

การพัฒนาต้นแบบเครื่องหยอดปุ๋ยอัตโนมัติ Development of Automatic Fertilizer Machine Prototype

เบญจพล ปลื้มละง¹ วรุณี ปลื้มชัยภูมิ¹ วรณรีย์ วงศ์ไตรรัตน์¹ ธรรมกร ครองไตรภพ² และ ถนอมศักดิ์ โสภณ^{1*}

¹สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน Benchaphon.pml@gmail.com, worawutpluem@gmail.com, wannaree.wo@rmuti.ac.th, thanomsak.so@rmuti.ac.th*

²สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน thammakorn@rmuti.ac.th

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันปัญหาการใส่ปุ๋ยให้กับพืชไร่มีข้อจำกัดหลายอย่าง เช่น ปริมาณการใส่ปุ๋ยไม่เหมาะสมมากเกินไปหรือน้อยเกินไป หรือใช้เวลานานมาก ดังนั้นในบทความวิจัยนี้ได้ออกแบบและสร้างต้นแบบเครื่องหยอดปุ๋ยอัตโนมัติที่สามารถควบคุมความเร็วด้วยการใช้การมอดูเลตความกว้างของสัญญาณพัลส์ ซึ่งสามารถควบคุมความเร็วได้ 3 ระดับ นอกจากนี้ยังสามารถควบคุมการทำงานผ่านแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ระบบควบคุมการทำงานได้มีการประยุกต์ใช้บอร์ด Raspberry Pi 4 ทดลองใส่ปุ๋ยปริมาณจำนวน 5 กิโลกรัม แล้ววัดค่าของความเร็วรอบได้ ค่าเฉลี่ยความเร็วระดับที่ 1, 2 และ 3 เท่ากับ 97.29, 136.35 และ 185.37 rpm และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.12, 1.40 และ 2.79 ตามลำดับ พร้อมกันนั้นทำการทดลองจับเวลาที่ใช้ในการปล่อยปุ๋ยได้ ค่าเฉลี่ยเวลาตามความเร็วระดับที่ 1, 2 และ 3 เท่ากับ 1.31, 1.04 และ 0.47 นาที ตามลำดับและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.01

คำสำคัญ: เครื่องหยอดปุ๋ยอัตโนมัติ เครื่องจักรกลเกษตร ระบบควบคุมอัตโนมัติ

Abstract

Currently, there are many limitations to fertilizing field crops, such as the amount of fertilizer applied is not appropriate, too much or too little, or it takes a long time. Therefore, in this paper, an automatic fertilizer machine prototype has been designed and built that can control the speed using pulse width modulation (PWM), which can control the speed at three levels. In addition, it can be controlled via an application on the Android operating system. The control system uses a Raspberry Pi 4 board. In the experiment, the fertilizer was applied with a fertilizer amount of 5 kilograms and the rotation speed was measured. The average speed at levels 1, 2 and 3 was 97.29, 136.35 and 185.37 rpm and the standard deviation was 0.12, 1.40 and 2.79, respectively. Then, an experiment was conducted to measure the time used for fertilizer release. The average time at speed levels 1, 2 and 3 was 1.31, 1.04 and 0.47 min, respectively, and the standard deviation was 0.01.

Keywords: Automatic Fertilizer Machinery, Agricultural Machinery, Automatic Control System

1. ข้อมูลทั่วไป

ประเทศไทยเป็นพื้นที่อุดมสมบูรณ์เหมาะกับการทำเกษตรกรรม ซึ่งเกษตรกรรมเป็นหัวใจสำคัญที่ช่วยสร้างผลผลิตที่ใช้ในการบริโภคเพื่อการดำรงชีวิต รวมทั้งสร้างอาชีพและรายได้ อาชีพเกษตรกรรมจัดว่าเป็นอาชีพที่มีความเสี่ยงและอาจเกิดการบาดเจ็บจากการทำงานได้ เช่น โรคปอด โรคผิวหนัง โรคกระดูกบางชนิดที่เกี่ยวข้องกับการใช้สารเคมี หรือสารกำจัดศัตรูพืช ซึ่งอาจก่อให้เกิดอาการเจ็บป่วย จากปัญหาที่กล่าวมา ในปัจจุบันได้มีการนำเครื่องจักรและเทคโนโลยีมาใช้งานแทนคนหลายรูปแบบ เพื่อลดเวลาในการทำงาน ลดปริมาณของจำนวนแรงงาน และลดความเสี่ยงจากการสัมผัสสารเคมีที่อันตรายหรือการใส่ปุ๋ยเคมีหรือปุ๋ยต่าง ๆ

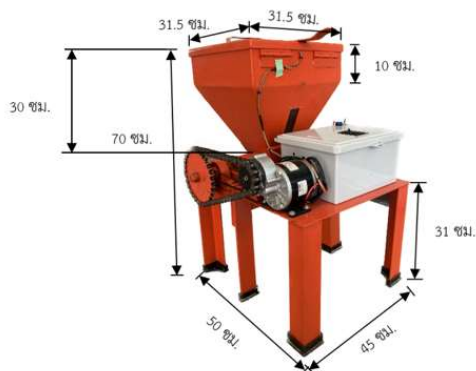
จากงานวิจัยของอาณนที [1] พัฒนาระบบหยอดปุ๋ยอัตโนมัติที่มีการกำหนดอัตราการหยอดปุ๋ยตามการวิเคราะห์ดิน เพื่อให้เครื่องหยอดปุ๋ยสามารถใส่ปุ๋ยในไร่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้การควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Mega 2560 ส่งสัญญาณพัลส์ PWM ควบคุมความเร็วรอบของเพลาย่อยในการกำหนดอัตราการหยอดปุ๋ย ในโครงการวิจัยของ ธนพงศ์ [2] พัฒนาเครื่องฝังปุ๋ยแบบปรับอัตราการหยอดปุ๋ยอัตโนมัติสำหรับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก การควบคุมอัตราการหยอดปุ๋ยประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Mega 2560 ส่งสัญญาณพัลส์ PWM ผ่านวงจรขับมอเตอร์ในการควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ 250 วัตต์ เพื่อจ่ายปุ๋ยตามอัตราที่กำหนด ในบทความวิจัย [3] นำเสนอการปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบควบคุมการใส่ปุ๋ยแบบแปรผันได้ ซึ่งสามารถทำงานได้สองโหมด คือ โหมดควบคุมด้วยมือและโหมดควบคุมอัตโนมัติ โดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ S3C44B0X ของซิริส ARM7 ส่งใช้เซ็นเซอร์การไหลควบคุมปริมาณปุ๋ยที่จะเปลี่ยนแปลงจากปริมาณดิจิทัลเป็นปริมาณของที่ไหลออก จากนั้นใช้ระบบควบคุมแบบป้อนกลับแบบวงปิดเพื่อควบคุมการเปิดของตัวกระตุ้นไฟฟ้าปรับการเปิดวาล์วเพื่อควบคุมการใส่ปุ๋ยแบบแปรผัน จากที่กล่าวมา ระบบควบคุมการใส่ปุ๋ยแบบอัตโนมัติสำหรับใช้กับเครื่องใส่ปุ๋ยเม็ดที่ใช้อัตราการกระจายปุ๋ยแบบแปรผันนี้ประกอบด้วยหัวต่อแบบฝังและตัวควบคุมอัตราแปรผัน โดยการใช้การวิเคราะห์การใส่ปุ๋ยที่สามารถสร้างความสัมพันธ์ระหว่างค่าพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่ออัตราการใส่ปุ๋ยและตำแหน่งของคันโยกปรับเกียร์ได้ในการส่งคำสั่งควบคุมผ่านเครือข่ายไร้สายแบบ Zigbee ตามแผนที่กำหนดปุ๋ยและข้อมูล GPS แบบเรียลไทม์ หลังจากได้รับคำสั่งควบคุมแล้ว ตัวควบคุมอัตราแปรผันสามารถปรับคันโยกปรับเกียร์แบบเรียลไทม์โดยอัตโนมัติด้วยการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเพื่อเปลี่ยนอัตราการใส่ปุ๋ย [4] นอกจากนี้ยังมีทีมนักวิจัย [5] พัฒนาเครื่องผสมปุ๋ยอัตโนมัติสำหรับระบบการทำฟาร์มที่มีระบบในการผสมวัตถุดิบของปุ๋ย โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino ส่งงานมอเตอร์ในการควบคุมระบบในการแยกวัตถุดิบและผสมเพื่อให้ได้ส่วนผสมของปุ๋ย

ดังนั้นในบทความวิจัยนี้ได้พัฒนาต้นแบบจำลองเครื่องหยอดปุ๋ยอัตโนมัติที่สามารถกำหนดปริมาณการใส่ปุ๋ยให้กับพืช โดยการปรับค่าความเร็วรอบการหมุนของมอเตอร์ได้ 3 ระดับ ตามการควบคุมของสัญญาณพัลส์ PWM นอกจากนี้ยังสามารถส่งการทำงานผ่านแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เพื่อช่วยให้เกษตรกรสามารถทำการใส่ปุ๋ยหรือสารเคมีได้แบบอัตโนมัติ และช่วยให้การควบคุมปริมาณการปล่อยปุ๋ยได้ง่ายขึ้น

2. กรอบแนวคิดการวิจัย

2.1 การออกแบบและสร้างต้นแบบเครื่องหยอดป๋วย

การออกแบบและสร้างต้นแบบเครื่องหยอดปุ๋ยอัตโนมัติที่รองรับปริมาณปุ๋ยได้เท่ากับ 5 กิโลกรัม โดยด้านบนถังบรรจุปุ๋ยมีขนาด 31.5 × 31.5 ซม. ส่วนเล็ทขอบบนขนาด 10 ซม. ซึ่งมีความสูงถึงเท่ากับ 30 ซม. ในส่วนฐานของเครื่องมีขนาดกว้าง 45 ซม. ยาว 50 ซม. และสูง 31 ซม. โดยมีการใช้เพลานาดหน้าตัด 2.5 ซม. เป็นแกนหลักของระบบขับเคลื่อนพร้อมติดตั้งมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงสำหรับการขับเคลื่อนชุดหยอดปุ๋ยและใช้โซ่เบอร์ 40 เชื่อมต่อระหว่างเพื่องมอเตอร์และเพื่องเพลาลูกส่งกำลังจากมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงไปยังระบบหยอดปุ๋ย และได้ทำการติดตั้งกล่องระบบควบคุมไว้ที่ฐาน แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ต้นแบบโครงสร้างเครื่องใส่ปุ๋ย

นอกจากนี้ได้ทำการติดตั้งเซนเซอร์อัลตราโซนิก (Ultrasonic Sensor) ไว้ด้านบนฝาเครื่องใส่ปุ๋ย เพื่อทำการวัดระยะระดับปริมาณปุ๋ย ภายในถัง แสดงดังรูปที่ 2

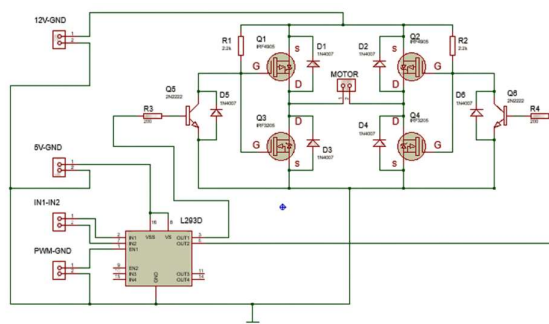


รูปที่ 2 การติดตั้งเซนเซอร์อัลตราโซนิก

2.2 การออกแบบและสร้างวงจรขั้วมอเตอร์

การควบคุมมอเตอร์ใช้งานจริงแบบ H-Bridge ประกอบด้วยมอสเฟต 4 ตัว เป็นโครงสร้างหลักในการใช้ควบคุมประกอบด้วยขั้ว N-Channel 2 ตัว คือ IRF3205 และขั้ว P-Channel 2 ตัว คือ IRF4905 ซึ่งมีไดโอดต่อคร่อมมอสเฟตเพื่อป้องกันการไหลย้อนกลับของกระแสไฟฟ้าจากมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ใช้ไอซี L293D ควบคุมการทำงานหลักผ่านทรานซิสเตอร์ขั้ว N-Channel คือ 2N2222 โดยมีตัวเก็บประจุขั้วไม่ลาร์ต่อคร่อมอยู่

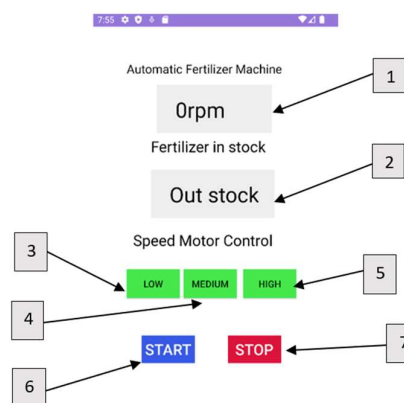
กับส่วนเอาต์พุตเพื่อลดการการะชากตัวของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่นำมาใช้ร่วมกับวงจร ซึ่งวงจรขับมอเตอร์ที่ได้ทำการออกแบบนี้ จะต้องทำการจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ ให้กับโครงสร้างหลักและแรงดัน 5 โวลต์ ในส่วนของไอซี L293D มีอินพุต 2 อินพุต อินพุตที่ 1 ควบคุมมอเตอร์ให้หมุนแบบไปข้างหน้า อินพุตที่ 2 ควบคุมมอเตอร์ให้หมุนแบบย้อนกลับ จากนั้นป้อนสัญญาณเปิดปิดการทำงานให้กับช่องรีเซ็ตสัญญาณ Enable 1 อินพุต เพื่อนำสัญญาณพัลส์ PWM ไปปรับระดับความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง แสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 การออกแบบวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบ H-Bridge

2.3 การออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชัน

การออกแบบและพัฒนาหน้าต่างแอปพลิเคชันด้วยการใช้โปรแกรม Android Studio ภาษาจาวา ดังในรูปที่ 4 แสดงรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 4 การออกแบบส่วนหน้าต่างแอปพลิเคชัน

หมายเลข 1 คือ การแสดงค่าจำนวนรอบความเร็วในการหยอดปุ๋ย
ขณะที่เครื่องทำงานมีหน่วยความเร็วรอบเป็น rpm

หมายเลข 2 คือ การแสดงข้อความของสถานะปุ๋ยภายในถัง โดยทำงานภายใต้เงื่อนไขของตัวเซนเซอร์อัลตราโซนิกตรวจจับวัฏระยะทาง ถ้าหากมีปุ๋ยภายในถังจะมีข้อความแสดง In stock แต่ถ้าปุ๋ยหมดแสดง Out stock

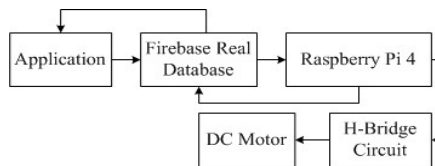
หมายเลข 3 คือ ปุ่ม LOW ที่เป็นการปรับระดับมอเตอร์ความเร็ว
เท่ากับ 100 rpm

หมายเลข 4 คือ ปุ่ม MEDIUM เป็นการปรับระดับมอเตอร์ความเร็ว
เท่ากับ 143 rpm

หมายเลข 5 คือ ปุ่ม HIGH เป็นการปรับระดับมอเตอร์ความเร็ว
เท่ากับ 200 rpm

หมายเลข 6 คือ ปุ่ม START เมื่อกดคำสั่งเริ่มการทำงาน จากนั้นสามารถกดปรับระดับความเร็วมอเตอร์ได้ตามหมายเลข 3 หรือ 4 หรือ 5 หมายเลข 7 คือ ปุ่ม STOP กดสั่งหยุดการทำงานของมอเตอร์

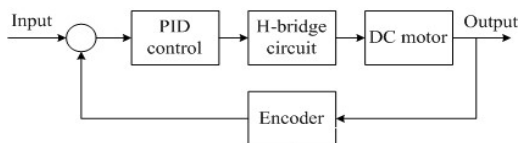
หลักการการทำงานของแอปพลิเคชัน (โปรแกรม Android Studio) ส่งควบคุมการทำงาน ซึ่งจะส่งข้อมูลผ่านการสื่อสาร Firebase Realtime Database ไปยังบอร์ด Raspberry Pi 4 เมื่อบอร์ด Raspberry Pi 4 ได้รับข้อมูลจาก Firebase จะส่งสัญญาณไปยังวงจรขับมอเตอร์แบบ H-Bridge สั่งงานให้มอเตอร์ทำงาน โดย Firebase ทำหน้าที่เก็บข้อมูลและส่งไปยังแอปพลิเคชัน ซึ่งแอปพลิเคชันจะรับข้อมูลมาแสดงผล แสดงดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 หลักการควบคุมการทำงานผ่านแอปพลิเคชัน

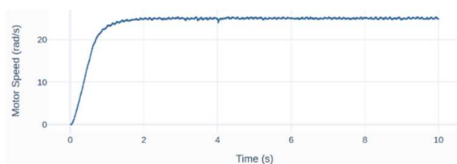
2.4 การออกแบบระบบควบคุมการทำงาน

การออกแบบระบบควบคุมแบบป้อนกลับแบบ PID (Proportional Integral Derivative Control) ซึ่งเป็นการนำเอาสัญญาณเอาต์พุตมาทำการปรับเปรียบเทียบกับความเร็วรอบอินพุตจะทำให้เกิดค่าความผิดพลาดของระบบ จากนั้นจะเข้าสู่กระบวนการควบคุมแบบพี แบบไอและแบบดี แล้วจะทำการปรับสัญญาณพัลส์ที่เกิดขึ้นใหม่ เพื่อให้ความเร็วรอบเอาต์พุตเท่ากับ setpoint แล้วจะทำการปรับระดับสัญญาณพัลส์ PWM ให้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง โดยเอ็นโค้ดเดอร์ (Encoder) จะทำหน้าที่วัดตำแหน่งการหมุนเชิงมุมของเพลาเครื่องใส่ปุ๋ยและแปลงตำแหน่งการหมุนเชิงมุมของเพลาเครื่องใส่ปุ๋ยเป็นความเร็วรอบ rpm ของเอาต์พุตไปเปรียบเทียบกับ setpoint อินพุต ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 การออกแบบระบบควบคุม PID

การหาค่าพารามิเตอร์ของค่า K_p , K_i และ K_d เพื่อให้ค่าความผิดพลาดของเอาต์พุตในระบบควบคุมแบบป้อนกลับเป็นศูนย์ โดยใช้วิธีการปรับค่าพารามิเตอร์เปรียบเทียบกับกราฟ แสดงค่าเอาต์พุตของค่า $K_p = 0.15$, $K_i = 0.38$ และ $K_d = 0.01$ รูปที่ 7 แสดงสัญญาณเอาต์พุตการควบคุมแบบป้อนกลับจากเอ็นโค้ดเดอร์



รูปที่ 7 สัญญาณเอาต์พุตการควบคุมแบบป้อนกลับจากเอ็นโค้ดเดอร์

จากแผนผังงานในรูปที่ 8 แสดงหลักการของแอปพลิเคชันสำหรับควบคุมการทำงาน มีขั้นตอนดังนี้

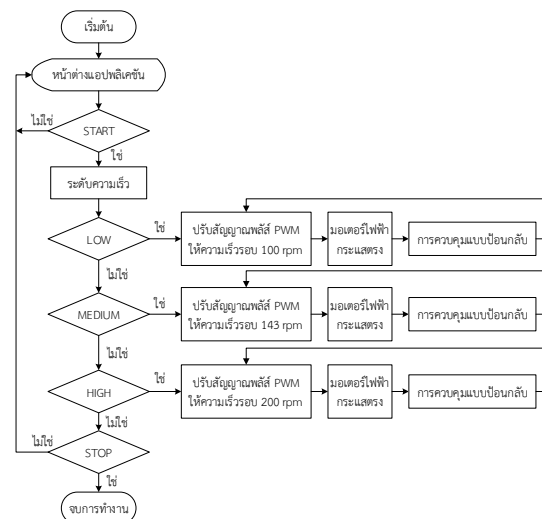
1) เลือกกดปุ่ม START เป็นการเริ่มต้นการทำงานของเครื่องหยอดปุ๋ย แล้วจะต้องทำการเลือกระดับความเร็ว ถ้าไม่เลือกจะกลับไปหน้าต่างเริ่มต้นแอปพลิเคชัน

2) เลือกกดปุ่ม LOW เครื่องหยอดปุ๋ยจะทำงานที่ระดับความเร็ว 100 rpm ซึ่งมีระบบควบคุมแบบป้อนกลับจะทำการปรับระดับสัญญาณพัลส์ PWM ให้ความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงคงที่เท่ากับ 100 rpm

3) เลือกกดปุ่ม MEDIUM เครื่องหยอดปุ๋ยจะทำงานที่ระดับความเร็ว 143 rpm ซึ่งมีระบบควบคุมแบบป้อนกลับจะทำการปรับระดับสัญญาณพัลส์ PWM ให้ความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงคงที่เท่ากับ 143 rpm

4) เลือกกดปุ่ม HIGH เครื่องหยอดปุ๋ยจะทำงานที่ระดับความเร็ว 200 rpm ซึ่งมีระบบควบคุมแบบป้อนกลับจะทำการปรับระดับสัญญาณพัลส์ PWM ให้ความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงคงที่เท่ากับ 200 rpm

5) สุดท้ายเลือกกดปุ่ม STOP เป็นการหยุดการทำงาน

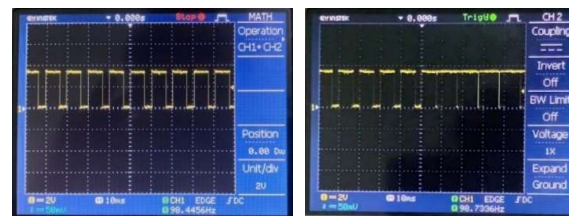


รูปที่ 8 แผนผังงานการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงผ่านแอปพลิเคชัน

3. การทดลองและผลการทดลอง

3.1 การทดลองปรับระดับความเร็วรอบมอเตอร์

การทดลองปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจากค่าของสัญญาณพัลส์ PWM ใน 3 ระดับ คือ ความเร็วระดับที่ 1, 2 และ 3 จากนั้นทำการวัดสัญญาณพัลส์ PWM ที่ใช้ระบบควบคุมแบบป้อนกลับจากวงจรขับมอเตอร์แบบ H-Bridge แล้วทำการวัดสัญญาณพัลส์ PWM แบบที่ไม่มีโหลดและแบบที่มีโหลดปริมาณปุ๋ยจำนวน 5 กิโลกรัม



(ก)

(ข)

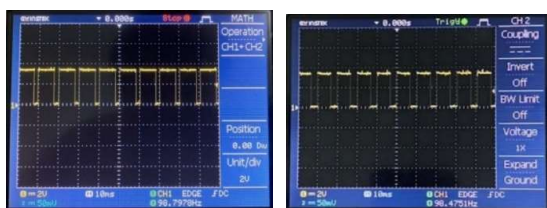
รูปที่ 9 สัญญาณพัลส์ PWM ของความเร็วระดับที่ 1

(ก) แบบไม่มีโหลด

(ข) แบบมีโหลด

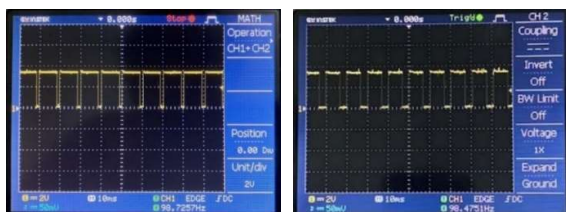
ผลการทดลองวัดค่าสัญญาณพัลส์ PWM ในความเร็วระดับที่ 1 ที่มีค่าตัวชี้เซเคิลเท่ากับ 70% ซึ่งมีขนาดความกว้างของสัญญาณพัลส์คงที่ค่าความถี่ของสัญญาณพัลส์เท่ากับ 98.4456 Hz และแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ

3.6 โวลต์ สำหรับกรณีแบบไม่มีโหลด แสดงดังรูป 9 (ก) และกรณีแบบมีโหลดปุ๋ยจำนวน 5 กิโลกรัม วัดค่าของสัญญาณพัลส์ PWM มีความถี่เท่ากับ 98.8112 Hz และมีค่าแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 3.6 โวลต์ แสดงดังรูป 9 (ข)



(ก)
รูปที่ 10 สัญญาณพัลส์ PWM ของความเร็วระดับที่ 2
(ก) แบบไม่มีโหลด
(ข) แบบมีโหลด

ผลการทดลองวัดค่าสัญญาณพัลส์ PWM ในความเร็วระดับที่ 2 ที่มีค่าดีวีดีซีเคลเท่ากับ 80% กรณีกรณีแบบไม่มีโหลดมีขนาดค่าความถี่ของสัญญาณพัลส์ PWM เท่ากับ 98.7978 Hz แสดงดังรูป 10 (ก) และกรณีแบบมีโหลดปุ๋ยจำนวน 5 กิโลกรัม วัดค่าของสัญญาณพัลส์ PWM มีความถี่เท่ากับ 98.5222 Hz แสดงดังรูป 10 (ข) ในส่วนของค่าแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 3.6 โวลต์เท่ากัน



(ก)
รูปที่ 11 สัญญาณพัลส์ PWM ของความเร็วระดับที่ 3
(ก) แบบไม่มีโหลด
(ข) แบบมีโหลด

ผลการทดลองวัดค่าสัญญาณพัลส์ PWM ในความเร็วระดับที่ 3 ที่มีค่าดีวีดีซีเคลเท่ากับ 95% กรณีแบบไม่มีโหลดมีขนาดค่าความถี่ของสัญญาณพัลส์ PWM เท่ากับ 98.8029 Hz แสดงดังรูป 11 (ก) และกรณีแบบมีโหลดปุ๋ยจำนวน 5 กิโลกรัม วัดค่าของสัญญาณพัลส์ PWM มีความถี่เท่ากับ 98.7257 Hz แสดงดังรูป 11 (ข) ในส่วนของค่าแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 3.6 โวลต์เท่ากัน

3.2 การทดลองวัดความเร็วรอบในการปล่อยปุ๋ย

การทดลองใส่ปุ๋ยจำนวน 5 กิโลกรัม แล้วทำการปรับระดับความเร็วรอบ 3 ระดับ คือ ระดับที่ 1, 2 และ 3 ซึ่งกำหนดความเร็วรอบเท่ากับ 100, 143 และ 200 rpm ตามลำดับ โดยทำการทดลองจำนวน 5 ครั้ง แล้วทำการวัดค่าของความเร็วรอบและจับเวลาที่ใช้ในการปล่อยปุ๋ยทั้งหมดในถังปุ๋ย

ตารางที่ 1 การวัดค่าความเร็วรอบและจับเวลาที่ใช้ในการปล่อยปุ๋ย

ครั้งที่	ระดับที่ 1		ระดับที่ 2		ระดับที่ 3	
	เวลา (นาท)	ความเร็วรอบ (rpm)	เวลา (นาท)	ความเร็วรอบ (rpm)	เวลา (นาท)	ความเร็วรอบ (rpm)
1	1.30	97.33	1.04	135.26	0.49	179.86
2	1.30	97.36	1.03	135.07	0.47	186.85

3	1.32	97.10	1.05	135.28	0.47	187.27
4	1.32	97.24	1.05	138.05	0.47	185.90
5	1.33	97.44	1.03	138.08	0.46	186.98
ค่าเฉลี่ย	1.31	97.29	1.04	136.35	0.47	185.37
ค่าส่วน เบี่ยงเบน มาตรฐาน	0.01	0.12	0.01	1.40	0.01	2.79

จากผลการทดลองวัดค่าความเร็วรอบเครื่องหยอดปุ๋ยในระดับที่ 1, 2 และ 3 ได้ค่าความเร็วรอบเฉลี่ยเท่ากับ 97.29, 136.35 และ 185.37 มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.12, 1.40 และ 2.79 ตามลำดับ โดยจับเวลาในการปล่อยปุ๋ยใช้เวลาเฉลี่ยเท่ากับ 1.31, 1.04 และ 0.47 ตามลำดับ และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.01 เท่ากันทั้งหมด แสดงผลการทดลองดังตารางที่ 1

4. สรุปผลการทดลอง

ในบทความวิจัยนี้เป็นการพัฒนาเครื่องหยอดปุ๋ยอัตโนมัติผ่านแอปพลิเคชันแอนดรอยด์สามารถควบคุมปริมาณการใส่ปุ๋ยด้วยการปรับความเร็วได้ 3 ระดับ คือ ระดับที่ 1, 2 และ 3 มีความเร็วรอบเท่ากับ 100, 143 และ 200 rpm ตามลำดับ ซึ่งจากผลการทดลองสามารถช่วยให้การใช้ง่ายและควบคุมปริมาณการใส่ปุ๋ยได้เหมาะสมมากขึ้น

5. กิตติกรรมประกาศ

บทความวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุน หลักสูตรสาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และระบบควบคุมอัตโนมัติ สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา

เอกสารอ้างอิง

- [1] อานนท์ สายคำฟู และ ชัยยกร จันทร์สุวรรณ, “กรณีศึกษาและพัฒนาระบบหยอดปุ๋ยอัตโนมัติตามค่าวิเคราะห์ดินในไร่ย่อย,” การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 57, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน, กรุงเทพฯ, 2562, หน้า 215-222.
- [2] ธนพงศ์ แสนจุ่ม, “วิจัยและพัฒนาเครื่องฝังปุ๋ยแบบปรับอัตราหยอดแบบอัตโนมัติสำหรับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็กในสวนมะม่วง,” กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ, 2564.
- [3] C. Lang, J. Wang, Y. Shi, and X. Xi, “Design and development control system for deep fertilization variable liquid fertilizer applicator,” *2011 Second International Conference on Digital manufacturing & Automation (ICDMA2011)*, Zhangjiajie, Hunan, China, 2011, pp. 369-372.
- [4] N. Su, T.Xu and L. Song, “Development of a variable rate fertilization control system based on DC motor for use on granular fertilizer applicator,” *2015 Fifth International Conference on Communication Systems and Network Technologies (CSNT2015)*, Gwalior, MP, India, 2015, pp. 1025-1029.
- [5] M. F. Saaid, MK Nordin, A. I. M. Yassin, and N. M. Tahir, “Automated fertilizer mixer system for fertigation farming,” *Journal of Electrical and Electronic System Research*, vol. 18, 2021, pp. 18-23.