รหัสบทความ SEITS 71

เครื่องอัดไส้กรอกกึ่งอัตโนมัติ

Semi - Automatic Sausage Stuffing Machine

วราเทพ หนองผือ[1], ธนากร คำฟู[1], จักรกฤษณ์ กุลวงษ์[1] , วิญญู แสวงสินกสิกิจ[2], อนุชิต เจริญ[2]
ชาติ ฤทธิ์หิรัญ[2], ณธรรม เกิดสำอางค์[2], ธีรยุทธ จันทร์แจ่ม[3]

[1] นักศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต
[2] อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต
[3] อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและการจัดการพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต

บทคัดย่อ

เครื่องอัดไส้กรอกกึ่งอัตโนมัติ เป็นเครื่องต้นแบบที่สร้างขึ้นโดยออกแบบและพัฒนาเครื่องจักรระบบกึ่งอัตโนมัติ จากระบบเครื่องอัดไส้กรอกไทย มาประยุกต์กับเทคโนโลยีของเครื่องอัดไส้กรอกจากต่างประเทศ โดยเครื่องอัดไส้กรอกมีโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์เชื่อมต่อกับหน้าจอทัชสกรีน และใช้อินเวอร์เตอร์ จำนวน 3 ตัว ชนิด 3 เฟส ขนาด 380 โวลต์ ต่อแบบ Y พิกัด 1.1 กิโลโวลต์แอมป์ มีหน้าที่ควบคุมมอเตอร์ตัวที่ 1 สำหรับควบคุมความเร็วของปั้มส่งเนื้อ อินเวอร์เตอร์ ชนิด 3 เฟส ขนาด 380 โวลต์ ต่อแบบ Y พิกัด 4.1 กิโลโวลต์แอมป์ มีหน้าที่ควบคุมมอเตอร์ตัวที่ 2 สำหรับควบคุมความเร็วรอบของ Twist ในการบิดเกลียวของลูกไส้กรอก และอินเวอร์เตอร์ ชนิด 3 เฟส ขนาด 380 โวลต์ ต่อแบบ Y พิกัด 6.8 กิโลโวลต์แอมป์ มีหน้าที่ควบคุมมอเตอร์ตัวที่ 3 สำหรับควบคุมความเร็วของ Linking Belt ในการทำลูกไส้กรอก โดยความเร็วของอินเวอเตอร์ทั้งสามตัวจะถูกปรับเปลี่ยนความถี่ผ่านหน้าจอทัชสกรีน เครื่องอัดไส้กรอกจะถูกควบคุมผ่านหน้าจอทัชสกรีน และโปรแกรมของการอัดไส้กรอกจะถูกส่งไปยังโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ เพื่อทำการประมวลผลและสั่งเครื่องอัดไส้กรอกทำการผลิตไส้กรอก เป็นลำดับต่อไป

คำสำคัญ : เครื่องอัดไส้กรอกกึ่งอัตโนมัติ, อินเวอร์เตอร์, จอทัชสกรีน

Abstract

The semi-automatic sausage stuffing machine is a prototype created by designing and developing from Thai sausage stuffing machine apply with foreign technology. The sausage stuffing machine has PLC (Mitsubishi) connect with a touch screen (GOT2000) panel and 3 inverters. 1st Fuji Electric Frenic; 3-phase AC Y 380V, 1.1 kVA, this inverter control motor speed of meat pump. 2nd Fuji Electric Frenic; 3 phase AC Y 380V, 4.1 kVA, this inverter control twist motor speed for twisting sausage into pieces. 3rd Fuji Electric Frenic; 3-phase AC Y 380,6.8 kVA, this inverter control linking belt speed motor for making sausage length size. These inverters speed were controlled by changing frequency on touch screen (GOT2000) panel. Sausage stuffing machine was controlled by touch screen (GOT2000) panel by sending program to PLC, then machine will recode and order to produce sausages as require.

Keywords : semi-automatic sausage stuffing machine, inverters, touch screen

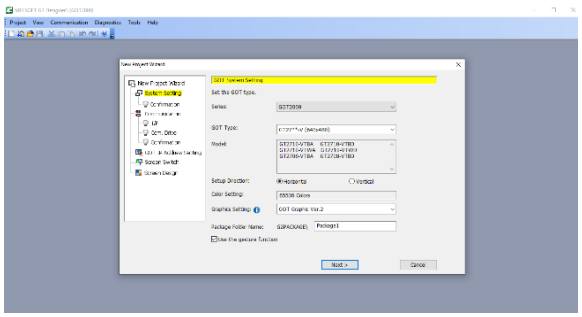
1. บทนำ (Introduction)

การแปรรูปและถนอมอาหารเนื้อสัตว์เป็นส่วนหนึ่งในอุตสาหกรรมการผลิตอาหารซึ่งมีกรรมวิธีที่หลากหลายโดยการผลิตไส้กรอกก็เป็นอีกหนึ่งกรรมวิธีหนึ่ง ในการแปรรูปอาหาร ซึ่งการผลิตไส้กรอกของประเทศไทยส่วนใหญ่ จะเป็นอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดใหญ่ ปัจจุบันบริษัท ไฮเทคฟู้ดส์ อีควิปเมนท์ มีการผลิตและนำเข้าเครื่องอัดไส้กรอกระบบอัตโนมัติมาจำหน่าย ซึ่งขนาดกำลังการผลิตของเครื่องจักรเหมาะที่จะใช้เป็นอุตสาหกรรมขนาดกลางไปจนถึงขนาดใหญ่และมีต้นทุนสูง โดยบริษัทไฮเทคฟู้ดส์ อีควิปเมนท์ ยังไม่มีการผลิตและนำเข้าเครื่องจักรที่กำลังการผลิตเหมาะกับภาคอุตสาหกรรม SME ทางบริษัท ไฮเทค ฟู้ดส์ อีควิปเมนท์ จึงได้จัดสรรงบประมาณสำหรับนักวิจัยเพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องอัดไส้กรอกกึ่งอัตโนมัติ เป็นเครื่องต้นแบบให้มีกำลังการผลิตเหมาะกับภาคอุตสาหกรรม SME ต่อไป

2. วิธีการวิจัย (Methodology)

2.1 อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ HMI หรือ ทัชสกรีน (Mitsubishi GOT 2000)

ในปัจจุบัน HMI หรือทัชสกรีน มีการใช้งานกันอย่างแพร่หลายทั้งในวงการของอิเล็กทรอนิกส์ เช่น โทรศัพท์มือถือ แท็บเล็ต คอมพิวเตอร์ ล้วนแล้วแต่ใช้เทคโนโลยีทัชสกรีน เนื่องจากสามารถแสดงผลและอินเตอร์เฟสกับผู้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในวงการของระบบอัตโนมัติก็เช่นกัน การใช้ทัชสกรีนมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็วและมีจำนวนมากกว่าในอดีตอย่างเห็นได้ชัดเจน เนื่องจากความก้าวหน้าของเทคโนโลยีของวัสดุ อิเล็กทรอนิกส์และการสื่อสาร ข้อดีของ HMI คือสามารถป้อนข้อมูลต่างๆ เพื่อควบคุมระบบเครื่องจักรสามารถแสดงผลข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ และลดพื้นที่การใช้งานจากการใช้ตู้ควบคุมขนาดใหญ่ และเนื่องจากยุคปัจจุบันเป็นยุคของอุตสาหกรรม 4.0 เช่นนั้น HMI จึงเป็นอุปกรณ์ที่สามารถอินเตอร์เฟสกับมนุษย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

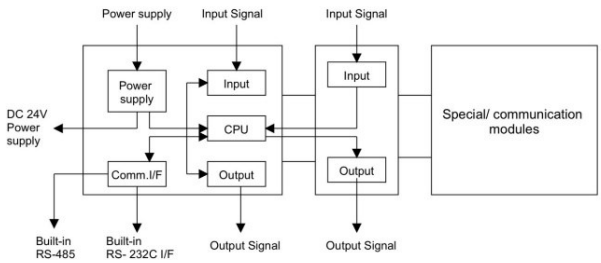


ภาพที่ 1 หน้าจอควบคุม HMI ทัชกรีนและคำสั่งต่างๆ

การใช้ HMI จึงมีการเติบโตขึ้นเรื่อยๆ ข้อมูลดังต่อไปนี้จะอธิบายการใช้ HMI ของ Mitsubishi ซึ่งทาง Mitsubishi จะเรียก HMI ว่า GOT เช่น การต่อ GOT กับ PLC ข้อมูลที่สำคัญต่างๆ ของ GOT เช่นข้อมูลทางเทคนิค ข้อมูลทางด้านฮาร์ดแวร์ ฟังก์ชันการทำงานของ GOT จะเขียนโปรแกรมลงไปใน GOT โดยใช้ซอฟต์แวร์ ดังภาพที่ 1

2.2 โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอลโทรลเลอร์ (PLC)

การใช้งานโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ สำหรับควบคุมเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ต่างๆ ในโรงงานอุตสาหกรรม จะมีข้อได้เปรียบกว่าการใช้ระบบของรีเลย์ ซึ่งจำเป็นจะต้องเดินสายไฟใหม่ ซึ่งเสียเวลาและเสียค่าใช้จ่ายที่สูง แต่เมื่อการเปลี่ยนแปลงมาใช้โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ การเปลี่ยนกระบวนการผลิตหรือลำดับการทำงานใหม่นั้นทำได้โดยการเปลี่ยนแปลงโปรแกรมใหม่เท่านั้น นอกจากนี้แล้วโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ ยังใช้ระบบโซลิดสเตทซึ่งหน้าเชื่อถือกว่าระบบเดิม การกินกระแสไฟฟ้าน้อยกว่าเดิม และยังสะดวกกว่าเมื่อต้องการขยายขั้นตอนการทำงานของเครื่องจักร ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ส่วนประกอบของ PLC

จากภาพที่ 2 สามารถแบ่งประเภทของโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ แบ่งออกได้ด้วยกัน 3 ส่วน คือ

ส่วนที่1 หน่วยประมวลผลกลาง(Control Processing Unit : CPU)

ส่วนที่2 อินพุต/เอาต์พุต (Input Output : I/O)

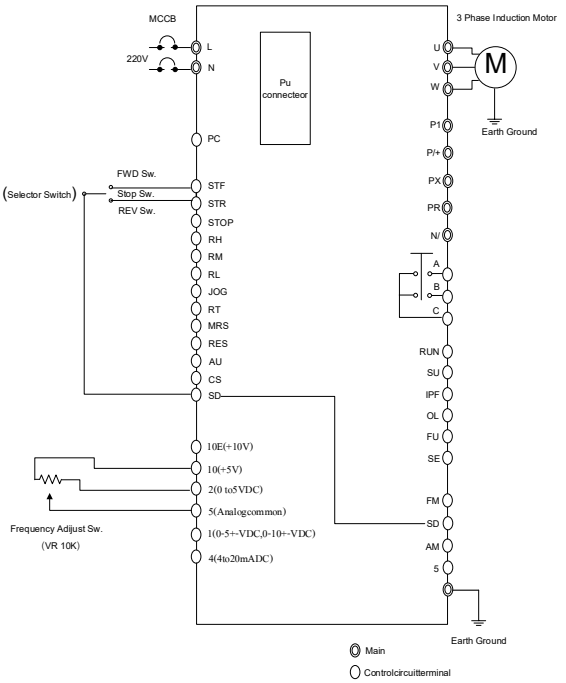
ส่วนที่3 อุปกรณ์การโปรแกรม (Programming Device)

2.3 อินเวอร์เตอร์ (Inverter)

หลักการทำงานของอินเวอร์เตอร์หรืออุปกรณ์ปรับความเร็วรอบมอเตอร์(Variable Speed Drive:VSD) จะเปลี่ยนกำลังไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง (DC) เป็นกำลังไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ที่ความถี่และแรงดันคงที่

สำหรับควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ไฟฟ้าให้เหมาะสมกับสภาวะของโหลด ช่วยลดการสึกหลอของเครื่องจักร และประหยัดพลังงานเมื่อใช้พลังงานตามความจำเป็นของโหลด

สำหรับวการเชื่อมต่อชุดอินเวอร์เตอร์กับมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟส สามารถแสดงวงจรการเชื่อมต่อดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 วงจรการเชื่อมต่อชุดอินเวอร์เตอร์กับมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟส

2.4 มอเตอร์เหนี่ยวนำ (Induction Motor)

การหมุนของมอเตอร์เหนี่ยวนำเกิดขึ้นจากการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กหมุนของขดลวดที่สเตเตอร์ ที่มีต่อตัวนำในโรเตอร์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ ซึ่งมอเตอร์ที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมส่วนมากเป็น มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส เพราะมอเตอร์ชนิดนี้มีการบำรุงรักษาง่าย และมีความเร็วรอบคงที่

มอเตอร์เหนี่ยวนำกระแสสลับนั้นเป็นการเปลี่ยนพลังงานจากพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล ซึ่งอยู่ในรูปของแรง เป็นที่ทราบว่า F = m x a ในการเคลื่อนที่แบบเป็นเส้นตรง แต่สำหรับมอเตอร์เหนี่ยวนำ พลังงานที่ได้จะอยู่ในรูปของแรงบิด หรือ Torque มีค่าเท่ากับ แรงคูณด้วยรัศมี ซึ่งมีหน่วยเป็น N.m. ได้จากสมการ (1)

$$\text{Torque} = F \times r \qquad (1)$$

และการหาค่ากำลังไฟฟ้า (Power : P) ได้จากสมการ (2)

$$P = VI\cos\theta \qquad (2)$$

เมื่อ

V = แรงดันไฟฟ้าไลน์

I = กระแสไฟฟ้าไลน์

COSØ = ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (power factor)

ในระบบ SI สามารถแปลงค่ากำลังไฟฟ้า(P) ไปเป็นแรงม้า (HP) และแรงบิด จาก 1Hp = 746 W = 746 N.m/s

จากสมการที่ (1) และ (2) เห็นได้ว่าค่าแรงม้า ซึ่งหาค่าได้จากกำลังไฟฟ้าโดยมีค่ากระแสและแรงดันไฟฟ้าเป็นตัวแปร รวมถึงค่าความเร็วรอบของมอเตอร์นั้นเป็นผลทำทำให้ค่าแรงบิดเปลี่ยนแปลงทั้งสิ้น โดยพบว่าค่าแรงบิดของมอเตอร์จะสัมพันธ์กับค่าความเร็วรอบของมอเตอร์ ในช่วงที่มอเตอร์เริ่มหมุนนั้น มอเตอร์จะให้ค่าแรงบิดที่สูงมากถึง 1.5 – 3 เท่าของแรงบิดปกติ ซึ่งเป็นผลมาจากการกินกระแสไฟฟ้าในช่วง Start motor ที่สูง ดังนั้นถ้ามีการ Start motor แบบ DOL จะทำให้เกิดแรงบิดที่ไม่ได้ใช้งานเมื่อเทียบกับโหลดทั้งที่เป็นโหลดเบา และโหลดหนัก ซึ่งแรงบิดที่เหลือเหล่านี้จะทำให้เกิดความเครียดที่ตัวอุปกรณ์ส่งกำลังที่ต่อกับตัวมอเตอร์ และเมื่อความเร็วรอบสูงขึ้นจนเข้าใกล้ความเร็วรอบสูงสุดของมอเตอร์ แรงบิดของมอเตอร์ก็จะตกลงมาสู่ค่าปกติ เราเรียกว่าสภาวะ Steady State

ในทางกลับกันถ้าใช้ตัว Soft Start ในการ Start Motor โดยการอาศัยวิธีการ Voltage Ramp Up หรือ Torque Control ก็จะสามารถลดค่าการเกิดแรงบิดที่ไม่ได้ใช้ลงได้ และยังเป็นการถนอมและยืดอายุการใช้งานอุปกรณ์ส่งกำลังต่างๆ ได้

2.4.1 ความเร็วรอบมอเตอร์ไฟฟ้า

ความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้าจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบ 2 ส่วน คือ

1. จำนวนโพลของขดลวดสเตเตอร์ที่ตัวมอเตอร์
2. ความถี่ของแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับตัวมอเตอร์

สามารถคำนวณหาค่าความเร็วรอบของมอเตอร์ได้โดยใช้สมการที่ (3)

$$N = \frac{120f}{p} \qquad (3)$$

เมื่อ

N = ความเร็วของมอเตอร์

f = ความถี่

p = จำนวนโพลของมอเตอร์

จากสมการที่ (3) ถ้าใช้มอเตอร์ที่มีจำนวน Pole = 4 และจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่มีความถี่ 50 Hz มอเตอร์จะหมุนด้วย

ความเร็ว 1,500 rpm. หรือ 1,500 รอบต่อนาที ความเร็วรอบมอเตอร์ที่ได้นี้จะเรียกว่า Synchronous Speed

2.4.2 ความเร็วรอบมอเตอร์ที่ได้ไม่เท่ากับที่คำนวณ

ความเร็วรอบ Synchronous Speed ที่ได้จากการคำนวณนั้น ในความเป็นจริง สำหรับ Squirrel Cage, Slip Ring หรือ Induction motor นั้น ไม่สามารถทำความเร็วได้เท่าความเร็ว Synchronous Speed ในสภาวะมอเตอร์ไม่มีโหลดนั้น ตัวแกนหมุนโรเตอร์นั้น สามารถหมุนได้ด้วยความเร็วใกล้เคียงกับความเร็ว Synchronous Speed และความเร็วจะเริ่มลดลงเมื่อมีโหลดมากขึ้น โดยปรากฏเหล่านี้ทำให้เกิดค่า Slip หรือ การลื่นไถล ซึ่งถูกเรียกว่า Slip Speed และนั้นคือผลที่ทำให้ความเร็วจริงของมอเตอร์ไม่เท่ากับที่คำนวณได้

3. ผลการวิจัย (Results)

จากภาพที่ 4 บล็อกไดอะแกรมจะแบ่งออกได้เป็น 4 ส่วน ได้แก่ Input, Controller, Output และ HMI

ส่วนที่ 1 อินพุต (Input) ประกอบด้วย Switch On-Off ทำหน้าที่เปิด-ปิดเครื่องจักร, Reed switch 1 สถานะคำสั่ง Solenoid Valve 1 ทำงาน, Reed switch 2 สถานะคำสั่ง Solenoid Valve 2 ทำงาน, Reed switch 3 สถานะคำสั่ง Inverter 1 สถานะคำสั่ง Motor M1 Pump, Sensor 3 สถานะคำสั่ง Inverter 2 Motor M2 Twits, Sensor 3 สถานะคำสั่ง Inverter 3 Motor M3 Belt.

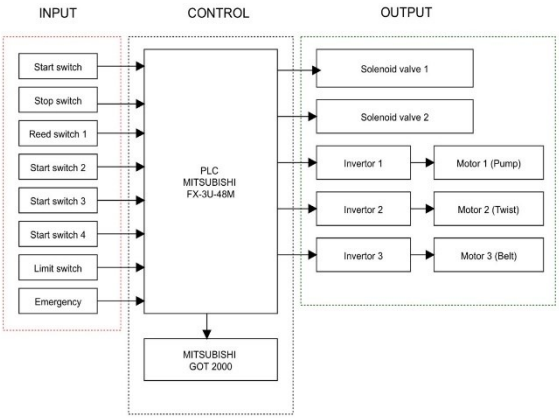
ส่วนที่ 2 Controller (PLC Mitsubishi Fx3U-43M) โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ มีหน้าที่รับคำสั่งและประมวลผลจากส่วน Input และ ส่งต่อไปยังส่วน Output เพื่อทำงานตามขั้นตอนตามลำดับ

ส่วนที่ 3 เอาต์พุต (Output) ประกอบด้วย Solenoid Valve 1 ทำหน้าที่ควบคุมท่อส่งเนื้อสินค้า, Solenoid Valve 2 ทำหน้าที่ส่งท่อดัน Casing, Inverter 1 ทำหน้าที่ควบคุมมอเตอร์ปั้ม, Inverter 2 ทำหน้าที่ควบคุมมอเตอร์พู่เล่บิดเกลียว, Inverter 3 ทำหน้าที่ควบคุมมอเตอร์สายพานส่งออกเนื้อสินค้า

ส่วนที่ 4 HMI (Touch Screen) ทำหน้าที่เป็นทั้ง Input และ Output แสดงผลและตั้งค่าผ่านหน้าจอสัมผัส

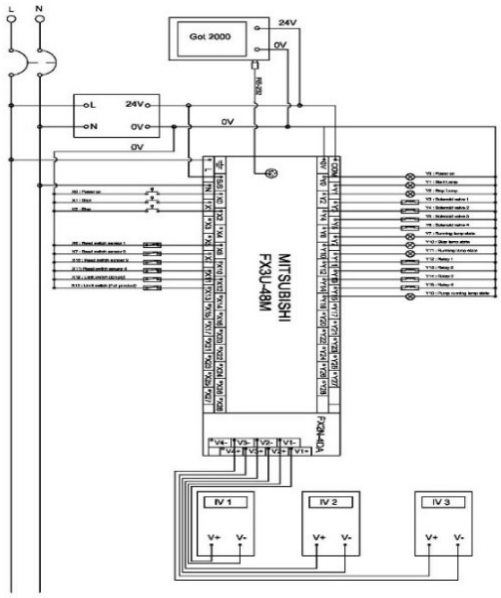
เมื่อกด Start Solenoid Valve 2 จะทำงานจนสิ้นสุดกระบวนการสุดกระบอกลมถึงสถานะ Sensor 4 Motor M1,M2,M3 จะหยุดทำงานและวนกลับมาสถานะSensor 1

เครื่องจักรจะทำงานวนซ้ำไปเรื่อยๆจนกว่าจะชน Limit switch1 Empty product หรือกด Stop ที่หน้าจอสัมผัส

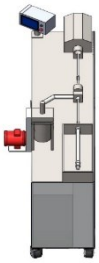


ภาพที่ 4 บล็อกไดอะแกรมจะแบ่งออกได้เป็น 4 ส่วนได้แก่ Input, Controller, Output และ HMI

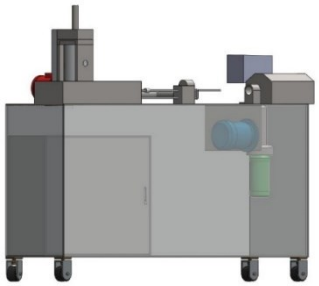
ในส่วนภาพที่ 5 แสดงวงจรที่ใช้สำหรับในการควบคุมการทำงานของเครื่องอัดไส้กรอกกึ่งอัตโนมัติ โดยภาพที่ 6 แสดงด้านบนของเครื่อง (Top view) และในภาพที่ 7 แสดงด้านข้าง (Side view)



ภาพที่ 5 วงจรไนการควบคุมการทำงานของเครื่องอัดไส้กรอกกึ่งอัตโนมัติ



ภาพที่ 6 ด้านบนของเครื่อง (Top view)



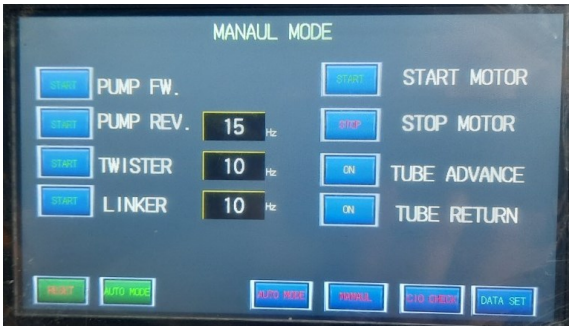
ภาพที่ 7 ด้านข้างของเครื่อง (Side view)

4. การอภิปราย (Discussion)

4.1 การทดสอบการรับและส่งสัญญาณของ PLC

การทดสอบการใช้งานเครื่องอัดไส้กรอกกึ่งอัตโนมัติ โดยหลักการทำงานของเครื่องอัดไส้กรอกใช้ PLC Mitsubishi (Fx-3U-48M) ควบคุมเชื่อมต่ออยู่กับหน้าจอทัชสกรีน (GOT 2000) และอุปกรณ์ อินพุต/เอาต์พุต ดังภาพที่ 5

4.1.1 ทดสอบการทำงานอุปกรณ์และการรับส่งสัญญาณที่เชื่อมต่อเข้ากับอินพุต/เอาต์พุต ของ PLC



(ก) หน้าจอทัชสกรีนแสดงอยู่ในหน้าหน้าควบคุมด้วยมือ (Manual mode)

ภาพที่ 8 หน้าจอทัชสกรีนแสดงหน้าโหมดต่างๆ

การทดสอบนี้จะเป็นการสั่งให้อุปกรณ์ที่เชื่อมต่อเข้ากับอินพุต/เอาต์พุตของ PLC ทำงาน โดยการกดคำสั่งให้อุปกรณ์ทำงานบนหน้าจอทัชสกรีนดังภาพที่ 8 (ก) หลังจากนั้นทำการตรวจสอบสถานะการทำงานของอุปกรณ์แต่ละตัวผ่านหน้าจอทัชกรีน เมื่ออุปกรณ์ที่เชื่อมต่อเข้ากับ อินพุต/เอาต์พุตของ PLC ที่ต้องการทดสอบกำลังทำงาน ไฟแสดงสถานะของอุปกรณ์ที่กำลังทำงานจะแสดงเป็นไฟเขียวบนหน้าจอทัชสกรีน ดังภาพที่ 8 (ข)

(ข) หน้าจอทัชสกรีนแสดงถึงสถานะการทำงานของ Input / Output ของ PLC

ภาพที่ 8 (ต่อ) หน้าจอทัชสกรีนแสดงหน้าโหมดต่างๆ

จากภาพที่ 8 ทำการทดสอบการทำงานของอุปกรณ์และความถูกต้องของตำแหน่งอินพุต/เอาต์พุตของอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อเข้ากับ อินพุต/เอาต์พุตของ PLC ผลลัพธ์คืออุปกรณ์ที่แต่ละตัวที่เชื่อมต่อเข้ากับ อินพุต/เอาต์พุตของ PLC สามารถทำงานได้ปกติและตำแหน่งอินพุต/เอาต์พุตของอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อเข้ากับ PLC ถูกต้อง

4.1.2 ทดสอบการควบคุมคำสั่งจ่ายสัญญาณอานาล็อคของ PLC ผ่านหน้าจอทัชสกรีน

การทดสอบนี้ PLC จะเป็นตัวรับคำสั่งจ่ายสัญญาณอนาล็อคเอาต์พุตมาจากหน้าจอทัชสกรีนและจะทำการสั่งจ่ายสัญญาณอนาล็อคเอาต์พุต 0-10 V ตามค่าความที่ได้ปรับตั้งถี่บนหน้าจอทัชสกรีนดังภาพที่ 9 (ก) ตรวจสอบค่าความถี่ที่โชว์บนหน้าจอของอินเวอร์เตอร์ตามภาพที่ 9 (ข) และบันทึกค่าลงในตารางที่ 1 ถึง ตารางที่ 3 เพื่อตรวจสอบความถูกต้องระหว่างความถี่ที่ปรับตั้งบนหน้าจอกับความถี่ที่โชว์บนตัวของอินเวอร์เตอร์

(ก) หน้าจอทัชสกรีนแสดงหน้าปรับตั้งความถี่

ภาพที่ 9 การสั่งจ่ายสัญญาณอนาล็อคเอาต์พุตของ PLC ไปยังอินเวอร์เตอร์โดยหน้าจอทัชสกรีน

(ข) หน้าจอของอินเวอเตอร์แสดงความถี่

ภาพที่ 9 (ต่อ) การสั่งจ่ายสัญญาณอนาล็อคเอาต์พุตของ PLC ไปยังอินเวอร์เตอร์โดยหน้าจอทัชสกรีน

ทำการทดสอบปรับความถี่เพิ่มขึ้น ความเร็วรอบ แรงดัน และกระแส จะเกิดการแปรผันตามความถี่ที่เลือกใช้ในการทดสอบของอินเวอร์เตอร์ตัวที่ 1 ถึงอินเวอร์เตอร์ตัวที่ 3 ดังแสดงในตารางที่ 1 ถึงตารางที่ 3

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบความถี่อินเวอร์เตอร์ และความเร็วรอบ โดย น้ำหนัก 1 Kg อินเวอร์เตอร์ ตัวที่ 1

ค่าความถี่ (Hz)	แรงดัน (V)	ความเร็วรอบ (rpm)	กระแส (A)
10	49.3	270	0.60
20	88.9	557	0.66
30	127.4	825	0.72
40	168.3	1133	0.77
50	207	1372	0.80

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบความถี่อินเวอร์เตอร์ และความเร็วรอบ โดย น้ำหนัก 1 Kg อินเวอร์เตอร์ ตัวที่ 2

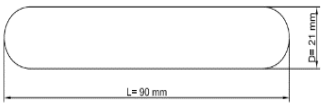
ค่าความถี่ (Hz)	แรงดัน (V)	ความเร็วรอบ (rpm)	กระแส (A)
10	49.5	270	0.63
20	89.3	557	0.69
30	127.8	825	0.74
40	168.7	1133	0.79
50	210	1372	0.83

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบความถี่อินเวอร์เตอร์ และความเร็วรอบ โดย น้ำหนัก 1 Kg อินเวอร์เตอร์ ตัวที่ 3

ค่าความถี่ (Hz)	แรงดัน (V)	ความเร็วรอบ (rpm)	กระแส (A)
10	49.8	270	0.64
20	89.5	557	0.68
30	128.2	825	0.75
40	168.5	1133	0.78
50	209	1372	0.81

4.2 ทดสอบการอัดทำลูกไส้กรอก

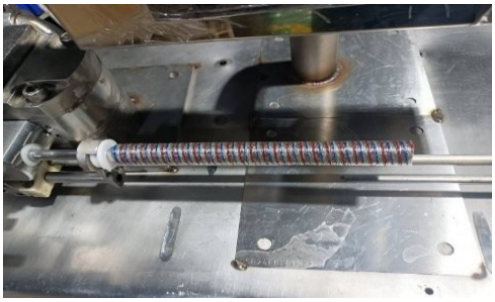
ก่อนเริ่มกระบวนการผลิตไส้กรอกจะต้องกำหนดขนาดความยาว,เส้นผ่านศูนย์กลางและน้ำหนักของลูกไส้กรอกที่ต้องการผลิต ซึ่งค่าขนาดของลูกไส้กรอกที่ถูกกล่าวมาข้างต้นทางจะขึ้นอยู่กับโรงงานที่ผลิตไส้กรอกเป็นผู้กำหนด โดยการทดสอบนี้จะเป็นการสอบการอัดทำลูกไส้กรอกที่มีขนาดความยาวของลูกไส้กรอกเท่ากับ 90 ±10 มิลลิเมตร , เส้นผ่านศูนย์กลางของลูกไส้กรอก 21 ±2 มิลลิเมตรและน้ำหนักของลูกไส้กรอกเท่ากับ 27±10 กรัมต่อลูก ดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 ขนาดของลูกไส้กรอกที่ทำการทดสอบ

4.2.1 ทดสอบการบรรจุ Cassingg

ทำการทดสอบบรรจุ Cellulose Cassing ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 21 ±2 มิลลิเมตร และความยาวของเท่ากับ 36,000 ± 7,000 มิลลิเมตรเมตร ตามภาพที่ 11



ภาพที่ 11 Cellulose Cassing ขนาดความยาว 36,000 ± 7,000 มิลลิเมตร

จากภาพที่ 11 เครื่องอัดไส้กรอกกึ่งอัตโนมัติสามารถบรรจุ Cellulose Cassing ขนาดความยาว 36,000 ± 7,000 มิลลิเมตร

4.2.2 ทดสอบการทำลูกไส้กรอก

ปัจจุบันทางโรงงานผู้ผลิตไส้กรอกจะพิจารณาคุณภาพไส้กรอกที่เครื่องอัดไส้กรอกอัดออกมาได้จากขนาด ความยาวของลูกไส้กรอก , เส้นผ่านศูนย์กลางของลูกไส้กรอกและน้ำหนักของตัวลูกไส้กรอกตามที่โรงงานของผู้ผลิตไส้กรอกในแต่ละที่ได้กำหนดออกมา ดังนั้นจึงทำการทดสอบเครื่องอัดไส้กรอกให้อัดไส้กรอกจำนวน 300 ลูก/Cassing และกำหนดขนาดไส้กรอกโดยมีขนาดดังต่อไปนี้

1. ความยาวของลูกไส้กรอกเท่ากับ 90 ±20 มิลลิเมตร
2. เส้นผ่านศูนย์กลางของลูกไส้กรอก 21 ±2 มิลลิเมตร
3. น้ำหนักของลูกไส้กรอกเท่ากับ 27±10 กรัมต่อลูก

หลังจากนั้นทำการวัดขนาดความยาวของลูกไส้กรอกตามภาพที่ 12 วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตามภาพที่ 13 ชั่งน้ำหนักของตัวลูกไส้กรอกตามภาพที่ 14 และบันทึกผลลงในตารางที่ 4 พร้อมทั้งบันทึกเวลาในการอัดไส้กรอกแสดงเพียงแค่ จำนวน 10 ลูก (จากทั้งหมด 100 ลูก)

ภาพที่ 12 การวัดขนาดความยาวของลูกไส้กรอก 90 ±20 มิลลิเมตร

ภาพที่ 13 การวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลูกไส้กรอก 21 ±2 มิลลิเมตร

(ก) ทำการแยกเจลออกจาก Cassing

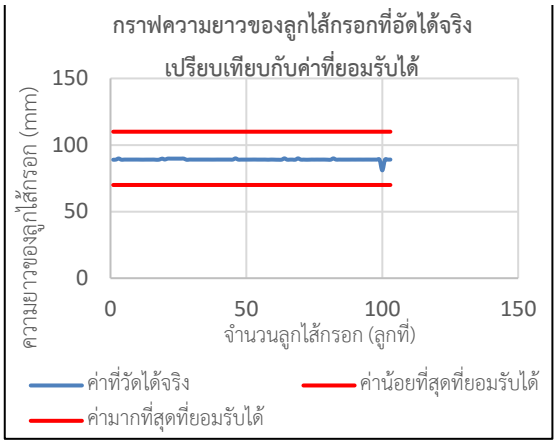
(ข) บันทึกค่าน้ำหนักของเจลในการทดสอบ

ภาพที่ 14 ชั่งน้ำหนักของลูกไส้กรอก

ตารางที่ 4 ผลบันทึกค่าความยาว เส้นผ่านศูนย์กลาง และน้ำหนักของลูกไส้กรอก

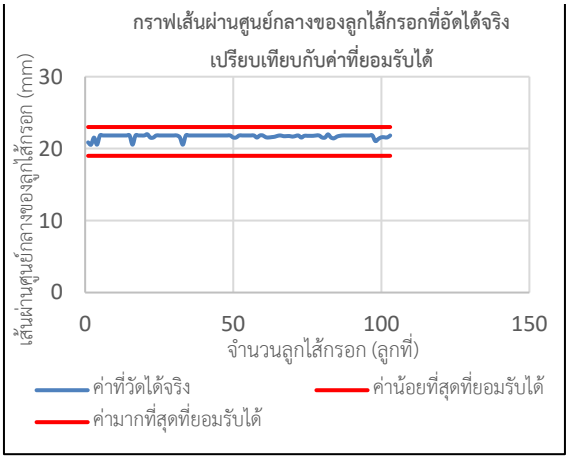
ไส้กรอกลูกที่	ความยาว (mm)	เส้นผ่าศูนย์กลาง (mm)	น้ำหนัก (g)
1	88.97	20.87	28.3
2	89.07	20.55	28.2
3	89.89	22.05	26.7
4	88.97	20.55	28.4
5	89.08	21.83	27.0
6	89.08	21.83	26.7
7	89.08	21.83	27.3
8	89.08	21.83	28.2
9	89.08	21.83	28.3
10	89.08	21.83	26.6

นำผลการทดลองค่าความยาว, เส้นผ่านศูนย์กลาง และน้ำหนักของลูกไส้กรอกจากตารางที่ 4 มาทำการบันทึกเป็นกราฟจะได้ความสัมพันธ์ดังภาพที่ 15 ความสัมพันธ์ความยาวของลูกไส้กรอกกับจำนวนลูกไส้กรอก ภาพที่ 16 ความสัมพันธ์เส้นผ่านศูนย์กลางของลูกไส้กรอกกับจำนวนลูกไส้กรอก และ ภาพที่ 17 ความสัมพันธ์น้ำหนักของลูกไส้กรอกกับจำนวนลูกไส้กรอก



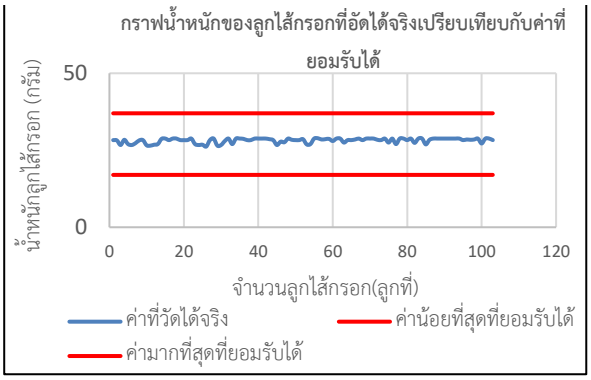
ภาพที่ 15 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของลูกไส้กรอกกับจำนวนลูกไส้กรอก

จากภาพที่ 15 ทำการเปรียบเทียบกราฟเส้นกราฟสีน้ำเงินเป็นเส้นที่แสดงถึงค่าความยาวของลูกไส้กรอกแต่ละลูกที่วัดได้จริง ส่วนสีแดงเส้นที่แสดงถึงค่าความยาวของลูกไส้กรอกที่ยอมรับได้มากสุดและน้อยสุด ผลการทำสอบความยาวของลูกไส้กรอกที่อัดได้จากเครื่องอัดไส้กรอกกึ่งอัตโนมัติ จำนวน 100 ลูกอยู่ในค่าที่ยอมรับได้ทั้งหมด



ภาพที่ 16 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางของลูกไส้กรอกกับจำนวนลูกไส้กรอก

จากภาพที่ 16 ทำการเปรียบเทียบกราฟเส้นกราฟสีน้ำเงินเป็นเส้นที่แสดงถึงค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลูกไส้กรอกที่วัดได้จริง ส่วนสีแดงเส้นที่แสดงถึงค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลูกไส้กรอกที่ยอมรับได้มากสุดและน้อยสุด ผลการทำสอบเส้นผ่านศูนย์กลางของลูกไส้กรอกที่อัดได้จากเครื่องอัดไส้กรอกกึ่งอัตโนมัติ จำนวน 100 ลูกอยู่ในค่าที่ยอมรับได้ทั้งหมด



ภาพที่ 17 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักลูกไส้กรอกกับจำนวนลูกไส้กรอก

จากภาพที่ 17 ทำการเปรียบเทียบกราฟเส้นกราฟสีน้ำเงินเป็นเส้นที่แสดงถึงค่าขนาดน้ำหนักของลูกไส้กรอกที่วัดได้จริง ส่วนสีแดงเส้นที่แสดงถึงค่าขนาดน้ำหนักของลูกไส้กรอกที่ยอมรับได้มากสุดและน้อยสุด ผลการทำสอบน้ำหนักของลูกไส้กรอกที่อัดได้จากเครื่องอัดไส้กรอกกึ่งอัตโนมัติ จำนวน 100 ลูกอยู่ในค่าที่ยอมรับได้ทั้งหมด

4.2.3 ทดสอบหากำลังเครื่องอัดไส้กรอกกึ่งอัตโนมัติ

1) คำนวนหากำลังของผลิตของเครื่องอัดไส้กรอกกึ่งอัตโนมัติ จากการทดสอบเครื่องอัดไส้กรอกกึ่งอัตโนมัติผลิตไส้กรอกขนาด 27 กรัม จับเวลาในการผลิตไส้กรอก 100 ลูก ได้เท่ากับ 72 วินาที สามารถคำนวนกำลังการผลิตของเครื่องจักร ได้ดังสมการที่ (4)

$$\text{กำลังการผลิตของเครื่องจักร} = \frac{\text{จำนวนลูกไส้กรอกทั้งหมด}}{\text{เวลาทั้งหมด}} \qquad (4)$$

จากสมการที่ (4) กำลังการผลิตของเครื่องจักร = (100)/(72) ลูก/วินาที = 1.39 ลูก/วินาที ขนาดน้ำหนักของลูกไส้กรอกที่ต้องการผลิต 1 ลูกน้ำหนักเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 27 กรัม สามารถคำนวนกำลังการผลิตของเครื่องจักรได้ดังต่อไปนี้

กำลังการผลิตของเครื่องจักร

= [(1.39 ลูก)/s][27g]
= 37.53 [g/s]
= [(37.53 g)/s][3600s/hr][Kg/1000g]
= 135.11 [Kg/hr]

เครื่องอัดไส้กรอกกึ่งอัตโนมัติ มีกำลังการผลิตอยู่ที่ประมาณ 135 Kg/hr

5. สรุปผล (Conclusion)

5.1 สรุปผลสอบเครื่องอัดไส้กรอกกึ่งอัตโนมัติ

การทดสอบครั้ง 1 ทดสอบการรับและส่งสัญญาณของอุปกรณ์ อินพุต/เอาต์พุต ที่เชื่อมต่อเข้า PLC ผลการทดสอบคืออุปกรณ์ อินพุต/เอาต์พุต อุปกรณ์สามารถใช้งานได้และอุปกรณ์สามารถเชื่อมต่อเข้ากับ PLC ได้

การทดสอบครั้งที่ 2 ทดสอบการควบคุมสัญญาณของอนาล๊อคเอาต์พุตของ PLC ผ่านหน้าจอทัชสกรีน สามารถควบคุมสัญญาณเอาต์พุต อนาล๊อค 0-10 V เพื่อควบคุมความเร็วของมอเตอร์โดยการปรับเปลี่ยนความถี่ของอินเวอร์เตอร์ จาก 0 – 60 Hz ได้ผลลัพธ์ ดังต่อไปนี้

1) การทดสอบปรับความถี่ (f) ของอินเวอร์เตอร์ Fuji Electric Frenic 3 เฟส AC Y 380V ขนาด 6.8 kVA บนหน้าจอทัชสกรีนเมื่อทำการปรับความถี่เพิ่มขึ้น ความเร็วรอบแรงดันและกระแส จะเกิดการแปรผันตามความถี่ที่เลือกใช้ในการทดสอบของอินเวอร์เตอร์ ตัวที่ 1

2) การทดสอบปรับความถี่ (f) ของอินเวอร์เตอร์ Fuji Electric Frenic 3 เฟส AC Y 380V ขนาด 4.1 kVA บนหน้าจอทัชสกรีนเมื่อทำการปรับความถี่เพิ่มขึ้น ความเร็วรอบแรงดันและกระแส จะเกิดการแปรผันตามความถี่ที่เลือกใช้ในการทดสอบของอินเวอร์เตอร์ ตัวที่ 2

3) การทดสอบปรับความถี่ (f) ของอินเวอร์เตอร์ Fuji Electric Frenic 3 เฟส AC Y 380V ขนาด 1.1 kVA บนหน้าจอทัชสกรีนเมื่อทำการปรับความถี่เพิ่มขึ้น ความเร็วรอบแรงดันและกระแส จะเกิดการแปรผันตามความถี่ที่เลือกใช้ในการทดสอบของอินเวอร์เตอร์ ตัวที่ 3

5.2 ผลการทดสอบการอัดทำลูกไส้กรอก

การทดสอบครั้งที่ 1 ทดสอบบรรจุเนื้อเจลที่ใช้แทนเป็นเนื้อไส้กรอกลงในเครื่องอัดไส้กรอกกึ่งอัตโนมัติที่ผลิตจากสแตนเลสเกรด 304 และบรรจุ Cellulose casing ขนาดความยาว 36,000 ± 7,000 มิลิเมตร มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 21 ±2 มิลลิเมตร ผลที่ได้คือเครื่องอัดไส้กรอกกึ่งอัตโนมัติที่ถูกประกอบขึ้นจากสแตนเลสเกรด 304 และสามารถบรรจุ Cellulose casing ได้เป็นไปตามขอบเขตได้กำหนดไว้

การทดสอบครั้งที่ 2 ทดสอบทำลูกไส้กรอกที่มีการกำหนดขนาดดังต่อไปนี้

- ความยาวของลูกไส้กรอกเท่ากับ 90 ±20 มิลลิเมตร
- เส้นผ่านศูนย์กลางของลูกไส้กรอก 21 ±2 มิลลิเมตร
- น้ำหนักของลูกไส้กรอกเท่ากับ 27±10 กรัมต่อลูก

ผลการทดสอบเครื่องอัดไส้กรอกกึ่งอัตโนมัติผลิตไส้กรอกจำนวน 100 ลูกได้ผลลัพธ์ดังต่อไปนี้

1) ค่าขนาดความยาวของลูกไส้กรอกที่ได้จากเครื่องอัดไส้กรอกกึ่งอัตโนมัติผลิตจำนวน 100 ลูก อยู่ในค่าที่ยอมรับได้ดังภาพที่ 15 เป็นไปตามขอบเขตที่ได้กำหนดไว้

2) ค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลูกไส้กรอกที่ได้จากเครื่องอัดไส้กรอกกึ่งอัตโนมัติผลิตจำนวน 100 ลูก อยู่ในค่าที่ยอมรับได้ดังภาพที่ 16 เป็นไปตามขอบเขตที่ได้กำหนดไว้

3) ค่าขนาดหนักของลูกไส้กรอกที่ได้จากเครื่องอัดไส้กรอกกึ่งอัตโนมัติผลิตจำนวน 100 ลูก อยู่ในค่าที่ยอมรับได้ดังภาพที่ 17 เป็นไปตามขอบเขตที่ได้กำหนดไว้

5.3 ผลการคำนวนกำลังการผลิตของเครื่องอัดไส้กรอกกึ่งอัตโนมัติ ได้เท่ากับ 135 Kg/hr ผลเป็นไปตามของเขตที่ได้กำหนดไว้

6. กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgements)

เครื่องต้นแบบเครื่องนี้ ได้รับทุนการสนับสนุนจาก บริษัท ไฮเทคฟู้ดส์ อีควิปเมนท์ จำกัด เลขที่ 1970, 1971, 1972 ซอย สุขุมวิท 74 ถนน สุขุมวิท ตำบล สำโรงเหนือ อำเภอ เมือง จังหวัด สมุทรปราการ 10270 ผู้ผลิตเครื่องอัดไส้กรอกอัตโนมัติ นำเข้าจากประเทศญี่ปุ่น

7. เอกสารอ้างอิง (References)

[1] ผศ.ดร. เดชฤทธิ์ มณีธรรม 2560 คัมภีร์การใช้งานระบบนิวแมติกส์ (Pneumatics System)กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น

[2] ไชยชาญ หินเกิด เดือนปีที่พิมพ์: 12/2017 มอเตอร์ไฟฟ้าและการควบคุม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

[3] พิศนุรัตน์ เขจร,สกุลชัย จำปาแดง , เดือนปีที่พิมพ์: 1/2017 , ตีแตก PCL Mitsubishi , สำนักพิมพ์: ไทยซัพพอร์ทโซลูชั่น, บจก.

[4] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กริช เจียมจิโรจน์ , พิมพ์ครั้งที่: 1 ปีที่พิมพ์:ตุลาคม 2560, การควบคุมนิวเมติกส์และพีแอลซี , สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ และศูนย์หนังสือมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

[5] ศ.ดร. สุวัฒน์ กุลธนปรีดา, พิมพ์ครั้งที่ 6 ตุลาคม 25562, วิศวกรรมการควบคุมอัตโนมัติ (Automatic Control Engineering), สำนักพิมพ์ สสท. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

[6] รศ.ดร.เดชฤทธิ์ มณีธรรม , เดือนปีที่พิมพ์: 1/2019 , คัมภีร์การใช้งาน Microcontroller ,PLC และ IoT สำนัก พิมพ์: ซีเอ็ดยูเคชั่น ,บมจ.