

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ

ปัจจุบันนี้ท่อนำคลื่นที่ประกอบด้วยตัวกลางเป็นแอนไอโซทรอปิกเช่น ท่อนำแสง (optical waveguide) และท่อนำคลื่นที่บรรจุด้วยไดอิเล็กตริกที่ใช้เป็นอุปกรณ์ไมโครเวฟซึ่งให้คุณสมบัติไว้ภาวะย้อนกลับนั้นได้รับความสนใจและได้รับการใช้งานกันอย่างกว้างขวาง การใช้งานท่อนำคลื่นนั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องทราบคุณลักษณะการแพร่กระจาย (propagation characteristics) ซึ่งพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องเหล่านี้คือ ความถี่ตัด (cutoff frequency) ค่าคงตัวการแพร่กระจาย (propagation constant) แบบแผนคลื่น (mode) และแบบรูปของสนาม (field pattern)

วิธีไฟไนต์อีลิเมนต์ (Finit Element Method, FEM) เป็นวิธีเชิงตัวเลขวิธีหนึ่งที่ใช้สำหรับแก้สมการเชิงอนุพันธ์และเป็นวิธีที่มีผู้สนใจนำมาใช้วิเคราะห์ปัญหาคุณลักษณะของการแพร่กระจายคลื่นในท่อนำคลื่นเนื่องจากวิธีไฟไนต์อีลิเมนต์เป็นวิธีที่มีความยืดหยุ่นสูงสามารถใช้วิเคราะห์ปัญหาที่มีความซับซ้อนมากๆและมีผลเฉลยที่แม่นยำมากและประยุกต์ใช้ได้กับปัญหาหลายลักษณะ

วิธีไฟไนต์อีลิเมนต์ที่ใช้สนามแม่เหล็ก 3 องค์ประกอบได้เสนอขึ้นโดย Koshiba และคณะใน ค.ศ. 1985 ขั้นตอนของวิธีนี้เริ่มจากการจัดรูปฟังก์ชันนอลซึ่งมีคุณสมบัติเป็นนิพจน์แปรผันของสมการคลื่นในรูปของสนามแม่เหล็ก และให้คำตอบทดลองของสนามแม่เหล็กในแต่ละอีลิเมนต์อยู่ในรูปของสนามแม่เหล็กที่โน้ดบนภาคตัดขวางของท่อนำคลื่น คุณลักษณะการแพร่กระจายของท่อนำคลื่นสามารถหาได้จากจุดต่ำสุดของนิพจน์แปรผัน ซึ่งจากผลเฉลยที่ได้รับพบว่า นอกจากผลเฉลยที่ถูกต้องแล้วจะมีผลเฉลยปลอมเทียมปรากฏออกมาด้วย ผลเฉลยปลอมเทียมดังกล่าวนี้มีคุณลักษณะคือความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กจะไม่สอดคล้องกับกฎของเกาส์ (Gauss's law) หรือเงื่อนไขไดเวอร์เจนซ์ต้องเท่ากับศูนย์ (divergence free condition)

Koshiba และคณะได้เสนอวิธีการกำจัดผลเฉลยปลอมเทียมที่เกิดขึ้น โดยเพิ่มฟังก์ชันนอลที่อยู่ในรูปของไดเวอร์เจนซ์ของความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กที่เรียกว่าพจน์พินอลตี (penalty term) ให้กับนิพจน์แปรผันเดิม ผลจากการเพิ่มพจน์พินอลตีพบว่าผลเฉลยปลอมเทียมสามารถกำจัดให้หมดไปได้ในบริเวณช่วงหนึ่งซึ่งบริเวณดังกล่าวนี้สามารถควบคุมได้จากสัมประสิทธิ์ในพจน์พินอลตี

หมดไปได้ในบริเวณช่วงหนึ่งซึ่งบริเวณดังกล่าวนี้สามารถควบคุมได้จากสัมประสิทธิ์ในพจน์พื้นนอกดี

โครงการนี้จะนำเสนอวิธีไฟในดออีลิเมนต์สำหรับวิเคราะห์ท่อนำคลื่นแบบแอนไอโซทรอปิกไม่เอกพันธ์โดยเลือกวิธีที่ใช้สนามแม่เหล็ก 3 องค์ประกอบเป็นพารามิเตอร์ที่ใช้เงื่อนไขโคเวอเรนซ์เท่ากับศูนย์ในการกำจัดผลเฉลยปลอมเทียมซึ่งเป็นที่นิยมและยอมรับกันอย่างกว้างขวาง

## 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

เพื่อศึกษาวิธีการวิเคราะห์ของวิธีไฟในดออีลิเมนต์สำหรับวิเคราะห์ท่อนำคลื่นแบบแอนไอโซทรอปิกไม่เอกพันธ์โดยใช้สนามแม่เหล็ก 3 องค์ประกอบและทำการเขียนโปรแกรมผลการวิเคราะห์และเปรียบเทียบผลการทดลองกับผลการทดลองที่มีผู้เสนอไว้แล้วในอดีต

## 1.3 ขอบเขตของโครงการ

วิธีไฟในดออีลิเมนต์จะได้รับการนำมาวิเคราะห์ตัวอย่างปัญหาท่อนำคลื่นที่ไม่มีการสูญเสียโดยลักษณะของตัวอย่างปัญหาและขอบเขตของโครงการมีหัวข้อดังนี้

1.3.1 ทำการวิเคราะห์ ท่อนำคลื่นที่บรรจุด้วย ไดอิเล็กทริก (lectricloaded waveguide) โดยท่อนำคลื่นที่บรรจุด้วย ไดอิเล็กทริกนี้เป็นตัวอย่างของท่อนำคลื่นแบบไอโซทรอปิกไม่เอกพันธ์

1.3.2 ทำการวิเคราะห์ ท่อนำแสงแบบฝังในฉาบสเตรท(embedded optical waveguide) โดยท่อนำแสงแบบฝังในฉาบสเตรทนี้เป็นตัวอย่างของท่อนำแสงแบบแอนไอโซทรอปิกไฟฟ้าที่เทนเซอร์  $[\epsilon]$  อยู่ในรูปของ

$$[\epsilon] = \begin{bmatrix} \epsilon_{xx} & 0 & 0 \\ 0 & \epsilon_{yy} & 0 \\ 0 & 0 & \epsilon_{zz} \end{bmatrix} \quad \text{และ} \quad [\epsilon] = \begin{bmatrix} \epsilon_{xx} & \epsilon_{xy} & 0 \\ \epsilon_{yx} & \epsilon_{yy} & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (1.1)$$



## 1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ทราบถึงขั้นตอนการวิเคราะห์ของวิธีไฟไนต์อีลีเมนต์ในการวิเคราะห์ท่อนคลื่นแบบแอนไอโซทรอปิกชนิดไม่เอกพันธ์โดยใช้สนามแม่เหล็ก 3 องค์ประกอบและทราบถึงความสามารถในการวิเคราะห์ท่อนคลื่นของวิธีไฟไนต์อีลีเมนต์

1.5.2 ได้โปรแกรมการวิเคราะห์ท่อนคลื่นแอนไอโซทรอปิกไม่เอกพันธ์

## 1.6 งบประมาณที่ใช้

1.6.1 ค่าถ่ายเอกสารตำราประกอบการวิเคราะห์

“The finite Element Method in Electromagnetics”

(Jianming Jin)

2 เล่ม

= 700 บาท

2. ค่าถ่ายเอกสารอื่นๆ

= 341 บาท

3. ปากกาเขียนแผ่นใส+แผ่นใส

= 178 บาท

---