



FEAT JOURNAL

FARM ENGINEERING AND AUTOMATION TECHNOLOGY JOURNAL

วารสารวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติ

การออกแบบโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมระบบอัตโนมัติ ของหุ่นยนต์และเครื่องคัดแยกชิ้นงานนิวเมติกส์

Design of programmable logic controller for controlling automation system
of robot and pneumatic sorter

ปิยะวัฒน์ ศรีธรรม^{1)*}, ธนวัฒน์ ลับแล¹⁾, เพ็ญ รุน ชอริ¹⁾ และ ทศพร แจ่มใส¹⁾

Piyawat Sritram^{1)*}, Thanawat Laplea¹⁾, Phea Run Chhorn¹⁾ and Tossaporn Chamsai¹⁾

¹⁾ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์

¹⁾ Department of Mechanical Engineering, Rajamangala University of Technology Isan SURIN Campus.

Received: 9 May 2025

Revised: 2 June 2025

Accepted: 4 June 2025

Available online: 21 June 2025

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการประยุกต์ใช้โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ เพื่อควบคุมระบบนิวเมติกส์ในการคัดแยกชิ้นงานอัตโนมัติ โดยในเครื่องคัดแยกชิ้นงานนี้ได้ใช้ไฟเบอร์ออปติกเซนเซอร์ (Fiber Optic) ในการตรวจจับสีของวัสดุและอินดักทีฟพร็อกซิมิตีเซนเซอร์ (Inductive Proximity Sensors) ในการตรวจจับชิ้นงานที่เป็นโลหะ ซึ่งวัสดุมีสีที่ต่างกันสามสี ดังนี้คือ สีเงิน (อลูมิเนียม) สีเหลือง (ซูเปอร์ไลน์สีเหลือง) และสีดำ (ซูเปอร์ไลน์สีดำ) และรีดสวิตช์ (Reed Switch) ทำหน้าที่ในการตรวจจับตำแหน่งของกระบอกสูบ การทำงานของเซ็นเซอร์จะส่งสัญญาณอินพุตไปยังพีแอลซี เพื่อทำการประมวลผลตามโปรแกรมที่ได้กำหนดไว้ในเครื่อง แล้วส่งสัญญาณเอาต์พุตตามเงื่อนไขไปควบคุมควบคุมสัญญาณไฟฟ้าและวาล์วควบคุมทิศทางลมเพื่อทำการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์นิวเมติกส์ได้อย่างอัตโนมัติ ผลการทดสอบการใช้งานจะแสดงให้เห็นว่าเครื่องสามารถทำการแยกสีและเอาวัสดุไปจัดเก็บได้อย่างถูกต้องตามเงื่อนไขที่กำหนด เครื่องจักรเริ่มทำงานที่ความดันลม 4.0 บาร์ ค่าเวลาที่ให้ทดสอบในการทำงานเฉลี่ยรวมต่อชิ้นคือ 25.20 วินาที และความดันลมสูงสุดที่ 7.0 บาร์ ค่าเวลาใน

การทำงานเฉลี่ยรวมต่อชิ้นคือ 18.19 วินาที สามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง 100 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่มีข้อผิดพลาด จากงานวิจัยนี้สามารถนำไปใช้ในการสร้างหุ่นยนต์หรือระบบการให้อาหารสัตว์ในฟาร์มแบบอัตโนมัติ

คำสำคัญ: ระบบควบคุมอัตโนมัติ โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ นิวแมติกส์ หุ่นยนต์แขนกล

Abstract

This paper presents the application of Programmable Logic Controller to control pneumatic systems in automatic sorting. In this sorting machine, a fiber optic sensor detects the material color, and an inductive proximity sensor detects the metal target. Materials are available in three colors: silver (aluminum), yellow (light yellow superlene), and black (opaque black superlene), and the Reed Switch detects the position of the cylinder. The sensor operation sends an input signal to the PLC for processing according to the program set on the machine and then outputs conditional signals to control the control signal and the pneumatic directional valve to automatically control the operation of the pneumatic device. The results of functional testing will show that the machine can separate colors and store materials properly under specified conditions. The machine starts working at 4.0 bar air pressure, the average total working time per piece is 25.2 seconds, and the maximum air pressure is 7.0 bar, the average total working time per piece is 18.19 seconds, it can work 100 percent accurately without any errors. This research can be applied to create robots or automatic animal housing systems in farms.

Keywords: Automatic: Programmable Logic Controller: Pneumatic: Arm robotic

*ติดต่อ: Sritram_1111@hotmail.com, 099-174-1533

1. บทนำ

ในปัจจุบันระบบควบคุมอัตโนมัติ (Automation system) เข้ามามีบทบาทอย่างมากในด้านอุตสาหกรรม เพื่ออำนวยความสะดวกและควบคุมการผลิต และยังช่วยลดความผิดพลาดในงานที่ต้องทำซ้ำๆ อีกทั้งยังช่วยลดต้นทุน สามารถควบคุมคุณภาพของการผลิตได้ดีขึ้นเหมือน David G. Alciatore and Michael B. Histanb ในปี 2012 [1] สามารถเพิ่มกำลังการผลิตและยังแก้ไขปัญหาต้นทุน

แรงงานที่เพิ่มสูงขึ้น ปัญหาการขาดแคลนแรงงานในภาคอุตสาหกรรม สิ่งเหล่านี้สามารถแก้ปัญหาดังกล่าวได้ด้วยระบบอัตโนมัติ ในปี พ.ศ. 2552 พงศธร และคณะ [2] ได้ทำการทดลองควบคุมชุดแขนกลนิวแมติกส์ใช้ถอดชิ้นงานสำหรับเครื่องฉีดพลาสติก โดยใช้โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ หรือ PLC ต่อมาในปี พ.ศ. 2558 วิโรจน์ และคณะ [3] ได้ทำการทดลองควบคุมการทำงานของระบบจัดเก็บอุปกรณ์เข้าตู้เก็บของระบบอัตโนมัติ การควบคุมใช้ PLC และในปี พ.ศ. 2561 ไตรภพ และคณะ [4] ได้ทำการทดลองควบคุม

การเสียบไม้กับอาหารปิ้งย่างกึ่งอัตโนมัติ ใช้ระบบควบคุมด้วย PLC และไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยในปี พ.ศ. 2561 ปิยะวัฒน์ [5] ได้ทำการออกแบบและสร้างแขนกลจับชิ้นงานจากเครื่องตัดแยกวัสดุอัตโนมัติตามสายพานลำเลียงด้วยระบบนิวเมติกส์และควบคุมการทำงานด้วย PLC โดยมีจุดประสงค์เพื่อสร้างเครื่องจักรกลที่มีการควบคุมในระบบอัตโนมัติ ที่มีต้นทุนการสร้างที่ต่ำและยังสามารถใช้เป็นเครื่องมือสำหรับผู้สนใจศึกษาระบบควบคุมเครื่องจักรอัตโนมัติด้วย PLC และในปี พ.ศ. 2563 อติศักดิ์ และคณะ [6] ได้ออกแบบเครื่องเทถึงน้ำนมดิบอัตโนมัติ โดยใช้การควบคุมการทำงานด้วย PLC เพื่อลดการใช้แรงงานคนและลดต้นทุนของกระบวนการแปรรูปน้ำนม จากวรรณกรรมข้างต้นพบว่า การควบคุมระบบนิวเมติกส์ในระบบอัตโนมัติของภาคอุตสาหกรรมนิยมใช้ PLC ในการควบคุม เพราะมีความคงทนสามารถทำงานได้ต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน โดยมีผลกระทบน้อยจากระดับแรงดันและกระแสไฟฟ้าไม่คงที่ได้มากกว่า Microcontroller ในส่วนการควบคุมระบบอัตโนมัติด้วย PLC สามารถออกแบบได้ง่าย ไม่ซับซ้อนมากและมีการทำงานที่เสถียร ดังนั้นโครงการนี้จึงมีเป้าหมายในการควบคุมระบบนิวเมติกส์ โดยการควบคุมแบบอัตโนมัติให้สามารถเคลื่อนย้ายและตัดแยกสีตามชนิดของชิ้นงานที่กำหนดด้วย PLC ในการออกแบบโปรแกรมควบคุมการทำงานขึ้นมาใหม่ เพื่อให้ควบคุมอุปกรณ์ขับเคลื่อนของระบบนิวเมติกส์ในระบบอัตโนมัติ แทนระบบเดิมที่ใช้การควบคุมด้วยวงจรไฟฟ้าและวงจรรีเลย์ โดยการควบคุมด้วย PLC นี้สามารถนำมาทดแทนและยังปรับแก้ไขและขยายการ

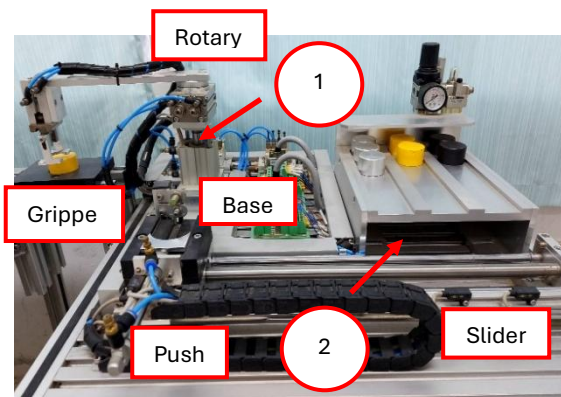
ควบคุมได้สะดวกและง่ายกว่าด้วยการออกแบบโปรแกรมการควบคุมใหม่ โดยไม่ต้องมีการปรับเปลี่ยนการต่อสายไฟฟ้าและเพิ่มอุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมใหม่เข้าไปในระบบ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการออกแบบและเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์แขนกลระบบคาร์ทีเซียน ให้จับชิ้นงานเพื่อให้เครื่องแยกชิ้นงานแบบวงเลื้อน โดยสามารถตัดแยกชิ้นงานได้ตามเงื่อนไขที่กำหนด ซึ่งใช้ PLC เป็นตัวควบคุมระบบการทำงานของเครื่องจักร

2. วิธีการวิจัย

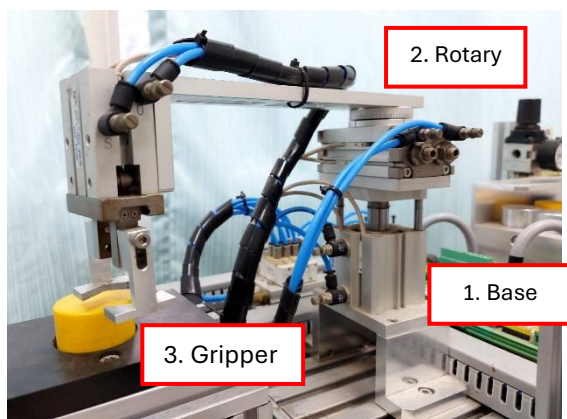
ในการวิจัยจะประยุกต์ใช้ PLC เพื่อควบคุมกระบวนการป้อนและการตัดแยกชิ้นงานแบบอัตโนมัติ โดยควบคุมให้เครื่องจักรสามารถตัดแยกชิ้นงานตามสี และประเภทของวัตถุ ซึ่งจะมุ่งเน้นการใช้ PLC เป็นตัวควบคุมระบบเป็นหลัก มีขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาส่วนประกอบของเครื่องจักร
2. ศึกษาการควบคุม PLC ด้วยภาษาแลดเดอร์ หรือ Ladder Diagram
3. วิเคราะห์หลักการทำงานของระบบการป้อนและตัดแยกชิ้นงาน
4. ออกแบบและเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานใน PLC เพื่อควบคุมระบบการทำงานของเครื่องจักร
5. ทดสอบโปรแกรมระบบควบคุมที่ออกแบบ โดยควบคุมการทำงานของเครื่องจักรให้เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด



รูปที่ 1 เครื่องคัดแยกชิ้นงานและหุ่นยนต์แขนกล
คาร์ทีเซียนระบบนิวเมติกส์

ชิ้นงานในการทดลองการทำงานของเครื่องจักร
จากการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงาน ออกแบบ
ให้ใช้วัสดุในการทดลอง 3 ประเภท คือ โลหะสีเงิน
(อลูมิเนียม), อะโลหะสะท้อนแสงสีเหลือง (ซูเปอร์
ลีนสีเหลือง) และ อะโลหะทึบแสงสีดำ (ซูเปอร์ลินสี
ดำ) โดยตัวอย่างทั้ง 3 มีลักษณะที่คล้ายกันคือ เป็นรูป
ทรงกระบอก มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 40 ม.ม. สูง 25
ม.ม. (รูปที่ 1)



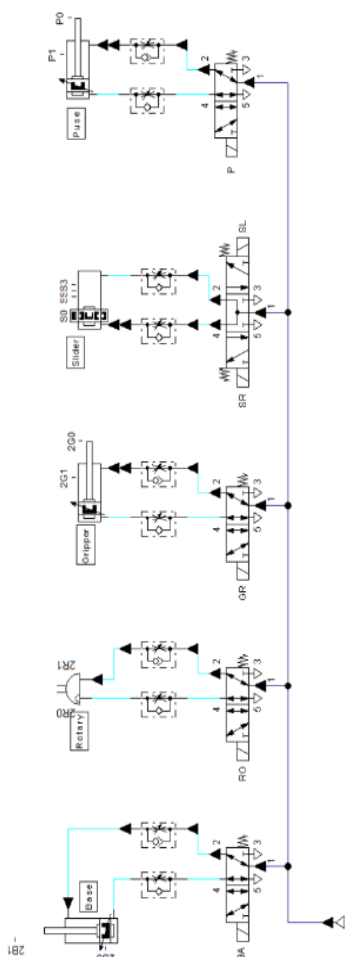
รูปที่ 2 หุ่นยนต์แขนกลระบบนิวเมติกส์

โครงสร้างหลักและส่วนประกอบของเครื่องจักร
(รูปที่ 1) เลข 1 คือ หุ่นยนต์แขนกล จะเปรียบเสมือน
แขนของมนุษย์ที่คอยหยิบจับชิ้นงานจากจุดวาง ไป
วางด้านบนเครื่องคัดแยก โดยแขนกลในโครงการนี้
เป็นแขนกลระบบคาร์ทีเซียนที่มีอุปกรณ์นิวเมติกส์
จำนวน 3 ตัว ประกอบเข้าด้วยกัน ดังนี้คือ ตัวที่ 1
กระบอกสูบทำหน้าที่เป็นฐาน (Base) ในการเคลื่อนที่
ขึ้น-ลงแขนจับชิ้นงาน ตัวที่ 2 กระบอกสูบลมแบบ
โรตารี (Rotary) ทำหน้าที่คอยหมุนแขนไปยังตำแหน่ง
ของชิ้นงาน ตัวที่ 3 กระบอกสูบลมแบบกริปเปอร์
(Gripper) ซึ่งอุปกรณ์นี้เปรียบเสมือนมือของมนุษย์ที่
คอยหยิบจับชิ้นงาน (รูปที่ 2) โดยอุปกรณ์ทั้งสามตัวเมื่อ
นำมาประกอบเข้าด้วยกันเป็นแขนกล ส่วนหมายเลข
2 คือ เครื่องคัดแยกชิ้นงาน มีส่วนประกอบ 2 ส่วน คือ
ส่วนแรก มีลักษณะออกแบบเป็นรางเลื่อน (Slider) จะ
ใช้กระบอกสูบแบบไม่มีก้านสูบ (Rod less cylinder)
เป็นตัวเลื่อน ส่วนนี้จะรับชิ้นงานจากแขนกล โดยจะ
นำมาวางด้านบนและมีเซ็นเซอร์ตรวจจับเพื่อแยก
ประเภทของวัสดุ ในส่วนที่ 2 เป็นส่วนดันชิ้นงาน
(Push) เป็นกระบอกสูบที่ใช้ดันชิ้นงานแต่ละชนิด
เข้าไปในช่องที่ออกแบบไว้แยกตามประเภทของวัสดุ
ทั้ง 3 ชนิด เมื่อส่วนรางเลื่อนเคลื่อนที่มาหยุดที่ช่อง
เก็บวัสดุของแต่ละชนิด

ระบบควบคุม PLC จะนิยมใช้ภาษาแลดเดอร์ใน
การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานเครื่องจักรกล
ในระบบนิวเมติกส์คล้ายกับปีศาจและคณะ ในปี
2564 [7] โดยใช้เครื่อง PLC เป็นตัวควบคุมและใช้
คำสั่งที่ออกแบบไปควบคุมโซลินอยด์ของวาล์ว
ควบคุมทิศทางการทำงานในระบบนิวเมติกส์ ใน

โครงการนี้เลือกใช้ PLC ของบริษัท OMRON โดยสามารถใช้รุ่นที่มีค่า I/O ตั้งแต่ 40 points ขึ้นไป และเขียนโปรแกรมการทำงานด้วยภาษาแลดเดอร์ที่รับสัญญาณ I/O เป็นแบบ Digital

การออกแบบการทำงานของระบบ (รูปที่ 3) เครื่องตัดแยกชิ้นงานจะทำงานได้ ต้องได้รับคำสั่งจากโปรแกรมที่เขียนลงในตัว PLC เพื่อควบคุมการทำงานของเครื่อง



รูปที่ 3 วงจรระบบนิวเมติกส์ของเครื่องตัดแยกชิ้นงานและหุ่นยนต์แขนกล

ในการเขียนโปรแกรมจะออกแบบให้เริ่มจากการกดปุ่ม start จะทำให้หุ่นยนต์แขนกลจับชิ้นงานและทำการเคลื่อนย้ายชิ้นงานไปยังจุดรองรับชิ้นงานของเครื่องแยกชิ้นงานแบบรางเลื่อน ซึ่งจะมีเซ็นเซอร์ตรวจจับแบบ Proximity sensor และ diffused sensor เพื่อทำการตรวจประเภทชิ้นงาน จากนั้นรางเลื่อนจะนำชิ้นงานและทำการคัดแยกเอาชิ้นงานแต่ละประเภทไปไว้ตามที่ตำแหน่งที่ได้กำหนดที่มีอยู่ 3 ช่อง คือ ช่องที่ 1 ไว้เก็บชิ้นงานอะไหล่ทึบแสง (สีดำ) ส่วนช่องที่ 2 ไว้เก็บชิ้นงานชิ้นงานอะไหล่สะท้อนแสง (สีเหลือง) และช่องที่ 3 ไว้เก็บชิ้นงานโลหะอลูมิเนียม (สีเงิน) เมื่อกระบวนการเสร็จแล้ว เครื่องคัดแยกชิ้นงานจะกลับไปตำแหน่งเริ่มต้น จากนั้นจะเริ่มทำงานใหม่เมื่อแขนกลป้อนชิ้นงานเข้ามาตรงจุดรองรับชิ้นงานและเริ่มกระบวนการคัดแยก จนเมื่อกดปุ่ม stop จะหยุดการทำงานทั้งหมด ซึ่งหลักการในออกแบบโปรแกรมการทำงานของเครื่องจักร สามารถเขียนไดอะแกรมการทำงานพีแอลซี หรือ PLC program flow chart เหมือนกับงานวิจัยของ Ranjeeta S. and H.K V. ในปี 2018 [8] (รูปที่ 4)

สมการในการทดลอง [9] โดยที่ใช้หาค่าแรงที่ได้จากระบบนิวเมติกส์ คือ

$$F = P \times A \quad (1)$$

โดยที่

F คือ แรงที่กระทำที่ปลายก้านสูบ

P คือ ความดันลม

A คือ พื้นที่หน้าตัดที่รับความดัน

จากความสัมพันธ์ของสมการจะเห็นว่าเมื่อต้องการแรงกระทำที่ได้จะแปรผันตามค่าของความดันและพื้นที่หน้าตัดรับความดันที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากพื้นที่หน้าตัดมีค่าคงที่จากขนาดของกระบอกสูบที่ติดตั้งในระบบ ดังนั้นแรงกระทำที่ได้จึงแปรผันตามค่าความดันลมที่เปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้นหรือลดลง

สมการที่ใช้หาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลและความดันในระบบของไหลหาได้จากสมการของเบอร์นูลลี คือ

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho gh_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho gh_2 \quad (2)$$

โดยที่

P_1 และ P_2 คือ แรงดันที่จุดสองจุดในระบบของไหล

ρ คือ ความหนาแน่นของของไหล

v_1 และ v_2 คือ ความเร็วของของไหลที่จุดสองจุด

g คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง

h_1 และ h_2 คือ ความสูงของของไหล ณ จุดทั้งสอง

สมการที่ใช้หาอัตราการไหล (Q) ได้โดยใช้สมการ

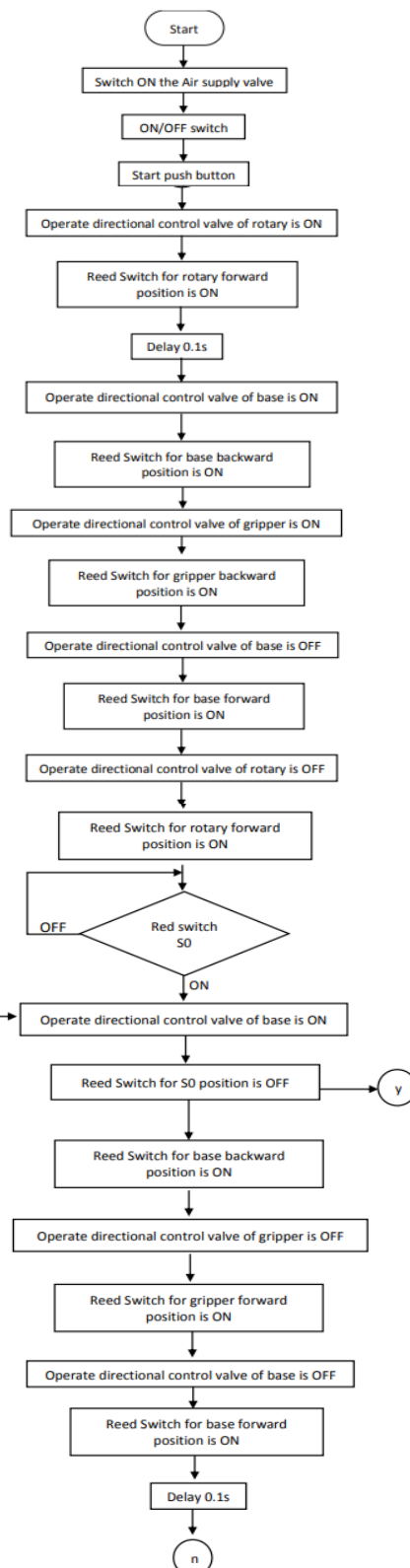
$$Q = A \times v \quad (3)$$

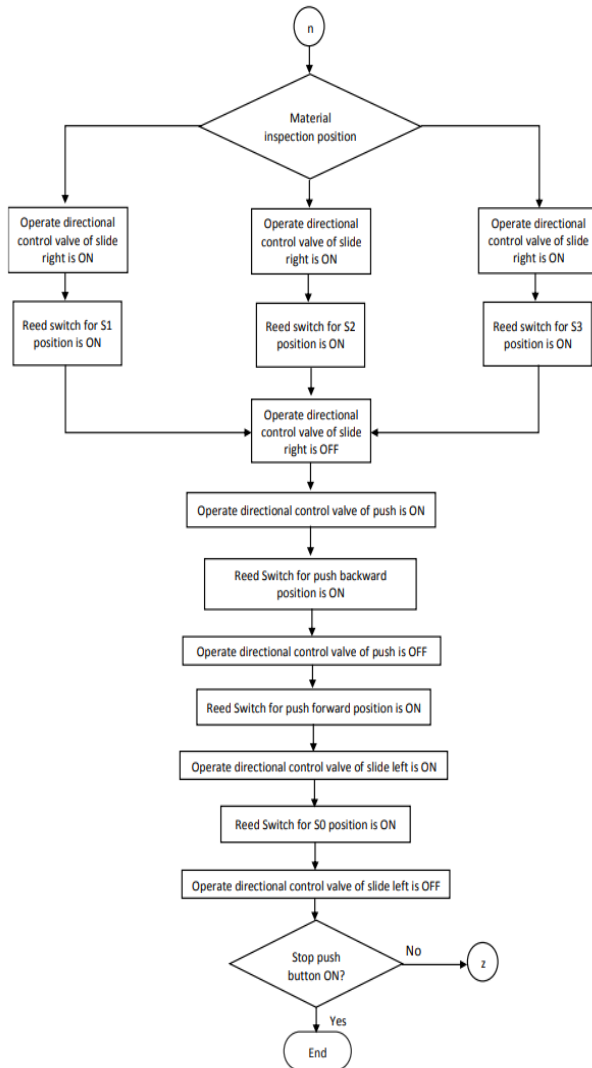
โดยที่

Q คือ อัตราการไหล

A คือ พื้นที่หน้าตัดของท่อ

v คือ ความเร็วของของไหล



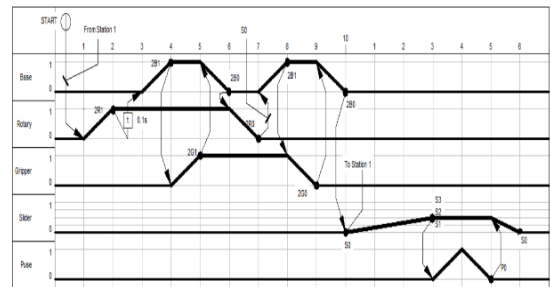


รูปที่ 4 การออกแบบ flow chart ระบบการทำงาน

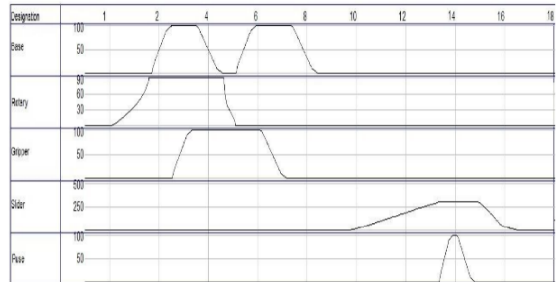
3. ผลการวิจัยและอภิปราย

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการการแสดงผลการทำงานของเครื่องจักร โดยแสดงแผนภาพการทำงานแบบ Timing diagram จากการเขียนโปรแกรมการควบคุมที่ออกแบบควบคุมระบบ เพื่อที่จะบอกถึงขั้นตอนการทำงาน รวมถึงระยะเวลาการทำงานของแต่ละอุปกรณ์

จากรูปที่ 6 เป็นไดอะแกรมการทำงานจริงที่ได้จากการออกแบบเขียนโปรแกรมการควบคุมเครื่องจักร โดยใช้โปรแกรม Fluid SIM แสดงผลการทำงานจาก Timing diagram ในการทำงานจริงของเครื่องจักรซึ่งมีความคล้ายคลึงกับรูปที่ 5 ที่ได้กำหนดเงื่อนไขในการออกแบบตามไดอะแกรมการทำงานไว้



รูปที่ 5 ไดอะแกรมการทำงานที่ออกแบบ



รูปที่ 6 ไดอะแกรมการทำงานจริง

รูปที่ 5 และ รูปที่ 6 แสดงถึงขั้นตอนการทำงานของเครื่องคัดแยกชิ้นงานสามารถอธิบายขั้นตอนการทำงานได้ดังนี้ เมื่อนำชิ้นงานมาวางในตำแหน่งหุ่นยนต์แขนกลจะมาหยิบชิ้นงานไปให้เครื่องคัดแยกชิ้นงาน โดยมีลักษณะการทำงานของส่วนประกอบแต่ละอุปกรณ์ คือ กระบอกสูบ rotary จะเคลื่อนที่จากตำแหน่ง 2R0 ไปยังตำแหน่ง 2R1

และจะถูกส่งให้รอ 0.1 วินาที เพื่อที่กระบอกลูกสูบ base จะเคลื่อนที่จากตำแหน่ง 2B0 ไปยังตำแหน่ง 2B1 ซึ่งเป็นการเลื่อนลงมาหาชิ้นงาน หลังจากนั้นกระบอกลูกสูบ gripper จะเคลื่อนที่จากจุด 2G0 ไปยัง 2G1 เพื่อทำการจับชิ้นงาน แล้วกระบอกลูกสูบ base จะเคลื่อนที่ขึ้นมายังตำแหน่งเดิม สังเกตจากจุด 2B1 จะเคลื่อนที่ไปยัง 2B0 ดั้งเดิม จากนั้นกระบอกลูกสูบ rotary จะเคลื่อนที่จากตำแหน่ง 2R1 ไปยัง 2R0 ในจุดนี้ก่อนที่กระบอกลูกสูบ base จะเริ่มทำงานต่อ ระบบจะทำการตรวจสอบว่า เซ็นเซอร์ S0 หรือก็คือกระบอกลูกสูบ slider อยู่ในตำแหน่งที่ต้องการหรือไม่ ถ้าไม่กระบอกลูกสูบ base จะไม่ทำงาน แต่ถ้า slider อยู่ในตำแหน่งที่กำหนด กระบอกลูกสูบ base จะเคลื่อนที่จาก 2B0 ไปยัง 2B1 เพื่อวางชิ้นงาน จากนั้นกระบอกลูกสูบ gripper จะเคลื่อนที่จาก 2G1 ไปยัง 2G0 เป็นการปล่อยชิ้นงานลงบนแท่นรองรับของกระบอกลูกสูบแบบ slider จากนั้น เซ็นเซอร์จะตรวจจับชิ้นงานและทำการเคลื่อนย้ายเพื่อส่งขึ้นไปจัดเก็บ โดยที่ S1 คือ สีดำ S2 คือ สีเหลือง และ S3 คือ สีเงิน เมื่อเคลื่อนมาถึงตำแหน่งที่ต้องการแล้ว กระบอกลูกสูบ push จะเคลื่อนที่จาก P0 ไปยัง P1 เพื่อดันชิ้นงานออกจากแท่นไปยังที่เก็บและจะเคลื่อนที่จาก P1 ไปยัง P0 เพื่อกลับมายังตำแหน่งเดิม

ผลการทดลองในตารางที่ 1 ชิ้นงานอะลูมิเนียม ซุปเปอร์อัลลอย และซุปเปอร์อัลลอยดำ ที่ความดันที่ 0.5 ถึง 3.5 บาร์ การทำงานผิดพลาดทั้งหมด เครื่องจักรไม่สามารถทำงานได้ เนื่องจากความดันลมในระบบนั้นน้อยเกินไป ชิ้นงานอะลูมิเนียมที่ความดันลม 4.0 บาร์ ผลการทดลองพบว่าเครื่องจักรจะกลับมาทำงานได้ เนื่องจากความดันลมมีค่าเหมาะสม

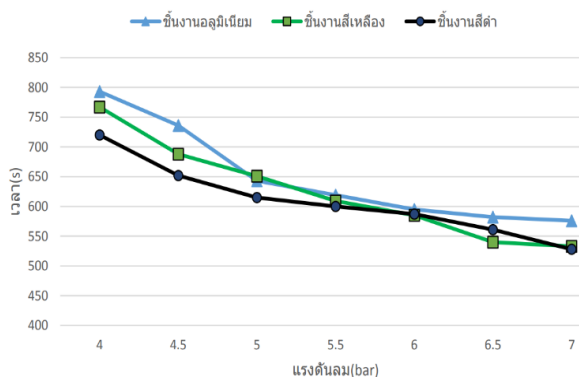
และไม่มีชิ้นงานที่ทำงานผิดพลาด แสดงให้เห็นว่าที่ความดัน 4.0 บาร์ คือ ความดันลมต่ำสุดที่เครื่องจักรเริ่มทำงานได้และไม่ผิดพลาด จากนั้นทำการปรับแรงดันลมเพิ่มขึ้นทีละ 0.5 บาร์ โดยพบว่าระยะเวลาในการทำงานจะลดลงเรื่อยๆ ตามค่าความดันลมที่เพิ่มขึ้น 4.5 บาร์ เวลาอยู่ที่ 736 วินาที ที่ 5.0 บาร์ ได้เวลา 643 วินาที และที่ 5.5 บาร์ ได้เวลา 619 วินาที จนมาถึงความดันลมสูงสุดที่กำหนดในการทดลอง คือ 7.0 บาร์ มีระยะเวลาในการทำงานอยู่ที่ 576 วินาที ผลการทดลองชิ้นงานซุปเปอร์อัลลอยสีเหลือง ที่ความดัน 4.0 บาร์ มีระยะเวลาในการทำงาน ที่ 767 วินาที ที่ 4.5 บาร์ ใช้เวลา 688 วินาที ที่ 5.0 บาร์ ใช้เวลา 651 วินาที และที่ 5.5 บาร์ ใช้เวลา 609 วินาที จนถึงความดันลมสูงสุดในการทดลองที่ 7.0 บาร์ ใช้เวลา 533 วินาที และผลการทดลองซุปเปอร์อัลลอยดำ ความดันลม 4.0 บาร์ ใช้เวลา 720 วินาที ที่ 4.5 บาร์ ใช้เวลา 652 วินาที ที่ 5.0 บาร์ อยู่ที่ 615 วินาที และที่ 5.5 บาร์ เวลา คือ 600 วินาที จนถึง 7.0 บาร์ ใช้เวลาที่ 528 วินาที โดยไม่มีชิ้นงานที่ทำงานผิดพลาด จะเห็นว่าความดันลมที่เพิ่มขึ้นจะแปรผกผันกับเวลาการทำงาน ที่ทำได้ลดลง เมื่อเปรียบเทียบความดันลมเริ่มต้นการทำงานที่ 4.0 บาร์ ค่าเวลาที่ใช้เฉลี่ยรวมต่อชิ้น คือ 25.20 วินาที และความดันลมในการทำงานสูงสุดที่ 7.0 บาร์ เวลาที่ใช้เฉลี่ยรวมต่อชิ้น คือ 18.19 วินาที ซึ่งทำงานได้เร็วกว่าเฉลี่ยรวมต่อชิ้น คือ 7.01 วินาที หรือเร็วกว่า 27.82% แต่ใช้ความดันในการทำงานมากกว่า 3 บาร์ หรือ ใช้ความดันมากกว่า 42.86% โดยไม่มีชิ้นงานที่ทำงานผิดพลาดหรือทำงานถูกต้อง 100% ตั้งแต่ความดันเริ่มต้นทำงานที่ 4.0 บาร์

ตารางที่ 1

ผลการคัดแยกชิ้นงานของเครื่องจักร

ประเภท ชิ้นงาน	แรงดัน ลม (บาร์)	จำนวน ชิ้นงาน (อัน)	ผิด ผลาด (อัน)	เวลา ทำงาน (วินาที)	เวลา เฉลี่ย (วินาที)
อลูมิเนียม	0.5	30	30	0	0
	1.0	30	30	0	0
	1.5	30	30	0	0
	2.0	30	30	0	0
	2.5	30	30	0	0
	3.0	30	30	0	0
	3.5	30	30	0	0
	4.0	30	0	793	26
	4.5	30	0	736	24
	5.0	30	0	643	21
	5.5	30	0	619	20.6
	6.0	30	0	595	19.8
	6.5	30	0	582	19.4
ซูเปอร์ ลีน สีเหลือง	7.0	30	0	576	19.2
	0.5	30	30	0	0
	1.0	30	30	0	0
	1.5	30	30	0	0
	2.0	30	30	0	0
	2.5	30	30	0	0
	3.0	30	30	0	0
	3.5	30	30	0	0
	4.0	30	0	767	25.60
	4.5	30	0	688	23.00
	5.0	30	0	651	22.00
	5.5	30	0	609	20.30
	6.0	30	0	585	19.50
	6.5	30	0	540	18.00
ซูเปอร์ ลีน สีดำ	7.0	30	0	533	17.77
	0.5	30	30	0	0
	1.0	30	30	0	0
	1.5	30	30	0	0
	2.0	30	30	0	0
	2.5	30	30	0	0
	3.0	30	30	0	0
	3.5	30	30	0	0
	4.0	30	0	720	24.00
	4.5	30	0	652	21.70
	5.0	30	0	615	20.50
	5.5	30	0	600	20.00
	6.0	30	0	587	19.50
	6.5	30	0	561	18.70
	7.0	30	0	528	17.60

จากรูปที่ 7 เส้นกราฟแต่ละเส้น คือ ระยะเวลาในการทำงานของแต่ละชิ้นงาน พบว่าที่ความดันเริ่มต้นการทำงานของเครื่องจักรอยู่ที่ 4.0 บาร์ โดยชิ้นงานแต่ละประเภทมีระยะเวลาในการทำงานแตกต่างกัน เนื่องจากระยะห่างระหว่างช่องเก็บชิ้นงานที่ใกล้-ไกล นั้นไม่เท่ากัน ค่าเริ่มต้นเวลาต่ำสุด คือ ชิ้นงานสีดำที่มีตำแหน่งช่องเก็บอยู่ใกล้สุด ตามมาด้วยชิ้นงานสีเหลือง และ ใกล้สุดคืออลูมิเนียม



รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันลมกับเวลาในการทำงาน

จากสมการที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ ความดัน และการไหล อธิบายได้โดยหลักการของเบอร์นูลลีและสมการความต่อเนื่องตามหลักการของเบอร์นูลลี เมื่อเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อลดลง ความเร็วของของไหลที่ไหลผ่านจะเพิ่มขึ้น และความดันจะลดลง ในทางกลับกันเมื่อเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อเพิ่มขึ้น ความเร็วจะลดลงและความดันจะเพิ่มขึ้น

การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ในระบบจะเห็นว่า อัตราการไหลและความดันในระบบของไหลมีความสัมพันธ์กันโดยตรง และหากความดันเพิ่มขึ้น อัตราการไหลก็จะเพิ่มขึ้นเช่นกัน เมื่อตัวแปรอื่นๆ ทั้งหมด เช่น เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อและความหนืดของของไหลมีค่าคงที่ โดยสิ่งนี้อธิบายไว้ในหลักการของเบอร์นูลลี ซึ่งระบุว่า การเพิ่มขึ้นของความดันของไหลส่งผลให้ความเร็วของของไหลเพิ่มขึ้นดังสมการที่ 3 มีผลให้เวลาในการทำงานลดลง ดังแสดงในกราฟรูปที่ 7

4. สรุป

เมื่อวิเคราะห์ผลการทดลอง พบว่า ค่าความดันลมที่ 0.5 ถึง 3.5 บาร์ เครื่องจักรทำงานผิดพลาด เนื่องจาก ค่าความดันลมไม่เพียงพอที่จะขับเคลื่อนอุปกรณ์ นิวเมติกส์ที่เป็นอุปกรณ์หลักของเครื่องจักร และพบว่า ที่ความดันลม 4.0 บาร์ เครื่องจักรสามารถกลับมาทำงานได้ โดยไม่มีชิ้นงานที่ผิดพลาดเลย แสดงให้เห็นว่าที่ความดันลม 4.0 บาร์ นี้คือ ช่วงความดันต่ำสุดที่สามารถเริ่มทำงานได้ และเมื่อเพิ่มความดันลมขึ้นไปช่วงระยะเวลาของกระบวนการทำงานจะใช้เวลาอันน้อยลง ด้วยข้อจำกัดของอุปกรณ์ที่ความดันลมสูงสุดได้ที่ 7.0 บาร์ หากเพิ่มความดันลมให้มากขึ้น จะทำให้เวลาการทำงานลดลง แต่อย่างไรก็ตาม ถ้าเพิ่มมากเกินไป กระบวนการคัดแยกชิ้นงานอาจจะเริ่มทำงานผิดพลาดได้ เนื่องจากค่าความดันลมมากเกินไปจนทำให้อุปกรณ์ขับเคลื่อนทำงานรวดเร็วมากเกินไปจนเซ็นเซอร์ไม่สามารถตรวจจับชิ้นงาน

และตอบสนองได้ทัน ส่งผลให้ขั้นตอนการทำงานอาจเกิดข้อผิดพลาดได้

เครื่องจักรสามารถทำงานได้ที่ความดันในการทำงานของระบบได้ถูกต้องที่ 100% โดยมีความดันเริ่มต้นการทำงานที่ 4.0 บาร์ และความดัน 7.0 บาร์ วัสดุที่ใช้ทดลองทุกชนิดจะทำงานได้เร็วที่สุด เมื่อพิจารณาความเหมาะสมของความดันลมที่จะนำไปใช้จะอยู่ประมาณ 4.5 ถึง 5.5 บาร์ เนื่องจากระยะเวลาในการทำงานใกล้เคียงกันมาก โดยการใช้ค่าความดันลมสูงสุดนั้นเมื่อคำนึงถึงการใช้งานระยะเวลานาน จะทำให้สิ้นเปลืองพลังงานและมีผลต่อการเสื่อมสภาพของอุปกรณ์

ข้อเสนอแนะ เครื่องจักรนี้สามารถอัพเกรดเพิ่มระบบให้ทันสมัยยิ่งขึ้นได้ โดยอาจเปลี่ยนเซ็นเซอร์ให้เป็นกล้องดิจิตอลเพื่อให้สามารถตรวจจับวัสดุได้หลากหลายมากยิ่งขึ้น และเพิ่มการใช้ระบบให้เป็น supervisory level ที่สามารถแสดงผลบนจอภาพแบบสัมผัสเพื่อควบคุมการทำงานได้ง่ายขึ้น

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณห้องปฏิบัติการวิจัย Advanced Control System & Robotics and Automation System ของ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสุรินทร์ ที่ให้การสนับสนุนวัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือ และสถานที่ในการดำเนินงาน โครงการวิจัยนี้

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] David GA, Michael BH. Introduction to mechatronics and measurement systems. 4th ed. Singapore: McGraw-Hill; 2012.
- [2] Athit C, Thotsaporn T, Phongsathon T. Releasing moulding injection using robot [thesis]. Bangkok: Sri Pathum University; 2010. Thai.
- [3] Wirote B, Kampon P. Automatic storage cabinet using a pneumatic system. In: Proceedings of the 7th NPRU National Academic Conference; 2015 Mar 30–31; Nakhon Pathom, Thailand. Nakhon Pathom: Nakhon Pathom Rajabhat University; 2015. p. 1192–1201.
- [4] Tripop S, Wiswa S, Boonthong S. Positioning control system for semi-automatic barbeque skewer machine. In: Proceedings of the 7th National Conference on Technology and Innovation Management (NCTIM 2018); 2018 Mar 5–6; Maha Sarakham, Thailand. Maha Sarakham: Rajabhat Maha Sarakham University; 2018. p. 452–8.
- [5] Piyawat S. Robot arm picked up the material from the automatic sorting machine with conveyor belt. FEAT J. 2018;4(1):19–27. Thai.
- [6] Adisak B, Tawatcha S, Kaweepong H. Development of the automatic pouring raw milk storage tank machine. FEAT J. 2020;6(1):21–8. Thai.
- [7] Piyawat S, Nattapong B, Weerachi B, Sanong D. Automatic material separator in conveyor by PLC controlled system. FEAT J. 2021;7(1):49–52. Thai.
- [8] Ranjeeta S, HK V. Development of PLC-based controller for pneumatic pressing machine in engine-bearing manufacturing plant. Procedia Comput Sci. 2018;125:449–58.
- [9] Yunus AC, John MC. Fluid mechanics: fundamentals and applications. 3rd ed. New York: McGraw-Hill; 2010.