

**การเพิ่มอัตราขยายชุดกำเนิดความถี่ไมโครเวฟสำหรับตู้อบแห้งสับปะรด
ด้วยสายอากาศปากแตรรูปพีระมิด**
**Gain Enhancement of Microwave Launcher for Pineapple dryer
by using Pyramidal Horn Antenna**

ธนาวุฒิ ธนาวนิชย์*¹ ภูมิพงษ์ ดวงตั้ง¹ และ อนุสรณ์ ใจแก้ว¹

¹ สำนักวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

Thanawut Thanavanich *¹ Pumipong Duangtang ¹ and Anusorn Chaikaew ¹

¹ School of Computer and Information Technology Chaing Rai Rajabhat University

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการเพิ่มอัตราขยายชุดกำเนิดสัญญาณความถี่ไมโครเวฟสำหรับตู้อบแห้งสับปะรดด้วยสายอากาศปากแตรรูปพีระมิด ในการออกแบบสายอากาศปากแตรรูปพีระมิดเพื่อเพิ่มอัตราการขยายสัญญาณความถี่ไมโครเวฟจากหลอดแมกนีตรอนส่งผ่านท่อนำคลื่นสู่ไมโครเวฟขนาดเล็กจะทำการส่งคลื่นความถี่สูงหรือความถี่ไมโครเวฟผ่านท่อนำคลื่นแล้วส่งผ่านเข้าไปยังตู้อบหรือคาวีตี การออกแบบตู้อบแห้งด้วยความถี่ไมโครเวฟขนาดใหญ่ การเพิ่มอัตราขยายสัญญาณความถี่ไมโครเวฟให้เพิ่มสูงขึ้นจึงมีความจำเป็นเพื่อรองรับการทำงาน การออกแบบสายอากาศปากแตรรูปพีระมิดที่ต่อร่วมกับท่อนำคลื่น WR340 จากการออกแบบสายอากาศที่นำเสนอสามารถทำงานที่ความถี่ 2.45 GHz ซึ่งเป็นความถี่ที่ได้รับอนุญาตให้ใช้งานสำหรับการให้ความร้อน จากผลการจำลองการทำงานด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปในการวิเคราะห์ทางด้านไมโครเวฟ พบว่าสายอากาศที่นำเสนอมีอัตราขยายเท่ากับ 13.7 dB โดยเพิ่มขึ้น 10.03 dB เมื่อเทียบกับการส่งผ่านคลื่นไมโครเวฟด้วยท่อนำคลื่นเพียงอย่างเดียว

คำสำคัญ: สายอากาศปากแตรรูปพีระมิด ความถี่ไมโครเวฟ ท่อนำคลื่น หลอดแมกนีตรอน การอบแห้ง

Abstract

This research proposes a design for a microwave launcher for pineapple dryers by using a pyramidal horn antenna. The design of the pyramidal horn antenna is suitable to increase the gain of the microwave frequency from the magnetron excited by the waveguide launcher. Small designed microwaves can stimulate the transmission of high frequencies or microwave frequencies through the waveguide to the dryer or any cavity. In order to support the operation of larger drying microwave cabinets, larger dimensioned microwave sources are necessary, though. The design of a pyramidal horn antenna that is connected to the WR340 waveguide of the proposed design allows an operating frequency of 2.45 GHz, which is allowed to be used for heating. The simulation of the proposed antenna with an optimized software resulted in an antenna power gain of 13.7 dB., and compared to microwave transmissions in the waveguide an increase of 10.03 dB was found.

Keywords: Pyramidal Horn Antenna, Microwave Frequency, Waveguide, Magnetron, Dryer

* ธนาวุฒิ ธนาวนิชย์ (Corresponding Author)

e-mail: d5640058@g.sut.ac.th

บทนำ

กระบวนการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางด้านเกษตรกรรมเป็นกระบวนการแปรรูปและเพิ่มมูลค่าให้กับผลผลิตทางด้านเกษตรกรรมที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมากเนื่องจากมีวิธีการที่ง่ายและไม่มีความซับซ้อน โดยในการอบแห้งที่ได้รับความนิยม คือ การอบแห้งโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ การใช้แหล่งพลังงานจากธรรมชาติคือแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวจะไม่สามารถควบคุมระยะเวลาในการอบแห้งได้ อีกทั้งระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้งนานมากและไม่สามารถควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการอบแห้งด้วย สับปะรดเป็นผลไม้ที่มีการนำมาแปรรูปเพื่อเพิ่มมูลค่าของผลผลิต เนื่องจากผลผลิตในช่วงล้นตลาดทำให้ราคาของสับปะรดตกต่ำ เกษตรกรบางส่วนได้ทำการพัฒนาและแปรรูปสับปะรดในรูปแบบต่างๆ เช่น การทำสับปะรดอบแห้ง การทำไวน์สับปะรดและการทำสับปะรดกวน เป็นต้น ในการแปรรูปสับปะรดที่ได้รับความนิยมในกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกสับปะรด คือ การทำสับปะรดอบแห้งเองถือได้ว่าเป็นการแปรรูปที่มีต้นทุนต่ำทำได้โดยวิธีการทำโรงเรือนในลักษณะเป็นโรงเรือนกระจกแล้วทำการอบด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ นอกจากนี้วิธีการอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์แล้ว เทคนิคในการอบแห้งที่เป็นที่นิยมอีกวิธีหนึ่ง คือ การนำเทคนิคการอบแห้งด้วยลมร้อนซึ่งวิธีการนี้จะอาศัยการผลิตความร้อนด้วยขดลวดความร้อนแล้วใช้พัดลมดูดความร้อนที่ได้เข้าสู่ตู้อบแห้ง การอบแห้งด้วยลมร้อน นี้จะมีการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการอบแห้งซึ่งการอบแห้งด้วยลมร้อนนั้นจะมีการใช้พลังงานที่ค่อนข้างสูง ซึ่งจะเป็นการเพิ่มต้นทุนในการผลิตให้กับเกษตรกรเนื่องจากวิธีการใช้ลมร้อนจะต้องใช้กำลังงานจ่ายให้กับขดลวดเพื่อทำความร้อนแล้วใช้พัดลมดูดลมร้อนเข้าภายในตู้อบเพื่อทำการอบแห้งซึ่งขดลวดดังกล่าวจะกินกำลังงานเป็นจำนวนมากแต่วิธีดังกล่าวนี้สามารถลดระยะเวลาในการอบแห้งลงมาเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอบด้วยแสงอาทิตย์ได้เกือบครึ่งหนึ่ง (กฤษณ์ อภิญาวิศิษฐ์, อดิศักดิ์ นาถกรณกุล และ สมชาติ โสภณธนฤทธิ์, 2560)

เทคนิคในการอบแห้งที่เริ่มมีการพัฒนาและนำมาใช้ในกระบวนการอบแห้งผลผลิตทางด้านเกษตรกรรม คือ การอบแห้งด้วยคลื่นความถี่ไมโครเวฟซึ่งในการอบแห้งด้วยคลื่นความถี่ไมโครเวฟนั้นจะมีระยะเวลาในการอบแห้งที่น้อยมากเมื่อเทียบกับวิธีการที่กล่าวมาข้างต้น โดยที่ผ่านมาได้มีการพัฒนาตู้อบแห้งด้วยความถี่ไมโครเวฟหรือการนำคลื่นความถี่ไมโครเวฟมาใช้ในการอบแห้งให้ความร้อน เช่น การอบแห้งข้าวพอง การอบแห้งพริก การอบแห้งปลา เป็นต้น พบว่าการอบแห้งด้วยความถี่ไมโครเวฟสามารถลดระยะเวลาในการอบแห้งได้ประมาณร้อยละ 80 เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์ (Mutorlep Nisoa & Priwan Kerdtongmee, 2016) บทความนี้คณะผู้วิจัยนำเสนอการเทคนิคการเพิ่มอัตราขยายชุดกำเนิดความถี่ไมโครเวฟสำหรับตู้อบแห้งสับปะรดด้วยสายอากาศปากแตรรูปพีระมิด เพื่อรองรับการนำไปใช้ในการออกแบบตู้อบแห้งที่มีขนาดใหญ่และลดจำนวนชุดกำเนิดความถี่ไมโครเวฟ

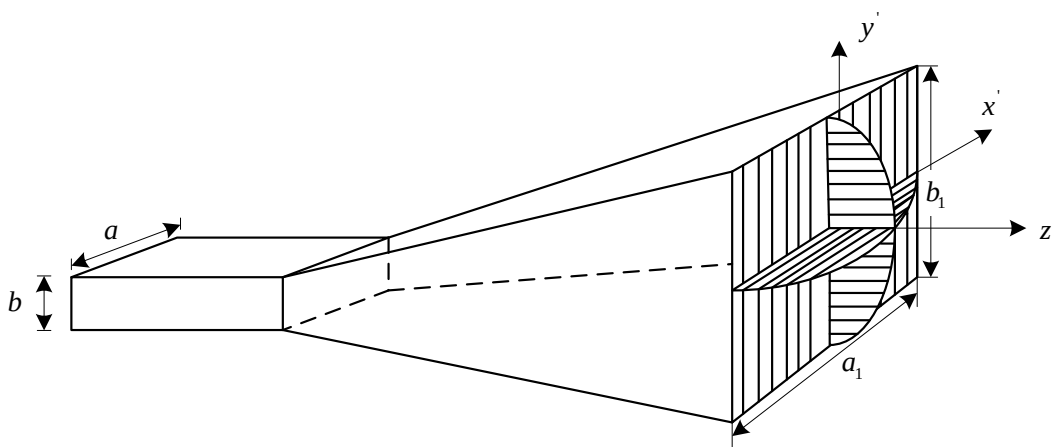
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

การให้ความร้อนด้วยคลื่นความถี่ไมโครเวฟ

ในกระบวนการให้ความร้อนของตู้อบไมโครเวฟนั้นเป็นการทำให้เกิดความร้อนด้วยคลื่นที่ย่านความถี่สูงหรือที่เรียกกันว่าคลื่นความถี่ไมโครเวฟ การให้ความร้อนด้วยคลื่นความถี่ไมโครเวฟสำหรับอาหาร เมื่อคลื่นความถี่ไมโครเวฟคลื่นที่เข้าไปยังวัสดุหรืออาหารที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบอยู่ในจะทำให้เกิดความร้อนขึ้นอย่างรวดเร็วทั้งภายในและภายนอก (วิบูลย์ ช่างเรือ, 2561) ซึ่งในการนำคลื่นความถี่ไมโครเวฟมาใช้ในการอบแห้งนั้นก็จะใช้หลักการดังกล่าวโดยใช้สมบัติของคลื่นความถี่ไมโครเวฟที่จะตอบสนองต่อโมเลกุลชนิดต่างๆ ไม่เท่ากัน โดยจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติเชิงไฟฟ้าของวัสดุนั้นๆ ซึ่งการอบแห้งหรือการให้ความร้อนด้วยคลื่นความถี่ไมโครเวฟนั้นจะอาศัยสมบัติของคลื่นที่มีการตอบสนองต่อโมเลกุลของน้ำที่อยู่ในวัสดุนั้นๆ และน้ำจะทำให้ร้อนขึ้นอย่างรวดเร็วจนน้ำระเหยออกไป ดังนั้นพลังงานความร้อนที่เกิดขึ้นจึงใช้ในการระเหยของน้ำในวัสดุหรืออาหารโดยที่ความร้อนดังกล่าวจะไม่ทำให้โครงสร้างทางกายภาพและสารอาหารไม่เปลี่ยนแปลงจึงทำให้รสชาติของอาหารไม่เกิดการเสียหาย (วิบูลย์ ช่างเรือ, 2561) ในคลื่นความถี่ไมโครเวฟที่ถูกกำหนดเพื่อใช้ในการอบแห้งให้ความร้อน คือ ความถี่ไมโครเวฟในย่าน 2.45 GHz (Pozar, D. M, 1990)

สายอากาศปากแตรรูปพีระมิด

สายอากาศปากแตรรูปพีระมิดเป็นสายอากาศที่นิยมใช้งานกับความถี่ย่านไมโครเวฟ มีสมบัติเด่น คือ มีอัตราขยายที่สูงและมีค่าอัตราส่วนคลื่นนิ่งต่ำ นอกจากนี้ยังให้ความกว้างแถบคั่นข้างกว้างและที่สำคัญ คือ สามารถออกแบบและสร้างได้โดยง่ายในการออกแบบสายอากาศปากแตรให้มีความกว้างแถบมากขึ้นนั้น สามารถกระทำได้โดยการกาง (flaring) ส่วนของปากแตรให้มีลักษณะตามการเปลี่ยนแปลงของสนามแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล สำหรับสายอากาศปากแตรรูปพีระมิดนี้จะเหมาะสำหรับใช้กับสายส่งแบบท่อนำคลื่นรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก เท่านั้น โดยส่วนที่เป็นปากแตรจะทำหน้าที่ในการส่งผ่านสัญญาณความถี่ย่านไมโครเวฟจากโหมดของท่อนำคลื่นออกไปสู่โหมดของอวกาศว่างในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (รังสรรค์ วงศ์สรรค์, 2555) ดังแสดงรูปแบบสายอากาศปากแตรรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากในภาพที่ 1



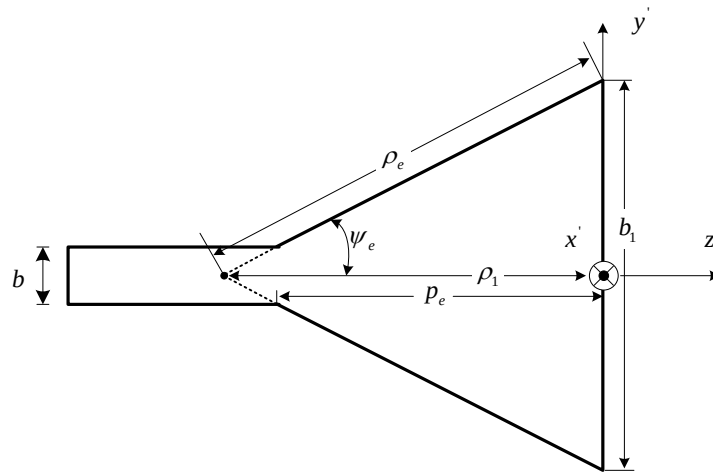
ภาพที่ 1 รูปแบบสายอากาศปากแตรรูปพีระมิด

ที่มา: Constantine, A. Balanis (2005)

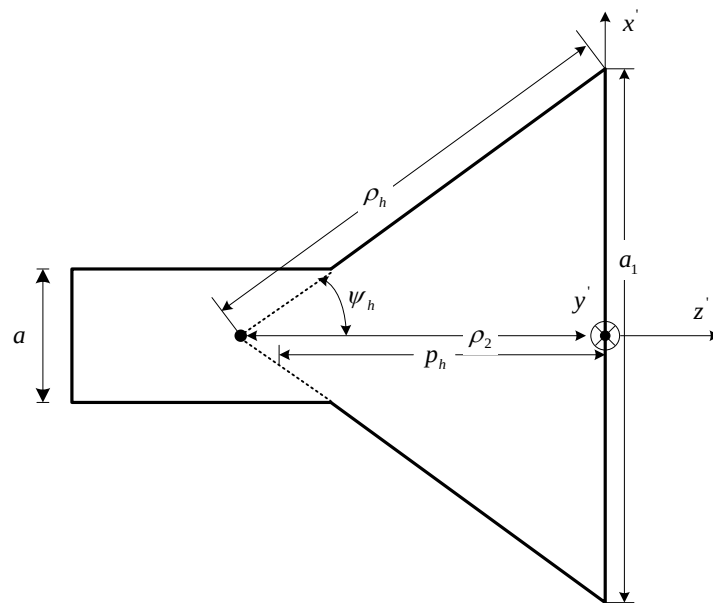
ในการออกแบบสายอากาศปากแตรรูปทรงสี่เหลี่ยมมุมฉากนั้นจะอาศัยทฤษฎีในการออกแบบและหาค่าพารามิเตอร์ต่างของสายอากาศปากแตรรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก โดยในภาพที่ 3 ค่าพารามิเตอร์ของสายอากาศปากแตรรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก โดยการทำการหาค่าพารามิเตอร์ดังสมการที่ 1 และ 2 (Constantine, A. Balanis, 2005)

$$p_e = \sqrt{(b_1 - b) \left[\left(\frac{\rho_e}{b_1} \right)^2 - \frac{1}{4} \right]} \dots \dots \dots (1)$$

$$p_h = \sqrt{(a_1 - a) \left[\left(\frac{\rho_h}{a_1} \right)^2 - \frac{1}{4} \right]} \dots \dots \dots (2)$$



ก. ระนาบสนามไฟฟ้า (E-Plane)



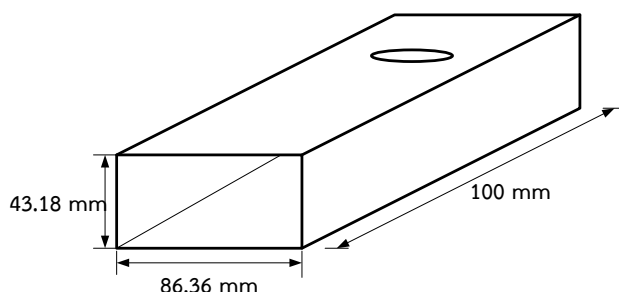
ข. ระนาบสนามแม่เหล็ก (H-Plane)

ภาพที่ 2 ค่าพารามิเตอร์สายอากาศปากแตรรูปพีระมิด
ที่มา: Constantine, A. Balanis (2005)

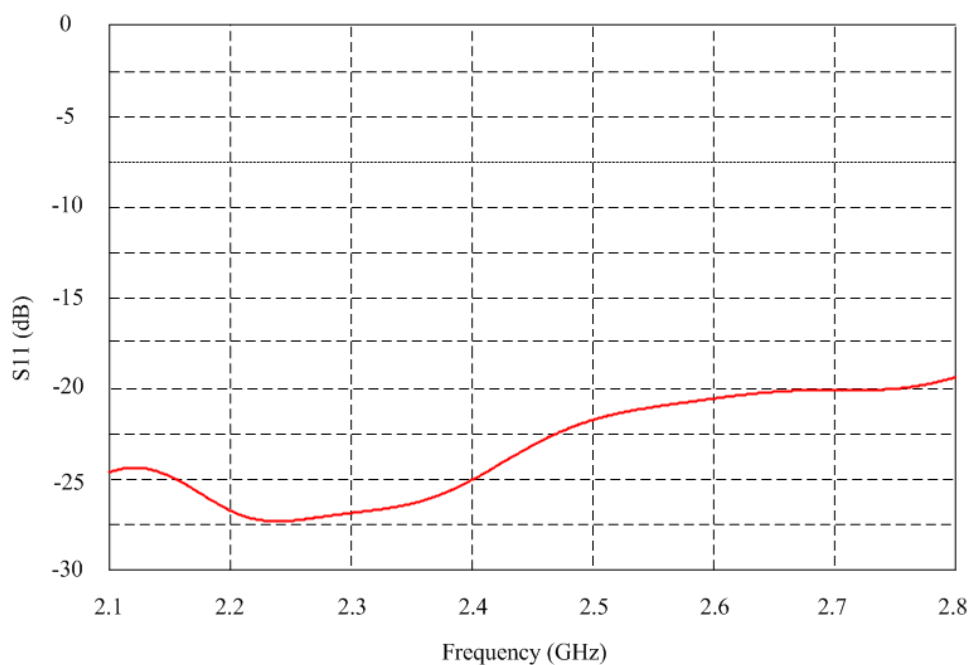
การออกแบบสายอากาศปากแตรรูปพีระมิด

ในการออกแบบสายอากาศปากแตรรูปพีระมิด โดยทำการออกแบบที่ความถี่ 2.45 GHz ซึ่งเป็นช่วงความถี่ที่ได้รับอนุญาตในการใช้งานความถี่ในการให้ความร้อน โดยใช้แหล่งกำเนิดสัญญาณความถี่ไมโครเวฟด้วยหลอดแม็กนีตรอนแล้วป้อนผ่านท่อนำคลื่น WR340 ที่มีขนาดของปากอะเพอร์เจอร์กว้าง 86.36 มิลลิเมตร สูง 43.18 มิลลิเมตรและยาว 100 มิลลิเมตร ดังแสดงรูปแบบท่อนำคลื่นในภาพที่ 3 ในการกำเนิดคลื่นความถี่ไมโครเวฟจากหลอดแม็กนีตรอนกระตุ้นผ่านท่อนำคลื่น WR340 เพียงอย่างเดียวนั้น เมื่อทำการวิเคราะห์การกระตุ้นจากหลอดแม็กนีตรอน

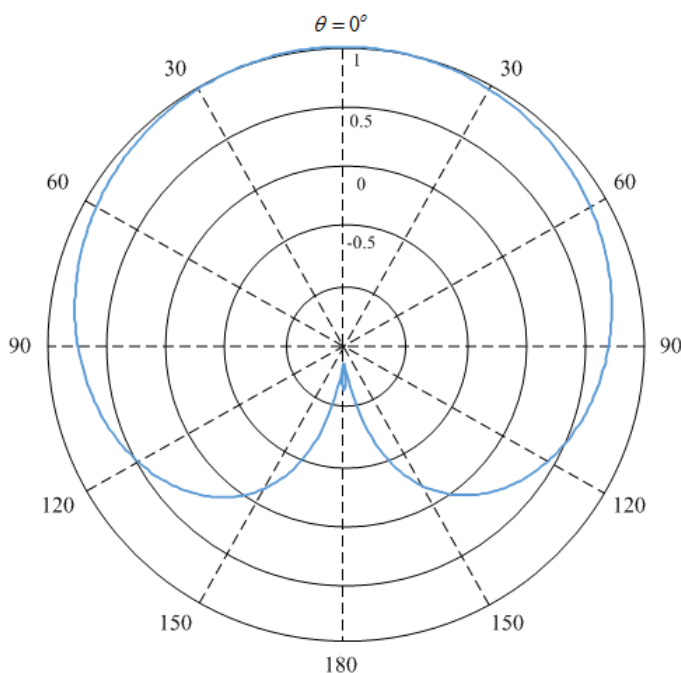
ผ่านท่อนำคลื่นค่าพารามิเตอร์ข้างต้นด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปในการวิเคราะห์ทางด้านความถี่ไมโครเวฟเพื่อทำการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับ (S_{11}) แบบรูปการแผ่พลังงาน และอัตราการขยายอัตราขยายของท่อนำคลื่น WR390 จากการจำลองการออกแบบพบว่าท่อนำคลื่น WR390 มีอัตราขยายเท่ากับ 3.67 dB ในภาพที่ 4 และ 5 ได้แสดงค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับ (S_{11}) และแบบรูปการแผ่พลังงานของท่อนำคลื่น WR340 ตามลำดับ



ภาพที่ 3 ท่อนำคลื่น WR340



ภาพที่ 4 ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับ (S_{11}) ท่อนำคลื่น WR340



ภาพที่ 4 แบบรูปการแผ่พลังงานของท่อนำคลื่น WR340

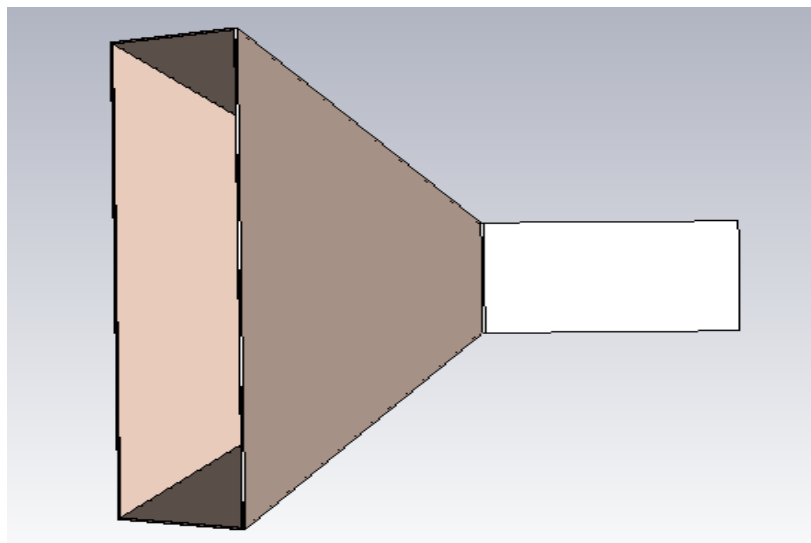
หลังจากนั้นได้ทำการออกแบบสายอากาศปากแตรรูปพีระมิด โดยทำการคำนวณค่าพารามิเตอร์จากสมการที่ 1 และ 2 เมื่อได้ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการคำนวณแล้ว ทำการนำค่าที่ได้เข้ามาทำการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปในการวิเคราะห์ทางด้านความถี่ไมโครเวฟเพื่อให้ได้ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมอีกครั้งหนึ่ง เนื่องมาจากค่าที่ได้จากการคำนวณเมื่อทำการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมจำลองการทำงานจะต้องทำการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์อีกครั้งเพื่อให้ได้ค่าองค์ประกอบต่างๆที่เหมาะสม คือค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับ (S_{11}) แบบรูปการแผ่พลังงาน และอัตราการขยายจากการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ด้วยโปรแกรมในการวิเคราะห์ทางด้านความถี่ไมโครเวฟจนได้ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม ดังแสดงค่าพารามิเตอร์ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าพารามิเตอร์ของสายอากาศปากแตรรูปพีระมิด

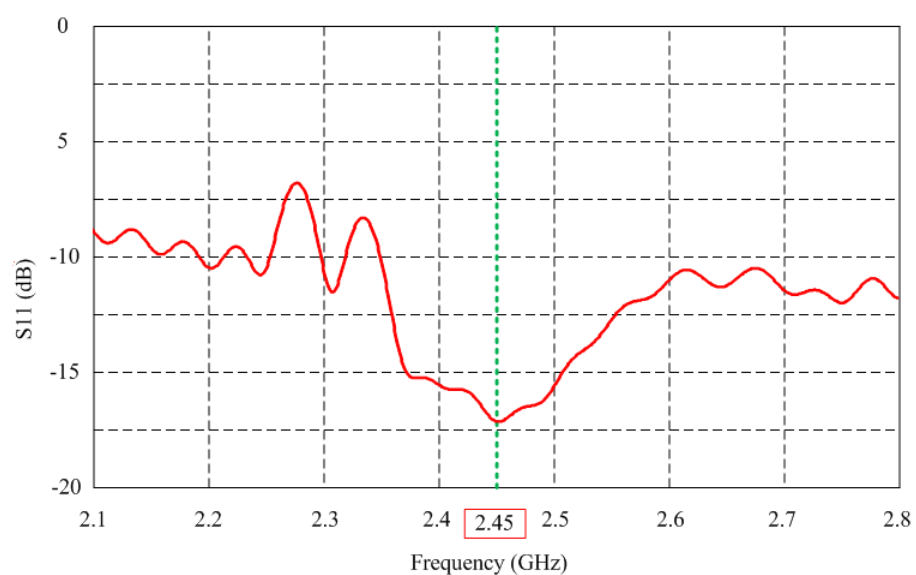
พารามิเตอร์	ขนาด (mm)
a	86.36
b	43.18
ρ_e, ρ_h	180.00
a_1	280
b_1	250

จากภาพที่ 6 แสดงรูปแบบสายอากาศปากแตรรูปพีระมิดที่ทำวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ด้วยโปรแกรม CST จำลองการออกแบบทางด้านไมโครเวฟ แสดงดังภาพที่ 7 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับ (S_{11}) ของสายอากาศที่ได้จากภาพที่ 7 พบว่าที่ความถี่ 2.45 GHz ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับมีค่าเท่ากับ -17.25dB แสดงให้เห็นว่าสายอากาศปากแตรรูป และในภาพที่ 8 แสดงแบบรูปการแผ่พลังงาน (radiation pattern) ของสายอากาศที่ได้จาก

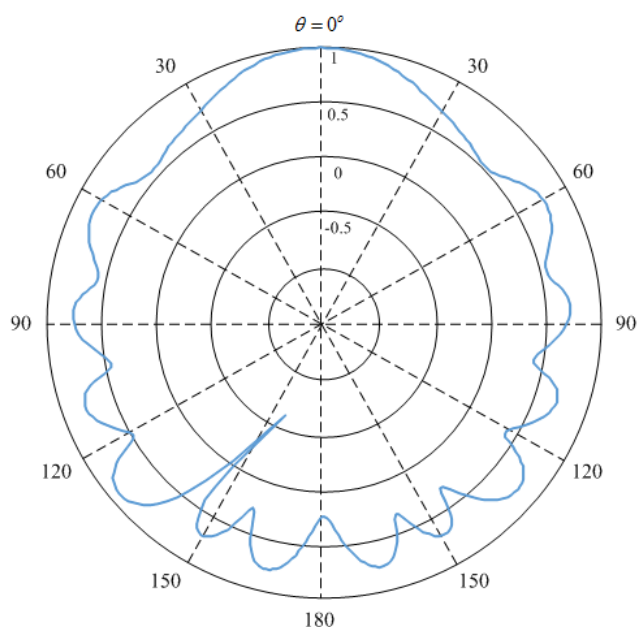
การจำลองการออกแบบด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปในการวิเคราะห์ทางด้านความถี่ไมโครเวฟ และพบว่าอัตราขยายของสายอากาศปากแตรรูปพีระมิดที่ได้เท่ากับ 13.7 dB



ภาพที่ 6 รูปแบบสายอากาศปากแตรรูปทรงพีระมิดที่ทำการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป



ภาพที่ 7 ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับ (S11)



ภาพที่ 8 แบบรูปการแผ่พลังงานสายอากาศปากแตรรูปพีระมิดที่ออกแบบ

สรุปผลการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอการออกแบบสายอากาศปากแตรรูปพีระมิดเพื่อเพิ่มอัตราการขยายสัญญาณความถี่ไมโครเวฟจากหลอดแมกนีตรอน การให้ความร้อนด้วยคลื่นความถี่ไมโครเวฟที่นั่นย่านความถี่ที่ได้รับอนุญาตใช้งานคือที่ย่านความถี่ 2.45 GHz โดยนิยมใช้หลอดแมกนีตรอนในการผลิตความถี่ดังกล่าว ในการกระตุ้นหรือส่งผ่านความถี่ไมโครเวฟเข้าไปในท่อนำคลื่นเพื่อส่งผ่านคลื่นความถี่ดังกล่าวออกไปใช้งาน ในตู้อบไมโครเวฟขนาดเล็กจะทำการส่งคลื่นความถี่ไมโครเวฟผ่านท่อนำคลื่นแล้วส่งผ่านเข้าไปยังตู้อบหรือที่เรียกว่าคิวตี้ หากต้องการออกแบบตู้อบไมโครเวฟที่มีขนาดใหญ่การกระตุ้นด้วยหลอดแมกนีตรอนผ่านท่อนำคลื่นเพียงอย่างเดียวจึงไม่เพียงพอ ดังนั้นการเพิ่มอัตราการขยายสัญญาณคลื่นความถี่ไมโครเวฟให้เพิ่มสูงขึ้นจึงจำเป็นต่อการออกแบบเพื่อใช้งาน ในงานวิจัยนี้จึงนำเสนอการออกแบบสายอากาศปากแตรรูปพีระมิดที่ต่อร่วมกับท่อนำคลื่น WR340 เพื่อเพิ่มอัตราการขยายของชุดกำเนิดความถี่ไมโครเวฟเพิ่มขึ้น จากการออกแบบชุดกำเนิดความถี่ไมโครเวฟที่ทำการการกระตุ้นด้วยหลอดแมกนีตรอนผ่านท่อนำคลื่นเพียงอย่างเดียวพบว่าม้อัตรขยายเท่ากับ 3.67 dB และเมื่อทำการออกแบบสายอากาศปากแตรรูปทรงพีระมิดมาต่อร่วมกับท่อนำคลื่นพบว่าชุดกำเนิดความถี่ไมโครเวฟที่นำเสนอมีอัตราการขยายเพิ่มขึ้นเท่ากับ 13.7 dB โดยเพิ่มขึ้นจากการส่งผ่านคลื่นด้วยท่อนำคลื่นเพียงอย่างเดียว 10.03 dB

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณในการดำเนินการวิจัยพัฒนาจากสถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย และสาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

เอกสารอ้างอิง

- ช่างเรือ, วิบูลย์. (2561). การให้ความร้อนด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าย่านความถี่คลื่นไมโครเวฟ และคลื่นวิทยุ. จาก <http://www.phtnet.org/2018/09/1044/>, สืบค้นเมื่อ 25 ธันวาคม 2561.
- วงศ์สรรค์, รังสรรค์. (2555). วิศวกรรมสายอากาศ (พิมพ์ครั้งที่ 3). ศูนย์นวัตกรรมและเทคโนโลยีการศึกษา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

อภิญาวิศิษฐ์, กฤษณ์ นาถกรณกุล, อติศักดิ์ และ โสภณรณฤทธิ์, สมชาติ. (2560). การออกแบบเครื่องอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนแบบสายพานลำเลียงต้นแบบ. วารสารวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ฉบับที่ 45(3). 628 – 638.

Balanis, Constantine A. (2005). Antenna Theory Analysis and design (3th). John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.

Nisoa, Mutorlep Kerdongmee, Priwan. (2016). Development of Industrial Prototype of Microwave. The 20th International Drying Symposium. Japan.

Pozar, D. M. (1990). Microwave Engineering 2nd edition. Addison-Wesley Pub., Massachusettes, USA.

คณะผู้เขียน/ ผู้เขียน

อาจารย์ ดร.ธนาวุฒิ ธนวาณิชย์

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ สำนักวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย 80 หมู่ 9 ต.บ้านดู่ อ.เมือง จ.เชียงราย
e-mail: d5640058@g.sut.ac.th

อาจารย์ ดร.ภูมิพงษ์ ดวงตั้ง

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ สำนักวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย 80 หมู่ 9 ต.บ้านดู่ อ.เมือง จ.เชียงราย
e-mail: pumipong5325@gmail.com

อาจารย์ อนุสรณ์ ใจแก้ว

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ สำนักวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย 80 หมู่ 9 ต.บ้านดู่ อ.เมือง จ.เชียงราย
e-mail: anusorn.chai @gmail.com