

การออกแบบและสร้างระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของหัวเชื่อม
สำหรับเครื่องเชื่อมโลหะ
Design and Implementation of Torch Weaving Control
for Arc Welding Machine



ปริญญานิพนธ์เล่มนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอัตโนมัติ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2561

การออกแบบและสร้างระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของหัวเชื่อม
สำหรับเครื่องเชื่อมโลหะ

Design and Implementation of Torch Weaving Control
for Arc Welding Machine



ปริญญานิพนธ์เล่มนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอัตโนมัติ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Design and Implementation of Torch Weaving Control
for Arc Welding Machine



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN AUTOMATION ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2018

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สาขาวิชาวิศวกรรมอัตโนมัติ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองปริญญาโท

หัวข้อปริญญาโท การออกแบบและสร้างระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของหัวเชื่อม
สำหรับเครื่องเชื่อมโลหะ
Design and Implementation of Torch Weaving Control
for Arc Welding Machine


นักศึกษาผู้จัดทำ นาย ฉัตริน นันทกิจโสภณ รหัสนักศึกษา 58010221

นาย พิศกร มะลิแก้ว รหัสนักศึกษา 58010870

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมอัตโนมัติ

ปีการศึกษา 2561

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาโท	ลายมือชื่อ
รศ.ประภาพร อุดคคิมพาน์	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การออกแบบและสร้างระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของหัวเชื่อมสำหรับเครื่องเชื่อมโลหะ	
นักศึกษาผู้จัดทำ	นาย ฉัตริน นันทกิจโสภณ	รหัสนักศึกษา 58010221
	นาย พัสกร มะลิแก้ว	รหัสนักศึกษา 58010870
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ประภาช อุดคกิมพาน์	
ปีการศึกษา	2561	

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้นำเสนอวิธีการใช้ SOLIDWORKS เพื่อออกแบบและสร้างระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของหัวเชื่อมโดยใช้ส่วนเลื่อนแกน X และ Y สำหรับเครื่องเชื่อมโลหะเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการจ้างแรงงาน โดยมีการกำหนดฟังก์ชันแนวการเชื่อมเป็นแบบส่วนเว้าโค้งครึ่งวงกลม (หรือแบบก้างปลา) เพื่อออกแบบข้อกำหนดเชิงเทคนิคของส่วนเลื่อนแกน X และ Y ซึ่งประกอบไปด้วยรูปร่างและขนาดของลูกเบี้ยวแกน X และ Y รวมถึงรายละเอียดชุดเคลื่อนที่แนวระนาบและตัวตามด้วยซอฟต์แวร์ SOLIDWORKS ทั้งนี้เพื่อเป็นการยืนยันการใช้งานได้จริงของการออกแบบส่วนการเคลื่อนที่ของหัวเชื่อม จึงได้มีการจำลองเพื่อทดสอบส่วนเลื่อนแกน X และ Y ด้วยความเร็วที่ต่างกัน 3 ค่า (30, 60, 120 รอบต่อนาที) และความเร็วที่ไม่คงที่ ดังนั้นการสร้างชุดฮาร์ดแวร์ส่วนการเคลื่อนที่ของหัวเชื่อมเป็นการใช้ข้อกำหนดที่ยอมรับได้ นอกจากนี้ยังมีการสร้างชุดควบคุมโดยใช้พีแอลซีรุ่น Mitsubishi Q series และส่วนเอชเอ็มไอแบบจอสัมผัสรุ่น GOT1000 สำหรับควบคุมความเร็วของมอเตอร์เซอร์โว โดยผู้ใช้งานสามารถใช้คำสั่ง JOG เพื่อตั้งค่าจุดเริ่มต้นของการเชื่อมในโหมดการควบคุมด้วยมือ ส่วนในโหมดการควบคุมกึ่งอัตโนมัติมีการควบคุมส่วนการเคลื่อนที่ของหัวเชื่อมด้วยโปรแกรมที่เขียนขึ้นตามเงื่อนไขการทำงานที่กำหนดไว้ จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่า ระบบควบคุมส่วนการเคลื่อนที่ของหัวเชื่อมที่นำเสนอสามารถทำให้แนวการเชื่อมแบบก้างปลาที่ความเร็วในการเชื่อมแตกต่างกันมีความคล้ายคลึงกับผลการจำลองในซอฟต์แวร์ SOLIDWORKS

คำสำคัญ: การควบคุมการเคลื่อนที่ของหัวเชื่อม, แนวเชื่อมเป็นแบบส่วนเว้าโค้งครึ่งวงกลม, SOLIDWORKS, พีแอลซี, มอเตอร์เซอร์โว, ลูกเบี้ยว, เอชเอ็มไอ

Thesis Tittle	Design and Implementation of Torch Weaving Control for Arc Welding Machine
Authors	Mr. Chattarin Nantakitsopon Student ID 58010221 Mr. Passakorn Malikaew Student ID 58010870
Program	Automation Engineering
Faculty	Engineering
Advisor	Assoc.Prof. Prapart Ukakimaparn
Academic Year	2018

ABSTRACT

In this thesis, a SOLIDWORKS-based technique to design and implement a torch weaving control system using X and Y sliders for arc welding machine in order to reduce labor cost is proposed. The welding functions for producing a continuous concave weaving path are specified to design the X and Y slider specifications that consist of the shape and size of X and Y cams as well as the technical detail of linear bearings and followers by using the SOLIDWORKS. To confirm the workability of the designed torch weaving section, simulations for testing movements of the designed X and Y sliders in three different speeds (30, 60, 120 RPM) and inconstant speed, were then performed. Based on acceptable specifications of the X and Y sliders, the hardware of torch weaving section is implemented. In addition, the control system utilizing a programmable logic controller (PLC) modeled Mitsubishi Q series and the touch screen human machine interface (HMI) modeled GOT 1000 series is created to control the servo motor speeds. In manual mode, a user can use a 'Jog' command for initially setting up the start positons. In semi-automatic mode, the operations of implemented torch weaving section are controlled by the created program based on specific conditions. Experimental results confirm that the proposed torch weaving control using X and Y sliders can produce continuous concave weaving paths that are similar to simulated weaving paths by setting different welding speeds.

Keywords: Torch weaving control, concave, SOLIDWORKS, PLC, servo motor, cam, HMI

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความช่วยเหลือและการสนับสนุนจาก บริษัท เทค เอ็นซี จำกัด และ บริษัท พาร์ทติ้งลายด์ เทคโนโลยี จำกัด ที่ได้ช่วยเหลือในการผลิต ชิ้นส่วนของโครงการนี้อีกทั้งยังแนะนำการออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้งานโครงการและขอขอบพระคุณ โดยเฉพาะอย่างยิ่งคุณ สัญชัย นันทกิจโสภณ (เจ้าของบริษัทในเครือ เทค เอ็นซี กรุ๊ป จำกัด) ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการออกแบบแนะนำการผลิตส่วนประกอบทางเชิงกลของชิ้นงาน และให้ความรู้ ด้านการปฏิบัติงานมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ รศ.ประภาช อुकคกิมพานธุ์ และ รศ.ดร.อัมพวัน จุลเสรีวงศ์ ที่ได้เมตตาและ กรุณาในการช่วยเหลือและแนะนำในการทำปริญญาโทครั้งนี้มาโดยตลอดอีกทั้งยังได้ให้ความรู้ และขอขอบคุณทางอาจารย์ประจำหลักสูตรวิศวกรรมอัตโนมัติทุกท่านที่ได้ถ่ายทอดวิชาความรู้ทั้งด้าน ทฤษฎีและปฏิบัติและถ่ายทอดประสบการณ์อีกมากมาย ซึ่งมีประโยชน์ในการนำมาใช้งานโครงการ ชิ้นนี้และสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการทำงานและการดำเนินชีวิต

สุดท้ายนี้ผู้จัดทำขอขอบพระคุณครอบครัวและเพื่อน ๆ พี่น้องที่ให้การสนับสนุนต่าง ๆ และ แวะเวียนผลัดเปลี่ยนกันเข้ามาให้ความช่วยเหลือในโครงการนี้มาโดยตลอด

คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญรูป	VIII

บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญาโท	1
1.3 ขอบเขตของปริญญาโท	2
1.4 วิธีการดำเนินงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 หลักการที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 กล่าวนำ	4
2.2 การเชื่อมโลหะด้วยไฟฟ้า	4
2.2.1 กระบวนการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์	4
2.2.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการเชื่อมอาร์กลวดหุ้มฟลักซ์	5
2.3 การต่อรูปแบบต่าง ๆ ของชิ้นงานเชื่อมโลหะ	6
2.3.1 การต่อชิ้นงานแบบต่อชน	6
2.3.2 การต่อชิ้นงานแบบชนมุม	6
2.3.3 การต่อชิ้นงานแบบเกย	7
2.3.4 การต่อชิ้นงานแบบตั้งฉากหรือตัวที	7
2.3.5 การต่อชิ้นงานแบบขอบทับกัน	8
2.4 อุปกรณ์ที่ใช้งาน	8
2.4.1 พีแอลซี	8
2.4.2 เอชเอ็มไอ	9
2.4.3 ซิมเปลโมชันโมดูล	9

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.4.4 เซอร์โวแอมพลิฟายเออร์	9
2.4.5 มอเตอร์เซอร์โว	10
บทที่ 3 การออกแบบส่วนควบคุมการเคลื่อนที่ของหัวเชื่อม	11
3.1 กล่าวนำ	11
3.2 ขั้นตอนการศึกษาการเคลื่อนที่ของหัวเชื่อม	11
3.2.1 แนวทางการเคลื่อนที่ของหัวเชื่อม	11
3.2.2 ฟังก์ชันการเคลื่อนที่ของหัวเชื่อม	12
3.3 การออกแบบลูกเบี้ยว	13
3.3.1 ค่า X และ Y จากกราฟฟังก์ชัน	13
3.3.2 การสร้างผิวลูกเบี้ยว	13
3.3.3 การสร้างลูกเบี้ยวจากผิวลูกเบี้ยวที่ได้จากการจำลอง	20
3.4 การจำลองการเคลื่อนที่ของลูกเบี้ยว	26
3.5 ผลการทดสอบจำลองการเคลื่อนที่ของหัวเชื่อม	30
3.5.1 ผลการทดสอบจากการใช้ความเร็วคงที่	32
3.5.2 ผลการทดสอบจากการใช้ความเร็วไม่คงที่	34
บทที่ 4 การสร้างระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของหัวเชื่อม	35
4.1 กล่าวนำ	35
4.2 ระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของหัวเชื่อมที่สร้างขึ้น	35
4.2.1 ส่วนประกอบของระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของหัวเชื่อมที่สร้างขึ้น	35
4.2.2 ขั้นตอนการประกอบระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของหัวเชื่อมที่สร้างขึ้น	37
4.3 โครงสร้างของระบบควบคุมการทำงาน	44
4.4 โครงสร้างของมอเตอร์เซอร์โว	45
4.5 อัลกอริทึมที่ใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องที่ถูกสร้างขึ้น	46
4.5.1 พารามิเตอร์ของมอเตอร์เซอร์โว	46
4.5.2 อัลกอริทึมและโปรแกรมที่ใช้ควบคุมการทำงาน	51
4.5.3 การคำนวณ	57
4.6 เอชเอ็มไอที่สร้างขึ้นเพื่อควบคุมการทำงานของระบบ	59
4.7 ผลทดสอบจากการเคลื่อนที่ด้วยระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของหัวเชื่อมที่สร้างขึ้น	64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.7.1 การเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ของระบบควบคุม.....	65
4.7.2 การเคลื่อนที่ด้วยความเร็วไม่คงที่ของระบบควบคุม.....	68
บทที่ 5 สรุปผล ปัญหา และข้อเสนอแนะ	69
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน.....	69
5.2 ปัญหาและวิธีการแก้ไขปัญหา	69
5.3 ข้อเสนอแนะ	69
เอกสารอ้างอิง	70
ภาคผนวก	71



สารบัญตาราง

ตารางที่

หน้า

1.1 แผนการดำเนินงาน.....3



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 การหลอมเหลวของชิ้นงานกับลวดเชื่อมเมื่อเกิดการอาร์คในขณะเชื่อม.....	5
2.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการเชื่อมอาร์คด้วยลวดหุ้มฟลักซ์.....	5
2.3 การต่อชิ้นงานแบบต่อชน.....	6
2.4 การต่อชิ้นงานแบบชนมุม.....	6
2.5 การต่อชิ้นงานแบบเกย.....	7
2.6 การต่อชิ้นงานแบบตัวที่.....	7
2.7 การต่อชิ้นงานแบบทับกัน.....	8
3.1 การเคลื่อนที่ของหัวเชื่อมรูปแบบต่าง ๆ.....	11
3.2 การเคลื่อนที่ของฟังก์ชัน.....	12
3.4 ลูกเบี้ยวที่ไม่มีส่วนโค้ง.....	14
3.5 ตัวตามที่ใช้ทดสอบ.....	14
3.6 ลูกเบี้ยวและตัวตาม.....	15
3.7 คำสั่งที่ใช้ในการเขียนกราฟ.....	15
3.8 คำสั่ง Motor.....	16
3.9 การใส่มอเตอร์หมุนลูกเบี้ยว.....	16
3.10 ค่า X และ Y ในมอเตอร์.....	17
3.11 คำสั่ง Graph and plot.....	18
3.12 กราฟการเคลื่อนที่ระหว่างตัวตามกับผิวลูกเบี้ยว.....	18
3.13 ผิวลูกเบี้ยว X.....	19
3.14 ผิวลูกเบี้ยว Y.....	19
3.15 คำสั่ง Convert Entities.....	20
3.16 คำสั่ง Extruded Boss/Base.....	20
3.17 การใช้งานคำสั่ง Extruded Boss/Base.....	21
3.18 ผลที่ได้จากการ Extruded Boss/Base.....	21
3.19 ผลที่ได้จากการใช้คำสั่ง Offset On Surface.....	22
3.20 ผลที่ได้จากการใช้คำสั่ง Extruded Boss/Base บนขอบของวัสดุ.....	22
3.21 การวาดรูปที่ต้องการตัดบนพื้นผิว.....	23
3.22 ผลที่ได้จากการใช้คำสั่ง Extruded Cut.....	23
3.23 ลูกเบี้ยวของแกน X.....	24
3.24 ลูกเบี้ยวของแกน Y.....	24

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.25 Drawing ลูกเบี้ยวของแกน X.....	25
3.26 Drawing ลูกเบี้ยวของแกน Y.....	25
3.27 เฟลาของลูกเบี้ยว.....	26
3.28 ส่วนเลื่อนแกน X และ Y ในซอฟต์แวร์.....	27
3.29 เครื่องจำลองการเคลื่อนที่ของหัวเชื่อม.....	28
3.30 กราฟการเคลื่อนที่ของลูกเบี้ยวแกน X.....	29
3.31 กราฟการเคลื่อนที่ของลูกเบี้ยวแกน Y.....	29
3.32 คำสั่ง Result and Plot.....	30
3.33 ฟังก์ชัน Trace Path.....	30
3.34 ปลายหัวเชื่อมกับชิ้นงาน.....	31
3.35 ผลการจำลองการเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 30 RPM.....	32
3.36 ผลการจำลองการเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 60 RPM.....	33
3.37 ผลการจำลองการเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 120 RPM.....	33
3.38 ผลการจำลองการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วไม่คงที่.....	34
4.1 ลูกเบี้ยวที่สร้างขึ้นจากการออกแบบ.....	35
4.2 ชุดเคลื่อนที่ในแนวระนาบ.....	36
4.3 ตัวตามของลูกเบี้ยวแกน X.....	36
4.4 ตัวตามของลูกเบี้ยวแกน Y.....	37
4.5 มอเตอร์เซอร์โวและคัปปลิง.....	38
4.6 ลูกเบี้ยวและเฟลาของลูกเบี้ยว.....	38
4.7 ชุดเคลื่อนที่ในแนวระนาบกับชิ้นส่วนที่ใช้ควบคุมการเคลื่อนที่ของแกน Y.....	39
4.8 ชุดเคลื่อนที่ในแนวระนาบกับชิ้นส่วนที่ใช้ควบคุมการเคลื่อนที่ของแกน X.....	40
4.9 ส่วนเลื่อนแกน Y ของส่วนควบคุมที่สร้างขึ้น.....	41
4.10 ส่วนเลื่อนแกน X ของส่วนควบคุมที่สร้างขึ้น.....	41
4.11 ส่วนควบคุมที่เสร็จสมบูรณ์.....	42
4.12 ส่วนควบคุมที่สร้างขึ้นพร้อมติดตั้งระบบควบคุมด้วยพีแอลซี.....	43
4.13 โครงสร้างของระบบ.....	44
4.14 โครงสร้างของเซอร์โวมอเตอร์.....	45
4.15 ตัวเลือก Parameter และ Servo Parameter.....	46
4.16 การกำหนดรูปแบบการเคลื่อนที่ของมอเตอร์.....	47

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
4.17 หน้าต่างกลุ่มค่าเริ่มต้นทั้งหมดของพารามิเตอร์.....	48
4.18 กลุ่มค่าพารามิเตอร์ในหน้าต่าง Basic ของมอเตอร์เซอร์โว	49
4.19 กลุ่มค่าพารามิเตอร์ในหน้าต่าง Gain/Filter ของมอเตอร์เซอร์โว.....	50
4.20 ผังลำดับการทำงานของโปรแกรม JOG.....	52
4.21 โปรแกรมควบคุมการเปิดและปิดการทำงานของพีแอลซีและมอเตอร์เซอร์โว.....	53
4.22 กล่องฟังก์ชันบล็อกในการกำหนดค่าความเร็วในโหมด JOG	53
4.24 กำหนดความเร็วที่ 0 ถึง 240 องศา ในพารามิเตอร์ของมอเตอร์เซอร์โว	55
4.25 กำหนดความเร็วที่ 260 ถึง 360 องศา ในพารามิเตอร์ของมอเตอร์เซอร์โว.....	56
4.26 โปรแกรมที่ใช้ในการสั่งเริ่มการทำงานของมอเตอร์เซอร์โว	57
4.27 ผังลำดับการคำนวณจำนวนลูบที่ใช้	58
4.28 โปรแกรมการคำนวณ	59
4.29 เอชเอ็มไอหน้าต่าง Main.....	60
4.30 เอชเอ็มไอหน้าต่าง JOG.....	61
4.31 เอชเอ็มไอหน้าต่าง Motion.....	62
4.32 เอชเอ็มไอหน้าต่างที่ Calculator.....	63
4.33 ผลการทดสอบโดยใช้ความเร็ว 30 RPM.....	65
4.34 ผลการทดสอบโดยใช้ความเร็ว 60 RPM.....	66
4.35 ผลการทดสอบโดยใช้ความเร็ว 120 RPM.....	67
4.36 ผลการทดสอบจากการใช้ความเร็วไม่คงที่	68

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมการเชื่อมมีความต้องการบุคลากรที่มีทักษะในการเชื่อมโลหะ เนื่องจากการเชื่อมโลหะนั้นต้องมีรูปแบบการเคลื่อนที่และทักษะการขยับอวัยวะช่วงแขนทั้งหมดซึ่งทำได้ยาก ต้องมีการฝึกฝนและต้องมีอุปกรณ์ในการศึกษา อีกทั้งต้องใช้เวลาในการเรียนรู้ทักษะต่าง ๆ ซึ่งอุตสาหกรรมการเชื่อมนั้นขาดแคลนแรงงานที่มีทักษะจึงได้มีการใช้เครื่องจักรมาทำงานแทนที่บุคลากรแต่เครื่องจักรนั้นมีราคาสูงมาก ซึ่งบริษัทขนาดกลางและเล็กไม่มีงบประมาณเพียงพอในการจัดซื้อเครื่องจักร จึงเกิดแนวคิดในการประยุกต์หลักการเชื่อมและแนวการเชื่อมของหัวเชื่อมโลหะเพื่อนำไปออกแบบและสร้างส่วนการเคลื่อนที่ของหัวเชื่อมโลหะโดยใช้ซอฟต์แวร์ SOLIDWORKS โดยทำการจำลองส่วนควบคุมการเคลื่อนที่จนได้ผลการเคลื่อนที่ตามที่ต้องการ จึงนำข้อกำหนดเชิงเทคนิคที่ได้มาสร้างจริง ซึ่งระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของหัวเชื่อมที่สร้างขึ้นนั้นสามารถเคลื่อนที่ได้ใกล้เคียงกับแนวการเชื่อมที่ออกแบบได้โดยที่การสร้างนั้นใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด เพื่อลดต้นทุนการผลิตของชิ้นงาน โดยที่สามารถหาซื้ออุปกรณ์ได้ง่ายและสร้างเองได้

1.2 วัตถุประสงค์ของปริิญญานิพนธ์

การออกแบบส่วนควบคุมการเคลื่อนที่ของหัวเชื่อมส่วนเลื่อน (Slider) แกน X และ Y สำหรับเครื่องเชื่อมโลหะ (Arc Welding Machine) โดยใช้ซอฟต์แวร์ SOLIDWORKS และนำข้อกำหนดเชิงเทคนิคที่ได้จากการออกแบบมาสร้างชุดฮาร์ดแวร์จริง พร้อมทั้งสร้างชุดควบคุมโดยใช้พีแอลซี (Programmable Logic Controller: PLC) สำหรับควบคุมความเร็วของมอเตอร์เซอร์โว (Servo Motor) เพื่อให้ได้แนวการเชื่อมที่มีความคล้ายคลึงกับผลการทดสอบในซอฟต์แวร์

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

1. การเคลื่อนที่ของหัวเชื่อมเป็นแบบส่วนเว้าโค้งครึ่งวงกลม (Concave Welding Path) หรือแบบก้างปลา เพื่อมาออกแบบส่วนเลื่อนแกน X และ Y
2. ส่วนเลื่อนแกน X ประกอบด้วย ลูกเบี้ยวแกน (Cam) X ชุดเคลื่อนที่แนวระนาบ (Linear Bearing) และตัวตาม (Follower) แกน X
3. ส่วนเลื่อนแกน Y ประกอบด้วย ลูกเบี้ยวแกน Y ชุดเคลื่อนที่แนวระนาบ และตัวตามแกน Y
4. การควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์เซอร์โวรุ่น HG-KR43 ใช้พีแอลซีรุ่น Mitsubishi Q series และใช้เอชเอ็มไอ (Human Machine Interface: HMI) แบบจอสัมผัสรุ่น GOT1000
5. การควบคุมมอเตอร์เซอร์โวมี่ 2 โหมดการทำงานคือ โหมดการควบคุมด้วยมือ (Manual Mode) และโหมดการควบคุมแบบกึ่งอัตโนมัติ (Semi-Automatic Mode) โดยที่โหมดการควบคุมด้วยมือ ผู้ใช้สามารถใช้คำสั่ง JOG เพื่อตั้งค่าจุดเริ่มต้นของการเชื่อม ส่วนในโหมดการควบคุมกึ่งอัตโนมัติมีการควบคุมส่วนการเคลื่อนที่ของหัวเชื่อมด้วยโปรแกรมที่เขียนขึ้นตามเงื่อนไขการทำงานที่กำหนดไว้

1.4 วิธีการดำเนินงาน

1. กำหนดหัวข้อและขอบเขตของงานที่ได้รับมอบหมาย
2. เลือกแนวการเชื่อมและนำมาออกแบบใหม่
3. ออกแบบส่วนควบคุมการเคลื่อนที่ของหัวเชื่อม
4. จำลองการเคลื่อนที่ในซอฟต์แวร์ SOLIDWORKS
5. สร้างเครื่องที่ออกแบบและโปรแกรมควบคุมมอเตอร์เซอร์โว
6. ทดสอบการเคลื่อนที่และเปรียบเทียบผลที่ได้
7. จัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์

จากวิธีการดำเนินงานข้างต้น สามารถสรุปแผนการดำเนินงานไว้ด้วยตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน

รายละเอียดการดำเนินงาน	ส.ค.				ก.ย.				ต.ค.				พ.ย.				ธ.ค.			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1. กำหนดหัวข้อและขอบเขตของงานที่ได้รับมอบหมาย	■	■																		
2. เลือกแนวการเชื่อมและนำมาออกแบบใหม่			■	■																
3. ออกแบบส่วนควบคุมการเคลื่อนที่ของหัวเชื่อม					■	■	■	■												
4. จำลองการเคลื่อนที่ในซอฟต์แวร์ SOLIDWORKS									■	■	■	■								
5. สร้างเครื่องที่ออกแบบและโปรแกรมควบคุมมอเตอร์เซอร์โว											■	■	■	■	■	■				
6. ทดสอบการเคลื่อนที่และเปรียบเทียบผลที่ได้																	■	■		
7. จัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์																			■	■

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ผู้อ่านจะได้รับความรู้ทางหลักการเชื่อมและรูปแบบแนวการเคลื่อนที่ของหัวเชื่อม
2. ผู้อ่านจะได้รับความรู้ด้านการออกแบบตัวควบคุมการเคลื่อนที่ของหัวเชื่อม
3. ผู้อ่านจะได้รับความรู้ด้านการใช้งาน พีแอลซี มอเตอร์เซอร์โว เอชเอ็มไอ และซอฟต์แวร์ SOLIDWORKS
4. ระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของหัวเชื่อมที่สร้างขึ้นสามารถสร้างเองได้เพราะมีต้นทุนที่ต่ำ
5. ระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของหัวเชื่อมที่สร้างขึ้นในปริญญานิพนธ์เล่มนี้สามารถนำไปใช้

ต่อยอดเป็นเครื่องเชื่อมโลหะรูปแบบต่าง ๆ ได้ในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

หลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 กล่าวนำ

ในบทที่ 2 นี้กล่าวมาถึง หลักการเชื่อมโลหะ อุปกรณ์เชื่อมและส่วนประกอบที่จำเป็นในการศึกษาของปริญญาโทและปริญญาตรี โดยที่ศึกษากระบวนการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์เป็นหลัก

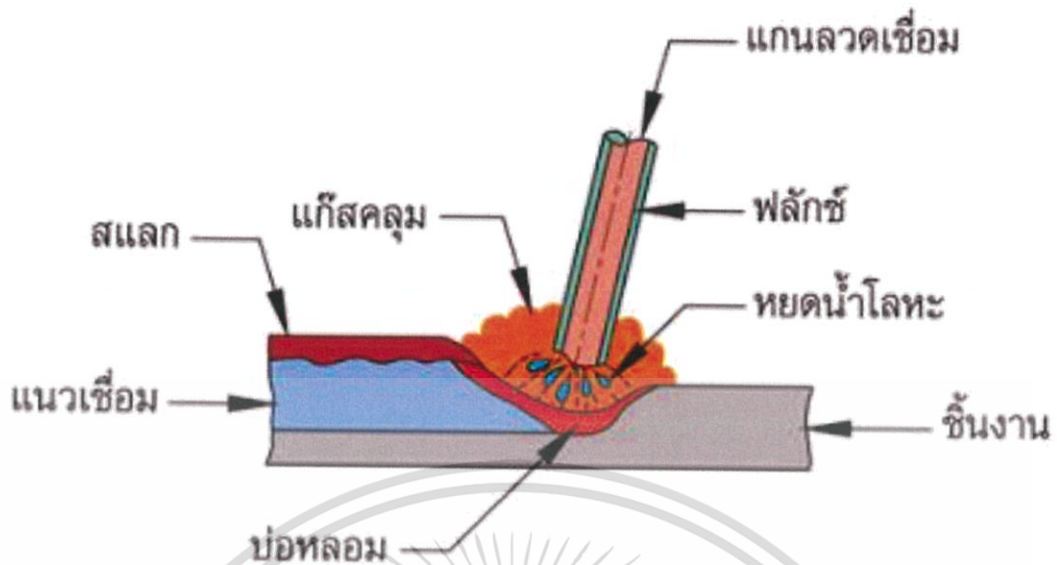
2.2 การเชื่อมโลหะด้วยไฟฟ้า

หลักการของการเชื่อมโลหะ กระบวนการเชื่อมโลหะที่นิยมกันอยู่ในปัจจุบัน ได้แก่

1. กระบวนการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ (Shield Metal Arc Welding Process, SMAW)
2. กระบวนการเชื่อมใต้ฟลักซ์ (Submerged Arc Welding Process, SAW)
3. กระบวนการเชื่อมโลหะก๊าซคลุม (Gas Metal Arc Welding Process, GMAW)
4. กระบวนการเชื่อมอาร์คทังสเตนก๊าซคลุม (Gas Tungsten Arc Welding Process, GTAW)
5. กระบวนการเชื่อมโลหะด้วยก๊าซออกซิ-อะเซทิลีน (The Oxy-acetylene Welding Process, OAW)
6. กระบวนการเชื่อมพลาสมา (Plasma Arc Welding Process, PAW)

2.2.1 กระบวนการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ [1]

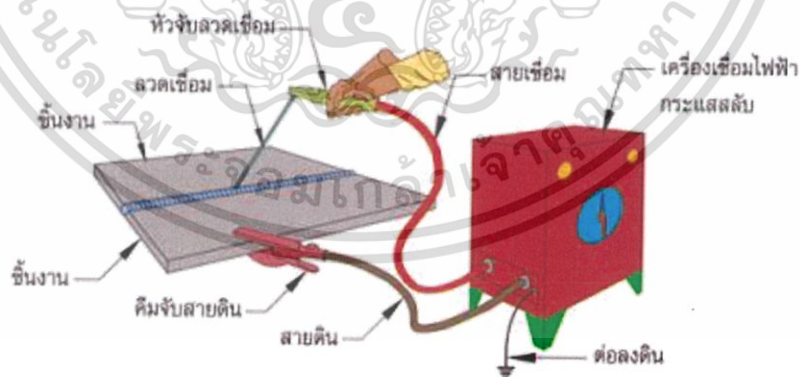
การเชื่อมอาร์กลวดหุ้มฟลักซ์ (Shielded Metal Arc Welding: SMAW) คือการเชื่อมด้วยไฟฟ้า ในลักษณะที่ทำให้เกิดการอาร์กและได้รับความร้อนจากการอาร์กระหว่างลวดเชื่อมชนิดมีสารพอกหุ้มกับชิ้นงาน สารพอกหุ้มบนลวดเชื่อมเมื่อละลายจะทำหน้าที่เป็นเกาะป้องกันบรรยากาศลวดเชื่อมทำหน้าที่เป็นโลหะเติมด้วย สารพอกหุ้มเมื่อแข็งตัวแล้วจะกลายเป็นสแลก (Slag) หรือซีเชื่อมดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 การหลอมเหลวของชิ้นงานกับลวดเชื่อมเมื่อเกิดการอาร์คในขณะเชื่อม [1]

2.2.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการเชื่อมอาร์กลวดหุ้มฟลักซ์

การเชื่อมอาร์กลวดหุ้มฟลักซ์ เป็นการด้วยไฟฟ้าที่อาศัยเครื่องเชื่อมเป็นต้นกำลังในการผลิตกระแสเชื่อม โดยเครื่องเชื่อมนี้จะทำหน้าที่จ่ายกระแสไฟจากสายเชื่อมแล้วไหลต่อไปยังลวดเชื่อมและชิ้นงานเพื่อให้เกิด การอาร์คขึ้นขณะเชื่อม เครื่องมือและอุปกรณ์เบื้องต้นในการเชื่อมอาร์กลวดหุ้มฟลักซ์แสดงดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการเชื่อมอาร์กด้วยลวดหุ้มฟลักซ์ [1]

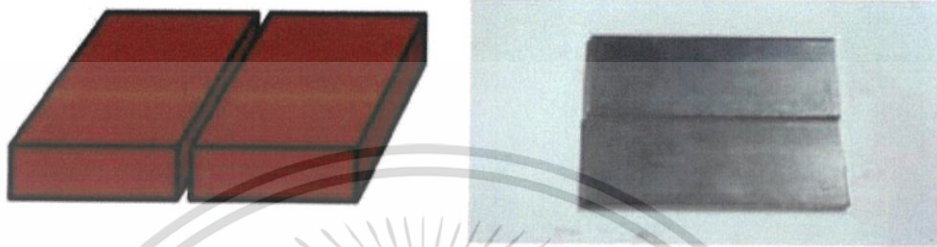
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การต่อรูปแบบต่าง ๆ ของชิ้นงานเชื่อมโลหะ [2]

การต่อกันของชิ้นงาน 5 รูปแบบ

2.3.1 การต่อชิ้นงานแบบต่อชน

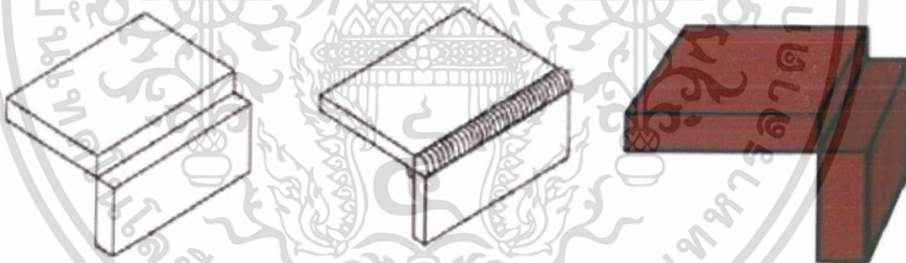
วางชิ้นงาน 2 ชิ้นแนวเดียวกันและเอาขอบมุมชนกัน



รูปที่ 2.3 การต่อชิ้นงานแบบต่อชน

2.3.2 การต่อชิ้นงานแบบชนมุม

วางชิ้นงาน 2 ชิ้นเอามุมใดมุมหนึ่งชนกันตามมุมต่อกัน

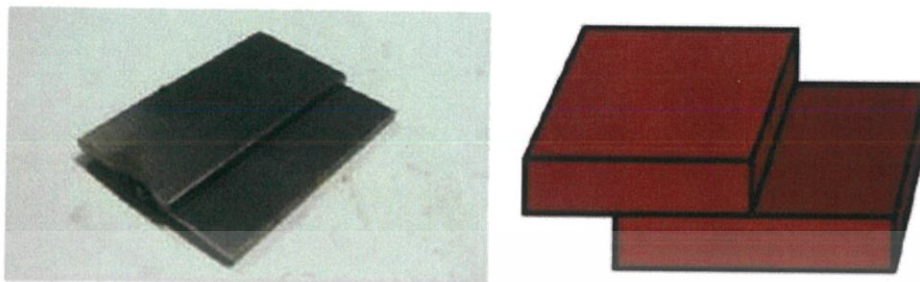


รูปที่ 2.4 การต่อชิ้นงานแบบชนมุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 การต่อชิ้นงานแบบเกย

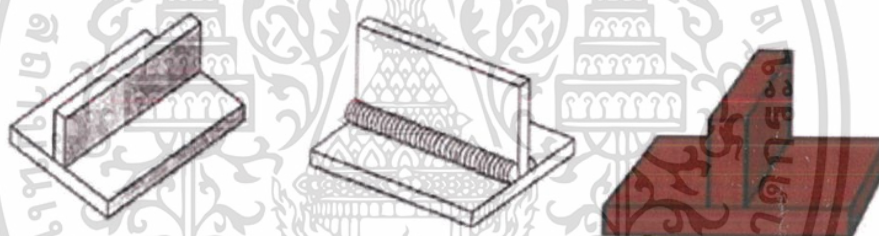
วางชิ้นงาน 2 ชิ้นเหลื่อม ๆ กัน



รูปที่ 2.5 การต่อชิ้นงานแบบเกย

2.3.4 การต่อชิ้นงานแบบตั้งฉากหรือตัวที

วางชิ้นงาน 2 ชิ้น ในลักษณะตั้งฉากเหมือนรูปตัว "T"

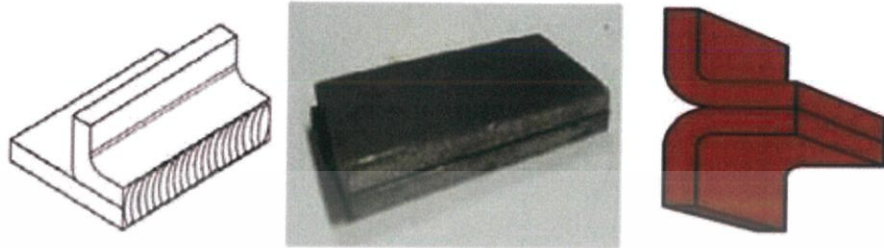


รูปที่ 2.6 การต่อชิ้นงานแบบตัวที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.5 การต่อชิ้นงานแบบขบทับกัน

วางชิ้นงาน 2 ชิ้นเอาขบจรดทับกัน



รูปที่ 2.7 การต่อชิ้นงานแบบทับกัน

2.4 อุปกรณ์ที่ใช้งาน

2.4.1 พีแอลซี [3]

พีแอลซี เป็นอุปกรณ์คอมพิวเตอร์สำหรับใช้ในงานอุตสาหกรรม พีแอลซีจะประกอบด้วย หน่วยประมวลผลกลาง หน่วยความจำ หน่วยรับข้อมูล หน่วยส่งข้อมูล และหน่วยป้อนโปรแกรม โดยพีแอลซีที่มีขนาดเล็กส่วนประกอบทั้งหมดของพีแอลซีจะรวมกันเป็นเครื่องเดียว แต่ถ้าเป็นขนาดใหญ่สามารถแยกออกเป็นส่วนประกอบย่อย ๆ ได้หน่วยความจำของพีแอลซีประกอบด้วย หน่วยความจำชนิดแรม (RAM) และรอม (ROM) หน่วยความจำชนิดแรมจะทำหน้าที่เก็บโปรแกรมของผู้ใช้และข้อมูลสำหรับการปฏิบัติงานของพีแอลซี RAM จะย่อมาจาก Random Access Memory ส่วนรอมทำหน้าที่เก็บโปรแกรมสำหรับการปฏิบัติงานของพีแอลซีตามโปรแกรมของผู้ใช้ ROM ย่อมาจาก Read Only Memory สามารถโปรแกรมได้แต่ลบไม่ได้ ถ้าชำรุดแล้วซ่อมไม่ได้

2.4.2 เอชเอ็มไอ [3]

เอชเอ็มไอ มีความหมายเดียวกับ Touch screen ซึ่งสามารถเรียกแบบใดก็ได้ เอชเอ็มไอ มีหลากหลาย แปรนด์ ซึ่งแต่ละแปรนด์ก็อาจมีค่าเรียกเฉพาะก็ได้ ตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบัน GOT มีการผลิตมาแล้วหลาย ๆ ซีรี่ส์ GOT ยุคแรก ๆ คือ A700, A800 series และ GOT900 series ซึ่งทั้ง 3 ได้ยกเลิกการผลิตแล้วส่วนซีรี่ส์ที่มีการผลิตในปัจจุบันคือ GOT1000, GOT2000, GOT2000 Series Open frame และ GOT SIMPLE series และประโยชน์หลัก ๆ เลยคือใช้แสดงผลกราฟิก เช่น หลอดไฟ ตัวเลข ข้อความ รูปภาพ เป็นต้น ใช้แทนฮาร์ดแวร์ต่าง ๆ สวิตช์ปุ่มกด สวิตช์ตัวเลข โดยการ ใช้สวิตช์กราฟิกที่หน้าจอ เอชเอ็มไอ ลดค่าใช้จ่ายทางด้านฮาร์ดแวร์ และลดพื้นที่ของตู้คอนโทรล เนื่องจากการใช้สวิตช์และหลอดไฟจริงจะเปลืองพื้นที่ โดย เอชเอ็มไอ สามารถเขียนอุปกรณ์กราฟิก ได้เป็นจำนวนมากและเขียนได้หลาย ๆ หน้า ตัวอย่างข้างต้นเป็นเพียงการใช้งานทั่วไปเท่านั้น เอชเอ็มไอ ยังมีฟังก์ชันที่หลากหลายอีกมาก เช่นการเก็บบันทึกข้อมูลของพีแอลซีการแสดงประวัติ Alarm ของเครื่องจักร เป็นต้น

2.4.3 ซิมเปิลโมชันโมดูล [3]

ซิมเปิลโมชันโมดูล (Simple Motion Module) นี้ทำให้ดำเนินการควบคุมต่าง ๆ ได้ง่าย ได้แก่ การควบคุมการกำหนดตำแหน่ง, การควบคุมความเร็ว, การควบคุมแรงบิด, การควบคุมลูกเบี้ยว และการควบคุมเชิงโคจรนั้สหลักการทำงานหลัก ๆ หน้าของ Controller นี้ คือ มีหน้าที่รับคำสั่งจากผู้ใช้งานว่าต้องการให้ มอเตอร์เซอร์โว นั้นเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่าไรและระยะทาง ไกลหรือใกล้แค่ไหน หน้าทีตรงจุดนี้จะเป็น Controller จะเป็นตัวกำหนดให้กับตัว มอเตอร์เซอร์โว

2.4.4 เซอร์โวแอมพลิฟายเออร์ [3]

หน้าที่ของเซอร์โวแอมพลิฟายเออร์ (Servo Amplifier) คือ จะรับสัญญาณมาจาก Controller และสั่งการให้กับตัว มอเตอร์เซอร์โว เคลื่อนที่ตามที่ Controller สั่งการมาแต่ทำไม Controller ไม่สั่งการควบคุมไปที่ มอเตอร์เซอร์โว โดยตรงเนื่องจาก เซอร์โวแอมพลิฟายเออร์ จะเป็นตัวที่ปรับตั้งค่าของตัว มอเตอร์เซอร์โว ให้ทำงานตามรูปแบบของการควบคุมไม่ว่าจะเป็นการควบคุมความเร็ว (Speed Control) , แรงบิด (Torque) และ ตำแหน่ง (Position Control) ตัว เซอร์โวแอมพลิฟายเออร์ จะเป็นตัวกำหนดค่าตัวแปรหรือพารามิเตอร์ต่าง ๆ ให้กับตัว มอเตอร์เซอร์โว ให้ทำงานได้อย่างถูกต้องและแม่นยำเพราะฉะนั้นเมื่อใช้ มอเตอร์เซอร์โว ก็จะต้องมี เซอร์โวแอมพลิฟายเออร์ เสมอ

2.4.5 มอเตอร์เซอร์โว [3]

มอเตอร์เซอร์โว เป็นมอเตอร์ที่มีการควบคุมการเคลื่อนที่ของมัน (State) ไม่ว่าจะเป็นระยะ ความเร็ว มุมการหมุน โดยมีการควบคุมแบบป้อนกลับ (Feedback control) เป็นอุปกรณ์ที่สามารถควบคุมเครื่องจักรกล หรือระบบการทำงานนั้น ๆ ให้เป็นไปตามความต้องการ เช่น ควบคุมความเร็ว (Speed), ควบคุมแรงบิด (Torque), ควบคุมตำแหน่ง (Position), ระยะทางในการเคลื่อนที่ (หมุน) (Position Control) ของตัวมอเตอร์ได้ ซึ่งมอเตอร์ทั่วไปไม่สามารถควบคุมในลักษณะงานเบื้องต้นได้ โดยให้ผลลัพธ์ตามความต้องการที่มีความแม่นยำสูง ขนาดของ มอเตอร์เซอร์โว จะมีหน่วยในการบอกขนาดเป็นวัตต์ (Watt) มอเตอร์เซอร์โวของ Panasonic จะมีขนาดตั้งแต่ 50W-15kW ทำให้ผู้ใช้งานมีความหลากหลายในการใช้งาน



บทที่ 3

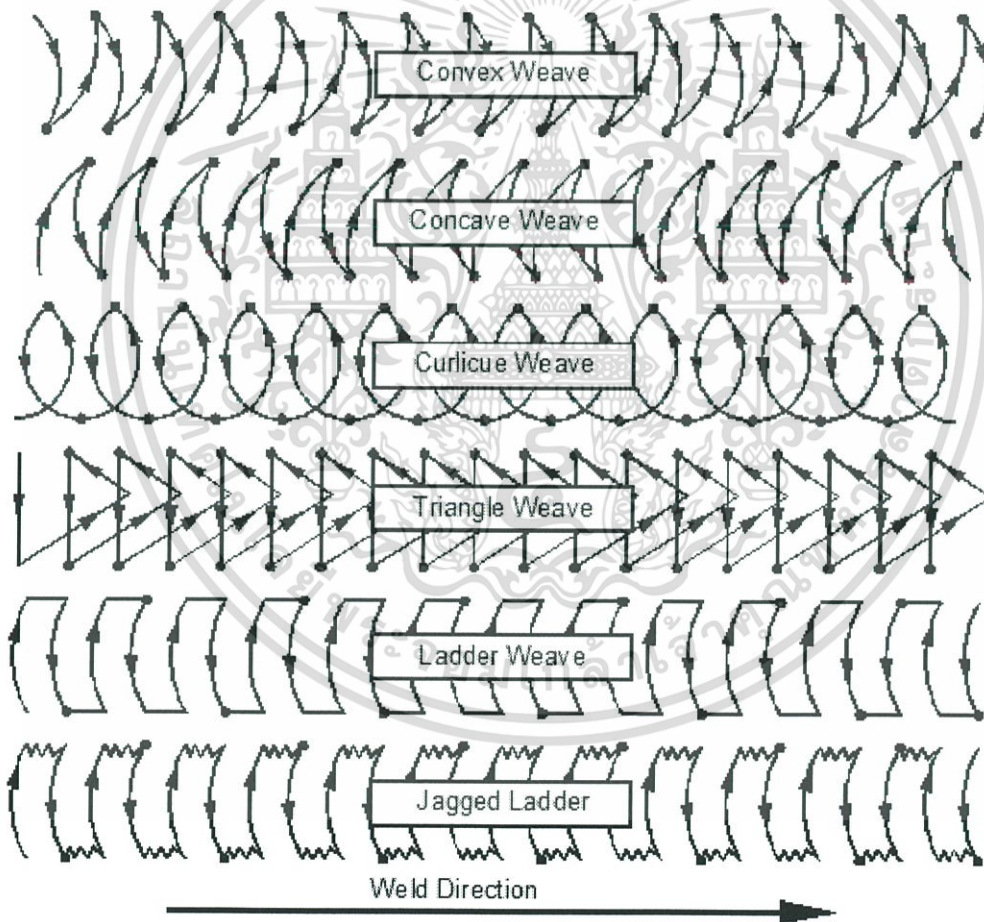
การออกแบบส่วนควบคุมการเคลื่อนที่ของหัวเชื่อม

3.1 กล่าวนำ

สำหรับบทนี้กล่าวถึงขั้นตอนการศึกษาการเคลื่อนที่ของหัวเชื่อม เพื่อนำมาออกแบบเครื่องจำลองการเคลื่อนที่ของหัวเชื่อมในซอฟต์แวร์ (Software) เพื่อทำการจำลองการเคลื่อนที่ในรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.2 ขั้นตอนการศึกษาการเคลื่อนที่ของหัวเชื่อม

3.2.1 แนวทางการเคลื่อนที่ของหัวเชื่อม



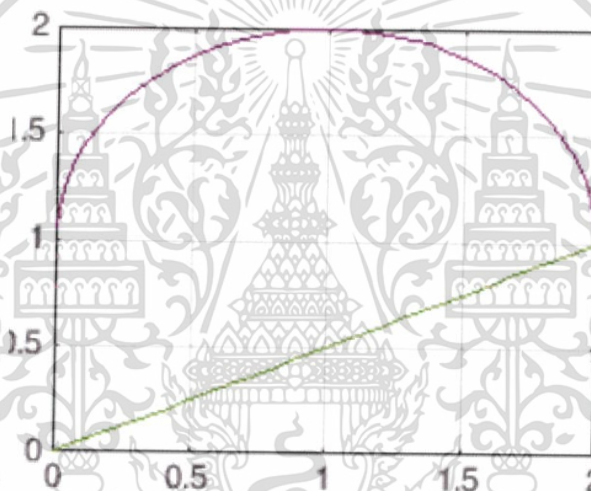
รูปที่ 3.1 การเคลื่อนที่ของหัวเชื่อมรูปแบบต่าง ๆ [4]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการศึกษาหลักการเชื่อมโลหะด้วยไฟฟ้า (Arc welding) ผลจากการศึกษาที่ได้คือ รูปแบบการเคลื่อนที่ของหัวเชื่อมรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งในกรณีนี้ได้ทำการเลือกรูปแบบการเคลื่อนที่ของหัวเชื่อมในรูปแบบ Concave Weave ซึ่งมีการเคลื่อนที่เหมือนกับรูปแบบการเชื่อมแบบก้างปลาในประเทศไทยในปฏิญญาพนธ์นี้เรียกการเชื่อมรูปแบบข้างต้นว่าการเชื่อมแบบก้างปลา ซึ่งเป็นท่าที่สามารถทำงานได้ดีในท่าการเชื่อมแนวราบเนื่องจากเครื่องเชื่อมที่ออกแบบเป็นการเชื่อมในแนวราบ

3.2.2 ฟังก์ชันการเคลื่อนที่ของหัวเชื่อม

จากแนวเชื่อมก้างปลาที่ได้ทำการเลือกมาเป็นการเคลื่อนที่ที่ไม่เป็นเส้นตรงซึ่งยากต่อการออกแบบฟังก์ชัน (Function) เพื่อให้ง่ายต่อการออกแบบจึงได้ออกแบบให้การเคลื่อนที่เริ่มต้นเป็นเส้นตรง และส่วนโค้งของแนวการเคลื่อนที่ของหัวเชื่อมให้อยู่ในรูปแบบของฟังก์ชันวงกลม



รูปที่ 3.2 การเคลื่อนที่ของฟังก์ชัน

จากรูปที่ 3.2 เป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง X และ Y มีหน่วยเป็นเซนติเมตร เนื่องจากกรณีศึกษาการเคลื่อนที่ของหัวเชื่อมจำเป็นต้องทำให้มีขนาดใหญ่พอที่สามารถเห็นความชัดเจนของความเปลี่ยนแปลงได้ โดยกราฟสีเขียวเป็นการเคลื่อนที่ในรูปแบบของฟังก์ชันเส้นตรง (Linear Function) ส่วนกราฟสีม่วงเป็นการเคลื่อนที่ในรูปแบบของฟังก์ชันวงกลม (Circular Function) ซึ่งมีสมการดังนี้

$$Y = \frac{X}{2} \quad (3.1)$$

$$Y = r \sin \theta + 1 \quad (3.2)$$

$$X = r \cos \theta + 1 \quad (3.3)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการที่ (3.1) คือสมการเส้นตรงซึ่งมีความชันเป็น 0.5 เมื่อ X มีค่าเปลี่ยนไป 2 Y นั้นมีค่าเปลี่ยนไปแค่ 1

สมการที่ (3.2), (3,3) คือสมการวงกลมซึ่งมีรัศมีเป็น 1 และมีจุดศูนย์กลางอยู่ที่คู่อันดับ (1,1) และมีการเคลื่อนที่เพียง 180 องศา

3.3 การออกแบบลูกเบี้ยว

3.3.1 ค่า X และ Y จากกราฟฟังก์ชัน

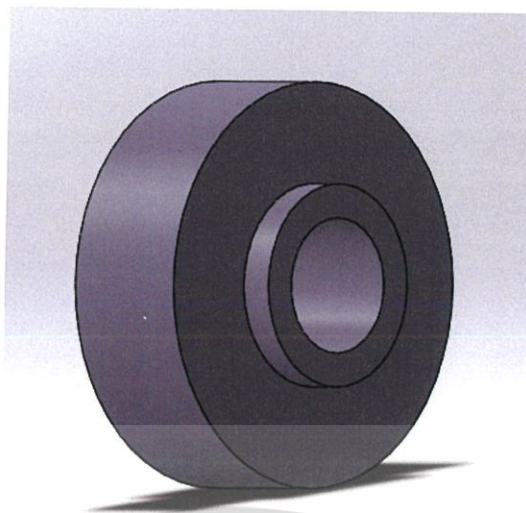
เมื่อทำการออกแบบแนวการเคลื่อนที่ของหัวเชื่อมให้อยู่ในรูปแบบของฟังก์ชันแล้ว ค่าแต่ขั้นตอนต่อไปคือการนำค่า X และ Y ในแต่ละจุดมาเขียนค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่า X กับ มุม และค่า Y กับมุม ในโปรแกรม SOLIDWORKS ดังรูปที่ 3.3

องศา	X	Y	องศา	X	Y	องศา	X	Y
10	0.11	0.05	130	1.44	0.71	250	1.34	1.94
20	0.22	0.11	140	1.55	0.77	260	1.17	1.98
30	0.33	0.16	150	1.66	0.82	270	1	2
40	0.44	0.22	160	1.77	0.88	280	0.83	1.75
50	0.55	0.28	170	1.88	0.93	290	0.66	1.5
60	0.66	0.33	180	2	1	300	0.5	1.25
70	0.77	0.38	190	1.98	1.17	310	0.33	1
80	0.88	0.44	200	1.93	1.34	320	0.24	0.75
90	1	0.49	210	1.86	1.5	330	0.14	0.5
100	1.11	0.55	220	1.76	1.64	340	0.07	0.3
110	1.22	0.6	230	1.64	1.76	350	0.02	0.1
120	1.33	0.66	240	1.5	1.86	360	0	0

รูปที่ 3.3 ค่า X และ Y ในกราฟฟังก์ชันที่ออกแบบ

3.3.2 การสร้างผิวลูกเบี้ยว

เมื่อได้ค่าที่คิด X และ Y ดังรูปที่ 3.3 ขั้นตอนต่อไปคือ การออกแบบลูกเบี้ยวโดยการสร้างลูกเบี้ยวเปล่าโดยไม่มีส่วนโค้งขึ้นมาหนึ่งลูกและตัวตามในโปรแกรม SOLIDWORKS [7] - [10] เพื่อนำค่า X และ Y ไปใส่เพื่อจำลองกราฟการเคลื่อนที่ที่ได้ออกมา [5]-[6]

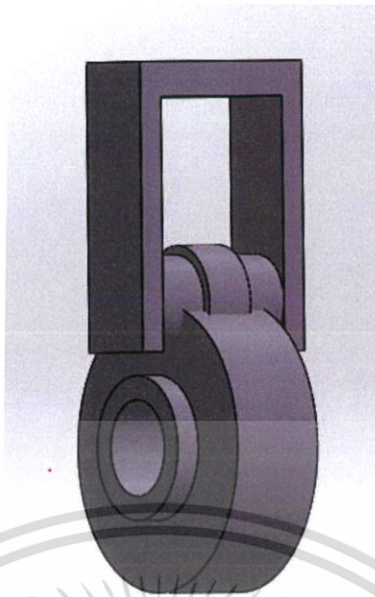


รูปที่ 3.4 ลูกเบี้ยวที่ไม่มีส่วนโค้ง



รูปที่ 3.5 ตัวตามที่ใช้ทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



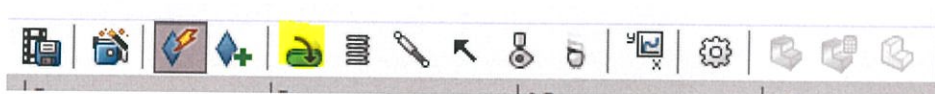
รูปที่ 3.6 ลูกเบี้ยวและตัวตาม

เมื่อสร้างลูกเบี้ยวที่ไม่มีส่วนโค้งและตัวตามที่ใช้ทดสอบเสร็จสิ้นจึงนำชิ้นส่วนทั้งสองมาประกอบเข้าด้วยกันดังรูปที่ 3.6 จากนั้นใช้คำสั่ง Motion Analysis [5]-[6] ซึ่งเป็นคำสั่งในซอฟต์แวร์ด้านใน SOLIDWORKS Motion ดังรูปที่ 3.7

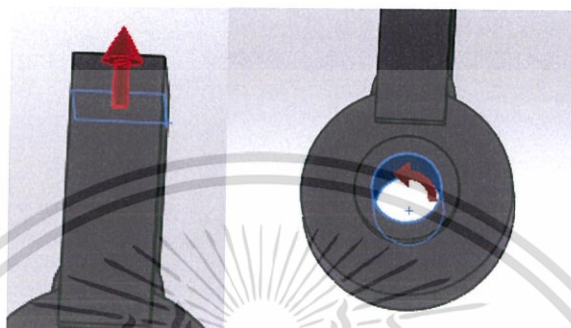


รูปที่ 3.7 คำสั่งที่ใช้ในการเขียนกราฟ

จากรูปที่ 3.6 จำเป็นต้องจำลองให้ลูกเบี้ยวหมุนเป็นวงกลมและตามหลักการของลูกเบี้ยวแล้วการที่ตัวตามมาวางบนผิวสัมผัสของลูกเบี้ยวแล้ว เมื่อลูกเบี้ยวหมุนตัวตามนั้นเคลื่อนที่ในทางตรงตามผิวสัมผัสของลูกเบี้ยวจึงจำเป็นต้องใส่มอเตอร์เข้าไปในลูกเบี้ยวและตัวตาม โดยลูกเบี้ยวให้เป็นมอเตอร์แบบหมุนส่วนตัวตามเป็นมอเตอร์แบบเส้นตรงโดยใช้คำสั่ง Motor ในกล่องเครื่องมือ (Toolbox) ในรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 คำสั่ง Motor



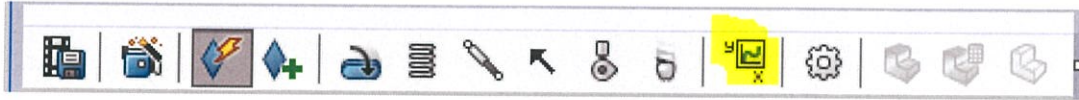
รูปที่ 3.9 การใส่มอเตอร์หมุนลูกเบี้ยว

รูปที่ 3.9 เป็นการใส่มอเตอร์เข้าไปในลูกเบี้ยวและตัวตาม โดยลูกเบี้ยวให้เป็นการเคลื่อนที่แบบหมุนโดยกำหนดความเร็วให้มีความเร็วเท่ากับ 30 RPM (Round Per Minute) หรือ 30 รอบต่อนาที ซึ่งหมายความว่า ใน 1 วินาที มอเตอร์นั้นหมุนไปครึ่งรอบส่วนตัวตามเป็นการเคลื่อนที่แบบเส้นตรง ซึ่งการเคลื่อนที่ของตัวตามนี้ไม่ใช่ความเร็วในการกำหนดแต่เป็นการกำหนดจุดที่มอเตอร์เคลื่อนที่ไปซึ่งเป็นมอเตอร์โหมด Data point โดยแต่ละจุดการเคลื่อนที่เป็นไปตามค่า X และค่า Y ที่ได้จากการพล็อตในรูป 3.3 มาใส่ลงในมอเตอร์ ดังรูปที่ 3.10

Time (s)	Value	Time	Value
0s	0.00cm	0s	0.00cm
10s	0.11cm	10s	0.05cm
20s	0.22cm	20s	0.11cm
30s	0.33cm	30s	0.16cm
40s	0.44cm	40s	0.22cm
50s	0.55cm	50s	0.27cm
60s	0.66cm	60s	0.33cm
70s	0.77cm	70s	0.38cm
80s	0.88cm	80s	0.44cm
90s	1.00cm	90s	0.49cm
100s	1.11cm	100s	0.55cm
110s	1.22cm	110s	0.60cm
120s	1.33cm	120s	0.66cm
130s	1.44cm	130s	0.71cm
140s	1.55cm	140s	0.77cm
150s	1.66cm	150s	0.82cm
160s	1.77cm	160s	0.88cm
170s	1.88cm	170s	0.93cm
180s	2.00cm	180s	0.99cm
190s	1.98cm	190s	1.17cm
200s	1.93cm	200s	1.34cm
210s	1.86cm	210s	1.50cm
220s	1.76cm	220s	1.64cm
230s	1.64cm	230s	1.76cm
240s	1.50cm	240s	1.86cm
250s	1.34cm	250s	1.94cm
260s	1.17cm	260s	1.98cm

รูปที่ 3.10 ค่า X และ Y ในมอเตอร์

เมื่อใส่ค่าเรียบร้อยแล้ว โดยค่า X และ Y เป็นคนละมอเตอร์กันโดยทำการจำลองทีละค่า โดยการใส่คำสั่ง Graph and plot ในกล่องเครื่องมือและเลือกกราฟที่แสดงเป็น Trace path และเลือกความสัมพันธ์เป็นตัวตามกับผิวลูกเบี้ยวเมื่อเริ่มจำลองการเคลื่อนที่กราฟที่แสดงออกมาเป็นผิวของลูกเบี้ยวตามค่าที่ออกแบบไว้ โดยการจำลองแสดงได้ดังรูปที่ 3.12



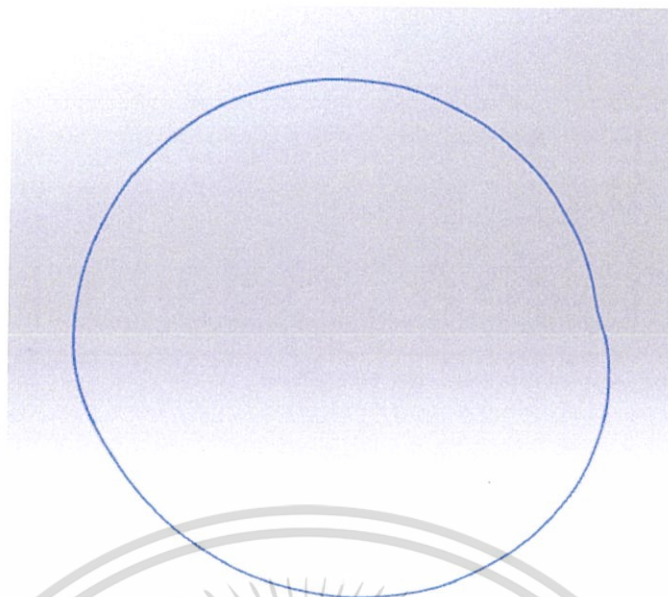
รูปที่ 3.11 คำสั่ง Graph and plot



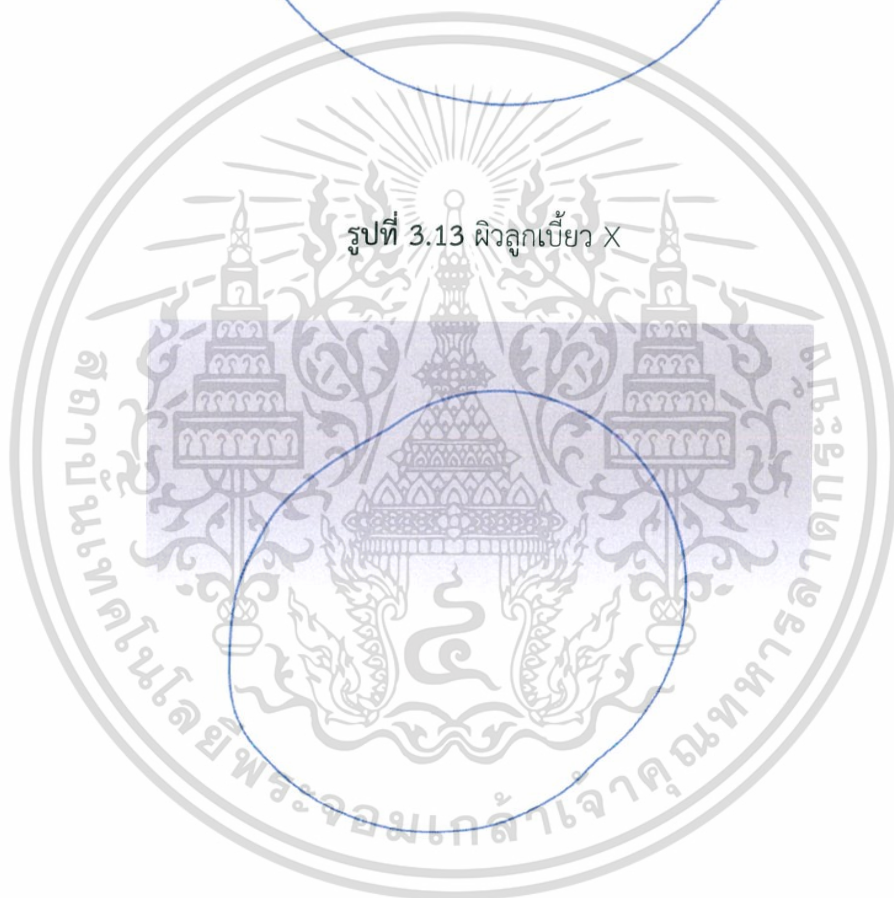
รูปที่ 3.12 กราฟการเคลื่อนที่ระหว่างตัวตามกับผิวลูกเบี้ยว

ค่าที่ได้ออกมาคือผิวของลูกเบี้ยวที่มีการเคลื่อนที่ตามที่ออกแบบไว้ ซึ่งลูกเบี้ยวที่ออกแบบมีจำนวนสองลูกคือ ลูกเบี้ยว X และ ลูกเบี้ยว Y ซึ่งขั้นตอนการสร้างผิวลูกเบี้ยวนั้นเหมือนกันผิวของลูกเบี้ยวที่ได้จากการจำลองการเคลื่อนที่นั้นเป็นไปตามรูปที่ 3.13 และ 3.14

- เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 ผิวลูกเบี้ยว X

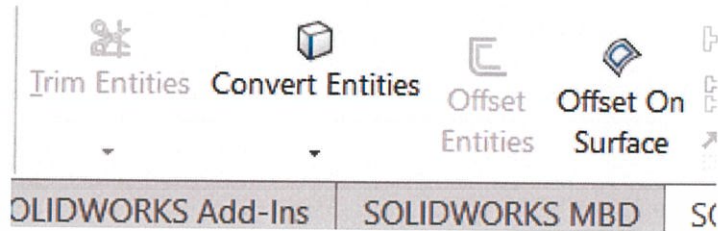


รูปที่ 3.14 ผิวลูกเบี้ยว Y

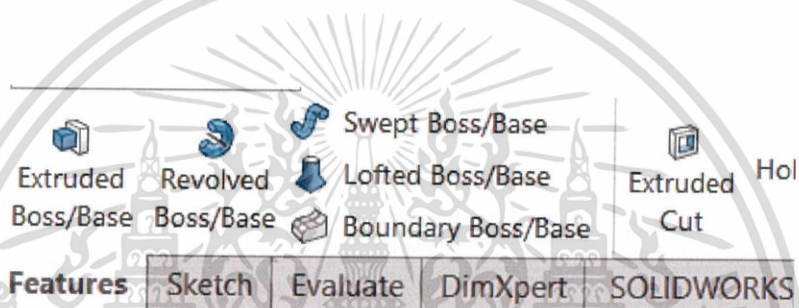
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 การสร้างลูกเบี้ยวจากผิวลูกเบี้ยวที่ได้จากการจำลอง

เมื่อได้ผิวลูกเบี้ยวตามที่ต้องการแล้ว ซึ่งขั้นตอนต่อไปคือการนำผิวลูกเบี้ยวที่ได้มาสร้างลูกเบี้ยว โดยการใช้เครื่องมือดังรูปที่ 3.15 และ 3.16 [4]-[7]

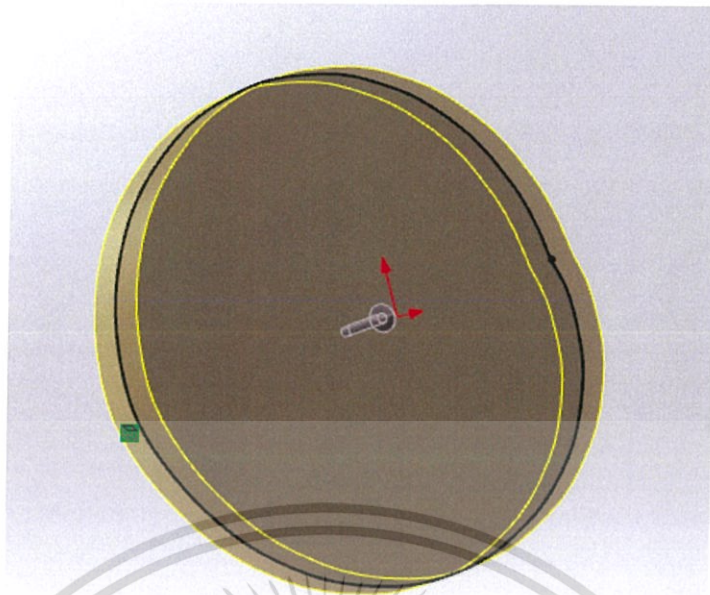


รูปที่ 3.15 คำสั่ง Convert Entities



รูปที่ 3.16 คำสั่ง Extruded Boss/Base

โดยเริ่มจากขั้นตอนแรกคือการนำผิวลูกเบี้ยวที่ได้เปลี่ยนให้เป็นรูปที่ต้องการวาด โดยใช้คำสั่ง Convert Entities จากนั้นใช้คำสั่ง Extruded Boss/Base คือทำการยืดรูปที่วาดไว้ให้มีความหนา 18 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 3.17



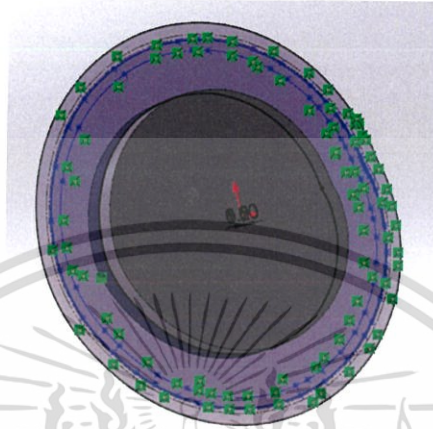
รูปที่ 3.17 การใช้งานคำสั่ง Extruded Boss/Base



รูปที่ 3.18 ผลที่ได้จากการ Extruded Boss/Base

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผิวลูกเบี้ยวที่ทำการยึดให้มีความหนา 18 มิลลิเมตร โดยที่ทำให้ตัวตามเคลื่อนที่ตามผิวของลูกเบี้ยวนั้นในทางปฏิบัตินั้นมีแรงโน้มถ่วงเข้ามาเกี่ยวข้องจึงจำเป็นต้องทำรางตามผิวของลูกเบี้ยว เพื่อให้ตัวตามสามารถวิ่งตามผิวของลูกเบี้ยวได้โดยการสร้างจำเป็นต้องขยายผิวของลูกเบี้ยวออกมาก่อนโดยใช้คำสั่ง Offset On Surface ดังรูปที่ 3.19



รูปที่ 3.19 ผลที่ได้จากการใช้คำสั่ง Offset On Surface

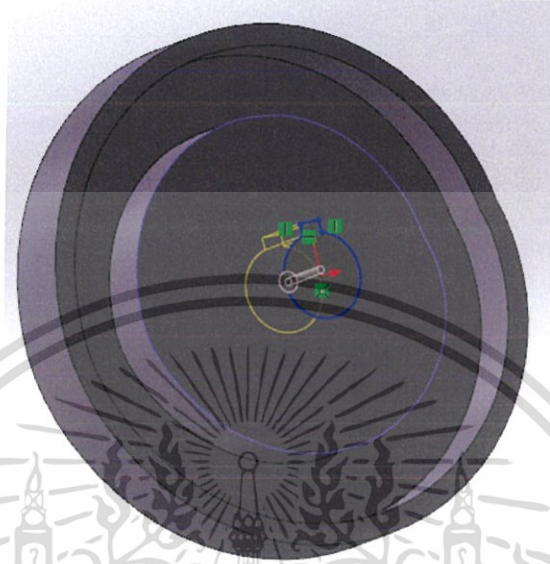
ผลที่ได้จากรูปที่ 3.19 มีการขยายรางของตัวตามออกไปขนาด 16 มิลลิเมตร ซึ่งก็คือเส้นสีฟ้าในรูป 3.19 ซึ่งการที่สร้างลูกเบี้ยวขึ้นมาได้จำเป็นต้องมีขอบของวัสดุซึ่งออกแบบให้มีความหนา 5 มิลลิเมตร ตามเส้นสีดำในรูปที่ 3.19 เมื่อวาดเสร็จเรียบร้อยแล้วใช้คำสั่ง Extruded Boss/Base เลือกบริเวณพื้นผิวระหว่างเส้นสีฟ้าและเส้นสีดำข้างนอก เมื่อทำการใช้คำสั่งแล้วผลที่ได้เป็นไปตามรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.20 ผลที่ได้จากการใช้คำสั่ง Extruded Boss/Base บนขอบของวัสดุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อทำการยึดขอบของลูกเบี้ยวแล้ว ลูกเบี้ยวจำเป็นต้องมีรูปตรงกลางเพื่อเสียบกับเพลาเพื่อใช้ในการหมุนลูกเบี้ยว ซึ่งจำเป็นต้องเจาะรูตรงกลางตามที่ยกแบบไว้ขนาด 20 มิลลิเมตร และมีรูเพื่อใส่ลิ้มความกว้างขนาด 5 มิลลิเมตร โดยใช้คำสั่ง Extruded Cut



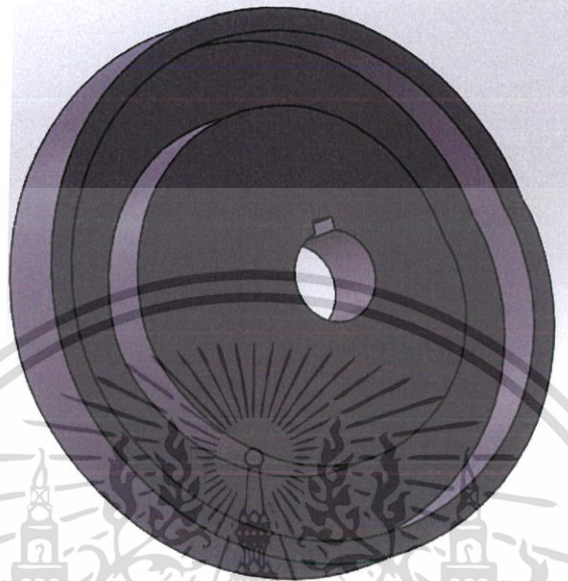
รูปที่ 3.21 การวาดรูปที่ต้องการตัดบนพื้นผิว



รูปที่ 3.22 ผลที่ได้จากการใช้คำสั่ง Extruded Cut

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.22 คือลูกเบี้ยวที่ถูกออกแบบครบทุกขั้นตอนแล้วแต่ทว่าลูกเบี้ยวที่จำเป็นต้องใช้มีจำนวนสองลูก ซึ่งมีขั้นตอนการสร้างที่เหมือนกันซึ่งผลที่ได้จากการสร้างลูกเบี้ยวทั้งสองลูกเป็นไปตามรูปที่ 3.23 และ 3.24

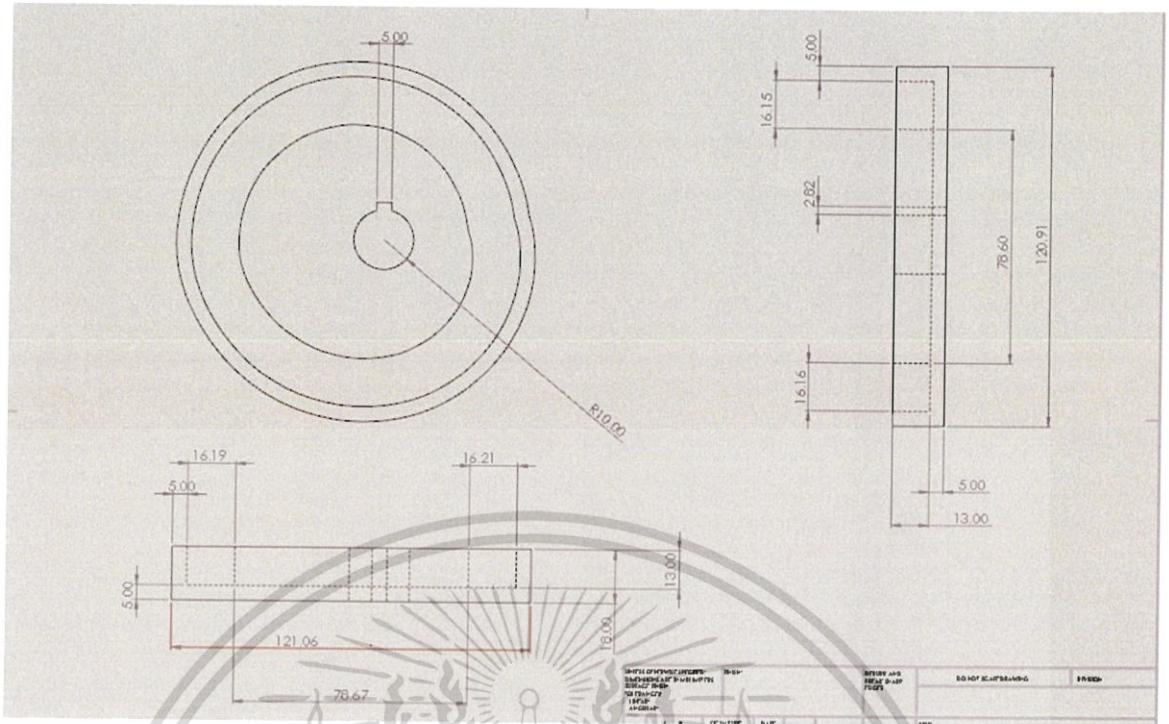


รูปที่ 3.23 ลูกเบี้ยวของแกน X

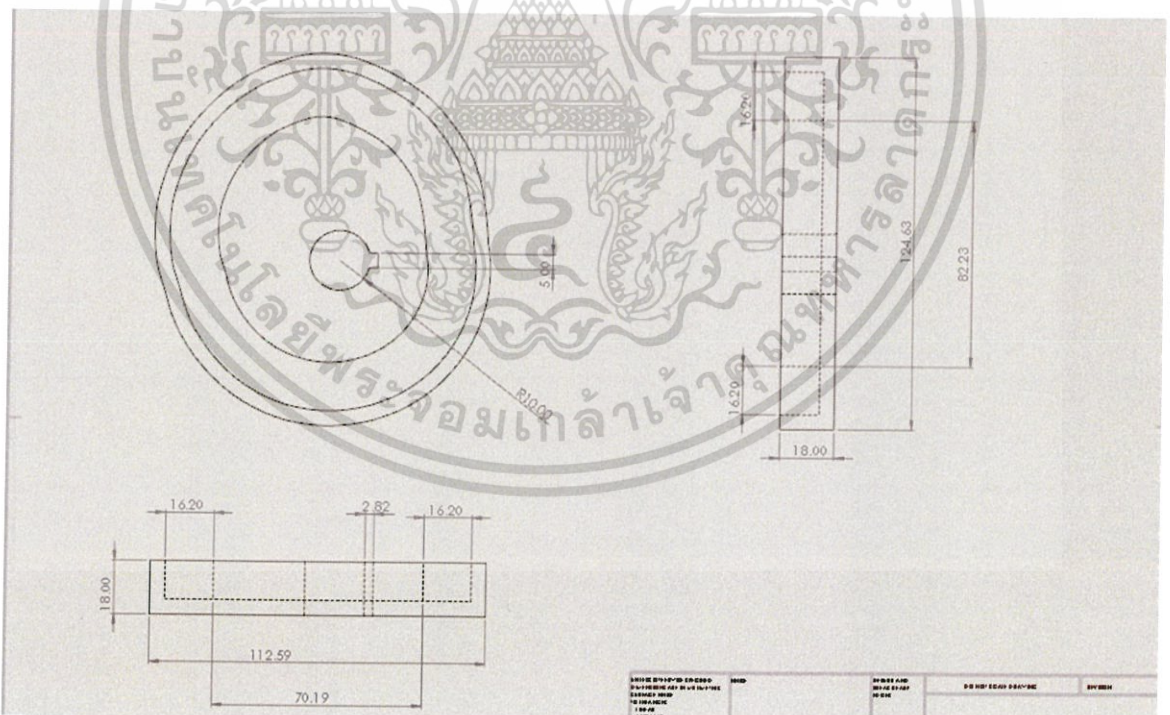


รูปที่ 3.24 ลูกเบี้ยวของแกน Y

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.25 Drawing ลูกเบี้ยวของแกน X



รูปที่ 3.26 Drawing ลูกเบี้ยวของแกน Y

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

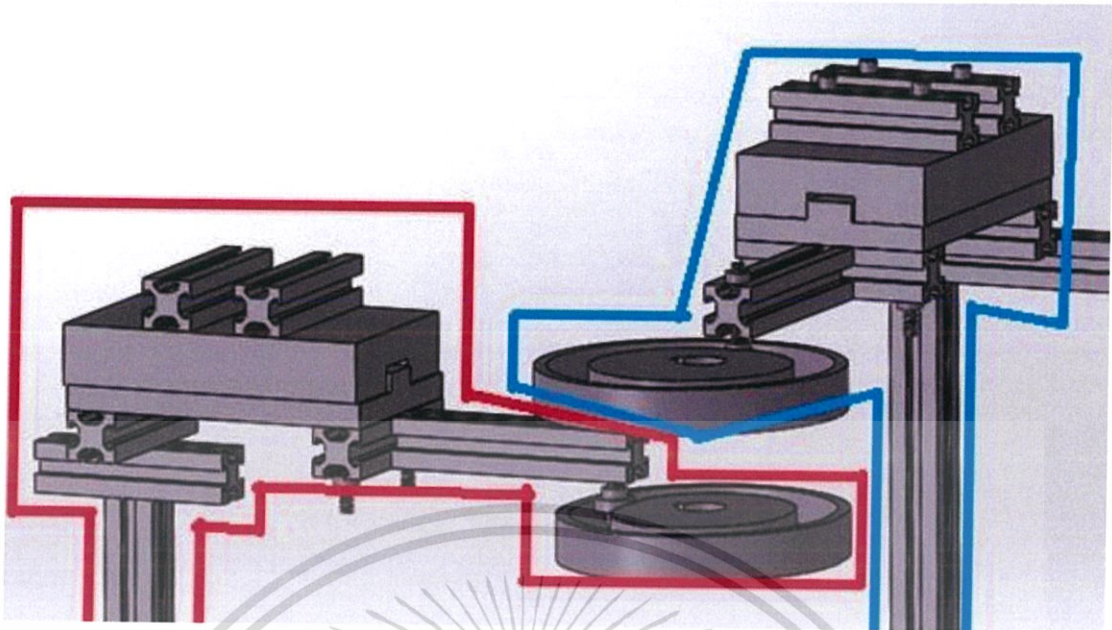
เมื่อออกแบบลูกเบี้ยวแล้วการที่ลูกเบี้ยวเคลื่อนที่ไปพร้อมกันได้จำเป็นต้องมีเพลลา ซึ่งทำหน้าที่ยึดลูกเบี้ยวทั้งสองลูกโดยเพลลามีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร เพื่อให้พอดีกับรูที่เจาะไว้ที่ลูกเบี้ยวและมีความยาว 100 มิลลิเมตร ซึ่งเพลลามีรูปร่างดังรูปที่ 3.27



รูปที่ 3.27 เพลลาของลูกเบี้ยว

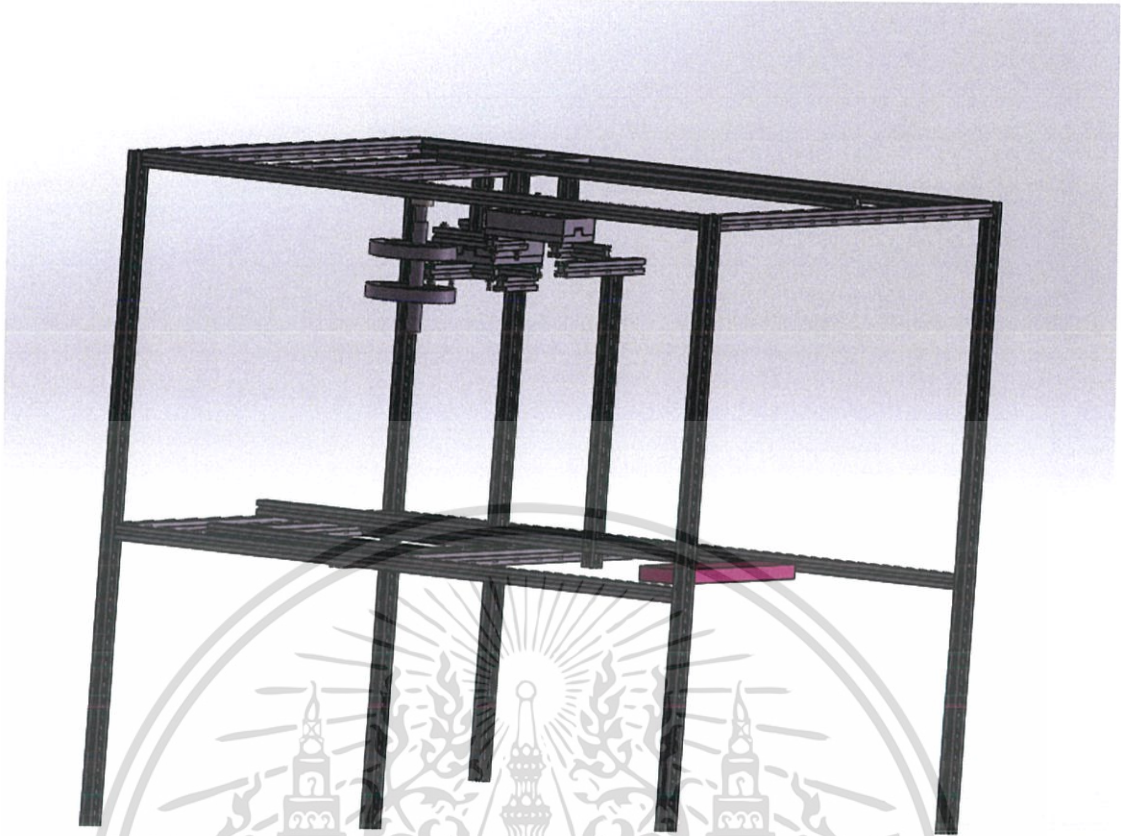
3.4 การจำลองการเคลื่อนที่ของลูกเบี้ยว

ลูกเบี้ยวที่ถูกสร้างมานั้นไม่สามารถทำงานได้หากขาดชิ้นส่วนอื่น ๆ ที่ต่อโยงเพื่อให้เกิดการเคลื่อนที่ตามที่ได้ออกแบบไว้เป็นฟังก์ชัน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องสร้างชิ้นส่วนอื่น ๆ และนำมาประกอบกันเพื่อให้สามารถเคลื่อนที่ได้



รูปที่ 3.28 ส่วนเลื่อนแกน X และ Y ในซอฟต์แวร์

จากรูปที่ 3.28 คือชิ้นส่วนที่นำมาประกอบกับลูกเบี้ยวประกอบไปด้วย ตัวตามซึ่งติดอยู่กับผิวลูกเบี้ยวโดยตัวตามมีล้อขนาด 16 มิลลิเมตรเพื่อกิ่งอยู่ในรางลูกเบี้ยวที่ออกแบบไว้เพื่อเลื่อนเข้าเลื่อนออกได้ โดยปลายของตัวตามติดอยู่กับชุดเคลื่อนที่ในแนวระนาบ ซึ่งทำหน้าที่เพิ่มความถี่ให้ ขณะที่ตัวตามเคลื่อนที่และปลายข้างล่างต่อกับชิ้นส่วนอื่น ๆ ต่อไป โดยส่วนที่กรอบสีแดงคือส่วนเลื่อนแกน Y และสีฟ้าคือส่วนเลื่อนแกน X

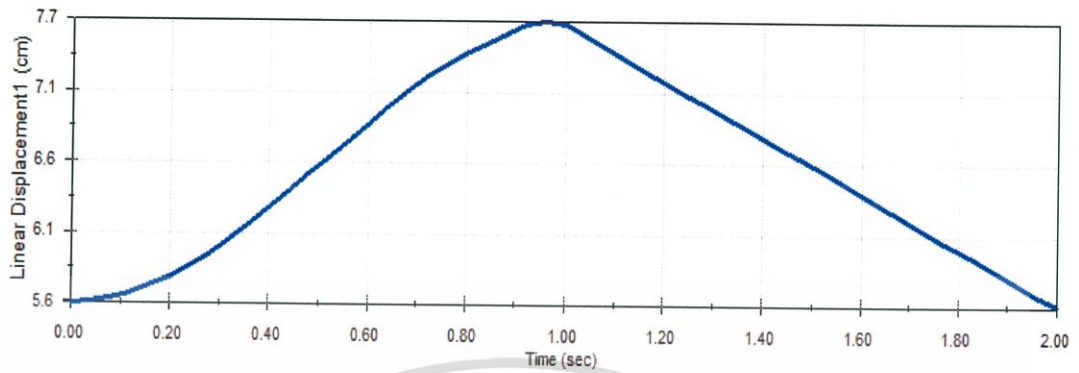


รูปที่ 3.29 เครื่องจำลองการเคลื่อนที่ของหัวเชื่อม

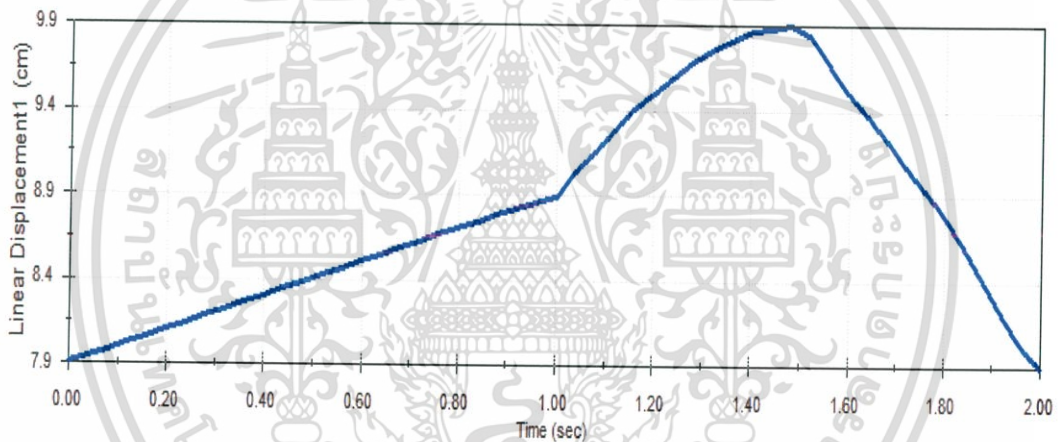
รูปที่ 3.29 คือเครื่องจำลองการเคลื่อนที่ของหัวเชื่อม ซึ่งลูกเบี้ยวถูกวางให้ทำมุมกัน 90 องศา โดยลูกเบี้ยวข้างบนคือลูกเบี้ยวแกน X ซึ่งควบคุมการเคลื่อนที่ของแกน X และลูกเบี้ยวข้างล่างคือลูกเบี้ยวแกน Y ซึ่งควบคุมการเคลื่อนที่ของแกน Y เมื่อนำมาวางทำมุมกัน 90 องศา นั้นเกิดการเคลื่อนที่ตามฟังก์ชันที่ออกแบบไว้ในหัวข้อ 3.1

ปลายของหัวเชื่อมติดกับชิ้นส่วนที่ต่อกับชุดเคลื่อนที่ในแนวระนาบแกน X ซึ่งเมื่อแกน X เคลื่อนที่ ชิ้นส่วนที่ติดกับปลายของหัวเชื่อมเคลื่อนที่เมื่อแกน Y เคลื่อนที่ ชิ้นส่วนที่ติดกับชุดเคลื่อนที่ในแนวระนาบแกน Y เคลื่อนที่และนำชิ้นส่วนที่ติดกับแกน X เคลื่อนที่ในแนวข้าง ๆ ด้วย

เมื่อทดสอบจำลองการเคลื่อนที่ของหัวเข็มและบันทึกกราฟการเคลื่อนที่ของแกน X และ แกน Y เมื่อหมุนครบรอบนั้นมีผลดังรูปที่ 3.30 และ 3.31



รูปที่ 3.30 กราฟการเคลื่อนที่ของลูกเบี้ยวแกน X

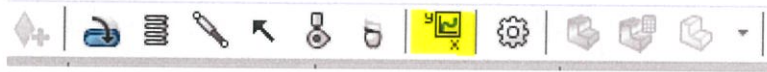


รูปที่ 3.31 กราฟการเคลื่อนที่ของลูกเบี้ยวแกน Y

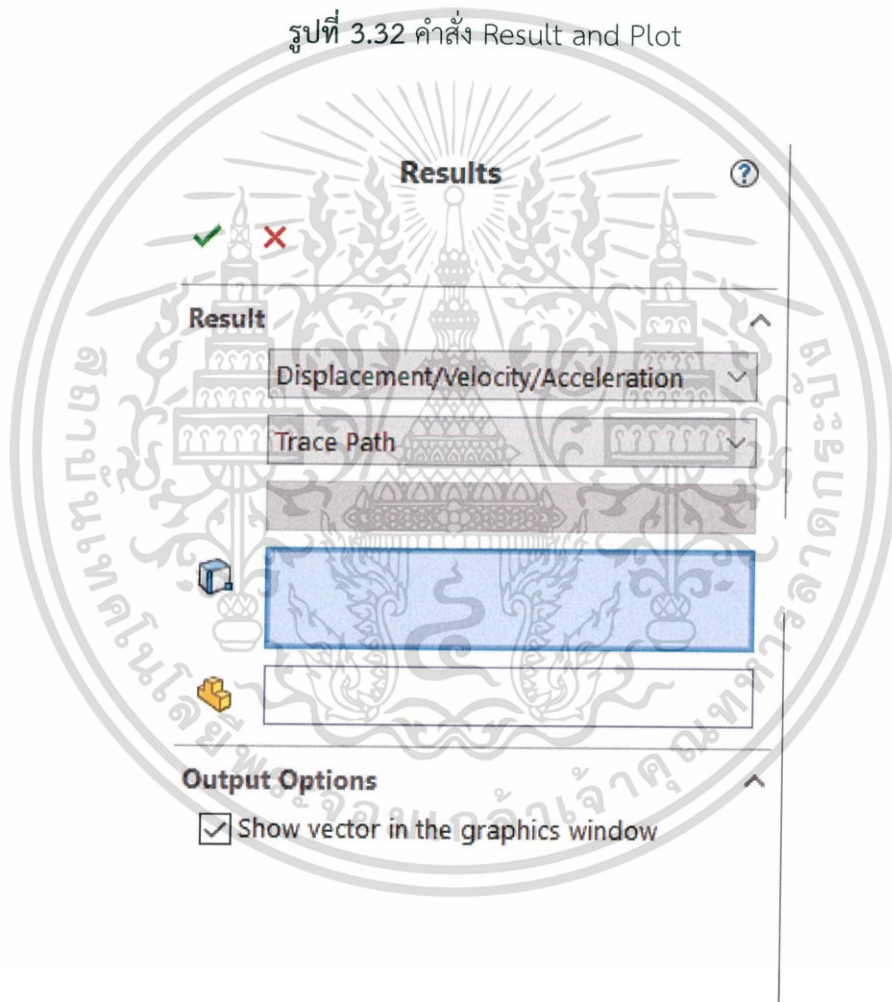
จากฟังก์ชันการเคลื่อนที่ที่ออกแบบมาค่า Y ค่าสุดท้ายนั้นไม่จบที่ค่า 0 ซึ่งขัดกับหลักการออกแบบของลูกเบี้ยวซึ่งถ้าหมุนครบรอบจำเป็นต้องกลับมายังค่าเริ่มต้นค่าเดิม จึงได้มีการแก้ปัญหา โดยการปรับกราฟการเคลื่อนที่ให้ง่ายต่อการออกแบบมากขึ้นดังรูปที่ 3.31

3.5 ผลการทดสอบจำลองการเคลื่อนที่ของหัวเชื่อม

เมื่อประกอบชิ้นส่วนกับลูกเบี้ยวทุกส่วนแล้วจำเป็นต้องมีการจำลองแนวการเชื่อมว่าเป็นไปตามที่ออกแบบไว้ข้างต้นหรือไม่โดยขั้นตอนการจำลองคือ ทำให้ลูกเบี้ยวทั้งสองลูกหมุนไปพร้อม ๆ กันโดยใช้เครื่องมือ Motor แบบเดียวกับขั้นตอนการสร้างผิวลูกเบี้ยว ซึ่งผลที่ได้จากการทดสอบเป็นกราฟการเคลื่อนที่ตามฟังก์ชันที่ออกแบบไว้ในข้างต้นว่าตรงกันหรือไม่และแนวการเชื่อมตรงตามทฤษฎีหรือไม่ โดยมีขั้นตอนการจำลองการเคลื่อนที่ของหัวเชื่อม ดังนี้

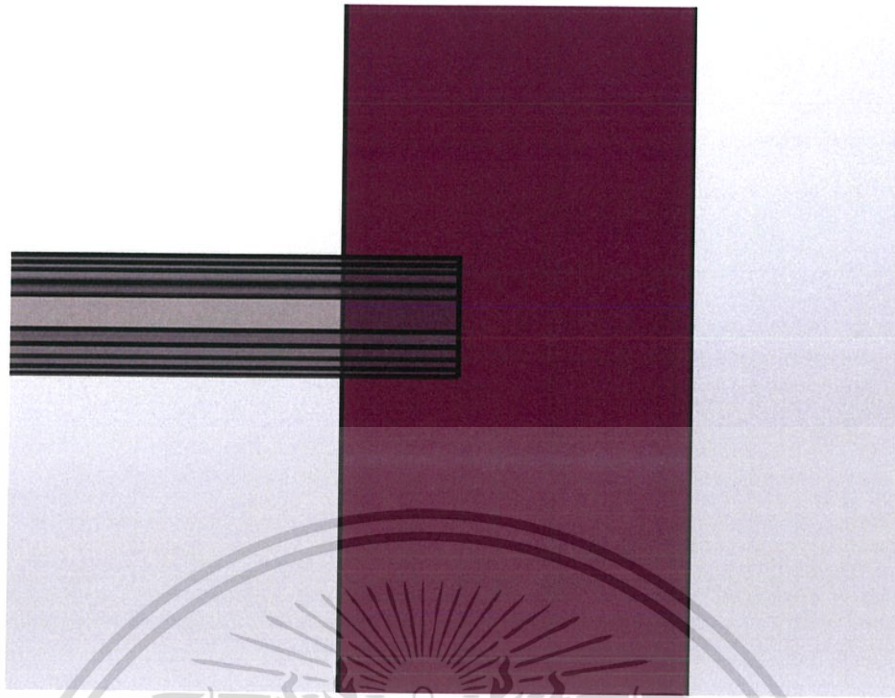


รูปที่ 3.32 คำสั่ง Result and Plot



รูปที่ 3.33 ฟังก์ชัน Trace Path

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.34 ปลายหัวเชื่อมกับชิ้นงาน

เริ่มจากการใช้คำสั่ง Result and Plot ดังรูปที่ 3.32 และเลือกใช้ฟังก์ชันการแสดงผลกราฟแบบ Trace Path โดยเลือกความสัมพันธ์ระหว่างหัวเชื่อมกับตัวชิ้นงาน ดังรูปที่ 3.33 และ รูปที่ 3.34 ซึ่งตัวชิ้นงานถูกทำให้เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่เมื่อใช้คำสั่ง Result and Plot เสร็จสิ้นกดเริ่มการทำงานและบันทึกผล โดยการทดสอบประกอบไปด้วยสองส่วน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

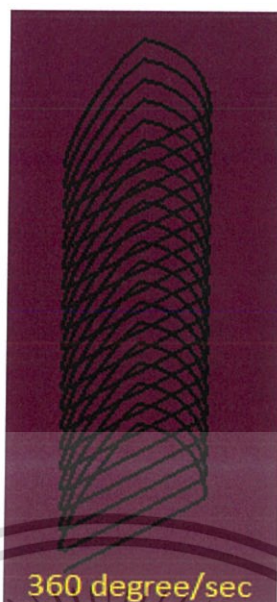
3.5.1 ผลการทดสอบจากการใช้ความเร็วคงที่

การทดสอบโดยการจำลองการเคลื่อนที่ของหัวเชื่อมที่เชื่อมที่ได้นั้นสัมพันธ์กับความเร็วของชิ้นงานที่เคลื่อนที่หากชิ้นงานเคลื่อนที่คงที่ที่ 5 มิลลิเมตรต่อวินาที เมื่อใช้ความเร็วในการหมุนน้อยช่องว่างระหว่างแนวการเชื่อมที่มากขึ้นตรงกันข้ามกับการใช้ความเร็วในการหมุนมากช่องว่างระหว่างแนวการเชื่อมน้อยลง ซึ่งผลการทดสอบประกอบไปด้วย 3 ความเร็ว คือ



รูปที่ 3.35 ผลการจำลองการเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 30 RPM

เมื่อใช้ความเร็วที่ 30 RPM มีผลการทดสอบตามรูปที่ 3.35 การเชื่อมมีรูปแบบใกล้เคียงกับก้างปลาที่ได้เลือกตอนแรกและตรงตามค่าที่พล็อตไว้ในลูกเบี้ยวทั้งสองลูก ซึ่งช่องว่างของแนวการเชื่อมนั้นมีมากเนื่องจากความเร็วในการหมุนน้อย



รูปที่ 3.36 ผลการจำลองการเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 60 RPM

เมื่อใช้ความเร็วที่ 60 RPM มีผลการทดสอบตามรูปที่ 3.36 การเชื่อมมีรูปแบบใกล้เคียงกับก้างปลาที่ได้เลือกตอนแรกและตรงตามค่าที่พล็อตไว้ในลูกเบี้ยวทั้งสองลูก ซึ่งช่องว่างของแนวการเชื่อมน้อยลงเนื่องจากความเร็วในการหมุนมากขึ้น โหนดที่อยู่ในค่าที่รับได้ในหลักการเชื่อม



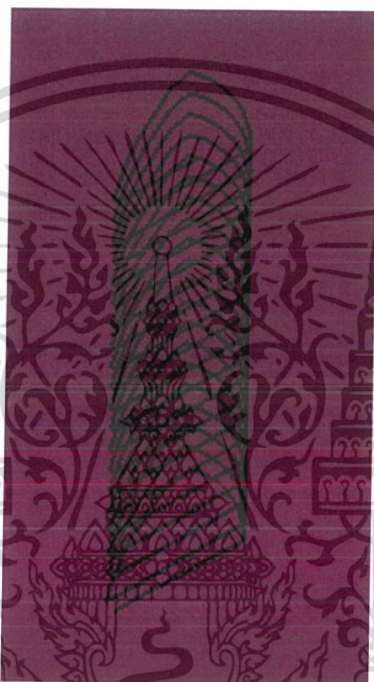
รูปที่ 3.37 ผลการจำลองการเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 120 RPM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อใช้ความเร็วที่ 120 RPM ผลการทดสอบเป็นดังรูปที่ 3.37 ซึ่งการเคลื่อนที่นั้น ผิดเพี้ยนไปจากที่ออกแบบไว้มากและช่องว่างระหว่างแนวการเชื่อมมีค่าน้อยเกินกว่าค่าที่รับได้ในการ เชื่อม ซึ่งอาจก่อให้เกิดปัญหาการสะสมความร้อนที่ตัวชิ้นงานทำให้ชิ้นงานเสียหาย

3.5.2 ผลการทดสอบจากการใช้ความเร็วไม่คงที่

ตามหลักการเชื่อมโลหะด้วยไฟฟ้าการเคลื่อนที่ของลวดเชื่อมนั้นความเร็วไม่เท่ากัน ตลอดการเคลื่อนที่ของหัวเชื่อม เพื่อทดแทนความร้อนที่เกิดขึ้นบนชิ้นงานผลการทดสอบเป็นดังรูป ที่ 3.36



รูปที่ 3.38 ผลการจำลองการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วไม่คงที่

จากผลการทดสอบรูปที่ 3.38 แสดงให้เห็นว่าการใช้ความเร็วไม่คงที่ ยังคง ความสามารถในการเคลื่อนที่ตามฟังก์ชันที่ถูกออกแบบไว้ได้ ซึ่งสามารถยืนยันได้ว่าเครื่องจำลองการ เคลื่อนที่ของหัวเชื่อมที่ออกแบบมาสามารถสร้างขึ้นได้จริงและสามารถนำไปต่อยอดในการใช้งานต่อ ได้

บทที่ 4

การสร้างระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของหัวเชื่อม

4.1 กล่าวนำ

จากบทที่ 3 ได้พูดถึงการศึกษาหลักการเชื่อมและออกแบบส่วนควบคุมการเคลื่อนที่ของหัวเชื่อม เพื่อทดสอบผลจำลองของแนวการเชื่อม ในบทนี้พูดถึงการนำระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของหัวเชื่อมที่สร้างขึ้นและอธิบายเกี่ยวกับโปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบเพื่อทดสอบการเคลื่อนที่ว่าเหมือนกับผลจำลองแนวการเชื่อมหรือไม่ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

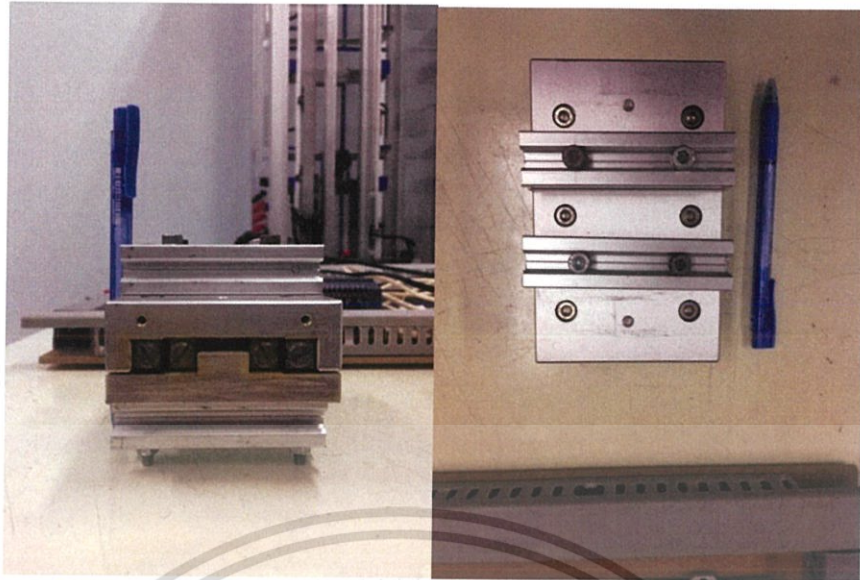
4.2 ระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของหัวเชื่อมที่สร้างขึ้น

เมื่อผลจำลองการเคลื่อนที่ของหัวเชื่อมสามารถยืนยันได้ว่าส่วนเลื่อนแกน X และ Y ที่ออกแบบสามารถทำงานได้ จึงนำมาสร้างขึ้นจริงเพื่อบันทึกผลว่าแนวการเชื่อมของระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของหัวเชื่อมที่สร้างขึ้นนั้นสามารถทำงานได้ตามที่ต้องการ

4.2.1 ส่วนประกอบของระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของหัวเชื่อมที่สร้างขึ้น



รูปที่ 4.1 ลูกเบี้ยวที่สร้างขึ้นจากการออกแบบ



รูปที่ 4.2 ชุดเคลื่อนที่ในแนวระนาบ



รูปที่ 4.3 ตัวตามของลูกเบี้ยวแกน X

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 ตัวตามของลูกเบี้ยวแกน Y

จากรูปที่ 4.1, 4.2, 4.3 และ 4.4 เป็นส่วนประกอบของส่วนเลื่อนแกน X และ Y ในระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของหัวเชื่อมที่สร้างขึ้นตามที่ได้ออกแบบในซอฟต์แวร์ SOLIDWORKS เพื่อใช้ทดสอบการเคลื่อนที่ของหัวเชื่อมและบันทึกผลการทดสอบว่าสามารถเคลื่อนที่ได้ตามที่ออกแบบไว้ในซอฟต์แวร์หรือไม่

4.2.2 ขั้นตอนการประกอบระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของหัวเชื่อมที่สร้างขึ้น

ขั้นตอนแรกในการประกอบจำเป็นต้องนำมอเตอร์เซอร์โวไปประกอบเข้ากับโครงที่ถูกสร้างขึ้นและทำการติดคัปปลิง (Coupling) เข้ากับเพลาของมอเตอร์เซอร์โว เพื่อยึดกับเพลาของลูกเบี้ยว ดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 มอเตอร์เซอร์โวและคัปปลิง

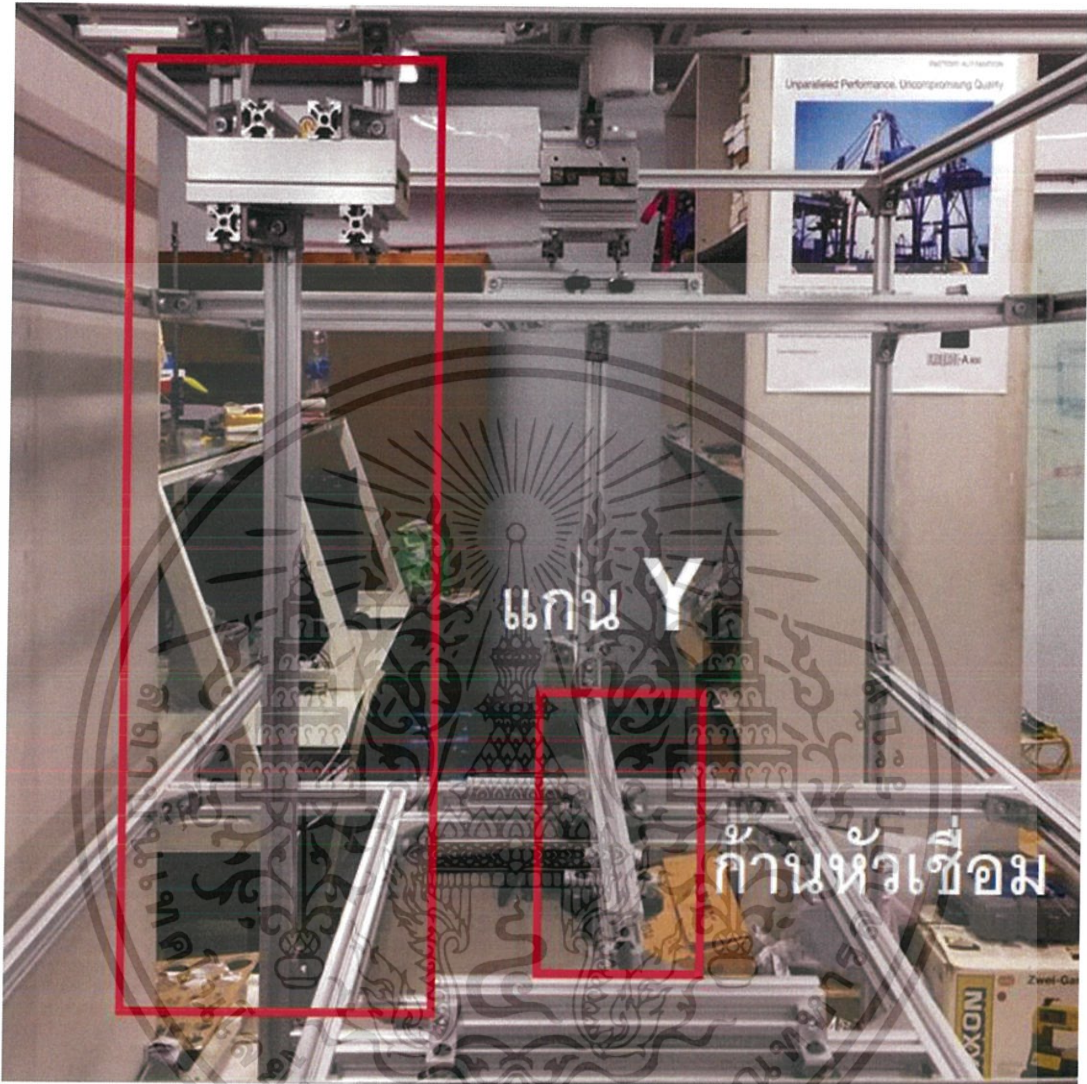
เมื่อทำการประกอบมอเตอร์เซอร์โวเข้ากับโครงที่ถูกสร้างขึ้นเสร็จสิ้นขั้นตอนถัดมาคือการประกอบลูกเบี้ยวของแกน X และ Y เข้ากับเพลลาของลูกเบี้ยวเพื่อนำไปประกอบเข้ากับคัปปลิงที่ประกอบเข้ากับมอเตอร์เซอร์โว ดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 ลูกเบี้ยวและเพลลาของลูกเบี้ยว

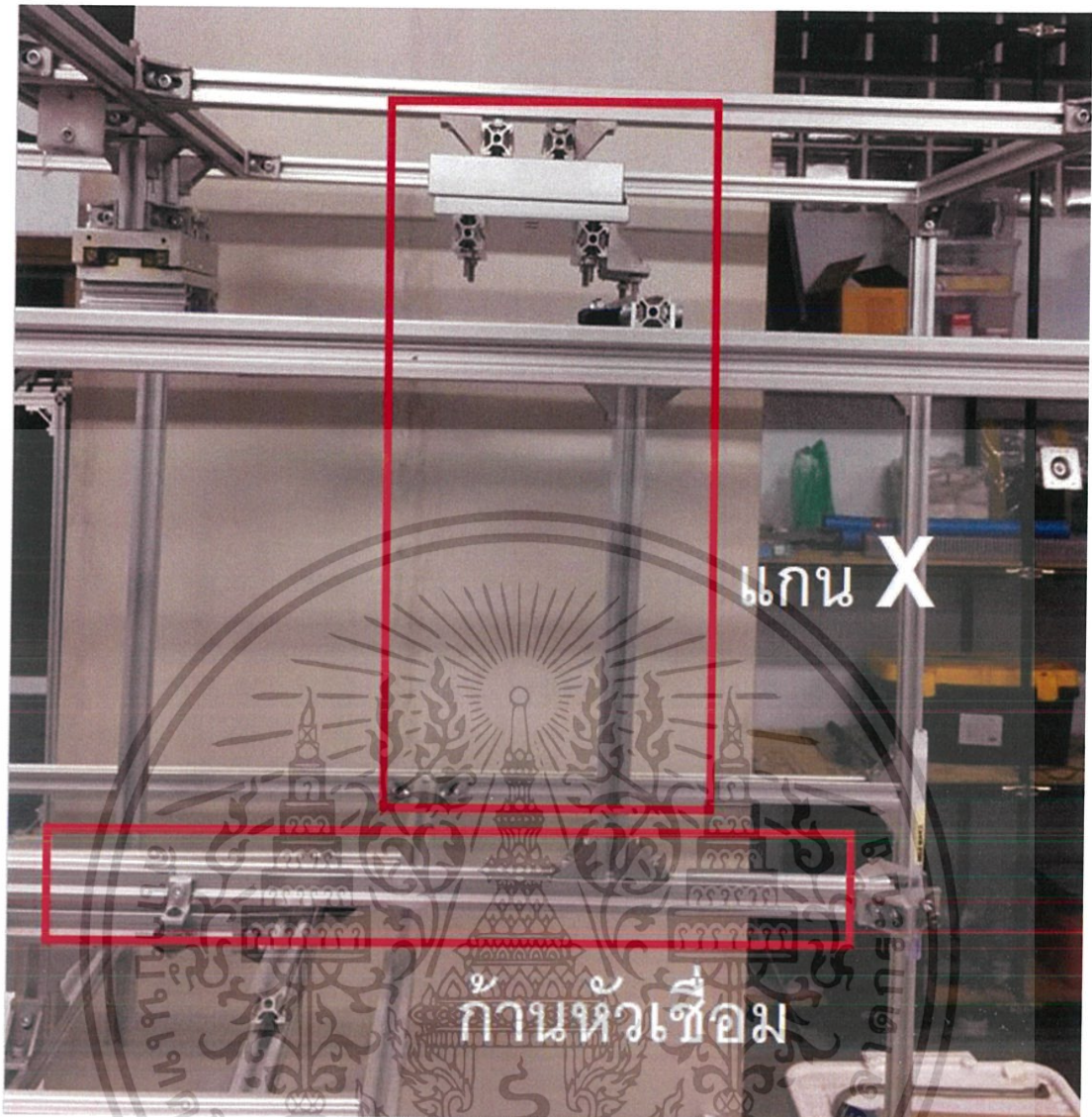
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนต่อมา คือการนำชุดเคลื่อนที่ในแนวระนาบประกอบเข้ากับชิ้นส่วนที่ใช้ควบคุมการเคลื่อนที่ของหัวเชื่อมที่ถูกสร้างขึ้นทั้งแกน X และ Y ดังรูปที่ 4.7 และ 4.8



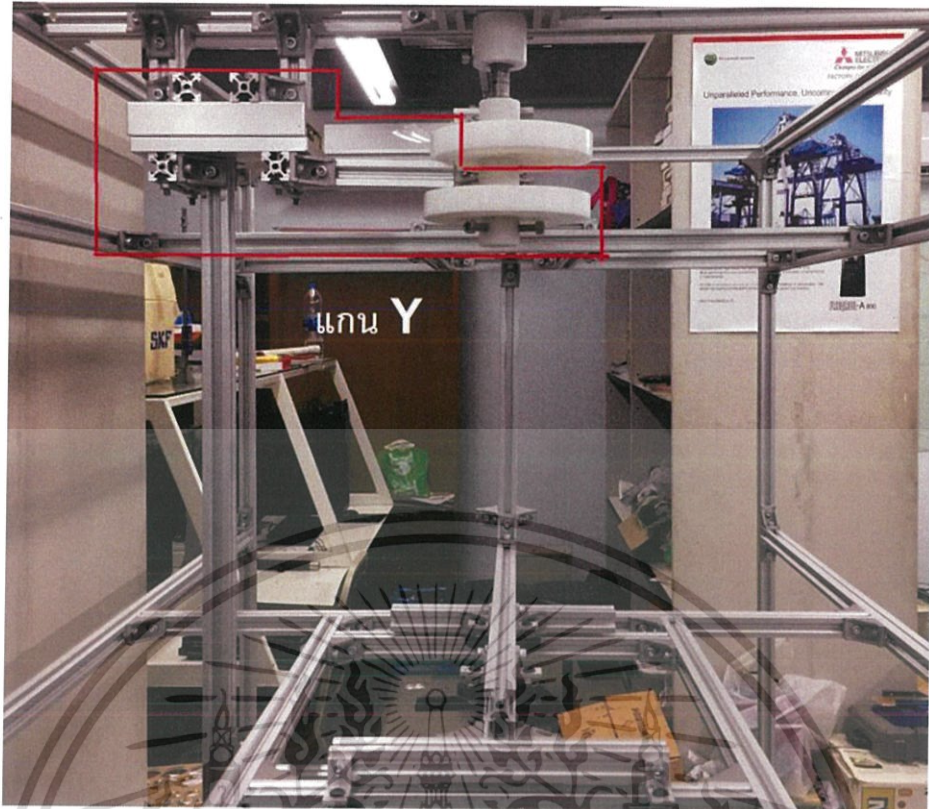
รูปที่ 4.7 ชุดเคลื่อนที่ในแนวระนาบกับชิ้นส่วนที่ใช้ควบคุมการเคลื่อนที่ของแกน Y

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

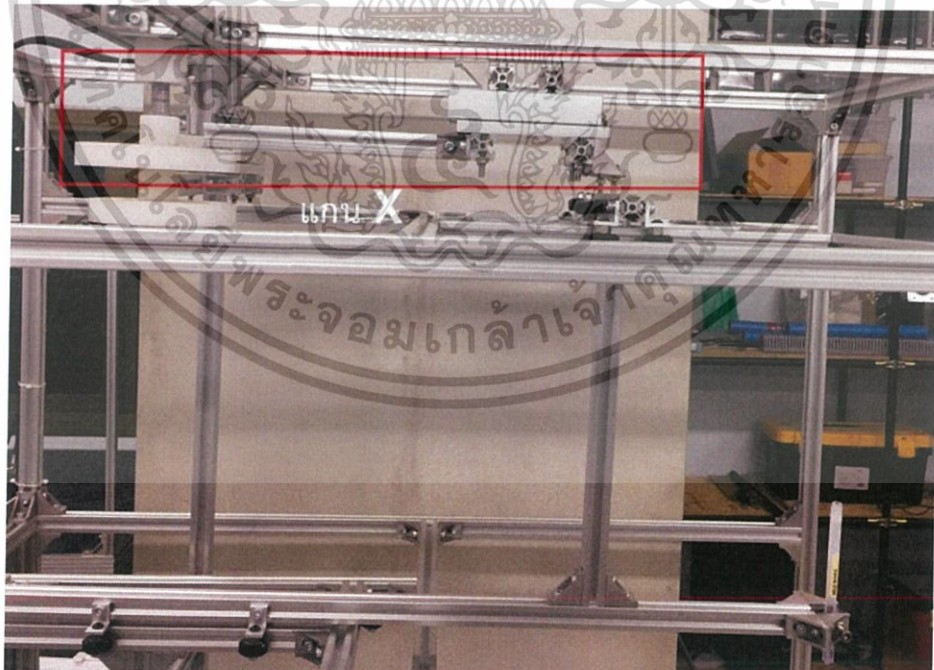


รูปที่ 4.8 ชุดเคลื่อนที่ในแนวระนาบกับชิ้นส่วนที่ใช้ควบคุมการเคลื่อนที่ของแกน X

เมื่อประกอบชุดเคลื่อนที่ในแนวระนาบกับชิ้นส่วนที่ควบคุมการเคลื่อนที่ของหัวเชื่อมเสร็จสิ้น ขั้นตอนสุดท้ายคือการนำลูกเบี้ยวที่ประกอบกับเพลลาของลูกเบี้ยวมาติดตั้งเข้ากับคัปปลิงที่เพลลาของมอเตอร์เซอร์โว โดยมีตัวตามประกอบเข้ากับชุดเคลื่อนที่ในแนวระนาบและปลายของตัวตามที่มีล้อกลิ้งถูกสวมเข้ากับช่องว่างของลูกเบี้ยวจึงจะได้ส่วนเลื่อนแกน X และ Y ดังรูปที่ 4.9 และ 4.10



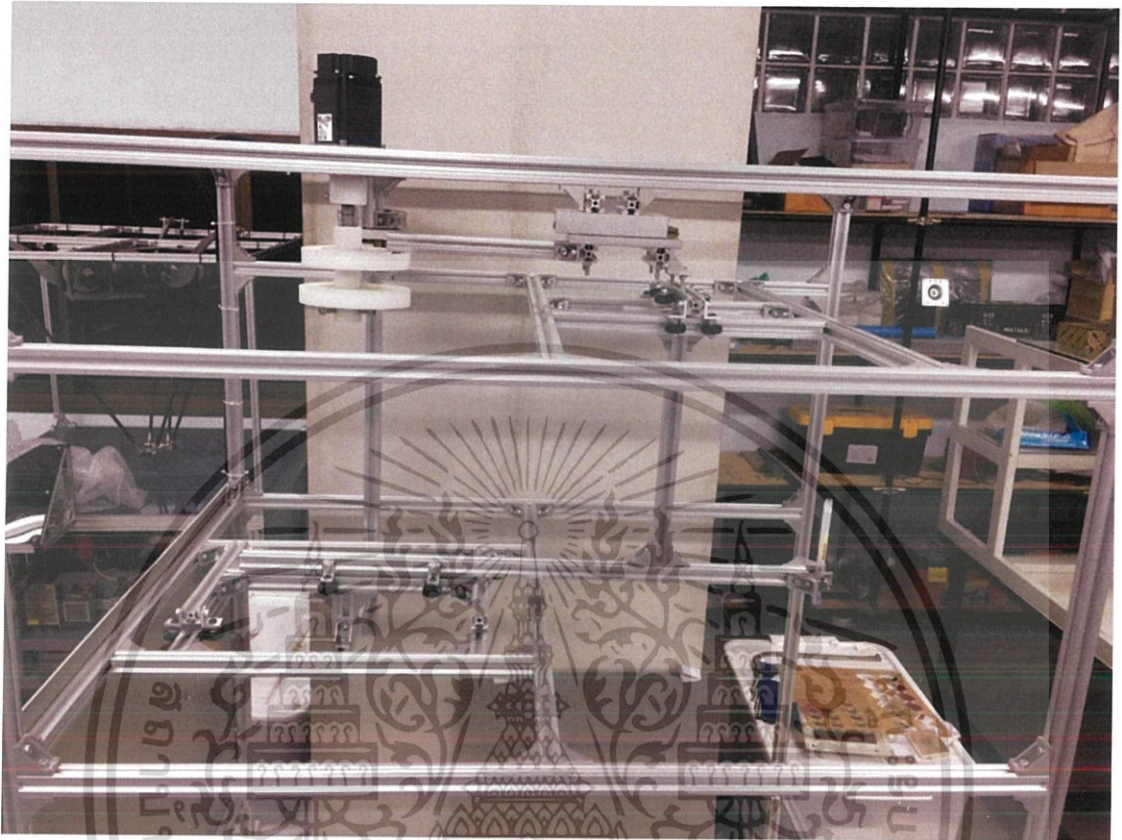
รูปที่ 4.9 ส่วนเลื่อนแกน Y ของส่วนควบคุมที่สร้างขึ้น



รูปที่ 4.10 ส่วนเลื่อนแกน X ของส่วนควบคุมที่สร้างขึ้น

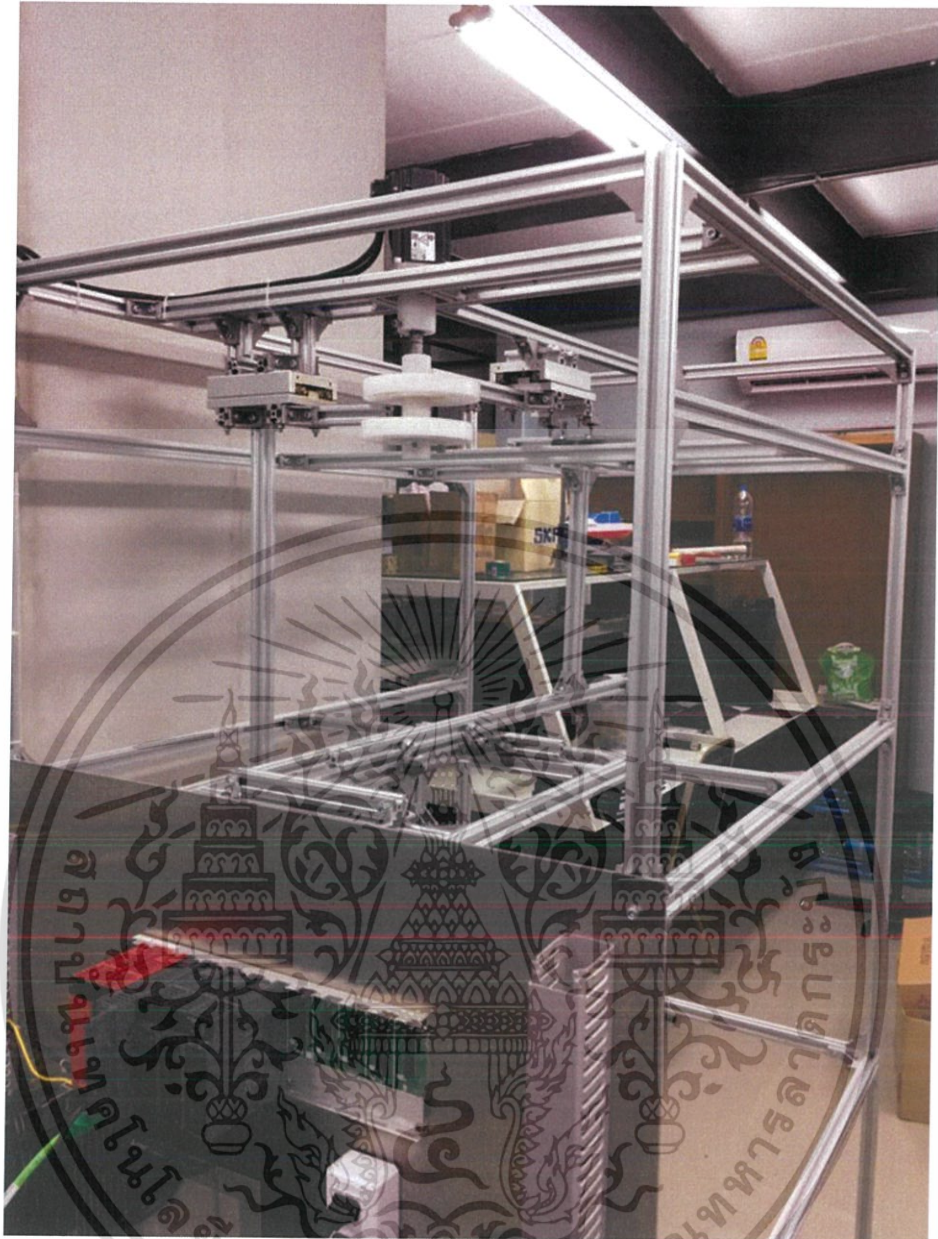
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อทำตามขั้นตอนที่กล่าวมาข้างต้นเสร็จสิ้นแล้วเครื่องที่ถูกสร้างขึ้นเป็นดังรูปที่ 4.11 และทำการติดตั้งระบบควบคุมด้วยพีแอลซีดังรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.11 ส่วนควบคุมที่เสร็จสมบูรณ์

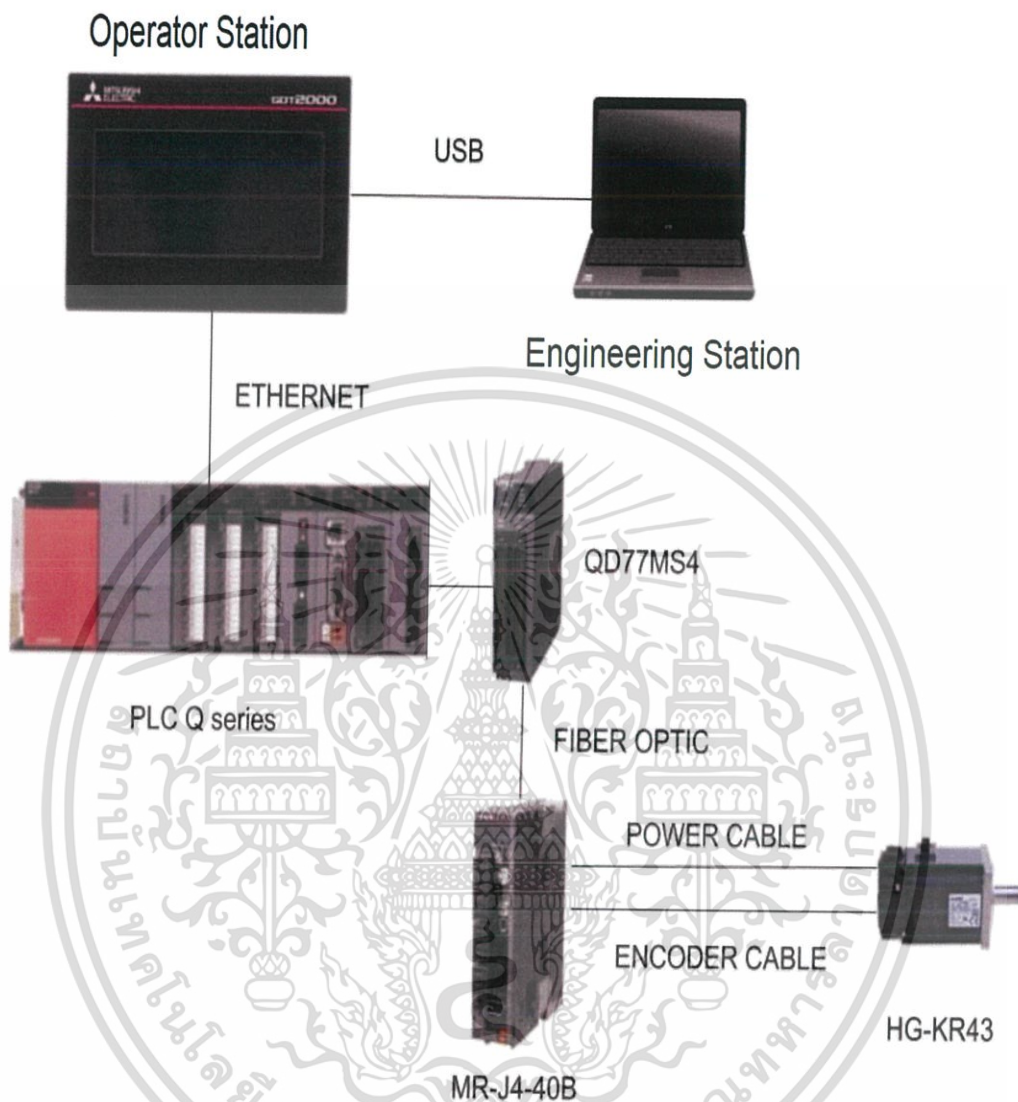
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 ส่วนควบคุมที่สร้างขึ้นพร้อมติดตั้งระบบควบคุมด้วยพีแอลซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 โครงสร้างของระบบควบคุมการทำงาน

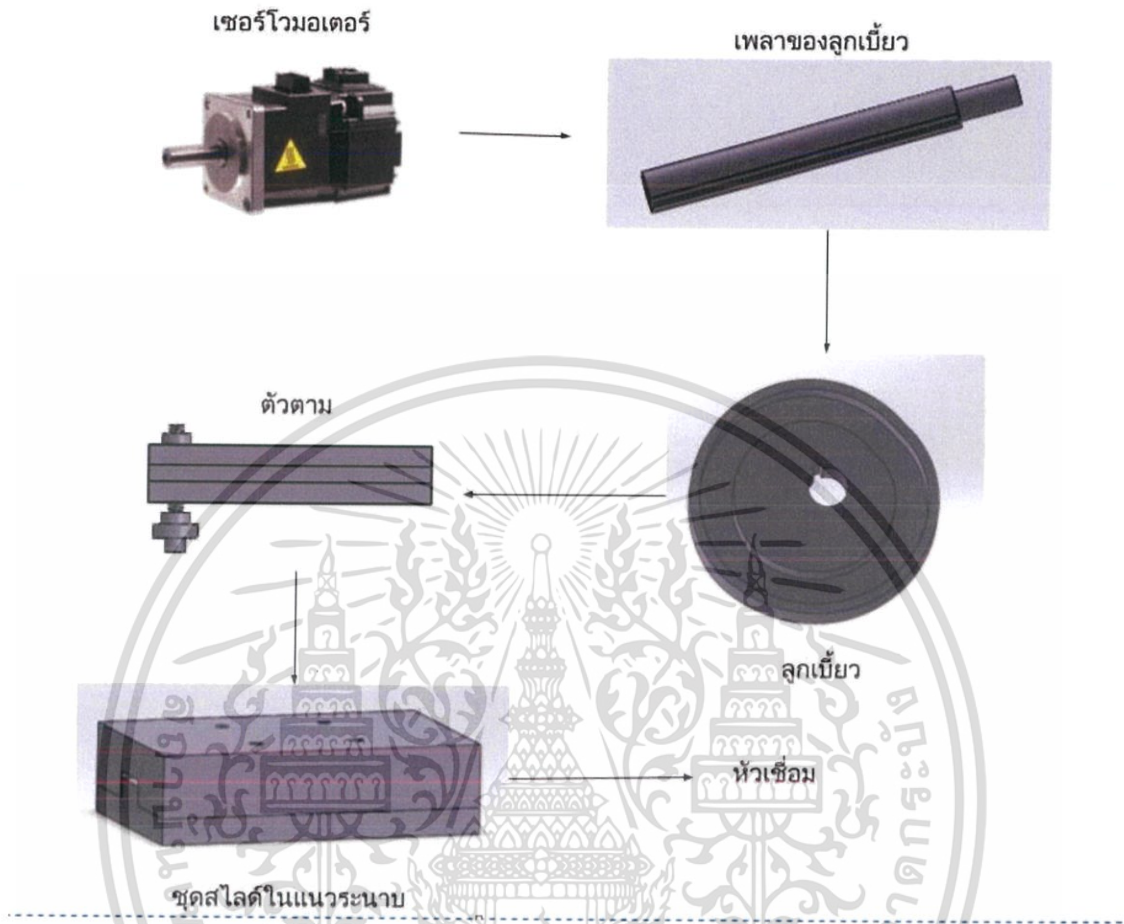


รูปที่ 4.13 โครงสร้างของระบบ

จากโครงสร้างระบบในรูปที่ 4.13 นั้น ประกอบด้วย คอมพิวเตอร์ 1 เครื่องซึ่งใช้ในการเขียนโปรแกรมลงไปในหน้าจอเอชเอ็มไอและพีแอลซี โดยเชื่อมต่อกับเอชเอ็มไอด้วยสาย USB และเชื่อมต่อกับพีแอลซีด้วยสาย Ethernet ตัวพีแอลซีนั้นทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของมอเตอร์ โดยมอเตอร์นั้นมีตัวควบคุมการทำงานด้วยตัวเซอร์โวแอมพลิฟายเออร์ ซึ่งหมายถึงหากต้องการควบคุมมอเตอร์ด้วยพีแอลซี พีแอลซีจำเป็นต้องส่งคำสั่งไปยังเซอร์โวแอมพลิฟายเออร์ โดยใช้ซิมเปลโมชันโมดูลตัวโมดูลนี้ส่งคำสั่งไปควบคุมการทำงานของเซอร์โวแอมพลิฟายเออร์ต่อไป และตัวโครงสร้างของระบบเบื้องต้นนี้ นำไปเชื่อมต่อกับตัวชิ้นงานต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 โครงสร้างของมอเตอร์เซอร์โว



รูปที่ 4.14 โครงสร้างของเซอร์โวมอเตอร์

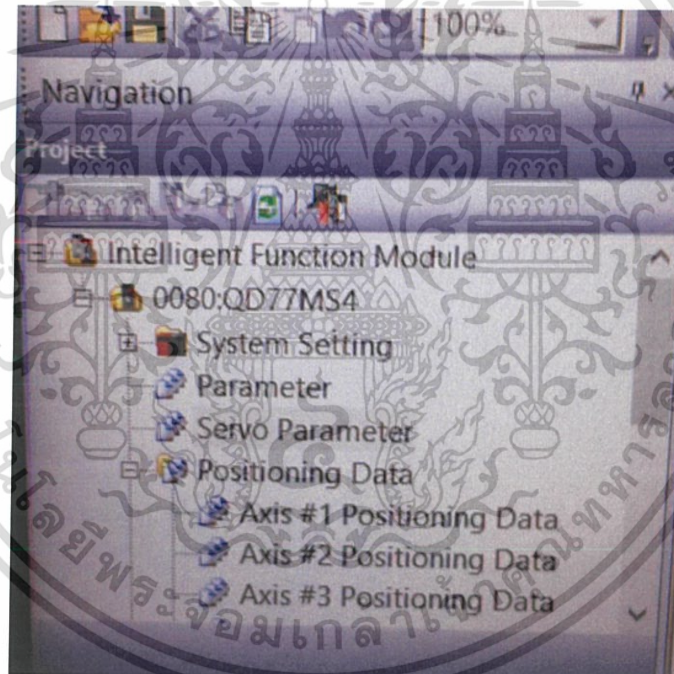
มอเตอร์เซอร์โวนั้น มีการประกอบเข้ากับชิ้นส่วนหลาย ๆ ชิ้นส่วน โดยเพลลาของมอเตอร์เซอร์โวทำหน้าที่ควบคุมเพลลาของลูกเบี้ยวเพื่อให้ลูกเบี้ยวที่ประกอบกับเพลลาของลูกเบี้ยวเกิดการหมุนตามความเร็วของมอเตอร์เซอร์โว เมื่อลูกเบี้ยวเกิดการหมุนตัวตามที่ประกอบเข้ากับลูกเบี้ยวจะเกิดการเคลื่อนที่ในแนวตรง เพื่อให้ชุดเคลื่อนที่ในแนวระนาบเกิดการเคลื่อนที่และควบคุมการเคลื่อนที่ของหัวเชื่อมต่อไป

4.5 อัลกอริทึมที่ใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องที่ถูกสร้างขึ้น

เมื่อทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์ทั้งหมดที่ได้ใช้เสร็จสิ้นการที่ควบคุมการทำงานของระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของหัวเชื่อมที่สร้างขึ้นนั้นจำเป็นต้องเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานเข้าไปในพีแอลซี และมีการกำหนดค่าพารามิเตอร์ (Parameter) ของตัวมอเตอร์เซอร์โวก่อนเป็นอันดับแรกโดยการกำหนดค่าพารามิเตอร์และอัลกอริทึมการทำงานของโปรแกรมที่ได้เขียนขึ้น มีรายละเอียดดังนี้

4.5.1 พารามิเตอร์ของมอเตอร์เซอร์โว

การนำมอเตอร์เซอร์โวมาใช้ควบคุมการเคลื่อนที่นั้นก่อนที่นำมาใช้ได้จำเป็นต้องกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ขึ้นมาให้เหมาะกับงานที่ใช้เพราะมอเตอร์เซอร์โวมีการใช้งานที่หลากหลายจึงมีค่าพารามิเตอร์ให้กำหนดมากมายโดยค่าพารามิเตอร์ที่กำหนด โดยเข้าเปิดโปรแกรมได้จากการเลือกหน้าต่าง Parameter จากรูที่ 4.15



รูปที่ 4.15 ตัวเลือก Parameter และ Servo Parameter

Compute Basic Parameters 1 - Axis #1



Entry

Select the machine components, and enter the machine data to automatically set the basic parameters 1 (unit setting, No. of pulses per rotation, movement amount per rotation and unit magnification).

Machine Configuration : **Rotary Table**

Unit Setting : **2:degree**

1 Revolution : **360.00000 [degree]**

Reduction Ratio (NL/NM) = /

Calculate reduction ratio by teeth or diameters Reduction Ratio Setting

Encoder Resolution : **4194304 [pulse/rev]**

Setting Range :

↓ **Compute Basic Parameters 1**

Calculation Result

Basic Parameters 1	Unit Setting	No. of Pulses per Rotation	Movement Amount per Rotation	Unit Magnification	Movement Amount per Pulse

As a result of calculation, no error occurs in the movement amount.

Applying the calculation result above, you want to perform is about the error for the movement amount Error Calculation

รูปที่ 4.16 การกำหนดรูปแบบการเคลื่อนที่ของมอเตอร์

จากรูปที่ 4.16 เป็นการกำหนดรูปแบบการเคลื่อนที่ของมอเตอร์ ซึ่งการใช้งานที่เลือกใช้เป็นรูปแบบ Rotary Table ซึ่งเป็นการเคลื่อนที่ในรูปแบบของมุมใช้ความเป็นเป็นมุมและค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในการกำหนดใช้ข้อมูลสำคัญคือมุมทั้งสิ้น

ในส่วนของ Reduction Ratio คือการกำหนดค่าทดของเครื่องจักร โดยหากกำหนดทั้งสองค่าเป็นคณลค่ากันยกตัวอย่างเช่น 1/1000 นั้นหมายความว่าหากต้องการให้ชิ้นส่วนสุดท้ายที่ต่อทตไว้กับมอเตอร์หมุนหนึ่งรอบมอเตอร์เซอร์โวจำเป็นต้องใช้การหมุน 1000 รอบ ซึ่งในงานนี้กำหนดเป็น 1/1 เนื่องจากการต่อมอเตอร์เซอร์โวเข้ากับลูกเบี้ยวไม่มีการต่อทตนั้นหมายถึงหากต้องการให้ลูกเบี้ยวหมุนครบหนึ่งรอบต้องให้มอเตอร์เซอร์โวหมุนหนึ่งรอบนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Basic parameters 1	Set according to the machine and applic...
Pr.1:Unit setting	2:degree
Pr.2:No. of pulses per rotation	4194304 pulse
Pr.3:Movement amount per rotation	360.00000 degree
Pr.4:Unit magnification	1:x1 Times
Pr.7:Bias speed at start	0.000 degree/min
Basic parameters 2	Set according to the machine and applic...
Pr.8:Speed limit value	50000.000 degree/min
Pr.9:Acceleration time 0	1000 ms
Pr.10:Deceleration time 0	1000 ms
Detailed parameters 1	Set according to the system configuratio...
Pr.11:Backlash compensation amount	0.00000 degree
Pr.12:Software stroke limit upper limit value	0.00000 degree
Pr.13:Software stroke limit lower limit value	0.00000 degree
Pr.14:Software stroke limit selection	0:Set Software Stroke Limit to Feed Current Value
Pr.15:Software stroke limit valid/invalid setting	0:Valid
Pr.16:Command in-position width	0.00100 degree
Pr.17:Torque limit setting value	300 %
Pr.18:M-code ON signal output timing	0:WITH Mode
Pr.19:Speed switching mode	0:Standard Speed Switching Mode
Pr.20:Interpolation speed designation method	0:Vector Speed
Pr.21:Feed current value during speed control	0:Not Update of Feed Current Value
Pr.22:Input signal logic selection : Lower limit	1:Positive Logic
Pr.22:Input signal logic selection : Upper limit	1:Positive Logic
Pr.22:Input signal logic selection : Stop signal	0:Negative Logic
Pr.22:Input signal logic selection : External command/switching signal	0:Negative Logic
Pr.22:Input signal logic selection : Proximity dog signal	0:Negative Logic
Pr.22:Input signal logic selection : Manual pulse generator input	0:Negative Logic
Pr.80:External signal selection	2:Use Buffer Memory of QD77MS

รูปที่ 4.17 หน้าต่างกลุ่มค่าเริ่มต้นทั้งหมดของพารามิเตอร์

จากรูปที่ 4.17 คือการกำหนดค่าพารามิเตอร์โดยค่าที่ถูกกำหนดหลัก ๆ คือ Movement amount per rotation หมายถึงหากต้องการให้มอเตอร์เซอร์โวหมุนครบหนึ่งรอบ จำเป็นต้องใช้มุมเท่าไร ซึ่งค่าที่กำหนดไว้คือ 360 องศา และ Speed limit value หมายถึงการกำหนดค่าสูงสุดของความเร็วมอเตอร์เซอร์โว ซึ่งค่าที่กำหนดคือ 50000 องศา/นาที

Basic			Selected Items Write	Axis Writing	
No.	Abbr.	Name	Unit	Setting range	Axis1
PA01	**STY	Operation mode		0000-1260	1000
PA02	**REG	Regenerative option		0000-7FFF	0000
PA03	*ABS	Absolute position detection system		0000-0001	0000
PA04	*AOP1	Function selection A-1		0000-2130	2100
PA05	*FBP	For manufacturer setting		10000-10000	10000
PA06	*CMX	For manufacturer setting		1-1	1
PA07	*CDV	For manufacturer setting		1-1	1
PA08	ATU	Auto tuning mode		0000-0004	0003
PA09	RSP	Auto tuning response		1-40	16
PA10	INP	In-position range	pulse	0-65535	1600
PA11	TLP	For manufacturer setting		0.0-1000.0	1000.0
PA12	TLN	For manufacturer setting		0.0-1000.0	1000.0
PA13	AOP2	For manufacturer setting		0000-0000	0000
PA14	*POL	Rotation direction selection		0-1	1
PA15	*ENR	Encoder output pulse	pulse/rev	1-65535	4000
PA16	*ENR2	Encoder output pulse 2		1-65535	1
PA17	**MSR	For manufacturer setting		0000-FFFF	0000
PA18	**MTY	For manufacturer setting		0000-FFFF	0000
PA19	*BLK	Parameter block		0000-FFFF	00AB
PA20	*TDS	Tough drive setting		0000-1110	0000
PA21	*AOP3	Function selection A-3		0000-0001	0001
PA22	**PCS	Position control structure selection		0000-2020	0000
PA23	DRAT	Drive recorder arbitrary alarm trigger setting		0000-FFFF	0000
PA24	AOP4	Function selection A-4		0000-0002	0000
PA25	OTHOV	One-touch tuning - Overshoot permissible level	%	0-100	0
PA26	*AOP5	Function selection A-5		0000-00A1	0000
PA27	*HTL	For manufacturer setting		0000-0014	0000
PA28	**AOP6	For manufacturer setting		0000-0000	0000
PA29		For manufacturer setting		0000-0000	0000
PA30		For manufacturer setting		0000-0000	0000

รูปที่ 4.18 กลุ่มค่าพารามิเตอร์ในหน้าต่าง Basic ของมอเตอร์เซอร์โว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Gain/filter		Selected Items Write		Axis Writing	
No.	Abbr.	Name	Unit	Setting range	Axis1
PB01	FILT	Adaptive tuning mode (Adaptive filter II)		0000-1002	0000
PB02	VRFT	Vib. supp. ctrl. tuning mode (Adv. vib. supp. ctrl. II)		0000-0022	0000
PB03	TFBGN	Torque feedback loop gain	rad/s	0-18000	0
PB04	FFC	Feed forward gain	%	0-100	0
PB05	FFCF	For manufacturer setting		10-9000	500
PB06	GD2	Load inertia moment ratio	times	0.00-300.00	300.00
PB07	PG1	Model loop gain	rad/s	1.0-2000.0	1.0
PB08	PG2	Position loop gain	rad/s	1.0-2000.0	1.0
PB09	VG2	Speed loop gain	rad/s	20-65535	20
PB10	VIC	Speed integral compensation	ms	0.1-1000.0	0.1
PB11	VDC	Speed differential compensation		0-1000	0
PB12	OVA	Overshoot amount compensation	%	0-100	0
PB13	NH1	Machine resonance suppression filter 1	Hz	10-4500	4500
PB14	NHQ1	Notch shape selection 1		0000-0330	0000
PB15	NH2	Machine resonance suppression filter 2	Hz	10-4500	4500
PB16	NHQ2	Notch shape selection 2		0000-0331	0000
PB17	NHF	Shaft resonance suppression filter		0000-031F	0000
PB18	LPF	Low-pass filter setting	rad/s	100-18000	3141
PB19	VRF11	Vib. supp. ctrl. 1 - Vibration frequency	Hz	0.1-300.0	100.0
PB20	VRF12	Vib. supp. ctrl. 1 - Resonance frequency	Hz	0.1-300.0	100.0
PB21	VRF13	Vib. supp. ctrl. 1 - Vibration frequency damping		0.00-0.30	0.00
PB22	VRF14	Vib. supp. ctrl. 1 - Resonance frequency damping		0.00-0.30	0.00
PB23	VFBF	Low-pass filter selection		0000-1022	0000
PB24	*MVS	Slight vibration suppression control		0000-0031	0000
PB25	*BOP1	Function selection B-1		0000-1F02	0000
PB26	*CDP	Gain changing function		0000-0214	0000
PB27	CDL	Gain changing condition		0-65535	0
PB28	CDT	Gain changing time constant	ms	0-100	1

รูปที่ 4.19 กลุ่มค่าพารามิเตอร์ในหน้าต่าง Gain/Filter ของมอเตอร์เซอร์โว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.18 และ 4.19 คือการกำหนดค่าของเซอร์โวพารามิเตอร์ โดยที่สามารถเข้าหน้าต่างนี้ได้จาก Servo Parameter ดังรูปที่ 4.15 ซึ่งส่วนสำคัญอยู่ในรูปที่ 4.19 คือการกำหนดค่าพารามิเตอร์ในหน้าต่าง Gain/Filter ซึ่งการกำหนดค่าพารามิเตอร์ในหน้าต่างนี้เป็นสิ่งสำคัญเพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้ซึ่งค่าพารามิเตอร์ที่ถูกกำหนดประกอบด้วย ดังนี้

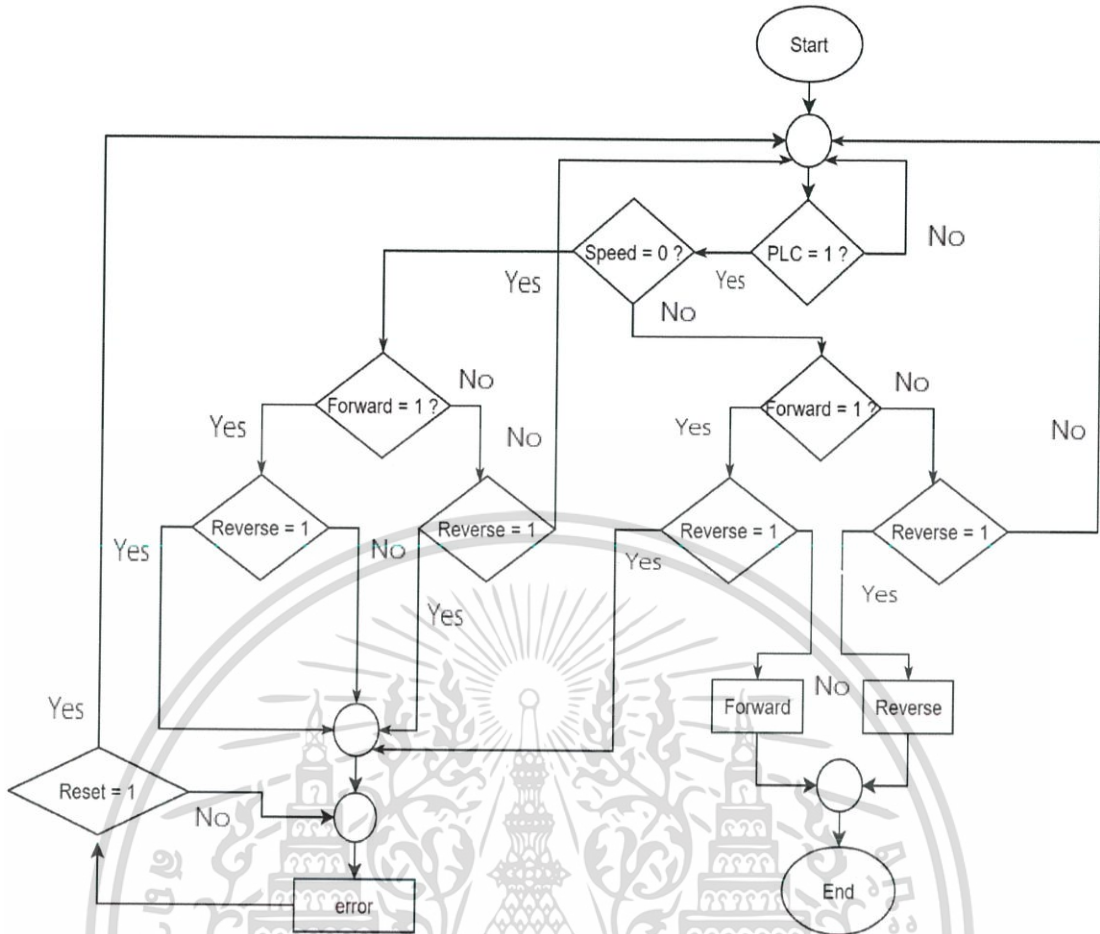
1. Load inertia movement ratio = 300
2. Model loop gain = 1
3. Position loop gain = 1
4. Speed loop gain = 20
5. Speed integral compensation = 0.1

4.5.2 อัลกอริทึมและโปรแกรมที่ใช้ควบคุมการทำงาน

โปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมการทำงานถูกเขียนลงในซอฟต์แวร์ GX Works 2 โดยภาษาที่ใช้ในการเขียนคือ Structure/FB ซึ่งประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลัก ๆ มีดังนี้

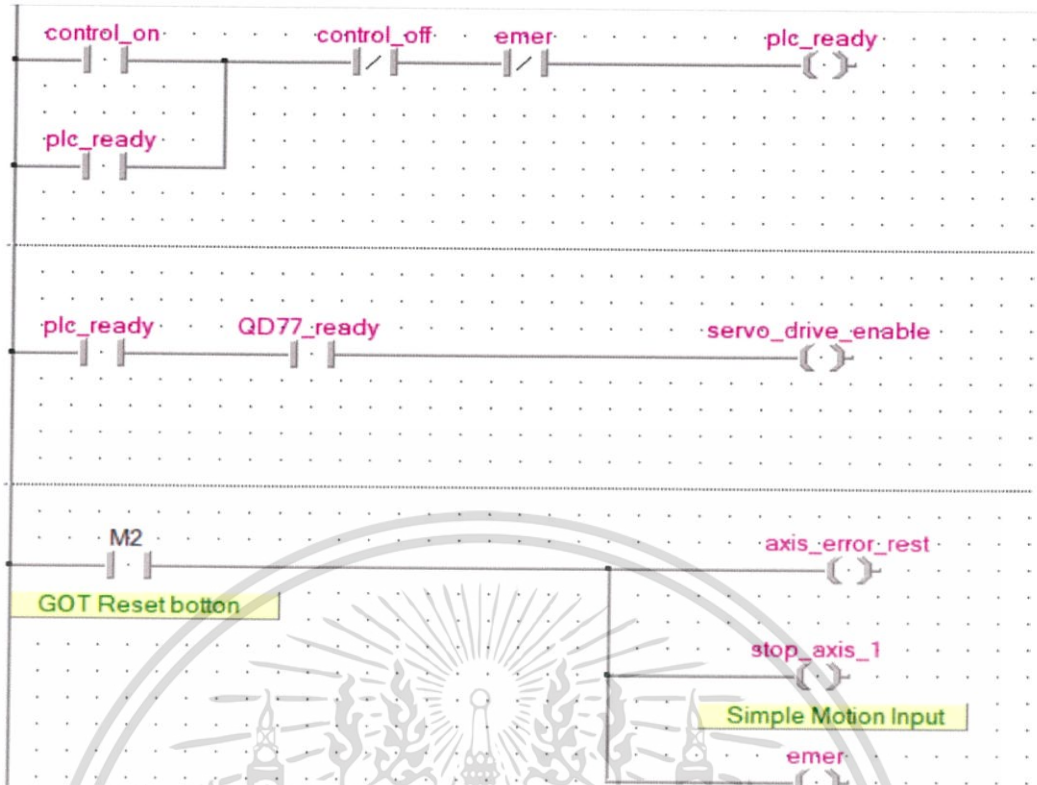
1. JOG

JOG คือการควบคุมการทำงานของมอเตอร์ด้วยมือหรือเรียกได้ในอีกความหนึ่งคือ โหมดแมนนวล (Manual Mode) ซึ่งสามารถอธิบายการทำงานของโปรแกรมในส่วนนี้ได้จากรูปที่ 4.19

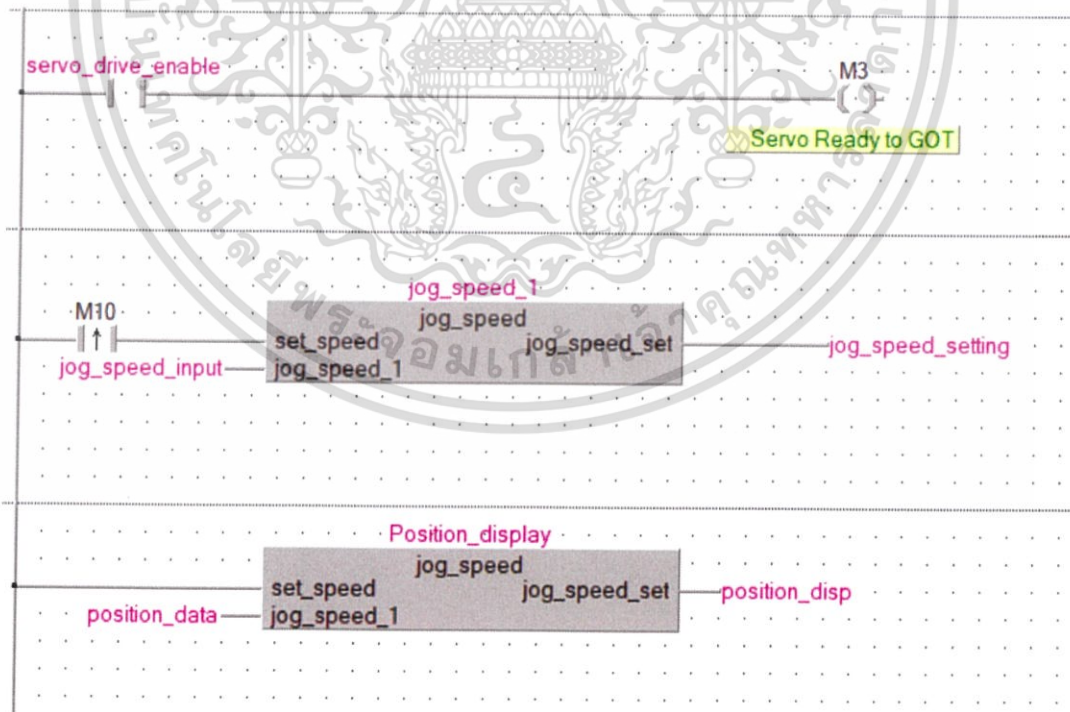


รูปที่ 4.20 ฟังก์ชันการทำงานของโปรแกรม JOG

จากรูปที่ 4.20 แสดงฟังก์ชันการทำงานของโปรแกรม JOG ซึ่งมีความหมายว่า เมื่อเริ่มโปรแกรมในส่วนนี้ตัวโปรแกรมเช็คค่าพีแอลซีและมอเตอร์เซอร์โวเปิดแล้วหรือไม่ หากยังไม่ได้เปิดตัวโปรแกรมไม่สามารถเริ่มทำงานได้หาเปิดแล้วขั้นตอนต่อไปตัวโปรแกรมเช็คค่าความเร็วในการควบคุมด้วยมือนั้นมีค่าเป็นศูนย์หรือไม่ หากมีค่าเป็นศูนย์และยังกดให้มอเตอร์เซอร์โวหมุนไปข้างหน้าหรือหมุนย้อนกลับโปรแกรมเกิดการเออเร่อขึ้นจำเป็นต้องกดปุ่ม Reset เพื่อเริ่มโปรแกรมใหม่แต่หากความเร็วในการควบคุมด้วยมือมีค่าไม่เป็นศูนย์ เมื่อกดให้มอเตอร์หมุนไปข้างหน้าหรือหมุนย้อนกลับมอเตอร์หมุนไปในทิศทางนั้นด้วยความเร็วที่กำหนดไว้ ซึ่งโปรแกรมในส่วนนี้ถูกเขียนขึ้นใน GX Works 2 ซึ่งเป็นไปดังรูปที่ 4.21 และ 4.22



รูปที่ 4.21 โปรแกรมควบคุมการเปิดและปิดการทำงานของพีแอลซีและมอเตอร์เซอร์โว



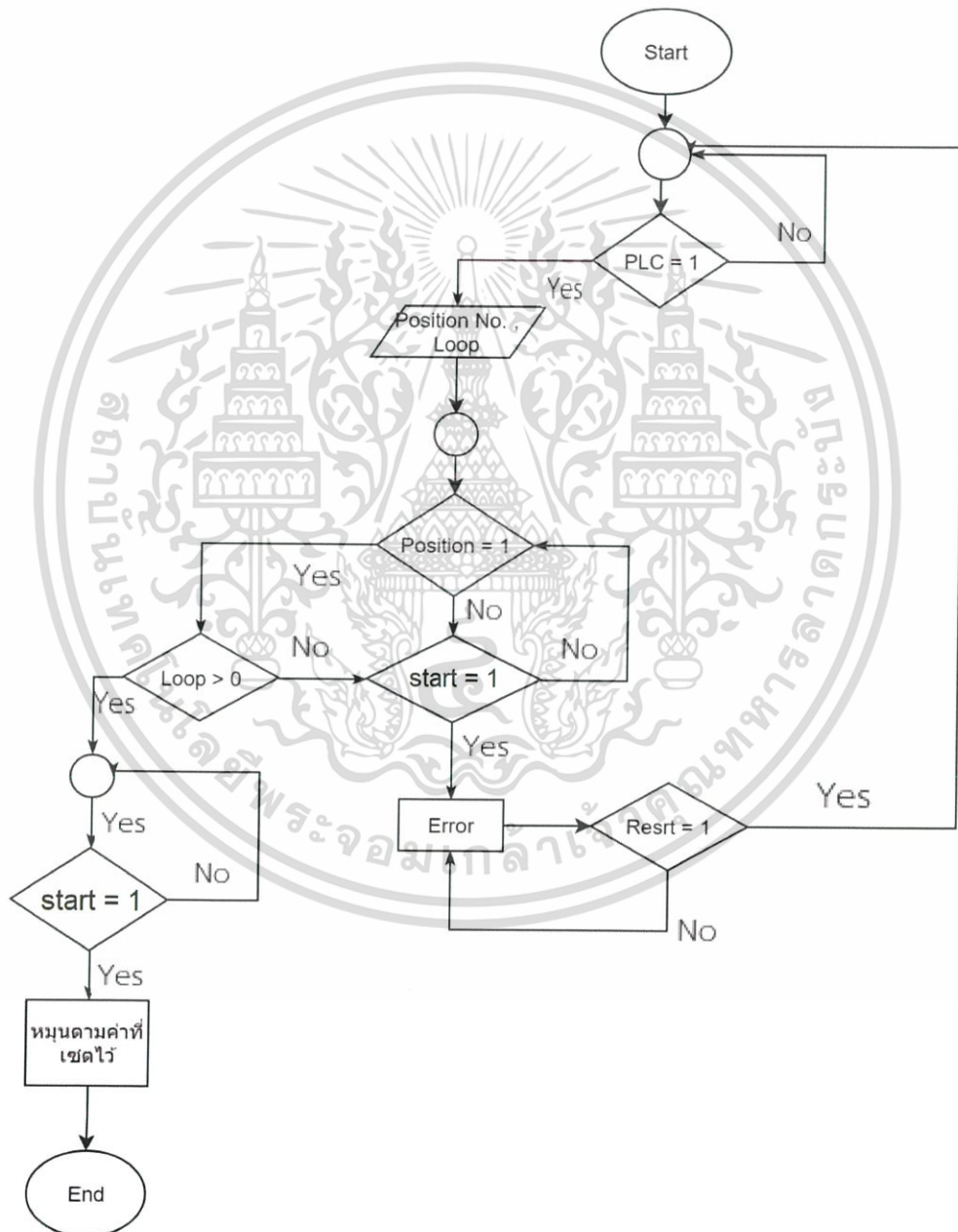
รูปที่ 4.22 กล่องฟังก์ชันบล็อกในการกำหนดค่าความเร็วในโหมด JOG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.21 คือโปรแกรมควบคุมการเปิดและปิดการทำงานของพีแอลซีและมอเตอร์เซอร์โวและรูปที่ 4.22 ในกล่องฟังก์ชันบล็อก (Function Block) jog_speed 1 คือการกำหนดค่าความเร็วในโหมด JOG

2. ฟังก์ชันการเคลื่อนที่

โปรแกรมในส่วนนี้คือ การควบคุมการเคลื่อนที่ตามทีออกแบบไว้หรือในอีกความหมายหนึ่งคือโหมดกึ่งอัตโนมัติ ซึ่งมีการทำงานดังนี้



รูปที่ 4.23 แผนผังการทำงานของโปรแกรมฟังก์ชันการเคลื่อนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.23 แสดงผังลำดับการทำงานของโปรแกรมในส่วนนี้โดยขั้นตอนแรกคือ โปรแกรมตรวจสอบว่าพีแอลซีและมอเตอร์เซอร์โวเปิดอยู่หรือไม่หากเปิดอยู่นั้นมีการเปิดรับค่าจากผู้ใช้ โดยมีสองตัวแปร คือ Position No. และ Loop เมื่อรับค่าเสร็จสิ้นโปรแกรมตรวจค่าที่รับมาทั้งสองโดยการตรวจตัวแปร Position No. ก่อนว่ามีค่าเป็นหนึ่งหรือไม่หากไม่ใช่ เมื่อกดปุ่ม Start หรือปุ่มเริ่มการทำงานของโปรแกรมเกิดเออเร่อขึ้นจำเป็นต้องกด Reset เพื่อไปเริ่มโปรแกรมใหม่แต่หาก Position No. เป็นหนึ่งโปรแกรมตรวจสอบตัวแปร Loop ต่อว่ามีค่ามากกว่าศูนย์หรือไม่ หากมากกว่าศูนย์และกดเริ่มการทำงานของมอเตอร์หมุนด้วยความเร็วที่ถูกกำหนดไว้ตามจำนวนที่ใส่ค่าลงในตัวแปร Loop ซึ่งการทำงานในโหมดกึ่งอัตโนมัตินั้นทำตามฟังก์ชันการควบคุมความเร็วดังรูปที่ 4.24 และ รูปที่ 4.25 โดยเริ่มทำงานเรียงลำดับจากลำดับที่หนึ่งถึงลำดับสุดท้าย โดยเมื่อเริ่มการทำงานแล้วไม่สามารถไม่หยุดการทำงานจนกว่าทำงานถึงลำดับสุดท้ายหรือมีการกด Emergency ซึ่งที่นี้คือลำดับที่ 23 เป็นลำดับสุดท้ายในการทำงาน

การกำหนดความเร็วการเคลื่อนที่ในโปรแกรมส่วนนี้จำเป็นต้องเข้าไปกำหนดในค่าพารามิเตอร์ของมอเตอร์เซอร์โวซึ่งถูกกำหนดขึ้นตามรูปที่ 4.24 และ 4.25 เพื่อให้ความเร็วของการหมุนสัมพันธ์กับความเร็วในการเชื่อมของหัวเชื่อม

No.	Operation pattern	Control method	Axis to be interpolated	Acceleration time No.	Deceleration time No.	Positioning address	Arc address	Command speed	Dwell time	M-code
1	0:END <Positioning Comment>	03h:LOOP	-	0:1000	0:1000	0.00000 degree	0.00000 degree	0.000 degree/min	0 ms	10
2	3:LOCATION <Positioning Comment>Test operation cont platern	02h:INC Linear 1	-	0:1000	0:1000	20.00000 degree	0.00000 degree	21900.000 degree/min	0 ms	0
3	3:LOCATION <Positioning Comment>	02h:INC Linear 1	-	0:1000	0:1000	20.00000 degree	0.00000 degree	21900.000 degree/min	0 ms	0
4	3:LOCATION <Positioning Comment>	02h:INC Linear 1	-	0:1000	0:1000	20.00000 degree	0.00000 degree	21900.000 degree/min	0 ms	0
5	3:LOCATION <Positioning Comment>END of picton chart	02h:INC Linear 1	-	0:1000	0:1000	20.00000 degree	0.00000 degree	21900.000 degree/min	0 ms	0
6	3:LOCATION <Positioning Comment>	02h:INC Linear 1	-	0:1000	0:1000	20.00000 degree	0.00000 degree	21900.000 degree/min	0 ms	0
7	3:LOCATION <Positioning Comment>	02h:INC Linear 1	-	0:1000	0:1000	20.00000 degree	0.00000 degree	21900.000 degree/min	0 ms	0
8	3:LOCATION <Positioning Comment>	02h:INC Linear 1	-	0:1000	0:1000	20.00000 degree	0.00000 degree	21900.000 degree/min	0 ms	0
9	3:LOCATION <Positioning Comment>	02h:INC Linear 1	-	0:1000	0:1000	20.00000 degree	0.00000 degree	21900.000 degree/min	0 ms	0
10	3:LOCATION <Positioning Comment>Test increment position.	02h:INC Linear 1	-	0:1000	0:1000	20.00000 degree	0.00000 degree	21900.000 degree/min	0 ms	0
11	3:LOCATION <Positioning Comment>	02h:INC Linear 1	-	0:1000	0:1000	20.00000 degree	0.00000 degree	43500.000 degree/min	0 ms	0
12	3:LOCATION <Positioning Comment>Return to absolute zero	02h:INC Linear 1	-	0:1000	0:1000	20.00000 degree	0.00000 degree	43500.000 degree/min	0 ms	0
13	3:LOCATION	02h:INC Linear 1	-	0:1000	0:1000	20.00000 degree	0.00000 degree	43500.000 degree/min	0 ms	0

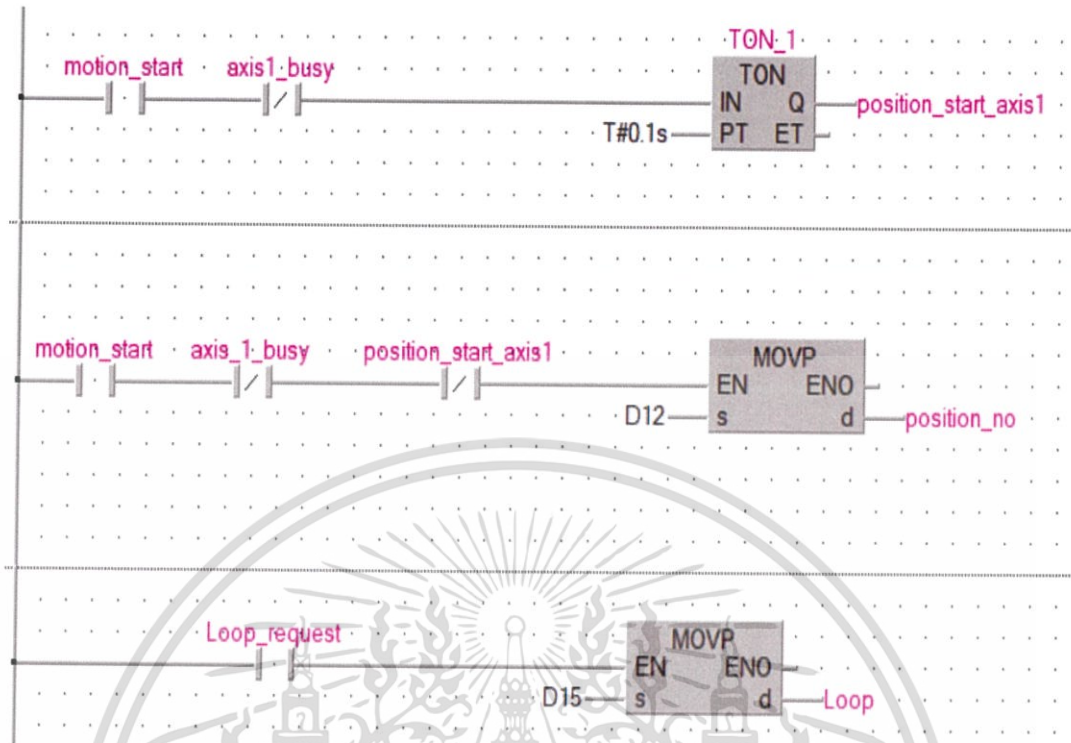
รูปที่ 4.24 กำหนดความเร็วที่ 0 ถึง 240 องศา ในพารามิเตอร์ของมอเตอร์เซอร์โว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14	3:LOCATION	02h:INC Linear 1	-	0:1000	0:1000	20.00000 degree	0.00000 degree	43500.000 degree/min	0 ms	0
	<Positioning Comment>									
15	3:LOCATION	02h:INC Linear 1	-	0:1000	0:1000	20.00000 degree	0.00000 degree	43500.000 degree/min	0 ms	0
	<Positioning Comment>									
16	3:LOCATION	02h:INC Linear 1	-	0:1000	0:1000	10.00000 degree	0.00000 degree	43500.000 degree/min	0 ms	0
	<Positioning Comment>									
17	3:LOCATION	02h:INC Linear 1	-	0:1000	0:1000	20.00000 degree	0.00000 degree	10200.000 degree/min	0 ms	0
	<Positioning Comment>									
18	3:LOCATION	02h:INC Linear 1	-	0:1000	0:1000	20.00000 degree	0.00000 degree	10200.000 degree/min	0 ms	0
	<Positioning Comment>									
19	3:LOCATION	02h:INC Linear 1	-	0:1000	0:1000	20.00000 degree	0.00000 degree	10200.000 degree/min	0 ms	0
	<Positioning Comment>									
20	3:LOCATION	02h:INC Linear 1	-	0:1000	0:1000	10.00000 degree	0.00000 degree	10200.000 degree/min	0 ms	0
	<Positioning Comment>									
21	3:LOCATION	02h:INC Linear 1	-	0:1000	0:1000	0.00000 degree	0.00000 degree	10200.000 degree/min	0 ms	0
	<Positioning Comment>									
22	0:END	84h:LEND	-	0:1000	0:1000	0.00000 degree	0.00000 degree	0.000 degree/min	0 ms	0
	<Positioning Comment>									
23	0:END	02h:INC Linear 1	-	0:1000	0:1000	0.00001 degree	0.00000 degree	10.000 degree/min	0 ms	0
	<Positioning Comment>									

รูปที่ 4.25 กำหนดความเร็วที่ 260 ถึง 360 องศา ในพารามิเตอร์ของมอเตอร์เซอร์โว

จากรูปที่ 4.24 และ 4.25 คือการกำหนดช่วงความเร็วในแต่ละมุม ซึ่งทำงานในรูปแบบของขั้นลำดับคือ ทำจากข้างบนลงมาข้างล่าง ซึ่งเริ่มจากช่องที่ 1 โดยความเร็วที่กำหนดในช่วง 180 องศาแรกใช้ความเร็ว 21900 degree/min หรือประมาณ 360 degree/sec ช่วงมุมที่ 180-270 องศาใช้ความเร็ว 43500 degree/min หรือประมาณ 720 degree/sec และช่วงมุมที่ 270-360 องศาใช้ความเร็ว 10200 degree/min หรือประมาณ 180 degree/sec เป็นอันจบการทำงานหนึ่งรอบของการทำงาน โดยตัวแปร M code คือการกำหนดว่าต้องการให้ทำงานทั้งหมดกี่รอบซึ่งเป็นการรับค่าจากผู้ใช้ ซึ่งค่าพารามิเตอร์ที่กำหนดถูกนำไปเขียนโปรแกรมการเริ่มการทำงานของมอเตอร์เซอร์โวจาก Gx Works 2 ดังรูปที่ 4.26

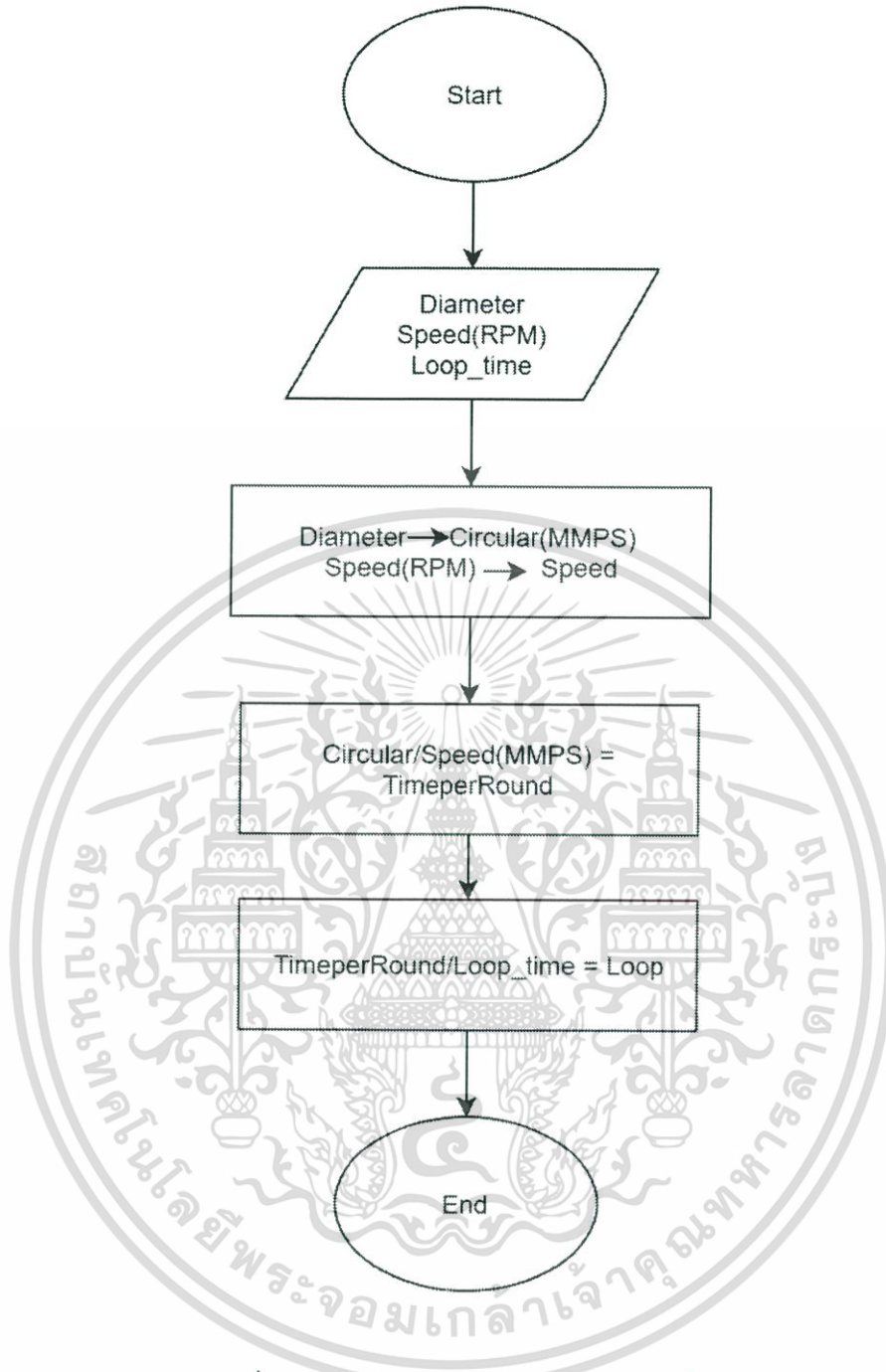


รูปที่ 4.26 โปรแกรมที่ใช้ในการสั่งเริ่มการทำงานของมอเตอร์เซอร์โว

การทำงานของโปรแกรมในส่วนนี้เมื่อกดปุ่ม Start โปรแกรมนั้นเปิดการทำงานในโหมด Positioning ของมอเตอร์เซอร์โวและเริ่มการทำงานด้วยความเร็วที่กำหนดไว้ในพารามิเตอร์ของมอเตอร์เซอร์โวตามจำนวนลูปที่ใส่เข้าไปในตัวแปร Loop

4.5.3 การคำนวณ

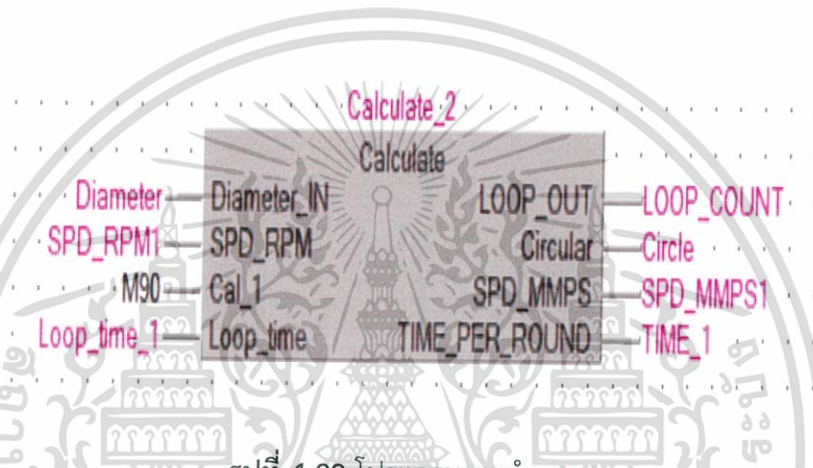
เครื่องที่ถูกสร้างขึ้นจากการออกแบบมาถูกออกแบบมาเพื่อใช้กับงานจำพวกท่อโลหะ ซึ่งมีค่าเส้นผ่านศูนย์กลางและความเร็วในการหมุนเชิงมุม ซึ่งจำเป็นต้องมีโปรแกรมในส่วนนี้เพื่อใช้คำนวณจำนวนลูปที่ใช้ในงานเชื่อมจริง ซึ่งมีหลักการทำงานดังนี้



รูปที่ 4.27 ฟังก์ชันการคำนวณจำนวนลูปที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

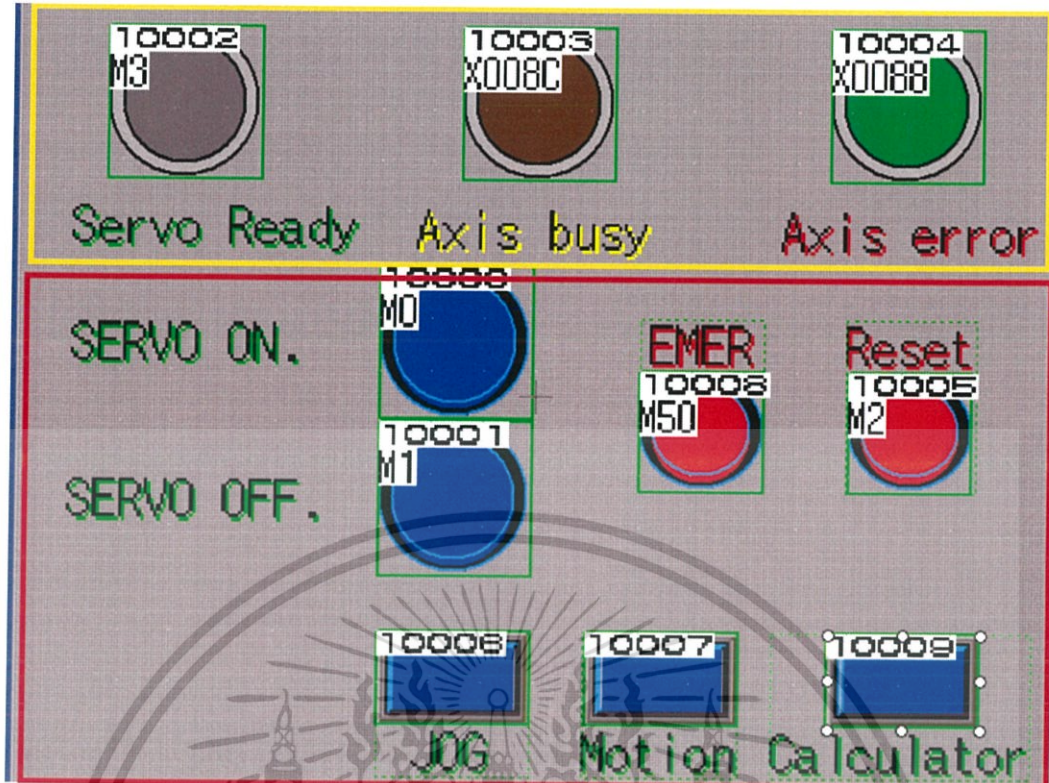
จากรูปที่ 4.27 ขั้นตอนแรกคือจำเป็นต้องใส่ค่าเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อความเร็วในการหมุนของชิ้นงานและเวลาที่หัวเชื่อมเคลื่อนที่ครบหนึ่งรอบการทำงานหรือก็คือทำงานจากลำดับที่หนึ่งถึงลำดับสุดท้ายครบหนึ่งรอบตัวโปรแกรมนั้นนำค่าที่ใส่ลงในตัวแปรมาคำนวณเริ่มจากการเปลี่ยนค่าเส้นผ่านศูนย์กลางท่อให้เป็นเส้นรอบรูปและเปลี่ยนความเร็วในการหมุนชิ้นงานจาก RPM เป็น MMPS (Millimeter per second) ขั้นตอนต่อไปคือการนำค่าเส้นรอบรูปมาหารด้วยความเร็วในการหมุนชิ้นงานที่หน่วย มิลลิเมตร/วินาที ได้เวลาที่ใช้ในการหมุนชิ้นงานครบรอบขั้นตอนสุดท้ายคือ การนำความเร็วที่ใช้ในการหมุนชิ้นงานครบหนึ่งรอบมาหารด้วยเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของหัวเชื่อมครบหนึ่งรอบได้จำนวน Loop ที่ต้องนำไปใส่ในค่าตัวแปรในโปรแกรมก่อนหน้าซึ่งใน GX Works2 เขียนโปรแกรมดังรูปที่ 4.28



รูปที่ 4.28 โปรแกรมการคำนวณ

4.6 เอชเอ็มไอที่สร้างขึ้นเพื่อควบคุมการทำงานของระบบ

การควบคุมการทำงานของโปรแกรมในพีแอลซีนั้นจำเป็นต้องใช้เอชเอ็มไอเพื่อติดต่อระหว่างพีแอลซีกับผู้ใช้ เพื่อให้การทำงานมีประสิทธิภาพมากขึ้นจึงได้เขียนหน้าต่างเอชเอ็มไอขึ้นมาสี่หน้าต่างดังนี้



รูปที่ 4.29 เอชเอ็มไอหน้าต่าง Main

จากรูปที่ 4.29 คือหน้าต่างเอชเอ็มไอที่ใช้ในการกดเพื่อเปิดและปิดการทำงานของมอเตอร์เซอร์โว โดยสามารถแบ่งได้เป็นสองส่วนดังนี้

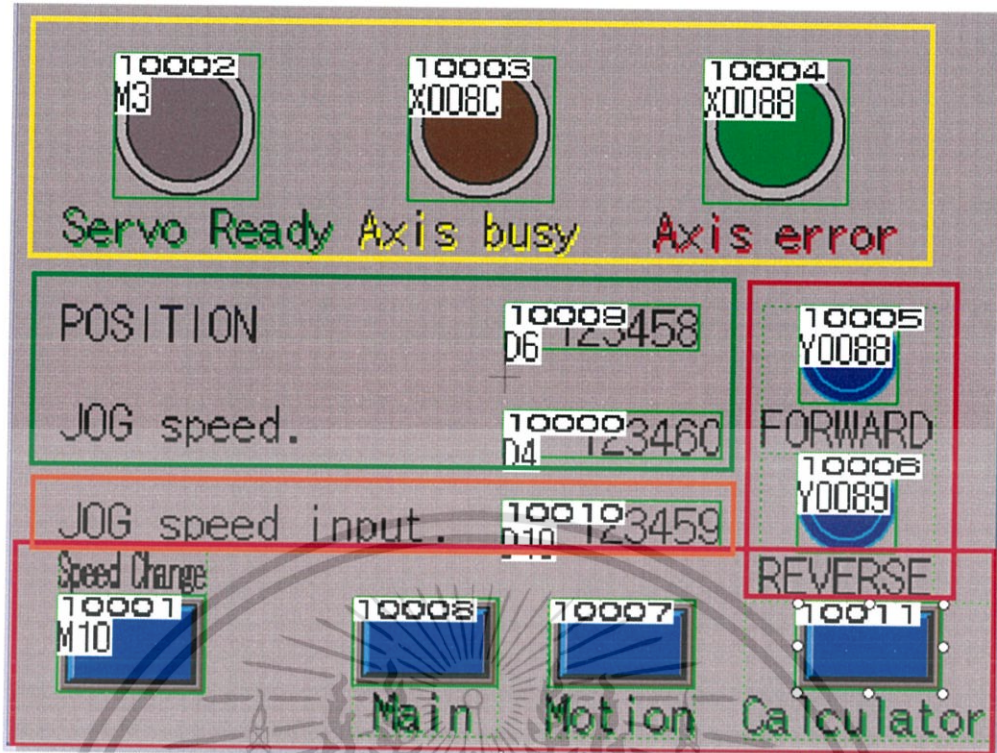
กรอบสี่เหลี่ยม : หลอดไฟแสดงสถานะ

- Servo Ready : หลอดไฟแสดงสถานะว่ามอเตอร์เซอร์โวพร้อมใช้งาน
- Axis busy : หลอดไฟแสดงสถานะว่ามอเตอร์เซอร์โวกำลังทำงาน
- Axis Error : หลอดไฟแสดงสถานะว่ามอเตอร์เซอร์โวเกิดการเออเร่อ

กรอบสี่แดง : ปุ่มกด

- Servo ON : ปุ่มเปิดมอเตอร์เซอร์โว
- Servo OFF : ปุ่มปิดมอเตอร์เซอร์โว
- EMER : ปุ่มหยุดการทำงานของมอเตอร์เซอร์โวในกรณีฉุกเฉิน
- Reset : ปุ่มกดเพื่อทำการปรับทุกค่าให้เป็นจุดเริ่มต้น
- JOG : ปุ่มกดเปลี่ยนหน้าต่างเอชเอ็มไอไปยังหน้า JOG
- Motion : ปุ่มกดเปลี่ยนหน้าต่างเอชเอ็มไอไปยังหน้า Motion
- Calculator : ปุ่มกดเปลี่ยนหน้าต่างเอชเอ็มไอไปยังหน้า Calculator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.30 เอชเอ็มไอหน้าต่าง JOG

จากรูปที่ 4.30 แสดงถึงการ JOG หรือโหมดแมนนวล ซึ่งโหมดนี้ถูกสร้างขึ้นเพื่อควบคุมมอเตอร์เซอร์โวให้กลับมาอยู่ในค่าเริ่มต้นเนื่องจากบางกรณีเกิดเหตุฉุกเฉินจำเป็นต้องหยุดการทำงานของมอเตอร์เซอร์โวขณะที่มอเตอร์เซอร์วอกำลังทำงาน เมื่อเปิดการใช้งานอีกครั้งมอเตอร์เซอร์โวไม่อยู่ในตำแหน่งเริ่มต้น จึงจำเป็นต้องใช้โหมดนี้ในการควบคุมด้วยมือให้มอเตอร์เซอร์โวกลับไปอยู่จุดเริ่มต้นซึ่งเอชเอ็มไอหน้าต่าง JOG นี้แบ่งออกเป็นสี่ส่วน ดังนี้

กรอบสี่เหลี่ยม : หลอดไฟแสดงสถานะ

- Servo Ready : หลอดไฟแสดงสถานะว่ามอเตอร์เซอร์โวพร้อมใช้งาน
- Axis busy : หลอดไฟแสดงสถานะว่ามอเตอร์เซอร์วอกำลังทำงาน
- Axis Error : หลอดไฟแสดงสถานะว่ามอเตอร์เซอร์โวเกิดการเออเร่อ

กรอบสี่เหลี่ยม : จอแสดงผลแบบใส่ค่า

- JOG speed input : จอแสดงผลที่ใช้ในการใส่ค่าความเร็วในการ JOG

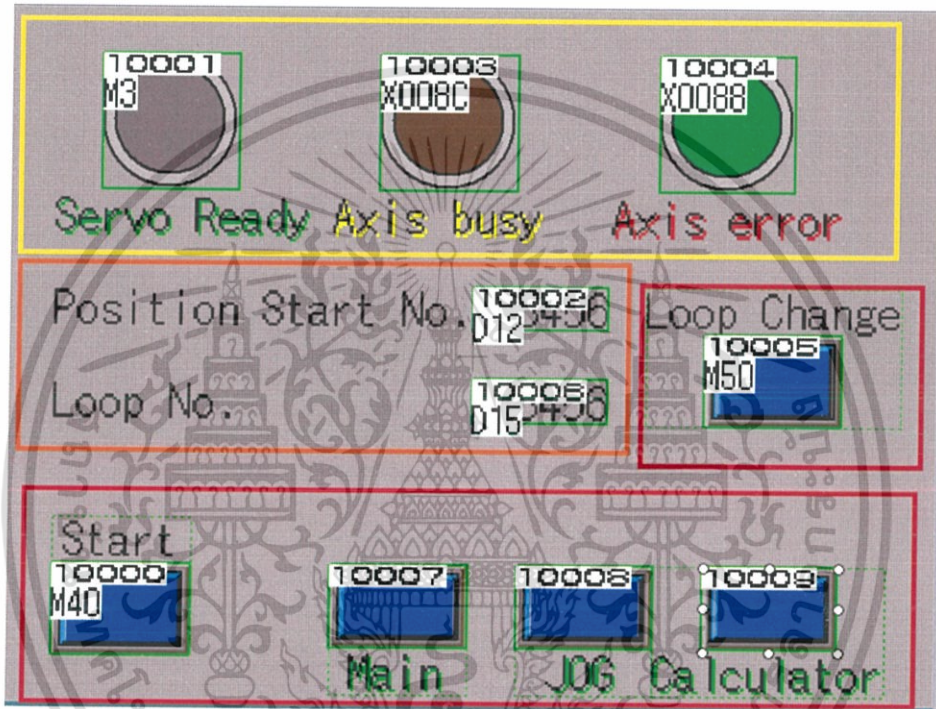
กรอบสี่เหลี่ยม : จอแสดงผลแบบแสดงค่า

- POSITION : จอแสดงผลตำแหน่งของมอเตอร์เซอร์โว
- JOG speed : จอแสดงผลค่าความเร็วขณะที่มอเตอร์เซอร์วอกำลังทำงานในโหมด JOG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรอบสีแดง : ปุ่มกด

- FORWARD : ปุ่มกดควบคุมมอเตอร์เซอร์โวหมุนไปข้างหน้า
- REVERSE : ปุ่มกดควบคุมมอเตอร์เซอร์โวหมุนไปในทิศย้อนกลับ
- Speed Change : ปุ่มกดเพื่อยืนยันการเปลี่ยนค่าความเร็วในโหมด JOG
- Main : ปุ่มกดเปลี่ยนหน้าต่างเอชเอ็มไอไปยังหน้า Main
- Motion : ปุ่มกดเปลี่ยนหน้าต่างเอชเอ็มไอไปยังหน้า Motion
- Calculator : ปุ่มกดเปลี่ยนหน้าต่างเอชเอ็มไอไปยังหน้า Calculator



รูปที่ 4.31 เอชเอ็มไอหน้าต่าง Motion

จากรูปที่ 4.31 เป็นหน้าต่างเอชเอ็มไอที่ควบคุมการทำงานตามฟังก์ชันลำดับขั้นที่กำหนดไว้ในพารามิเตอร์ของมอเตอร์เซอร์โว ซึ่งเรียกโหมดนี้ว่าโหมดกึ่งอัตโนมัติโดยโหมดนี้สร้างขึ้นเพื่อให้มอเตอร์เซอร์โวทำงานตามฟังก์ชันลำดับขั้นที่กำหนดเนื่องจากฟังก์ชันลำดับขั้นที่ใช้เป็นการเปลี่ยนแปลงค่าความเร็วเพราะการเชื่อมด้วยไฟฟ้าจำเป็นต้องมีการเปลี่ยนแปลงความเร็วในขณะที่หัวเชื่อมเคลื่อนที่ จึงจำเป็นต้องสร้างโหมดนี้ขึ้นมาใช้งานซึ่งหน้าต่างเอชเอ็มไอนี้แบ่งออกเป็นสามส่วนดังนี้

กรอบสีเหลือง : หลอดไฟแสดงสถานะ

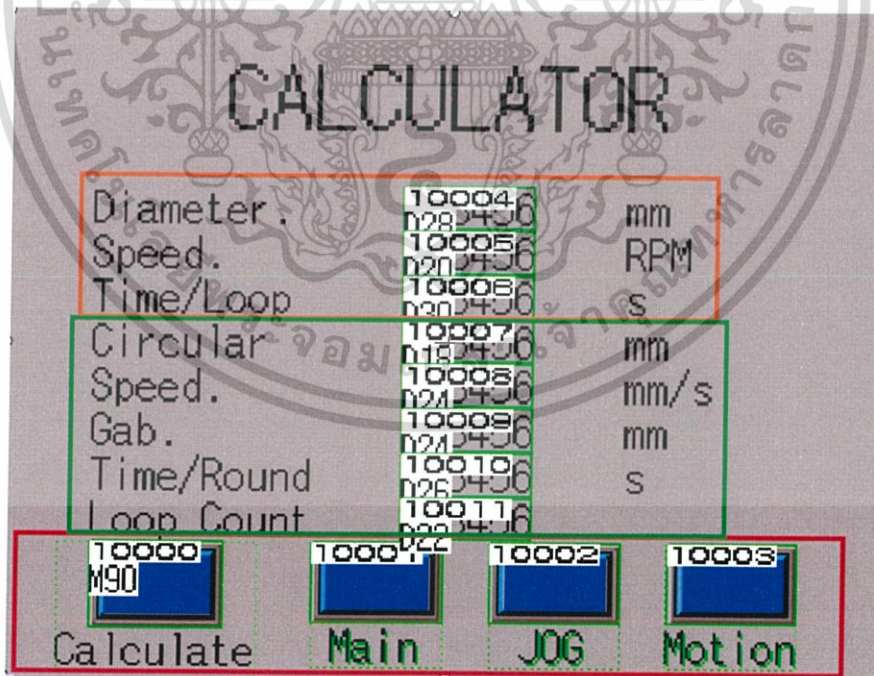
- Servo Ready : หลอดไฟแสดงสถานะว่ามอเตอร์เซอร์โวพร้อมใช้งาน
- Axis busy : หลอดไฟแสดงสถานะว่ามอเตอร์เซอร์โวกำลังทำงาน
- Axis Error : หลอดไฟแสดงสถานะว่ามอเตอร์เซอร์โวเกิดการเออเร่อ

กรอบสีส้ม : จอแสดงผลแบบใส่ค่า

- Position Start No : จอแสดงผลที่ใช้ใส่ค่าเริ่มต้นการทำงานของฟังก์ชันลำดับขั้นว่าต้องการเริ่มต้นที่ขั้นตอนที่เท่าไร
- Loop No : จอแสดงผลที่ใช้ใส่จำนวนครั้งที่ต้องการให้มอเตอร์เซอร์โวทำงานครบตามฟังก์ชันลำดับขั้น

กรอบสีแดง : ปุ่มกด

- Loop Change : ปุ่มกดยืนยันการเปลี่ยนจำนวนครั้งที่ต้องการให้มอเตอร์เซอร์โวทำงานตามฟังก์ชันลำดับขั้น
- Start : ปุ่มกดเพื่อเริ่มการทำงานในโหมดกึ่งอัตโนมัติ
- Main : ปุ่มกดเปลี่ยนหน้าต่างเอชเอ็มไอไปยังหน้า Main
- JOG : ปุ่มกดเปลี่ยนหน้าต่างเอชเอ็มไอไปยังหน้า JOG
- Calculator : ปุ่มกดเปลี่ยนหน้าต่างเอชเอ็มไอไปยังหน้า Calculator



รูปที่ 4.32 เอชเอ็มไอหน้าต่างที่ Calculator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.32 คือเอชเอ็มไอที่ใช้ในการคำนวณ ซึ่งหน้าต่านี้ถูกสร้างขึ้นเพื่อคำนวณจำนวนครั้งที่มอเตอร์เซอร์โวต้องทำงานเพื่อให้เหมาะสมกับชิ้นงานที่เป็นต่อและสัมพันธ์กับความเร็วที่หมุนชิ้นงาน ซึ่งหน้าต่าเอชเอ็มไอนี้แบ่งออกเป็นสามส่วน ดังนี้

กรอบสี่เหลี่ยม : จอแสดงผลแบบใส่ค่า

- Diameter : จอแสดงผลที่ใช้ใส่ค่าเส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นงาน
- Speed : จอแสดงผลที่ใช้ใส่ค่าความเร็วในการหมุนชิ้นงานในหน่วย RPM
- Time/Loop : จอแสดงผลที่ใช้ใส่ค่าเวลาที่มอเตอร์เซอร์โวทำงานครบหนึ่งรอบการทำงาน

กรอบสี่เหลี่ยม : จอแสดงผลแบบแสดงค่า

- Circular : จอแสดงผลค่าเส้นรอบรูปของชิ้นงานที่คำนวณได้
- Speed : จอแสดงผลค่าความเร็วในการหมุนชิ้นงานในหน่วย MMPS ที่คำนวณได้
- Gab : จอแสดงผลค่าระยะห่างระหว่างแนวการเชื่อมแต่ละแนว
- Time/Round : จอแสดงผลค่าเวลาที่ในการหมุนชิ้นงานครบหนึ่งรอบที่คำนวณได้
- Loop Count : จอแสดงผลจำนวนครั้งที่ต้องทำงานจากการคำนวณ

กรอบสีแดง : ปุ่มกด

- Calculate : ปุ่มกดเริ่มต้นการคำนวณ
- Main : ปุ่มกดเปลี่ยนหน้าต่าเอชเอ็มไอไปยังหน้า Main
- JOG : ปุ่มกดเปลี่ยนหน้าต่าเอชเอ็มไอไปยังหน้า JOG
- Motion : ปุ่มกดเปลี่ยนหน้าต่าเอชเอ็มไอไปยังหน้า Motion

4.7 ผลทดสอบจากการเคลื่อนที่ด้วยระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของหัวเชื่อมที่สร้างขึ้น

จากการที่ได้ออกแบบระบบการควบคุมเครื่องเชื่อมจึงได้นำระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของหัวเชื่อมที่สร้างขึ้นมาใช้งาน เพื่อบันทึกผลโดยนำไปเปรียบเทียบกับแนวการเชื่อมในซอฟต์แวร์ที่มีความใกล้เคียงและสามารถใช้งานได้หรือไม่ โดยการทดสอบประกอบไปด้วยสองส่วนคือ การเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 30, 60, 120 RPM และความเร็วไม่คงที่

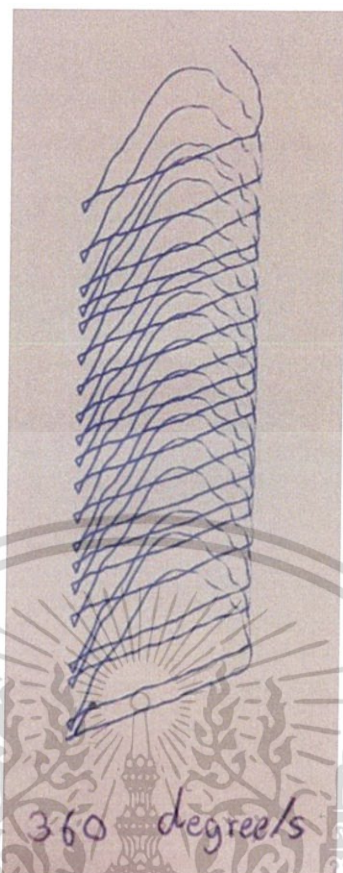
4.7.1 การเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ของระบบควบคุม

การทดสอบในส่วนนี้ต้องใช้การเคลื่อนที่ในโหมด JOG เพื่อให้ได้ความเร็วตามที่ต้องการทดสอบ โดยการทดสอบนี้เป็นการนำกระดาษมาเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่และให้ส่วนควบคุมที่สร้างขึ้นวาดรูปแบบการเชื่อมออกมาซึ่งมีผลการทดสอบด้วยกันสามค่าความเร็วดังนี้



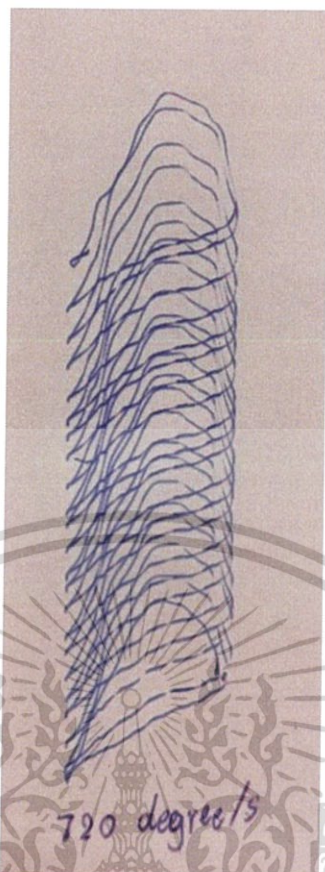
รูปที่ 4.33 ผลการทดสอบโดยใช้ความเร็ว 30 RPM

จากการทดสอบด้วยความเร็ว 30 RPM การทดสอบได้ผลดังรูปที่ 4.33 ซึ่งรูปการเคลื่อนที่ของหัวเชื่อมมีความใกล้เคียงกับที่ออกแบบไว้



รูปที่ 4.34 ผลการทดสอบโดยใช้ความเร็ว 60 RPM

จากการทดสอบด้วยความเร็ว 60 RPM ผลการทดสอบได้ดังรูปที่ 4.34 ซึ่งรูปแบบการเคลื่อนมีความผิดเพี้ยนไปเล็กน้อยและช่องว่างระหว่างแนวการเชื่อมมีขนาดเล็กลง ซึ่งยังคงใกล้เคียงกับรูปแบบที่ออกแบบไว้ในการจำลองการเคลื่อนที่ในซอฟต์แวร์

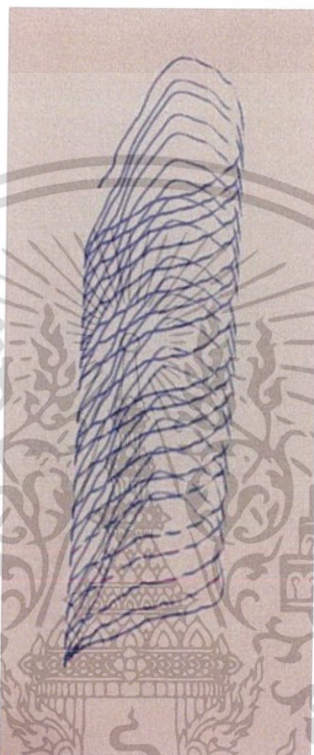


รูปที่ 4.35 ผลการทดสอบโดยใช้ความเร็ว 120 RPM

จากการทดสอบด้วยความเร็ว 120 RPM ผลการทดสอบเป็นไปดังรูปที่ 4.35 ซึ่งผลการทดสอบที่ได้คือ รูปแบบการเคลื่อนที่ผิดเพี้ยนไปจากเดิมมากและช่องว่างระหว่างแนวการเชื่อมแต่ละแนวมีค่าน้อยเกินกว่าที่รับได้ตามหลักการเชื่อมโลหะ

4.7.2 การเคลื่อนที่ด้วยความเร็วไม่คงที่ของระบบควบคุม

การทดสอบในส่วนนี้ใช้โปรแกรมในส่วนของ Positioning No. คือการกำหนดการเคลื่อนที่และความเร็วในแต่ละช่วงของการเคลื่อนที่ให้มีค่าไม่เท่ากันเพื่อคงสภาพให้หัวเชื่อมสามารถเคลื่อนที่ได้ตามฟังก์ชันที่ออกแบบไว้และถูกต้องตามหลักการเคลื่อนที่ของลวดเชื่อมในทางปฏิบัติ ซึ่งได้ผลการทดสอบดังนี้



รูปที่ 4.36 ผลการทดสอบจากการใช้ความเร็วไม่คงที่

จากรูปที่ 4.36 การเคลื่อนที่ยังคงรูปแบบเดิมไว้ได้ตลอดการเคลื่อนที่และมีความใกล้เคียงกับการจำลอง ซึ่งสามารถนำข้อมูลนี้ไปต่อยอดในการสร้างเครื่องเชื่อมโลหะได้

บทที่ 5

สรุปผล ปัญหา และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

จากผลการออกแบบแนวการเคลื่อนที่ของหัวเชื่อมและสร้างส่วนควบคุมการเคลื่อนที่ของหัวเชื่อมในซอฟต์แวร์ SOLDWORKS พบว่าการจำลองการเคลื่อนที่ของหัวเชื่อมในซอฟต์แวร์นั้นมีความใกล้เคียงกับรูปแบบการเคลื่อนที่ของหัวเชื่อมที่ได้เลือกและนำมาสร้างเครื่องที่ออกแบบไว้ เพื่อนำมาทดสอบว่าการเคลื่อนที่ที่ออกแบบมาสามารถนำมาสร้างได้จริงหรือไม่ จากผลการทดสอบสามารถยืนยันได้ว่าการเคลื่อนที่ของหัวเชื่อมที่ออกแบบมา สามารถนำไปต่อยอดในการสร้างเครื่องเชื่อมโลหะในอนาคตได้

5.2 ปัญหาและวิธีการแก้ไขปัญหา

ปัญหาที่พบมี ดังนี้

1. โครงสร้างระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของหัวเชื่อมที่สร้างขึ้นนั้นมีความแข็งแรงไม่เพียงพอ
2. ประสบการณ์ในการออกแบบโครงสร้างยังน้อยเกินไป
3. ไม่ได้คำนวณแรงที่กระทำต่อตัวโครงสร้างและชิ้นส่วนข้อต่อในมุมต่าง ๆ จึงทำให้เกิดปัญหาที่ตามมาในข้อที่ 1

วิธีแก้ไขปัญหามี ดังนี้

1. ศึกษาการออกแบบทางแมคคานิกส์
2. ศึกษาวิธีการทำงานของเครื่องจากปริญาานิพนธ์เล่มนี้

5.3 ข้อเสนอแนะ

การออกแบบเครื่องจักรนั้นควรคำนึงถึงความปลอดภัยและการใช้งานจริงให้มากที่สุด จำเป็นต้องใช้ความรู้และประสบการณ์ในการออกแบบ ดังนั้นผู้ที่สนใจจึงควรศึกษาการออกแบบร่วมกับผู้ที่มีประสบการณ์และศึกษาจากคู่มือควบคู่กันไปด้วย

เอกสารอ้างอิง

- [1] Blogspot “หลักการเชื่อมโลหะด้วยลวด”. [ออนไลน์]
เข้าถึงได้จาก : <http://akkasit111.blogspot.com/> (วันที่ค้นหาข้อมูล 7 ธ.ค. 2561)
- [2] Blogspot “การเชื่อมแผ่นโลหะ”. [ออนไลน์]
เข้าถึงได้จาก : <http://welding-sheet-metal.blogspot.com/> (วันที่ค้นหาข้อมูล 7 ธ.ค. 2561)
- [3] Advance Electronic Training Center “PLC Servo motor Advance”. [ออนไลน์]
เข้าถึงได้จาก : <http://www.advance-electronic.com> (วันที่ค้นหาข้อมูล 7 ธ.ค. 2561)
- [4] Google “concave weave welding”. [ออนไลน์]
เข้าถึงได้จาก : <https://www.pinterest.com/pin/650910952363034698/>
(วันที่ค้นหาข้อมูล 7 ธ.ค. 2561)
- [5] Youtube “การสร้าง Cam Profile ด้วย SolidWorks Motion Analysis” [ออนไลน์]
เข้าถึงได้จาก : <https://www.youtube.com/watch?v=lnBYKja82wc>
(วันที่ค้นหาข้อมูล 7 ธ.ค. 2561)
- [6] Youtube “solidworks motion study tutorial”. [ออนไลน์]
เข้าถึงได้จาก : <https://www.youtube.com/watch?v=9PX7INr31gU>
(วันที่ค้นหาข้อมูล 7 ธ.ค. 2561)
- [7] Youtube “สอน SolidWorks เบื้องต้น EP1”. [ออนไลน์]
เข้าถึงได้จาก : <https://www.youtube.com/watch?v=7MRVrQwLTQk>
(วันที่ค้นหาข้อมูล 7 ธ.ค. 2561)
- [8] Youtube “สอน SolidWorks เบื้องต้น EP2”. [ออนไลน์]
เข้าถึงได้จาก : <https://www.youtube.com/watch?v=kNrEREsqbYo>
(วันที่ค้นหาข้อมูล 7 ธ.ค. 2561)
- [9] Youtube “สอน SolidWorks เบื้องต้น EP3”. [ออนไลน์]
เข้าถึงได้จาก : <https://www.youtube.com/watch?v=k7O2VMTmVz0>
(วันที่ค้นหาข้อมูล 7 ธ.ค. 2561)
- [10] Youtube “สอน SolidWorks เบื้องต้น EP4”. [ออนไลน์]
เข้าถึงได้จาก : <https://www.youtube.com/watch?v=nh0j4xASFjw>
(วันที่ค้นหาข้อมูล 7 ธ.ค. 2561)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์ที่ใช้ทั้งหมด

1. พีแอลซี

Vendor : Mitsubishi Factory Automation

Model : Q series

CPU : Q03UDECPU



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ซิมเปลโมชันโมดูล

Vendor : Mitsubishi Factory Automation

Model : QD77MS4



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เอชเอ็มไอ

Vendor : Mitsubishi Factory Automation

Series : GOT1000

GOT Type : GT14**Q(320*240)

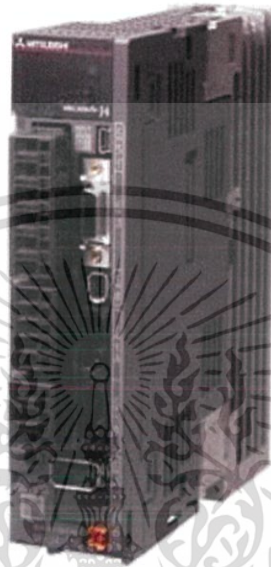


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เซอร์โวแอมพลิฟายเออร์

Vendor : Mitsubishi Factory Automation

Model : MR-J4-40B



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.มอเตอร์เซอร์โว

Vendor : Mitsubishi Factory Automation

Model : HG-KR43



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้