# สารบัญ

หน้า

**บทคัดย่อภาษาไทย** I

**บทคัดย่อภาษาอังกฤษ** II

**กิตติกรรมประกาศ** III

**สารบัญ** IV

**สารบัญตาราง** V

**สารบัญภาพ** V I

**บทที่/1 บทนำ** ……..1

1.1 หลักการและเหตุผล .....1

1.2 วัตถุประสงค์……..2

**บทที่/2 หลักการและทฤษฎีพื้นฐานทางคณิตศาสตร์** ……..5

2.1 บทนำ……5

2.2 การวิเคราะห์ทางด้านคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า……..……..……5

2.3 โหมดสำหรับการเดินทางของคลื่น……...16

2.4 สนามไฟฟ้าในช่องว่างวัสดุ……..19

2.5 สายส่งไมโครเวฟและท่อนำคลื่น……30

2.6 สมการความร้อนในทางชีววิทยา……..……33

2.7 พื้นฐานการกระจายความร้อนภายในเนื้อเยื่อ…….....…....34

2.8 หลักการของเงื่อนไขขอบเขตที่ใช้ในการจำลอง……...……35

**บทที่/3 ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์**……..….38

3.1 บทนำ.....38

3.2 ระเบียบวิธีไฟไนต์□เอลิเมนต์

.....38

3.3 กระบวนการแก้ปัญหาด้วยไฟไนต์เอลิเมนต์ซอฟต์แวร์……..……..40

3.4 พื้นฐานสมการทางด้านสนามแม่เหล็กไฟฟ้า……....…43

3.5 วิเคราะห์สนามแม่เหล็กที่ความถี่สูง……..……45

3.6 สมการความสัมพันธ์ระหว่างคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและอุณหภูมิ……45

3.7 การประยุกต์ใช้วิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์……47

**หน้า**

**บทที่/4 ผลการทดลอง**……49
**บทที่/5 สรุปผลการทดลอง** ……57
**บรรณานุกรม/เอกสารอ้างอิง** ……58
**ภาคผนวก**
ภาคผนวก ก
ภาคผนวก ข
**ประวัตินักวิจัย**

**หมายเหตุ**

1. ชื่อหัวข้อและจำนวนบทสามารถปรับให้สอดคล้องกับงานวิจัยได้ตามความเหมาะสมของงานวิจัย ทางด้านวิทยาศาสตร์/ด้านสังคมศาสตร์
2. เครื่องหมาย / หมายถึง การเว้นวรรค 1 ระยะตัวอักษร

# สารบัญภาพ

**ภาพที่** **หน้า**

1.1 Diagram ……...1
1.2 นายแพทย์สมบูรณ์ ผู้เชี่ยวชาญด้านการรักษาโดยใช้คลื่นความถี่ผู้ร่วมวิจัยจากโรงพยาบาลราชวิถี..…...2
1.3 ทางทีมวิจัยได้สาธิตการใช้งานเครื่องต้นแบบกับนายแพทย์ผู้ร่วมวิจัย ในการพัฒนางานวิจัยร่วมกัน…..3
2.1(ก) การเคลื่อนที่ของคลื่นในโหมดสนามแม่เหล็กตัดขวาง(TM mode).....17
2.1(ข) การเคลื่อนที่ของคลื่นในโหมดสนามไฟฟ้าตัดขวาง (TE mode).....18
2.1(ค) การเคลื่อนที่ของคลื่นในโหมดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าตัดขวาง(TEM mode).....18
2.2 ภาคตัดขวางของตัวกลางไดอิเล็กตริกโพลาไรซ์……..……..20
2.3(ก) ขอบเขตระหว่างไดอิเล็กตริกกับไดอิเล็กตริก.....23
2.3(ข) ขอบเขตระหว่างไดอิเล็กตริกกับไดอิเล็กตริก.....23
2.4 ขอบร่วมระหว่างสองตัวกลาง……..24
2.5 การหักเหของ $\bar{E}$ หรือ $\bar{D}$ ที่ขอบเขตระหว่างไดอิเล็กตริกกับไดอิเล็กตริก..……..……..27
2.6(ก) ขอบเขตระหว่างตัวนำไฟฟ้ากับไดอิเล็กตริก.....28
2.6(ข) ขอบเขตระหว่างตัวนำไฟฟ้ากับไดอิเล็กตริก.....28
2.7 การกลั่นกรองไฟฟ้าสถิต……..29
2.8 ขอบเขตระหว่างตัวนำไฟฟ้ากับอากาศว่าง……..……30
2.9(ก) สายส่งสัญญาณโหมด TEM (TEM transmission lines).....31
2.9(ข) สายส่งสัญญาณโหมด (Multi-mode transmission lines).....31
2.10 ท่อนำคลื่นแบบต่างๆ……..……33
2.11 กราฟแสดงผลกระทบของอุณหภูมิที่มีต่อเซลล์มะเร็ง……35
2.12 แสดงลักษณะของสายอากาศแบบโคแอกเชียลในเนื้อเยื่อทดสอบ.……35
2.13 แสดงโครงสร้างของสายอากาศแบบสล็อตโคแอกเชียล……36
2.14 แสดงจุดจ่ายกำลังงานคลื่นไมโครเวฟให้กับสายอากาศ……..…36
2.15 แสดงบริเวณที่เป็นขอบเขตต่อเนื่อง……37
3.1 แสดงแบบจำลองไฟไนต□เอลิเมนต□ที่ถูกแบ□งออกเป□นเอลิเมนต□และ
โหนด……..…..39

3.2 ขั้นตอนในการวิเคราะห์ปัญหาด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์……..41
3.3 รูปแบบจำลองชิ้นงานและรูปแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์……..41

หน้า

3.4 รูปแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ของกระดูก
……47
4.1 สายอากาศปลายเปิด 5 mm ใช้พลังงาน 30 W ……48
4.2 สายอากาศปลายเปิด 10 mm ใช้พลังงาน 40 W ……...48
4.3 สายอากาศปลายเปิด 20 mm ใช้พลังงาน 60 W ……48
4.4 สายอากาศปลายเปิด 30 mm ใช้พลังงาน 60 W ……48
4.5 สายอากาศปลายเปิด 40 mm ใช้พลังงาน 60 W ……49
4.6 การกระจายความร้อนที่เหมาะสมในการบำบัด ……...49
4.7 การดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เหมาะสมในการบำบัด ……...49
4.8 กราฟการกระจายตัวของความร้อนที่อุณหภูมิมากกว่า 85 องศาเซลเซียส ……50
4.9 การกระจายความร้อนที่เหมาะสมในการบำบัด ……...50
4.10 การดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เหมาะสมในการบำบัด ……50
4.11 กราฟการกระจายตัวของความร้อนที่อุณหภูมิมากกว่า 85 องศาเซลเซียส ……..51
4.12 การกระจายความร้อนที่เหมาะสมในการบำบัด ……51
4.13 การดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เหมาะสมในการบำบัด ……51
4.14 กราฟการกระจายตัวของความร้อนที่อุณหภูมิมากกว่า 85 องศาเซลเซียส ……52
4.15 การกระจายความร้อนที่เหมาะสมในการบำบัด ……52
4.16 การดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เหมาะสมในการบำบัด ……52
4.17 กราฟการกระจายตัวของความร้อนที่อุณหภูมิมากกว่า 85 องศาเซลเซียส ……53
4.18 การกระจายความร้อนที่เหมาะสมในการบำบัด ……53
4.19 การดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เหมาะสมในการบำบัด ……53
4.20 กราฟการกระจายตัวของความร้อนที่อุณหภูมิมากกว่า 85 องศาเซลเซียส ……54
4.21 รูปการทดลองกับเส้นเลือดจริงที่กระทำกับเส้นเลือดใหญ่ของขาหมู ……55
4.22 รูปการทดลองกับเส้นเลือดจริงที่กระทำกับเส้นเลือดใหญ่ของขาหมู ……55
4.23 รูปการทดลองกับเส้นเลือดจริงที่กระทำกับเส้นเลือดใหญ่ของขาหมู ……56