บทที่ 5

บทสรุป

จากการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของสายอากาศไมโครสตริปและผลกระทบเนื่องจากการวางตัวของสายนำสัญญาณไมโครสตริปต่อลักษณะสมบัติของสายอากาศในบทที่ผ่านมานั้นสามารถสรุปผลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองแบบโพรงและผลกระทบของสายนำสัญญาณไมโครสตริปต่อลักษณะสมบัติของสายอากาศที่มีโพลาไรเซชันแบบวงกลมดังต่อไปนี้

<u>สายอากาศไมโครสตริปรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่มีโพลาไรเซชันแบบวงกลมและจ่ายกระแสกระตุ้นสองจุด</u>

ผลกระทบของระบบป้อนกำลังแบบสายนำสัญญาณไมโครสตริปต่อสายอากาศแบบนี้ เกิดขึ้นจากปัจจัย 3 ประการดังต่อไปนี้คือ

1. <u>ตำแหน่งการจ่ายกระแสให้แก่สายอากาศหรือขั้วเข้าของแผ่นสายอากาศ</u> ตำแหน่งของขั้วเข้านี้เป็นตัวกำหนดระดับพลังงานของโหมดที่ตั้งฉากกับโหมดเด่นซึ่งสามารถแผ่พลังงานออกมาเช่นเดียวกับโหมดเด่นจึงทำให้โพลาไรเซชันของสายอากาศถูกรบกวนและค่าอิมพีแดนซ์ขาเข้าของสายอากาศเปลี่ยนไป การที่อิมพีแดนซ์ขาเข้าของสายอากาศสามารถปรับค่าได้ตามขั้วเข้าถือเป็นข้อดีในการแมตช์อิมพีแดนซ์ของสายอากาศ แต่การปรับตำแหน่งขั้วเข้าของสายอากาศออกจากบริเวณกึ่งกลางด้านของแผ่นสายอากาศจะทำให้ระดับของโหมดที่ตั้งฉากกับโหมดเด่นจากแต่ละด้านของแผ่นสายอากาศมีค่าสูงขึ้น โหมดที่ตั้งฉากกับโหมดเด่นนี้จะทำให้เกิดการผิดเพี้ยนของโพลาไรเซชันแบบวงกลมดังรูป 4.20 - 4.22 เนื่องจากอัตราส่วนตามแนวแกนและความต่างเฟสระหว่างโหมดเด่น 2 โหมดที่ตั้งฉากกันมีค่าเปลี่ยนแปลงไป จากการวิเคราะห์ผลกระทบของตำแหน่งขั้วเข้าต่อลักษณะสมบัติของสายอากาศจะเห็นได้ว่า ขั้วเข้าที่เหมาะสมบนแต่ละด้านของแผ่นสายอากาศคือจุดที่ให้โหมดเด่นของด้านนั้นๆ เพียงโหมดเดียว และทำให้ขนาดของโหมดเด่นแต่ละด้านมีค่าเท่ากันซึ่งจุดดังกล่าวคือจุดที่อยู่บริเวณจุดกึ่งกลางของด้านที่มีการแผ่พลังงานหรืออยู่ในช่วง 0.45 - 0.55 เท่าของความยาวด้าน

2. <u>ความยาวของสายนำสัญญาณไมโครสตริป</u> ทิศการหมุนของโพลาไรเซชัน กำลังงานสูญเสียในไดอิเล็กตริก กำลังงานสูญเสียในโลหะ และตำแหน่งการเกิดจุดความไม่ต่อเนื่องในระบบสายอากาศจะถูกกำหนดโดยความยาวของสายนำสัญญาณไมโครสตริป

โพลาไรเซชันของสายอากาศที่มีการจ่ายกระแสกระตุ้นสองจุดบนจุดกึ่งกลางของแต่ละด้านจะถูกกำหนดโดยขนาดและเฟสของกระแสกระตุ้นแต่ละเส้น พิจารณาสายอากาศในรูป 4.15 ถ้าไม่มีการสูญเสียในสายนำสัญญาณ กระแสที่ขั้วเข้าทั้งสองจะมีขนาดเท่ากันแต่เฟสของกระแสที่ขั้วเข้าของสายอากาศจะมีค่าต่างกันเนื่องจากระยะทางที่คลื่นเดินทางมาถึงแตกต่างกัน ถ้าสายนำสัญญาณเส้นที่หนึ่งสั้นกว่าเส้นที่สองอยู่หนึ่งในสี่ของความยาวคลื่นในไดอิเล็กตริก เฟสของกระแสกระตุ้นเส้นที่สองจะนำเส้นที่หนึ่งอยู่ 90 องศา ทำให้ได้คลื่นโพลาไรซ์แบบวงกลมที่มีการหมุนในทิศมือขวา และในทางกลับกันถ้าสายนำสัญญาณเส้นที่หนึ่งยาวกว่าเส้นที่สองอยู่หนึ่งในสี่ของความยาวคลื่นในไดอิเล็กตริก เฟสของกระแสกระตุ้นเส้นที่สองจะตามเส้นที่หนึ่งอยู่ 90 องศาทำให้ได้คลื่นโพลาไรซ์แบบวงกลมที่มีการหมุนในทิศมือซ้าย ดังรูป 4.20

เมื่อรวมผลกระทบจากการสูญเสียในสายนำสัญญาณไมโครสตริป พบว่า การสูญเสียในสายนำสัญญาณไมโครสตริปทำให้ประสิทธิภาพรวมของสายอากาศลดลงและทำให้เกิดการผิดเพี้ยนทางขนาดและเฟสของกระแสกระตุ้น ซึ่งส่งผลให้เกิดการผิดเพี้ยนของโพลาไรเซชันในระบบแต่ผลที่เกิดขึ้นในส่วนนี้มีค่าน้อยมาก การเปลี่ยนแปลงความยาวสายนำสัญญาณไมโครสตริปจะส่งผลกระทบต่อแบบรูปการแผ่พลังงานเป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากความยาวสายนำสัญญาณที่ต่างกันทำให้แหล่งกระแสแม่เหล็กเสมือนที่เกิดขึ้นจากความไม่ต่อเนื่องมีขนาด เฟสและตำแหน่งเปลี่ยนไป แหล่งกระแสแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจะทำให้เกิดการแผ่พลังงานปลอมเทียมรบกวนแบบรูปการแผ่พลังงานและโพลาไรเซชันของระบบ จากรูป 4.24 ถึงรูป 4.38 จะเห็นว่า แบบรูปการแผ่พลังงานจากสายนำสัญญาณไมโครสตริปเป็นรูปบรอดไซด์ที่มีค่าอยู่ระหว่าง -12 ถึง -36 dB ขึ้นกับความยาวของสายนำสัญญาณไมโครสตริปซึ่งทำให้แบบรูปการแผ่พลังงานรวมมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากที่พูคลื่นหลัก แต่จะทำให้เกิดพูข้างขนาด -12 ถึง -36 dB ขึ้นที่มุมห่างออกไปมาก เมื่อรวมผลกระทบที่เกิดขึ้นจากปรากฏการณ์เชื่อมต่อร่วมระหว่างสายนำสัญญาณกับสายอากาศไมโครตริปด้วยพบว่าระดับการแผ่พลังงานจากปรากฏการณ์ดังกล่าวเป็นตัวการสำคัญที่สุดที่รบกวนแบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศและมีค่าขึ้นอยู่กับระยะห่างจากสายอากาศถึงจุดความไม่ต่อเนื่อง

จากโครงสร้างของสายอากาศในรูป 4.15 ตำแหน่งของขั้วเข้าอยู่ที่จุดกึ่งกลางด้านทั้งสองของแผ่นสายอากาศ ความยาวของสายนำสัญญาณเส้นที่หนึ่งและเส้นที่สองมีความสัมพันธ์ตามสมการ 4.1 เพื่อให้ได้โพลาไรเซชันแบบวงกลมที่มีการหมุนในทิศมือขวา จากโครงสร้างข้างต้นพบว่า ความยาวของสายนำสัญญาณไมโครสตริปช่วง $L1_4$ เป็นความยาวที่กำหนดความยาวส่วนอื่นๆ ทั้งระบบ นอกจากนี้ยังพบว่า ในกรณีที่ค่า $L1_4$ มีค่าน้อยกว่า 0.1 เท่าของความยาวคลื่น ผลกระทบที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่เป็นผลมาจากปรากฏการณ์เชื่อมต่อร่วมและจะส่งผลรบกวนต่อพูคลื่นหลักของสายอากาศ แต่เมื่อ $L1_4$ มีค่ามากกว่า 0.2 เท่าของความยาวคลื่น ผลกระทบที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่เป็นผลมาจากการสูญเสียในระบบป้อนกำลังและจะส่งผลรบกวนต่อพูข้างของสายอากาศ ดังนั้นความยาว $L1_4$ ที่ทำให้การรบกวนจากระบบป้อนกำลังแบบสายนำสัญญาณไมโครสตริปมีค่าน้อยที่สุดควรมีค่าอยู่ระหว่าง 0.1 - 0.2 เท่าของความยาวคลื่นในไดอิเล็กตริกที่ความถี่เรโซแนนซ์ และความยาว $L1_4$ มีค่าเท่ากับความยาว $L2_4$

3. อิมพีแดนซ์ลักษณะสมบัติของสายนำสัญญาณไมโครสตริป โดยปกติการเลือกใช้อิมพีแดนซ์ลักษณะสมบัติในระบบสายอากาศจะเลือกให้มีค่าเท่ากับอิมพีแดนซ์ขาเข้าของสายอากาศ ซึ่งอิมพีแดนซ์ขาเข้าของสายอากาศที่ศึกษานี้อยู่ในช่วง 200 โอห์ม แต่จากการศึกษาการแผ่พลังงานและการสูญเสียในสายนำสัญญาณไมโครสตริปพบว่า การสูญเสียรวมจะมีค่าสูงขึ้นเมื่ออิมพีแดนซ์ลักษณะสมบัติของสายอากาศมีค่ามากขึ้นซึ่งการสูญเสียที่เกิดขึ้นนี้จะทำให้กระแสกระตุ้นของสายอากาศมีการผิดเพี้ยนไปและขนาดของกระแสแม่เหล็กเสมือนที่จุดความไม่ต่อเนื่องมีค่าเปลี่ยนไป เมื่อพิจารณาการผิดเพี้ยนของกระแสกระตุ้นที่เกิดจากสายนำสัญญาณที่มีค่าอิมพีแดนซ์ลักษณะสมบัติแตกต่างกันในตาราง 4.3 จะเห็นว่า การผิดเพี้ยนของขนาดและเฟสกระแสกระตุ้นจะมีค่าสูงขึ้นเมื่ออิมพีแดนซ์ลักษณะสมบัติมีค่าต่างจากอิมพีแดนซ์ขาเข้าของสายอากาศมากขึ้นทั้งนี้เป็นผลที่เกิดจากคลื่นสะท้อนภายในสายนำสัญญาณเมื่ออิมพีแดนซ์ลักษณะสมบัติของสายนำสัญญาณไม่แมตช์กับอิมพีแดนซ์ขาเข้าของสายอากาศ

จากรูป 4.39-4.43 จะเห็นว่า หากความยาวของสายนำสัญญาณไมโครสตริปมีค่าที่เหมาะสมแล้วแบบรูปการแผ่พลังงานจากระบบป้อนกำลังและปรากฏการณ์เชื่อมต่อร่วมจะส่งผลรบกวนแบบรูปการแผ่พลังงานของระบบน้อยมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อสายนำสัญญาณที่ใช้มีค่าอิมพีแดนซ์ลักษณะสมบัติใกล้เคียงกับอิมพีแดนซ์ขาเข้าของสายอากาศ การรบกวนแบบรูปการแผ่พลังงานและการผิดเพี้ยนของโพลาไรเซชันจะยิ่งมีค่าต่ำลง

สายอากาศไมโครสตริปรูปสี่เหลี่ยมใกล้เคียงจัตุรัสที่มีโพลาไรเซชันแบบวงกลมและจ่ายกระแสกระตุ้นหนึ่งจุด

ผลกระทบของระบบป้อนกำลังแบบสายนำสัญญาณไมโครสตริปต่อสายอากาศแบบนี้ เกิดขึ้นจากปัจจัย 3 ประการดังต่อไปนี้คือ

1. ตำแหน่งการจ่ายกระแสกระตุ้น การจ่ายกระแสกระตุ้นในระบบสายอากาศแบบนี้จะกระทำที่มุมใดมุมหนึ่งของรูปสี่เหลี่ยมเพื่อให้ได้คลื่นโพลาไรซ์แบบวงกลมโดยการกระตุ้นให้เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าสองโหมดที่ตั้งฉากกันและมีขนาดใกล้เคียงกันแต่เฟสต่างกันประมาณ 90 องศา โดยผลกระทบจากตำแหน่งการจ่ายกระแสที่มุมต่างกันจะทำให้ทิศการหมุนโพลาไรเซชันต่างกัน ดังรูป 4.48

2. มุมที่สายน~

3. ความกว้างของสายนำสัญญาณไมโครสตริป

มุมที่สายนำสัญญาณไมโครสตริปทำต่อสายอากาศและความกว้างของสายนำสัญญาณไมโครสตริปซึ่งขึ้นอยู่กับอิมพีแดนซ์ลักษณะสมบัติของสายนำสัญญาณ จะส่งผลต่อวิธีทำดีเซกเมนต์เตชันสายอากาศเนื่องจากจะทำให้เกิดรูปสามเหลี่ยมในการทำดีเซกเมนต์เตชันต่างกัน แต่จากการวิเคราะห์ที่ได้ พบว่า ผลกระทบดังกล่าวต่อลักษณะสมบัติของสายอากาศมีค่าน้อยมาก

สรุป

จากการศึกษาผลกระทบเนื่องจากการจัดวางตัวของสายนำสัญญาณไมโครสตริป 2 แบบต่อลักษณะสมบัติของสายอากาศไมโครสตริปรูปสี่เหลี่ยมที่ให้คลื่นโพลาไรซ์แบบวงกลมคือการจ่ายกระแสกระตุ้นสองจุดให้แก่สายอากาศรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสและการจ่ายกระแสกระตุ้นจุดเดียวให้แก่แผ่นสายอากาศรูปสี่เหลี่ยมใกล้เคียงจัตุรัส พบว่าระบบสายอากาศที่มีการจ่ายกระแสกระตุ้นจุดเดียวได้รับผลกระทบจากการวางตัวแนวต่างๆ ของสายนำสัญญาณไมโครสตริปน้อยมาก ส่วนในระบบสายอากาศที่ใช้การจ่ายกระแสกระตุ้นสองจุด การจัดวางตัวของสายนำสัญญาณไมโครสตริปไม่ว่าจะเป็นตำแหน่งขั้วเข้า ความยาวของสายนำสัญญาณไมโครสตริป รวมถึงค่าอิมพีแดนซ์ลักษณะสมบัติของสายอากาศล้วนส่งผลกระทบต่อลักษณะสมบัติของสายอากาศโดยเฉพาะโพลาไรเซชันของสายอากาศ ผลการวิเคราะห์ที่ได้พบว่าการวางตัวของระบบป้อนกำลังแบบสายนำสัญญาณไมโครสตริปที่ทำให้เกิดการรบกวนระบบน้อยที่สุดคือการจ่ายกระแสขั้วเข้าที่บริเวณ 0.45-0.55 เท่าของความยาวด้านแต่ละด้านของแผ่นสายอากาศและมีความยาวสายนำสัญญาณช่วงที่ต่อกับแผ่นสายอากาศ $L1_4 = L2_4$ ในรูป 4.15 เท่ากับ 0.1-0.2 เท่าของความยาวคลื่นในไดอิเล็กตริก

ข้อเสนอแนะ

ในการพิจารณาการจัดวางตัวของระบบป้อนกำลังแบบสายนำสัญญาณไมโครสตริปสำหรับสายอากาศไมโครสตริปนั้นจะต้องคำนึงถึงผลกระทบของระบบป้อนกำลัง ลักษณะสมบัติของสายอากาศที่ได้ และโทเลแรนซ์ (Tolerance) ที่ส่งผลต่อความยากง่ายในการผลิตและเป็นส่วนที่ควรศึกษาต่อไป

สำหรับผลกระทบที่ศึกษาในวิทยานิพนธ์นี้เป็นผลที่เกิดขึ้นต่อสายอากาศไมโครสตริปที่เป็นตัวแผ่พลังงานเดี่ยว ดังนั้นเพื่อการนำไปใช้งานต่อไปจึงควรขยายผลการศึกษาออกไปเป็นสายอากาศแถวลำดับ ซึ่งในการใช้งานเป็นสายอากาศแถวลำดับนั้น นอกจากผลของระบบป้อนกำลังแล้วยังมีผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการจัดวางตัวของแผ่นสายอากาศแต่ละตัวในระบบอีกด้วย

นอกจากนี้ในส่วนของวิธีการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองแบบโพรง สามารถนำไปพัฒนาเป็นโปรแกรมช่วยในการออกแบบสายอากาศไมโครสตริปชนิดตัวแผ่พลังงานเดี่ยวและชนิดแถวลำดับในย่านความถี่แอ็ลได้