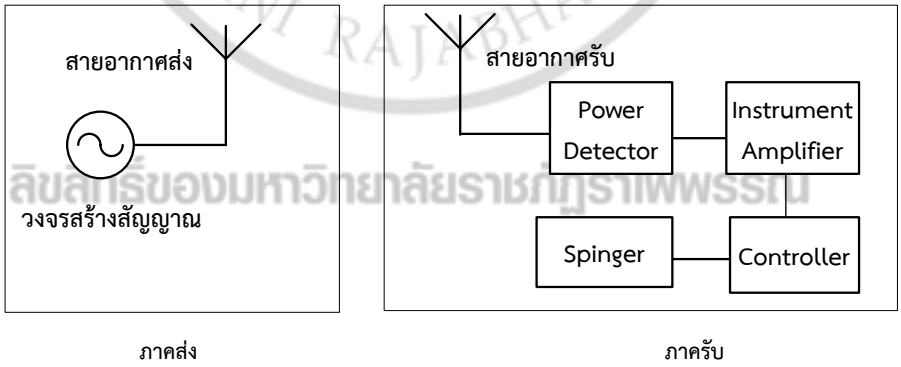
บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบควบคุมความชื้นอัตโนมัติในโรงเรือนเพาะเห็ดนางฟ้า โดยใช้เทคนิคการส่งผ่านคลื่นไมโครเวฟเพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของกำลังงานของคลื่นความถี่ที่ส่งจากอากาศของภาคส่งผ่านอากาศในโรงเรือนเพาะเห็ดไปยังสายอากาศของภาครับสำหรับตรวจสอบความชื้น เมื่อความชื้นอากาศเปลี่ยนแปลงคลื่นความถี่ถูกลดทอนเนื่องจากละอองน้ำที่คลื่นเดินทางผ่าน หากในอากาศมีปริมาณละอองน้ำมากหรือมีความชื้นสูงคลื่นจะถูกลดทอนมากขึ้น กำลังงานของคลื่นความถี่ที่รับได้เมื่อระดับความชื้นภายในโรงเรือนเหมาะสมต่อการเปิดดอกเห็ดนางฟ้าถูกนำมากำหนดเป็นค่าอ้างอิงในส่วนควบคุมความชื้นของโรงเรือนเพาะเห็ดนางฟ้า โครงสร้างระบบควบคุมความชื้นแบ่งออกเป็นภาครับและภาคส่งทำงานที่ความถี่ 915 เมกะเฮิรตซ์ ผู้วิจัยเลือกใช้ความถี่ทำงานของระบบที่ 915 เมกะเฮิรตซ์ เนื่องจากที่ความถี่นี้เป็นย่านความถี่เสรี (The industrial, scientific, and medical radio band: ISM band) และเป็นช่วงความถี่ที่ตอบสนองต่อความชื้นที่เปลี่ยนแปลงไปอยู่ในระดับที่ทำงานได้ดี อีกทั้งมีอุปกรณ์ที่สร้างมาสำหรับทำงานในช่วงความถี่นี้ค่อนข้างมาก จึงสะดวกต่อการนำไปสร้างเพื่อใช้งานจริง การทำงานของภาคส่งทำงานโดยอุปกรณ์สร้างสัญญาณความถี่ทำหน้าที่สร้างสัญญาณความถี่ 915 เมกะเฮิรตซ์ ส่งออกไปในอากาศด้วยสายอากาศโมโนโพลที่ถูกออกแบบให้ทำงานร่วมกับโครงสร้างช่อว่างแถบความถี่แม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งการทำงานร่วมกันนี้จะทำให้สายอากาศมีสภาพเจาะจงทิศทางที่สูงขึ้น ส่วนของภาครับประกอบด้วยสายอากาศโมโนโพลที่มีคุณสมบัติเช่นเดียวกับสายอากาศส่งทำหน้าที่รับสัญญาณที่ส่งมาจากภาคส่ง จากนั้นสัญญาณความถี่ที่รับได้ถูกประมวลผลและเปรียบเทียบกับค่าอ้างอิงที่ตั้งไว้เพื่อควบคุมตัดสินใจให้สปริงเกอร์หรือระบบฉีดพ่นละอองน้ำทำงานปรับค่าความชื้นให้อากาศภายในโรงเรือนเพาะเห็ดนางฟ้า แผนผังของระบบควบคุมความชื้นอัตโนมัติในโรงเรือนเพาะเห็ด แสดงดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 แผนผังระบบควบคุมความชื้นอัตโนมัติในโรงเรือนเพาะเห็ด

ขั้นตอนการออกแบบและพัฒนาระบบควบคุมความชื้นอัตโนมัติในโรงเรือนเพาะเห็ด ประกอบด้วย การเก็บรวบรวมข้อมูลพื้นฐานเพื่อใช้ในการออกแบบการตัดสินใจของระบบ ออกแบบสายอากาศให้ทำงานได้ในย่านความถี่ 915 เมกะเฮิรตซ์ และทำงานร่วมกับโครงสร้างช่องว่างแถบแม่เหล็กไฟฟ้าจากนั้นนำมาสร้างเป็นสายอากาศต้นแบบเพื่อใช้เป็นสายอากาศส่งและสายอากาศรับในงานวิจัย ขั้นตอนต่อมาคือการพัฒนาระบบต้นแบบและติดตั้งในโรงเรือนเพาะเห็ดนางฟ้า แล้วจึงทำการทดสอบการทำงานของระบบให้สามารถควบคุมความชื้นภายในโรงเรือนเพาะเห็ดให้คงที่ได้ตลอดเวลา

ข้อมูลพื้นฐานที่จำเป็นเพื่อใช้ในการออกแบบระบบ ได้แก่ สภาพอากาศที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเห็ดนางฟ้าทั้งระดับความชื้นและอุณหภูมิ ลักษณะของโรงเรือนเพาะเห็ดที่เหมาะสม ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ทฤษฎีการออกแบบสายอากาศ และทฤษฎีโครงสร้างช่องว่างแถบแม่เหล็กไฟฟ้า ศึกษาข้อมูลอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างระบบ

3.1 การออกแบบสายอากาศ

3.1.1 การออกแบบสายอากาศ

สายอากาศที่ใช้ในระบบควบคุมความชื้นอัตโนมัติภายในโรงเรือนเพาะเห็ดคือสายอากาศโมโนโพลชนิดแพทซ์รูปสี่เหลี่ยมที่ทำงานในย่านความถี่ยูเอชเอฟ (UHF) คือที่ความถี่ 915 เมกะเฮิรตซ์ สาอากาศโมโนโพลชนิดแพทซ์เป็นสายอากาศที่มีขนาดกะทัดรัด เหมาะแก่การนำไปประยุกต์ใช้งาน สามารถสร้างบนแผ่นวงจรพิมพ์ได้ทำให้เป็นการลดต้นทุนในการสร้างระบบ และทำให้ง่ายต่อการสร้าง เนื่องจากภาครับและภาคส่งของระบบอยู่ไกลกัน ดังนั้นสายอากาศจึงต้องมีอัตราการขยายที่สูงเพื่อช่วยให้สามารถส่งสัญญาณความถี่ได้ไกลขึ้น โครงสร้างช่องว่างแถบความถี่แม่เหล็กไฟฟ้า (EBG) เป็นวัสดุมีคุณสมบัติสามารถสะท้อนคลื่นในช่วงความถี่รีโซแนนท์ได้ หลักการสะท้อนคลื่นนี้เมื่อนำมาประยุกต์ใช้กับสายอากาศจะทำให้ลดการแพร่กระจายคลื่นไปทางด้านหลัง (Back lobe) จึงส่งผลให้เพิ่มอัตราการขยายให้กับสายอากาศ ดังนั้นจึงเลือกใช้โครงสร้างช่องว่างแถบความถี่แม่เหล็กไฟฟ้ามาทำงานร่วมกับสายอากาศโมโนโพล

การออกแบบสายอากาศเริ่มจากการศึกษาทฤษฎีการออกแบบสายอากาศโมโนโพลชนิดแพทซ์ โดยคำนวณหาขนาดของสายอากาศที่สอดคล้องกับค่าความยาวคลื่นของความถี่ใช้งานของสายอากาศ ขนาดของสายอากาศโมโนโพลมีขนาดของสายอากาศเป็น $\lambda/4$ ซึ่งในระบบที่สร้างนี้ใช้งานที่ความถี่ 915 เมกะเฮิรตซ์ (f_r) กำหนดคุณสมบัติของวัสดุที่จะใช้สร้างสายอากาศ ได้แก่ แผ่นวงจรพิมพ์ 2 หน้า ชนิด FR4 ที่มีค่าคงที่ไดอิเล็กตริก (ε_r) 4.2 มีความหนาของวัสดุฐานรอง (h) อยู่ที่ 1.414 มิลลิเมตร และความหนาของทองแดงบนแผ่นวงจรพิมพ์ คือ 0.0795 มิลลิเมตร เมื่อคำนวณขนาดของสายอากาศตามทฤษฎีแล้ว นำขนาดของสายอากาศที่ได้มาจำลองการทำงานด้วยโปรแกรมจำลองค่าสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเพื่อศึกษาสมรรถนะของสายอากาศ ได้แก่ ค่า $|S_{11}|$ ซึ่งบ่งบอกถึงช่วงความถี่การทำงานของสายอากาศ ในการจำลองจะทดสอบปรับขนาดของสายอากาศจนกระทั่งสายอากาศสามารถทำงานได้ดีในช่วงความถี่ 915 เมกะเฮิรตซ์ จากนั้นนำขนาดของสายอากาศที่ได้จากการจำลองมาสร้างสายอากาศต้นแบบจำนวน 2 ตัว สำหรับภาคส่งและภาครับ

ทดสอบหาค่า $|S_{11}|$ ของสายอากาศต้นแบบที่สร้างขึ้นเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการจำลองการทำงาน เพื่อให้สายอากาศโมโนโพลที่สร้างขึ้นทำงานได้สอดคล้องกับผลที่ได้จากการจำลอง

3.1.2 การออกแบบโครงสร้างช่องว่างแถบแม่เหล็กไฟฟ้า

โครงสร้างช่องว่างแถบความถี่แม่เหล็กไฟฟ้าเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติสามารถสะท้อนคลื่นพื้นผิวที่เกิดขึ้นกับสายอากาศได้ ทำให้สายอากาศทำงานได้ดีขึ้นและมีอัตราการขยายที่สูงขึ้น โครงสร้างช่องว่างแถบความถี่แม่เหล็กไฟฟ้าที่เลือกใช้ในงานวิจัยนี้เป็นแบบโครงสร้างรูปดอกเห็ด เนื่องจากเป็นโครงสร้างที่ออกแบบและสร้างได้ง่าย การออกแบบโครงสร้างของช่องว่างแถบแม่เหล็กไฟฟ้าเริ่มจากการคำนวณขนาดตามทฤษฎีเพื่อให้ทำงานที่ความถี่ 915 เมกะเฮิรตซ์ จากนั้นนำขนาดที่ได้จากคำนวณมาสร้างโครงสร้างช่องว่างแถบความถี่แม่เหล็กไฟฟ้าบนแผ่นวงจรพิมพ์ FR4 เพื่อนำไปใช้งานร่วมกับสายอากาศโมโนโพลทั้งภาครับและภาคส่ง

3.2 การพัฒนาระบบ

การพัฒนาระบบต้นแบบเริ่มด้วยการวิเคราะห์เลือกใช้อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับภาคส่งและภาครับของระบบตามที่ได้ออกแบบไว้เพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ จากนั้นพัฒนาระบบต้นแบบขึ้น แล้วทดสอบหาค่าแรงดันไฟฟ้าอ้างอิงเมื่อความชื้นอยู่ในปริมาณที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของดอกเห็ดนางฟ้าเพื่อใช้ตั้งค่าในส่วนควบคุมระบบฉีดพ่นละอองน้ำภายในโรงเรือนเพาะเห็ดเพื่อปรับความชื้น จากนั้นจึงทดสอบการควบคุมความชื้นให้คงที่ตลอดเวลาของระบบ

3.2.1 โรงเรือนเห็ดต้นแบบ

การวิจัยนี้ทำการทดสอบระบบภายในโรงเรือนเพาะเห็ดนางฟ้าที่สร้างขึ้น โดยโรงเรือนเพาะเห็ดต้นแบบมีลักษณะโครงสร้างและใช้วัสดุในการสร้างเช่นเดียวกับโรงเรือนเพาะเห็ดของเกษตรกรจริง มีขนาด 2.5x6x2.5 ตารางเมตร ภายในโรงเห็ดบรรจุก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าและติดตั้งระบบฉีดพ่นละอองน้ำทั้งภายในและภายนอกโรงเรือนเพื่อใช้สำหรับปรับความชื้นภายในโรงเรือนเพาะเห็ด ระบบฉีดพ่นละอองน้ำจะถูกควบคุมด้วยจากส่วนควบคุมเพื่อตัดสินใจควบคุมความชื้นอัตโนมัติที่สร้างขึ้น ขนาดโรงเรือนและชั้นวางก้อนเห็ดถูกออกแบบให้เหมาะสมกับจำนวนของก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าไม่น้อยกว่า 1,000 ก้อน

3.2.2 ระดับความชื้นอ้างอิงของระบบ

ส่วนควบคุมและตัดสินใจของระบบจะทำการประมวลผลค่าได้แรงดันไฟฟ้าจากภาครับแล้วจึงตัดสินใจควบคุมระบบฉีดพ่นละอองน้ำหากความชื้นในโรงเรือนเพาะเห็ดมีค่าต่ำ ดังนั้นจึงต้องกำหนดค่าอ้างอิงในการเปรียบเทียบให้กับส่วนตัดสินใจ โดยค่าอ้างอิงจะเป็นค่าแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้จากภาครับเมื่อความชื้นอยู่ในระดับที่เหมาะสมสำหรับการเห็ดนางฟ้า คือ 70% - 80% การทดสอบเพื่อหาค่าอ้างอิงทดสอบโดยภาคส่งส่งคลื่นความถี่ 915 เมกะเฮิรตซ์ ผ่านอากาศที่มีความชื้นตั้งแต่ 50%-80% เพิ่มขึ้นครั้งละ 10% ไปยังภาครับ การปรับความชื้นใช้การฉีดพ่นละอองน้ำแล้ววัดค่าความชื้นด้วยเครื่องวัดความชื้นมาตรฐาน บันทึกผลค่ากำลังงานของสัญญาณที่ภาครับจำนวน 10 ครั้งที่แต่ละความชื้น จากนั้นนำไปวิเคราะห์เพื่อเลือกช่วงของระดับกำลังงานที่เหมาะสมกับระดับความชื้นของการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้าเพื่อใช้ตั้งค่าในส่วนควบคุม

3.3 การทดสอบระบบ

เมื่อพัฒนาระบบทั้งในส่วนของภาครับ ภาคส่ง และส่วนควบคุมเรียบร้อยแล้ว ทำการติดตั้งระบบภายในโรงเรือนเพาะเห็ดตามแนวยาวของโรงเรือน เพื่อทดสอบความสามารถในการควบคุมชื้นภายในโรงเรือนเพาะเห็ดให้อยู่ในช่วง 70% - 80% ตลอดทั้งวัน เมื่อระบบเริ่มทำงานทำการเก็บข้อมูลความชื้นภายในโรงเรือนเพาะเห็ดทุกชั่วโมง ตั้งแต่เวลา6.00 น. ถึง 18.00 น. ด้วยเครื่องมือวัดความชื้นมาตรฐาน จำนวน 5 วัน วิเคราะห์ผลที่ได้

3.4 วิเคราะห์และสรุปผลการวิจัย

เมื่อทำการทดสอบระบบควบคุมความชื้นอัตโนมัติในโรงเรือนเพาะเห็ดนางฟ้าต้นแบบให้สามารถควบคุมความชื้นภายในโรงเรือนได้อย่างสม่ำเสมอตลอดทั้งวันแล้ว ทำการวิเคราะห์วิจารณ์และสรุปผลที่ได้จากการศึกษา รวมถึงข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนาต่อยอดการวิจัย เผยแพร่ผลงานวิจัยและถ่ายทอดผลงานวิจัยให้กับเกษตรกรหรือผู้สนใจทั่วไป

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี