

การศึกษาการสร้างต้นแบบหุ่นยนต์อุตสาหกรรม
สำหรับงานเชื่อมประสาน

THE STUDY OF CONSTRUCTION OF
WELDING ROBOT PROTOTYPE



นายธนรินทร์ ลือภักดี
นายวิศรุต วงศ์ชูพันธ์
นายสาเรศ คุปประเสริฐ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาดมหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2541

หน้า 30
2541

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....33900
วัน, เดือน, ปี 20.0.ย. 2542

**THE STUDY OF CONSTRUCTION OF
WELDING ROBOT PROTOTYPE**



**NARIN LUEKITINAN
VITSARUT WONGCHUPAN
SARAS KUPRASERT**

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF
ENGINEERING IN MECHANICAL ENGINEERING
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

1998

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองปริญญาโท

หัวข้อปริญญาโท การศึกษาการสร้างต้นแบบหุ่นยนต์อุตสาหกรรมสำหรับ
งานเชื่อมประสาน

THE STUDY OF CONSTRUCTION OF WELDING
ROBOT PROTOTYPE

ชื่อนักศึกษา นายนรินทร์ ลือภินันท์ รหัสประจำตัว 38014228
นายวิศรุต วงศ์ชูพันธ์ รหัสประจำตัว 38014472
นายสาเรศ คุประเสริฐ รหัสประจำตัว 38014557
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาโท

พรศักดิ์ อรรถวานิช

(ผศ.พรศักดิ์ อรรถวานิช)

ดร.สรรพลสิทธิ์ ลิ้มนรรัตน์

(ดร.สรรพลสิทธิ์ ลิ้มนรรัตน์)

อ.กวิน สอนธิเพิ่มพูน

(อ.กวิน สอนธิเพิ่มพูน)

| | |
|------------------------------|--|
| หัวข้อปริญญานิพนธ์ | การศึกษาการสร้างหุ่นยนต์อุตสาหกรรมสำหรับงานเชื่อมประสาน |
| นักศึกษา | นายรินทร์ ลือภินันท์ นายวิศรุต วงศ์ชูพันธ์ นายสารศ กูประเสริฐ |
| หลักสูตร | วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต |
| สาขาวิชา | วิศวกรรมเครื่องกล |
| ปีการศึกษา | 2541 |
| อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์ | ผศ.พรศักดิ์ อรรถวานิช ดร.สรรพสิทธิ์ ถิ่นมรรรัตน์ อ.กวิน สนธิเพิ่มพูน |

บทคัดย่อ

หุ่นยนต์ที่ถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมนั้นมีอยู่หลายประเภททั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการใช้งาน ในส่วนของโครงการนี้จะทำการศึกษา ออกแบบ และทำการสร้างหุ่นยนต์ที่ใช้ในอุตสาหกรรมสำหรับงานเชื่อมประสาน หุ่นยนต์นี้จะเป็นหุ่นยนต์ที่สามารถเคลื่อนที่ได้อย่างสมบูรณ์เนื่องจากมีแนวการเคลื่อนที่ 5 แกน

ตามที่เราได้ออกแบบโครงสร้างของหุ่นยนต์และผลิตส่วนประกอบต่างๆที่ใช้ในระบบส่งกำลังเสร็จสิ้นแล้ว ดังนั้นทางกลุ่มจึงได้นำชิ้นส่วนต่างๆที่ผลิตแล้วมาประกอบเข้าด้วยกันอันได้แก่ แกน A1 ,A4 และ A5 รวมทั้งทำการศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับระบบควบคุมและได้ทำวงจรควบคุมอย่างง่ายขึ้นเพื่อใช้ในการพัฒนาระบบควบคุมต่อไป

Thesis Title The study of construction of welding robot prototype
Student Mr.Narin Luekitinan
 Mr.Wisarut Wongchupan
 Mr.Saras Kuprasert
Thesis Advisor Asst.Prof.Pornsak Attavanich
 Dr.Sunpasit Limnorrarat
 Mr.Kawin Sontipermpon
Degree Bachelor of Engineering
Program Mechanical Engineering
Year 1998

Abstract

There are many types of industrial robot which are constructed to serve various design objectives. For this project, the staff will study, design and construct the prototype of industrial robot for welding. This robot has all possible movement because of it has five degrees of freedom.

According to we have designed the structure of robot and produced many part which is used in the Power Transmission System. And then, we will put them together into the robot structure in axis A1,A4 and A5. Inclusion, we will also study the Control System and make an basic circuit controller for develop to the Computer Control System.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างดีด้วยคำแนะนำและคำปรึกษาเกี่ยวกับการสร้างหุ่นยนต์แขนกลจาก ผศ.พรศักดิ์ อรรถวานิช ดร.สรรพลสิทธิ์ ถิ่นมรรรัตน์ อ.กวิน สนธิเพิ่มพูน ซึ่งเป็นผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์ และอาจารย์ในภาควิชาทุกท่าน ซึ่งคณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ที่คอยสนับสนุนและให้กำลังใจตลอดมา

ขอขอบคุณบริษัท ชชาติกษณ์เทรคคิง จำกัด สำหรับลูกปืน NACHI

ขอขอบคุณบริษัท ที.เอส.ซี จำกัด ที่ช่วยเหลือด้านงาน machine

ขอขอบคุณ คุณมานะ บริษัท NC ADVANCE จำกัด

ขอขอบคุณบริษัท WISEMAX COOPERATION จำกัด

ขอขอบคุณบริษัท M CONTROL จำกัด

ขอขอบคุณนายธีรภัทร์ ลีลาวรรณสุข และ นายเมฆินทร์ คูวิจิตรสุวรรณในการ

อำนวยความสะดวก

ขอขอบคุณเพื่อนๆ ในภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

สารบัญ

หน้า

| | |
|---|-----|
| บทคัดย่อภาษาไทย..... | I |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... | II |
| กิตติกรรมประกาศ..... | III |
| สารบัญ..... | IV |
| สารบัญภาพ..... | VI |
| บทที่ 1 บทนำ..... | 1 |
| บทที่ 2 โครงสร้างต้นแบบหุ่นยนต์แขนกล KR 125/1..... | 3 |
| 2.1 ลักษณะโดยทั่วไปของหุ่นยนต์แขนกล KR 125/1..... | 3 |
| 2.2 อุปกรณ์เพิ่มเติมของหุ่นยนต์แขนกล..... | 5 |
| 2.3 ข้อมูลด้านเทคนิคของหุ่นยนต์แขนกล KR 125/1..... | 6 |
| บทที่ 3 โครงสร้างเพิ่มเติมของหุ่นยนต์เชื่อมประสาน..... | 8 |
| 3.1 แกน base A1..... | 8 |
| 3.2 แกน A4..... | 12 |
| 3.3 แกน A5..... | 14 |
| บทที่ 4 การวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์เชื่อมประสาน โดยวิธี Forward Kinematics..... | 16 |
| 4.1 การวิเคราะห์โดยวิธีทางเมทริกซ์ (Matrix Method of Analysis)..... | 16 |
| 4.2 การแปลงพิกัดร่วม โดยใช้ Transformation Matrices (Homogenous Coordinate Transformer)..... | 18 |
| 4.3 Forward Kinematics..... | 23 |
| 4.4 การคำนวณการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์เชื่อมประสาน โดยวิธี Forward Kinematics..... | 26 |
| บทที่ 5 ระบบควบคุมของหุ่นยนต์แขนกล..... | 34 |
| 5.1 ส่วนประกอบของระบบควบคุม..... | 34 |
| 5.2 การนำระบบควบคุมมาใช้กับหุ่นยนต์แขนกล..... | 36 |
| 5.3 การทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์แขนกล..... | 39 |
| บทที่ 6 สรุปปัญหา, ข้อผิดพลาดและวิธีการแก้ไข..... | 42 |
| 6.1 แกน Base A1..... | 42 |
| 6.2 แกน A2..... | 42 |
| 6.3 แกน A3..... | 43 |

| | |
|--|----|
| 6.4 แกน A4..... | 43 |
| 6.5 แกน A5..... | 43 |
| 6.6 แกน A6..... | 43 |
| 6.7 ระบบควบคุม..... | 43 |
| 6.8 ปัญหาโดยทั่วไปจากโครงสร้างทั้งหมด..... | 44 |

เอกสารอ้างอิง

ภาคผนวก



สารบัญญภาพ

| ภาพที่ | หน้า |
|--|------|
| 1.1 รูปตัวอย่างหุ่นยนต์สำหรับอุตสาหกรรมการเชื่อม..... | 1 |
| 2.1 รูปหุ่นยนต์แขนกล KR 12S/1..... | 3 |
| 2.2 รูปแกนการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงเสริม..... | 5 |
| 2.3 รูปแสดงอุปกรณ์วัดความตึงสายพาน..... | 6 |
| 3.1 รูปแสดงส่วนประกอบแกน A1..... | 8 |
| 3.2 รูปถ่ายส่วนประกอบแกน A1..... | 12 |
| 4.1 แสดงตำแหน่งของจุด P ในโครงที่ต่างกัน..... | 17 |
| 4.2 แสดงการหมุนของโครง j รอบแกน x_i เป็นมุม α | 18 |
| 4.3 แสดงการหมุนในแกน x_i ในรูป (a)-(b), ตามด้วยการหมุนในแกน y_i ในรูป (c)-(d) และการหมุน ในแกน z_i ในรูป (c)-(d)..... | 19 |
| 4.4 โครง j มีการเลื่อนจุดกำเนิดจากโครง I เป็นระยะเวกเตอร์ $\{Q\}$ | 20 |
| 4.5 แสดงการเคลื่อนตัวของโครง j จากโครง I พร้อมทั้งมีการหมุนรอบจุดกำเนิด..... | 21 |
| 4.6 (a) แสดงการวางโครงในจุดเชื่อมต่อ (s_n, θ_n) . (b) แสดงโครง k ที่เชื่อมความสัมพันธ์ระหว่างโครง i และโครง j..... | 23 |
| 4.7 แสดงโครงแกนต่างๆ ในหุ่นยนต์เชื่อมประสาน..... | 26 |
| 4.8 แสดงรายละเอียดโครง 0 และ โครง 1..... | 27 |
| 4.9 แสดงรายละเอียดโครง 1 และ โครง 2..... | 28 |
| 4.10 แสดงรายละเอียดโครง 2 และ โครง 3..... | 29 |
| 4.11 แสดงรายละเอียดโครง 3 และ โครง 4..... | 30 |
| 4.12 แสดงรายละเอียดโครง 4 โครง 5 และ โครง 6..... | 31 |
| 5.1 รูปแสดงการเชื่อมต่อของส่วนประกอบด้านการควบคุม..... | 34 |
| 5.2 รูปแสดงการทำงานของ Power Supply..... | 35 |
| 5.3 ตัวอย่างของ Interfacing Boards..... | 35 |
| 5.4 รูปแสดงการเชื่อมต่อของระบบควบคุมมอเตอร์แบบ Closed Loop Feedback..... | 36 |
| 5.5 รูปแสดงการทำงานของชุดควบคุมมอเตอร์..... | 37 |
| 5.6 รูปแสดงส่วนเชื่อมต่อด้านไฟฟ้า (Electrical Connection)..... | 38 |
| 5.7 รูปแสดงการต่อวงจรที่ใช้งานชุดควบคุมมอเตอร์..... | 40 |
| 5.8 รูปแสดงการต่อวงจรเปิด-ปิดการควบคุม..... | 40 |

| | | |
|-----|--------------------------------------|----|
| 5.9 | รูปแสดงการควบคุมการปรับความเร็ว..... | 41 |
| 6.1 | รูปแสดงแกน A1..... | 42 |



บทที่ 1

บทนำ

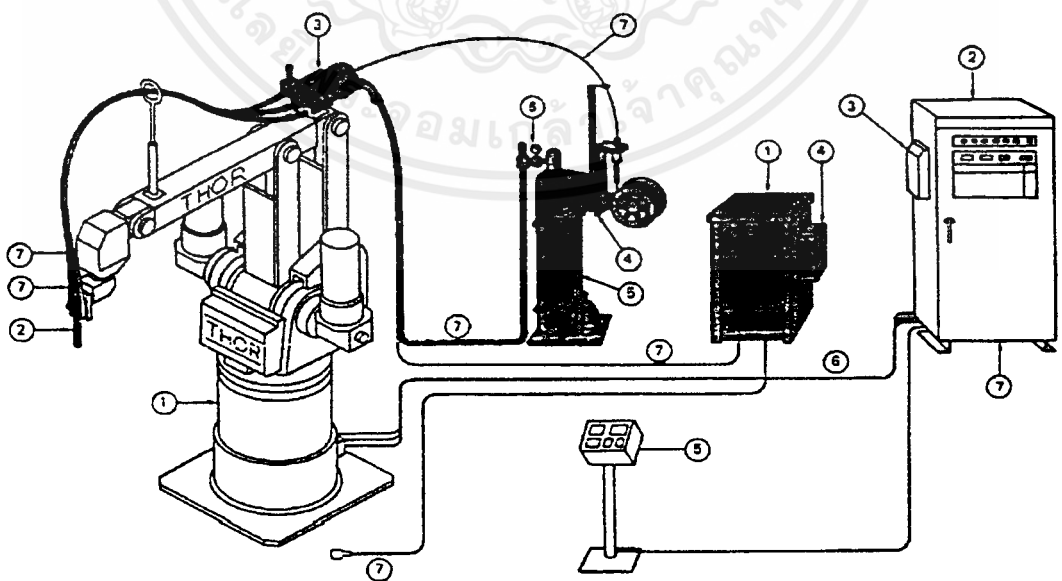
ในปัจจุบันโลกมีการวิวัฒนาการมากขึ้นเป็นผลให้การแข่งขันมีสูงขึ้น ดังนั้นจึงมีการนำหุ่นยนต์มาช่วยในการทำงานเพื่อให้การทำงานมีความรวดเร็ว เทียบตรงมากขึ้น เนื่องจากหุ่นยนต์เหมาะที่จะนำไปทำงานที่เสี่ยงต่อการเกิดอันตรายต่อมนุษย์ สามารถทำงานได้โดยไม่มี ความเหน็ดเหนื่อยและหุ่นยนต์สามารถทำงานที่ซ้ำๆกัน ได้โดยไม่มีเกิดการผิดพลาด ด้วยเหตุนี้ทำให้โรงงานต่างๆมีการนำหุ่นยนต์เข้ามาใช้ในการทำงานแทนมนุษย์มากขึ้น

นิยามของหุ่นยนต์อุตสาหกรรม คือ "เครื่องมือกลที่ทำหน้าที่เคลื่อนย้ายวัสดุ ชิ้นส่วน เครื่องมือ หรือเครื่องมือพิเศษอื่นๆ และสามารถเปลี่ยนแปลงลำดับขั้นตอนการเคลื่อนไหวสำหรับการทำงานที่ต่างชนิดกันได้"

เนื่องจากเทคโนโลยีด้านคอมพิวเตอร์และอิเล็กทรอนิกส์ได้มีการพัฒนาไปมากจึงเป็นผลให้การควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์มีประสิทธิภาพและมีความเที่ยงตรงรวมทั้งการประยุกต์ใช้งานต่างๆ ทำได้ง่ายยิ่งขึ้น หุ่นยนต์ที่มีการผลิตขึ้นมาจึงมีหน้าที่การทำงานเพิ่มมากขึ้น เช่น

- หุ่นยนต์ใช้ในอุตสาหกรรมการเชื่อม
- หุ่นยนต์สำหรับการพ่นสี
- หุ่นยนต์มือจับ

ฯลฯ



รูปที่ 1.1 รูปตัวอย่างหุ่นยนต์สำหรับอุตสาหกรรมการเชื่อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากปริมาณพันธบัตรฉบับนี้เป็นการสานต่อจากปริมาณพันธบัตรการศึกษาการสร้างต้นแบบ
หุ่นยนต์อุตสาหกรรมสำหรับการเชื่อมประสานปีการศึกษา 2540 ดังนั้นบางส่วนที่เป็นการคำนวณ
ด้านโครงสร้างซึ่งได้กล่าวไว้แล้วในปีการศึกษา 2540 จะไม่นำมากล่าวถึงในฉบับนี้
เนื้อหาของปริมาณพันธบัตรฉบับนี้แบ่งออกได้ดังนี้

1. การคำนวณการเคลื่อนที่ของส่วนต่างๆ
2. การสร้างและการประกอบชิ้นส่วนต่างๆ
3. ระบบควบคุมของหุ่นยนต์แขนกล



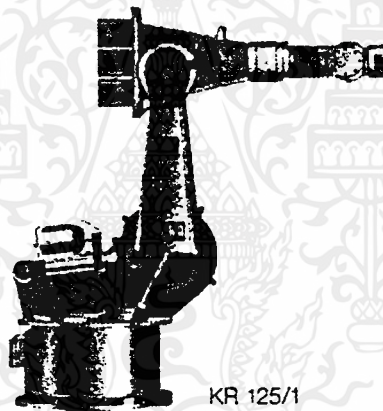
บทที่ 2

โครงสร้างต้นแบบของหุ่นยนต์แขนกล KR 125/1

2.1 ลักษณะโดยทั่วไปของหุ่นยนต์แขนกล KR 125/1

2.1.1 ข้อมูลทั่วไป

หุ่นยนต์แขนกลรุ่น KR 125/1 เป็นหุ่นยนต์อุตสาหกรรม 6 แกน ทำงานเชิงคิเนแมติกจากจุดสู่จุดหรือควบคุมแบบเส้นทางต่อเนื่อง



รูปที่ 2.1 รูปหุ่นยนต์แขนกล KR 125/1

ความสามารถของหุ่นยนต์แขนกลสามารถใช้ได้ในงานต่างๆ ดังนี้

- Spot welding
- Handling
- Assembly
- Application of adhesives, sealants and preservative
- Machining
- MIG/MAG welding
- YAG laser beam welding

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Packing
- Coating

หุ่นยนต์แขนกล KR 125/1 สามารถติดตั้งได้ทั้งบนพื้นและบนเพดานโดยข้อมือสามารถรับภาระได้ 125 กิโลกรัม และขนาดของภาระที่มากที่สุดที่แขนกลสามารถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงสุดเมื่อขยายแขนกลออกเต็มที่คือ 120 กิโลกรัม

โครงสร้างของหุ่นยนต์แขนกลในส่วนที่มีการเคลื่อนที่ทำด้วยโลหะผสมหล่อน้ำหนักเบา การออกแบบอาศัยหลักการของ CAD และ FEM โดยคำนึงถึงผลกระทบทางด้านราคา น้ำหนัก ค่าการบิดสูงสุด และค่าการโค้งงอของของแข็ง ซึ่งเป็นผลให้หุ่นยนต์แขนกลมีค่าความถี่ธรรมชาติสูง นั่นคือ มีคุณลักษณะทาง dynamic ที่ดีและมีความต้านทานการสั่นสะเทือนสูง

จุดเชื่อมต่อต่างๆรวมทั้งเฟืองเสมือนว่าปราศจากค่า backlash ในทุกส่วนที่มีการเคลื่อนที่ และได้รับกำลังจาก brushless AC servomotors ซึ่งไม่ต้องการการซ่อมบำรุงและสามารถมั่นใจว่าป้องกันการเกิด overload ได้ ส่วนด้านการหล่อลื่นควรมีการเปลี่ยนน้ำมันเครื่องทุก 20000 ชั่วโมงการทำงาน

หุ่นยนต์แขนกล KR125/1 นี้มีการออกแบบที่ทำให้หุ่นยนต์แขนกลนี้สามารถเคลื่อนที่ได้รวดเร็ว มีความเที่ยงตรง ง่ายต่อการบำรุงรักษาและใช้พื้นที่ในการติดตั้งน้อย ซึ่งโดยปกติหุ่นยนต์แขนกลนี้มีอายุการใช้งานประมาณ 10 ถึง 15 ปี

ระบบการควบคุมและระบบอิเล็กทรอนิกส์ของหุ่นยนต์ถูกบรรจุรวมกันอยู่ในกล่องควบคุมเพื่อให้มีความกะทัดรัด ง่ายต่อการใช้งานและมีความปลอดภัย

2.1.2 โครงสร้างด้านเครื่องกลของหุ่นยนต์แขนกล

โครงสร้างของหุ่นยนต์แขนกลประกอบด้วย ส่วนฐาน (base frame) ซึ่งติดตั้งอยู่กับที่และมี ส่วนแกนหมุนของแขน (rotating column) ซึ่งทำหน้าที่ช่วยหมุนในแนวตั้งร่วมกับ ส่วนเชื่อมแขน (link arm), ส่วนแขน (arm) และส่วนข้อมือ (wrist) ในส่วนของข้อมือสามารถแบ่งออกได้เป็นส่วน ของ mounting flange ซึ่งใช้ในการยึดติดกับอีกส่วนหนึ่งคือ effector (เช่น grippers, welding tools)

ภาระปกติและน้ำหนักของส่วนต่างๆถูกถ่วงดุลด้วยหลัก statics บนแกน A2 โดยใช้ระบบ hydropneumatic counter balancing system ซึ่งเป็นผลให้สามารถเปลี่ยนแปลงภาระของหุ่นยนต์แขนกลได้ตามสภาพการใช้งาน

ตำแหน่งของส่วนแกนหลักและแกนข้อมือ (A1 ถึง A3 และ A4 ถึง A6) ถูกตรวจวัดตำแหน่งโดยใช้ระบบ absolute position sensing โดยใช้ตัวตรวจวัดของแต่ละแกนและแต่ละแกนจะถูกขับโดยใช้ low-inertia AC servomotor และ transistor controller

ช่วงการทำงานของหุ่นยนต์แขนกลทุกแกนถูกจำกัดโดย program limit switches และแกน 1,2,3 และ 5 ยังถูกจำกัดโดยทางกลอีกด้วยซึ่งใช้ buffer function และในงานที่มีลักษณะเฉพาะการจำกัดระยะเวลาการทำงานของแกน 1 ถึง 3 มีการใช้อุปกรณ์เพิ่มเติมด้วย

2.2 อุปกรณ์เพิ่มเติมสำหรับหุ่นยนต์แขนกล

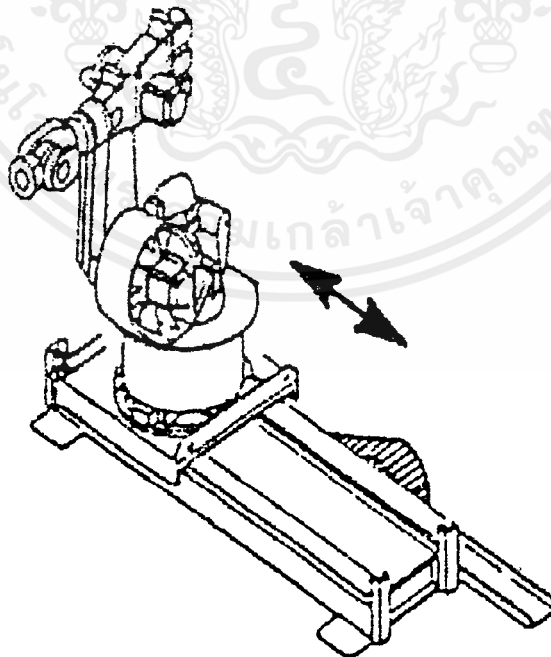
2.2.1 การติดตั้งหุ่นยนต์แขนกล (Robot installation)

การติดตั้งหุ่นยนต์แขนกลสามารถติดตั้งได้ 3 แบบ คือ

- 1 การติดตั้งโดยการยึดกับพื้นโดยตรง (floor mounting kit)
- 2 การติดตั้ง โดยมีแผ่นเหล็กรองรับ (frame mounting kit)
- 3 การติดตั้ง โดยมีฐานรองรับ (mounting base kit)

2.2.2 แกนการเคลื่อนที่เพิ่มเติม (Additional linear axis)

เป็นอุปกรณ์เพิ่มเติมเพื่อช่วยในการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงของหุ่นยนต์แขนกลซึ่งแกนนี้จะสามารถทำการโปรแกรมได้อย่างอิสระ โดยติดตั้งได้ทั้งบนพื้นและบนเพดานดังแสดงในรูป

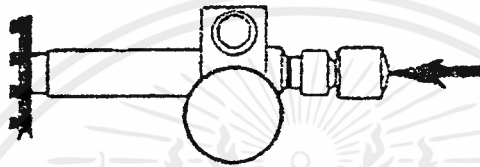


รูปที่ 2.2 รูปแกนการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงเสริม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 อุปกรณ์ตรวจวัดความตึงของสายพาน (Belt tension checking device)

เป็นอุปกรณ์สำหรับวัดแรงตึงของสายพานดังแสดงในรูป 2.3



รูปที่ 2.3 รูปแสดงอุปกรณ์วัดความตึงสายพาน

2.2.4 อุปกรณ์สำหรับปลดแกน (Release device)

อุปกรณ์นี้จะทำการเคลื่อนหุ่นยนต์แขนกลโดยวิธีทางกลใช้เมื่อกรณีมอเตอร์ทำหน้าที่ผิดพลาด

2.3 ข้อมูลด้านเทคนิคของหุ่นยนต์แขนกล KR 125/1

2.3.1 จำนวนแกนการเคลื่อนที่ 6 แกน

2.3.2.ภาระที่รับได้

- ภาระที่เกิดจากข้อมือ 125 กิโลกรัม
- ภาระที่เพิ่มขึ้นได้ 120 กิโลกรัม
- ภาระมากที่สุดที่จะทำให้บิดตัว 245 กิโลกรัม

2.3.3.ระบบการขับเคลื่อน

Brushless AC servomotor

2.3.4.น้ำหนัก

975 กิโลกรัม

2.3.5.ระดับความตึงของเสียง

น้อยกว่า 75 เดซิเบล

2.3.6.ข้อมูลของแต่ละแกน

- แกน 1

ระยะการเคลื่อนที่

-185° ถึง 185°

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|-------------------|----------------------------------|
| ความเร็ว | $100^{\circ}/s$ |
| - แกน 2 | |
| ระยะการเคลื่อนที่ | -40° ถึง 93° |
| ความเร็ว | $100^{\circ}/s$ |
| - แกน 3 | |
| ระยะการเคลื่อนที่ | -210° ถึง 58° |
| ความเร็ว | $100^{\circ}/s$ |
| - แกน 4 | |
| ระยะการเคลื่อนที่ | -350° ถึง 350° |
| ความเร็ว | $154^{\circ}/s$ |
| - แกน 5 | |
| ระยะการเคลื่อนที่ | -120° ถึง 120° |
| ความเร็ว | $167^{\circ}/s$ |
| - แกน 6 | |
| ระยะการเคลื่อนที่ | -350° ถึง 350° |
| ความเร็ว | $251^{\circ}/s$ |

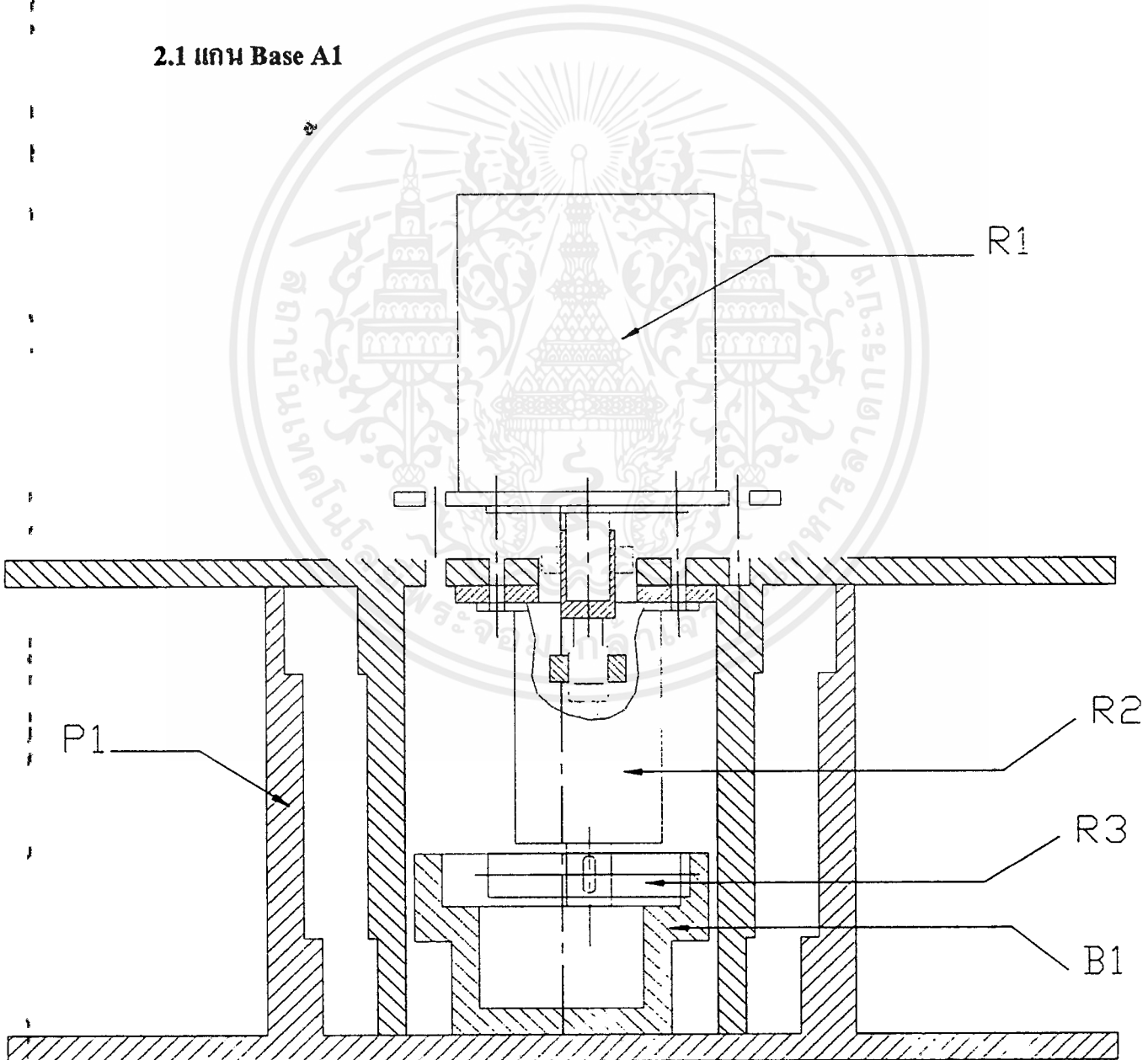


บทที่ 3

โครงสร้างเพิ่มเติมของหุ่นยนต์เชื่อมประสาน

เมื่อพิจารณาจากโครงสร้างที่ได้ออกแบบไว้ (จากวิทยานิพนธ์ปี 2540) ซึ่งเป็นโครง Body ภายนอกของแขนกลเท่านั้น ยังขาดโครงสร้างภายในหุ่นยนต์ ที่นำมาประกอบรวมเป็นระบบ Power transmission system เมื่อวิเคราะห์แนวแกนที่ละแนวสามารถอธิบายได้ดังนี้








2.1 แกน Base A1



รูปที่ 3.1 รูปแสดงส่วนประกอบแกน A1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

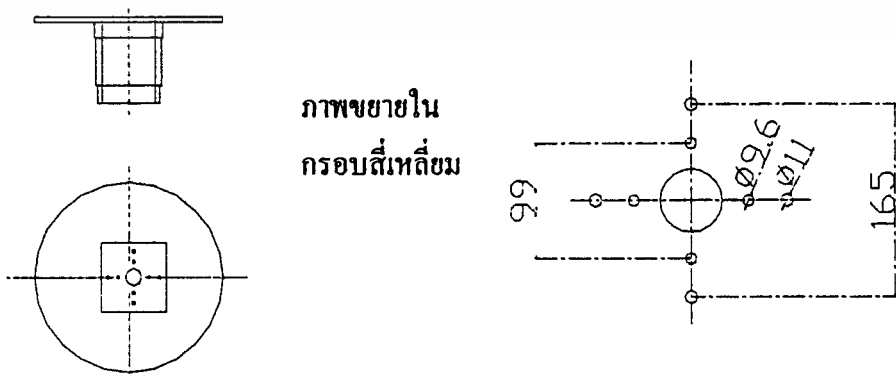
รายการอุปกรณ์

| | |
|---|-------------------------|
|  | R1 - rotating |
|  | แผ่น Al เสริมด้านบน |
|  | แผ่น Al รองใต้ rotating |
|  | ปลอกขยายเพลลา motor |
|  | Coupling |
|  | R2 - Planetary Gear |
|  | R3 - เฟืองขับ |
|  | B1 - Internal Gear |
|  | P1 - Base Frame |

อธิบายเพิ่มเติม - จากขนาด motor แกน A1 ที่ได้คำนวณไว้จะต้องมีแรงบิด 35 N \cdot m ความเร็วที่ 68 rpm แต่ motor ที่ใช้มี แรงบิด 12 N \cdot m และความเร็ว 3200 rpm จึงจำเป็นต้องเพิ่มอุปกรณ์ในการเพิ่ม แรงบิด และลดความเร็วรอบ อุปกรณ์ดังกล่าวคือ planetary gear ซึ่งมีอัตราทด 1: 3 ซึ่งเมื่อประกอบแล้วจะทำให้ motor มีแรงบิด 36 N \cdot m ความเร็วรอบ 1066 rpm ซึ่งเพียงพอต่อการขับเคลื่อน Base และเนื่องจากขนาดเพลลา motor คือ เส้นผ่านศูนย์กลาง 24 mm มีขนาดใหญ่กว่า ช่องสวมเพลลาที่ด้านท้ายของ planetary gear จึงจำเป็นต้องเพิ่มอุปกรณ์เพื่อเติมเพื่อให้สวมกันระหว่างเพลลาทั้งสองได้ ในขั้นตอนการประกอบพบว่า การเพิ่ม planetary gear แล้วเป็นผลให้ขนาดความสูงของชุด Rotating ไม่เพียงพอที่จะบรรจุชุดขับได้ดังนั้น ต้องเพิ่มความสูงโดยการเสริมแผ่น อลูมิเนียม และลดความสูงของ internal gear ลงเพื่อให้ความสูงพอดีกัน

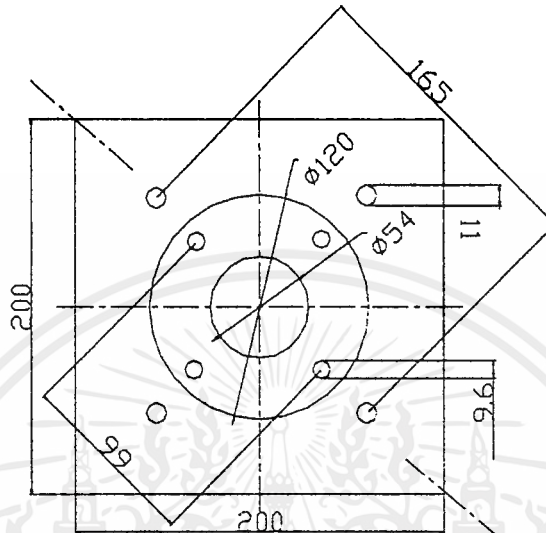
อธิบายรายละเอียด Drawing อุปกรณ์แต่ละชิ้น (ประกอบกับวิทยานิพนธ์ปี 2540)

1. ส่วน aluminium base frame ด้านบน



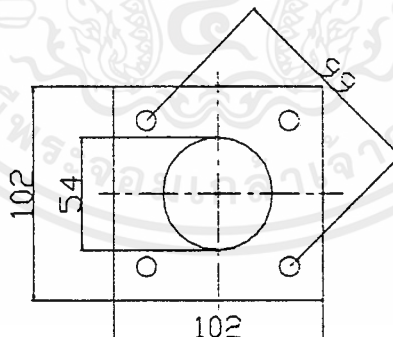
- เจาะรขนาดตามรูปเพื่อยึดชิ้นส่วนอื่นๆและมอเตอร์ให้เข้ากับ base frame

2.แผ่นอลูมิเนียมเสริมบน base frame



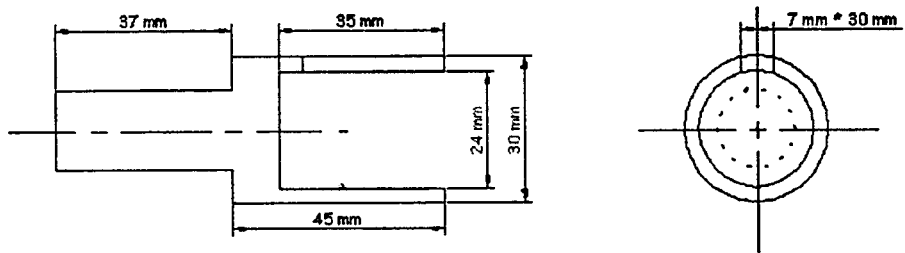
- เจาะรูปเพื่อยึดมอเตอร์

3.แผ่นอลูมิเนียมรองใต้ base frame



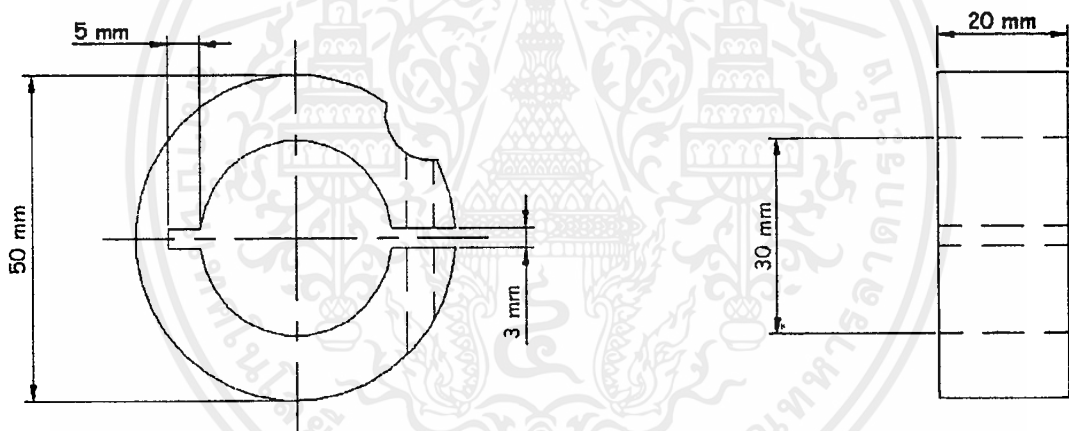
- เจาะรูปเพื่อยึดจับ planetary gear

4. ปลอกขยายเพลา motor



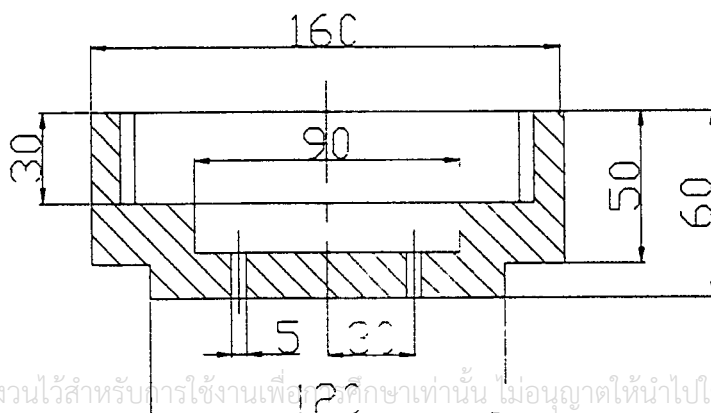
- เพื่อสวมมอเตอร์เข้ากับ planetary gear

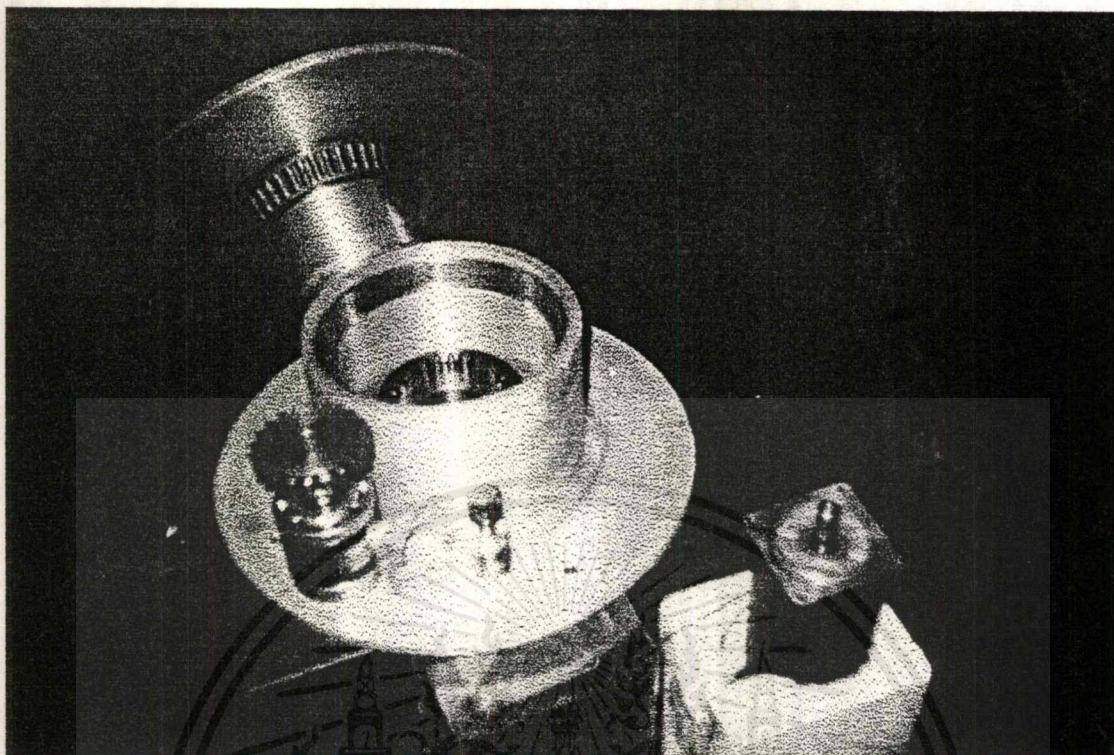
5. ส่วนเหล็กรัดข้อต่อ



- สำหรับรัดข้อต่อกับเพลาของมอเตอร์ให้แน่นโดยใช้น็อตขัน

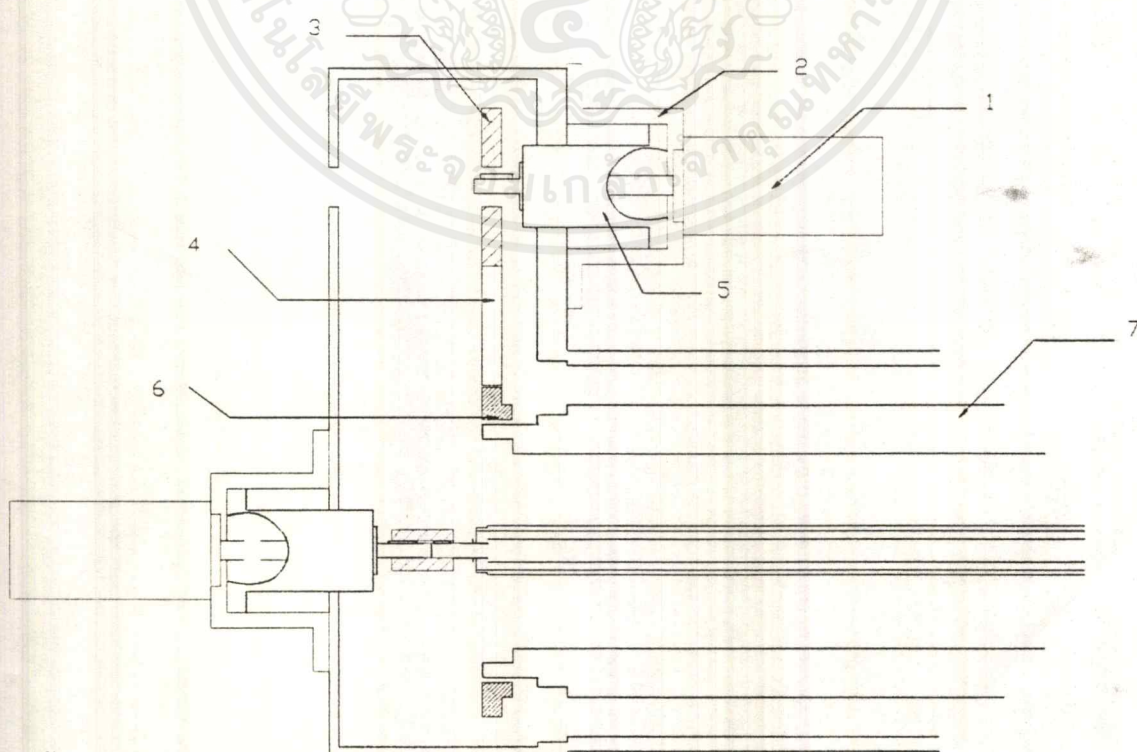
6. iron internal gear





รูปที่ 3.2 รูปแสดงส่วนประกอบต่างๆ ของแกน A1

2.2 แกน A4



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

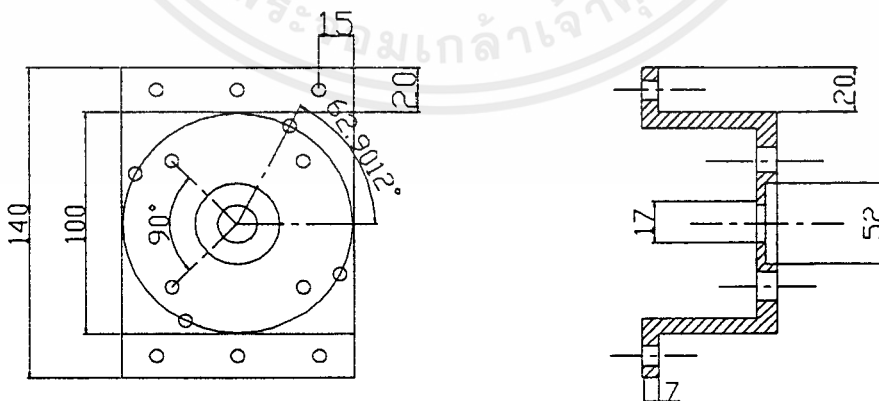
รายการอุปกรณ์

1. motor
2. อุปกรณ์จับยึดหน้าแปลน motor
3. pulley ของ motor
4. Timing Belt
5. Planetary Gear ratio 1:8
6. Pulley จับแกน A4
7. เพลาแกน A4

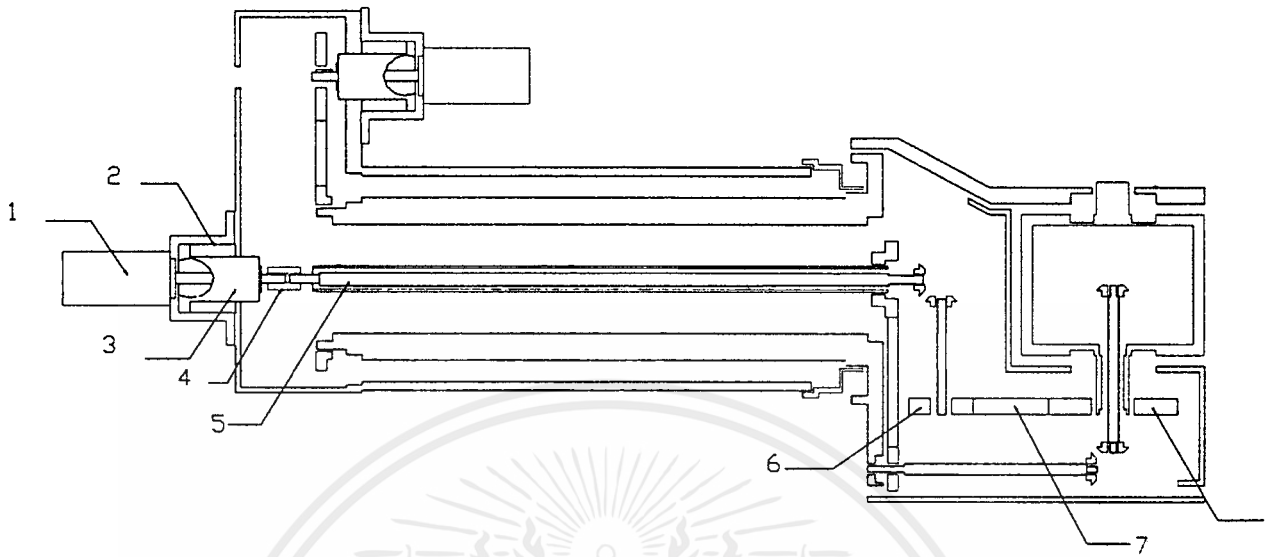
อธิบายเพิ่มเติม – ปัญหาจากการประกอบในแกน A4 ลักษณะเช่นเดียวกับแกน A1 คือขนาดของ motor แกน A4 ที่ได้ออกแบบไว้ มีแรงบิดสูงกว่าแรงบิดจริงที่ motor จะทำได้จึงต้องติด planetary gear เพื่อเพิ่มแรงบิดให้ได้ตามที่กำหนดไว้ โดยวิธีคำนวณเช่นเดียวกับ แกน A1 คือพิจารณาอัตราทด ของ planetary gear แล้วนำมาคูณกับแรงบิดที่ motor ทำได้เพื่อให้ได้แรงบิดตามที่ได้คำนวณ โดยได้เลือก planetary gear อัตราทด 1 : 8 และได้เพิ่มอุปกรณ์จับยึดหน้าแปลน motor เมื่อต่อรวมกับ planetary gear ที่ปลายเพลา planetary gear ต่อกับ pulley และขับสายพานเพื่อหมุนแกน A4 ต่อไป

อธิบายรายละเอียด Drawing อุปกรณ์แต่ละชิ้น (ประกอบกับวิทยานิพนธ์ปี 2540)

1. อุปกรณ์จับยึดหน้าแปลน motor



2.3 แกน A5



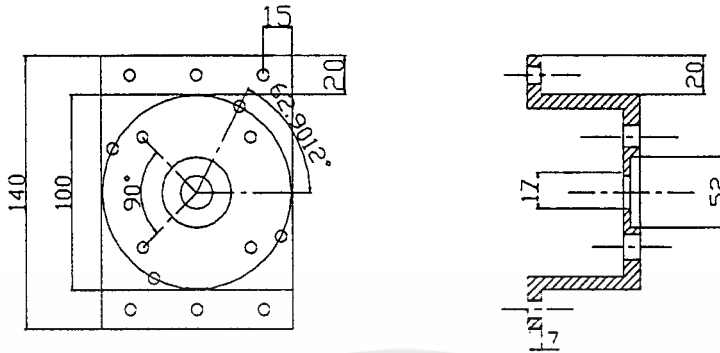
รายการอุปกรณ์

1. motor
2. อุปกรณ์จับยึดหน้าแปลน motor
3. Planetary Gear ratio 1:3
4. บูช
5. เฟลาแกน A5
6. Pulley
7. Timing Belt
8. Pulley

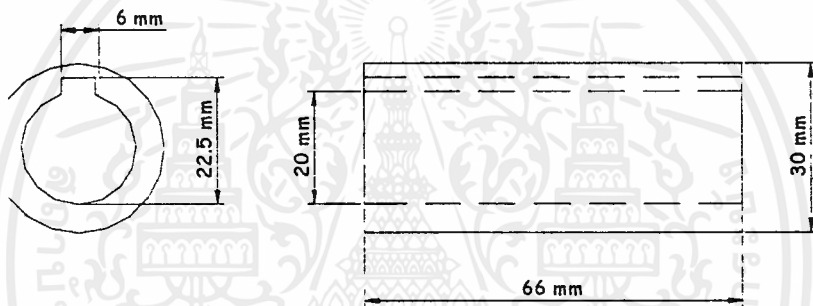
อธิบายเพิ่มเติม - ในส่วนของแกน A5 แบ่งเป็น 2 ส่วนย่อย คือ ส่วนในการประกอบ motor ทำเช่นเดียวกับลักษณะของแกน A4 แต่เมื่อประกอบรวมเข้ากับ planetary gear ที่มีอัตราทด 1 : 8 แล้วทำให้ความยาวเมื่อประกอบแล้วยาวกว่าที่ได้ออกแบบไว้ค่อนข้าง จึงเพิ่มอุปกรณ์เพื่อเพิ่มความยาวและจับยึดหน้าแปลนของ motor ในแกน A5 นี้ ขนาดเฟลาของ motor และ ช่องเสียบเฟลาที่ท้ายของ planetary gear มีขนาดพอดีจึงไม่ต้องเพิ่มอุปกรณ์จับยึดแต่อย่างใด ที่เฟลา planetary gear จะต่อกับแกน A5 นั้นจะมี coupling ในการส่งถ่ายกำลัง

อธิบายรายละเอียด Drawing ของแต่ละชิ้นส่วน (ประกอบกับวิทยานิพนธ์ปี 2540)

1. อุปกรณ์ช่วยจับยึดหน้าแปลน motor เช่นเดียวกับแกน A4



2. บูช



การวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์เชื่อมประสาน โดยวิธี Forward Kinematics

การเคลื่อนไหว หรือ Kinematics ของหุ่นยนต์ คือการหาสมการเพื่ออธิบายการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ ซึ่งเกิดจาก ความสัมพันธ์กันของการเคลื่อนที่ขององค์ประกอบต่างๆ อันประกอบด้วยแกน (link) และจุดหมุน (joint) ซึ่งจะแตกต่างกันไปตามโครงสร้างของหุ่นยนต์แต่ละตัว ซึ่งการอธิบายที่สะดวกและเข้าใจง่ายก็คือการอธิบายในรูปของ matrix ที่เรียกกันโดยทั่วไปว่า Transformation matrix ซึ่งอาศัยพื้นฐานทางตรีโกณมิติต่างๆ แต่ต้องมีความเข้าใจเรื่อง ระบบพิกัดค่อนข้างมาก ในการหาสมการนั้นสามารถทำได้สองแบบ คือ

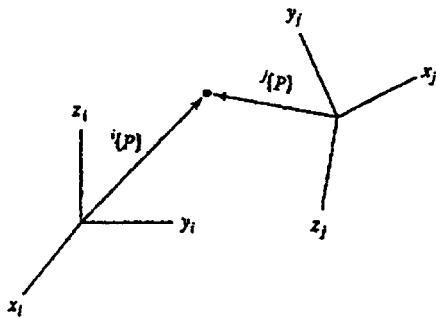
Forward Kinematics เป็นการวิเคราะห์หาค่าตำแหน่งหัวจับลวดเชื่อมของหุ่นยนต์เชื่อมประสาน ซึ่งคำนวณจาก coordinate ในจุดเชื่อมต่อต่างๆ โดยอาศัยตำแหน่งเชิงมุม (angular positions) และตำแหน่งเชิงเส้น (translation positions) ของจุดเชื่อมต่อ เพื่อให้ได้ Translation matrix เพื่อแปลง Robot coordinate ไปสู่ Cartesian coordinate ซึ่งเป็นพิกัดที่สะดวกในการสั่งงาน

Inverse Kinematics เป็นการวิเคราะห์โดยเริ่มจากจุดปลายลงมายังฐาน วิธีนี้จะยากกว่า วิธี Forward Kinematics

สำหรับการวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์เชื่อมประสานจะใช้วิธี Forward Kinematics ซึ่งจำเป็นต้องมีพื้นฐานดังต่อไปนี้

4.1 การวิเคราะห์โดยวิธีทางเมตริก (MATRIX METHOD OF ANALYSIS)

พิจารณารูป 4.1 เป็นการบอกตำแหน่งของจุดในโครง (frame) ที่แตกต่างกัน 2 โครง คือ โครง i และ โครง j ในแต่ละโครงจะมี Cartesian coordinate x, y, z , ที่แตกต่างกัน



รูปที่ 4.1 แสดง ตำแหน่งของจุด P ในโครงที่ต่างกัน

อธิบาย จุด P ในโครง i ในรูป vector คือ

$${}^i\{P\} = \begin{Bmatrix} P_{x_i} \\ P_{y_i} \\ P_{z_i} \end{Bmatrix}$$

อธิบาย จุด P ในโครง j ในรูป vector คือ

$${}^j\{P\} = \begin{Bmatrix} P_{x_j} \\ P_{y_j} \\ P_{z_j} \end{Bmatrix}$$

ความสัมพันธ์ของ matrix ${}^i\{P\}$ และ ${}^j\{P\}$ กำหนดโดย

$${}^i\{P\} = {}^i[T] {}^j\{P\}$$

โดย matrix ${}^i[T]$ มีมิติ 3×3 ซึ่งแสดงถึงความสัมพันธ์ทั้งการหมุนและตำแหน่งของโครงทั้ง 2 ถูกเรียกว่า Transformation matrix การแปลงจากจุดในโครง i ไปสู่โครง j ก็เช่นเดียวกัน

$${}^j\{P\} = {}^j[T] {}^i\{P\}$$

โดยที่

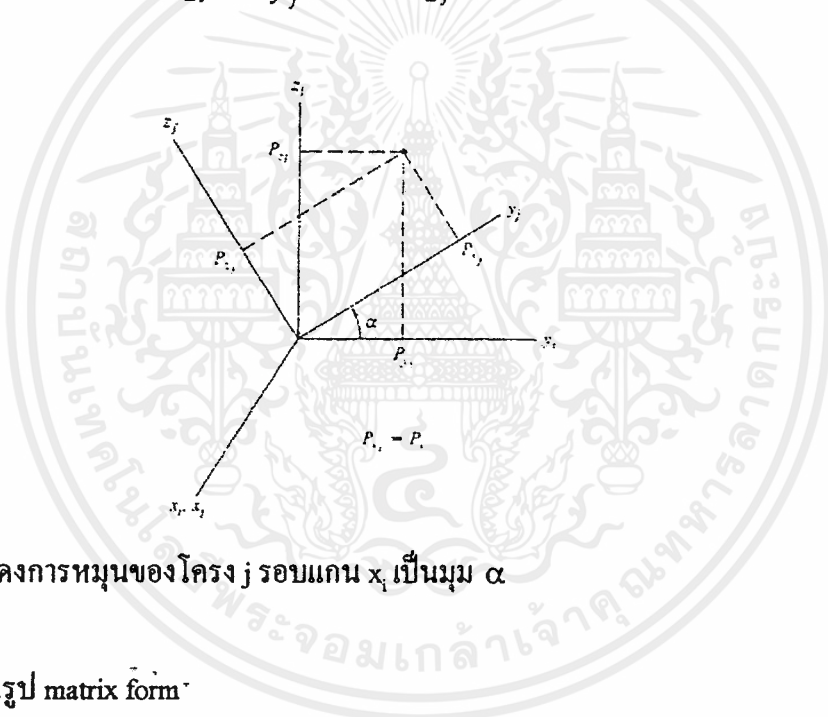
$${}^i[T] = {}^j[T]^{-1}$$

4.2 การแปลงพิกัดร่วมโดยใช้ Transformation matrices (Homogeneous Coordinate Transformer)

4.2.1 การหมุนรอบจุดกำเนิด (Pure Rotation about the origin)

พิจารณารูปที่ 4.2 เมื่อหมุนโครง j รอบโครง i ในแนวแกน x เป็นมุม α จุดกำเนิด (origin) โดยใช้ทฤษฎีตรีโกณมิติ สมการที่ได้เขียนในรูปความสัมพันธ์ของจุดในแกน x, y, z ของแต่ละโครง

$$\begin{aligned} P_{x_i} &= P_{x_j} \\ P_{y_i} &= P_{y_j} \cos \alpha - P_{z_j} \sin \alpha \\ P_{z_i} &= P_{y_j} \sin \alpha + P_{z_j} \cos \alpha \end{aligned}$$



รูปที่ 4.2 แสดงการหมุนของโครง j รอบแกน x เป็นมุม α

หรือเขียนในรูป matrix form

$$\begin{Bmatrix} P_{x_i} \\ P_{y_i} \\ P_{z_i} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \alpha & -\sin \alpha \\ 0 & \sin \alpha & \cos \alpha \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} P_{x_j} \\ P_{y_j} \\ P_{z_j} \end{Bmatrix}$$

อธิบาย สมการ ในรูป Transformation matrix

$${}^i\{P\} = {}^j[T(x, \alpha)] {}^j\{P\}$$

เช่นเดียวกัน พิจารณาการหมุนของแกนต่างๆ รอบจุดกำเนิด ในแกน y เป็นมุม β , ${}^j[T(y, \beta)]$ และ หมุนรอบแกน z เป็นมุม γ , ${}^j[T(z, \gamma)]$

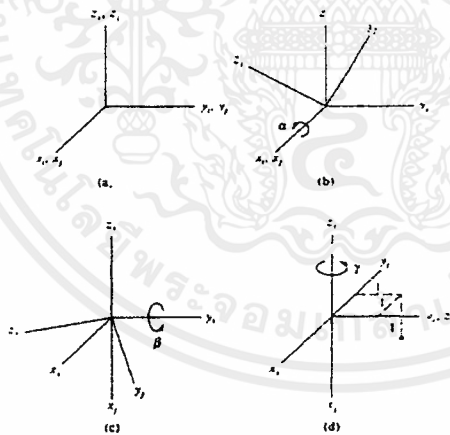
สามารถกล่าวได้ว่า

$${}^i_j [T(x_i, \alpha)] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \alpha & -\sin \alpha \\ 0 & \sin \alpha & \cos \alpha \end{bmatrix}$$

$${}^i_j [T(y_i, \beta)] = \begin{bmatrix} \cos \beta & 0 & \sin \beta \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \beta & 0 & \cos \beta \end{bmatrix}$$

$${}^i_j [T(z_i, \gamma)] = \begin{bmatrix} \cos \gamma & -\sin \gamma & 0 \\ \sin \gamma & \cos \gamma & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

การหมุนของแกน อธิบายในรูปเทอมตามลำดับของกิริยาหมุนในแกนต่างๆ ดังอย่างเช่น จากรูป 4.3 เมื่อหมุนโครง j รอบโครง i ประกอบด้วยการหมุนเป็นมุม α รอบแกน x_i ตามด้วยหมุนเป็นมุม β รอบแกน y_i และสุดท้ายหมุนเป็นมุม γ รอบแกน z_i



รูปที่ 4.3 การหมุน ในแกน x_i ในรูป (a)-(b), ตามด้วยการหมุนในแกน y_i ในรูป (c)-(d) และการหมุน ในแกน z_i ในรูป (c)-(d)

การแปลงจุด P จากโครง j เป็นโครง i เขียนได้ใน form

$${}^i\{P\} = {}^i_j [T] \{P\}$$

พิจารณาโดยอาศัย Transformation matrix

$${}^i\{P\} = {}^i[T]^j\{P\}$$

เมื่อกำหนด

$${}^i\{P\} = \begin{Bmatrix} P_{x_i} \\ P_{y_i} \\ P_{z_i} \\ 1 \end{Bmatrix} \quad \text{และ} \quad {}^j\{P\} = \begin{Bmatrix} P_{x_j} \\ P_{y_j} \\ P_{z_j} \\ 1 \end{Bmatrix}$$

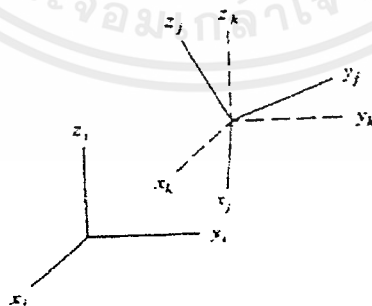
สามารถเขียนความสัมพันธ์ของ ${}^i\{P\}$ และ ${}^j\{P\}$ ในรูป Transformation matrix 4×4

กำหนดโดย

$${}^i_j[T] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & Q_{x_i} \\ 0 & 1 & 0 & Q_{y_i} \\ 0 & 0 & 1 & Q_{z_i} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

4.2.3 การเคลื่อนย้ายแกนที่การหมุน (Combined Rotation and Translation)

จากรูป 4.5 พิจารณาในกรณีของโครง j มีการหมุนและเลื่อนตำแหน่งไปจากโครง i . กระบวนการได้มาซึ่ง Transformation matrix โดยพิจารณาทีละขั้นโดยเคลื่อนโครง k จากโครง i เป็นระยะ vector ${}^i\{O\}$



รูปที่ 4.5 แสดงการเคลื่อนตัวของโครง j จากโครง i พร้อมทั้งมีการหมุนรอบจุดกำเนิด

จะได้

$${}^i\{P\} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & Q_{x_i} \\ 0 & 1 & 0 & Q_{y_i} \\ 0 & 0 & 1 & Q_{z_i} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} {}^k\{P\}$$

ในขั้นต่อมา พิจารณาการหมุนของโครง j รอบโครง k เขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$${}^k\{P\} = \begin{bmatrix} R_{11} & R_{12} & R_{13} & 0 \\ R_{21} & R_{22} & R_{23} & 0 \\ R_{31} & R_{32} & R_{33} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} {}^j\{P\}$$

เพราะฉะนั้นเขียนความสัมพันธ์ระหว่างโครง i และ j คือ

$${}^i\{P\} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & Q_{x_i} \\ 0 & 1 & 0 & Q_{y_i} \\ 0 & 0 & 1 & Q_{z_i} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R_{11} & R_{12} & R_{13} & 0 \\ R_{21} & R_{22} & R_{23} & 0 \\ R_{31} & R_{32} & R_{33} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} {}^j\{P\}$$

โดย

$${}^i\{P\} = {}^i_j[T] {}^j\{P\}$$

สามารถเขียนได้ว่า Transformation matrix จากการรวม การหมุนและเคลื่อนแกน ได้ดังนี้

$${}^i_j[T] = \begin{bmatrix} R_{11} & R_{12} & R_{13} & Q_{x_i} \\ R_{21} & R_{22} & R_{23} & Q_{y_i} \\ R_{31} & R_{32} & R_{33} & Q_{z_i} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

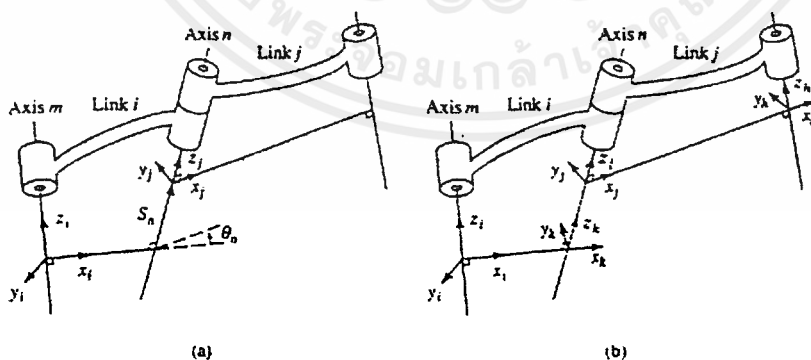
หรือในรูป

$${}^i_j[T] = \begin{bmatrix} {}^i_j[R] & \vdots & {}^i\{Q\} \\ \dots & \dots & \dots \\ 0 & \vdots & 1 \end{bmatrix}$$

${}^i_j[R]$ คือ 3×3 ในส่วนของ การหมุน และ ${}^i\{Q\}$ คือ 3×1 ในส่วนของ การเลื่อนตำแหน่ง

2.3 Forward Kinematics

จากหลักการในการสร้าง Transformation matrix ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการเปลี่ยน Robot coordinate ในจุดเชื่อมต่อต่าง มาสู่ Cartesian coordinate โดยยึดจุด origin ที่ Base พิจารณาถึงการเปลี่ยนโครงตามลำดับขั้น พิจารณารูป 4.6 จาก ${}^i_j[T]$ มีความสัมพันธ์ระหว่าง โครงที่ติดที่เชื่อมต่อกันด้วย link i ที่ยึดติดกับ link j ในการสร้าง matrix จะกำหนดโครงชั่วคราว คือ โครง k ในรูป 4.6 b จุดกำเนิดของโครง k จะอยู่ตามเส้นแกน n และตั้งฉากเสมอกับ link i โดยแกน x_k จะมีทิศไปตามแกน x_i และแกน z_k ไปตาม แกน z_j เมื่อพิจารณาการหมุนระหว่างโครง j และ k โครง j ถูกหมุนจากโครง k เป็นมุม θ_n ตามแนวแกน z_k ขณะเดียวกันก็มีการเลื่อนตำแหน่งไปเป็นระยะ s_n แกน z_k



รูปที่ 4.6 (a) แสดงการวางโครงในจุดเชื่อมต่อ (s_n, θ_n) . (b) แสดงโครง k ที่เชื่อมความสัมพันธ์ระหว่างโครง i และโครง j

เมื่อ พิจารณา Transformation แล้ว

$${}^k\{P\} = {}^k[T] {}^j\{P\}$$

เมื่อ

$${}^k[T] = \begin{bmatrix} \cos \theta_n & -\sin \theta_n & 0 & 0 \\ \sin \theta_n & \cos \theta_n & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & S_n \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

ขั้นถัดไปพิจารณาการหมุนของโครง k เป็นมุม τ_i ตามแกน x_i ขณะเดียวกันมีการย้ายแกนเป็นระยะ l_i ตามแกน x_i

$${}^i\{P\} = {}^i[T] {}^k\{P\}$$

เมื่อ

$${}^i[T] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & l_i \\ 0 & \cos \tau_i & -\sin \tau_i & 0 \\ 0 & \sin \tau_i & \cos \tau_i & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของโครง i และ j

$${}^i\{P\} = {}^j[T] {}^i\{P\}$$

เมื่อ

$${}^j[T] = {}^i[T] {}^k[T] = \begin{bmatrix} \cos \theta_n & -\sin \theta_n & 0 & l_i \\ \cos \tau_i \sin \theta_n & \cos \tau_i \cos \theta_n & -\sin \tau_i & S_n \sin \tau_i \\ \sin \tau_i \sin \theta_n & \sin \tau_i \cos \theta_n & \cos \tau_i & S_n \cos \tau_i \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Transformation matrix สามารถสร้างได้ตามหลักการวิเคราะห์ดังกล่าว สามารถสร้างความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างต่างๆ ได้ โดยใช้ขั้นตอนดังกล่าวดังเช่นจากโครง h แปลงไปสู่โครง k

$${}^k[T] = {}^k[T]_j {}^j[T]_h [T]$$

เมื่อ

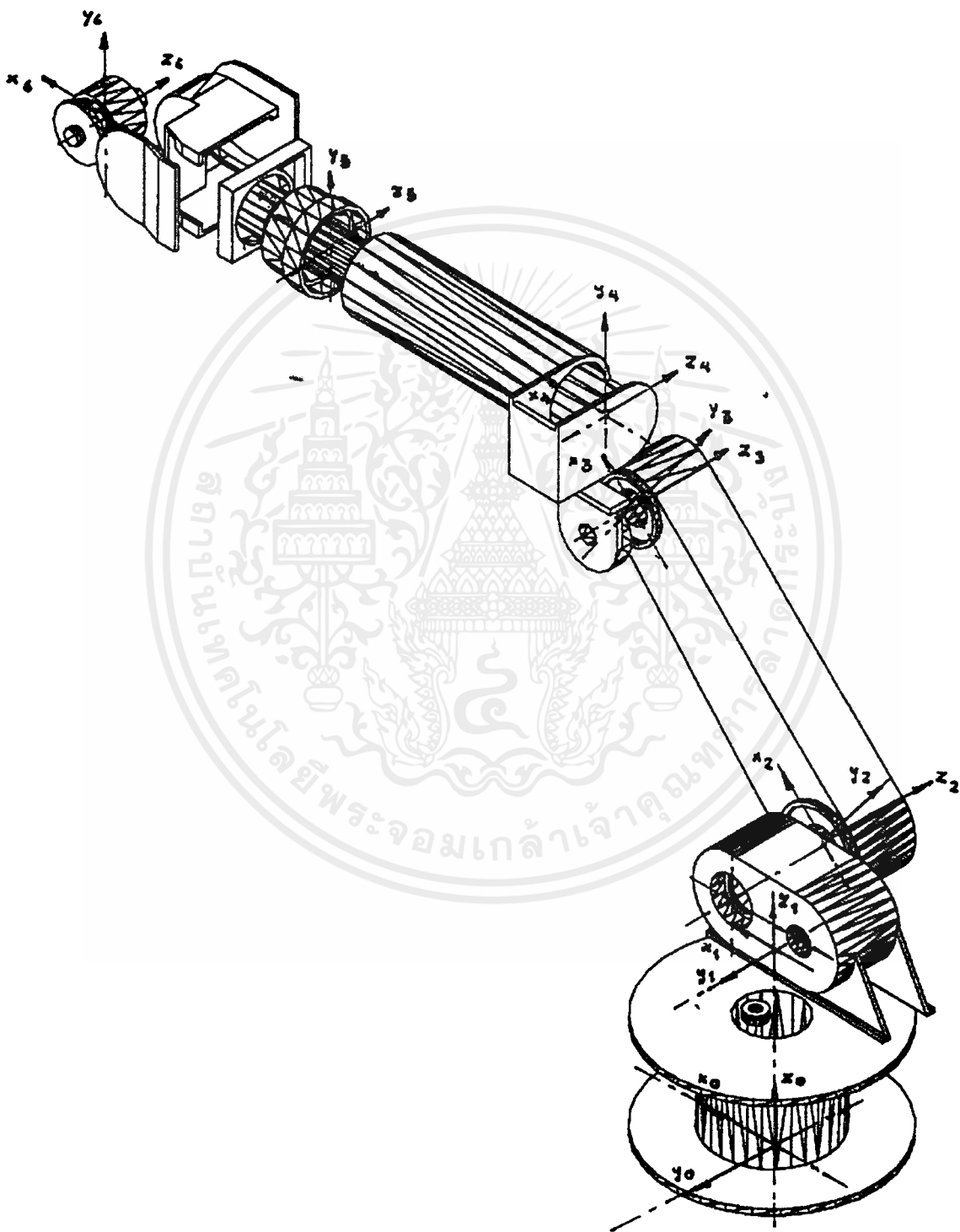
$${}^i[T] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & l_i \\ 0 & \cos \tau_j & -\sin \tau_j & 0 \\ 0 & \sin \tau_j & \cos \tau_j & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

และ

$${}^k[T] = \begin{bmatrix} \cos \theta_n & -\sin \theta_n \cos \tau_j & \sin \theta_n \sin \tau_j & l_j \cos \theta_n \\ \sin \theta_n & \cos \theta_n \cos \tau_j & -\cos \theta_n \sin \tau_j & l_j \sin \theta_n \\ 0 & \sin \tau_j & \cos \tau_j & S_n \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

4.4 การคำนวณการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์เชื่อมประสานโดยวิธี Forward Kinematics

เมื่อพิจารณารูป 4.7 แสดงโครงสร้างทาง mechanism ของหุ่นยนต์เชื่อมประสาน สามารถตั้ง
โครงต่างๆ ได้ดังนี้

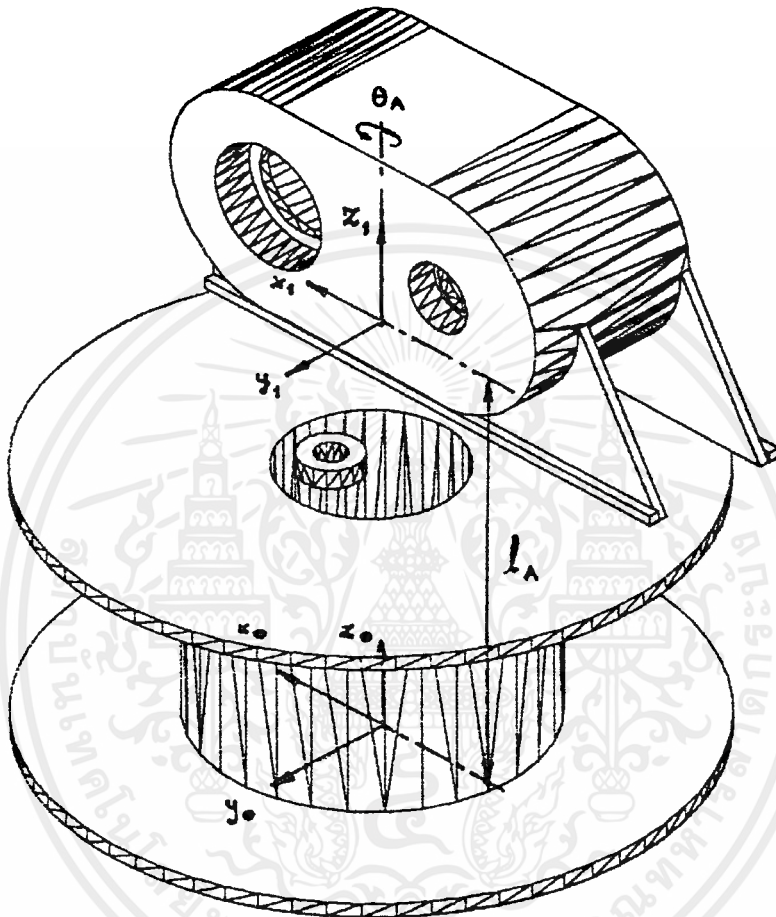


รูปที่ 4.7 แสดงโครงแกนต่างๆ ในหุ่นยนต์เชื่อมประสาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อพิจารณาแต่ละจุดเชื่อมต่อ เพื่อสร้าง Transformation matrix

1. Transformation matrix ของ โครง 0 และ โครง 1



รูปที่ 4.8 แสดงรายละเอียด โครง 0 และ โครง 1

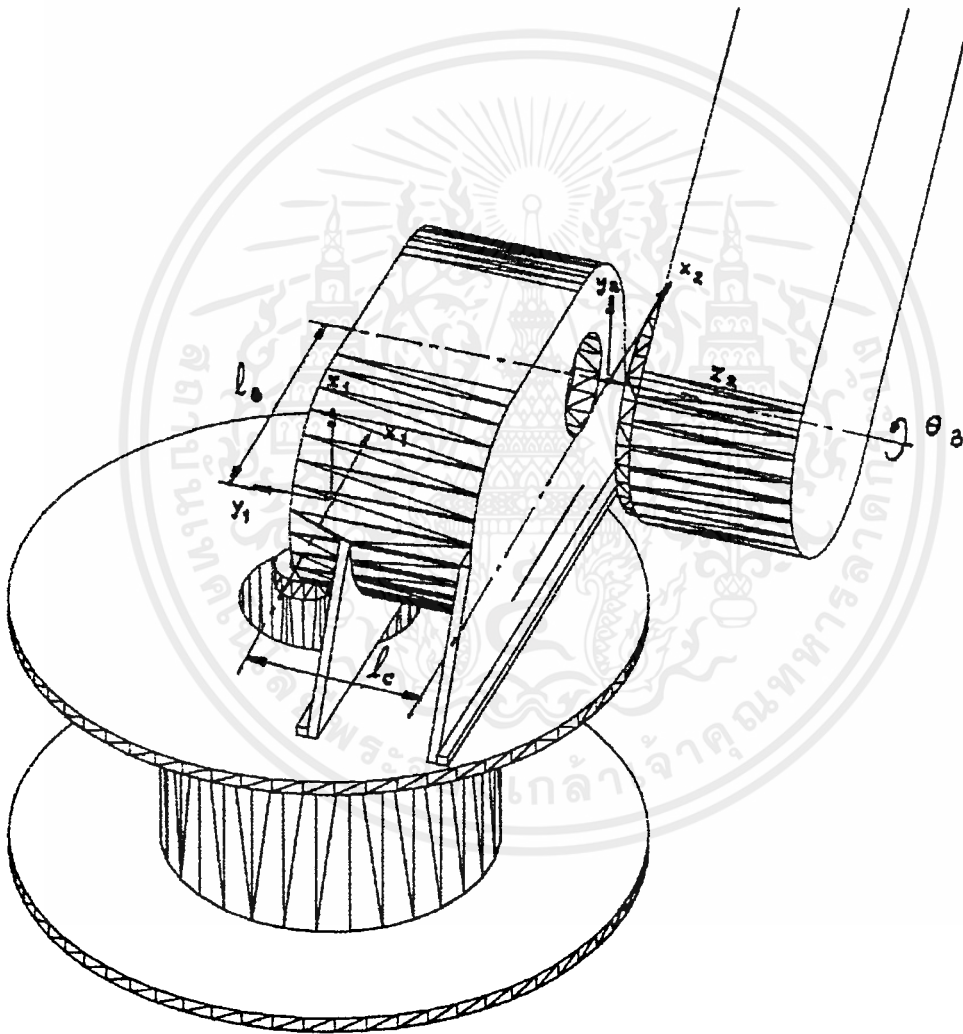
กำหนด l_A = ระยะความห่างโดยวัดจากฐาน ไปยัง จุดเชื่อมแกน A2 ตามแนวแกน z_0

θ_A = องศาการหมุนตามแนวแกน z_0 (ตามกฎมือขวา)

ได้ transformation matrix

$${}^0_1[T] = \begin{bmatrix} \cos \theta_A & -\sin \theta_A & 0 & 0 \\ \sin \theta_A & \cos \theta_A & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & l_A \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

2. Transformation matrix ของ โครง 1 และ โครง 2



รูปที่ 4.9 แสดงรายละเอียด โครง 1 และ โครง 2

กำหนด l_b = ระยะความห่างตามแกน x_1 จาก origin โครง 1 ไปยัง จุดกึ่งกลางระหว่าง column และ link arm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

l_c = ระยะความห่างตามแกน $-y_1$ จาก origin โครง 1 ไปยัง จุดกึ่งกลางระหว่าง column และ link arm

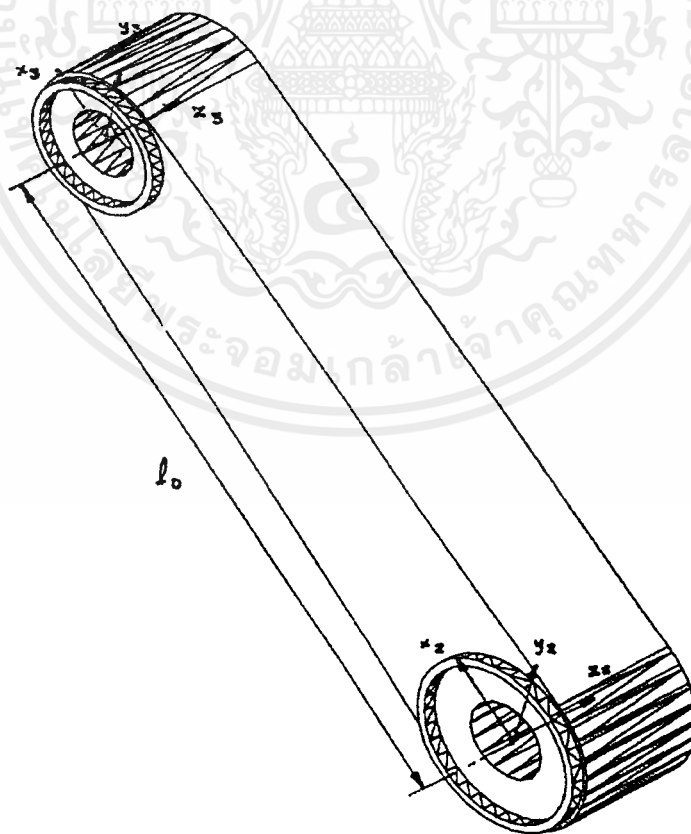
θ_B = องศาการหมุนตามแนวแกน z_2 (ตามกฎมือขวา)

ได้ transformation matrix

$${}^1_2[T] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & l_B \\ 0 & \cos 90^\circ & -\sin 90^\circ & l_C \\ 0 & \sin 90^\circ & \cos 90^\circ & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \theta_B & -\sin \theta_B & 0 & 0 \\ \sin \theta_B & \cos \theta_B & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$${}^1_2[T] = \begin{bmatrix} \cos \theta_B & -\sin \theta_B & 0 & l_B \\ \sin \theta_B & \cos \theta_B & 0 & l_C \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

2. Transformation matrix ของโครง 2 และ โครง 3



รูปที่ 4.10 แสดงรายละเอียด โครง 2 และ โครง 3

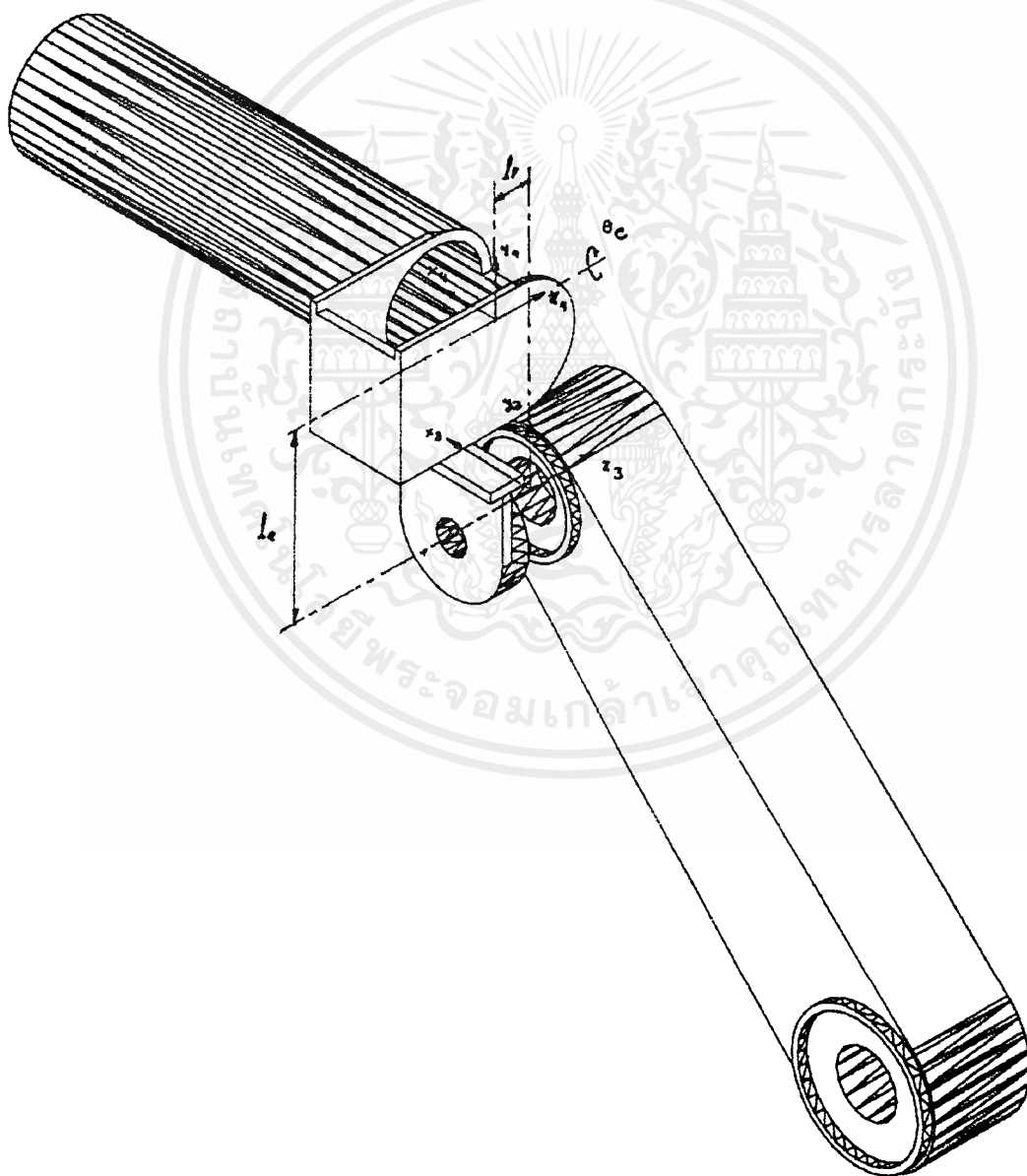
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนด l_D = ระยะความห่าง ตามแกน x_2 จากจุดเชื่อมต่อแกน A2 และแกน A3

ได้ Transformation matrix

$${}^2_3[T] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & l_D \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

3. Transformation matrix ของโครง 3 และโครง 4



รูปที่ 4.11 แสดง โครงสร้างโครง 3 และโครง 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนด l_E = ระยะความห่าง ตามแกน y_3 จากจุดเชื่อมต่อแกน A3 ไปยัง กึ่งกลางเพลา
แกน A4

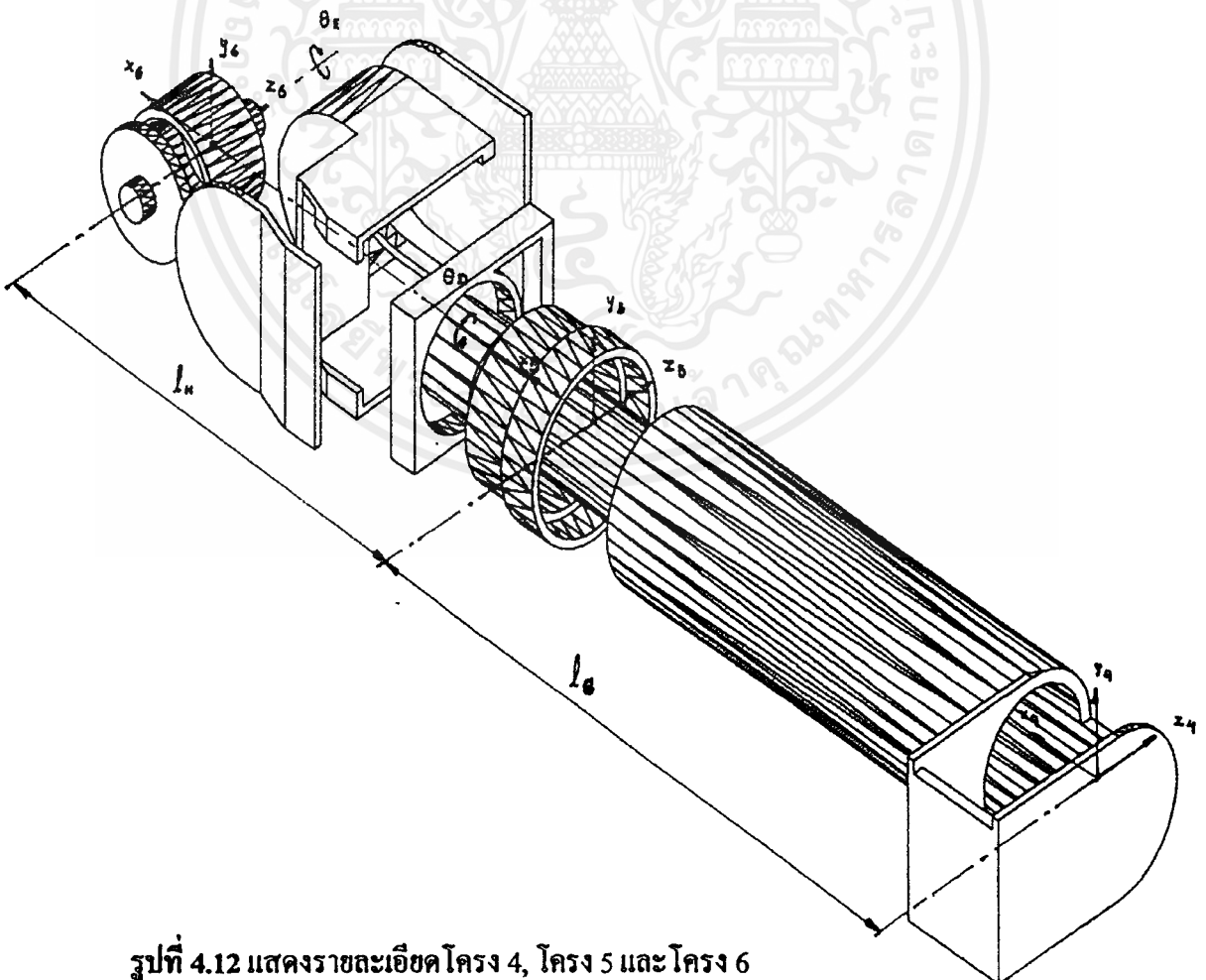
l_F = ระยะความห่าง ตามแกน $-z_3$ จากจุดเชื่อมต่อแกน A3 ไปยัง กึ่งกลางเพลา
แกน A4

θ_c = องศาการหมุนตามแนวแกน z_4 (ตามกฎมือขวา)

ได้ Transformation matrix

$${}^3_4[T] = \begin{bmatrix} \cos \theta_c & -\sin \theta_c & 0 & 0 \\ \sin \theta_c & \cos \theta_c & 0 & l_E \\ 0 & 0 & 1 & l_F \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

4. Transformation matrix ของโครง 4 และ โครง 5



รูปที่ 4.12 แสดงรายละเอียดโครง 4, โครง 5 และ โครง 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนด l_G = ระยะความห่างตาม แกน x_4 จากกึ่งกลางเพลาแกน A5 ไปยังจุดกึ่งกลาง Drive wrist
 θ_D = องศาการหมุนตามแนวแกน x_5 (ตามกฎมือขวา)

ได้ Transformation matrix

$${}^4_3[T] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & l_G \\ 0 & \cos \theta_D & -\sin \theta_D & 0 \\ 0 & \sin \theta_D & \cos \theta_D & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

5. Transformation matrix ของโครง 5 และโครง 6

กำหนด l_h = ระยะห่างตามแนวแกน x_5 จากกึ่งกลาง Drive wrist ไปยัง จุดกึ่งกลาง Mounting Flange
 θ_E = องศาการหมุนตามแนวแกน z_6 (ตามกฎมือขวา)

ได้ Transformation matrix

$${}^5_6[T] = \begin{bmatrix} \cos \theta_E & -\sin \theta_E & 0 & l_H \\ \sin \theta_E & \cos \theta_E & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

พิจารณาจุดพิทัก P ในโครง 6 มีความสัมพันธ์กับโครง 0 ดังนี้

$${}^0\{P\} = {}^0_1[T] {}^1_2[T] {}^2_3[T] {}^3_4[T] {}^4_5[T] {}^5_6[T] {}^6\{P\}$$

เมื่อ

$${}^0_6[T] = {}^0_1[T] {}^1_2[T] {}^2_3[T] {}^3_4[T] {}^4_5[T] {}^5_6[T]$$

ได้สมการใน form

$${}^0_6[T] = \begin{bmatrix} R_{11} & R_{12} & R_{13} & P_x \\ R_{21} & R_{22} & R_{23} & P_y \\ R_{31} & R_{32} & R_{33} & P_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

ผลวิเคราะห์เชิง matrix

$$R_{11} = \cos \theta_A \cos(\theta_B + \theta_C + \theta_E) - \cos \theta_A \cos \theta_D \sin(\theta_B + \theta_C) + \sin \theta_A (\sin \theta_D + \sin \theta_E)$$

$$R_{12} = -\cos \theta_A \sin(\theta_B + \theta_C + \theta_E) - \cos \theta_A \cos \theta_D \sin(\theta_B + \theta_C) + \sin \theta_A (\sin \theta_D + \cos \theta_E)$$

$$R_{13} = \cos \theta_A \sin \theta_D \sin(\theta_B + \theta_C) + \sin \theta_A \cos \theta_D$$

$$R_{21} = \sin \theta_A \cos(\theta_B + \theta_C + \theta_E) - \sin \theta_A \cos \theta_D \sin(\theta_B + \theta_C) - \cos \theta_A (\sin \theta_D + \sin \theta_E)$$

$$R_{22} = -\sin \theta_A \sin(\theta_B + \theta_C + \theta_E) - \sin \theta_A \cos \theta_D \sin(\theta_B + \theta_C) - \cos \theta_A (\sin \theta_D + \cos \theta_E)$$

$$R_{23} = \sin \theta_A \sin \theta_D \sin(\theta_B + \theta_C) - \cos \theta_A \cos \theta_D$$

$$R_{31} = \sin(\theta_B + \theta_C + \theta_E) + \cos \theta_D \cos(\theta_B + \theta_C)$$

$$R_{32} = \cos(\theta_B + \theta_C + \theta_E) + \cos \theta_D \cos(\theta_B + \theta_C)$$

$$R_{33} = -\sin \theta_D \cos(\theta_B + \theta_C)$$

$$P_x = \cos \theta_A \cos(\theta_B + \theta_C)(l_H + l_G) + \cos \theta_A \cos \theta_B l_E + \sin \theta_A (l_F - l_C)$$

$$+ \cos \theta_A (l_B + \cos \theta_B l_D)$$

$$P_y = \sin \theta_A \cos(\theta_B + \theta_C)(l_H + l_G) + \sin \theta_A \sin \theta_B l_E + \cos \theta_A (l_C - l_F)$$

$$+ \sin \theta_A (l_B + \cos \theta_B l_D)$$

$$P_z = \sin(\theta_B + \theta_C)(l_H + l_G) + \cos \theta_B l_E + \sin \theta_B l_D + l_A$$

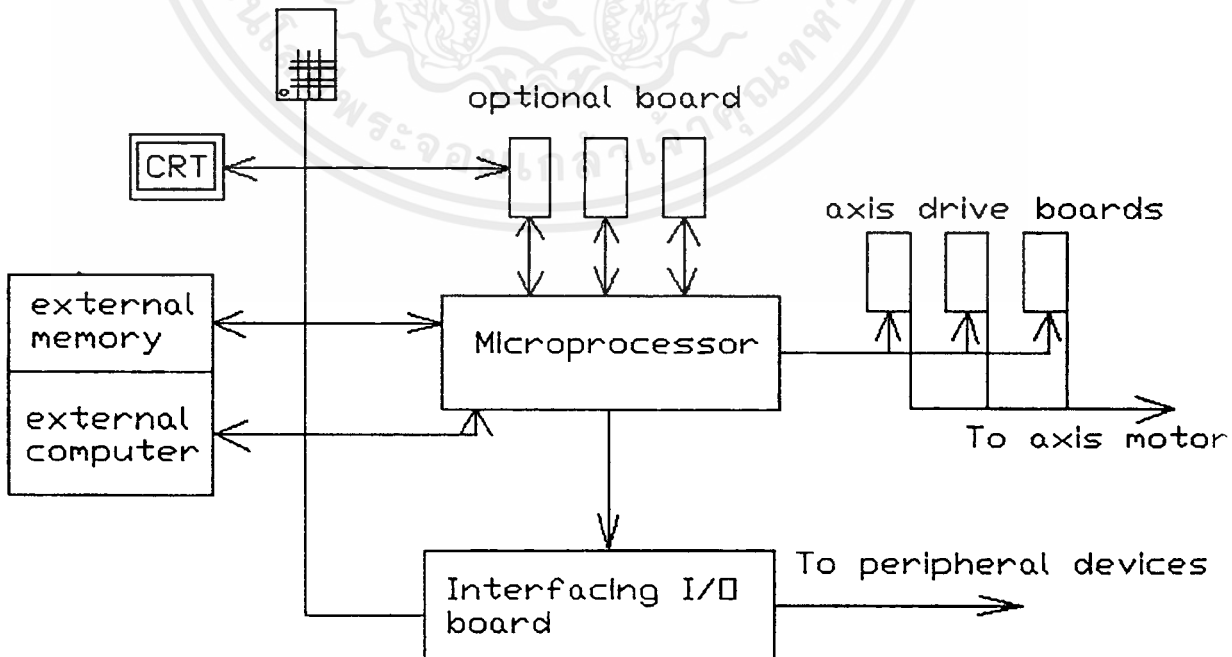
ระบบควบคุมของหุ่นยนต์แขนกล

ระบบควบคุมเป็นส่วนที่สำคัญมากส่วนหนึ่งของหุ่นยนต์แขนกลเนื่องจากเป็นส่วนที่ทำให้หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ได้ตามคำสั่งของเราอย่างเหมาะสมและมีความเที่ยงตรง

5.1 ส่วนประกอบของระบบควบคุม

ระบบควบคุมประกอบด้วยส่วนประกอบหลักๆ 5 ส่วนดังต่อไปนี้

- 1.Power Supply
- 2.Interfacing I/O Board
- 3.Axis Drive Board
- 4.Optional Board
- 5.Microprocessor

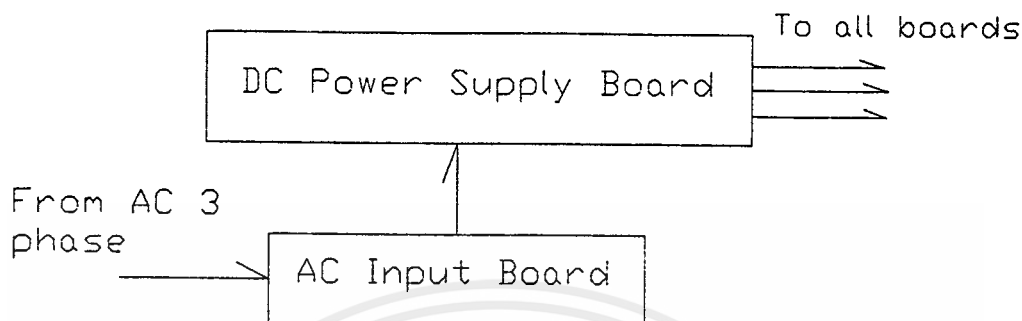


รูปที่ 5.1 รูปแสดงการเชื่อมต่อของส่วนประกอบด้านการควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Power Supply

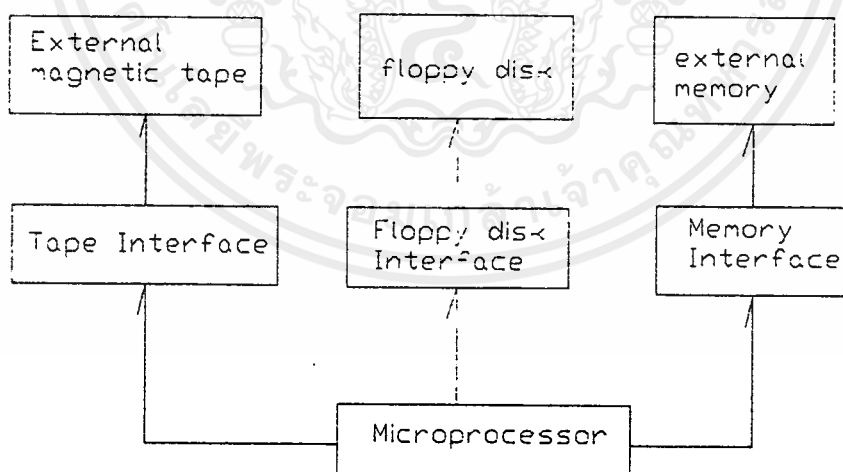
เป็นส่วนที่ทำหน้าที่เปลี่ยนไฟ AC 3 เฟส เป็นไฟ DC เพื่อนำไปใช้กับส่วนอุปกรณ์ Control Board ได้



รูปที่ 5.2 รูปแสดงการทำงานของ Power Supply

- Interfacing Board

เป็นอุปกรณ์เชื่อมต่อการติดต่อสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ต่างๆของระบบควบคุมกับอุปกรณ์ภายนอกอื่นๆ



รูปที่ 5.3 ตัวอย่างของ Interfacing boards

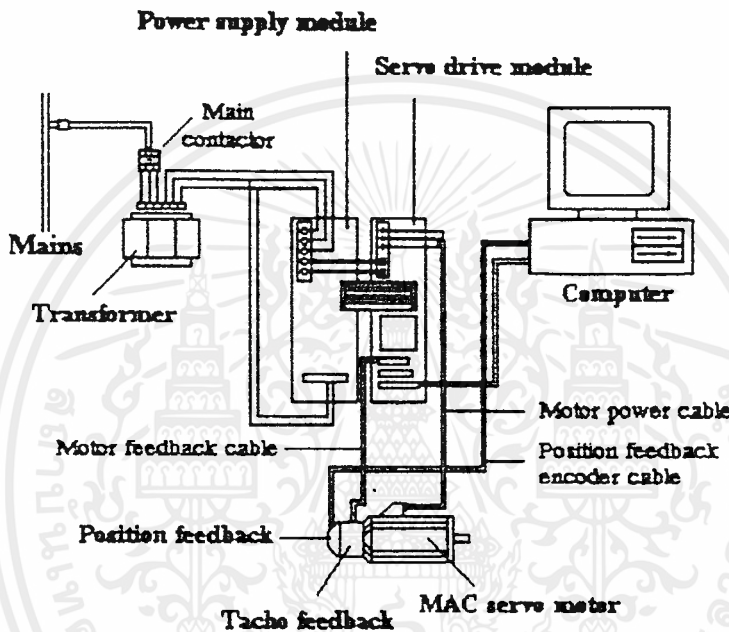
- Axis Drive Board

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมการเคลื่อนที่ของแกนมอเตอร์แต่ละแกน

- Optional Board

เป็นอุปกรณ์เพิ่มเติมเพื่อทำให้ระบบควบคุมสามารถทำงานได้สะดวกมากยิ่งขึ้น เช่น การเพิ่ม Memory เพื่อให้การทำงานราบเรียบยิ่งขึ้น

5.2 การนำระบบควบคุมมาใช้กับหุ่นยนต์แขนกล



รูปที่ 5.4 รูปแสดงการเชื่อมต่อของระบบควบคุมมอเตอร์แบบ Closed loop feedback

เนื่องจากหุ่นยนต์แขนกลเป็นหุ่นที่ใช้สำหรับการเชื่อมประสานดังนั้นการควบคุมจึงต้องเป็นการควบคุมที่มีความเที่ยงตรงและสามารถที่จะปรับเปลี่ยน โปรแกรมการใช้งานได้ง่ายซึ่งระบบควบคุมที่สามารถทำให้การควบคุมมีความเที่ยงตรงจะต้องเป็นระบบควบคุมแบบป้อนกลับ(Closed loop feedback)

อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมที่ควรนำมาใช้กับหุ่นยนต์แขนกลนี้เพื่อให้การควบคุมเป็นแบบป้อนกลับและมีประสิทธิภาพ ได้แก่

1. การ์ดควบคุม
2. คอมพิวเตอร์
3. ชุดควบคุมมอเตอร์

4.AC Servo Motor พร้อม Encoder และ Tacho Generator

-การ์ดควบคุม (Control Card)

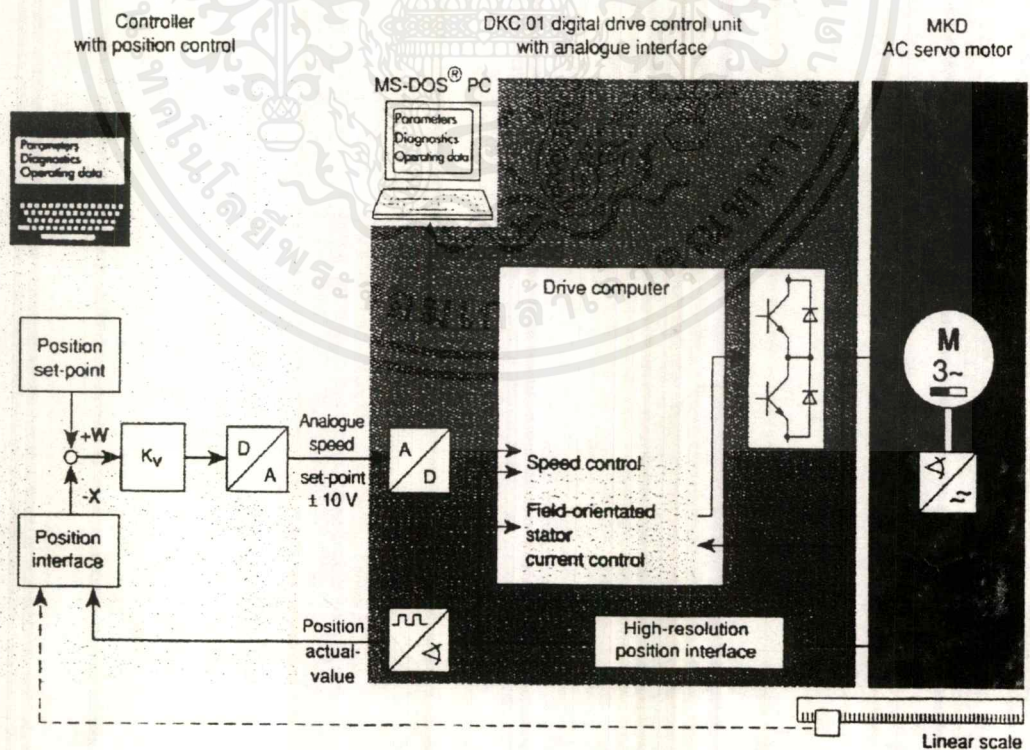
เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอกต่างๆ เช่น Driver หรือ Encoder และทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงโปรแกรมการเคลื่อนที่ซึ่งการ์ดควบคุมนี้เป็นส่วนสำคัญอย่างมากในการควบคุมให้เป็นแบบอัตโนมัติ โดยการ์ดควบคุมที่มีอยู่เป็นการ์ด PMD ซึ่งใช้ควบคุมมอเตอร์ได้เพียง 4 แกน

-คอมพิวเตอร์ (Computer)

ใช้สำหรับแสดงผลการทำงานของการ์ดควบคุมมอเตอร์และช่วยในการปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ต่างๆ ให้ง่ายขึ้นรวมทั้งเป็นองค์ประกอบหลักในการคำนวณการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ

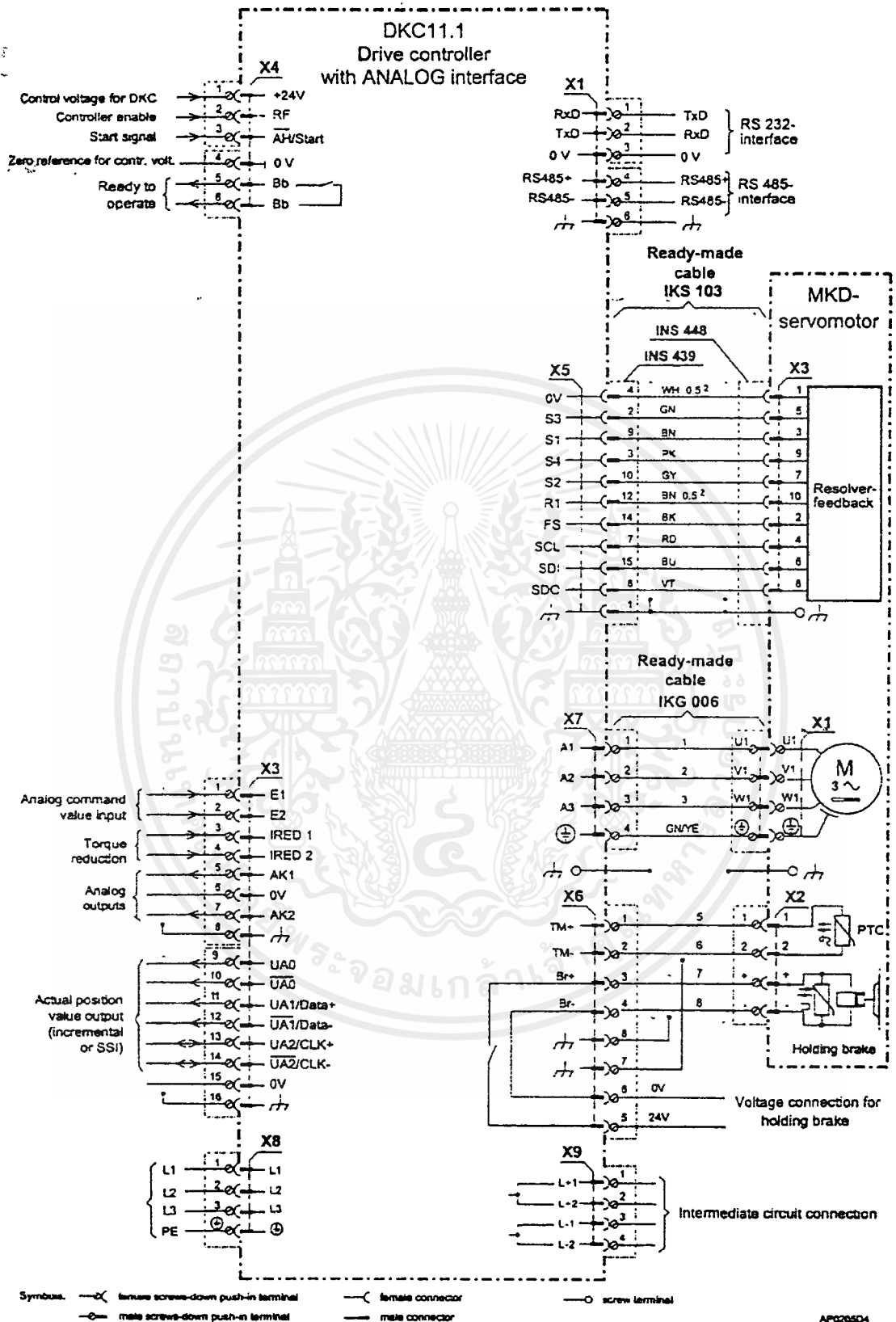
-ชุดควบคุมมอเตอร์ (Drive Motor)

ชุดควบคุมมอเตอร์เป็นอุปกรณ์สำหรับควบคุมให้มอเตอร์เคลื่อนที่ได้ตามการควบคุมทั้งด้านความเร็วและด้านตำแหน่งการเคลื่อนที่ซึ่งในการควบคุมการทำงานของชุดควบคุมมอเตอร์นี้มักใช้ควบคู่กับการ์ดควบคุมโดยชุดควบคุมมอเตอร์ที่ใช้กับหุ่นยนต์แขนกลนี้เป็นชุดควบคุมของ Indramat DKC 11.1 แบบ Analog Interface



รูปที่ 5.5 รูปแสดงการทำงานของชุดควบคุมมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.6 รูปแสดงส่วนเชื่อมต่อด้านไฟฟ้า (Electrical Connection)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการใช้งานชุดควบคุมมอเตอร์จะต้องทำการจ่ายไฟเพื่อใช้ในการควบคุมโดยไฟที่จ่ายเป็นไฟ DC 24 V.

-มอเตอร์

มอเตอร์ที่นำมาใช้ในการควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แขนกลนี้เป็นมอเตอร์ Indramat โดยมอเตอร์ที่ใช้งานนี้มี 2 แบบ คือ

1.AC Servo Motor รุ่น MKD 041 B ซึ่งเป็นมอเตอร์ขนาดเล็กมีขนาดแรงบิด (torque) เท่ากับ 2.7 N.m

2. AC Servo Motor รุ่น MKD 090 B ซึ่งเป็นมอเตอร์ขนาดใหญ่มีขนาดแรงบิด (torque) เท่ากับ 12 N.m

ซึ่งมอเตอร์ทั้ง 2 ชนิดนี้มีการตรวจสอบตำแหน่งการเคลื่อนที่เนื่องจากมี Encoder ติดตั้งรวมอยู่ในมอเตอร์ด้วย

5.3 การทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์แขนกล

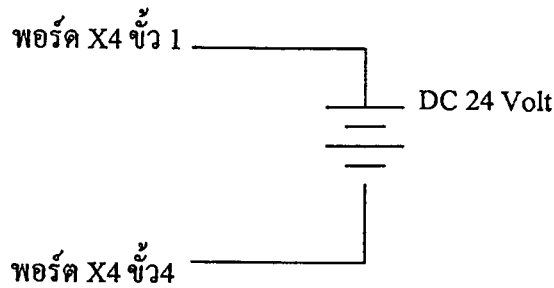
เนื่องจากการควบคุมมอเตอร์แบบป้อนกลับ Closed Loop จะต้องมีอุปกรณ์สำคัญซึ่งก็คือการ์ดควบคุม (Control Card) แต่เนื่องจากเกิดปัญหาขึ้นกับการ์ดควบคุมจึงไม่สามารถใช้งานได้ ดังนั้นจึงได้ทำการทดสอบมอเตอร์โดยการควบคุมแบบไม่มีการป้อนกลับแทน (Opened Loop) ซึ่งการควบคุมมอเตอร์แบบ Opened Loop ต้องมีการต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพิ่มเติมเพื่อนำไปใช้ร่วมกับชุดควบคุมมอเตอร์ทำให้สามารถควบคุมการปรับความเร็วรอบของมอเตอร์และปิด-เปิดการทำงานของมอเตอร์ได้

อุปกรณ์ที่ใช้ในการต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์มีดังนี้

- 1.สวิทช์เปิด-ปิด จำนวน 2 ตัว
- 2.สวิทช์ volume ขนาด 10k จำนวน 1 ตัว
- 3.ถ่านไฟฉายขนาด 9 โวลต์ จำนวน 2 ก้อน
- 4.Power Supply ขนาด 24 โวลต์

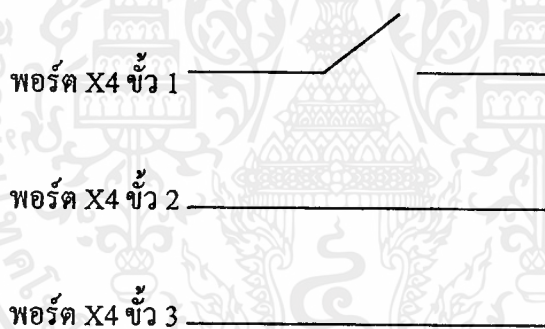
การต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์กับชุดควบคุมมอเตอร์

- 1.ต่อ Power Supply เข้ากับพอร์ต X4 ของชุดควบคุมมอเตอร์โดยต่อขั้วบวกเข้ากับช่องหมายเลข 1 และต่อขั้วลบเข้ากับช่องหมายเลข 4



รูปที่ 5.7 รูปแสดงการต่อวงจรเพื่อใช้งานชุดควบคุมมอเตอร์

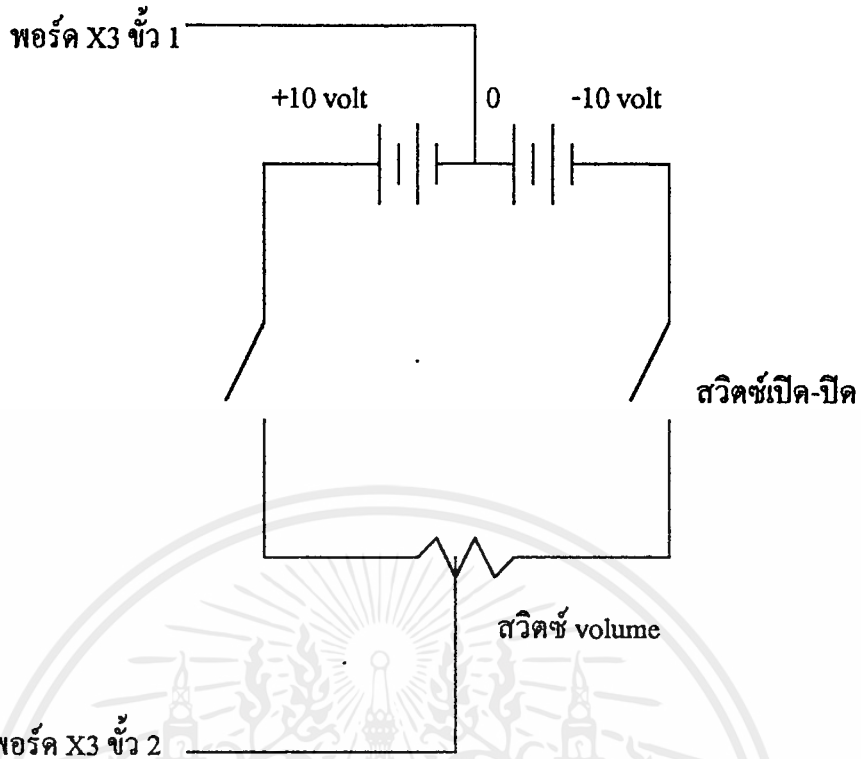
2. ต่อสวิตช์เปิด-ปิดตัวที่ 1 เข้ากับพอร์ต์ X4 ของชุดควบคุมมอเตอร์โดยต่อด้านหนึ่งของสวิตช์เข้ากับช่องหมายเลข 1 และต่อด้านหนึ่งของสวิตช์เข้ากับช่องหมายเลข 2 และ 3



รูปที่ 5.8 รูปแสดงการต่อวงจรเปิด-ปิดการควบคุม

3. นำถ่านไฟฉาย 9 โวลต์ ทั้ง 2 ก้อนมาต่ออนุกรมกันจากนั้นต่อขั้วบวกและขั้วลบเข้ากับสวิตช์เปิด-ปิดตัวที่ 2 ด้านหนึ่ง , ต่อขั้วศูนย์โวลต์ของถ่านไฟฉายเข้ากับพอร์ต์ X3 โดยต่อเข้ากับช่องหมายเลข 1 แล้วต่อสวิตช์ volume 2 ขั้วเข้ากับสวิตช์เปิด-ปิดอีกด้านหนึ่งและต่อขั้วกลางของสวิตช์ volume เข้ากับพอร์ต์ X3 ที่ช่องหมายเลข 2

หลังจากต่อวงจรเสร็จแล้วสวิตช์เปิด-ปิดตัวที่หนึ่งจะเป็นสวิตช์ที่ควบคุมการเปิด-ปิดทั้งหมด ส่วนสวิตช์ตัวที่สองเป็นสวิตช์ที่ใช้เปิด-ปิดเฉพาะการควบคุมสวิตช์ volume

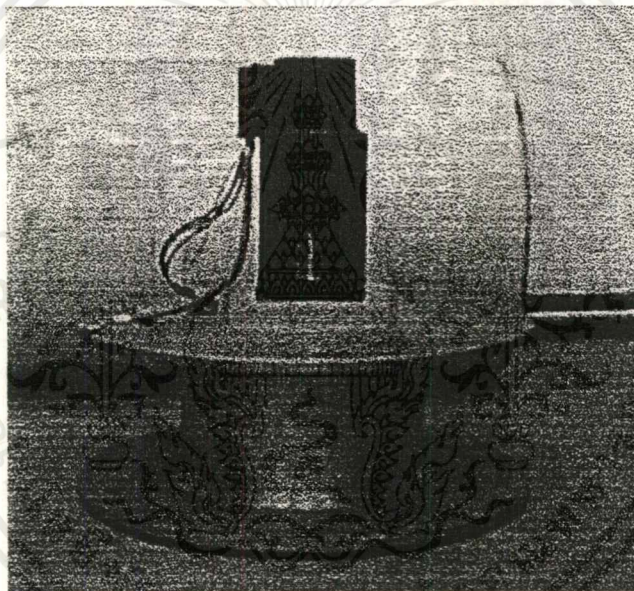


รูปที่ 5.9 รูปแสดงการควบคุมการปรับความเร็ว

สรุปปัญหา, ข้อผิดพลาดและวิธีแก้ไข

6.1 แกน Base A1

ปัญหาส่วนใหญ่ได้ถูกขจัดออกแล้วเหลือแต่เพียงการหาตำแหน่งวางชุดอุปกรณ์ควบคุม คือ limit switch และ driver ที่เหมาะสมเท่านั้น



รูปที่ 6.1 รูปแสดงแกน A1

6.2 แกน A2

ลักษณะของแนวแกนต้องรับแรงบิดสูงที่สุด ปัญหาในแนวแกนนี้พบว่า จำเป็นต้องหาชุดเกียร์ทดที่มีอัตราทดสูงมาก เพราะ motor ขับมีแรงบิดเพียง 12 N·m ส่วนจุดที่สอง คือ การวางตำแหน่งของ motor และอุปกรณ์ที่ใช้เพิ่มแรงบิด ซึ่งสามารถแก้ไขได้ 2 วิธีคือ การส่งกำลังออกจากเพลาของอุปกรณ์เพิ่มแรงบิดโดยตรง และวิธีที่สองคือ ใช้ belt ช่วยในการส่งกำลัง ซึ่งขึ้นอยู่กับแรงดึงที่ belt

จะรับได้และตำแหน่งติดตั้งว่าเหมาะสมหรือไม่ จุดที่สาม คือ การลดน้ำหนักใน link arm ซึ่งจะเป็นต้องตัดเนื้อโลหะบางส่วนออกในจุดที่จะไม่ทำให้เกิดปัญหาการ fail เนื่องจาก ภาระที่สูง

6.3 แกน A3

เป็นจุดเชื่อมต่อของช่วง wrist และโครงสร้างส่วนล่าง ตามที่ได้ออกแบบไว้จะใช้ locker arm เป็นจุดในการรับน้ำหนักและเป็นแกนในการหมุนของช่วง wrist จากการวิเคราะห์พบว่า จำเป็นต้องเสริม locker arm ให้มีจุดรับแรงให้มากขึ้น (เสริมความยาวของจุดรับแรง) ปัญหาข้อที่สองคือ ต้องเพิ่มแรงบิดให้กับ motor ให้มากขึ้นเนื่องจากแรงบิดของ motor มีเพียง 2.7 N·m แต่เมื่อเพิ่มอุปกรณ์เพิ่มแรงบิดแล้วต้องวิเคราะห์หาค่าตำแหน่งติดตั้งที่เหมาะสม

6.4 แกน A4

ในแกนนี้ไม่พบปัญหาแต่อย่างใด

6.5 แกน A5

ในช่วงส่งกำลังจากเพลา motor ไม่พบปัญหาแต่อย่างใด แต่อุปกรณ์ช่วยในการจับ roller ซึ่งใช้เพลาในการส่งกำลังและใช้ housing ในการยึดติดกับโครงของ wrist พบว่าการใช้ housing เพียง 1 ตัว แกนเพลลาสามารถเอียงตัวจากแนวแกนที่ได้ติดตั้งจากแรงดึงของ belt วิธีแก้ทำได้ 2 วิธี คือ ติดตั้ง housing อีก 1 ตัวเพื่อป้องกันการบิดตัวของเพลลาออกจากแนวแกน แต่อาจมีปัญหาในการหาจุดติดตั้ง หรือเปลี่ยนจาก housing เป็นการใส่ taper bearing และยึดติดโครง wrist โดยเพิ่มเติมอุปกรณ์ยึดติดอีกชิ้นหนึ่ง ก็ได้

6.6 แกน A6

ยังมีได้มีการพิจารณาถึงการออกแบบโครงสร้างเนื่องจาก ไม่มีมอเตอร์สำหรับแกนนี้

6.7 ระบบควบคุม

ขณะนี้ในส่วนควบคุมมี การ์ดควบคุม 4 แกนและการ์ดควบคุม 8 แกน สำหรับการ์ดควบคุม 4 แกน ปัญหาที่เกิดขึ้นคือ ขาดคู่มือในการใช้การ์ดและไม่ทราบถึงระบบการเชื่อมต่อของการ์ดและเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สแกนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

driver ที่ใช้ขับ motor และสำหรับการ์ด 8 แกน ปัญหาที่เกิดขึ้น คือ การขาด software ในการใช้การ์ดควบคุมหุ่นยนต์และเชื่อมต่อระหว่างตัวการ์ด, driver และหุ่นยนต์

6.8 ปัญหาโดยทั่วไปจากโครงสร้างทั้งหมด

สามารถสรุปอย่างคร่าวๆ ว่าปัญหาเมื่อประกอบรวมแล้ว คือ การหาตำแหน่งวางอุปกรณ์ควบคุมซึ่งประกอบด้วย driver ที่ต้องการไฟเลี้ยงเป็นไป DC 24 volt และไฟ 3 เฟสเข้าเพื่อขับ motor ตำแหน่งดังกล่าวต้องเหมาะสมเมื่อหุ่นยนต์มีการเคลื่อนไหวตัวและลดการรบกวนการเคลื่อนที่ จากสายไฟให้มากที่สุด รวมถึงการติดตั้ง limit switch ในแต่ละแนวแกน ปัญหาที่สอง คือภาระที่หุ่นยนต์ต้องรับและความสมดุลย์ของโครงสร้างหุ่นยนต์ซึ่งแก้ไขโดยการติดตั้งอุปกรณ์เพื่อถ่วงตัวหุ่นไม่ให้ภาระตกอยู่เพียงด้านเดียวและตัดชิ้นเนื้อบางส่วนที่ไม่จำเป็นออกเพื่อลดภาระของหุ่นยนต์



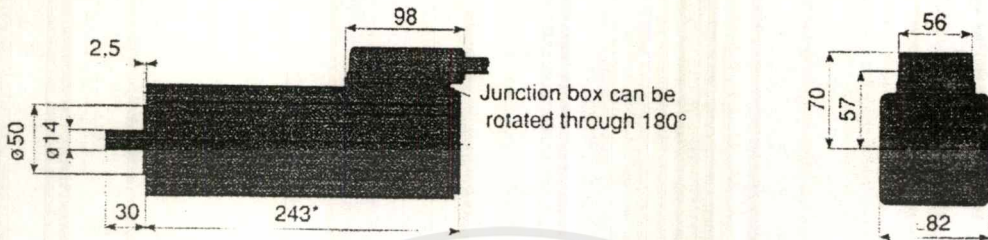
เอกสารอ้างอิง

- 1) "การศึกษาการสร้างต้นแบบหุ่นยนต์เชื่อมประสาน", ดวงพร อัสวเลิศศักดิ์, นิพนธ์ หวังเจริญรัตน์, สุนทรี รัตนวงศ์โรภาส, เอก นิยมปีติกุล, 2540. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- 2) "เครื่องกัดแนวตั้งซีเอ็นซีบนพื้นฐานไมโครคอมพิวเตอร์" สิริวรินทร์ เพชรรัตน์, สุกุมภ์ฤทธิ์ เลาจเวชกุล, อำนาจ คณะรัฐ, 2538. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- 3) "Mechanical Engineering Design", Joseph Edward Shingley, MCGRAWHILL.
- 4) "การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 2", เสนีย์ ศิริไชย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
- 5) "Specification ของหุ่นยนต์อุตสาหกรรมสำหรับงานเชื่อมประสาน 6 แกน KUKA "
- 6) "การใช้ Autocad", วิทยา สงวนวรรณ, บริษัท ซีเอ็ด ยูเคชั่น จำกัด (มหาชน)
- 7) "Kinematics And Dynamics Of Machinery", Charles E. Wilson, J. Peter Sadler, Harper Collins.



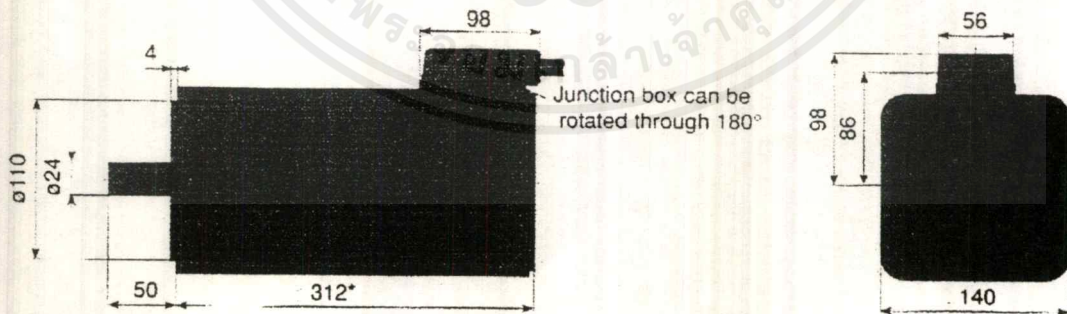
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MKD 041



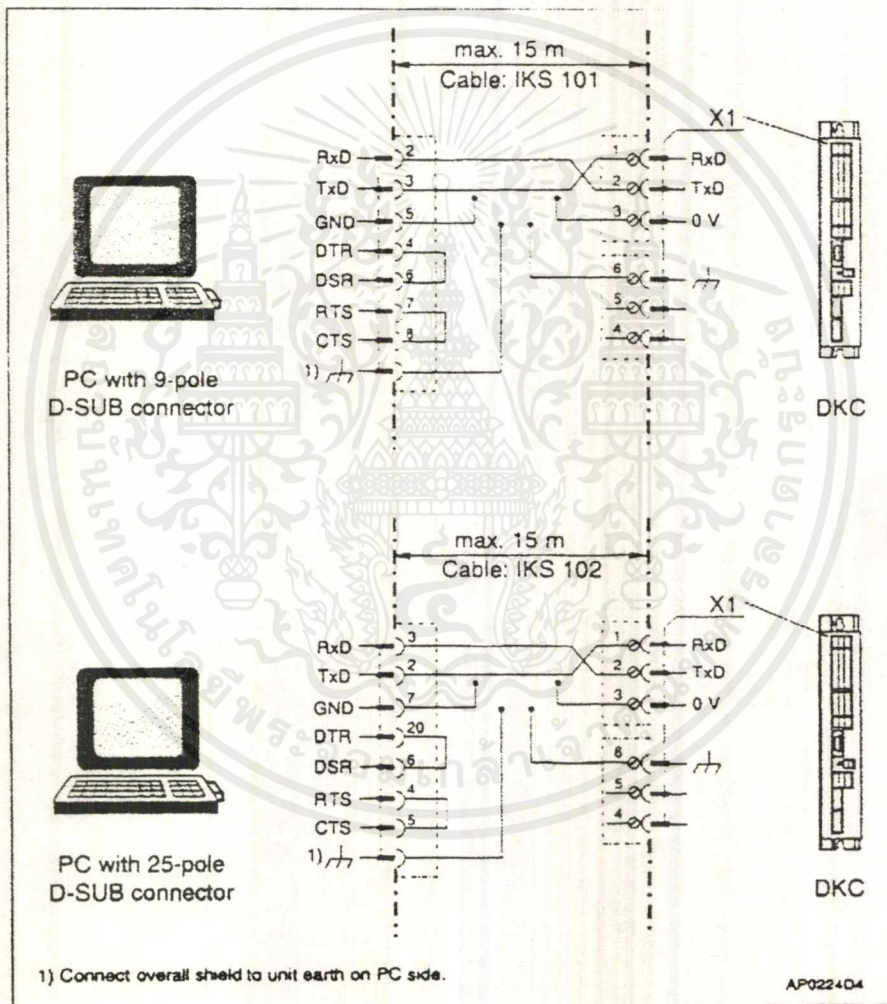
รูปที่ 2 รูป AC SERVO MOTOR MKD 041

MKD 090



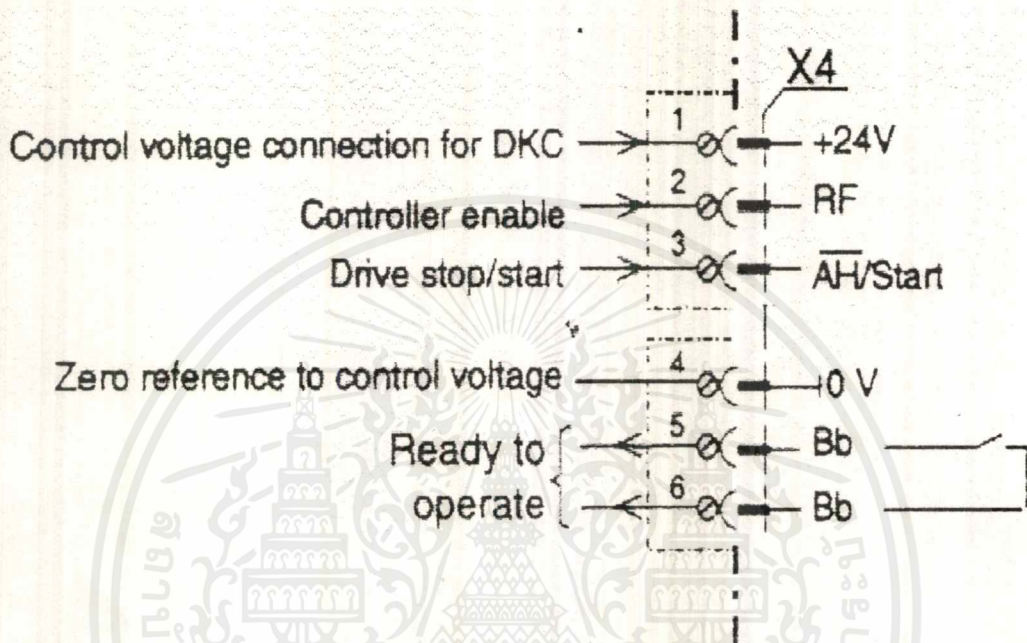
รูปที่ 3 รูป AC SERVO MOTOR MKD 090

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4 รูปแสดงการต่อชุดควบคุม MOTOR เข้ากับ COMPUTER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Inputs:

| Input voltage | min. | max. |
|------------------|----------------|------|
| HIGH | 16 V | 30 V |
| LOW | -0.5 V | 8 V |
| Input resistance | approx. 8 kOhm | |

Circuit diagram of the input stage:

- Input terminal connected to a 6 k3 resistor.
- A 2 k resistor is connected from the node after the 6 k3 resistor to ground.
- A 10 nF capacitor is connected from the node after the 2 k resistor to ground.
- A 10 k resistor is connected from the node after the 10 nF capacitor to the input of an inverter.

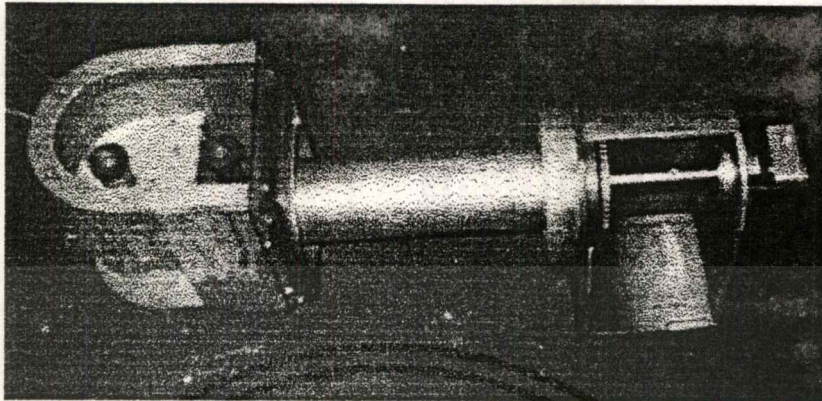
รูปที่ 5 แสดงการต่อชุดควบคุม MOTOR เข้ากับ Switch ควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

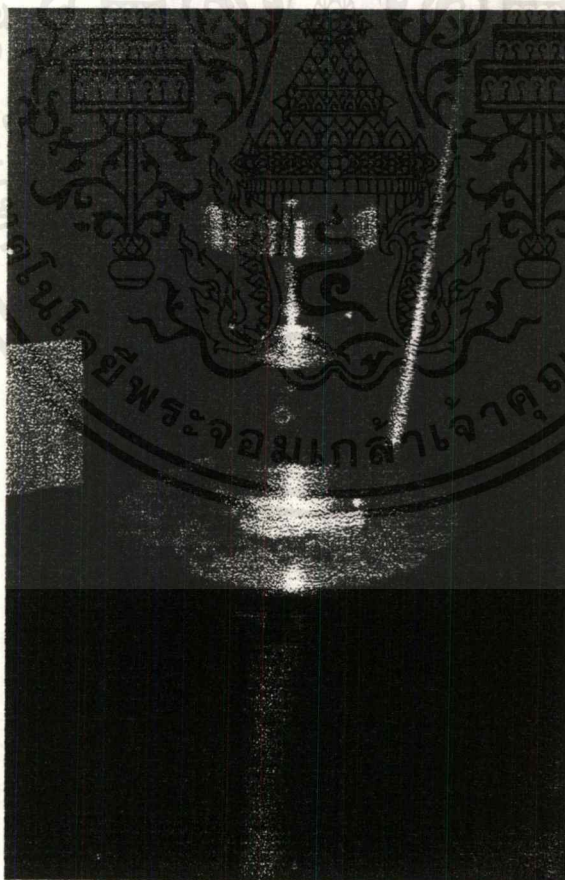


รูปที่ 6 แสดงส่วนประกอบภายในแกน A5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

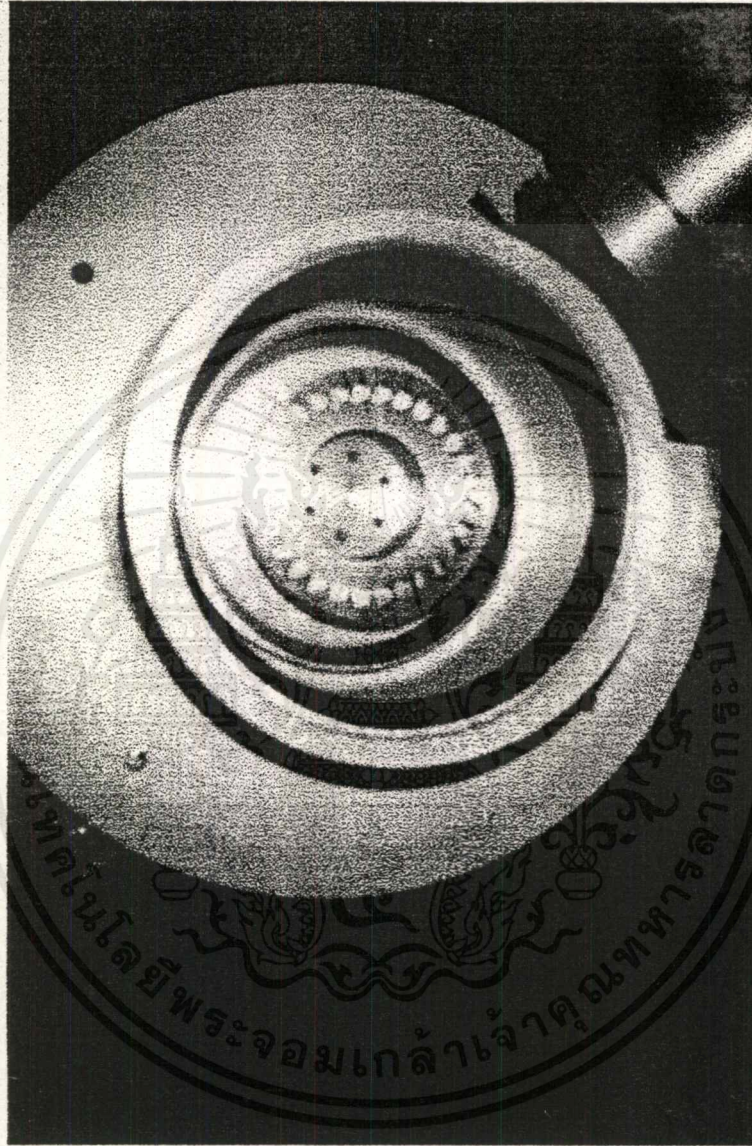


รูปที่ 7 แสดงภาพประกอบแกน A4 ,A5



รูปที่ 8 แสดง Planetary Gear ภายในแกน A1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

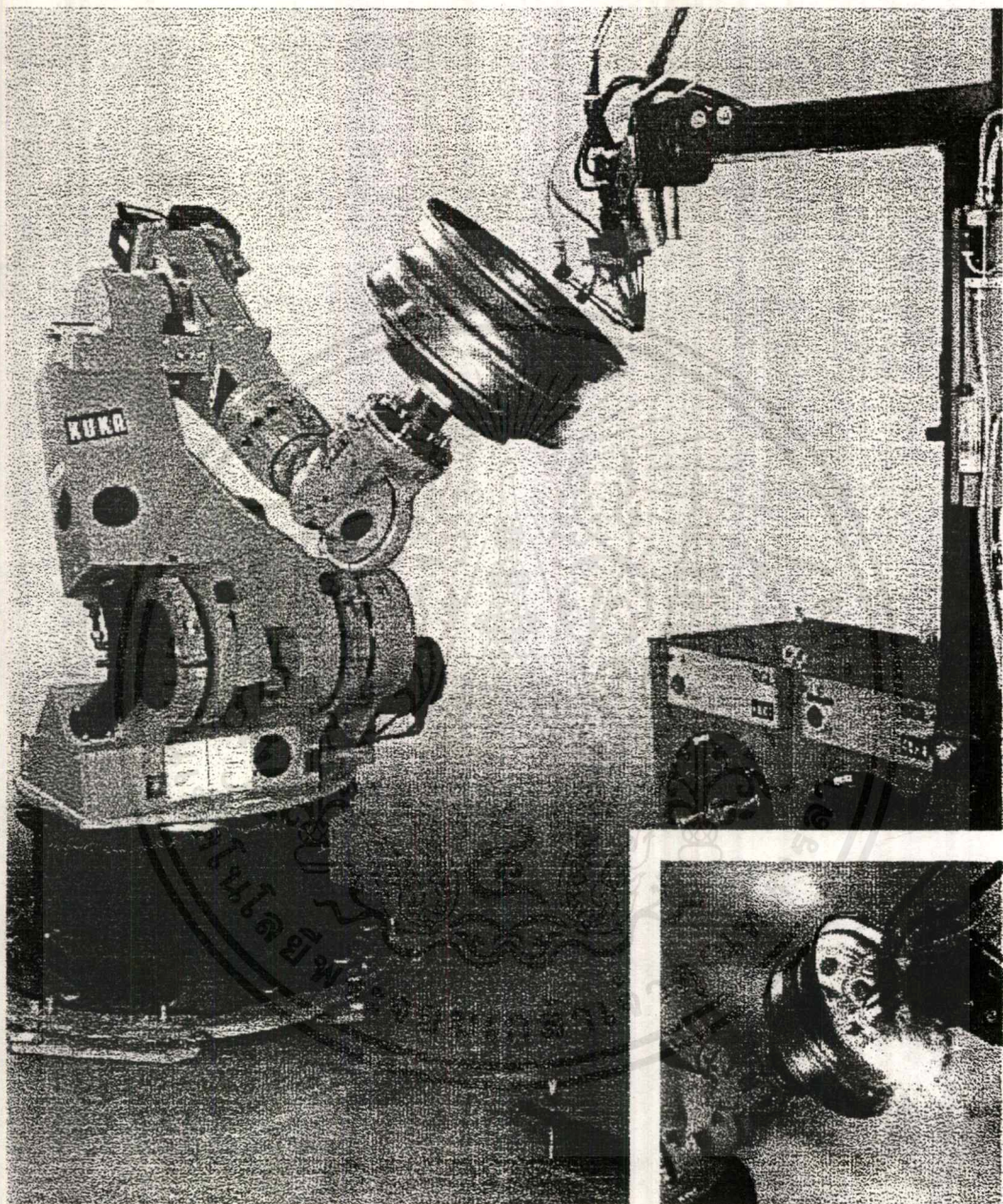


รูปที่ 9 แสดง Internal Gear ในแกน A1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 10 แสดงชุดเชื่อมต่อระหว่างเพลา motor และ Planetary Gear



รูปที่ 11 แสดงการใช้หุ่นยนต์ KUKA ในงานอุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้