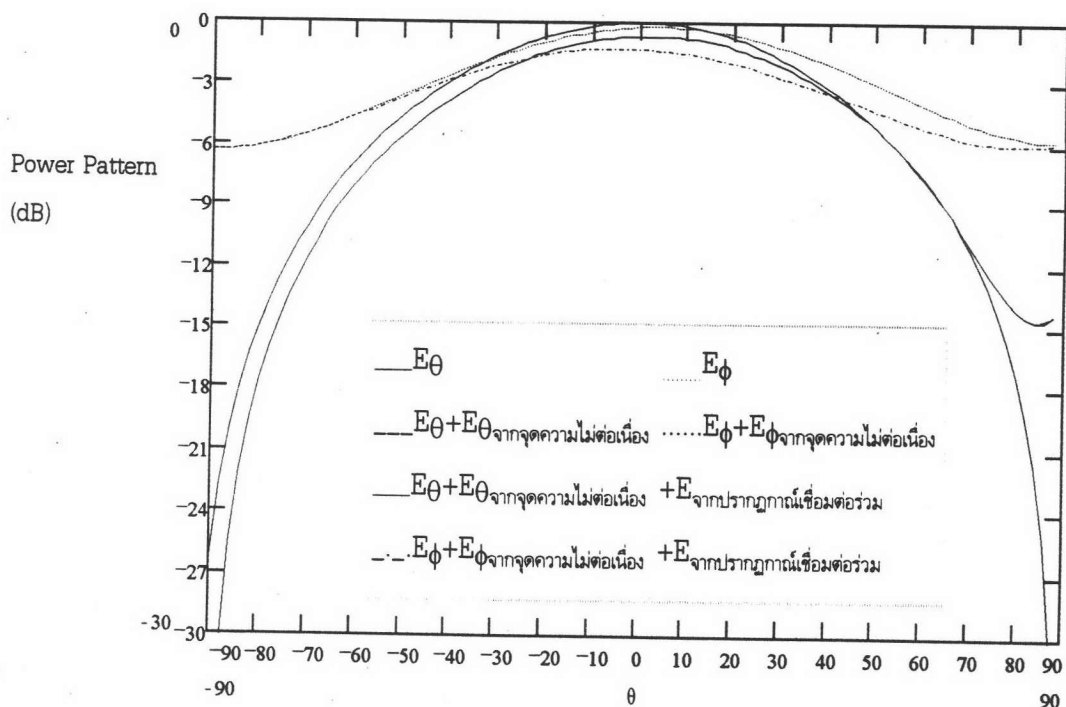


ก) ระนาบ 0 องศา

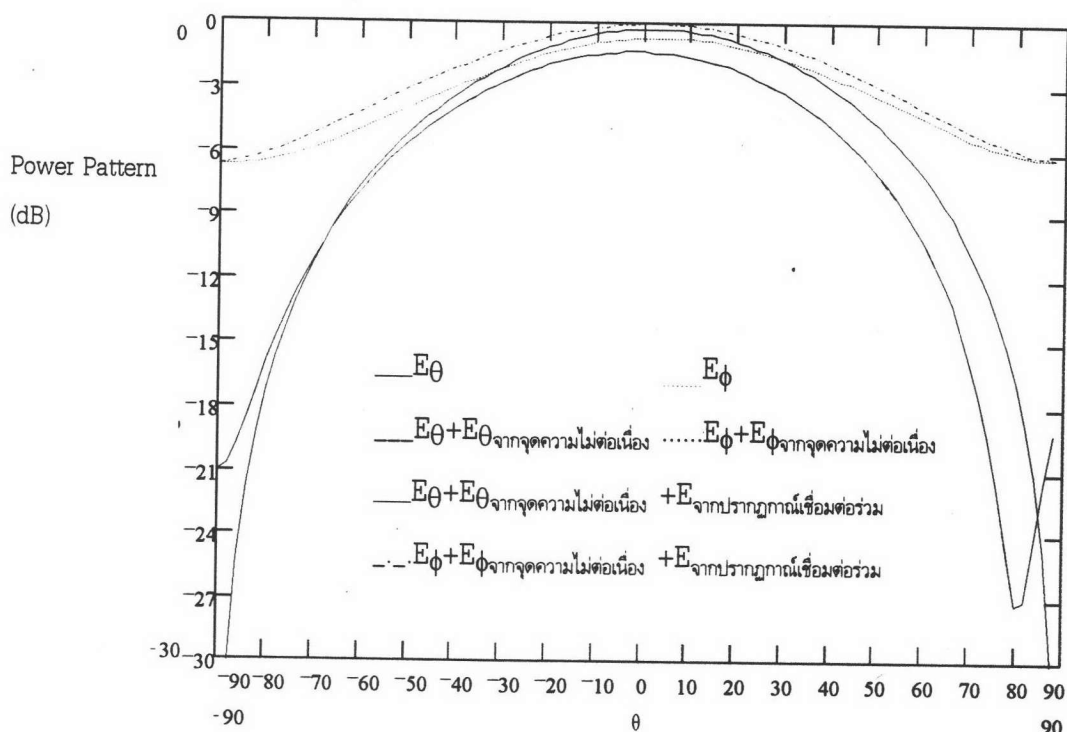


ข) ระนาบ 90 องศา

รูป 4.30 แบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศไมโครสตริปที่มีจุดจ่ายกระแสสองจุด สายนำสัญญาณไมโครสตริปมีอิมพีแดนซ์ลักษณะสมบัติเท่ากับ 200 โอห์มและมีความยาวตามตัวอย่างที่ 7

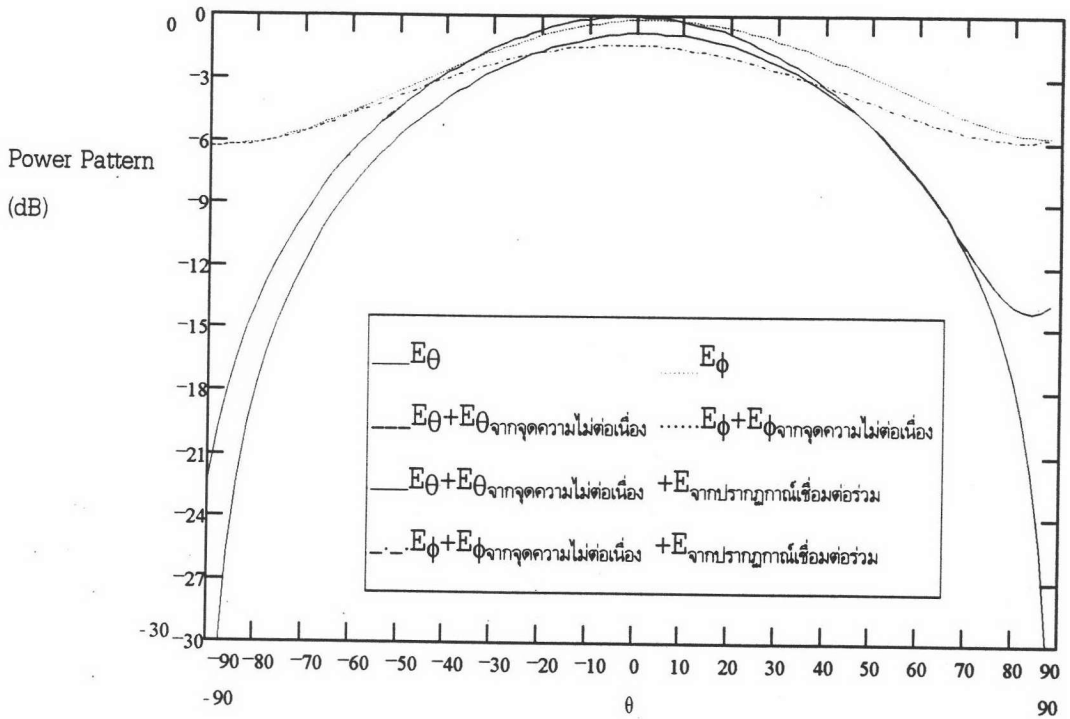


ก) ระนาบ 0 องศา

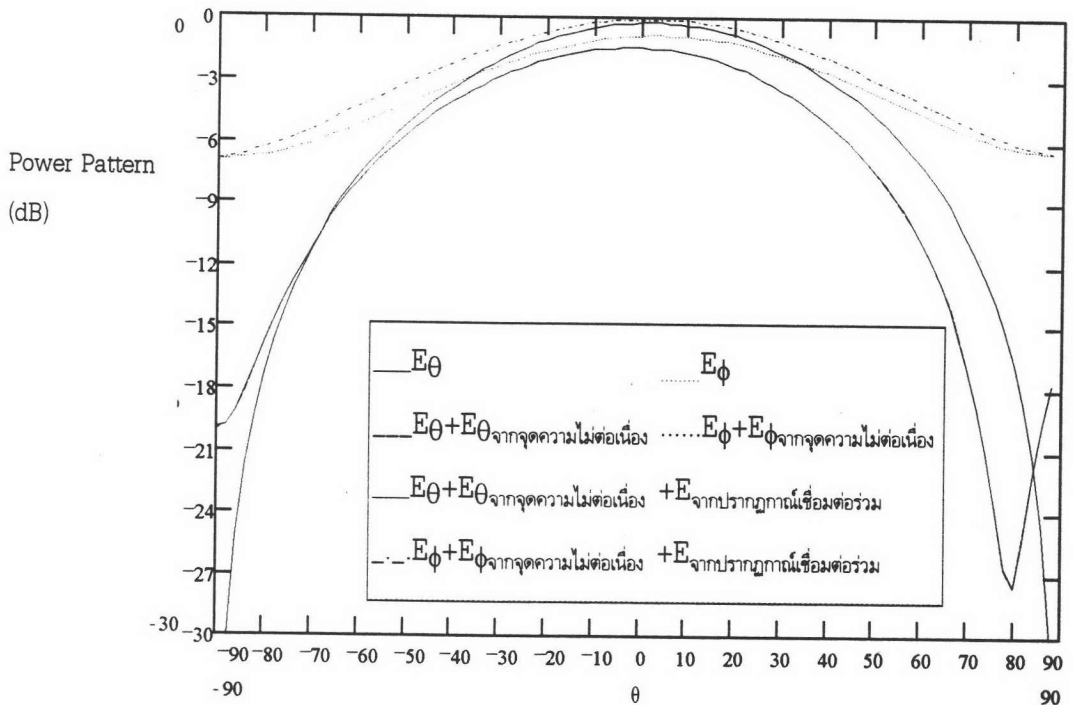


ข) ระนาบ 90 องศา

รูป 4.31 แบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศไมโครสตริปที่มีจุดจ่ายกระแสสองจุด สายนำสัญญาณไมโครสตริปมีอิมพีแดนซ์ลักษณะสมบัติเท่ากับ 200 โอห์มและมีความยาวตามตัวอย่างที่ 8

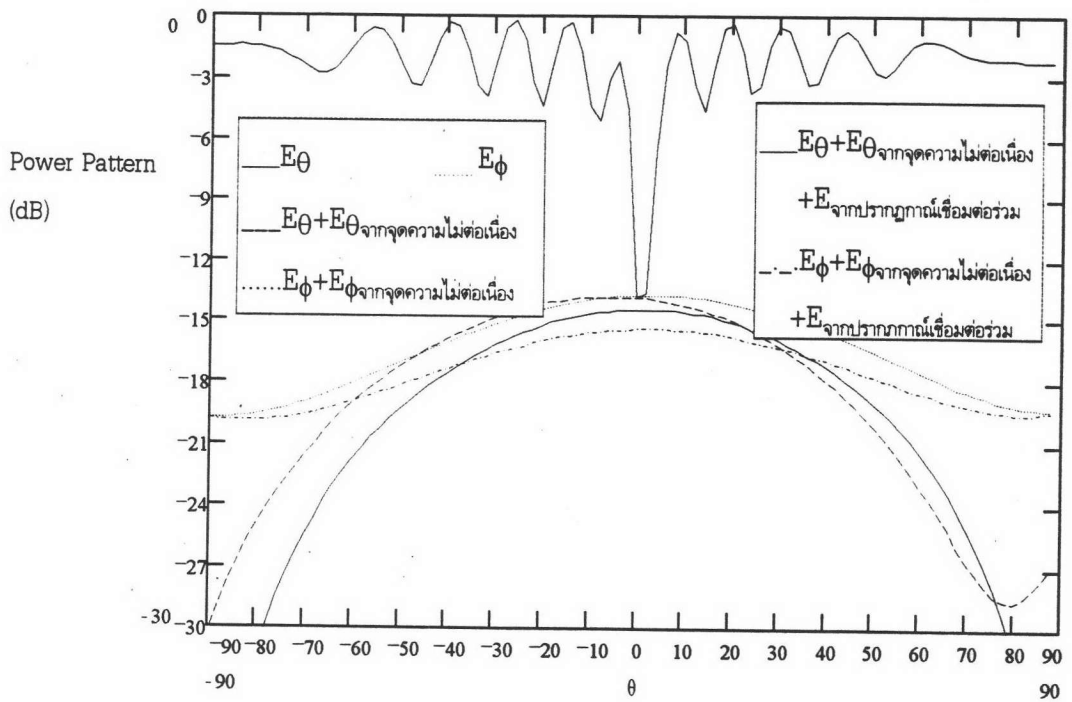


ก) ระนาบ 0 องศา

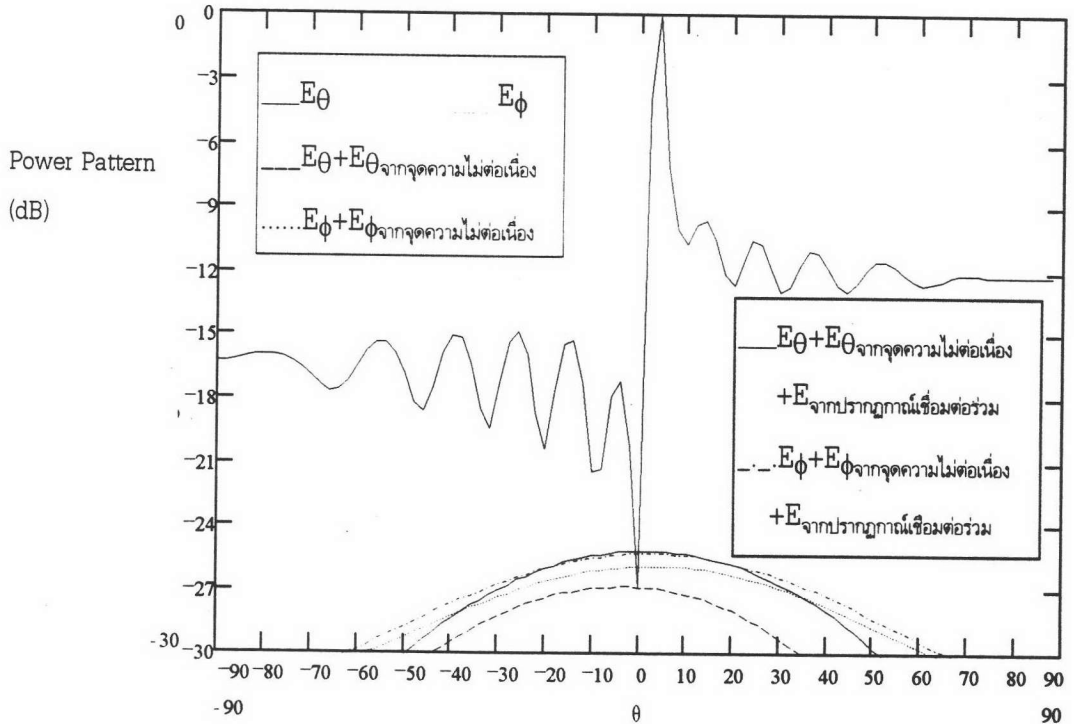


ข) ระนาบ 90 องศา

รูป 4.32 แบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศไมโครสตริปที่มีจุดจ่ายกระแสสองจุด สายนำสัญญาณไมโครสตริปมีอิมพีแดนซ์ลักษณะสมบัติเท่ากับ 200 โอห์มและมีความยาวตามตัวอย่างที่ 9

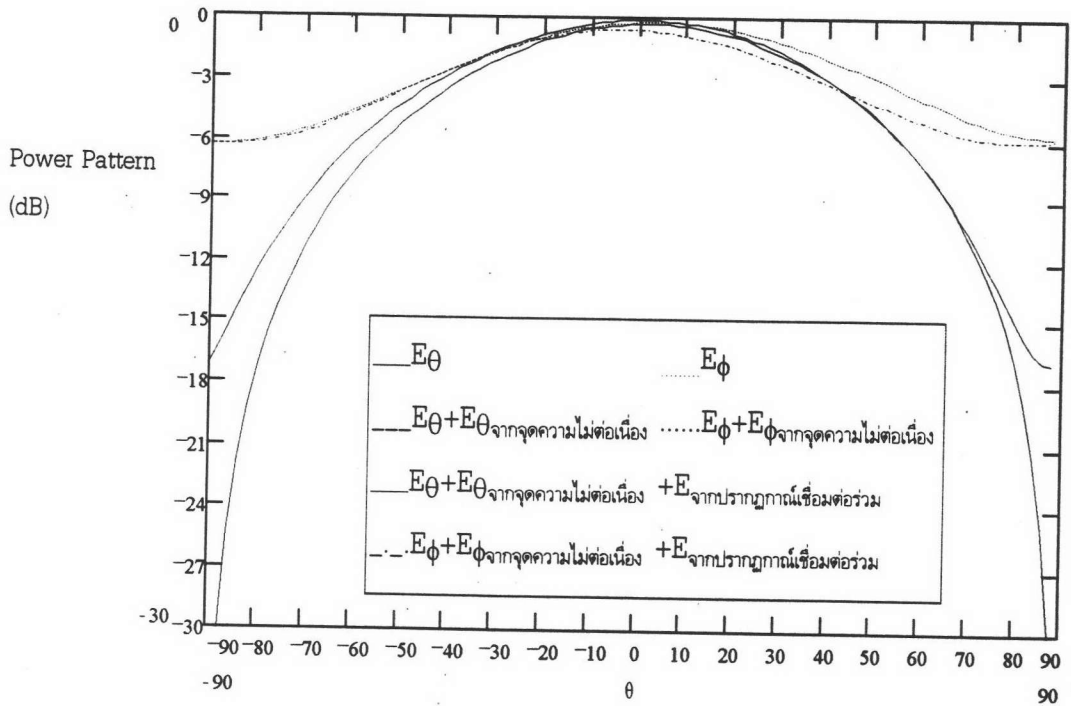


ก) ระนาบ 0 องศา

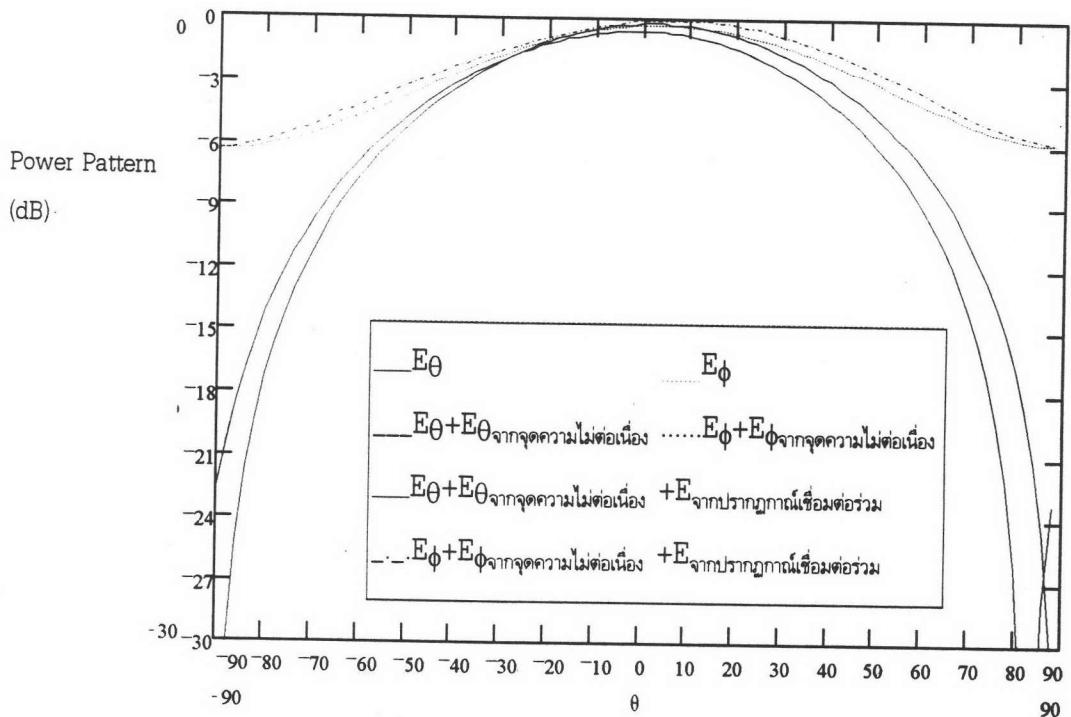


ข) ระนาบ 90 องศา

รูป 4.33 แบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศไมโครสตริปที่มีจุดจ่ายกระแสสองจุด สายนำสัญญาณไมโครสตริปมีอิมพีแดนซ์ลักษณะสมบัติเท่ากับ 200 โอห์มและความยาวตามตัวอย่างที่ 10

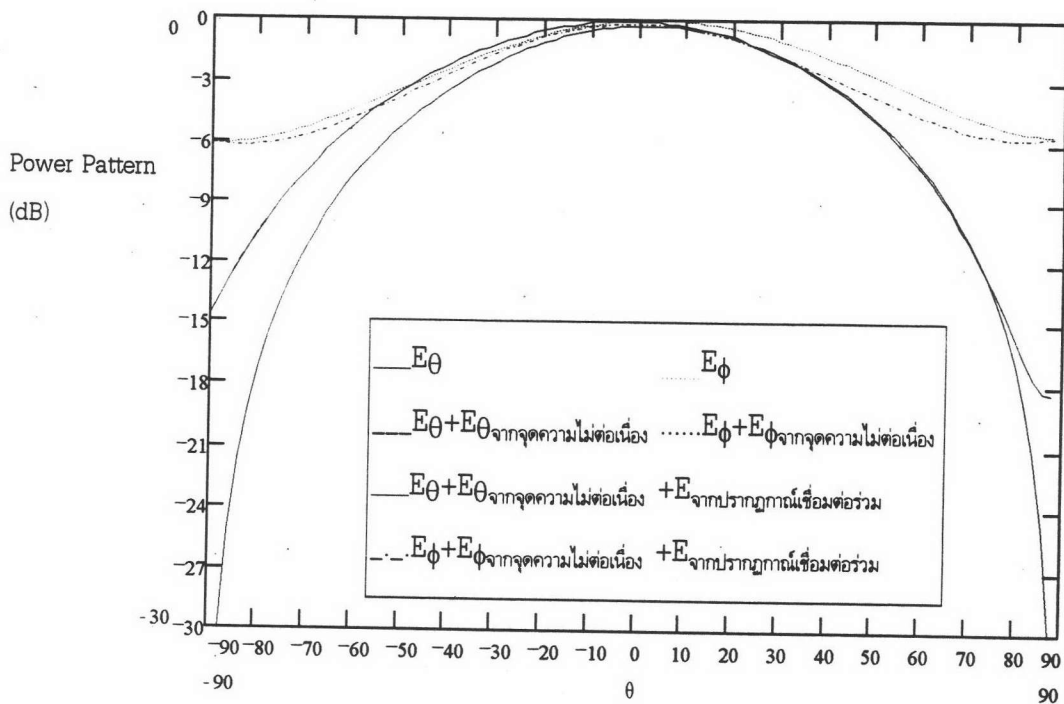


ก) ระนาบ 0 องศา

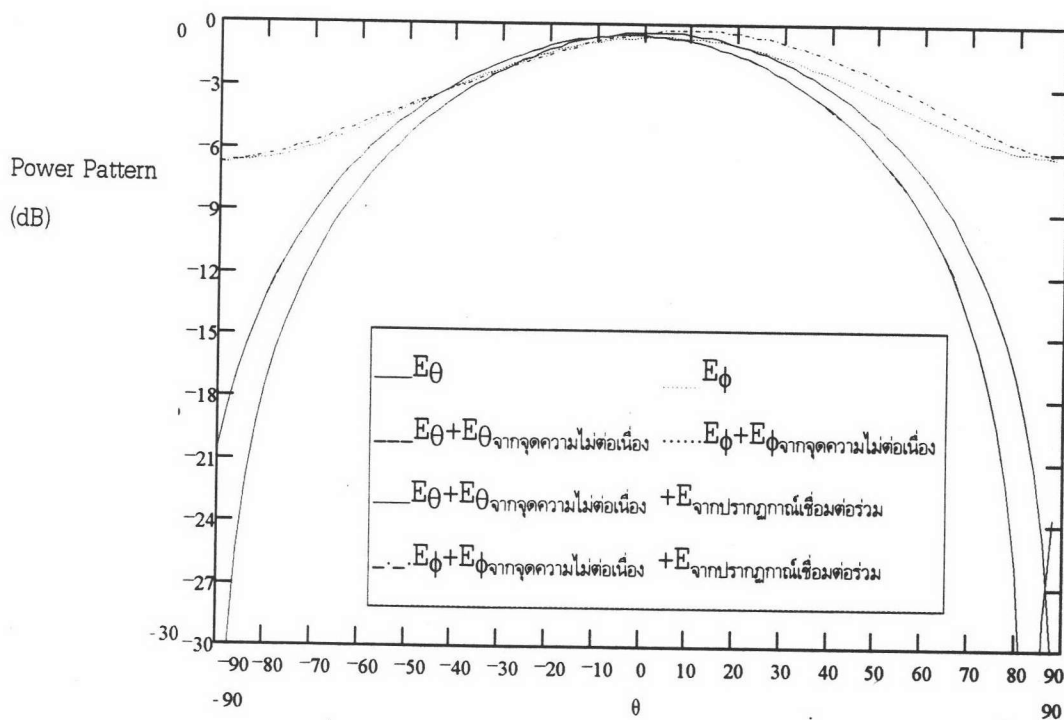


ข) ระนาบ 90 องศา

รูป 4.34 แบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศไมโครสตริปที่มีจุดจ่ายกระแสสองจุด สายนำสัญญาณไมโครสตริปมีอิมพีแดนซ์ลักษณะสมบัติเท่ากับ 200 โอห์มและมีความยาวตามตัวอย่างที่ 11

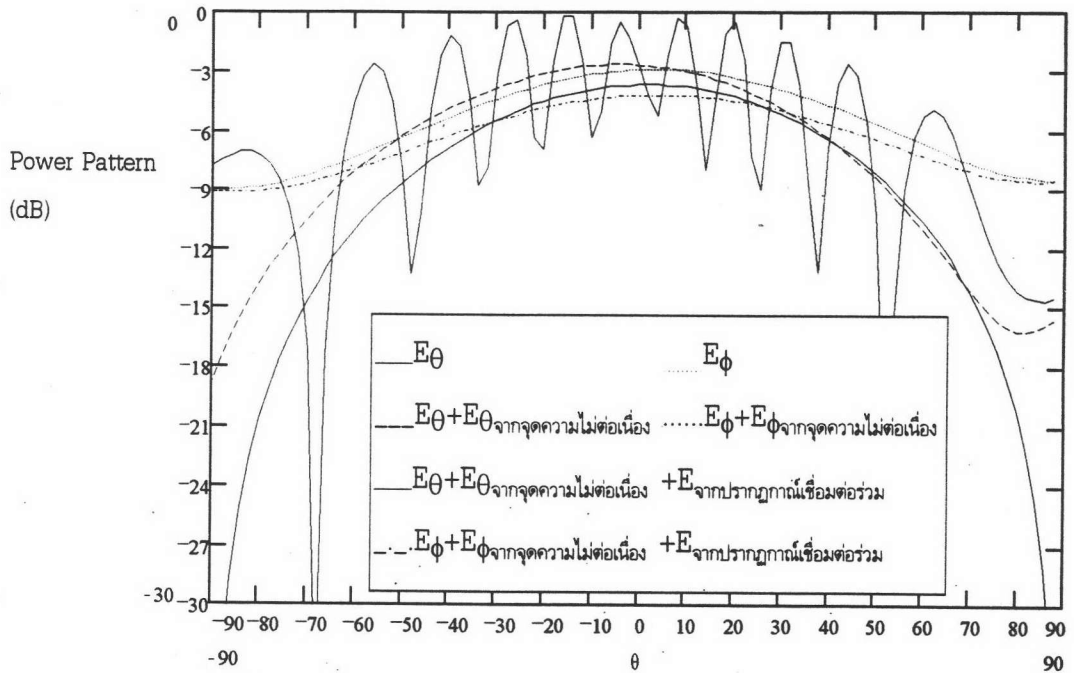


ก) ระนาบ 0 องศา

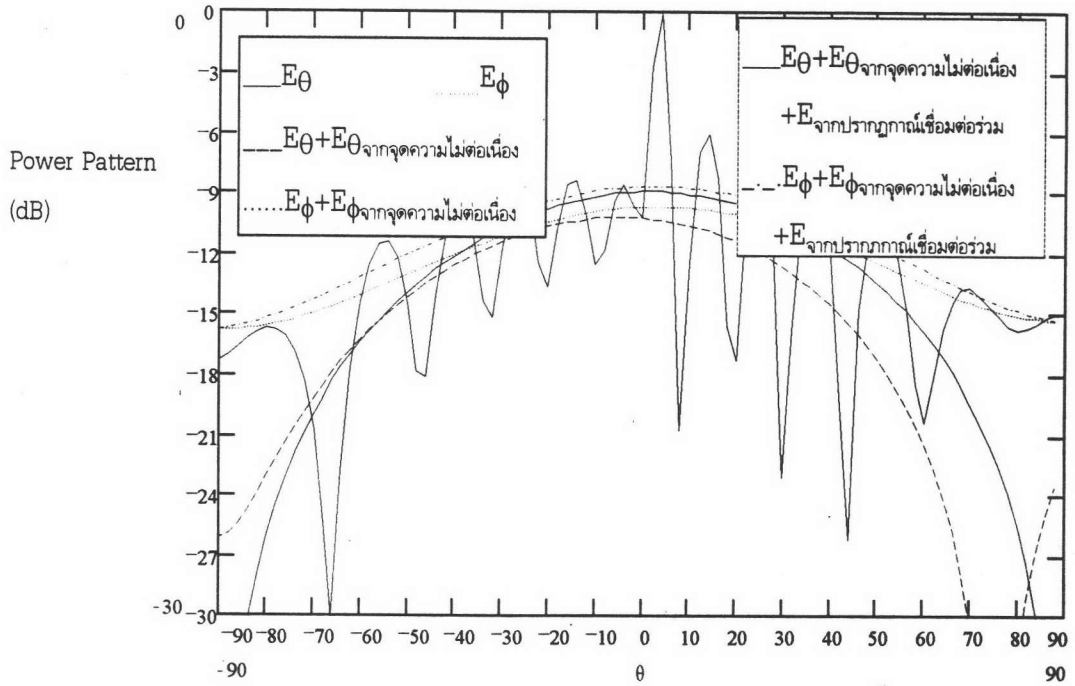


ข) ระนาบ 90 องศา

รูป 4.35 แบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศไมโครสตริปที่มีจุดจ่ายกระแสสองจุด สายนำสัญญาณไมโครสตริปมีอิมพีแดนซ์ลักษณะสมบัติเท่ากับ 200 โอห์มและมีความยาวตามตัวอย่างที่ 12

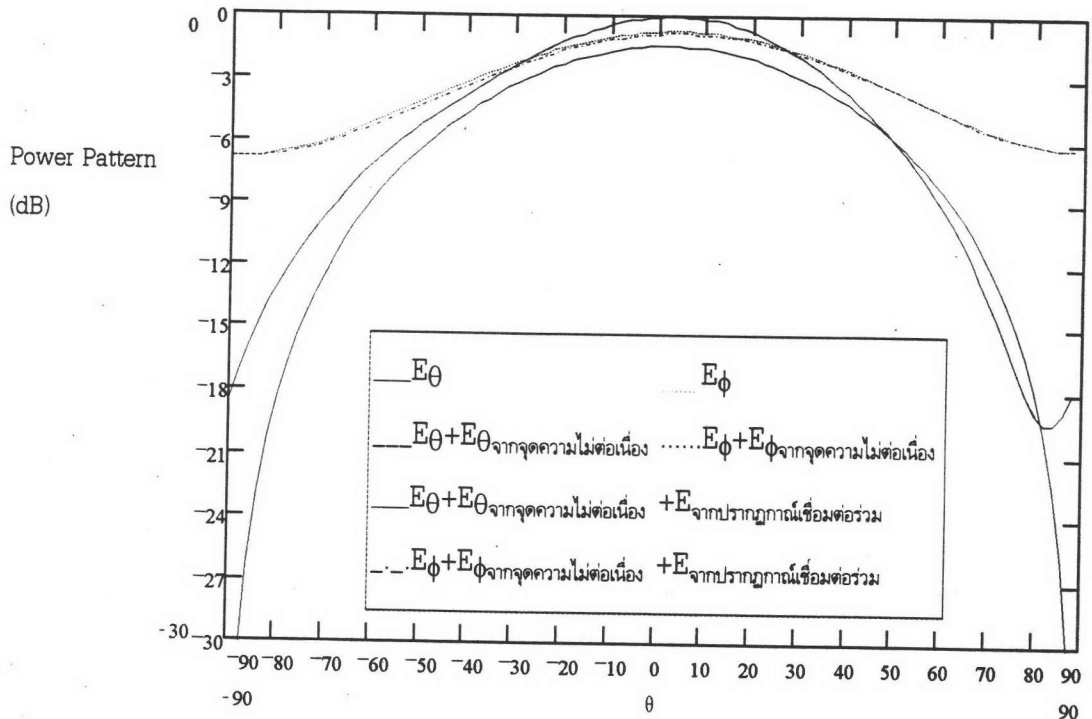


ก) ระนาบ 0 องศา

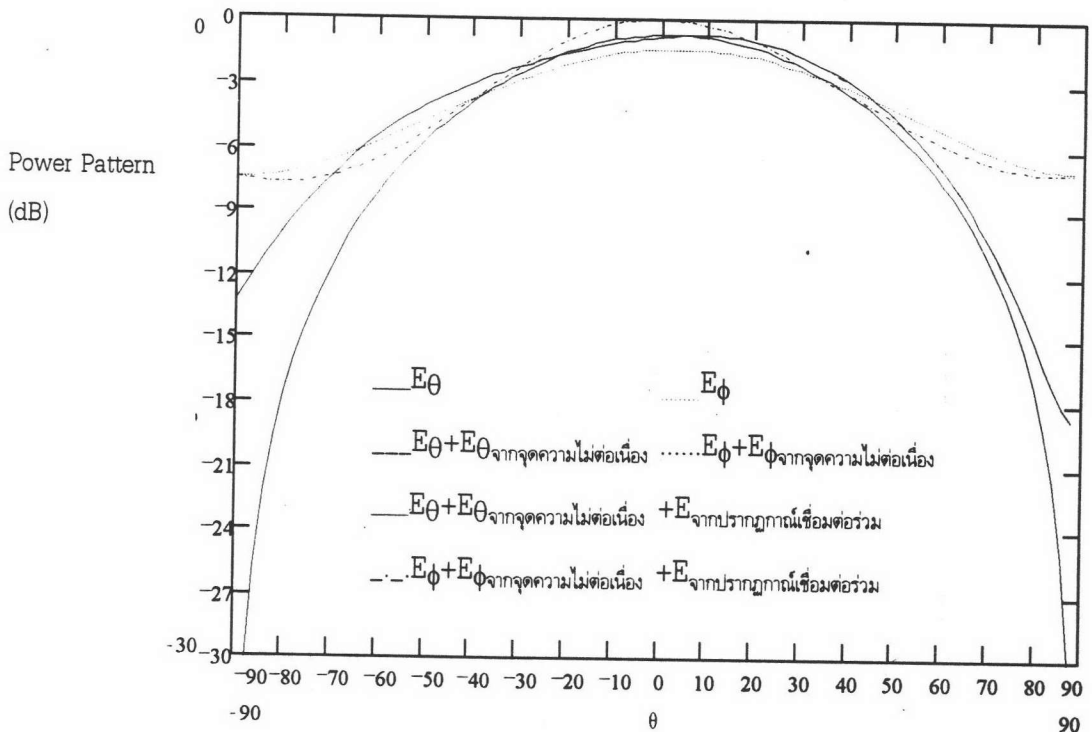


ข) ระนาบ 90 องศา

รูป 4.36 แบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศไมโครสตริปที่มีจุดจ่ายกระแสสองจุด สายนำสัญญาณไมโครสตริปมีอิมพีแดนซ์ลักษณะสมบัติเท่ากับ 200 โอห์มและมีความยาวตามตัวอย่างที่ 13

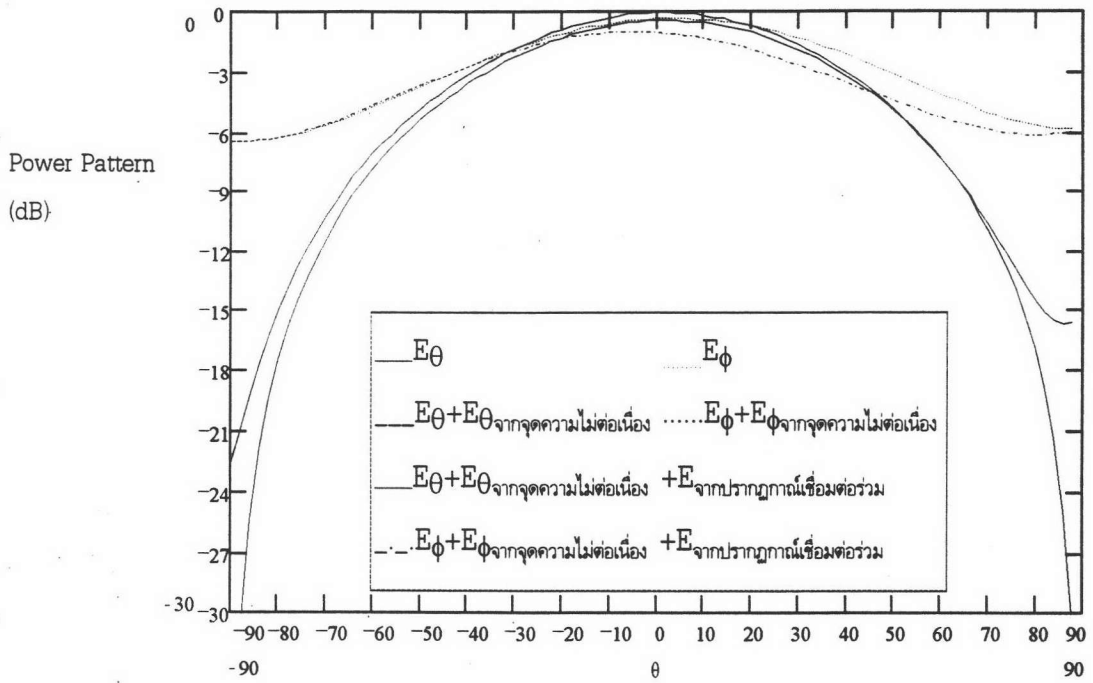


ก) ระนาบ 0 องศา

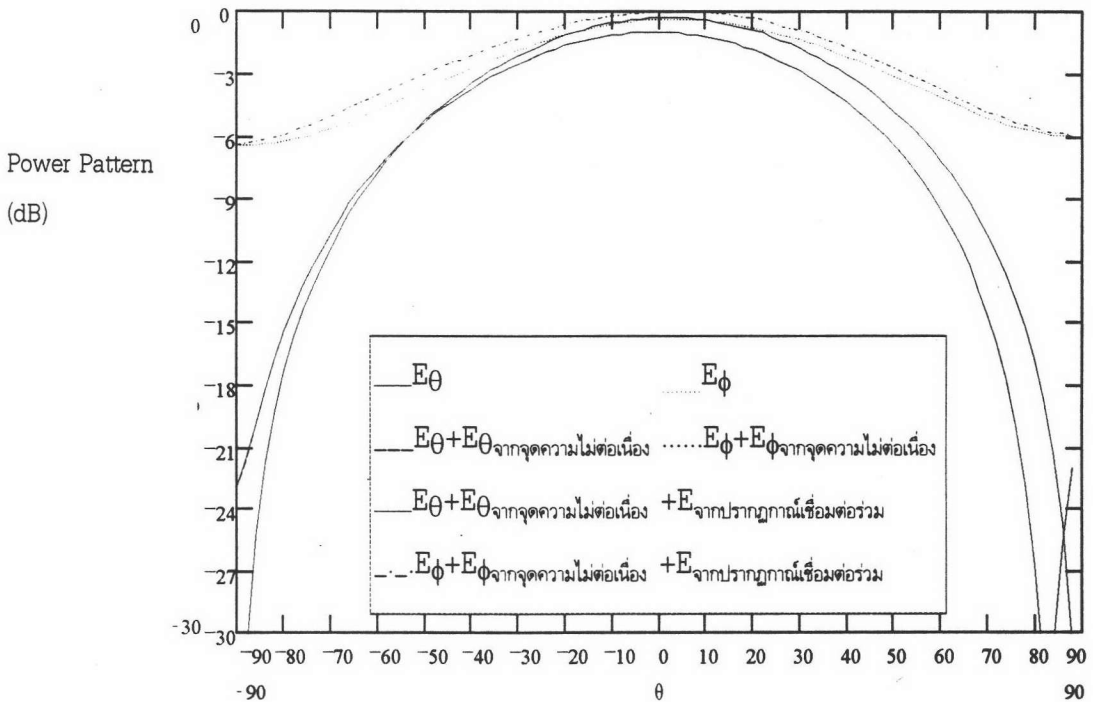


ข) ระนาบ 90 องศา

รูป 4.37 แบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศไมโครสตริปที่มีจุดจ่ายกระแสสองจุด สายนำสัญญาณไมโครสตริปมีอิมพีแดนซ์ลักษณะสมบัติเท่ากับ 200 โอห์มและมีความยาวตามตัวอย่างที่ 14



ก) ระนาบ 0 องศา



ข) ระนาบ 90 องศา

รูป 4.38 แบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศไมโครสตริปที่มีจุดจ่ายกระแสสองจุด สายนำสัญญาณไมโครสตริปมีอิมพีแดนซ์ลักษณะสมบัติเท่ากับ 200 โอห์มและมีความยาวตามตัวอย่างที่ 15

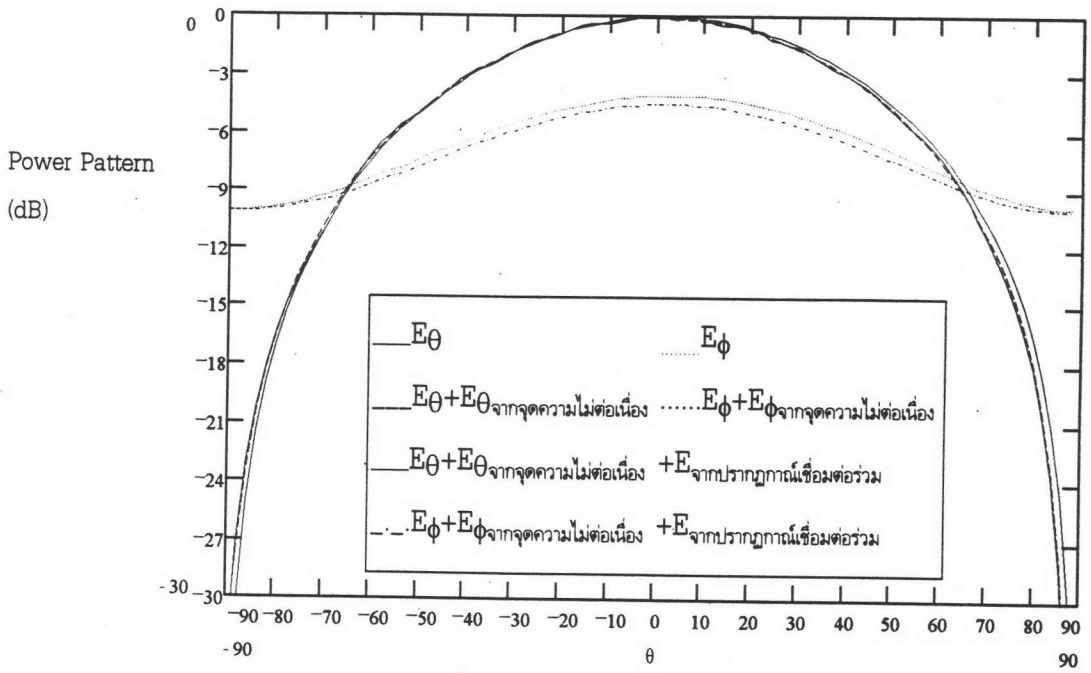
4. ผลกระทบของอิมพีแดนซ์ลักษณะสมบัติของสายนำสัญญาณไมโครสตริป การศึกษาในหัวข้อที่ผ่านมามีทำให้ทราบจุดกระจายกระแสกระตุ้นและความยาวของสายนำสัญญาณไมโครสตริปที่เหมาะสม นอกจากจุดจ่ายกระแสและความยาวของสายนำสัญญาณแล้ว อิมพีแดนซ์ลักษณะสมบัติของสายนำสัญญาณเป็นอีกพารามิเตอร์หนึ่งที่มีผลต่อลักษณะสมบัติของสายอากาศเนื่องจากการสูญเสียรวมในไดอิเล็กทริกและในโลหะ และการสูญเสียจากการแผ่พลังงานจะมีค่าสูงขึ้นเมื่ออิมพีแดนซ์ลักษณะสมบัติมีค่ามากขึ้น ฉะนั้นในหัวข้อนี้จึงทำการศึกษายายอากาศไมโครสตริปขนาด 5.68×5.68 ซม.² ที่มีจุดจ่ายกระแสสองจุดที่ $(2.84, 0)$ และ $(0, 2.84)$ และมีความยาวสายนำสัญญาณ $L_{1_4} = L_{2_4} = L_{2_2} = 0.1\lambda_r$

การสูญเสียในสายนำสัญญาณไมโครสตริปที่มีอิมพีแดนซ์ลักษณะสมบัติต่างกันทำให้กระแสกระตุ้นที่หัวเข้าของสายอากาศมีความผิดเพี้ยนทางขนาดและเฟสดังตาราง 4.3 ในรูป 4.39 ถึงรูป 4.43 เป็นแบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศที่ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงค่าอิมพีแดนซ์ลักษณะสมบัติของสายอากาศเทียบกับรูป 4.31 ซึ่งเป็นแบบรูปการแผ่พลังงานของสายนำสัญญาณ 200 โอห์ม

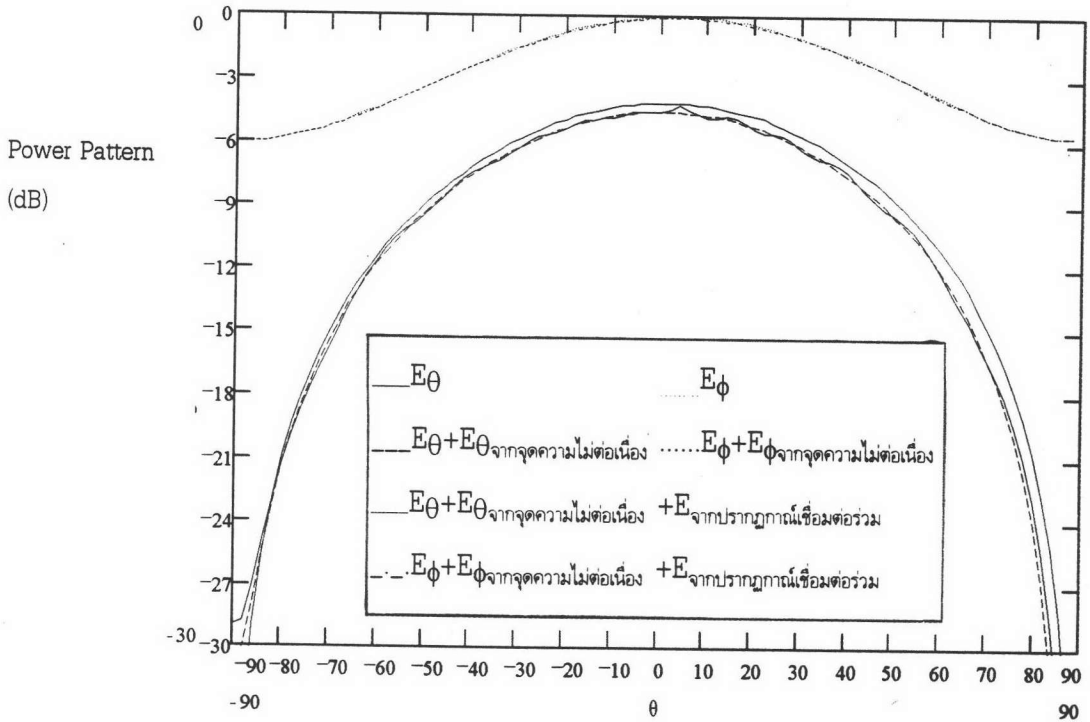
ตาราง 4.3 ผลกระทบต่อกระแสกระตุ้นของสายนำสัญญาณที่มีอิมพีแดนซ์ลักษณะสมบัติต่างกัน

อิมพีแดนซ์ลักษณะสมบัติของสายนำสัญญาณ	อัตราส่วนกระแสกระตุ้นเส้นที่สองต่อเส้นที่หนึ่ง	ความต่างเฟสระหว่างกระแสกระตุ้นเส้นที่สองกับเส้นที่หนึ่ง
50	1.64	-56.7
100	1.28	-67.5
150	1.1	-78
200	1.04	-88.3
250	0.92	-95.8
300	0.86	-103.3

จากลักษณะสมบัติของสายอากาศที่ได้ พบว่า อิมพีแดนซ์ลักษณะสมบัติของสายอากาศที่ต่างกันส่งผลกระทบต่อโพลาริเซชันของสายอากาศขณะที่ผลต่อแบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศมีค่าน้อยมาก เมื่ออิมพีแดนซ์ลักษณะสมบัติมีค่าไม่เท่ากับอิมพีแดนซ์ขาเข้าของสายอากาศ ดังนั้นประสิทธิภาพรวมของสายอากาศที่มีสายนำสัญญาณอิมพีแดนซ์ลักษณะสมบัติเท่ากับ 200 โอห์มจึงมีค่าสูงกว่าสายนำสัญญาณอื่นๆ เนื่องจากอิมพีแดนซ์ขาเข้าของสายอากาศมีค่าอยู่ในช่วง 200 โอห์มทำให้คลื่นสะท้อนในสายนำสัญญาณและค่ากำลังงานสูญเสียรวมมีค่าน้อยกว่าสายนำสัญญาณอื่นๆ ทำให้การผิดเพี้ยนของกระแสที่หัวเข้าของสายอากาศมีค่าต่ำซึ่งจะทำให้การผิดเพี้ยนของโพลาริเซชันน้อยที่สุด

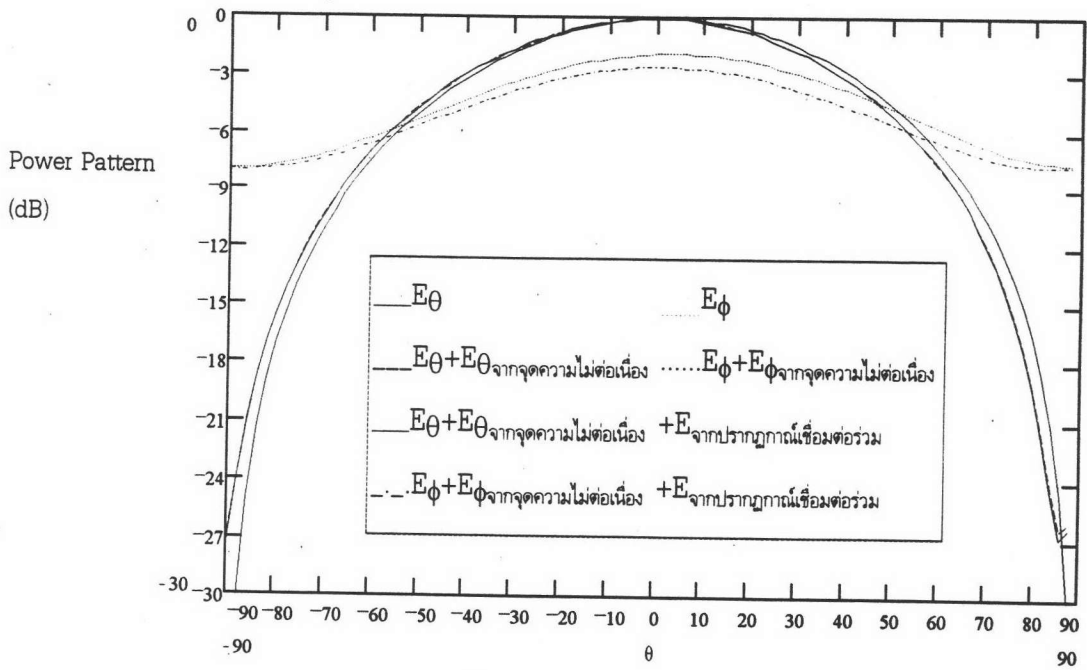


ก) ระนาบ 0 องศา

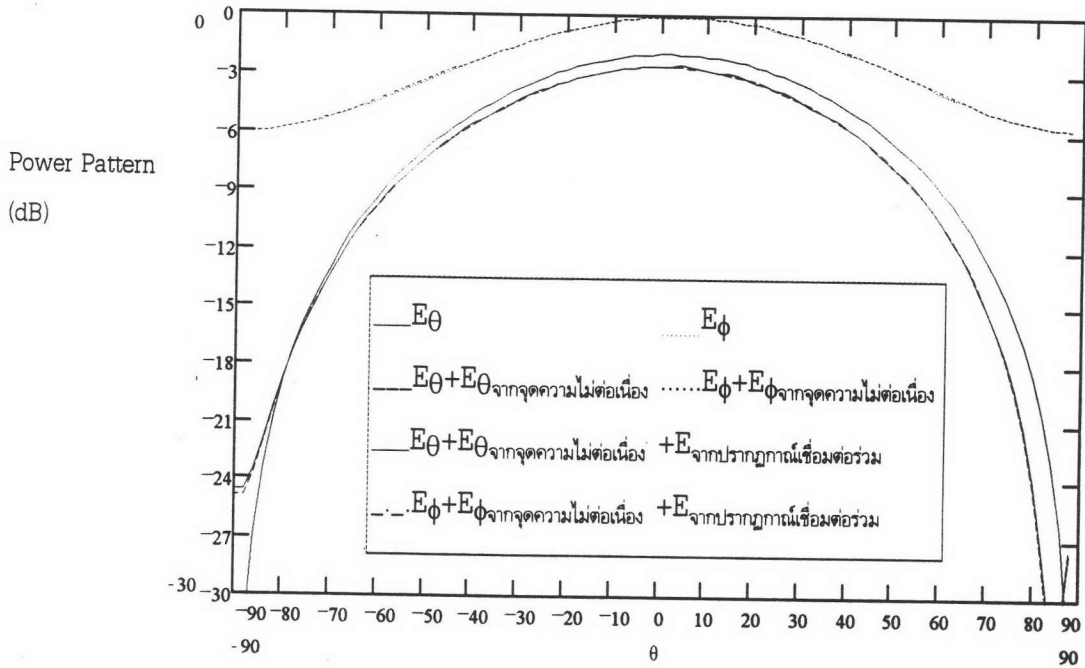


ข) ระนาบ 90 องศา

รูป 4.39 แบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศไมโครสตริปที่มีจุดจ่ายกระแสสองจุด สายนำสัญญาณไมโครสตริปมีอิมพีแดนซ์ลักษณะสมบัติเท่ากับ 50 โอห์ม

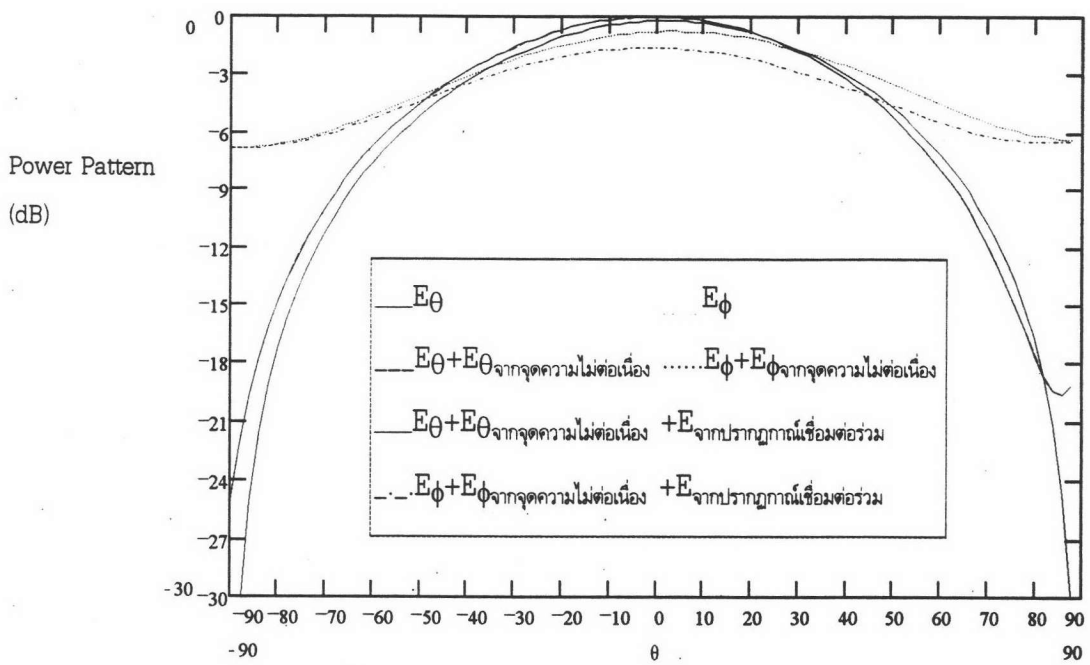


ก) ระนาบ 0 องศา

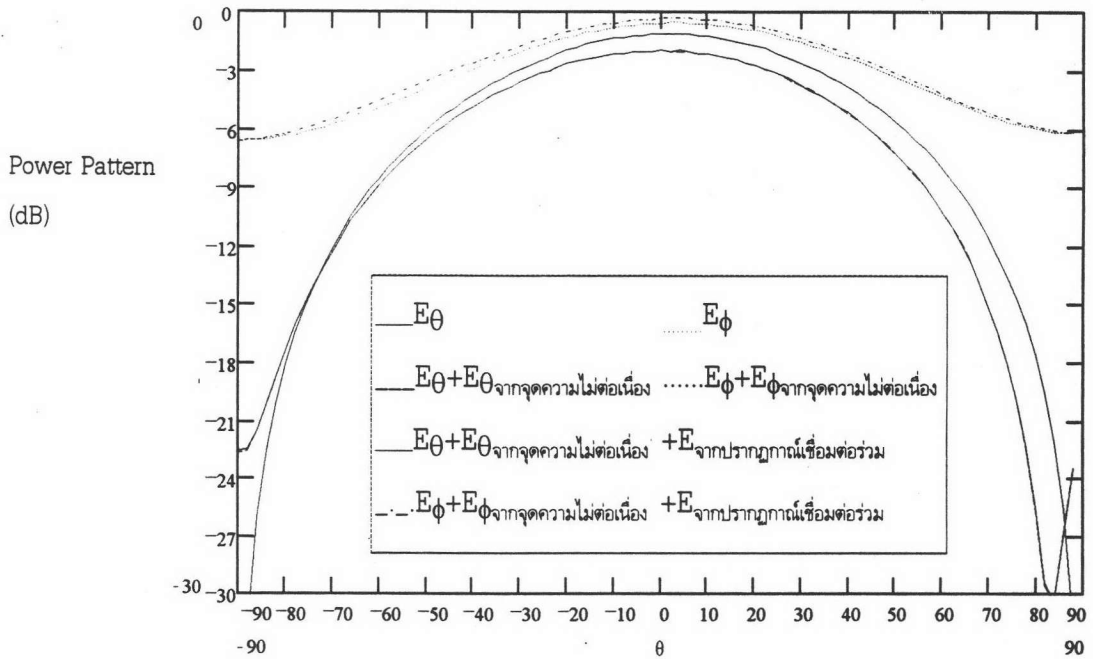


ข) ระนาบ 90 องศา

รูป 4.40 แบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศไมโครสตริปที่มีจุดจ่ายกระแสสองจุด
 สายนำสัญญาณไมโครสตริปมีอิมพีแดนซ์ลักษณะสมบัติเท่ากับ 100 โอห์ม

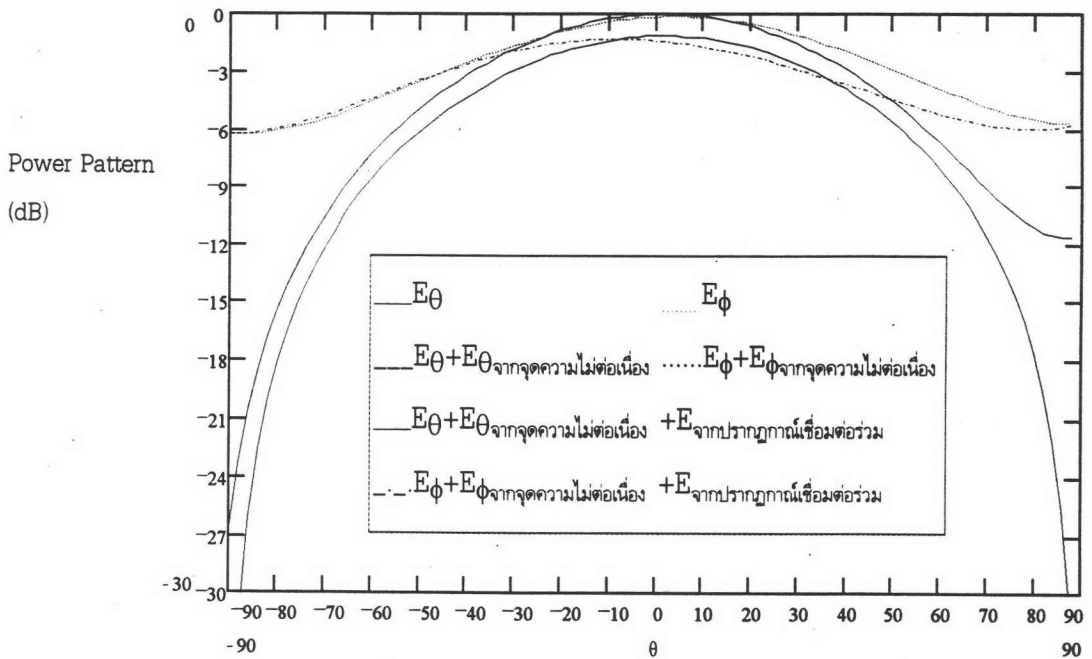


ก) ระนาบ 0 องศา

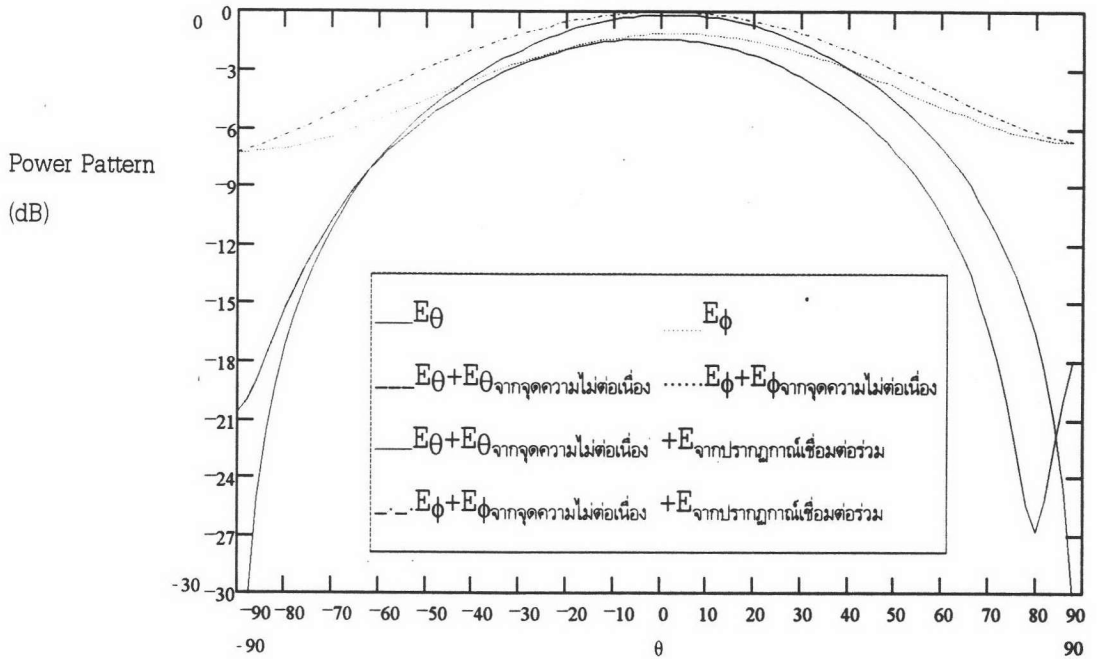


ข) ระนาบ 90 องศา

รูป 4.41 แบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศไมโครสตริปที่มีจุดจ่ายกระแสสองจุด
 สายนำสัญญาณไมโครสตริปมีอิมพีแดนซ์ลักษณะสมบัติเท่ากับ 150 โอห์ม

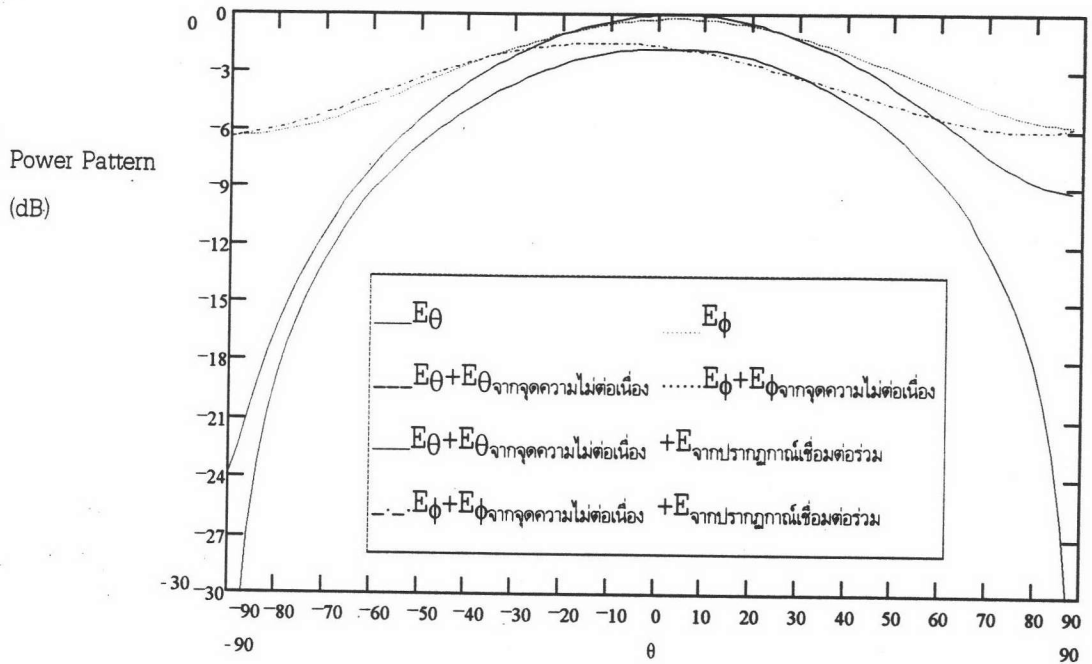


ก) ระนาบ 0 องศา

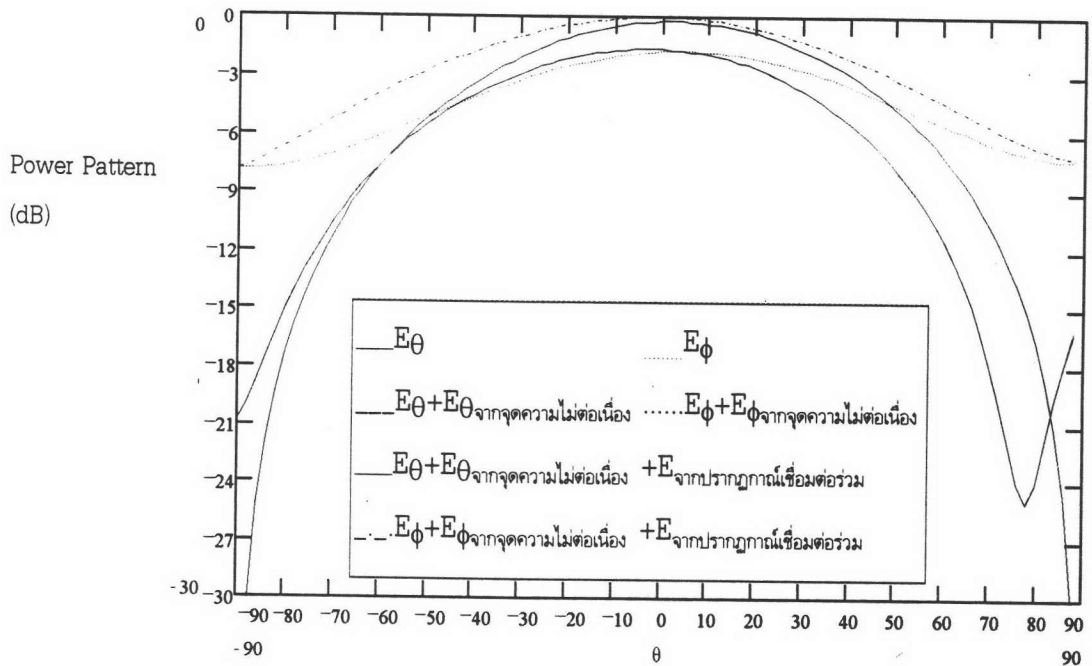


ข) ระนาบ 90 องศา

รูป 4.42 แบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศไมโครสตริปที่มีจุดจ่ายกระแสสองจุด
 สายนำสัญญาณไมโครสตริปมีอิมพีแดนซ์ลักษณะสมบัติเท่ากับ 250 โอห์ม



ก) ระนาบ 0 องศา



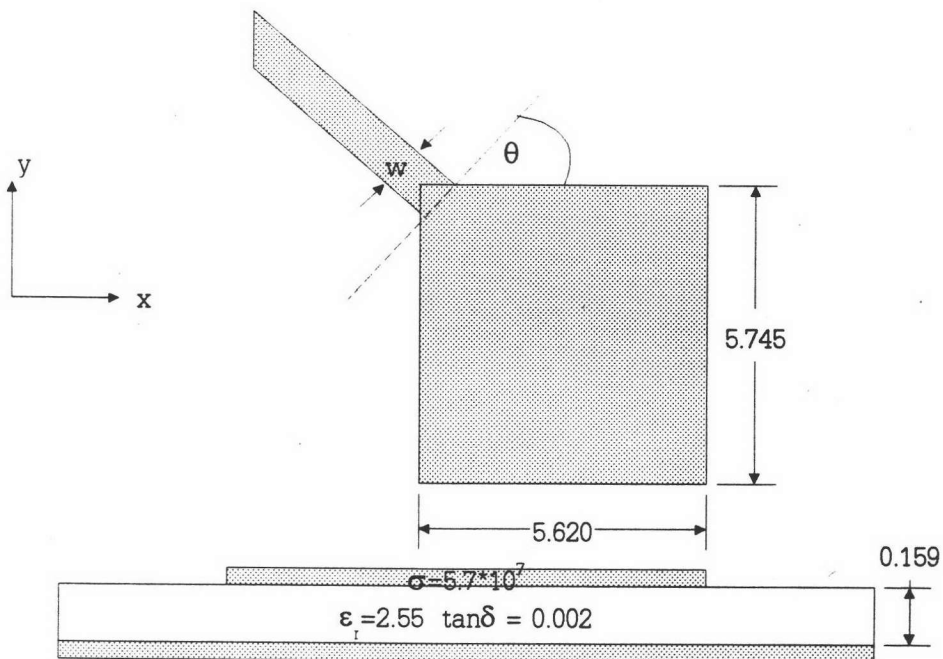
ข) ระนาบ 90 องศา

รูป 4.43 แบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศไมโครสตริปที่มีจุดจ่ายกระแสสองจุด
 สายนำสัญญาณไมโครสตริปมีอิมพีแดนซ์ลักษณะสมบัติเท่ากับ 300 โอห์ม

การวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของสายอากาศไมโครสตริปรูปสี่เหลี่ยมใกล้เคียงจัตุรัสที่มีการจ่ายกระแสกระตุ้น
หนึ่งจุด

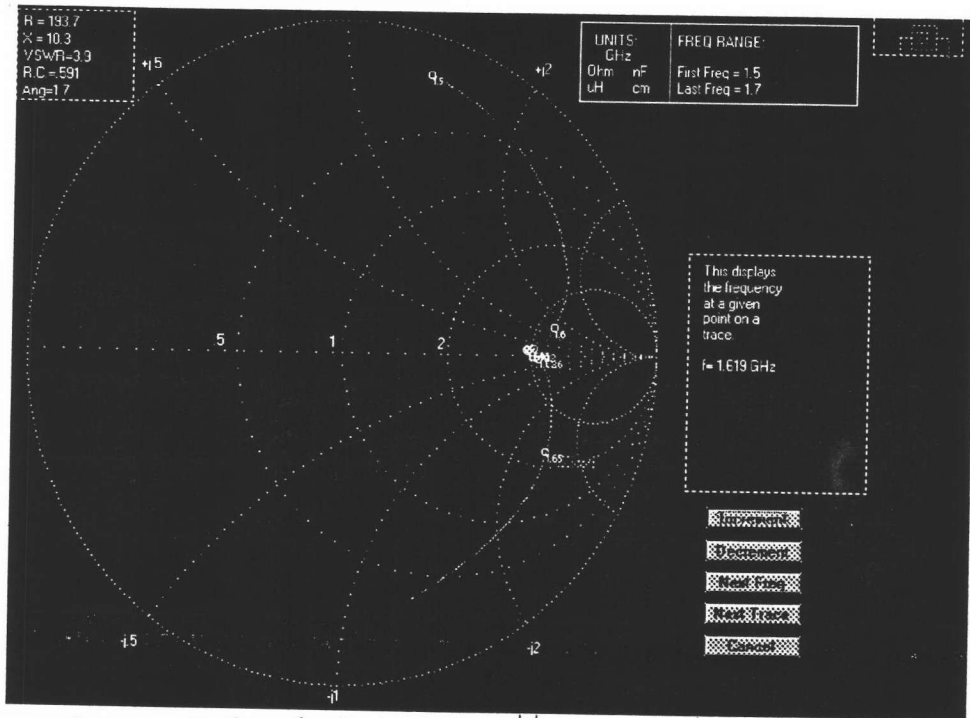
ในหัวข้อนี้ประกอบด้วยลักษณะสมบัติของสายอากาศไมโครสตริปรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากที่มีการจ่ายกระแสกระตุ้นหนึ่งจุดเมื่อมีการรวมผลกระทบที่เกิดขึ้นจากระบบบ่อนกำลังโดยศึกษาพารามิเตอร์ 3 ตัว คือ จุดจ่ายกระแสกระตุ้น มุมที่สายนำสัญญาณทำกับแผ่นสายอากาศ θ และอิมพีแดนซ์ลักษณะสมบัติของสายนำสัญญาณไมโครสตริป โดยโครงสร้างของสายอากาศที่ได้จากหัวข้อการกำหนดโครงสร้างสายอากาศสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ความถี่ใช้งานอยู่ในย่านความถี่แอลประมาณ 1.61-1.6285 กิกะเฮิร์ต
2. แผ่นฐานไดอิเล็กตริกที่เลือกศึกษาเป็นเฟลลอนไฟเบอร์กลาสที่มีค่าคงตัวไดอิเล็กตริกสัมพัทธ์ ϵ_r เท่ากับ 2.55 ค่าแทนเจนต์การสูญเสีย $\tan\delta$ เท่ากับ 0.001 และมีความหนา t เท่ากับ 0.159 ซม.
3. แผ่นสายอากาศทำจากทองแดงที่มีสภาพนำไฟฟ้า σ เท่ากับ 5.7×10^7 ซีเมนต์ต่อเมตร
4. สายอากาศรูปสี่เหลี่ยมใกล้เคียงจัตุรัสขนาด 5.620×5.745 ซม.²
5. จ่ายกระแสกระตุ้นหนึ่งจุดบนมุมซ้ายบน (0,5.745) เพื่อให้คลื่นโพลาไรซ์แบบวงกลมที่มีการหมุนในทิศทวนเข็มนาฬิกา

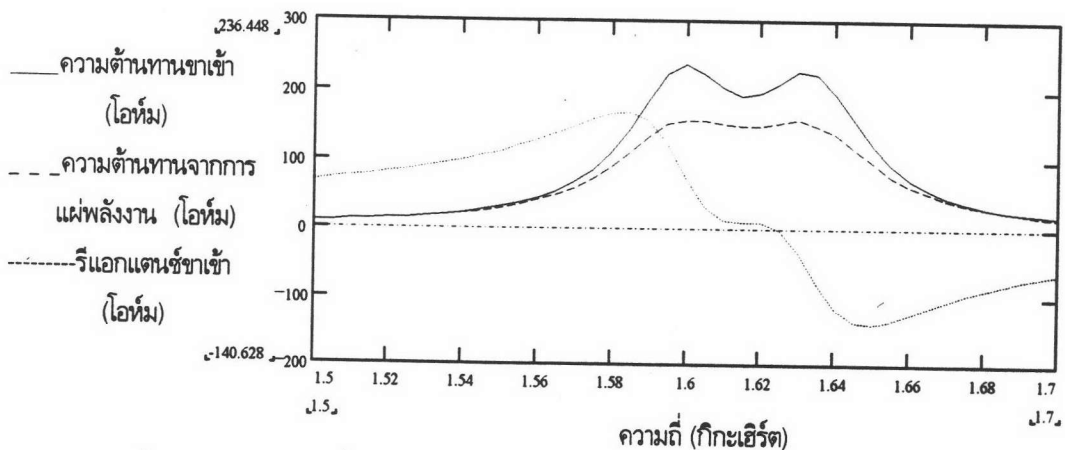


รูป 4.44 สายอากาศไมโครสตริปรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่มีการจ่ายกระแสกระตุ้นหนึ่งจุด

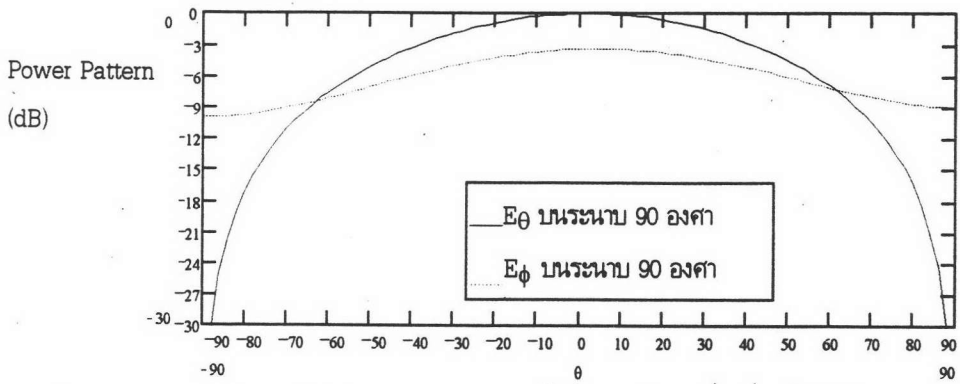
1. ลักษณะสมบัติของสายอากาศเมื่อไม่รวมผลกระทบจากระบบป้อนกำลัง แผ่นสายอากาศที่ใช้การจ่ายกระแสกระตุ้นจุดเดียวนี้มีรูปร่างเป็นรูปสี่เหลี่ยมใกล้เคียงจัตุรัส และจ่ายกระแสที่มุมของสายอากาศ เพื่อให้สนามแม่เหล็กไฟฟ้าสองโหมดที่ตั้งฉากกันถูกกระตุ้นให้มีขนาดเท่ากันและเฟสต่างกัน 90 องศา ดังจะเห็นได้จากค่าอิมพีแดนซ์ขาเข้าของสายอากาศจะมีค่ามากที่สุดที่ 2 ความถี่ที่ต่างกันเล็กน้อย ซึ่งเป็นผลจากความยาวด้านที่ต่างกันเล็กน้อยของสายอากาศทำให้เกิดความถี่เรโซแนนซ์สองจุดใกล้กันแต่เฟสต่างกัน 90°



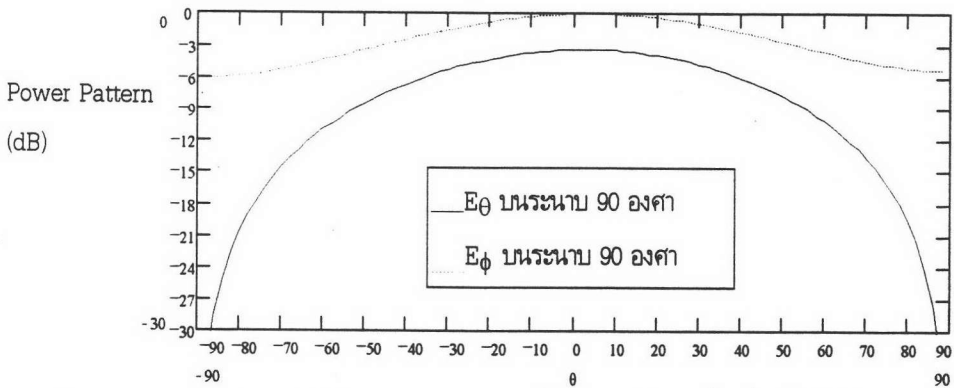
รูป 4.45ก อิมพีแดนซ์ขาเข้าเทียบกับความถี่ที่จุดจ่ายกระแสที่ (0,0) ของสายอากาศ ไมโครสตริปรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 5.620 x 5.745 ซม.²



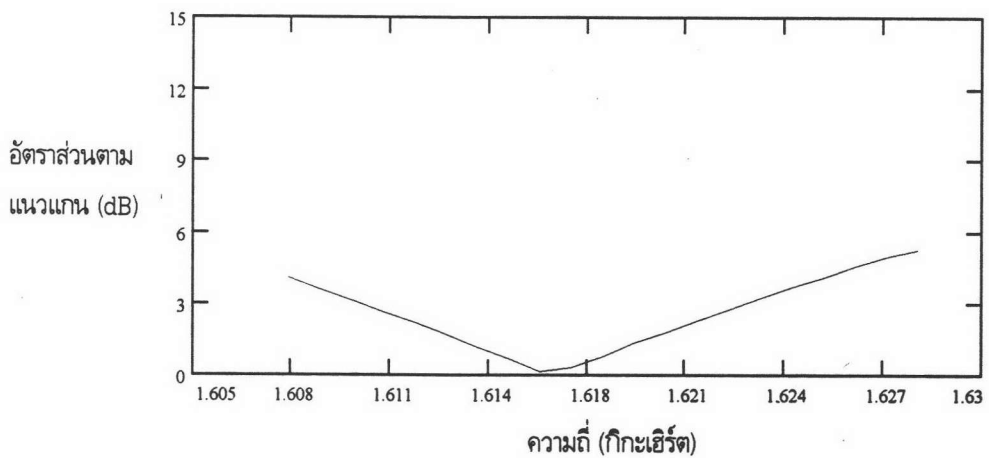
รูป 4.45ข อิมพีแดนซ์ขาเข้าเทียบกับความถี่ที่จุดจ่ายกระแส (0,0) ของสายอากาศ ไมโครสตริปรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 5.620 x 5.745 ซม.²



รูป 4.46ก แบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศไมโครสตริปรูปสี่เหลี่ยมใกล้เคียงจัตุรัสขนาด 5.620×5.745 ซม.² ที่มีจุดจ่ายกระแสหนึ่งจุดคือที่ (0,0) บนระนาบ 90 องศา



รูป 4.46ข แบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศไมโครสตริปรูปสี่เหลี่ยมใกล้เคียงจัตุรัสขนาด 5.620×5.745 ซม.² ที่มีจุดจ่ายกระแสหนึ่งจุดคือที่ (0,0) บนระนาบ 0 องศา



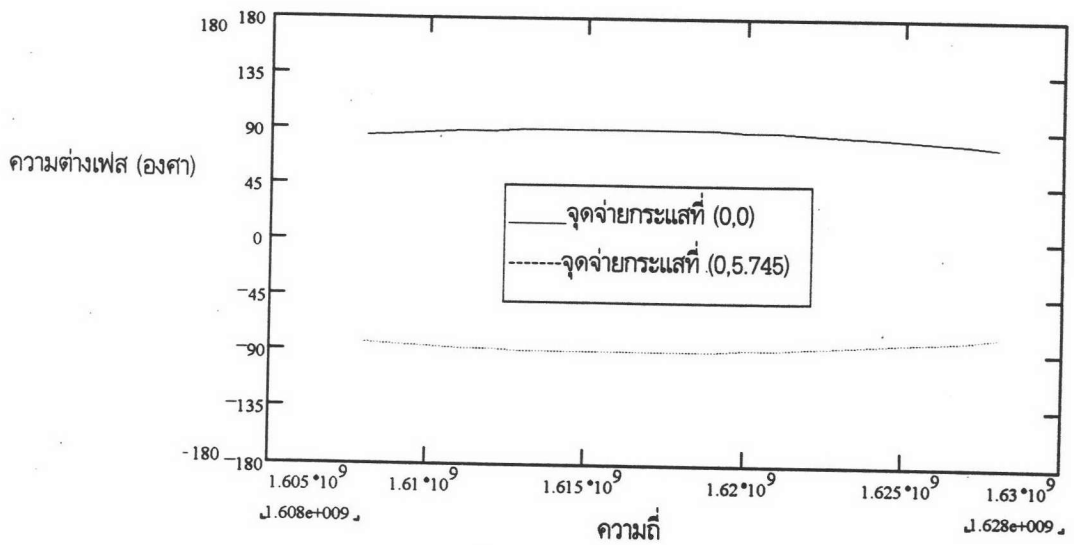
รูป 4.47 อัตราส่วนตามแกนของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในระนาบไมไกลของสายอากาศไมโครสตริปรูปสี่เหลี่ยมขนาด 5.620×5.745 ซม.² ที่ความถี่ต่างๆ เมื่อมีกระแสกระตุ้นหนึ่งจุดที่ (0,0)

อิมพีแดนซ์ขาเข้าและแบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศเป็นดังรูป 4.45-4.47 จากรูปดังกล่าวสามารถสรุปลักษณะสมบัติของสายอากาศได้ดังนี้

- ความถี่เรโซแนนซ์ของสายอากาศมีค่าเท่ากับ 1.6186 กิกะเฮิร์ต
- อิมพีแดนซ์แบนด์วิดท์มีค่าเท่ากับ 48 เมกกะเฮิร์ตหรือเท่ากับ 2.97%
- แบนด์วิดท์ของอัตราส่วนตามแนวแกนมีค่าเท่ากับ 13 เมกกะเฮิร์ตหรือเท่ากับ 0.80%
- ความกว้างลำคลื่นมีค่าเท่ากับ 60 องศาในระนาบ 0 องศา และ 140 องศาในระนาบ 90 องศา
- ความต่างเฟสมีค่าเกือบคงที่ตลอดช่วงแบนด์วิดท์ของอัตราส่วนตามแนวแกนคือมีค่าเท่ากับ 90 องศาคือมีโพลาริเซชันแบบวงกลมที่มีการหมุนในทิศมือซ้ายเมื่อจ่ายกระแสที่ (0,0)
- อิมพีแดนซ์ขาเข้าที่ความถี่เรโซแนนซ์มีค่าเท่ากับ $192.8 + j12.6$ โอห์ม ซึ่งประกอบด้วยอิมพีแดนซ์โหมดกระแสตรง โหมดเด่นคือโหมด (1,0) และโหมด (0,1) และโหมดอันดับสูงมีค่าเท่ากับ $0.004 - j2.14$, $109.69 + j94.77$, $83.11 - j96.95$ และ $0.0016 + j16.97$ โอห์ม ตามลำดับ
- ประสิทธิภาพของสายอากาศที่ความถี่เรโซแนนซ์มีค่าเท่ากับ 62.8%
- สภาพเจาะจงทิศทางมีค่าเท่ากับ 4.91 หรือเท่ากับ 13.8 dBi
- อัตราขยายมีค่าเท่ากับ 3.1

จากโครงสร้างสายอากาศในรูป 4.44 จะเห็นว่าพารามิเตอร์ของสายนำสัญญาณที่เกี่ยวข้องคือ ตำแหน่งการจ่ายกระแสกระตุ้น การทำมุมของสายนำสัญญาณ θ และอิมพีแดนซ์ลักษณะสมบัติของสายนำสัญญาณไมโครสตริป การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ทั้งสามส่งผลกระทบต่อลักษณะสมบัติของสายอากาศไมโครสตริปดังนี้

1. การเปลี่ยนตำแหน่งการจ่ายกระแสกระตุ้นส่งผลต่อทิศทางการหมุนของโพลาริเซชันของสายอากาศเท่านั้น กล่าวคือ เมื่อเปลี่ยนตำแหน่งการจ่ายกระแสจาก (0,0) เป็น (0,b=5.745) พบว่า แบบรูปการแผ่พลังงานและอิมพีแดนซ์ขาเข้าของสายอากาศ มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก เมื่อพิจารณาส่วนของความต่างเฟสระหว่างคลื่นสองโหมดที่ตั้งฉากกันคือ โหมด (1,0) และ โหมด (0,1) พบว่า ความต่างเฟสมีค่าเปลี่ยนจาก +90 องศา เป็น -90 องศา ทำให้ทิศการหมุนของโพลาริเซชันเปลี่ยนจากทิศตามเข็มนาฬิกาเป็นทิศทวนเข็มนาฬิกา ดังรูป 4.48



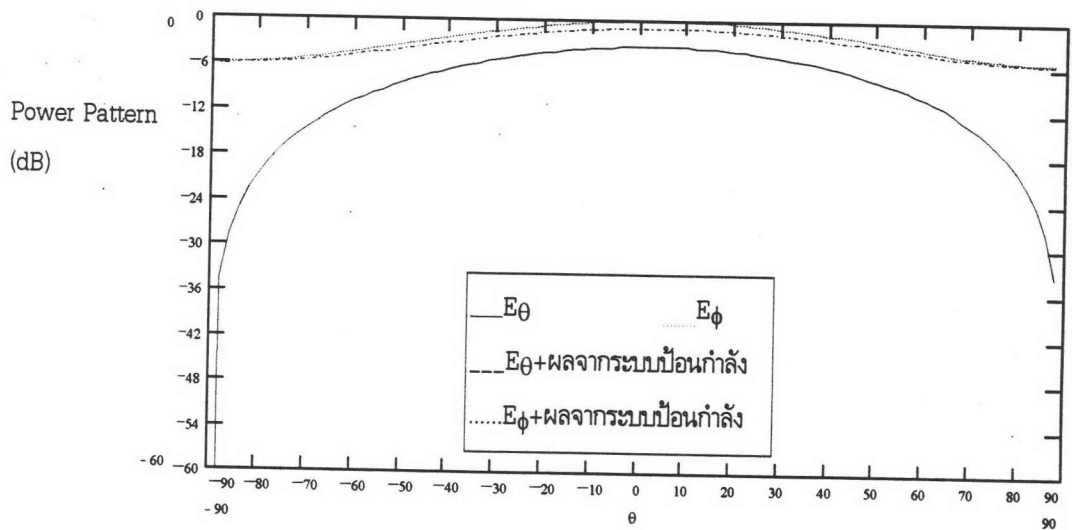
รูป 4.48 ความต่างเฟสเทียบกับความถี่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในระยะสนามไกลของสายอากาศ ขนาด 5.620x5.745 ซม.² เมื่อจ่ายกระแสกระตุ้นหนึ่งจุดที่ (0,0) และ (0,b) = (0,5.745)

ตาราง 4.4 อิมพีแดนซ์ขาเข้า แบนด์วิดท์ของอัตราส่วนตามแนวแกน อัตราส่วนตามแกนและความต่างเฟส ของคลื่นโพลาไรซ์ในแนวแกน y เทียบกับในแนวแกน x ของสายอากาศไมโครสตริปรูปสี่ เหลี่ยมใกล้เคียงจัตุรัสที่มีจุดจ่ายกระแสหนึ่งจุดที่ (0,5.745) และสายนำสัญญาณมีอิมพีแดนซ์ ลักษณะสมบัติ 50-300 โอห์มและทำมุมต่างๆ กับสายอากาศ

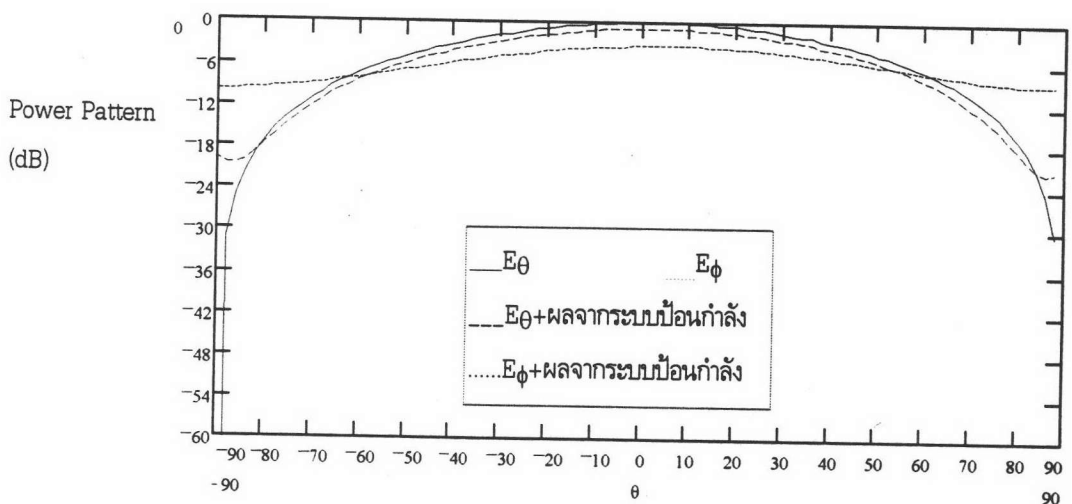
อิมพีแดนซ์ ลักษณะสมบัติ	อิมพีแดนซ์ขาเข้า	แบนด์วิดท์ของ อัตราส่วนตามแกน	ความต่างเฟส	อัตราส่วนตามแกน	ประสิทธิภาพ
200	198.52+j20.3	11 เมกกะเฮิร์ต	-90.22	1.094	62.8
200	198.55+j20.2	11 เมกกะเฮิร์ต	-90.22	1.096	62.8
200	198.58+j20.4	11 เมกกะเฮิร์ต	-90.22	1.099	62.8
200	198.60+j20.7	11 เมกกะเฮิร์ต	-90.22	1.1	62.8
200	198.60+j20.88	11 เมกกะเฮิร์ต	-90.22	1.103	62.8
50	192.78+j8.2	11 เมกกะเฮิร์ต	-90.22	1.09	62.8
100	197.13+j16.0	11 เมกกะเฮิร์ต	-90.22	1.09	62.8
150	198.16+j19.0	11 เมกกะเฮิร์ต	-90.22	1.09	62.8
250	198.7+j20.9	11 เมกกะเฮิร์ต	-90.22	1.09	62.8
300	198.8+j21.3	11 เมกกะเฮิร์ต	-90.22	1.09	62.8

2. การเปลี่ยนแปลงของมุมที่สายนำสัญญาณทำกับสายอากาศและค่าอิมพีแดนซ์ลักษณะสมบัติของสายนำสัญญาณ จะส่งผลต่อความกว้างของสายนำสัญญาณและกำลังงานสูญเสียในสายอากาศ มุมและความกว้างของสายนำสัญญาณทำให้รูปสามเหลี่ยมที่ใช้ในการทำดีเซกเมนต์เตชัน ดังได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 3 มีขนาดเปลี่ยนไปซึ่งจะทำให้ลักษณะสมบัติของสายอากาศเปลี่ยนไป ดังจะเห็นได้จากการเปลี่ยนแปลงของค่าอิมพีแดนซ์ขาเข้าที่ความถี่เรโซแนนซ์ และการผิดเพี้ยนของโพลาริเซชันในตารางที่ 4.4 และการเปลี่ยนแปลงของแบบรูปการแผ่พลังงานดังรูป 4.49 - 4.58

จากผลที่ได้ จะเห็นว่า การเปลี่ยนแปลงของมุมที่สายนำสัญญาณทำกับสายอากาศและค่าอิมพีแดนซ์ลักษณะสมบัติของสายนำสัญญาณจะส่งผลต่อลักษณะสมบัติของสายอากาศน้อยมาก

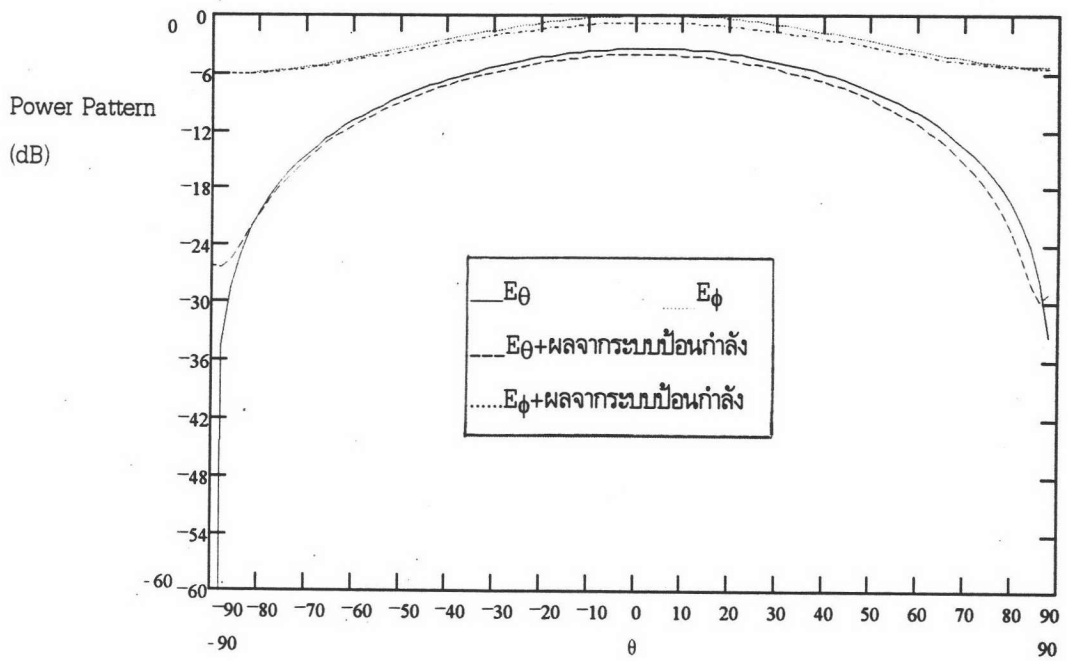


ก) ระนาบ 0 องศา

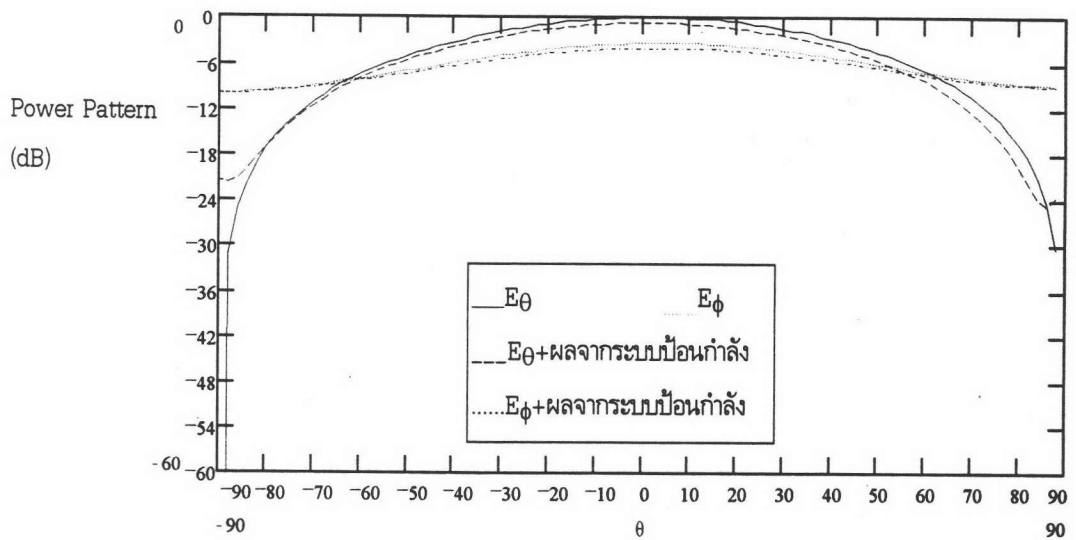


ข) ระนาบ 90 องศา

รูป 4.49 แบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศไมโครสตริปที่มีจุดจ่ายกระแสหนึ่งจุดด้วยสายนำสัญญาณไมโครสตริปอิมพีแดนซ์ลักษณะสมบัติ 200 โอห์มและทำมุม 0 องศาทำกับสายอากาศ

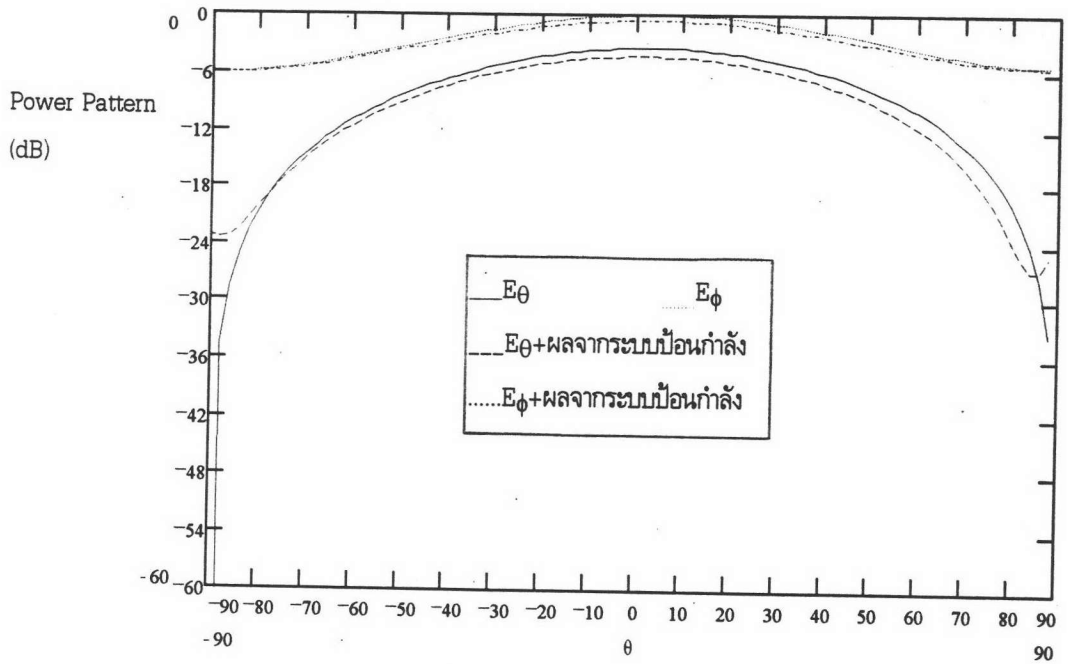


ก) ระนาบ 0 องศา

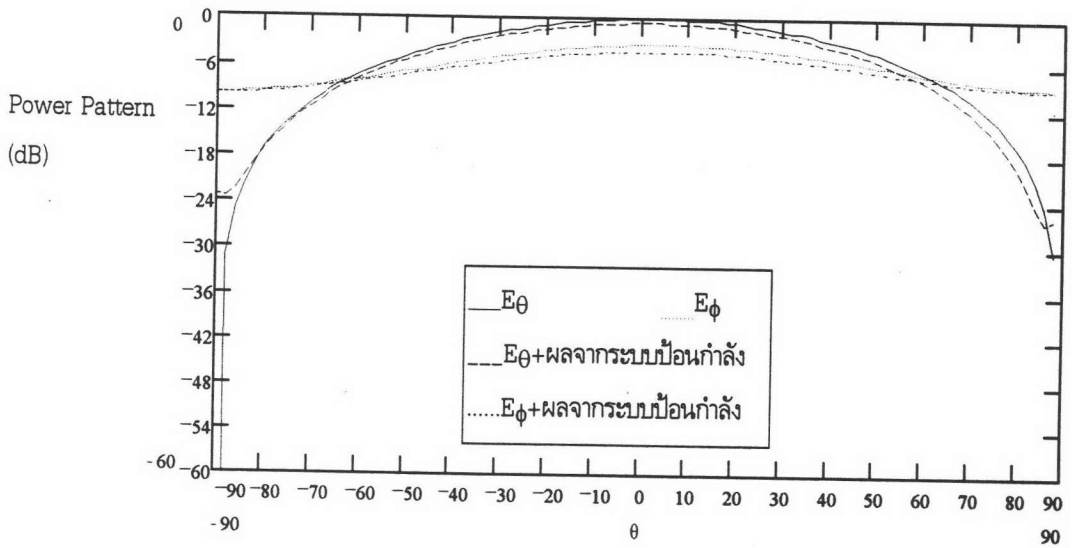


ข) ระนาบ 90 องศา

รูป 4.50 แบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศไมโครสตริปที่มีจุดจ่ายกระแสหนึ่งจุดด้วยสายนำสัญญาณไมโครสตริปอิมพีแดนซ์ลักษณะสมบัติ 200 โอห์มและทำมุม 30 องศา กับสายอากาศ

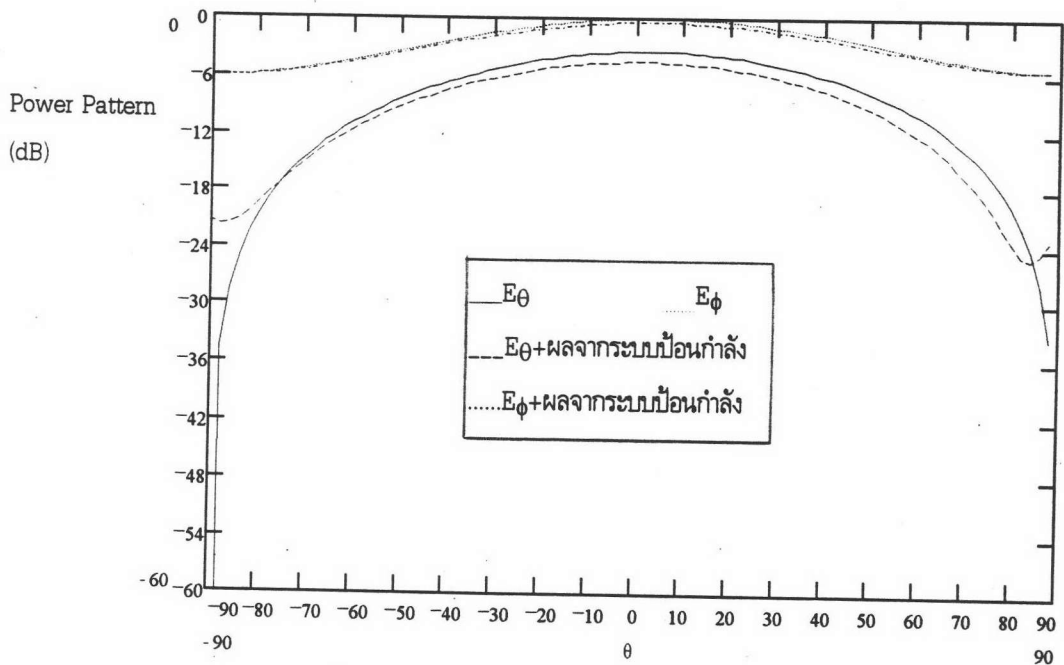


ก) ระนาบ 0 องศา

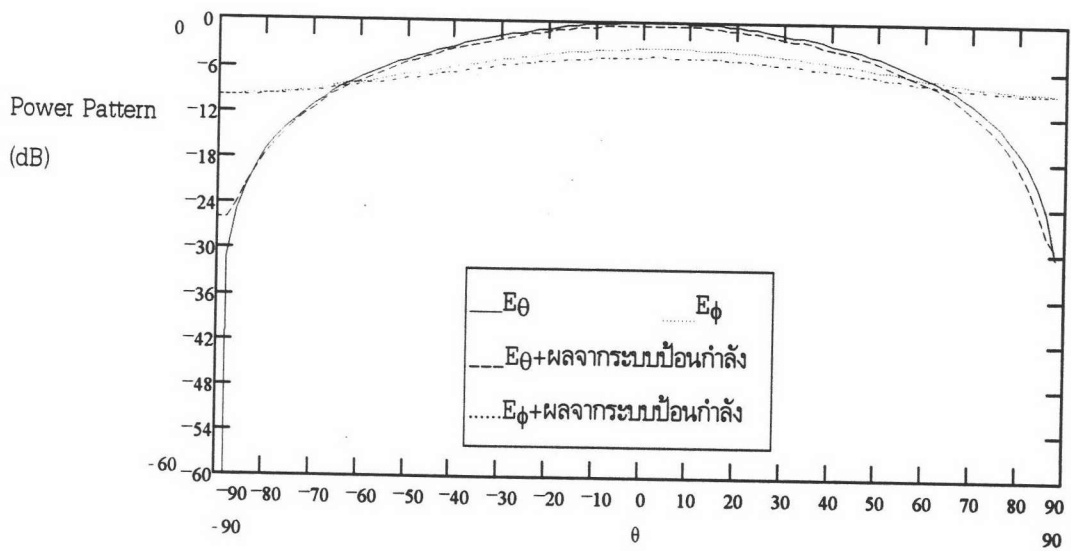


ข) ระนาบ 90 องศา

รูป 4.51 แบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศไมโครสตริปที่มีจุดจ่ายกระแสหนึ่งจุดด้วยสายนำสัญญาณไมโครสตริปอิมพีแดนซ์ลักษณะสมบัติ 200 โอห์มและทำมุม 45 องศา กับสายอากาศ

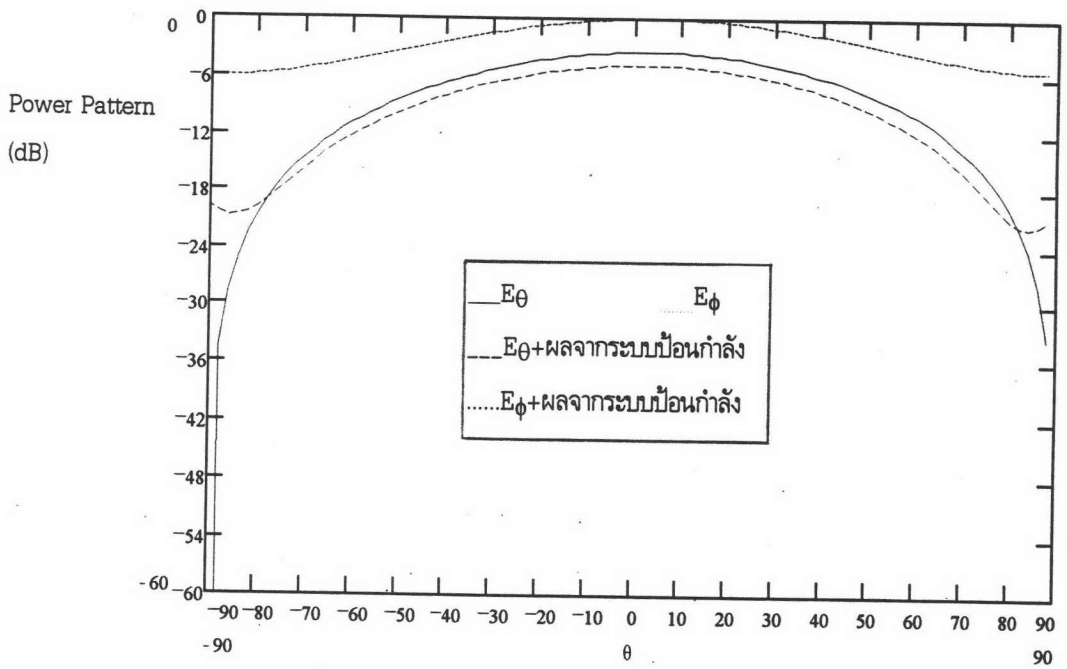


ก) ระนาบ 0 องศา

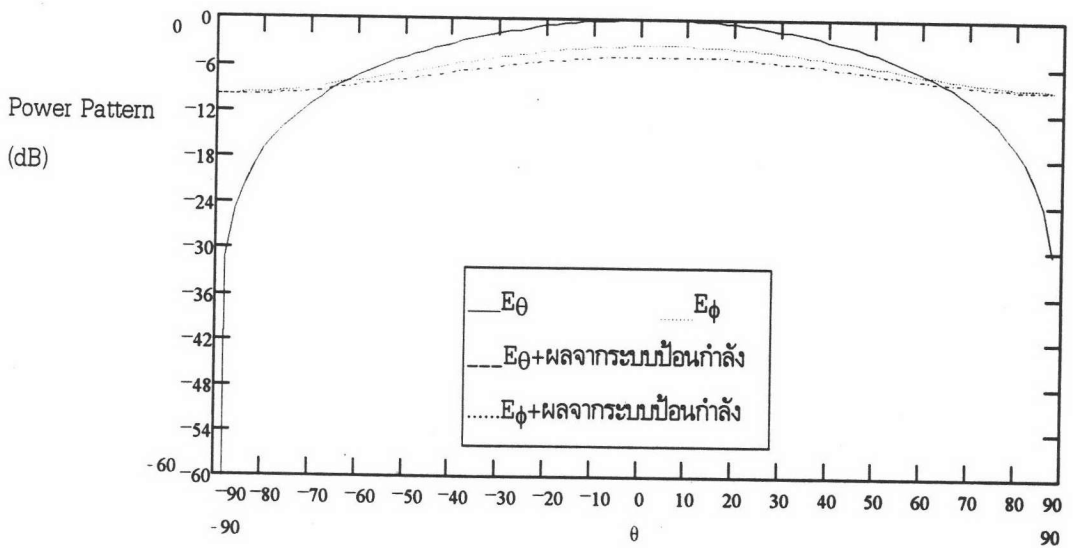


ข) ระนาบ 90 องศา

รูป 4.52 แบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศไมโครสตริปที่มีจุดจ่ายกระแสหนึ่งจุดด้วยสายนำสัญญาณไมโครสตริปอิมพีแดนซ์ลักษณะสมบัติ 200 โอห์มและท่ามุม 60 องศา กับสายอากาศ

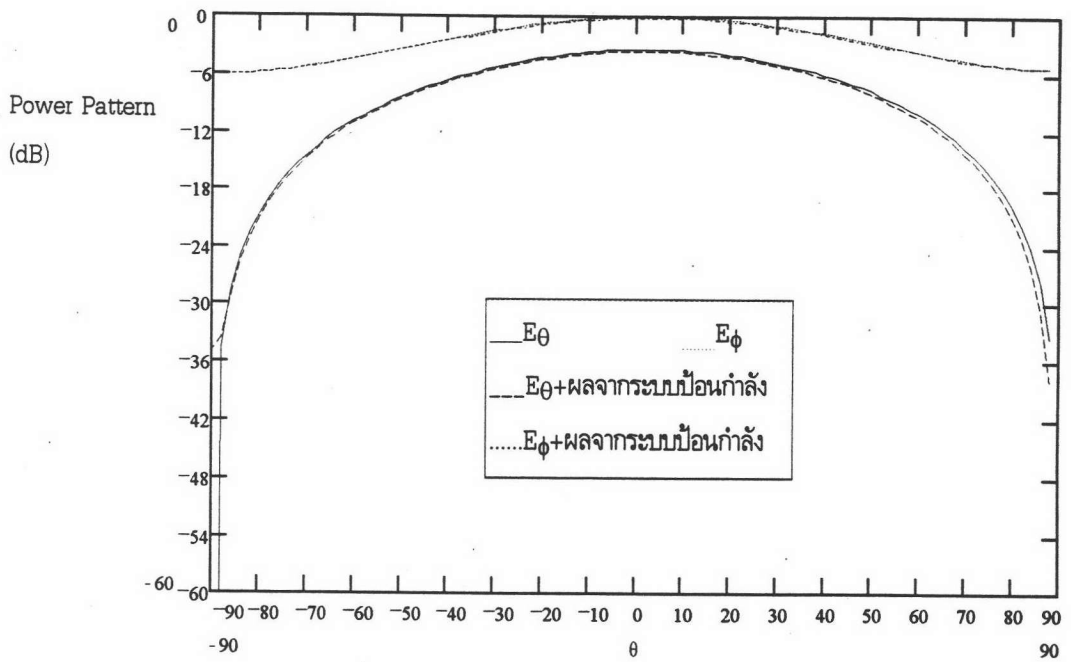


ก) ระนาบ 0 องศา

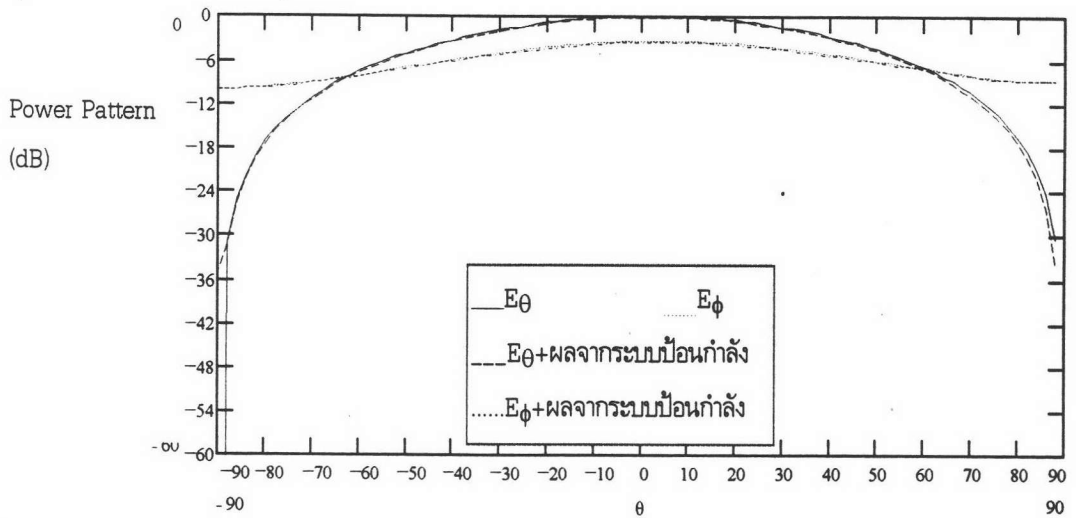


ข) ระนาบ 90 องศา

รูป 4.53 แบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศไมโครสตริปที่มีจุดจ่ายกระแสหนึ่งจุดด้วยสายนำสัญญาณไมโครสตริปอิมพีแดนซ์ลักษณะสมบัติ 200 โอห์มและทำมุม 90 องศา กับสายอากาศ

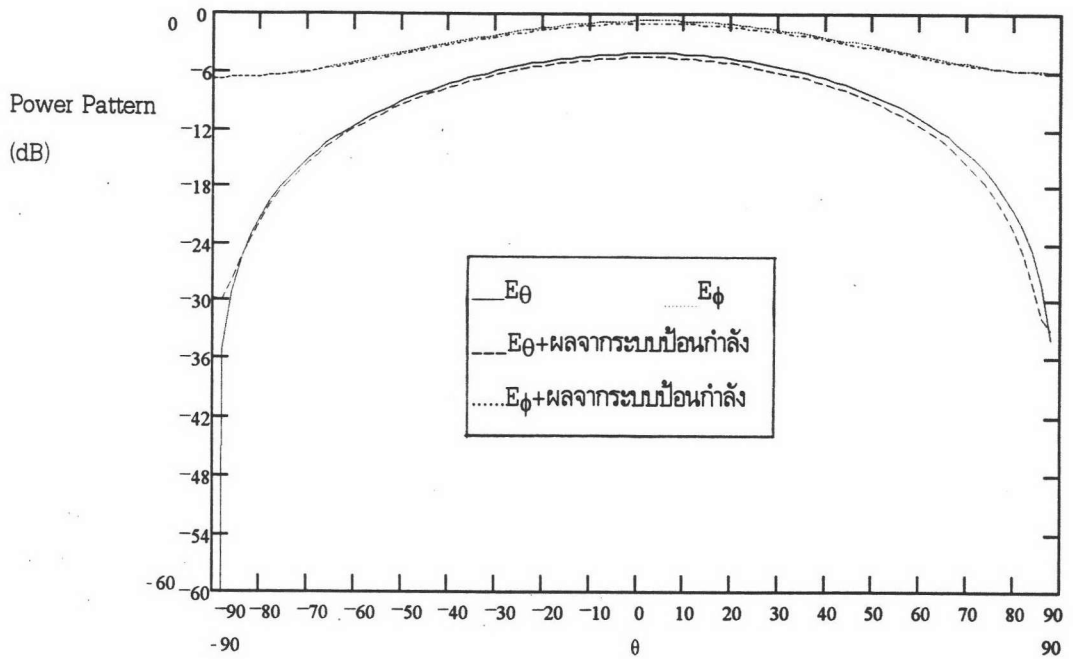


ก) ระนาบ 0 องศา

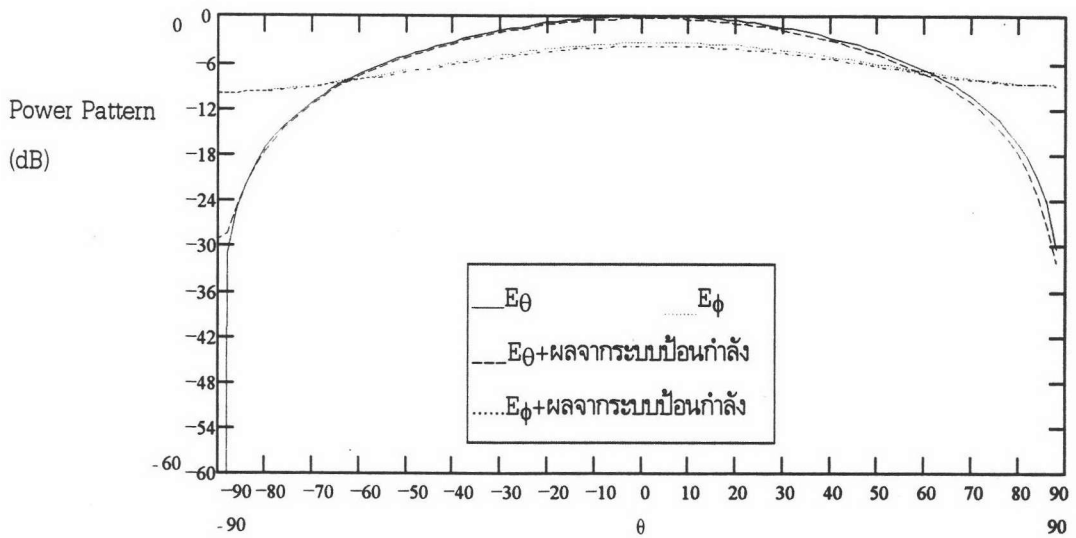


ข) ระนาบ 90 องศา

รูป 4.54 แบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศไมโครสตริปที่มีจุดจ่ายกระแสหนึ่งจุดด้วยสายนำสัญญาณไมโครสตริปอิมพีแดนซ์ลักษณะสมบัติ 50 โอห์มและทำมุม 45 องศา กับสายอากาศ

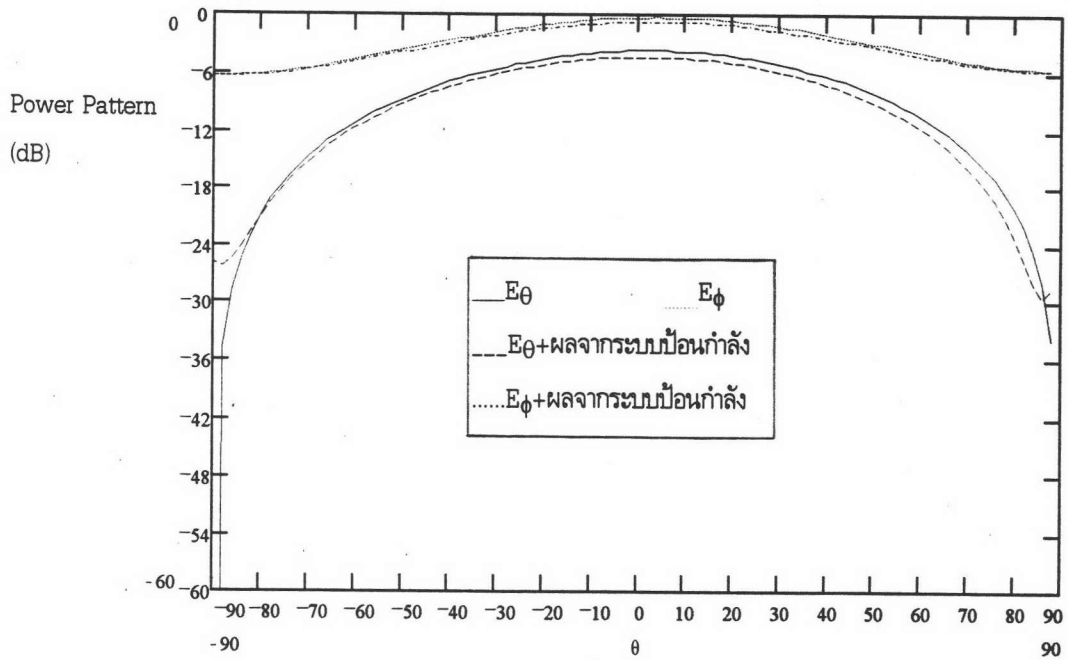


ก) ระนาบ 0 องศา

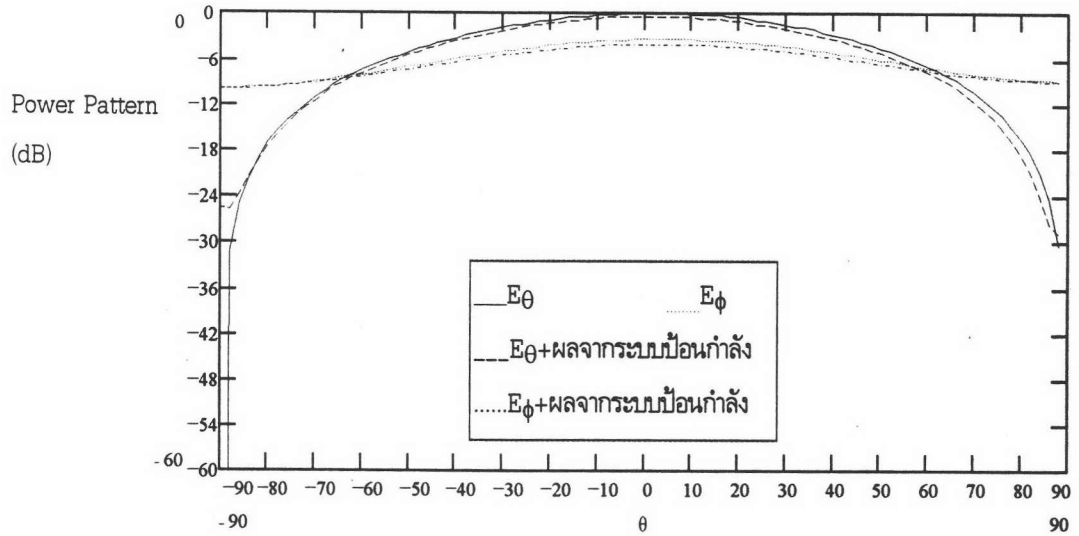


ข) ระนาบ 90 องศา

รูป 4.55 แบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศไมโครสตริปที่มีจุดจ่ายกระแสหนึ่งจุดด้วยสายนำสัญญาณไมโครสตริปอิมพีแดนซ์ลักษณะสมบัติ 100 โอห์มและทำมุม 45 องศา กับสายอากาศ

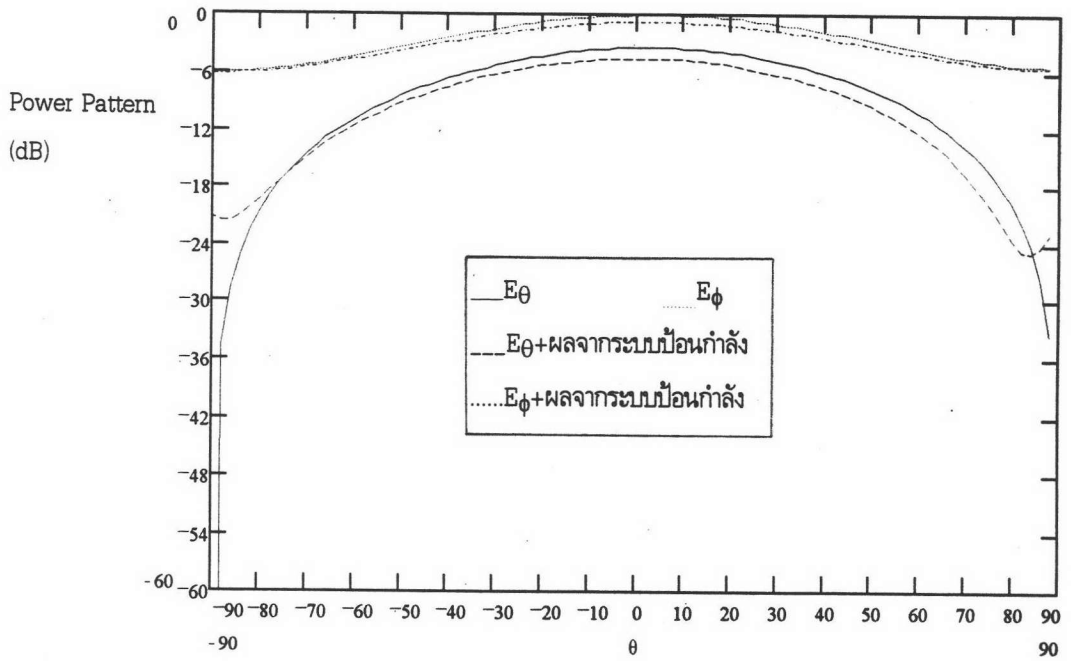


ก) ระนาบ 0 องศา

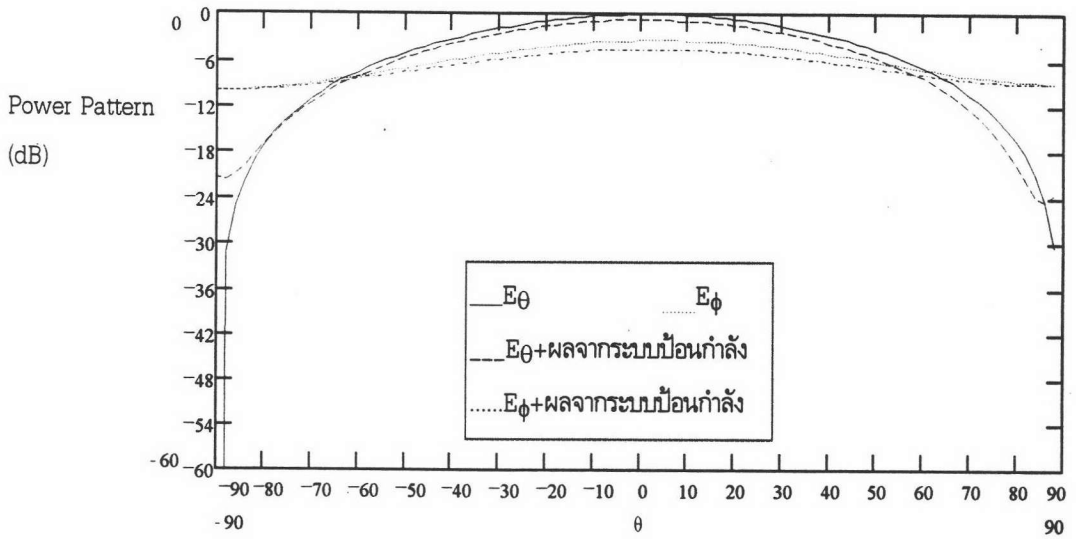


ข) ระนาบ 90 องศา

รูป 4.56 แบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศไม้โครสทริปที่มีจุดจ่ายกระแสหนึ่งจุดด้วยสายนำสัญญาณไม้โครสทริปอิมพีแดนซ์ลักษณะสมบัติ 150 โอห์มและทำมุม 45 องศา กับสายอากาศ

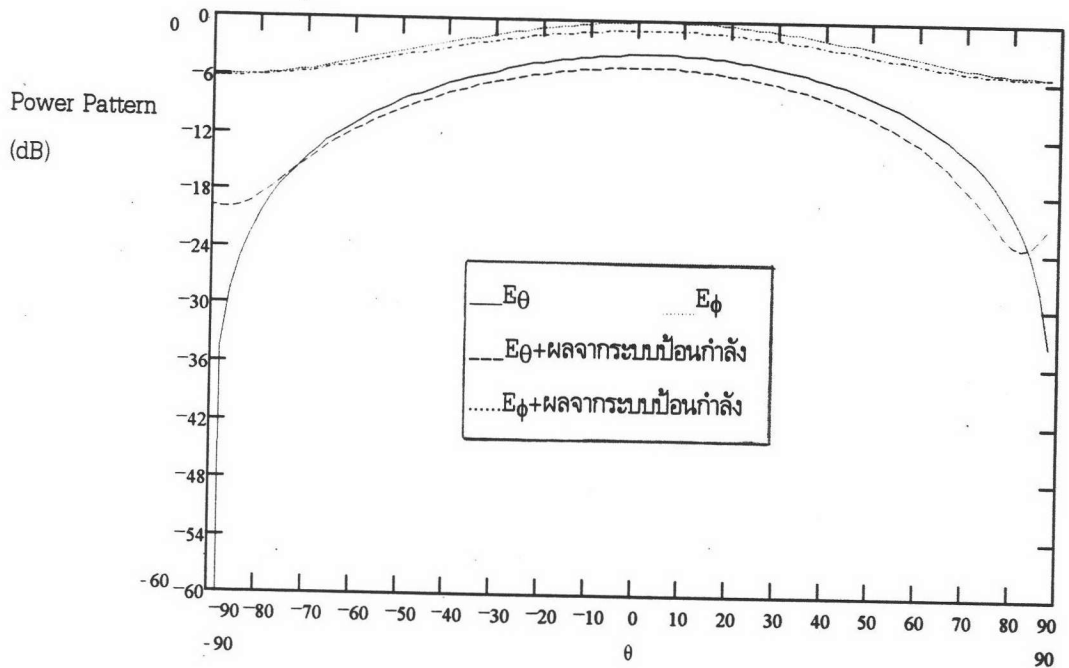


ก) ระนาบ 0 องศา

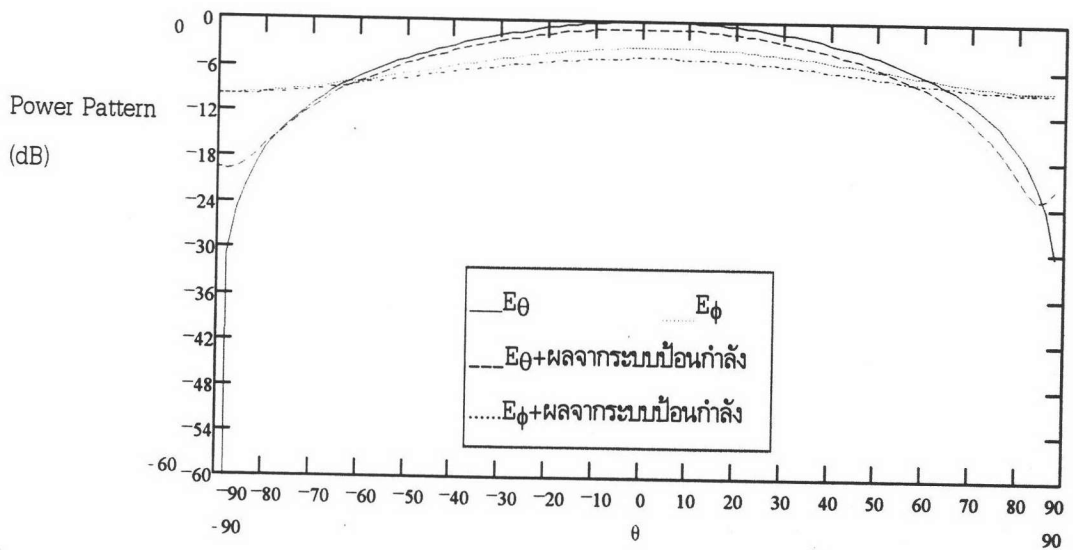


ข) ระนาบ 90 องศา

รูป 4.57 แบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศไมโครสตริบที่มีจุดจ่ายกระแสหนึ่งจุดด้วยสายนำสัญญาณไมโครสตริบอิมพีแดนซ์ลักษณะสมบัติ 250 โอห์มและทำมุม 45 องศา กับสายอากาศ



ก) ระนาบ 0 องศา



ข) ระนาบ 90 องศา

รูป 4.58 แบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศไมโครสตริปที่มีจุดจ่ายกระแสหนึ่งจุดด้วยสายนำสัญญาณไมโครสตริปอิมพีแดนซ์ลักษณะสมบัติ 300 โอห์มและทำมุม 45 องศา กับสายอากาศ

จากแบบรูปการแผ่พลังงานและค่าอิมพีแดนซ์ขาเข้าของสายอากาศไมโครสตริปที่ได้ จะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงของมุมที่สายนำสัญญาณทำกับสายอากาศส่งผลต่ออิมพีแดนซ์ขาเข้าและแบนด์วิดท์ของอัตราส่วนตามแกนน้อยมาก และแบบรูปการแผ่พลังงานจะถูกรบกวนที่มุมห่างออกไปมากเท่านั้น (± 85 องศา ขึ้นไป) และเมื่ออิมพีแดนซ์ของสายนำสัญญาณไมโครสตริปเปลี่ยนแปลงไป แบบรูปการแผ่พลังงานจะถูกรบกวนที่มุมไกลมากเช่นกันและค่าอิมพีแดนซ์ขาเข้าของสายอากาศมีการเปลี่ยนแปลงจากการใช้สายนำสัญญาณ 200 โอห์มประมาณ 0.5-1 เปอร์เซ็นต์ สำหรับวิธีการจ่ายกระแสกระตุ้นหนึ่งจุดนี้ไม่ได้รวมผลของจุดความไม่ต่อเนื่องในสายนำสัญญาณ เนื่องจากผลดังกล่าวถูกรวมอยู่ในวิธีการเซกเมนต์เตชัน/ดีเซกเมนต์เตชันแล้ว

จากการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของสายอากาศไมโครสตริปที่ได้ในบทนี้ ทำให้ทราบผลกระทบจากระบบบ่อนกำลัง และนำไปพิจารณาการจัดวางตัวที่เหมาะสมแต่ละแบบได้ โดยการสรุปผลและข้อเสนอแนะของวิทยานิพนธ์นี้จะกล่าวถึงในบทต่อไป