

ระบบต้นแบบเครื่อง PLC ในอุตสาหกรรมบ่อเลี้ยงกุ้ง

กัลยา ธนาสินธ์*, ณัฐดนัย สิงห์คลีวรรณ, อมรรัตน์ คำบุญ, สายัน พุทธลา,
ธีรฉวัลย์ ปานกลาง

สาขาวิชาเทคโนโลยีอัจฉริยะ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา กรุงเทพมหานคร

*Corresponding author e-mail: kanlaya.th@bsru.ac.th

ได้รับบทความ: 22 มีนาคม 2566

ได้รับบทความแก้ไข: 28 กรกฎาคม 2566

ยอมรับตีพิมพ์: 30 กรกฎาคม 2566

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการสร้างระบบต้นแบบเครื่อง PLC (Programmable Logic Controller) ในอุตสาหกรรมบ่อเลี้ยงกุ้ง ระบบมีใช้ภาษาแลตเตอร์โดอะแกรมร่วมกับระบบควบคุมอัตโนมัติพีแอลซี (PLC) ในการสร้างเครื่องให้อาหารกุ้งกุลาดำ ระบบสามารถตั้งเวลาการให้อาหารกุ้งกุลาดำประกอบด้วยมีเซนเซอร์สามารถตรวจเช็คปริมาณอาหารในถังบรรจุ มอเตอร์มีความเร็วรอบของชุดจ่ายอาหาร 2750 รอบ/นาที การกระจายอาหารมีการกระจายตัวที่มีลักษณะหว่านกระจายแบบเม็ดฝน และสามารถบอกระยะทางการหว่านกระจายอาหารเม็ดได้ ซึ่งจากการทดสอบประสิทธิภาพ พบว่าการหว่านอาหารเม็ดขนาดความยาวเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.3 ซม. ,0.5 ซม. และ 0.7 ซม. ทั้ง 3 ขนาดมาเปรียบเทียบประสิทธิภาพ ทั้ง 10 ครั้ง พบว่าในการหว่านอาหารเม็ดเล็กขนาดความยาวเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.3 ซม. การหว่านด้านซ้ายมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 46.67 ซม. การหว่านอาหารเม็ดกลางความยาวเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 ซม.มีค่าเฉลี่ย อยู่ที่ 70.73 ซม. และอาหารเม็ดใหญ่ความยาวเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.7 ซม. ไม่สามารถหว่านหรือจ่ายอาหารเม็ดออกมาได้เนื่องจากมีขนาดใหญ่กว่าช่องหัวจ่ายอาหารของเครื่องให้อาหารให้กุ้งอัตโนมัติ การทรงตัวของเครื่องสามารถลอยบนผิวน้ำได้และเคลื่อนที่บนผิวน้ำได้ด้วยระบบควบคุมอัตโนมัติพีแอลซี (PLC)

คำสำคัญ: พีแอลซี / Inductive Proximity Sensors / เครื่องให้อาหารกุ้ง

Prototype System PLC Machine in Shrimp Farming Industrial

Kanlaya Thanasin*, Nutdanai Singkhleewon, Amonrat Khambun, Sayan Putthala,
Theerathawan Pankang

Smart Technology Program, Faculty of Science and Technology,
Bansomdejchaopraya Rajabhat University, Bangkok

*Corresponding author e-mail: kanlaya.th@bsru.ac.th

Received: 22 March 2023

Revised: 28 July 2023

Accepted: 30 July 2023

Abstract

This research aims to create a PLC (Programmable Logic Controller) prototype system in the shrimp pond industry. The system uses the ladder diagram language in conjunction with PLC automatic control systems to create tiger shrimp feeders. The system can set the feeding time for tiger shrimp consisting of a sensor, can check the amount of feed in the tank. The motor has a dispensing unit speed of 2750 rpm. Food distribution has a raindrop distribution and can indicate the distance of sowing. Performance testing It was found that the sowing of granulated feed in length of 0.3 cm, 0.5 cm and 0.7 cm in diameter. All 3 sizes were compared with 10 times, it was found that in sowing small grain feed with a diameter length of 0.3 cm, the sowing on the left had an average of 46.67 cm, the sowing of medium grain with a diameter length of 0.5 cm had an average of 70.73 cm, and in large grain feed with a diameter length of 0.7 cm. Grain feed cannot be sown or dispensed out because it is larger than the dispenser compartment of the automatic shrimp feeder. Machine balancing It can float on the surface and move on the surface with PLC automatic control system.

Keywords: PLC / Inductive Proximity Sensors / Shrimp Feeders

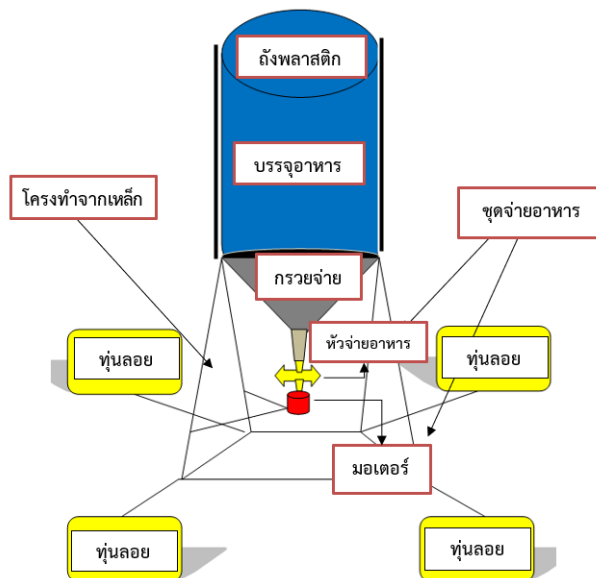
บทนำ

ในปัจจุบันอาชีพเกษตรกรการเลี้ยงกุ้งของชุมชนบางกระดี่ ถือว่าเป็นอาชีพหลัก มีอาชีพรับจ้างเป็นอาชีพเสริม เนื่องด้วยยุคสมัยทำให้คน ในปัจจุบันต้องหาอาชีพเสริมที่มีรายได้เพิ่มพูนมาเลี้ยงครอบครัว ตัวอย่างเช่น นายธงชัย แยมสัตย์ธรรม เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งพื้นที่ ซอยบางกระดี่ 43 ถนนพระราม2 แขวงแสมดำ เขตบางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร และพื้นที่จังหวัดสมุทรสาคร ในกลุ่มผู้เลี้ยงกุ้ง ให้ข้อมูลการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อเลี้ยงของตนว่า วิธีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อของตนจะเลี้ยงตามธรรมชาติ ใช้ระบบเปิด-ปิดน้ำแบบแมนนวล (Manual) คือใช้ระบบการหมุนเวียนน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งแบบ เปิด-ปิด น้ำจากลำคลองใหญ่ เข้า – ออก บ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำตามช่วง น้ำขึ้น-น้ำลง ตามธรรมชาติ วิธีการให้อาหารที่เกษตรกรใช้คือ การพាយโพน โพนมีลักษณะเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมพื้นผ้าขนาด 100 x 100 เซนติเมตร เกษตรกรจะพายโพน ไปบริเวณบ่อเลี้ยงกุ้งเพื่อหว่านอาหารให้กุ้งกุลาดำในบ่อกิน อาหารที่เกษตรกรให้กุ้งกินมี 2 ชนิด ชนิดแรกคือ อาหารเม็ด เกษตรกรจะให้อาหารเม็ดในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำของตนในช่วงระยะเวลาการช้ำกุ้งกุลาดำ คือ ช่วงแรกของการปล่อยกุ้งกุลาดำมีอายุประมาณ 10-15 วัน [1] เพื่อสามารถให้อาหารได้ทั่วถึงตลอดระยะเวลาการช้ำกุ้งกุลาดำ เกษตรกรจำเป็นต้องให้อาหารที่เป็นเวลา อธิบายได้ว่า เช่นวันแรกของการให้อาหารกำหนดให้เวลา 08.00น. วันต่อไปต้องให้เวลานี้เท่านี้ให้ผิดเวลาไม่ได้เนื่องจากจะส่งผลทำให้กุ้งกุลาดำกินกันเองและให้อาหารวันละ 1 มื้อ ปัญหาที่เกษตรกรพบคือเกษตรกรมีอาชีพเสริมจากอื่นทำให้กุ้งกุลาดำในบ่อกินอาหารไม่ตรงเวลาส่งผลให้กุ้งกุลาดำกินกันเอง วิธีการจับกุ้งของเกษตรกรคือใช้ ดักกุ้งทิ้งไว้ในช่วงเวลากลางคืน ในช่วงเวลา 05.00 – 06.00น. เกษตรกรจะไปเก็บอุปกรณ์สามารถดักกุ้งได้ 10 กิโลกรัม และนำเอากุ้งไปขายสู่ตลาด ในช่วงระยะเวลา 1 ปีที่เลี้ยงกุ้งเกษตรกรใช้วิธีการจับกุ้งกุลาดำแบบสูบน้ำออกจากบ่อเลี้ยงกุ้งปีละ 1 ครั้ง เพื่อเป็นการตากพื้นดิน [2] และกำจัดปลาออกจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำเพราะปลาในบ่อนั้นจะกินกุ้งกุลาดำ

ดังนั้นจากข้อมูล เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งทำให้คณะผู้วิจัยทราบถึงปัญหาที่เกษตรกรพบ คือ การให้อาหารที่ต้องให้อาหารกุ้งกุลาดำเป็นเวลาอย่างสม่ำเสมอและผู้จัดทำโครงการวิจัยมีแนวคิดที่จะสร้างเครื่องให้อาหารกุ้งกุลาดำโดยควบคุมการทำงานด้วยระบบพีแอลซี (PLC) เพื่ออำนวยความสะดวกในการให้อาหารกุ้งกุลาดำรวมถึงแก้ปัญหาการให้อาหารกุ้งที่ไม่ทั่วถึงและสม่ำเสมอเพื่อให้ดีขึ้น

วัสดุและวิธีการ

1. การออกแบบโครงสร้างระบบต้นแบบเครื่อง PLC ในอุตสาหกรรมบ่อเลี้ยงกุ้ง



ภาพที่ 1. ไดอะแกรมของเครื่องให้อาหารกุ้งกุลาดำ

งานวิจัยนี้ได้ออกแบบโปรแกรมควบคุมการให้อาหารกุ้งกุลาดำด้วยพีแอลซี (PLC) โดยใช้เครื่องพีแอลซี (PLC) รุ่น LOGO มีจำนวน 6 อินพุต และ 4 เอาต์พุต เพื่อให้สะดวกต่อการนำไปใช้งานในการให้อาหารกุ้งกุลาดำ ในการออกแบบชิ้นงานใช้ถังขนาด 200 ลิตร เต็มใบสีน้ำเงินทึบไม่สามารถมองเห็นอาหาร และ มีความสูงของตัวเครื่อง 170 เซนติเมตร มีระบบเบรกเพื่อให้มอเตอร์หยุดทันทีหลังจากปิดเครื่องป้องกันการไหลออกของอาหาร บริเวณตัวเครื่อง โครงสร้างทำจากเหล็กเพื่อสามารถรองรับน้ำหนักของการติดตั้งอุปกรณ์ทำให้เกิดความแข็งแรงและมั่นคงแก่ชิ้นงาน การหว่านจ่ายอาหารนำมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 24 โวลต์ 350 วัตต์ ใช้กระแส 10 แอมป์ และใช้หม้อแปลงไฟฟ้า 220 โวลต์ จากการใช้ไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง 24 โวลต์ กระแสตรง 20 แอมป์ เพื่อเป็นแหล่งจ่ายพลังงานให้กับระบบต้นแบบ

2. อุปกรณ์ในการออกแบบเครื่องให้อาหารกุ้งกุลาดำ

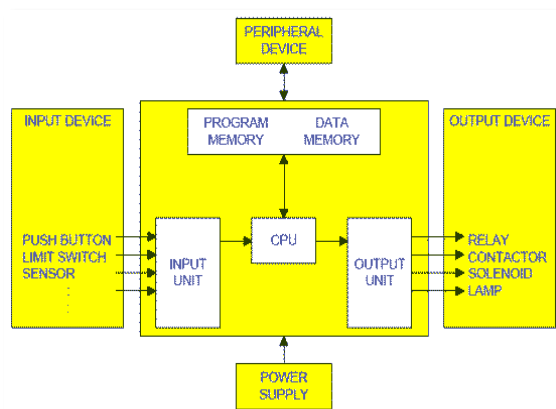
2.1 พีแอลซี (PLC: Programmable Logic Controller)

พีแอลซี (PLC) เป็นเครื่องควบคุมอัตโนมัติในโรงงานอุตสาหกรรมที่เขียนโปรแกรมได้ถูกสร้างและพัฒนาขึ้นมาเพื่อทดแทนวงจรรีเลย์ อันเนื่องมาจากความต้องการของผู้วิจัยที่จำนำมาใช้เครื่องควบคุมที่มีราคาถูกสามารถใช้งานได้อย่างเอนกประสงค์ ค.ศ.

1970-1979 ได้มีการพัฒนาให้พีแอลซี (PLC) มีการประมวลผลที่เร็วมากขึ้น ความสามารถในการสื่อสารข้อมูลระหว่าง พีแอลซี (PLC) กับพีแอลซี (PLC) โดยระบบแรกคือ มอดบัส (Modbus) ของโมดิคอน (Modicon) เริ่มมีการใช้อินพุต และเอาต์พุต (Input/Output) ที่เป็นสัญญาณอนาล็อก (Analog) [3] ค.ศ.1980-1989 มีความพยายามที่จะสร้างมาตรฐานในการสื่อสารข้อมูลของพีแอลซี (PLC) โดยบริษัท เจเนอรัล มอเตอร์ (General Motor) ได้สร้างโปรโตคอลที่เรียกว่า เอ็ม เอ พี (MAP: manufacturing automation protocol) ขนาดของพีแอลซี (PLC) ลดลงเรื่อย ๆ ซึ่งการผลิตซอฟต์แวร์ที่สามารถเขียนโปรแกรมพีแอลซี (PLC) ด้วยภาษาเชิงบอริก (symbolic) ให้สามารถโปรแกรมผ่านทางพีซี (PC: personal computer) แทนที่จะเขียนโปรแกรมผ่านทางแฮนเดิล (handheld) หรือ โปรแกรมมิง เทอร์มินอล (programing terminal) ปัจจุบันได้มีความพยายามในการที่จะทำให้ภาษาที่ใช้ในการโปรแกรมพีแอลซี (PLC) มีมาตรฐานเดียวกันโดยใช้มาตรฐาน IEC1131-3 สามารถเขียนโปรแกรมพีแอลซี (PLC) ได้ [4] ซึ่งงานวิจัยนี้ได้นำระบบ PLC รุ่น LOGO ยี่ห้อ SIEMENS นำมาสร้างระบบควบคุมการจ่ายอาหารให้กับระบบต้นแบบเครื่องให้อาหารกึ่งกลาดำ โดยในการควบคุมจะนำภาษา Ladder Diagram Language มาเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบการหว่านจ่ายอาหารและระบบตรวจจับด้วย เซนเซอร์ (Sensor) พร็อกซิมิตีส์วิตช์ (Proximity Switch) ในการบอกระดับอาหารที่เหลือในถังบรรจุด้วย



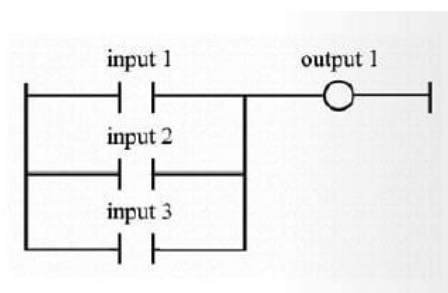
ภาพที่ 2 ภาพพีแอลซี (PLC)รุ่น LOGO ยี่ห้อ SIEMENS



ภาพที่ 3 ลักษณะโครงสร้างภายในของพีแอลซี (PLC)

2.2. ภาษาที่ใช้สำหรับพีแอลซี (PLC)

ภาษาแลดเดอร์ (Ladder Language) เป็นภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม PLC Ladder Diagram Language ประกอบด้วยสัญลักษณ์หน้าสัมผัส ซึ่งรูปแบบจะมีลักษณะคล้ายวงจรของรีเลย์จึงทำให้ การเขียนโปรแกรมด้วยภาษาแลดเดอร์จะมีความสะดวกในการเขียนและตรวจได้ง่ายจึงทำให้การเขียนแบบนี้เป็นที่นิยม ระดับงานที่ใช้ควบคุมจะมีทั้งจากวงจรแบบธรรมดาจนถึงแบบซีเควินซ์ในลักษณะเปิด-ปิด ภาษาแลดเดอร์จะเป็นภาษาพื้นฐานที่ใช้งานตั้งแต่พีแอลซี (PLC) ขนาดเล็กเป็นต้นไป [5]



ภาพที่ 4 ภาษา Ladder Diagram Language

2.3 เซนเซอร์ (Sensor) พร็อกซิมิตีส์วิตช์ (Proximity Switch)

เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่เป็นเซนเซอร์(sensor) หรือตรวจจับวัตถุที่เข้ามาใกล้ หรือเข้ามาที่บริเวณระยะตรวจจับ ตัวมันจะทำงานโดยเปิด-ปิด (On – off Circuit) ที่วงจรภาคเอาต์พุต (Output) แบ่งตามโครงสร้างและประเภทของการ

ตรวจจับวัตถุแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือชนิดอินดักทีฟ (Inductive Sensor) Inductive Switch จะใช้ตรวจจับวัตถุพวกโลหะหรือวัตถุที่เป็นตัวนำไฟฟ้าและ ชนิดคาปาซิทีฟ Capacitive switch จะใช้ตรวจจับวัตถุที่เป็นโลหะ อโลหะและของเหลวทุกชนิด [6]



ภาพที่ 5 เซ็นเซอร์ตรวจจับโลหะ แบบ Proximity Switch

2.4 มอเตอร์ (Motor)

มอเตอร์ไฟฟ้า ในงานวิจัยนี้ใช้ มอเตอร์ Motor 24 โวลต์ DC 350 วัตต์ [7] เป็นอุปกรณ์ที่มีคุณสมบัติการใช้งานในการหมุนจานอาหารเม็ดสำหรับเครื่องให้อาหารกิ้งกูดดำ และสามารถเลือกใช้งานให้เหมาะสมกับงานออกแบบระบบประปาหมู่บ้านหรืองานอื่นที่เกี่ยวข้องได้



ภาพที่ 6 มอเตอร์ Motor 24 โวลต์ DC 350 วัตต์ [7]

2.5 หม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer)

หม้อแปลงไฟฟ้าเป็นเครื่องกลไฟฟ้าที่ใช้ในการส่งถ่ายพลังงานไฟฟ้า จากขดลวดชุดหนึ่งไปยังขดลวดอีกชุดหนึ่ง โดยที่ความถี่ไม่เปลี่ยนแปลง เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ใน

การเชื่อมโยงระหว่างระบบไฟฟ้าที่มีแรงดันไฟฟ้าต่างกันทำหน้าที่เพิ่มหรือลดแรงดันไฟฟ้าให้เหมาะกับการส่ง การจ่ายและการใช้พลังงานไฟฟ้า [8]



ภาพที่ 7 หม้อแปลงสำหรับวาล์วไฟฟ้าแปลงไฟจากกระแสสลับ 220 โวลต์ เป็นไฟฟ้ากระแสตรง 24 โวลต์

3. การติดตั้งอุปกรณ์ทั้งหมดของเครื่องให้อาหารกิ้งกูดดำ

3.1 ออกแบบและสร้างเครื่องให้อาหารกิ้งกูดดำ

การออกแบบชิ้นงานทางผู้จัดทำได้ใช้วัสดุจากเหล็กมาเป็นโครงสร้างเมื่อติดตั้งอุปกรณ์ทำให้เกิดความแข็งแรงและมั่นคงแก่ชิ้นงาน ใช้ถังขนาด 200 ลิตร เต็มใบสีน้ำเงินทึบแสงและมีความสูงของตัวเครื่อง 170 เซนติเมตร มีระบบเบรคเพื่อให้มอเตอร์หยุดทันทีหลังจากปิดเครื่องป้องกันการไหลออกของอาหารบริเวณตัวเครื่องดังแสดงในภาพที่ 8



ภาพที่ 8 โครงสร้างเครื่องให้อาหารกิ้งกูดดำอัตโนมัติ

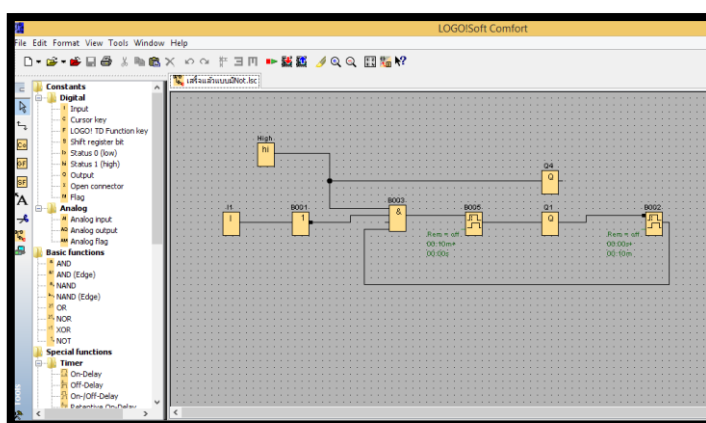
3.2 ออกแบบโปรแกรมควบคุมพีแอลซี (PLC) ด้วยภาษาแลดเดอร์ไดอะแกรม

การออกแบบโปรแกรมควบคุมพีแอลซี (PLC) ด้วยภาษาแลดเดอร์ไดอะแกรมได้ทำการพัฒนาขึ้นมานั้น หลักการทำงาน ภาษาแลดเดอร์ไดอะแกรมจะทำการโปรแกรมเครื่อง PLC ที่จะสั่งให้ระบบควบคุมสามารถสั่งให้มีการหน่วงเวลาการให้ระบบต้นแบบเครื่องอาหารกึ่งแบบอัตโนมัติได้ ดังภาพที่ 9-10



ภาพที่ 9 กล่องระบบควบคุมเครื่องให้อาหารกึ่งอัตโนมัติ

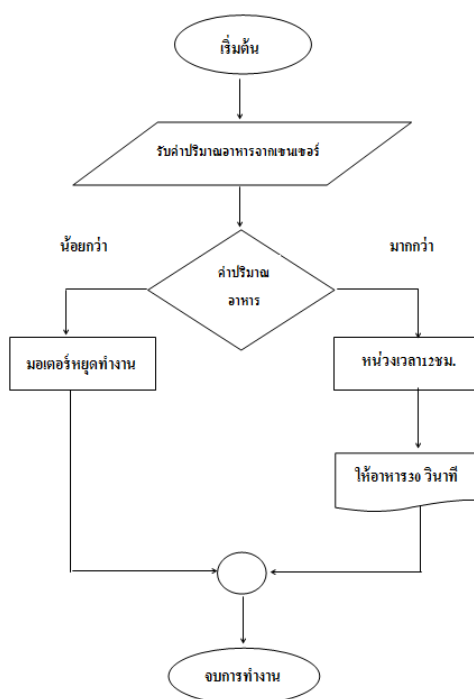
การเขียนโปรแกรมการควบคุมเครื่อง PLC ผู้วิจัยใช้โปรแกรม LOGO comfort ในการจำลองการทำงานและสามารถทำงานได้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ PC ตั้งแต่ Windows XP ขึ้นไปหรือที่ใหม่กว่าจะทำให้เห็นภาพการทำงานของระบบควบคุมทั้งหมดได้อย่างชัดเจน ดังแสดงในภาพที่ 10



ภาพที่ 10 โปรแกรมการควบคุมการทำงานของมอเตอร์ในการหน่วงเวลาการทำงาน

3.3 แผนผังการทำงานของเครื่องให้อาหารกึ่งอัตโนมัติ

จากแผนผังการทำงานของระบบเครื่องให้อาหารกึ่งอัตโนมัติ ในภาพที่ 11 สามารถอธิบายได้ดังนี้ เมื่อกดสวิตช์สตาร์ทเซนเซอร์การตรวจสอบอาหารว่ามีหรือไม่มี ในกรณีที่ไม่มีอาหาร Timer PLC ที่หน่วงเวลาเป็นเวลา 12 ชม.จะนับเวลาที่กำหนดไว้ เมื่อถึงเวลาจ่ายอาหารมอเตอร์จะทำงานเป็นเวลา 30 วินาที หรือตามเวลาที่ต้องการที่จะให้อาหาร เมื่อมอเตอร์ทำงานตามที่เวลาที่กำหนด ก็จะจบการทำงานใน 1 รอบและจะย้อนกลับไปเช็คอาหารอีกรอบและทำซ้ำๆ ในกรณีที่ไม่มีอาหาร หรือ อาหารหมด เซนเซอร์จะแจ้งเตือนและตัดการทำงานของมอเตอร์ทันทีไฟที่ตัวเซนเซอร์จะติดแสดงผลจบการทำงาน และวนขึ้นไปตรวจสอบอาหารทุกครั้ง



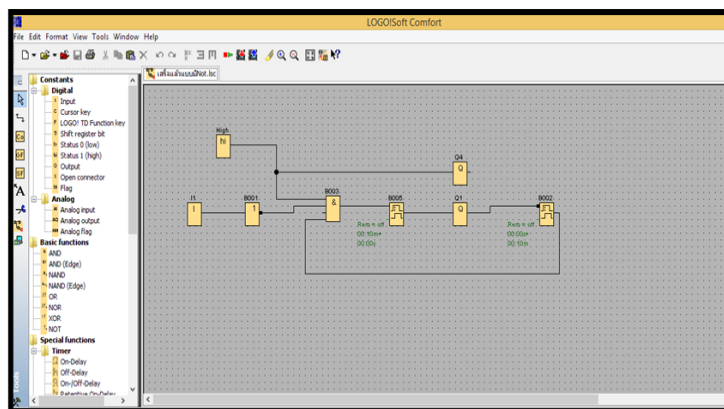
ภาพที่ 11 แผนผังการทำงานของเครื่องให้อาหารกึ่งอัตโนมัติ

3.4 ระบบควบคุมอัตโนมัติพีแอลซี (PLC) โดยใช้โปรแกรม LOGO comfort

ออกแบบโปรแกรมควบคุมพีแอลซี (PLC) ด้วยภาษาแลดเดอร์ไดอะแกรมจากการออกแบบการควบคุมอัตโนมัติด้วย PLC ที่ได้ทำการพัฒนามานี้จะมีลักษณะการทำงานที่เกี่ยวข้องกับผู้ใช้งาน โดยมีรายละเอียดในการทำงาน คือ สามารถสั่งหน่วงเวลาการให้อาหารกึ่งแบบอัตโนมัติได้

3.4.1 การเขียนโปรแกรมการควบคุม

การเขียนโปรแกรมการควบคุมทางผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรม LOGO comfort สามารถทำงานได้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ PC ตั้งแต่ Windows XP ขึ้นไปหรือที่ใหม่กว่า



ภาพที่ 12 การเขียนโปรแกรมการควบคุมการทำงานของมอเตอร์ในการหน่วงเวลา

จากภาพ 12 แสดงการเขียนภาษาแลดเดอร์ในการควบคุมโดยมีตำแหน่งอินพุตและเอาต์พุตดังนี้

Hi	หมายถึง เมื่อเปิดสวิตช์จะมีกระแสไฟฟ้าเข้ามา
I1	หมายถึง รับค่าจากเซนเซอร์ตรวจจับวัตถุ
And	หมายถึง จุดเชื่อมต่อระหว่าง I1 และ Hi
Not	หมายถึง ตัวกลับสถานะของเซนเซอร์ I1
On/Off Delay1	หมายถึง ตัวนับเวลาก่อนสั่งให้มอเตอร์ทำงาน
On/Off Delay2	หมายถึง ตัวหน่วงเวลาการทำงานของมอเตอร์
Q1	หมายถึง ตัวแสดงสถานะการทำงานของมอเตอร์
Q4	หมายถึง จุดเชื่อมต่อสายกราวด์

จากภาพที่ 12 สามารถอธิบายเมื่อกดสวิตช์สตาร์ทเซนเซอร์จะทำการตรวจสอบอาหาร มีหรือไม่มี ในกรณีที่ไม่มีอาหาร Timer PLC ที่หน่วงเวลาเป็นเวลา 12 ชม.จะนับเวลาที่กำหนดไว้ เมื่อถึงเวลาจ่ายอาหารมอเตอร์จะทำงานเป็นเวลา 30 วินาที หรือตามเวลาที่ต้องการที่จะให้อาหาร เมื่อมอเตอร์ทำงานตามที่เวลาที่กำหนด ก็จะจบการทำงานใน 1 รอบ และจะย้อนกลับไปเช็คอาหารอีกรอบและทำซ้ำๆ ในกรณีที่ไม่มีอาหาร หรือ อาหารหมด เซนเซอร์จะตัดการทำงานของมอเตอร์ทันทีที่ตัวเซนเซอร์จะติดแสดงผลจบการ

ทำงาน และวนขึ้นไปตรวจสอบอาหารทุกครั้ง ซึ่งในการทรงตัวของต้นแบบเครื่องให้อาหาร กุ้งกุลาดำใช้หลักท่อนลอยน้ำพลาสติกทั้ง 4 ด้านเพื่อพยุงให้ตั้งโครงสร้างและถังจ่ายอาหาร ลอยได้ตลอด 24 ชั่วโมง และสามารถเคลื่อนที่ไปรอบๆ บ่อเลี้ยงกุ้งได้ [9]



ภาพที่ 13 การทรงตัวของต้นแบบเครื่องให้อาหารกุ้งกุลาดำในบ่อเลี้ยง

ผลการศึกษา

4.1 ผลการทดสอบการสั่งงาน เปิด-ปิด ของเครื่องให้อาหารกุ้งอัตโนมัติ

ผลการทดสอบการสั่งงาน เปิด-ปิด ของเครื่องให้อาหารกุ้งอัตโนมัติ เมื่อกดสวิทช์ สตาร์ทเซนเซอร์จะตรวจสอบอาหารว่ามีหรือไม่มี ในกรณีที่มื่ออาหาร Timer PLC ที่หน่วย เวลาเป็นเวลา 12 ชม.จะนับเวลาที่กำหนดไว้ เมื่อถึงเวลาจ่ายอาหารมอเตอร์จะทำงานเป็นเวลา 30 วินาที หรือตามเวลาที่ต้องการที่จะให้อาหาร เมื่อมอเตอร์ทำงานตามที่เวลาที่ กำหนด ก็จะจบการทำงานในรอบและจะย้อนกลับไปเช็คอาหารอีกรอบและทำซ้ำ ๆ ใน กรณีที่ไม่มีอาหาร หรือ อาหารหมด เซนเซอร์จะตัดการทำงานของมอเตอร์ทันทีที่ไฟที่ ตัวเซนเซอร์จะติดแสดงผลจบการทำงาน และวนขึ้นไปตรวจสอบอาหารทุกครั้ง โดยทดสอบ การสั่งงาน เปิด-ปิด จำนวน 10 ครั้ง ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงผลการทดสอบการสั่งงาน เปิด-ปิด ของเครื่องให้อาหารกุ้งอัตโนมัติ

ครั้งที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
เปิด	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ปิด	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

หมายเหตุ: ✓ = สามารถทำงานตามคำสั่งได้ ✕ = ไม่สามารถทำงานตามคำสั่งได้

จากตารางที่ 1 ผลการทดสอบการสั่งงาน เปิด-ปิด ของเครื่องให้อาหารกึ่งอัตโนมัติ ในการทดสอบ เปิด-ปิด เป็นจำนวน 10 ครั้ง พบว่าการทดสอบสามารถ เปิด-ปิด เครื่องให้อาหารกึ่งอัตโนมัติ ได้ทั้งหมด 10 ครั้ง โดยไม่มีข้อผิดพลาด

4.2 ผลการทดสอบการทำงานการหว่านอาหารทั้ง 2 ด้านของอาหาร 3 ขนาด

การทดลองรัศมีการหว่านอาหาร ของอาหาร 3 ขนาดได้แก่ อาหารเม็ดเล็ก ความยาวเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.3 เซนติเมตร อาหารเม็ดกลาง ความยาวเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร และอาหารเม็ดใหญ่ ความยาวเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.7 เซนติเมตร โดยกำหนดการทดสอบทั้งหมด 3 ระบบเพื่อเก็บข้อมูลว่า ระบบไหนมีประสิทธิภาพการจ่ายอาหารที่แม่นยำ ซึ่งในการทดสอบระยะการหว่านอาหารกึ่งกลาดำ ทั้ง 3 ระบบ จะวัดรัศมีการหว่านของอาหารทางด้านซ้ายและด้านขวาของเครื่องให้อาหารให้กึ่งเพื่อบันทึกผลการทดลอง ดังตารางที่ 2 - 4

ตารางที่ 2 ผลทดสอบการหว่านอาหารเม็ดกลางเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.3 เซนติเมตร

ครั้ง	อาหารเม็ดกลาง (0.3 ซม.)	หว่านด้านซ้าย (ซม.)	หว่านด้านขวา (ซม.)
1	0.3	45.74	48.80
2	0.3	40.56	47.85
3	0.3	42.28	42.65
4	0.3	54.25	50.05
5	0.3	44.00	45.65
6	0.3	45.53	44.42
7	0.3	54.02	49.28
8	0.3	45.64	44.45
9	0.3	48.45	48.49
10	0.3	46.20	49.23
เฉลี่ย	0.3	46.67	47.01

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบการทำงานการหว่านอาหารทั้ง 2 ด้านของอาหารอาหารเม็ดกลางความยาวเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.3 เซนติเมตร ที่รัศมีการหว่านอาหารของอาหารเม็ดกลางความยาวเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.3 เซนติเมตร โดยกำหนดการทดสอบทั้งหมด 10 ครั้ง ทั้งหว่านด้านซ้ายและด้านขวา พบว่า การหว่านด้านซ้ายมีค่าเฉลี่ย อยู่ที่ใกล้เคียง 46.67 เซนติเมตร และการหว่านด้านขวามีค่าเฉลี่ย อยู่ที่ใกล้เคียง 47.01 เซนติเมตร

ตารางที่ 3 ผลทดสอบการหว่านอาหารเม็ดกลางเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร

ครั้ง	อาหารเม็ดกลาง (0.5 ซม.)	หว่านด้านซ้าย(ซม.)	หว่านด้านขวา (ซม.)
1	0.5	75.55	68.00
2	0.5	68.50	67.25
3	0.5	67.22	72.55
4	0.5	68.25	70.55
5	0.5	69.00	75.22
6	0.5	72.33	74.46
7	0.5	74.22	69.88
8	0.5	75.24	74.35
9	0.5	68.00	78.99
10	0.5	69.00	79.63
เฉลี่ย	0.5	70.73	73.08

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบที่วัดการหว่านอาหารของอาหารเม็ดกลางความยาวเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร โดยกำหนดการทดสอบทั้งหมด 10 ครั้ง ทั้งหว่านด้านซ้ายและด้านขวา พบว่า การหว่านด้านซ้ายมีค่าเฉลี่ย อยู่ที่ใกล้เคียง 70.73 เซนติเมตร และการหว่านด้านขวามีค่าเฉลี่ย อยู่ที่ใกล้เคียง 73.08 เซนติเมตร

ตารางที่ 4 ผลทดสอบการหว่านอาหารเม็ดกลางเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.7 เซนติเมตร

ครั้ง	อาหารเม็ดกลาง (0.7 ซม.)	หว่านด้านซ้าย(ซม.)	หว่านด้านขวา (ซม.)
1	0.7	-	-
2	0.7	-	-
3	0.7	-	-
4	0.7	-	-
5	0.7	-	-
6	0.7	-	-
7	0.7	-	-
8	0.7	-	-
9	0.7	-	-
10	0.7	-	-
เฉลี่ย	0.7	-	-

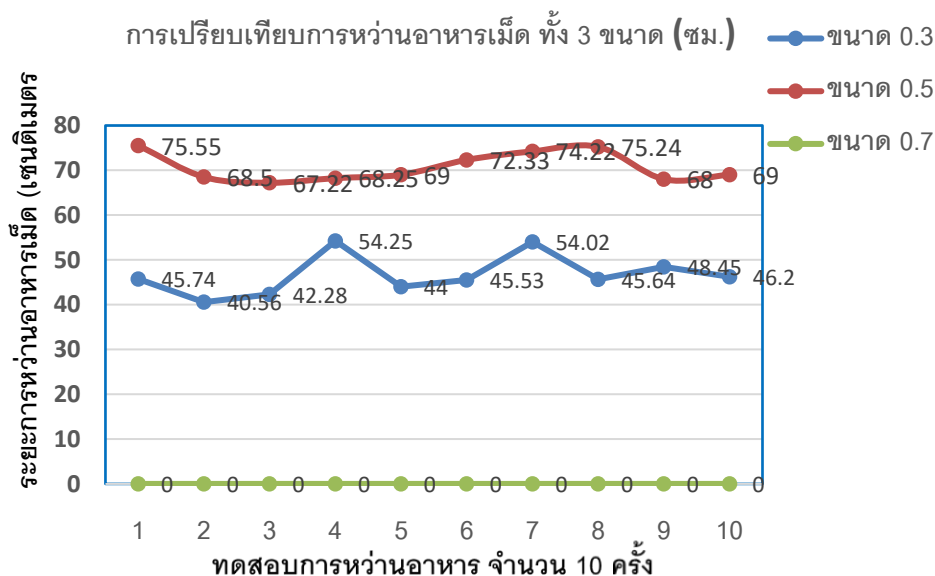
ตารางที่ 4 ผลการทดสอบที่รัศมีการหว่านอาหารของอาหารเม็ดใหญ่ความยาวเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.7 เซนติเมตร โดยกำหนดการทดสอบทั้งหมด 10 ครั้งในการหว่านอาหารทั้งหว่านด้านซ้ายและหว่านด้านขวา พบว่า การหว่านด้านซ้ายมีค่าเฉลี่ย อยู่ที่ไกลสุด 0 เซนติเมตร และการหว่านด้านขวามีค่าเฉลี่ย อยู่ที่ไกลสุด 0 เซนติเมตร ซึ่งนั่นหมายความว่าเครื่องให้อาหารกึ่งอัตโนมัตินี้ ไม่สามารถหว่านอาหารที่มีขนาดใหญ่เส้นผ่านศูนย์กลางของอาหารเกิน 0.7 เซนติเมตรได้ ซึ่งจะต้องระบุไว้ในขอบเขตการทำงานของเครื่องให้อาหารให้กึ่งอัตโนมัตินี้ด้วยว่า ไม่มีการหว่านของเม็ดอาหารเนื่องจากอาหารไม่สามารถไหลออกจากกรวยจ่ายได้

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบการทำงานของเครื่องหว่าน อาหารเม็ดเล็กความยาวเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.3 เซนติเมตร อาหารเม็ดกลางความยาวเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร อาหารเม็ดใหญ่ความยาวเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.7 เซนติเมตร ทั้ง 3 ขนาด

อาหารเม็ดความยาวเส้นผ่านศูนย์กลาง ทั้ง 3 ขนาด (ชม.)	หว่านด้านซ้าย (ชม.)	หว่านด้านขวา (ชม.)
อาหารเม็ดเล็กความยาวเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.3 ชม.	46.67 ชม.	47.01 ชม.
อาหารเม็ดกลางความยาวเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 ชม.	70.73 ชม.	73.08 ชม.
อาหารเม็ดใหญ่ความยาวเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.7 ชม.	ไม่มีการหว่านของเม็ดอาหาร เนื่องจากอาหารไม่สามารถไหล ออกจากกรวยจ่ายได้	

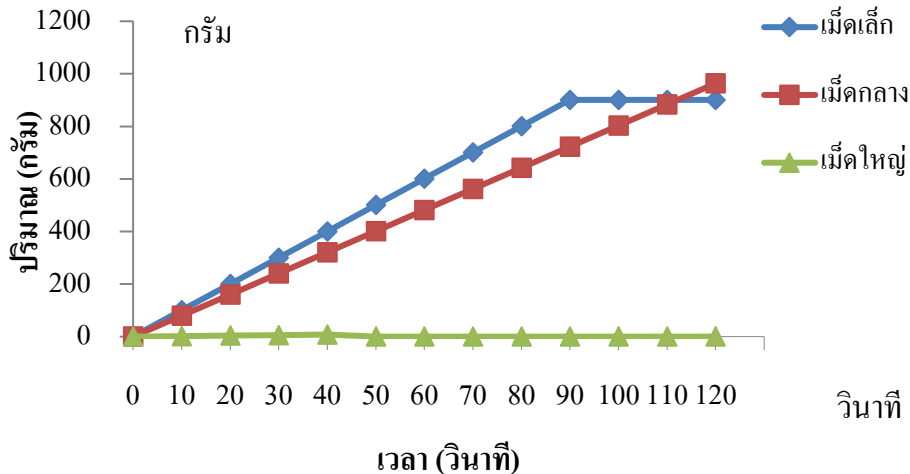
ตารางที่ 5 ผลการทดสอบการทดลองรัศมีการหว่านอาหารของอาหาร 3 ขนาด ได้แก่ อาหารเม็ดเล็กความยาวเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.3 เซนติเมตร การหว่านด้านซ้ายมีค่าเฉลี่ย อยู่ที่ไกลสุด 46.67 เซนติเมตร และการหว่านด้านขวามีค่าเฉลี่ย อยู่ที่ไกลสุด 47.01 เซนติเมตร อาหารเม็ดกลางความยาวเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร การหว่านด้านซ้ายมีค่าเฉลี่ย อยู่ที่ไกลสุด 70.73 เซนติเมตร และการหว่านด้านขวามีค่าเฉลี่ย อยู่ที่ไกลสุด 73.08 เซนติเมตร และอาหารเม็ดใหญ่ความยาวเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.7 เซนติเมตร การหว่านด้านซ้ายมีค่าเฉลี่ย อยู่ที่ไกลสุด 0 เซนติเมตร และการหว่านด้านขวามีค่าเฉลี่ย อยู่ที่ไกลสุด 0 เซนติเมตร โดยกำหนดการทดสอบทั้งหมด 3 ความยาวเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร โดยกำหนดการทดสอบทั้งหมด 10 ครั้งในการหว่านอาหารทั้งหว่านด้านซ้ายและหว่านด้านขวา ในการทดสอบนั้นพบว่า อาหารเม็ดเล็กความยาวเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.3 เซนติเมตร การหว่านด้านซ้ายมีค่าเฉลี่ย อยู่ที่ไกลที่สุด 46.67 เซนติเมตร การหว่านอาหารเม็ดกลางความยาวเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร ด้านขวามีค่าเฉลี่ย อยู่ที่ไกลสุด

73.08 เซนติเมตร และอาหารเม็ดใหญ่ความยาวเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.7 เซนติเมตร ไม่สามารถหว่านหรือจ่ายอาหารเม็ดออกมาได้เนื่องจากขนาดของ อาหารมีขนาดใหญ่กว่าช่องหัวจ่ายอาหารของเครื่องให้อาหารให้กึ่งอัตโนมัติ



ภาพที่ 14 แสดงค่าเฉลี่ยของการเปรียบเทียบการทำงานของเครื่องหว่านอาหารเม็ดความยาวเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.3 เซนติเมตร ,0.5 เซนติเมตร และ 0.7 เซนติเมตร

ภาพที่ 14 แสดงค่าเฉลี่ยของการเปรียบเทียบการทำงานของเครื่องหว่านอาหารเม็ดความยาวเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.3 เซนติเมตร ,0.5 เซนติเมตร และ 0.7 เซนติเมตร ทั้ง 3 ขนาด ที่ ยกการหว่านด้าน ซ้าย มาเปรียบเทียบประสิทธิภาพ ทั้ง 10 ครั้ง พบว่าในการหว่านอาหารเม็ดเล็กความยาวเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.3 เซนติเมตร การหว่านด้านซ้ายมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 46.67 เซนติเมตร การหว่านอาหารเม็ดกลางความยาวเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร มีค่าเฉลี่ย อยู่ที่ 70.73 เซนติเมตร และอาหารเม็ดใหญ่ความยาวเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.7 เซนติเมตร ไม่สามารถหว่านหรือจ่ายอาหารเม็ดออกมาได้เนื่องจากขนาดของอาหารมีขนาดใหญ่กว่าช่องหัวจ่ายอาหารของเครื่องให้อาหารให้กึ่งอัตโนมัติ



ภาพที่ 15 แสดงค่าการเปรียบเทียบปริมาณอาหารกึ่งกลาดำกับเวลาการทำงาน
ของเครื่องให้อาหารกึ่งกลาดำ

ภาพที่ 15 แสดงค่าการเปรียบเทียบปริมาณอาหารกึ่งกลาดำกับเวลาการทำงาน
เครื่องให้อาหารกึ่งกลาดำ โดยกำหนดอาหารเม็ดเล็กจำนวน 1000 กรัมต่อเวลา 120 วินาที
อาหารเม็ดกลางจำนวน 1000 กรัมต่อเวลา 120 วินาที และเม็ดใหญ่จำนวน 1000 กรัมต่อ
เวลา 120 วินาที เม็ดเล็กกระจายได้หมดในระยะเวลา 90 วินาที จำนวน 900.9 กรัม
อาหารเม็ดกลางกระจายได้หมดในระยะเวลา 120 วินาที จำนวน 963.6 กรัม อาหารเม็ด
ใหญ่หว่านออกช่วง 10 วินาที แรกจากนั้นอาหารไม่สามารถหว่านออกได้ เนื่องจากขนาด
ของเม็ดอาหารมีขนาดใหญ่ใกล้เคียงกับช่องจ่ายอาหาร ซึ่งผู้วิจัยได้นำหลักการการสร้างช่อง
หว่านจ่ายอาหารนี้มาจากงานวิจัยเรื่อง การออกแบบและพัฒนาเครื่องต้นแบบให้อาหารปลาโดย
ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งช่องหว่านจ่ายนั้นผู้สร้างนำมาใช้กับระบบหว่านจ่ายอาหารแบบ
ขนาดเดียวกัน [10]

วิจารณ์และสรุปผล

จากการทดลอง สรุปได้ว่าเครื่องให้อาหารกึ่งกลาดำโดยใช้ระบบควบคุมอัตโนมัติ
สามารถลอยบนผิวน้ำได้ ระบบควบคุมอัตโนมัติพีแอลซี (PLC) ทำงานตามชุดคำสั่งของ
ภาษาแลตเตอร์โดอะแกรมได้ เครื่องให้อาหารกึ่งกลาดำสามารถกระจายอาหารผ่านชุดจ่าย
อาหารได้ในลักษณะการตกของเม็ดอาหาร (แบบเม็ดฝน) ระยะการหว่านอาหารของเครื่อง
ให้อาหารกึ่งกลาดำมี 3 ขนาด ได้แก่ อาหารเม็ดเล็กความยาวเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.3

เซนติเมตร การหว่านด้านซ้ายมีค่าเฉลี่ย อยู่ที่ไกลสุด 46.67 เซนติเมตร และการหว่านด้านขวามีค่าเฉลี่ย อยู่ที่ไกลสุด 47.01 เซนติเมตร อาหารเม็ดกลางความยาวเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร การหว่านด้านซ้ายมีค่าเฉลี่ย อยู่ที่ไกลสุด 70.73 เซนติเมตร และการหว่านด้านขวามีค่าเฉลี่ย อยู่ที่ไกลสุด 73.08 เซนติเมตร และอาหารเม็ดใหญ่ความยาวเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.7 เซนติเมตร การหว่านด้านซ้ายมีค่าเฉลี่ย อยู่ที่ไกลสุด 0 เซนติเมตร และการหว่านด้านขวามีค่าเฉลี่ย อยู่ที่ไกลสุด 0 เซนติเมตร ซึ่งหมายถึงระบบไม่สามารถหว่านอาหารเม็ดออกมาได้เนื่องจากขนาดของอาหารมีขนาดใหญ่กว่าช่องหัวจ่ายอาหารของเครื่องให้อาหารให้อัตโนมัติ ส่วนการเปรียบเทียบปริมาณอาหารกึ่งกลาดำกับเวลาการทำงานเครื่องให้อาหารกึ่งกลาดำ โดยกำหนดอาหารเม็ดเล็กจำนวน 1000 กรัมต่อเวลา 120 วินาที อาหารเม็ดกลางจำนวน 1000 กรัมต่อเวลา 120 วินาที และเม็ดใหญ่จำนวน 1000 กรัมต่อเวลา 120 วินาที อาหารเม็ดเล็กกระจายได้หมดในระยะเวลา 90 วินาที จำนวน 900 .9 กรัม อาหารเม็ดกลางกระจายได้หมดในระยะเวลา 120 วินาที จำนวน 963.6 กรัม อาหารเม็ดใหญ่หว่านออกช่วง 10 วินาที ซึ่งงานวิจัยนี้มีข้อแตกต่างกับงานวิจัยของ งานวิจัยการพัฒนาเครื่องหว่านอาหารปลาแบบตั้งเวลาอัตโนมัติ 7 ระดับ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดการใช้แรงงานคน ประหยัดเวลา และลดต้นทุนในการเลี้ยงสัตว์น้ำในบ่อเลี้ยง การทดสอบเพื่อหาอัตราการพ่นอาหารสัตว์ ด้วยการกำหนดความเร็วการหมุน (ซ้าย-ขวา) ไว้ 2 ระดับ คือ 33.33 และ 46.15 rpm และระดับการพ่นเป็น 7 ระดับ คือ ระดับ 1 - 7 (ความเร็วลมพ่น 7 ระดับ) พบว่าที่ระดับการพ่น ระดับ 1 – 3 ค่าอัตราการพ่นอาหารสัตว์จะเพิ่มขึ้นจนถึงค่าสูงสุด คือ อัตราการพ่นอาหารสัตว์ 30 kg/นาที่ ที่ความเร็วรอบการพ่น 46.15 rpm และระยะการพ่นไกล 7 เมตร แต่เมื่อเพิ่มระดับการพ่น อัตราการพ่นอาหารสัตว์มีค่าลดลง ทั้ง 2 ระดับ [11]

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของการวิจัยเรื่อง ระบบต้นแบบเครื่อง PLC ในอุตสาหกรรมบ่อเลี้ยงกุ้ง Prototype System PLC Machine in Shrimp Farming Industrial. ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา ประจำปีงบประมาณ 2565 ขอขอบคุณที่ให้ทุนในการสนับสนุนเพื่อการดำเนินโครงการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

1. กุ้งกุลาดำ. [อินเทอร์เน็ต]. 2565 [เข้าถึงเมื่อ 11 พฤศจิกายน 2565]. เข้าถึงได้จาก <https://th.wikipedia.org/wiki>
2. ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดสงขลา. การเลี้ยงกุ้งกุลาดำ. [อินเทอร์เน็ต]. 2565 [เข้าถึงเมื่อ 15 พฤศจิกายน 2565] เข้าถึงได้จาก <http://www.fisheries.go.th/ifsongkhla>
3. ศิวะพงษ์ ธิโสภา. PLC คืออะไร. [อินเทอร์เน็ต]. 2565 [เข้าถึงเมื่อ 20 ตุลาคม 2565] เข้าถึงได้จาก <http://elec-thai.blogspot.com/2022/12/plc.html>
4. ห้างหุ้นส่วนจำกัดสตาร์เซอร์กิต. โครงสร้างโดยทั่วไปของ PLC. [อินเทอร์เน็ต]. 2565 [เข้าถึงเมื่อ 15 ตุลาคม 2565] เข้าถึงได้จาก <http://www.star-circuit.com/article/PLC.html/>
5. บริษัทเอ็นพี เพลส จำกัด. ภาษาและโปรแกรมที่ใช้เขียนควบคุม PLC. [อินเทอร์เน็ต]. 2565 [เข้าถึงเมื่อ 30 ตุลาคม 2565] เข้าถึงได้จาก <http://www.fisheries.go.th/ifsongkhla/web2>
6. เฉลิมพงษ์ ชื่นเงิน. พร็อกซิมิตีสวิทช์. [อินเทอร์เน็ต]. 2565 [เข้าถึงเมื่อ 24 มกราคม 2565] เข้าถึงได้จาก <http://netra.lpru.ac.th/~chaloempong/files/Proximity Switch.pdf>.
7. ไพฑูรย์ เรืองเพ็ง. ความรู้เกี่ยวกับมอเตอร์ไฟฟ้า. [อินเทอร์เน็ต]. 2565 [เข้าถึงเมื่อ 15 มกราคม 2566] เข้าถึงได้จาก <http://202.129.59.73/tn/motor10-52/motor4.htm>
8. EKARATENGINEERING PCL. มอเตอร์และหม้อแปลงไฟฟ้า. [อินเทอร์เน็ต]. 2565 [เข้าถึงเมื่อ 24 มกราคม 2565] เข้าถึงได้จาก <http://www.npfamous.co.th/index/product/>
9. บริษัท ไต อี ซี พลาสติก จำกัด. ฟุนลอยน้ำ. [อินเทอร์เน็ต]. 2565 [เข้าถึงเมื่อ 9 มิถุนายน 2565] เข้าถึงได้จาก <https://mallc3.com>
10. กัลยา ธนาสินธ์, ณัฐดนัย สิงห์คสิวรรณ, อมรรัตน์ คำบุญ. การออกแบบและพัฒนาเครื่องต้นแบบให้อาหารปลาโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์. วารสารก้าวหน้าโลกวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา 2561;18(2):47-61.
11. อภิชาติ ศรีชาติ. งานวิจัยการพัฒนาเครื่องหวนอาหารปลาแบบตั้งเวลาอัตโนมัติ 7 ระดับ. [อินเทอร์เน็ต]. 2563 [เข้าถึงเมื่อ 17 มกราคม 2566]. เข้าถึงได้จาก <http://www.journal.up.ac.th>