

## การพัฒนาแขนกลนิวเมติกส์อัตโนมัติควบคุมและแสดงผลด้วยจอทัชสกรีน DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED PNEUMATIC ROBOTIC ARM CONTROLLED AND DISPLAYED WITH A TOUCH SCREEN

อดิสร สิงห์ทอง<sup>1\*</sup> สมพล พุ่มผึ้ง<sup>2</sup> สิริกร วงศ์จินดา<sup>3</sup> และ อำนาจ ประจง<sup>4</sup>  
Adison Singtong<sup>1\*</sup>, Sompon Phumphueng<sup>2</sup> Sirigorn Wongjinda<sup>3</sup> and Amnaj prajong<sup>4</sup>

สาขาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม  
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์<sup>1,2,3,4</sup>

\*Corresponding author. E-mail: Amnaj.p@nsru.ac.th

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแขนกลนิวเมติกส์อัตโนมัติควบคุมและแสดงผลด้วยจอทัชสกรีน ในบทความนี้จะกล่าวถึงการออกแบบและสร้างแขนกลนิวเมติกส์อัตโนมัติซึ่งจะใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสนับสนุนในการเขียนและออกแบบเครื่องจักรเป็นหลัก การควบคุมและแสดงผลจะใช้จอแบบสัมผัสสั่งงานผ่านปุ่ม Start/Stop และจะมีโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมหลัก ในการออกแบบและการพัฒนาจากงานวิจัยนี้สามารถนำไปใช้เป็นพื้นฐานในการฝึกปฏิบัติเกี่ยวกับงานระบบควบคุมอัตโนมัติในทางวิศวกรรม ผลการวิจัยแขนกลนิวเมติกส์อัตโนมัติควบคุมและแสดงผลด้วยจอทัชสกรีน พบว่าสามารถลำเลียงชิ้นงานที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตรไปบนสายพานผ่านเซ็นเซอร์แขนกลจับและปล่อยชิ้นงานที่เป็นโลหะและอโลหะครบจำนวน 10 ชิ้นได้ในตำแหน่งที่ถูกต้องซึ่งแสดงผลผ่านจอ HMI Got2000 แสดงผลเป็นตัวเลขดิจิทัล จำนวน 2 หลัก และเวลาที่ใช้ทดสอบในการทำงานมีค่าเฉลี่ยต่อชิ้นงานคือ 9.40 วินาที

**คำสำคัญ:** แขนกล นิวเมติก ควบคุมอัตโนมัติ พีแอลซี ทัชสกรีน

### Abstract

This research Objective to develop an automated pneumatic robotic arm that can be controlled and displayed with a touch screen. In this paper, we will discuss the design and build of an automated pneumatic robotic arm which uses a computer program. Mainly support in writing and designing machines the controls and displays are touch screen operated via the Start/Stop button and a programmable logic controller as the master control. The design and development of this research can be used as a basis for practice in engineering automation control systems. The results of the research results of an automated pneumatic robotic arm controlled and displayed with a touch screen. It was found that workpieces with a diameter of 2.5 cm can be transported onto a conveyor through a robotic arm sensor, holding and releasing 10 complete metal and non-



metallic specimens in the correct position displayed on the HMI Got2000 numerical display. Seven segment 2 digits and the average test time per specimen is 9.40 seconds.

**Keywords:** Robotic Arm, Pneumatics, Automatics Control, PLC, Touchscreen

## บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยเป็นฐานการผลิตด้านอุตสาหกรรมที่สำคัญโดยจะนำระบบควบคุมและเครื่องจักรอัตโนมัติมาเป็นส่วนหนึ่งของอุตสาหกรรมขนาดเล็กไปจนถึงอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ เช่น อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมยานยนต์ อุตสาหกรรมชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น ในอดีตที่ผ่านมาประเทศไทยยังขาดการเรียนรู้และการพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการผลิตที่ทันสมัย ต้องนำเข้าองค์ความรู้ เครื่องจักรอัตโนมัติ หุ่นยนต์ แม้แต่เทคโนโลยีกระบวนการผลิตจากต่างประเทศเป็นส่วนใหญ่ ทำให้ไม่มีโอกาสจะเป็นประเทศที่พึ่งพาตัวเองได้ทางเทคโนโลยี เนื่องจากขาดความเชี่ยวชาญในการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตของตัวเอง ดังนั้น การสร้างโครงสร้างพื้นฐานของประเทศเพื่อให้สามารถพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตไปสู่อุตสาหกรรม 4.0 จึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง

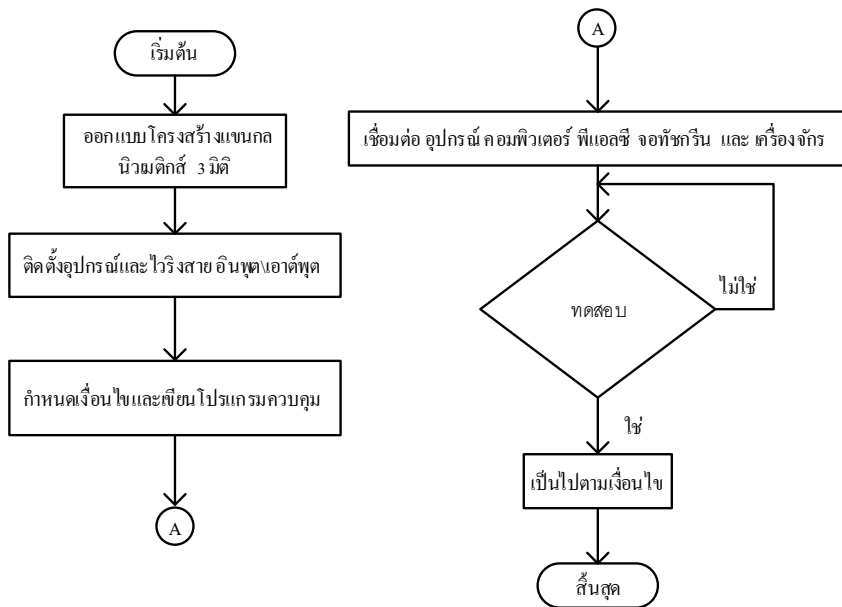
ระบบควบคุมอัตโนมัติในภาคอุตสาหกรรมโดยส่วนใหญ่ใช้พีแอลซี(Programmable Logic Controller) เป็นอุปกรณ์ควบคุมหลักที่สามารถแก้ไขและโปรแกรมใหม่ได้ให้เป็นไปตามเงื่อนไขของเครื่องจักรที่จะควบคุม อุปกรณ์ อินพุต/เอาต์พุต ให้ทำงานครบตามกระบวนการ ในส่วนของระบบการศึกษาที่ใช้งบลงทุนซื้อครุภัณฑ์ เครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ และเทคโนโลยีใหม่ๆ จะใช้งบลงทุนค่อนข้างสูง และบุคลากรที่มีความรู้ความสามารถทักษะวิชาชีพด้านดังกล่าวยังขาดแคลน เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการพัฒนาบุคลากรที่มีความรู้ความสามารถเฉพาะด้านและลดภาระงบประมาณในการลงทุนไม่มากนักน้อย คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาแขนกลนิวเมติกส์อัตโนมัติควบคุมและแสดงผลด้วยจอทัชสกรีนเพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอนให้กับนักศึกษาในรุ่นต่อไป

## วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ออกแบบและสร้างแขนกลนิวเมติกส์อัตโนมัติควบคุมและแสดงผลด้วยจอทัชสกรีน
2. กำหนดเงื่อนไขและเขียนโปรแกรมควบคุมเครื่องจักร
3. ทดสอบการทำงานแขนกลนิวเมติกส์อัตโนมัติควบคุมและแสดงผลด้วยจอทัชสกรีน

## กรอบแนวคิดการวิจัย

การพัฒนาแขนกลนิวเมติกส์อัตโนมัติควบคุมและแสดงผลด้วยจอทัชสกรีนคณะผู้วิจัยมีกรอบแนวคิดดังต่อไปนี้



ภาพที่ 1 Flow Chart การพัฒนาและทดสอบแกนกลนิวเมติกส์

### วิธีดำเนินการวิจัย

คณะผู้วิจัยลำดับวิธีการดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

#### 1. ทฤษฎีและเนื้อหาที่เกี่ยวข้อง

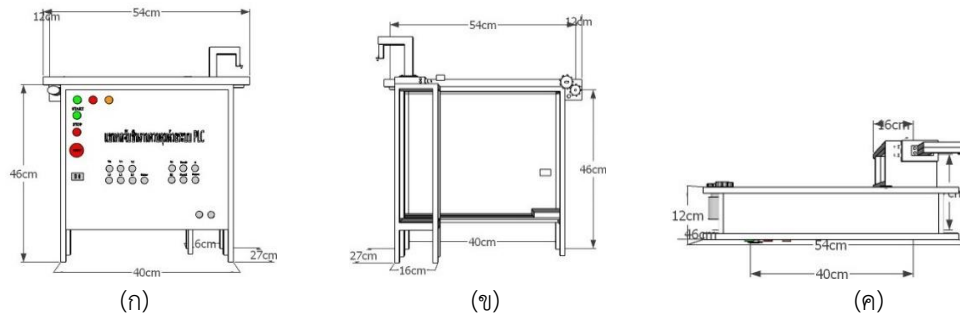
อุปกรณ์ควบคุมแกนกลนิวเมติกส์จะใช้ตัวควบคุมแบบตรรกะที่สามารถโปรแกรมได้ (Programmable logic Controller, PLC) รุ่น FX5U 32 I/O การขับเคลื่อนชิ้นงานจะใช้สายพานลำเลียงชิ้นงานจากต้นทางไปยังปลายทางส่งผ่านต้นกำลังจากมอเตอร์กระแสตรง 24VDC แบบทอรอบโดยใช้ฟันเฟืองขับขนาด 19 ฟันและฟันเฟืองตามขนาด 72 ฟันเพื่อลดความเร็วรอบและเพิ่มแรงบิดในการหมุน การตรวจจับชิ้นงานใช้อุปกรณ์ตรวจจับแบบ Fiber Optics Sensor 24VDC และแกนกลจับชิ้นงานประกอบไปด้วย Vacuum Pneumatics Switch สำหรับดูดและปล่อยชิ้นงานใช้วาล์วเดี่ยวขนาด 5/2 ช่อง 24VDC ขนาดแรงดันลม 0.15-0.7MPa ในส่วนของ Twins Pneumatics Cylinder ทำหน้าที่ยกชิ้นงานขึ้น-ลง ใช้วาล์วเดี่ยวขนาด 5/2 ช่อง 24VDC ขนาดแรงดันลม 2-8 bar และ Rotary Pneumatics Double Acting Cylinder ทำหน้าที่หมุน 90 องศาเชิงมุมเพื่อนำชิ้นงานวาง โดยใช้วาล์วเดี่ยวขนาด 5/2 ช่อง 24VDC ขนาดแรงดันลม 2-8 bar และหน้าจอสั่งงานแสดงผลใช้ HMI แบบทัสกรีน รุ่น GOT2000 ขนาด 7 นิ้ว ซึ่งอุปกรณ์บางชิ้นเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ไปแล้วคณะผู้วิจัยได้ซ่อมแล้วนำกลับมาใช้ใหม่

#### 2. การออกแบบแกนกลนิวเมติกส์

การออกแบบแกนกลนิวเมติกส์คณะผู้วิจัยได้คำนึงถึงหลักการทำงานเสมือนการจำลองในงานอุตสาหกรรมเพื่อให้ผู้เรียนเห็นภาพและเกิดทักษะการทำงานในระบบอุตสาหกรรมจริงแบ่งเป็น 3 ส่วนดังต่อไปนี้

##### 2.1 การออกแบบโครงสร้างแกนกลนิวเมติกส์

เขียนแบบโครงสร้างแกนกลนิวเมติกส์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์แบบ 3 มิติ ขนาด กว้างxยาวxสูง ดังภาพต่อไปนี้

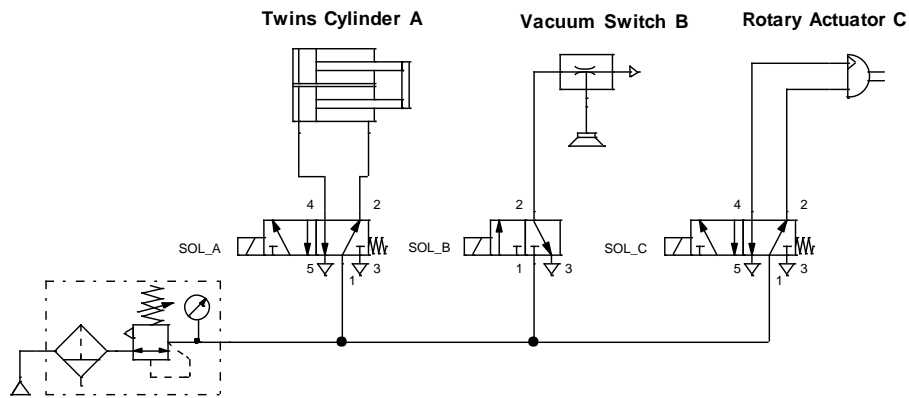


ภาพที่ 2 แสดงภาพแบบโครงสร้างแขนกลนิวเมติกส์

(ก) ด้านหน้า (ข) ด้านหลัง (ค) ด้านบน

## 2.2 ออกแบบชุดกระบอกลมนิวเมติกส์

ชุดกระบอกลมนิวเมติกส์คณะผู้วิจัยได้จำลองและทดสอบการทำงานผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ก่อนนำไปใช้งานจริงเพื่อให้ทราบถึงการกำหนดขนาดแรงดันลมการควบคุมวาล์วและกระบอกลมต่าง ๆ ของแขนกลนิวเมติกส์ขณะเดียวกันเพื่อลดความเสียหายและข้อผิดพลาดขณะทดสอบจริงดังภาพต่อไปนี้

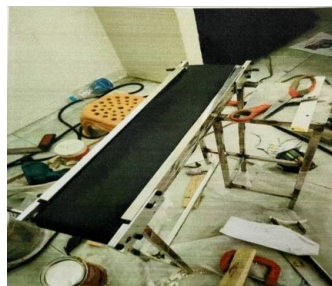


ภาพที่ 3 แสดงชุดกระบอกลมนิวเมติกส์

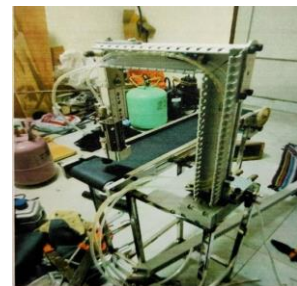
## 2.3 ประกอบชิ้นส่วนแขนกลนิวเมติกส์และสายรีดสาย



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพที่ 4 แสดงประกอบชิ้นส่วนแขนกลนิวเมติกส์และสายรีดสาย

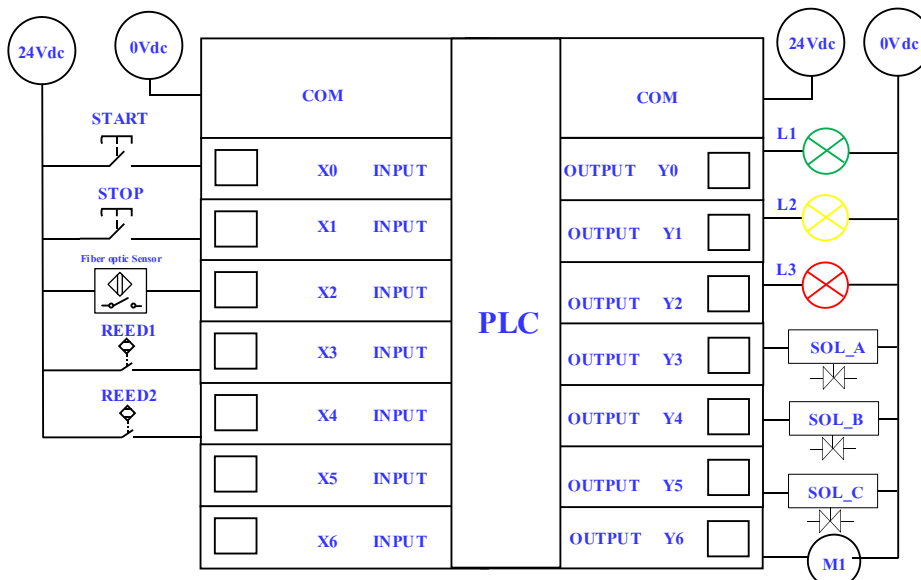
(ก) โครงสแตนเลส (ข) ติดตั้งสายพานลำเลียงชิ้นงาน (ค) ติดตั้งอุปกรณ์และสายรีดสาย

### 2.4 กำหนดอินพุตกับเอาต์พุตให้ PLC

ตารางที่ 1 กำหนด Input/output ให้กับ PLC

Input		Output	
Equipment	Coil Relay	Equipment	Coil Relay
START	X0	L1	Y0
STOP	X1	L2	Y1
Fiber Optics Sensor	X2	L3	Y2
REED1	x3	SOL_A	Y3
REED2	x4	SOL_B	Y4
		SOL_C	Y5
		Motor_M1	Y6

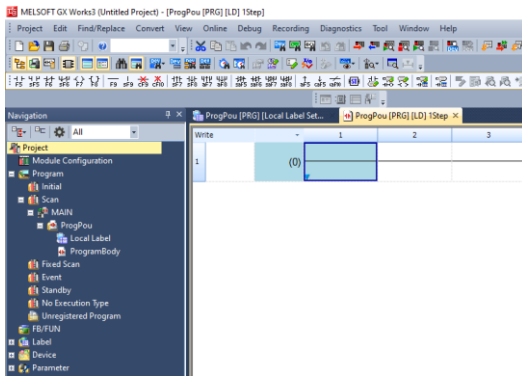
จากตารางที่ 1 สามารถต่ออุปกรณ์ภาคอินพุตและเอาต์พุตให้กับ PLC เนื่องจากเซ็นเซอร์เป็นชนิด PNP(24Vdc) เราจึงต่ออินพุตและเอาต์พุตแบบ Sourcing ได้ดังรูปที่ 5



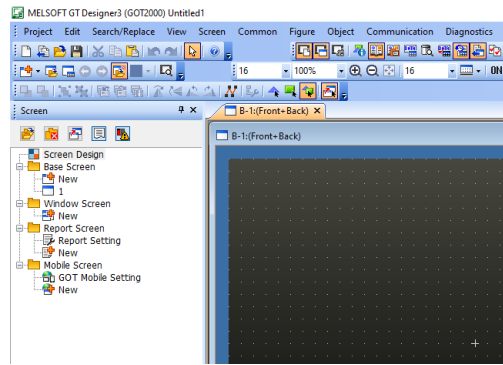
ภาพที่ 5 แสดงการต่ออุปกรณ์ภาคอินพุตและเอาต์พุตให้กับพีแอลซี

### 2.5 ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการโปรแกรม

ซอฟต์แวร์ที่ใช้ควบคุมแขนกลนิวเมติกส์ประกอบด้วย MELSOFT Series GX Works3 ใช้สำหรับเขียนแลตเตอร์ให้กับ PLC รุ่น FX5U-32MT และ MELSOFT GT Designer3 ใช้สำหรับเขียนหน้าจอ HMI รุ่น GOT2000 เพื่อแสดงผลและควบคุมแขนกลนิวเมติกส์ดังต่อไปนี้



(ก)

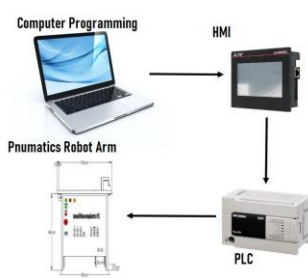


(ข)

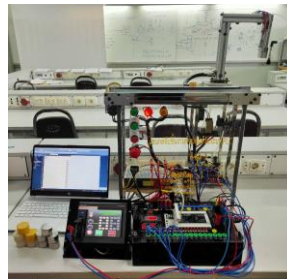
ภาพที่ 6 ซอฟต์แวร์ที่ใช้ควบคุมแขนกลนิวเมติกส์

(ก) MELSOFT Series GX Works3 (ข) MELSOFT GT Designer3

จากการออกแบบโครงสร้างแขนกลนิวเมติกส์ การออกแบบชุดกระบอกลมนิวส์เมติก การวางยั้งสาย การกำหนดอินพุตและเอาต์พุตให้กับ PLC รวมไปถึงการกำหนดซอร์ฟแวร์ให้กับชุดควบคุมและเครื่องจักรดังภาพที่ 7



(ก)



(ข)



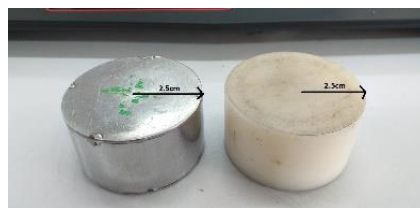
(ค)

ภาพที่ 7 แสดงการ Interfacing ชุดควบคุมและชุดแสดงผล

- (ก) ภาพระบบการเชื่อมต่ออุปกรณ์
- (ข) ระบบการเชื่อมต่ออุปกรณ์จริง
- (ค) HMI แสดงผล และควบคุม

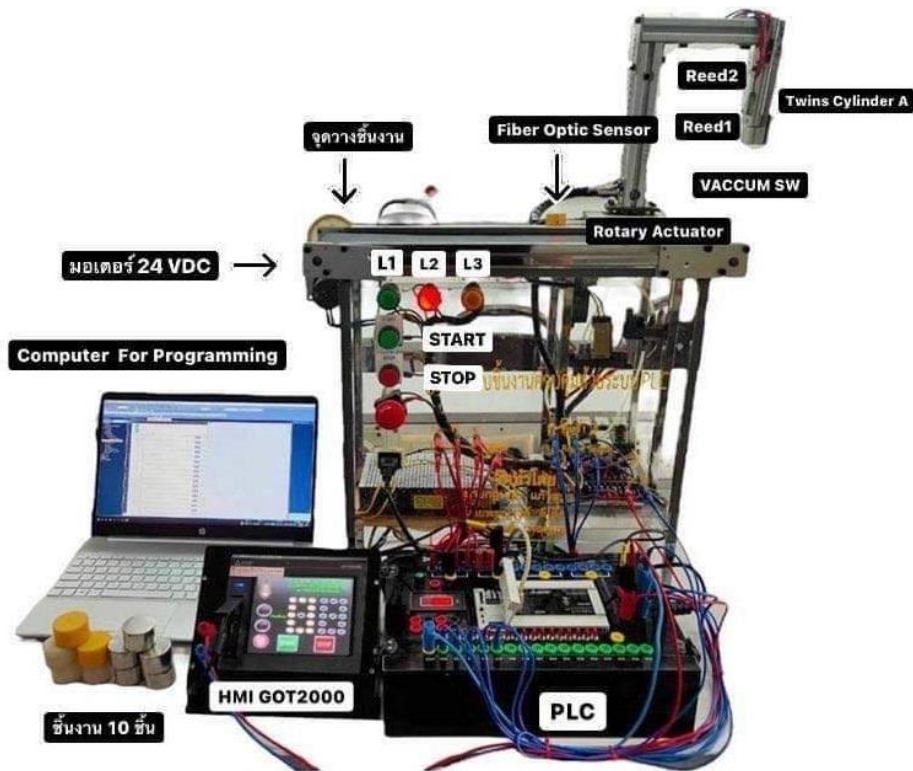
2.6 ขั้นตอนการทดลอง

คณะผู้วิจัยจะใช้ชิ้นงานโลหะ(เหล็ก) จำนวน 5 ชิ้น และอโลหะ(พลาสติก) จำนวน 5 ชิ้น มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5cm ในการทดลองดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 ชิ้นงานโลหะ และอโลหะที่ใช้ทดลอง





ภาพที่ 9 แสดงการเชื่อมต่อแขนกลนิวส์เมติกส์กับชุดควบคุมที่ใช้ในการทดลอง

จากภาพที่ 9 วางชิ้นงานบนสายพานครั้งละ 1 ชิ้นจากนั้นทำการกดปุ่ม START(X0) ที่จอทัชสกรีนทำให้หลอดไฟเขียว L1(Y0) ติดค้างบอกถึงสถานะเครื่องจักรกำลังทำงาน ขณะเดียวกันมอเตอร์ M1(Y6) ขับเคลื่อนสายพานลำเลียงชิ้นงาน ชั้นที่ 1 ผ่านเซ็นเซอร์(X2) เมื่อเซ็นเซอร์ทำการตรวจจับชิ้นงาน จะหน่วงเวลาประมาณ 3 วินาที เพื่อให้มอเตอร์ M1(Y6) หยุดทำงานเพื่อให้ชิ้นงานอยู่ตรงจุดแขนกลจับชิ้นงานพอดี จากนั้นวาล์ว SOL\_A(Y3) สั่งให้กระบอกลม Twins Cylinder A เลื่อนลงมาชนกับ REED1(X3) เพื่อสั่งให้วาล์ว SOL\_B(Y4) ที่ควบคุมการทำงานของ Vacuum Switch B ทำงาน ขณะเดียวกันปลายกระบอกลม Twins Cylinder A จะติด Vacuum Switch B ไว้ที่ปลายกระบอกลมเพื่อดูดชิ้นงานจากนั้น Twins Cylinder A จะเลื่อนขึ้นสุด ไปชนกับ REED2(X4) จากนั้นสั่งให้วาล์ว SOL\_C(Y5) ทำงานเพื่อให้ Rotary Actuator C หมุน 90 องศาเชิงมุม และวางชิ้นงาน หลังจากนั้น Rotary Actuator C หมุนกลับมาที่จุด 0 องศาเชิงมุม เพื่อรับชิ้นงานใหม่อีกครั้ง จนครบจำนวน 10 ชิ้น ในจอ HMI GOT2000 จะแสดงตัวเลขดิจิทัลจำนวน 2 หลักบอกถึงสถานะการนับชิ้นงาน 0-10 ชิ้น เมื่อแขนกลนิวเมติกส์ ดูดและวาง ชิ้นงานครบจำนวน 10 ชิ้นแล้ว เครื่องจักรจะ Alarm เตือนว่าชิ้นงานครบตามจำนวนที่กำหนดไว้แล้วโดยแสดงผลผ่านหลอดไฟสีเหลืองกระพริบ L2(Y1) ขณะเดียวกันหลอดไฟสีเขียว L1(Y0) ที่ติดค้างจะดับทันที ในขณะที่เครื่องจักรกำลังทำงานนั้นหากเกิดเหตุการณ์ผิดปกติ หรือเครื่องจักรขัดข้อง สามารถกดปุ่ม STOP(X1) เครื่องจักรจะหยุดทำงานทันที ขณะเดียวกัน หลอดไฟแดงติดค้าง L3(Y2) และ L1(Y0) ที่ติดค้างจะดับทันที

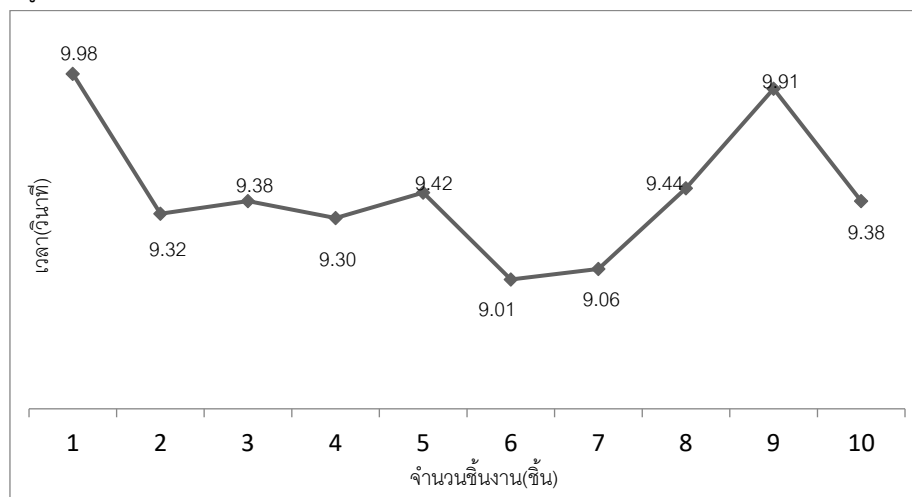
## สรุปผลการวิจัย

จากหัวข้อ 2.6 ขั้นตอนการทดลองคณะผู้วิจัยสามารถสรุปผลการทดลองได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2 วางชิ้นงานโลหะและอโลหะบนสายพานลำเลียงรวมจำนวน 10 ชิ้น มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5cm

ชิ้นงานที่	เวลาที่ใช้(วินาที)	Fiber Optics Sensor ตรวจสอบ	ตำแหน่งของแขนกลนิวเมติกส์
		ชิ้นงาน (ได้, ไม่ได้)	จุดและวางชิ้นงาน (ถูกต้อง,ไม่ถูกต้อง)
1	9.98	ได้	ถูกต้อง
2	9.32	ได้	ถูกต้อง
3	9.38	ได้	ถูกต้อง
4	9.30	ได้	ถูกต้อง
5	9.42	ได้	ถูกต้อง
6	9.01	ได้	ถูกต้อง
7	9.06	ได้	ถูกต้อง
8	9.44	ได้	ถูกต้อง
9	9.91	ได้	ถูกต้อง
10	9.38	ได้	ถูกต้อง
$\bar{(x)}$	9.40		

พิจารณาในตารางที่ 2 พบว่าแขนกลนิวเมติกส์ที่คณะผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นสามารถตรวจจับชิ้นงานด้วย Fiber Optics Sensor ได้ ตำแหน่งของแขนกลนิวเมติกส์ จับและวางชิ้นงานทำได้ถูกต้อง ในขณะเดียวกันใช้เวลาจับและวางชิ้นงาน ที่เป็นโลหะและอโลหะจำนวน 10 ชิ้น ใช้เวลาเฉลี่ยประมาณ 9.40 วินาที และสามารถนำไปพิจารณาในรูปแบบกราฟได้ดังภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 10 แสดงกราฟการทดลองแขนกลจับชิ้นงานเทียบกับเวลา



## อภิปรายผลการวิจัย

โดยคณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษา บทความ งานวิจัย และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องจนนำไปสู่การสร้างสรรค์นวัตกรรมในการพัฒนาแขนกลนิวเมติกส์อัตโนมัติควบคุมและแสดงผลด้วยจอทัชสกรีน เพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อการใช้ประกอบการเรียนการสอนเกี่ยวกับงานระบบควบคุมอัตโนมัติในงานอุตสาหกรรม โดยเริ่มต้นจากการออกแบบโครงสร้างแขนกลนิวเมติกส์ผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์สนับสนุนการออกแบบโครงสร้าง 3 มิติ ผู้เรียนได้รับรู้และลดจินตนาการณ์ในการออกแบบและสร้างเครื่องจักร จากการออกแบบโครงสร้าง 3 มิติทำให้คณะผู้วิจัยทราบถึงวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการประกอบเครื่องจักร เช่น ชุดระบบเซ็นเซอร์ ระบบนิวเมติกส์ วงจรกำลัง ชุดควบคุมการแสดงผล และซอฟต์แวร์ เป็นต้น

จากขั้นตอนการทดลอง พบว่าแขนกลนิวเมติกส์อัตโนมัติควบคุมและแสดงผลด้วยจอทัชสกรีนสามารถทำงานได้ตามเงื่อนไขและวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

## ข้อเสนอแนะ

จากการออกแบบและสร้างรวมไปถึงการพัฒนาจนได้ทดสอบและได้รับผลการทดลอง จากการสังเกตพบว่า แขนกลนิวเมติกส์อัตโนมัติฯ มีข้อจำกัดดังต่อไปนี้ ให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับประโยชน์ในการประยุกต์ผลการวิจัย และเสนอแนะแนวทางการวิจัยที่ควรทำต่อไป

### 1. ข้อเสนอแนะทั่วไป

1.1 ขณะสายพานลำเลียงชิ้นงานจะเกิดเสียงดังที่มอเตอร์ DC 24V เนื่องจากมอเตอร์เป็นแบบทดเกียร์และทรอบจากเฟืองขับทำให้เกิดเสียงดังขณะเครื่องจักรทำงาน แนวทางแก้ไข ใช้มอเตอร์ DC 24V แบบรอบต่ำและใช้สายพานต่อกับพูลเลย์เพื่อขับ conveyer ลำเลียงชิ้นงาน

1.2 วัสดุอุปกรณ์บางประเภท คณะผู้วิจัยได้ทำการซ่อมและนำกลับมาใช้ใหม่ซึ่งมีอายุการใช้งานมาแล้วทำให้การทำงานเกิดข้อผิดพลาด เช่น Solenoid Vale ลื่นวาล์ว เปิด/ปิด ไม่สนิท ทำให้อัตราการเข้า/ออกไม่สัมพันธ์กัน ทำให้เกิดการจับและปล่อยชิ้นงานไม่แม่นยำ แนวทางแก้ไข เปลี่ยน Solenoid Vale ใหม่หรือเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ที่ผ่านการใช้งานไม่นานมากนัก เป็นต้น

### 2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 เพิ่มชุดป้อนชิ้นงานให้กับแขนกลนิวเมติกส์อัตโนมัติฯ

2.2 ขณะแขนกลนิวเมติกส์อัตโนมัติฯ จับและวางชิ้นงานสร้างชุดรองรับเพื่อตัดแยกโลหะและโลหะเพิ่ม

## กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษา และสาขาวิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ ที่ให้คำปรึกษาและอำนวยความสะดวก อาทิเช่น หนังสือ ตำรา บทความ งานสร้างสรรค์ เครื่องมือ วัสดุอุปกรณ์ ห้องปฏิบัติการ และสถานที่



## เอกสารอ้างอิง

- ยุทธนา นายณะคามิน. (2548). *การสร้างชุดทดลองและศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การควบคุมแขนกลด้วย PLC*. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- อุดม บุญเฮ้า. (2551). *การสร้างชุดทดลองและศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องการควบคุมสายพานลำเลียงด้วย PLC*. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี พระจอมเกล้าธนบุรี.
- นิพนธ์ เรื่องวิริยะนันท์. (2559). “คู่มือโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ :Siemens Somatic Step7\_300” สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา วิทยาเขตตาก, มปป.
- ปราการ ชาติสุนทร. (2551). *รายงานการสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดทดลอง วิชางานนิวแมติกส์และไฮดรอลิกส์เบื้องต้นรหัสวิชา 2100-1008*, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- จรัส จุนต์น, และคนอื่นๆ. (2560). การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดทดลองกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรม ควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์. *วารสารวิจัยและนวัตกรรมอาชีวศึกษา*, 1(1), 1-7.
- กันตภณ พลั้วไธสง. (2557). *เครื่องคัดแยกวัตถุอัตโนมัติตามสายพานลำเลียง*. *วารสารวิจัย*, 7(1), 88-96.
- ณัฐดนัย เรือนคา. (2562). *แบบจำลองเครื่องคัดแยกวัตถุอัตโนมัติบนสายพานลำเลียง*. การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ครั้งที่ 3, ฉบับที่ 1, หน้า 625-653, 2-5.
- ปิยวัฒน์ ศรีธรรม. (2563). *แขนกลจับชิ้นงานจากเครื่องคัดแยกวัสดุอัตโนมัติตาม สายพาน*. *วารสารวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติ*, 4(1), 19 – 27.
- ธยศ อริสริยวงศ์. (2560). *Development of PLC control apparatus for flexible manufacturing systems*, การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 3. วันที่ 14 – 17 กรกฎาคม จังหวัดนครนายก.
- Poorahong T, Prainetr S. (2010). The control of a robot arm using speed pulse control method. *Naresuan University Journal*, 18(1), 70-73.
- Ganyatong G, Tadsanason A, Panno M, Ganjana A. (2017). *Haptic Robot Arm Controll*. The 3<sup>rd</sup> National Conference on Industrial Technology and Engineering. May 3-4; Ubonratchathani, Thailand.
- Rukhua Ch, Noppawong Na Ayutthaya T. (2015). *Quality Inspection Automatic Machine*. 7<sup>th</sup> ECTI-CARD July 8-10; Trang, Thailand.
- Erdal Yilmaza, Sevan Katrancioglu. (2020). *Designing Programmable Logic Controller (PLC) Experiment Setwith Internal Experiment Blocks*. bT.C. Okan University Information Systems and Technologies Department, 12-17 FEB. Tuzla Campus, Istanbul.