บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนและสัมประสิทธิ์การส่งผ่านของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เพื่อใช้แบ่งระดับความชื้นข้าวเปลือก ระบบการทดสอบแบ่งออกเป็น 2 ระบบ คือ ระบบการวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อน และระบบการวัดค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่าน โดยที่ทั้ง 2 ระบบจะทำงานที่ความถี่ 915 เมกกะเฮิรตซ์ เพื่อดำเนินการวิจัยให้บรรลุวัตถุประสงค์ของการวิจัย จึงได้กำหนดขั้นตอนการดำเนินงานที่สอดคล้องและเป็นลำดับอย่างมีระบบ ขั้นตอนการวิจัยเพื่อตรวจสอบความชื้นข้าวเปลือกจากสัมประสิทธิ์การสะท้อนและส่งผ่านด้วยสายอากาศไมโครสตริปแพทช์มีขั้นตอนดังนี้

ศึกษาข้อมูลเบื้องต้น

ข้อมูลที่ต้องทำการศึกษาสำหรับใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบวิธีการทดสอบในงานวิจัยนี้ได้แก่ การแบ่งระดับความชื้นของข้าวเปลือกเพื่อใช้สำหรับการสร้างตัวอย่างข้าวเปลือกสำหรับทดสอบ วิธีการการพัฒนาสายอากาศเพื่อสร้างสายอากาศสำหรับการวิจัย การออกแบบคัปเปลอร์แบบมีทิศทาง การพัฒนาวงจรตรวจจับกำลังงาน และการเลือกใช้อุปกรณ์สำหรับใช้ในระบบการทดสอบวัดความชื้นข้าวเปลือก

พัฒนาและสร้างสายอากาศ

สายอากาศที่เลือกใช้ในงานวิจัยมี 2 ชนิด ได้แก่ สายอากาศไมโครสตริปแพทช์สำหรับใช้วัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อน และสายอากาศโมโนโพลสำหรับวัดค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่าน โดยสายอากาศทั้ง 2 ชนิด ออกแบบให้สร้างด้วยแผ่นวงจรพิมพ์ 2 หน้า ชนิด FR-4 ที่มีค่าคงที่ไดอิเล็กตริก 4.1 มีความหนาของวัสดุฐานรอง 1.414 มิลลิเมตร ทำงานที่ความถี่ 915 เมกะเฮิรตซ์ (f_r)

1. สายอากาศไมโครสตริปซ์แพทช์

สายอากาศไมโครสตริปแพทช์ทำหน้าที่แพร่กระจายคลื่นออกไปยังข้าวเปลือกตัวอย่างสำหรับใช้รับและส่งคลื่นเพื่อวัดการสะท้อน สายอากาศไมโครสตริปแพทช์ เป็นสายอากาศที่มีขนาดกะทัดรัด สร้างง่าย และสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้ง่าย โดยคำนวณขนาดของสายอากาศไมโครสตริปแพทช์ตามทฤษฎีให้สามารถทำงานได้ดีที่ความถี่ 915 เมะเฮิรตซ์ จากนั้นจำลองการทำงานของสายอากาศตามขนาดที่ออกแบบ เพื่อทดสอบปรับขนาดของสายอากาศจนได้ขนาดที่เหมาะสมให้สายอากาศทำงานได้ดีตามที่ออกแบบ

การออกแบบสายอากาศไมโครสตริปแพทช์ เริ่มด้วยการออกแบบสายอากาศทางทฤษฎีเพื่อหาขนาดของของสายอากาศที่เหมาะสมสำหรับการทดสอบ สายอากาศแพทช์ที่ใช้มีโครงสร้างเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส เริ่มต้นคำนวณขนาดของสายอากาศแพทช์ (w) ตามสมการที่ (3.1) (Balanis, 2012)

$$w = \frac{c}{2f_r}\sqrt{\frac{2}{\varepsilon_r + 1}} \tag{3.1}$$

กำหนดให้ c คือความเร็วคลื่นในสุญญากาศมีค่าเป็น 3 x 10^8 เมตรต่อวินาที โดยทั่วไปขนาดของสายอากาศที่เหมาะสมกับการแพร่กระจายคลื่นจะมีขนาดเป็นครึ่งหนึ่งของความยาวคลื่นในวัสดุฐานรอง เมื่อได้ขนาดที่เหมาะสมแล้วจึงนำไปสร้างเป็นสายอากาศต้นแบบสำหรับใช้ในการทดสอบวัดค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่าน

2. สายอากาศโมโนโพล

สายอากาศโมโนโพลเป็นสายอากาศที่มีขนาดเล็กประมาณ 1 ใน 4 ของความยาวคลื่นในวัสดุฐานรอง การออกแบบสายอากาศเริ่มด้วยการคำนวณขนาดตามทฤษฎีเพื่อให้ได้เบื้องต้น ขนาดที่ได้จากการคำนวณนำไปสร้างสายอากาศจำลองในโปรแกรมจำลองค่าสนามแม่เหล็กไฟฟ้า เพื่อทดสอบการทำงานของสายอากาศและปรับขนาดรวมถึงระยะของจุดป้อนสัญญาณที่เหมาะสม เพื่อให้สายอากาศทำงานได้ดีที่สุดที่ความถี่ 915 เมกะเฮิรตซ์ และมีค่าการสูญเสียย้อนกลับต่ำสุด จากนั้นจึงนำขนาดที่ได้จากการจำลองไปสร้างเป็นสายอากาศต้นแบบจำนวน 2 ตัว สำหรับการทดสอบวัดค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่าน

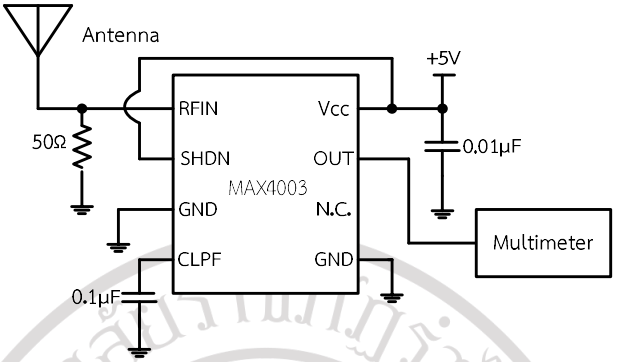
ออกแบบและพัฒนาคัปเปลอร์แบบมีทิศทาง

คัปเปลอร์แบบมีทิศทางเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบการวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนสำหรับตรวจสอบสัมประสิทธิ์การสะท้อนจากสายอากาศไมโครสตริปแพทช์เมื่อคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าสะท้อนกลับมาจากข้าวเปลือกที่มีความชื้นแตกต่างกัน การพัฒนาและสร้างคัปเปลอร์แบบมีทิศทางเริ่มคำนวณขนาดของสายสางส่งไมโครสตริปให้สามารถทำงานได้ที่ความถี่ 915 เมกะเฮิรตซ์ จากนั้นสร้างคัปเปลอร์แบบมีทิศทางลงบนแผ่นวงจรพิมพ์ชนิด FR4 แล้วนำไปทดสอบประสิทธิภาพของคัปเปลอร์แบบมีทิศทางก่อนนำไปใช้งานจริงในระบบวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อน

ออกแบบและพัฒนาวงจรตรวจจับกำลังงาน

วงจรตรวจจับกำลังงาน (Frequency detector) เป็นวงจรที่ติดตั้งอยู่ในระบบการวัดสัมประสิทธิ์การส่งผ่าน เมื่อคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าถูกส่งผ่านข้าวเปลือกมายังสายอากาศรับ กำลังงานของคลื่นที่รับได้จากสายอากาศรับ ซึ่งคือค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่าน จะถูกส่งต่อมายังวงจรตรวจจับกำลังงานเพื่อแปลงเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเพื่อนำไปวิเคราะห์

วงจรตรวจจับกำลังงานได้รับการพัฒนาลายวงจรสำหรับความถี่สูงที่ 915 เมกะเฮิรตซ์ วงจรที่พัฒนาประกอบด้วยตัวต้านทานมีค่า 50 โอห์ม ตัวเก็บประจุขนาด 0.01 และ 0.1 ไมโครฟารัด วงจรรวม (Integrated circuits: IC) หรือไอซีที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้คือ MAX4003 ของบริษัทแม็กซิม (Maxim integrated) ที่สามารถตรวจจับกำลังงานได้ใช่วงความถี่ 0.1-2.5 กิกะเฮิรตซ์ ความไวในการตรวจจับกำลังงานอยู่ในช่วง -45 ถึง 0 เดลซิเบลมิลลิวัตต์ วงจรที่พัฒนาแสดงดังในภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 วงจรตรวจจับกำลังงาน

เตรียมระบบสำหรับทดสอบ

การทดสอบวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนและการส่งผ่านนอกจากสายอากาศ คัปเปลอร์แบบมีทิศทาง และวงจรตรวจจับกำลังงานแล้ว ยังมีวัสดุและอุปกรณ์อื่น สำหรับใช้ในการทดสอบทั้ง 2 ระบบ ได้แก่ เทอร์โมมิเตอร์สำหรับวัดอุณหภูมิ เครื่องวัดความชื้น เครื่องเป่าลมร้อนสำหรับไล่ความชื้น อุปกรณ์กำเนิดความถี่ 915 เมกะเฮิรตซ์ และภาชนะบรรจุตัวอย่างข้าวเปลือกสำหรับทดสอบ

1. ตัวอย่างข้าวเปลือกและภาชนะบรรจุ

ข้าวเปลือกตัวอย่างสำหรับการทดสอบวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนและสัมประสิทธิ์การส่งผ่าน ใช้ข้าวเปลือกที่เก็บเกี่ยวใหม่จากกลุ่มชาวนาในจังหวัดจันทบุรี ซึ่งเป็นข้าวเปลือกที่ยังมีความชื้นสูง ในการทดสอบข้าวเปลือกจะถูกบรรจุอยู่ภาชนะบรรจุตัวอย่าง ที่ถูกออกแบบให้มีขนาดเหมาะสมกับขนาดสายอากาศที่ใช้ สร้างมาจากอะคริลิคใสซึ่งเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติไดอิเล็กตริกต่ำเพื่อลดผลกระทบที่เกิดจากภาชนะบรรจุตัวอย่างทดสอบ

ข้าวเปลือกที่นำมาทดสอบเป็นข้าวเปลือกทั้งหมด 8 ตัวอย่าง ซึ่งแต่ละตัวอย่างเป็นข้าวเปลือกสายพันธุ์เดียวกันที่เก็บเกี่ยวมาพร้อมกัน แต่มีระดับความชื้นแตกต่างกัน การตรวจสอบความชื้นในแต่ละตัวอย่างจะถูกวัดทั้งหมด 10 ครั้ง จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาหาเฉลี่ยเพื่อให้ข้อมูลที่ได้ถูกต้องมากที่สุด โดยจะทำแบบเดียวกันทุกครั้งเมื่อปรับความชื้นข้าวเปลือก ทั้งนี้จะต้องควบคุมอุณหภูมิของข้าวเปลือกขณะวัด และอุณหภูมิของห้องปฏิบัติการทดสอบให้คงที่ เพื่อลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติไดอิเล็กตริกของข้าวเปลือก ซึ่งจะส่งผลต่อการสะท้อนและการส่งผ่านคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

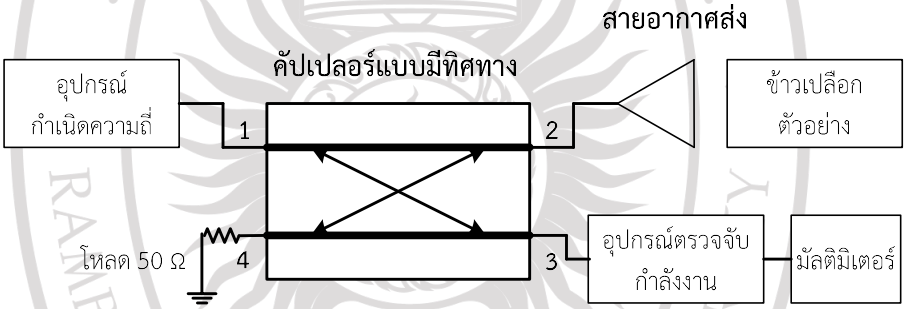
2. ควบคุมอุปกรณ์กำเนิดความถี่

อุปกรณ์กำเนิดความถี่ที่ใช้ในงานวิจัยเพื่อสร้างคลื่นความถี่ 915 เมกะเฮิรตซ์ คือ รุ่น ADF 4351 (Analog device, 2017) ซึ่งควบคุมการทำงานด้วยอุปกรณ์ลอจิกแบบโปรแกรมได้ (Field programmable gate array) รุ่น EP4CE22F17C6N ของบริษัท Terasic โครงสร้างของบอร์ด

อุปกรณ์ลอจิกแบบโปรแกรมได้รุ่นนี้ได้รวมสวิตซ์และวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อคเป็นสัญญาณดิจิตอลไว้ในบอร์ดเดียว (Terasic, 2016)

3. ระบบการวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อน

ระบบการวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนประกอบด้วย อุปกรณ์กำเนิดความถี่ สายอากาศไมโครสตริปแพทช์ จำนวน 1 ตัว และคัปเปลอร์แบบมีทิศทาง ซึ่งถูกนำมาติดตั้งเพื่อทำงานร่วมกับระบบการตรวจสอบความชื้นข้าวเปลือกจำนวน 1 ตัว ทำหน้าที่รับอินพุตจากแหล่งกำเนิดสัญญาณที่ความถี่ 915 เมกะเฮิรตซ์ ที่พอร์ท 1 (Input port) และส่งต่อสัญญาณความถี่ไปยังสายอากาศส่งในพอร์ทที่ 2 (Transmitted port) พอร์ทที่ 4 (Isolated port) ของคัปเปลอร์แบบมีทิศทางถูกใช้เพื่อรับค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับที่ได้รับจากสายอากาศถูกเชื่อมต่อไว้กับวงจรตรวจจับกำลังงาน 1 ส่วนพอร์ทที่ 3 (Coupled port) ไม่ได้ใช้งานจึงเชื่อมต่อกับโหลดไว้ (Terminated) แผนผังระบบการตรวจสอบความชื้นข้าวเปลือกจากสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสดงดังภาพที่ 3.2



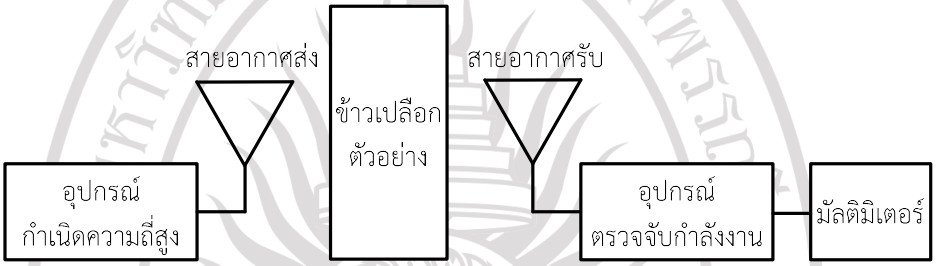
ภาพที่ 3.2 แผนผังระบบการตรวจสอบความชื้นข้าวเปลือกจากสัมประสิทธิ์การสะท้อน

การตรวจสอบความชื้นถูกวัดทั้งหมด 10 ครั้ง จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาหาเฉลี่ยเพื่อให้ข้อมูลที่ได้ถูกต้องมากที่สุด โดยจะทำแบบเดียวกันทุกครั้งเมื่อปรับความชื้นข้าวเปลือก การวัดความชื้นข้าวเปลือกเริ่มต้นครั้งแรกวัดโดยยังไม่ปรับความชื้นข้าวเปลือก อุณหภูมิและความชื้นของอากาศที่อยู่บริเวณโดยรอบข้าวเปลือกจะส่งผลต่อความชื้นของเมล็ดข้าวเปลือก ความชื้นในอากาศแปรผันโดยตรงต่อความชื้นของเมล็ดข้าว เนื่องจากเมล็ดข้าวจะดูดซึมความชื้นในอากาศเพื่อเป็นการรักษาสภาวะสมดุล ดังนั้นหากความชื้นโดยรอบเมล็ดข้าวเพิ่มขึ้นความชื้นของข้าวเปลือกก็จะเพิ่มขึ้นด้วย (Rice knowledge bank, n.d.) ในงานวิจัยนี้จึงใช้การวัดความชื้นของข้าวเปลือกภายในภาชนะบรรจุข้าวเปลือก ส่วนค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนได้จากการวัดความชื้นข้าวเปลือกถูกวัดด้วยมัลติมิเตอร์เริ่มวัดครั้งแรกโดยไม่ปรับค่าความชื้นทำการวัดทั้งหมด 10 ครั้ง ซึ่งข้อมูลจะเพื่อนำมาวิเคราะห์ต่อไป

4. ระบบการวัดค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่าน

ระบบการวัดค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านประกอบด้วย อุปกรณ์กำเนิดคลื่นความถี่ สายอากาศโมโนโพล และวงจรตรวจจับกำลังงานที่พัฒนาขึ้น ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านเกิดจากการ

ส่งคลื่นผ่านข้าวเปลือกในแต่ละความชื้น ข้าวเปลือกตัวอย่างที่นำมาทดสอบนำมาบรรจุลงในภาชนะบรรจุตัวอย่างข้าวเปลือก อุปกรณ์กำเนิดความถี่สร้างสัญญาณความถี่ 915 เมกะเฮิรตซ์ และส่งคลื่นผ่านสายอากาศส่งให้เดินทางผ่านข้าวเปลือกตัวอย่างไปยังสายอากาศรับ ข้อมูลที่รับได้อยู่ในรูปแบบของค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่าน จากนั้นสัญญาณความถี่ที่รับได้ถูกแปลงเป็นแรงดันไฟฟ้าตรง กระแสตรงถูกวิเคราะห์ระดับกำลังงานด้วยเครื่องมือวัดมัลติมิเตอร์ และนำมาเปรียบเทียบกับค่าความชื้นของข้าวเปลือก เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านและค่าความชื้นของข้าวเปลือกภายในภาชนะบรรจุข้าวเปลือก ระบบการทำงานทั้งหมดของการตรวจสอบความชื้นข้าวจากสัมประสิทธิ์การส่งผ่านแสดงดังในภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 แผนผังระบบการวัดความชื้นข้าวเปลือกจากสัมประสิทธิ์การส่งผ่าน

วิเคราะห์ผล

ข้อมูลที่ได้จากการวัดประกอบด้วย ข้อมูลค่าความชื้นของข้าวเปลือกทั้ง 8 ระดับ ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อน และค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่าน ข้อมูลทั้งหมดถูกนำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชื้นข้าวเปลือกกับค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนและค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่าน เพื่อหาแนวทางการนำค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนและค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านไปใช้สำหรับแบ่งระดับความชื้นข้าวเปลือก

ผลที่ได้จากการวิจัยจะถูกนำไปตีพิมพ์เผยแพร่ทางด้านวิชาการ และถูกถ่ายทอดองค์ความรู้ให้กับเกษตร ผู้ประกอบการ หรือผู้ที่สนใจในจังหวัดจันทบุรีเพื่อให้ผลงานวิจัยเกิดประโยชน์สูงสุด

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี