บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยถูกกำหนดโดยนำข้อมูลพื้นฐานจากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมาออกแบบขั้นตอนการดำเนินการวิจัย เริ่มด้วยการออกแบบสายอากาศไมโครสตริปที่สร้างด้วยแผ่นวงจรพิมพ์ นำไปสร้างและทดสอบสมรรถนะการทำงานจำนวน 2 ตัว ขั้นตอนต่อไปเป็นการสร้างกระถางปรับความชื้นอัจฉริยะสำหรับบอนไซต้นแบบที่ยังไม่มีส่วนประมวลผล โดยนำสายอากาศที่สร้างขึ้นไปทำงานร่วมกับอุปกรณ์อื่นในระบบ ขั้นตอนสุดท้ายเป็นการสร้างระบบตัดสินใจโดยใช้กระถางต้นแบบทดสอบส่งผ่านคลื่นความถี่ 2.5 กิกะเฮิรตซ์ ผ่านวัสดุปลูกในกระถางบอนไซเพื่อวัดค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ภาครับที่แต่ละระดับความชื้นของวัสดุปลูก ข้อมูลระดับความชื้นและค่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้ถูกนำไปสร้างเป็นระบบตัดสินใจด้วยโครงข่ายประสาทเทียม ขั้นตอนสุดท้ายประกอบระบบตัดสินใจ วาล์วน้ำ และบรรจุอุปกรณ์ลงในกล่องอเนกประสงค์ให้เรียบร้อย เป็นกระถางปรับความชื้นอัจฉริยะสำหรับบอนไซที่สมบูรณ์ รายละเอียดขั้นตอนการดำเนินการวิจัย มีดังนี้

ออกแบบ สร้าง และทดสอบสายอากาศ

การพัฒนากระถางปรับความชื้นอัจฉริยะสำหรับบอนไซ โดยใช้การประยุกต์ใช้คลื่นไมโครเวฟเพื่อตรวจสอบความชื้นวัสดุปลูก เริ่มจากการพัฒนาสายอากาศส่งและสายอากาศรับ ที่สามารถรับและส่งคลื่นได้ดีในช่วงความถี่ 2.5 กิกะเฮิรตซ์ ซึ่งส่งผลให้การตรวจสอบหรือการแบ่งระดับความชื้นวัสดุปลูกทำได้อย่างละเอียด สายอากาศที่พัฒนาคือสายอากาศไมโครสตริป ซึ่งเป็นสายอากาศที่มีโครงสร้างไม่ซับซ้อน ง่ายต่อการพัฒนา เหมาะสำหรับการติดตั้งเข้ากับกระถางบอนไซ เนื่องจากรูปทรงกะทัดรัด อุปกรณ์หาซื้อได้ง่าย ราคาถูก การพัฒนาเริ่มจากการคำนวณขนาดตัวนำและโครงสร้างเบื้องต้น โดยใช้สมการที่ (3.1) (Balanis, 2016) ให้ได้ขนาดของสายอากาศความถี่ 2.5 กิกะเฮิรตซ์ ซึ่งเป็นความถี่อิสระ (ISM Band)

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

ขนาดจากการคำนวณถูกพัฒนาต่อด้วยโปรแกรมจำลองสนามแม่เหล็กไฟฟ้า HOBBIES (Version 10.0) เพื่อจำลองขนาดและปรับขนาดโครงสร้างของสายอากาศไมโครสตริปอย่างละเอียด ให้เหมาะสมและทำงานได้ดีที่สุด ผลการจำลองสมรรถนะของสายอากาศ ค่าการสูญเสียย้อนกลับ ($|S_{11}|$)

จากนั้นนำขนาดที่ได้จากการจำลองมาสร้างเป็นสายอากาศต้นแบบจำนวน 2 ตัว ทำการทดสอบค่าการสูญเสียย้อนกลับของสายอากาศ ด้วยเครื่องวิเคราะห์โครงข่าย เพื่อทดสอบย่านความถี่ทำงานของสายอากาศต้นแบบ

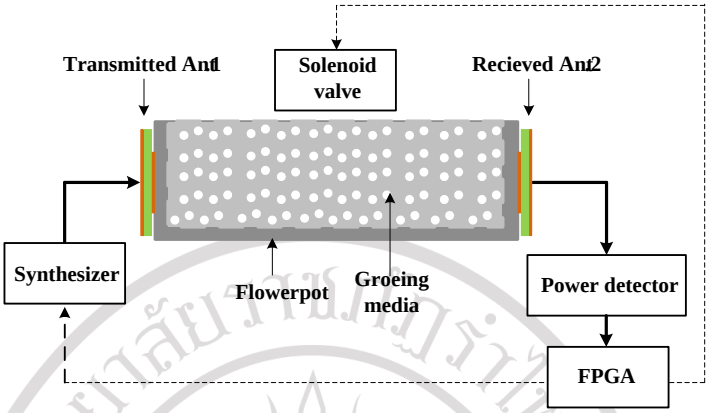
สร้างกระถางปรับความชื้นต้นแบบ

กระถางปรับความชื้นอัจฉริยะออกแบบให้สามารถประกอบเข้ากับกระถางบอนไซโดยทั่วไปได้ โดยขนาดของบอนไซสนชิมปากุที่นิยมมีหลากหลายขนาด ตั้งแต่ขนาดเล็กไปจนถึงขนาดใหญ่ งานวิจัยนี้เลือกใช้กระถางสำหรับบอนไซขนาดกลาง เนื่องจากมีขนาดเหมาะสมกับอุปกรณ์ในการสร้างระบบจึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับระบบได้ดี กระถางบอนไซที่เลือกใช้สร้างจากวัสดุดินเผา ขนาด 30 x 20 x 8 เซนติเมตร ดังภาพที่ 3.1

ภาพที่ 3.1 กระถางบอนไซสำหรับใช้ในการวิจัย

การสร้างกระถางปรับความชื้นบอนไซต้นแบบ จากแผนผังการทำงานของกระถางปรับความชื้นอัจฉริยะสำหรับบอนไซที่ได้ออกแบบไว้ โดยเริ่มจากการเลือกอุปกรณ์ที่เหมาะสมต่อการทำงานของเครื่องตามที่ออกแบบ จากนั้นจึงประกอบอุปกรณ์ต่างๆ และสายอากาศต้นแบบเข้าด้วยกันเป็นกระถางปรับความชื้นอัจฉริยะสำหรับบอนไซ ทดสอบการทำงานเบื้องต้น

ระบบตรวจวัดความชื้นวัสดุปลูกภายในกระถางบอนไซ ใช้การส่งผ่านคลื่นความถี่สูงให้เดินทางผ่านกระถางบอนไซและพิจารณาระดับแรงดันที่รับได้ ระบบจึงประกอบด้วยภาคส่งและภาครับความถี่สูงที่ได้รับการติดตั้งอยู่ด้านข้างของกระถางบอนไซในลักษณะตรงกันข้าม ซึ่งเป็นลักษณะการวัดด้วยเทคนิคอวกาศ เพื่อตรวจสอบความชื้นของ Limpiti และ Krairiksh (Limpiti & Krairiksh , 2012 : pp. 2230 – 2241) และเพื่อตรวจสอบความหวานของสารละลาย (Chaisaeng, 2016, pp.14-24) ภาคส่งได้ใช้แหล่งกำเนิดสร้างความถี่สูงทำงานร่วมกับอากาศส่ง มีหน้าที่สร้างคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ความถี่ 2.5 กิกะเฮิรตซ์ และส่งต่อความถี่ไปยังสายอากาศส่ง เพื่อให้คลื่นความถี่เดินทางผ่านกระถางบอนไซไปยังภาครับ ส่วนหลักของภาครับคือสายอากาศรับมีหน้าที่รับกำลังงานของคลื่นความถี่ที่ทะลุมาจากกระถางบอนไซ จากนั้นจึงส่งต่อกำลังงานไปยังอุปกรณ์ตรวจจับกำลังงานเพื่อเปลี่ยนกำลังงานในรูปแบบของคลื่นความถี่สูงให้อยู่ในลักษณะของแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (Direct current: DC) จากนั้นถูกนำไปประมวลผลบนอุปกรณ์ลอจิกแบบโปรแกรมได้ (Field-programmable gate array: FPGA) เพื่อตัดสินใจควบคุมการทำงานของวาล์วไฟฟ้า (Solenoid valve) ให้น้ำปรับเพิ่มความชื้น ไดอะแกรมแสดงการทำงานของระบบตรวจวัดความชื้นแสดงดังในภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 ไดอะแกรมการทำงานของกระถางปรับความชื้นอัจฉริยะสำหรับบอนไซ

กระถางปรับความชื้นต้นแบบที่สร้างขึ้นในขั้นตอนนี้ ไม่มีส่วนของระบบตัดสินใจ ใช้สำหรับนำไปทดสอบส่งผ่านคลื่นความถี่ 2.5 กิกะเฮิรตซ์ เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงดันไฟฟ้าและระดับความชื้นของวัสดุปลูกในกระถางบอนไซเพื่อนำไปใช้ตั้งค่าในระบบตัดสินใจ

ทดสอบส่งผ่านคลื่นด้วยกระถางปรับความชื้นต้นแบบ

การทดสอบทำภายในห้องปฏิบัติการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี จ. จันทบุรี ควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส ติดตั้งระบบการวัดความชื้นเข้ากับกระถางบอนไซทดสอบ เพื่อศึกษาแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงของวงจรตรวจจับกำลังงาน ที่ได้จากการส่งผ่านคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่แต่ละระดับความชื้น

1. การเตรียมการทดลอง

วัสดุปลูกสำหรับบอนไซมีหลายชนิด เช่น หินภูเขาไฟดำและขาว พลีสมอส อะคาดามะ เพอร์ไลท์ และทราย เป็นต้น ทั้งนี้วัสดุที่นิยมนำมาปลูกต้นบอนไซสนชิมปากุอย่างแพร่หลาย ได้แก่ หินพัมมิส (Pumice stone) ซึ่งเป็นหินภูเขาไฟชนิดหนึ่ง (Derakhshan et al., 2013 : pp. 136-144) ในกลุ่มผู้ปลูกบอนไซจึงนิยมเรียกหินชนิดนี้ว่าหินภูเขาไฟสีขาว เนื่องจากเป็นวัสดุที่มีน้ำหนักเบา ดูดซับความชื้นได้ดี และระบายน้ำได้ดี มีแร่ธาตุสูง ทั้งนี้การปลูกบอนไซด้วยหินพัมมิสเพียงอย่างเดียวก็สามารถทำให้บอนไซเจริญเติบโตดีได้ ดังนั้นวัสดุทดสอบคณะผู้วิจัยจึงเลือกใช้หินพัมมิสชนิดหินพัมมิสสีขาวเบอร์ 0.2 (ไทยการ์เดนสโตร์, 2557) มีขนาดของเส้นผ่านศูนย์ของก้อนประมาณ 0.5 ถึง 1.5 เซนติเมตร เนื่องจากในการเพาะเลี้ยงบอนไซหินพัมมิสสีขาว หินพัมมิสที่นำมาทดสอบดังภาพที่ 3.3

ภาพที่ 3.3 หินพัมมิสสำหรับทดสอบ

การเตรียมตัวอย่างหินพัมมิสสำหรับการวิเคราะห์เพื่อหาระดับความชื้น เริ่มจากการทำให้หินพัมมิสมีความชื้นสูงสุดด้วยด้วยวิธีการแช่น้ำโดยใช้เวลาทั้งหมด 48 ชั่วโมง จากนั้นแบ่งออกเป็น 2 กระถาง เนื่องจากหากใช้วัสดุปลูกตัวอย่างเพียง 1 กระถาง มาใช้เพื่อวัดหาความชื้นหินพัมมิสส่วนหนึ่งต้องถูกตวงออกเพื่อเก็บไว้หาค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้น ซึ่งทำให้ปริมาณหินพัมมิสลดลงและส่งผลต่อระบบการวัดที่อาจผิดเพี้ยนไปจากเดิมเนื่องจากปริมาณ รวมถึงในกรณีที่นำไปใช้งานจริงปริมาณหินพัมมิสในกระถางเพาะเลี้ยงบอนไซมีปริมาณเท่าเดิมตลอดเวลา ดังนั้นจึงแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มบรรจุลงกระถางที่มีขนาดเท่ากันคือ กว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร และสูง 8 เซนติเมตร

2. วิธีการทดสอบ

หินพัมมิสตัวอย่างกระถาง ก ได้รับการทดสอบจากระบบวัดความชื้น โดยการส่งผ่านกำลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าให้เดินทางผ่านหินพัมมิสในกระถางบอนไซ เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นที่เปลี่ยนเทียบกับแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้จากระบบวัดความชื้น ซึ่งในเวลาเดียวกันวัสดุปลูกตัวอย่างในกระถาง ข ถูกตวงออกมาใส่ถ้วยอลูมิเนียมทรงกระบอกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.2 เซนติเมตร และสูง 4.5 เซนติเมตร และชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งดิจิทัลที่ให้ความละเอียดสูง การควบคุมสภาพแวดล้อมและความชื้นของหินพัมมิสภายในกระถางทั้ง 2 ตัวอย่าง ถูกควบคุมให้มีสภาพแวดล้อมเหมือนกันอยู่ภายในห้องที่มีการควบคุมความชื้นและจำกัดอุณหภูมิให้อยู่ที่ 25 องศาเซลเซียส การปรับความชื้นวัสดุปลูกหรือการให้วัสดุปลูกคายความชื้น ได้ทำในลักษณะเช่นเดียวกับการเพาะเลี้ยงบอนไซจริง โดยให้วัสดุปลูกคายความชื้นปกติที่อุณหภูมิห้อง

การตรวจสอบความชื้นหินพัมมิสภายในกระถางบอนไซด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้ทำกับหินพัมมิสในกระถาง ก และสำหรับหินพัมมิสในกระถางที่ ข ถูกใช้ในการเก็บตัวอย่างเพื่อชั่งน้ำหนักในแต่ละระยะของการคายความชื้น การวัดความชื้นครั้งแรกทำในขณะที่หินพัมมิสมีความชื้นสูงสุดคือหลังจากที่ได้รับการแช่น้ำมาเป็นเวลา 48 ชั่วโมง หินพัมมิสในกระถาง ก ถูกวัดด้วยการส่งผ่านคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและตรวจสอบระดับแรงดันไฟฟ้าที่รับได้ และในเวลาเดียวกันหินพัมมิสในกระถาง ข ได้ถูกตวงใส่ถ้วยอลูมิเนียมเพื่อเก็บไว้สำหรับคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นสูงสุด การวัดในครั้งแรกถูก

กำหนดให้เป็นระยะการคายน้ำที่เวลา 0 ชั่วโมง ดังนั้นหินพัมมิสในกลุ่มนี้จึงเป็นกลุ่มที่มีความชื้นสูงสุด การวัดความชื้นในครั้งที่ 2 คือการปล่อยให้หินพัมมิสคายความชื้นเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทำการวัดในลักษณะเดียวกับครั้งแรกโดยใช้การส่งผ่านคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าให้เดินทางผ่านกระถาง ก และตรวจสอบระดับแรงดันไฟฟ้าที่รับได้ และในเวลาเดียวกันได้เก็บตัวอย่างหินพัมมิสในกระถาง ข ใส่ถ้วยอลูมิเนียมเช่นเดียวกับครั้งแรก การวัดความชื้นในครั้งที่ 3 คือการปล่อยให้หินพัมมิสคายความชื้นเป็นเวลา 4 ชั่วโมง จากนั้นจึงทำการวัดค่าในกระถาง ก ในลักษณะเดียวกับการวัดก่อนหน้า และเก็บหินพัมมิสตัวอย่างในกระถาง ข ในลักษณะการเก็บตัวอย่างในครั้งก่อนหน้า การวัดความชื้นในครั้งที่ 4 ได้ให้เวลาหินพัมมิสได้คายความชื้นเพิ่มขึ้นเป็น 6 ชั่วโมง การวัดความชื้นในครั้งที่ 5 ใช้เวลา 8 ชั่วโมง ครั้งที่ 6 ใช้เวลา 10 ชั่วโมง ครั้งที่ 7 ใช้เวลา 14 ชั่วโมง ครั้งที่ 8 ใช้เวลา 20 ชั่วโมง และครั้งสุดท้ายใช้เวลา 28 ชั่วโมง ตามลำดับ การทดสอบซ้ำอีก 2 รอบ แล้วค่าที่ได้ทั้งหมดมาหาค่าเฉลี่ยสำหรับนำไปวิเคราะห์

3. การหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นวัสดุปลูก

การวัดค่าแรงดันไฟฟ้าจากวัสดุปลูกตัวอย่างในแต่ละระดับความชื้น ถูกทำควบคู่กับการหาค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นในวัสดุปลูกหรือสัดส่วนของน้ำในวัสดุปลูกกับวัสดุปลูกแห้ง เพื่อใช้เป็นค่าอ้างอิงระหว่างความชื้นกับระดับแรงดันไฟฟ้า โดยการใช้วิธีมาตรฐานซึ่งแบ่งออกเป็นรูปแบบเชิงน้ำหนัก (Gravimetric) และเชิงปริมาตร (Volumetric) ในบทความได้ใช้วิธีการวัดแบบเชิงน้ำหนักเนื่องจากให้ความแม่นยำสูง

เมื่อ m_a คือ น้ำหนักของถ้วยใส่วัสดุปลูก
m_b คือ น้ำหนักของถ้วยและวัสดุปลูกตัวอย่างที่มีความชื้น
m_c คือ น้ำหนักของถ้วยและวัสดุปลูกตัวอย่างที่คายความชื้น 72 ชั่วโมง

$$\%\text{moisture content} = \frac{m_b - m_c}{m_c - m_a} \times 100 \qquad (3.2)$$

วัสดุปลูกภายในกระถางถูกเก็บไว้เป็นตัวอย่างเพื่อค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นพร้อมกับการวัดค่าแรงดันไฟฟ้า โดยถูกทำในเวลาเดียวกัน วัสดุปลูกตัวอย่างถูกตวงใส่ถ้วยเพื่อชั่งน้ำหนักและถูกใช้เพื่อคำนวณในการแบ่งระดับการคายน้ำ และหลังจากนั้นถูกทำให้แห้ง และจึงนำมาคำนวณเพื่อหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นดังในสมการที่ (3.2) (Bilskie, 2001)

ข้อมูลทั้งหมดที่ได้จากการทดสอบ ได้แก่ จำนวนชั่วโมงในการคายน้ำ ค่าแรงดันไฟฟ้า ค่าความชื้น ถูกนำมาวิเคราะห์และสรุปผลการทดสอบผ่านคลื่นความถี่ 2.5 กิกะเฮิรตซ์

พัฒนาระบบตัดสินใจ

ระบบตัดสินใจของกระถางปรับความชื้นอัจฉริยะสำหรับบอนไซทำหน้าที่การประมวลผลค่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากภาครับ เพื่อวิเคราะห์ระดับความชื้นของวัสดุปลูกและความคุมการปรับเพิ่ม

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ความชื้นผ่านควบคุมวาล์วน้ำไฟฟ้า การพัฒนาแบ่งออกเป็นการออกแบบโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสม และการพัฒนาโครงข่ายประสาทเทียมที่ออกแบบลงบนอุปกรณ์ลอจิกแบบโปรแกรมได้

การออกแบบโครงข่ายประสาทเทียม ใช้ข้อมูลความชื้นในวัสดุปลูก แรงดันไฟฟ้า ที่ได้จากการทดสอบส่งผ่านความชื้น สำหรับฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม และหาโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสม ได้แก่ จำนวนโนดซ่อนเร้น ค่าถ่วงน้ำหนัก อัตราการเรียนรู้ และค่าความผิดพลาด โครงข่ายประสาทเทียมถูกพัฒนาลงบนอุปกรณ์ลอจิกแบบโปรแกรมได้ (FPGA) นำไปติดตั้งกับกระถางต้นแบบ

พัฒนากระถางปรับความชื้นอัจฉริยะสำหรับบอนไซที่สมบูรณ์

ระบบตัดสินใจถูกติดตั้งเข้ากับกระถางปรับความชื้นต้นแบบ เชื่อมต่อเอาท์พุตจากวงจรตรวจจับกำลังงานเป็นอินพุตให้กับระบบตัดสินใจ และเชื่อมต่อเอาท์พุตของระบบตัดสินใจเข้ากับวาล์วไฟฟ้าดังภาพที่ 3.4

ภาพที่ 3.4 วาล์วไฟฟ้า

วาล์วไฟฟ้าที่ทำหน้าที่ควบคุมการเปิด-ปิดการให้น้ำเพื่อเพิ่มความชื้นให้กับวัสดุปลูกในกระถางบอนไซ จากนั้นทดสอบการทำงานของระบบ เพื่อให้ได้กระถางปรับความชื้นอัจฉริยะสำหรับบอนไซที่สมบูรณ์

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี