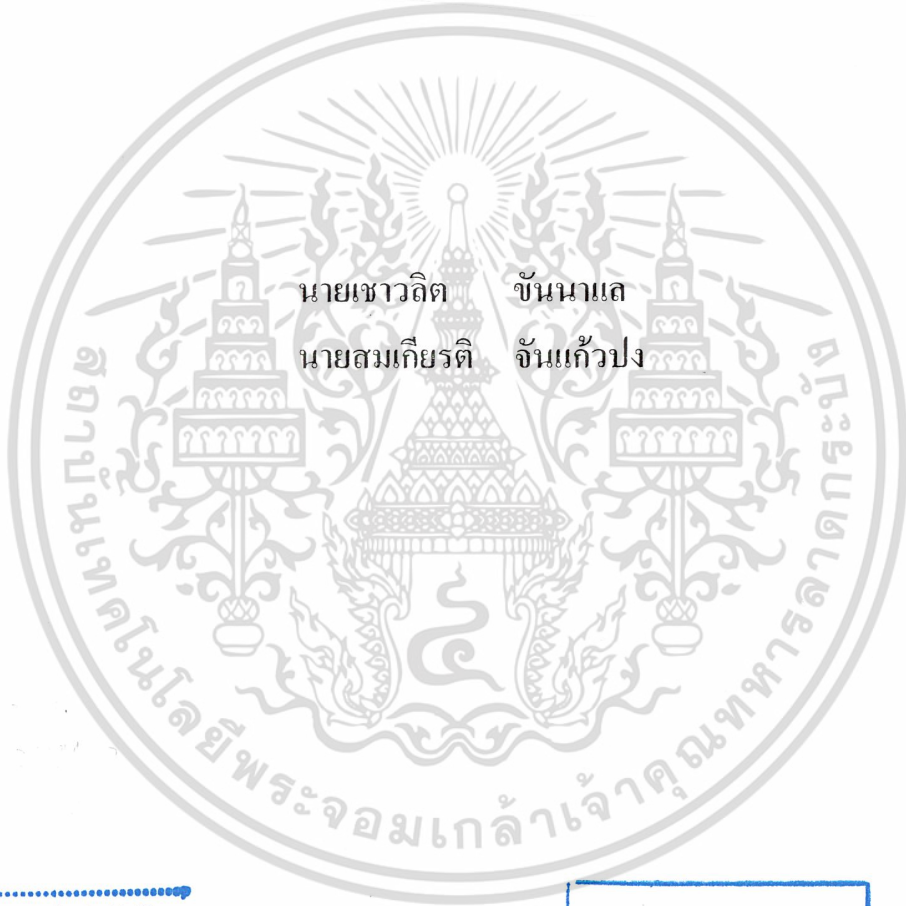


สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

หุ่นยนต์ SCARA

SCARA ROBOT



นายเชาวลิต ชันนาแล  
นายสมเกียรติ จันแก้วปง

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน **61988**  
วันเดือนปี **25 ก.ค. 2549**

b.....  
i.....

ปฏิญานี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม  
ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# SCARA ROBOT



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF  
BACHELOR OF ENGINEERING IN INSTRUMENTATION ENGINEERING  
DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION ENGINEERING  
FACULTY OF ENGINEERING  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2004

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ใบรับรองปริญญาโท

หัวข้อปริญญาโท SCARA Robot  
นักศึกษาจัดทำ นายชาวลิต ชันนาแล รหัสประจำตัว 45015504  
นายสมเกียรติ จันแก้วปง รหัสประจำตัว 45015533  
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชา วิศวกรรมการวัดคุม  
ปีการศึกษา 2547

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาโท	ลายมือชื่อ
รศ. ประภาพร อุดคึกษาพันธ์	
ผศ. ไสว พงศ์สวัสดิ์	
อ.วิชัย ตันติจริยางกูร	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ วันพุธที่ 23 มีนาคม พ.ศ. 2548  
สถานที่สอบ ณ ห้องสอบปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม

ภาควิชารับรองแล้ว



(รศ.ประสิทธิ์ จุลเสรีวงศ์)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	หุ่นยนต์ SCARA	
	SCARA Robot	
นักศึกษาผู้จัดทำ	นายชาวลิต	จันทนา แด
	นายสมเกียรติ	จันแก้ว พง
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ประภาย	อุคคกิม่า พันธุ์
	ผศ.ไสว	พงศสวัสดิ์
	อ.วิชัย	ตันติจริยางกูร
ปีการศึกษา	2547	

### บทคัดย่อ

ปัจจุบันหุ่นยนต์ ถือว่ามีความสำคัญกับวงการอุตสาหกรรมเป็นอย่างมากเพราะว่า หุ่นยนต์สามารถทำงานซ้ำ ๆ ได้ดีกว่ามนุษย์ ซึ่งหุ่นยนต์ที่ใช้อุตสาหกรรมปัจจุบันมีหลายชนิดด้วยกัน หุ่นยนต์ SCARA ก็เป็นหนึ่งในจำนวนหุ่นยนต์จำนวนนั้นด้วย เนื่องจาก สามารถเคลื่อนไหวได้รวดเร็ว จึงนิยมนำมาใช้ในอุตสาหกรรมประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ แต่ SCARA Robot ยังสามารถประยุกต์ใช้กับงานอื่นได้ ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จึงได้พัฒนาออกแบบ และประยุกต์ใช้กับงาน SCARA Robot นับตั้งแต่การวิเคราะห์ทฤษฎีการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ จากนั้นก็นำมาเขียนเป็นโปรแกรม Visual Basic เพื่อไปควบคุมการเคลื่อนที่ของ SCARA Robot โดยผ่านทาง พอร์ต RS-232 และท้ายที่สุดเป็นการนำไปประยุกต์ใช้งาน โดยการนำไปจับชิ้นงาน เขียนรูปเรขาคณิต และการติดหัวเชื่อม เพื่อใช้ในการเชื่อมงาน ผลที่ได้จากการทดลองจะเห็นว่า SCARA Robot สามารถใช้กับงานอื่นได้ในเกณฑ์ที่ดีเยี่ยม

**Thesis Title** SCARA Robot  
**Authors** Mr.Chaowalit Khannalae  
Mr.Somkiat Jankaewpong  
**Thesis Advisor** Assoc.Prof. Prapat Aukkakimapan  
Asst.Prof. Sawai Pongsawat  
Mr.Wichai Tantijariyangkul  
**Year** 2004

## ABSTRACT

Nowadays the Robots are very important in the industrial because they are good in their repeatability and more accuracy than human .There are many kinds of industrial Robots was used now .The SCARA Robot is the one kind of this .Because SCARA Robot able to move quickly .That make scara Robots were use to carry out the electronics component .But SCARA Robot can use in another function more than carry out .In that case this thesis according to design , development and apply the application of the SCARA Robot. Begin with analysis the kinematics of Robot then made the control program by Visual Basic 6.0 for control Robot with serial port. Finally, we applied the Robot for handling ,Draw the geometry picture and welding.

# กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงมาได้เพราะได้รับความเมตตาจาก รองศาสตราจารย์ ประภาส อุกคกิมาพันธุ์ ที่ให้คำแนะนำแก่ผู้วิจัยตลอดมาอีกทั้งยังเอื้อเฟื้ออุปกรณ์และเครื่องมือ ในการทำปริญญาานิพนธ์นี้ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณ คุณเจตติยะ ศรีพิทักษ์ ที่คอยให้คำปรึกษา ทางด้านHard ware และคุณกฤษณ์ เสมอพิทักษ์ ที่ให้คำปรึกษาทางด้าน Soft ware อย่างเต็มกำลัง

ขอขอบพระคุณอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุมทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาให้ กับผู้จัดทำ

และที่ลืมเสียมิได้ก็คือ ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อคุณ แม่ อันเป็นที่รักยิ่ง ที่สนับสนุนและเป็นแรงบันดาลใจในการทำปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอบแต่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

คณะผู้จัดทำ



# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญภาพ.....	VIII
<b>บทที่ 1 บทนำ.....</b>	<b>1</b>
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์และจุดมุ่งหมายของโครงการ.....	1
1.3 ขอบเขตของปริญญาานิพนธ์.....	1
1.4 ขั้นตอนการศึกษา.....	2
<b>บทที่ 2 ทฤษฎี.....</b>	<b>3</b>
2.1 ทฤษฎีพื้นฐานการวิเคราะห์และควบคุมหุ่นยนต์.....	3
2.1.1 การแบ่งประเภทของแขนกล.....	4
2.1.2 ลักษณะเฉพาะของหุ่นยนต์.....	10
2.1.3 ความแม่นยำของการเคลื่อนที่.....	14
2.1.4 การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์.....	15
2.1.5 คุณสมบัติอื่น ๆ ของหุ่นยนต์อุตสาหกรรมทั่วไป.....	15
2.1.6 End Effector.....	16
2.1.7 การควบคุมการทำงานด้วยหุ่นยนต์.....	17
2.1.8 การสั่งงาน.....	17
2.2 คิเนมาติกส์ และ ไดนามิกส์.....	18
2.2.1 ไคเนติกคิเนมาติกส์.....	19
2.2.2 อินเวอร์สคิเนมาติกส์.....	20
2.3 พิกัดโฮโมจีเนียส.....	20
2.4 โครงสร้างของระบบควบคุมแขนกล.....	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.4.1 ส่วนตรวจจับ(Sensor&Encoder).....	22
2.4.2 หน่วยประมวลผลกลางและควบคุม.....	22
2.4.3 วงจับมอเตอร์.....	22
2.5 มอเตอร์กระแสสลับแบบสองเฟส(AC Servo Motor).....	22
2.6 พื้นฐานการสื่อสารแบบอนุกรม.....	25
2.6.1 การสื่อสารแบบซิงโครนัส.....	25
2.6.2 การสื่อสารแบบอะซิงโครนัส.....	27
2.6.3 มาตรฐาน RS-232 C.....	27
2.6.4 องค์ประกอบของการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม.....	32
2.6.5 อัตราเร็วในการรับและส่งข้อมูลแบบอนุกรม.....	32
<b>บทที่ 3 หลักการในการออกแบบ.....</b>	<b>33</b>
3.1 กล่าวนำ.....	33
3.1.1 ส่วนของการเคลื่อนที่และการทำงานโดยรวมของหุ่นยนต์.....	33
3.1.2 ส่วนของหุ่นยนต์(Hard Ware).....	33
3.1.3 ส่วนของโปรแกรม(Soft Ware).....	33
3.2 การออกแบบการเคลื่อนที่.....	33
3.2.1 ควบคุมการเคลื่อนที่และการทำงานของหุ่นยนต์โดยรวม.....	33
3.2.2 การออกแบบเส้นทางและตำแหน่งของหุ่นยนต์.....	34
3.3 ส่วนของโปรแกรม(Soft Ware).....	39
3.3.1 ส่วนของโปรแกรมหลัก.....	40
3.3.2 โปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่แบบเส้นตรง.....	43
3.3.3 โปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่แบบวงกลม.....	46
3.3.4 โปรแกรมควบคุมการหยิบจับวัตถุ.....	48
3.3.5 โปรแกรมควบคุมให้หุ่นยนต์ใช้ในงานเชื่อมโลหะ.....	50
3.3.6 โปรแกรมจำลองการเคลื่อนที่ของแขนหุ่นยนต์ (Simulation).....	53
3.4 ส่วนของหุ่นยนต์และระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์.....	54
3.4.1 ส่วนตัวหุ่นยนต์SCARA ROBOT.....	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.4.2 ส่วนควบคุมหลัก CONTROLLER.....	55
3.4.3 ส่วนอุปกรณ์ใช้งาน END EFFECTER.....	56
3.4.4 ส่วนขับเคลื่อนมอเตอร์ MOTOR DRIVE.....	57
3.4.5 ส่วนอินพุทและเอาต์พุทโมดูล .....	57
<b>บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง.....</b>	<b>58</b>
4.1 กล่าวนำ.....	58
4.2 ส่วนการเคลื่อนที่ของตัวหุ่นยนต์.....	58
4.2.1 โปรแกรมใช้งานจับวัตถุ.....	58
4.2.2 โปรแกรมสำหรับเชื่อมไฟฟ้า.....	59
4.3 ส่วนของซอฟต์แวร์.....	60
4.3.1 โปรแกรมการหยิบจับวัตถุ.....	60
4.3.2 โปรแกรมสำหรับงานเชื่อมโลหะ.....	62
4.4 สรุปผลการทดลอง.....	65
<b>บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....</b>	<b>66</b>
5.1 สรุปโครงการ.....	66
5.2 ปัญหาที่พบ.....	66
5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนา.....	67
<b>บรรณานุกรม.....</b>	<b>68</b>
<b>ภาคผนวก.....</b>	<b>69</b>

# สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงการทำงานของจุดต่อหุ่นยนต์.....	4
2.2 แสดงแผนการทำงานของหุ่นยนต์แต่ละชนิด.....	5
2.3 แสดงคุณลักษณะของหุ่นยนต์.....	10
2.4 แสดงการเคลื่อนที่แบบ yaw, pitch และ row.....	13
4.1 แสดงผลการทดลองโปรแกรมจับวัตถุ.....	61
4.2 แสดงผลการทดลองโปรแกรม เชื่อมแบบเส้นตรง.....	63
4.3 แสดงผลการทดลองโปรแกรม เชื่อมแบบเส้นวงกลม.....	64



# สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 แสดงแขนกลที่มีลักษณะคล้ายมนุษย์.....	3
2.2 แสดงGantry Robot.....	5
2.3 แสดงWork envelope of Gentry Robot.....	5
2.4 แสดงCylindrical Robot.....	6
2.5 แสดงWork envelope of Cylindrical Robot.....	6
2.6 แสดงSpherical Robot.....	7
2.7 แสดงWork envelope of Spherical Robot.....	7
2.8 แสดงScara Robot.....	8
2.9 แสดงWork envelope of Scara Robot.....	8
2.10 แสดง Articulated Robot.....	9
2.11 แสดงWork envelope of Articulated Robot.....	9
2.12 แสดงระยะที่เอื้อมถึงและสโตรกของหุ่นยนต์ทรงกระบอกรอก.....	11
2.13 แสดงYaw-pitch-roll ของ tool.....	11
2.14 แสดงลำดับการหมุน.....	12
2.15 แสดงระบบ YPR.....	13
2.16 แสดงระบบ RPY.....	14
2.17 แสดงลักษณะการสั่งงานแบบลัดทูลุโดยอาศัยโรบอทที่มีมอเตอร์.....	18
2.18 แสดงแขนกลที่มีลักษณะเป็น links.....	19
2.19 แสดงเอซิมอเตอร์แบบ 2 เฟส.....	23
2.20 แสดงเอซิมอเตอร์ไว้มอเตอร์แรงเฉื่อยโรเตอร์ต่ำ.....	24
2.21 แสดงคุณลักษณะการทำงานที่เป็นลิเนียร์ของเอซิมอเตอร์แบบ 2 เฟส.....	25
2.22 แสดงคุณลักษณะระหว่าความเร็วและแรงบิดของมอเตอร์.....	25
2.23 แสดงลักษณะสัญญาณการสื่อสารแบบซิงโครนัส.....	26
2.24 แสดงPin Diagram for 1650,16450&8250 UARTS.....	27
2.25 แสดงการเชื่อมต่อComputer ด้วย RS 232 DTE&DCE.....	28
2.26 แสดงขาสัญญาณต่าง ๆ ของ DTE.....	29
2.27 แสดงขาสัญญาณต่าง ๆ ของ DCE.....	30
3.1 แสดงผังแสดงการทำงานโดยรวม ของSCARA Robot.....	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา VIII อย่างอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.2 แสดงเส้นทางการเดินโดยรวมของหุ่นยนต์ในแนวเส้นตรง.....	35
3.3 แสดงเส้นทางการเดินโดยรวมของหุ่นยนต์ในแนววงกลม.....	36
3.4 แสดงเส้นทางการเดินของหุ่นยนต์ในการสั่งงานเดินแนวเชื่อมแนวตรง.....	37
3.5 แสดงเส้นทางการเดินของหุ่นยนต์ในการสั่งงานเดินแนวเชื่อมวงกลม.....	38
3.6 แสดงแผนภูมิการทำงาน โดยรวมของSoft Ware ทั้งหมด.....	39
3.7 แสดงหน้าจอควบคุมหลักของโปรแกรม.....	40
3.8 แสดงส่วนการตั้งพอร์ตและพารามิเตอร์.....	41
3.9 แสดงหน้าต่างที่ใช้ Set Port .....	42
3.10 แสดงหน้าต่างที่ใช้ Set Parameter.....	42
3.11 แสดงโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่แบบเส้นตรง.....	43
3.12 แสดงแผนผังการทำงานของโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่แบบเส้นตรง.....	43
3.13 แสดงพื้นที่การทำงานบนโปรแกรมคอมพิวเตอร์.....	44
3.14 แสดงช่องสำหรับใส่ค่าจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของเส้นตรง.....	44
3.15 แสดงช่องแสดงค่ามุม $\phi_1$ และ $\phi_2$ .....	45
3.16 แสดงโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่แบบวงกลม.....	46
3.17 แสดงแผนผังการทำงานของโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่แบบวงกลม.....	47
3.18 แสดงช่องสำหรับใส่ค่าจุดศูนย์กลางและรัศมีวงกลม.....	47
3.19 แสดงโปรแกรมควบคุมการหยิบจับ.....	48
3.20 แสดงผังการทำงานของโปรแกรมควบคุมการหยิบจับวัตถุ.....	48
3.21 แสดงหน้าต่างสำหรับควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์.....	49
3.22 แสดงพื้นที่ใช้งานบนโปรแกรม.....	49
3.23 แสดงช่องสำหรับใส่จำนวนรอบการทำงานของส่วนหยิบจับวัตถุ.....	49
3.24 แสดงหน้าจอควบคุมการทำงานเชื่อมไฟฟ้า.....	50
3.25 แสดงแผนผังการทำงานควบคุมการเชื่อมไฟฟ้า.....	51
3.26 แสดงปุ่มกดสำหรับการเปลี่ยนโหมดการเชื่อมไฟฟ้า.....	51
3.27 แสดงช่องสำหรับใส่ค่าพารามิเตอร์ของการเชื่อมแบบเส้นตรง.....	52
3.28 แสดงช่องสำหรับใส่ค่าพารามิเตอร์ของการเชื่อมแบบเส้นวงกลม.....	52
3.29 แสดงรูปแบบของแนวการเชื่อมไฟฟ้า.....	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.30 แสดงโปรแกรม Simulate เส้นตรง.....	53
3.31 แสดงโปรแกรม Simulate แบบวงกลม.....	54
3.32 แสดงตัวหุ่นยนต์ SCARA.....	54
3.33 แสดงคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ในโครงการนี้.....	55
3.34 แสดงEND EFFECTER.....	56
3.22 แสดงชุดขับเคลื่อนมอเตอร์.....	57
3.23 แสดงบอร์ดอินพุทและเอาต์พุท โมดูล.....	57
4.1 แสดงการทำงานขณะจับวัตถุ.....	58
4.2 แสดงการทำงานขณะจับวัตถุเคลื่อนที่.....	59
4.3 แสดงการทำงานขณะวางวัตถุ.....	59
4.4 แสดงการทำงานขณะจำลองการเชื่อม.....	60
4.5 แสดงโปรแกรมและข้อมูลที่ส่งขณะใช้งานหีบจับ.....	61
4.6 แสดงโปรแกรมขณะทำงานเชื่อมแบบเส้นตรง.....	62
4.7 แสดงแนวรอยการเชื่อมแบบเส้นตรง.....	62
4.8 แสดงโปรแกรมขณะทำงานเชื่อมแบบเส้นวงกลม.....	63
4.9 แสดงแนวรอยการเชื่อมแบบเส้นวงกลม.....	63
4.10 แสดงภาพจำลองการเคลื่อนที่ของการเชื่อมแบบเส้นตรง.....	64
4.11 แสดงภาพจำลองการเคลื่อนที่ของการเชื่อมแบบเส้นวงกลม.....	65

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและเหตุจูงใจ

ในปัจจุบันหุ่นยนต์นับว่ามีความสำคัญอย่างมากในอุตสาหกรรมหลาย ๆ ประเภท โดยที่หุ่นยนต์ (Robotics) ตามคำนิยามของ Robotics Industrial Association และ Robotics Institute of America นั้นหมายถึง เครื่องยนต์ที่ประกอบกันขึ้นมาเพื่อทำงานบางอย่างแทนมนุษย์ สามารถควบคุมได้โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ และสามารถที่จะเปลี่ยนการทำงานให้ทำงานอย่างอื่นได้ งานบางประเภท มีลักษณะการทำงานที่ซ้ำ ๆ กัน โดยเฉพาะงานการประกอบชิ้นงาน ซึ่งไม่ได้มีความซ้ำซ้อนมากนัก น่าจะสามารถนำเครื่องจักรมาทำงานแทนมนุษย์ได้ และเครื่องจักรที่ว่ นี้จะต้องผลิตงานได้อย่างสม่ำเสมอ และมีคุณภาพเป็นมาตรฐานเดียวกัน จึงมีความคิดที่จะนำที่จะนำความรู้ที่ได้เรียนมาในด้านวิศวกรรมมาเพื่อแก้ปัญหา ในที่จะใช้แขนกลมาเป็นหัวข้อในการทำโครงการในการทำโครงการครั้งนี้

### 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

เพื่อศึกษาถึงวิธีการนำทฤษฎีแขนกล (Robot Arm) แบบ SCARA มาประยุกต์ใช้ในงานอุตสาหกรรม โดยการออกแบบโปรแกรม Visual Basic 6.0 ให้ควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ ผ่านทางพอร์ตอนุกรม

### 1.3 ขอบเขตของปริิญญาณิพนธ์

ปริิญญาณิพนธ์เล่มนี้จะกล่าวถึงการพัฒนาออกแบบและประยุกต์ใช้งาน SCARA Robot โดยนำเอาทฤษฎีเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของแขนกลมาใช้ ในการออกแบบโปรแกรม Visual Basic 6.0 เพื่อควบคุมการเคลื่อนที่ของ SCARA Robot ผ่านทางพอร์ตอนุกรม โดยทฤษฎีที่ใช้ในปริิญญาณิพนธ์นี้คือ Inverse Kinematics ใช้ในการเปลี่ยน ค่าตำแหน่งให้เป็นค่าของมุมเพราะการเคลื่อนที่ของ SCARA Robot จะเคลื่อนที่เชิงมุม

ส่วนการประยุกต์ใช้หุ่นยนต์ SCARA Robot นั้นเราจะใช้หุ่นยนต์ในการหยิบของโดยใช้ ลมดูด การวาดภาพเรขาคณิต และการประยุกต์ใช้ในงานเชื่อมโดยการเปลี่ยน End Effector ตามการใช้งาน ซึ่งทั้งหมดทั้งมวลนี้เกิดจากการประยุกต์ใช้การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ทั้งแบบจุดต่อจุด และการเคลื่อนที่แบบต่อเนื่องนั่นเอง

## 1.4 ขั้นตอนการศึกษา

การทำโครงการวิจัยในปริญญาโทฉบับนี้มีขั้นตอนการศึกษาเริ่มต้น จากการศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับหุ่นยนต์ สมการการเคลื่อนที่ ศึกษาเส้นทางการเดินของหุ่นยนต์ทั้งแบบจุดต่อจุด และแบบต่อเนื่อง คิดสมการการแปลงตำแหน่งให้เป็นมุมที่แขนหุ่นยนต์ต้องทำเพื่อที่จะไปยังตำแหน่งนั้นจากนั้นก็นำข้อมูลทั้งหมดที่เราได้ศึกษามาเขียนโปรแกรม Visual Basic 6.0 ซึ่งจะหน้าต่างการใช้งานต่าง ๆ ในขั้นแรกเราต้องทำการลองดูการทำงานของแขนจากคอมพิวเตอร์ (Simulate) ก่อน ว่าแขนที่เราแต่ละแกนนั้นเดินทางตามที่เราคิดไว้หรือไม่ จากนั้นเมื่อทำสำเร็จ ก็นำไปลองกับ หุ่นยนต์จริงโดยการส่งงานจากคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ต RS 232 โดยการประยุกต์ใช้งาน SCARA Robot ในการเขียนรูปเรขาคณิต การประยุกต์ใช้งานจับชิ้นงาน โดยใช้ระบบนิวแมติกส์มาช่วย และท้ายสุดคือการประยุกต์ใช้งานเชื่อม ท้ายสุดเป็นการสรุปผลการทดลองโดยการวัดค่าตำแหน่งที่เราสั่งงานกับตำแหน่งจริงว่าใกล้เคียงกันหรือไม่จากนั้นสรุปผลการทดลองทั้งหมด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2 ทฤษฎี

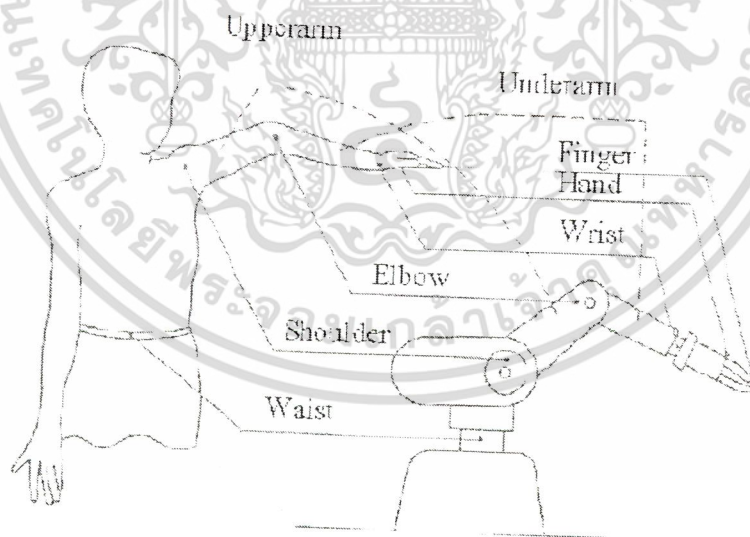
### 2.1 ทฤษฎีพื้นฐานของการวิเคราะห์และควบคุมหุ่นยนต์ (Fundamental of Robotic Analysis and Control)

หุ่นยนต์ คือ เครื่องจักรที่ถูกควบคุมอัตโนมัติ สามารถเขียนโปรแกรมใหม่ได้ ใช้งานเอนกประสงค์ โปรแกรมการเคลื่อนที่ที่จะต้องสามารถโปรแกรมให้เคลื่อนที่ได้อย่างน้อย 3 แกนหรือมากกว่า หุ่นยนต์อาจจะยึดอยู่กับที่หรือย้ายตำแหน่ง (Mobile) เพื่อใช้ในงานอุตสาหกรรม

หุ่นยนต์ (Robotics) มีมากมายหลายชนิดขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ของการใช้งาน เช่น หุ่นยนต์ที่เป็นของเล่น หุ่นยนต์ใช้ในการแพทย์ หุ่นยนต์เพื่องานวิจัย หุ่นยนต์สำรวจ และหุ่นยนต์อุตสาหกรรม ฯลฯ

การทำงานของหุ่นยนต์อุตสาหกรรมจะเลียนแบบร่างกายของมนุษย์โดยจะเลียนแบบเฉพาะส่วนของร่างกายที่จะนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมเท่านั้น นั่นคือช่วงแขนของมนุษย์ ดังนั้นบางคนอาจจะได้ยินคำว่าแขนกล ซึ่งก็หมายถึงหุ่นยนต์อุตสาหกรรม

การทำงานของหุ่นยนต์อุตสาหกรรมเปรียบเทียบกับแขนมนุษย์ แสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 2.1 แสดงแขนกลที่มีลักษณะคล้ายมนุษย์

ปัจจุบัน และ ในอนาคตหุ่นยนต์อุตสาหกรรมจะเข้ามามีบทบาทในอุตสาหกรรมมากขึ้น โดยจะทำงานแทนมนุษย์ในงานต่าง ๆ เหล่านี้งานที่อันตราย เช่น งานยกเหล็กเข้าเตาหลอม งานที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกี่ยวข้องกับสารเคมีงานช่างานำเบื้อ เช่น งานยกสินค้าจากสายงานการผลิต งานประกอบ งานบรรจุผลิตภัณฑ์งานที่ต้องการคุณภาพมาตรฐานเดียวกัน เช่น งานเชื่อม งานตัด งานที่ต้องใช้ทักษะความชำนาญสูง เช่น งานเชื่อมแนว เชื่อมเลเซอร์งานที่ต้องใช้ความละเอียดประณีต เช่น งานประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ งานตรวจสอบ (Inspection) ฯลฯ

### 2.1.1 การแบ่งประเภทของแขนกล



เราสามารถแบ่งประเภทแขนกล โดยพิจารณาจากพื้นฐานใหญ่ ๆ ดังนี้

1. โครงสร้างภายนอกและการเคลื่อนที่ของแขนกล
2. ทางของแขนกล ซึ่งขึ้นอยู่กับควบคุมการเคลื่อนที่
3. ประสิทธิภาพของแขนกล

การพิจารณาแบ่งประเภทของแขนกลในขั้นนี้ เราจะอาศัยเฉพาะพื้นฐานข้อ 1. และ ข้อ 2. เท่านั้น แม้ว่าพื้นฐานข้อ 3. จะมีความสำคัญมากที่สุด แต่จะต้องอาศัยความรู้ทางด้านจลศาสตร์ (Kinematics) และพลศาสตร์ (Dynamics) ขั้นสูง ซึ่งยากต่อการทำความเข้าใจ การแบ่งประเภทแขนกลในระดับนี้จึงจะไม่นำพื้นฐานข้อ 3. มาคิด

โดยทั่วไปการแบ่งชนิดของหุ่นยนต์จะแบ่งตามลักษณะรูปทรงของพื้นที่ทำงาน (Envelope Geometric) แต่ก่อนจะอธิบายชนิดของหุ่นยนต์ขออธิบายการทำงานของจุดต่อ (Joint) ของหุ่นยนต์อุตสาหกรรมซึ่งในขั้นพื้นฐานมี 2 ชนิดด้วยกัน

ตารางที่ 2.1 แสดงการทำงานของจุดต่อหุ่นยนต์

ชนิด	สัญลักษณ์	หมายเหตุ
Revolute (R)		เป็นการหมุนรอบแกน (Rotary)
Prismatic (P)		การเคลื่อนที่เชิงเส้น (Linear motion)

จุดต่อ (Joint) ทั้งสองแบบเมื่อนำมาต่อเข้าด้วยกันอย่างน้อย 3 แกนหลักจะได้พื้นที่ทำงาน (Work envelope) ที่มีลักษณะแตกต่างกันไป ซึ่งสามารถนำมาแบ่งชนิดของหุ่นยนต์ได้ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

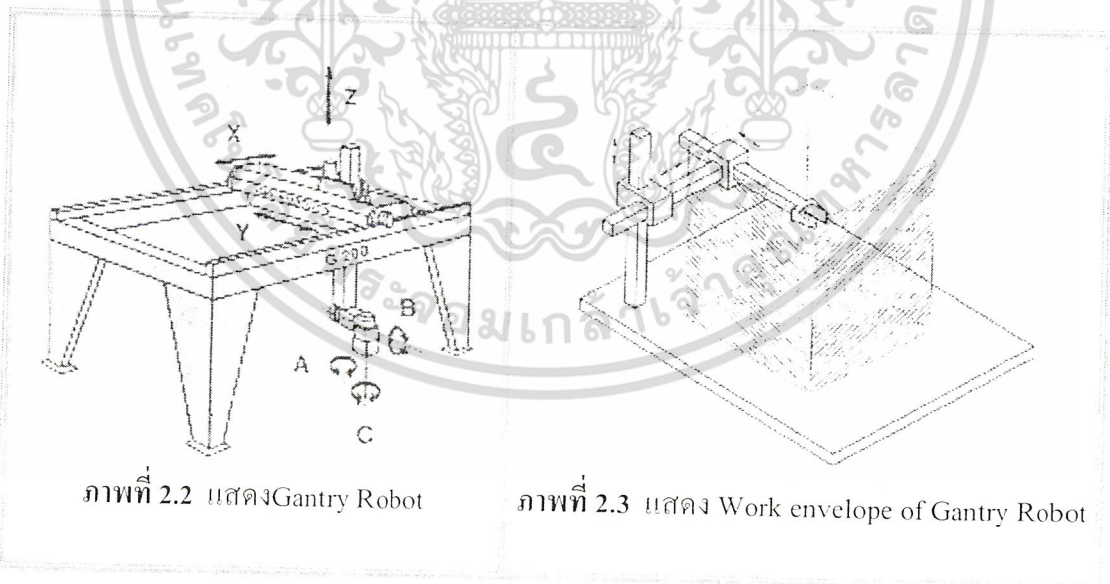
ตารางที่ 2.2 แสดงแผนการทำงานของหุ่นยนต์แต่ละชนิด

ชนิดของหุ่นยนต์	แกนที่ 1 (เอว)	แกนที่ 1 (เอว)	แกนที่ 3 (ข้อศอก)
Cartesian (gantry)	P	P	P
Cylindrical	R	P	P
Spherical (Polar)	R	R	P
SCARA	R	P	R
Articulated	R	R	R

R = Revolute, P = Prismatic

### 2.1.1.1 Cartesian (gantry) Robot

แกนที่ 3 ของหุ่นยนต์จะเคลื่อนที่เป็นแบบเชิงเส้น (Prismatic) ถ้าโครงสร้างมีลักษณะคล้าย Overhead Crane จะเรียกว่าเป็นหุ่นยนต์ชนิด gantry แต่ถ้าหุ่นยนต์ไม่มีขาตั้งหรือขาเป็นแบบอื่น เรียกว่า ชนิด Cartesian



ภาพที่ 2.2 แสดง Gantry Robot

ภาพที่ 2.3 แสดง Work envelope of Gantry Robot

ข้อดี

- เคลื่อนที่เป็นเส้นตรงทั้ง 3 มิติ
- การเคลื่อนที่สามารถทำความเข้าใจง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- มีส่วนประกอบง่าย ๆ
- โครงสร้างแข็งแรงตลอดการเคลื่อนที่

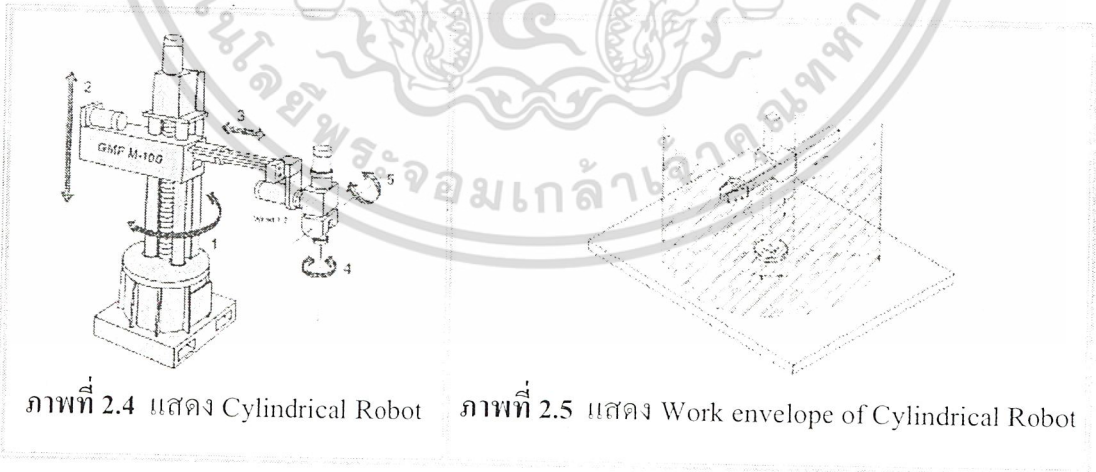
#### ข้อเสีย

- ต้องการพื้นที่ติดตั้งมาก
- บริเวณที่หุ่นยนต์เข้าไปทำงานได้จะเล็กกว่าขนาดของหุ่นยนต์
- ไม่สามารถเข้าถึงวัตถุจากทิศทางข้างใต้ได้
- แขนแบบเชิงเส้นจะ Seal เพื่อป้องกันฝุ่นและของเหลวได้ยาก

การประยุกต์ใช้งาน เนื่องจาก โครงสร้างมีความแข็งแรงตลอดจนแนวการเคลื่อนที่ ดังนั้นจึงเหมาะกับการเคลื่อนย้ายของหนัก ๆ หรือเรียกว่างาน Pick-and-Place เช่น ใช้โหลดชิ้นงานเข้าเครื่องจักร (Machine loading), ใช้จัดเก็บชิ้นงาน (Stacking) นอกจากนี้ยังสามารถใช้ในงานประกอบ (Assembly) ที่ไม่ต้องการเข้าถึงในลักษณะที่มีมุมหมุน เช่น ประกอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และ งาน Test ต่าง ๆ

#### 2.1.1.2 Cylindrical

หุ่นยนต์ประเภทนี้จะมีแกนที่ 2 (ไหล่) และแกนที่ 3 (ข้อศอก) เป็นแบบ prismatic ส่วนแกนที่ 1 (เอว) จะเป็นแบบหมุน (revolute) ทำให้การเคลื่อนที่ได้พื้นที่การทำงานเป็นรูปทรงกระบอกดังภาพ



ภาพที่ 2.4 แสดง Cylindrical Robot

ภาพที่ 2.5 แสดง Work envelope of Cylindrical Robot

#### ข้อดี

- มีส่วนประกอบไม่ซับซ้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การเคลื่อนที่สามารถเข้าใจได้ง่ายสามารถเข้าถึงเครื่องจักร ที่มีการเปิด-ปิดหรือเข้าไปในบริเวณที่เป็นช่องหรือโพรงได้ง่าย (Loading) เช่น การโหลดชิ้นงานเข้าเครื่อง CNC

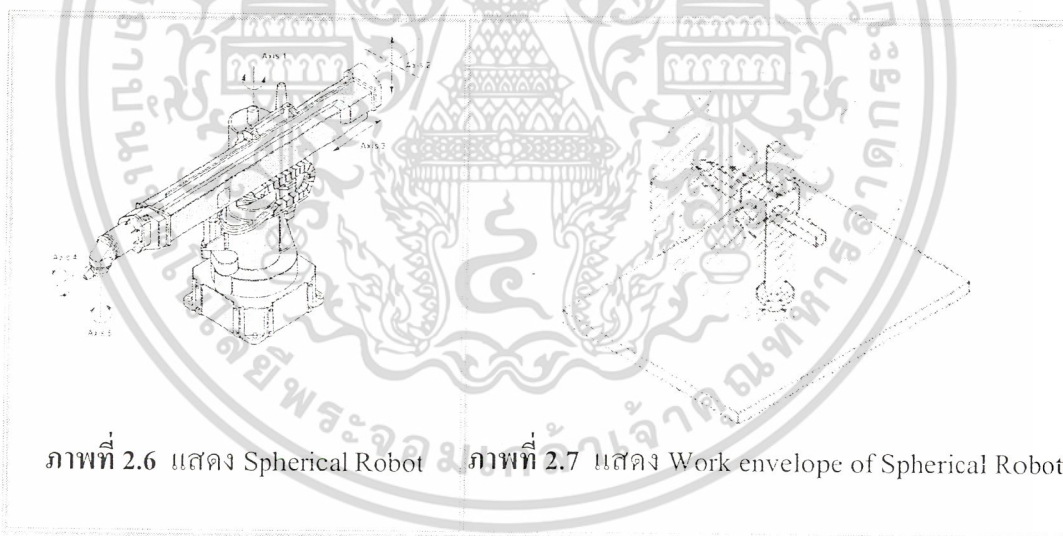
ข้อเสีย

- มีพื้นที่ทำงานจำกัด
- แกนที่เป็นเชิงเส้นมีความยุ่งยากในการ Seal เพื่อป้องกันฝุ่นและของเหลว

การประยุกต์ใช้งาน โดยทั่วไปจะใช้ในการหยิบยกชิ้นงาน (Pick-and-Place) หรือป้อนชิ้นงานเข้าเครื่องจักรเพราะสามารถเคลื่อนที่เข้าออกบริเวณที่เป็นช่องโพรงเล็ก ๆ ได้สะดวก

### 2.1.1.3 Spherical Robot (Polar)

มีสองแกนที่เคลื่อนในลักษณะการหมุน (Revolute Joint) คือแกนที่ 1 (เอว) และแกนที่ 2 (ไหล่) ส่วนแกนที่ 3 (ข้อศอก) จะเป็นลักษณะของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง ดังภาพที่ 2.6 ซึ่งทำให้ได้พื้นที่การทำงาน ดังภาพที่ 2.7



ภาพที่ 2.6 แสดง Spherical Robot ภาพที่ 2.7 แสดง Work envelope of Spherical Robot

ข้อดี

- มีระบบพิกัด (Coordinate) และส่วนประกอบที่ซับซ้อน
- การเคลื่อนที่และระบบควบคุมมีความซับซ้อนขึ้น

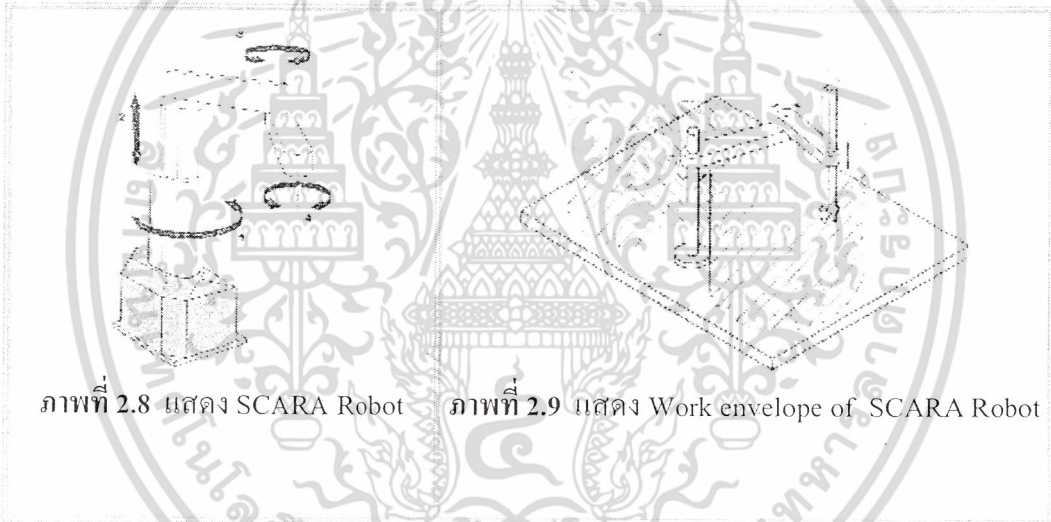
การประยุกต์ใช้งาน ใช้งานที่มีการเคลื่อนในแนวตั้ง (Vertical) เพียงเล็กน้อย เช่น การโหลดชิ้นงานเข้าออกจากเครื่องปั๊ม (Press) หรืออาจจะใช้งานเชื่อมจุด (Spot Welding)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 2.1.1.4 SCARA Robot

หุ่นยนต์ SCARA (Selective Compliance Assembly Robot Arm) จะมีลักษณะแกนที่ 1 (เอว) และแกนที่ 3 (ข้อศอก) หมุนรอบแกนแนวตั้ง และแกนที่ 2 จะเป็นลักษณะการเคลื่อนที่ขึ้นลง (Prismatic) ดังภาพที่ 2.8 ทำให้ได้พื้นที่การทำงานดัง ภาพที่ 2.9 หุ่นยนต์ SCARA จะเคลื่อนที่ได้รวดเร็วในแนวระนาบ และมีความแม่นยำสูง

เป็นหุ่นยนต์ที่มีแขนที่ใช้ในการเคลื่อนที่ประกอบด้วยกัน 2 แขน และมือที่ใช้ทำงานอีกหนึ่งชิ้น ซึ่งแขนทั้งสองจะถูกยึดติดอยู่บนฐาน โดยแขนหลักของหุ่นยนต์จะติดอยู่ที่จุดหมุนของฐานหุ่นยนต์ และแขนที่สองจะถูกติดตั้งที่ปลายของแขนหลัก ส่วนมือในการทำงานจะติดอยู่ที่ปลายของแขนที่สองในส่วนของการทำงานของแขนหุ่นยนต์ทั้งสอง จะถูกจำกัดการเคลื่อนที่เฉพาะในแนวราบหรือแกน  $x, y$  ส่วนมือก็จะทำงานเฉพาะในแนวตั้งหรือแกน  $z$  เท่านั้น



ภาพที่ 2.8 แสดง SCARA Robot

ภาพที่ 2.9 แสดง Work envelope of SCARA Robot

#### ข้อดี

- สามารถเคลื่อนที่ในแนวระนาบ และขึ้นลงได้รวดเร็ว
- มีความแม่นยำสูง

#### ข้อเสีย

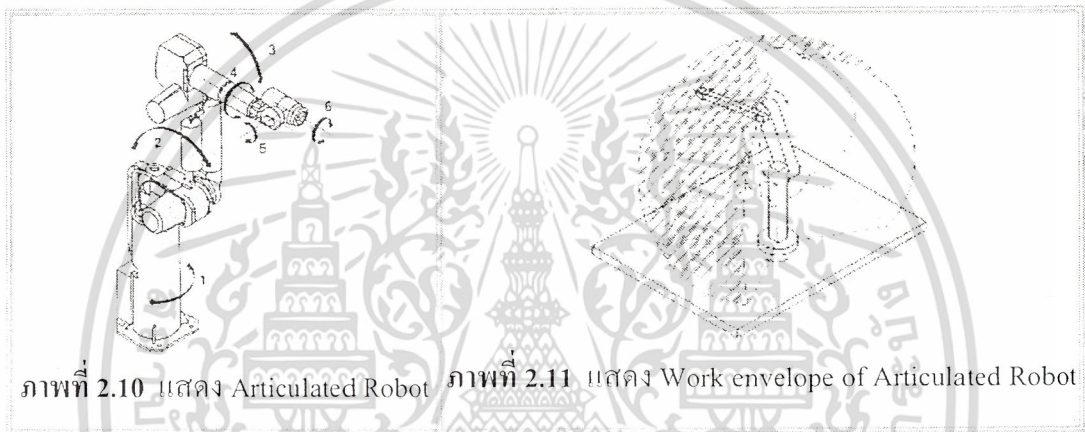
- มีพื้นที่การทำงานจำกัด
- ไม่สามารถหมุน (Rotation) ในลักษณะมุมต่าง ๆ ได้
- สามารถยกน้ำหนัก (Pay load) ได้ไม่มากนัก

การประยุกต์ใช้งาน เนื่องจากการเคลื่อนที่ในแนวระนาบและและขึ้นลงได้รวดเร็ว เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จึงเหมาะกับการประกอบชิ้นส่วนทางอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งต้องการความรวดเร็วและการเคลื่อนที่ ก็ไม่ต้องการ การหมุนมากนัก แต่จะไม่เหมาะสมกับการประกอบชิ้นงานทางกล (Mechanical Part) ซึ่งส่วนใหญ่การประกอบจะอาศัยการหมุน (Rotation) ในลักษณะมุมต่าง ๆ นอกจากนี้ SCARA ROBOT ยังไม่เหมาะกับการตรวจสอบ (Inspection) งานบรรจุภัณฑ์ (Packaging)

#### 2.1.1.5 Articulated Arm (Revolute)

ทุกแกนการเคลื่อนที่จะเป็นแบบหมุน (Revolute) รูปแบบการเคลื่อนที่จะคล้ายกับแขนคน ซึ่งจะประกอบด้วยข้อมือ ท่อนแขนบน ท่อนแขนล่าง ข้อมือ การเคลื่อนที่ทำให้ได้พื้นที่การทำงาน ดังภาพที่ 2.10



ภาพที่ 2.10 แสดง Articulated Robot ภาพที่ 2.11 แสดง Work envelope of Articulated Robot

ข้อดี

- เนื่องจากทุกแกน จะเคลื่อนที่ในลักษณะ ของการหมุนทำให้ความยืดหยุ่นสูงในการเข้าไปในจุดต่างๆ
- บริเวณข้อต่อ (Joint) สามารถ Seal เพื่อป้องกันฝุ่น ความชื้นหรือน้ำได้
- มีพื้นที่การทำงานมาก
- สามารถเข้าถึงชิ้นงานทั้งด้านบนด้านล่าง
- เหมาะกับการใช้งานมอเตอร์ไฟฟ้า เป็นชุดขับเคลื่อน

ข้อเสีย

- มีระบบพิกัด (Coordinate) ที่ซับซ้อน
- การเคลื่อนที่และระบบควบคุมทำความเข้าใจ ได้ยากขึ้น
- ควบคุมให้เคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง (Linear) ได้ยาก
- โครงสร้างไม่มั่นคงตลอดช่วงการเคลื่อนที่ เพราะบริเวณ Work Envelope ปลายแขนจะมีการสั่นทำให้ความแม่นยำลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

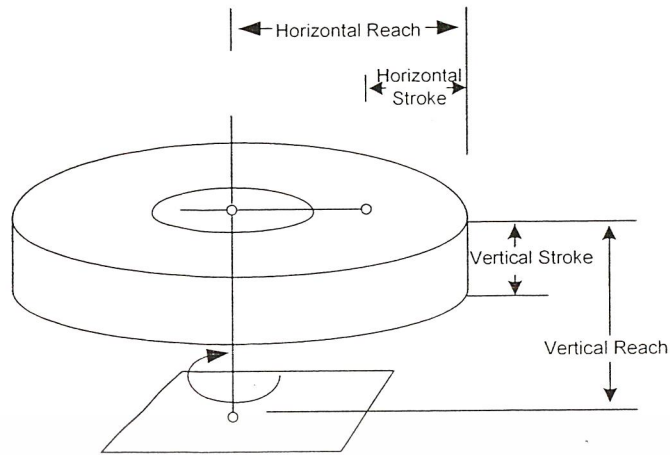
### 2.1.2 ลักษณะเฉพาะของหุ่นยนต์ (Robot Specification)

นอกจากเกณฑ์ต่าง ๆ ในการแบ่งประเภทของหุ่นยนต์ที่กล่าวมาแล้วแล้ว ยังมีลักษณะบางอย่างที่ช่วยให้ผู้ใช้ในการเลือกหุ่นยนต์ที่ต้องการ ลักษณะดังต่อไปนี้ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 แสดงคุณลักษณะของหุ่นยนต์

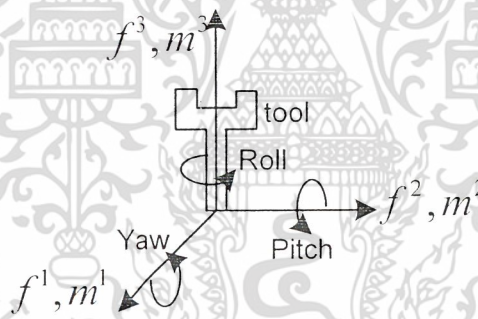
คุณลักษณะ (Characteristics)	หน่วย (Unit)
จำนวนแกน	-
ความสามารถในการยกน้ำหนัก	Kg
ความเร็วสูงสุด, เวลาครบรอบ	mm/sec
ระยะเอื้อมถึงและสโตรค	mm
การหมุนของเครื่องมือ	Deg
การชำดำแหน่งเดิม	Mm
ความละเอียดและความแม่นยำ	Mm
สภาพแวดล้อมการทำงาน	-

ระยะที่เอื้อมถึงและสโตรค (Reach and Stroke) เป็นการวัดขนาดของพื้นที่ทำงาน (Work Envelope) อย่างคร่าว ๆ ระยะที่เอื้อมถึงในแนวนอน (Horizontal Reach) คือระยะทางตามแนวรัศมีที่มากที่สุดที่มือสามารถเอื้อมไปถึงโดยวัดจากแกนแนวตั้งที่ทำให้หุ่นยนต์หมุน สโตรคแนวนอน (Horizontal Stroke) คือระยะทางตามแนวรัศมีทั้งหมดที่ข้อมือสามารถไปได้ ดังนั้นระยะทางที่เอื้อมถึงในแนวนอนลบด้วย สโตรคในแนวนอน ของระยะตามแนวรัศมีที่น้อยที่สุดที่ข้อมือสามารถไปถึงได้โดยวัดจากแกนฐานซึ่งมีค่าเป็นบวกเสมอ จึงได้ว่า  $Stroke \geq Reach$  ตัวอย่างเช่น ระยะที่เอื้อมถึงในแกนนอน (Horizontal Reach) ของหุ่นยนต์พิกัดทรงกระบอกคือมีรัศมีเป็นทรงกระบอก อันนอกจากพื้นที่การทำงาน ในขณะที่สโตรคแนวนอน (Horizontal Stroke) คือผลระหว่างรัศมีอื่นในและอันนอก ดังแสดงในภาพที่ 2.12



ภาพที่ 2.12 แสดงระยะที่เอื้อมถึงและสโตรคของหุ่นยนต์ทรงกระบอก

การหมุนของ Tool (Tool Orientation) ในขณะที 3 แกนหลักใช้ในการพิจารณารูปทรงของพื้นที่การทำงานแกนที่เหลือจึงใช้เป็นการพิจารณาพื้นที่การทำงาน แกนที่เหลือจึงใช้ในการพิจารณาการหมุนของ Tool จะใช้ในระบบ yaw –pitch-roll (YPR) ดังภาพที่ 2.13



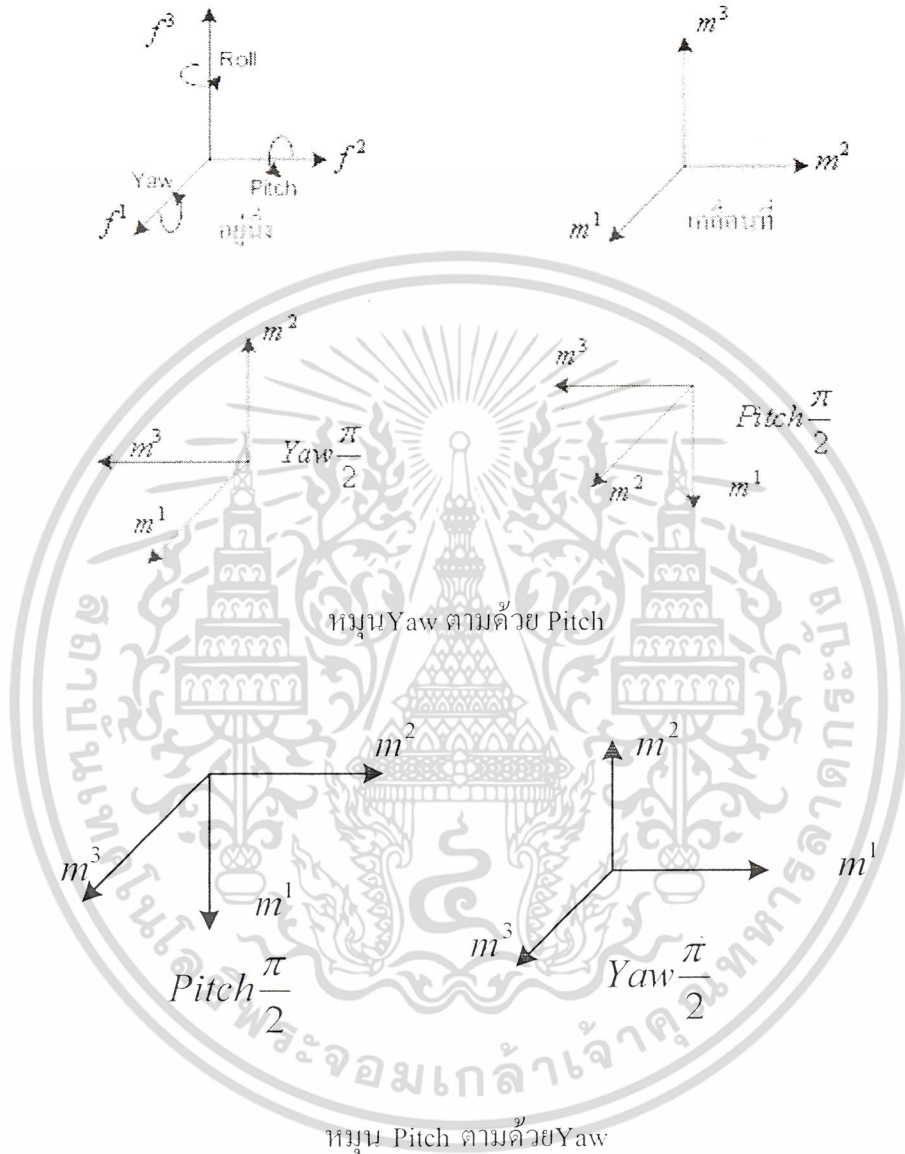
ภาพที่ 2.13 แสดง yaw –pitch-roll ของ Tool

ในการระบุการหมุน จะติดโครงพิกัด tool  $M = \{ m^1, m^2, m^3 \}$  ไว้ที่ tool และโครงนี้จะเคลื่อนที่ไปพร้อมกับ tool ดังแสดงในภาพที่ 2.14 แกน  $m^3$  ขนานอยู่แนวเดียวกับแกนของ tool และชี้ออกจากข้อมือ แกน  $m^2$  ขนานกับทิศทางที่ปลายนิ้วของ tool เลื่อนเปิด-ปิด ส่วนแกน  $m^1$  เป็นไปตามกฎมือขวาของโครงพิกัด M

การเคลื่อนที่แบบ yaw-pitch-roll จะกระทำตามลำดับกับแกนที่อยู่หนึ่ง เมื่อเริ่มต้นโครงพิกัดเคลื่อนที่ ของ tool M จะทับอยู่กับโครงพิกัดอยู่นิ่งของข้อมือ  $F = \{ f^1, f^2, f^3 \}$  ซึ่งติดกันอยู่ที่ส่วนปลายของปลายแขน (Forearm) yaw คือการหมุน tool รอบแกนข้อมือ  $f^1$  . pitch คือการหมุน tool รอบแกนข้อมือ  $f^2$  . roll คือการหมุน tool รอบแกนข้อมือ  $f^3$  ในแต่ละกรณีมุมบวกเกิดจากการหมุนทวนเข็มนาฬิกา โดยมองจากปลายแขนเข้าสู่จุดกำเนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับการเคลื่อนหมุน yaw , pitch , roll มีความสำคัญมาก เพราะมีผลต่อลักษณะการวางตัวสุดท้ายของ tool ตัวอย่างเช่น หมุน yaw ไป  $90^\circ$  ตามด้วย pitch  $90^\circ$  จะมีลักษณะการวางตัวสุดท้ายต่างกับการหมุน pitch  $90^\circ$  ไป แล้วตามด้วย yaw  $90^\circ$  เป็นต้น



ภาพที่ 2.14 แสดงลำดับการหมุนแกน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกำหนด YPR ตามลำดับการหมุนแสดงดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 แสดงการเคลื่อนที่แบบ yaw,pitch และ row

ขั้นตอน	การอธิบาย	แกน
1	Yaw	$f^1$
2	Pitch	$f^2$
3	Roll	$f^3$

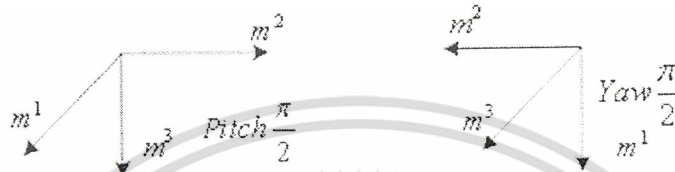
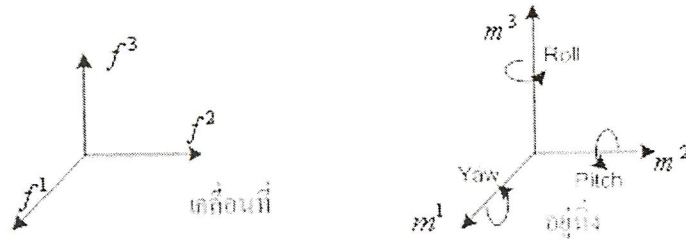
อีกหนึ่งวิธีที่ใช้ระบุการหมุนคือ ระบุลำดับการหมุนลำดับกับ YPR และคิดเทียบกับโครงพิกัดเคลื่อนที่ของ tool M แทนที่โครงพิกัดที่อยู่หนึ่งของข้อมือ F ดังภาพที่ 2.15 โดยเริ่มแรก roll คือการหมุนรอบแกน  $m^3$ , pitch คือการหมุนรอบแกน  $m^2$ , yaw คือการหมุนรอบแกน  $m^1$  การคิดลักษณะนี้เรียกว่า เป็นระบบ RPY จะให้ผลลัพธ์เหมือนแบบ YPR



ภาพที่ 2.15 แสดงระบบ YPR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## หมุนpitch ตาม Yaw



ภาพที่ 2.16 แสดงระบบ RPY

## 2.1.3 ความแม่นยำของการเคลื่อนที่

ความสำคัญอีกประการหนึ่งของการสร้างหุ่นยนต์คือความแม่นยำในการทำงาน ซึ่งความแม่นยำนี้ขึ้นอยู่กับตัวอย่าง 3 อย่าง

## 2.1.3.1 Spatial Resolution

คือช่วงการเคลื่อนที่มีระยะทางสั้นที่สุดที่หุ่นยนต์แต่ละตัว สามารถที่จะทำได้ซึ่ง Spatial Resolution นี้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบสำคัญ 2 ประการ คือ

1. ระบบการควบคุม (Control System) ระบบการควบคุมนี้ จะเป็นการรวมถึงการวัดสัญญาณป้อนกลับ ของหุ่นยนต์ด้วย
2. ความคลาดเคลื่อนเชิงกล (Mechanical inaccuracy) ของหุ่นยนต์แต่ละตัวขึ้นอยู่กับลักษณะของข้อหมุน (joint) และข้อต่อ (link) และระบบต้นกำลังของหุ่นยนต์ตัวนั้นด้วย

## 2.1.3.2 Accuracy

คือตัวที่แสดงถึงความสามารถของหุ่นยนต์ ในการเคลื่อนที่เข้าใกล้จุดเป้าหมาย ตามที่เราสั่ง accuracy สามารถที่จะกำหนดให้อยู่ในเทอมของ Spatial Resolution ได้ทั้งนี้เพราะว่าการเคลื่อนที่ให้เข้าใกล้จุดเป้าหมาย ก็ต้องขึ้นอยู่กับช่วงของการเคลื่อนที่ที่มีความละเอียดมากน้อยเพียงใด ในการทำงานเราต้องวางจุดที่เราต้องการให้หุ่นยนต์ทำงานอยู่ระหว่างกลางของตำแหน่งของการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ ทั้งนี้เพราะว่าความคลาดเคลื่อนเชิงกล มีผลต่อความแม่นยำของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หุ่นยนต์ ความแม่นยำของหุ่นยนต์กำหนดให้เท่ากับครึ่งหนึ่งของระยะทางการเคลื่อนที่ที่สั้นที่สุดของหุ่นยนต์ที่สามารถทำได้ โดยขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่อไปนี้

- 1.) พื้นที่การทำงานของหุ่นยนต์ ถ้าแขนทำงานในพื้นที่การทำงานจะมีความแม่นยำมากกว่าแขนออกนอกพื้นที่การทำงาน
- 2.) วงรอบการทำงาน ถ้าวงรอบการทำงานเป็นวงรอบที่แน่นอน ความแม่นยำจะมีความสูงขึ้น
- 3.) น้ำหนักที่ได้รับ ถ้าหุ่นยนต์ทำงานโดยรับน้ำหนักมาก ๆ ความแม่นยำจะลดลง

### 2.1.3.3 Repeatability

คือความสามารถของหุ่นยนต์ในการทำงานซ้ำที่เดิมหลาย ๆ ครั้งได้ เนื่องจากสาเหตุต่าง ๆ เช่น Backlash ในเฟืองและความยืดหยุ่น (Flexibility) ของส่วนต่าง ๆ ซึ่งมักทำให้เกิดความผิดพลาดใน Repeatability

### 2.1.4 การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์

ลักษณะการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์อุตสาหกรรมนี้ จะคล้ายกับการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์ในเครื่องจักรเอ็นซี กล่าวคือมีได้ 2 ลักษณะคือ การเคลื่อนที่จากจุดต่อจุด (point to point) แบบต่อเนื่อง (Continuous path) โดยแบบแรกจะเป็นการกำหนดตำแหน่ง (เริ่มต้นถึงสิ้นสุด) ให้กับหุ่นยนต์เพื่อให้มันเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง โดยไม่สนใจว่าจะใช้เส้นทางไหน ซึ่งหุ่นยนต์ที่มีการเคลื่อนที่ในลักษณะนี้ สามารถนำไปใช้ในงานประเภทยิป จีบ ลึงของ หรืองานเชื่อมตามจุด (Spot Welding) ฯลฯ โดยแบบหลังจำเป็นต้องใช้หน่วยความจำในการสั่งงานมากกว่าแบบแรก

### 2.1.5 คุณสมบัติอื่น ๆ ของหุ่นยนต์อุตสาหกรรมทั่วไป

ลักษณะของวงจรขับ (Drive system)

#### 2.1.5.1 ระบบไฮดรอลิก

ซึ่งเป็นระบบที่ง่ายต่อการดูแล ทนทาน และเคลื่อนที่ทำงานได้เร็ว

#### 2.1.5.2 ระบบมอเตอร์ไฟฟ้า

ระบบที่ใช้สเตปมอเตอร์ (Stepping motor) หรือ เซอร์โวมอเตอร์ (Servomotor) เป็นตัวไปควบคุมการเคลื่อนที่ส่วนต่าง ๆ หุ่นยนต์ที่ใช้ในระบบนี้จะมีกำลังไม่สูงเหมือนแบบแรก แต่จะมีความละเอียด ไม่ว่าจะในแง่ของตำแหน่งในการเคลื่อนที่ หรือการทำซ้ำจะดีกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.1.5.3 ระบบนิวมติกส์

ระบบนี้ใช้กับหุ่นยนต์ขนาดเล็ก อีกทั้งระบบ ไม่ยุ่งยาก

### 2.1.6 End Effector

End Effector หรือ “มือ” ของหุ่นยนต์นี้เป็นอุปกรณ์ที่หุ่นยนต์ใช้ทำงานจริง (ส่วนแขนนั้นใช้เพื่อเลื่อนตำแหน่ง “มือ” นี้ให้ไปอยู่ในจุดที่ต้องการเท่านั้น) งานที่ส่วนนี้ทำก็อาทิเช่น การจับชิ้นส่วน การบัดกรีตามจุด การพ่นสี ฯลฯ ดังนั้นลักษณะของส่วนนี้จึงต่างกันออกไปสุดแต่จินตนาการของผู้ออกแบบซึ่งต้องออกแบบให้เหมาะสมกับงาน แต่ถ้าจะมีการแบ่งกันเป็นชนิดแล้ว “End Effector” นี้จะออกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ แบบมือจับ (Gripper) แบบมือที่เป็นอุปกรณ์ (Tool as End Effector)

#### 2.1.6.1 Gripper

ในส่วนของ Gripper นี้เป็นอุปกรณ์ที่ใช้จับชิ้นส่วนหรือเครื่องมือโดยออกแบบมีได้หลายลักษณะทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการใช้งาน เช่น

- 1.) แบบมือคีม (อาศัยแรงเสียดทานในการจับ) ใช้งานได้กับวัสดุทุกประเภท แต่หากเป็นวัสดุบอบบางอาจต้องมีอุปกรณ์อื่นช่วยเสริม
- 2.) แบบ Suction Cup อาศัยคุณสมบัติการทำให้เกิดสภาพสุญญากาศ เป็นตัวดึงชิ้นงาน ใช้ได้กับวัสดุผิวเรียบเท่านั้น
- 3.) แบบตะขอ (Hook) สำหรับเกี่ยวของ เช่น ของที่อยู่บนสายพาน ฯลฯ
- 4.) แบบ ตัก (Scoop) สำหรับการลำเลียงของที่เป็นของเหลวหรือฝุ่นผง

#### 2.1.6.2 มือที่เป็นอุปกรณ์ (Tool as End Effector)

เนื่องจาก Gripper มีข้อจำกัด ใช้ได้เฉพาะกับงานหยิบจับวัสดุเท่านั้น แต่การใช้งานของหุ่นยนต์มีขอบเขตกว้างขวางจึงได้มีการออกแบบอุปกรณ์ใช้งานติดกับส่วนปลายหรือส่วนมือนี้เพื่อใช้ในการทำงาน โดยอาจจะเป็นอุปกรณ์ที่ติดตายหรืออาจถอดเปลี่ยนได้ก็แล้วแต่การออกแบบ ตัวอย่างของมือที่เป็นอุปกรณ์นี้มีมากมายอาทิ เช่น

- ตัดอุปกรณ์เชื่อมเฉพาะจุด (Spot Welding Gun)
- ตัดอุปกรณ์พ่นสี (Spray Paint Gun)
- ตัดอุปกรณ์สว่าน (Drilling Spindle)
- ฯลฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.1.7 การควบคุมการทำงานด้วยหุ่นยนต์

โดยปกติหุ่นยนต์อุตสาหกรรมมักจะทำงานเชื่อมกับระบบอื่น ๆ เช่น ระบบสายพาน (ในกรณียกของขึ้น/ลง) เครื่องมือต่าง ๆ (ในการประกอบชิ้นงาน) ฯลฯ ซึ่งหมายความว่า การจะทำงานได้ต้องมีการควบคุมให้การทำงานของหุ่นยนต์ และระบบข้างเคียงทำงานอย่างสอดคล้องกัน เพื่อให้งานมีลักษณะต่อเนื่องดังนั้น จึงต้องมีระบบควบคุมให้การทำงานของแต่ละจุดได้จังหวะสอดคล้องกันทั้งระบบ ส่วนที่ไปควบคุมการทำงานนี้ เรียกว่า หน่วยควบคุม (Workstation Controller) และส่วนที่ถูกควบคุมทั้งหมด (อาทิเช่น หุ่นยนต์ ระบบสายพาน ระบบเครื่องมือ ฯลฯ) นี้เรียกว่า เวิร์กสเตชัน (Workstation) หรือ (Work Cell)

### 2.1.8 การสั่งงาน

การสั่งงานให้หุ่นยนต์อุตสาหกรรมทำงานตามที่กำหนดนี้ อาจทำได้ในหลายลักษณะ คือ

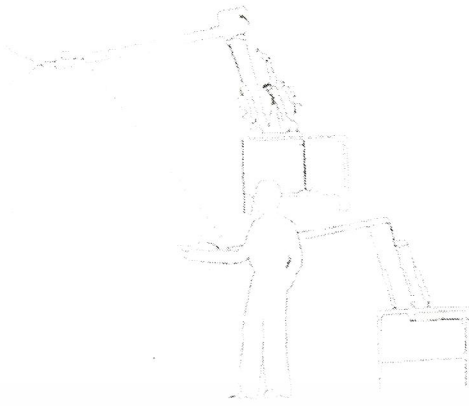
- แบบแมนนวล
- แบบลีดทรู (lead true)
- แบบการสั่งงานด้วยโปรแกรม

#### 2.1.8.1 การสั่งงานแบบแมนนวล

การสั่งงานแบบนี้เป็นการสั่งงานที่ง่ายที่สุด และใช้กันมากที่สุด และใช้กันมากในการสั่งงานให้หุ่นยนต์ทำงานแบบจุดต่อจุด (point to point) โดยวิธีการจะเป็นการเคลื่อนที่แกนต่าง ๆ ไปยังตำแหน่งที่ต้องการไปยังตำแหน่งที่ต้องการ โดยการกดปุ่มบังคับ ดังนั้นลักษณะนี้จึงคล้ายกับการเซตอัพ (Setup) มากกว่าการโปรแกรม กล่าวคือ มีการเคลื่อนที่ไปยังจุดเริ่มต้นแล้วก็มีกำหนดค่าไว้ จากนั้นก็เคลื่อนไปยังตำแหน่งต่อไป แล้วกำหนดค่าไว้ จากนั้นก็เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งต่อไป แล้วกำหนดค่าไว้ ฯลฯ โดยค่าที่กำหนดไว้จะเก็บไว้ในหน่วยความจำ เรียกออกมาใช้ภายหลังได้

#### 2.1.8.2 การสั่งงานแบบลีดทรู

การสั่งงานแบบนี้คล้าย ๆ กับการจับมือหุ่นยนต์ให้เคลื่อนที่ไปตามแนวที่ต้องการ ในลักษณะที่เป็นการเคลื่อนที่แบบต่อเนื่อง แล้วจึงเก็บค่าตำแหน่งต่าง ๆ ที่เคลื่อนที่ แต่ในทางปฏิบัติไม่สามารถทำได้เนื่องจากข้อจำกัดในแง่ทางเทคนิค (อาทิเช่นระบบเกียร์ ฯลฯ) ดังนั้น จึงมีการคิดค้นอุปกรณ์ซึ่งเลียนแบบแขนหุ่นยนต์โดยสามารถเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งต่าง ๆ ได้ (ดังภาพที่ 2.17) อุปกรณ์นี้เรียกว่าโรบอทซิมูเลเตอร์ (Robot Simulator) ซึ่งการทำงานก็ใช้หลักการข้างต้นการสั่งงานชนิดนี้ใช้มากในงานด้านการพ่นสีชิ้นส่วนรถยนต์ อุปกรณ์ ฯลฯ



ภาพที่ 2.17 แสดงลักษณะการสั่งงานแบบลัดนิ้ว โดยอาศัยโรบอทซีมีเลเตอร์

### 2.1.8.3 การสั่งงานด้วยโปรแกรม

การสั่งงานให้หุ่นยนต์อุตสาหกรรมทำงาน โดยการใช้โปรแกรมสั่งงานนี้ จะเป็น การให้ข้อมูลกับหุ่นยนต์ เพื่อให้แขนของหุ่นยนต์เพื่อให้แขนของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ ต้องการและทำงานตามที่กำหนด โดยในปัจจุบัน ได้มีผู้เชี่ยวชาญคอมพิวเตอร์เพื่อสั่งให้หุ่นยนต์ ทำงานมากมายหลายภาษา โดยโปรแกรมจะถูกเขียนบนคอมพิวเตอร์แล้วส่งไปควบคุมหุ่นยนต์อีก ต่อหนึ่ง

## 2.2 คีเนมาติกส์และไดนามิกส์ (Robot Arm Kinematics and Dynamics)

คีเนมาติกส์อาร์ม (Kinematic Arm) เป็นวิธีการวิเคราะห์การเคลื่อนที่และตำแหน่งของแขน กลโดยให้จุดที่กำหนดเป็นจุดอ้างอิงการเคลื่อนที่ ทั้งนี้การวิเคราะห์หาการเคลื่อนที่แบบ คีเนมาติกส์ นี้ จะอธิบายการเคลื่อนที่และตำแหน่ง (The Spatical Displacement) ซึ่งเป็นฟังก์ชันของเวลาแต่ละ ข้อ (joint) โดยการบอกถึงตำแหน่งและทิศทางของเอ็นเอฟเฟลคเตอร์ของแขนกล โดยใช้จุดกำเนิด เป็นจุดอ้างอิง

การวิเคราะห์แบบคีเนมาติกส์มี 2 ประเภท

1. แบบไดเรกหรือฟอร์เวิร์ดคีเนมาติกส์ (Direct or Forward Kinematics)
2. แบบอินเวิร์สคีเนมาติกส์ (Inverse Kinematics) หรือ (Arm Solution)

จากการเคลื่อนที่ที่เป็นอิสระต่อกันในแต่ละข้อของแขนกล จึงต้องกำหนดเป้าหมายที่จะเคลื่อนไป โดยการกำหนดที่ที่กำหนด (The Reference Coordinate Frame) การหาตัวแปรในแต่ละข้อ อาจจะใช้ วิธีเมตริกซ์แบบ 4X4 โฮโมจีเนียสทรานสฟอร์มเมชัน (Homogeneous Transformation Matrix) การ อธิบายตำแหน่งความสัมพันธ์ตำแหน่งหรือลิงค์ข้างเคียงได้

โรบอทอาร์มไดนามิกส์ (Robot Arm Dynamics) เป็นการนำเอาสมการสูตรเรขาคณิตมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อธิบายการเคลื่อนที่แบบไดนามิกส์ของแขนกล โดยอาศัยความรู้จากกฎทางฟิสิกส์ (Physical Law) เช่นกฎของนิวตัน และลากรองเจียนแมคคานิก (Lagrangian Mechanic)

### 2.2.1 ไตรเรคคิเนมาติก (Direct Kinematics: The Arm Equation)

แขนกลมีลักษณะเป็นวัตถุเกร็ง (Rigid body) เป็น link หลายๆ อันนำมาเชื่อมต่อเข้าด้วยกัน โดยใช้ข้อต่อ ดังภาพที่ 2.18 ปลายข้างหนึ่งของ link ริมสุดจะติดแน่นกับฐานส่วนปลายของ link อีกอันที่อยู่คนละด้านจะเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ ปลายข้างที่เคลื่อนที่นี้จะต่ออยู่กับเครื่องมือ (Tool or End-effector) ตามปกติข้อต่อ 2 ชนิดที่ใช้เชื่อมต่อ links คือข้อต่อหมุน (Revolute joint) และข้อต่อเลื่อน (Prismatic joint)



ภาพที่ 2.18 แสดงแขนกลที่มีลักษณะเป็น links

จุดประสงค์คือ การควบคุมทั้งตำแหน่งและการหมุนของเครื่องมือในระนาบ 3 มิติ เพื่อให้โปรแกรมให้เครื่องมือเคลื่อนที่ไปตามเส้นทางที่กำหนดไว้ เพื่อใช้ในการเคลื่อนย้ายวัตถุในพื้นที่ทำงาน โดยการโปรแกรมการเคลื่อนที่ของเครื่องมือจำเป็นจะต้องคำนวณความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรข้อต่อกับตำแหน่งการหมุนของอุปกรณ์ซึ่งเรียกว่า ปัญหา Direct Kinematics โดยนิยามดังนี้

ปัญหา Direct Kinematics คือการกำหนดเวกเตอร์ของตัวแปรข้อต่อ (joint Variables) ของแขนกลโดยแยกตามลักษณะข้อต่อเป็น

- ข้อต่อหมุน ตัวแปรได้แก่ ค่าองศาการหมุนรอบแกนข้อต่อ
- ข้อต่อเลื่อน ตัวแปรได้แก่ ระยะการเลื่อนที่ไปตามแนวแกนข้อต่อแล้วนำมาคำนวณหา

ตำแหน่ง (Position) และการหมุน (Orientation) ของเครื่องมือเทียบกับโครงฟิสิกส์ที่ติดอยู่กับฐานของแขนกล

### 2.2.2 อินเวอร์สคิเนมาติก (The Inverse Kinematics)

ทฤษฎีนี้ไม่มีคำอธิบายในรูปทั่วไป ต้องแก้สมการเพื่อหาค่าตัวแปรแต่ละข้อ ( $q_1, q_2, q_3, \dots, q_n$ ) ของแขนกลนั้น ๆ เอง

$$W = \begin{bmatrix} w^1 \\ w^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P \\ \exp(q_n / \pi) r^3 \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

$W$  คือ ทูล-คอนฟิเจอเรชันเวกเตอร์ (Tool configuration Vector)

$P$  คือ  $P_0^k$  ใน  $T_0^k$

$q_n$  คือ มุม roll ของทูล (Tool Roll Angle) รอบแกน Z

$r^3$  คือ คอลัมน์ที่ 3 ของ  $R_0^k$

### 2.3 พิกัดโฮโมจีเนียส (Homogeneous Coordinates)

การหมุน (Rotation) ใช้อธิบายลักษณะการวางตัว (Orientation) ของเครื่องมือ แต่ในการอธิบายตำแหน่งของเครื่อง ให้สัมพันธ์กับโครงพิกัดที่อยู่กับฐานของแขนกลนั้น จำเป็นต้องใช้ในการถ่ายโอนอีกแบบอีกอย่างหนึ่งที่เรียกว่า การเลื่อนตำแหน่ง (Translation) การเลื่อนตำแหน่งนั้นมีข้อแตกต่างจากการหมุนที่สำคัญประการหนึ่งคือ ในการหมุนจุดกำเนิดของโครงพิกัดที่ถูกหมุนเป็นตำแหน่งตำแหน่งเดียวกับจุดกำเนิดของโครงพิกัดดั้งเดิม เราจึงสามารถแสดงการหมุนในปริภูมิสามมิติ ได้ด้วยเมตริกซ์  $3 \times 3$  แต่จุดกำเนิดของโครงที่เลื่อนตำแหน่งไปนั้นไม่เป็นจุดเดียวกันกับจุดกำเนิดของโครงพิกัดเดิม ดังนั้นจึงไม่สามารถแสดงการเลื่อนตำแหน่ง  $R^3$  ด้วยเมตริกซ์  $3 \times 3$  ได้ในการนี้เราจะใช้ปริภูมิ 4 มิติ เพื่อช่วยในการนิยามพิกัด โฮโมจีเนียส

พิกัดโฮโมจีเนียส (Homogeneous Coordinates) ให้  $q$  เป็นจุดใน  $R^3$  และ  $F$  เป็นโครงพิกัดฉากสำหรับ  $R^3$  ถ้า  $\sigma$  เป็นสเกลาร์เวกเตอร์ที่ไม่เป็นศูนย์ ดังนั้นพิกัดโฮโมจีเนียสของ  $q$  เทียบกับ  $F$  เขียนเป็น  $[q]^F$  นิยามได้ว่า

$$[q]^F \cong \sigma[q_1, q_2, q_3, 1]^T \quad (2.2)$$

ดังนั้น พิกัดโฮโมจีเนียสของ  $q$  ใน  $R^3$  แสดงได้ด้วยเวกเตอร์  $[q]^F$  ในปริภูมิ 4 มิติ  $R^4$  ในการแปลงพิกัดโฮโมจีเนียสขนาด  $3 \times 4$  (Homogeneous coordinate conversion matrix)

$$H_\sigma = \frac{1}{\sigma} [I, 0] \quad (2.3)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะสังเกตได้ว่า พิกัด โฮโมจีเนียส  $[q]^T$  มีได้หลายค่า ขึ้นอยู่กับสเกลาร์แฟกเตอร์  $\sigma \neq 0$  ที่ใช้แต่จะให้ผลเป็นเวกเตอร์ 3 มิติ  $q$  เช่นกัน ในหุ้มนักจะใช้  $\sigma = 1$  ในกรณีนี้เราหาพิกัดโฮโมจีเนียสจากพิกัด 3 มิติได้โดยเติม 1 ให้เป็นสมาชิกตัวที่ 4 ในทำนองเดียวกันเราจะแปลงพิกัดโฮโมจีเนียสจาก 4 มิติเป็น 3 มิติได้ด้วยการตัดสมาชิกตัวที่ 4 ทิ้ง

ถ้าจุดในปริภูมิ 3 มิติ ถูกแสดงในเทอมของพิกัดโฮโมจีเนียส และเราต้องการเปลี่ยนโครงพิกัดไปเป็นโครงอื่น เราจะใช้เมตริกซ์ถ่ายโอนโฮโมจีเนียส (Homogeneous transform matrix) ขนาด  $4 \times 4$  โดยปกติเมตริกซ์  $T$  นี้แปรได้เป็นเมตริกซ์ย่อย 4 ส่วนคือ

$$T \cong \begin{bmatrix} R & p \\ \eta^T & \sigma \end{bmatrix} \quad (2.4)$$

โดย  $R$  คือ Rotation matrix แสดงการหมุนของโครงพิกัดเคลื่อนที่เทียบกับโครงพิกัดอยู่นิ่ง  
 $P$  คือ Translation vector แสดงตำแหน่งจุดกำเนิดของโครงพิกัดเคลื่อนที่เทียบกับโครงพิกัดอยู่นิ่ง  
 $\sigma$  คือ Scalar factor ที่ไม่เป็นศูนย์ ปกติให้เท่ากับหนึ่ง  
 $\eta^T$  คือ Perspective vector ปกติเท่ากับศูนย์

ในเทอมของแกนกล  $p$  แสดงตำแหน่งของปลายเครื่องมือ,  $R$  แสดงการหมุนของเครื่องมือ  
 $\eta$  แสดงจุดในการมองของอุปกรณ์ เช่น กล้องจับภาพ ในกรณีนี้จะให้ค่าที่ไม่เป็นศูนย์,  $\sigma$  ปกติใช้หนึ่ง เป็นค่ามาตรฐาน

การเลื่อนตำแหน่งและการหมุน (Translation and Rotations)

การกระทำพื้นฐานของการเลื่อนตำแหน่งและการหมุน จัดว่าเป็นกรณีพิเศษในเมตริกซ์ถ่ายโอนโฮโมจีเนียส  $4 \times 4$  เช่น กรณีการหมุนสมมติให้  $F$  และ  $M$  เป็น โครงพิกัดจากที่เริ่มต้นทับกันสนิท ถ้าหมุน  $M$  ไป  $\phi$  รอบเวกเตอร์ลำดับที่  $k$  ของ  $F$  ดังนั้น จะแสดงในเทอมของพิกัดโฮโมจีเนียสเป็น เมตริกซ์  $4 \times 4$ ,  $Rot(\phi, k)$  ได้ว่า

$$Rot(\phi, k) \cong \begin{bmatrix} & & & 0 \\ R_k & & & 0 \\ & & & \\ 0 & 0 & & 1 \end{bmatrix} \quad 1 \leq k \leq 3 \quad (2.5)$$

โดย  $R_k(\phi)$  เป็นเมตริกซ์การหมุนพื้นฐานลำดับที่  $k$  เราเรียก  $Rot(\phi, k)$  ว่าเป็นเมตริกซ์การหมุนโฮโมจีเนียส พื้นฐานลำดับที่  $k$  เมตริกซ์ผสม จะสามารถสร้างขึ้นได้ในทำนองเดียวกับอัลกอริทึมการหมุนผสม จะสังเกตเห็นว่า เวกเตอร์ตำแหน่ง  $p$  ในแต่ละกรณีเป็น ศูนย์ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิกัดโฮโมจีเนียสยังเป็นประโยชน์ในการในการแสดงการเลื่อนตำแหน่งได้ เช่น ให้  $F$  และ  $M$  เป็นโครงพิคตฉากที่ทับกันสนิท สมมติให้เลื่อนจุดกำเนิดของโครงเคลื่อนที่  $M$  ไป  $P_k$  ตามแนวยูนิต เวกเตอร์ลำดับที่  $k$  ของ  $F$  เมื่อ  $1 \leq k \leq 3$  ดังนั้นในเทอมของพิกัดโฮโมจีเนียสสามารถแสดงได้ด้วยเมตริกซ์  $4 \times 4$ ,  $Tran(p)$  เป็น

$$Tran(p) \cong \left[ \begin{array}{ccc|c} 1 & 0 & 0 & p_1 \\ 0 & 1 & 0 & p_2 \\ 0 & 0 & 1 & p_3 \\ \hline 0 & 0 & 0 & 1 \end{array} \right] \quad (2.6)$$

เราเรียก  $Tran(p)$  ว่าเป็นเมตริกซ์เลื่อนตำแหน่งโฮโมจีเนียส พื้นฐาน (Fundamental homogeneous translation matrix) จะสังเกตได้ว่าเวกเตอร์ตำแหน่งใน  $p$  ในขณะที่เมตริกซ์การหมุน  $3 \times 3$  จะเป็นเมตริกซ์เอกลักษณ์

## 2.4 โครงสร้างของระบบควบคุมแขนกล

สามารถแบ่งโครงสร้างของระบบออกเป็น 3 ส่วนดังนี้

### 2.4.1 ส่วนตรวจจับ (Sensor & Encoder)

เป็นส่วนประกอบที่สำคัญในระบบที่มีการป้อนกลับ ตัวตรวจจับที่ใช้กันมากในระบบควบคุมเช่น โปเทนทีโอมิเตอร์ (Potentiometer) , ออปติคัล เอ็นโคเดอร์ (Optical encoder) เป็นต้น โดยสัญญาณอนาล็อกจากส่วนตรวจจับนี้จะถูกแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัล หลังจากนั้นจะถูกส่งไปยังหน่วยประมวลผลกลางต่อไป

### 2.4.2 หน่วยประมวลผลกลางและควบคุม

ได้แก่ คอมพิวเตอร์ (Computer) หรือไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) ที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของแขนกล โดยหน่วยประมวลผลกลางและควบคุมนี้จะรับสัญญาณป้อนกลับจากส่วนตรวจจับมาใช้ในการประมวลผล แล้วส่งสัญญาณไปควบคุมการทำงานของแขนกลต่อไป

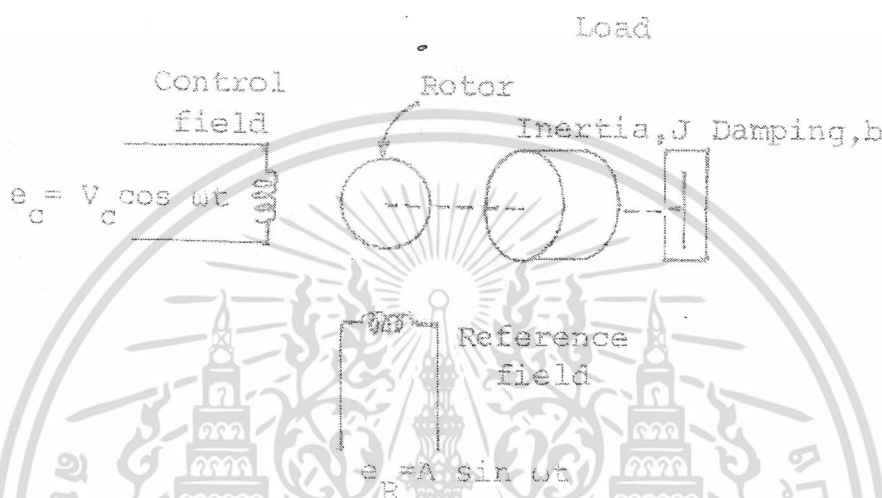
### 2.4.3 วงจรขับมอเตอร์

เป็นวงจรที่ควบคุมการหมุนของมอเตอร์ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ทำให้แขนกลเกิดการเคลื่อนไหว มอเตอร์นั้นจะถูกติดตั้งสำหรับควบคุมการเคลื่อนไหวของข้อต่อต่าง ๆ ของแขนกล โดยวงจรขับมอเตอร์จะได้รับสัญญาณควบคุมการทำงานจากหน่วยประมวลผลกลางและควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.5 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบบสองเฟส เอซีเซอร์โว มอเตอร์ (AC Servo Motor)

เอซีมอเตอร์แบบสองเฟสมักนำใช้กันทั่วไปในระบบคอนโทรลที่ต้องการเพียงกำลังต่ำ ๆ และสามารถที่จะปรับความเร็วได้ ข้อได้เปรียบเบื้องต้นของเอซีมอเตอร์ที่เหนือกว่า ดีซีมอเตอร์ คือ สามารถใช้ร่วมกับซิงโครส (Synchros) ได้ดีโดยไม่มีกรณีโมดูละชั้นสัญญาณความผิดพลาด (Error)



ภาพที่ 2.19 แสดงเอซีมอเตอร์แบบ 2 เฟส

โคแอสแกรมทางไฟฟ้าของเอซีมอเตอร์แบบสองเฟสแสดงดังที่ได้ไว้ดังภาพที่ 2.21 มอเตอร์ประกอบด้วยอินดักชันโรเตอร์และขดลวดฟิลด์จำนวน 2 ขด วางอยู่ในตำแหน่งทำมุมกัน  $90^\circ$  ฟิลด์หนึ่งทำหน้าที่เป็นฟิลด์อ้างอิงที่มีค่าคงที่ ส่วนอีกฟิลด์หนึ่งเป็นฟิลด์คอนโทรล สัญญาณ เอเอเรอร์ เอซี ที่ได้รับการขยายแล้วจะป้อนให้กับฟิลด์คอนโทรล สัญญาณนี้จะมีขนาดแมกนิจูดที่แปรค่าได้ และเฟสก็จะแปรค่าอยู่ที่ ศูนย์ หรือ  $180^\circ$  ฟิลด์อ้างอิงจะได้รับการป้อนกลับด้วยโวลต์เตจที่มีค่าคงที่ ผ່าวงจรเคลื่อนเฟสไป  $90^\circ$  สัญญาณนี้จะมีขนาดของแมกนิจูดคงที่และมุมของเฟสเป็น  $-90^\circ$  เอซีโวลต์เตจทั้งสองสามารถกำหนดได้เป็น

$$e_c = v_c \cos \omega t \quad (2.7)$$

$$e_R = A \cos(\omega t - 90^\circ) = A \sin \omega t \quad (2.8)$$

เมื่อ  $e_c$  = โวลต์เตจของฟิลด์คอนโทรล

$E_R$  = โวลต์เตจของฟิลด์อ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$\omega$  = ความถี่โวลต์เตจที่ใช้งาน

$V_c$  = แอมพลิจูดของคอนโทรลโวลต์เตจที่สามารถแปรค่า

$A$  = แอมพลิจูดของโวลต์เตจอ้างอิงที่มีค่าคงที่

แมกนิจูดและเครื่องหมาย  $V_c$  จะแปรตามแมกนิจูดและเครื่องหมายของสัญญาณเออร์เรอร์ สัญญาณเออร์เรอร์เป็นลบก็จะมีผลให้  $V_c$  มีค่าเป็นลบด้วยหมายถึงถึง  $e_c$  จะมีเฟสต่างไปจาก  $e_r$   $180^\circ$  องศาทิศทางการหมุนของมอเตอร์ขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ระหว่างเฟสของโวลต์เตจ  $e_c$  และ  $e_r$

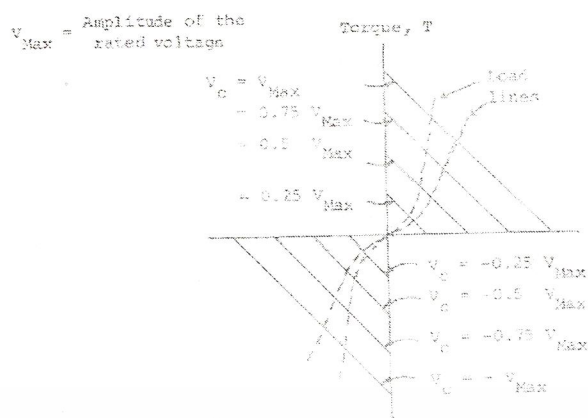


ภาพที่ 2.20 แสดงเอซีเซอเตอร์ไว้มอเตอร์แรงเฉื่อยของโรเตอร์ค้ำ

โครงสร้างของเอซีมอเตอร์แบบนี้มีอยู่ด้วยกัน 3 ลักษณะคือ

- แบบทรงกระบอก (Squirrel cage)
- แบบทรงตัน (Solid)
- แบบรูปถ้วย (drag-cup)

แมกนิจูดและเครื่องหมายของ  $V_c$  จะแปรไปตามแมกนิจูดและเครื่องหมายของสัญญาณเออร์เรอร์สัญญาณเออร์เรอร์เป็นลบ



ภาพที่ 2.21 แสดงคุณลักษณะการทำงานที่เป็นลิเนียร์ของเอซิมอเตอร์แบบ 2 เฟส



ภาพที่ 2.22 แสดงคุณลักษณะระหว่าง ความเร็วและแรงบิดของมอเตอร์

## 2.6 พื้นฐานการสื่อสารแบบอนุกรม

ถึงแม้ว่าการสื่อสารแบบอนุกรม ในเครื่องคอมพิวเตอร์นั้น จะมีความช้ามากกว่าการสื่อสารแบบขนาน ทั้งนี้เพราะว่าการเคลื่อนย้ายข้อมูลแบบอนุกรมนั้นเป็นการส่งข้อมูลครั้งละ 1 บิต แต่พอร์ตขนานนั้นสามารถส่งได้ครั้งละหลาย ๆ บิตพร้อม ๆ กันส่งผลให้การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมมีความเร็วต่ำกว่าแบบขนาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

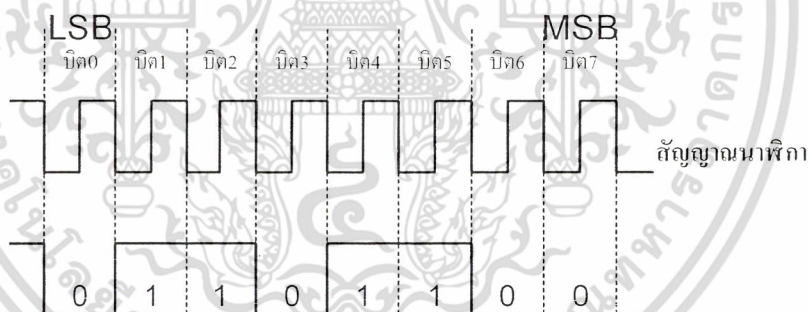
แต่ว่าการส่งข้อมูลแบบอนุกรมนี้มีข้อที่เหนือกว่าการส่งข้อมูลแบบขนานคือ การสามารถส่งข้อมูลได้ในระยะทางที่ไกลกว่าแบบขนาน อีกทั้งสายสัญญาณที่ใช้ยังมีน้อยกว่าการส่งข้อมูลแบบขนานอีกด้วย การสื่อสารแบบอนุกรมสามารถแบ่งออกเป็น 3 รูปแบบ ดังนี้

1. Simplex สามารถส่งข้อมูลได้อย่างเดียว เป็นการสื่อสารแบบทางเดียว
2. Half Duplex สามารถส่งข้อมูลไปยังปลายทางและรับข้อมูลจากปลายทางได้ แต่ไม่สามารถทำการส่งข้อมูล และรับข้อมูลในเวลาเดียวกันได้
3. Full Duplex สามารถส่งข้อมูลไปยังปลายทางและสามารถรับข้อมูลจากปลายทางในเวลาเดียวกันได้

นอกจากนี้ยังสามารถแบ่งประเภทของการสื่อสารแบบอนุกรมตามลักษณะของสัญญาณในการส่งได้อีกสองแบบคือ

### 2.6.1 การสื่อสารแบบซิงโครนัส (Synchronous)

สำหรับการสื่อสารแบบซิงโครนัสจะใช้สัญญาณนาฬิกาควบคุมการรับส่งสัญญาณ เช่น สายเคเบิลหรือคอมพิวเตอร์ โดยจะมีสายสัญญาณเส้นหนึ่งเป็นสายนาฬิกา ส่วนอีกเส้นหนึ่งเป็นสายของข้อมูล (และมักเป็นสายกราวด์ด้วย)

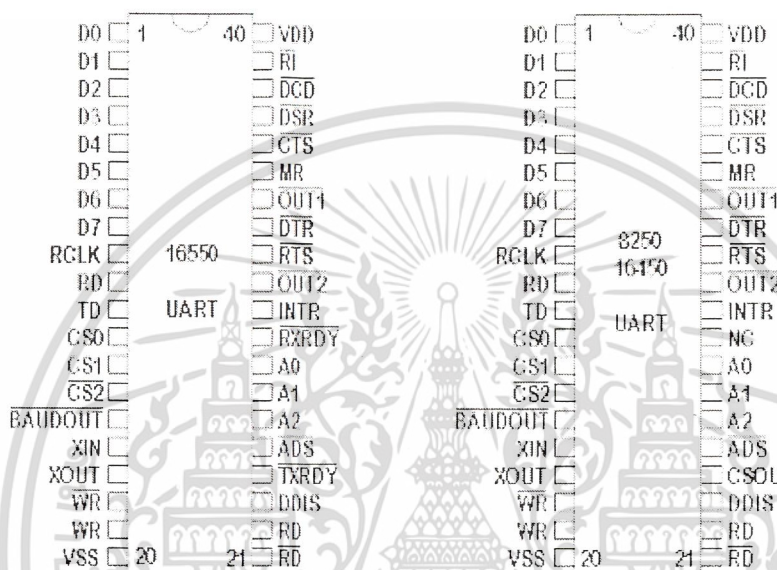


ภาพที่ 2.23 แสดงลักษณะสัญญาณของการสื่อสารแบบซิงโครนัส

สำหรับการสื่อสารแบบซิงโครนัสนี้เหมาะสำหรับการทำงานในระยะไกล ๆ ข้อมูลที่จะส่งมีไม่มากนัก เพราะถ้าระยะทางไกลขึ้นจะทำให้สัญญาณนาฬิกามีปัญหา อีกทั้งต้องมีสายหลายเส้นทำให้เปลืองมาก

## 2.6.2 การสื่อสารแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous)

สำหรับการสื่อสารแบบอะซิงโครนัสนั้นจะเป็นการใช้สายข้อมูลเพียงตัวเดียว แต่จะอยู่ในรูปของการส่งข้อมูล หรือ Bit Pattern เป็นตัวกำหนดว่าส่วนไหนเป็นส่วนเริ่มต้นข้อมูลส่วนไหนจะเป็นส่วนตรวจสอบความถูกต้องข้อมูล และส่วนไหนเป็นส่วนปิดท้ายข้อมูล โดยต้องกำหนดให้สัญญาณนาฬิกาเท่านั้นทั้งภาคส่งและภาครับ ซึ่งมีอุปกรณ์พิเศษ ที่ชื่อว่า UART หรือ Universal Asynchronous Receiver/Transmitter คอยควบคุมการรับและส่งข้อมูล



ภาพที่ 2.24 Pin Diagrams for 16550, 16450 & 8250 UARTs

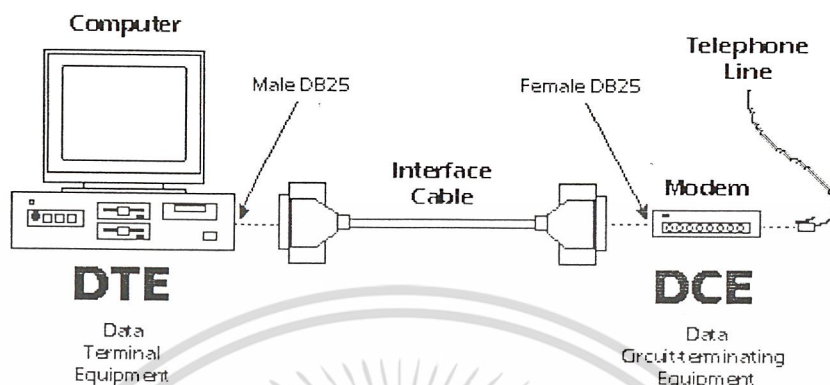
## 2.6.3 มาตรฐาน RS-232C

มาตรฐาน RS-232C เป็นมาตรฐานที่ได้รับมาตรฐานที่ได้รับการออกแบบเพื่อที่จะทำให้อุปกรณ์ต่อพ่วงจากผู้ผลิตต่างกันสามารถทำงานร่วมกันได้ มาตรฐานหลายชนิดได้รับการออกแบบขึ้นมา แต่มาตรฐานหลายชนิดได้รับการออกแบบขึ้นมา แต่มาตรฐานที่ได้รับความนิยม และใช้กันอย่างกว้างขวางมากที่สุดคือ มาตรฐาน RS 232C ซึ่งได้ถูกประกาศใช้ในปี 1969 โดยสมาคมอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Industrial Association: EIA) ในยุคแรก ๆ การอินเตอร์เฟสแบบ RS 232C ถูกแบบสำหรับเชื่อมต่อเทอร์มินอล (DTE: Data Terminal Equipment) กับโมเด็ม (DCE: Data Communication Equipment) ทั้งนี้เพื่อไม่ให้เกิดการส่งข้อมูลบนสายเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรฐาน RS 232C ได้แบ่งอุปกรณ์ออกเป็น 2 ประเภท ซึ่งอุปกรณ์ทั้ง 2 ประเภทนี้ก็คือ

1. อุปกรณ์ DTE (Data Terminal Equipment) เป็นอุปกรณ์สำหรับการส่งข้อมูล (Output)
2. อุปกรณ์ DCE (Data Communication Equipment) เป็นอุปกรณ์สำหรับรับข้อ (Input)



ภาพที่ 2.25 แสดงการเชื่อมต่อ computer ด้วย RS 232 DTE & DCE

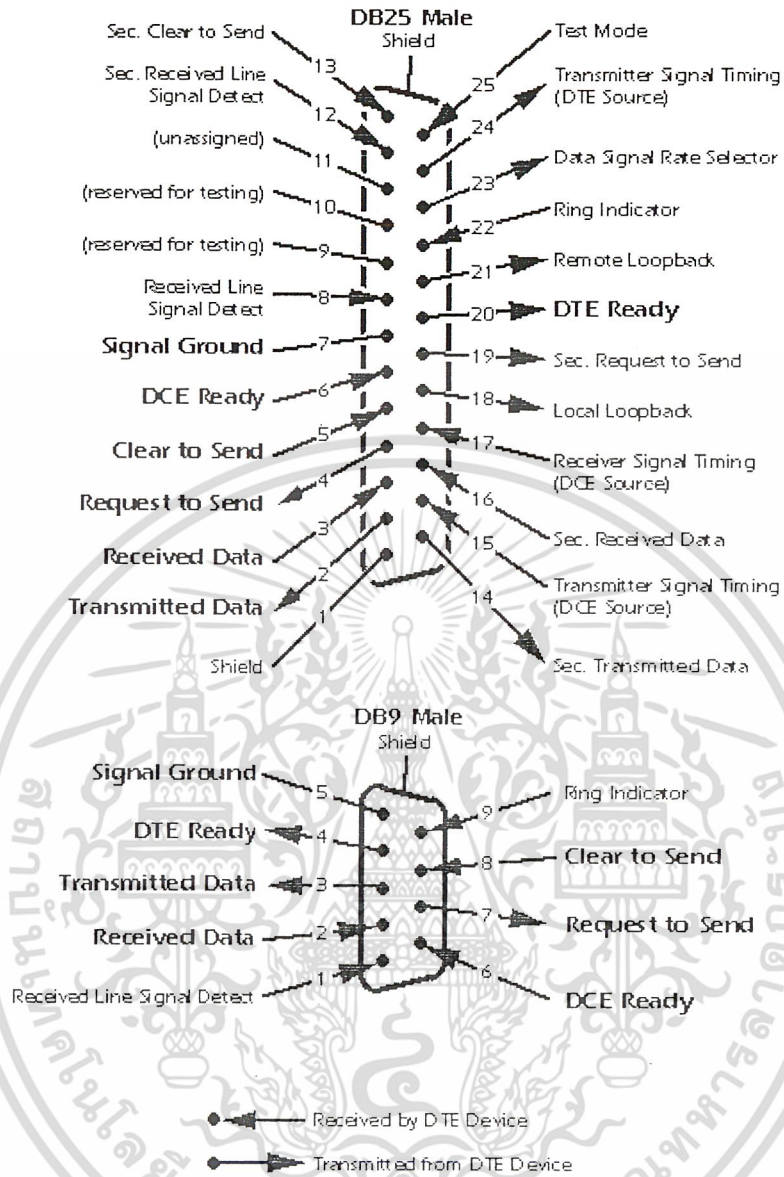
ตามมาตรฐาน RS-232C แล้วคอนเน็คเตอร์ของ DTEจะเป็นตัวผู้ ส่วนคอนเน็คเตอร์ของ DCEจะเป็นตัวเมีย ซึ่งคอนเน็คเตอร์ที่นิยมใช้กันอยู่จะเป็นชนิด D-Type แบบ 9 ขา และแบบ 25 ขา โดยจะติดตั้งอยู่หลังเครื่องคอมพิวเตอร์ ระดับแรงดันจะมีค่าอยู่ระหว่าง  $-3\text{ V}$  ถึง  $-15\text{ V}$

ถ้ารับลอจิก High และ Low จะมีระดับแรงดันอยู่ระหว่าง  $+3\text{ V}$  ถึง  $+15\text{ V}$  สามารถรับส่งข้อมูลได้ที่มีความยาวสายสัญญาณสูงสุด 50 ฟุต หรือ 150 เมตร แต่ถ้าเราต้องการสื่อสารกับอุปกรณ์อื่นที่อยู่ห่างกันมาก ๆ เราจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์อื่นเข้ามาช่วย เช่น การใช้โมเด็ม เป็นต้น

ลักษณะของคอนเน็คเตอร์แบบ D-Type

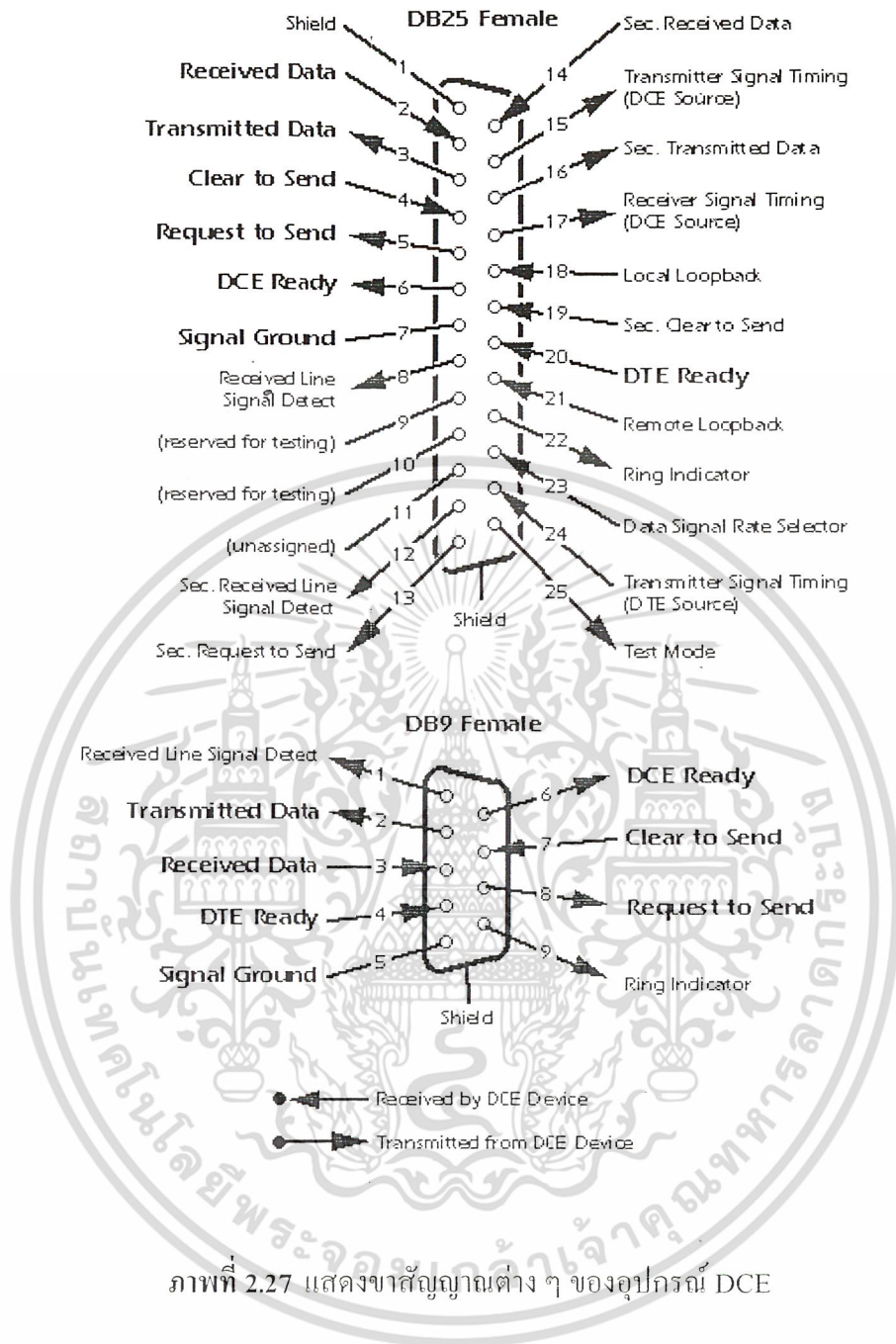
หัวต่อแบบ D-Type ที่ใช้ในการสื่อสารแบบอนุกรมของเครื่องคอมพิวเตอร์นั้น จะมีอยู่ 2 ลักษณะ คือ แบบ 9 ขา และแบบ 25 ขา บางครั้งเราจะเรียกว่า DB 9 และ DB25 ซึ่งหัวต่อทั้งสองชนิดจะมีลักษณะการทำงานของสัญญาณเหมือนกัน แต่การจัดเรียงไม่เหมือนกัน

Looking Into the DTE Device Connector



ภาพที่ 2.26 แสดงขาสัญญาณต่างๆ ของอุปกรณ์ DTE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.27 แสดงขาสัญญาณต่างๆ ของอุปกรณ์ DCE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ตารางที่ 2.5 แสดงรายละเอียดแต่ละขาของ พอร์ต RS-232

D-Type 25 Pin	D-Type 9 Pin	สัญลักษณ์	ชื่อสัญญาณ
Pin2	Pin3	TD	Transmit Data
Pin3	Pin2	RD	Receive Data
Pin4	Pin7	RTS	Request To Send
Pin5	Pin8	CTS	Clear To Send
Pin6	Pin6	DSR <sup>1</sup>	Data Set Ready
Pin7	Pin5	SG	Signal Ground
Pin8	Pin1	CD	Carrier Detect
Pin20	Pin4	DTR	Data Terminal Ready
Pin22	Pin9	RI	Ring Indicator

รายละเอียดของสัญญาณ

สำหรับรายละเอียดของสายสัญญาณนั้นประกอบไปด้วย

- Transmit Data:TD ใช้สำหรับส่งข้อมูลอนุกรมออกจากคอมพิวเตอร์
- Receive Data: RD ใช้สำหรับรับข้อมูลอนุกรมออกจากคอมพิวเตอร์
- Request To Send: RTS ใช้สำหรับส่งข้อมูลไปยังอุปกรณ์ปลายทางเพื่อร้องขอให้อุปกรณ์ปลายทางส่งข้อมูลกลับมา
- Clear To Send:CTS ใช้สำหรับตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อด้วยพร้อมที่จะรับส่งข้อมูลหรือไม่ โดยจะคอยรับสัญญาณ RTSเมื่อทุกอย่างพร้อมก็จะทำการส่งข้อมูลออกจากขา TD
- Data Set Ready:DSR ใช้สำหรับตรวจสอบ การเชื่อมต่อกันระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ ปลายทาง จะใช้คู่กับขา DTR
- Signal Ground: SG เป็นกราวด์ของระบบ
- Carrier Detect:CD ขานี้จะActionเมื่อมีการส่งสัญญาณ Carrierจากโมเด็ม
- Data Terminal Ready:DTR ใช้สำหรับบอกให้อุปกรณ์ปลายทางรับรู้ว่าต้องการติดต่อ โดย ขา DSR ของอุปกรณ์ปลายทาง
- Ring Indicator:RI ขานี้จะ Active เมื่อโมเด็มรับสัญญาณเรียกเข้าจากสายโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## บทที่ 3

### หลักการในการออกแบบ

#### 3.1 กล่าวนำ

หลักการออกแบบในโรงงาน SCARA Robot นี้เราสามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลักด้วยกัน คือ

##### 3.1.1 ส่วนของการเคลื่อนที่และการทำงานของหุ่นโดยรวม

ในส่วนนี้เราจะทำการกำหนดว่าหุ่นยนต์ของเราจะมีการเคลื่อนที่อย่างไร การเคลื่อนที่เป็นแบบจุดต่อจุดหรือแบบต่อเนื่อง และจะนำหุ่นยนต์ไปใช้ทำอะไร โดยการศึกษาส่วนนี้เราต้องใช้ข้อมูลของหุ่นยนต์ทางด้าน Hard ware มาประกอบการออกแบบ เมื่อเราได้แนวคิดทั้งหมดแล้วเราก็จะนำไปหาสมการการเคลื่อนที่เพื่อใช้ในการเขียน โปรแกรม ควบคุมหุ่นยนต์ต่อไป

##### 3.1.2 ส่วนของหุ่นยนต์ (Hard ware)

ในการออกแบบส่วน Hard ware ของหุ่นยนต์นี้ก็มีความสำคัญเช่นกัน ต้องมีการเลือกมอเตอร์ที่ใช้ในการเคลื่อนแขนหุ่น การเลือกชุดขับเคลื่อนมอเตอร์ การเชื่อมต่อคอนโทรลเลอร์กับ RS 232 จากโปรแกรม และส่วนต่าง ๆ อีกคั้งนั้นในส่วนนี้เราต้องมีการออกแบบเพื่อให้เหมาะสมเช่นกัน

##### 3.1.3 ส่วนโปรแกรม (Soft ware)

ในส่วนนี้เราจะนำสมการที่เราได้ออกแบบจากส่วนของการเคลื่อนที่มาเขียนเป็นโปรแกรมเพื่อใช้ควบคุมหุ่นยนต์โดยโปรแกรมที่เราใช้คือ Visual basic 6.0 ใช้การสื่อสารข้อมูลแบบ RS 232

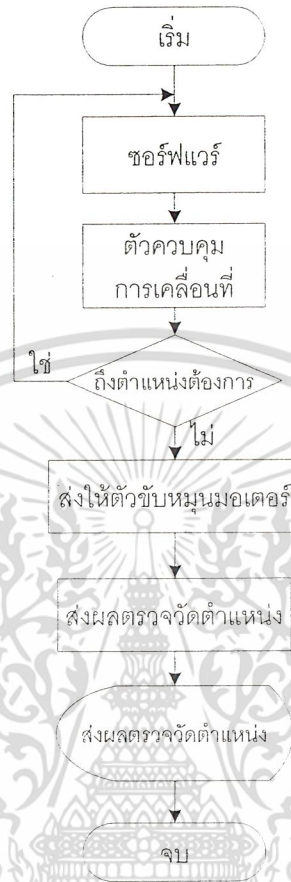
การที่จะให้หุ่นยนต์ SCARA เคลื่อนที่ได้มันจะต้องมีการกำหนดจุดหรือตำแหน่งเคลื่อนที่ (x ,y) จากโปรแกรมก่อน แล้วจึงส่งค่าผ่านพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ก่อนส่งไปยัง Motion Controller เพื่อให้ไปควบคุมการทำงานของมอเตอร์ต่อไป ดังนั้นในโรงงานนี้ ก็จะเน้นไปที่โปรแกรมสำหรับควบคุมตำแหน่งของหุ่นยนต์ หรือการกำหนดตำแหน่ง (x ,y) ให้หุ่นยนต์เป็นหลัก ส่วนทางด้าน Hard Ware จะเป็นการปรับปรุงมาจากหุ่นยนต์ SCARA ที่มีอยู่แล้วคั้งนั้น จะไม่เห็นมากในส่วนนี้

#### 3.2 การออกแบบส่วนควบคุมการเคลื่อนที่และตำแหน่งของหุ่นยนต์

##### 3.2.1 ควบคุมการเคลื่อนที่และการทำงานของหุ่นยนต์โดยรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนนี้จะเป็นส่วนที่ทำให้ทราบถึงบทบาทและหน้าที่ในการทำงานของหุ่นยนต์ ซึ่งการทำงานในรูปแบบต่างๆ นั้น จะสามารถแสดงให้เห็นในส่วนนี้การทำงานสามารถอธิบายได้ดังนี้



ภาพที่ 3.1 แสดงการทำงาน โดยรวมของ SCARA ROBOT

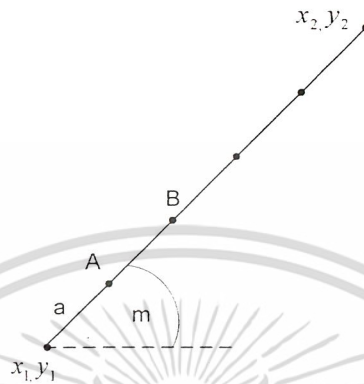
การทำงานของโครงการ โดยรวมเริ่มจากผู้ควบคุมการทำงานสั่งการทำงานบนคอมพิวเตอร์ผ่านโปรแกรม Visual Basic ที่เขียนขึ้นมา จากนั้นก็สั่งงานผ่านพอร์ตอนุกรม โดยผ่านสาย RS-232 ส่งข้อมูลไปให้ชุด Motion Controller เพื่อกำหนดการเคลื่อนที่ของมอเตอร์ว่าให้เคลื่อนที่ไปตรงตามที่เรารต้องการ โดยตัวที่ทำให้เกิดการหมุนของมอเตอร์คือ ชุดขับเคลื่อนมอเตอร์หรือ Drive ตัว Drive นี้จะมีสายเชื่อมต่อที่มาจากตัว Encoder ของมอเตอร์ เพื่อควบคุมให้การเคลื่อนที่ตรงตามกำหนด ถ้าจุดที่ได้ไม่ตรง ชุด Drive นี้ก็จะทำการชดเชยให้ตรงซึ่งอาจเรียกได้ว่า ชุด Drive นี้เป็นตัว Controller ชนิดหนึ่ง ที่ใช้ควบคุมตำแหน่ง Tool

### 3.2.2 การออกแบบเส้นทางการเดินและตำแหน่งของหุ่นยนต์

ในส่วนนี้เราจะนำสมการทางคณิตศาสตร์มาคำนวณหาเส้นทางการเดิน และ ตำแหน่งของหุ่นยนต์โดยค่าที่ได้นั้นจะอยู่ในรูปของพิกัด (x,y) ในส่วนนี้เป็นส่วนที่สำคัญมากเพราะเป็นเหมือนเอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งมอบไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวใจหลักของโครงการนี้ การเขียนโปรแกรมในการควบคุมหุ่นยนต์ทั้งหมดต้องอาศัยการควบคุมจากการออกแบบเส้นทางเดินนี้ ซึ่งจะสามารถแบ่งออกตามการประยุกต์ใช้งาน ได้ดังนี้

### 3.2.2.1 Path line



ภาพที่ 3.2 แสดงเส้นทางการเดินของหุ่นยนต์ในแนวเส้นตรง

$m$  คือความยาวของเส้นตรง หาได้จากสมการ

$$m = \tan^{-1} \left[ \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \right] \quad (3.1)$$

การหาจุด  $x, y$  ต่างๆ บนเส้นตรง หาได้โดยการแบ่งออกเป็นส่วนเล็กๆ ซึ่งเราสามารถกำหนดส่วนนี้ได้ว่า จะให้มีความยาวเท่าไร

จากรูปเรา แบ่งความยาวส่วนย่อยออกเป็น  $a$

จุด A หาค่าของ  $x$  และ  $y$  ได้ดังนี้

$$x_A = a \cos m + x_1 \quad (3.2)$$

$$y_A = a \sin m + y_1 \quad (3.3)$$

จุด B หาค่าของ  $x$  และ  $y$  ได้ดังนี้

$$x_B = 2a \cos m + x_1 \quad (3.4)$$

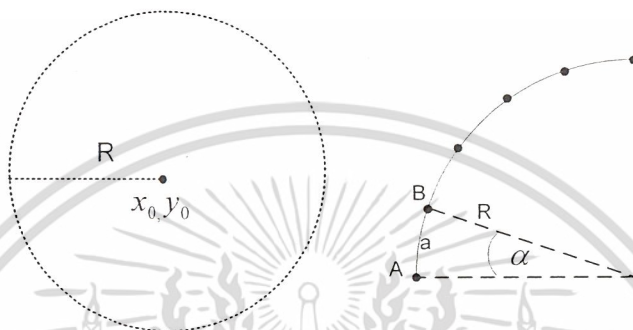
$$y_B = 2a \sin m + y_1 \quad (3.5)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตัวอย่างจะเห็นได้ว่าการแบ่งส่วนย่อยของเส้นตรงเราจะได้จุด  $x, y$  บนเส้นตรง เราจะได้จุด  $x, y$  บนเส้นตรงที่มีขนาดเท่า ๆ กันทุกจุดไม่ว่าเส้นตรงนี้จะมีขนาดเท่าใดก็ตาม

ในการนำไปใช้งานจริง เส้นตรงที่เขียนนั้น จะอยู่ในหน่วย mm. ซึ่งค่าความผิดพลาดตรงจุดปลาย  $(x_2, y_2)$  จะมีความผิดพลาดอยู่ในหน่วย mm. หรือผิดพลาดไม่เกินขนาดของ  $a$  เท่านั้น

### 3.2.2.2 Path Circle



ภาพที่ 3.3 แสดงเส้นทางการเดินของหุ่นยนต์ในแนววงกลม

การหาจุด  $x$  และ  $y$  บนเส้นโค้งของวงกลม หาได้โดยใช้สูตรพื้นฐานของวงกลม คือ

$$x = R \cos \alpha \quad (3.6)$$

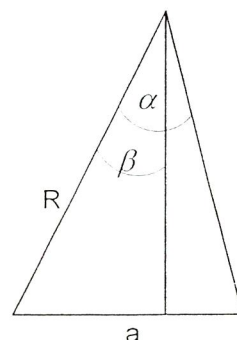
$$y = R \sin \alpha \quad (3.7)$$

การที่จะหาขนาดของมุม  $\alpha$  นั้น เราต้องกำหนดขนาดของจุดต่าง ๆ บนเส้นโค้งให้มีความยาวเท่า ๆ กัน ซึ่งก็คือขนาดของ  $a$  ส่วนจะมีขนาดยาวหรือสั้นนั้นขึ้นอยู่กับที่เรากำหนดเอง สมการสำหรับหาค่า  $\alpha$  มีดังนี้

$$\sin \beta = \frac{a}{2R}$$

$$\beta = \sin^{-1} \left( \frac{a}{2R} \right)$$

$$\alpha = 2 \cdot \beta$$



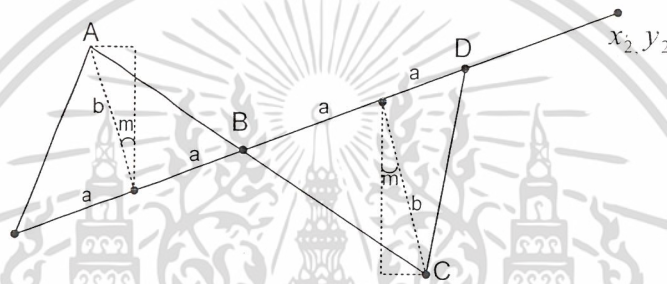
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเราได้ค่าของมุม  $\alpha$  มาแล้ว ถ้าเราต้องการให้นำจุด  $x$  และ  $y$  ต่าง ๆ มา plot เป็นรูปวงกลม เราจะต้องกำหนดมุมเริ่มต้น แล้วทำการบวกหรือลบด้วยมุม  $\alpha$  ไปเรื่อย ๆ จนถึงมุมสุดท้าย เช่น เริ่มจาก  $\pi$  ถึง  $-\pi$  เป็นต้น เขียนเป็นสมการดังนี้

$$x = R \cos(\pi - \alpha) + x_0 \quad (3.8)$$

$$y = R \sin(\pi - \alpha) + y_0 \quad (3.9)$$

### 3.2.2.3 Path Line Welding



ภาพที่ 3.4 แสดงเส้นทางการเดินของหุ่นยนต์ในการสั่งงานให้เดินงานเชื่อมแบบตรง

Path welding เป็นการกำหนดทางเดินให้กับหัวเชื่อมไฟฟ้า ซึ่งทางเดินของหัวเชื่อมนั้นจะต้องมีการส่ายตลอดเวลาขณะเดียวกันก็เคลื่อนไปข้างหน้าด้วย ดังนั้น ในการหาจุด  $x$  และ  $y$  บนระนาบ จะสามารถกำหนดเป็น case ทั้งหมด 4 case ด้วยกัน คือ A,B,C และ D จุดย่อย บนเส้นตรง กำหนด เหมือนกับ Path line แต่ต่างกันที่จุด A และ C ได้ดังนี้

จุด A

$$X_A = a \cos m - b \sin m + x_1 \quad (3.10)$$

$$Y_A = a \sin m + b \cos m + y_1 \quad (3.11)$$

จุด B

$$X_B = 2a \cos m + x_1 \quad (3.12)$$

$$Y_B = 2a \sin m + y_1 \quad (3.13)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุด C

$$X_C = 3a \cos m + b \sin m + x_1 \quad (3.14)$$

$$Y_C = 3a \sin m - b \cos m + y_1 \quad (3.15)$$

จุด D

$$X_D = 4a \cos m + x_1 \quad (3.16)$$

$$Y_D = 4a \sin m + y_1 \quad (3.17)$$

### 3.2.2.4 Path Circle Welding



ภาพที่ 3.5 แสดงเส้นทางการเดินของหุ่นยนต์ในการสั่งงานให้เดินงานเชื่อมแบบวงกลม

Path circle welding เป็นการสร้างทางเดินสำหรับการเชื่อมแนวเส้นโค้งหรือวงกลมซึ่งอาศัยวิธีการทางเรขาคณิตในการหาจุดต่าง ๆ บนเส้นโค้งหรือวงกลม ซึ่งอาศัยวิธีการทางเรขาคณิตในการหาจุดต่าง ๆ บนเส้นโค้งสามารถแบ่งออกเป็น 4 กรณี ด้วยกัน คือ กรณี A,B,C และ D และสูตรในการหาจุดที่กล่าวมาแล้วมีดังนี้

จุด A

$$X_A = R \cos (\pi - \alpha) + x_0 \quad (3.18)$$

$$Y_A = R \sin (\pi - \alpha) + y_0 \quad (3.19)$$

จุด B

$$X_B = (R+b) \cos (\pi - 2\alpha) + x_0 \quad (3.20)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Y_B = (R+b) \sin (\pi - 2\alpha) + y_0 \quad (3.21)$$

จุด C

$$X_C = R \cos (\pi - 3\alpha) + x_0 \quad (3.22)$$

$$Y_C = R \sin (\pi - 3\alpha) + y_0 \quad (3.23)$$

จุด D

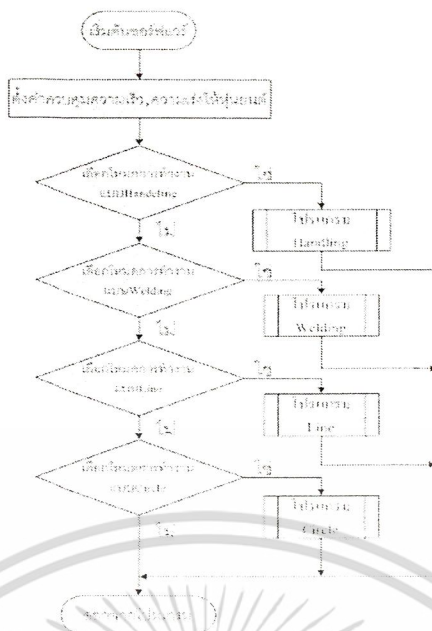
$$X_D = (R-b) \cos (\pi - 3\alpha) + x_0 \quad (3.24)$$

$$Y_D = (R-b) \sin (\pi - 3\alpha) + y_0 \quad (3.25)$$

### 3.3 ส่วนของซอฟต์แวร์

ส่วนนี้จะเป็นส่วนที่ใช้ควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ซึ่งการออกแบบนั้นเริ่มจากการศึกษา การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ ให้เป็นแบบต่างๆ เช่น การเคลื่อนที่เป็นจุด การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง เส้นโค้ง และวงกลม เป็นต้น จากนั้น ก็พัฒนาให้ใช้กับการทำงานจริง และส่วนการทำงานหลักของ หุ่นยนต์นี้คือ การหยิบจับวัตถุจากจุดหนึ่งไปจุดหนึ่ง ซึ่งวัตถุที่ใช้จับนี้จะไม่ใหญ่จนเกินไป อาจจะ เป็นชิ้นส่วนของอุปกรณ์ Electronics เป็นต้น และฟังก์ชัน รองลงมาคือการใช้หุ่นยนต์นี้สำหรับงาน เชื่อมใน แนวระนาบ (x,y) ซึ่งสามารถนำไปพัฒนาต่อให้ใช้สำหรับงานเชื่อมแบบต่างๆ ในโรงงาน อุตสาหกรรมได้

โปรแกรมที่เขียนมานี้ จะเน้นประโยชน์หลักเพื่อให้ผู้ใช้สามารถทำการควบคุมหุ่นยนต์ให้ เคลื่อนที่ไปตามที่ตนเองต้องการได้โดยง่ายและสามารถควบคุมตำแหน่งของหุ่นยนต์ได้ ซึ่งก่อน การสั่งการให้ทำงานจริง ยังสามารถแสดงให้เห็นตำแหน่งการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์จากหน้าจอ ควบคุมของซอฟต์แวร์ ซึ่งจะเป็ภาพฉายบนระนาบ x,y ซึ่งแสดงการหมุนรอบแกนหลักของแขน หุ่นยนต์ รวมไปถึงภาพฉายบนระนาบ x,y ซึ่งแสดงความสูงของ Tool เทียบกับพื้นที่ใช้งาน นอกจากนี้ยังมีการแสดงผลเป็นตัวเลขด้วย คือ ค่าความสูงจากฐานและค่ามุมที่ฐานหมุนทั้งสอง  $\phi_1$  และ  $\phi_2$  อีกด้วย

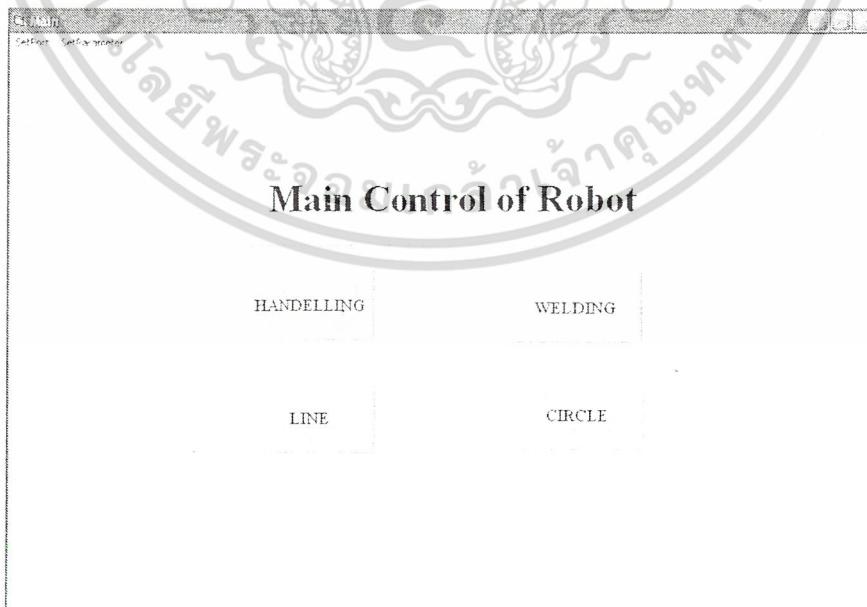


ภาพที่ 3.6 แสดงแผนภูมิการทำงานโดยรวมของSoft Ware ทั้งหมด

สำหรับการทำงานของ โปรแกรมต่างๆ แสดงดังนี้

3.3.1 ส่วนของโปรแกรมหลัก

ส่วนของโปรแกรมนี้นเป็นส่วนหลักที่ใช้เข้าถึงส่วนของการประยุกต์ใช้งานต่างๆ รวมไปถึงตั้งค่าพอร์ต และค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ดังจะอธิบายต่อไปนี้



ภาพที่ 3.7 แสดงหน้าจอควบคุมหลักของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3.1.1 ส่วนของปุ่มกดเพื่อเข้าสู่การประยุกต์ใช้งานต่างๆ

LINE

คือ ปุ่มกดเลือกเมนูสำหรับการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แบบเส้นตรง สามารถนำไปใช้งานได้กับงานถัด

CIRCLE

คือ ปุ่มกดเลือกเมนูสำหรับการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แบบเส้นวงกลม


HANDELLING

คือ ปุ่มกดเลือกเมนูสำหรับควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ให้ทำงานในส่วนของ การหยิบจับวัตถุซึ่งเป็นฟังก์ชันหลักของหุ่นยนต์นี้

WELDING

คือ ปุ่มกดเลือกเมนูสำหรับควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ในส่วนของงานเชื่อม ไฟฟ้า

### 3.3.1.2 ส่วนของการตั้งค่าพอร์ต และ ส่วนของการตั้งค่าพารามิเตอร์



Main

SetPort SetParameter

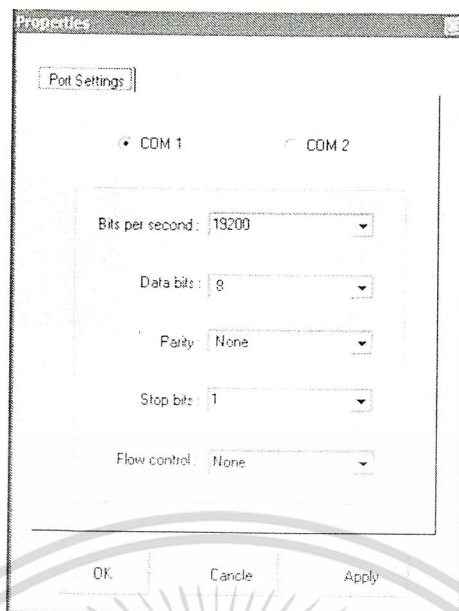
A B

ภาพที่ 3.8 แสดงส่วนของการตั้งค่าพอร์ตและพารามิเตอร์

ส่วนนี้ใช้เป็นการตั้งค่าเริ่มต้นของโปรแกรมโดย A ซึ่งแสดงส่วนที่ใช้ Set Port และ B ซึ่งแสดงส่วนที่ใช้ Set Parameter

- **Set Port** เมื่อทำการคลิก Set Port จะทำให้ปรากฏหน้าต่าง การตั้งค่าออกมา

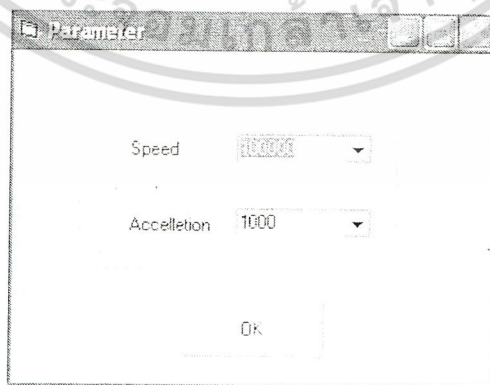
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.9 แสดงหน้าต่างที่ใช้ Set Port

ส่วนของการตั้งค่าพอร์ตนี้อาจเป็นการตั้งค่าการใช้งานในการสื่อสารพอร์ตอนุกรม ซึ่งรายละเอียดคือ การเลือกใช้พอร์ต ว่าเราจะใช้ Port COM1 หรือ COM2 การตั้งค่า BAUD RATE ให้ตรงกับที่เราต้องใช้กับ Controller รวมไปถึง Parity Bit คือการกำหนด Bit ตรวจสอบ การกำหนด Stop Bit คือการกำหนดบิตหยุด การกำหนด Flow Control ซึ่งทั้งหมดนี้เป็น การกำหนดค่าในการสื่อสารสำหรับพอร์ตอนุกรมทั้งสิ้น รายละเอียดทั้งหมดสามารถดูได้ในบทที่ 2 ให้ส่วนของการสื่อสารแบบอนุกรม

- Set Parameter เมื่อทำการคลิก Set Parameter จะทำให้ปรากฏหน้าต่าง การตั้งค่าออกมา

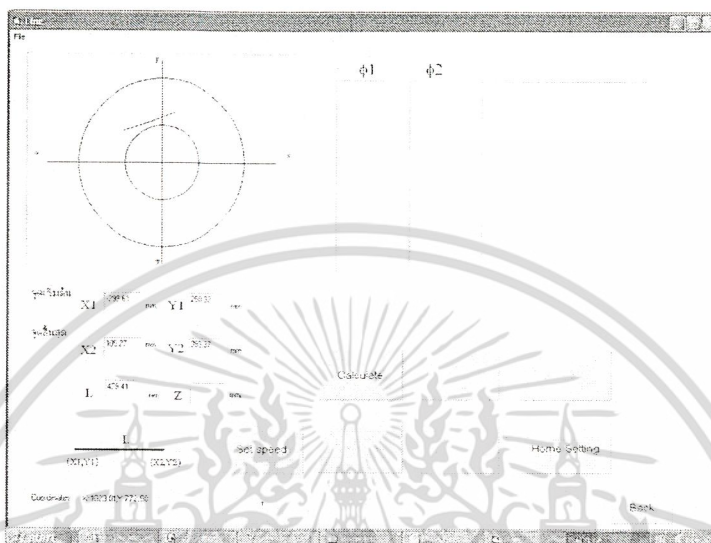


ภาพที่ 3.10 แสดงหน้าต่างที่ใช้ Set Parameter

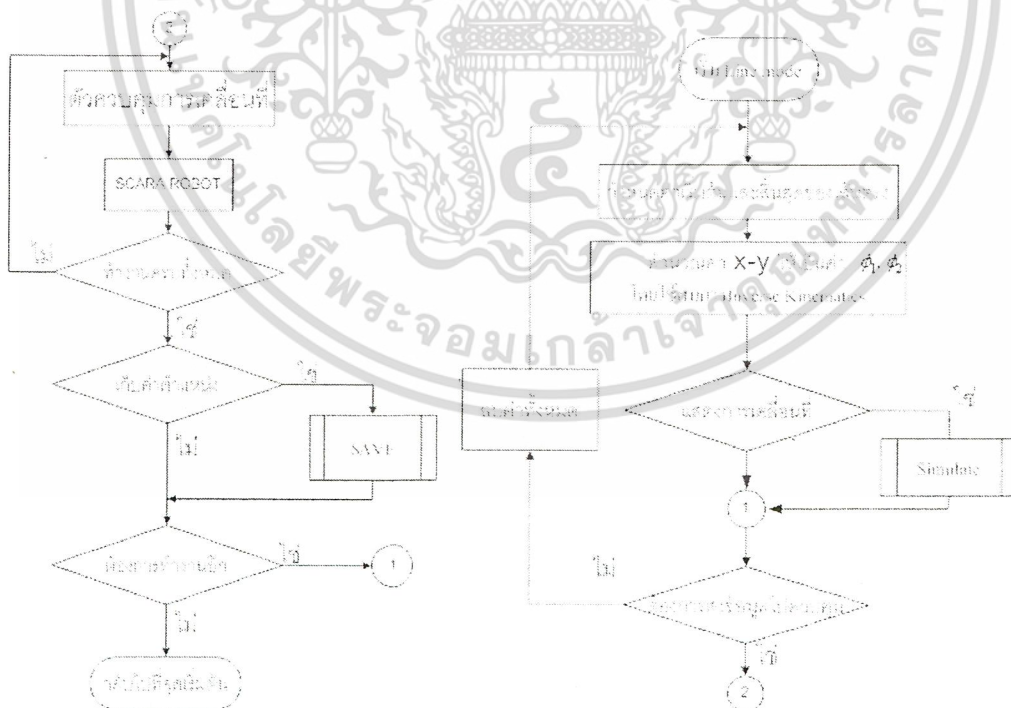
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตั้งค่า SPEED เป็นการตั้งค่าความเร็วของมอเตอร์ ส่วน Accelration เป็นการตั้งค่าของ ความเร่งของมอเตอร์ ในการ ไปสั่ง Electronic Gear ของ Drive มอเตอร์

### 3.3.2 โปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่แบบเส้นตรง (Line)



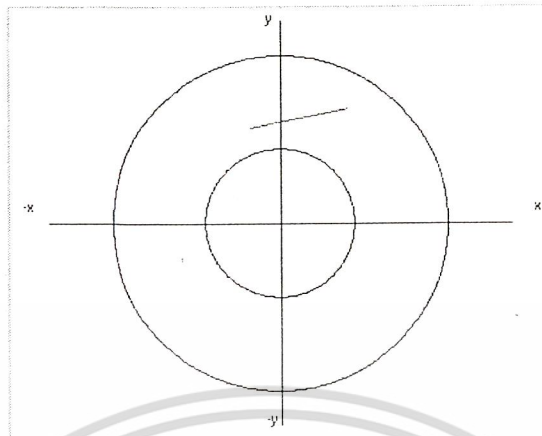
ภาพที่ 3.11 แสดงโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่แบบเส้นตรง



ภาพที่ 3.12 แสดงแผนผังการทำงานของโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่แบบเส้นตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3.2.1 รายละเอียดของแต่ละส่วนของหน้าตาการทำงานแบบเส้นตรง



ภาพที่ 3.13 แสดงพื้นที่การทำงานบนโปรแกรมคอมพิวเตอร์

- เรา
- ส่วนนี้ทำหน้าที่แสดงพื้นที่การทำงาน รวมไปถึงการกำหนดเส้นทางเดินของหุ่นยนต์ของเรา



ภาพที่ 3.14 แสดงช่องสำหรับใส่ค่าจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของเส้นตรง

- ส่วนนี้เป็นส่วน ที่แสดงว่าตำแหน่ง จุดต้น และ จุดปลายที่เราสั่งหุ่นยนต์อยู่จุดใด และเราสามารถกำหนดค่าต่างๆ ลงในช่อง รวมถึงการกำหนดค่า Z ก็คือค่าที่เราให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ลงมาตามแนวตั้งด้วย ส่วน L คือความยาววัดจากจุดต้นถึงจุดปลาย.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$\phi 1$	$\phi 2$
78.74	87.89
78.60	88.01
78.46	88.13
78.32	88.25
78.17	88.37
78.03	88.49
77.89	88.61
77.75	88.73
77.61	88.84
77.47	88.96
77.33	89.08
77.19	89.19
77.05	89.31
76.91	89.43
76.77	89.54
76.63	89.65
76.49	89.77
76.35	89.88
76.21	89.99
76.07	90.10
75.93	90.21

ภาพที่ 3.15 แสดงช่องแสดงค่าของมุม  $\phi_1$  และ มุม  $\phi_2$

- ส่วนนี้เป็นส่วนที่แสดงค่ามุม  $\phi_1$  และ  $\phi_2$  ที่ได้จากการคำนวณและจะนำค่านี้ไปคำนวณกลับเป็นตำแหน่งอีกครั้งหนึ่ง

Calculate

ใช้ในการคำนวณหาค่า  $\phi_1$  และ  $\phi_2$

Set speed

ใช้ในการกำหนดค่าความเร็วและความเร่ง ซึ่งรายละเอียดได้อธิบายไว้ข้างต้นแล้ว

Home Setting

ใช้ในการกำหนดจุดเริ่มต้นของตำแหน่งหุ่นยนต์

Download

ใช้ในการนำค่า  $\phi_1$  และ  $\phi_2$  มาทำการคำนวณหาค่าพิกัดที่จะส่งออกไปและทำการแปลงเป็นคำสั่งของ Controller เพื่อส่งออกไปสั่งงาน Controller อีกทีหนึ่ง

Clear

ใช้ในการลบข้อมูลเก่าทั้งหมด

ใช้ในการหยุดหุ่นยนต์ชั่วคราว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Simulate

ใช้เรียกส่วนของการจำลองการเคลื่อนที่ของแขนหุ่นยนต์ออกมา

### 3.3.2.2 การทำงานของโปรแกรม

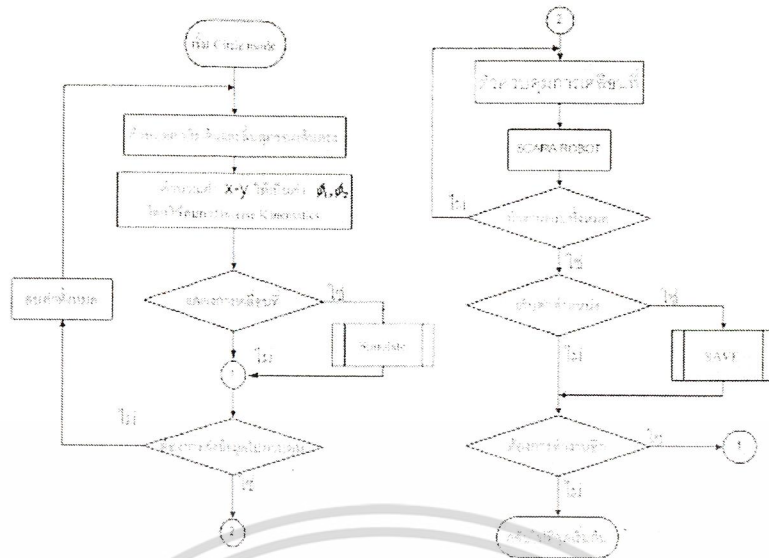
การทำงานเริ่มจากผู้ควบคุมกำหนดเส้นตรงโดยการป้อนเป็นตัวเลขในช่องใส่หรือ โดยการใช้ Mouse คลิกภายในช่องพื้นที่การทำงานของหุ่นยนต์ จากโปรแกรมจะสามารถแสดงให้เห็นลักษณะของเส้นตรง รวมไปถึงความยาวของเส้นตรงด้วย จากนั้นถ้าต้องการให้โปรแกรมคำนวณค่ามุม  $\phi_1$  และ  $\phi_2$  ก็ให้กดปุ่ม Calculate และถ้าต้องการแสดงการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ให้กดปุ่ม Simulate คุณลักษณะการเคลื่อนที่ จากนั้นให้กดปุ่ม Download เพื่อสั่งการให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปตามจุดที่เราต้องการจริงๆ หุ่นยนต์ก็จะเริ่มเคลื่อนที่จากตำแหน่งอ้างอิงไปยังตำแหน่งในพื้นที่ทำงานเมื่อทำเสร็จก็จะกลับมาจุดอ้างอิงดั้งเดิมถ้าผู้ใช้ต้องการเก็บค่าตำแหน่งนี้ ก็ให้กดปุ่ม Save ที่ตรงเมนู File ด้านบน

### 3.3.3 โปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่แบบวงกลม



ภาพที่ 3.16 แสดงโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่แบบวงกลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.17 แสดงผังการทำงานของโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่แบบวงกลม

### 3.3.3.1 รายละเอียดของแต่ละส่วนของหน้าต่างการทำงานแบบวงกลม

ในส่วนนี้จะอธิบายในส่วนที่สำคัญในหน้าต่างของแบบวงกลม ซึ่งหากมีส่วนที่ซ้ำกับส่วนที่อธิบายแล้วให้ดูข้อมูลก่อนหน้าประกอบ



ภาพที่ 3.18 แสดงช่องสำหรับใส่ค่าจุดศูนย์กลางและรัศมีวงกลม

- ส่วนนี้ใช้ในการแสดงพิกัดต่าง ๆ ของวงกลม รวมถึงใช้ในการกำหนดค่าของพิกัดแต่ละตัวทั้งแนวแกน X,Y,Z

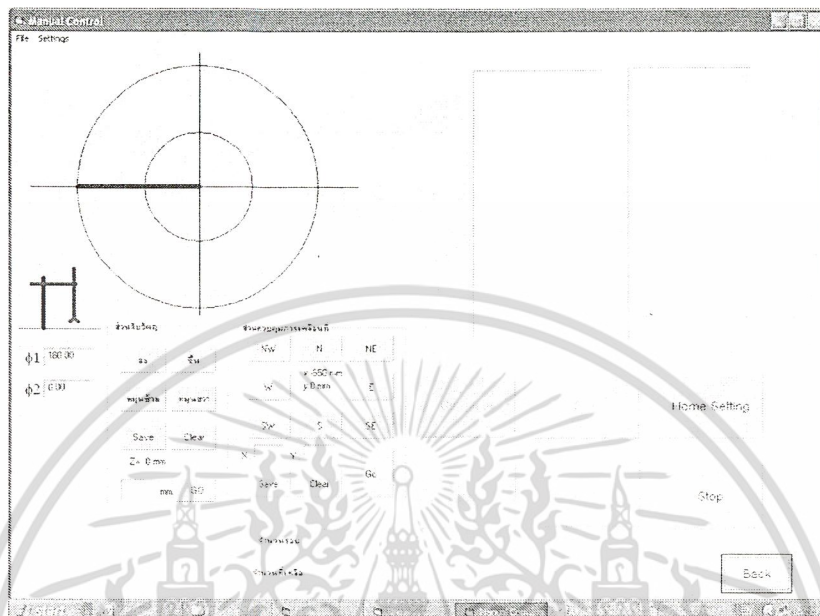
### 3.3.3.2 รายละเอียดของแต่ละส่วนของหน้าต่างการทำงานแบบวงกลม

การทำงานเหมือนกับโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ แบบเส้นตรงเส้นตรงแต่ต่างกันตรงที่การกำหนดค่าเริ่มต้นให้กับโปรแกรมเท่านั้น คือ จะต้องมีการกำหนดจุดศูนย์กลางให้อยู่ในพื้นที่ทำงาน แล้วกำหนดขนาดของวงกลมที่ต้องการ ซึ่งค่าต่างๆ นี้ สามารถแสดงได้ในหน้าจอในช่อง Text Box

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3.4 โปรแกรมควบคุมการหยิบจับวัตถุ

โปรแกรมควบคุมนี้เป็น โปรแกรมหลักที่ใช้ในโครงการนี้ ซึ่งการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์จะเป็นแบบจุดต่อจุด และสามารถอธิบายได้ดังแผนการทำงาน



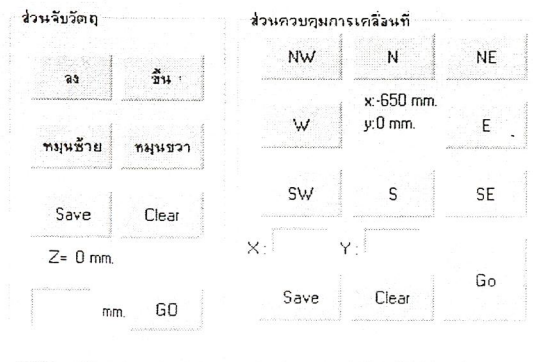
ภาพที่ 3.19 แสดง โปรแกรมควบคุมการหยิบจับวัตถุ



ภาพที่ 3.20 แสดงผังการทำงานของโปรแกรมควบคุมการหยิบจับวัตถุ

#### 3.2.4.1 รายละเอียดของแต่ละส่วนของหน้าต่างการทำงานหยิบจับวัตถุ

ในส่วนนี้จะอธิบายในส่วนที่สำคัญในหน้าต่างของแบบหยิบจับวัตถุ ซึ่งหากมีส่วนที่ซ้ำกับส่วนที่อธิบายแล้วให้ดูข้อมูลก่อนหน้าประกอบ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.21 แสดงหน้าต่างสำหรับควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์

- ส่วนนี้ใช้ควบคุมการเคลื่อนที่ของ Robot แบบแมนวลตามทิศทางต่าง ๆ และสามารถกำหนดได้ทั้ง 3 แกน X,Y,Z



ภาพที่ 3.22 แสดงพื้นที่ใช้งานบน โปรแกรม

- ส่วนนี้ใช้จำลองการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ทั้งแกน X,Y,Z ปกติทุกโปรแกรมจะมีการแยกโปรแกรม Simulate ไว้ต่างหาก แต่ในการหยิบจับนี้จะเอามารวมไว้ด้วยกันเลยเพราะว่าต้องการให้เห็นการเคลื่อนที่เมื่อเรากดตามทิศทาง

จำนวนรอบ

จำนวนที่เหลือ

ภาพที่ 3.23 แสดงช่องสำหรับใส่จำนวนรอบการทำงานของส่วนหยิบจับวัตถุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ส่วนนี้จะใช้ในการกำหนดจำนวนรอบการทำงาน และแสดงจำนวนรอบที่เหลือ

### 3.2.4.2 การทำงานของหน้าต่างการทำงานหีบจับวัตถุ

การทำงานเริ่มจากกำหนดจุดที่วัตถุจะถูกจัดวางอยู่โดยการควบคุมการเคลื่อนที่บนคอมพิวเตอร์ กระทำผ่านปุ่มกด ซ้าย ขวา หน้า และหลัง ซึ่งการกดนี้สามารถแสดงให้เห็นการเคลื่อนที่ของตำแหน่งปัจจุบันผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์ได้ ดังนั้นจึงควบคุมโปรแกรมได้ง่ายขึ้น แต่การปรับค่าตำแหน่งจริงนั้นก็ต้องดูการเคลื่อนที่ของตัวหุ่นยนต์ของจริงด้วย เพราะจะสามารถทราบค่าตำแหน่งที่แท้จริงได้ จากนั้นจึงสั่งให้วัตถุไปวางในจุดที่ต้องการ การใช้โปรแกรมนี้จะยุ่งยากเฉพาะการปรับค่าครั้งแรกเท่านั้น หลังจากนั้นก็เก็บค่าตำแหน่งนี้ไว้เพื่อสามารถใช้ได้ในครั้งต่อไป ในการให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปหีบจับวัตถุ ก็ทำได้โดยการตั้งค่าจำนวนรอบให้แก่โปรแกรมเพื่อให้การทำงานเป็นแบบต่อเนื่องซ้ำๆ กันจนครบจำนวนรอบที่ตั้งไว้

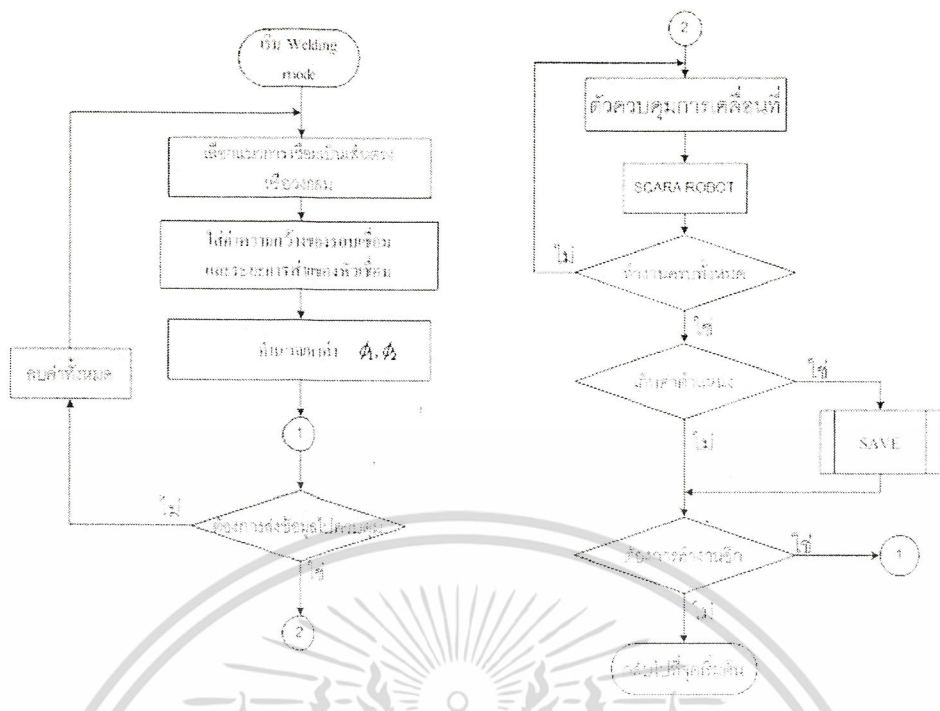
### 3.3.5 โปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ในงานเชื่อมไฟฟ้า

โปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ในงานเชื่อมไฟฟ้านี้จะสามารถเชื่อมบนแนวระนาบกับแกน x,y และเชื่อมเป็นแนวเส้นตรง และวงกลมได้



ภาพที่ 3.24 แสดงหน้าจอควบคุมการทำงานเชื่อมไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.25 แสดงผังการทำงานการควบคุมการทำงานเชื่อมไฟฟ้า

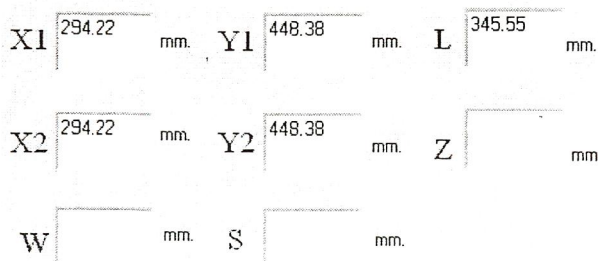
3.3.5.1 รายละเอียดของแต่ละส่วนของหน้าตาการทำงานเชื่อมไฟฟ้า

ในส่วนนี้จะอธิบายในส่วนที่สำคัญในหน้าตาของการเชื่อมไฟฟ้า ซึ่งหากมีส่วนที่ซ้ำกับส่วนที่อธิบายแล้วให้ดูข้อมูลก่อนหน้าประกอบ



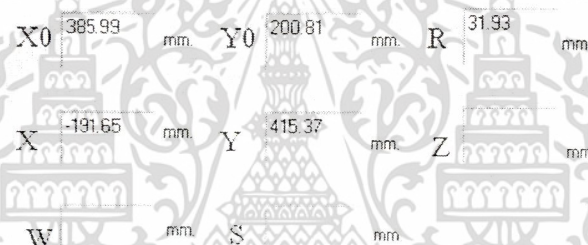
ภาพที่ 3.26 แสดงปุ่มกดสำหรับการเปลี่ยนโหมดการเชื่อมไฟฟ้า

- ส่วนนี้ใช้ในการเลือกว่าจะมีการเชื่อมแบบเส้นตรง หรือแบบโค้ง



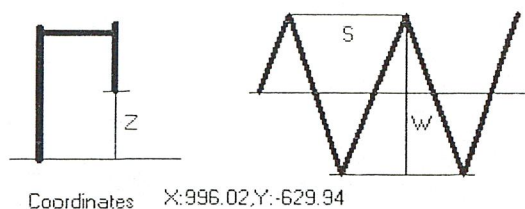
ภาพที่ 3.27 แสดงช่องสำหรับใส่ค่าพารามิเตอร์ของการเชื่อมแบบเส้นตรง

- เมื่อกดปุ่มเลือกการเชื่อมแบบ Line จะปรากฏหน้าต่างนี้ขึ้นซึ่งจะมีหน้าต่างคล้ายคลึงกับแบบการเขียนเส้นตรง แต่แตกต่างกันที่มี W และ S เข้ามาซึ่งเป็นการกำหนดคุณสมบัติให้กับการเชื่อมเป็นการกำหนดระยะห่างการเชื่อม เพราะการเชื่อมเป็นแบบสลับฟันปลาซึ่งจะแสดงภาพให้ดูต่อไป



ภาพที่ 3.28 แสดงช่องสำหรับใส่ค่าพารามิเตอร์ของการเชื่อมแบบเส้นวงกลม

- เมื่อกดปุ่มเลือกการเชื่อมแบบ Circle จะปรากฏหน้าต่างนี้ขึ้น ซึ่งจะมีหน้าต่างคล้ายคลึงกับแบบการเขียนวงกลมตรง แต่แตกต่างกันที่มี W และ S เข้ามาซึ่งเป็นการกำหนดคุณสมบัติให้กับการเชื่อมเป็นการกำหนดระยะห่างการเชื่อม เพราะการเชื่อมเป็นแบบสลับฟันปลาซึ่งจะแสดงภาพให้ดูต่อไป



ภาพที่ 3.29 แสดงรูปแบบของแนวการเชื่อมไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการทำงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ส่วนนี้แสดงระยะในการเชื่อมเพราะว่า เป็นการเชื่อมแบบสลักฟันปลา รายละเอียดเป็น ดังรูปด้านบน และจะมีการบอกระยะZ ด้วยว่าด้วยอย่างไร

### 3.3.5.2 การทำงานของหน้าต่างการทำงานเชื่อมไฟฟ้า

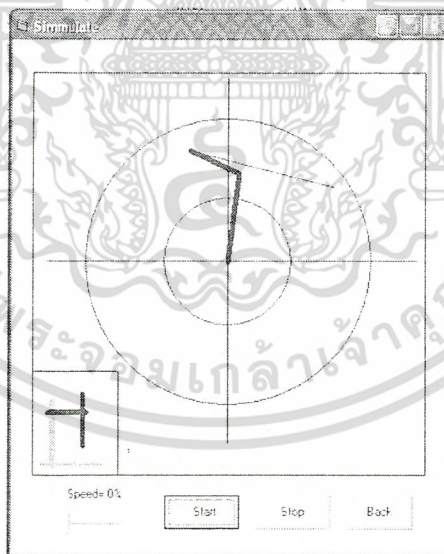
การทำงานของโปรแกรมคล้ายกับ การควบคุมการทำงานของเครื่องที่ แบบ เส้นตรงและวงกลม แต่ส่วนที่เพิ่มทำมาก็เป็นการกำหนดค่าความกว้างของรอยเชื่อม และระยะการ ส่ายของหัวเชื่อม สำหรับการเชื่อมจริงค่าที่วันนี้ก็ต้องมีการกำหนดให้เหมาะสมต่อการเชื่อมของ ไฟฟ้าแต่ละชนิดด้วย

### 3.3.6 โปรแกรมส่วนจำลองการเคลื่อนที่ของแขนหุ่นยนต์ (Simulation)

โปรแกรมส่วนนี้ ใช้สำหรับทดลองก่อนที่จะสั่งงานจริงว่า การเคลื่อนที่ ของหุ่นยนต์เรานั้นเป็นอย่างไรเกินขอบเขตหรือไม่หรือมีเส้นทางเดินอย่างไรเราก็สามารถทดสอบได้จากโปรแกรม นี้ การเรียกหน้าต่างของส่วนจำลองการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ทำได้โดยการกดปุ่ม Simulate

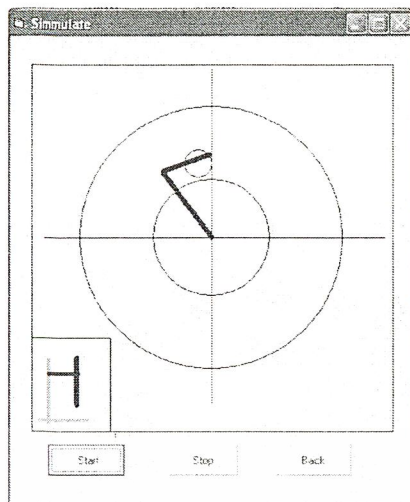
Simulate

ซึ่งจะมีอยู่ทุกหน้าต่างการใช้งาน



ภาพที่ 3.30 แสดงโปรแกรม Simulate เส้นตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.31 แสดงโปรแกรม Simulate วงกลม

ซึ่งโปรแกรมจำลองการเคลื่อนที่แบบเส้นตรงนี้ ใช้ในการสั่งงานแบบเขียนเส้นตรงและใช้ในการเชื่อมแนวเส้นตรงด้วย ส่วนโปรแกรมจำลองการเคลื่อนที่แบบวงกลมนั้นจะใช้ในการเขียนเส้นวงกลม และการเชื่อมแนวกลม ส่วนโปรแกรมการหยิบจับสิ่งของนั้น จะมีโปรแกรมจำลองการเคลื่อนที่ที่อยู่ในตัวอยู่แล้วไม่ได้แยกออกมาเหมือน โปรแกรมการใช้งานอื่น

### 3.4 ส่วนของ หุ่นยนต์และระบบการควบคุมหุ่นยนต์ (Hard Ware)

ส่วนนี้ก็มีความสำคัญเช่นเดียวกันซึ่งส่วนนี้จะแบ่งเป็นส่วน ๆ ตามหน้าที่ดังนี้

#### 3.4.1 ส่วนตัวหุ่นยนต์ SCARA ROBOT



ภาพที่ 3.32 แสดงตัวหุ่นยนต์ SCARA

เนื่องจากหุ่นยนต์ SCARA ที่ใช้ในโครงการนี้ เป็นหุ่นยนต์ที่ได้รับการอนุเคราะห์จากบริษัทเอกชน เพราะฉะนั้นข้อมูลต่าง ๆ เกี่ยวกับโครงสร้างหุ่นยนต์จึงไม่สามารถหาได้ โดยเฉพาะเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลเกี่ยวกับขนาดความยาวของ Link ทั้งสองของหุ่นยนต์ซึ่งมีความสำคัญมากสำหรับการนำไปคำนวณการเคลื่อนที่หากขนาดของ Link ไม่ถูกต้องการดำเนินงานของหุ่นยนต์ก็จะไม่ถูกต้องก็จะผิดพลาดจากค่าจริงนั่นเอง

การหาขนาดของ Link นั้นสามารถหาได้โดยการใช้ไม้บรรทัดวัดก่อนเราจะได้ขนาดที่คร่าว ๆ ออกมาจากนั้น เราก็ต้องลองเพิ่มหรือลดขนาดความยาวทีละ 1 มิลลิเมตร ลองสั่งให้หุ่นยนต์เขียนเส้นตรงความยาวที่เราต้องการ วัดขนาดหาความยาว Link ที่ทำให้ค่าที่วัดออกมาใกล้เคียงกับที่เราสั่งมากที่สุด

จะได้ค่า Link 1 = 405 มิลลิเมตรและ Link2 = 245 มิลลิเมตร

### 3.4.2 ส่วนควบคุมหลัก CONTROLLER

ภาพที่ 3.33 แสดงคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ในโรงงานนี้

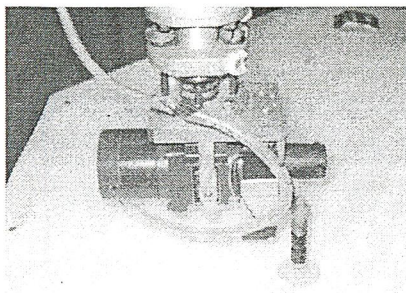
คอนโทรลเลอร์ ทำหน้าที่เป็นส่วนควบคุมหลักในการทำงานของหุ่นยนต์ซึ่งตัวควบคุมจะติดต่อกับโปรแกรมผ่านทางพอร์ตอนุกรมจะรับคำสั่งจากโปรแกรม Visual Basic 6.0 มาโดยคอนโทรลเลอร์ชุดนี้จะมีชุดคำสั่งพิเศษ เพื่อใช้ในการสั่งงานรูปแบบต่าง ๆ เพราะฉะนั้นการเขียนโปรแกรมในการควบคุมการทำงานของคอนโทรลเลอร์นั้น จำเป็นต้องทำการศึกษาชุดคำสั่งของคอนโทรลเลอร์เสียก่อน ซึ่งชุดคำสั่งของคอนโทรลเลอร์นั้นจะแนบมาในภาคผนวก

คอนโทรลเลอร์ชุดนี้ไม่เพียงแต่ควบคุมการขับเคลื่อนมอเตอร์เท่านั้นแต่ยังควบคุมทางด้านอินพุทเอาต์พุทโมดูล เพื่อไปควบคุม End Effector อีกด้วย

คอนโทรลเลอร์ชุดนี้สามารถควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ได้ 4 แกนด้วยกันเพราะฉะนั้นจึงสามารถนำมาใช้กับ SCARA ROBOT ได้อย่างเหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4.3 ส่วนอุปกรณ์ใช้งาน END EFFECTER



ภาพที่ 3.34 แสดง END EFFECTER

ส่วนของ END EFFECTER นี้เป็นส่วนประยุกต์ใช้งานหุ่นยนต์ รายละเอียดเกี่ยวกับ End Effector นั้นสามารถดูได้จากบทที่ 2 ในส่วนของ End Effector การเลือกใช้งานก็แล้วแต่เราจะเอาไปใช้ทำอะไร อย่างการใช้งานของโครงการนี้เราจะใช้ End Effector 2 ชนิดด้วยกัน คือ

#### 3.4.3.1 หัวดูดสุญญากาศ

ใช้สำหรับงานจับหลักการทำงานจะอาศัยลมดูดของก๊วยคืด ส่วนหากจะวางของก็เพียงแค่หยดจ่ายลมเท่านั้นเอง

#### 3.4.3.2 หัวที่ใช้สำหรับจำลองงานเชื่อมไฟฟ้า

เนื่องจากเนื่องจากหุ่นยนต์ตัวนี้เป็นต้นแบบ เพราะฉะนั้น การทำการทดลองจึงใช้วัสดุที่สามารถประยุกต์ใช้งานแบบหาได้ง่าย ซึ่งในส่วนนี้จึงมีการนำเอาดินสอมาติดกับแขนหุ่นเพื่อใช้ทดลองในการเขียนเป็นรูปเรขาคณิต

### 3.4.4 ส่วนขับเคลื่อนมอเตอร์ Motor Drive



ภาพที่ 3.35 แสดงชุดขับเคลื่อนมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนของ Drive Motor นี้ทำหน้าที่ในการขับเคลื่อนมอเตอร์ตามที่คอนโทรลเลอร์ ได้สั่งงานมาซึ่งตัว Drive Motor นี้ทำหน้าที่ไม่เพียงทำหน้าที่ขับเคลื่อนมอเตอร์เท่านั้นแต่ยังมีการเชื่อมต่อกับ End Coder เพื่อความแม่นยำได้หมุนไปตามที่เราได้สั่งงานครบหรือยังด้วย

Drive Motor นี้ยังทำหน้าที่เป็น Electronic Gear กล่าวคือเราสามารถเปลี่ยนความเร็วและความเร่งในการหมุนมอเตอร์ ได้โดยการสั่งงานจากคอนโทรลเลอร์นั่นเอง

สำหรับค่าพัลส์ที่ไปควบคุมมอเตอร์ในจำนวน 1 รอบการหมุนของมอเตอร์จะขึ้นอยู่กับว่าเราจะตั้งให้เป็นค่าเท่าไร ซึ่งในการควบคุมหุ่นยนต์ SCARA นี้ใช้ค่าเท่ากับ 512 พัลส์

#### 3.4.5 ส่วนอินพุทและเอาต์พุทโมดูล



ภาพที่ 3.36 แสดงบอร์ดอินพุทและเอาต์พุทโมดูล

ในการทดลอง โครงการนี้ ส่วนอินพุท และ เอาต์พุทโมดูล จะทำหน้าที่ ในการตัดต่อการทำงานของปั๊มลม โดยการควบคุม Solenoid Valve เพื่อควบคุมการเปิด-ปิดลมนั่นเอง

## บทที่ 4

### การทดลองและผลการทดลอง

#### 4.1 กล่าวนำ

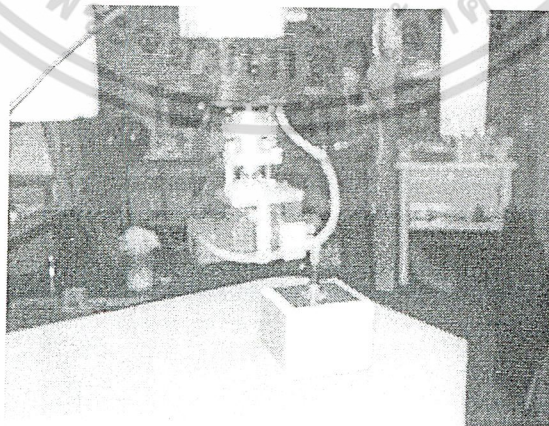
ในการทำงานของหุ่นยนต์ SCARA ในการทดลองนี้ หุ่นยนต์จะทำงานในระนาบเดียวโดยเป็นระนาบที่ตั้งฉากกับพื้น และมีส่วน Tool เป็นตัวทำงาน สำหรับโปรแกรมที่เขียนขึ้นมาใช้งาน การควบคุมการทำงานจะรับค่าเป็นจุด  $x$ ,  $y$  และ  $z$  จากผู้ใช้ผ่านทางหน้าจอกอมพิวเตอร์ จากนั้นโปรแกรมจะทำหน้าที่ในการแปลงจากระบบพิกัดฉากมาเป็นค่าให้อยู่ในรูปของมุม สำหรับให้แต่ละแกนของหุ่นยนต์ ซึ่งจะมีอยู่ 2 มุมที่สามารถทำให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ได้คือ มุม  $\phi_1$  และ  $\phi_2$  ส่วนค่าของ  $z$  จะอยู่ในรูปของระยะทางมีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

#### 4.2 ส่วนการเคลื่อนที่ของตัวหุ่นยนต์

สามารถแบ่งการทดลองเป็นตาม โปรแกรมดังนี้

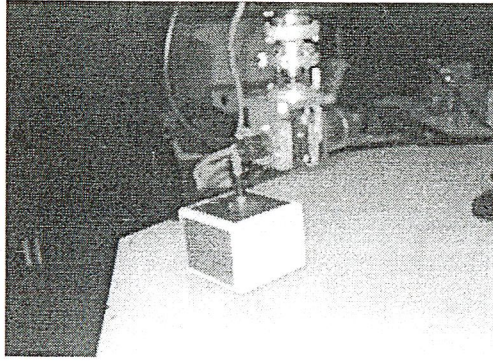
##### 4.2.1 โปรแกรมใช้งานการจับวัตถุ

การทดสอบทำได้โดยการป้อนข้อมูลสำหรับการเคลื่อนที่ของ แขนหุ่นยนต์ แต่ละแกนด้วยโปรแกรมที่เขียนขึ้นมา แล้วดูว่าการเคลื่อนที่ถูกต้องเป็นไปตามที่เราเขียน โปรแกรมควบคุมไว้หรือไม่ ตลอดจนหุ่นยนต์สามารถหยุดค้างรอการหยิบและปล่อยของตรงตามตำแหน่งที่เราต้องการหรือไม่ จากภาพแสดงให้เห็นการทำงานของหุ่นยนต์ซึ่งจากการทำงานสามารถทำตามโปรแกรมที่เราสั่งการจากคอมพิวเตอร์

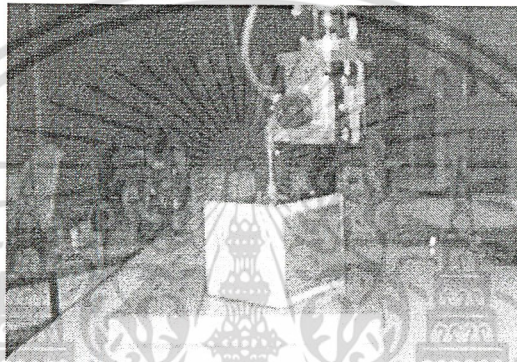


ภาพที่ 4.1 แสดงการทำงานขณะจับวัตถุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



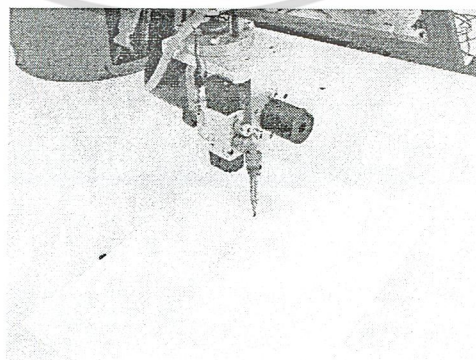
ภาพที่ 4.2 แสดงการทำงานขณะจับวัตถุเคลื่อนที่



ภาพที่ 4.3 แสดงการทำงานขณะวางวัตถุ

#### 4.2.2 โปรแกรมสำหรับงานเชื่อมไฟฟ้า

การทดลองนี้เนื่องจากเครื่องมือและอุปกรณ์ ที่ใช้ทำงานจริง ไม่พร้อมดังนั้นการทดลองจึงทำได้เพียงการจำลองให้เห็นการทำงานโดยการเคลื่อนที่ตามแนวการเชื่อมเท่านั้น สำหรับรอยเชื่อมจะเป็นแบบรอยเส้นตรงและแนวเส้นวงกลม



ภาพที่ 4.4 แสดงการทำงานขณะจำลองการเชื่อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.3 ส่วนของซอร์ฟแวร์

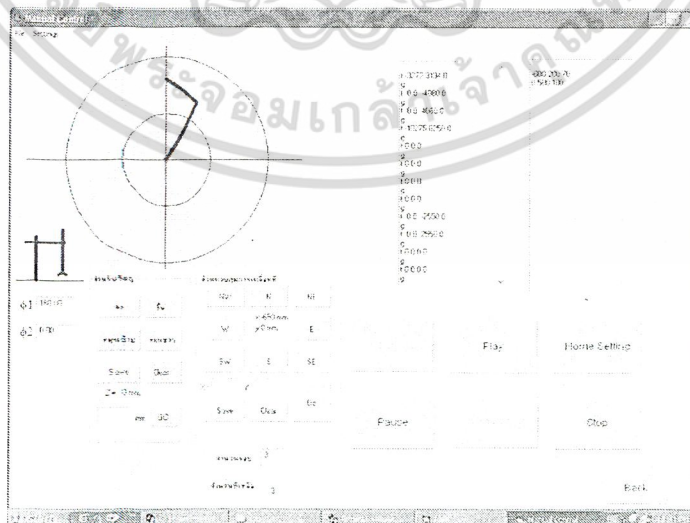
การทดลอง ในส่วนของซอร์ฟแวร์นี้จะเป็นการรับส่งข้อมูลของตัวควบคุมกับคอมพิวเตอร์ ซึ่งจากการทดลอง เมื่อทำการส่งค่าจากคอมพิวเตอร์หลังจกมีการกดปุ่มเพื่อส่งค่าสำหรับ ควบคุม การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แล้ว จะพบว่าแขนของหุ่นยนต์แต่ละส่วนสามารถเคลื่อนที่ ได้อย่างถูกต้อง ตามที่เราต้องการ นั่นแสดงว่า ตัวควบคุมสามารถรับรู้ถึงข้อมูลที่เราทำการส่งจากโปรแกรม ได้อย่าง ถูกต้อง

สามารถแบ่งการส่งข้อมูลของซอร์ฟแวร์ตามการทดลองดังนี้

#### 4.3.1 โปรแกรมงานหยิบจับวัตถุ

##### ขั้นตอนการทดลอง

1. เป็น โปรแกรมแล้วใส่ค่าของจุดที่กล้องวางอยู่ จุดแรก x600, y200, z70 mm และจุดที่สองหรือจุดที่นำกล้อง ไปวาง x-200, y500, z70 mm ซึ่งจุดที่วางนี้อ้างอิงจากพื้นที่ทำงาน
2. กดปุ่ม Calculate เพื่อนำค่า x,y และ z ไปคำนวณหามุม  $\phi_1$  และ  $\phi_2$
3. ป้อนตัวเลขจำนวนรอบในการจับกล่องจากจุดแรกไปจุดที่สอง
4. กดปุ่ม Play เพื่อให้หุ่นยนต์ทำงาน ครั้งแรกทำการ Mark ตำแหน่งที่จับวัตถุและวางวัตถุ ด้วยคินสอ
5. กดปุ่ม Play อีกครั้งแล้วดูว่าผลจากการทำงานสามารถจับและปล่อยตรงจุดแรกหรือไม่ แล้วบันทึกผลที่ตลาดเคลื่อนลงในตาราง
6. เมื่อครบรอบการทำงานให้กดปุ่ม Play อีก จนครบตามตารางพร้อมกับบันทึกผล
7. ใส่จำนวนรอบใหม่ดังตารางแล้วทำตามข้อ 5 และ6



ภาพที่ 4.5 แสดง โปรแกรมและข้อมูลที่ส่งขณะใช้ในงานหยิบจับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดลองโปรแกรมจับวัตถุ

จำนวนรอบที่กำหนด		ระยะคลาดเคลื่อนจากจุดเดิม(มม.)					ค่าเฉลี่ย(มม.)
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	
1	จับ	0.42	0.41	0.35	0.38	0.27	0.366
	วาง	0.40	0.39	0.40	0.39	0.38	0.392
2	จับ	0.41	0.40	0.43	0.40	0.39	0.406
	วาง	0.38	0.40	0.39	0.42	0.38	0.394
3	จับ	0.41	0.35	0.38	0.39	0.41	0.388
	วาง	0.45	0.44	0.44	0.38	0.39	0.420
4	จับ	0.41	0.40	0.41	0.42	0.39	0.406
	วาง	0.38	0.42	0.40	0.41	0.39	0.400
5	จับ	0.42	0.39	0.39	0.39	0.40	0.396
	วาง	0.41	0.38	0.38	0.38	0.39	0.388

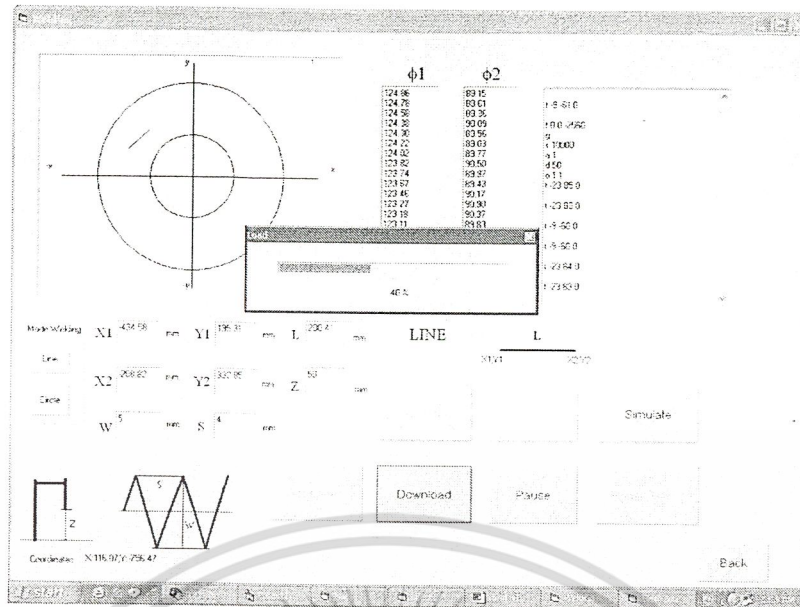
จากการทดลองจะเห็นการทำงานของโปรแกรมสำหรับควบคุมการเคลื่อนที่ แบบจุดต่อจุด ซึ่งการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์เกิดจากการที่ตัวควบคุมสามารถรับรู้ข้อมูลที่ถูกส่งมาจากโปรแกรม และสามารถประมวลผลอย่างถูกต้อง สำหรับผลการทดลองจะเห็นได้ว่าจุดผิดพลาดที่เกิดขึ้นมีค่าไม่เกิน 0.5 มิลลิเมตร

#### 4.3.2 โปรแกรมสำหรับงานเชื่อมไฟฟ้า

##### ขั้นตอนการทดลอง

1. เปิดโปรแกรมขึ้นมาแล้วทำการลากเส้นตรงให้ได้ขนาดต่างๆ ตามตาราง
2. กดปุ่ม Calculate เพื่อคำนวณหามุม  $\phi_1$  และ  $\phi_2$
3. กด Download เพื่อให้หุ่นยนต์ทำงานตามคำสั่งที่โปรแกรม
4. วัดขนาดความยาวของเส้นตรง ระยะ w และ 3 และบันทึกผลทดลอง
5. กดปุ่ม Download ซ้ำอีกแล้ววัดขนาด และบันทึกค่าลงในตาราง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



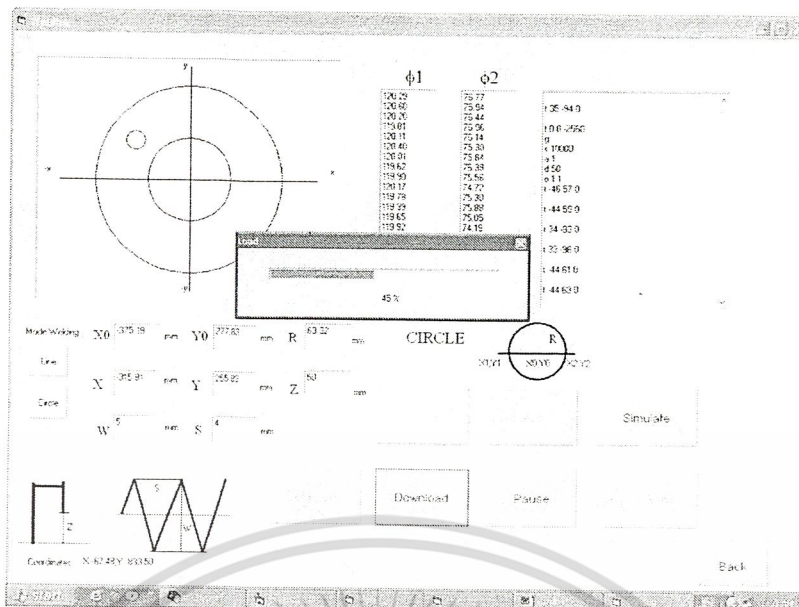
ภาพที่ 4.6 แสดงโปรแกรมขณะทำงานเชื่อมแบบเส้นตรง

ภาพที่ 4.7 แสดงแนวรอยการเชื่อมแบบเส้นตรง

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการทดลองโปรแกรม เชื่อมแบบเส้นตรง

ครั้งที่ / ความยาว(mm)	1	2	3	4	5	เฉลี่ย	Error
100	101.9	101.3	101.5	101.8	101.3	101.56	1.56%
150	154.6	154.4	154.8	154.2	154.9	154.58	3.05%
200	206.1	205.7	206.2	205.9	206.1	206.00	3.00%
250	255.3	254.9	255.4	255.2	255.1	255.18	2.07%
300	304.8	304.7	304.1	304.0	305.2	304.56	1.52%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.8 แสดงโปรแกรมขณะทำงานเชื่อมแบบเส้นวงกลม

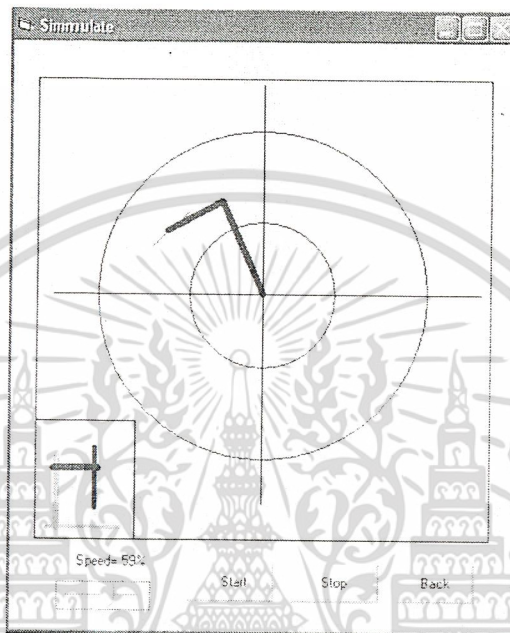
ภาพที่ 4.9 แสดงแนวรอยการเชื่อมแบบเส้นวงกลม

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการทดลองโปรแกรม เชื่อมแบบเส้นวงกลม

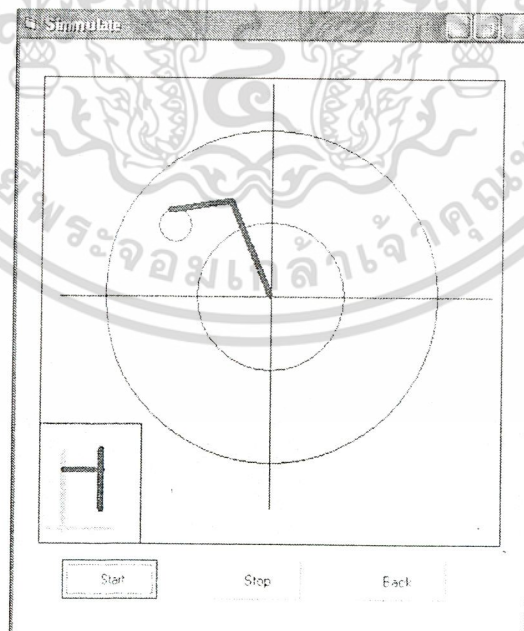
ครั้งที่ / เส้นผ่าศูนย์กลาง(mm)	1	2	3	4	5	เฉลี่ย	Error
50	54.2	53.9	54.1	53.8	54.2	54.04	8.08%
100	105.2	105.3	104.9	104.8	105.1	105.06	5.06%
200	204.1	204.2	204.1	204.3	203.9	204.12	2.06%
300	305.2	304.8	304.9	305.0	304.8	304.94	1.65%
400	403.5	404.1	403.2	403.1	404.1	403.60	0.9%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองสามารถทำให้เห็นการเคลื่อนที่ตรงตามตำแหน่งที่เราสั่งงานได้โดยจุดเริ่มต้น และจุดปลายของรอยเชื่อมเป็นไปตามที่เราโปรแกรมในคอมพิวเตอร์ และจากผลการทดลองจะเห็นว่าความยาวของเส้นแนวการเชื่อมยังมีความผิดพลาดอยู่ ทั้งนี้อาจเกิดจากความยาวของแขนหุ่นยนต์ ซึ่งการปรับเทียบไม่ตรงกับค่าจริง สำหรับการทำงานนี้ยังสามารถแสดงให้เห็นแบบจำลองบนคอมพิวเตอร์ได้อีกด้วย



ภาพที่ 4.10 แสดงภาพจำลองการเคลื่อนที่ของการเชื่อมแบบเส้นตรง



ภาพที่ 4.11 แสดงภาพจำลองการเคลื่อนที่ของการเชื่อมแบบเส้นวงกลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.4 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่า ในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ในแบบจุดต่อจุดนั้น ตำแหน่งที่ได้จะมีความเที่ยงตรงมากกว่า เพราะว่าการคำนวณมุมสำหรับแต่ละแกนจุดมีจำนวนของข้อมูลน้อยกว่า ดังนั้นเมื่อทำเป็นรหัสเพื่อส่งไปให้ตัวควบคุมประมวลผลแล้ว จะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ทั้งไปและกลับมีค่าเท่าเดิมตลอด จะเห็นได้จากผลการทดลองในตารางของ โปรแกรมหยิบจับวัตถุว่ามีความผิดพลาดจากจุดเดิมน้อยมากคิดเป็นเปอร์เซ็นต์แล้วมีค่าไม่เกิน 1 เปอร์เซ็นต์ ส่วนของการเคลื่อนที่แบบต่อเนื่องนั้นความผิดพลาดจะมีค่าสูงกว่าเพราะว่าการป้อนรหัสให้ตัวควบคุมนั้นจะเป็นค่าที่ไม่มีจุดทศนิยมเช่น 1000 -500 1024 เป็นต้น จึงทำให้ค่าที่คำนวณมาซึ่งเป็นจุดทศนิยมถูกตัดออกไปในลักษณะของการปัดจุดขึ้นหรือลงก็ขึ้นอยู่กับค่าของจุดทศนิยมนั้นๆ ดังนั้นเมื่อจำนวนของข้อมูลมีมากจะทำให้เกิดความผิดพลาดแบบสะสมได้ และอีกอย่างหนึ่งที่ทำให้เกิดความผิดพลาดขึ้นก็คือค่าของ Link ทั้งสองแกน ซึ่งในการทดลองไม่ใช่ค่าจริง Specification ของตัวหุ่นยนต์ เพราะเป็นหุ่นยนต์ที่เลิกผลิตไปนานแล้ว เมื่อทำการสอบถามไปยังผู้ผลิตจึงไม่ทราบในข้อมูลส่วนนี้ ดังนั้นจึงทำการหาค่านี้ได้โดยการวัดและทดลองอย่างละเอียดเป็นไปตามหลักทางวิศวกรรม แต่ก็ยังมีค่าความผิดพลาดอยู่เพราะไม่ใช่ค่าที่แท้จริง ดังจะเห็นได้ดังตารางของการทดลองการเคลื่อนที่หุ่นยนต์ในการจำลองเชื่อมทางไฟฟ้าว่ายังมีความผิดพลาดอยู่

## สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

### 5.1 สรุปโครงการงาน

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นการศึกษาเกี่ยวกับหุ่นยนต์ SCARA ซึ่งทำการศึกษาดังแต่ทฤษฎี การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ แล้วทำการคำนวณหาสมการ Inverse และ Direct Kinematics ซึ่งเป็น สมการที่สำคัญเกี่ยวกับหุ่นยนต์นี้ รวมไปถึงการออกแบบและสร้างส่วนประกอบที่สำคัญต่างๆ ของ หุ่นยนต์ เช่น ตัวยึดมอเตอร์เข้ากับแขนหุ่นยนต์ และส่วนประกอบของพื้นที่ทำงานของหุ่นยนต์ เป็น ต้น ในส่วนของโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์นั้นก็ได้ทำการเขียนขึ้นมาด้วยโปรแกรม Visual Basic ซึ่ง โปรแกรมนี้เป็นส่วนสำคัญที่จะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ ตรงตามจุดที่เรากำหนดไว้บน พื้นที่ทำงาน สรุปแล้วการทำวิจัยโครงการนี้ก็เพื่อที่จะศึกษาถึงวิธีการที่จะทำการควบคุมให้หุ่นยนต์ ทำงานตามลักษณะงานประเภทต่างๆ ที่เราจะสามารถประยุกต์ใช้งานได้ สำหรับโครงการนี้ก็ทำได้ทำ การประยุกต์ใช้งานหุ่นยนต์ เป็นฟังก์ชันหลักๆ ก็คือ การประยุกต์ใช้งานเกี่ยวกับการหยิบจับวัตถุ และการจำลองการเคลื่อนที่สำหรับงานเชื่อมไฟฟ้า

### 5.2 ปัญหาที่พบ

เนื่องจากหุ่นยนต์ SCARA ที่นำมาใช้งานนี้เป็นหุ่นยนต์ตัวเก่าซึ่งใช้งานไม่ได้แล้ว ดังนั้น การนำมาใช้งานใหม่ก็ย่อมเกิดปัญหาหลายๆ ส่วนด้วยกัน คือ

1. อุปกรณ์ที่ใช้ในการขับเคลื่อน เช่น มอเตอร์ และ ตัวจับ ก็ต้องมีการเปลี่ยนใหม่เพื่อให้ ใช้งานกับหุ่นยนต์ได้ ดังนั้นปัญหาที่พบคือ มอเตอร์เข้ากับตัวหุ่นยนต์ไม่ได้ จึงต้องมีการออกแบบตัวยึด ใหม่ เพื่อให้ใช้งานได้
2. ความยาวของแขนหุ่นยนต์ไม่สามารถทราบค่าจริงจากผู้ผลิตได้ เนื่องจากหุ่นยนต์ตัวนี้ เป็นรุ่นที่บริษัทผู้ผลิตไม่ทำการผลิตแล้ว ดังนั้นค่าที่ใช้ในปัจจุบันได้มาจากการทดลองจากการ ทำงานจริง แล้วปรับให้ใกล้เคียงกับความยาวจริงให้มากที่สุด
3. การใช้โปรแกรม Visual Basic ที่ใช้เขียน เป็นโปรแกรมควบคุมซึ่งผู้จัดทำไม่เคยใช้มา ก่อนดังนั้นการใช้งานจึงต้องมีการศึกษาและ เขียนโปรแกรมไปพร้อมๆ กัน จึงเกิดปัญหาขึ้นมาก ต้องอาศัยการสอบถามจากผู้ที่เคยใช้งานมาแล้ว และดูตัวอย่างจากหนังสือประกอบกัน

### 5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนา

หุ่นยนต์ SCARA นี้ เนื่องจากเป็นหุ่นยนต์ที่ใช้งานในแนวระนาบแกน x-y ส่วนขับเคลื่อนมาจากตัวมอเตอร์ ซึ่งมีความเที่ยงตรงและแม่นยำ ดังนั้นจึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานจริง แบบต่างๆ ได้ เช่น การนำไปใช้งานร่วมกับเครื่องเชื่อมไฟฟ้า ทั้งแบบ 2 มิติ และ 3 มิติ รวมไปถึงใช้งานกัลดะเอียดได้ ขึ้นอยู่กับผู้ใช้งานจะเขียนโปรแกรมสั่งงานให้ทำงานแบบต่างๆ ได้



## บรรณานุกรม

สัจจะ จรัสรุ่งระวีวร, **Visual Basic 6.0**, พิมพ์ครั้งที่ 1, สำนักพิมพ์อินโฟเพรส, กรุงเทพฯ, 2545.

อรรถพล บุญยะโกคา และคณะ, **เรียนรู้และปฏิบัติการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอกผ่านพอร์ตอนุกรม**, พิมพ์ที่ บ.อิน โนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด, กรุงเทพฯ, 2546.

Paul, Nagy, Francis. , **Engineering Fundamental of Robotics**, Prentice Hall International (UK) Ltd., 1987

R.P. **Robot Manipulators: Mathematics, Programming and control**, The MIT Press, 1983

Scheinman, V.D., **Design of a Computer Manipulator**, Stanford Artificial Intelligence Laboratory, Stanford University, AIM 92, 1969

Snyder, W.E., **Industrial Robotics: Computer Interfacing and control**, Prentice Hall, 1985



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ข้อมูลเกี่ยวกับอุปกรณ์ Motion Controller

Mechcatronic laboratory division.  
 Department of Instrumentation Engineering.  
 Faculty of Engineering.  
 King Mongkuit Institute of Technology Ladkrabang.

+\*\*\*\*\* MOTION CONTROLLER OF MENU CHARACTER COMMAND\*\*\*\*\*+  
 | This program is a simple of four axis. Motion controller |  
 | operating on the Philips 89C51 RD+ CPU. State |  
 | motion signal on Port 1 (bit 10 to bit 17) |  
 + command -+ syntax -----+ function -----+

Null	N	Null value x y z.
Read	R	Report motion parameter.
Total para	T x y z v a	Initial set motion parameter.
Input buff	I para..cr..percent	Input motion sequent.
Motion	M	Replay motion sequent.
Go	G	Execute motion or start of motion.
Output logic	O n m	n= position of bit output 0-15 and m= data 0=off 1=on.
Input logic	B n m	n= position of bit output 0-23 and m= data 0 or 1 in logic condition.
Timer	D n	n= position of bit output 0-23 and n= delay time 0-255.
Byte logic	W0 n m	n= word 0-1, m= data 0-255.
Motion pause	WI	Read input output status.
	Space bar	Execute motion or start of motion.
x value is	0-50000	incremental.
y value is	0-50000	incremental.
z value is	0-50000	incremental.
p value is	0-50000	incremental.
s value is	400-20000	count.
a value is	1-20000	count.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Explanation of Model Codes

### ● Servo amplifier

**RYB 201 S 3 - V B C 6**

Code	Amplifier type
RYB	FALDIC-β standard

Code	Motor output
500	50×10 <sup>3</sup> = 50W
201	20×10 <sup>3</sup> = 200W

Code	Series
S	Standard

Order of development

Code	Input voltage
Omitted	3-phase 200V
6	Single-phase 100V

Code	Encoder, others
C	16-bit, exclusive for INC, standard

Code	Host interface
B	DI/DO (for pulse train only)

Code	Major functions
V	Pulse train/speed control

### ● Servomotor

**GYS 201 D C 1 - C 6 B - B**

Code	Motor type
GYS	Slim
GYC	Cubic

Code	Motor output
500	50×10 <sup>3</sup> = 50W
201	20×10 <sup>3</sup> = 200W

Code	Rated speed
D	3000r/min

Code	Installation method
C	By securing flange

Order of development

Code	Brake
Omitted	Not provided
B	Provided

Code	Oil seal, shaft
A	No oil seal, straight shaft with a key
B	No oil seal, straight shaft without a key

Code	Voltage
Omitted	200V
6	100V
8	Common to 100V and 200V

Code	Encoder
C	16-bit, exclusive for INC

### ● Gear head

**GYN 201 S A G - G09**

Code	Gear head type
GYN	Standard

Code	Motor output
500	50×10 <sup>3</sup> = 50W
201	20×10 <sup>3</sup> = 200W

Code	Motor type
S	Slim
C	Cubic

Code	Gear ratio
G09	1/9
G25	1/25

Code	Installation method
G	By securing flange

Order of development

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Basic Specifications

Amplifier type	500S3	101S3	201S3	500S3	101S3	201S3	401S3	751S3
RYB□□□□□□□□□□	-VBC6	-VBC6	-VBC6	-VBC	-VBC	-VBC	-VBC	-VBC
Series	Single-phase 100V series			3-phase 200V series				
Applicable motor output [W]	50	100	200	50	100	200	400	750
Input	Phase	Single phase input			3-phase input (Single phase input is possible if motor output is 400 W or less.)			
	Voltage	AC 100 to 115 [V] -15 % + 10 %			AC 200 to 230 [V] -15 % + 10 %			
	Frequency	50/60 [Hz]			50/60 [Hz]			
Output	Control system	Sinusoidal PWM current control (full digital)						
	Overload capability	3 [s] / 300 %						
	Braking	Dynamic braking to DC intermediate circuit with regenerative resistor (op) externally installed						
Encoder	16-bit serial encoder for incremental position detection (resolution/turn: 16 bits = 65536)							
Functions	Position control	Pulse train input						
	Max. pulse frequency	Input: 1 [MHz] (differential), 200 [kHz] (open collector), output: 500 [kHz] (differential)						
	Position control resolution	2 <sup>16</sup> (= 65536)/revolution						
	Frequency response	600 Hz (at J <sub>L</sub> = J <sub>M</sub> )						
	Max. speed	5000r/min						
Major new functions	Vibration suppressing control, notch filter, command follow-up control, new auto-tuning, servo analysis function (PC loader option)							
Protection (alarm)	Overcurrent (01, 02), overspeed (03), overvoltage (04), encoder trouble (05), control power trouble (06, 07), memory error (08), combination error (09), resistor overheat (10), encoder communication error (11), control signal error (12), motor overload (13), undervoltage (14), regenerative resistor overheat (15), excessive deviation (16), amplifier overheat (17), encoder overheat (18), initial error (19)							
Working conditions	Installation place	For indoors use at max. altitude of 1000 m. The installation place shall be free from dust, corrosive gas, or direct sunlight. To meet the European standard Pollution degree = 2, Over voltage category = II						
	Temp., humidity	-10 to +55 [°C], 10 to 90 [%] RH (without condensation)						
	Vibration/shock resistance	4.9 m/s <sup>2</sup> (0.5 G) / 19.6 m/s <sup>2</sup> (2G)						
Others	The amplifier conforms to UL508c (UL/cUL), and application filed to obtain CE marking (based on Low-voltage Directive EN50178).							
Mass [kg]	0.6	0.7	0.6	0.7	1.0			

\*Install an AC reactor if the connected power source capacity is 500kVA or over.

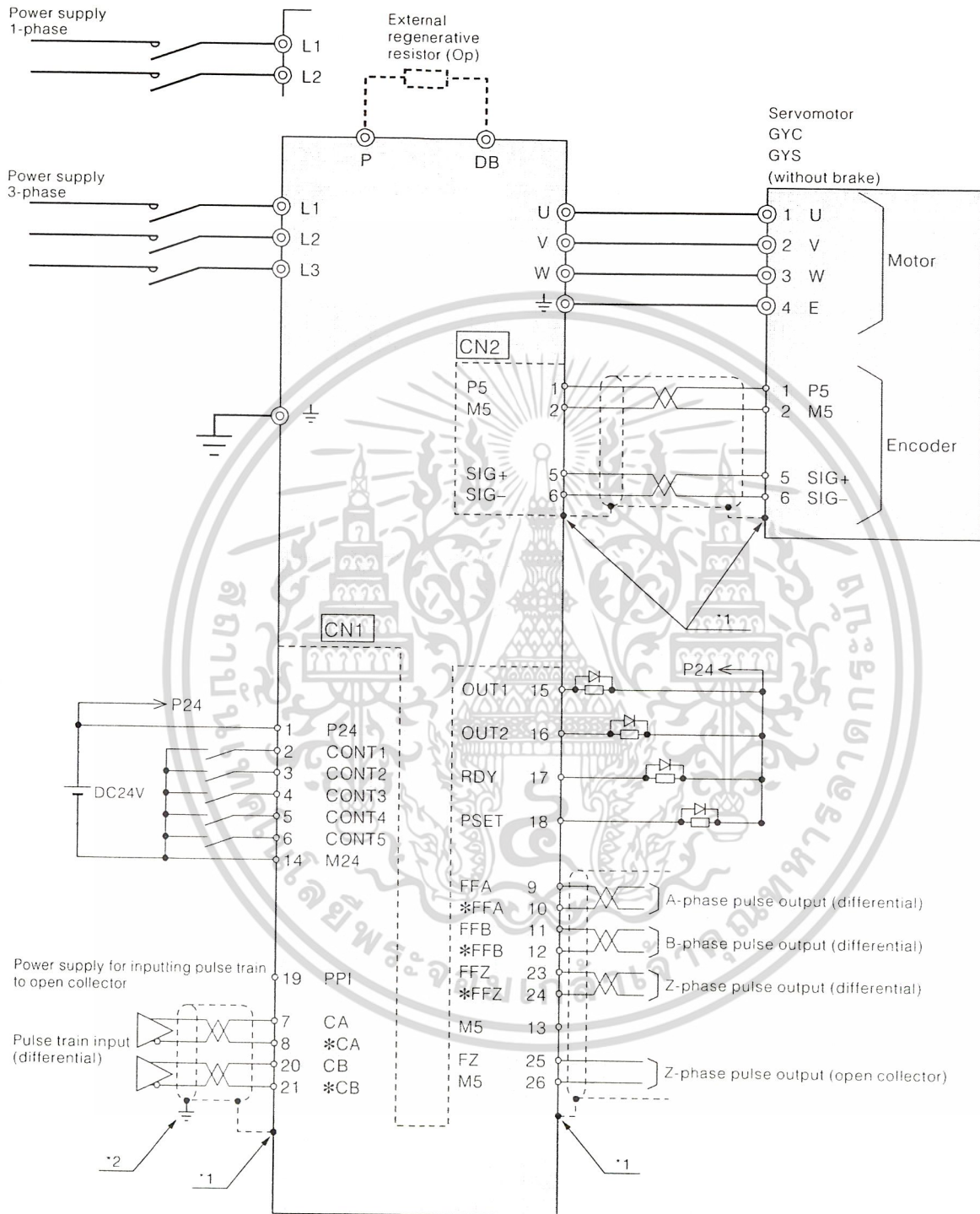
\*Ask us for the working conditions of the amplifiers installed side by side.

Interface Specifications

Terminal	Code	Specifications
Pulse train input	CA, *CA CB, *CB	Pulse train form Select with parameters from command pulse/code, forward/reverse rotation pulse, and two 90° phase-different signals.
	PPI	Pull-up power source input: 12 to 24V DC (open collector)
Frequency dividing output	FFA, *FFA FFB, *FFB FFZ, *FFZ	Differential output, two 90° phase-different signals output Setting output pulses: n = 16 to 16384 [pulses/rev]
	FZ, M5	Differential output [1 pulse/rev]
	P24 M24	Open collector output [1 pulse/rev] +24 V DC for sequence signals is input from outside. 300-mA power is required as external power source.
Power input for sequence signals		
Sequence input signal	Cont1 to Cont5	A terminal is ON when connected with M24, and OFF when disconnected. +24 V DC, 10 mA (one-point) Terminals can be assigned to each function by parameter setting.
Sequence output signal	RDY	ON while being connected with M24 terminal
	PSET	DC 30 V/50 mA (max.)
	OUT1, OUT2	OUT1 and OUT2 to which control output signals are assigned

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Connection Diagram (Reference)



\*1: Connect the shielded lines of CN1 and CN2 to the connector shell. The connector shell is connected with FG (earth)

\*2: Ground both ends of each shielded line. [Connect the amplifier side to the connector shell and the pulse generator side to FG (earth)]



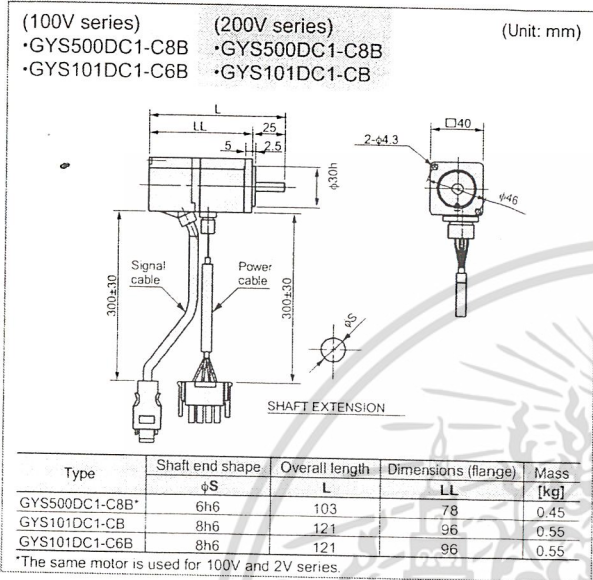
CAUTION

The above diagram is given as a reference for model selection. When actually using the selected servo system, make wiring connections according to the connection diagram and instructions described in the user's manual.

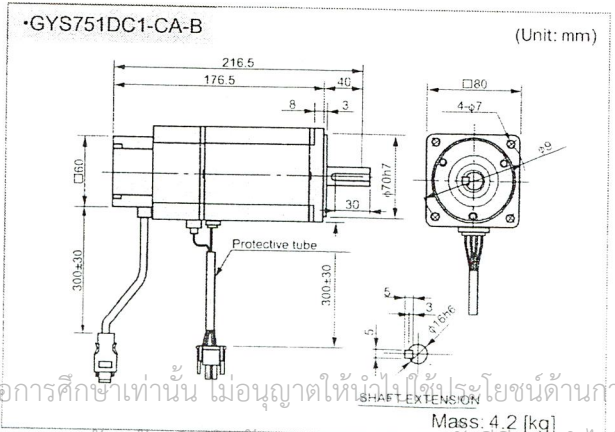
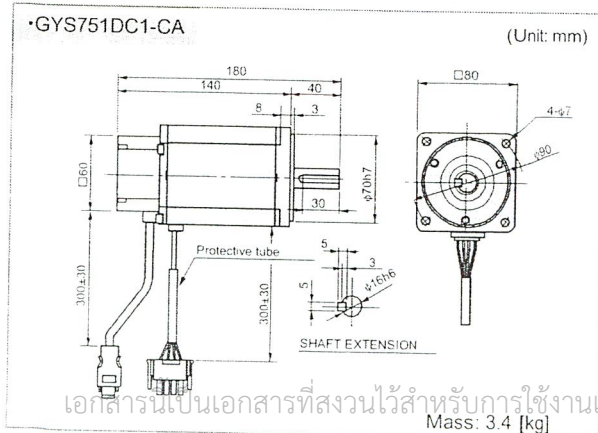
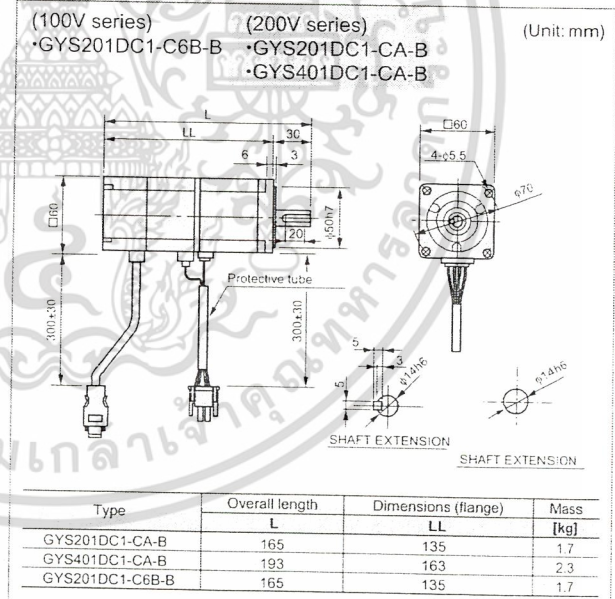
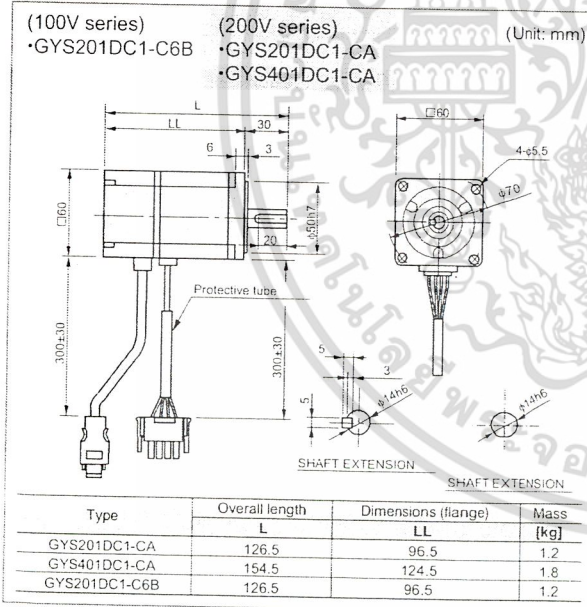
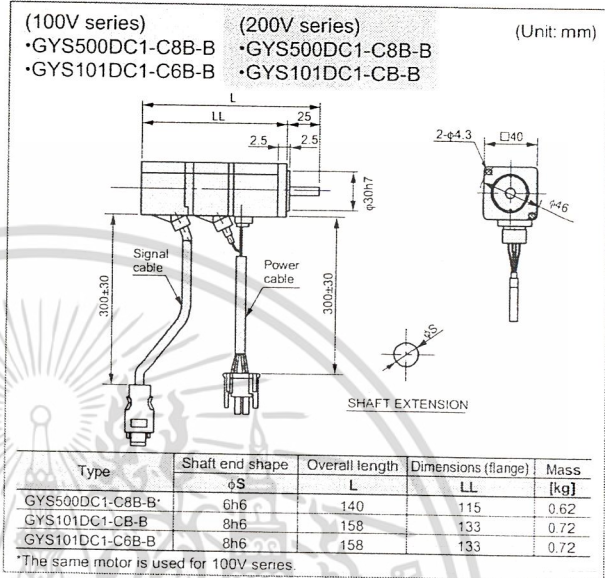
# External Dimensions

## Slim Type Servomotor

■ Series: GYS series motor of standard type



■ Series: GYS series motor with a brake



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้แก้ไขได้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรณีนำไปใช้

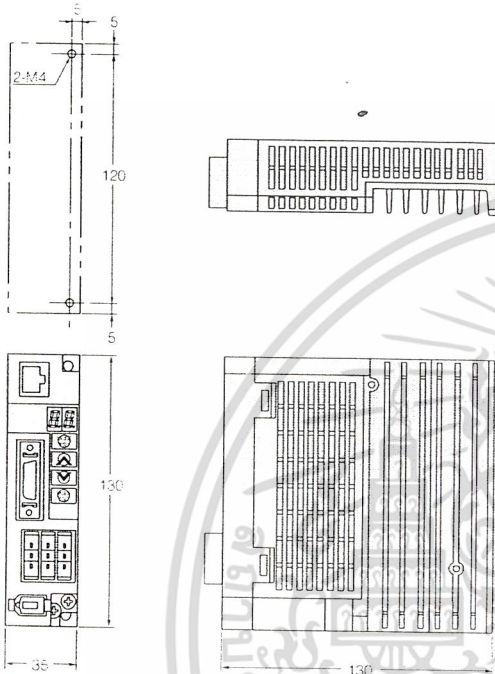
External Dimensions

Servo Amplifier

200V series 50W to 200W

100V series 50W, 100W

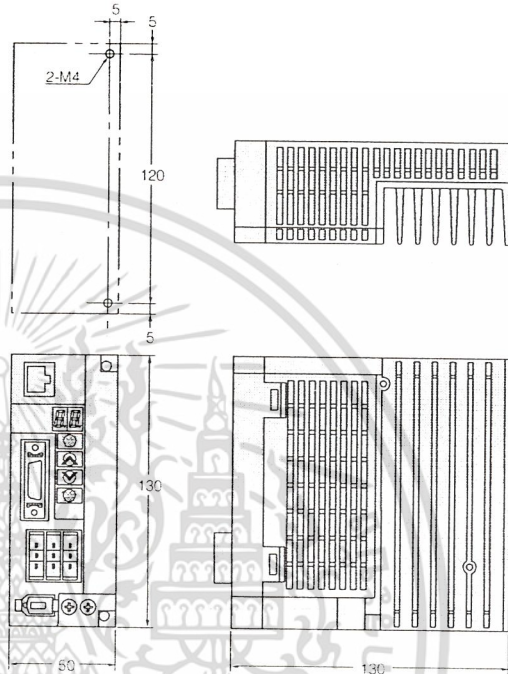
(Unit: mm)



200V series 400W

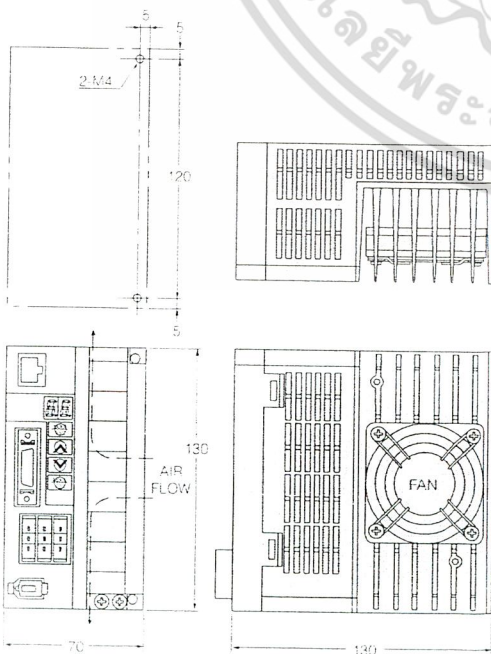
100V series 200W

(Unit: mm)



200V series 750W

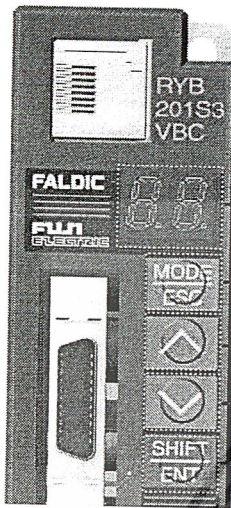
(Unit: mm)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Setup

## Keypad Panel



The servo amplifier is provided with a keypad panel. The keypad panel allows you to display amplifier status and to make various settings.

Two-digit 7-segment display  
- Indicates operation conditions, motor speed, and parameters.

Mode change key  
- Changes the mode (MODE).  
- Cancels the mode (ESC).

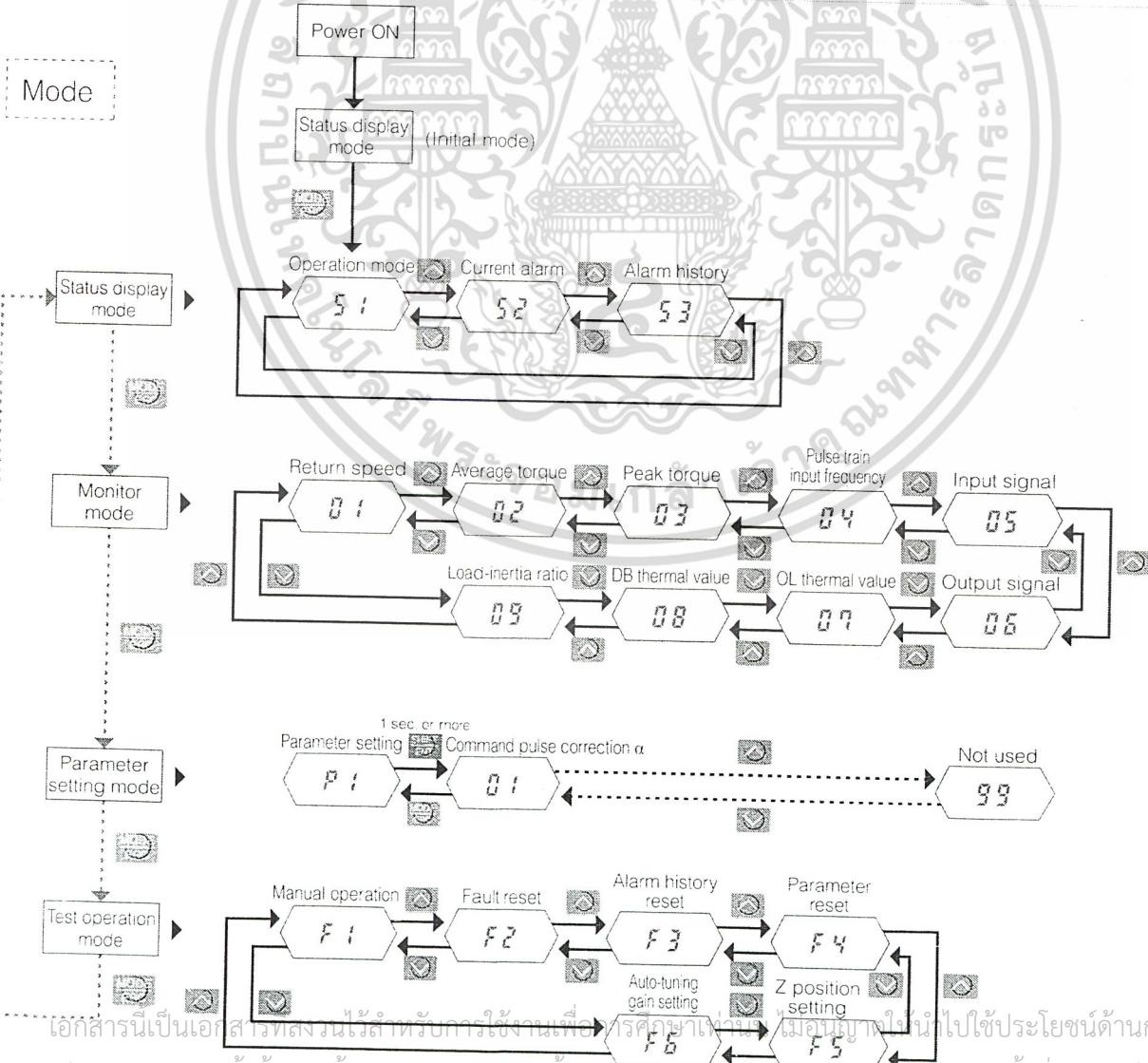
Sub-mode selection key (UP).  
- Increases the value (+1).

Sub-mode selection key (DOWN).  
- Decreases the value (-1).

Shift/Enter key  
- Shifts the data setting digit to the right (SHIFT+MODE).  
- Determines the mode or the value (ENT).

### 7- segment display

### 7-Segment Display



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อวัตถุประสงค์เท่านั้น ไม่ควรแก้ไขเนื้อหาไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Parameter List

Basic parameters

No.	Name
01	Command pulse correction $\alpha$
02	Command pulse correction $\beta$
03	Pulse train input form
04	Rotation direction change
05	Tuning mode
06	Load-inertia ratio
07	Auto-tuning gain
08, 09	Not used

Control system parameters

No.	Name
40	Position regulator gain 1
41	Speed response 1
42	Speed regulator integration time 1
43	Non-linear (S-curve) filter coefficient
44	Feed forward gain
45	Feed forward filter time constant
46	Torque filter time constant
47	Speed setting filter
48	Gain changeover factor
49	Gain changeover level
50	Gain changeover time constant
51	Position regulator gain 2
52	Speed response 2
53	Speed regulator integration time 2
54	Position gain added in settled state
55	Limit value added in settled state
56	Selection of command follow-up control
57	Notch filter 1 frequency
58	Notch filter 1 damping rate
59	Notch filter 2 frequency
60	Notch filter 2 damping rate
61	Anti-resonant frequency 0
62	Anti-resonant frequency 1
63	Anti-resonant frequency 2
64	Anti-resonant frequency 3
65 to 79	Not used

System parameters

No.	Name
10	CONT1 signal assignment
11	CONT2 signal assignment
12	CONT3 signal assignment
13	CONT4 signal assignment
14	CONT5 signal assignment
15	OUT1 signal assignment
16	OUT2 signal assignment
17	Output pulse count
18	Z-phase offset
19	Deviation zero width
20	Deviation over width
21	Speed zero width
22	Positioning end judgment time
23	Maximum current
24	Alarm detection at undervoltage
25	Computing electronic thermal relay for regenerative resistor
26	Dynamic brake active/inactive in OT detection
27	Parameter rewriting inhibit
28	Keypad panel initial display
29	Speed setting (for test operation)
30	Acceleration-deceleration time (for test operation)
31 to 39	Not used

Parameters for maker's adjustment

No.	Name
80	Reserved for maker 1
81	Reserved for maker 2
82	Reserved for maker 3
83	Reserved for maker 4
84 to 99	Not used

Do not change these parameters.

Function (Input signal) number assigned to system para.0 to 10

- 0 : Not assigned
- 1 : RUN
- 2 : RST
- 3 : +OT
- 4 : -OT
- 5 : Emergency stop
- 6 : P-action
- 7 : Deviation clear
- 8 : External regenerative resistor overheat
- 9 : Anti-resonant frequency 0
- 10 : Anti-resonant frequency 1

Function (Output signal) assigned to system para.0 to 5

- 0 : Not assigned
- 1 : Alarm detection (contact "a")
- 2 : Alarm detection (contact "b")
- 3 : Dynamic braking
- 4 : OT detection
- 5 : Emergency stop detection

## Peripherals

### Power cable size

Unit : mm<sup>2</sup>

Input power	Servo amplifier type	Capacity [kW]	Power source/motor cable	Brake cable
100V series 200V series	RYP500S3-□□□□	0.05	0.75	0.75
	RYP101S3-□□□□	0.1		
	RYP201S3-□□□□	0.2		
200V series	RYP401S3-□□□□	0.4		
	RYP751S3-□□□□	0.75		

### Circuit breaker

Input power	Servo amplifier type	Capacity [kW]	MCCB
100V series 200V series	RYP500S3-□□□□	0.05	SA33B/3
	RYP101S3-□□□□	0.1	
	RYP201S3-□□□□	0.2	
200V series	RYP401S3-□□□□	0.4	SA33B/10
	RYP751S3-□□□□	0.75	SA53B/15

### Earth-leakage circuit breaker

Input power	Servo amplifier type	Capacity [kW]	ELCB
100V series 200V series	RYP500S3-□□□□	0.05	EG33B/3
	RYP101S3-□□□□	0.1	
	RYP201S3-□□□□	0.2	
200V series	RYP401S3-□□□□	0.4	EG33B/10
	RYP751S3-□□□□	0.75	EG53B/15

### Electromagnetic contactor

Input power	Servo amplifier type	Capacity [kW]	MC
100V series 200V series	RYP500S3-□□□□	0.05	SC-5-1(19A)
	RYP101S3-□□□□	0.1	
	RYP201S3-□□□□	0.2	
200V series	RYP401S3-□□□□	0.4	
	RYP751S3-□□□□	0.75	

### Power filter

Input power	Servo amplifier type	Capacity [kW]	FHF
100V series 200V series	RYP500S3-□□□□	0.05	FHF-TA/5/250
	RYP101S3-□□□□	0.1	
	RYP201S3-□□□□	0.2	
200V series	RYP401S3-□□□□	0.4	FHF-TA/10/250
	RYP751S3-□□□□	0.75	FHF-TA/20/250

### AC reactor

Input power	Servo amplifier type	Capacity [kW]	Applied AC reactor type
200V series	3-phase	RYP500S3-□□□□	0.05
		RYP101S3-□□□□	0.1
		RYP201S3-□□□□	0.2
		RYP401S3-□□□□	0.4
		RYP751S3-□□□□	0.75
	Single-phase	RYP500S3-□□□□	0.05
		RYP101S3-□□□□	0.1
		RYP201S3-□□□□	0.2
Single-phase 100V series	RYP401S3-□□□□	0.4	
	RYP500S3-□□□□6	0.05	
	RYP101S3-□□□□6	0.1	
	RYP201S3-□□□□6	0.2	

### External regenerative resistance

Input power	Servo amplifier type	Capacity [kW]	External regenerative resistance	External regenerative resistance (thin type)
3-phase 200V series	RYP500S3-□□□□	0.05	WSR-401	WSR-401-T
	RYP101S3-□□□□	0.1		
	RYP201S3-□□□□	0.2		
	RYP401S3-□□□□	0.4		
	RYP751S3-□□□□	0.75		

เอกสารนี้เป็นเอกสารของบริษัทใช้สำหรับการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้