



รายงานสหกิจฉบับสมบูรณ์

การศึกษาการลดเวลาการผลิตที่ปราศจากการใช้เครื่องจักรในสายการผลิต
เครื่องปรับอากาศภายในรถยนต์

Study on Reducing Hand Time in Automobile Air Conditioning Unit
Production Line

นายกษิเดช เมฆแสงอรุณรุ่ง

นายตรีวิษญ์ ศรีโนนชัย

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการสหกิจศึกษา การศึกษาการลดเวลาการผลิตที่ปราศจากการใช้เครื่องจักรในสายการผลิต เครื่องปรับอากาศภายในรถยนต์

ชื่อ-สกุล นักศึกษา 1.นายกษิเดช เมฆแสงอรุณรุ่ง

2.นายตรีวิษญ์ ศรีโนนชัย

ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนุรัตน์ พิณโสภณ

ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนุรัตน์ พิณโสภณ

สถานประกอบการ บริษัท เด็นโซ่ (ประเทศไทย) จำกัด

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เกี่ยวข้องกับการลดเวลาที่ปราศจากการใช้เครื่องจักรในการผลิตชิ้นงานจากเวลา 13.8 วินาที เพื่อเปลี่ยนให้เป็นเวลาการผลิตชิ้นงานโดยใช้เครื่องจักรเป็นเวลา 13.8 วินาที โดยการเพิ่มเครื่องอัดจารบีที่ประกอบด้วย หน่วยของการขนถ่ายชิ้นงาน (Transfer Unit) ที่สามารถเคลื่อนที่หยิบจับชิ้นงานภายในเวลา 8 วินาที ภายในประกอบด้วยอุปกรณ์มือจับ (Gripper) และหุ่นยนต์ (Robot) จึงทำการคำนวณการเลือกใช้อุปกรณ์และจำลองการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์เพื่อหาเวลาการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ 4 ชนิดคือ 1.Cartesian 2.Articulate (VP-5243) 3.Cobotta และ 4.Scara (HS-035) จากการคำนวณเลือกใช้อุปกรณ์ SMC model MHZ2-6D และเลือกหุ่นยนต์ชนิด Cartesian เนื่องจากสามารถเคลื่อนที่ได้ในระยะเวลา 7.86 วินาที มีคุณสมบัติการถ่ายโอนชิ้นงานชิ้นงานแม่นยำสูง และต้นทุนต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Cooperative Title: Study on reducing hand time in automobile air conditioning unit production line

Student intern name: 1. Mr.Kasideth Makesangarunrung

2. Mr.Treewich Srinonchai

Faculty: Engineering Department: Mechanical

Advisor name: Asst.Prof.Dr.Unnat Pinsopon

Mentor name: Asst.Prof.Dr.Unnat Pinsopon

Company: Denso (Thailand) Co.,Ltd.



ABSTRACT

This project involved the changing hand time from 13.8 seconds to the machine time 13.8 seconds by using add on grease apply machine included part of a transfer unit that can move to pick up workpieces within 8 seconds. Inside equipment has a component gripper and a robot. Then selection devices form calculated and simulation robots to find the movement time of robot 4 types such as cartesian, articulate (VP-5243), Cobotta and scara (HS-035). Therefore, selection gripper is the SMC model MHZ2-6D and the selection robot is a cartesian robot because can move within time 7.86 sec have some property high accuracy transfer and the low cost.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์สหกิจศึกษาเล่มนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลือจากอาจารย์ อุนนัต พิณโสภณ อาจารย์นิเทศสหกิจศึกษา ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำโครงการสหกิจศึกษา อีกทั้งยังช่วยแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินงานอีกด้วย ขอขอบพระคุณคุณบิดินทร์ ททรัพย์สิริพร สำหรับคำแนะนำและความช่วยเหลือในทุกๆด้าน ในการดำเนินการทำโครงการสหกิจศึกษาในครั้งนี้ นอกจากนี้ขอขอบพระคุณพี่ๆในแผนก MTD (Machine & Tools Design) และพี่ๆแผนกอื่น ๆ รวมถึงพนักงานในบริษัท เด็นโซ่ (ประเทศไทย) จำกัด ที่ให้ความช่วยเหลือในการทำโครงการสหกิจให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณบิดามารดา และครอบครัว ซึ่งเปิดโอกาสให้ได้รับการศึกษาเล่าเรียน ตลอดจนช่วยเหลือและให้กำลังใจคณะผู้จัดทำจนสำเร็จการศึกษา

กษิเดช เมฆแสงอรุณรุ่ง

ตรีวิษญ์ ศรีโนนชัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทคัดย่อ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	IV
สารบัญ.....	V
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญรูปภาพ.....	VIII
บทที่ 1.....	1
บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	1
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	1
1.4 แผนการดำเนินการวิจัย.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 ศึกษาการทำงานของ Manual line.....	3
2.2 ศึกษา Robot ที่ใช้ภายในโรงงาน Denso.....	10
2.2.1 Cartesian robot.....	10
2.2.2 Articulate robot 6 แกน (VP-5243).....	11
2.2.3 Articulate robot 6 แกน (Cobotta).....	12
2.2.3 Scara robot (HS035).....	13
2.3 อุปกรณ์ (Device).....	14
2.3.1 มือจับ (Gripper).....	14
บทที่ 3 วิธีการดำเนินวิจัย.....	15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 การคำนวณแรงบีบมือจับ (Gripper).....	15
3.2 การคำนวณการเลือกใช้ Cartesian Robot.....	21
3.3 การคำนวณเวลาการเคลื่อนที่ของ Cartesian Robot	29
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน.....	49
4.1 ผลการคำนวณเวลาเวลาการเคลื่อนที่ Cartesian Robot.....	49
4.2 การทำ Simulation Robot Denso ในโปรแกรม WINCAPS III	49
4.3 ผลของเวลาการเคลื่อนที่ในการ Simulation Robot Denso ในโปรแกรม WINCAPS III	57
4.3.1 Denso Robot (VP-5243)	57
4.3.2 Denso Robot (Cobotta)	57
4.3.3 Denso Robot (HS-035)	58
4.4 การวิเคราะห์การเลือกใช้หุ่นยนต์ (Robot) ทั้ง 4 ชนิด	59
4.5 การวิเคราะห์การลดพนักงาน	60
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	62
5.1 สรุปผลการวิจัย	62
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	62
บรรณานุกรม	63
ภาคผนวก ก.....	65

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1.1 แสดงแผนการดำเนินงานวิจัย	2
ตารางที่ 2.1 แสดงขั้นตอนการทำงานของสถานีการประกอบที่ 1-6.....	4
ตารางที่ 2.2 แสดงขั้นตอนการทำงานของสถานีการประกอบที่ 7-13	5
ตารางที่ 2.3 แสดงกระบวนการก่อนการเพิ่มเครื่องอัดจารบีในสถานีการประกอบที่ 3	7
ตารางที่ 2.4 แสดงกระบวนการหลังการเพิ่มเครื่องอัดจารบีในสถานีการประกอบที่ 3	8
ตารางที่ 2.4 แสดงคุณสมบัติของหุ่นยนต์ที่นำมาศึกษา	10
ตารางที่ 3.1 แสดงคุณสมบัติของ Gripper ที่เหมาะสมต่อการใช้งาน.....	16
ตารางที่ 3.2 แสดงคุณสมบัติของ Gripper SMC MHZ2-6D	17
ตารางที่ 3.3 แสดงคุณสมบัติของ Robo cylinder RCP3-TA5C-I-35P-5-50.....	22
ตารางที่ 3.4 แสดงคุณสมบัติของ RCA2-SA4C-I-20-10-100.....	25
ตารางที่ 3.5 แสดงคุณสมบัติของ RCA-SA4C-I-20-10-400.....	27
ตารางที่ 3.6 แสดงตำแหน่งในการทำงานของ Cartesian Robot.....	39
ตารางที่ 3.7 แสดงลำดับตำแหน่งในการทำงานของ Cartesian Robot.....	40
ตารางที่ 3.8 แสดงระยะการกระจัดตามลำดับการทำงานของ Cartesian Robot.....	41
ตารางที่ 3.9 แสดงเวลาของการเคลื่อนที่รูปแบบสี่เหลี่ยมคางหมูในแนวแกน X	44
ตารางที่ 3.10 แสดงเวลาของการเคลื่อนที่รูปแบบสี่เหลี่ยมคางหมูในแนวแกน Y	45
ตารางที่ 3.11 แสดงเวลาของการเคลื่อนที่รูปแบบสี่เหลี่ยมคางหมูในแนวแกน Z	45
ตารางที่ 3.12 แสดงการเคลื่อนที่รูปแบบสี่เหลี่ยมคางหมูในแนวแกน Y	48
ตารางที่ 4.1 แสดงเวลาในการเคลื่อนที่ของ Cartesian Robot ต่อ 1 รอบการทำงาน.....	49
ตารางที่ 4.2 แสดงการตัดสินใจเลือกใช้หุ่นยนต์ระหว่าง Cartesian Robot, Robot (VP-5243) และ Denso Robot (HS-035).....	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ 2.1 แสดงชิ้นงานเครื่องปรับอากาศ (HVAC) ที่ประกอบสมบูรณ์.....	3
รูปที่ 2.2 แสดงสถานีการประกอบ และสายการผลิตเครื่องปรับอากาศ (HAVC).....	3
รูปที่ 2.3 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาการทำงานต่อหนึ่งรอบการทำงาน (Cycle time) กับสถานีการประกอบชิ้นงาน	6
รูปที่ 2.5 แสดงกราฟแท่งความสัมพันธ์ระหว่าง Station กับ Cycle time	7
รูปที่ 2.6 แสดงแท่งแผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่าง Station กับ Cycle time	8
รูปที่ 2.7 แสดงองค์ประกอบของเครื่อง Grease Apply Machine ที่อยู่ที่ Station ที่ 3	9
รูปที่ 2.8 แสดง Cartesian Robot	11
รูปที่ 2.9 แสดง Denso Robot รุ่น VP-5243.....	11
รูปที่ 2.10 แสดงคุณสมบัติ Denso Robot รุ่น VP-5243	12
รูปที่ 2.11 แสดง Denso Robot รุ่น Cobotta	12
รูปที่ 2.12 แสดงคุณสมบัติ Denso Robot รุ่น Cobotta	13
รูปที่ 2.13 แสดง Denso Robot รุ่น HS035.....	13
รูปที่ 2.14 แสดงคุณสมบัติ Denso Robot รุ่น HS035	14
รูปที่ 2.15 แสดง Pneumatic Gripper	14
รูปที่ 3.1 แสดง Free body diagram แรงที่กระทำบนมือจับ (Gripper)	15
รูปที่ 3.2 แสดง Gripper SMC MHZ2-6D	17
รูปที่ 3.3 แสดงระยะหยิบชิ้นงานของทั้งสองชิ้นงาน	17
รูปที่ 3.4 แสดงความสัมพันธ์ของคุณสมบัติการรับโมเมนต์ที่ขึ้นอยู่กับความยาวของ Finger	18
รูปที่ 3.5 แสดงความสัมพันธ์ของคุณสมบัติการรับโมเมนต์ที่ขึ้นอยู่กับความยาวและความแข็งของ Finger	19
รูปที่ 3.6 แสดงความยาวของ Finger ของทั้งสองชิ้นงาน	19
รูปที่ 3.7 แสดง GRIPPER SMC MHZ2-6D หยิบชิ้นงาน LEVER DEF.....	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.8 แสดง GRIPPER SMC MHZ2-6D หยิบชิ้นงาน LEVER LINK FACE FOOT	20
รูปที่ 3.9 แสดงพื้นที่การทำงานของ Cartesian Robot ด้านมุมมองด้านบน (Top view).....	21
รูปที่ 3.10 แสดง Cartesian Robot แกน Z ประกอบเข้ากับมือจับ (Gripper).....	21
รูปที่ 3.11 แสดงการคำนวณน้ำหนักของชิ้นส่วนที่ Cartesian Robot แกน Z รับน้ำหนัก.....	22
รูปที่ 3.12 แสดงระยะแขนจากจุดหมุน M_a เป็นระยะ $L = 1.4 \text{ mm} = 0.0014 \text{ m}$ จนถึงจุดศูนย์ถ่วง	23
รูปที่ 3.13 แสดง Cartesian Robot แกน Y ประกอบเข้ากับ แกน Z.....	24
รูปที่ 3.14 แสดงการคำนวณน้ำหนักของชิ้นส่วนที่ Cartesian Robot แกน Y รับน้ำหนัก	24
รูปที่ 3.15 แสดงระยะแขนจากจุดหมุน M_a เป็นระยะ $L = 3.2 \text{ mm} = 0.0032 \text{ m}$ และระยะแขนจากจุดหมุน M_c เป็นระยะ $L = 56.4 \text{ mm} = 0.056 \text{ m}$ จนถึงจุดศูนย์ถ่วง	25
รูปที่ 3.16 แสดง Cartesian Robot แกน X ประกอบเข้ากับ แกน Y และแกน Z.....	26
รูปที่ 3.17 แสดงการคำนวณน้ำหนักของชิ้นส่วนที่ Cartesian Robot แกน Y รับน้ำหนัก	27
รูปที่ 3.18 แสดงระยะแขนจากจุดหมุน M_a เป็นระยะ $L = 69.3 \text{ mm} = 0.0693 \text{ m}$ และระยะแขนจากจุดหมุน M_c เป็นระยะ $L = 49.6 \text{ mm} = 0.0496 \text{ m}$ จนถึงจุดศูนย์ถ่วง	28
รูปที่ 3.19 แสดงตำแหน่ง P0 บน Cartesian robot	29
รูปที่ 3.20 แสดงลำดับการทำงานของอุปกรณ์ผ่าน Time chart	31
รูปที่ 3.21 แสดงหน้าต่างการเลือก PLC มาเขียน Ladder diagram.....	32
รูปที่ 3.22 แสดงหน้าต่าง ProgramBody เพื่อเขียนโปรแกรมโดยใช้ Ladder diagram	32
รูปที่ 3.23 แสดงฟังก์ชันการทำงานบน Ladder diagram.....	33
รูปที่ 3.24 แสดง Ladder diagram (1/3).....	33
รูปที่ 3.25 แสดง Ladder diagram (2/3).....	34
รูปที่ 3.26 แสดง Ladder diagram (3/3).....	35
รูปที่ 3.27 แสดงแถบเมนู Convert	35
รูปที่ 3.28 แสดงหน้าต่าง Rebuild All.....	36
รูปที่ 3.29 แสดงหน้าต่าง Output.....	36
รูปที่ 3.30 แสดงแถบเมนู Simulation	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.31 แสดงหน้าต่าง Simulation	37
รูปที่ 3.32 แสดงหน้าต่าง Write to PLC.....	38
รูปที่ 3.33 แสดงหน้าต่างผลการ Simulation.....	38
รูปที่ 3.34 แสดงกราฟการเคลื่อนที่แบบสี่เหลี่ยมคางหมู.....	42
รูปที่ 3.35 แสดงกราฟการเคลื่อนที่แบบสามเหลี่ยม.....	46
รูปที่ 4.1 แสดงหน้าต่างการตั้งชื่อ Project ของ Program WINCAPS III.....	50
รูปที่ 4.2 แสดงหน้าต่างการเลือกชนิดหรือรุ่นของหุ่นยนต์ใน Program WINCAPS III	50
รูปที่ 4.3 แสดงหน้าต่างการเลือก Hand Robot ใน Program WINCAPS III	51
รูปที่ 4.4 แสดงหน้าต่างเลือกหุ่นยนต์เชื่อมต่อเข้ากับ Controller ใน Program WINCAPS III	51
รูปที่ 4.5 แสดงการเลือกตัวแปรของหุ่นยนต์เชื่อมต่อเข้ากับ Controller ใน Program WINCAPS III.....	52
รูปที่ 4.6 แสดงการ Set Input และ Out put ใน Program WINCAPS III	52
รูปที่ 4.7 แสดงการขั้นตอนสุดท้ายของการปรับตั้งค่าใน Program WINCAPS III	53
รูปที่ 4.8 แสดงหน้าต่างการสร้างโมเดลของชิ้นงานใน Program WINCAPS III.....	53
รูปที่ 4.9 แสดงหน้าต่าง Mode Tree Program WINCAPS III.....	54
รูปที่ 4.10 แสดง Operation mode ใน Program WINCAPS III	55
รูปที่ 4.11 แสดงหน้าต่างตัวแปรตำแหน่ง ใน Program WINCAPS III	55
รูปที่ 4.12 แสดง Program list ใน Program WINCAPS III.....	56
รูปที่ 4.13 แสดงปุ่ม Simulation Mode.....	56
รูปที่ 4.14 แสดงปุ่ม Play	56
รูปที่ 4.15 แสดงค่า Run time ภายในหน้าต่าง Program list.....	56
รูปที่ 4.16 แสดงคุณสมบัติ composite speed ของ Robot (VP-5243).....	57
รูปที่ 4.17 แสดงเวลาการเคลื่อนที่ของ Robot (VP-5243).....	57
รูปที่ 4.18 แสดงคุณสมบัติ composite speed ของ Robot (Cobotta).....	57
รูปที่ 4.19 แสดงเวลาการเคลื่อนที่ของ Robot (Cobotta).....	58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.20 แสดงคุณสมบัติ composite speed ของ Robot (HS-035).....	58
รูปที่ 4.21 แสดงเวลาการเคลื่อนที่ของ Robot (HS-035).....	58
รูปที่ ก.1 แสดง Specification ของ Gripper SMC MHZ-6D (1).....	65
รูปที่ ก.2 แสดง Specification ของ Gripper SMC MHZ-6D (2).....	66
รูปที่ ก.3 แสดง Specification ของ Gripper SMC MHZ-6D (3).....	66
รูปที่ ก.4 แสดง Specification ของ Gripper SMC MHZ-6D (4).....	67
รูปที่ ก.5 แสดง Specification ของ Gripper SMC MHZ-6D (5).....	67
รูปที่ ก.6 แสดง Specification ของ Robo cylinder (RCA-SA4C-I-20-5-400) (1).....	68
รูปที่ ก.7 แสดง Specification ของ Robo cylinder (RCA-SA4C-I-20-5-400) (2).....	69
รูปที่ ก.8 แสดง Specification ของ Robo cylinder (RCA-SA4C-I-20-5-400) (3).....	69
รูปที่ ก.9 แสดง Specification ของ Robo cylinder (RCA2-SA4C-I-20-5-100) (1).....	70
รูปที่ ก.10 แสดง Specification ของ Robo cylinder (RCA2-SA4C-I-20-5-100) (2).....	71
รูปที่ ก.11 แสดง Specification ของ Robo cylinder (RCA2-SA4C-I-20-5-100) (3).....	71
รูปที่ ก.11 แสดง Specification ของ Robo cylinder (RCP3-TA5C-I-35P-5-50) (1).....	72
รูปที่ ก.12 แสดง Specification ของ Robo cylinder (RCP3-TA5C-I-35P-5-50) (2).....	73
รูปที่ ก.13 แสดง Specification ของ Robo cylinder (RCP3-TA5C-I-35P-5-50) (3).....	73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ในปัจจุบันสายการผลิตเครื่องปรับอากาศภายในรถยนต์ (HVAC) ตั้งอยู่ที่ โรงงานเดินโซ่สำโรง เป็นสายการผลิตที่ใช้คนในการผลิต (Manual line) เนื่องจากมีต้องการลดจำนวนคนในการทำงานเพื่อลดต้นทุนการผลิต จึงต้องการลดเวลาการผลิตที่ปราศจากการใช้เครื่องจักร (Hand time) เป็นเวลาที่ใช้เครื่องจักรในการผลิต (Machine time) โดยการเพิ่มเครื่องจักรที่ประกอบด้วยส่วนการทำงานหลัก 3 ส่วนคือ อุปกรณ์ป้อนชิ้นงานรูปทรงถ้วย (Blow Feeder Unit), อุปกรณ์ถ่ายโอนชิ้นงาน (Transfer Unit) และ อุปกรณ์อัดจาระบีอัตโนมัติ (Auto grease apply unit) จึงทำการศึกษาในส่วนของอุปกรณ์ถ่ายโอนชิ้นงานที่ประกอบด้วยอุปกรณ์การทำงาน 2 ส่วนคือ มือจับ (Gripper) และหุ่นยนต์ (Robot) เพื่อทำการคำนวณ และจำลองหุ่นยนต์หาเวลาในการเคลื่อนที่ จากนั้นจึงทำการเลือกใช้หุ่นยนต์ที่เหมาะสมกับการใช้งานในเครื่องจักรที่เสริมเข้าไปแทนที่การทำงานของคน

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อทำการลดเวลาการผลิตที่ปราศจากการใช้เครื่องจักร (Hand time) จากเวลา 13.8 วินาทีไปเป็นเวลาที่ใช้เครื่องจักรในการผลิต (Machine time) 13.8 วินาที โดยการใช้หุ่นยนต์เพื่อถ่ายโอนชิ้นงาน บนเครื่องอัดจาระบีภายในสายการผลิตเครื่องปรับอากาศ (HVAC) สถานีการทำงานที่สามที่มีเวลาการทำงานต่อหนึ่งรอบการทำงาน (Cycle time) สูงสุด

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ศึกษาเฉพาะการทำงานทางกลของอุปกรณ์ถ่ายโอนชิ้นงาน (Transfer unit) จากสถานีการทำงานที่สาม ในสายการผลิตเครื่องปรับอากาศ (HVAC) ที่มีเวลาการผลิตที่ปราศจากการใช้เครื่องจักร (Hand time) สูงสุด

1.3.2 ศึกษาเฉพาะหุ่นยนต์ (Robot) ที่มีการใช้งานในโรงงานเดินโซ่สำโรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 แผนการดำเนินการวิจัย

แผนการดำเนินการวิจัยเป็นการดำเนินงานอยู่ในระหว่างเดือนสิงหาคมถึงพฤศจิกายนเป็นช่วงเวลาในการทำสหกิจศึกษา ในการทำวิจัยโครงการสหกิจศึกษาเน้นไปในส่วนของการเขียนแบบทางกลซึ่งเป็นพื้นฐานในการทำงานออกแบบของแผนก และเมื่อได้หัวข้อในการทำวิจัยโครงการสหกิจศึกษาจึงได้ทำการศึกษาระบบการทำงานของเครื่องอัดจารบีที่เคยมีมาก่อนเพื่อทำการพัฒนาอุปกรณ์ถ่ายโอนชิ้นงานที่ประกอบด้วยมือจับ (Gripper) และหุ่นยนต์ (Robot) หลังจากนั้นทำคำนวณเพื่อออกแบบการเลือกใช้อุปกรณ์เหล่านี้และเขียนแบบโครงสร้างของเครื่องจักร ขั้นตอนสุดท้ายทำการจำลองการใช้งานของเครื่องจักรโดยใช้โปรแกรม ICAD SX และโปรแกรม WINCAPS III แสดงได้ตามตารางที่ 1.1

Item	Detail	STATUS	Aug-19				Sep-19				Oct-19				Nov-19			
			W1	W2	W3	W4	W1	W2	W3	W4	W1	W2	W3	W4	W1	W2	W3	W4
1	เขียนแบบ 3D (Support)	PLAN	[Shaded]															
		ACTUAL	[Shaded]															
2	เขียนแบบ 2D (Support)	PLAN	[Shaded]															
		ACTUAL	[Shaded]															
3	ศึกษา KOKI EDUCATION	PLAN	[Shaded]															
		ACTUAL	[Shaded]															
4	ขอหัวข้อการทำวิจัย	PLAN	[Shaded]															
		ACTUAL	[Shaded]															
5	ปรึกษการทำวิจัยกับอาจารย์ที่ปรึกษา	PLAN	[Shaded]															
		ACTUAL	[Shaded]															
6	เก็บข้อมูล	PLAN	[Shaded]															
		ACTUAL	[Shaded]															
7	ศึกษาการทำงานของ Robo cylinder	PLAN	[Shaded]															
		ACTUAL	[Shaded]															
8	ศึกษาการออกแบบ Gripper	PLAN	[Shaded]															
		ACTUAL	[Shaded]															
9	วิเคราะห์ปัญหา	PLAN	[Shaded]															
		ACTUAL	[Shaded]															
10	ออกแบบการวิจัย	PLAN	[Shaded]															
		ACTUAL	[Shaded]															
11	เขียนแบบ 3D ของการวิจัย	PLAN	[Shaded]															
		ACTUAL	[Shaded]															
12	ยื่นต้นแบบวิจัยกับอาจารย์ที่ปรึกษา	PLAN	[Shaded]															
		ACTUAL	[Shaded]															
13	ศึกษา WINCAPS III	PLAN	[Shaded]															
		ACTUAL	[Shaded]															
14	วิเคราะห์ชิ้นงานจากโปรแกรม ICAD SX	PLAN	[Shaded]															
		ACTUAL	[Shaded]															
15	สร้างชิ้นงาน 3D ในโปรแกรม WINCAPS	PLAN	[Shaded]															
		ACTUAL	[Shaded]															
16	Simulation	PLAN	[Shaded]															
		ACTUAL	[Shaded]															
17	เตรียมการนำเสนอ	PLAN	[Shaded]															
		ACTUAL	[Shaded]															

ตารางที่ 1.1 แสดงแผนการดำเนินงานวิจัย

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถลดเวลาการทำงานของพนักงานภายในสายการผลิตเครื่องปรับอากาศ (HVAC) สถานีการทำงานที่

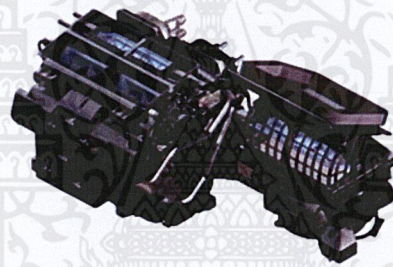
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

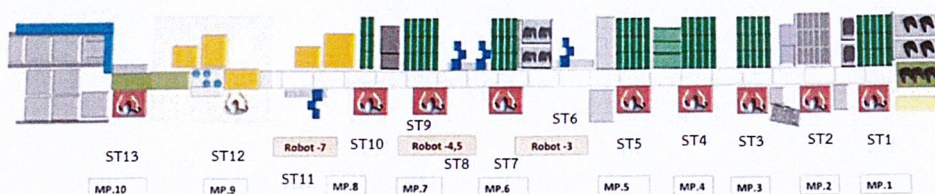
2.1 ศึกษาการทำงานของ Manual line

ภายในโรงงานเดินโซ่สายการผลิตเครื่องปรับอากาศ (HVAC) เป็นสายการผลิตชิ้นงานเครื่องปรับอากาศ HVAC (Heating Ventilation Air Condition) ภายในรถยนต์ ซึ่งในส่วนของชิ้นงาน HVAC เป็นอุปกรณ์เพิ่มศักยภาพทางด้านการถ่ายเทอากาศเพื่อคุณภาพอากาศที่ดีขึ้นตามหลักการกลศาสตร์ทางวิศวกรรมระบบจะมีส่วนที่ประกอบไปด้วย Evaporator, Compressor, PTC auxiliary heaters, high voltage PC heater, condensers และ cabin filter อุปกรณ์ HVAC ที่ประกอบสมบูรณ์แล้ว แสดงได้ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แสดงชิ้นงานเครื่องปรับอากาศ (HVAC) ที่ประกอบสมบูรณ์

ต่อมาจะทำการพิจารณาสายการผลิตเครื่องปรับอากาศ (HVAC) มีสถานีการประกอบทั้งหมด 13 สถานีในแต่ละสถานีจะมีการประกอบชิ้นส่วนโดยใช้พนักงานจำนวน 10 และสถานีตรวจสอบชิ้นงานโดยใช้หุ่นยนต์ (Robot) ที่ติดตั้งกล้องตรวจสอบการประกอบชิ้นงานเพื่อตรวจสอบว่าการติดตั้งงานถูกตำแหน่งครบถ้วนทุกตำแหน่งตามรุ่นที่กำหนด จึงพิจารณาสถานีการประกอบชิ้นงานที่มีเวลาการผลิตที่ปราศจากการใช้เครื่องจักร (Hand time) มากที่สุดเพื่อที่จะทำการลดเวลาเปลี่ยนไปเป็นเวลาที่ใช้เครื่องจักรในการผลิต (Machine time) ในสายการผลิต แสดงดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แสดงสถานีการประกอบ และสายการผลิตเครื่องปรับอากาศ (HAVC)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยการทำงานทั้งหมด 13 สถานีการประกอบชิ้นงาน ในแต่ละสถานีจะมีการประกอบชิ้นงานหลายชิ้นส่วน และการตรวจสอบชิ้นงาน จะมีขั้นตอนการทำงานแสดงดังตาราง 2.1 และตารางที่ 2.2

Standardized Work Combination Table						
Station	Sequence	Detail	Time			Net (sum)
			H.T	M.T	W.T	
1	1	หยิบ Case Heater set 182, เทียบกับ Navigator, หยิบป้าย Kanban scan	12.3			12.3
1	2	ตรวจสอบ Case heater appearance	15.6			27.9
1	3	หยิบ Speed 1690 ประกอบต้นให้สุด Mark ยืนยัน ฟลิกงาน	5.5			33.4
1	4	หยิบ Plate Tamp Guide 7650 ประกอบ	7.6			41
1	5	หยิบ Door Slide 3150 4 pcs. ประกอบ ฟลิกงาน	6			47
1	6	หยิบ Lever Foot, Lever Face ประกอบ	5.8			52.8
1	7	ประกอบ Servo rear face	6.9			59.7
1	8	หยิบ Case Front Check 7 หยิบที่กึ่ง ดัด Packing ร่อง Pipe	10.2			69.9
2	1	หยิบ Evap. Check Packing	6.2			6.2
2	2	หยิบ Packing ดัด Evap.	55			61.2
2	3	หยิบ Thermistor เสียบที่ Evap. หยิบ Jig	10.3			71.5
3	1	หยิบ Plate, Def Middle, Lever ,Rack Gear วางลงบน Jig feed auto grease	8.2			8.2
3	2	หยิบ Evap. Check Packing ประกอบ Evap. เข้ากับ Evap. Front case	9.3			17.5
3	3	ประกอบ Duct Rear-Face Module Lock Lever	16.5			34
3	4	หยิบLever Def.Foot Middle Lever 5472 ทาจารบีที่ Case 3 จุด และประกอบ Lever	13.8			47.8
3	5	ประกอบ Rack Gear ให้ตรงตำแหน่งเฟือง Shaft	5.6			53.4
3	6	ประกอบ Plate 5156 หมุน Check หยิบ Def Middle Lever 5463 ประกอบเข้ากับ Plat	8.2			61.6
3	7	Mark Check Confirm ตำแหน่ง Lever, Rack Gear	8.4			70
3	8	หยิบ Cover 4200 ขึ้น Screw 1730 ยึด 1 ตัว	7.3			77.3
4	1	Check confirm Mode main plate หยิบ Servo Module ประกอบ	3.8			3.8
4	2	ขัน Screw ยึด Servo 3 pcs. Mark ฟลิกงาน	11.4			15.2
4	3	Check Packing 4 จุด, Door Slide 4 จุด	2.1			17.3
4	4	ประกอบ Evap. Front Case เข้ากับ Case heater	6.4			23.7
4	5	กด Lock 10 จุด, ขึ้น Screw 1730 ยึด 1 ตัว	23.9			47.6
4	6	กด Plug Evap. ทั้ง, หยิบ Oils หยอดใส่ O-ring 2 จุด	5.2			52.8
4	7	หยิบ Exp.Valve Scan ประกอบเข้ากับ Evap.	4.8			57.6
4	8	หยิบ Jig วางบน Exp.valve แล้วยึดประกอบ	4.6			62.2
4	9	หยิบ Bolt 2 ตัวใส่รู Valve, ขึ้น Bolt ขึ้น AB,BA หยิบ Plug ยึด	12.4			74.6
5	1	หยิบ Core Heater Check appearance	7.6			7.6
5	2	นำ Core Heater เข้าเครื่อง Crimp	3.6			11.2
5	3	หยิบ Pipe เข้าเครื่อง Feed O-ring	8.4			19.6
5	4	นำ Pipe ประกอบเข้ากับ Core Heater ปิด switch เครื่อง Crimp	4.4			24
5	5	ฟลิกงาน Check Speed Nut หยิบ Jig Check Speed Nut	3.2			27.2
5	6	หยิบ Tamp Guide ประกอบเข้ากับ Rear Face	6.6			33.8
5	7	ประกอบ Rear-Face Module เข้ากับ Case Heater กด Lock 4 จุด Mark	9.4			43.2
5	8	ประกอบ Plate ECU ขึ้น Screw ยึด 3 ตัว	10.4			53.6
5	9	ฟลิกงานเก็บสาย Thermistor Check Connector	6.4			60
5	10	หยิบ Core Heater ออกจากเครื่อง Check รอบ Crimp ทั้งหมด 8 จุด, Mark	5.8			65.8
5	11	หยิบ Jig กด Core Heater ประกอบเข้ากับ Case Unit	5.6			71.4
5	12	หยิบ Clamp กด Lock 4 จุด	3.4			74.8
6	1	Robot + Cognex Camera Inspection	46.3			46.3

ตารางที่ 2.1 แสดงขั้นตอนการทำงานของสถานีการประกอบที่ 1-6

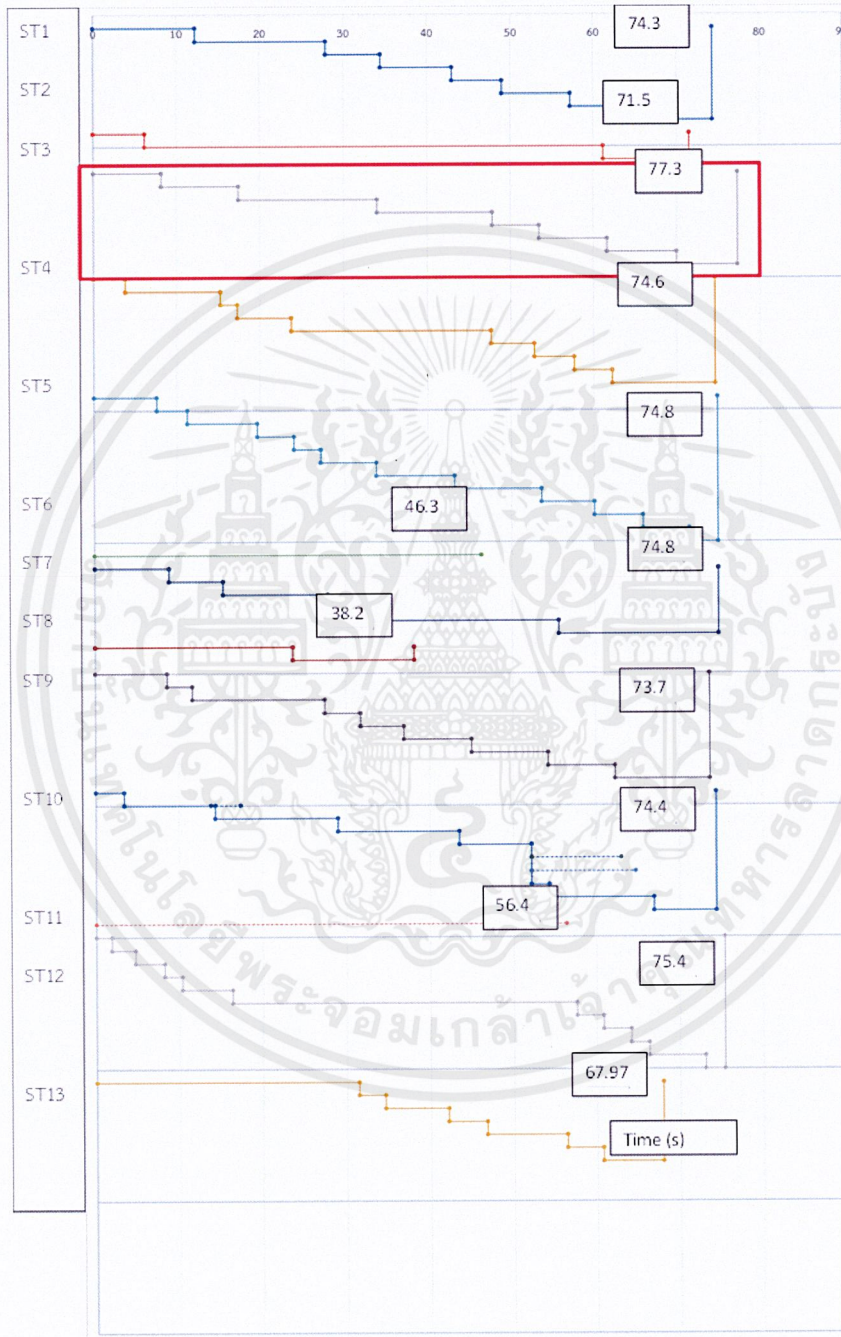
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7	1	หยิบ Blower Check Packing วาง Blower ลงบน Jig	8.9			8.9
7	2	หยิบ Grommet สวมเข้ากับ Pipe Mark	6.5			15.4
7	3	หยิบ Cover ปิด Pipe heater ชับ Screw บัด 2 ตัว	11.5			26.9
7	4	Check Screw, Check Pin Release ,Check Thermistor	6.4			33.3
7	5	พลิกงาน หยิบ Packing ดัดที่ Rear face	22.3			55.6
7	6	หยิบ Motor เข้ากับ Blower ชับ Screw บัด Motor 3 จุด	19.2			74.8
8	1	Robot + Cognex Camera No.4 Inspection Unit	23.7			23.7
8	2	Robot + Cognex Camera No.5 Inspection Blower	14.5			38.2
9	1	หยิบ Uni paint Mark dot Cover Pipe, Connector Thermistor, Screw Motor	8.6			8.6
9	2	Mark Check P/No. Motor เทียบกับป้าย Kanban	3.1			11.7
9	3	หยิบสาย Hanness ประกอบ Case Unit Mark พลิกงาน	15.8			27.5
9	4	พจารบี่ที่ห้อง Lever	4.2			31.7
9	5	หยิบวางที่ห้อง Lever Door FR	5.2			36.9
9	6	หยิบ Servo ประกอบ Lever 3450	8.1			45
9	7	ขัน Screw บัด Servo mark Servo, Screw, Pin Lever	9.2			54.2
9	8	หยิบ Blower ประกอบเข้ากับ Case Unit กด Lock 2 จุด	8.1			62.3
9	9	ขัน Screw บัด Blower 2 จุด Mark	11.4			73.7
10	1	Check Connector Thermistor กด ดึง กด	3.4			3.4
10	2	พลิกงานหยิบป้าย Kanban Scan Label ดัด Blower Unit	10.9	3.6		14.3
10	3	เสียบ Connector เข้ากับ Servo กด ดึง กด	14.7			29
10	4	Mark คร่อมสาย Hanness, Lever 5463, Mark No. Label 2, Connector	14.5			43.5
10	5	ถอด Jig test, สวม Jig Test Lock	8.7			52.2
10	6	Machine Test Leak Evaporater		21.8		52.2
10	7	Machine Test Leak Core Heater		26.5		52.2
10	8	Check รอยบกของ Jig Fitting ด้าน Pipe ต้องใส่	2.1			54.3
10	9	กดตรา Stamp IP ลงที่ Case นำ Jig Fitting ออกจากหิ้งงาน	12.6			66.9
10	10	Check ู PCT, Check Speed Nut, Check Fan Motor, ปิด Switch	7.5			74.4
11	1	Robot + Cognex Camera No.7 inspection	56.4			56.4
12	1	Set Up Jig Support	1.9			1.9
12	2	หยิบ Handy Scan Label Show STD.	2.8			4.7
12	3	ยกงานวางบน Jig Support, ปิด Switch Lifter	3.5			8.2
12	4	หยิบ Handy Scan เปิด Program Test	2.1			10.3
12	5	เสียบสาย Bushardness, IC, Motor	6.1			16.4
12	6	Start Test Function	41.2			57.6
12	7	ถอดสาย Bushardness, IC, Motor	3.2			60.8
12	8	Stamp Inspection + เก็บตรา Stamp.	3.3			64.1
12	9	ยกงานจาก Jig วางบน Conveyer	2.2			66.3
12	10	เสียบสาย Test ฟัง Motor noise ถอดสาย Test	6.8			73.1
12	11	ปิด Switch Conveyer ส่งงานให้ P-2	2.3			75.4
13	1	ตรวจสอบ APP 12 item	31.4			31.4
13	2	Stamp Ins.	3.1			34.5
13	3	หยิบป้าย Kanban เทียบป้าย Scan compare	7.6			42.1
13	4	Scan Stock in AS 400 เสียบป้ายหน้า Box	4.6			46.7
13	5	ยกงานลง Box ทำกร Package	9.7			56.4
13	6	ค้น Box งานส่งให้ Delivery Finished good	4.3			60.7
13	7	เตรียม Box เฟล์ + เดนกลับ	7.27			67.97

ตารางที่ 2.2 แสดงขั้นตอนการทำงานของสถานีการประกอบที่ 7-13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากที่พิจารณาเวลาการทำงานต่อหนึ่งรอบการทำงาน (Cycle time) ของการทำงานแต่ละสถานีการประกอบชิ้นงานจนครบ 13 สถานีการประกอบ นำมาเขียนเป็นกราฟเพื่อเปรียบเทียบเวลาการทำงาน พบว่าสถานีการประกอบที่ 3 มีเวลาการผลิตที่ปราศจากการใช้เครื่องจักร (Hand time) มากที่สุด และมีเวลาการทำงานต่อหนึ่งรอบการทำงาน (Cycle time) มากที่สุดแสดงดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาการทำงานต่อหนึ่งรอบการทำงาน (Cycle time) กับ สถานีการประกอบชิ้นงาน

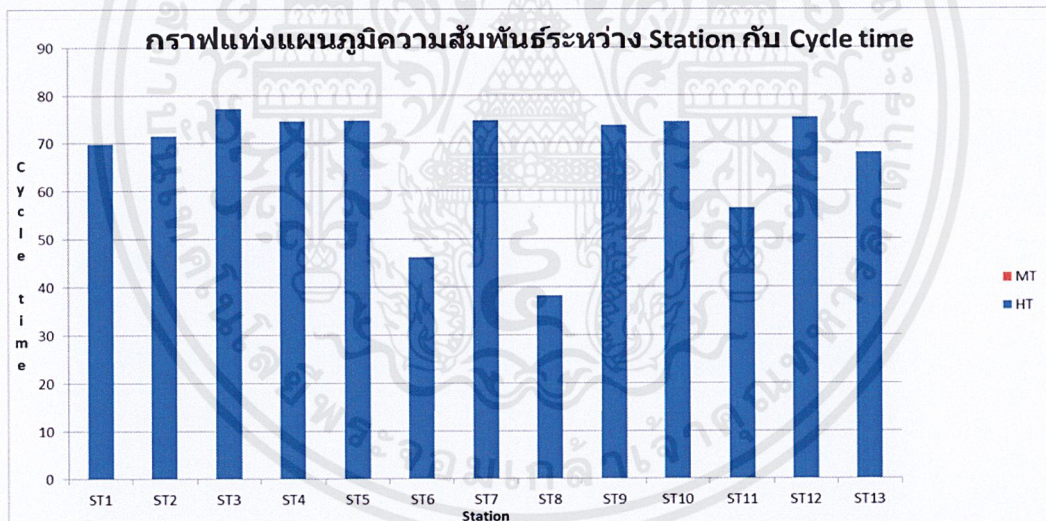
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานในสถานีการประกอบชิ้นงานที่ 3 ก่อนทำการติดตั้งเครื่องอัดจารบีในขั้นตอนที่ 4 คือการหยิบชิ้นงาน Lever Def และ Lever link face foot มาเพื่อทาจารบีและประกอบลงบนเครื่องปรับอากาศ (HVAC) ใช้เวลาการผลิตที่ปราศจากการใช้เครื่องจักร (Hand time) ไปเป็นเวลา 13.8 วินาที แสดงดังตารางที่ 2.3

3	1	หยิบ Plate, Def Middle, Lever ,Rack Gear วางลงบน Jig feed auto grease	8.2		8.2
3	2	หยิบ Evap. Check Packing ประกอบ Evap. เข้ากับ Evap. Front case	9.3		17.5
3	3	ประกอบ Duct Rear-Face Module Lock Lever	16.5		34
3	4	หยิบLever Def, Foot Middle Lever 5472 ทาจารบีที่ Case 3 จุด และประกอบ Lever ที่ case	13.8		47.8
3	5	ประกอบ Rack Gear ให้ตรงตำแหน่งเพื่อง Shaft	5.6		53.4
3	6	ประกอบ Plate 5156 หมุน Check หยิบ Def Middle Lever 5463 ประกอบเข้ากับ Plate	8.2		61.6
3	7	Mark Check Confirm ตำแหน่ง Lever, Rack Gear	8.4		70
3	8	หยิบ Cover 4200 ชั้น Screw 1730 ยึด 1 ตัว	7.3		77.3

ตารางที่ 2.3 แสดงกระบวนการก่อนการเพิ่มเครื่องอัดจารบีในสถานีการประกอบที่ 3

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสถานีการประกอบชิ้นงานทั้งหมด 13 สถานีกับเวลาการทำงานต่อการทำงานหนึ่งรอบ (Cycle time) ก่อนทำการติดตั้งเครื่องอัดจารบี แสดงดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 แสดงกราฟแห่งความสัมพันธ์ระหว่าง Station กับ Cycle time

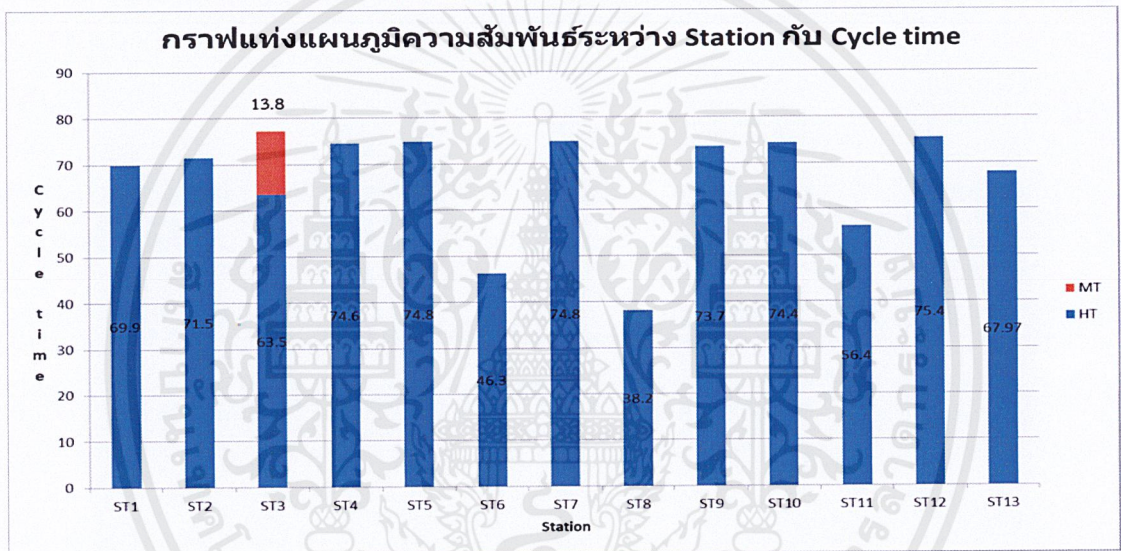
การทำงานในสถานีการประกอบชิ้นงานที่ 3 หลังทำการติดตั้งเครื่องอัดจารบีในขั้นตอนที่ 4 คือการใช้เครื่องจักรอัดจารบีหยิบชิ้นงานจากเครื่องป้อนชิ้นงาน Lever Def และ Lever link face foot แล้วใช้หุ่นยนต์ (Robot) หยิบชิ้นงานเพื่อวางลงบนเครื่องอัดจารบี และพนักงานหยิบประกอบลงบนเครื่องปรับอากาศ (HVAC) ที่เปลี่ยนจากเวลาการผลิตที่ปราศจากการใช้เครื่องจักร (Hand time) ไปเป็นเวลาที่ใช้เครื่องจักรในการผลิต (Machine time) 13.8 วินาที แสดงดังตารางที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3	1	หยิบ Plate, Def Middle, Lever, Rack Gear วางลงบน Jig feed auto grease	8.2		8.2
3	2	หยิบ Evap. Check Packing ประกอบ Evap. เข้ากับ Evap. Front case	9.3		17.5
3	3	ประกอบ Duct Rear-Face Module Lock Lever	16.5		34
3	4	หยิบLever Def, Foot Middle Lever 5472 ทาจารบีที่ Case 3 จุด และประกอบ Lever ที่ case		13.8	34
3	5	ประกอบ Rack Gear ให้ตรงตำแหน่งเฟือง Shaft	5.6		39.6
3	6	ประกอบ Plate 5156 หมุน Check หยิบ Def Middle Lever 5463 ประกอบเข้ากับ Plate	8.2		47.8
3	7	Mark Check Confirm ตำแหน่ง Lever, Rack Gear	8.4		56.2
3	8	หยิบ Cover 4200 ชัน Screw 1730 ยึด 1 ตัว	7.3		63.5

ตารางที่ 2.4 แสดงกระบวนการหลังการเพิ่มเครื่องอัดจารบีในสถานีการประกอบที่ 3

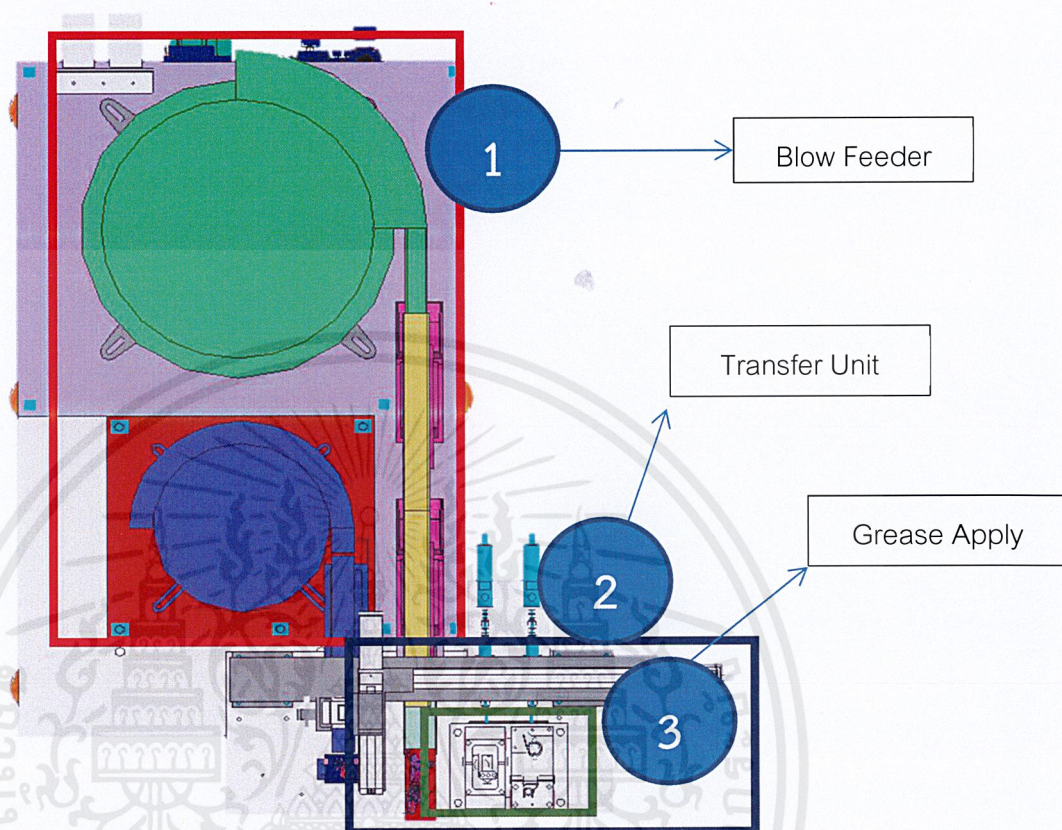
กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสถานีการประกอบชิ้นงานทั้งหมด 13 สถานีกับเวลาการทำงานต่อการทำงานหนึ่งรอบ (Cycle time) หลังทำการติดตั้งเครื่องอัดจารบีแสดงดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 แสดงแท่งแผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่าง Station กับ Cycle time

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณาองค์ประกอบการทำงานของสถานีการประกอบชิ้นงานที่ 3 จะประกอบด้วย Blow Feeder Unit, Transfer Unit และ Grease Apply Unit การทำงานแสดงได้ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 แสดงองค์ประกอบของเครื่อง Grease Apply Machine ที่อยู่ที่ Station ที่ 3

1. Blow Feeder Unit ในส่วนของ Blow Feeder Unit จะเป็นการส่งชิ้นงาน โดยอาศัยหลักการ สั่นสะเทือนเพื่อที่จะส่งชิ้นงานมาตามรางมายังส่วนที่เป็น Transfer Unit
2. Transfer Unit คือส่วนที่ส่งชิ้นงานโดยอาศัย Robot หรือกลไกอื่น ๆ ทาง mechanism เพื่อที่จะส่งชิ้นงานจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง
3. Grease Apply Unit เป็นส่วนที่จะทำการฉีด Lubrication ไปที่ชิ้นงานในปริมาณที่เหมาะสม

การทำงานใน Blow feeder ที่ใช้หลักการสั่นสะเทือนเพื่อส่งชิ้นงาน lever def และ lever link face foot ส่งชิ้นมาตามรางใช้เวลาในการส่ง 1.8 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Transfer unit จะใช้เวลาในการส่งชิ้นงานจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งจนจบกระบวนการจะใช้เวลา 8 วินาที

Grease apply unit จะทำการอัดจารบีไปที่ตัวชิ้นงานใช้เวลา 4.0 วินาที

2.2 ศึกษา Robot ที่ใช้ภายในโรงงาน Denso

หุ่นยนต์ (Robot) ที่ใช้ภายในโรงงานเดินโซ่สำโรงที่พบเห็นได้ทั่วไปเป็นประเภท 1. Cartesian robot 2. Articulate robot 6 แกน (VP-5243) 3. Articulate robot 6 แกน (Cobotta) และ 4. Scara robot (HS035) เนื่องจากหุ่นยนต์ ทั้ง 4 ประเภท มีความสามารถรับน้ำหนักชิ้นงาน (Payload) โดยมีความสามารถรับน้ำหนักชิ้นงานน้อยที่สุดที่สามารถนำมาใช้งานเพื่อถ่ายโอนชิ้นงาน (Transfer) Lever def 3.07 g และ Lever link face foot 11.95 g หุ่นยนต์ทั้ง 4 ประเภทสามารถติดตั้งให้สามารถทำงานได้ในระยะการทำงาน (Reach arm) และความเร็วในการเคลื่อนที่สูงสุดตามคุณสมบัติเฉพาะของแต่ละตัว แสดงคุณสมบัติของหุ่นยนต์ ดังตารางที่ 2.4

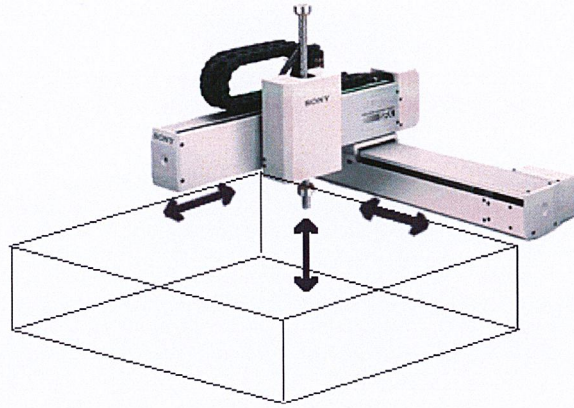
ประเภท Robot	Payload (Kg)	Reach arm (mm)	Maximum composite speed (mm/s)
Cartesian robot	สามารถออกแบบเองได้	สามารถออกแบบเองได้	สามารถออกแบบเองได้
Articulate robot 6 แกน (VP-5243)	3	430	3,900
Articulate robot 6 แกน (Cobotta)	0.5	342.5	500
Scara robot (HS035)	5	350	7200

ตารางที่ 2.4 แสดงคุณสมบัติของหุ่นยนต์ที่นำมาศึกษา

2.2.1 Cartesian robot

สามารถออกแบบและคำนวณการเลือกใช้ได้โดยนำ Electrical actuator มาประยุกต์ใช้ในการทำงานเคลื่อนที่ 3 แกน โดยการเลือกใช้จะสามารถออกแบบความสามารถรับน้ำหนักชิ้นงาน (Payload) ความเร็วในการเคลื่อนที่ และระยะการทำงาน จากการเลือกอุปกรณ์ของแบรนด์ IAI แสดงได้ดังรูปที่ 2.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 แสดง Cartesian Robot

2.2.2 Articulate robot 6 แกน (VP-5243)

Articulate robot 6 แกน (VP-5243) เป็นหุ่นยนต์ขงเด้นโซ่ที่มีความสามารถรับน้ำหนักชิ้นงาน (Payload) เพียงพอดต่อความต้องการในหยิบชิ้นงานคือ 2.5 kg จาก Specification ใน Catalog มีระยะ ระยะการทำงาน (Reach arm) เพียงพอที่จะใช้งาน พอที่จะใช้งานได้คือ 430 mm แสดงได้ดังรูปที่ 2.9 และแสดงคุณสมบัติดังรูปที่ 2.10

5- AND 6-AXIS ROBOTS

VP SERIES

VP-5243 / 6242

The VP series 5243/ 6242 is the most compact of all DENSO robots, and perfect for installation where motion space is limited.

Maximum arm reach	430 / 432mm
Maximum payload	2,5 / 3kg
Cycle time	0,99sec
Position repeatability	±0,02mm

300 mm

Cycle time

One cycle is the time taken to move an object at a height of 75 mm between two points 300 mm apart.

VP-6242

Supported Robot Controllers
RCBA ▶ P-AG RC8 ▶ P-48

รูปที่ 2.9 แสดง Denso Robot รุ่น VP-5243

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Item		Unit	Specifications	
Model of robot unit		-	VP-5243	VP-6242
Axes		-	5	6
Position detection		-	Absolute encoder	
Drive motor and brake		-	AC servomotors for all joints, Brakes for all joints	
Overall arm length(first arm + second arm)		mm	430(210+220)	420(210+210)
Arm offset	J3 (front arm)	mm	-	75
Maximum motion area(Point P)		mm	430	432
Motion range	J1	°	±160	
	J2		±120	
	J3		+136, -128	+160, +19
	J4		±160	
	J5		±120	
	J6		±360	
Maximum payload		kg	3(Wrist downward movement is within ±45°)(※3)	2.5(Wrist downward movement is within ±45°)(※4)
Maximum composite speed(at the center of an end-effector mounting face)		mm/sec	3,900	-

รูปที่ 2.10 แสดงคุณสมบัติ Denso Robot รุ่น VP-5243

2.2.3 Articulate robot 6 แกน (Cobotta)

Articulate robot 6 แกน (Cobotta) เป็นหุ่นยนต์ของเด็นโซที่มีความสามารถรับน้ำหนักชิ้นงาน (Payload) เพียงพอต่อความต้องการในหีบชิ้นงานคือ 0.5 kg จาก Specification ใน Catalog ระยะการทำงาน (Reach arm) เพียงพอที่จะใช้งาน พอที่จะใช้งานได้คือ 342.5 mm แสดงได้ดังรูปที่ 2.11 และแสดงคุณสมบัติดังรูปที่ 2.12

COLLABORATIVE ROBOTS

COBOTTA[®]

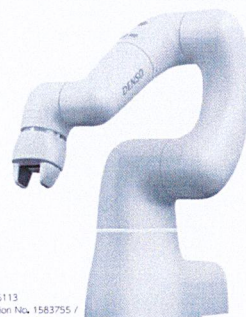
CVR038

Anywhere, anytime, hassle-free.
A robot that collaborates with everyone.
Small portable body with a user-friendly form.
This robot can be easily taken anywhere to automate work immediately.

Maximum arm reach	342,5 mm
Rated payload ¹⁾	0,5 kg
Position repeatability	±0,05 mm

(Notes) This product is an industrial robot capable of operating in collaboration with human beings. Before using the product, the user should carry out risk assessment in accordance with regulations and standards including relevant laws and ordinances, notices, guidelines and RO/2100/2010 and perform thorough risk mitigation. In addition, the user should check compliance with laws, ordinances and standards pertaining to the operating environment.

Patent No. 6365113
Design registration No. 1583755 /
No. 1583756 / No. 1583757 /
No. 1583758



COBOTTA[®]

รูปที่ 2.11 แสดง Denso Robot รุ่น Cobotta

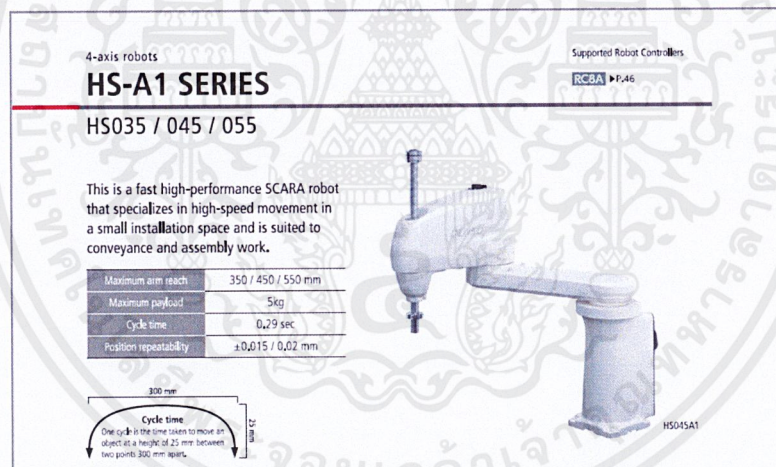
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Axes	6 + 1 (for an electric gripper) *1
Drive motor / brake	All axes AC servo motor/J1 to J5 with brake
Total arm length (1st arm+ 2nd arm)	342.5 (165+ 177.5) mm
Rated load capacity (Maximum payload)	0.5 kg (* 0.7 kg wrist direction downward within ± 10 degrees) v
Position repeatability	$\pm 0.05\text{mm}^2$
Maximum composite speed (center of tool mounting face)	Default: 500 (min. 100 to max. 1500.)

รูปที่ 2.12 แสดงคุณสมบัติ Denso Robot รุ่น Cobotta

2.2.3 Scara robot (HS035)

Scara robot (HS035) เป็นหุ่นยนต์ข้อมือที่มีความสามารถรับน้ำหนักชิ้นงาน (Payload) เพียงพอต่อความต้องการในหีบชิ้นงานคือ 5 kg จาก Specification ใน Catalog ระยะการทำงาน (Reach arm) เพียงพอที่จะใช้งาน พอที่จะใช้งานได้คือ 350 mm แสดงได้ดังรูปที่ 2.13 และแสดงคุณสมบัติดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.13 แสดง Denso Robot รุ่น HS035

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Item		Specifications		
Model name of robot unit(2)		H5035A1-N/*	H5045A1-N/*	H5055A1-N/*
Axes		4		
Position detection		Absolute encoder		
Drive motor and brake		AC servomotors for all joints / Brakes for Z axis and T axis		
Overall arm length(first arm + second arm)		350(125+225)mm	450(225+225)mm	550(325+225)mm
Motion angle and stroke	J1(1st-Axis)	±155°		
	J2(2nd-Axis)	±145°		
	Z(3rd-Axis)	*10 : 100mm, *15 : 150mm, *20 : 200mm, *32 : 320mm.		
	T(4th-Axis)	±360°		
Maximum payload		5kg		
Maximum composite speed (at the center of an end-effector mounting face)	At the center of the hand mounting flange	7,200mm/sec	6,300mm/sec	7,100mm/sec
	Z	2,000mm/sec		
	T	2,400°/sec		

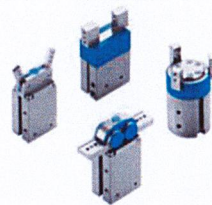
รูปที่ 2.14 แสดงคุณสมบัติ Denso Robot รุ่น HS035

2.3 อุปกรณ์ (Device)

2.3.1 มือจับ (Gripper)

มือจับ (Gripper) เป็นอุปกรณ์ที่ติดอยู่ที่ปลายของตัวหุ่นยนต์ (Robot) ถูกออกแบบโดยใช้ก้านหนีบวัตถุและสามารถเคลื่อนย้ายวัตถุจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง โดยมีลักษณะการทำงานมีสองลักษณะคือ 1. แบบเปิด (Opening) และ 2. แบบปิด (Closing) ตัวมือจับสามารถสั่งงานโดยการทำงานที่เป็นเงื่อนไข ร่วมกับการใช้เซนเซอร์ (Sensor) และ Actuator ผ่านตัวคอนโทรลเลอร์ (Controller) ในการใช้งานมือจับที่ใช้ในหุ่นยนต์จะเป็นการใช้งานโดยมือจับระบบลม (Pneumatic Gripper)

มือจับระบบลม (Pneumatic gripper) เป็นรูปแบบที่นิยมใช้กันมากเนื่องจากมีน้ำหนักที่เบาและขนาดกะทัดรัด สามารถออกแบบการทำงานในบริเวณที่จำกัดได้ง่าย ซึ่งมีประโยชน์ในวงการอุตสาหกรรมการผลิตเป็นอย่างมากมือจับประเภทนี้เป็นได้ทั้งแบบเปิด (opening) และแบบปิด (closing) แสดงได้ดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 แสดง Pneumatic Gripper

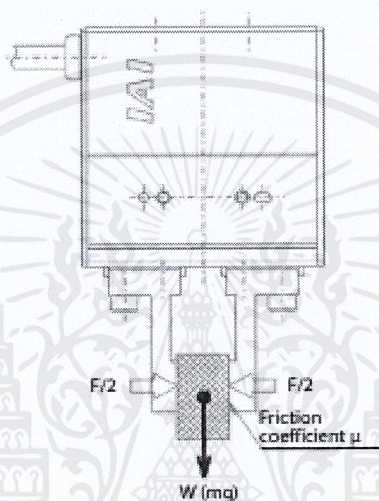
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินวิจัย

3.1 การคำนวณแรงบีบมือจับ (Gripper)

การตรวจสอบแรงบีบ (Gripping force) และน้ำหนักของชิ้นงานในการเคลื่อนที่ โดยวาดแรงที่กระทำบนชิ้นส่วนตาม Free body diagram แสดงได้ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แสดง Free body diagram แรงที่กระทำบนมือจับ (Gripper)

F : คือ Gripping force (N)

μ : คือ Coefficient of static friction ระหว่างนิ้วกับชิ้นงาน

m : คือมวลของชิ้นงาน (Kg)

g : คือความเร่ง = 9.81 m/s^2

ตัวอย่างการคำนวณแรงบีบของชิ้นงาน Lever Foot Middle

ในกรณีที่ไม่ต้องกรให้ชิ้นงานที่ต้องการจับตกลงมาจึงต้องมีแรงเสียดทานสูงสุดเพื่อต้านน้ำหนักของวัตถุโดยคำนวณจากสมการดังนี้

$$F\mu > W$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$F > \frac{mg}{\mu}$$

แรงบีบที่ควรใช้ควรใช้ Safety factor เป็น 4 เท่าในการบีบชิ้นงานแล้วเคลื่อนที่

$$F > \frac{mg}{\mu} \times 2 \text{ (Safety factor)}$$

เมื่อค่า friction coefficient μ มีค่า 0.2

$$F > \frac{mg}{0.2} \times 4 = 20 \times mg$$

Lever Foot Middle มีมวล 11.95 g = 0.01195 kg

แทนค่าลงในสมการ

$$F > \frac{mg}{0.2} \times 4 = 20 \times 0.01195 \times 9.81 = 2.34$$

ต้องการออกแบบนิ้วจับ (Finger) ใช้ 2 นิ้วแบบขนาน (Parallel) จึงใช้แรงบีบเป็น 20 เท่าของน้ำหนักชิ้นงาน จึงได้แรงบีบของมือจับ (Gripper) ของชิ้นงาน Lever Def และ Lever Foot Middle เป็น 0.60 N และ 2.34 N ตามลำดับ

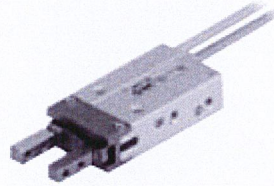
จากการคำนวณแรงบีบของมือจับ (Gripper) จึงทำการสืบค้นอุปกรณ์จากผลิตภัณฑ์จากหลายบริษัท ซึ่งปัจจัยหลักในการพิจารณาคือการใช้งานมี 2 ประเภทคือ 1.ชนิดที่ใช้ลม หรือ 2.ชนิดที่ใช้ไฟฟ้า และปัจจัยที่สำคัญในการเลือกใช้คือแรงบีบที่สามารถนำมาใช้งานได้ ได้ดังแสดงตารางที่ 3.1

HAND TYPE	No.	BRAND	WELL	BORE SIZE (mm)	OPERATING		MOTOR SIZE (mm)	ALLOWABLE VERTICAL LOAD (N)	MAXIMUM ALLOWABLE MOMENT (Nmm)			GRIPPING FORCE (N) at 0.5 Mpa gripper point L=20 mm for PNEUMATIC		STROKE (mm)	MAX SPEED (mm/s)	WEIGHT (g)	AUTO SWITCH		REMARK	PRICE (THB)
					MIN PRESSURE (MPa)	MAX PRESSURE (MPa)			MA	MB	MC	EXTERNAL	INTERNAL				FOR ELECTRICAL	OK		
PARALLEL	1	SMC	MHZ2F-6D	6	0.15	0.7	-	10	0.04	0.04	0.08	3.3	6.1	4	-	26	-	-	DOUBLE ACTING STROKE	-
	2		MHZ2-6D	6	0.15	0.7	-	10	0.04	0.04	0.08	3.3	6.1	4	-	27	-	-	DOUBLE ACTING STROKE	-
	3		MHZ2-10D	10	0.2	0.7	-	58	0.26	0.26	2.53	11	17	4	-	55	-	-	DOUBLE ACTING STROKE	-
	4		MHZL2-10D	10	0.2	0.7	-	58	0.26	0.26	2.53	11	17	8	-	60	-	-	DOUBLE ACTING STROKE	-
	5	ODD	LSH A06D	6	0.15	0.7	-	UNKNOWN	UNKNOWN	UNKNOWN	UNKNOWN	3.3	6.1	4	-	32	-	-	DOUBLE ACTING STROKE	-
	6		LSH 10	10	0.1	0.7	-	UNKNOWN	UNKNOWN	UNKNOWN	UNKNOWN	11	17	4	-	55	-	-	DOUBLE ACTING STROKE	-
PERPENDICULAR	7	IAI	PCD-GR08A	-	-	-	-	2.5	14	0.04	0.04	0.07	10	10	4	76	85	-	-	-
	8		PCD2-GR05	-	-	-	-	20(PULSE)	60	0.5	0.5	1.5	14	14	8	78	200	-	-	-
	9	TOYO	CH8-S11	-	-	-	-	20(PULSE)	310	0.4	0.4	0.6	0.72-2.4	0.72-2.4	11	20-100	80	-	-	-
	10		CH8-S14	-	-	-	-	25(PULSE)	550	1	1	1.7	2.1-7	2.1-7	14	20-100	250	-	-	-
	11	DENSO	CHG2	-	-	-	-	MOTOR DIMENS	500	7.4	7.4	11.8	4.5-15	4.5-15	30	30-150	450	-	-	-
	12		SS-2005-SH	-	-	-	-	UNKNOWN	12	0.04	0.04	0.08	0.9-3	0.9-3	32	20-100	90	-	-	-
	13		SS-2005-SH	-	-	-	-	UNKNOWN	12	0.04	0.04	0.08	1.5-5	1.5-5	32	20-100	90	-	-	-
	14		SS-2010	-	-	-	-	UNKNOWN	450	0.7	0.8	2.3	1.8-6	1.8-6	7.6	20-100	160	-	-	-
	15		VRS-2015S	-	-	-	-	UNKNOWN	12	0.04	0.04	0.08	1.5-5	1.5-5	3.2	20-100	90	-	-	-
	16		VRS-2010S	-	-	-	-	UNKNOWN	450	0.7	0.8	2.3	1.8-6	1.8-6	7.6	20-100	160	-	-	-

ตารางที่ 3.1 แสดงคุณสมบัติของ Gripper ที่เหมาะสมต่อการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จึงเลือกขนาดของมือจับ (Gripper) ที่สามารถมีแรงบีบชิ้นงานทั้งสองรูปแบบจึงเลือกมือจับ (Gripper) SMC MHZ2-6D เนื่องจากมีขนาดเล็กที่สุดและมีแรงบีบเพียงพอต่อการใช้งาน ที่แสดงดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แสดง Gripper SMC MHZ2-6D

มือจับ (Gripper) SMC MHZ2-6D เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำงานมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลูกสูบ (Bore) ขนาด 6 mm ความดันที่สามารถรับได้อยู่ในช่วง 0.15 – 0.7 Mpa ระยะช่วงชัก (Stroke) คือ 4 mm มีมวลคือ 27 g คุณสมบัติทั้งหมดแสดงได้ตามตารางที่ 3.2

HAND	TYPE	No.	BRAND	MODEL	BORE SIZE (mm)	OPERATING		ALLOWABLE VERTICAL LOAD (N)	MAXIMUM ALLOWABLE MOMENT (N-m)			GRIPPING FORCE (N) at 0.5 Mpa GRIPPER POINT L=20 mm FOR PNEUMATIC		STROKE (mm) (BOTH SIDE)	WEIGHT (g)	AUTO SWITCH		REMARK
						MIN PRESSURE (MPa)	MAX PRESSURE (MPa)		MA	MB	MC	EXTERNAL	INTERNAL			OK	NG	
Parallel Hand	Pneumatic	1	SMC	MHZ2-6D	6	0.15	0.7	10	0.04	0.04	0.08	3.3	6.1	4	27	.		DOUBLE ACTING STORKE

ตารางที่ 3.2 แสดงคุณสมบัติของ Gripper SMC MHZ2-6D

จากการวัดระยะหยิบชิ้นงานทั้งสอง ชิ้นงาน Lever def มีระยะหยิบชิ้นงานคือ 13 mm และ ชิ้นงาน Lever link face foot มีระยะหยิบชิ้นงานคือ 25.2 mm แสดงระยะหยิบชิ้นงานแสดงได้ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 แสดงระยะหยิบชิ้นงานของทั้งสองชิ้นงาน

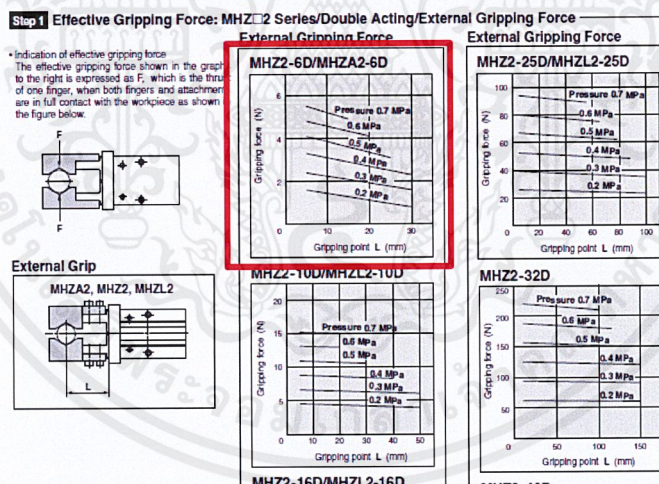
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบระยะบีบชิ้นงานทั้งสองชิ้นขึ้นอยู่กับคุณสมบัติระยะช่วงชัก (Stroke) ของมือจับ (Gripper) และระยะห่างจุดบีบของชิ้นงาน เนื่องจากเลือกคุณสมบัติของ Gripper SMC MHZ2-6D ที่มีระยะช่วงชัก (Stroke) คือ 4 mm จึงออกแบบให้นิ้วจับ (Finger) มีระยะบีบ (Chuck length) และระยะปล่อย (Un-chuck length) ดังนี้

จากการวัดระยะหีบชิ้นงานของ Lever def = 13 mm และระยะชัก (Stroke) ของมือจับ = 4 mm (ด้านละ 2 mm) จึงกำหนดให้ระยะปล่อย (Un-chuck length) = 15.2 mm และระยะบีบ (Chuck length) = 11.2 mm

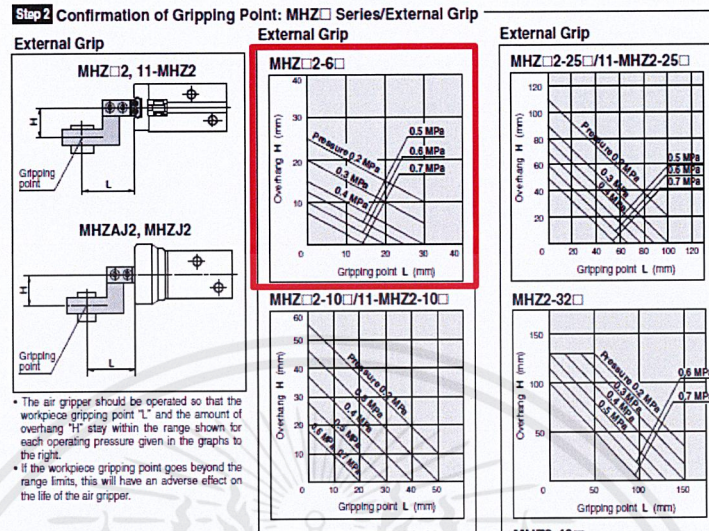
และระยะหีบชิ้นงานของ Lever link face foot = 25.2 mm และระยะชัก (Stroke) ของมือจับ = 4 mm (ด้านละ 2 mm) จึงกำหนดให้ระยะปล่อย (Un-chuck length) = 27.2 mm และระยะบีบ (Chuck length) = 23.2 mm

เมื่อได้ระยะหีบชิ้นงานแล้วต้องออกแบบในส่วนของนิ้วจับ (Finger) ที่ต้องทำการหีบชิ้นงานทั้งสอง ซึ่งมีรูปร่างต่างกันเป็นสองแบบโดยคุณสมบัติของตัวมือจับ SMC MHZ2-6D และจะสามารถรับโมเมนต์ที่เกิดจากการบีบชิ้นงานขึ้นอยู่กับความยาวของนิ้วจับคือระยะ L (mm) แสดงได้ดังรูป 3.4



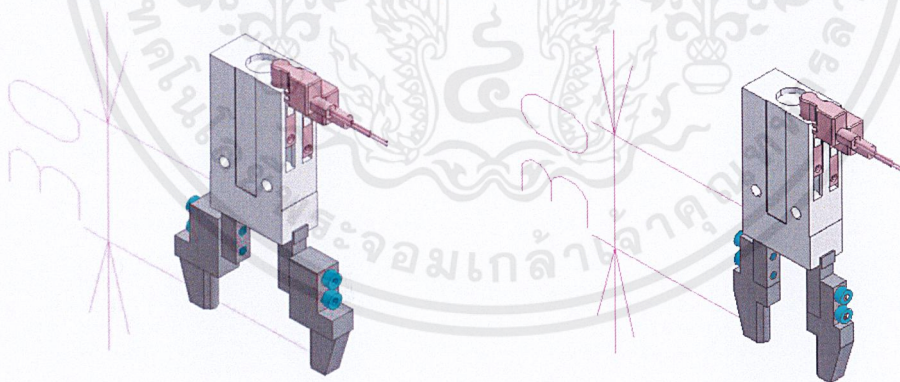
รูปที่ 3.4 แสดงความสัมพันธ์ของคุณสมบัติการรับโมเมนต์ที่ขึ้นอยู่กับความยาวของ Finger

และยังมีคุณสมบัติที่ต้องคำนึงถึงระยะความเยื้องหยิบชิ้นงานจากแนวกลางของมือจับคือระยะ H (mm) แสดงได้ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 แสดงความสัมพันธ์คุณสมบัติการรับโมเมนต์ที่ขึ้นอยู่กับความยาวและความเยื้องของ Finger

จากการออกแบบนิ้วจับให้สามารถจับชิ้นงานได้ของทั้งสองชิ้นงานโดยแยกเป็นชิ้นงาน Lever def และ Lever link face foot ที่มีความยาวนิ้ว $L = 30$ mm แสดงได้ดังรูปที่ 3.6



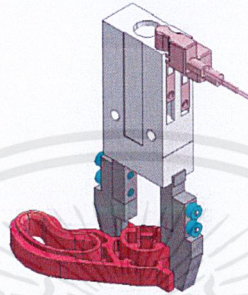
รูปที่ 3.6 แสดงความยาวของ Finger ของทั้งสองชิ้นงาน

จะเห็นได้ว่าการออกแบบของนิ้วจับจะมีระยะความยาว (Finger length) $L = 30$ mm และระยะความเยื้อง $H = 0$ mm เมื่อเทียบจากกราฟคุณสมบัติระบบลมที่ทำงานภายในโรงงานมีความดันที่ 0.4 Mpa จึงสามารถรับแรงที่จะทำให้เกิดโมเมนต์สูงสุดได้พอดีที่ 2.4 N

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

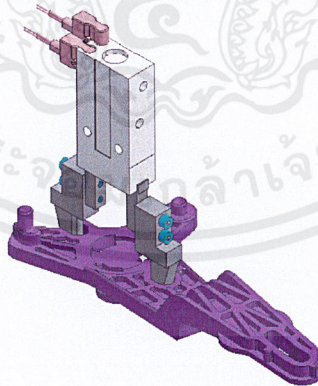
ดังนั้นจึงสามารถสรุปการออกแบบมือจับในการจับของทั้งสองชิ้นงานได้ดังนี้

- Lever def ใช้มือจับ SMC MHZ2-6D ระยะชัก (Stroke) = 4 mm (ด้านละ 2 mm)
- ระยะปล่อย (Un-chuck length) = 15.2 mm และระยะบีบ (Chuck length) = 11.2 mm
- ระยะความยาวนิ้วจับ (Finger length) L= 30 mm และระยะเอียง H= 0 mm
- แรงบีบ = 2.4 N



รูปที่ 3.7 แสดง GRIPPER SMC MHZ2-6D หยิบชิ้นงาน LEVER DEF

- Lever link face foot ใช้มือจับ SMC MHZ2-6D ระยะชัก (Stroke) = 4 mm (ด้านละ 2 mm)
- ระยะปล่อย (Un-chuck length) = 27.2 mm และระยะบีบ (Chuck length) = 23.2 mm
- ระยะความยาวนิ้วจับ (Finger length) L= 30 mm และระยะเอียง H= 0 mm
- แรงบีบ = 2.4 N

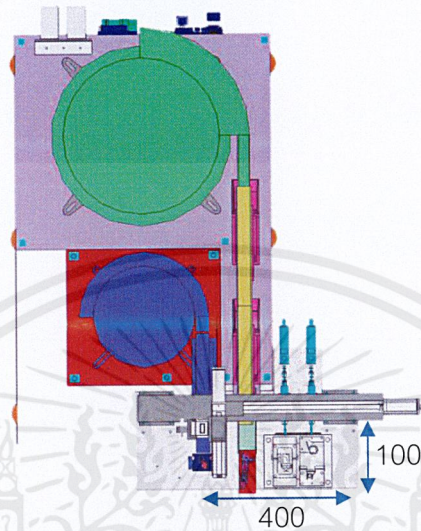


รูปที่ 3.8 แสดง GRIPPER SMC MHZ2-6D หยิบชิ้นงาน LEVER LINK FACE FOOT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

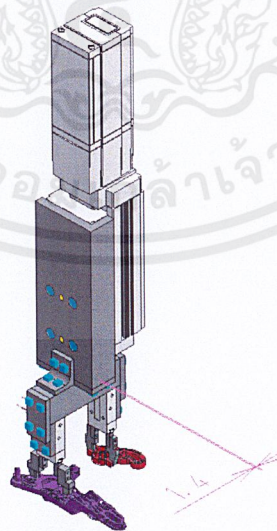
3.2 การคำนวณการเลือกใช้ Cartesian Robot

เนื่องจากลักษณะของพื้นที่การทำงานต้องการพื้นที่การทำงานที่อยู่ภายในระยะการทำงานแสดงดังรูปที่ 3.9 คือมีระยะการทำงานที่แกน x อยู่ที่ 400 mm แกน y อยู่ที่ 100 mm และแกน Z อยู่ที่ 50 mm



รูปที่ 3.9 แสดงพื้นที่การทำงานของ Cartesian Robot ด้านมุมมองด้านบน (Top view)

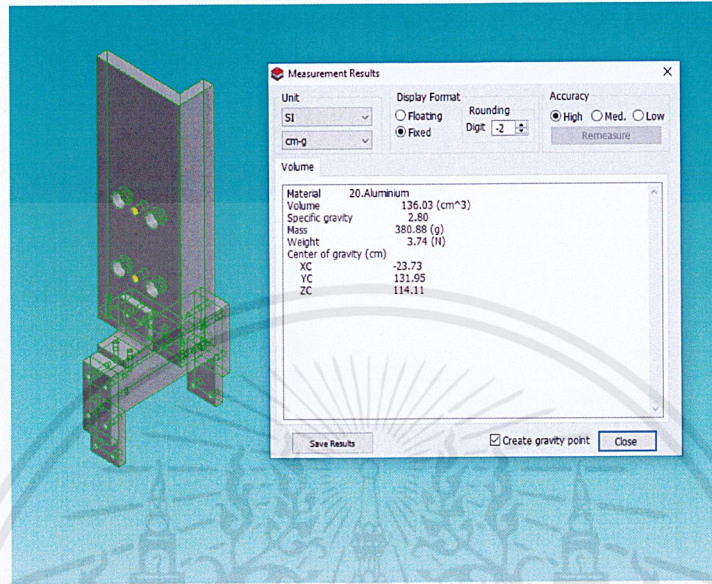
จากการคำนวณการเลือกใช้มือจับ (Gripper) จึงนำอุปกรณ์ที่เลือกไปติดตั้งเข้ากับ Cartesian Robot โดยการออกแบบชิ้นส่วนในการเชื่อมต่อระหว่าง Robo cylinder ที่เป็นรูปแบบ Table Type ทำหน้าที่เคลื่อนในแนวแกน Z จะมีลักษณะแสดงได้ดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 แสดง Cartesian Robot แกน Z ประกอบเข้ากับมือจับ (Gripper)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ชิ้นส่วนที่เป็นส่วนประกอบระหว่าง Cartesian Robot แกน Z สามารถคำนวณน้ำหนักได้จากโปรแกรม ICAD โดยใช้วัสดุเป็น Aluminum มีมวลคือ 380.88 g คิดเป็นน้ำหนักคือ 3.74 N แสดงได้ดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 แสดงการคำนวณน้ำหนักของชิ้นส่วนที่ Cartesian Robot แกน Z รับน้ำหนัก

$m = 380.88 \text{ g} = 0.38 \text{ kg}$ (วัสดุ Aluminium A7075P) รวมน้ำหนักของชิ้นงานสองชิ้นงานและมีมือจับ (Gripper) 2 ตัว แล้วจะได้มวล $m = 446.68 \text{ g} = 0.44 \text{ kg}$

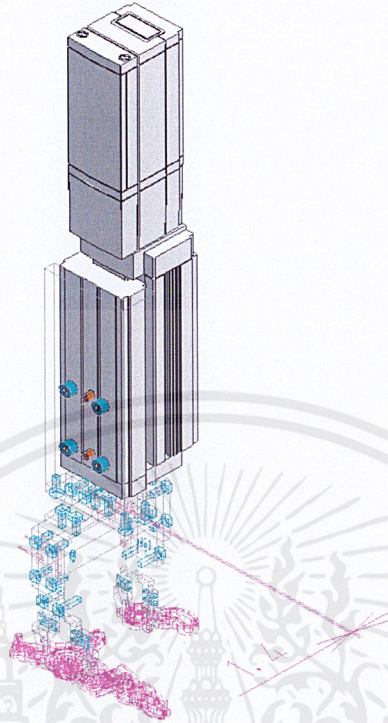
จึงลองเลือก Actuator ที่เป็น Robo cylinder RCP3-TA5C-I-35P-5-50 ที่สามารถรับภาระได้ตามคุณสมบัติแสงได้ดังตารางที่ 3.3

Load	Model	ACCEPT /ACTUAL	MAX. Load Capacity (Kg)	ALLOWABLE STATIC MOMENT (N.m)			STROKE (mm)	MAX SPEED (mm/s)
				Ma	Mb	Mc		
Vertical	RCP3-TA5C-I-35P-5-50	ACCEPT	1.5	25.5	36.5	56.1	50	250
		ACTUAL	0.44	0.06	0	0		200

ตารางที่ 3.3 แสดงคุณสมบัติของ Robo cylinder RCP3-TA5C-I-35P-5-50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถคำนวณโมเมนต์ที่สามารถรับภาระได้บน Actuator ได้ แสดงได้ดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 แสดงระยะแขนจากจุดหมุน M_a เป็นระยะ $L = 1.4 \text{ mm} = 0.0014 \text{ m}$ จนถึงจุดศูนย์ถ่วง

ตัวอย่างการคำนวณโมเมนต์ที่เกิดขึ้นบน Actuator

การคำนวณ M_a จากสมการโมเมนต์

$$M_a = mg \times L$$

$$M_a = 0.44 \times 9.81 \times 0.0014$$

$$M_a = 0.0060 \text{ N.m}$$

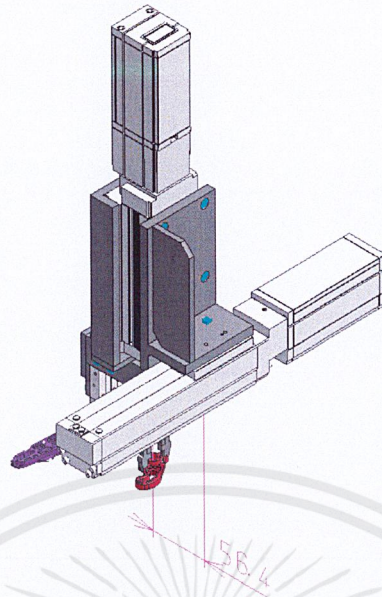
จากลักษณะของชิ้นส่วนที่อยู่บน Actuator จะเห็นได้ว่าไม่มีโมเมนต์ที่ M_b และ M_c ที่เกิดขึ้น เนื่องจากสมมุติให้ชิ้นส่วนมีความสมมาตรจึงเกิดสมดุลโมเมนต์ขึ้น

$$M_b = 0 \text{ N.m}$$

$$M_c = 0 \text{ N.m}$$

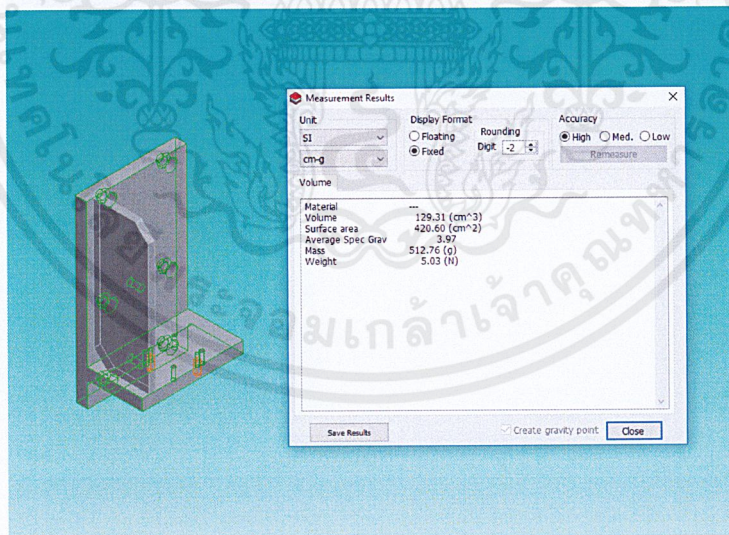
การออกแบบชิ้นส่วนในการเชื่อมต่อระหว่าง Robo cylinder ที่เป็นรูปแบบ Slider Type ทำหน้าที่เคลื่อนในแนวแกน Y แสดงได้ดังรูปที่ 3.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 แสดง Cartesian Robot แกน Y ประกอบเข้ากับ แกน Z

โดยที่ชิ้นส่วนที่เป็นส่วนประกอบระหว่าง Cartesian Robot แกน Y สามารถคำนวณน้ำหนักได้จากโปรแกรม ICAD โดยใช้วัสดุเป็น Aluminum มีมวลคือ 512.76 g คิดเป็นน้ำหนักคือ 5.03 N แสดงได้ดังรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 แสดงการคำนวณน้ำหนักของชิ้นส่วนที่ Cartesian Robot แกน Y รับน้ำหนัก

$m = 512.76 \text{ g} = 0.51 \text{ kg}$ (วัสดุ Aluminium A7075P) รวมน้ำหนักของ RCP3-TA5C-I-35P-5-50 (1.4 Kg), ชิ้นงานชุดยึด, ตัว Chuck, และชิ้นงานมวล m รวม = $2359.44 \text{ g} = 2.36 \text{ kg}$

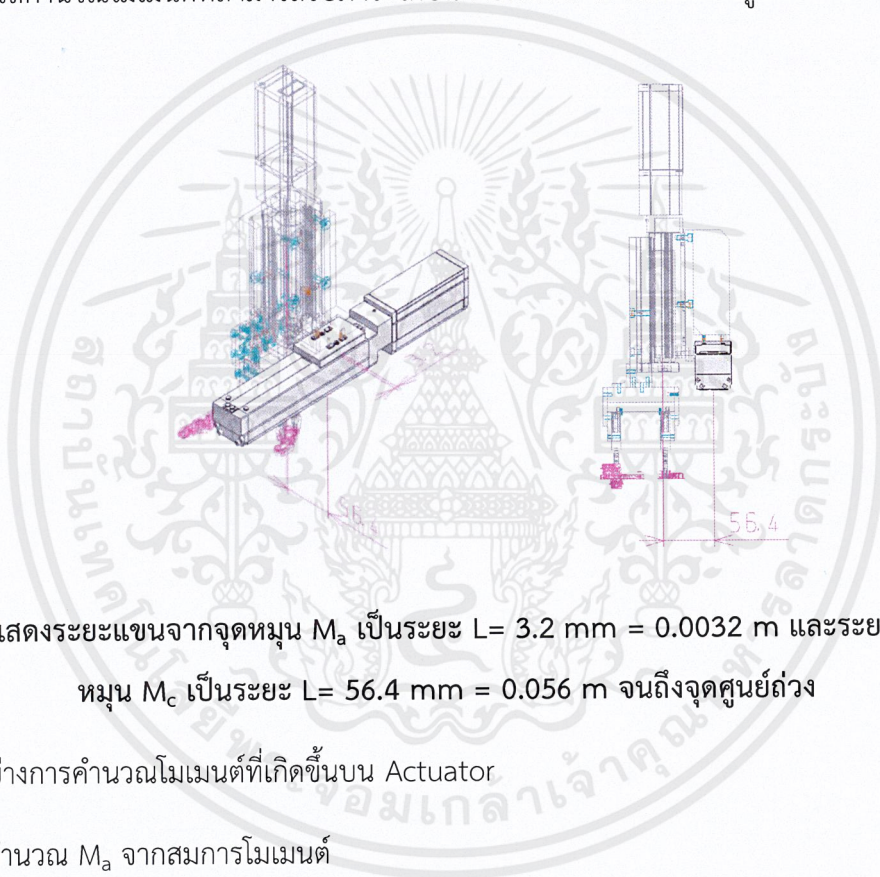
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จึงเลือกใช้ Actuator ที่เป็น Robo cylinder RCA2-SA4C-I-20-10-100 ที่สามารถรับภาระได้ตามคุณสมบัติแสดงได้ตามตาราง 3.4

Load	Model	ACCEPT /ACTUAL	MAX. Load Capacity (Kg)	ALLOWABLE STATIC MOMENT (N.m)			STROKE (mm)	MAX SPEED (mm/s)
				Ma	Mb	Mc		
Horizontal	RCA2-SA4C-I-20-5-100	ACCEPT	4	6.8	9.7	13.3	100	250
		ACTUAL	2.36	0.07	0	1.29		200

ตารางที่ 3.4 แสดงคุณสมบัติของ RCA2-SA4C-I-20-10-100

สามารถคำนวณโมเมนต์ที่สามารถรับภาระได้บน Actuator ได้ แสดงได้ดังรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 แสดงระยะแขนจากจุดหมุน M_a เป็นระยะ $L = 3.2 \text{ mm} = 0.0032 \text{ m}$ และระยะแขนจากจุดหมุน M_c เป็นระยะ $L = 56.4 \text{ mm} = 0.056 \text{ m}$ จนถึงจุดศูนย์ถ่วง

ตัวอย่างการคำนวณโมเมนต์ที่เกิดขึ้นบน Actuator

การคำนวณ M_a จากสมการโมเมนต์

$$M_a = mg \times L$$

$$M_a = 2.36 \times 9.81 \times 0.0032$$

$$M_a = 0.074 \text{ N.m}$$

การคำนวณ M_c จากสมการโมเมนต์

$$M_c = mg \times L$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

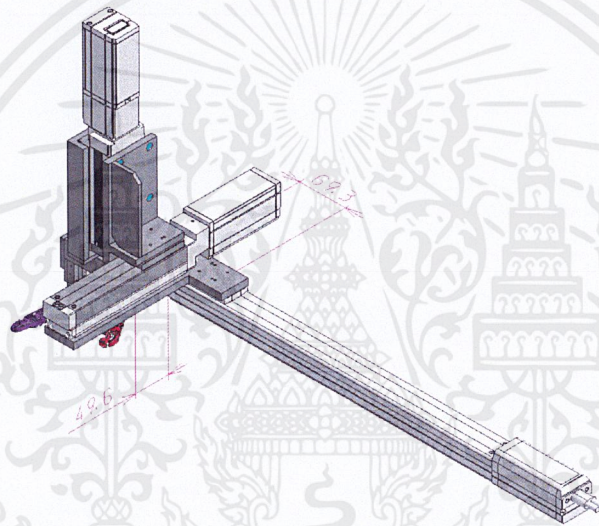
$$M_c = 2.36 \times 9.81 \times 0.056$$

$$M_c = 1.29 \text{ N.m}$$

จากลักษณะของชิ้นส่วนที่อยู่บน Actuator จะเห็นได้ว่าไม่มีโมเมนต์ที่ M_b ที่เกิดขึ้น เนื่องจากไม่มีแรงกระทำที่ทำให้เกิดโมเมนต์ในทิศทางนั้น

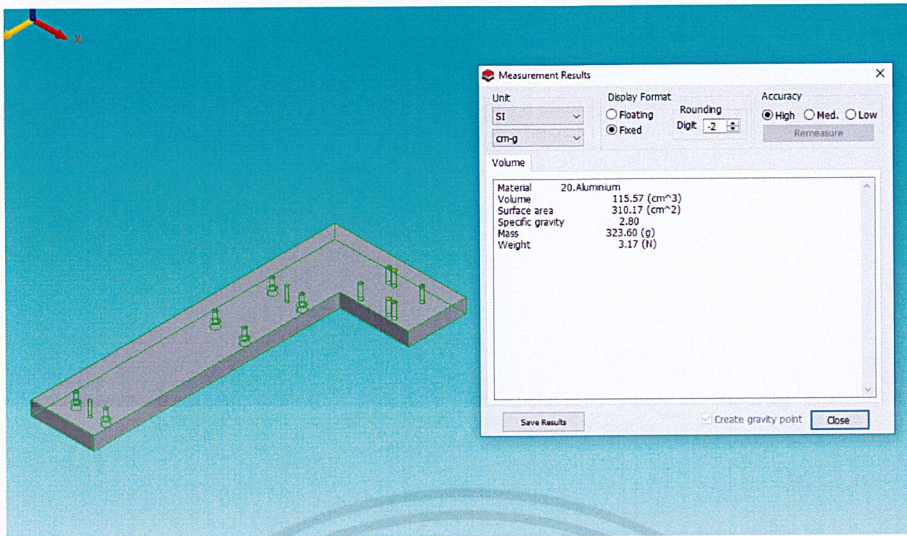
$$M_b = 0 \text{ N.m}$$

การออกแบบชิ้นส่วนในการเชื่อมต่อระหว่าง Robo cylinder ที่เป็นรูปแบบ Slider Type ทำหน้าที่เคลื่อนในแนวแกน Y จะมีลักษณะแสดงได้ดังรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 แสดง Cartesian Robot แกน X ประกอบเข้ากับ แกน Y และแกน Z

โดยที่ชิ้นส่วนที่เป็นส่วนประกอบระหว่าง Cartesian Robot แกน X สามารถคำนวณน้ำหนักได้จากโปรแกรม ICAD โดยใช้วัสดุเป็น Aluminum มีมวลคือ 323.60 g คิดเป็นน้ำหนักคือ 3.17 N แสดงได้ดังรูป 3.17



รูปที่ 3.17 แสดงการคำนวณน้ำหนักของชิ้นส่วนที่ Cartesian Robot แกน Y รับน้ำหนัก

$m = 323.60 \text{ g} = 0.32 \text{ kg}$ (วัสดุ Aluminium A7075P) รวมน้ำหนักของ RCP3-TA5C-I-35P-5-50 (1.4 Kg), RCA2-SA4C-I-20-10-100 (1.0 kg), ชิ้นงานชุดยึด, ตัว Chuck, และชิ้นงานมวล m รวม = 3683.04 g = 3.68 kg

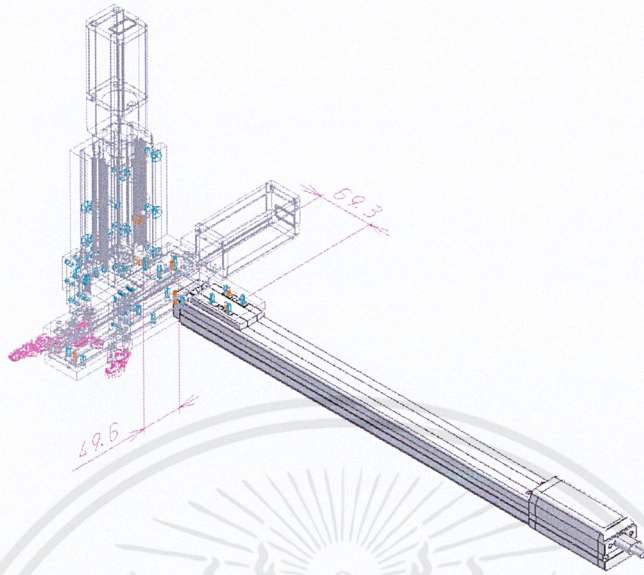
จึงลองเลือก Actuator ที่เป็น Robo cylinder RCA-SA4C-I-20-10-400 ที่สามารถรับภาระได้ตามคุณสมบัติแสดงได้ตามตารางที่ 3.5

Load	Model	ACCEPT /ACTUAL	MAX. Load Capacity (Kg)	ALLOWABLE STATIC MOMENT (N.m)			STROKE (mm)	MAX SPEED (mm/s)
				Ma	Mb	Mc		
Horizontal	RCA-SA4C-I-20-10-400	ACCEPT	4	6.9	9.9	17	400	665
		ACTUAL	3.68	0.25	0	1.77		200

ตารางที่ 3.5 แสดงคุณสมบัติของ RCA-SA4C-I-20-10-400

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถคำนวณโมเมนต์ที่สามารถรับภาระได้บน Actuator ได้ แสดงได้ดังรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.18 แสดงระยะแขนจากจุดหมุน M_a เป็นระยะ $L = 69.3 \text{ mm} = 0.0069 \text{ m}$ และระยะแขนจากจุดหมุน M_c เป็นระยะ $L = 49.6 \text{ mm} = 0.049 \text{ m}$ จนถึงจุดศูนย์ถ่วง

ตัวอย่างการคำนวณโมเมนต์ที่เกิดขึ้นบน Actuator

การคำนวณ M_a

$$M_a = mg \times L$$

$$M_a = 3.68 \times 9.81 \times 0.0069$$

$$M_a = 0.25 \text{ N.m}$$

การคำนวณ M_c

$$M_c = mg \times L$$

$$M_c = 3.68 \times 9.81 \times 0.049$$

$$M_c = 1.77 \text{ N.m}$$

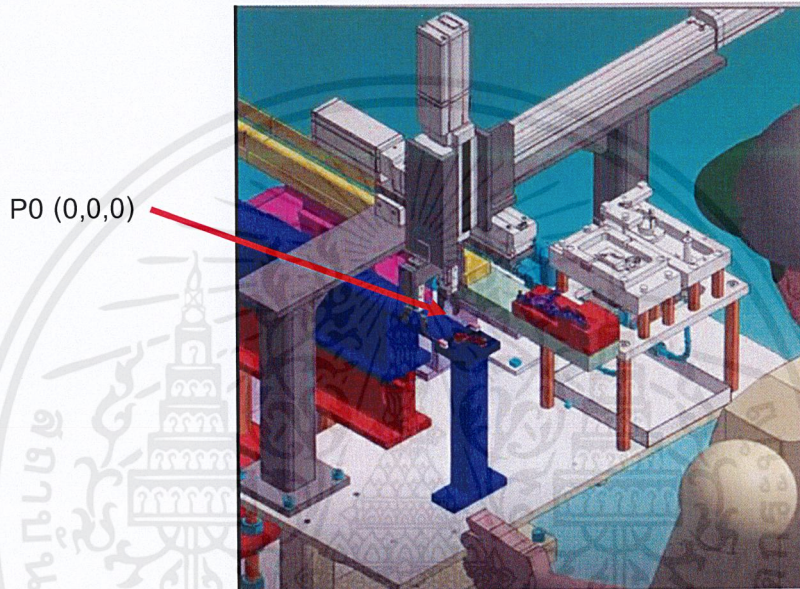
จากลักษณะของชิ้นส่วนที่อยู่บน Actuator จะเห็นได้ว่าไม่มีโมเมนต์ที่ M_b ที่เกิดขึ้น เนื่องจากไม่มีแรงกระทำที่ทำให้เกิดโมเมนต์ในทิศทางนั้น

$$M_b = 0 \text{ N.m}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การคำนวณเวลาการเคลื่อนที่ของ Cartesian Robot

การคำนวณจะกำหนดให้ Cartesian Robot เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงสุดมีค่าเท่ากับ 200 mm/s เนื่องจากที่ความเร็วสูงสุดนี้ไม่เป็นอันตรายต่อการชนกับพนักงานที่ปฏิบัติงานอยู่ในบริเวณการทำงานนั้น และ การที่จะสั่งให้ Cartesian Robot เคลื่อนที่ที่ต้องการ Teaching position ให้กับตัว Robot แล้วจึงค่อยทำการ โปรแกรมให้เคลื่อนที่ตามลำดับตำแหน่งที่ได้ตั้งไว้ ในที่นี้ จะใช้ตำแหน่งที่สัมพันธ์กับบริเวณปลายมือจับ (Gripper) ให้เป็นตำแหน่ง P0 (0,0,0) แสดงได้ดังรูป 3.19



รูปที่ 3.19 แสดงตำแหน่ง P0 บน Cartesian robot

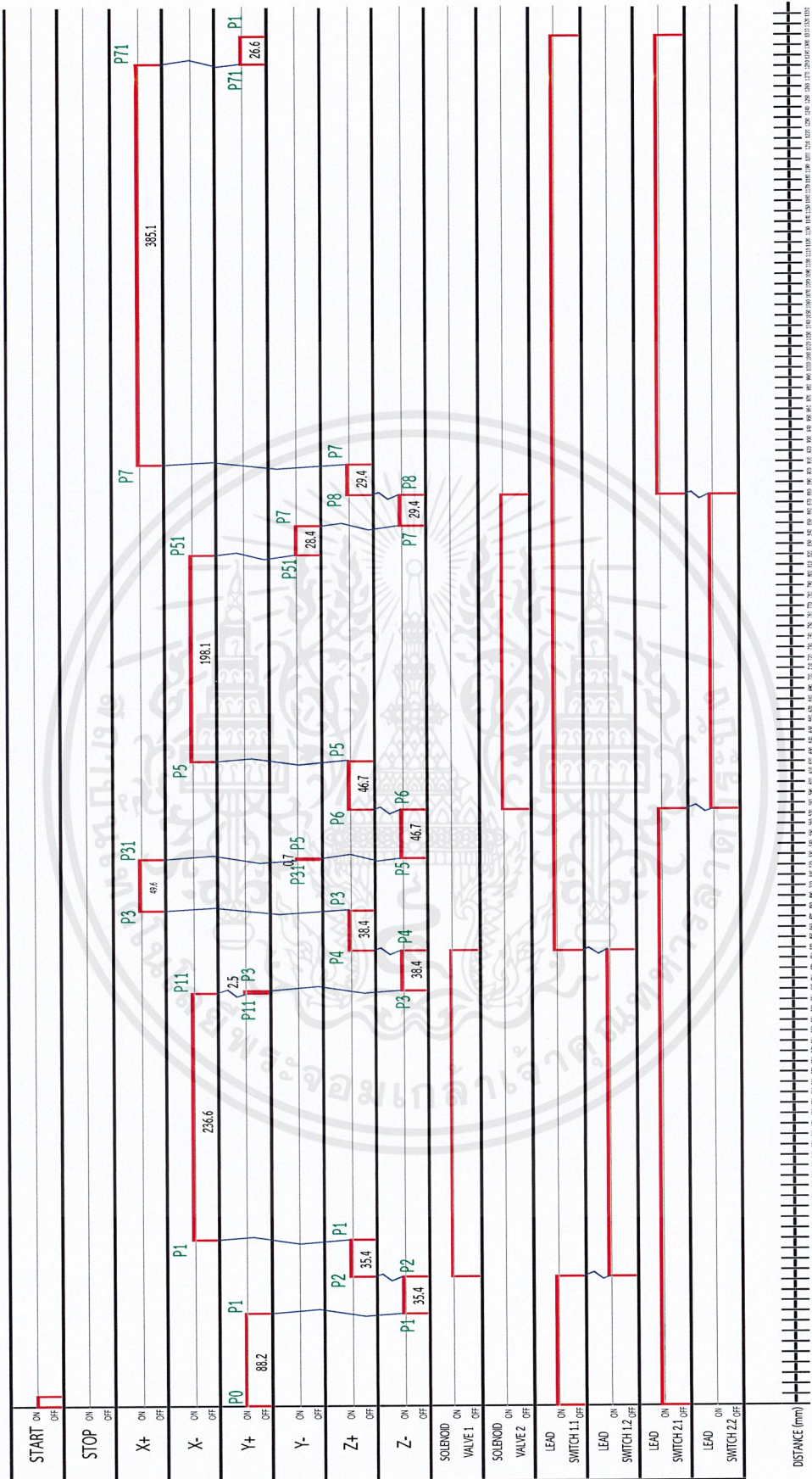
ทำการเขียน Time chart เพื่อแสดงการเคลื่อนที่ของ Cartesian robot โดยกำหนดให้ Cartesian robot ทำงานโดยใช้อุปกรณ์ทั้งหมดดังนี้

1. Robo cylinder แกน X สามารถเคลื่อนที่ในแนวแกน X+ และ X-
2. Robo cylinder แกน Y สามารถเคลื่อนที่ในแนวแกน Y+ และ Y-
3. Robo cylinder แกน Z สามารถเคลื่อนที่ในแนวแกน Z+ และ Z-
4. Solenoid valve ควบคุมลม Gripper จับชิ้นงาน Lever Def
5. Solenoid valve ควบคุมลม Gripper จับชิ้นงาน Lever Link Face Foot
6. Lead switch 1.1 ตรวจจับตำแหน่ง Return บน Gripper ขณะยังไม่จับชิ้นงาน Lever Def
7. Lead switch 1.2 ตรวจจับตำแหน่ง Advance บน Gripper ขณะจับชิ้นงาน Lever Def

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. Lead switch 2.1 ตรวจจับตำแหน่ง Return บน Gripper ขณะยังไม่จับชิ้นงาน Lever Link Face Foot
9. Lead switch 2.2 ตรวจจับตำแหน่ง Advance บน Gripper ขณะจับชิ้นงาน Lever Link Face Foot
10. Switch put button ควบคุมการเริ่มทำงานของระบบ (Start)

Time chart จะแสดงลำดับการทำงานของระบบถ่ายโอนชิ้นงาน (Transfer unit) โดยสั่งการเคลื่อนที่โดยระบบควบคุม PLC และ Controller ของ Robo cylinder มี Encoder ภายในตัวสามารถส่งกลับสัญญาณข้อมูลตำแหน่งกลับเข้า PLC เพื่อเขียนโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ได้ตามเงื่อนไข แต่เนื่องจากการเขียน PLC นี้อยู่นอกเหนือจากขอบเขตการวิจัย จึงจะแสดงลำดับการเคลื่อนที่โดย Time chart และ Ladder diagram โดยง่าย ซึ่งแสดงการ ON-OFF ที่ประกอบด้วย ปุ่มการเริ่มต้นการทำงานของระบบ ระยะการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์ Robo cylinder การควบคุมการทำงานของ Gripper โดยใช้ Solenoid valve และ Lead switch ควบคุมลมที่ใช้กับ Gripper แสดงได้ดังรูปที่ 3.20

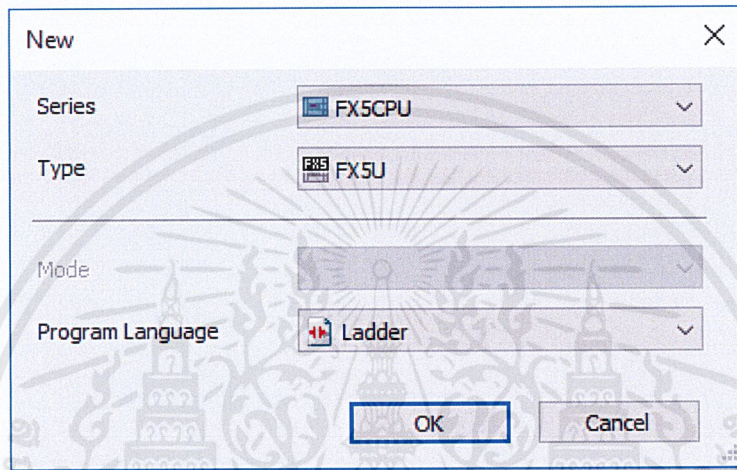


รูปที่ 3.20 แสดงลำดับการทำงานของอุปกรณ์ผ่าน Time chart

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

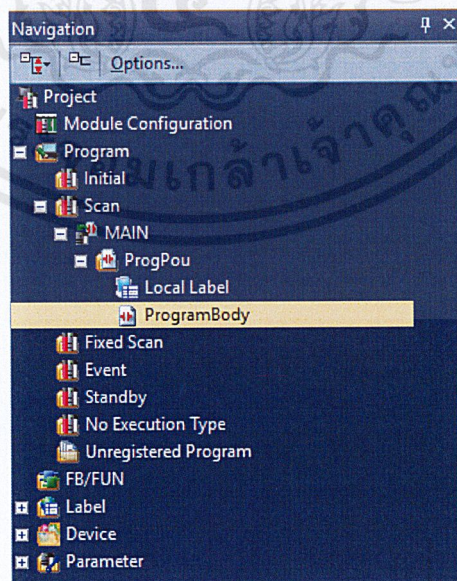
เมื่อได้ลำดับการทำงานของอุปกรณ์จาก Time chart ที่แสดงดังรูปที่ 3.20 จึงสามารถเขียน Ladder diagram อย่างง่ายของการสั่งให้อุปกรณ์ทำงานผ่านการควบคุมของ PLC ในที่นี้เลือกใช้โปรแกรม GX Work3 เป็นโปรแกรมเขียนควบคุมการทำงานของ Robo cylinder ทั้งสามตัว และ Solenoid valve ที่ควบคุมลมของมือจับ (Gripper) ทั้งสองตัวโดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. Create New Project เลือก Series PLC ของ Mitsubishi เป็น FX5CPU , Type : FX5U และ Program Language : Ladder แสดงได้ดังรูปที่ 3.21



รูปที่ 3.21 แสดงหน้าต่างการเลือก PLC มาเขียน Ladder diagram

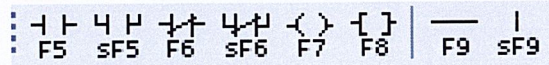
2. เลือกตาราง Navigation ทางด้านซ้ายมือ แล้วเลือกส่วนของ ProgramBody แสดงได้ดังรูปที่ 3.22



รูปที่ 3.22 แสดงหน้าต่าง ProgramBody เพื่อเขียนโปรแกรมโดยใช้ Ladder diagram

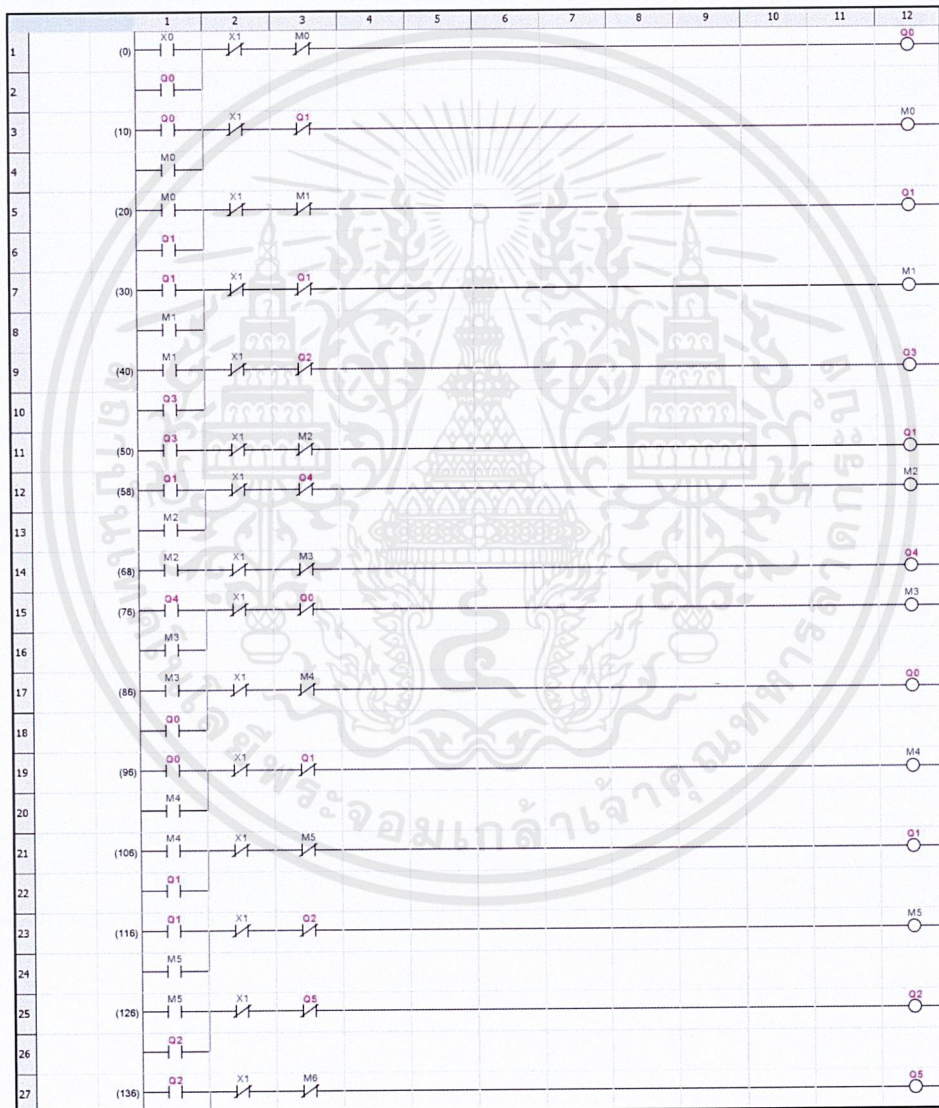
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ทำการเขียนกระบวนการทำงาน โดยใช้ฟังก์ชัน F5 เป็น normally open , F6 เป็น normally close , F7 เป็น coil , F9 เป็นการเขียนเส้น ladder ตามแนวนอน sF9 เป็นการเขียนเส้น ladder ตามแนวตั้ง แสดงได้ดังรูปที่ 3.23



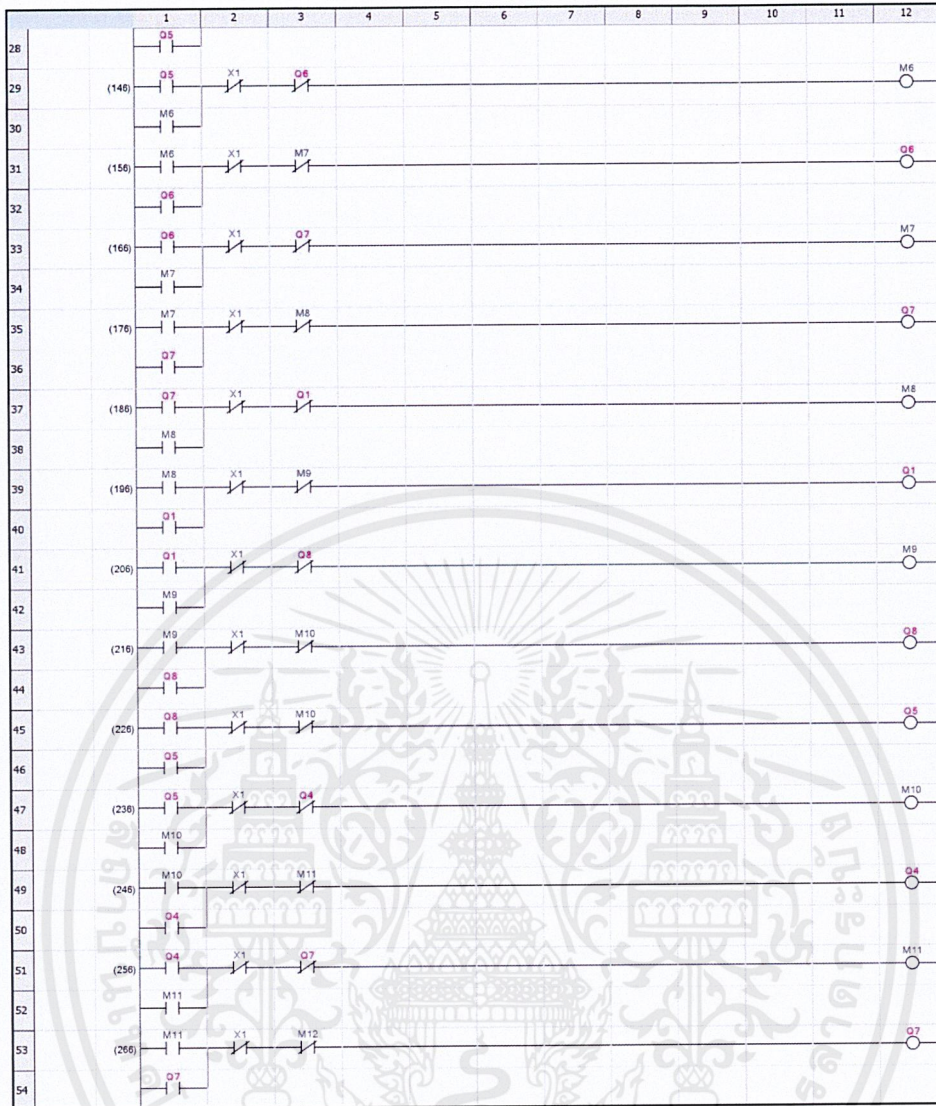
รูปที่ 3.23 แสดงฟังก์ชันการทำงานบน Ladder diagram

4. เขียนโปรแกรมใน Ladder diagram แสดงได้ดังรูปที่ 3.24, 3.25 และ 3.26



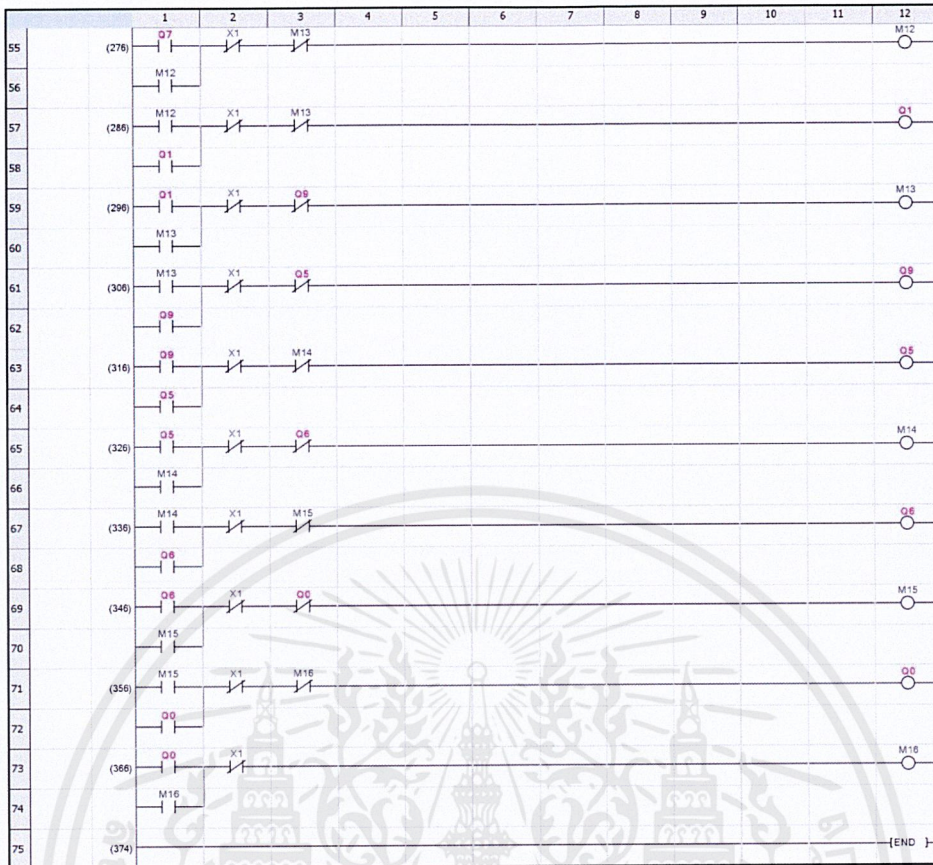
รูปที่ 3.24 แสดง Ladder diagram (1/3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



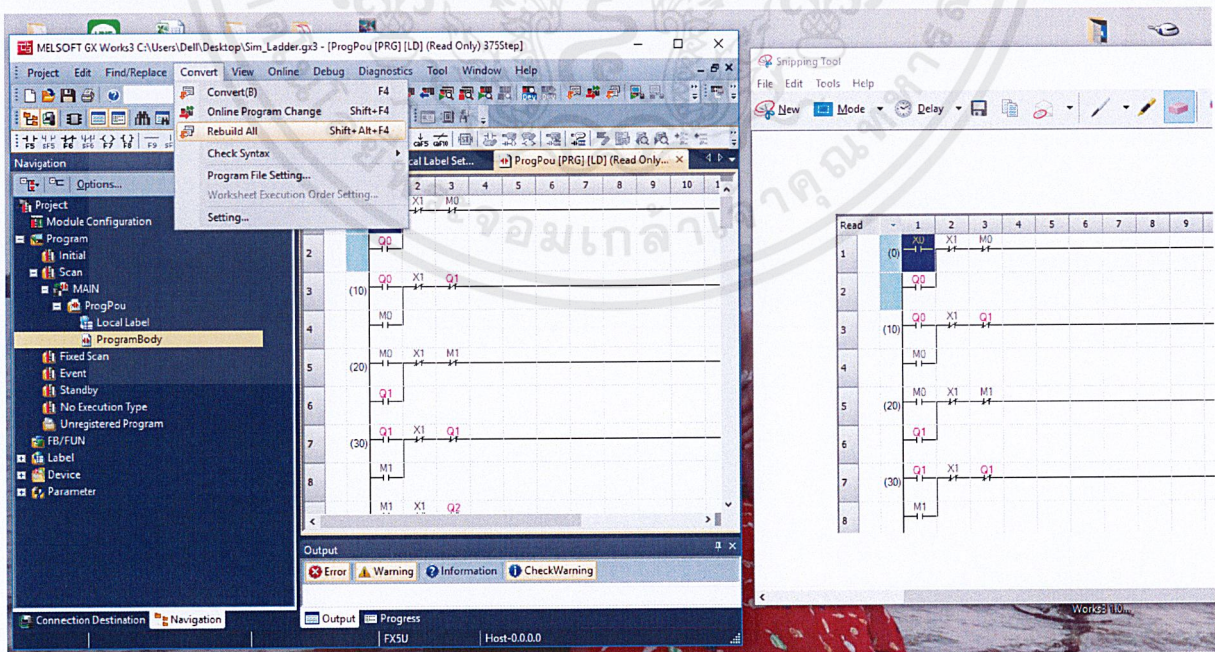
รูปที่ 3.25 แสดง Ladder diagram (2/3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.26 แสดง Ladder diagram (3/3)

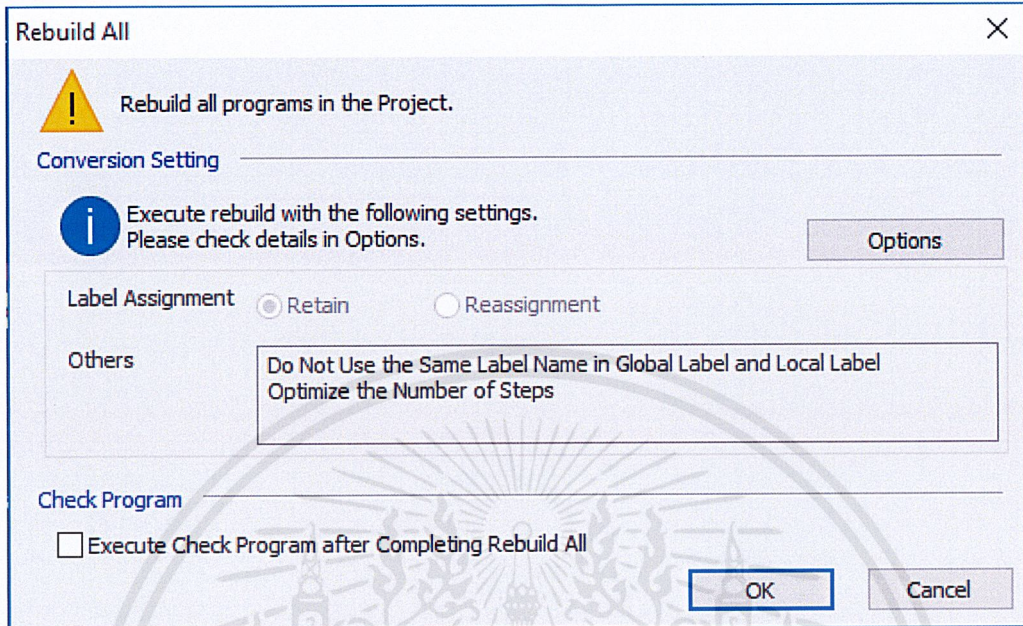
5. ไปที่แถบเมนูที่ Convert เลือก Rebuild All แสดงได้ดังรูปที่ 3.27



รูปที่ 3.27 แสดงแถบเมนู Convert

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเลือก Rebuild All จะขึ้นหน้าต่างเมนู ให้กด OK จากนั้นโปรแกรมจะทำการตรวจสอบ Error and Warning ตรงบริเวณ Output แสดงได้ดังรูปที่ 3.28



รูปที่ 3.28 แสดงหน้าต่าง Rebuild All

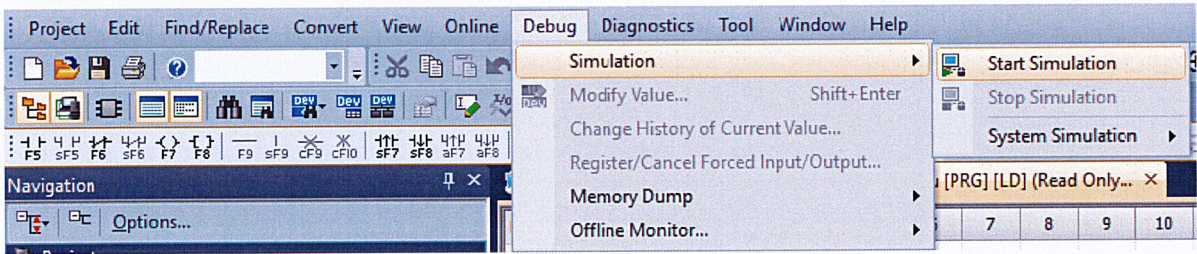
หลังจากนั้นจะขึ้นหน้าต่าง Output ขึ้นมาต้องการตรวจสอบ ให้ Error และ Warning เป็น 0 แสดงได้ดังรูปที่ 3.29



รูปที่ 3.29 แสดงหน้าต่าง Output

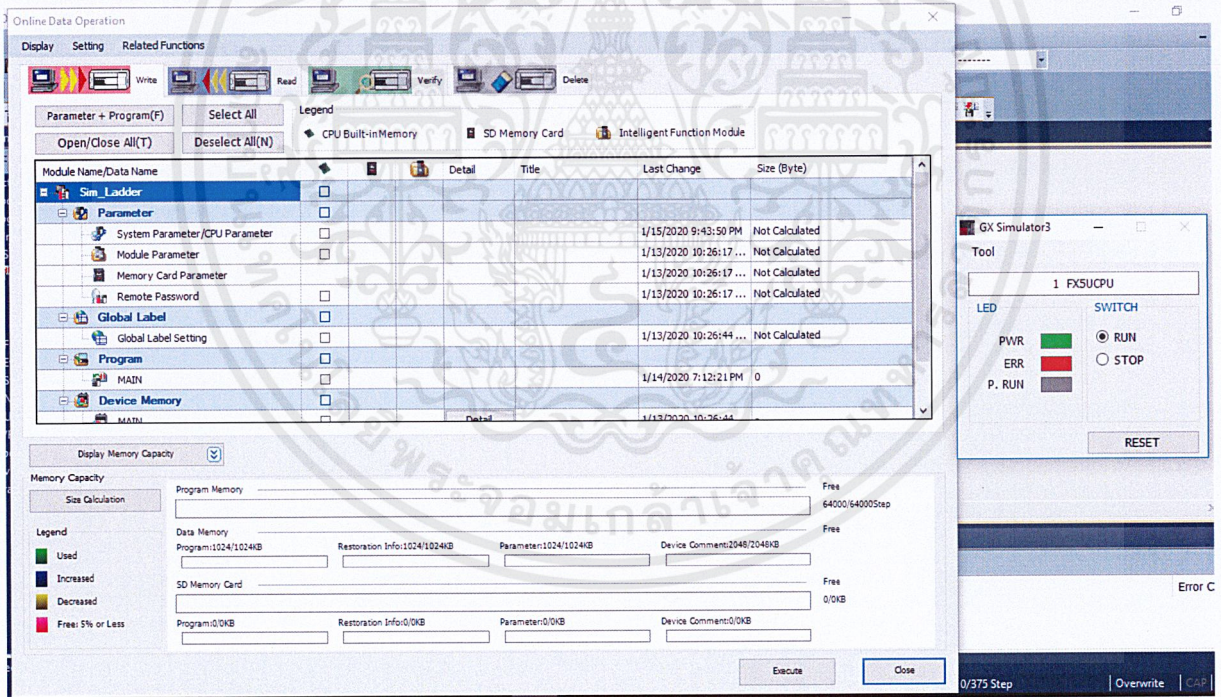
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ไปที่ Debug เลือก Simulation และหลังจากนั้นให้เลือก Start Simulation แสดงได้ดังรูปที่ 3.30



รูปที่ 3.30 แสดงแถบเมนู Simulation

ในหน้าต่างโปรแกรมจะขึ้นมามีอยู่ 2 ส่วนคือ 1. Online data operation 2. GX Simulator3 ให้ไปในส่วน Online Data Operation แล้วกด Parameter+Program(F) หน้าต่างจะทำการให้เลือกให้ตรงกับ Series กับ Type ของ PLC ที่เลือกใช้ จากนั้นกด Execute แล้วโปรแกรมจะทำการ จับคู่ Ladder ที่เขียนไปเขียนลงในรุ่น PLC แสดงได้ดังรูปที่ 3.31

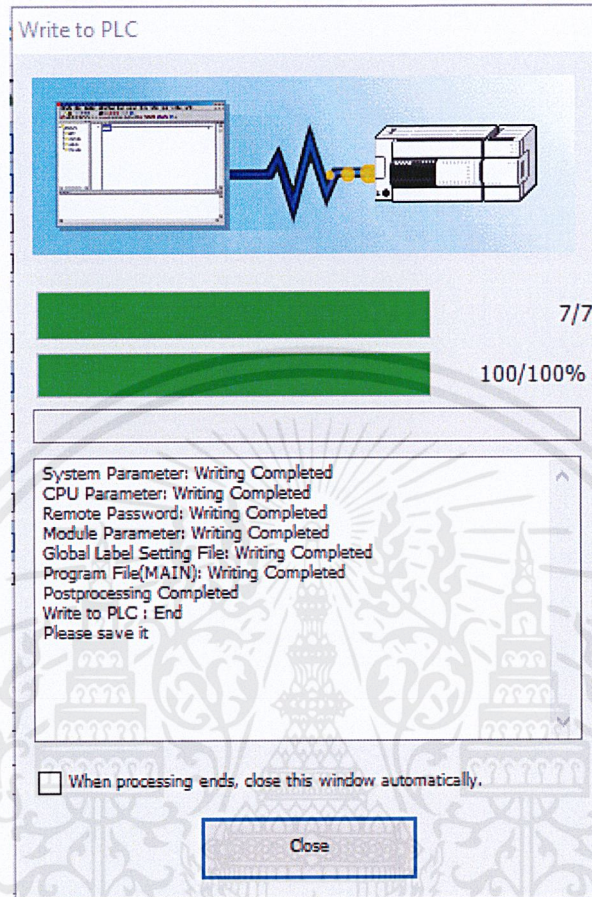


รูปที่ 3.31 แสดงหน้าต่าง Simulation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

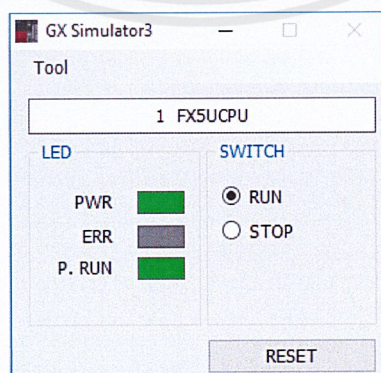
หลังจากนั้นโปรแกรมจะทำการ Simulation โดยขึ้นหน้าต่าง Write to PLC ขึ้นมาแสดงได้ดังรูปที่

3.32



รูปที่ 3.32 แสดงหน้าต่าง Write to PLC

จากนั้นกด Close และกด Close ที่ Data Online Operation แล้วไปดูในส่วนที่ 2 คือ GX Simulator3 ดังรูปไฟ Status จะเป็นตัวบอกการใช้งานว่ามีข้อผิดพลาดหรือไม่ ถ้าหากผลการ simulation ไม่มี error จะแสดงแถบสีเขียวที่ PWR และ P.RUN แสดงได้ดังรูปที่ 3.33



รูปที่ 3.33 แสดงหน้าต่างผลการ Simulation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเขียนโปรแกรมใน Ladder diagram แล้วจึงทำการคำนวณหาเวลาการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์จากการวัดค่าตำแหน่งจากโปรแกรม ICAD จึงได้ตำแหน่งที่ต้องการดังแสดงในตารางที่ 3.6

P	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)
P0	0	0	0
P1	0	88.2	0
P11	-236.6	88.2	0
P2	0	88.2	-35.4
P3	-236.6	90.7	0
P31	-187	90.7	0
P4	-236.6	90.7	-38.4
P5	-187	90	0
P51	-385.1	90	0
P6	-187	90	-46.7
P7	-385.1	61.6	0
P71	0	61.6	0
P8	-385.1	61.6	-29.4

ตารางที่ 3.6 แสดงตำแหน่งในการทำงานของ Cartesian Robot

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นจึงเรียงลำดับการทำงานในแต่ละตำแหน่งของการเคลื่อนที่ต่อหนึ่งรอบ แสดงได้ดังตารางที่ 3.7

P	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)
P0	0	0	0
P1	0	88.2	0
P2	0	88.2	-35.4
P1	0	88.2	0
P11	-236.6	88.2	0
P3	-236.6	90.7	0
P4	-236.6	90.7	-38.4
P3	-236.6	90.7	0
P31	-187	90.7	0
P5	-187	90	0
P6	-187	90	-46.7
P5	-187	90	0
P51	-385.1	90	0
P7	-385.1	61.6	0
P8	-385.1	61.6	-29.4
P7	-385.1	61.6	0
P71	0	61.6	0
P1	0	88.2	0

ตารางที่ 3.7 แสดงลำดับตำแหน่งในการทำงานของ Cartesian Robot

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางการแสดงลำดับตำแหน่งการทำงานของ Cartesian Robot สามารถสรุปการเคลื่อนที่ใน
 ระยะเวลาการจัดแสดงได้ดังตารางที่ 3.8

Displacement	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)
P0->P1	0	88.2	0
P1->P2	0	0	-35.4
P2->P1	0	0	35.4
P1->P11	-236.6	0	0
P11->P3	0	2.5	0
P3->P4	0	0	-38.4
P4->P3	0	0	38.4
P3->P31	49.6	0	0
P31->P5	0	-0.7	0
P5->P6	0	0	-46.7
P6->P5	0	0	46.7
P5->P51	-198.1	0	0
P51->P7	0	-28.4	0
P7->P8	0	0	-29.4
P8->P7	0	0	29.4
P7->P71	385.1	0	0
P71->P1	0	26.6	0

ตารางที่ 3.8 แสดงระยะเวลาการจัดตามลำดับการทำงานของ Cartesian Robot

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

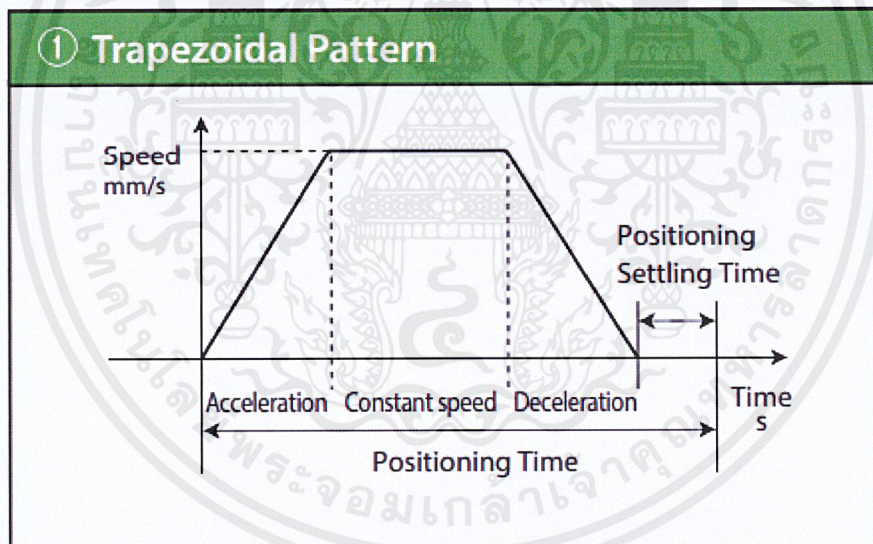
การคำนวณการเคลื่อนที่ของ Cartesian Robot มีเงื่อนไขในการคำนวณ โดยการเคลื่อนที่ของ Cartesian Robot แกน Z จะเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง 0.2 G แกน X และ Y 0.3 G และทุกแกนจะต้องเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงสุดไม่เกิน 200 mm/s

เมื่อ $1\text{ G} = 9.8\text{ m/s}^2$ จะได้ว่า $0.2\text{ G} = 1.96\text{ m/s}^2$ และ $0.3\text{ G} = 2.94\text{ m/s}^2$

รูปแบบการเคลื่อนที่ของ Cartesian Robot ในแต่ละแกนสามารถแบ่งออกได้เป็นสองรูปแบบดังนี้ 1. การเคลื่อนที่รูปแบบสี่เหลี่ยมคางหมู 2. การเคลื่อนที่รูปแบบสามเหลี่ยม

1. การเคลื่อนที่รูปแบบสี่เหลี่ยมคางหมู

การที่ Cartesian Robot จะสามารถเคลื่อนที่ในรูปแบบนี้แสดงดังรูป 3.21 จะแบ่งลักษณะการเคลื่อนที่ออกเป็นสามส่วนคือ ช่วงที่มีความเร่ง ช่วงที่มีความเร็วคงที่ และช่วงที่มีความหน่วง Cartesian Robot ต้องเคลื่อนที่ด้วยความเร่งและความหน่วงจากความเร็ว 0 mm/s จนถึง 200 mm/s หรือ 200 mm/s จนถึง 0 mm/s ด้วยความเร่ง 0.2 G หรือ 0.3 G ตามเงื่อนไข แสดงได้ดังรูปที่ 3.34



รูปที่ 3.34 แสดงกราฟการเคลื่อนที่แบบสี่เหลี่ยมคางหมู

ตัวอย่างการคำนวณโดยใช้ระยะการกระจัดจากตำแหน่ง P1 ไป P11 มีค่าเท่ากับ 236.6 mm เป็น Actuator RCA-SA4C-I-20-10-400 ในแนวแกน X เคลื่อนที่โดยใช้ความเร่งเป็น $a = 0.3\text{ G} = 2.94\text{ m/s}^2$ และความเร็วต้น $u = 0\text{ mm/s}$ จึงต้องคำนวณหาระยะการเคลื่อนที่เมื่อความเร็วปลาย $v = 200\text{ mm/s} = 0.2\text{ m/s}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสูตรการเคลื่อนที่ $v^2 = u^2 + 2as$

$$s = \frac{v^2}{2a}$$

แทนค่า $v = 0.2 \text{ m/s}$ และ $a = 2.94 \text{ m/s}^2$

$$s = \frac{0.2^2}{2 \times 2.94}$$

$$s = 0.0068 \text{ m} = 6.80 \text{ mm}$$

จะได้ว่าระยะการเคลื่อนที่ในขณะที่เร่งด้วยความเร่ง 0.3 G จากความเร็ว 0 mm/s จนถึง 200 mm/s มีระยะทางเท่ากับ 6.80 mm และในขณะเดียวกันระยะการเคลื่อนที่ในขณะที่หน่วงด้วยความหน่วง 0.3 G จากความเร็ว 200 mm/s จนถึง 0 mm/s ก็จะมีระยะการเคลื่อนที่เท่ากับ 6.80 mm เช่นเดียวกัน

นั่นหมายความว่า จะเหลือระยะการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ = ระยะการกระจัด - ระยะการเคลื่อนที่ขณะเร่ง - ระยะการเคลื่อนที่ขณะหน่วง = ระยะการกระจัด - $2 \times$ ระยะการเคลื่อนที่ขณะเร่ง = $236.6 - 13.6 = 223.0 \text{ mm}$

จึงสามารถคำนวณเวลาในการเคลื่อนที่ขณะเร่ง ขณะความเร็วคงที่ และขณะหน่วงได้

จากสูตรการคำนวณการเคลื่อนที่ขณะเร่ง $v = u + at$

$$t = \frac{v - u}{a}$$

แทนค่า $u = 0 \text{ mm/s}$, $v = 0.2 \text{ m/s}$ และ $a = 2.94 \text{ m/s}^2$

$$t = \frac{0.2 - 0}{2.94}$$

$$t = 0.068 \text{ s}$$

จะได้ว่าเวลาในการเคลื่อนที่ในขณะที่เร่งด้วยความเร่ง 0.3 G จากความเร็ว 0 mm/s จนถึง 200 mm/s มีเวลาเท่ากับ 0.068 s และในขณะเดียวกันระยะการเคลื่อนที่ในขณะที่หน่วงด้วยความหน่วง 0.3 G จากความเร็ว 200 mm/s จนถึง 0 mm/s ก็จะมีเวลาเท่ากับ 0.068 s เช่นเดียวกัน

จากสูตรการคำนวณการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ $v = \frac{s}{t}$

$$t = \frac{s}{v}$$

แทนค่า $s = 223.0$ mm และ $v = 200$ m/s

$$t = \frac{223}{200}$$

$$t = \frac{223}{200}$$

$$t = 1.11 \text{ s}$$

ดังนั้นเวลาในการเคลื่อนที่โดยใช้ระยะการกระจัดจากตำแหน่ง P1 ไป P11 มีค่าเท่ากับ 236.6 mm
เคลื่อนที่โดยใช้เวลาตลอดการเคลื่อนที่ = เวลาขณะเร่ง + เวลาขณะคงที่ + เวลาขณะหน่วง = 0.068 + 1.11
+ 0.068 = 1.251 s

ผลการคำนวณเวลาในการเคลื่อนที่ของ Actuator RCA-SA4C-I-20-10-400 (แกน X) แสดงได้ดังตาม
ตารางที่ 3.9

การกระจัด (mm)	ระยะทางการ เคลื่อนที่ ขณะเร่งหรือ หน่วง (mm)	ระยะทางการเคลื่อนที่ ขณะเร่งและหน่วง (mm)	ระยะทางการ เคลื่อนที่ ด้วยความเร็วคงที่ (mm)	เวลาการเคลื่อนที่ ขณะเร่ง (s)	เวลาการเคลื่อนที่ ขณะหน่วง (s)	เวลาการเคลื่อนที่ ความเร็วคงที่ (s)	เวลารวม (s)
236.6	6.80	13.61	223.0	0.068	0.068	1.115	1.251
49.6	6.80	13.61	36.0	0.068	0.068	0.180	0.316
198.1	6.80	13.61	184.5	0.068	0.068	0.922	1.058
385.1	6.80	13.61	371.5	0.068	0.068	1.857	1.993

ตารางที่ 3.9 แสดงเวลาของการเคลื่อนที่รูปแบบสี่เหลี่ยมคางหมูในแนวแกน X

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการคำนวณเวลาในการเคลื่อนที่ของ Actuator RCA2-SA4C-I-20-5-100 (แกน Y) แสดงได้ดังตาม ตารางที่ 3.10

การกระจัด (mm)	ระยะทางการเคลื่อนที่ขณะเร่งหรือหน่วง (mm)	ระยะทางการเคลื่อนที่ขณะเร่งและหน่วง (mm)	ระยะทางการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ (mm)	เวลาการเคลื่อนที่ขณะเร่ง (s)	เวลาการเคลื่อนที่ขณะหน่วง (s)	เวลาการเคลื่อนที่ความเร็วคงที่ (s)	เวลารวม (s)
88.2	6.80	13.61	74.6	0.068	0.068	0.373	0.509
2.5	6.80	13.61	-	-	-	-	-
0.7	6.80	13.61	-	-	-	-	-
28.4	6.80	13.61	14.8	0.068	0.068	0.074	0.210
26.6	6.80	13.61	13.0	0.068	0.068	0.065	0.201

ตารางที่ 3.10 แสดงเวลาของการเคลื่อนที่รูปแบบสี่เหลี่ยมคางหมูในแนวแกน Y

ผลการคำนวณเวลาในการเคลื่อนที่ของ Actuator RCP3-TA5C-I-35P-5-50 (แกน Z) แสดงได้ดังตาม ตารางที่ 3.11

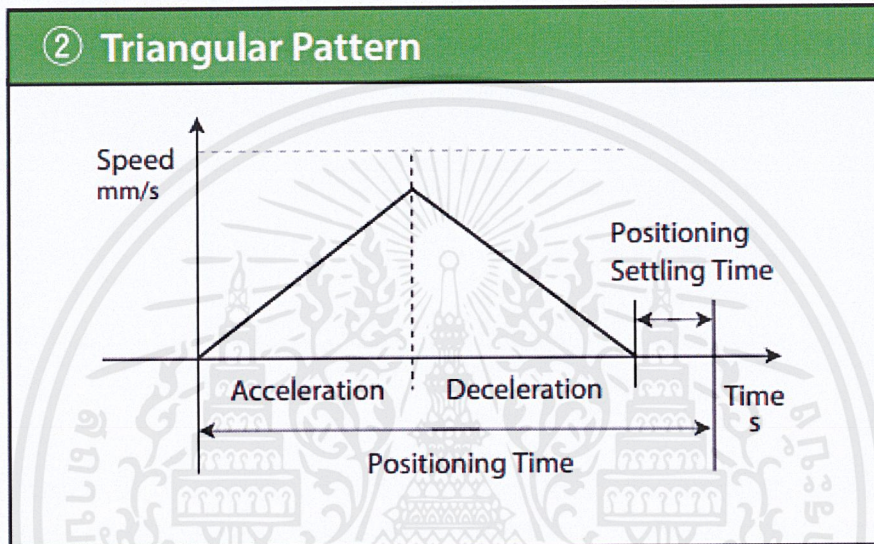
การกระจัด (mm)	ระยะทางการเคลื่อนที่ขณะเร่งหรือหน่วง (mm)	ระยะทางการเคลื่อนที่ขณะเร่งและหน่วง (mm)	ระยะทางการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ (mm)	เวลาการเคลื่อนที่ขณะเร่ง (s)	เวลาการเคลื่อนที่ขณะหน่วง (s)	เวลาการเคลื่อนที่ความเร็วคงที่ (s)	เวลารวม (s)
35.40	10.20	20.41	14.99	0.10	0.10	0.07	0.28
35.40	10.20	20.41	14.99	0.10	0.10	0.07	0.28
38.40	10.20	20.41	17.99	0.10	0.10	0.09	0.29
38.40	10.20	20.41	17.99	0.10	0.10	0.09	0.29
46.70	10.20	20.41	26.29	0.10	0.10	0.13	0.34
46.70	10.20	20.41	26.29	0.10	0.10	0.13	0.34
29.40	10.20	20.41	8.99	0.10	0.10	0.04	0.25
29.40	10.20	20.41	8.99	0.10	0.10	0.04	0.25

ตารางที่ 3.11 แสดงเวลาของการเคลื่อนที่รูปแบบสี่เหลี่ยมคางหมูในแนวแกน Z

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การเคลื่อนที่รูปแบบสามเหลี่ยม

การที่ Cartesian Robot จะสามารถเคลื่อนที่ในรูปแบบนี้แสดงดังรูป 3.22 จะแบ่งลักษณะการเคลื่อนที่ออกเป็นสองส่วนคือ ช่วงที่มีความเร่ง และช่วงที่มีความหน่วง การเคลื่อนที่แบบนี้เกิดจากที่ Cartesian Robot ไม่สามารถเร่งและหน่วงจากความเร็ว 0 mm/s จนถึง 200 mm/s หรือ 200 mm/s จนถึง 0 mm/s ด้วยความเร่ง 0.2 G หรือ 0.3 G ตามเงื่อนไข การเคลื่อนที่จึงต้องเคลื่อนที่ด้วยความเร่งไปจนถึงความเร็วสูงสุดที่ได้แต่ไม่เกิน 200 mm/s และหน่วงกลับมา จนถึง 0 mm/s แสดงดังรูปที่ 3.35



รูปที่ 3.35 แสดงกราฟการเคลื่อนที่แบบสามเหลี่ยม

ตัวอย่างการคำนวณโดยใช้ระยะการกระจัดจากตำแหน่ง P11 ไป P3 มีค่าเท่ากับ 2.5 mm เป็น Actuator RCA2-SA4C-I-20-10-100 ในแนวแกน Y เคลื่อนที่โดยใช้ความเร่งเป็น $a = 0.3 \text{ G} = 2.94 \text{ m/s}^2$ และความเร็วต้น $u = 0 \text{ mm/s}$ จึงต้องคำนวณหาระยะการเคลื่อนที่เมื่อความเร็วปลาย $v = 200 \text{ mm/s} = 0.2 \text{ m/s}$

$$\text{จากสูตรการเคลื่อนที่} \quad v^2 = u^2 + 2as$$

$$s = \frac{v^2}{2a}$$

แทนค่า $v = 0.2 \text{ m/s}$ และ $a = 2.94 \text{ m/s}^2$

$$s = \frac{0.2^2}{2 \times 2.94}$$

$$s = 0.0068 \text{ m} = 6.80 \text{ mm}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อคำนวณหาระยะทางในการเคลื่อนที่ในการเร่งแล้วพบว่าระยะทางการเคลื่อนที่ขณะเร่งมีค่ามากกว่าระยะการกระจัด จึงต้องแบ่งระยะการเคลื่อนที่เป็นสองช่วงที่เท่ากันเป็นช่วงที่เร่งและช่วงที่หน่วง

โดยการคำนวณระยะเร่งจะเป็น $s = \frac{\text{Displacement}}{2}$

$$s = \frac{2.5 \text{ mm}}{2}$$

$$s = 1.25 \text{ mm}$$

จะได้ว่าระยะทางในการเร่งเป็น 1.25 mm

สามารถหาเวลาในการเคลื่อนที่ด้วยความเร่งได้จากสมการ $s = ut + \frac{1}{2}at^2$

$$t^2 = \frac{2}{a}(s - ut)$$

$$t = \sqrt{\frac{2(s - ut)}{a}}$$

แทนค่า $s = 0.00125 \text{ m}$, $u = 0 \text{ m/s}$ และ $a = 2.94 \text{ m/s}^2$

$$t = \sqrt{\frac{2(0.00125 - 0 \times t)}{2.94}}$$

$$t = 0.00085 \text{ s}$$

เนื่องจากเวลาในการเคลื่อนที่ขณะเร่ง = เวลาการเคลื่อนที่ขณะหน่วง

ดังนั้นเวลาในการเคลื่อนที่โดยใช้ระยะการกระจัดจากตำแหน่ง P11 ไป P3 = 2 x เวลาขณะเร่ง + เวลาขณะหน่วง $0.00085 + 0.00085 = 0.0017 \text{ s}$

ผลการคำนวณเวลาในการเคลื่อนที่ของ Actuator RCA2-SA4C-I-20-5-100 (แกน Y) แสดงได้ดังตาม ตารางที่ 3.12

การกระจัด (mm)	ระยะทางการเคลื่อนที่ ขณะเร่งหรือหน่วง (mm)	เวลาการเคลื่อนที่ ขณะเร่งหรือหน่วง (s)	เวลารวม (s)
2.5	1.25	0.00085	0.0017
0.7	0.35	0.00024	0.0005

ตารางที่ 3.12 แสดงการเคลื่อนที่รูปแบบสี่เหลี่ยมคางหมูในแนวแกน Y



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการดำเนินงาน

4.1 ผลการคำนวณเวลาเวลาการเคลื่อนที่ Cartesian Robot

จากการคำนวณหาเวลาในการเคลื่อนที่ของ Cartesian robot ที่ประกอบด้วย Actuator Robo cylinder 3 แกน คือแกน X, Y และ Z โดยแต่ละแกนจะมีเวลารวมในการเคลื่อนที่ตลอด 1 รอบการทำงานคือ แกน X, Y, Z ใช้เวลาการเคลื่อนที่คือ 4.62, 0.92, 2.31 วินาที ตามลำดับ ดังนั้นผลรวมของเวลาการเคลื่อนที่ในแต่ละแกน คือ 7.86 วินาที แสดงได้ตามตารางที่ 4.1

Axis	Actuator	เวลาการเคลื่อนที่ (s)
X	RCA-SA4C-I-20-5-400	4.62
Y	RCA2-SA4C-I-20-5-100	0.92
Z	RCP3-TA5C-I-35P-5-50	2.31
เวลารวมทั้งหมด ของการทำงาน ต่อ 1 รอบ (Cycle time)		7.86

ตารางที่ 4.1 แสดงเวลาในการเคลื่อนที่ของ Cartesian Robot ต่อ 1 รอบการทำงาน

4.2 การทำ Simulation Robot Denso ในโปรแกรม WINCAPS III

แต่โมเดลของหุ่นยนต์เดินโซ้ใช้โปรแกรม WINCAPS III ในการเก็บข้อมูลเวลาในการเคลื่อนที่ ซึ่งประกอบด้วย 1. Robot 6 แกน (VP-5243) 2. Robot 6 แกน (Cobotta) และ 3. Robot Scara (HS-035) โดยเก็บข้อมูลเวลาการเคลื่อนที่จึงทำการจำลองหุ่นยนต์ผ่านโปรแกรม เพื่อหาเวลาการเคลื่อนที่ของทุกตัวได้ตั้งขั้นตอนต่อไป

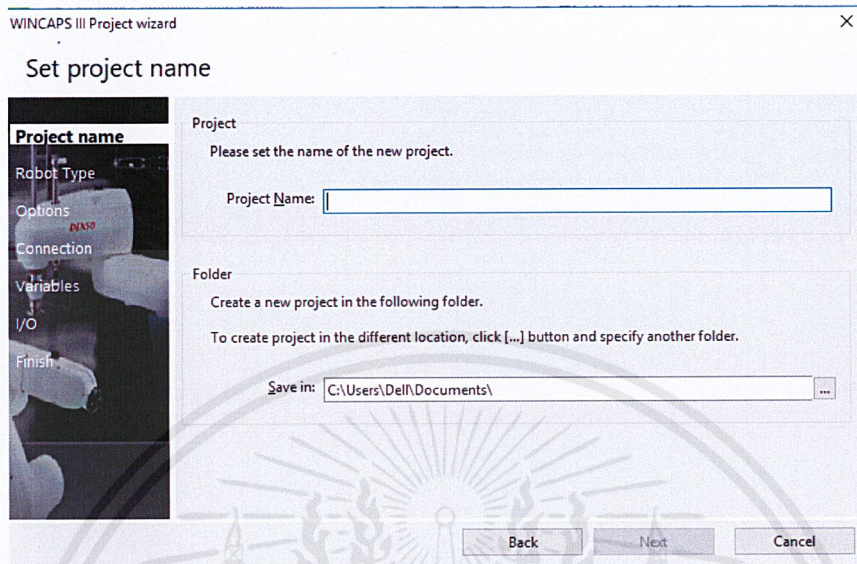
4.2.1 เปิดโปรแกรม WINCAPS III

เพื่อที่จะทำการเลือกของหุ่นยนต์ที่ต้องการจะศึกษา ไปที่ File -> New Project -> Select robot type manually for creating a new project แล้วกด Next

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

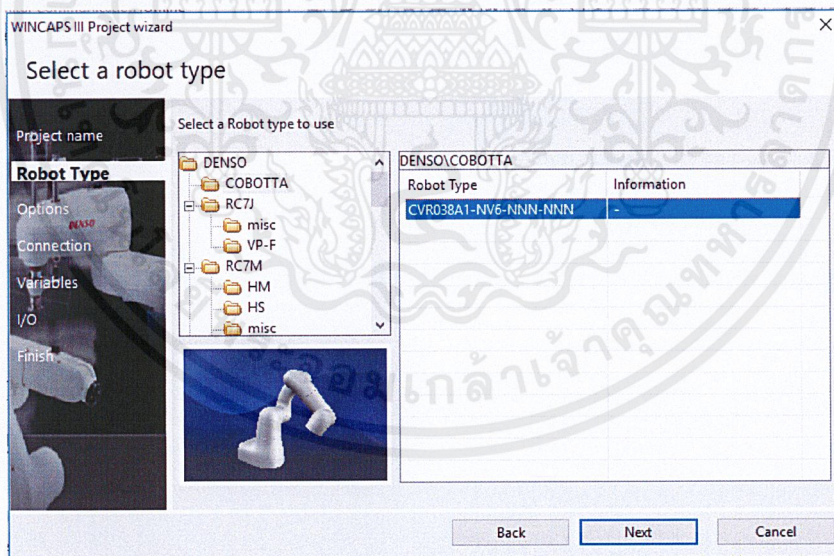
4.2.2 ตั้งชื่อชื่อ Project

เลือกพื้นที่ที่จะทำการเซฟ แล้วกด Next แสดงได้ตามรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 แสดงหน้าต่างการตั้งชื่อ Project ของ Program WINCAPS III

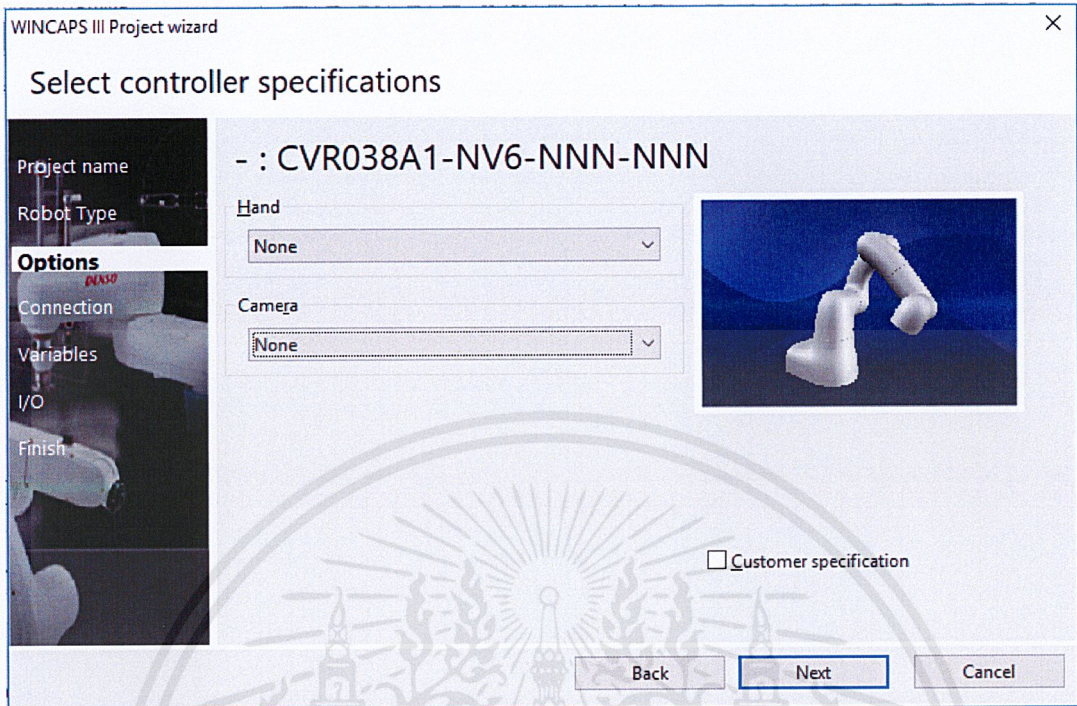
4.2.3 เลือกชนิดชนิดหรือรุ่นของหุ่นยนต์ที่ต้องการจะศึกษาตั้งแสดงได้ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 แสดงหน้าต่างการเลือกชนิดหรือรุ่นของหุ่นยนต์ใน Program WINCAPS III

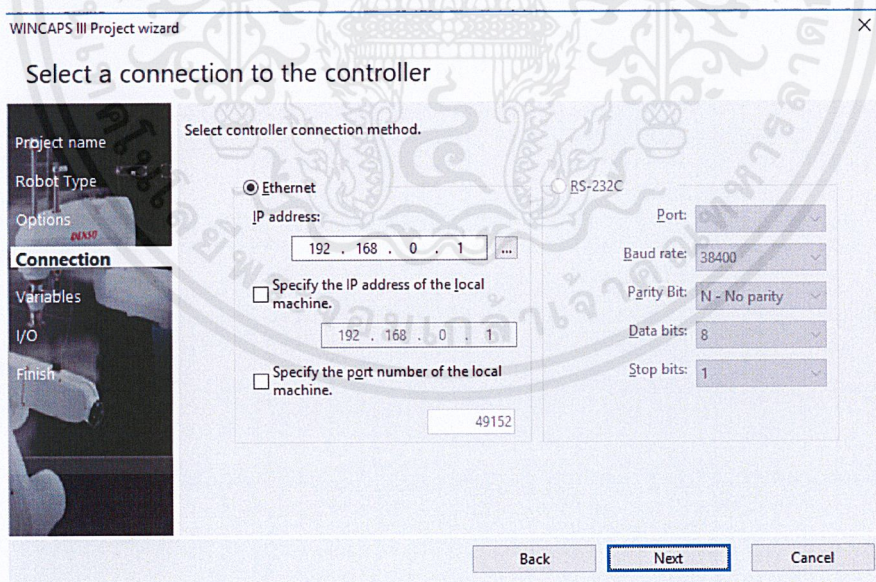
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 ทำการเลือกอุปกรณ์บน Hand (ชนิดของ Gripper) ฟังก์ชันเสริมอื่น ๆ ดังแสดงได้ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 แสดงหน้าต่างการเลือก Hand Robot ใน Program WINCAPS III

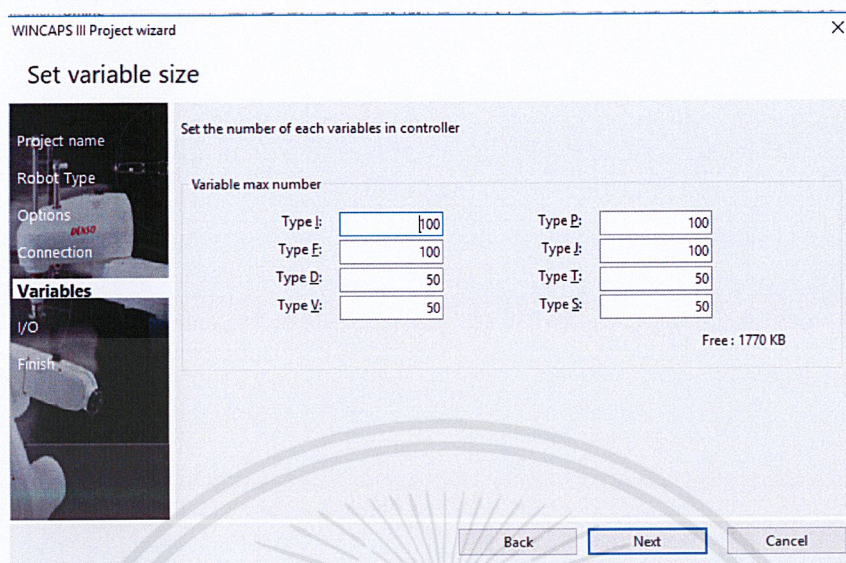
4.2.5 ทำการเลือกวิธีเชื่อม Robot ต่อเข้ากับ Controller แสดงได้ดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 แสดงหน้าต่างเลือกหุ่นยนต์เชื่อมต่อเข้ากับ Controller ใน Program WINCAPS III

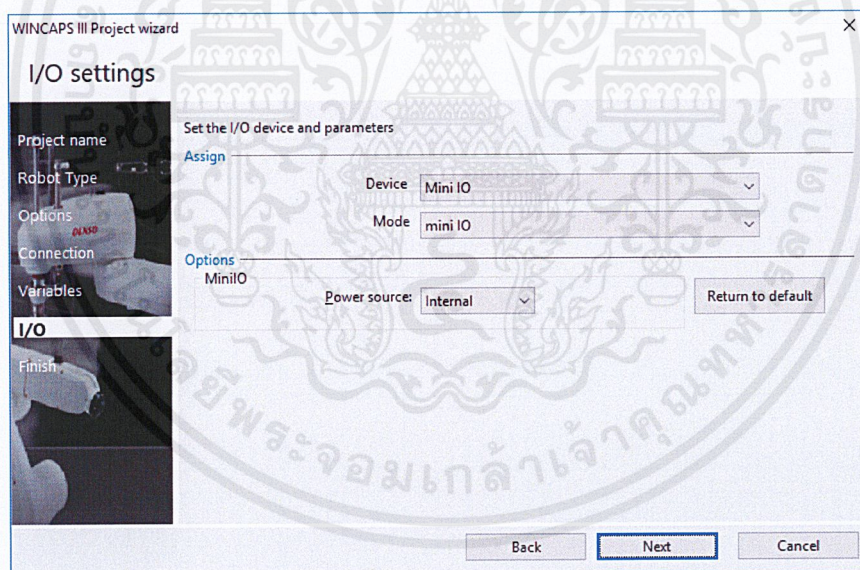
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.6 ทำการเลือกจำนวนค่าที่สามารถนำมาเก็บในตัวแปรแต่ละประเภท แสดงได้ดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 แสดงการเลือกตัวแปรของหุ่นยนต์เชื่อมต่อเข้ากับ Controller ใน Program WINCAPS III

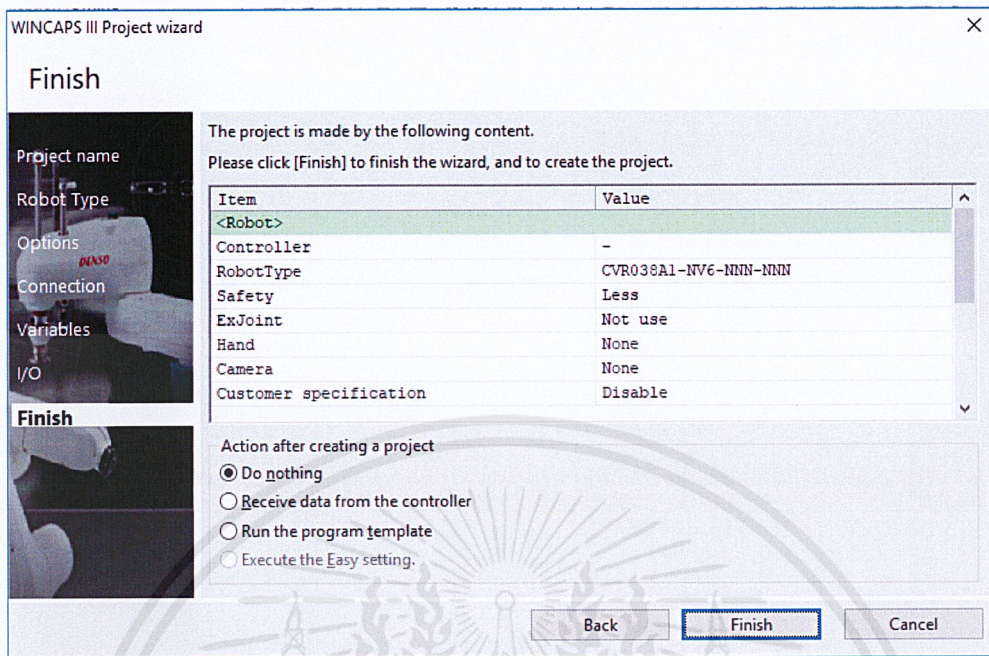
4.2.7 การ Set Input และ Output ของอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อเข้ากับหุ่นยนต์ แสดงได้ดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 แสดงการ Set Input และ Out put ใน Program WINCAPS III

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.8 ขั้นตอนสุดท้ายของการสร้างของการปรับตั้งค่าให้ทำการเลือก Do nothing แสดงได้ดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 แสดงการขั้นตอนสุดท้ายของการปรับตั้งค่าใน Program Wincaps III

4.2.9 ทำการสร้างโมเดลของบริเวณการทำงานของหุ่นยนต์

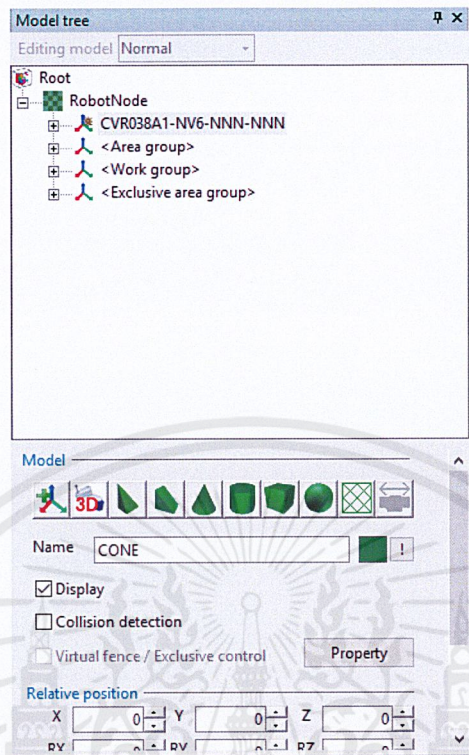
การสร้างโมเดลของชิ้นงาน ให้เลือกที่หน้าต่าง Arm View โดยไปที่ View -> Arm View จะมีหน้าต่าง Arm View ปรากฏขึ้นมาแสดงได้ดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 แสดงหน้าต่างการสร้างโมเดลของชิ้นงานใน Program Wincaps III

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.10 บริเวณหน้าต่างด้านซ้ายของหน้าต่างโปรแกรมจะมีหน้าต่าง Mode Tree แสดงได้ดังรูปที่ 4.9



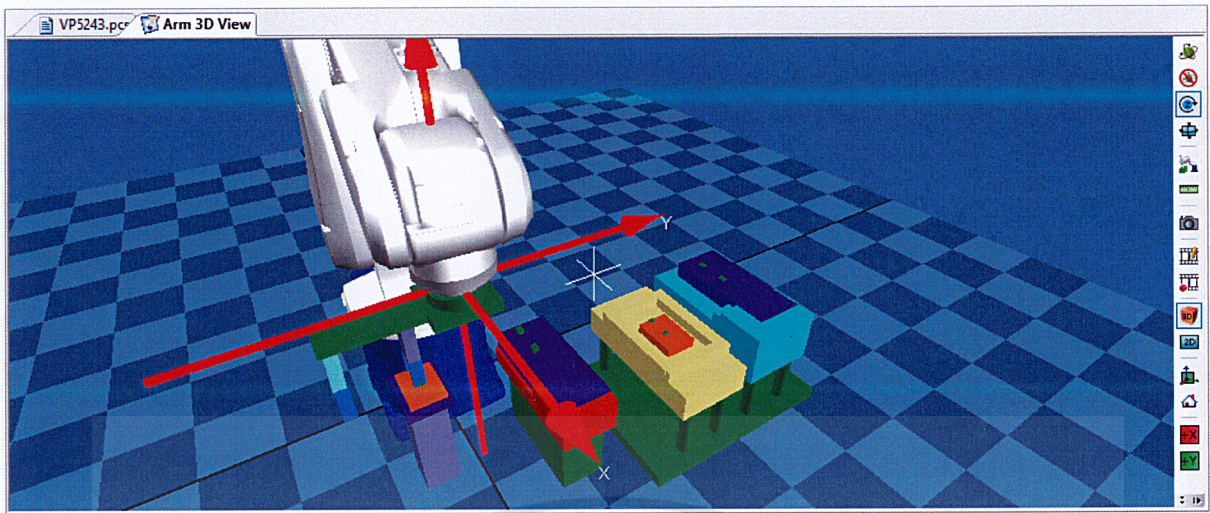
รูปที่ 4.9 แสดงหน้าต่าง Mode Tree Program Wincaps III

4.2.11 การสร้างรูปร่างของชิ้นงาน

การสร้างรูปร่างของชิ้นงานโดยอ้างอิงตามรูปแบบโมเดลโดยจุดที่จะสร้างนั้นจะมีจุดอ้างอิงขึ้นอยู่กับจุดที่สนใจ ทำการกดที่เครื่องหมายของ CVR038A1-NV6-NNN-NNN จะเป็นการเลือกสร้างโมเดลที่มีจุดอ้างอิงเป็นที่ปลายมือจับ (Gripper) ถ้าเลือกไปสร้างในตำแหน่งอื่นเช่น <Area group> จะเป็นการสร้างโมเดลที่มีจุดอ้างอิงเกิดขึ้นที่ฐานของโรบอท ตามแกน x,y,z และเลือก Relative position ที่อ้างอิงตามจุดที่เลือกเป็นฐาน

4.2.12 การควบคุมแขนของ Robot ไปยังตำแหน่งการทำงาน

ไปที่ view -> Arm operation เลือกที่ Operation mode หลังจากทำการเลือกเสร็จแล้วจะเห็นว่าในหน้าต่าง Arm View จะเกิดแกน Coordinate เกิดขึ้นให้สามารถใช้เมาส์ไปคลิกเพื่อดึงปลาย Gripper ไปยังตำแหน่งที่ต้องการได้ทันทีแสดงได้ดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 แสดง Operation mode ใน Program WINCAPS III

4.2.13 การเก็บตัวแปรตำแหน่งของการทำงานจาก Operation mode

จากนั้นเมื่อเลือกจุดที่ต้องการจะเก็บตำแหน่งได้แล้วให้ทำการเก็บตำแหน่งของจุดนั้นโดยการไปดูที่หน้าต่างตัวแปร type P แสดงได้ดังรูปที่ 4.11

No.	X	Y	Z	RX	RY	RZ	FIG	Usage	Macro	Smart
6	224.274	5.533756	249.6755	179.9722	-7912336	179.3993	5 - Lefty A			<input checked="" type="checkbox"/>
7	266.274	-24.46624	351.6755	179.9361	-7802494	179.4335	5 - Lefty A			<input type="checkbox"/>
8	314.274	187.5338	339.6755	-179.6013	-6468248	179.1769	5 - Lefty A			<input type="checkbox"/>
9	268.274	133.5338	339.6755	-179.6535	-6730541	179.2228	5 - Lefty A			<input type="checkbox"/>

รูปที่ 4.11 แสดงหน้าต่างตัวแปรตำแหน่ง ใน Program WINCAPS III

4.2.14 ทำการ Get position ตำแหน่งการทำงาน

4.2.15 ทำการเขียนโปรแกรมสั่ง Robot ทำงานตามลำดับแต่ละตำแหน่ง

โดยการไปที่เมนู View > Program list แล้วคลิกขึ้นมาจะได้หน้าต่างแสดงได้ดังรูปที่ 4.12 และเขียนโปรแกรมตามขั้นตอนที่ต้องการคือ การหยิบชิ้นงาน 2 ตำแหน่ง และวางชิ้นงาน 2 ตำแหน่งจึงเขียนโปรแกรมเพื่อสั่งให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ได้ตามกระบวนการที่ต้องการ

```

Main
01 !!TITLE "Robot program"
02
03 Sub Main
04   TakeArm Keep = 0
05   speed 100
06   move p,p6
07   approach p,p7,25
08   move p,p7
09   depart p,10
10   approach p,p8,15
11   move p,p8
12   depart p,15
13   approach p,p9,15
14   move p,p9
15   depart p,15
16   approach p,p10,15
17   move p,p10
18   depart p,15
19   'move p,p0
20
21
22   'move 1,p7

```

รูปที่ 4.12 แสดง Program list ใน Program WINCAPS III

4.2.16 กด Simulation เพื่อเก็บค่า Cycle time

กดที่ปุ่ม Simulation Mode แสดงได้ดังรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.13 แสดงปุ่ม Simulation Mode

4.2.17 ทำการปรับค่าความเร็วเป็น 100 %

ของความเร็วของหุ่นยนต์จากนั้นจึงกดที่ปุ่ม Play แสดงได้ดังรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.14 แสดงปุ่ม Play

4.2.18 เปิด Program list เพื่อเก็บค่า Cycle time

บันทึกค่า Run-time เพื่อเก็บค่าเวลาการทำงานต่อหนึ่งรอบการทำงาน (Cycle time) แสดงได้ดังรูปที่ 4.15

Program list

No.	File name	Title	Status	Line	Run-time	Priority
1	Scalar.pcs	Robot program	On halt	29	1.136	Lowest

รูปที่ 4.15 แสดงค่า Run time ภายในหน้าต่าง Program list

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลของเวลาการเคลื่อนที่ในการ Simulation Robot Denso ในโปรแกรม WINCAPS III

4.3.1 Denso Robot (VP-5243)

เมื่อทำการตั้งค่า internal speed 100% และ external speed 100% ค่า 100 ให้กับ Robot (VP-5243) จะได้ actual speed = internal speed 100% x external speed 100% = 100% จึงจะได้ว่า Robot (VP-5243) เคลื่อนที่โดย actual speed = composite speed ตามคุณสมบัติ Robot (VP-5243) เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 3900 mm/s แสดงดังรูปที่ 4.16

Maximum composite speed(at the center of an end-effector mounting face)	mm/sec	3,900
---	--------	-------

รูปที่ 4.16 แสดงคุณสมบัติ composite speed ของ Robot (VP-5243)

ผลการจำลองการเคลื่อนที่หุ่นยนต์ในส่วนของ actual speed 100% ของ Robot (VP-5243) มีเวลาการเคลื่อนที่ คือ 3.456 วินาที แสดงได้ดังรูปที่ 4.17

Program list				
No.	Status	Line	Run-time	Priority
1	On halt	24	3.456	Lowest

รูปที่ 4.17 แสดงเวลาการเคลื่อนที่ของ Robot (VP-5243)

4.3.2 Denso Robot (Cobotta)

เมื่อทำการตั้งค่า internal speed 100% และ external speed 100% ค่า 100 ให้กับ Robot (Cobotta) จะได้ actual speed = internal speed 100% x external speed 100% = 100% จึงจะได้ว่า Robot (Cobotta) เคลื่อนที่โดย actual speed = composite speed ตามคุณสมบัติ Robot (Cobotta) เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 500 mm/s แสดงดังรูปที่ 4.18

Maximum composite speed (center of tool mounting face)	Default 500 (min. 100 to max. 1500.)
---	--------------------------------------

รูปที่ 4.18 แสดงคุณสมบัติ composite speed ของ Robot (Cobotta)

ผลจำลองการเคลื่อนที่หุ่นยนต์ในส่วนของ actual speed 100% ของ Robot (VP-5243) มีเวลาการเคลื่อนที่ คือ 10.184 วินาที แสดงได้ดังรูปที่ 4.19

Program list				
No.	Status	Line	Run-time	Priority
1	On halt	40	10.184	Lowest

รูปที่ 4.19 แสดงเวลาการเคลื่อนที่ของ Robot (Cobotta)

4.3.3 Denso Robot (HS-035)

เมื่อทำการตั้งค่า internal speed 100% และ external speed 100% ค่า 100 ให้กับ Robot (HS-035) จะได้ $\text{actual speed} = \text{internal speed } 100\% \times \text{external speed } 100\% = 100\%$ จึงจะได้ว่า Robot (HS-035) เคลื่อนที่โดย $\text{actual speed} = \text{composite speed}$ ตามคุณสมบัติ Robot (HS-035) เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 7200 mm/s แสดงดังรูปที่ 4.20

Maximum composite speed (at the center of an end-effector mounting face)	At the center of the hand mounting flange	7,200mm/sec	6,300mm/sec	7,100mm/sec
	Z		2,000mm/sec	
	T		2,400°/sec	

รูปที่ 4.20 แสดงคุณสมบัติ composite speed ของ Robot (HS-035)

ผลจำลองการเคลื่อนที่หุ่นยนต์ในส่วนของ actual speed 100% ของ Robot (VP-5243) มีเวลาการเคลื่อนที่ คือ 1.272 วินาที แสดงได้ดังรูปที่ 4.21

Program list				
No.	Status	Line	Run-time	Priority
1	On halt	29	1.272	Lowest

รูปที่ 4.21 แสดงเวลาการเคลื่อนที่ของ Robot (HS-035)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การวิเคราะห์การเลือกใช้หุ่นยนต์ (Robot) ทั้ง 4 ชนิด

การวิเคราะห์การเลือกใช้หุ่นยนต์ (Robot) ทั้ง 4 ชนิดเพื่อนำมาใช้งานในเครื่องอัดจารบี จากความต้องการในการลดเวลาการทำงานที่ปราศจากการใช้เครื่องจักร (Hand time) จาก 13.8 วินาที ให้เป็นเวลาการทำงานโดยใช้เครื่องจักรผลิต (Machine time) 13.8 วินาที ในส่วนของระบบการถ่ายโอนชิ้นงาน (Transfer unit) ที่ต้องการให้หุ่นยนต์มีการเคลื่อนที่โดยใช้เวลาไม่เกิน 8 วินาที เพื่อให้ผลรวมในการทำงานของ Blow feeder unit, Transfer unit และ Grease apply unit สามารถทำงานโดยใช้เวลาไม่เกิน 13.8 วินาที

จากตารางที่ 4.1 แสดงเวลาการเคลื่อนที่ของ Cartesian robot โดยใช้เวลาเป็น 7.86 วินาที ดังนั้น หุ่นยนต์ชนิดนี้สามารถนำมาใช้งานในระบบการถ่ายโอนชิ้นงาน (Transfer unit) ของเครื่องอัดจารบีได้ และสามารถเคลื่อนที่อยู่ในช่วงเวลา 8 วินาที

จากรูปที่ 4.17 แสดงเวลาการเคลื่อนที่ของ Robot (VP-5243) โดยใช้เวลาเป็น 3.457 วินาที

จากตารางที่ 4.3 แสดงเวลาการเคลื่อนที่ของ Robot (Cobotta) โดยใช้เวลาเป็น 10.184 วินาที ดังนั้น หุ่นยนต์ชนิดนี้ไม่สามารถเคลื่อนที่ภายในช่วงเวลา 8 วินาที จึงไม่สามารถนำมาใช้งานในระบบการถ่ายโอนชิ้นงาน (Transfer unit) ของเครื่องอัดจารบีได้

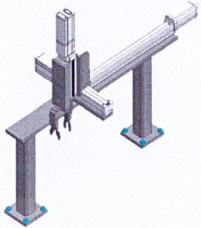










จากรูปที่ 4.21 แสดงเวลาการเคลื่อนที่ของ Robot (HS-035) โดยใช้เวลาเป็น 1.272 วินาที ดังนั้น หุ่นยนต์ชนิดนี้นำมาใช้งานในระบบการถ่ายโอนชิ้นงาน (Transfer unit) ของเครื่องอัดจารบีได้

แต่เนื่องจากการจำลองการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ โดยกำหนดเปอร์เซ็นต์ของความเร็วในการเคลื่อนแบบ actual speed เป็น 100% จึงทำให้เห็นว่าเวลาในการเคลื่อนที่สูง แต่สามารถปรับเปอร์เซ็นต์ความเร็วในการเคลื่อนที่ให้สามารถเคลื่อนที่ภายในช่วงเวลา 8 วินาทีได้

จากการวิเคราะห์ผลของเวลาในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ทั้งสี่ชนิดข้างต้นสามารถจำกัดการเลือกชนิดลงมาเหลือเพียง 3 ชนิดคือ Cartesian Robot, Robot (VP-5243) และ Denso Robot (HS-035) การตัดสินใจเพื่อวิเคราะห์การเลือกใช้หุ่นยนต์ของทั้งสามประเภทนี้โดยใช้คุณสมบัติความแม่นยำ และต้นทุน ในการวิเคราะห์โดยการให้คะแนนในแต่ละคุณสมบัติแล้วนำคะแนนมาเฉลี่ยเพื่อหาคะแนนสูงสุดที่เกิดขึ้นได้ กำหนดให้สัญลักษณ์ ▲ และ ● มีค่าคะแนนเท่ากับ 1 และ 2 ตามลำดับ ในที่นี้ค่าคะแนนที่มีค่ามากจะหมายถึงคุณสมบัตินั้นจะดีกว่าเมื่อเทียบจาก Catalog และข้อมูลราคาของหุ่นยนต์ที่ได้มาจากบริษัทเดินโซ่ (ประเทศไทย) จำกัด จากการคำนวณค่าเฉลี่ยของคะแนนในการเลือกใช้หุ่นยนต์ทั้ง 3 ชนิด Cartesian Robot ได้คะแนนเป็น 2 คะแนน Robot (VP-5243) และ Denso Robot (HS-035) ได้คะแนนเป็น 1.5 คะแนน จึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำตัดสินใจเลือกใช้ Cartesian Robot มาทำงานในเครื่องจักรบิจากข้อมูลการตัดสินใจเลือกใช้หุ่นยนต์ทั้งสองชนิดเนื่องจากใช้ต้นทุนในการซื้อต่ำ และมีความแม่นยำสูง แสดงได้ตามตารางที่ 4.2

คุณสมบัติ				 1  2
	Cartesian Robot	Denso Robot (VP-5243)	Denso Robot (HS-035)	
ความแม่นยำ				
ต้นทุน (ROBOT)				
สรุป	2	1.5	1.5	

ตารางที่ 4.2 แสดงการตัดสินใจเลือกใช้หุ่นยนต์ระหว่าง Cartesian Robot, Robot (VP-5243) และ Denso Robot (HS-035)

4.5 การวิเคราะห์การลดพนักงาน

การลดพนักงานภายในสถานีการผลิตที่ 3 สามารถทำได้จากการลดเวลาการทำงานที่ปราศจากการใช้เครื่องจักร (Hand time) ทั้งหมด 77.3 วินาทีให้เป็นเวลาการทำงานโดยใช้เครื่องจักรผลิต (Machine time) 77.3 วินาที โดยนำเครื่องจักรมาแทนที่การทำงานของพนักงานทั้งหมดในสถานีการผลิตที่ 3 การประมาณการลดต้นทุนพนักงาน พนักงาน 1 คน ใช้ต้นทุนในการจ้างประมาณ 500,000 บาทต่อปี แต่เนื่องจากการทำงาน 1 วันแบ่งเป็น 2 ช่วงคือ ช่วงเช้า และช่วงเย็น ดังนั้นหากทำการนำเครื่องจักรมาแทนได้ที่การทำงานของพนักงานในสถานีการผลิตที่ 3 จะสามารถลดต้นทุนได้ 1,000,000 บาทต่อปี จากการประมาณการต้นทุนเครื่องจักรที่ใช้เป็น Cartesian Robot ต้องใช้ต้นทุนทั้งหมดประมาณ 2,550,000 บาท ดังนั้นจะใช้เวลาในการคืนทุนจากการเพิ่มเครื่องจักรอัตโนมัติ $2,550,000 \text{ บาท} / 1,000,000 \text{ บาทต่อปี} = 2.55 \text{ ปี}$ หรือประมาณ 2.5 ปี

พนักงานภายในสายการผลิตเครื่องปรับอากาศ (HVAC) ทั้งหมด มีพนักงานทำงาน 10 คน ถ้าหากสามารถนำเครื่องจักร มาแทนที่การทำงานของพนักงานทั้งหมด จะสามารถลดต้นทุนพนักงานได้ทั้งหมด 10,000,000 บาทต่อปี แต่เนื่องด้วยการนำเครื่องจักรเพื่อมาทดแทนการทำงานของพนักงานจำเป็นต้องทำไปที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ละส่วนลดไปที่สถานะการผลิต และต้องทำให้การทำงานสมดุลกันจึงไม่สามารถเปลี่ยนให้เครื่องจักรทำงานได้ทั้งหมดในทันที



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การทำงานภายในสายการผลิตเครื่องปรับอากาศ (HVAC) ที่สถานีการผลิตที่ 3 มีเวลาในการผลิตต่อหนึ่งรอบการทำงาน (Cycle time) สูงสุดในทุกสถานีการผลิต จึงต้องการเวลาการทำงานที่ปราศจากการใช้เครื่องจักร (Hand time) จากเวลา 13.8 วินาที เปลี่ยนให้เป็นเวลาการทำงานโดยใช้เครื่องจักรผลิต (Machine time) 13.8 วินาที โดยการใช้เครื่องอัตโนมัติในส่วน of ระบบถ่ายโอนชิ้นงาน (Transfer Unit) ที่ต้องเคลื่อนที่หยิบจับชิ้นงานภายในเวลา 8 วินาที ภายในประกอบด้วยอุปกรณ์มือจับ (Gripper) และหุ่นยนต์ (Robot) จึงคำนวณการเลือกใช้อุปกรณ์เหล่านี้ จึงทำการคำนวณการเลือกใช้อุปกรณ์และจำลองการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ เพื่อหาเวลาการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ 4 ชนิดคือ 1.Cartesian 2.Articulate (VP-5243) 3.Cobotta และ 4.Scara (HS-035) จากการคำนวณเลือกใช้มือจับ SMC model MHZ2-6D และเลือกหุ่นยนต์ชนิด Cartesian เนื่องจากสามารถเคลื่อนที่ได้ในระยะเวลา 7.86 วินาที มีคุณสมบัติการถ่ายโอนชิ้นงานชิ้นงานแม่นยำสูง และต้นทุนต่ำ

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ขั้นตอนการลดเวลาการทำงานที่ปราศจากการใช้เครื่องจักร (Hand time) จากเวลา 13.8 วินาที เปลี่ยนให้เป็นเวลาการทำงานโดยใช้เครื่องจักรผลิต (Machine time) 13.8 วินาที เป็นส่วนหนึ่งของวิธีการลดจำนวนคนในการทำงาน เนื่องจากพนักงานจะมีเครื่องจักรเพื่อช่วยในการทำงาน พนักงานจึงสามารถไปช่วยทำงานที่สถานีการผลิตอื่น และสามารถลดพนักงานที่ไม่ต้องทำงานในขั้นตอนที่มีเครื่องจักรมาแทนแทนได้ ถ้าหากในอนาคตสามารถนำเครื่องจักรเข้ามาช่วยในการทำงานเพิ่มมากขึ้นในทุก ๆ สถานีการผลิต และทำการสมดุลของกระบวนการคู่กันไป จะสามารถลดจำนวนพนักงานในการทำงานได้ทั้งหมด

2. ถ้าสามารถทำการลดพนักงาน 1 คนได้ จะสามารถลดต้นทุนได้ประมาณ 500,000 บาทต่อปี ในการทำงาน 1 วันจะแบ่งการทำงานเป็น 2 กะการทำงาน ดังนั้นหมายความว่าใน 1 ปีจะสามารถลดต้นทุนพนักงานได้ประมาณ 1 ล้านบาทต่อปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- [1] ชาญ เกาวันนี. (2018). การเคลื่อนที่ในแนวตรง ค้นเมื่อ ตุลาคม 30, 2562, <https://www.scimath.org/lesson-physics/item/8781-2018-09-20-06-43-41>
- [2] บริษัท ไอเอไอ จำกัด. (2014). RCD, RCP2, RCP4 Vertical Grippers Catalog ค้นเมื่อ ตุลาคม 24, 2562, จาก <https://www.intelligentactuator.com/iai-catalogs-search-index/>
- [3] บริษัท ไอเอไอ จำกัด. (2014). Specific ROBO Cylinder General Catalog Section ค้นเมื่อ ตุลาคม 25, 2562, จาก <https://www.intelligentactuator.com/iai-catalogs-search-index/>
- [4] บริษัท ไอเอไอ จำกัด. (2014). Technical Reference and Index ค้นเมื่อ ตุลาคม 25, 2562, จาก <https://www.intelligentactuator.com/iai-catalogs-search-index/>
- [5] ALBERT APARISI I ESCRIVÀ. (2016). DESIGN OF A SMART GRIPPER FOR INDUSTRIAL APPLICATIONS Finland: Tampere University of technology
- [6] Denso wave. (2019). Electric gripper DRH Series ค้นเมื่อ ตุลาคม 24, 2562, <https://www.denso-wave.com/en/robot/product/option/drh.html>
- [7] Denso wave. (2019). Robotics Brochures ค้นเมื่อ ตุลาคม 25, 2562, จาก <https://www.denso-wave.com/en/robot/download/brochure/>
- [8] Denso wave. (2019). WINCAPS III ค้นเมื่อ ตุลาคม 26, 2562, <https://www.denso-wave.com/en/robot/product/software/wincaps3.html>
- [9] CKD Corporation. (2019). Product Category (Parallel hands) ค้นเมื่อ ตุลาคม 24, 2562, <https://www.ckd.co.jp/kiki/en/download/catalog/?cid=33>
- [10] SMC Corporation. (2019). Linear Guide Parallel Type Air Gripper ค้นเมื่อ ตุลาคม 24, 2562, จาก https://www.smcworld.com/products/en/s.do?ca_id=482
- [11] TOYO FA&ROBOT. (2019). Electric Gripper-CH Series ค้นเมื่อ ตุลาคม 24, 2562, http://www.toyorobot.com/products/product_lists_th/category1_id:20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[12] YAMAHA. (2019). Electric gripper S type (single cam type) ค้นเมื่อ ตุลาคม 24, 2562, <https://global.yamaha-motor.com/business/robot/lineup/yrg/s/index.html>

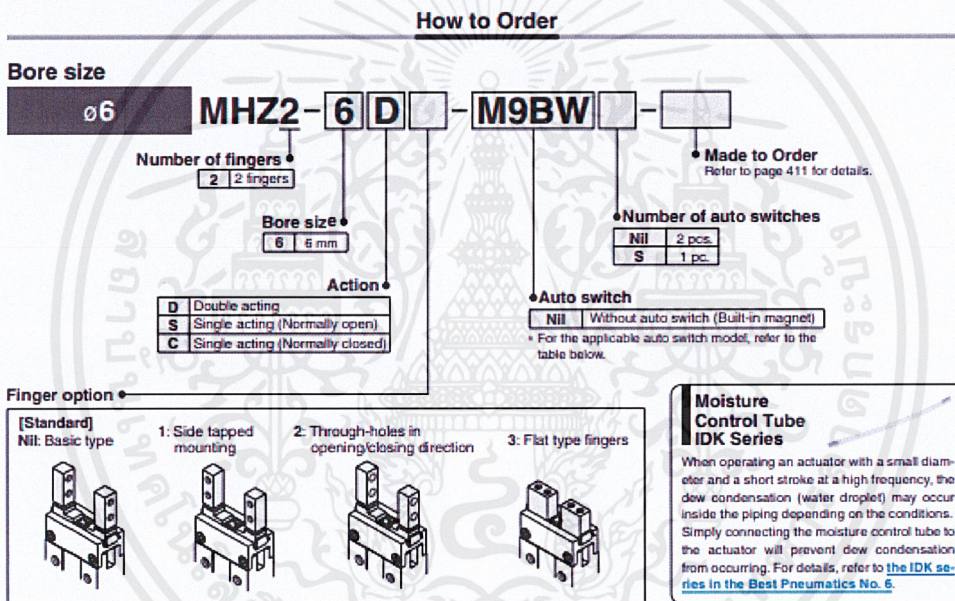


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ตัวอย่าง Catalog Gripper SMC MHZ-6D

Parallel Type Air Gripper/Standard Type **MHZ2 Series** ø6, ø10, ø16, ø20, ø25, ø32, ø40



รูปที่ ก.1 แสดง Specification ของ Gripper SMC MHZ-6D (1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Applicable Auto Switches/Refer to pages 797 to 850 for further information on the auto switch.

Type	Special function	Electrical entry	Indicator light	Wiring (Output)	Load voltage		Auto switch model		Lead wire length (m) *				Pre-wired connector	Applicable load	
					DC	AC	Electrical entry direction		0.5 (Nil)	1 (M)	3 (L)	5 (Z)			
							Perpendicular	In-line							
Solid state auto switch	—	Grommet	Yes	3-wire (NPN)	5 V, 12 V	—	M9NV	M9N	●	●	●	○	○	IC circuit	Relay, PLC
				3-wire (PNP)			F8N	—	●	—	●	○	○		
				2-wire			M9PV	M9P	●	●	●	○	○		
				2-wire			F8P	—	●	—	●	○	○		
				2-wire			M9BV	M9B	●	●	●	○	○		
				2-wire			F8B	—	●	—	●	○	○		
	Diagnosis (2-color indicator)	Grommet	Yes	3-wire (NPN)	24 V	—	M9NVV	M9NV	●	●	●	○	○	IC circuit	Relay, PLC
				3-wire (PNP)			M9PVV	M9PV	●	●	●	○	○		
				2-wire			M9BVV	M9BV	●	●	●	○	○		
				2-wire			F8VV	—	●	—	●	○	○		
				2-wire			M9AV**	M9A**	○	○	●	○	○		
				2-wire			M9PAV**	M9PA**	○	○	●	○	○		
Water resistant (2-color indicator)	Grommet	Yes	3-wire (NPN)	5 V, 12 V	—	M9NAV**	M9NA**	○	○	●	○	○	IC circuit	Relay, PLC	
			3-wire (PNP)			M9PAV**	M9PA**	○	○	●	○	○			
				2-wire	12 V		M9BAV**	M9BA**	○	○	●	○	○		

** Water resistant type auto switches can be mounted on the above models, but in such case SMC cannot guarantee water resistance.
 * Lead wire length symbols: 0.5 m..... Nil (Example) M9NVV * Solid state auto switches marked with ○ are produced upon receipt of order.
 1 m..... M (Example) M9NVV
 3 m..... L (Example) M9NVV
 5 m..... Z (Example) M9NVV

Note 1) When using a D-FB□ switch, mount it at a distance of 10 mm or more from magnetic substances such as iron, etc.
 Note 2) When using the 2-color indicator type, please make the setting so that the indicator is lit in red to ensure the detection at the proper position of the air gripper.

รูปที่ ก.2 แสดง Specification ของ Gripper SMC MHZ-6D (2)

Parallel Type Air Gripper/Standard Type *MHZ2 Series*

ø6
ø10 to ø25
ø32, ø40

Specifications

Fluid		Air
Operating pressure	Double acting	ø6: 0.15 to 0.7 MPa ø10: 0.2 to 0.7 MPa ø16 to ø40: 0.1 to 0.7 MPa
	Single acting	Normally open: ø6: 0.3 to 0.7 MPa, ø10: 0.35 to 0.7 MPa, ø16 to ø40: 0.25 to 0.7 MPa Normally closed: ø6: 0.3 to 0.7 MPa, ø10: 0.35 to 0.7 MPa, ø16 to ø40: 0.25 to 0.7 MPa
Ambient and fluid temperature		-10 to 60°C
Repeatability		ø6 to ø25: ±0.01 mm ø32, ø40: ±0.02 mm
Max. operating frequency		ø6 to ø25: 160 c.p.m. ø32, ø40: 60 c.p.m.
Lubrication		Not required
Action		Double acting/Single acting
Auto switch (Option) ^{Note 1)}		Solid state auto switch (3-wire, 2-wire)

Note 1) Refer to pages 797 to 850 for further information on auto switches.
 * Use the gripper with dust cover when used in a place where there may be dust.

Model

Action	Model	Bore size (mm)	Gripping force ^{Note 1)}		Opening/ Closing stroke (Both sides) (mm)	Weight (g) ^{Note 2)}
			Gripping force per finger Effective value (N)			
			External	Internal		
Double acting	MHZ2-6D	6	3.3	6.1	4	27
	MHZ2-10D(N)	10	11	17	4	55
	MHZ2-16D(N)	16	34	45	6	115
	MHZ2-20D(N)	20	42	66	10	230
	MHZ2-25D(N)	25	65	104	14	420
	MHZ2-32D	32	158	193	22	715
	MHZ2-40D	40	254	318	30	1275

Symbol

Double acting/ Internal grip

Double acting/ External grip

Single acting/ Normally closed/ Internal grip

Single acting/ Normally open/ External grip

รูปที่ ก.3 แสดง Specification ของ Gripper SMC MHZ-6D (3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Option

●Body Option/End Boss Type

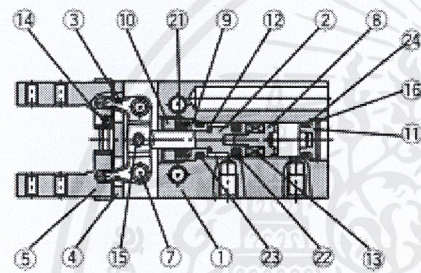
Symbol	Piping port location	Type of piping port						Applicable model	
		MHZ2-6	MHZ2-10	MHZ2-16	MHZ2-20	MHZ2-25	MHZ2-32	MHZ2-40	Double acting
NH	Basic type	M3 x 0.5			M5 x 0.8			●	●
E	Side ported	—	M3 x 0.5	M5 x 0.8			—	●	●
W	Axial ported	—	With ø4 One-touch fitting for coaxial tubing			—	—	●	—
K	Axial ported	—	With ø4 One-touch fitting			—	—	—	●
M	Axial ported	—	M5 x 0.8			—	—	—	●

* For detailed body option specifications, refer to option specifications on pages 424 and 425.

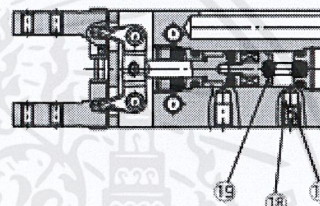
รูปที่ ก.4 แสดง Specification ของ Gripper SMC MHZ-6D (4)

Construction: MHZ2-6□

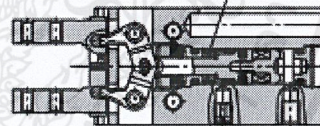
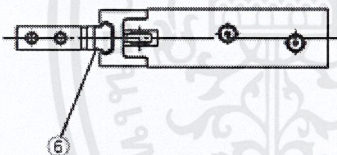
Double acting/With fingers open



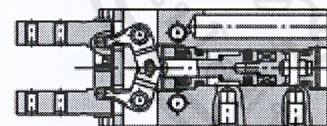
Single acting/Normally open



Single acting/Normally closed



Double acting/With fingers closed



Component Parts

No.	Description	Material	Note
1	Body	Aluminum alloy	Hard anodized
2	Piston	Stainless steel	
3	Lever	Stainless steel	Heat treated
4	Guide	Stainless steel	Heat treated
5	Finger	Stainless steel	Heat treated
6	Roller stopper	Stainless steel	
7	Lever shaft	Stainless steel	Nitriding
8	Magnet holder	Stainless steel	
9	Holder	Brass	Electroless nickel plated
10	Holder lock	Stainless steel	
11	Cap	Aluminum alloy	Clear anodized
12	Bumper	Urethane rubber	
13	Magnet	—	Nickel plated

Component Parts

No.	Description	Material	Note
14	Steel balls	High carbon chrome bearing steel	
15	Needle roller	High carbon chrome bearing steel	
16	Type C retaining ring	Carbon steel	Phosphate coated
17	Exhaust plug	Brass	Electroless nickel plated
18	Exhaust filter	Polyvinyl formal	
19	N.O. spring	Stainless steel spring wire	
20	N.C. spring	Stainless steel spring wire	
21	Rod seal	NBR	
22	Piston seal	NBR	
23	Gasket	NBR	
24	Gasket	NBR	

รูปที่ ก.5 แสดง Specification ของ Gripper SMC MHZ-6D (5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง Catalog Robo cylinder (RCA-SA4C-I-20-5-400)

RCA-SA4C ROBO Cylinder, Slider Type, Actuator Width 40mm, 24V Servo Motor, Coupled

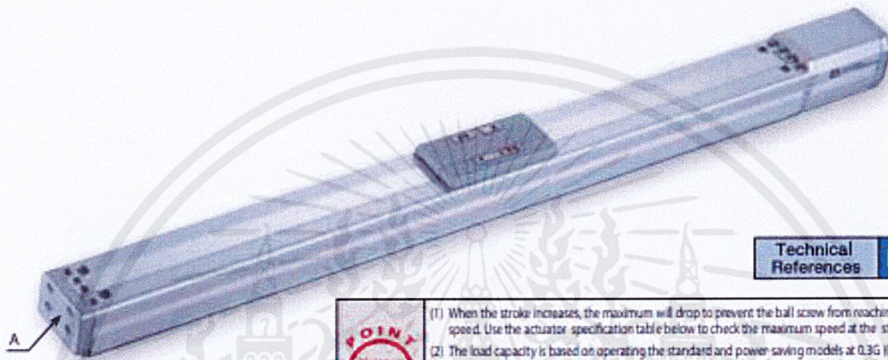
Model Specification Items: **RCA** - **SA4C** - [] - **20** - [] - [] - [] - []

Series: RCA | Type: SA4C | Encoder type: [] | Motor type: 20: 20W Servo motor | Lead: 10: 10mm, 5: 5mm, 2.5: 2.5mm | Stroke: 50: 50mm, 400: 400mm (50mm pitch increments) | Applicable controller: A1:ACDN, ASEL, A3:AMEC, ASEF, MSEP | Cable length: N: None, P: 1m, S: 3m, M: 5m, X: Custom length | Options: See Options below. R: Robot cable

* See page P-47 for details on the model descriptions.



For High Acceleration/Deceleration **Power-saving**
(excluding the 2.5-mm lead model)



Technical References Appendix P.5

- POINT** Notes on selection
- (1) When the stroke increases, the maximum will drop to prevent the ball screw from reaching the critical rotational speed. Use the actuator specification table below to check the maximum speed at the stroke you desire.
 - (2) The load capacity is based on operating the standard and power saving models at 0.3G (0.2G for 2.5mm-lead, and the high acceleration/deceleration model at 1G (excluding the 2.5mm-lead model). (Even when the acceleration/deceleration is dropped, the maximum load capacity values shown in the table below are the upper limits.)
 - (3) See page A-71 for details on push motion.

*This product is equipped with a position adjusting screw at the A area shown above. (See dimensional drawing on the page to the right.)

Leads and Payloads						Stroke and Maximum Speed		
Model number	Motor output (W)	Lead (mm)	Max. Load Capacity (kg)	Rated thrust (N)	Stroke (mm)	Stroke / Lead	50-400 (every 50mm)	
RCA-SA4C-11-20-10-2-3-4-5	20	10	4	1	19.6	50-400 (every 50mm)	10	665
RCA-SA4C-11-20-5-2-3-4-5		5	6	2.5	39.2		5	330
RCA-SA4C-11-20-2.5-2-3-4-5		2.5	8	4.5	78.4		2.5	165

Code explanation: 11 Encoder, 2 Stroke, 3 Applicable Controller, 4 Cable length, 5 Options. *See page A-71 for details on push motion. (Unit: mm/s)

รูปที่ ก.6 แสดง Specification ของ Robo cylinder (RCA-SA4C-I-20-5-400) (1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

① Stroke

① Stroke (mm)	Standard price	
	With cover (standard)	Without cover (option)
50	---	---
100	---	---
150	---	---
200	---	---
250	---	---
300	---	---
350	---	---
400	---	---
450	---	---
500	---	---
550	---	---
600	---	---
650	---	---
700	---	---
750	---	---
800	---	---

② Cable Length

Type	Cable symbol	Standard price
Standard (Robot Cables)	P (1m)	---
	S (3m)	---
	M (5m)	---
Special length	X06 (6m) ~ X10 (10m)	---
	X11 (11m) ~ X15 (15m)	---
	X16 (16m) ~ X20 (20m)	---

* The standard cable is the motor-encoder integrated robot cable.
 * See page A-59 for cables for maintenance.

④ Options

Name	Option code	See page	Standard price
Brake	B	→ A-42	---
Optional cable exit direction (top)	CJT	→ A-42	---
Optional cable exit direction (outside)	CJO	→ A-42	---
Optional cable exit direction (bottom)	CJB	→ A-42	---
Power-saving	LA	→ A-52	---
Left-mounted motor (standard)	ML	→ A-52	---
Right-mounted motor	MR	→ A-52	---
No cover	NCO	→ A-52	---
Non-motor end specification	NM	→ A-52	---

Actuator Specifications

Item	Description
Drive System	Ball screw, ø10mm, rolled C10
Positioning repeatability	±0.02mm
Lost Motion	0.1mm
Base	Material: Aluminum, special alumite treated
Allowable static moment	Ma: 17.6 N·m, Mb: 25.2 N·m, Mc: 44.5 N·m
Allowable dynamic moment (*)	Ma: 4.31 N·m, Mb: 6.17 N·m, Mc: 10.98 N·m
Allowable overhang	150mm or less in Ma, Mb and Mc directions
Ambient operating temperature, humidity	0 to 40°C, 85% RH or less (Non-condensing)



85 RCA2-SA6R

รูปที่ ก.7 แสดง Specification ของ Robo cylinder (RCA-SA4C-I-20-5-400) (2)

Dimensional Drawings

CAD drawings can be downloaded from the website. www.intelligentactuator.com

For Special Orders Appendix P.15

(*)1 Connect the motor-encoder integrated cable here. See page A-59 for details on cables.
 (*)2 After homing, the slider moves to the ME, therefore, please watch for any interference with surrounding objects.
 ME : Mechanical end
 SE : Stroke end
 (*)3 Reference position for calculating the Ma moment

■ Dimensions and Mass by Stroke * Brake-equipped models are heavier by 0.4kg

Stroke	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800
L	194.5	244.5	294.5	344.5	394.5	444.5	494.5	544.5	594.5	644.5	694.5	744.5	794.5	844.5	894.5	944.5
A	168	218	268	318	368	418	468	518	568	618	668	718	768	818	868	918
B	101	51	101	51	101	51	101	51	101	51	101	51	101	51	101	51
C	0	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8
D	4	6	6	8	8	10	10	12	12	14	14	16	16	18	18	20
Weight (kg)																
With cover	1.9	2.0	2.2	2.4	2.6	2.7	2.9	3.1	3.2	3.4	3.6	3.8	3.9	4.1	4.3	4.5
Without cover	1.8	1.9	2.1	2.2	2.4	2.5	2.6	2.8	2.9	3.1	3.2	3.4	3.5	3.7	3.8	3.9

รูปที่ ก.8 แสดง Specification ของ Robo cylinder (RCA-SA4C-I-20-5-400) (3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง Catalog Robo cylinder (RCA2-SA4C-I-20-5-100)

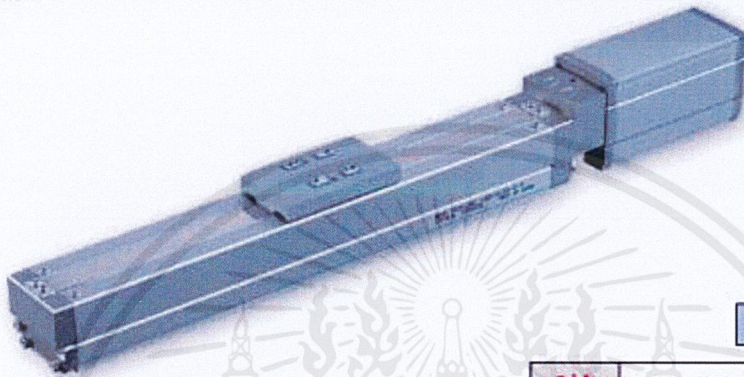
RCA2-SA4C

ROBO Cylinder, Slider Type, Actuator Width 40mm, Servo Motor, Coupled

Model Specification Items	RCA2 – SA4C	I	20	10	50	A1	N	Options
	Series	Type	Encoder type	Motor type	Lead	Stroke	Applicable controller	Cable length
			I: Incremental * The Simple absolute encoder is also considered type "I".	20P: 20W Servo motor	10: 10mm 5: 5mm 2.5: 2.5mm	50: 50mm I: 500-500mm (50mm pitch increments)	A1: ACON ASEL A3: AMEC ASEP MSEP	N: None P: 1m S: 3m M: 5m X: Custom length

* See page P6-47 for details on the model descriptions.

Power-saving



Technical References Appendix P.5

POINT
Notes on selection

- (1) The load capacity is based on operation at an acceleration of 0.3G (0.2G for 2.5mm-load model and when using vertically). These values are the upper limits for the acceleration.
- (2) See page A-71 for details on push motion.

Actuator Specifications						Stroke and Maximum Speed	
Leads and Payloads							
Model number	Motor output (W)	Lead (mm)	Max. Load Capacity		Rated thrust (N)	Stroke (mm)	50-500 (every 50mm)
			Paralleling leg	Vertical leg		Lead	
RCA2-SA4C-I-20-10- 1 - 2 - 3 - 4	20	10	2	1	34	10	500
RCA2-SA4C-I-20-5- 1 - 2 - 3 - 4		5	4	1.5	68	5	250
RCA2-SA4C-I-20-2.5- 1 - 2 - 3 - 4		2.5	6	3	136	2.5	125

Code explanation 1 Stroke 2 Applicable Controller 3 Cable length 4 Options *See page A-71 for details on push motion. (Unit: mm/s)

รูปที่ ก.9 แสดง Specification ของ Robo cylinder (RCA2-SA4C-I-20-5-100) (1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

① Stroke			
① Stroke (mm)	Standard price		
	With cover (standard)	Without cover (option)	
50	---	---	
100	---	---	
150	---	---	
200	---	---	
250	---	---	
300	---	---	
350	---	---	
400	---	---	
450	---	---	
500	---	---	

④ Options			
Name	Option code	See page	Standard price
Brake	B	→ A-42	---
Optional cable exit direction (top)	CJT	→ A-42	---
Optional cable exit direction (right)	CJR	→ A-42	---
Optional cable exit direction (left)	CJL	→ A-42	---
Optional cable exit direction (bottom)	CJB	→ A-42	---
Power-saving	LA	→ A-52	---
No cover	NCO	→ A-52	---
Non-motor end specification	NM	→ A-52	---

③ Cable Length		
Type	Cable symbol	Standard price
Standard (Robot Cables)	P (1m)	---
	S (3m)	---
	M (5m)	---
Special length	X06 (6m) ~ X10 (10m)	---
	X11 (1.1m) ~ X15 (1.5m)	---
	X16 (1.6m) ~ X20 (2.0m)	---

* The standard cable for the RCA2 is the robot cable.
 * See page A-59 for cables for maintenance.

Actuator Specifications	
Item	Description
Drive System	Ball screw, ø8mm, rolled C10
Positioning repeatability	±0.02mm
Lost Motion	0.1 mm or less
Base	Material: Aluminum, special alumite treated
Allowable static moment	Ma: 6.8 N·m, Mb: 9.7 N·m, Mc: 13.3 N·m
Allowable dynamic moment (*)	Ma: 3.04 N·m, Mb: 4.31 N·m, Mc: 5.00 N·m
Allowable overhang	1.20mm or less in Ma, Mb and Mc directions
Ambient operating temperature, humidity	0 to 40°C, 85% RH or less (Non-condensing)

(*) Based on 5,000km of traveling life



71 RCA2-SA4C

รูปที่ ก.10 แสดง Specification ของ Robo cylinder (RCA2-SA4C-I-20-5-100) (2)

Dimensional Drawings

CAD drawings can be downloaded from the website. www.intelligentactuator.com

For Special Orders Appendix P.15

Dimensions and Mass by Stroke

Stroke	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
L	Without brake	274	324	374	424	474	524	574	624	674
	With brake	314.5	364.5	414.5	464.5	514.5	564.5	614.5	664.5	714.5
A	165.5	215.5	265.5	315.5	365.5	415.5	465.5	515.5	565.5	615.5
B	91	41	91	41	91	41	91	41	91	41
C	0	1	1	2	2	3	3	4	4	5
D	4	6	6	8	8	10	10	12	12	14
M	91	141	191	241	291	341	391	441	491	541
Weight (kg)	With cover	0.9	1	1.1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6
	Without cover	0.8	0.9	1	1	1.1	1.2	1.3	1.3	1.4

* Brake-equipped models are heavier by 0.3kg.

(*)1) Connect the motor-encoder integrated cable here. See page A-59 for details on cables.
 (*)2) After homing, the slider moves to the ME, therefore, please watch for any interference with surrounding objects.
 ME: Mechanical end
 SE: Stroke end
 (*)3) Reference position for calculating the Ma moment

รูปที่ ก.11 แสดง Specification ของ Robo cylinder (RCA2-SA4C-I-20-5-100) (3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง Catalog Robo cylinder (RCP3-TA5C-I-35P-5-50)

RCP3-TA5C

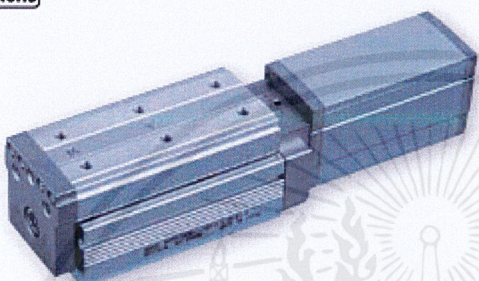
ROBO Cylinder, Table Type, Actuator Width 55mm, Pulse Motor, Coupled

Model Specification Items **RCP3** — **TA5C** — **I** — **35P** — — — — —

Series — **Type** — **Encoder type** — **Motor type** — **Lead** — **Stroke** — **Applicable controller** — **Cable length** — **Options**

I: Incremental 35P: Pulse motor, 35□ size
 * The Simple absolute encoder is also considered type "I".
 10: 10mm 25: 25mm
 5: 5mm 100: 100mm (25mm pitch increments)
 2.5: 2.5mm
 P1: PCON-PL/PO/SE N: None
 PSEL P: 1m
 P3: PCON-CA S: 3m
 PMEC/PSEP M: 5m
 MSEP XC: Custom Length
 See Options below.

* See page Pn-47 for details on the model descriptions.



Technical References Appendix P.5

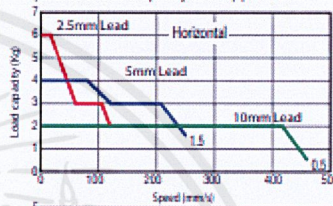
POINT
Attention selection

(1) Since the RCP3 series use a pulse motor, the load capacity decreases at high speeds. Check in the Speed vs. Load Capacity graph to see if your desired speed and load capacity are supported.
 (2) Please note that the maximum speed is different when used horizontally versus vertically.
 (3) The load capacity is based on operation at an acceleration of 0.3G (0.2G for the 2.5mm-lead model, or when used vertically). This is the upper limit of the acceleration.
 (4) See page A-71 for details on push motion.

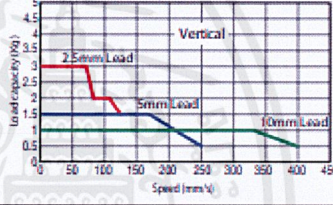
Speed vs. Load Capacity

Due to the characteristics of the pulse motor, the RCP3 series' load capacity decreases at high speeds. In the table below, check if your desired speed and load capacity are supported.

Horizontal



Vertical



Actuator Specifications

Leads and Payloads

(Note 1) Please note that the maximum load capacity decreases as the speed increases.

Model number	Load (kg)	Max. Load Capacity (kg)		Rated thrust (N)	Stroke (mm)
		Horizontal (kg)	Vertical (kg)		
RCP3-TA5C-I-35P-10- 1 - 2 - 3 - 4	10	~2	~1	34	25~100 (pitch 25mm)
RCP3-TA5C-I-35P-5- 1 - 2 - 3 - 4	5	~4	~1.5	68	
RCP3-TA5C-I-35P-2.5- 1 - 2 - 3 - 4	2.5	~6	~3	136	

Stroke and Maximum Speed (Units: mm/s)

Stroke Lead	25~100 (pitch 25mm)	
	Stroke	Speed
10	465	400
5	250	
2.5	125	

Code explanation 1 Stroke 2 Applicable Controller 3 Cable length 4 Options *See page A-71 for details on push motion. *The values enclosed in < > apply to vertical settings.

รูปที่ ก.11 แสดง Specification ของ Robo cylinder (RCP3-TA5C-I-35P-5-50) (1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Actuator Specifications					Stroke and Maximum Speed (Unit: mm/s)	
Leads and Payloads (Note 1) Please note that the maximum load capacity decreases as the speed increases.					Stroke and Maximum Speed	
Model number	Lead (mm)	Max Load Capacity (kg)	Rated thrust (N)	Stroke (mm)	Stroke Load	25-100 (every 25mm)
RCP3-TA5C-I-35P-10- 1 - 2 - 3 - 4	10	~2	~1	34	25-100 (every 25mm)	465<400>
RCP3-TA5C-I-35P-5- 1 - 2 - 3 - 4	5	~4	~1.5	68		250
RCP3-TA5C-I-35P-2.5- 1 - 2 - 3 - 4	2.5	~6	~3	136		125

Code explanation **1** Stroke **2** Applicable Controller **3** Cable length **4** Options *See page A-71 for details on push motion. **The values enclosed in < > apply to vertical settings.

① Stroke

Stroke (mm)	Standard price
25	—
50	—
75	—
100	—

③ Cable Length

Type	Cable symbol	Standard price
Standard (Robot Cables)	P (1m)	—
	S (3m)	—
	M (5m)	—
Special length	X06 (6m) ~ X10 (10m)	—
	X11 (11m) ~ X15 (15m)	—
	X16 (16m) ~ X20 (20m)	—
	—	—

④ Options

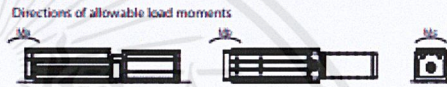
Name	Option code	See page	Standard price
Brake	B	→ A-42	—
Cable exit direction (top)	CJT	→ A-42	—
Cable exit direction (right)	CJR	→ A-42	—
Cable exit direction (left)	CJL	→ A-42	—
Cable exit direction (bottom)	CJB	→ A-42	—
Non-motor end specification	NM	→ A-52	—

Actuator Specifications

Item	Description
Drive System	Ball screw, Ø8mm, rolled C10
Positioning Repeatability	±0.02mm
Lost Motion	0.1mm or less
Base	Material: Aluminum, special alumite treated
Allowable static moment	Ma: 25.5 Nm, Mb: 36.5 Nm, Mc: 56.1 Nm
Allowable dynamic moment (*)	Ma: 6.57 Nm, Mb: 9.32 Nm, Mc: 14.32 Nm
Overhang load length	Within the load moment range
Ambient operating temperature, humidity	0 to 40°C, 85% RH or less (Non-condensing)

(*) Based on 5,000km of traveling life

307 RCP3-TA5C



รูปที่ ก.12 แสดง Specification ของ Robo cylinder (RCP3-TA5C-I-35P-5-50) (2)

Dimensional Drawings

CAD drawings can be downloaded from the website: www.intelligentactuator.com

For Special Orders Appendix P.15

Optional cable exit direction

Left: Model number C2; Right: Model number C3

Dimensions and Weight by Stroke *Brake-equipped models are heavier by 0.3kg.

Stroke	25	50	75	100
Without brake	229	254	279	304
With brake	269.5	294.5	319.5	344.5
A	103	128	153	178
B	113	138	163	188
C	135.5	160.5	185.5	210.5
D	103	128	153	178
E	1	1	2	2
F	43	68	43	68
G	1	1	2	2
H	4	4	6	6
J	6	6	8	8
Weight (kg)	1.2	1.4	1.5	1.7

(*)1 Connect the motor-encoder integrated cable here. See page A-59 for details on cables.
 (*)2 After homing, the slider moves to the ME, therefore, please watch for any interference with surrounding objects.
 ME: Mechanical end SE: Stroke end

รูปที่ ก.13 แสดง Specification ของ Robo cylinder (RCP3-TA5C-I-35P-5-50) (3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้