

บทที่ 4 ผลการวิจัย

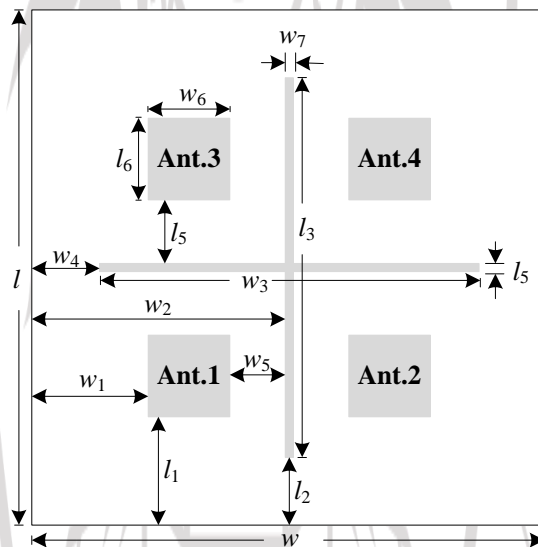
คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามลำดับขั้นตอนวิจัยที่ระบุไว้ในบทที่ 3 ในส่วนของการออกแบบสายอากาศส่งและสายอากาศรับ การออกแบบและสร้างระบบเซนเซอร์ควบคุมความชื้นอัตโนมัติ การสร้างส่วนควบคุมและประมวลผล และผลการทดสอบระบบเซนเซอร์ ผลที่ได้แสดงดังต่อไปนี้

ผลการออกแบบและสร้างสายอากาศต้นแบบ

สายอากาศไมโครสตริปที่ใช้ในระบบเซนเซอร์ควบคุมความชื้นมีทั้งหมดจำนวน 2 ตัว คือสายอากาศส่ง และสายอากาศรับ ซึ่งสายอากาศแต่ละตัวมีโครงสร้างและการทำงาน ดังนี้

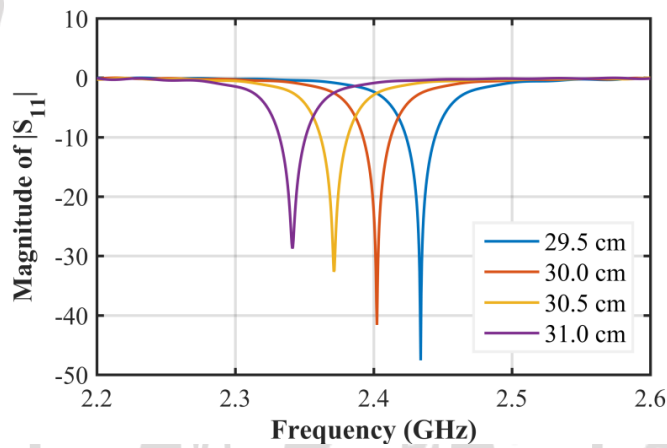
1.สายอากาศส่ง

สายอากาศไมโครสตริปที่ภาคส่งเป็นสายอากาศชนิดปรับลำคลื่นได้ 4 ทิศทาง เพื่อให้คลื่นสามารถผ่านโรงเรือนเพาะเห็ดได้ทั่วถึง โครงสร้างของสายอากาศที่ออกแบบในงานวิจัยนี้ สายอากาศส่งที่พัฒนามีโครงสร้างไม่ซับซ้อนทั้งหมด 4 ตัว อยู่บนระนาบกราวด์เดียวกัน และมีส่วนสะท้อนคลื่นเป็นรูปเครื่องหมายบวกอยู่ตรงกลางชั้นกลางระหว่างสายอากาศส่งทั้ง 4 ตัว แต่ละแผ่นมีจุดป้อนสัญญาณแบบโพรบ (Probe feed) ส่วนด้านหลังของสายอากาศเป็นกราวด์ทั้งแผ่น สายอากาศที่ออกแบบมีโครงสร้างดังภาพที่ 4.1 และขนาดของสายอากาศแสดงดังตารางที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 โครงสร้างด้านหน้าของสายอากาศส่ง

การพัฒนาโครงสร้างของสายอากาศส่ง เพื่อให้มีรูปแบบการแพร่กระจายคลื่นและทิศทางของลำคลื่นกระจายไปทั้ง 4 มุม ของโรงเรือน เพื่อให้คลื่นความถี่เดินทางผ่านความชื้นโดยครอบคลุมทั้งโรงเรือนเพาะเห็ด ขนาดของสายอากาศที่ได้จากการคำนวณได้รับการปรับละเอียดด้วยโปรแกรมจำลองค่าสนามแม่เหล็ก Hobbies 10.1 เพื่อให้ได้ขนาดที่เหมาะสมโดยการปรับขนาดของตัวนำตั้งแต่ 29.5 30.0 ถึง 31.0 เซนติเมตร ตามลำดับ การเปลี่ยนขนาดของสายอากาศส่งผลต่อค่าการสูญเสียย้อนกลับหรือพารามิเตอร์ $|S_{11}|$ โดยเมื่อขนาดตัวนำของสายอากาศลดลงส่งผลให้สายอากาศเปลี่ยนตำแหน่งความถี่ทำงานอยู่ที่ 2.33 2.36 2.40 2.43 กิกะเฮิรตซ์ ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 4.3



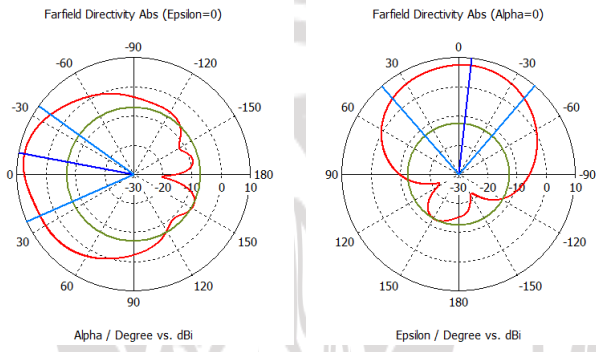
ภาพที่ 4.2 ค่าการสูญเสียย้อนกลับ $|S_{11}|$ ต่อขนาดตัวนำของสายอากาศส่ง

จากการปรับขนาดของสายอากาศเพื่อหาโครงสร้างที่เหมาะสม โดยให้ช่วงความถี่ทำงานอยู่ที่ 2.4 กิกะเฮิรตซ์ และค่าพารามิเตอร์ $|S_{11}|$ ต่ำกว่า -10 เดซิเบล ซึ่งขนาดของสายอากาศที่เหมาะสมแสดงดังในตารางที่ 4.1

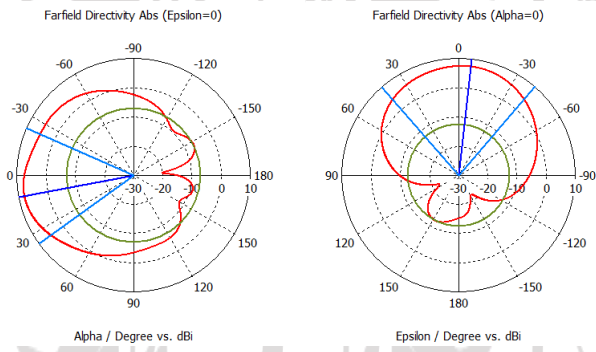
ตารางที่ 4.1 ขนาดของสายอากาศส่ง

$w = 19$	$w_1 = 4.3$	$w_2 = 9.3$	$w_3 = 14$	$w_4 = 2.5$	$w_5 = 2.1$	$w_6 = 3$	$w_7 = 0.3$
$l = 19$	$l_1 = 4$	$l_2 = 2.5$	$l_3 = 14$	$l_4 = 0.3$	$l_5 = 2.3$	$l_6 = 3$	

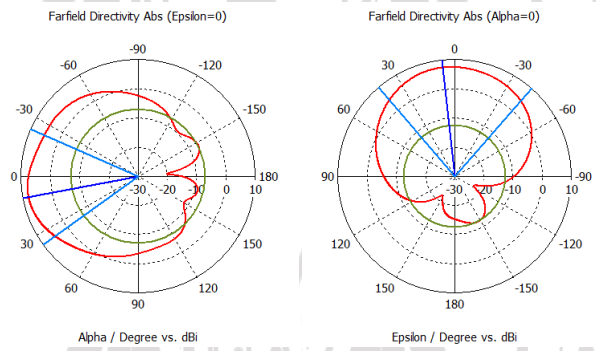
จากการจำลองการทำงานด้วยโปรแกรมจำลองค่าสนามแม่เหล็กไฟฟ้า แสดงให้เห็นได้ว่าสายอากาศทั้ง 4 ตัว ที่วางอยู่บนวัสดุฐานรองเดียวกันทำงานได้ดีที่ความถี่ 2.4 กิกะเฮิรตซ์ และรูปแบบการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศแต่ละตัวมีทิศทางต่างกันทั้งหมด 4 ทิศทาง สายอากาศตัวที่ 1 มีทิศทางของลำคลื่นหลักพุ่งลงด้านล่างซ้าย ตัวที่ 2 มีทิศทางของลำคลื่นหลักพุ่งลงด้านล่างขวา ตัวที่ 3 มีทิศทางของลำคลื่นหลักพุ่งขึ้นด้านบนซ้าย ตัวที่ 4 มีทิศทางของลำคลื่นหลักพุ่งขึ้นด้านบนขวา ดังแสดงในภาพที่ 4.4



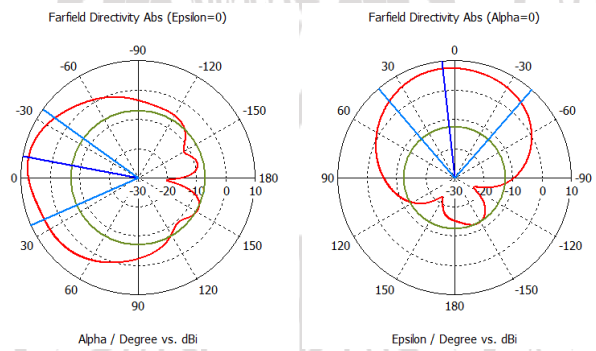
(ก)



(ข)



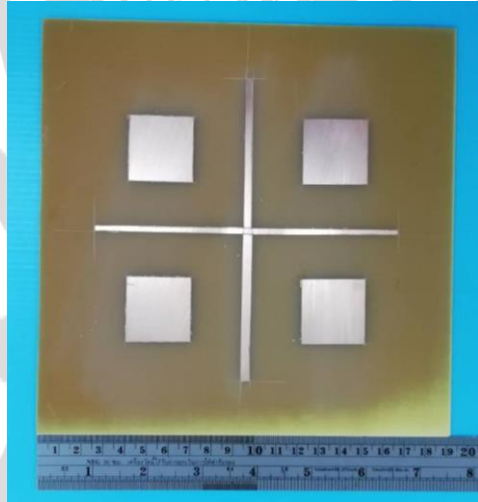
(ค)



(ง)

ภาพที่ 4.3 รูปแบบการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศส่งในระนาบ E ระนาบ H
(ก) สายอากาศ 1 (ข) สายอากาศ 2 (ค) สายอากาศ 3 (ง) สายอากาศ 4

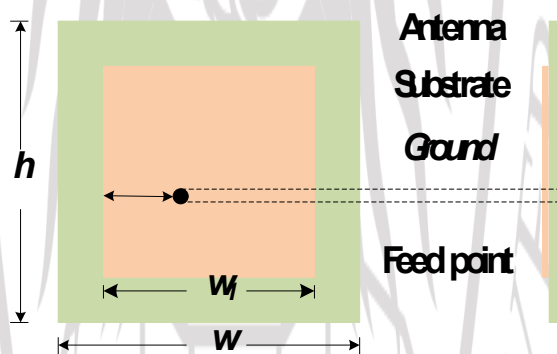
สายอากาศส่งและสายอากาศรับต้นแบบถูกสร้างด้วยแผ่นวงจรพิมพ์ 2 หน้า ชนิด FR4 ลักษณะของสายอากาศส่งแสดงดังรูปที่ 6 ถูกนำมาทดสอบด้วยเครื่องวิเคราะห์โครงข่าย (Network analyzer) เพื่อทดสอบช่วงความถี่ทำงานของสายอากาศ โดยการวัดค่าพารามิเตอร์ $|S_{11}|$ ผลการทดสอบการทำงานของสายอากาศส่งต้นแบบเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการจำลองของสายอากาศส่งทั้ง 4 ตัว พบว่าสายอากาศส่งต้นแบบทั้ง 4 ตัว ที่สร้างขึ้นสามารถทำงานได้ดีที่ความถี่ 2.4 กิกะเฮิรตซ์



ภาพที่ 4.4 สายอากาศส่งต้นแบบ

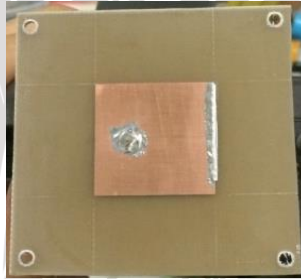
2.สายอากาศรับ

สายอากาศรับถูกออกแบบและจำลองการทำงานด้วยโปรแกรมจำลองค่าสนามแม่เหล็ก Hobbies 10.1 เพื่อให้ได้ขนาดที่เหมาะสมและทำงานได้ดีที่ความถี่ 2.4 กิกะเฮิรตซ์ เช่นเดียวกับสายอากาศส่ง ปรับหาค่าขนาดที่เหมาะสมจากการจำลอง ให้สายอากาศทำงานในช่วงความถี่ 2.4 กิกะเฮิรตซ์ ผลจากการจำลองได้โครงสร้างของสายอากาศรับดังภาพที่ 4.7



ภาพที่ 4.5 โครงสร้างของสายอากาศรับ

ขนาดที่ได้จากการจำลองการทำงานของสายอากาศรับ นำไปสร้างบนแผ่นวงจรพิมพ์ 2 หน้า ชนิด FR4 เป็นสายอากาศรับต้นแบบ และนำไปทดสอบสมรรถนะของสายอากาศ สายอากาศต้นแบบที่สร้างขึ้นดังภาพที่ 4.7



ภาพที่ 4.6 สายอากาศรับต้นแบบ

ผลการทดสอบสมรรถนะด้วยเครื่องวิเคราะห์ที่โครงข่ายพบว่า สายอากาศรับต้นแบบสามารถทำงานได้ดีที่ความถี่ 2.4 กิกะเฮิรตซ์ สอดคล้องกับผลที่ได้จากการจำลอง

ระบบเซนเซอร์ควบคุมความชื้นอัตโนมัติต้นแบบ

ระบบเซนเซอร์ควบคุมความชื้นอัตโนมัติในโรงเรือนเพาะเห็ดประกอบด้วย เซนเซอร์ภาคส่งสัญญาณ และเซนเซอร์ภาครับสัญญาณ ทำงานร่วมกันเพื่อควบคุมความชื้นภายในโรงเรือนทดสอบให้อยู่ที่ 70% -80% ตลอดเวลา ระบบต้นแบบถูกสร้างขึ้นด้วยอุปกรณ์ต่างๆ อย่างเหมาะสม เพื่อนำไปติดตั้งและทดสอบในโรงเรือนทดสอบที่สร้างขึ้น ณ พื้นที่ของกลุ่มกลุ่มผลิตเห็ดเศรษฐกิจครบวงจร หมู่ 8 ต.รำพัน อ.ท่าใหม่ จ.จันทบุรี

1. ระบบเซนเซอร์ควบคุมความชื้นต้นแบบ

ระบบเซนเซอร์ควบคุมความชื้นอัตโนมัติ ถูกสร้างขึ้นตามโครงสร้างที่ได้ออกแบบไว้ โดยอุปกรณ์ที่นำมาสร้างเป็นภาคส่ง ได้แก่ อุปกรณ์ส่งเคราะห์ความถี่รุ่น ADF 4351 PLL ของบริษัท Analog Devices ทำหน้าที่สร้างสัญญาณความถี่ 2.4 กิกะเฮิรตซ์ ควบคุมการส่งเคราะห์ความถี่ด้วยอุปกรณ์ลอจิกแบบโปรแกรมได้ชนิด CPLD รุ่น DEO-Nano Cyclone IV ของบริษัท Terasic ลักษณะของอุปกรณ์แสดงดังภาพที่ 4.8 และภาคส่งต้นแบบแสดงดังภาพที่ 4.9

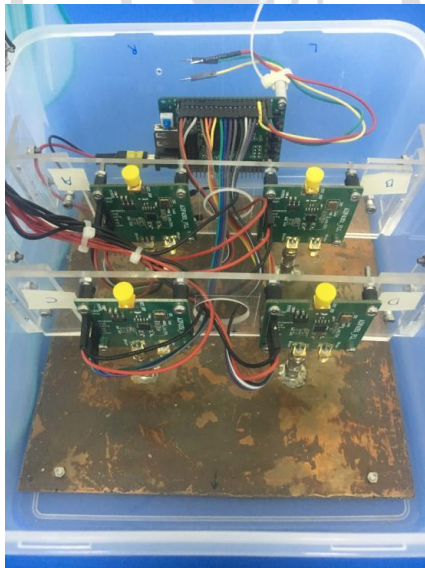


(ก)

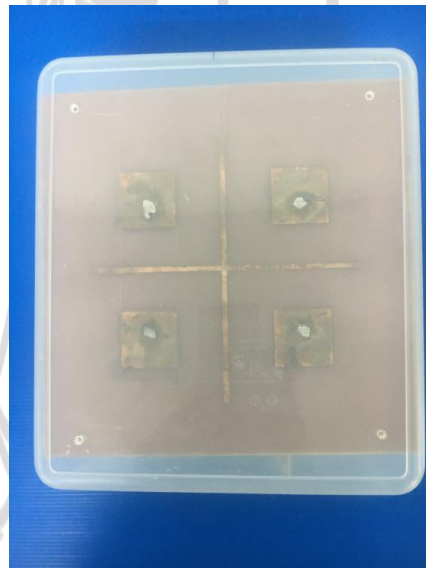


(ข)

ภาพที่ 4.7 (ก) อุปกรณ์สังเคราะห์ความถี่ (ข) อุปกรณ์ลอจิกแบบโปรแกรมได้



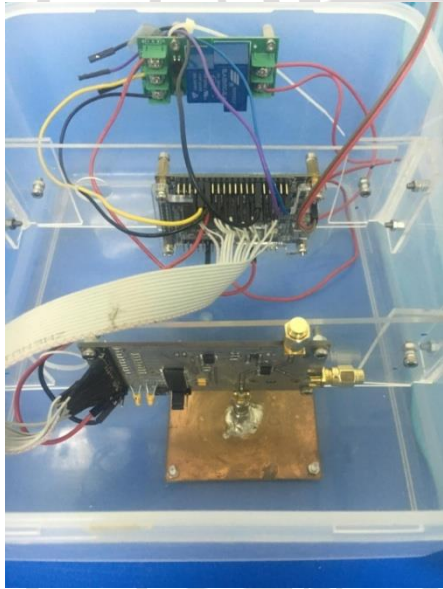
(ก)



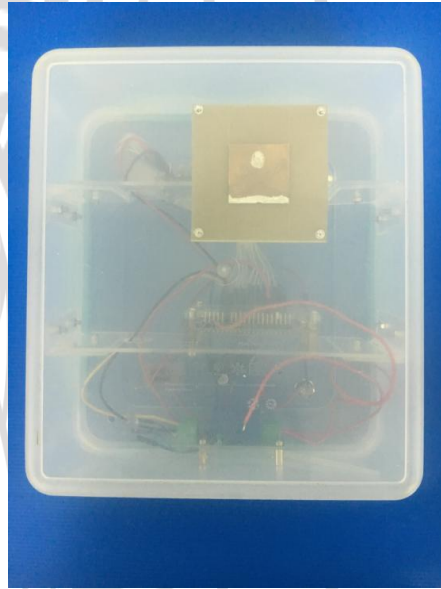
(ข)

ภาพที่ 4.8 ภาควงของระบบเซนเซอร์ควบคุมความชื้น (ก) ด้านใน (ข) ด้านหน้า

ภาควงถูกสร้างขึ้นตามโครงสร้างที่ได้ออกแบบไว้เช่นเดียวกัน โดยสายอากาศรับเชื่อมต่ออยู่กับวงจรตรวจจับกำลังงานรุ่น MAX 4003 ของบริษัท Maxim Integrated แปลงกำลังงานคลื่นความถี่เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง วงจรขยายสัญญาณอินสตรูเมนต์สร้างจากออปแอมป์เบอร์ LM 358 ถูกส่งไปแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัลด้วยวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล รุ่น ADS8506 และประมวลผลด้วยอุปกรณ์ลอจิกแบบโปรแกรมได้ชนิด CPLD รุ่น DEO-Nano Cyclone IV ของบริษัท Terasic โครงสร้างของภาควงรับต้นแบบแสดงดังภาพที่ 4.10



(ก)



(ข)

ภาพที่ 4.9 ภาครับของระบบเซนเซอร์ควบคุมความชื้น (ก) ด้านใน (ข) ด้านหน้า

ชุดอุปกรณ์ของภาครับและภาคส่งถูกบรรจุในกล่องพลาสติกอเนกประสงค์อย่างมิดชิดป้องกันความชื้นจากโรงเรือนทำให้ระบบเสียหาย

2. โรงเรือนทดสอบ

คณะผู้วิจัยได้ลงพื้นที่เก็บข้อมูล ณ กลุ่มผลิตเห็ดครบวงจร หมู่ 8 ต.รำพัน อ.ท่าใหม่ จ.จันทบุรี เพื่อศึกษาถึงพื้นที่สำหรับก่อสร้างโรงเรือน และจำนวนก้อนเห็ดที่เหมาะสม แล้วนำข้อมูลที่ได้มาออกแบบโรงเรือนให้สอดคล้องกับความต้องการของทางกลุ่มผลิตเห็ดครบวงจร ลักษณะของโรงเรือนเพาะเห็ดนางฟ้าที่เกษตรกรใช้งานอยู่ปัจจุบันแสดงดังภาพที่ 4.10



ภาพที่ 4.10 โรงเรือนเพาะเห็ดของเกษตรกร

ดังนั้นขนาดของโรงเรือนเพาะเห็ดจึงถูกออกแบบตามขนาดที่ใกล้เคียงกับขนาดเดิมของเกษตรกร และเหมาะสมกับพื้นที่สร้าง เพื่อให้เกษตรกรไม่ต้องปรับวิธีการทำงานเดิม โรงเรือนทดสอบในงานวิจัยนี้ จึงมีขนาดอยู่ที่ 2.5 เมตร x 6 เมตร x 3 เมตร รองรับจำนวนก้อนเห็ดได้ 2,000 ก้อน ซึ่งเป็นปริมาณที่ทางกลุ่มผลิตได้สูงสุดต่อการรอบก้อนเชื้อเห็ด 1 ครั้ง

โรงเรือนทดสอบถูกสร้างขึ้นใหม่ ณ พื้นที่ของกลุ่มผลิตเห็ดเศรษฐกิจครบวงจร หมู่ 8 ต. รำพัน อ.ท่าใหม่ จ.จันทบุรี ในการดูแลของประธานกลุ่ม มีชั้นสำหรับวางก้อนเห็ดจำนวน 2,000 ก้อน โรงเรือนทดสอบที่สร้างขึ้นแสดงดังภาพที่ 4.11 (ก) – (ค) โดยวัสดุที่นำมาสร้างโรงเรือนถูกเลือกอย่างเหมาะสม มีรายละเอียดดังนี้ดังนี้

- 1) ชั้นวางก้อนเห็ดมีลักษณะเป็นวางลาดเอียงพียงกับผนังของโรงเรือน สร้างจากเสาปูนและท่อพีวีซีเพื่อให้คงทน
- 2) หลังคาของโรงเรือนสร้างด้วยเมทัลชีทเพื่อให้ความร้อนเข้าสู่โรงเรือนได้น้อย เนื่องจากความร้อนส่งผลให้ดอกเห็ดออกน้อย นอกจากนี้ยังทำให้ความชื้นลดต่ำลงอย่างช้าๆ หลังคาเสริมด้วยพลาสติกดำเพื่อป้องกันไอน้ำสัมผัสกับแผ่นพอยด์ เป็นการยืดอายุการใช้งาน
- 3) เหน้พื้นด้วยทรายซึ่งเป็นวัสดุที่สามารถเก็บความชื้นได้ดี
- 4) ด้านข้างของโรงเรือนปิดด้วยพลาสติกสีดำ เพื่อให้เก็บรักษาความชื้นได้ดี



(ก)



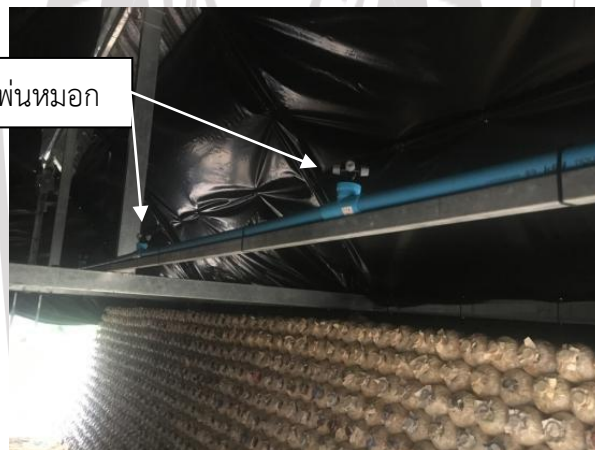
(ข)



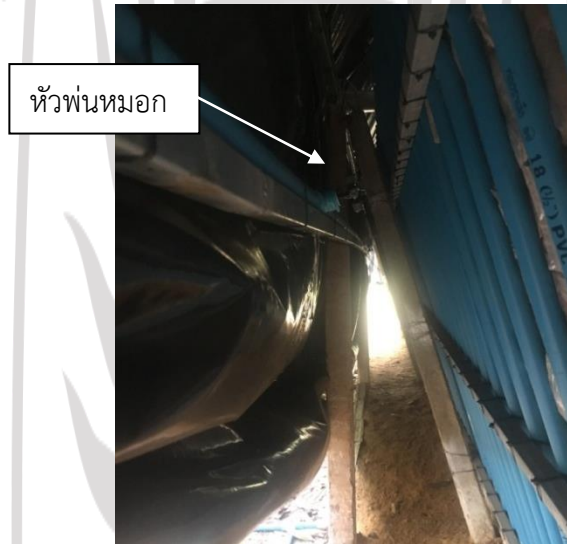
(ค)

ภาพที่ 4.11 โรงเรือนทดสอบ (ก) ด้านข้าง (ข) ด้านหน้า (ค) ด้านใน

ระบบฉีดพ่นละอองน้ำประกอบด้วย หัวฉีดพ่นหมอกและวาล์วไฟฟ้า หัวฉีดพ่นหมอกถูกติดตั้งอยู่ด้านบนของชั้นวางก้อนเห็ด บริเวณกึ่งกลางของโรงเรือน โดยติดตั้งจำนวน 6 จุด ตามแนวยาวของโรงเรือน นอกจากนี้ยังติดตั้งบริเวณด้านหลังของชั้นวางก้อนเห็ดทั้ง 2 ฝั่ง ดังภาพที่ 4.12 และวาล์วไฟฟ้าสำหรับควบคุมการให้น้ำเพื่อให้ระบบทำงานแบบอัตโนมัติ รวมทั้งติดตั้งวาล์วแบบหมุนมือให้สามารถควบคุมการให้น้ำด้วยมือได้ ดังภาพที่ 4.13



(ก)



(ข)

ภาพที่ 4.12 จุดติดตั้งหัวพ่นหมอก (ก) ด้านบน (ข) ด้านหลังก้อนเห็ด



ภาพที่ 4.13 การติดตั้งวาล์วน้ำไฟฟ้า

3. ติดตั้งระบบเซนเซอร์ควบคุมความชื้นอัตโนมัติ

ภาครับและภาคส่งของระบบเซนเซอร์ควบคุมความชื้นอัตโนมัติต้นแบบ ถูกติดตั้งภายในโรงเรือนเพาะเห็ดทดสอบ เพื่อทำการทดสอบค่าอ้างอิง โดยนำไปติดตั้งกับโครงเหล็กซึ่งสร้างไว้ด้านหน้าและด้านหลังของโรงเรือน เพื่อให้การรับส่งคลื่นความถี่อยู่บริเวณกึ่งกลางของโรงเรือน ดังภาพที่ 4.14 (ก) ภาครับและภาคส่งติดตั้งอยู่ตรงข้ามกันตามแนวยาวของโรงเรือนดังภาพที่ 4.14 (ข)



(ก)



(ข)

ภาพที่ 4.14 การติดตั้งระบบเซนเซอร์ควบคุมความชื้น (ก) จุดติดตั้งเซนเซอร์ (ข) ลักษณะการติดตั้ง

ภาคส่งและภาครับถูกเชื่อมต่อกันด้วยสายโคแอกเซียล RG178 RF ความต้านทาน 50 โอห์ม เพื่อเข้า
 จังหวะ (Synchronous) การเริ่มส่งและรับคลื่นความถี่ 2.4 กิกะเฮิร์ตซ์ วาล์วไฟฟ้าของระบบฉีดพ่น
 ละอองน้ำถูกเชื่อมต่อเข้ากับภาครับของระบบเซนเซอร์ควบคุมความชื้นอัตโนมัติเพื่อควบคุมการเปิด
 ปิดละอองน้ำสำหรับการเพิ่มความชื้นให้แก่โรงเรือนเพาะเห็ด

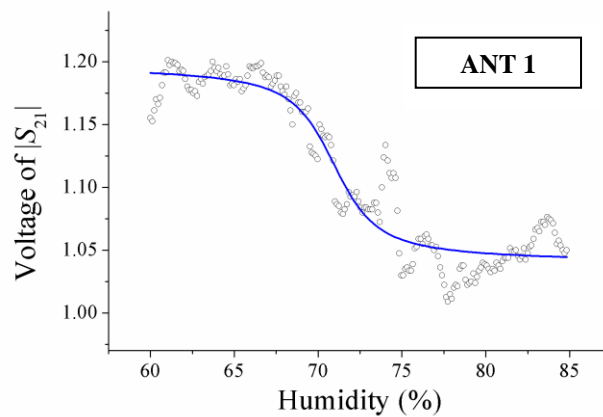
ผลการทดสอบค่าอ้างอิงระดับความชื้นในอากาศ

ความชื้นในโรงเรือนเพาะเห็ดทดสอบ ความชื้นถูกปรับเพิ่มขึ้นอย่างละเอียดตั้งแต่ 60% ไป
 ถึง 85% ในขณะที่ความชื้นเพิ่มขึ้น ระบบทำการวัดด้วยการส่งความถี่ 2.4 GHz ที่กำลังงานส่ง +2

dBm ออกจากสายอากาศส่ง เดินทางผ่านภายในโรงเรือนเพาะเห็ดไปยังสายอากาศภาครับ การส่งผ่านกำลังงานของภาคส่งมีการปรับทิศของลำคลื่นหลักสายอากาศให้ชี้ทิศไปทั้ง 4 มุม เพื่อให้ครอบคลุมทั้งโรงเรือน การทำงานใช้วิธีการสวิตซ์การส่งออกคลื่นความถี่ โดยเริ่มต้นจากสายอากาศตัวที่ 1 ส่งคลื่นความถี่ผ่านโรงเรือนมายังภาครับและจากนั้นประมวลผลระดับแรงดันที่ได้รับ ขั้นตอนต่อมาคือสวิตซ์การทำงานมาสายอากาศตัวที่ 2 ส่งคลื่นความถี่ผ่านโรงเรือนรับค่าแรงดันและประมวลผลเช่นเดียวกับสายอากาศตัวที่ 1 จากนั้นสวิตซ์มายังสายอากาศตัวที่ 3 และ 4 โดยทำงานในลักษณะเดียวกัน

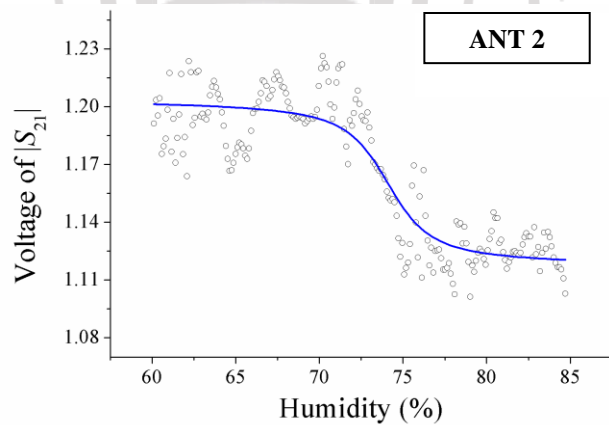
1. ผลการส่งผ่านคลื่นความถี่

ข้อมูลที่ได้จากการตรวจสอบความชื้นจากสายอากาศทั้งหมดจึงแบ่งออกได้เป็น 4 กลุ่ม จากสายอากาศแต่ละตัว สายอากาศตัวที่ 1 มีทิศทางของลำคลื่นหลักพุ่งออกทางด้านล่างขวาของโรงเรือน ค่าแรงดันที่รับได้อยู่ในช่วง 1.01 โวลต์ ถึง 1.20 โวลต์ เมื่อความชื้นเพิ่มขึ้นจากระดับ 60% ไปถึง 68% ค่าแรงดันไฟฟ้าที่รับได้เปลี่ยนแปลงลดลงเล็กน้อยในช่วง 1.2 โวลต์ ถึง 1.16 โวลต์ และเมื่อความชื้นเพิ่มขึ้นจาก 68% ถึง 74% ระดับแรงดันที่รับได้เปลี่ยนแปลงลดลงอย่างชัดเจนเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.16 โวลต์ ถึง 1.05 โวลต์ เมื่อความชื้นเพิ่มขึ้นจาก 74% ถึง 85% แรงดันที่รับได้ลดลงเล็กน้อยอยู่ที่ 1.05 โวลต์ ถึง 1.02 โวลต์ ดังแสดงในภาพที่ 4.15



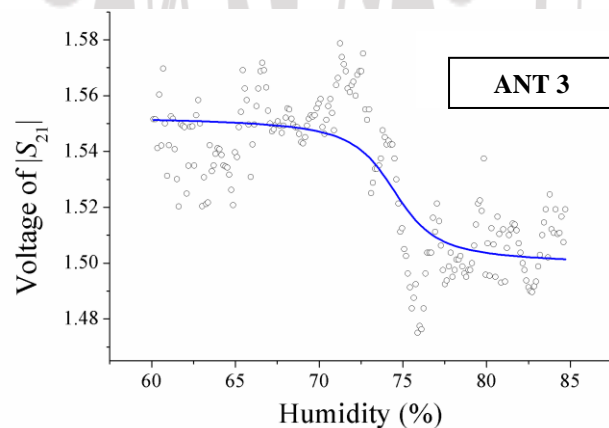
ภาพที่ 4.15 ความสัมพันธ์ของค่าแรงดันไฟฟ้าต่อความชื้นของสายอากาศตัวที่ 1

สายอากาศตัวที่ 2 มีทิศทางของลำคลื่นหลักพุ่งออกทางด้านล่างซ้ายของโรงเรือน ระดับแรงดันที่รับได้อยู่ในช่วง 1.10 โวลต์ ถึง 1.23 โวลต์ เมื่อระดับความชื้นเพิ่มขึ้นจาก 60% ถึง 71% แรงดันที่รับได้เปลี่ยนแปลงลดลงเพียงเล็กน้อย และเปลี่ยนแปลงชัดเจนขึ้นในช่วงความชื้น 71% ถึง 76% จากนั้นเมื่อความชื้นเพิ่มขึ้นไปถึง 85% ยังคงสังเกตเห็นได้ว่าระดับแรงดันที่วัดได้มีค่าลดลงตามลำดับ ดังภาพที่ 4.16



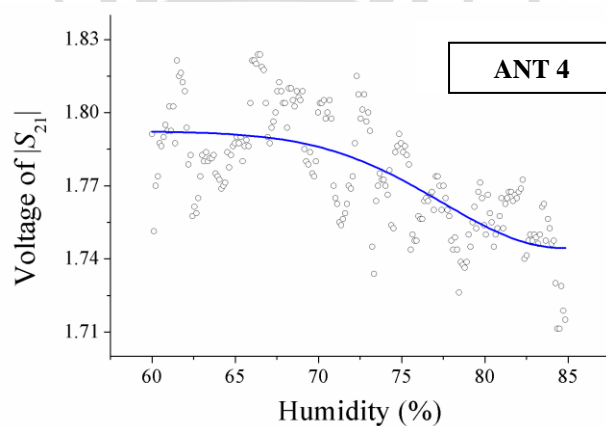
ภาพที่ 4.16 ความสัมพันธ์ของค่าแรงดันไฟฟ้าต่อความชื้นของสายอากาศตัวที่ 2

สายอากาศตัวที่ 3 มีทิศทางของลำคลื่นหลักพุ่งออกทางด้านบนขวาของโรงเรือน ค่าแรงดันที่รับได้อยู่ในช่วง 1.47 โวลต์ ถึง 1.58 โวลต์ ในช่วงความชื้น 60% ถึง 71% ค่าระดับแรงดันที่รับได้ผันผวนอยู่ในช่วง 1.481 โวลต์ ถึง 1.541 โวลต์ ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงไม่ชัดเจน และเมื่อระดับความชื้นเพิ่มขึ้นจาก 71% ถึง 78% ระดับแรงดันที่ตรวจสอบได้มีความผันผวนเล็กน้อยและมีการเปลี่ยนแปลงลดลงจากนั้นเมื่อความชื้นเพิ่มขึ้นจาก 78% ไปถึง 85% ระดับแรงดันที่ได้โดยเฉลี่ยมีค่าลดลงดังแสดงในภาพที่ 4.17



ภาพที่ 4.17 ความสัมพันธ์ของค่าแรงดันไฟฟ้าต่อความชื้นของสายอากาศตัวที่ 3

สายอากาศตัวที่ 4 มีทิศทางของลำคลื่นหลักพุ่งออกทางด้านบนซ้ายของโรงเรือนเพาะเห็ด ค่าแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้อยู่ในช่วง 1.71 ถึง 1.82 โวลต์ สังเกตได้ว่าเมื่อความชื้นเพิ่มขึ้นจาก 60% ถึง 70% ค่าเฉลี่ยของแรงดันไฟฟ้าลดลงเพียงเล็กน้อยและเมื่อความชื้นเพิ่มขึ้นจาก 70% ไปถึง 85% แนวนอนของกำลังงานที่วัดได้เปลี่ยนแปลงลดลงอย่างชัดเจนดังแสดงในภาพที่ 4.18



ภาพที่ 4.18 ความสัมพันธ์ของค่าแรงดันไฟฟ้าต่อความชื้นของสายอากาศตัวที่ 4

2. ผลการวิเคราะห์ค่าอ้างอิงระดับความชื้น

จากการทดสอบเห็นได้ว่าเมื่อความชื้นในอากาศเพิ่มขึ้นส่งผลต่อกำลังงานการส่งผ่านของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เนื่องจากในอากาศมีโมเลกุลของน้ำจำนวนมาก ทำให้คุณสมบัติไดอิเล็กตริกของอากาศมีค่าสูงขึ้น คลื่นจึงดูดซับกำลังได้มากกว่าอากาศที่มีความชื้นน้อย จากผลการทดสอบพบว่าในช่วงความชื้น 60% ถึง 85% กำลังงานมีแนวโน้มลดลงอย่างมีความสัมพันธ์กับความชื้นที่เพิ่มขึ้น สังเกตได้จากค่าแรงดันที่เปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนในกรณี ผลการวัดที่ได้จากสายอากาศตัวที่ 1 และ 2 ข้อมูลที่วัดได้ในแต่ละระดับความชื้นมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงชัดเจน รวมถึงเมื่อความชื้นเพิ่มขึ้นแรงดันที่วัดได้ลดลงในลักษณะเดียวกัน ซึ่งจากระดับการเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นสามารถนำมาใช้กำหนดค่าอ้างอิงให้กับระบบตัดสินใจเพื่อควบคุมระบบความชื้น และในกรณีของสายอากาศตัวที่ 3 และ 4 รูปแบบการแพร่กระจายคลื่นพุ่งออกด้านบนทางขวาและซ้ายของโรงเรือน ซึ่งมีโครงสร้างยึดหลังคาทำให้มีผลต่อการเดินทางของคลื่นความถี่ส่งผ่าน จึงเกิดการผันผวนของข้อมูลที่ได้รับและส่งผลต่อแนวโน้มของค่าแรงดันลดลง อย่างไรก็ตามกำลังงานที่วัดได้ยังคงมีทิศทางหรือลักษณะสำคัญสอดคล้องกับค่าที่รับได้จากสายอากาศตัวที่ 1 และ 2 สามารถสังเกตได้จาก เมื่อความชื้นเพิ่มขึ้นค่าแรงดันที่วัดได้มีค่าลดลงแต่อาจมีการผันผวนของข้อมูล ซึ่งอยู่ในระดับที่ยอมรับได้และถูกใช้เป็นข้อมูลเสริมสำหรับค่าอ้างอิงในการตัดสินใจ เมื่อความชื้นอยู่ในช่วง 70% ถึง 75% รวมถึงค่าอ้างอิงได้รับการพัฒนาลงบนอุปกรณ์ลอจิกแบบโปรแกรมได้ และติดตั้งไว้ที่ภาครับของระบบควบคุมความชื้น

3. การสร้างส่วนควบคุมและประมวลผล

การทำงานของระบบเซนเซอร์จะควบคุมระดับความชื้นของโรงเรือนให้ไม่ต่ำกว่า 70% - 80% ตลอด 24 ชั่วโมง (ประพันธ์ ลีกุล และคณะ, 2018) ซึ่งเป็นความชื้นที่เหมาะสมต่อการเปิดดอกเห็ดนางฟ้า การทำงานของส่วนควบคุมและตัดสินใจ เริ่มจากเมื่อสายอากาศรับ รับข้อมูลจากภาคส่งมาประมวลผลหากพบว่าความชื้นต่ำกว่า 70% ระบบจะปรับเพิ่มความชื้นโดยฉีดพ่นละอองน้ำเป็นเวลา 3 นาที จากนั้นหน่วงเวลา 20 นาที จึงรับและส่งคลื่นความถี่อีกครั้งเพื่อวัดความชื้น หาก

ความชื้นที่วัดได้มีค่าสูงกว่า 70% ระบบจะหน่วงเวลา 20 นาที แล้วจึงส่งคลื่น เพื่อวัดความชื้นอีกครั้ง ซึ่งการหน่วงเวลานี้เนื่องจากการป้องกันน้ำซังในหน้าก้นเห็ด

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของระบบต้นแบบ

ติดตั้งและทดสอบระบบเซนเซอร์ควบคุมความชื้นอัตโนมัติในโรงเรือนทดสอบ ซึ่งบรรจุก้อนเห็ดนางฟ้าอยู่ในจำนวน 2,000 ก้อน และติดตั้งอุปกรณ์บันทึกอุณหภูมิและความชื้น (Data logger) รุ่น BTH 81 (Ebay, 2018) ดังภาพที่ 4.19



ภาพที่ 4.19 อุปกรณ์บันทึกอุณหภูมิและความชื้น

ผลการวัดค่าความชื้นภายในโรงเรือนหลังจากระบบทำงานตลอด 24 ชั่วโมง ทั้งหมด 72 ชั่วโมง (3 วัน) เริ่มตั้งแต่วันที่ 18 ตุลาคม ถึงวันที่ 21 ตุลาคม นำข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นในแต่ละชั่วโมงของทุกวัน มาหาค่าเฉลี่ย ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิและความชื้นที่วัดได้ในแต่ละชั่วโมง

เวลา	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00
อุณหภูมิ (°C)	26.3	27.5	29.1	30.2	31.4	32.3	33.0	33.3	33.9	34.4	34.4	33.5
ความชื้น (%)	79	77	72	73	75	76	74	71	75	74	72	76
เวลา	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	00.00	01.00	02.00	03.00	04.00	05.00	06.00
อุณหภูมิ (°C)	29.8	29.2	28.6	27.9	27.1	26.4	26.9	26.2	25	25.5	25.2	25.8
ความชื้น (%)	73	75	74	79	80	82	83	84	87	89	80	76

ซึ่งจากการทดสอบแสดงให้เห็นว่าระบบควบคุมความชื้นอัตโนมัติสามารถปรับความชื้นในโรงเรือนเพาะเห็ดได้อย่างมีประสิทธิภาพในช่วงที่อุณหภูมิไม่เกิน 30 องศาเซลเซียส เมื่ออุณหภูมิเกิน 30 องศาเซลเซียส ความแม่นยำของระบบลดลงเล็กน้อย แต่ยังคงควบคุมความชื้นให้อยู่ในช่วง 70% ถึง 80% ตลอดเวลา เมื่อวิเคราะห์ค่าความชื้นตลอด 24 ชั่วโมง พบว่าค่าความชื้นช่วงกลางคืนมีค่าสูงกว่าช่วงกลางวันเนื่องจากอุณหภูมิต่ำและมีน้ำค้าง และเมื่อพิจารณาเฉพาะช่วงกลางวัน 8.00 น. – 18.00 น. พบว่าระบบสามารถรักษาความชื้นภายในโรงเรือนให้มีค่าเฉลี่ย 74.1% ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 การวิเคราะห์ค่าความชื้น

ช่วงเวลา	ค่าเฉลี่ยความชื้น (%)	S.D.
08.00 - 18.00 น.	74.1	2.32
24 ชม.	77.75	4.82

ผลการทดสอบประสิทธิภาพการควบคุมความชื้นตลอด 24 ชั่วโมง มีค่าความชื้นเฉลี่ยอยู่ที่ 77.75% แสดงให้เห็นว่าระบบเซนเซอร์ควบคุมความชื้นอัตโนมัติสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยช่วงกลางวันเป็นช่วงเวลาที่ความชื้นลดลงได้ง่าย เนื่องจากอุณหภูมิสูง ข้อมูลความชื้นที่วัดได้แต่ละช่วงของเวลากลางวันมีความแตกต่างกัน ช่วงเช้าและช่วงเย็นค่าความชื้นที่ได้มีค่าใกล้เคียงกัน ช่วงกลางวันค่าความชื้นจะแตกต่างกันเล็กน้อย เนื่องจากสภาพอากาศช่วงกลางวันมีอุณหภูมิสูง จึงเกิดความผิดพลาดในการปรับความชื้นของระบบ เนื่องมาจากสัญญาณรบกวนความร้อน (Thermal noise)