

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การสร้างภาพตัดขวางเป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้เพื่อตรวจสอบและสังเกตลักษณะรูปร่างหรือขนาดของวัตถุที่อยู่ในภาชนะปิดทึบ ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธี เช่นการใช้รังสีเอกซ์ ใช้วิธีสร้างภาพการกำทอนแม่เหล็ก (Magnetic Resonance Imaging ; MRI) การใช้เทคนิคอัลตราซาวด์ (Ultrasound) และ วิธีการสร้างภาพตัดขวางค่าความต้านทานไฟฟ้า (Electrical Impedance Tomography ; EIT) ในปัจจุบันการใช้รังสีเอกซ์ MRI และอัลตราซาวด์ เป็นวิธีการที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางในทางการแพทย์เพื่อให้ดูภาพอวัยวะภายในของผู้ป่วย เนื่องจากให้รายละเอียดของภาพที่ได้ชัดเจนและมีความแม่นยำสูง แต่ข้อจำกัดของ MRI และรังสีเอกซ์ คือมีขนาดใหญ่ทำให้วัตถุที่ต้องการศึกษาโครงสร้างภายในต้องเคลื่อนย้ายได้โดยสะดวก ราคาต้นทุนสูงทั้งในด้านราคาอุปกรณ์ที่ใช้และราคาในการปฏิบัติการ เทคนิคของอัลตราซาวด์ แม้ว่าจะสามารถทำให้ระบบมีขนาดเล็กเคลื่อนที่ได้ แต่การใช้เครื่องมือลักษณะดังกล่าวสร้างภาพตัดขวางยังมีข้อจำกัดในการใช้กับเฉพาะวัตถุบางชนิด ราคายังสูง ส่วน EIT [6] ถึงแม้ว่ามีราคาต่ำกว่าและใช้เทคโนโลยีที่ซับซ้อนน้อยกว่าวิธีข้างต้น แต่ข้อจำกัดที่สำคัญคือ วัตถุที่นำมาตรวจสอบต้องเป็นตัวนำไฟฟ้าเท่านั้น นอกจากนี้อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการป้อนกระแสไฟฟ้าต้องสัมผัสกับวัตถุภายใน จึงไม่เหมาะกับการใช้งานกับวัตถุที่มีคุณสมบัติการกักความร้อนสูง สำหรับภาพตัดขวางค่าความจุไฟฟ้า (Electrical Capacitance Tomography ; ECT) ใช้หลักการป้อนสนามไฟฟ้าเข้าไปในวัตถุและวัดค่าความจุไฟฟ้า (Capacitance) โดยรอบวัตถุ ข้อดีของระบบนี้คือ ไม่รบกวนหรือส่งผลกระทบต่อการทำงานของระบบอื่นๆ มีขนาดเล็ก มีความปลอดภัยสูง มีความเร็วในการสร้างภาพ เป็นเครื่องมือที่มีราคาถูกและสร้างได้ง่าย

ระบบ ECT ได้พัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้คุณลักษณะการกระจายของไดอิเล็กตริก (Dielectric) ภายในวัตถุในลักษณะของภาพตัดขวาง 2 มิติเพื่อใช้ในกระบวนการทางอุตสาหกรรม เช่น การตรวจสอบระดับน้ำมัน/ก๊าซหรือการเจือปนของน้ำในท่อส่ง หรือสังเกตส่วนผสมกระบวนการ การแยก/ผสมในทางเคมี เป็นต้น ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาและออกแบบสร้างระบบ ECT โดยได้ทำการทดลองกับชุดเซ็นเซอร์สองแบบด้วยกันคือ แบบทรงกระบอกหน้าตัดกลมและแบบทรงกระบอกหน้าตัดสี่เหลี่ยม ทำการวัดค่าความจุไฟฟ้าของระบบทั้งหมดจากชุดเซ็นเซอร์ จากนั้นใช้วิธีลิเนียร์แบ็กโปรเจกชัน (Linear backprojection) ร่วมกับเทคนิคการทำซ้ำ (Iteration) [2] ในการสร้างภาพกลับ นอกจากนี้ยังได้ใช้อัลกอริทึมเชิงพีชคณิตในการลดจำนวนการทำซ้ำของกระบวนการสร้างภาพ และใช้วิธีการเทรซโฮลด์ในการปรับปรุงคุณภาพของภาพอีกด้วย

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษาและสร้างระบบสร้างภาพตัดขวาง 2 มิติภายในวัตถุจากค่าความจุไฟฟ้าของวัตถุที่มีค่าไดอิเล็กทริกที่แตกต่างกัน

1.2.2 เพื่อสร้าง ต้นแบบระบบสร้างภาพตัดขวางที่สามารถใช้งานได้ใช้ต้นทุนต่ำและมีความปลอดภัยสูง เป็นแนวทางประยุกต์ ใช้ในงานอุตสาหกรรม

1.2.3 เพื่อปรับปรุงคุณภาพของภาพตัดขวางที่ได้จากอัลกอริทึมเดิม

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

วัตถุที่มีโครงสร้างทางกายภาพต่างชนิดกันจะมีค่าคงที่ไดอิเล็กทริกหรือค่าเพอิมิตติวิตีต่างกันเมื่อนำวัตถุนั้นๆ มาเป็น ไดอิเล็กทริกของตัวเก็บประจุ ก็จะทำให้ค่าความจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุนั้นแตกต่างกันด้วย นอกจากนี้ในวัตถุที่ไม่เป็นเนื้อเดียวกันเมื่อใส่ประจุลงไปสะสมและวัดค่าศักดาไฟฟ้าจากคู่อิเล็กโทรดที่ติดอยู่โดยรอบจะทำให้ได้ค่าศักดาไฟฟ้าที่แตกต่างกันด้วย ตัวอย่างเช่น การวางอิเล็กโทรดไว้โดยรอบบริเวณที่บรรจุด้วยอากาศ (Free Space) แล้ววัดค่าความจุไฟฟ้าของแต่ละคู่อิเล็กโทรดจะได้ค่าความจุไฟฟ้าที่เป็นผลมาจากค่าเพอิมิตติวิตีของอากาศแต่เมื่อวางวัตถุชนิดหนึ่งแทรกเข้าไปในอากาศ ภายในบริเวณที่มีอิเล็กโทรดติดอยู่โดยรอบแล้ววัดค่าความจุไฟฟ้าของแต่ละคู่อิเล็กโทรดก็จะได้ค่าความจุไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงไป ตามค่าเพอิมิตติวิตีของวัตถุที่แทรกอยู่ระหว่างอิเล็กโทรด และเมื่อย้ายวัตถุชนิดเดิมไปวางในตำแหน่งอื่นๆ ภายในบริเวณที่มีอิเล็กโทรดติดอยู่โดยรอบจะทำให้ค่าความจุไฟฟ้าของแต่ละคู่อิเล็กโทรดเปลี่ยนไปเช่นกัน จากที่กล่าวมานั้นค่าความจุไฟฟ้าของแต่ละคู่อิเล็กโทรดจะเปลี่ยนแปลงตามค่าคงที่ไดอิเล็กทริกของวัตถุ ดังนั้นถ้าหากนำค่าความจุไฟฟ้าของแต่ละคู่อิเล็กโทรดที่ได้ไปสร้างภาพตัดขวางก็จะพบตำแหน่งของวัตถุที่วางอยู่เช่นกัน

1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในงานวิจัย

จากลักษณะโครงสร้างโดยทั่วไปของตัวเก็บประจุจะมีแผ่นตัวนำสองแผ่นวางขนานกัน และมีฉนวนกั้นระหว่างแผ่นตัวนำทั้งสอง โดยค่าความจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุจะขึ้นอยู่กับค่าคงที่ไดอิเล็กทริกของฉนวนที่กั้น และโครงสร้างทางกายภาพของตัวเก็บประจุเท่านั้น แต่สำหรับค่ารีแอคแตนซ์ความจุ (Capacitive Reactance) จะมีค่าเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นอยู่กับความถี่ของสัญญาณที่ใช้ งาน ดังนั้นเมื่อป้อนสัญญาณที่มีขนาดและความถี่คงที่ผ่านตัวเก็บประจุที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าขนาดของสัญญาณที่ได้ทางเอาต์พุตจะมีค่าเปลี่ยนแปลงสัมพันธ์กับค่าความจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุด้วย สำหรับค่าความจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุในระบบ ECT สามารถหาได้โดยคำนวณจากโครงสร้างของตัวเก็บประจุ ซึ่งค่าความจุไฟฟ้าจากการคำนวณนี้จะถูกเรียกว่าเซ็นซิติวิตี

(Sensitivity) [1,2] ซึ่งหาได้โดยการแบ่งพื้นที่หน้าตัดของแบบจำลองเซ็นเซอร์ออกเป็นส่วนย่อยๆ (ในภาพแทนหนึ่งจุดภาพ(pixel)) แล้วจึงกำหนดค่าให้หนึ่งส่วนใดๆที่ละส่วนให้มีค่าเพอิมิตีวีสสูง กว่าส่วนที่เหลือ จากนั้นคำนวณค่าความจุไฟฟ้าที่สอดคล้องกับค่าเพอิมิตีวีสที่กำหนดให้กระจาย อยู่ภายใน พื้นที่ของแบบจำลองเซ็นเซอร์โดยคำนวณค่าการกระจายของศักดาไฟฟ้าภายในที่เกิด เนื่องจากการป้อนศักดาไฟฟ้าที่แผ่นอิเล็กโทรด โดยใช้วิธี ผลต่างจำกัด (Finite difference) ในกรณี แบบจำลองเซ็นเซอร์มีหน้าตัดเป็นสี่เหลี่ยม และวิธีไฟไนต์อีลิเมนต์ (Finite element) กับแบบจำลอง เซ็นเซอร์ที่มีหน้าตัดกลม และ การหาค่าความจุไฟฟ้าอีกวิธีคือการวัดค่าความจุไฟฟ้า โดยในระบบ ECT จะมีอยู่สองวิธีหลักคือ ชาร์จ- ดิสชาร์จ (Charge /discharge) [3] และ การใช้ไฟฟ้า กระแสสลับป้อนให้ตัวเก็บประจุซึ่งถูกเรียกว่า เอซี -เบส(AC – Based) [4] สำหรับระบบ ECT ใน งานวิจัยนี้จะใช้ วิธีการของ เอซี-เบส ในการวัดค่าความจุไฟฟ้า ของคู่อิเล็กโทรดที่ติดอยู่โดยรอบ ของตัวเซ็นเซอร์ ซึ่งค่าความจุไฟฟ้าที่วัดได้จะอยู่ในรูปของค่าศักดาไฟฟ้า และจะมีค่าที่ขึ้นอยู่กับ การกระจายของค่าเพอิมิตีวีสของวัตถุที่อยู่ในเซ็นเซอร์ เมื่อได้ค่าความจุไฟฟ้าที่อยู่ในรูปของ เซนซิวิตี และค่าความจุไฟฟ้าที่ได้จากการวัดแล้วจากนั้นจะนำค่าความจุไฟฟ้าทั้งสองชุดที่ได้ไป ประมวลผลสร้างภาพตัดขวาง 2 มิติ ด้วยวิธีลิเนียร์แบ็กโปรเจกชันและอัลกอริทึมเชิงพีชคณิต

1.5 ขอบเขตของงานวิจัย

ศึกษาวิธีการจำลองค่าความจุไฟฟ้าจากการกำหนดลักษณะการกระจายของค่าเพอิมิตีวีส ของวัตถุ โดยใช้แบบจำลองของเซ็นเซอร์ทรงกระบอกที่มีลักษณะหน้าตัดเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสและ หน้าตัดแบบวงกลม และศึกษาวิธีการสร้างภาพตัดขวาง 2 มิติจากข้อมูลค่าความจุไฟฟ้าที่วัดได้จาก ระบบ จากนั้นจะออกแบบวงจรและสร้างระบบ ECT เพื่อใช้วัดค่าความจุไฟฟ้าของวัตถุจาก แบบจำลองเซ็นเซอร์ทั้งสองแบบ ค่าความจุไฟฟ้าที่วัดได้จากระบบ ECT ก็จะถูกนำไปประมวลผล สร้างภาพกลับโดยวิธี วิธีลิเนียร์แบ็กโปรเจกชัน รวมทั้งการปรับปรุงคุณภาพของภาพโดยใช้การ เทรชโฮลด์และการทำซ้ำ

1.6 โครงสร้างวิทยานิพนธ์

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะแบ่งเนื้อหาออกเป็น 6 บท ในแต่ละบทจะมีเนื้อหาดังต่อไปนี้

บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ของการศึกษา สมมติฐาน แนวความคิดของงานวิจัย และขอบเขตของงานวิจัย

บทที่ 2 กล่าวถึงแนวคิดพื้นฐานและหลักการของการสร้างภาพตัดขวาง 2 มิติด้วยวิธีต่างๆ ที่ถูกใช้ในทางการแพทย์และในทางอุตสาหกรรม

บทที่ 3 กล่าวถึงหลักการพื้นฐานของระบบ ECT รวมทั้งแสดงรูปแบบโมเดลเซ็นเซอร์ของงานวิจัย โครงสร้างของระบบและวงจรส่วนต่างๆของระบบ

บทที่ 4 อธิบายถึงหลักการ การสร้างภาพกลับของภาพตัดขวางค่าความจุไฟฟ้า ด้วยวิธีลิเนียร์แบ็กโปรเจกชัน และการหาเส้นชีวิติจากค่าความจุไฟฟ้า

บทที่ 5 แสดงขั้นตอนของการทดลอง วิธีการทดสอบกระบวนการ การสร้างภาพกลับ และผลการทดลองของการสร้างภาพกลับด้วยวิธีต่างๆ

บทที่ 6 เป็นการสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะแนวทางในการทำวิจัยต่อไป