บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เสนอการวิเคราะห์ท่อนำคลื่นไบแอนไอโซทรอปิกด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์อีลีเมนต์ที่ใช้ส่วนประกอบของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าตามขวางและใช้ฟังก์ชันรูปร่างอีลีเมนต์ขอบ วิธีการไฟไนต์อีลีเมนต์ที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์นี้สามารถใช้หาค่าคงตัวเฟสได้โดยตรงและไม่เกิดผลเฉลยปลอมเทียม ผลการเปรียบเทียบความแม่นตรงระหว่างการใช้ฟังก์ชันรูปร่างแบบอีลีเมนต์ขอบแบบเวกเตอร์พบว่าการใช้การใช้ฟังก์ชันรูปร่างแบบอีลีเมนต์ขอบแบบเวกเตอร์สามารถประหยัดเวลาในการคำนวณและให้ความแม่นตรงที่ดีกว่าเมื่อมีการใช้ตัวแปรที่เท่ากัน เมื่อเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีการไฟไนต์อีลีเมนต์ที่ใช้ฟังก์ชันรูปร่างอีลีเมนต์ขอบแบบเวกเตอร์กับวิธีไฟไนต์อีลีเมนต์ที่เคยมีผู้นำเสนอไว้ ดังตัวอย่างการวิเคราะห์ดิสเพอร์ชันท่อนำคลื่นที่บรรจุด้วยตัวกลางไครัลซึ่งผลการวิเคราะห์ได้เปรียบเทียบกับการคำนวณไฟไนต์อีลีเมนต์ที่ใช้ส่วนประกอบสนามไฟฟ้าหรือสนามแม่เหล็ก 3 ส่วนประกอบของ Luis Valor [10] และการใช้ฟังก์ชันรูปร่างเวกเตอร์เชิงเส้นที่นำเสนอโดย Angkeaw [15] ปรากฏว่าการคำนวณด้วยฟังก์ชันรูปร่างแบบขอบมีความสอดคล้องกับวิธีการของ Luis Valor [10] ส่วนการคำนวณด้วยฟังก์ชันรูปร่างเวกเตอร์เชิงเส้นยังมีความผิดพลาดในโมดสูงซึ่งสามารถแก้ไขได้โดยการเพิ่มจำนวนตัวแปรไม่ทราบค่าดังผลการคำนวณเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเปรียบเทียบกับจำนวนตัวแปรไม่ทราบค่าดังรูปที่ 3.10 นอกจากนี้ได้แสดงการเปรียบเทียบในกรณีท่อนำคลื่นที่บรรจุด้วยตัวกลางไดอิเล็กทริกได้แสดงผลการเปรียบเทียบกับวิธีของ Xu [20] ซึ่งผลการคำนวณที่ได้ก็จะมีความสอดคล้องกัน

ท่อนำคลื่นที่บรรจุด้วยตัวกลางไครัลโดยตัวกลางนี้จัดเป็นตัวกลางชนิดพิเศษที่มีพารามิเตอร์ความสัมพันธ์ปรุงแต่งของตัวกลางไบแอนไอโซทรอปิกเป็นค่าสเกลาร์และเมื่อศึกษาผลกระทบของค่าไครัลภายในท่อนำคลื่นปรากฏว่าการเพิ่มค่าไครัลลิตีในตัวกลางท่อนำคลื่นจะส่งผลให้คลื่นตัวกลางที่มีไครัลลิตีสูงมีความสามารถในการส่งพลังงานไปได้ก่อนตัวกลางที่มีค่าไครัลลิตีที่มีค่าต่ำกว่าข้อสรุปนี้แสดงดังรูป 4.2 และหากเปรียบเทียบกับกรณีท่อนำคลื่นกลวงก็จะพบว่าการบรรจุตัวกลางไครัลในท่อนำคลื่นจะเกิดโมดคัตออฟที่ความถี่ต่ำกว่าท่อนำคลื่นกลวง

เมื่อวิเคราะห์ท่อนำคลื่นที่บรรจุด้วยตัวกลางเฟอร์ไรต์ไครัลโดยจะมีโมดพื้นฐานเกิดขึ้น 2 โมดคือ HE_{11} และ HE_{-11} เมื่อค่าไครัลลิตีมีค่าน้อยมากจนเข้าใกล้ศูนย์และ μ_a มีค่าน้อยมากเช่นกัน โมดที่เกิดขึ้นขึ้นภายในท่อนำคลื่นซึ่งมีเฉพาะไฮบริดโมดนั้นแปรเปลี่ยนเป็นโมดสนามแม่เหล็กดัง รูป 4.12

ข้อสรุปประการสุดท้ายก็คือว่าลักษณะการแพร่กระจายสนามแม่เหล็กไฟฟ้าภายในท่อนำคลื่นที่บรรจุด้วยตัวกลางไบแอนไอโซทรอปิกจะเป็นฟังก์ชันของความสัมพันธ์ปรุงแต่งและลักษณะโครงสร้างของท่อนำคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

ข้อเสนอแนะ

จากงานวิจัยนี้วิเคราะห์ท่อนำคลื่นที่บรรจุด้วยตัวกลางไบแอนไอโซทรอปิกที่เทนเซอร์ความสัมพันธ์ปรุงแต่งที่มีความสมมาตรและมีคุณลักษณะที่ไม่มีการสูญเสีย อย่างไรก็ตามการขยายผลการวิเคราะห์โมดเจาะจงในท่อนำคลื่นที่บรรจุด้วยตัวกลางไบแอนไอโซทรอปิกพิจารณาการสูญเสียและมีเทนเซอร์ขององค์ประกอบความสัมพันธ์ปรุงที่มีความไม่สมมาตรในตัวกลางไบ-แอนไอโซทรอปิกและนอกจากนี้ปรับปรุงฟังก์ชันรูปร่างในวิธีไฟไนต์อีลีเมนต์ให้เหมาะสมและมีประสิทธิภาพในการนำไปประยุกต์กับปัญหาท่อนำคลื่นที่มีตัวกลางไบแอนไอโซทรอปิกอื่นๆ ได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย