พระบรมราชูปถัมภ์ สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

วิธีไฟไนต์อีลีเมนต์สำหรับปัญหาท่อนำคลื่นที่มีอยู่ในปัจจุบันนี้ สามารถแบ่งออกเป็นประเภทได้ตามจำนวนของส่วนประกอบของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่ใช้ในการคำนวณ คือ 2 , 3 และ 4 ส่วนประกอบ ตามลำดับ ในวิธีที่ใช้ส่วนประกอบของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า 3 และ 4 ส่วนประกอบเป็นตัวแปรนั้น ได้มีผู้เสนอไว้แล้วหลายวิธี[6]-[11] และประสบผลสำเร็จในการนำไปใช้วิเคราะห์ท่อนำคลื่น สำหรับวิธีที่ใช้ส่วนประกอบของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า 2 ส่วนประกอบนั้น ได้มีผู้เสนอไว้เพียงวิธีเดียวคือ วิธีที่เสนอโดย W.C. Chew และ M.A. Nasir [5] ซึ่งวิธีที่เสนอโดย W.C. Chew และ M.A. Nasir [5] นี้มีข้อดีคือ ใช้จำนวนตัวแปรในการคำนวณน้อยกว่าในวิธีที่ใช้ส่วนประกอบของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า 3 หรือ 4 ส่วนประกอบเป็นตัวแปร และ ไม่มี spurious mode แต่วิธีที่เสนอโดย W.C. Chew และ M.A. Nasir [5] นี้ก็มีข้อบกพร่องบางประการ

งานวิจัยนี้ได้เสนอการใช้ฟังก์ชันรูปร่างแบบเวกเตอร์ในวิธีไฟไนต์อีลีเมนต์สำหรับปัญหาท่อนำคลื่นที่ใช้สนามแม่เหล็กไฟฟ้าในแนวขวาง 2 ส่วนประกอบเป็นตัวแปร ที่เสนอโดย W.C. Chew และ M.A. Nasir [5] เพื่อแก้ไขข้อบกพร่องที่มีอยู่เดิม ข้อบกพร่องดังกล่าวได้แก่

1.คำตอบของแพตเทิร์นสนามไฟฟ้าในท่อนำคลื่นแบบสี่เหลี่ยมกลวง มีแพตเทิร์นไม่ถูกต้อง

2.คำตอบค่าคงที่ของการส่งผ่านของท่อนำคลื่นที่มีขอบเป็นเส้นโค้ง ไม่ถูกต้อง

ผู้ทำการวิจัยได้แบ่งประเภทของอีลีเมนต์ออกเป็น 3 ประเภท และใช้ฟังก์ชันรูปร่างแบบเวกเตอร์สำหรับการกระจายสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กในอีลีเมนต์แต่ละประเภทแตกต่างกัน ผลจากการใช้ฟังก์ชันรูปร่างแบบเวกเตอร์ดังกล่าวพบว่า

1.สามารถแก้ปัญหาของแพตเทิร์นในท่อนำคลื่นแบบสี่เหลี่ยมกลวงได้ โดยให้คำตอบค่าคงที่ของการส่งผ่านและรูปแพตเทิร์นของสนามไฟฟ้าถูกต้องตรงกับคำตอบจากวิธีเชิงวิเคราะห์

2.ปัญหาที่พบในการคำนวณค่าคงที่ของการส่งผ่านในท่อนำคลื่นที่มีขอบเป็นเส้นโค้งยังไม่สามารถแก้ได้

ข้อบกพร่องเกี่ยวกับแพตเทิร์นของสนามไฟฟ้าที่พบในท่อนำคลื่นแบบสี่เหลี่ยมกลวงในวิธีไฟไนต์อีลีเมนต์ที่เสนอโดย W.C. Chew และ M.A. Nasir [5] นั้น สามารถแก้ไขได้ด้วยการใช้ฟังก์ชันรูปร่างแบบเวกเตอร์ที่เสนอในงานวิจัยนี้ ทั้งนี้เนื่องจากในวิธีไฟไนต์อีลีเมนต์ที่เสนอโดย W.C. Chew และ M.A. Nasir [5] นั้น ใช้การกระจายส่วนประกอบสำหรับสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กในแนวขวางด้วยส่วนประกอบในแนวแกน x และ y คำตอบเวกเตอร์เจาะจง $\bar{\mathbf{a}}$ ซึ่งสัมพันธ์กับรูปแพตเทิร์นของสนามไฟฟ้าในแนวขวาง จึงเป็นเวกเตอร์แนวตั้งที่ประกอบด้วยตัวแปรสัมประสิทธิ์ของส่วนประกอบของสนามไฟฟ้าในแนวแกน x และ y เพียงสองแนวแกนเท่านั้น ในขณะที่ฟังก์ชันรูปร่างแบบเวกเตอร์ที่เสนอในงานวิจัยนี้ ได้นำเวกเตอร์ในแนวสัมผัสและตั้งฉากกับด้านของอีลีเมนต์มาใช้เป็นส่วนประกอบของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กในแนวขวาง คำตอบเวกเตอร์เจาะจง $\bar{\mathbf{a}}$ ที่ได้ในวิธีที่ใช้ฟังก์ชันรูปร่างแบบเวกเตอร์นี้จึงเป็นเวกเตอร์แนวตั้งที่ประกอบไปด้วยตัวแปรสัมประสิทธิ์ของส่วนประกอบของสนามไฟฟ้าที่อยู่ในทิศทางต่าง ๆ กันไปเป็นจำนวนมากกว่าเพียงสองแนวแกน จึงสามารถกำจัดข้อบกพร่องในกรณีที่รูปแพตเทิร์นของสนามไฟฟ้าในแนวขวางมีลักษณะเปลี่ยนทิศทางของสนามไปตามตำแหน่งต่าง ๆ มากกว่าสองทิศทาง ที่การกระจายด้วยส่วนประกอบในแนวแกน x และ y ไม่สามารถทำได้

สำหรับปัญหาที่พบในการคำนวณค่าคงที่ของการส่งผ่านในท่อนำคลื่นที่มีขอบเป็นเส้นโค้งนั้น อาจเนื่องมาจากสาเหตุ 2 ประการคือ

1.คำตอบค่าต่ำสุดของสมการนิพจน์การแปรผันที่ใช้ในวิธีไฟไนต์อีลีเมนต์ที่เสนอโดย W.C. Chew และ M.A. Nasir [5] นั้น ไม่ได้ให้คำตอบของค่าคงที่ของการส่งผ่านที่ถูกต้องในทุกกรณี แต่ให้คำตอบที่ถูกต้องเฉพาะในการวิเคราะห์ท่อนำคลื่นที่มีขอบเขตเป็นสี่เหลี่ยมเท่านั้น โดยในกรณีของท่อนำคลื่นที่มีขอบเป็นเส้นโค้งนั้น ความผิดพลาดที่พบอาจเป็นเพราะเงื่อนไขขอบเขตของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กในแนวขวางในสมการนิพจน์การแปรผันยังไม่รัดกุมเพียงพอสำหรับขอบเขตที่เป็นเส้นโค้ง ซึ่งวิธีแก้ไขอาจทำได้โดยสร้างสมการนิพจน์การแปรผันสมการใหม่ที่เหมาะสมกว่า

2.การจำลองขอบเขตที่เป็นเส้นโค้งด้วยด้านของอีลีเมนต์ที่เป็นเส้นตรง อาจเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดความผิดพลาด เนื่องจากที่ขอบของท่อนำคลื่นแบบวงกลมกลวงนี้จะมีทิศของเวกเตอร์ตั้งฉาก $\mathbf{n}$ เปลี่ยนแปลงไปตามแต่ละตำแหน่ง ในขณะที่ด้านของอีลีเมนต์ที่เป็นเส้นตรงได้จำลองให้ที่ทุก ๆ ตำแหน่งบนด้านของอีลีเมนต์มีทิศของเวกเตอร์ตั้งฉาก $\mathbf{n}$ เป็นทิศเดียวกัน ซึ่งวิธีดังกล่าวนี้อาจทำให้มีค่าผิดพลาดเกิดขึ้นได้ในนิพจน์การแปรผันที่เสนอโดย W.C. Chew และ M.A. Nasir [5] ซึ่งวิธีแก้ไขอาจทำได้โดยใช้การจำลองขอบเขตที่เป็นเส้นโค้งด้วยวิธีการใหม่และใช้ฟังก์ชันการขยายที่สามารถให้เงื่อนไขขอบเขตได้เหมาะสมกว่า

ผลการวิจัยที่ได้พบนี้ทำให้สรุปได้ว่า วิธีไฟไนต์อีลีเมนต์สำหรับปัญหาท่อนำคลื่นที่ใช้ส่วนประกอบของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า 2 ส่วนประกอบ ที่มีอยู่ในปัจจุบันนี้ยังมีข้อจำกัดบางประการในการนำไปใช้วิเคราะห์ท่อนำคลื่น ในขณะที่วิธีที่ใช้ส่วนประกอบของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า 3 หรือ 4 ส่วนประกอบ เป็นวิธีที่ประสบความสำเร็จแล้วและได้มีผู้เสนอไว้แล้วหลายวิธี ดังนั้นในขณะนี้การเลือกวิธีไฟไนต์อีลีเมนต์เพื่อวิเคราะห์ปัญหาท่อนำคลื่นนั้น จึงควรจะเลือกใช้วิธีที่ใช้ส่วนประกอบของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า 3 หรือ 4 ส่วนประกอบ ที่เป็นวิธีที่ประสบความสำเร็จแล้ว จะเป็นการเหมาะสมกว่า