

คู่มือปฏิบัติการวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

ระบบแขนกล

(Robot Arm System)

1. จุดประสงค์

- 1.1 เพื่อให้เข้าใจถึงการทำงานของระบบแขนกลเบื้องต้นและการประยุกต์ใช้งาน
- 1.2 เพื่อให้เข้าใจถึงส่วนประกอบต่างๆ ของระบบแขนกล
- 1.3 สามารถเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานของระบบแขนกลได้

2. เป้าหมาย

- 2.1 นิสิตมีความเข้าใจหลักการทำงานเบื้องต้น และอุปกรณ์พื้นฐานของระบบแขนกล
- 2.2 นิสิตสามารถเขียนโปรแกรมเพื่อประยุกต์ใช้งานระบบแขนกลในงานต่างๆตามที่ต้องการ

3. จำนวนนิสิตในการปฏิบัติการ

นิสิตระดับปริญญาตรีกลุ่มละ 5-10 คน

4. อุปกรณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติการ

- 4.1 แขนกลรุ่น Gryphon ของบริษัท Feedback
- 4.2 ชุดควบคุมโดยตรงของระบบแขนกล (Tech Pendant & Simulator)
- 4.3 คอมพิวเตอร์ 1 ชุด (Personal Computer)
- 4.4 การ์ดเชื่อมต่อ(ISA Card) และสายต่อเชื่อมกับระบบแขนกล

5. ทฤษฎีพื้นฐาน

5.1 ความหมาย

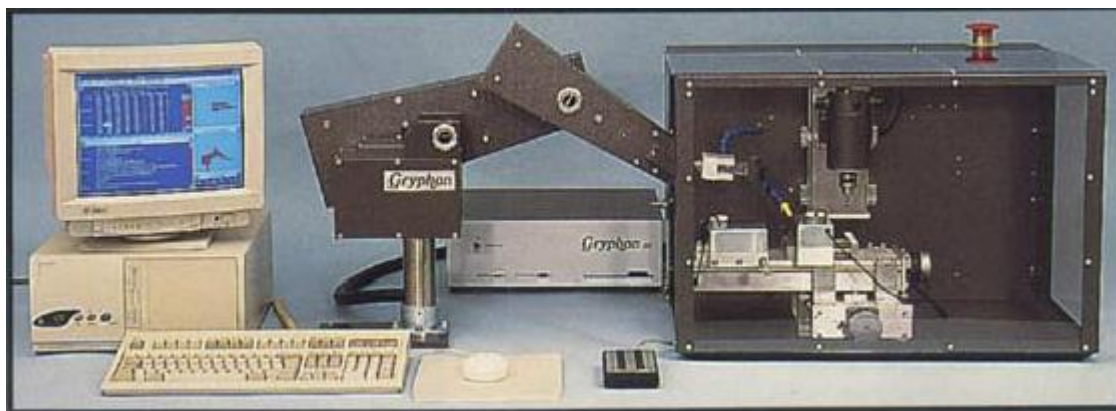
ระบบแขนกล (Robot Arm System) คือ ระบบการทำงานที่มีการใช้เครื่องจักรกลทำงานแทนทรัพยากรมนุษย์ ในกรณีนี้มีลักษณะเป็นเหมือนแขนของคน ใช้สำหรับงานที่มีการหยิบจับ และเคลื่อนย้ายวัตถุจากตำแหน่งหนึ่งไปอีกตำแหน่งหนึ่ง

การใช้งานของระบบแขนกล เหมาะสำหรับใช้ในงานที่มีความอันตรายเกินกว่าที่จะเสี่ยงให้มนุษย์ทำ เช่น งานหยิบจับวัตถุที่มีอุณหภูมิสูงๆ รวมถึงการนำมาใช้งานที่มีรูปแบบเดิมซ้ำซาก เพราะจะสามารถ

ตั้งโปรแกรมการทำงานของแขนกลให้ทำงานซ้ำแบบเดิมได้ จึงไม่เป็นการสิ้นเปลืองทรัพยากรมนุษย์ในการทำงาน และทำให้การทำงานไวขึ้น เนื่องจากไม่มีความเหนื่อยล้าเหมือนทรัพยากรมนุษย์

5.2 อุปกรณ์พื้นฐานของระบบแขนกล

การทำงานของระบบแขนกลจะประกอบไปด้วยอุปกรณ์ต่างๆ ดังนี้



รูปที่ 1 อุปกรณ์ต่างๆ ในระบบแขนกล

5.2.1 แขนกล (Robot Arm) คืออุปกรณ์ไฟฟ้าที่ประกอบด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่ตำแหน่งต่างๆ เพื่อให้ตัวแขนกลสามารถเคลื่อนไหวไปในทิศทางที่ต้องการได้ โดยรูปแบบการเคลื่อนไหวจะเหมือนกับการเคลื่อนไหวของแขนมนุษย์

5.2.2 อุปกรณ์บังคับ Tech Pendant เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับบังคับการเคลื่อนไหวของแขนกลไปที่ตำแหน่งต่างๆ ได้โดยตรง โดยบังคับที่ตัวมอเตอร์ไฟฟ้าที่ตำแหน่งต่างๆ ของแขนกล การเคลื่อนไหวจะเป็นแบบขั้น (Step) ต่อเนื่องกันไปเรื่อยๆ

5.2.3 อุปกรณ์บังคับ Simulator เป็นอุปกรณ์บังคับ ที่ใช้สำหรับบังคับการเคลื่อนไหวของแขนกลไปยังตำแหน่งที่ต้องการ เมื่อควบคุมตัว Simulator ไว้ที่ตำแหน่งไหน แขนกลก็จะเคลื่อนไหวไปที่ตำแหน่งเดียวกับตัว Simulator



Tech Pendant



Simulator

รูปที่ 2 Tech Pendant และ Simulator

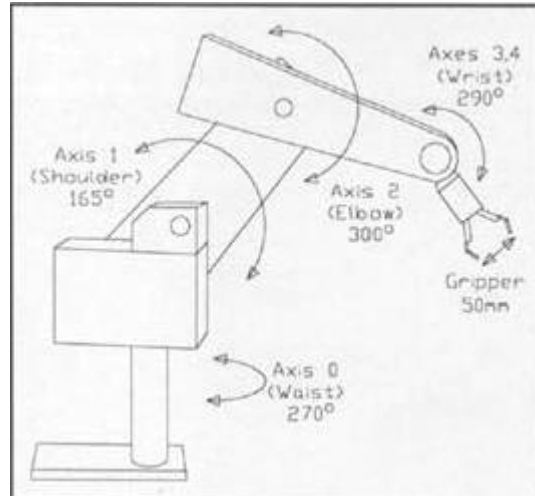
5.2.4 เครื่องคอมพิวเตอร์ (Personal Computer) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับควบคุมระบบการทำงานของแขนกล ผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยการกำหนดพิกัดของมอเตอร์ไฟฟ้าแต่ละตำแหน่งของแขนกลให้เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ตั้งไว้ในโปรแกรม ซึ่งสามารถตั้งการทำงานให้ทำซ้ำ วนเป็นรอบ (Loop System) ได้

5.2.5 การ์ดเชื่อมต่อ (RJ45 Interface Card) เป็นอุปกรณ์เชื่อมต่อการทำงานระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับระบบแขนกล สามารถส่งสัญญาณไปควบคุมการทำงานของแขนกล โดยผ่านสาย UTP ที่มีหัวต่อแบบ RJ 45 (สายเชื่อมระบบแลน (Lan System))

5.3 การเคลื่อนไหวของระบบแขนกล

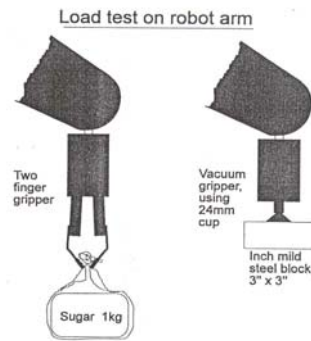
ระบบแขนกลสามารถเคลื่อนไหวโดยอาศัยการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้าที่แต่ละตำแหน่งของตัวแขนกล โดยมอเตอร์ในแต่ละตำแหน่งมีขนาดมุมที่สามารถเคลื่อนไปมาได้ไม่เท่ากัน โดยที่ระบบแขนกล รุ่น Gryphon มีมอเตอร์สำหรับการเคลื่อนไหวจำนวน 5 ตัว อยู่ที่ตำแหน่งต่างๆของแขนกล เพื่อให้แขนกลสามารถเคลื่อนไหวได้เหมือนดังแขนของมนุษย์ และมีระบบนิวแมติก (pneumatic) สำหรับเป็นคีมจับ (Gripper) แทนนิ้วมือ อีก 1 ตำแหน่ง

การเคลื่อนไหวและขนาดมุมสำหรับการเคลื่อนที่ในแต่ละตำแหน่งของแขนกล แสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 การเคลื่อนไหวของแขนกล Gryphon

สำหรับการเคลื่อนที่ของคีมจับ นอกจากจะใช้ระบบนิวแมติก ยังสามารถใช้อุปกรณ์อย่างอื่นมาใช้ เพื่อประยุกต์ให้เข้ากับการใช้งานได้ด้วย ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ตัวหนีบจับประเภทอื่นๆ

5.3.1 คุณลักษณะของแต่ละตำแหน่งของแขนกล Gryphon

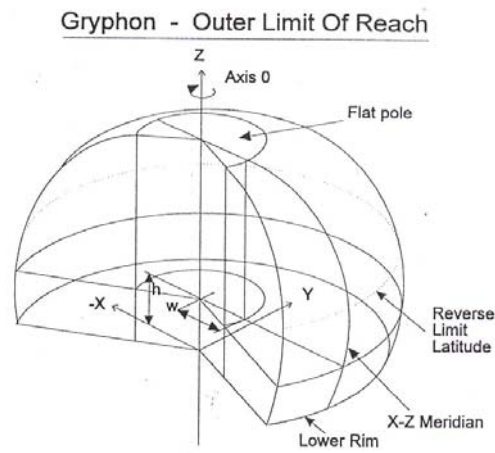
ในแต่ละตำแหน่งมีการเคลื่อนไหว และการใช้งานแทนส่วนต่างๆของมนุษย์แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณลักษณะของตำแหน่งต่างๆ ของแขนกล Gryphon

AXIS 0 (waist)	Angular Movement 270°	WRIST PITCH	Angular Movement 170°
	Axle centre from top of base 185 mm	WRIST ROLL	Angular Movement 290°
	Axis 1 Axle to column centre 50 mm	REPEATABILITY	0.5 mm
AXIS 1 (shoulder)		LIFTING	1000 gm at full reach
	Angular Movement 165°	REACH	652 mm from column centre
	Arm length between axle centres 225 mm	SPEED	Programmable Max 400 mm/sec
AXIS 2 (elbow)	Angular Movement 300°	CONTROL SYSTEM	Digital with incremental
	Arm length between axle centres 225 mm		encoders Axes 0, 1, 2 - 12,000
			counts/rev. Axes 3, 4 - 2,000
AXIS 3 (left wrist axle)	Angular Movement 290°		counts/rev.
		WORKCELL	Digital Outputs 8
		INTERFACE	Digital Outputs 8
AXIS 4 (right wrist axle)	Angular Movement 290°		Analogue Inputs 2 (12bit)

5.3.2 ขอบเขตการเคลื่อนที่ของระบบแขนกล Gryphon

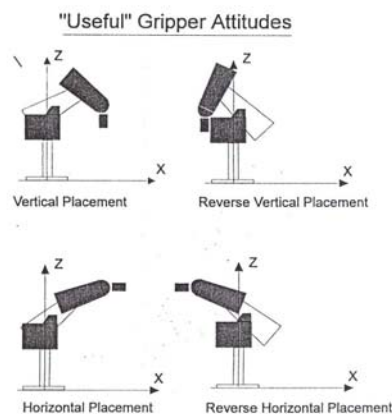
จากการที่มอเตอร์แต่ละตำแหน่งของระบบแขนกลมีการเคลื่อนที่เป็นมุมอย่างจำกัด ดังแสดงในรูปที่ 3 เมื่อเอาขอบเขตการเคลื่อนที่ของมอเตอร์แต่ละตำแหน่งมารวมกัน จะได้ขอบเขตการเคลื่อนที่ทั้งหมดของระบบแขนกล มีลักษณะดังรูปที่ 5



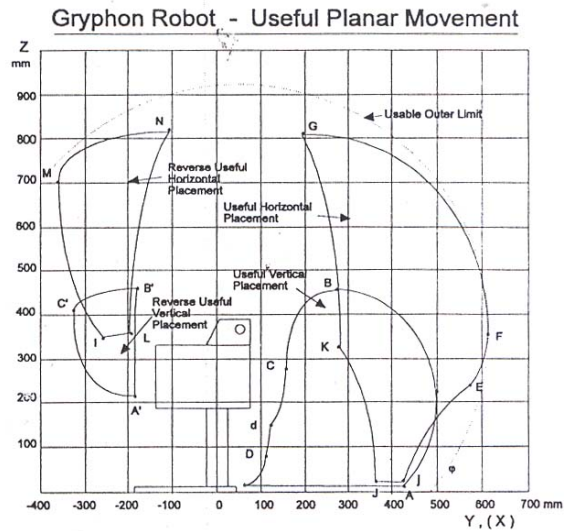
รูปที่ 5 ขอบเขตการเคลื่อนที่ของระบบแขนกล

5.3.3 ขอบเขตการใช้งานของระบบแขนกล

เมื่อแขนกลอยู่ที่ตำแหน่งต่างๆ ตำแหน่งหนึ่ง (แกน 0 ของแขนกลเป็นค่าพิกัดใดๆ ค่าหนึ่ง) ระบบแขนกลสามารถเคลื่อนไหวได้เป็นรูปแบบต่างๆ ได้ดังรูปที่ 6 และสามารถแสดงขอบเขตการใช้งานของแขนกลที่แกน 0 ตำแหน่งหนึ่งๆ ได้ดังรูปที่ 7



รูปที่ 6 รูปแบบการเคลื่อนไหวของแขนกล เมื่อแกน 0 คงที่

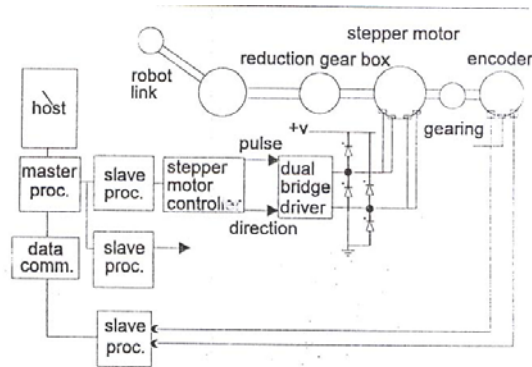


รูปที่ 7 ขอบเขตการใช้งานของแขนกล เมื่อแกน 0 คงที่

5.4 การควบคุมของระบบแขนกล

การเคลื่อนที่ของมอเตอร์ไฟฟ้าในแต่ละตำแหน่งของแขนกล จะอาศัยการควบคุมแบบป้อนกลับ โดยจะมีการสั่งการผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยจะส่งสัญญาณดิจิทัลไปที่ตัวถอดรหัส (encoder) ของระบบแขนกล ให้ไปสั่งมอเตอร์ที่ตำแหน่งต่างๆของแขนกล เคลื่อนที่ไปยังจุด (ตำแหน่ง) ที่ต้องการ

สัญญาณที่ป้อนกลับมาจากระบบแขนกล จะเป็นระยะห่างของจุดอ้างอิง (จุดที่ต้องการ) กับจุดที่แขนกลตัวนั้นอยู่ในปัจจุบัน เพื่อที่จะไปปรับเปลี่ยนค่าอัตราส่วนขยาย (Gain) ของอุปกรณ์ควบคุม เพื่อที่จะให้ระบบแขนกลสามารถไปยังตำแหน่งที่ต้องการได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ และมีลักษณะการเคลื่อนที่เป็นไปตามที่ต้องการ การควบคุมการทำงานของระบบแขนกลแสดงในรูปที่ 8



รูปที่ 8 การควบคุมการทำงานของระบบแขนกล

5.5 โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการควบคุมของระบบแขนกล

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ สำหรับใช้สำหรับควบคุมระบบแขนกล Gryphon ผ่านระบบคอมพิวเตอร์ มีชื่อว่า *WALLI* (*Work – cell Amalgamate Logical Linguistic Instruction*) ซึ่งโปรแกรมจะคอยรับค่าตำแหน่งที่ต้องการให้แขนกลเคลื่อนที่ รวมถึงการหยิบจับชิ้นงาน จากนั้นจะส่งสัญญาณผ่านการเชื่อมต่อชนิด ISA ซึ่งสัญญาณจะผ่านสายเชื่อมต่อสัญญาณที่ใช้หัวต่อชนิด RJ45 เพื่อไปสั่งการทำงานให้ระบบแขนกลเคลื่อนไปยังตำแหน่งที่ต้องการ ตามที่เขียนไว้ในโปรแกรม *WALLI*

5.5.1 ข้อมูลสำหรับการเขียนโปรแกรม *WALLI*

การใส่ข้อมูลสำหรับโปรแกรม *WALLI* จะเป็นการสั่งให้มอเตอร์ที่ตำแหน่งต่างๆของแขนกลเคลื่อนไปยังจุดที่ต้องการ โดยข้อมูลจะอยู่ในรูปค่าพิกัด พิกัดละ 0.03° ซึ่งมอเตอร์ที่แต่ละตำแหน่งจะมีขอบเขตของค่าพิกัดแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ขอบเขตพิกัดการเคลื่อนที่ในแต่ละส่วนของระบบแขนกล

แกน	พิกัด
AXIS 0	0 – 9000
AXIS 1	0 – 5500
AXIS 2	0 – 9950
AXIS 3	0 – 1600
AXIS 4	0 – 1600
AXIS 5	0 - 1

การใส่ข้อมูลพิกัดสำหรับสั่งมอเตอร์ไฟฟ้าในแต่ละส่วนของระบบแขนกล มีรูปแบบการใส่ข้อมูล แสดงดังรูปที่ 9

Walli3 1.030 8/1/97

File Edit Teach mode Run Options Help

GRYPHON (NOT-CONNECTED) - Keyboard Control

Line	Axis 0 Wrist	Axis 1 Shldr	Axis 2 Elbow	Axis 3 Wrist	Axis 4 Wrist	Axis 5 Grip	(Elev)	(Rotn)	Spd	
Start	4500	3000	3100	800	800	0	800	800	3	9000
	4500	3000	3100	298	1302	0	800	298	3	
	4500	3990	89	598	1600	0	1098	298	3	
Pickup	4500	731	3699	576	1580	0	1078	298	3	
	4500	731	3699	576	1580	1	1078	298	3	
	4500	808	3613	680	1584	1	1082	298	3	
	4500	2142	3613	354	1358	1	856	298	3	
Rotate	1625	2142	3613	856	856	1	856	800	3	
	1625	2484	2378	607	607	1	607	800	3	
Place	1635	1950	2378	598	598	1	598	800	3	
	1515	1950	2378	598	598	1	598	800	3	
	1515	1950	2378	598	598	0	598	800	3	
Withdraw	1635	1950	2378	598	598	0	598	800	3	
	1635	3747	1145	698	698	0	698	800	3	
	4500	3000	3100	800	800	0	800	800	3	0
Now	4500	3000	3100	800	800	0	800	800	3	

รูปที่ 9 การใส่ข้อมูลพิกัดของโปรแกรม WALLI

5.5.2 ขั้นตอนการใช้งานโปรแกรม WALLI

1) การเข้าโปรแกรม WALLI

ที่หน้า Desktop ของระบบปฏิบัติการ Windows กดเข้าโปรแกรมที่

“ Start\Programs\WALLI3\WALLI3 ”

2) เริ่มใช้งานโปรแกรม WALLI

2.1) กด Cancel ที่หน้าต่าง Load Walli File

2.2) ไปที่ File \ New Project

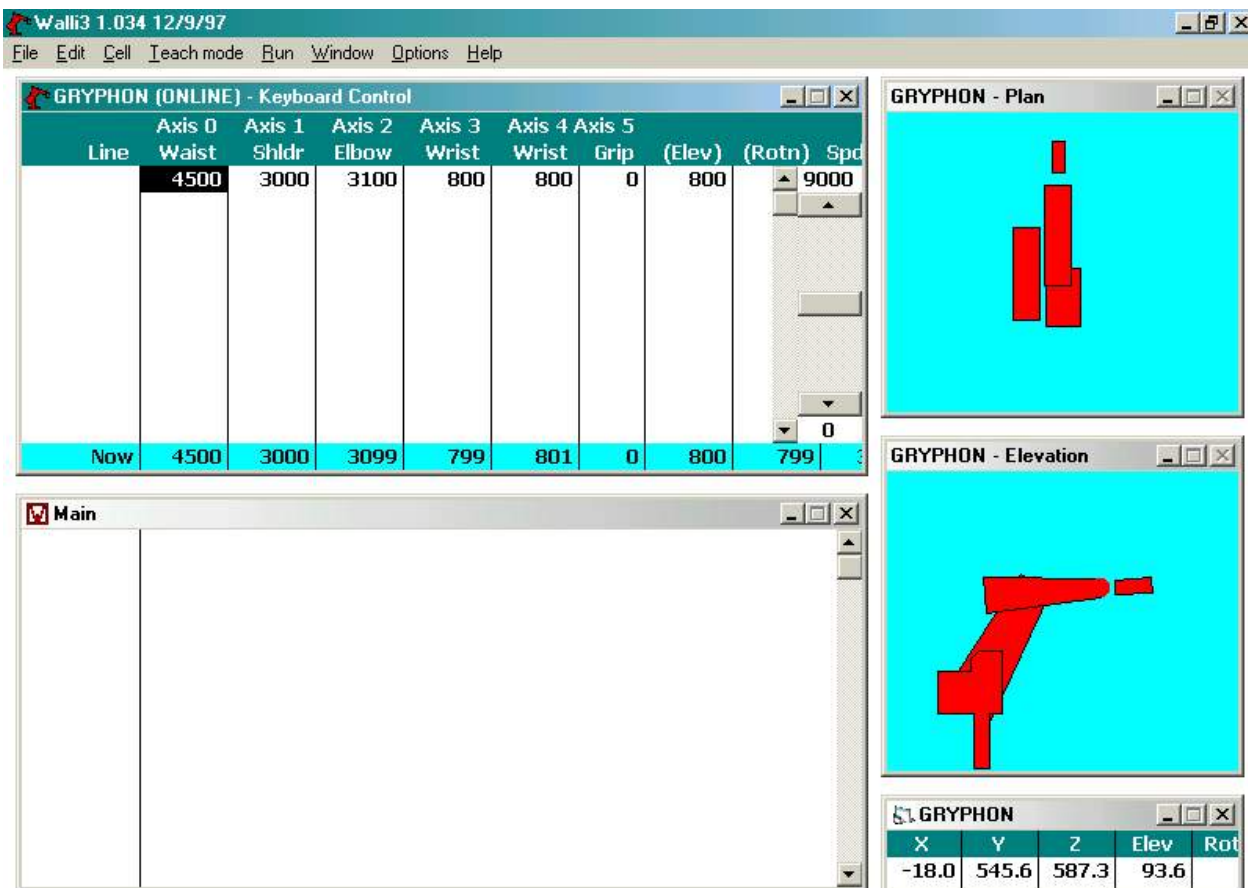
2.3) ไปที่ Cell \ Add Gryphon จะปรากฏหน้าต่าง Device Address Selection ให้เลือก

Device 1

2.4) กดเลือก Zero เพื่อให้แกนกลเคลื่อนไปยังตำแหน่งเริ่มต้นมาตรฐาน (จะเคลื่อนไปยังตำแหน่งตามรูปที่ปรากฏในหน้าจอคอมพิวเตอร์)

2.5) จะปรากฏหน้าต่างเพื่อให้ใส่ค่าพิกัดตำแหน่งที่ต้องการให้แกนกลเคลื่อนไป ดังรูป

ที่ 10



รูปที่ 10 หน้าต่างที่ใช้สำหรับเขียนโปรแกรมสั่งให้แขนกลทำงาน

3) การแก้ไขโปรแกรม

- 3.1) การเพิ่มบรรทัดสำหรับเขียนโปรแกรม เลือก “ Edit \ Insert ”
- 3.2) การลบบรรทัดที่มีการเขียนโปรแกรม เลือก “ Edit \ Delete ”
- 3.3) การลบโปรแกรมทั้งหมด ทุกบรรทัด เลือก “ Edit \ Clear ”

4) การรันโปรแกรม

การรันโปรแกรมมี 2 รูปแบบ คือ

- 4.1) Off Line เป็นการซิมูเลชั่นในคอมพิวเตอร์อย่างเดียว ยังไม่มีการสั่งให้แขนกลทำงาน โดยจะมีรูปแสดงการเคลื่อนไหวที่ด้านขวาของจอภาพ
- 4.2) On Line เป็นการสั่งให้แขนกลทำงาน ตามโปรแกรมที่เขียนไว้ สามารถเลือกรูปแบบการรันโปรแกรมได้จาก

“ Run\Toggle GRYPHON Online/Offline ”

ลักษณะการรันโปรแกรม จะมี 2 รูปแบบ ดังนี้

1) รันทีเดียวทั้งโปรแกรม (ทำงานตามโปรแกรมที่เขียนทุกบรรทัด) เลือก

“ Run \ Start GRYPHON Sequence ”

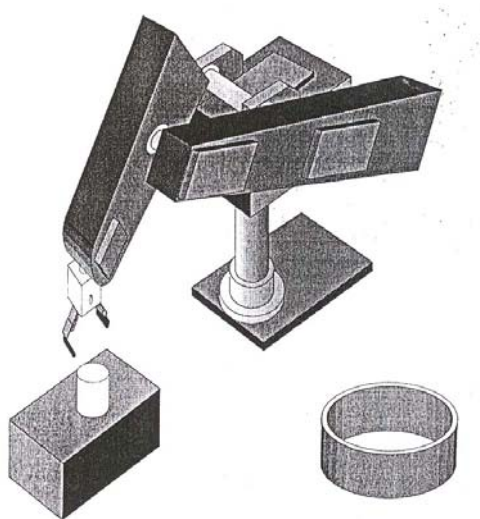
2) รันทีละบรรทัด (ทำงานตามโปรแกรมที่เขียน ทีละ 1 บรรทัด) เลือก

“ Run \ Single Step GRYPHON Sequence ”

6.0 ขั้นตอนการปฏิบัติการ

ตอนที่ 1 การควบคุมการทำงานของแขนกลผ่านอุปกรณ์บังคับ

1. ประกอบชุดระบบแขนกล เข้ากับอุปกรณ์บังคับ Tech Pendant
2. ใช้อุปกรณ์บังคับ Tech Pendant บังคับแขนกลให้มีลักษณะดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 รูปแบบแขนกลสำหรับการทดลองตอนที่ 1

3. วาดภาพด้านบน และ ด้านข้าง ของระบบแขนกล ภายหลังจากการใช้อุปกรณ์บังคับ บังคับแขนกลให้มีรูปแบบเหมือนดังรูปที่ 11

ด้านบน (Top View)	ด้านข้าง (Side View)

4. บังคับแขนกล ให้เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่จะทำการปล่อยชิ้นวัตถุที่หยิบจับอยู่ (ผู้ควบคุมการทดลองจะกำหนดจุดวางให้ ในระหว่างการทดลอง)
5. วาดภาพด้านบน และ ด้านข้าง ของระบบแขนกล ภายหลังจากการใช้อุปกรณ์บังคับ บังคับแขนกลให้ไปอยู่ ณ ตำแหน่งในข้อ 4

ด้านบน (Top View)	ด้านข้าง (Side View)

6. วิเคราะห์ลักษณะการควบคุมแขนกล โดยการใช้อุปกรณ์บังคับ Tech Pendant ควบคุม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ตอนที่ 2 การจำลองการทำงานของแขนกล ในเครื่องคอมพิวเตอร์

1. เปิดโปรแกรม *WALLI* ในเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ต่อกับระบบแขนกล
2. ตั้งค่าในโปรแกรมให้มีการรันโปรแกรมแบบ Off Line โดยเลือก
“ Run\Toggle GRYPHON Online/Offline ” (เมื่อ Off Line จะไม่มีเครื่องหมายถูก (/))
3. เขียนโปรแกรมให้แขนกลในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ มีการเคลื่อนที่เหมือนกับในการทดลองตอนที่ 1 (ข้อ 2 – ข้อ 4) โดยอาศัยรูปวาดที่ได้จากการทดลองตอนที่ 1 ช่วยในการเขียนโปรแกรม
4. บันทึกคำสั่งโปรแกรมที่ได้จากการจำลองการทำงาน ในเครื่องคอมพิวเตอร์ ในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 โปรแกรมการจำลองการเคลื่อนที่ของระบบแขนกล ในเครื่องคอมพิวเตอร์

	AXIS 0	AXIS 1	AXIS 2	AXIS 3	AXIS 4	AXIS 5
Line	Waist	Shoulder	Elbow	Wrist	Wrist	Grip

ตอนที่ 4 การควบคุมการเคลื่อนที่ของระบบแขนกล ผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์

1. ตรวจสอบว่ามีการต่อสายสัญญาณระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ (ต่อเข้าการ์ด ISA) กับระบบแขนกลเรียบร้อยแล้ว
2. ใช้โปรแกรมที่เขียนขึ้นจากการทดลองตอนที่ 2 แล้วสั่งให้โปรแกรมรันแบบ On Line โดยเลือก “Run\Toggle GRYPHON Online/Offline ” (เมื่อ On Line จะมีเครื่องหมายถูก (/)) เพื่อให้ระบบแขนกลเคลื่อนที่ตามโปรแกรมที่เขียน
3. สั่งรันโปรแกรมทั้งโปรแกรม (เลือก Run\ Start GRYPHON Sequence) แล้วสังเกตการเคลื่อนที่ของระบบแขนกล ว่าเคลื่อนที่ได้ถูกต้องและเป็นไปตามที่ต้องการหรือไม่.....
4. ถ้าการเคลื่อนที่ยังไม่ถูกต้อง ให้ทำการแก้ไขโปรแกรมจนกว่าการเคลื่อนที่ของระบบแขนกลจะถูกต้องและเป็นไปตามที่ต้องการ
5. บันทึกคำสั่งโปรแกรมที่มีการแก้ไขการเคลื่อนที่ให้ถูกต้องแล้ว ในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 โปรแกรมการควบคุมการเคลื่อนที่ของระบบแขนกล ผ่านระบบคอมพิวเตอร์

	AXIS 0	AXIS 1	AXIS 2	AXIS 3	AXIS 4	AXIS 5
Line	Waist	Shoulder	Elbow	Wrist	Wrist	Grip

5. การเคลื่อนที่ของระบบแขนกล ภายหลังจากให้คอมพิวเตอร์ควบคุมเอง มีความผิดพลาดเกิดขึ้นบ้างหรือไม่ ถ้ามี ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นเกิดที่บริเวณส่วนไหนของแขนกลและจงอธิบายลักษณะความผิดพลาดที่เกิดขึ้น

.....

.....

.....

.....

.....

.....

6. จงหาสาเหตุของความผิดพลาดที่เกิดขึ้น ว่าเกิดจากอะไรได้บ้าง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

7. วิเคราะห์ลักษณะการควบคุมแขนกล โดยการใช้ระบบคอมพิวเตอร์ควบคุม

.....

.....

.....

.....

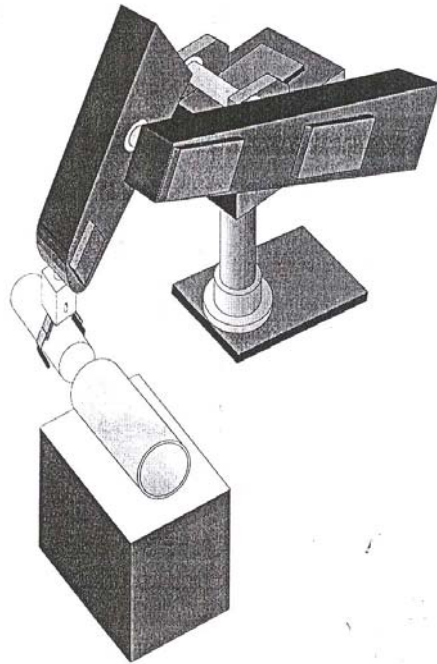
.....

.....

.....

ตอนที่ 4 การใช้ระบบคอมพิวเตอร์ ควบคุมระบบแขนกลให้เคลื่อนที่ในรูปแบบอื่นๆ

1. เขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการเคลื่อนที่ของระบบแขนกล ให้มีการทำงานลักษณะเดียวกับรูปที่ 12 โดยทำการจับชิ้นงานที่ตำแหน่ง แล้วเอามาใส่ในท่อที่อีกตำแหน่ง (ผู้ควบคุมการทดลอง จะกำหนดตำแหน่งในระหว่างการทดลอง)



รูปที่ 12 รูปแบบการเคลื่อนที่ของระบบแขนกล ในการทดลองตอนที่ 4

2. วาดภาพด้านบน และ ด้านข้าง ของระบบแขนกล ที่ตำแหน่งเริ่มต้น และ ตำแหน่งสิ้นสุดการ

เคลื่อนที่

ตำแหน่งเริ่มต้น

ด้านบน (Top View)	ด้านข้าง (Side View)

ตำแหน่งสิ้นสุด

ด้านบน (Top View)	ด้านข้าง (Side View)

3. บันทึกคำสั่งโปรแกรมที่เขียนสำหรับการควบคุม ในการทดลองข้อ 1 ลงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 โปรแกรมการควบคุมการเคลื่อนที่ของระบบแขนกล ผ่านระบบคอมพิวเตอร์

[illegible]

4. อธิบายการเคลื่อนที่ของแขนกล ที่ได้จากการโปรแกรมในตารางที่ 5

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปการทดลองระบบแขนกล

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

1. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ที่ใช้ขับเคลื่อนในระบบแขนกล เป็นมอเตอร์ชนิดไหน จงอธิบายการทำงานคร่าวๆ

.....

.....

.....

.....

2. จงยกตัวอย่างงาน และอธิบายการประยุกต์ใช้งานระบบแขนกลช่วยในการทำงาน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. จงบอกข้อดี/ข้อเสีย ของการควบคุมระบบแขนกล ระหว่างใช้คนควบคุม (ผ่านอุปกรณ์บังคับ) กับการใช้ระบบคอมพิวเตอร์ควบคุม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....