

การออกแบบและสร้างหุ่นยนต์แบบคาร์ทีเซียน DESIGN AND IMPLEMENT OF CARTESIAN ROBOT

จอมภพ ละออ และ ประจักษ์ ลำจวน

สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต
1761 ถนนพัฒนาการ เขตสวนหลวง กรุงเทพมหานคร 10250

Jomphop La-or and Prajak Lamjuan

Department of Industrial Engineering Technology, Faculty of Engineering,
Kasem Bundit University

1761 Pattanakarn Rd., Suanluang Bangkok 10250, Thailand

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างหุ่นยนต์แบบคาร์ทีเซียนที่มาจากการศึกษาแนวทางในการสร้าง ผลจากการออกแบบหุ่นยนต์ที่ได้มีพื้นที่ทำงาน กว้าง 225 x ยาว 225 x ลึก 80 มิลลิเมตร ใช้โครงสร้างรองรับชุดเคลื่อนที่แบบแขนคู่ด้านข้าง มีต้นกำลังจากสเต็ปปีงมอเตอร์ ในขณะที่ทำการทดลองพบว่าการสั่นสะเทือนเพียงเล็กน้อย การขับเคลื่อนไม่มีการติดขัดตลอดช่วงระยะการทดสอบ ส่วนของหัวจับชิ้นงานทำงานโดยระบบแม่เหล็กไฟฟ้า จากการทดสอบจับชิ้นงานเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 28 มม. น้ำหนัก 48 กรัม พบว่าไม่มีการหลุดตกหล่นตลอดการทดสอบ การทดสอบประสิทธิภาพด้านความแม่นยำของการเคลื่อนที่ในแนวแกน X, Y, Z และการเคลื่อนที่พร้อมกัน 2 แนวแกน X, Y ระยะ 45 มิลลิเมตร พบว่ามีความผิดพลาดร้อยละ 0 ในแนวแกน X, Y, Z และการเคลื่อนที่พร้อมกัน 2 แนวแกน X, Y ระยะ 225 มิลลิเมตร พบว่ามีความผิดพลาดร้อยละ 0.44 ซึ่งยังอยู่ในระดับที่ยอมรับได้เนื่องจากการวางตำแหน่งมีความผิดพลาดไป 1 มิลลิเมตร จากระยะ 255 มิลลิเมตร หรือคิดเป็นความผิดพลาดสูงสุดของทุกแนวแกนเฉลี่ยร้อยละ 0.44

คำสำคัญ: หุ่นยนต์คาร์ทีเซียน, การควบคุมตำแหน่งด้วย PLC

ABSTRACT

This article describes about designing and developing of a Cartesian robot from a literature review. As a result, a designed had a working area of 225 x 225 x 80 mm. It used a side arm support structure and a stepping motor for driving source. The movement testing show

movement smoothly but a little vibration. The part holder operate by electric magnetic, it's holding test by a circular steel part at 28 mm. diameter and 10 mm. thickness and weight is 48 gram result is strongly. In accuracy movement testing in axis X, Y, Z and X, Y at 45 millimeter range is 0 % error and range 255 millimeter is 0.44 % error. But it's acceptable because the movement position tolerance is 1 mm. per 255 mm. of testing range.

KEYWORDS: Cartesian robot, PLC positioning control

1. บทนำ

เนื่องจากในปัจจุบันงานด้านอุตสาหกรรมมีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว มีการแข่งขันทางด้านเศรษฐกิจสูง ดังนั้นหุ่นยนต์จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่เหมาะกับงานอุตสาหกรรมเนื่องจากมีความอ่อนตัวที่จะประยุกต์ใช้งานได้หลายรูปแบบทั้งยังมีความแม่นยำและเที่ยงตรงในการทำงานเมื่อเทียบกับมนุษย์ ซึ่งหุ่นยนต์นั้นมีอยู่หลายชนิดและมีคุณลักษณะความเหมาะสมต่อการใช้งานแตกต่างกันออกไป ดังนั้น บทความนี้จึงได้เลือกมุ่งเน้นสร้างหุ่นยนต์แบบคาร์ทีเซียน (Cartesian robot) เนื่องจากลักษณะโครงสร้างและการเคลื่อนที่เป็นแบบเชิงเส้นง่ายต่อการศึกษาและจัดทำโครงสร้างในระดับเบื้องต้น และจะช่วยให้เกิดทักษะด้านการเขียนโปรแกรมโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ (PLC) ในการควบคุมการเคลื่อนที่แบบคาร์ทีเซียน (Cartesian) ทั้งในระดับเบื้องต้นและประยุกต์ในระดับสูงต่อไป

ในการศึกษาแนวทางในการสร้าง พบว่าในโครงการงาน “ใบประลองควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ 3 แกนด้วยเครื่องควบคุมโปรแกรมได้” [1] ซึ่งเป็นหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยเซอร์โวมอเตอร์ (Servo motor) เคลื่อนที่ในแกนด้วยชุดบอลสกรู (Ball Screw) ควบคุมระบบด้วยโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ มีมือจับชิ้นงานทำงานด้วยระบบลมอัด สามารถทำงานแบบควบคุมด้วยมือและแบบอัตโนมัติทั้ง 3 แกน และมีจุดกลับตำแหน่งเริ่มต้นการทำงาน 1 จุด

นอกจากนี้ ในโครงการงาน “ชุดประลองแขนกลแบบคาร์ทีเซียน ควบคุมด้วย PLC” [2] ซึ่งเป็นหุ่นยนต์ขับเคลื่อนด้วยเซอร์โวมอเตอร์ เคลื่อนที่ในแกนด้วยชุดบอลสกรู ควบคุมระบบด้วยโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ มีชุดจับชิ้นงานทำงานด้วยระบบแม่เหล็กไฟฟ้า สามารถควบคุมระยะการเคลื่อนที่ของแกนได้ระยะทางสูงสุด 26 เซนติเมตร จับชิ้นงานที่มีน้ำหนักไม่เกิน 680 กรัม และมีความผิดพลาดในการเคลื่อนที่ไม่เกิน $\pm 0.4\%$

ทั้งนี้ได้พิจารณาปรับปรุงการสร้างหุ่นยนต์แบบคาร์ทีเซียน จากแนวทางที่ศึกษาเนื่องจาก

- 1) โครงสร้างควรปรับปรุงให้มีความมั่นคงแข็งแรงเนื่องจากจะมีผลต่อการเคลื่อนที่
- 2) เลือกใช้ชุดจับชิ้นงานแบบแม่เหล็กไฟฟ้าเนื่องจากไม่ต้องใช้อุปกรณ์ลมอัดเพิ่มเติม

3) เลือกใช้ชุดเคลื่อนที่เชิงเส้นแบบบอลสกรู เนื่องจากชุดเคลื่อนที่แบบ สายพานลูกเบี้ยว (Timing Belt) และระบบนิวแมติกส์ (Pneumatics) มีความคลาดเคลื่อนสูง [3, 4]

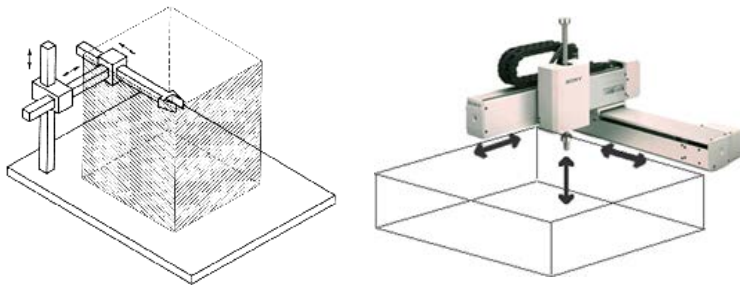
4) เลือกใช้สเต็ปปีงมอเตอร์ (Stepping motor) แทนเซอร์โวมอเตอร์ เนื่องจากมีต้นทุนน้อยกว่า [5]

5) เลือกใช้โปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ เป็นตัวควบคุมหลัก เนื่องจากเป็นที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมและมีชุดคำสั่งพิเศษในการควบคุมการเคลื่อนที่ ทำให้สร้างได้ง่ายกว่าการใช้ตัวควบคุม (Controller) และภาษาในการพัฒนา (development language) แบบอื่น ๆ [6]

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 หุ่นยนต์คาร์ทีเซียน [7]

ในหุ่นยนต์คาร์ทีเซียน แกนทั้ง 3 ของหุ่นยนต์จะเคลื่อนที่เป็นแบบเชิงเส้น ซึ่งจะอยู่ในรูปแบบ แกนคาร์ทีเซียน (Cartesian axis) x, y, และ z พื้นที่ทำงานจะมีลักษณะเป็นรูปกล่องขนาดใหญ่ ซึ่งพื้นที่ทำงานคล้ายกันกับเครน (Overhead crane) ในอุตสาหกรรมหล่อโลหะหรือในโรงไฟฟ้า พลังงานนิวเคลียร์ ลักษณะของหุ่นยนต์คาร์ทีเซียนและพื้นที่ทำงานดังรูปที่ 1



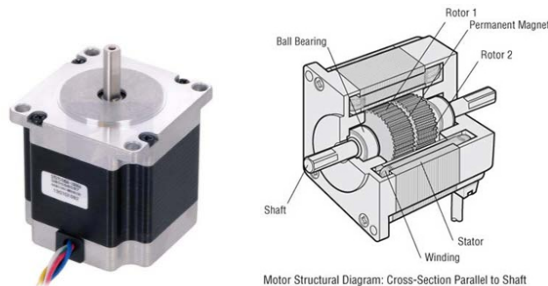
รูปที่ 1 หุ่นยนต์คาร์ทีเซียนและลักษณะพื้นที่ทำงาน

2.2 สเต็ปปีงมอเตอร์

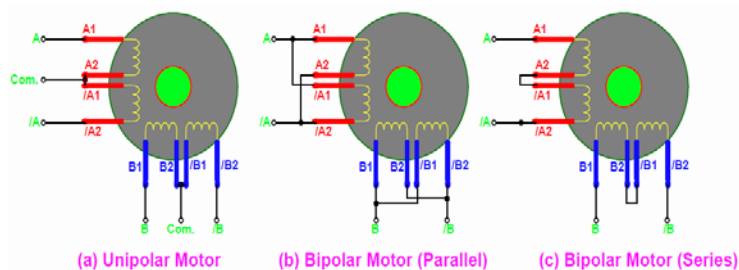
เป็นมอเตอร์ที่หมุนตามจำนวนองศาหรือตามจำนวนรอบที่ต้องการ ทั้งนี้ความละเอียดของการหมุนจะขึ้นอยู่กับจำนวนองศาต่อหนึ่งจังหวะการหมุน เนื่องจากการหมุนของมอเตอร์ชนิดนี้ มีการหมุนเป็นจังหวะ หลักการทำงานของสเต็ปปีงมอเตอร์ จะทำงานโดยการกระตุ้นขดลวดในแต่ละขดลวดบนสเตเตอร์เพื่อให้มอเตอร์หมุนและในการกระตุ้นขดลวดนี้ต้องป้อนกระแสไฟแบบต่อเนื่องในรูปแบบที่ถูกต้อง จึงจะสามารถขับสเต็ปปีงมอเตอร์ให้หมุนตามที่ต้องการ ลักษณะของสเต็ปปีงมอเตอร์ดังรูปที่ 2

2.2.1 ชนิดของสเต็ปปีงมอเตอร์ [8]

1. แบบแม่เหล็กถาวร (Permanent Magnet Stepping Motor หรือ PM)
2. แบบแปรผันค่ารีลัคแตนซ์ (Variable Reluctance Stepping Motor หรือ VR)
3. แบบผสม (Hybrid Stepping Motor หรือ H) ซึ่งลักษณะโครงสร้างของขดลวด สามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ ชนิดสองขั้ว (Bipolar) และ ชนิดหลายขั้ว (Unipolar) โดยมีผังการต่อสายดังรูปที่ 3



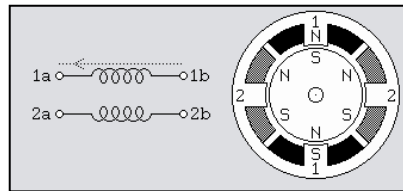
รูปที่ 2 ลักษณะภายนอกและภายในของของสเต็ปปีงมอเตอร์



รูปที่ 3 ตัวอย่างการต่อสายของสเต็ปปีงมอเตอร์แต่ละแบบ

2.2.2 หลักการควบคุมสเต็ปปีงมอเตอร์

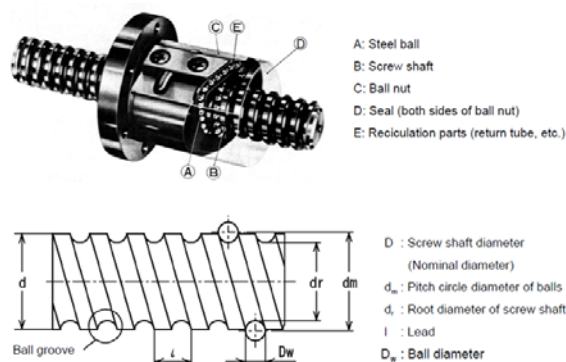
การที่สเต็ปปีงมอเตอร์จะสามารถเคลื่อนที่ไปในทิศทางที่เราต้องการได้นั้นเราจะต้อง ทำการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวดของมอเตอร์ เพื่อให้เกิดเป็นอำนาจของสนามแม่เหล็กขึ้นอย่าง เป็นลำดับที่ถูกต้องและสัมพันธ์กัน ซึ่งเทคนิควิธีการที่ใช้ในการควบคุมการเคลื่อนที่ของ สเต็ปปีงมอเตอร์จะมีขดลวดทั้งหมด 2 ขด สังเกตง่าย ๆ จะมีสายออกมา 4 เส้น ขดลวดที่สเตเตอร์แต่ละชุด จะไม่มีจุดร่วม การต่อเข้ากับวงจรขับจะใช้ปลายทั้งสองด้านของขดลวดแต่ละชุด การทำให้เกิด ขั้วแม่เหล็กที่สเตเตอร์ทำได้โดยการจ่ายกระแสไฟจากปลายด้านหนึ่งไปยังปลายอีกด้านหนึ่งของ ขดลวด และการเปลี่ยนขั้วแม่เหล็กที่สเตเตอร์ชุดเดียวกันนี้ก็ได้โดยสลับทิศทางกระแสไฟของ กระแสไฟนั่นเอง ดังนั้นวงจรขับที่ใช้จึงจำเป็นต้องสามารถกลับทิศทางกระแสไฟได้



รูปที่ 4 ลักษณะการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวดแบบไบโพลาร์

2.3 ส่วนประกอบของโครงสร้างการเคลื่อนที่แบบเชิงเส้น (Linear Motion) [9]

โดยทั่วไปแล้วอุปกรณ์เคลื่อนที่แบบเชิงเส้น แบ่งออกเป็นหลายประเภท แต่ที่ใช้ในบทความนี้คือบอลสกรู ซึ่งมีหน้าที่หลักคือการเปลี่ยนการเคลื่อนที่ในแนวหมุน เป็นการเคลื่อนที่ในเชิงเส้น หรือเปลี่ยนจากแรงบิดเป็นแรงผลักดันด้วยข้อดีคือ มีความแม่นยำและประสิทธิภาพสูง ข้อดีของบอลสกรู ดีกว่าถ้าเทียบกับสกรูส่งกำลัง (Lead screw) คือ โดยปรกติแล้วเกลียวบนเพลากลียว (Shaft) และแป้นเกลียว (Nut) ของสกรูส่งกำลัง จะมีการเสียดสีกันโดยตรงในการเคลื่อนที่ของตัวแป้นเกลียว ซึ่งจะทำให้มีการสึกหรอสูง และความแม่นยำต่ำ แต่ในกรณีของบอลสกรู จะมีเม็ดลูกปืนอยู่ระหว่างเพลากลียวและแป้นเกลียว ทำให้ลดแรงเสียดทาน และเพิ่มประสิทธิภาพกับความแม่นยำอีกด้วย บอลสกรู มีลักษณะโครงสร้างดังรูปที่ 5

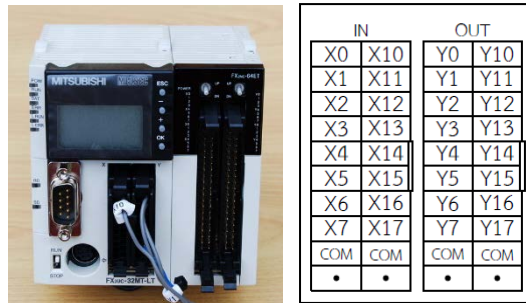


รูปที่ 5 ลักษณะโครงสร้างของบอลสกรู

2.4 โปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ [10]

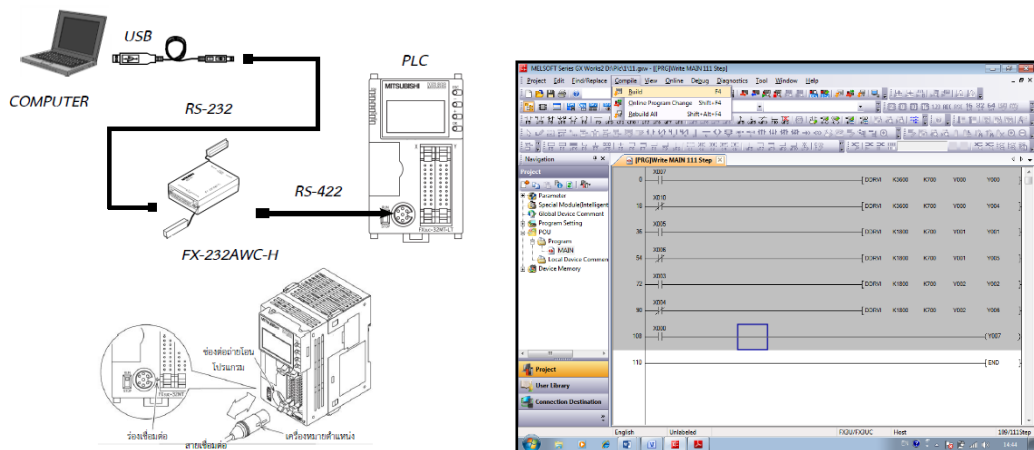
PLC Mitsubishi FX3UC Series เป็น โปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ (PLC) รุ่นใหม่ที่มีขนาดเล็กที่ความเร็วสูงและขยายได้อย่างเต็มที่ขึ้นอยู่กับแหล่งจ่ายไฟฟ้า 24 V.DC และการใช้การเชื่อมต่อประเภททรานซิสเตอร์ทั้งอินพุตและเอาต์พุต FX3UC Series ถูกออกแบบมาสำหรับการใช้งานอยู่กับที่และแบบแยกส่วนที่ ประกอบด้วยคุณลักษณะ เช่น อินพุตและเอาต์พุต (Input/Output)

ความเร็วสูง และระบบสองบัส, การเพิ่มประสิทธิภาพการสื่อสาร, เครือข่าย, อนาคต และการควบคุมแบบระบุตำแหน่ง โดยมีลักษณะโครงสร้าง และช่องอินพุตและเอาต์พุต ดังแสดงในรูปที่ 6



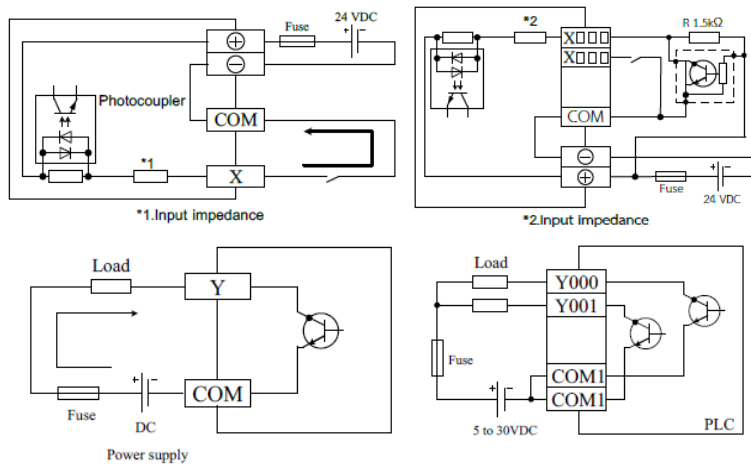
รูปที่ 6 โครงสร้างของ PLC Mitsubishi FX3UC และช่อง อินพุตและเอาต์พุต

2.4.1 การเชื่อมต่อ PLC เพื่อการโปรแกรมและการปรับตั้งค่าต่าง ๆ มีการเชื่อมต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อใช้ Software GX-WORK2 [11] ในการสร้างโปรแกรม โปรแกรมเมเบิลคอนโทรเลอร์ ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 การเชื่อมต่อ PLC กับเครื่องคอมพิวเตอร์

2.4.2 การต่ออินพุตและเอาต์พุต แบบ Sink เพื่อรับค่าจากตัวตรวจจับ (Sensor) และส่งออกข้อมูลเพื่อสั่งการเอาต์พุต ดังรูปที่ 8

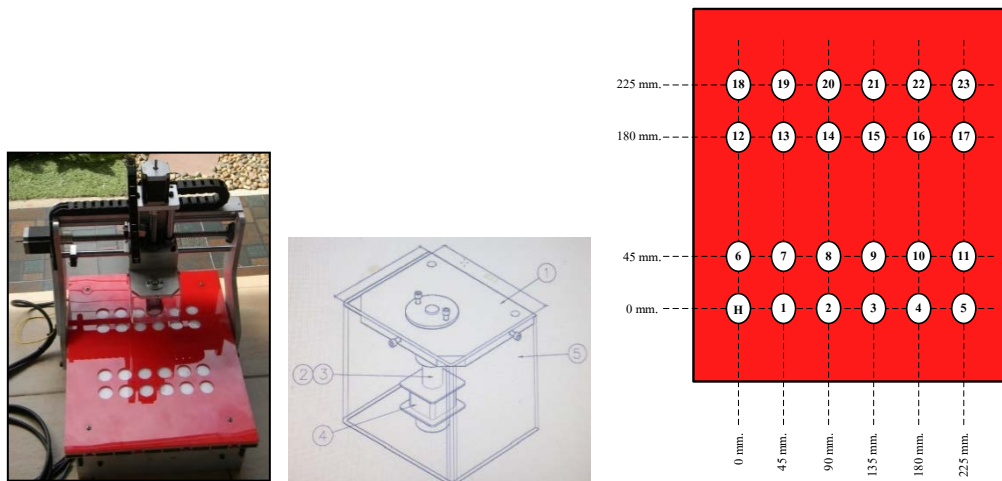


รูปที่ 8 การต่ออินพุตและเอาต์พุตแบบ Sink

3. การออกแบบและสร้างหุ่นยนต์แบบคาร์ทีเซียน

3.1 สร้างและประกอบชิ้นส่วนโครงสร้างและชิ้นส่วนเคลื่อนที่หุ่นยนต์แบบคาร์ทีเซียน

การสร้างและประกอบชิ้นส่วนโครงสร้างและชิ้นส่วนเคลื่อนที่ ดังรูปที่ 9 ซึ่งประกอบด้วย



รูปที่ 9 โครงสร้างชุดฝึกหุ่นยนต์แบบคาร์ทีเซียน, หัวจับแม่เหล็ก และช่องวางตำแหน่งงาน

3.1.1 ออกแบบและสร้างโครงสร้างชุดฝึกทำจากอลูมิเนียมขึ้นรูป (Aluminum Profile) ซึ่งเป็นวัสดุแบบสำเร็จรูป และบางชิ้นส่วนออกแบบและสร้างขึ้นใหม่ มีขนาด “พื้นที่ทำงาน” วัดจากกึ่งกลางหลุมวางชิ้นงาน กว้าง 225 x ยาว 225 x ลึก 80 มิลลิเมตร

3.1.2 ติดตั้งสเต็ปปีงมอเตอร์ และ บอร์ดควบคุม (Controller Board) รุ่น NEMA 23 ใช้เป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อน ซึ่งมีคุณลักษณะดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลสเต็ปปีงมอเตอร์ รุ่น NEMA 23 [12]

Electrical Specification		Physical Specification	
Manufacturer Part Number	23HS45-4204S	Frame Size	57 x 57mm
Motor Type	Bipolar Stepper	Body Length	113mm
Step Angle	1.8°	Shaft Diameter	Φ10mm
Holding Torque	3.0Nm(425oz.in)	Shaft Length	24mm
Rated Current/phase	4.2A	D-cut Length	20mm
Phase Resistance	0.9ohms	Number of Leads	4
Recommended Voltage	24-48V	Lead Length	400mm
Inductance	3.8mH±20%(1KHz)	Weight	1.8kg

3.1.3 ประกอบบอลสกรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มิลลิเมตร ระยะพิตซ์ 5 มิลลิเมตร เข้ากับสเต็ปปีงมอเตอร์เพื่อใช้ในการขับเคลื่อนแกนการเคลื่อนที่ X, Y และ Z

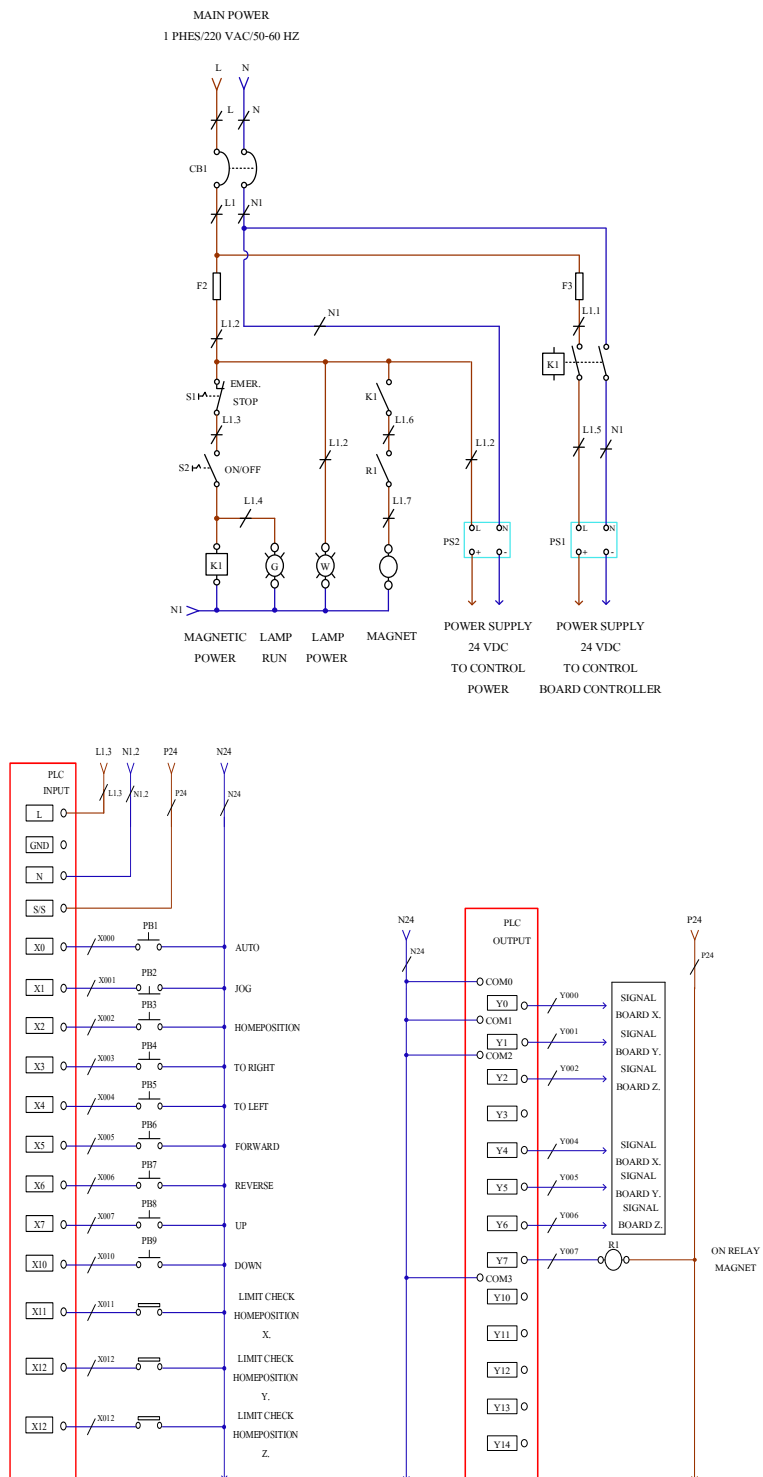
3.1.4 สร้างหัวจับชิ้นงานซึ่งทำงานโดยระบบแม่เหล็กไฟฟ้า (รูปที่ 9)

3.1.5 สร้างชิ้นงานทำจากเหล็กพ่นสีน้ำเงินลักษณะวงกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 28 มิลลิเมตร หนา 10 มิลลิเมตร น้ำหนัก 48 กรัม (ดังรูปที่ 9) และแผ่นอะคริลิคสีแดงลักษณะสี่เหลี่ยม ขนาดกว้าง 400 มิลลิเมตร x ยาว 490 มิลลิเมตร เจาะรูวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 32 มิลลิเมตร เพื่อใช้ในการฝึกวางตำแหน่งชิ้นงานมีระยะดังรูปที่ 9

3.2 ออกแบบระบบไฟฟ้าควบคุมหุ่นยนต์แบบคาร์ทีเซียน

3.2.1 ออกแบบวงจรควบคุมไฟฟ้า (Power Diagram) ควบคุมหุ่นยนต์แบบคาร์ทีเซียน ซึ่งประกอบด้วยส่วนที่รับสัญญาณจากลิมิตสวิตช์ และวงจรเอาต์พุตของโปรแกรมเมเบิลคอนโทรเลอร์ ซึ่งรวมทั้งส่วนที่ควบคุม สเต็ปปีงมอเตอร์ หลอดไฟสัญญาณ และรีเลย์ ซึ่งมีรายละเอียดดังรูปที่ 10

3.2.2 ออกแบบ PLC Input/Output Diagram เป็นการต่อสัญญาณอินพุต (Input X) จากตัวตรวจจับ และสวิตช์ต่าง ๆ เพื่อให้โปรแกรมเมเบิลคอนโทรเลอร์ ประมวลผลและส่งสัญญาณเพื่อสั่งการเอาต์พุต (Output Y) ตามรายละเอียดในรูปที่ 10



รูปที่ 10 วงจรควบคุมไฟฟ้า, PLC Input/Output Diagram

3.3 การเดินสายและสร้างตู้ชุดควบคุมหุ่นยนต์แบบคาร์ทีเซียน

ทำการสร้างตู้และเดินสายไฟชุดควบคุมตามที่ได้ออกแบบไว้ ตัวตู้สร้างจากตู้ขนาดมาตรฐาน ซึ่งด้านหน้าตู้ จะประกอบด้วยหลอดไฟแสดงสถานะของระบบและสวิตช์ควบคุมการทำงานของระบบ ด้านในตู้จะประกอบไปด้วยอุปกรณ์ต่าง ๆ และจุดต่อเชื่อมต่อ ส่วนด้านข้างของกล่องควบคุม (ด้านซ้าย) เป็นจุดหัวต่อ (Pin) ไปยังอุปกรณ์ภายนอกซึ่งมีลักษณะดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 ตู้ชุดควบคุมหุ่นยนต์แบบคาร์ทีเซียนด้านนอก ด้านในและที่ประกอบกันอย่างสมบูรณ์

3.4 การหาค่าระยะ Pulse ในการโปรแกรมสั่งงานเคลื่อนระยะทาง

เป็นขั้นตอนก่อนการทำโปรแกรมเพื่อหาระยะการส่งสัญญาณ Pulse ไปให้สเต็ปมอเตอร์เคลื่อนที่ไประยะทางเท่าไร ก็เซนติเมตร ก็มีลิเมตร ซึ่งมีขั้นตอนดำเนินการดังนี้

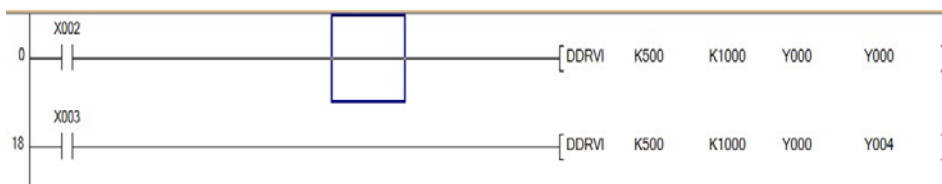
3.4.1 หาข้อมูลระยะพิทช์ของเกลิยวบอลสกรูจากผู้ผลิต (รูปที่ 12) ตัวอย่างระยะพิทช์ (Pitch) บอลสกรู 5 มิลลิเมตร ความหมายคือ บอลสกรูหมุนรอบตัวเอง 1 รอบมีการเคลื่อนที่เชิงเส้นเท่ากับ

5 มิลลิเมตร กำหนดการส่ง Pulse ควบคุม จำนวน 200 Pulse ต่อ 1 รอบ จากนั้นเข้าสู่การเขียนโปรแกรมทดสอบระยะจริงโดยใช้ Software GX-WORK2 ดังรูปที่ 13



รูปที่ 12 ระยะพิตช์เกลียวของบอลสกรู

3.4.2 การทดสอบโดยเริ่มจากแกน Y ใช้คำสั่งการเขียนแบบต่อเนื่อง (Incremental) ดังรูปที่ 13 คือคำสั่ง DDRVI K200 คือจำนวน Pulse ที่จะให้แกน Y เคลื่อนที่ K1000 คือ ความถี่ 1000 Hz. Y000 Y000 คือทิศทางที่จะให้แกนวิ่งในทิศทาง + ซึ่งขณะนี้ตามรูปที่ 13 แกนอยู่ตำแหน่งหมายเลขที่ 1 เราต้องกดปุ่ม X2 เพื่อสั่งงานให้แกนเคลื่อนที่ไปทิศทาง Y+ ตำแหน่งแกนจะเคลื่อนที่ไปอยู่ตำแหน่งหมายเลข 2 ดังรูปที่ 12



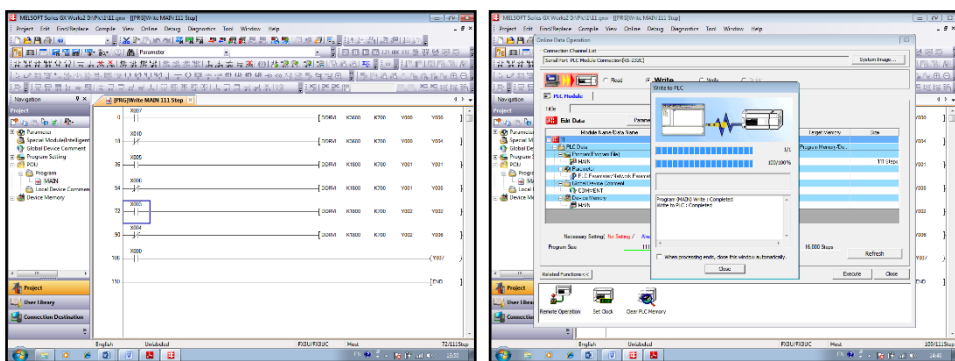
รูปที่ 13 คำสั่งทดสอบการเคลื่อนที่แกน Y

3.4.3 วัดระยะทางว่าบอลสกรูเคลื่อนที่ไปหมายเลขที่ 2 ก็มิลลิเมตร เช่น ถ้า ได้ 5 มิลลิเมตร เท่ากับระยะพิตช์ (Pitch) แสดงว่า คำสั่ง 200 Pulse เคลื่อนที่ได้ 5 มิลลิเมตร ดังนั้น 40 Pulse เท่ากับ 1 มิลลิเมตร หลังจากที่เราได้ระยะ Pulse ต่อ มิลลิเมตร เราจะใช้คำนวณหาระยะทางต่อ หลุมที่วางชิ้นงาน เช่น ระยะหลุมห่าง 45 มิลลิเมตร ก็ต้องสั่งแกนทำงาน คือ $45 \times 40 = 1800$ Pulse ในการสั่งงาน

3.5 การเขียนโปรแกรมสั่งการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์คาร์ทีเซียน [13]

Software GX-WORK2 เป็นโปรแกรมของบริษัท Mitsubishi ใช้ในการเขียนโปรแกรมควบคุมโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ ในด้านต่างๆ ซึ่งในบทความนี้นำมาใช้ในการเขียนคำสั่งควบคุมการเคลื่อนที่จากโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ให้เห็นการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ โดยใช้ชุดคำสั่งพิเศษในการควบคุมการเคลื่อนที่

3.5.1 การเขียนโปรแกรมชุดคำสั่งควบคุมการเคลื่อนที่และการส่งข้อมูล (download) โปรแกรมไปยังโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ ใน Software GX-WORK2 ดังรูปที่ 14



รูปที่ 14 โปรแกรมคำสั่งควบคุมการเคลื่อนที่ใน Software GX-WORK2

จากรูปที่ 14 เป็นคำสั่งการเคลื่อนที่ของโปรแกรม โดยเงื่อนไขส่วนของ Input ดังนี้

- Input X007 สั่งแกน X เคลื่อนที่ในทิศทาง X+
- Input X010 สั่งแกน X เคลื่อนที่ในทิศทาง X-
- Input X005 สั่งแกน Y เคลื่อนที่ในทิศทาง Y+
- Input X006 สั่งแกน Y เคลื่อนที่ในทิศทาง Y-
- Input X003 สั่งแกน Z เคลื่อนที่ในทิศทาง Z+
- Input X004 สั่งแกน Z เคลื่อนที่ในทิศทาง Z-

3.5.2 คำสั่ง DDRVI K3600 K700 Y000 Y000 เป็นคำสั่งการเคลื่อนที่ทีละแกน โดยมีรายละเอียดดังนี้

- | | | |
|------------------|-----|--------------------------------------|
| คำสั่ง K3600 | คือ | ค่าตำแหน่งที่ต้องการจะไป (Pulse/Min) |
| คำสั่ง K700 | คือ | ความเร็วในการเคลื่อนที่ (Hz) |
| คำสั่ง Y000 Y000 | คือ | สั่งแกนเคลื่อนที่ในทิศทาง X+ |
| คำสั่ง Y000 Y004 | คือ | สั่งแกนเคลื่อนที่ในทิศทาง X- |
| คำสั่ง Y001 Y001 | คือ | สั่งแกนเคลื่อนที่ในทิศทาง Y+ |

คำสั่ง Y001 Y005 คือ สั่งแกนเคลื่อนที่ในทิศทาง Y-

คำสั่ง Y002 Y002 คือ สั่งแกนเคลื่อนที่ในทิศทาง Z+

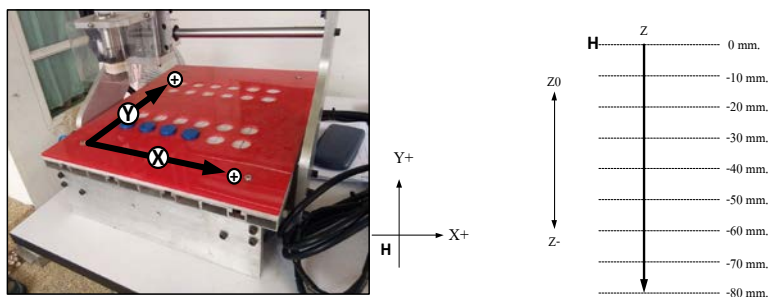
คำสั่ง Y002 Y006 คือ สั่งแกนเคลื่อนที่ในทิศทาง Z-

3.5.3 เมื่อเขียนโปรแกรมเสร็จแล้ว ต้องทำการดาวน์โหลดโปรแกรมไปยังโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ (PLC) ตามขั้นตอนในคู่มือของ Software GX-WORK2 ดังรูปที่ 14

4. การทดลอง

4.1 การทดสอบการจับเคลื่อนย้ายชิ้นงาน

การเคลื่อนที่ของแกน X และ แกน Y จะเคลื่อนที่ในแนวระนาบไปยังตำแหน่งที่ต้องการโดยกำหนดเคลื่อนที่จากจุดเริ่มต้นตำแหน่ง HOME ดังรูปที่ 15 ส่วนการเคลื่อนที่แกน Z เป็นการเคลื่อนที่ในแนวตั้ง ขึ้น-ลง เป็นแกนที่เคลื่อนที่ลงมาจับชิ้นงาน เคลื่อนที่ตามระยะ โดยมีลักษณะการเคลื่อนที่ตาม “กฎมือขวา” เทียบเคียงกับเครื่องจักรกล CNC

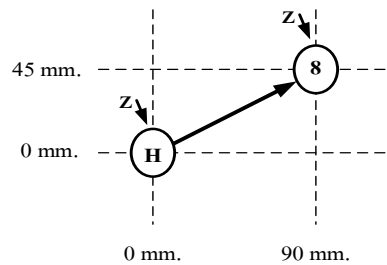
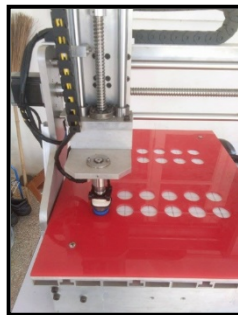


รูปที่ 15 ตำแหน่ง Home และแนวแกนการเคลื่อนที่ของชุดฝึก

จากรูปที่ 15 จะเป็นการแสดงการเคลื่อนที่แกน X แกน Y และแกน Z จากตำแหน่ง HOME ไปตำแหน่งที่ 8 มีระยะการเคลื่อนที่แกน X ในทิศทาง X+ 90 มิลลิเมตร แกน Y ในทิศทาง Y+ 45 มิลลิเมตร และแกน Z ในทิศทาง Z- 80 มิลลิเมตร จากจุดเริ่มต้น HOME โดยเขียนโปรแกรมคำสั่งเคลื่อนที่ ตามขั้นตอนดังนี้

4.1.1 กำหนดตำแหน่งแกน X แกน Y และแกน Z ให้อยู่ในตำแหน่ง HOME ดังรูปที่ 15

4.1.2 สั่งแกน Z เคลื่อนที่ลงในทิศทาง Z- 80 มิลลิเมตร แล้วสั่ง ON MAGNET ดูดจับชิ้นงาน (รูปที่ 16) จากนั้นสั่งแกน Z เคลื่อนที่ขึ้นในทิศทาง Z 0 มิลลิเมตร

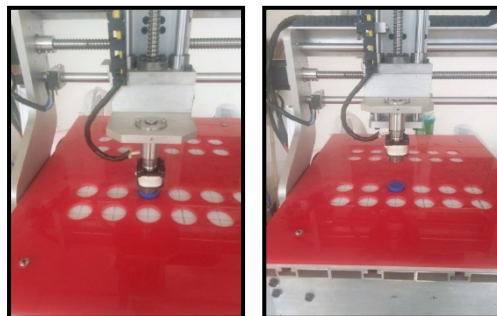


รูปที่ 16 ตำแหน่ง Home และตำแหน่งทดสอบการเคลื่อนที่ของชุดฝึก

4.1.3 สั่งแกน X เคลื่อนที่ในทิศทาง X+ 90 มิลลิเมตร และ สั่งแกน Y เคลื่อนที่ในทิศทาง Y+ 45 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 17

4.1.4 สั่งแกน Z เคลื่อนที่ในทิศทาง Z- 80 มิลลิเมตร แล้วสั่ง OFF MAGNET ปลอยชิ้นงาน จากนั้น สั่งแกน Z เคลื่อนที่ในทิศทาง Z 0 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 17

4.1.5 สั่งแกน X แกน Y และแกน Z ให้อยู่ในตำแหน่ง HOME ดังรูปที่ 15



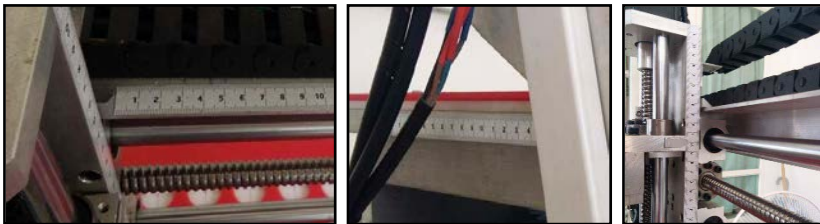
รูปที่ 17 การเคลื่อนที่ตำแหน่ง Z-80 และการปลอยชิ้นงาน การเคลื่อนที่ตำแหน่ง Z 0

สรุปการทดสอบการเคลื่อนที่และการจับและวางชิ้นงานในตำแหน่งที่ทดสอบ 3 แกนคือ X, Y และ Z การทำงานของโครงสร้างส่วนเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์เป็นไปอย่างราบรื่นไม่มีการติดขัดตลอดทั้งช่วงระยะของการทดสอบ จากการทดสอบเขียนโปรแกรมชุดคำสั่งการเคลื่อนที่แบบ ควบคุมด้วยมือ (Manual) และโปรแกรมชุดคำสั่งการเคลื่อนที่แบบอัตโนมัติ หุ่นยนต์ทำงานได้ตามเงื่อนไขที่กำหนดโดยวางชิ้นงานลงในช่องที่กำหนดได้ถูกต้อง

4.2 การทดสอบประสิทธิภาพด้านความแม่นยำของการเคลื่อนที่

สร้างแผนการทดลองหาประสิทธิภาพการเคลื่อนที่ของแกน X แกน Y และแกน Z โดยเขียนโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ซึ่งอธิบายขั้นตอนไว้ในข้อ 3.5 และ 4.1 ดังตัวอย่างในรูปที่ 19 เพื่อหาค่าความผิดพลาดในการเคลื่อนที่แต่ละแกน ซึ่งในการเริ่มทดลองจะสั่งให้หัวจับเริ่มต้นที่จุด Home จากนั้นจึงสั่งให้เคลื่อนที่ไปยังจุดที่กำหนด กลับมาเริ่มต้นที่จุด Home ทำดังนี้ทุกรอบการทดลอง โดยสร้างแผนการทดลองการเคลื่อนที่ 8 การทดลอง ดังตารางที่ 2

ในแต่ละแกนการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ได้มีการติดเทปสเกลไม้บรรทัดที่มีความละเอียดขีดละ 1 มิลลิเมตร เพื่อใช้ในการวัดระยะการเคลื่อนที่ของหัวจับเมื่อถูกสั่งให้เคลื่อนที่ไปในตำแหน่งต่างๆ ของแกน X, Y และ Z ดังรูปที่ 18

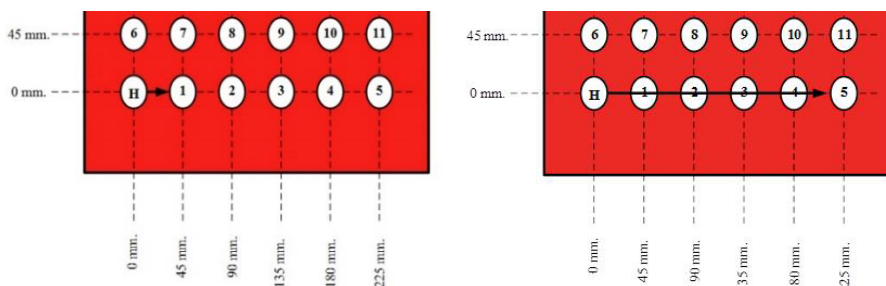


รูปที่ 18 ขีดสเกลวัดระยะของแกน X, Y และ Z

ซึ่งจะหาค่าความผิดพลาดในการเคลื่อนที่แต่ละแกนออกมาเป็นร้อยละ โดยใช้สูตรการคำนวณดังนี้

$$\text{ค่าความผิดพลาดเป็นร้อยละ} = \frac{\text{ค่าจริงที่กำหนด} - \text{ค่าเฉลี่ยผลการทดลอง}}{\text{ค่าจริงที่กำหนด}} \times 100$$

$$\text{ค่าความผิดพลาดโดยเฉลี่ย} = \frac{\text{ผลรวมของความผิดพลาดจากการทดลองทั้งหมด}}{\text{จำนวนการทดลอง}} \times 100$$



รูปที่ 19 ระยะทางการทดสอบที่ 45 และ 225 มิลลิเมตร

5. ผลการทดสอบประสิทธิภาพด้านความแม่นยำของการเคลื่อนที่

ผลการทดสอบประสิทธิภาพด้านความแม่นยำของการเคลื่อนที่ แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพด้านความแม่นยำของการเคลื่อนที่

การทดลอง ที่	ทดสอบการ เคลื่อนที่แทน	จำนวนการ ทดสอบ / ทำซ้ำ	ระยะ ที่ทดสอบ	ระยะทางที่ได้จาก การทดลองเฉลี่ย	ความผิดพลาด เฉลี่ยร้อยละ
1	X	30/ 3 รอบ	45	45	0
2	X	30/ 3 รอบ	225	224	0.44
3	Y	30/ 3 รอบ	45	45	0
4	Y	30/ 3 รอบ	225	224	0.44
5	Z	30/ 3 รอบ	50	50	0
6	Z	30/ 3 รอบ	80	80	0
7	X,Y	30/ 3 รอบ	45, 45	45, 45	0, 0
8	X,Y	30/ 3 รอบ	225, 225	224, 224	0.44, 0.44

6. สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาแนวทางในการสร้างจนถึงการพิจารณาปรับปรุงหุ่นยนต์แบบคาร์ทีเซียน คณะผู้จัดทำได้สร้างหุ่นยนต์ที่มีพื้นที่ทำงานเป็นรูปสี่เหลี่ยมมีพื้นที่ทำงานวัดจากกึ่งกลางหลุมวางชิ้นงานกว้าง 225 x ยาว 225 x ลึก 80 มิลลิเมตร ใช้โครงสร้างรองรับชุดเคลื่อนที่แบบแขนคู่ด้านข้าง ใช้ต้นกำลังจากสเต็ปมอเตอร์ ในขณะที่ทำการทดลองพบว่ามีการสั่นสะเทือนเพียงเล็กน้อย กลไกการขับเคลื่อนไม่มีการติดขัดตลอดช่วงระยะการทดสอบ

ส่วนของหัวจับชิ้นงานทำงานโดยระบบแม่เหล็กไฟฟ้าทำการจับโดยการสัมผัสโดยตรงกับชิ้นงาน ดังนั้นจึงออกแบบให้มีแกนสปริงช่วยลดแรงกระแทกในขณะที่จับชิ้นงาน จากการทดสอบจับชิ้นงานเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 28 มม 10 มิลลิเมตร น้ำหนัก 48 กรัม พบว่าจับชิ้นงานได้แน่นหนาไม่มีการหลุดตกหล่นตลอดการทดสอบ

การทดสอบประสิทธิภาพด้านความแม่นยำของการเคลื่อนที่ในแนวแกน X ระยะ 45 มิลลิเมตร พบว่ามีความผิดพลาดร้อยละ 0 ในแนวแกน X ระยะ 225 มิลลิเมตร พบว่ามีความผิดพลาดร้อยละ 0.44 ในแนวแกน Y ระยะ 45 มิลลิเมตร พบว่ามีความผิดพลาดร้อยละ 0 ในแนวแกน Y ระยะ 225 มิลลิเมตร พบว่ามีความผิดพลาดร้อยละ 0.44 ในแนวแกน Z ระยะ 50 มิลลิเมตร พบว่ามีความผิดพลาดร้อยละ 0 ในแนวแกน Z ระยะ 80 มิลลิเมตร พบว่ามีความผิดพลาดร้อยละ 0 ในทดสอบการเคลื่อนที่พร้อมกัน 2 แนวแกน X, Y ระยะ 45 มิลลิเมตร พบว่ามีความผิดพลาดร้อยละ 0 ใน

ทดสอบการเคลื่อนที่พร้อมกัน 2 แกนแกน X, Y ระยะ 225 มิลลิเมตร พบว่ามีความผิดพลาดร้อยละ 0.44 จากผลการทดสอบแสดงว่าในหุ่นยนต์แบบคาร์ทีเซียน หากมีการเคลื่อนที่ในระยะไกลจะมีค่าความผิดพลาดสูงขึ้นเนื่องจากความผิดพลาดสะสมของระบบ แต่ยังคงอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ เนื่องจากการวางตำแหน่งยังมีความผิดพลาดไป 1 มิลลิเมตร จากระยะ 255 มิลลิเมตร หรือคิดเป็นความผิดพลาดสูงสุดของทุกแกน เฉลี่ยร้อยละ 0.44

References

- [1] Trirat Wareesupachai and Arnon Mitchean. (2007). **Laboratory Sheets for Cartesian Robot with PLC Controller**. Bachelor of Science in Technical Education (Electrical Engineering). King Mongkut's University of Technology North Bangkok (KMUTNB). (In Thai)
- [2] Rewat Pancrea and Chawich Katkeawkatkul. (2013). **Experimental set of Cartesian Manipulator Controlled by PLC**. Bachelor of Science in Technical Education (Electrical Engineering). King Mongkut's University of Technology North Bangkok (KMUTNB). (In Thai)
- [3] Chokanan Kajornpisan and Borihan Rirsak. (2011). **Development of Cartesian Robot X-Y by Pneumatic**. Bachelor of Science in Technical Education (Mechatronics Engineering). King Mongkut's University of Technology North Bangkok (KMUTNB). (In Thai)
- [4] Wantipa Bunnontae and Panitan Wutrungsi. (2011). **Cartesian Robot**. Bachelor of Engineering (Electrical Engineering). King Mongkut's University of Technology North Bangkok (KMUTNB). (In Thai)
- [5] Tanarit Penake. (2013). **Design and Implement of 2-Axis Cartesian Robot**. Bachelor of Science in Technical Education (Mechanical Engineering). King Mongkut's University of Technology North Bangkok (KMUTNB). (In Thai)
- [6] Thursak Wichachai. (2015). **PID Controller Design for Cartesian Robot using Embedded System**. Master of Science in Technical Education (Mechanical Engineering). King Mongkut's University of Technology North Bangkok (KMUTNB). (In Thai)
- [7] James L. Fuller. (1991). **ROBOTICS Introduction, Programming, and Projects**. New York: Macmillan Publishing Company.
- [8] Oriental Motor. **Stepping Motor**. [Online]. Cited 15 December 2016. Available: <http://www.orientalmotor.com>
- [9] Anaheim Automation. **Ball Screw**. [Online]. Cited 21 December 2016. Available: <http://www.anaheimautomation.com>

- [10] Ap-Industrialpart. **PLC Mitsubishi FX3UC**. [Online]. Cited 8 January 2017. Available: <http://www.http://ap-industrialpart.com>
- [11] Mitsubishi Electric. **Gx Works 2 Programing and Documentation system Beginner Manual**. [Online]. Cited 5 December 2016. Available: www.mitsubishielectric.com/dl/fa/document/manual/plc/sh080781eng/sh080781engz.pdf
- [12] Omc-stepperonline. **Stepping Motor Specification**. [Online]. Cited 14 January 2017. Available: <http://www.omc-stepperonline.com>
- [13] Mitsubishi Electric. **USER'S MANUAL-Positioning Control Edition**. [Online]. Cited 5 December 2016. Available: www.mitsubishielectric.com/dl/fa/document/manual/plc_fx/jy997d16801/jy997d16801k.pdf

ประวัติผู้เขียนบทความ



จอมภพ ละอ ปัจจุบันดำรงตำแหน่งอาจารย์ประจำ สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต หมายเลขโทรศัพท์ 02-320-2777 ต่อ 1216 หมายเลขโทรสาร 02-321-4444 หมายเลขโทรศัพท์เคลื่อนที่ 090-135-4077 E-mail: jomphopl@gmail.com จบการศึกษา อุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิต และ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



ประจักษ์ ลำจวน ปัจจุบันดำรงตำแหน่งอาจารย์ประจำ สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต หมายเลขโทรศัพท์เคลื่อนที่ 085-838-3574 E-mail: prajakl@gmail.com จบการศึกษา อุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องกล และ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ