



การศึกษาการใช้แขนกลอุตสาหกรรม ชนิด 6 แกน

THE STUDY OF USING THE 6 AXIS INDUSTRIAL ROBOT ARM

สรุวุฒิ ปั้นศีล

SORRAWUT PUNSEEN

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ปีการศึกษา 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาการใช้แขนกลอุตสาหกรรม ชนิด 6 แกน
THE STUDY OF USING THE 6 AXIS INDUSTRIAL ROBOT ARM



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ปีการศึกษา 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THE STUDY OF USING THE ROBOT ARMS

The seal of King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang is a circular emblem. It features a central sunburst with rays emanating from a central point. Below the sunburst are three tiered, ornate structures resembling traditional Thai stupas or pagodas, each supported by a decorative base. The entire emblem is surrounded by a circular border containing Thai text. The name 'SORRAWUT PUNSEEN' is printed in the center of the seal.

SORRAWUT PUNSEEN

A PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT
FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF ENGINEERING IN MECHANICAL ENGINEERING
DEPARTMENT OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
PRINCE OF CHUMPHON CAMPUS

2020

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2021

DEPARTMENT OF ENGINEERING




KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

PRINCE OF CHUMPHON

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
ใบรับรองปริญญาานิพนธ์


หัวข้อปริญญาานิพนธ์ การศึกษาการใช้แขนกลอุตสาหกรรม ชนิด 6 แกน
Project Title THE STUDY OF USING THE 6 AXIS INDUSTRIAL ROBOT ARM
ชื่อนักศึกษา นายสรุทธิ ปั่นศีล รหัสประจำตัว 60512101
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.ปัญญา แดงวิไลลักษณ์
ปริญญาานิพนธ์

คณะกรรมการสอบปริญญาานิพนธ์		ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.ปราโมทย์ กุศล	กรรมการสอบ	
ดร.วิสิทธิ์ เอกวานิช	กรรมการสอบ	
ผศ.ดร.ปัญญา แดงวิไลลักษณ์	อาจารย์ที่ปรึกษา	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ 28 พฤษภาคม 2564 เวลา 09.00 - 16.00 น.

สถานที่สอบ ออนไลน์

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว


(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ กุศล)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์

วันที่ มิถุนายน 2564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	THE STUDY OF USING THE 6 AXIS INDUSTRIAL ROBOT ARMS	
Student	Mr.Sorrawut Punseen	Student ID 60512101
Degree	Bachelor of Engineering	
Program	Mechanical Engineering	
Thesis Advisor	Asst.Prof.Dr.Panya Daengwilailak	

ABSTRACT

The robots become an important reform of production system in nowadays. The entrepreneur can use robots for cost reduction by reduce steps, increase the speed of the production process. The mechanical arm user must have knowledge to get the efficient productivity. This research was focused on the movement of 6 axis Mechanical arm use 24 V power to run the machine. The mechanical arm had 3 types of movement and 2 conditions. They were the rotation of various mechanisms movement around itself, linear movement or angle of the earth's surface reference movement. The mechanical arm was controlled by reference object with 2 conditions were writing a program to command the program moving mechanical arm automatically and command by using manual control to compare electric energy consumption in each format of movement for attaining the most appropriate movement. These experiments were found that automatic movement of an object to reference object took the least duration of time moving to the object and least working. It made electrical energy least used power followed by linear movement or angle of the earth's surface reference movement and moving forward to the object by the rotation of various mechanisms around itself respectively. The movement of an object toward reference was took the duration of time for 0.71 minutes with 1757.85 watts of electrical power (40.77 percentages). The linear movement or angle of the earth's surface reference movement took the duration of time for 0.92 minutes with 1859.59 watts of electrical power (43.13 percentages). The percentage is equal to electrical energy power that used in the format of the rotation for various of mechanism movement that was 4311.44 watts for this kind of movement took the duration of time to move for 2.71 minutes.

Key words: Electric energy consumption, Robots, Create programs, Mechanical arm, Learning materials

กิตติกรรมประกาศ

ผู้จัดทำโครงการขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปัญญา แดงวิไลลักษณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ที่ให้คำปรึกษา และข้อมูลทำให้เป็นประโยชน์ต่อการทำงาน นอกจากนี้ผู้จัดทำขอขอบพระคุณอาจารย์สาขาวิศวกรรมเครื่องกล และวิศวกรรมเครื่องกลเกษตรทุกท่านที่ได้ให้คำปรึกษาตลอดจนให้ข้อมูลต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อโครงการนี้ ขอขอบพระคุณ บริษัท เอปี่ปี ที่ให้ความรู้และข้อมูลในการใช้เครื่องมือ อีกทั้งขอขอบพระคุณคุณไชยรัตน์ เพชรศิริ ที่ช่วยเหลือทางด้านเครื่องมือ และอุปกรณ์ของสาขาวิศวกรรมเครื่องกล รวมถึงภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพรที่ให้การสนับสนุนสถานที่สำหรับการดำเนินงาน ขอขอบพระคุณบิดามารดาที่คอยให้กำลังใจ และสนับสนุนทุนทรัพย์ตลอดมาในการศึกษา ขอขอบพระคุณเพื่อนๆ ทุกท่าน และบุคคลท่านต่างๆ ที่ให้ความช่วยเหลือตลอดมา

นายสรุทธิ บันสีล

พฤษภาคม 2564

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูป	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
1.3 ขอบเขตของโครงการ	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.5 วิธีการดำเนินงาน	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับแขนกล	4
2.2 ข้อกำหนดความปลอดภัย	5
2.3 เรียบรู้ส่วนประกอบหลักที่สำคัญของแขนกล	9
2.4 พื้นฐานหลักการเคลื่อนที่ของโรบอท	13
2.5 การเคลื่อนที่โรบอทและการเขียนโปรแกรม	15
2.6 การสร้าง tool center point (TCP)	20
2.7 การสร้างพิกัดชิ้นงาน Work Object	22
2.8 สร้างชุดคำสั่งที่ใช้ประจำ Routines เพื่อหยิบและวางชิ้นงาน	25
2.9 โมดูล Modules	26
2.10 การสำรองข้อมูลและการนำกลับข้อมูลสำรอง	28

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	29
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ	32
3.1 วัสดุและอุปกรณ์การทดลอง	32
3.2 การจัดทำสื่อการเรียนการสอน	37
3.3 เตรียมพร้อมสำหรับการทดลอง	38
3.4 ขั้นตอนการทดลอง	40
บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผล	43
4.1 ผลการหาค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้	43
4.2 ผลการหาค่าเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่	45
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	47
5.1 สรุปผล	47
5.2 ปัญหาที่พบในการทดลอง	48
5.3 ข้อเสนอแนะ	48
เอกสารอ้างอิง	49
ภาคผนวก	51
ภาคผนวก ก สื่อการสอนอธิบายส่วนประกอบ หน้าที่และวิธีการใช้แขนกล	52
ภาคผนวก ข ผลการทดลอง	55
ภาคผนวก ค วิธีการหาค่าไฟโดยโปรแกรม Robot Studio	59
ประวัติผู้เขียน	61

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
4.1	ตารางแสดงการวิเคราะห์หาปริมาณการใช้ไฟฟ้าในการเคลื่อนที่ 2 เงื่อนไข โดยการเคลื่อนที่แบบการหมุนรอบแกนต่างๆ	43
4.2	ตารางแสดงการวิเคราะห์หาปริมาณการใช้ไฟฟ้าในการเคลื่อนที่ 2 เงื่อนไข โดยการเคลื่อนที่เชิงเส้นหรือเชิงมุมอ้างอิงพื้นโลก	43
4.3	ตารางแสดงการวิเคราะห์หาปริมาณการใช้ไฟฟ้าในการเคลื่อนที่ 2 เงื่อนไข โดยการเคลื่อนที่อ้างอิงวัตถุ	44
4.4	ตารางแสดงการวิเคราะห์หาเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ 2 เงื่อนไข โดยการเคลื่อนที่แบบการหมุนรอบแกนต่างๆ	45
4.5	ตารางแสดงการวิเคราะห์หาเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ 2 เงื่อนไข โดยการเคลื่อนที่เชิงเส้นหรือเชิงมุมอ้างอิงพื้นโลก	45
4.6	ตารางแสดงการวิเคราะห์หาเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ 2 เงื่อนไข โดยการเคลื่อนที่อ้างอิงวัตถุ	45
ก.1	การวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้าที่เกิดจากการเคลื่อนที่โดยบังคับด้วยมือ 1 ครั้ง ของรูปแบบการเคลื่อนที่โดยโดยการหมุนรอบแกนต่างๆ	56
ก.2	การวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าที่เกิดจากการเคลื่อนที่โดยสร้างโปรแกรมสั่งการเคลื่อนที่ของรูปแบบการเคลื่อนที่โดยการหมุนรอบแกนต่างๆ จำนวน 10 ครั้ง	56
ก.3	การวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้าที่เกิดจากการเคลื่อนที่โดยบังคับด้วยมือ 1 ครั้ง ของรูปแบบการเคลื่อนที่เชิงเส้นหรือเชิงมุมอ้างอิงพื้นโลก	57
ก.4	การวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าที่เกิดจากการเคลื่อนที่โดยสร้างโปรแกรมสั่งการเคลื่อนที่ 10 ครั้ง ของรูปแบบการเคลื่อนที่เชิงเส้นหรือเชิงมุมอ้างอิงพื้นโลก	57
ก.5	การวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้าที่เกิดจากการเคลื่อนที่โดยบังคับด้วยมือ 1 ครั้ง ของรูปแบบการเคลื่อนที่โดยการอ้างอิงวัตถุ	58
ก.6	การวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้าที่เกิดจากการเคลื่อนที่โดยสร้างโปรแกรมสั่งการเคลื่อนที่ 10 ครั้ง ของรูปแบบการเคลื่อนที่โดยการอ้างอิงวัตถุ	58

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	แผนผังการดำเนินงานของการศึกษาการใช้งานแขนกลและการศึกษาปริมาณไฟฟ้าที่ใช้	3
2.1	องค์ประกอบของระบบควบคุมหุ่นยนต์	5
2.2	แผง controller	6
2.3	Enabling Device	6
2.4	โรบอท ABB	7
2.5	เบรกมอเตอร์	7
2.6	อุปกรณ์หนีบจับ	8
2.7	singularity	9
2.8	แขนกล	9
2.9	flexpendant	10
2.10	QuickSet menu overview	11
2.11	Incremental Jogging	12
2.12	Jogging Override Speed	12
2.13	Controller IRC5	13
2.14	รูปแบบการเคลื่อนที่และการอ้างอิง	14
2.15	การเคลื่อนที่ แบบ move L และ move J	15
2.16	การเคลื่อนที่แบบ move c	16
2.17	offset function	17
2.18	Zone data	17
2.19	การสร้างโปรแกรม	18
2.20	การสร้างโปรแกรมสั่งการเคลื่อนที่	18
2.21	โปรแกรมการทำงาน การใช้งาน Debug	19
2.22	tool center point	20
2.23	Tool Centre Point (TCP)	21
2.24	TCP – แบบ Default และ TCP ที่กำหนดทิศทางแกน z	22
2.25	การสร้าง Work Object	23

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
2.26	Work Object	24
2.27	Calibrate Work Object frames	24
2.28	การสร้าง Routines	25
2.29	ชุดคำสั่งที่ใช้ประจำ Routines	26
2.30	Modules	27
2.31	โครงสร้าง Modules	27
2.32	การสำรองข้อมูลและการนำกลับข้อมูลสำรอง	28
3.1	หุ่นยนต์ ABB IRB 4600	32
3.2	Flexpendant	32
3.3	ตู้ controller IRC5	33
3.4	ตู้ป้อนลวด	33
3.5	ตู้เชื่อมมิกซ์	34
3.6	ถังคาร์บอนไดออกไซด์	34
3.7	เครื่องมือ (tool)	35
3.8	โต๊ะทำงาน	35
3.9	ตู้ควบคุมระบบไฟฟ้าของเครื่องจักร	36
3.10	แผ่นเหล็กชิ้นงานทดสอบ (object)	36
3.11	สื่อการเรียนการสอน	37
3.12	ตู้ควบคุม Controller IRC5	38
3.13	เคลื่อนที่แขนกล	39
3.14	การทดลองเพื่อหาพลังงานไฟฟ้าและเวลาที่ใช้	40
4.1	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการเคลื่อนที่	44
4.2	เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่	46
ก.1	สื่อการสอนเรื่องการอ้างอิงทิศทางต่างๆ	53
ข.1	วิธีการหาค่าไฟโดยโปรแกรม Robot Studio	60

บทที่ 1

บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ ขอบเขต ประโยชน์ และวิธีการดำเนินงานของโครงการนี้ ที่เกี่ยวข้องกับแขนกลอุตสาหกรรม ชนิด 6 แกน

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ปัจจุบันอุตสาหกรรมหุ่นยนต์มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพราะปริมาณของประชากรโลกที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้เกิดความต้องการสินค้าและบริการที่มากขึ้น ผู้ประกอบการจำเป็นต้องหาวิธีในการดำเนินธุรกิจให้ได้ผลผลิตตามที่ต้องการจึงมีการนำแขนกลมาใช้ในงานในวงการอุตสาหกรรมการผลิตมากขึ้นอย่างต่อเนื่องโดยแขนกลถูกนำมาใช้แทนแรงงานมนุษย์ในงานที่ต้องทำอย่างต่อเนื่อง งานที่ต้องทำซ้ำๆ กัน ตลอดเวลา งานที่หนักและยากเกินที่มนุษย์จะทำได้ งานที่เป็นอันตราย ดังนั้นการทำงานร่วมกับแขนกลจึงต้องมีความรู้ความชำนาญเพื่อให้ได้การผลิตที่มีประสิทธิภาพ ปลอดภัย และช่วยลดต้นทุน

แขนกลเป็นหุ่นยนต์ชนิดหนึ่งประกอบด้วยประกอบด้วย ฐาน ท่อนชิ้นที่เป็นของแขนกล ข้อต่อจุดหมุน ปลายของแขน โดยแบ่งแขนกลออกเป็น 4 ประเภท 1) แขนกล Articulate ทำงานคล้ายแขนของมนุษย์ นิยมใช้ในงานเชื่อม ประกอบชิ้นงาน และจัดวางสินค้า 2) แขนกล SCARA เหมาะสำหรับงานประกอบชิ้นส่วน 3) แขนกล Cartesian นิยมใช้ในเครื่องซีเอ็นซี เครื่องพิมพ์ 3 มิติ และงานง่ายๆ อย่างเช่นเครื่องเจาะ 4) แขนกล เหมาะสำหรับอุตสาหกรรมอาหารหรือการผลิตที่มีชิ้นงานวิ่งมาตามสายพาน [1] การประยุกต์ใช้งานแขนกล สามารถประยุกต์ได้กับงานหลายประเภทเช่น การเคลื่อนย้ายวัตถุหรือชิ้นงาน การประกอบชิ้นงาน การคัดแยกหรือจัดเรียงชิ้นงาน

หุ่นยนต์เป็นเครื่องจักรกลที่สร้างขึ้นมาเพื่อช่วยทำงาน อาจสามารถทำกิจกรรมบางอย่างแทนมนุษย์ได้ด้วยตนเอง โดยมีระบบอัตโนมัติเป็นตัวควบคุมจากการตั้งโปรแกรมเพื่อให้หุ่นยนต์สามารถทำงาน โดยสามารถตั้งโปรแกรมการทำงานเพื่อจัดลำดับแผนการทำงานก่อนหลังได้ หรือสามารถเปลี่ยนแปลงคำสั่งให้ทำงานได้ รองรับการปรับเปลี่ยนเพื่อตอบสนองการใช้งานที่ต่างวัตถุประสงค์กันได้ อาจจะติดตั้งอยู่กับที่หรือสามารถเคลื่อนที่ได้ทั้งในแนวระนาบ แนวตั้ง หรือรอบทิศทาง โดยองค์ประกอบพื้นฐานของหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติประกอบด้วย อุปกรณ์ทางกล (Mechanic) ได้แก่ ชิ้นส่วนที่ใช้เป็น

องค์ประกอบของแกนการเคลื่อนไหว อุปกรณ์ขับเคลื่อน (Actuator) ได้แก่ ชิ้นส่วนที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล อุปกรณ์ตรวจรู้ (Sensor) ชิ้นส่วนสำหรับตรวจวัดปริมาณของตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในการรับค่าปริมาณทางฟิสิกส์ อุปกรณ์ควบคุม (Controller) ได้แก่ สมอกลที่ควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ทำหน้าที่ประมวลผล

จากความต้องการใช้แขนกลของระบบอุตสาหกรรมที่มากขึ้นในปัจจุบัน งานวิจัยนี้จึงได้มีการศึกษาส่วนประกอบและวิธีการใช้ พร้อมทั้งสร้างสื่อการเรียนการสอนที่อธิบายส่วนประกอบรวมถึงวิธีใช้แขนกลไว้สำหรับผู้มีความสนใจจะเรียนรู้การใช้งาน อีกทั้งได้ทำการศึกษาปริมาณการใช้ไฟฟ้าในรูปแบบการเคลื่อนที่ต่างๆ โดยใช้การเคลื่อนที่ที่เริ่มจากจุดอ้างอิงเดียวกัน ทำงานชนิดเดียวกันแต่รูปแบบการเคลื่อนที่ที่แตกต่างกัน แล้วทำการเปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการเคลื่อนที่แต่ละแบบ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1.2.1 เพื่อศึกษาส่วนประกอบแขนกล และวิธีการใช้แขนกล
- 1.2.2 เพื่อจัดทำสื่อการเรียนการสอนอธิบายส่วนประกอบ หน้าที่และวิธีการใช้แขนกล
- 1.2.3 เพื่อศึกษาเปรียบเทียบปริมาณการใช้ไฟฟ้าและเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่แขนกล

1.3 ขอบเขตของโครงการ

- 1.3.1 แขนกลที่ใช้ในการศึกษา คือ หุ่นยนต์ ABB IRB 4600
- 1.3.2 ศึกษาการใช้งานส่วนประกอบแขนกล
- 1.3.3 การสร้างสื่อเพื่อใช้ในการสอน
- 1.3.4 พิกัดเริ่มต้นก่อนการเคลื่อนที่ทุกครั้งที่ทำพร้อม
- 1.3.5 พลังงานไฟฟ้าและเวลาที่ใช้การเคลื่อนที่แขนกลที่แตกต่างกัน
 - การเคลื่อนที่โดยการหมุนรอบแกนต่างๆของแขนกล
 - 1) เคลื่อนที่โดยบังคับมือและเขียนโปรแกรม
 - 2) เดินเครื่องอัตโนมัติ 10 รอบ
 - การเคลื่อนที่เชิงเส้นหรือเชิงมุมอ้างอิงพื้นโลก
 - 1) เคลื่อนที่โดยบังคับมือและเขียนโปรแกรม
 - 2) เดินเครื่องอัตโนมัติ 10 รอบ
 - การเคลื่อนที่โดยการอ้างอิงวัตถุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

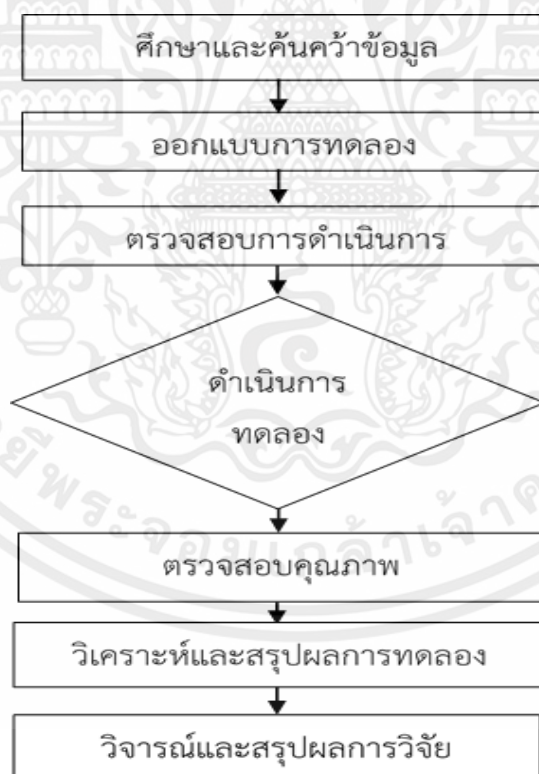
- 1) เคลื่อนที่โดยบังคับมือและเขียนโปรแกรม
- 2) เดินเครื่องอัตโนมัติ 10 รอบ

1.3.6 ใช้ผู้บังคับแขนกลคนเดียวตลอดขั้นตอนการทดลองและการเก็บผล

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 เรียนรู้หลักการทำงานของแขนกล วิธีการเขียนโปรแกรม รวมถึงความปลอดภัยในการทำงาน
- 1.4.2 ข้อมูลพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการเคลื่อนที่ที่แขนกลสามารถนำไปวิเคราะห์และปรับปรุงเพื่อช่วยลดต้นทุนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม
- 1.4.3 ผู้มีความสนใจสามารถเรียนรู้ได้จากสื่อการเรียนการสอนที่ได้สร้างขึ้น

1.5 วิธีการดำเนินงาน



รูปที่ 1.1 แผนผังการดำเนินงานของการศึกษาการใช้งานแขนกลและการศึกษาปริมาณไฟฟ้าที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทความนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับแขนกลอุตสาหกรรม ชนิด 6 แกน รวมถึงวิธีการสร้างโปรแกรมที่ใช้ในการสั่งการเคลื่อนที่แขนกลหรืองานวิจัยที่มีความเกี่ยวข้องเพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับโครงการนี้

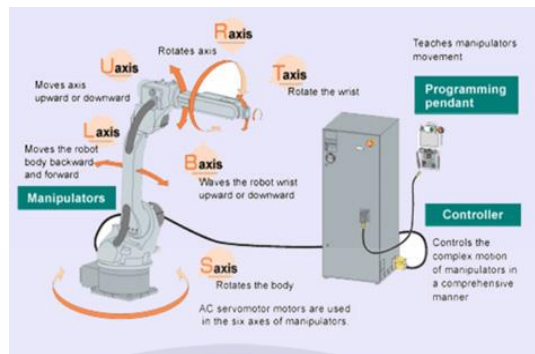
2.1 ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับแขนกล

หุ่นยนต์ในงานอุตสาหกรรม เป็นเครื่องจักรกลอัตโนมัติรูปแบบหนึ่งที่ถูกออกแบบและสร้างมาเพื่อนำมาใช้ทดแทนคนในกระบวนการผลิตต่างๆ หรือนำมาใช้เพื่อช่วยในกระบวนการผลิตในลักษณะหุ่นยนต์ทำงานร่วมกับคน ซึ่งหุ่นยนต์ที่ถูกสร้างมานั้นมีหลากหลายชนิดขึ้นอยู่กับลักษณะของงานที่ต้องการนำมาประยุกต์ใช้งาน หุ่นยนต์ที่ถูกนำมาประยุกต์ใช้งานในภาคอุตสาหกรรมมากที่สุด นั่นคือ Articulate Robot อันเนื่องมาจากหุ่นยนต์ชนิดนี้มีความสามารถในการทำงานและสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในงานอุตสาหกรรมได้หลากหลายรูปแบบมากกว่าชนิดอื่นๆ

Articulate Robot เป็นหุ่นยนต์ที่ออกแบบมาให้มีลักษณะคล้ายคลึงกับแขนของมนุษย์ตั้งแต่ช่วงหัวไหล่ไหลลงไป นั้นหมายความว่าหุ่นยนต์ชนิดนี้ จะมีความสามารถในการทำงานและความสามารถในการเคลื่อนที่ได้ในลักษณะที่คล้ายกับการเคลื่อนที่ของแขนมนุษย์นั่นเอง หลายๆ คนจึงมักเรียกหุ่นยนต์ชนิดนี้ว่า ‘แขนกล’ โดยแขนกลที่ใช้ในการศึกษา คือ หุ่นยนต์ประเภท Articulate Robot รุ่น ABB IRB 4600 มีความสามารถในการรับน้ำหนักได้ถึง 40 กิโลกรัม ระยะการทำงานไกลสุด 2.5 เมตร

องค์ประกอบของระบบในการควบคุมหุ่นยนต์ประกอบด้วย องค์ประกอบหลัก (รูปที่ 2.1) คือ

1. Programming Pendant : อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการป้อนคำสั่งโดยผู้ควบคุมหรือ User
2. Controller : ส่วนที่ทำหน้าที่ในการรับคำสั่งจาก User ผ่าน Programming Pendant และนำมาประมวลผล เพื่อทำการควบคุมหรือสั่งการทำงานของหุ่นยนต์
3. Manipulator : ตัวหุ่นยนต์ ที่จะทำงานตามคำสั่งที่ผ่านการประมวลผลจาก Controller



รูปที่ 2.1 องค์ประกอบของระบบควบคุมหุ่นยนต์ [2]

2.2 ข้อกำหนดความปลอดภัย

ในการทำงานร่วมกับแขนกลผู้ใช้งานควรจะรู้และเข้าใจเกี่ยวกับข้อกำหนดความปลอดภัยของการใช้แขนกล เพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินของผู้ใช้งาน โดย 1) ต้องระวังไม่ให้นิ้วมืออยู่ในพื้นที่การหนีบของ gripper jaws เมื่อทำการบ่อนชิ้นงาน 2) ต้องยืนอยู่ห่างจากฐานโรบอทเมื่อทำการรันโปรแกรม 3) ต้องทดสอบโปรแกรมที่แก้ไขแล้วในโหมด manual ก่อนเสมอ 4) ต้องการทดสอบโหมด Full speed จะอนุญาตให้ทำได้เมื่อมีผู้สอนอยู่เท่านั้น 5) โปรดระวังเมื่อปลดล๊อคเบรคโรบอท 6) เมื่ออยู่ในพื้นที่การทำงานของโรบอท คุณจะต้องมี Pendant อยู่กับตัวเสมอ

2.2.1 ระบบความปลอดภัยของโรบอท ABB ที่ตู้ controller

ปุ่มหยุดกระทันหัน Emergency stop ใช้ในกรณีที่เกิดอุบัติเหตุกับผู้ใช้งานแขนกลหรือคนงานที่อยู่ในระยะการทำงานของแขนกล

โหมดการทำงานแบ่งออกเป็น โหมดการผลิต Production (Auto) ระบบป้องกันล๊อคเชื่อมต่อกัน โหมด Manual จำกัดความเร็ว (Teach) ใช้ในการ Jogging หุ่นยนต์และใช้ทดสอบการทำงานของโปรแกรม ใช้ความเร็วสูงสุดไม่เกิน 250 mm/sec

โหมด Manual full speed สำหรับการทดสอบใช้กับโปรแกรมการทำงานเท่านั้นด้วยความเร็วที่โปรแกรมไว้ โดยกดระดับกลาง + กดคีย์ Play ค้างไว้เพื่อรันโปรแกรม กดระดับกลาง + กดคีย์ FWD หรือ BWD ค้างไว้เพื่อรันโปรแกรม 1 step และปล่อยคีย์เพื่อหยุดการทำงานของโปรแกรม ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แผง controller

2.2.2 ระบบความปลอดภัยปุ่มกดขับเคลื่อนโรบอท Enabling Device

ปุ่มกดขับเคลื่อนโรบอทนี้ เป็นปุ่มกดที่ทำงานใน 3 ระดับ คือแบบปล่อยสุด-กึ่งระดับกลาง-กดลงสุดปุ่มกดนี้ จะต้องอยู่ในระดับกลาง middle position เพื่อที่จะสั่งในมอเตอร์ของโรบอทเริ่มทำงานและการเคลื่อนที่ของโรบอทจะหยุดทันทีเมื่อปุ่มกดนี้ อยู่ในตำแหน่ง ปล่อยสุด และ กดลงสุด ดังรูปที่ 2.3

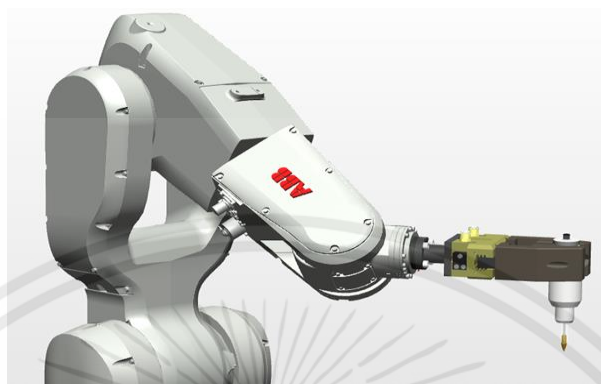


รูปที่ 2.3 ปุ่มกดขับเคลื่อนโรบอท (Enabling Device)

2.2.3 ระยะเวลาการทำงานของแกนโรบอท robot axis

ทุกแกนของโรบอทถูกควบคุมโดยซอฟต์แวร์เพื่อจำกัดระยะเวลาการหมุน การหยุดการทำงานโดยซอฟต์แวร์จะป้องกันการชนของแต่ละแกนเมื่อสุดการหมุนของแกนนั้นๆ โดยแกน 1-3 ของโรบอทขนาด

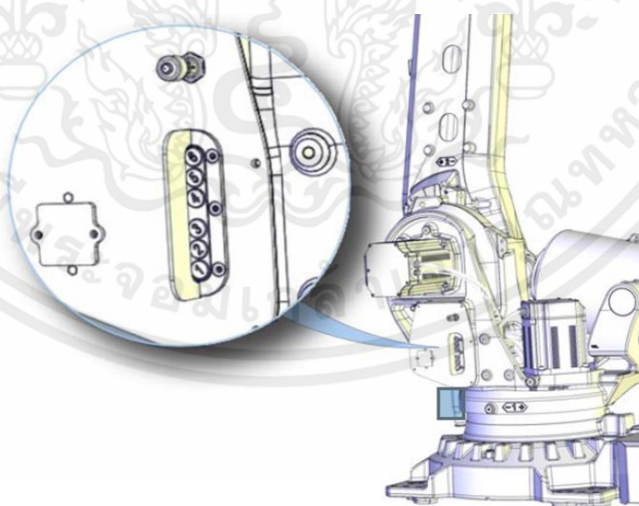
ใหญ่สามารถติดตั้งอุปกรณ์หยุดทางกลแบบปรับได้และโรบอทสำหรับการอบรมฤกตั้งค่าแกนให้หมุนได้ถึงระยะสูงสุด ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 โรบอท ABB

2.2.4 อุปกรณ์ปลดเบรคมอเตอร์ (Brakes Release)

เบรคของมอเตอร์โรบอทในแต่ละแกนสามารถปลดล๊อคด้วยปุ่มกด manually released โดยก่อนปลดเบรคต้องตรวจสอบให้แน่ใจว่ามีอุปกรณ์ภายนอกที่แข็งแรงเพียงพอที่จะรับน้ำหนักของโรบอทและอุปกรณ์อื่นๆ ที่ติดตั้งไว้หรือไม่ หากกดปุ่มเบรคอยู่โรบอทจะไม่มีเบรคและเบรคจะทำงานอีกครั้งเมื่อปล่อยปุ่มปลดเบรค ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 เบรคมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

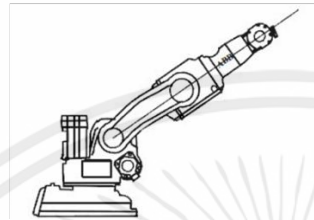
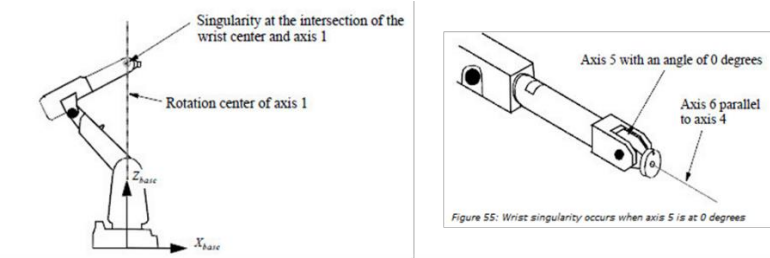
2.2.5 ข้อกำหนดความปลอดภัยเมื่อทำงานกับอุปกรณ์หนีบจับ

อุปกรณ์เสริมหัวจับ (gripper devices) จะต้องถูกออกแบบให้หนีบจับชิ้นงานเอาไว้แม้ว่าจะเกิดไฟฟ้าดับหรือการรบกวนอื่นๆในระบบของโรบอท โดยอุปกรณ์หนีบจับจะต้องสามารถปล่อยชิ้นงานแบบควบคุมด้วยมือ ทั้งนี้ผู้ใช้งานแขนกลต้องทำความเข้าใจกับปุ่มและคีย์ต่างๆที่ทำงานร่วมกับอุปกรณ์หนีบจับ ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 อุปกรณ์หนีบจับ

2.2.6 การเกิด singularity ระมัดระวังไม่ให้โรบอทอยู่ตามแกนดังรูปเพราะโรบอทมีระยะการจำกัดการทำงานตามแกนที่แตกต่างกัน หากเกิดการเคลื่อนที่หรือหมุนรอบแกนระยะเกินองศาที่กำหนด จะเกิดการแสดงผลบนหน้าจอแสดงค่าความผิดพลาดว่า singularity แขนกลจะไม่สามารถทำงานต่อได้ ผู้ใช้งานจึงควรต้องทราบถึง ตำแหน่งต่างๆเหล่านี้เพื่อหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดความผิดพลาดขึ้น คือควรหลีกเลี่ยงไม่ให้แกน 5 เคลื่อนที่ไปเกินระยะตั้งฉากกับแกน 1 ควรหลีกเลี่ยงไม่ให้แกน 6 5 4 ขนานกัน และควรหลีกเลี่ยงไม่ให้แกน 2 3 5 ขนานในแนวเดียวกัน (รูปที่ 2.7) วิธีการแก้หากเกิด singularity แสดงขึ้นบนหน้าจอ ให้ทำการกดปุ่ม acknowledge เพื่อแสดงผลว่าได้ทำการเรียนรู้ข้อผิดพลาดแล้ว หลังจากนั้นทำการเลื่อนแขนกลยังตำแหน่งที่ไม่ทำให้เกิด singularity ก็จะสามารถทำการใช้งานแขนกลได้ปกติ

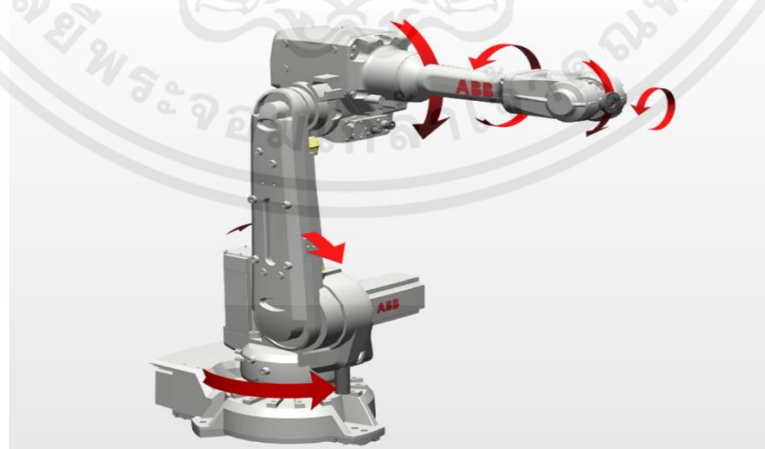


Singularity

รูปที่ 2.7 singularity

2.3 เรียนรู้ส่วนประกอบหลักที่สำคัญของแขนกล

2.3.1 แขนกลแขนกล ABB IRB 4600 เป็นหุ่นยนต์ประเภท Articulated robot มีจำนวนแกน 6 แกน Axis Robot โดยตำแหน่งการเคลื่อนที่ต่างๆจะเคลื่อนไปตามการสั่งการจากการควบคุม flexpendant ตู้ Controller IRC 5 จะทำการจ่ายไฟขนาด 24 volt จากตู้มายังมอเตอร์ที่แขนกลเพื่อขับเคลื่อนมอเตอร์ให้เกิดการหมุนรอบแกนนั้นๆ โดยการนับแกนทั้ง 6 นั้น เริ่มจากแกน 1 คือการหมุนที่ตำแหน่งฐานของแขนกล และเรียงแกนขึ้นมาตามลูกศร จากแกน 1 ที่ฐานไปยังปลาย ดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 แขนกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 flexpendant คืออุปกรณ์ที่ใช้ในการเขียนคำสั่งเขียนโปรแกรมและควบคุมการเคลื่อนที่ของโรบอท ประกอบด้วยภายนอกได้แก่ 1) ปุ่มกดเลือกหน้าต่าง Windows button ทำหน้าที่เป็นปุ่มที่เก็บเมนูต่างๆ ไว้ 2) แผงสถานะการทำงาน Status bar ทำหน้าที่แสดงค่าค่าความผิดพลาดเพื่อให้ผู้ใช้งานทราบถึงข้อผิดพลาดเหล่านั้น 3) คีย์กำหนดโดยผู้ใช้งาน User defined keys ทำหน้าที่เป็นปุ่มที่วางเราสามารถโปรแกรมค่ากำหนดได้ว่าต้องการให้ปุ่มเหล่านี้เป็นอะไรเช่น โปรแกรมให้เป็นการป้อนลวดออกมาหรือปุ่มป้อนลวดเข้า 4) ปุ่มหยุดฉุกเฉิน E-Stop เป็นปุ่มที่ใช้กรณีที่เกิดอุบัติเหตุกับผู้ใช้งานแขนกลหรือผู้คนบริเวณใกล้เคียงหากกดปุ่มนี้แขนกลจะหยุดกระชั้นทันทีและสามารถกลับมาใช้งานได้อีกครั้งหลังการปล่อยปุ่มนี้ 5) ปุ่มขับเคลื่อนโรบอท Enabling device ปุ่มกดเพื่อให้แขนกลสามารถเคลื่อนที่เปรียบเสมือนตัวอนุญาตแต่ต้องกดในระดับกลางหากหน้าจอบอกขึ้นคำว่า motor on จะสามารถเคลื่อนที่ได้ 6) คันโยกสามทิศทาง 3D Joystick ทำหน้าที่ควบคุมการเคลื่อนที่ของแขนกล 7) คีย์เลือกโหมดการเคลื่อนที่โรบอท Jogging keys ปุ่มที่ทำหน้าที่ช่วยในเรื่องความสะดวกในการใช้ชุดการทำงานที่ใช้ในการเคลื่อนที่ 8) ช่องต่อ USB port ที่เสียบสาย USB 9) คีย์สั่งโปรแกรมทำงาน Program execution keys ปุ่มที่ใช้ในการสั่งให้โปรแกรมทำงานหรือหยุดการทำงานและยังมีปุ่ม backward forward เป็นปุ่มที่ทำหน้าที่ในการย้ายลูกศรไปยังบรรทัดใหม่หรือย้อนกลับไปบรรทัดเดิมเพื่อทำการแก้ไขโปรแกรมในบรรทัดนั้นๆหากผู้ใช้งานต้องการแก้ไขหรือเกิดการเขียนคำสั่งในโปรแกรมที่ผิดพลาดสามารถกลับไปแก้ไขได้ 10) เมนูตั้งค่าแบบรวดเร็ว Quickset menu เปรียบเสมือนหน้าต่างที่ช่วยในเรื่องความสะดวกในการเคลื่อนที่เป็นปุ่มที่เก็บการตั้งค่าหรือการเปลี่ยนแปลงค่าที่ใช้ในการเคลื่อนที่รูปแบบต่างๆไว้ ดังรูปที่ 2.9 และ 2.10



รูปที่ 2.9 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเขียนคำสั่งเขียนโปรแกรม (flexpendant)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สวิทช์เลือกการเคลื่อนที่ระหว่างแขนโรบอท กับ มอเตอร์ภายนอก
- สวิทช์เลือกการเคลื่อนที่ระหว่าง แบบแนวตรง (Linear) และ แบบรอบแกนหมุน (Reorient)
- สวิทช์เลือกการเคลื่อนที่ระหว่างกลุ่มของแกน
- สวิทช์เลือก/ไม่เลือก การเคลื่อนที่แบบเพิ่มเป็นขั้น



รูปที่ 2.10 flexpendant

โหมดการเมนูตั้งค่าแบบรวดเร็ว QuickSet menu overview ใช้เพื่อช่วยให้เกิดความรวดเร็วแก่ผู้ใช้งานแขนกลกรณีที่ต้องการทำการเคลื่อนที่แขนกลซึ่งปกติแล้วจะเริ่มที่การเข้าไปที่หน้า menu แต่โหมดนี้สามารถเข้ามาได้เพียงการกดที่ปุ่ม QuickSet menu เพียงครั้งเดียว ดังรูปที่ 2.10

- โหมดการเคลื่อนที่แกนโรบอท (ไม่อนุญาตในโหมด Auto)
- โหมดการเคลื่อนที่แบบเพิ่มเป็นขั้น Incremental (ไม่อนุญาตในโหมด Auto)
- โหมดการทำงาน ทำงานเป็นรอบ หรือ ทำงานต่อเนื่อง
- โหมดการทำงานเป็นขั้น Step
- โหมดความเร็วแทนที่ Override Speed
- งาน Tasks

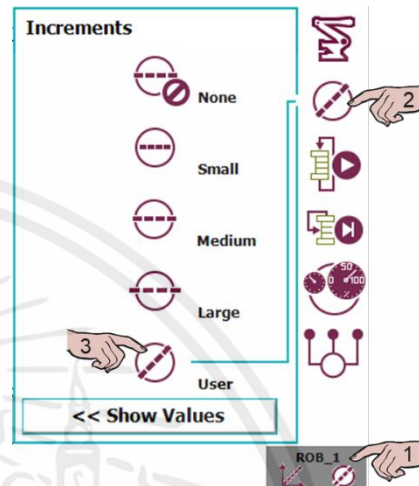


รูปที่ 2.10 โหมดการเมนูตั้งค่าแบบรวดเร็ว (QuickSet menu overview)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

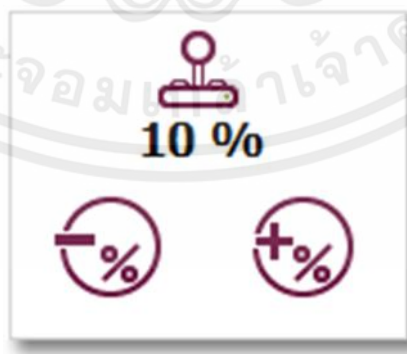
โหมดการเคลื่อนที่แบบเป็นขั้นการเคลื่อนที่แบบเพิ่มเป็นขั้น Incremental Jogging ใช้ในกรณีที่ผู้ใช้งานต้องการทำการเคลื่อนที่แขนกลไปหาชิ้นงานในระยะความละเอียดเล็กๆ สามารถใช้โหมดนี้ในการประยุกต์ใช้งานได้ขึ้นอยู่กับผู้ใช้งาน ดังรูปที่ 2.11

- สามารถควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ได้ง่ายขึ้น
- เพิ่มน้อย Small = 0.05mm
- เพิ่มปานกลาง Medium = 1mm
- เพิ่มมาก Large 5mm
- ผู้ใช้กำหนด User from 0 to 5mm
- แสดงค่าให้ผู้ใช้ Show values to edit User



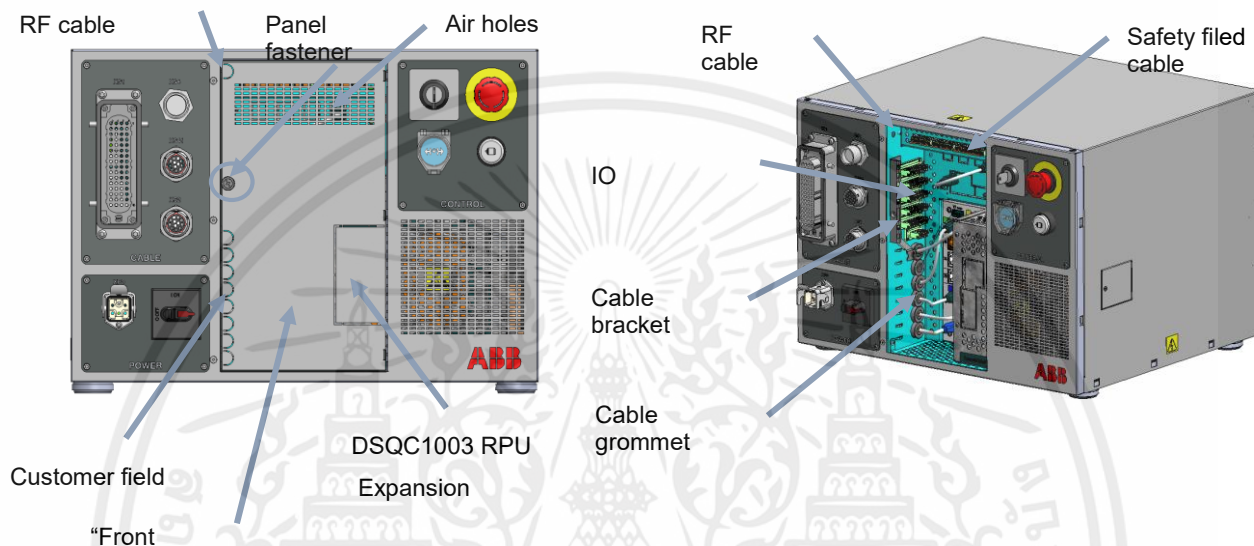
รูปที่ 2.11 Incremental Jogging

โหมดการเคลื่อนที่แบบ ความเร็วแทนที่ Jogging Override Speed ใช้ในกรณีที่ผู้ใช้งานต้องการปรับความเร็วในการเคลื่อนที่ของแขนกลโดยใช้เมื่อค่าความเร็วตั้งต้นที่ 100 เปอร์เซ็นต์ มีความเสี่ยงต่อความเสียหายจากการชนเราสามารถตั้งค่าให้เป็นสัดส่วนเปอร์เซ็นต์ของความเร็วตั้งต้น การตั้งค่าสัดส่วนเปอร์เซ็นต์ที่น้อยลงจะทำให้ความเร็วลดลงและความไวการชนก็ลดลงด้วย และความเร็วในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์จะเป็นสัดส่วนกับก้าน joystick ที่บิดไป ดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 Jogging Override Speed

2.3.3 ตู้ควบคุม IRC5 ใช้ไฟขนาด 380 โวลต์ ใช้กับไฟ 3 เฟส ทำหน้าที่ควบคุมการจ่ายไฟฟ้าไปยังมอเตอร์ที่แขนกลเพื่อทำการขับเคลื่อนแขนกล ยังสามารถควบคุมการเลือกโหมดการทำงานของแขน รวมถึงหยุดการทำงานโดยใช้ปุ่ม emergency stop ได้อีกด้วย ดังรูปที่ 2.13



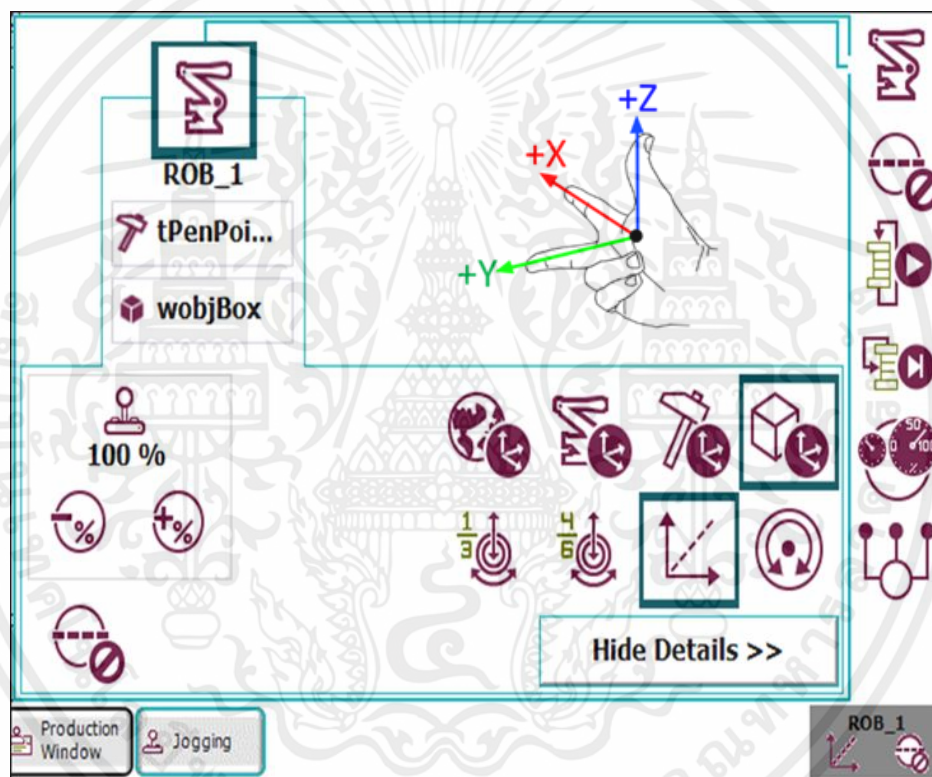
รูปที่ 2.13 ตู้ควบคุม (Controller IRC5)

2.4 พื้นฐานหลักการเคลื่อนที่ของโรบอท

แขนกลจะเกิดการเคลื่อนที่ได้ด้วยการควบคุมของผู้ใช้งาน แบ่งเป็น 2 โหมด การเคลื่อนที่ คือ การเคลื่อนที่แบบอัตโนมัติ (Auto mode) เป็นการเคลื่อนที่ของแขนกลโดยผู้ใช้งานทำการเขียนโปรแกรมเพื่อกำหนดงานให้แขนกลทำเพื่อบรรลุวัตถุประสงค์ของงาน ผู้ใช้งานสามารถกำหนดจุดเริ่มต้นจุดสิ้นสุดหรือแบบแผนการเคลื่อนที่ที่แขนกลเพียงแค่ครั้งเดียว ก็สามารถทำงานได้ทำให้ประหยัดเวลาในการตั้งค่าต่างๆ โหมดการเคลื่อนที่แบบอัตโนมัติเหมาะกับการทำงานประเภทที่ต้องการการทำซ้ำอย่างต่อเนื่อง และการเคลื่อนที่โดยการบังคับมือ (manual mode) การเคลื่อนที่ที่สามารถทำได้โดยการใช้แรงมือกดลงไปที่ flexpendant ที่ปุ่มควบคุมการเคลื่อนที่ที่แขนกล (Enabling Device) แล้วทำการหมุนหรือโยกคันโยกสามทิศทางบังคับทิศทาง (3D Joystick) ไปทำงานยังตำแหน่งที่ต้องการ โดยขณะทำงานผู้ใช้งานต้องบังคับคันโยกสามทิศทาง และดูแขนกลไปพร้อมกันเพื่อไม่ให้เกิดการชนกับชิ้นงานหรือผู้คนในบริเวณการทำงาน

2.4.1 การเคลื่อนที่และการอ้างอิง

การเคลื่อนที่ของโรบอแบ่งประเภทการเคลื่อนที่ออกเป็น 2 ประเภทคือ การเคลื่อนที่โดยการหมุนรอบแกนต่างๆ ซึ่งโรบอตัวนี้เป็นโรบอ 6 แกนแต่โรบอ ABB IRB 4600 สามารถทำการควบคุมการทำงานได้ที่ละ 3 แกน คือแกน 123 และแกน 456 โดยการเริ่มการเคลื่อนที่โรบอทำได้โดยการเปิดเข้าไปที่ menu แล้วเข้าไปที่ The Jogging Window จะทำให้เห็นถึงทิศทางจะช่วยทำให้ผู้ใช้งานสามารถเคลื่อนโรบอไปได้อย่างถูกต้อง ดังรูปที่ 2.14

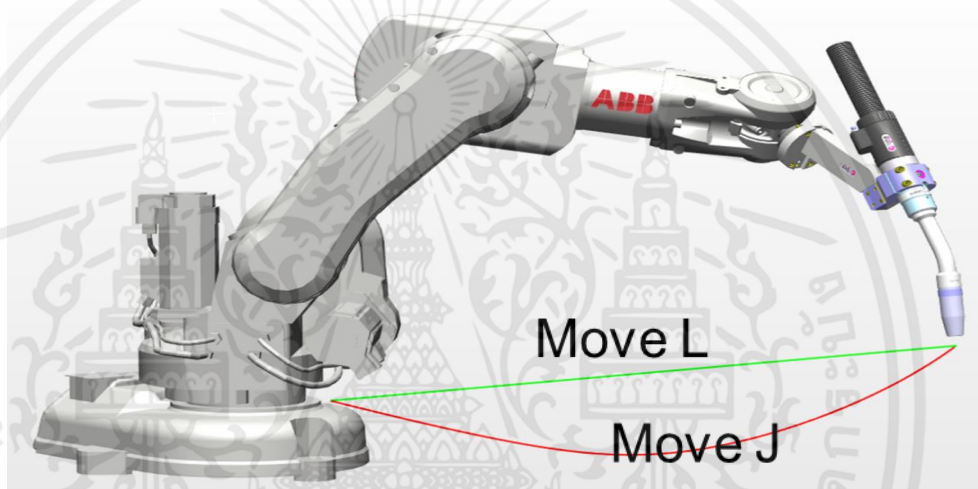


รูปที่ 2.14 การเคลื่อนที่และการอ้างอิง

การเคลื่อนที่เชิงเส้นหรือเชิงมุมที่มีการอ้างอิง การเคลื่อนที่ของโรบอจะใช้กฎมือขวาเป็นทิศทางที่ใช้อ้างอิงการเคลื่อนที่ ทิศทางตามแนวแกน x y และ z มีการอ้างอิงที่จุดเริ่มต้นที่จุด 0 ที่ฐานของโรบอ แต่การอ้างอิงสามารถเปลี่ยนได้โดยวิธีการเลือกโหมดการอ้างอิงใน flexpendant โดยมีการอ้างอิง 4 ประเภทได้แก่ อ้างอิงโลก อ้างอิงฐานโรบอ อ้างอิงเครื่องมือ และอ้างอิงวัตถุ ผู้ใช้งานสามารถเลือกได้ตามความเหมาะสมของการใช้งาน

2.5 การเคลื่อนที่โรบอทและการเขียนโปรแกรม

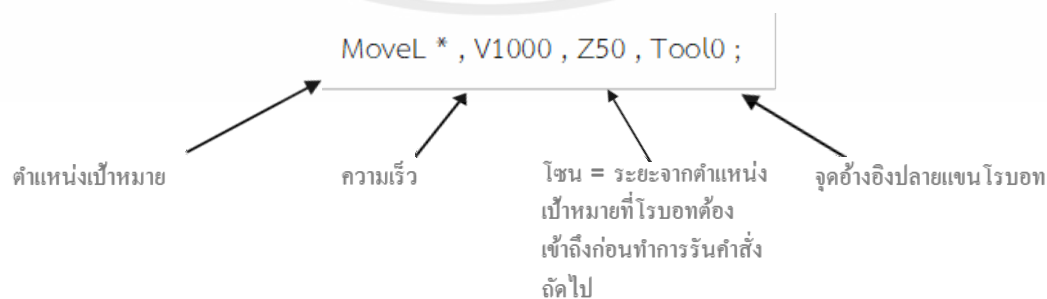
การเคลื่อนที่แขนกลโดยทั่วไปนั้นผู้ใช้งานสามารถทำการเคลื่อนที่ได้โดยการบังคับด้วยมือ แต่หากผู้ใช้งานแขนกลต้องการจะทำการเขียนโปรแกรมเพื่อจะทำการเคลื่อนที่แขนกลแบบอัตโนมัติเพื่อช่วยในการประหยัดเวลาและใช้ในกรณีที่ทำงานประเภทซ้ำๆ จึงต้องเรียนรู้ถึงประเภท ความหมายและชนิดของคำสั่งต่างๆโดย การเขียนโปรแกรมในการเคลื่อนที่แขนกลได้มีการกำหนดการเคลื่อนที่มี 3 ประเภท ได้แก่ การเคลื่อนที่แบบ move J การเคลื่อนที่แบบ move L และการเคลื่อนที่แบบ move c ดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 การเคลื่อนที่โรบอท

2.5.1 ประเภทการเคลื่อนที่

การเคลื่อนที่แบบ move J เป็นการเคลื่อนที่ของแขนกลจาก ณ ตำแหน่งใดไปยังอีกตำแหน่งหนึ่ง โดยวิธีการเคลื่อนที่นี้ไม่ได้เคลื่อนที่เป็นเส้นตรงแต่จะเคลื่อนที่ไปยังเป้าหมายด้วยความเร็วสูงสุดตามที่ได้ตั้งค่าความเร็วไว้

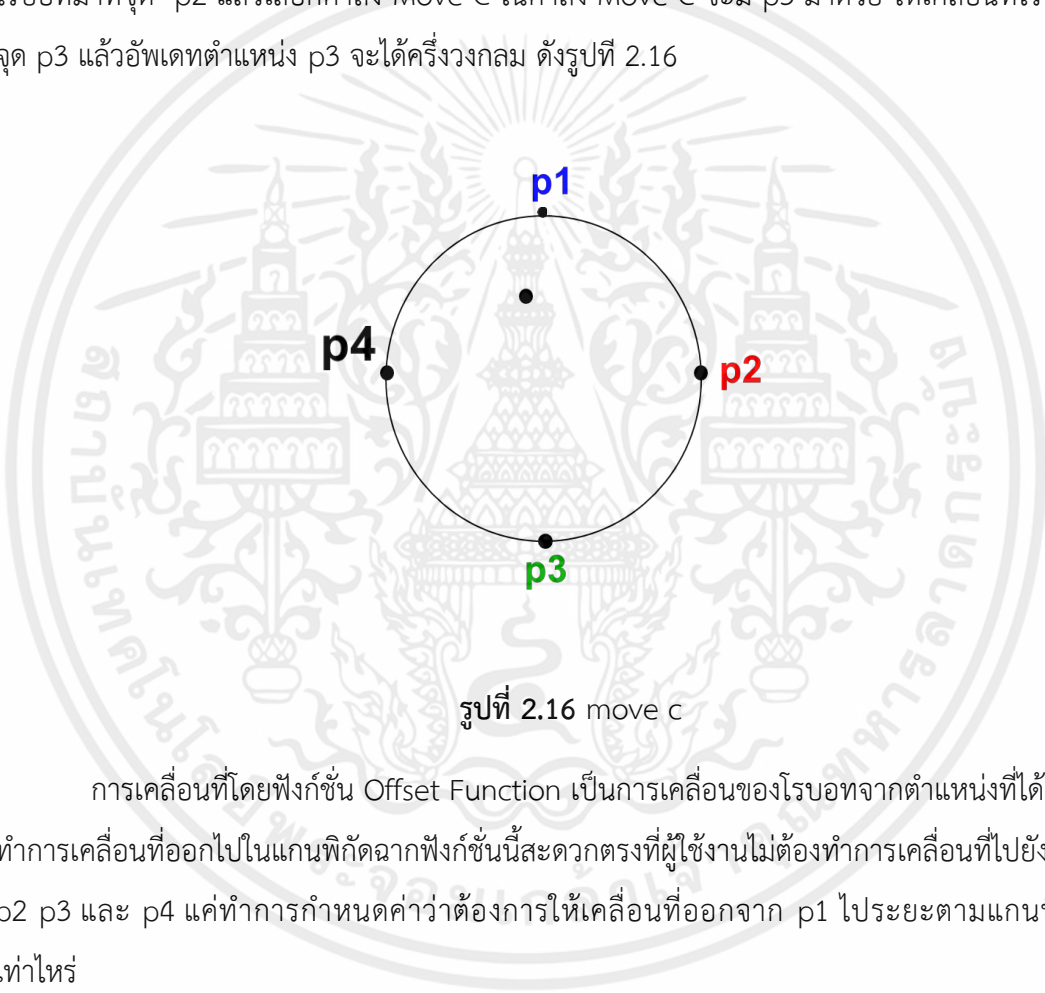


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเคลื่อนที่แบบ move L เป็นการเคลื่อนที่ของแขนกลจาก ณ ตำแหน่งหนึ่งไปยังตำแหน่งที่ได้ เป้าหมาย โดยการเคลื่อนที่นี้จะเป็นการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง

```
MoveL *, V1000, Z50, Tool0 ;
```

การเคลื่อนที่แบบ move c เป็นการเคลื่อนที่ของแขนกลจาก ณ ตำแหน่งหนึ่งไปยังตำแหน่ง เป้าหมายเป็นแนววงกลม จากรูปจะใช้คำสั่งเคลื่อนที่แนวตรง Move L มาที่จุด p1 จากนั้นเคลื่อนที่ โรบอทมาที่จุด p2 แล้วเลือกคำสั่ง Move C ในคำสั่ง Move C จะมี p3 มาด้วย ให้เคลื่อนที่โรบอทมาที่ จุด p3 แล้วอัพเดทตำแหน่ง p3 จะได้ครึ่งวงกลม ดังรูปที่ 2.16



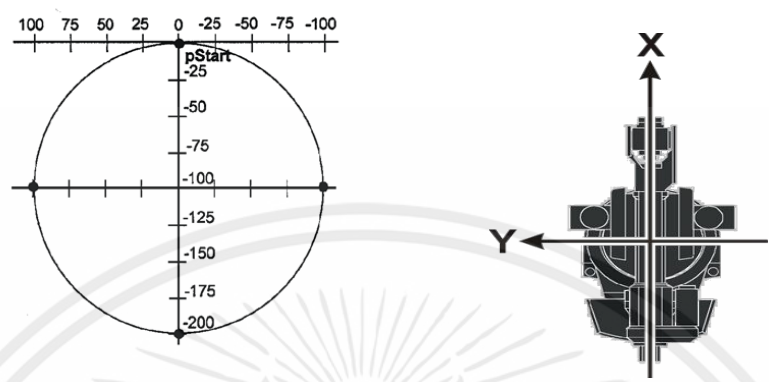
รูปที่ 2.16 move c

การเคลื่อนที่โดยฟังก์ชัน Offset Function เป็นการเคลื่อนที่ของโรบอทจากตำแหน่งที่ได้ตั้งไว้แล้ว ทำการเคลื่อนที่ออกไปในแกนพิกัดฉากฟังก์ชันนี้สะดวกตรงที่ผู้ใช้งานไม่ต้องทำการเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่ง p2 p3 และ p4 แต่ทำการกำหนดค่าว่าต้องการให้เคลื่อนที่ออกจาก p1 ไประยะตามแกนพิกัดฉาก เท่าไหร่

```
MoveL Offs(p1, 0, 0, 10), v1000, z50, tool0;
```

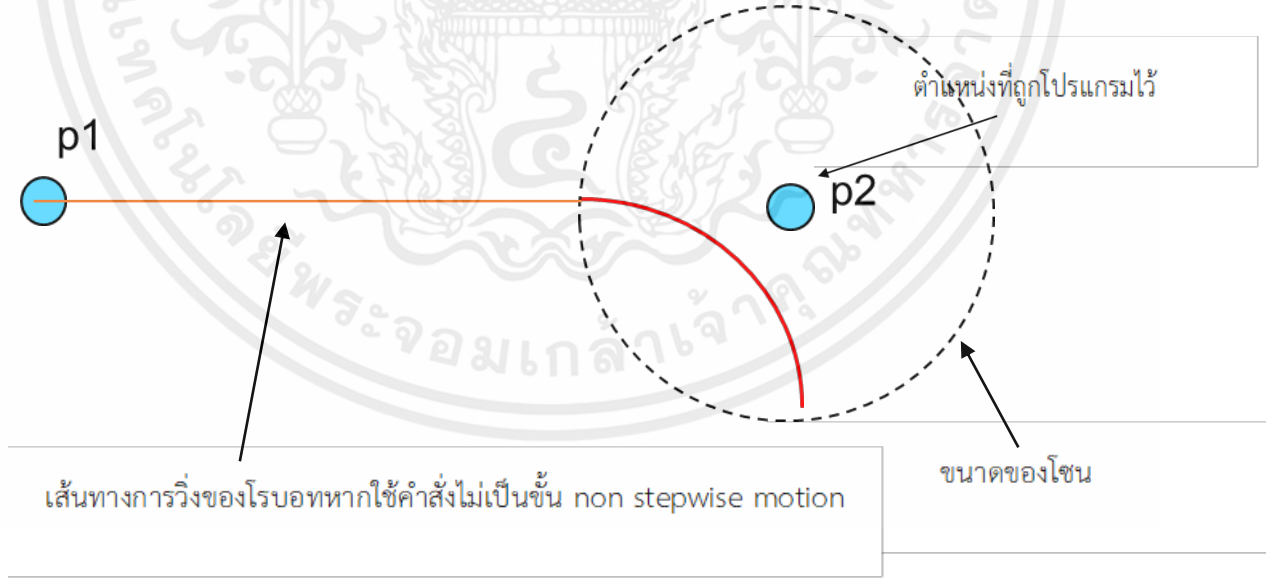
โดย p1 แสดงถึงการอ้างอิงการ Offset ออกมาว่าให้ใช้ตำแหน่งนี้เป็นหลัก ตำแหน่งต่อไปคือ ระยะการเคลื่อนที่ออกมาในแนวแกน x ต่อไปคือการเคลื่อนที่ออกมาในแนวแกน y และแกน z ตามลำดับ

โดยการเคลื่อนที่ออกมาระยะต่างนั้นใช้การเคลื่อนที่อ้างอิงแกนพิกัดฉากโดยมีระยะย้ายขวาโดยอ้างอิงรูปด้านล่างนี้ ดังรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 offset function

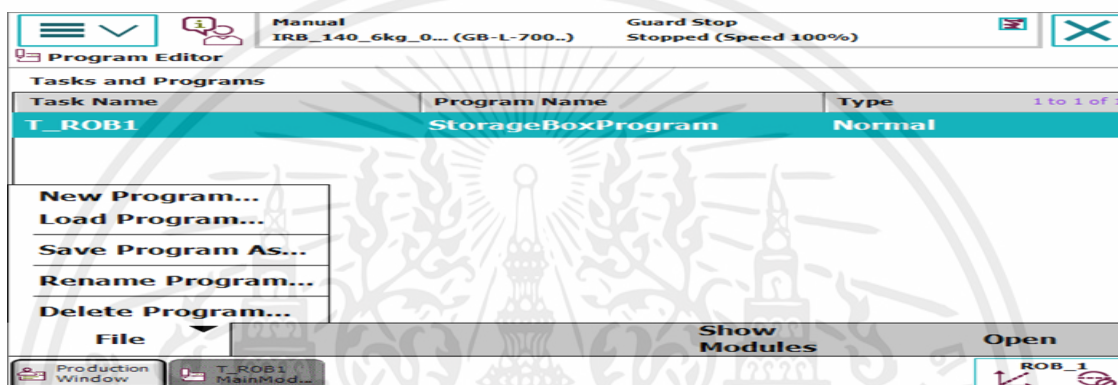
ข้อมูลโซน Zone data อธิบายถึงระยะหนึ่งๆจากตำแหน่งเป้าหมายที่แกนโรบอทจะต้องเข้ามาให้ถึงก่อนที่จะรันคำสั่งถัดไป โดยผู้ใช้งานแขนกลสามารถทำการตั้งค่า Zone data หากต้องการเข้าถึงจุดทำงานที่ตำแหน่งตรงนั้นพอดีควรใช้คำสั่ง zone fine และความกว้างของการเคลื่อนที่จากตำแหน่งเป้าหมายออกมาจะมากขึ้นเรื่อยๆ ตามค่า zone ที่เพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 Zone data

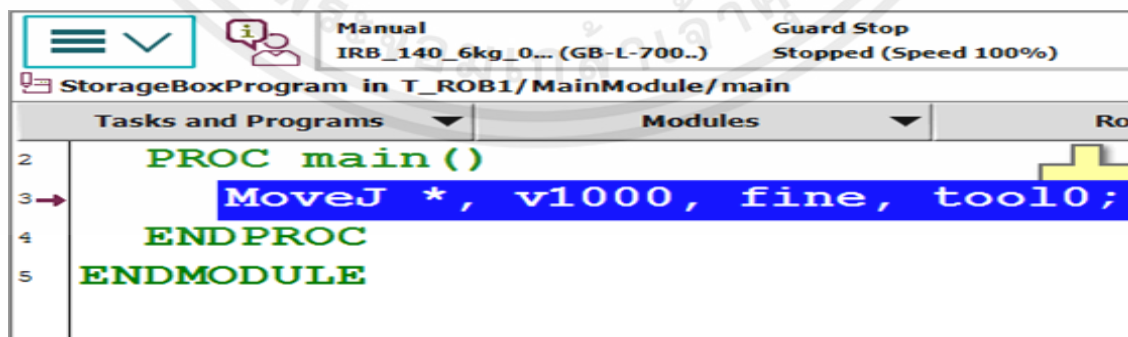
2.5.2 วิธีการสร้างโปรแกรม

ขั้นตอนแรกไปที่เมนู ไปยัง program editor ไปที่ file เลือก new program ทำการตั้งชื่อโปรแกรมก็จะเป็นโปรแกรมที่เราสามารถทำการใส่ป้อนค่าหรือสร้างคำสั่งเพื่อใช้งานได้ ต้องระวังไม่ให้ เพราะเมื่อทำการสร้างโปรแกรมใหม่โปรแกรมในขณะนั้นจะถูกลบออกจากหน่วยความจำโดยโปรแกรมใหม่จะถูกตั้งชื่อชั่วคราวว่า 'New Program Name' และ โปรแกรมจะสร้าง 'main' routine อยู่ใน 'MainModule' ดังรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 การสร้างโปรแกรม

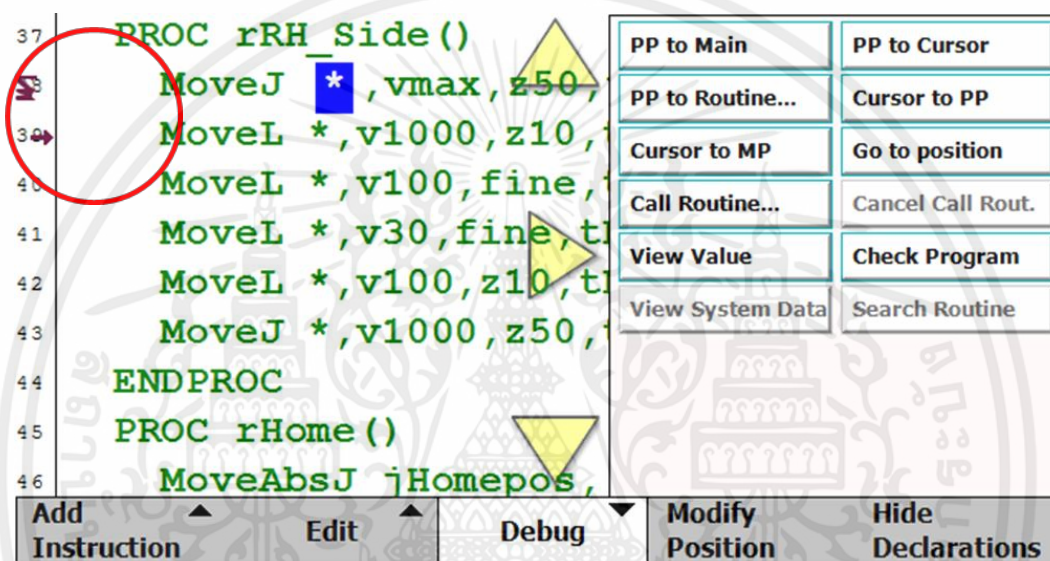
การสร้างโปรแกรมที่ใช้ในการเคลื่อนที่ ทำได้โดยเข้าไปที่ program data ไปยัง main module ไปที่ file ไปยัง module เลือก new module ทำการตั้งชื่อและกดตกลง ทำการเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งต่างๆ กด add instruction กดเลือกประเภทการเคลื่อนที่ที่ต้องการ ทำขั้นตอนแบบนี้ไปเรื่อยๆจนครบทุกจุดที่ต้องการ จากนั้นไปที่ debug เลือก pp to routine แล้วกดปุ่ม play เพื่อสั่งการให้ระบบประมวลผลและทำการเคลื่อนที่โรบอท ดังรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.20 การสร้างโปรแกรมสั่งการเคลื่อนที่

2.5.3 โปรแกรมการทำงาน การใช้งาน Debug

ตัวชี้ Pointers เป็นลูกขรที่ใช้ชี้ตำแหน่งที่ร็อบททำงานให้ผู้ใช้งานรู้ว่าการทำงาน ณ ปัจจุบันถึงบรรทัดไหนขั้นตอนไหน ชี้ตำแหน่งร็อบท Motion และ ชี้ตำแหน่งโปรแกรม Program (MP / PP) การเริ่มต้นใหม่ (reset) โปรแกรม (PP to Main / PP to routine...) เมื่อเริ่มต้นการทำงานโปรแกรมจะต้องระวังร็อบทเคลื่อนที่ชนกับอุปกรณร็อบข้าง การเริ่มโปรแกรมจากตัว Cursor (PP to Cursor) ดังรูปที่ 2.21



รูปที่ 2.21 โปรแกรมการทำงาน การใช้งาน Debug

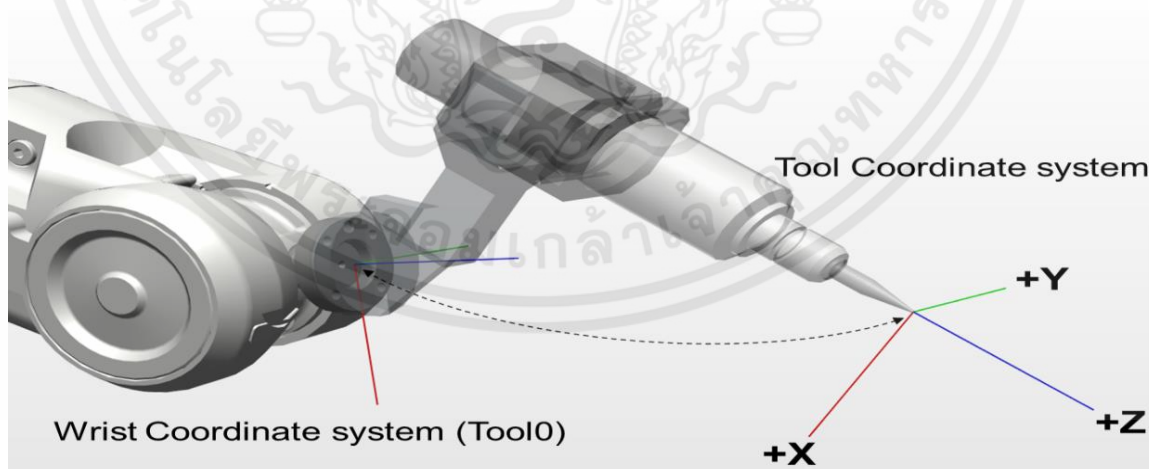
2.5.4 การแก้ไขตำแหน่ง Modify Position และ Program Edit Menu

การทำเขียนโปรแกรมในบางครั้งอาจเกิดการผิดพลาดมาจากผู้ใช้งาน หากใช้การเคลื่อนร็อบทโดยชุดคำสั่งที่ผิดพลาดอาจเกิดปัญหาตามมา ผู้ใช้งานจึงต้องหาวิธีแก้ไขความผิดพลาดในชุดคำสั่งนั้นโดยผู้ใช้งานสามารถกลับไปแก้ไขข้อมูลการเคลื่อนที่ที่จุดนั้นๆได้โดยใช้การ Modify Position โดยที่ไม่ต้องสร้างโปรแกรมชุดคำสั่งการเคลื่อนที่ใหม่ทั้งหมด ทำได้โดยการ เลือกคำสั่ง instruction หรือ ตำแหน่งเป้าหมายที่ต้องการแก้ไข หากเลื่อนตำแหน่งให้ใช้คำสั่งเป็นขั้น Step จากนั้นเคลื่อนร็อบทไปยังตำแหน่งที่ต้องการกดแก้ไขตำแหน่ง Modify Position แล้วกด Modify อีกครั้งก็จะได้โปรแกรมที่มีจุดที่ต้องการ

ขณะที่ผู้ใช้งานกำลังทำการเขียนโปรแกรมเพื่อสร้างชุดคำสั่งการเคลื่อนที่ขึ้นมาและบรรทัดการเขียนโปรแกรมเกิดความผิดพลาดต้องการลบออก ต้องการตัดออก หรือต้องการคัดลอกคำสั่งโปรแกรมไปใช้ในบรรทัดต่อไปสามารถกดเข้าไปที่ปุ่ม edit ได้

2.6 การสร้างtool center point (TCP)

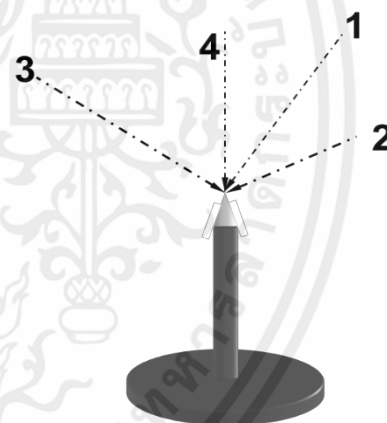
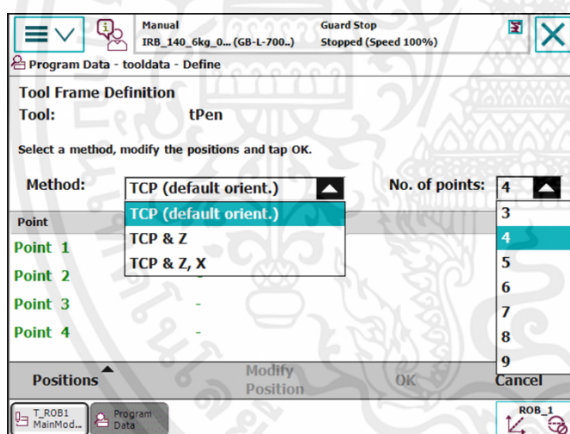
เดิมหลักการเคลื่อนที่ของโรบอทจะใช้ปลายแกน 6 เป็นจุดอ้างอิง (tool 0) มีทิศทางพุ่งออกเป็นแกน z ออกจากหน้าวัตถุแต่ปลายแกน 6 เป็นตำแหน่งที่ไม่สามารถทำงานได้เนื่องจากติดกับแขนโรบอทเลย ต้องมีการติดเครื่องมือทำงานเข้ากับแกน 6 และทำการย้ายการอ้างอิงไปที่ปลายเครื่องมือโดยการอ้างอิงปลายวัตถุเพื่อให้โรบอทจะสามารถทำการประมวลผลได้ถึงตำแหน่งระยะที่ปลายเครื่องมือที่ใช้ทำงานอยู่ โดยมีหลักการดังนี้ ตำแหน่งและการเคลื่อนที่ของโรบอทจะสัมพันธ์กับอุปกรณ์ที่เลือกไว้ขณะนั้น active TCP โดย TCP's จะถูกกำหนดไว้ที่ตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่งบริเวณส่วนปลายของอุปกรณ์หรือทูล ผู้ใช้งานสามารถกำหนดข้อมูล TCP's ได้กับหลายอุปกรณ์แต่มีเพียงข้อมูล TCP ที่เลือกไว้ขณะนั้นเท่านั้นที่ใช้ อ้างอิงกับโปรแกรมการทำงาน ผู้ใช้งานสามารถใส่ข้อมูล TCP แบบแมนนวลได้แต่ต้องรู้ค่า TCP ที่ถูกต้องเท่านั้น หากไม่รู้ให้ทำตามขั้นตอนการกำหนดค่า TCP โดยปกติเราจะใช้ตัวโรบอทเป็นตัวกำหนด TCP ของโรบอทตัวนั้นๆ ตามขั้นตอนการกำหนดค่า TCP และ หากมีการเปลี่ยนอุปกรณ์หรือทูลของโรบอทหรือ อุปกรณ์เกิดความเสียหายและทำให้จุดอ้างอิงกับ TCP เปลี่ยนไป อย่าแก้ไขตำแหน่งที่อยู่ในโปรแกรมแต่ให้ตั้งค่า TCP ใหม่ (redefine the tool) ดังรูปที่ 2.22



รูปที่ 2.22 tool center point

2.6.1 ค่า Tool Centre Point (TCP) ในแบบต่างๆ

การสร้าง TCP – แบบ Default Orient และ TCP ที่กำหนดทิศทางแกน Z เริ่มจากเข้าไปที่หน้าเมนูแล้วไปยัง program data ไปยัง tool data เลือก Define ทำการเลือกประเภทที่เหมาะสมกับการใช้งานในการทำ TCP และเลือกจำนวนจุด ทำการกำสร้าง จุด fix point เพื่อเป็นตำแหน่งที่ใช้ในการทำให้โรบอทสามารถคำนวณตำแหน่งปลายเครื่องมือได้โดยการนำเหล็กหรือดินสอหรือวัตถุ ปลายแหลมมาตั้งให้ตั้งฉากกับฐานพื้นทำงานแล้วหลักจากนั้นทำการเคลื่อนที่โรบอทไปยังตำแหน่งที่ 1 และกด modify position และตามด้วย 2 3 ทำขั้นตอนเดียวกันตามลำดับ ให้เป็นวงกลมมากที่สุด โดยให้แต่ละจุดมีมุมต่างกันราวๆ 120 องศาและให้ระดับของแกน Z มีความสูงที่ต่างกันทั้ง 3 จุด เพื่อโรบอทสามารถทำการคำนวณได้และเมื่อสิ้นสุดจุด 3 ทำการตั้งฉากปลายเครื่องมือกับฐานแล้วเคลื่อนปลายเครื่องมือไปที่จุด fix point จากนั้นทำการเคลื่อนที่ปลายเครื่องมือขึ้นไปแนวตั้งฉากให้ห่างจากจุดเดิมแล้วกำหนดเป็นจุด 4 ให้เป็น จุด elongator z เพื่อเป็นการกำหนดทิศทางที่ให้แกน z พุ่งออก ดังรูปที่ 2.23

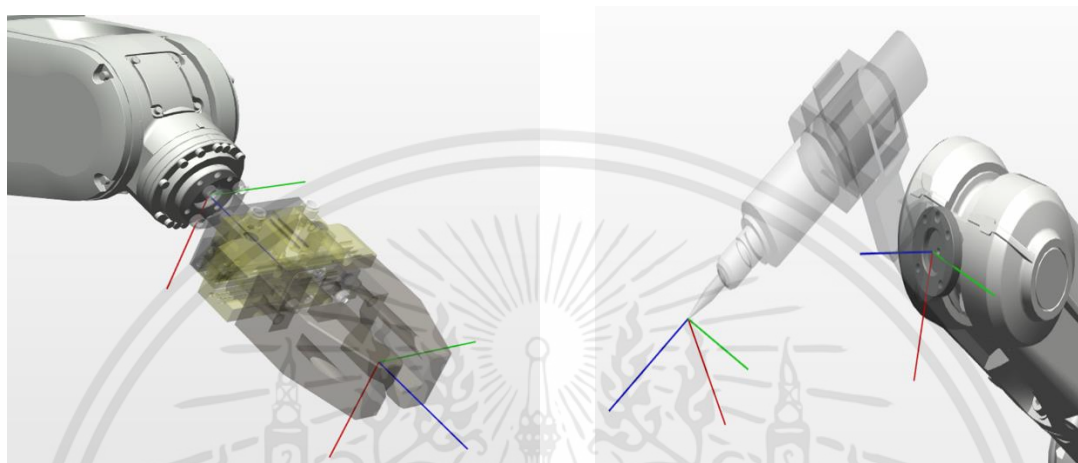


รูปที่ 2.23 Tool Centre Point (TCP)

TCP ที่เป็นแบบ default orient เหมาะกับการใช้ในกรณีที่เป็นกริปเปอร์ที่ใช้หยิบจับแนวตรงซึ่งวิธีการหมุนแกนของ TCP จะไม่ต่างจากพิกัดปลายแขนของโรบอท wrist coordinate system (Tool0)

TCP ที่กำหนดทิศทางแกน Z ระนาบ XZ ของ TCP จะเป็นระนาบเดียวกับพิกัดปลายแขน wrist coordinate เหมาะสำหรับกริปเปอร์ที่ใช้ในการเชื่อมและหยิบจับชิ้นงาน ดังรูปที่ 2.24

TCP ที่กำหนดทิศทางแกน Z และ X ทิศทางแกน X และ Z ของ TCP แต่ละตัวจะหมุนในทิศทางที่ต่างจากพิกัดปลายแขนโรบอต wrist เหมาะสำหรับกริปเปอร์ที่ใช้ในการบีบอัด



รูปที่ 2.24 TCP – แบบ Default และ TCP ที่กำหนดทิศทางแกน z

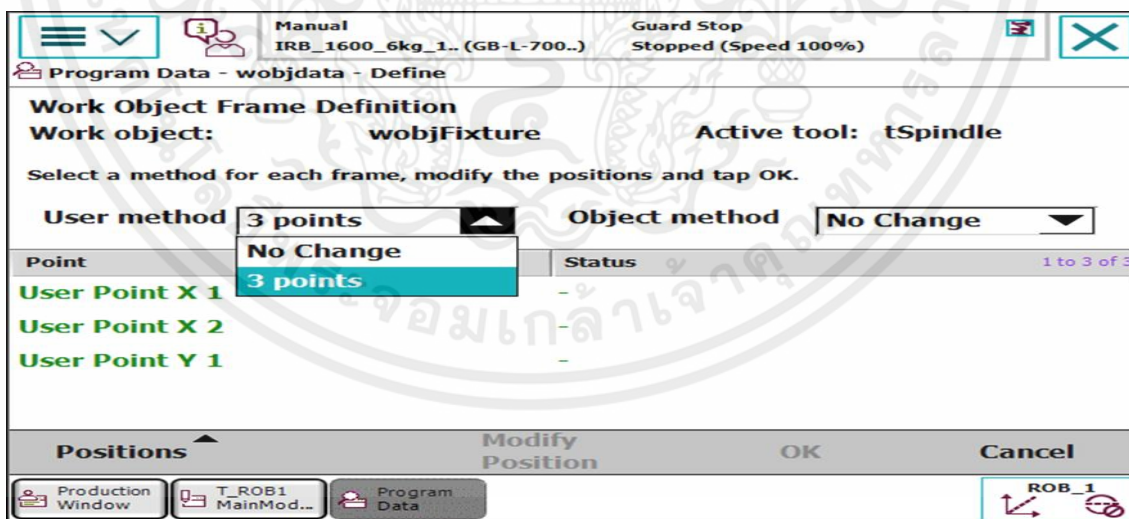
2.7 การสร้างพิกัดชิ้นงาน Work Object

ข้อมูลของพิกัดชิ้นงาน WObj Data จะทำให้ตำแหน่งเป้าหมายของโรบอต robotargets ถูกเชื่อมต่อกับระบบพิกัดชิ้นงานชิ้นหนึ่งๆ work piece coordinate system ชิ้นงาน Work objects อาจอยู่นิ่งกับที่ในพิกัดโลกหรือถูกเคลื่อนที่ไปตามแกนหมุนต่างๆ ที่ถูกขับเคลื่อนโดยหุ่นยนต์ เราสามารถกำหนดค่าข้อมูลชิ้นงาน object data ได้หลายๆชิ้นแต่จะมีเพียงค่าเดียวเท่านั้นที่ถูกเปิดใช้งานในเวลาหนึ่งๆ และการนำข้อมูลชิ้นงานมาใช้ในโปรแกรมจะทำให้โปรแกรมนั้นสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ง่ายและเร็วหากมีการเปลี่ยนหรือย้ายตำแหน่งการติดตั้งโรบอตหรือตัวจับยึดชิ้นงาน ตัวอย่างเช่น หากถ้ามีการย้ายตำแหน่งตัวจับยึดชิ้นงานหลังจากที่เราเขียนโปรแกรมกับชิ้นงานนั้นๆ ไว้แล้ว เราเพียงสอบเทียบตำแหน่งของตัวจับยึดชิ้นงานอีกครั้งก็สามารถให้โรบอตทำงานตามโปรแกรมเดิมได้โดยไม่ต้องเขียนโปรแกรมใหม่ ผู้ใช้งานจะได้ความแม่นยำของโปรแกรมหากโหลดโปรแกรมซึ่งไว้แล้วในโปรแกรมจำลองโรบอต Robot Studio และยังสามารถเคลื่อนที่โรบอตไปตามแกนพิกัดของชิ้นงาน axes of the work objects หรือ กรอบของวัตถุได้ object frame

เมื่อใช้งานระบบพิกัดชิ้นงาน ตำแหน่งที่อยู่ในโปรแกรมจะถูกอ้างอิงกับระบบพิกัดชิ้นงาน workobject coordinate system ระบบพิกัดชิ้นงาน 0 Wobj0 เป็นค่าเริ่มต้นและเชื่อมต่อกับระบบพิกัดโลก (World coordinate system) ในการเขียนโปรแกรมแนะนำให้ใช้ระบบพิกัดชิ้นงานเฉพาะกับงานนั้น หลีกเลี่ยงการใช้ wobj0 เนื่องจาก wobj0 จะไม่สามารถเคลื่อนย้ายได้ ข้อมูลระบบพิกัดชิ้นงาน Work Object data จะประกอบด้วย User frame และ Object Frames

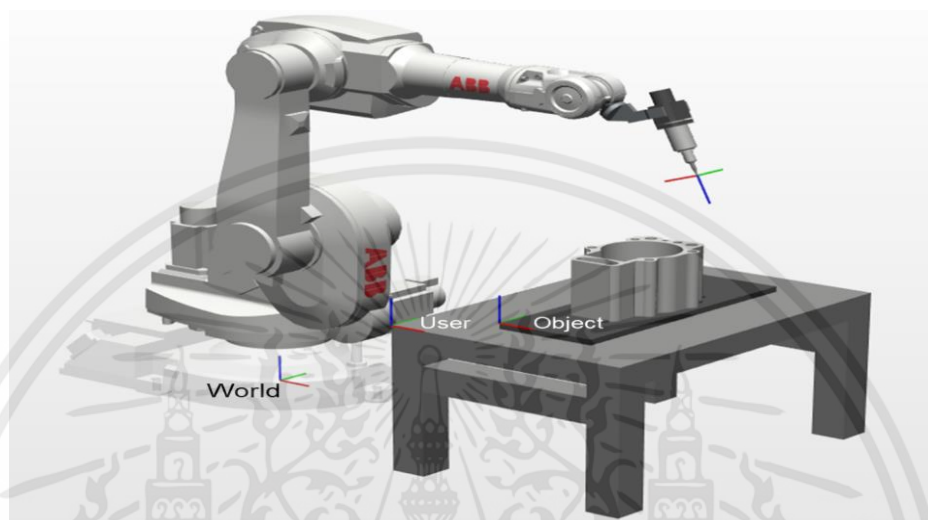
2.7.1 วิธีการสร้าง Work Object

ไปที่หน้าต่างการเคลื่อนที่โรบอทให้เปิดใช้งาน TCP ที่ต้องการนำมากำหนดพิกัดชิ้นงาน Workobject แล้วกดเลือกที่ปุ่มเมนู เลือกข้อมูลโปรแกรม Program data เลือกข้อมูลพิกัดชิ้นงาน wobjdata และกดให้แสดงข้อมูล Data เลือก สร้างใหม่ New... ทำการตั้งชื่อของพิกัดชิ้นงาน Name work object กดok กดแก้ไข Edit เลือกกำหนดค่า Define เลือกวิธีสร้างแบบ 3 จุด '3 points' สำหรับสร้างกรอบผู้ใช้งาน user frame และ ไม่เปลี่ยนแปลงค่าของกรอบวัตถุ 'No Change' for Object frame เคลื่อนที่อุปกรณ์ไปยังจุดที่จะถูกเลือกเป็นจุดผู้ใช้งาน X1 และเลือกแก้ไขตำแหน่ง Modify Position ทำซ้ำสำหรับจุดผู้ใช้งาน X2 User X2 และจุดผู้ใช้งาน Y1 User Y1 กด OK และ แสดงผลการคำนวณ กด OK เพื่อปิด close ดังรูปที่ 2.25



รูปที่ 2.25 สร้าง Work Object

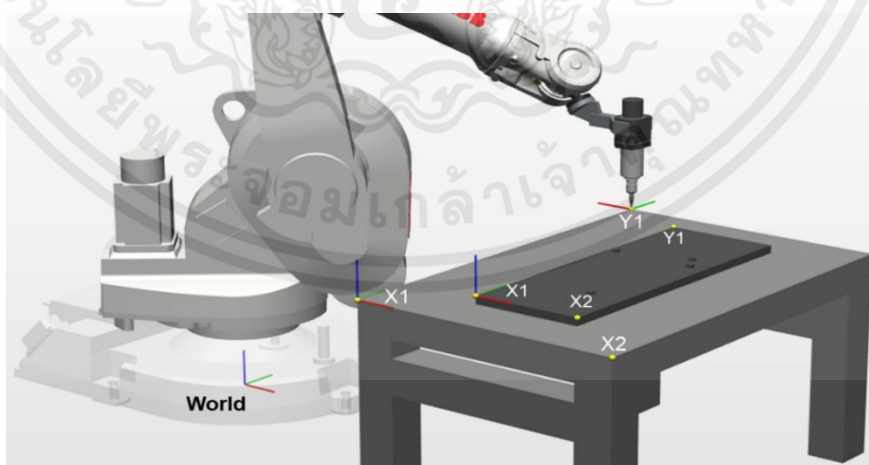
หากเลือก 'No Change' จะไม่ทำการเปลี่ยนค่าในปัจจุบันเป็นการปฏิบัติโดยทั่วไปจะกำหนด Object frame ให้อยู่เหนือ User frame โดยตรง ดังรูปที่ 2.26



รูปที่ 2.26 Work Object

2.7.2 การ Calibrate Work Object frames

ทั้ง User frame และ Object frame จะถูกกำหนดโดย calibration points จะเคลื่อนที่จุด TCP ไปยังจุดอ้างอิงระหว่างการสอบเทียบ calibration ดังรูปที่ 2.27



รูปที่ 2.27 Calibrate Work Object frames

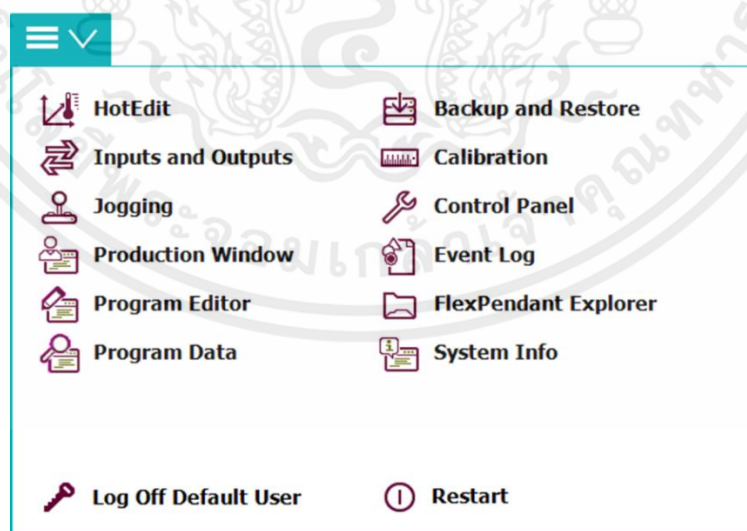
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 สร้างชุดคำสั่งที่ใช้ประจำ Routines เพื่อหยิบและวางชิ้นงาน

ROUTINES เป็นชุดคำสั่งที่ใช้ในการเก็บโปรแกรมคำสั่งการเคลื่อนที่ของแขนกล โดยผู้ใช้งานสามารถสร้างขึ้นเพื่อใช้ในการบังคับแขนกลในการเดินแขนกลแบบอัตโนมัติ และสามารถสร้างใหม่ได้ตลอดเหมาะใช้กับประเภทงานซ้ำๆโดยลำดับของคำสั่งที่ทำงานซ้ำๆ นำมาใช้หลายๆครั้งในโปรแกรมควบคุมนำมาารวมกันเพื่อตั้งเป็น Routine ชื่อของ Routine จะมีตัวอักษรได้มากที่สุด 16 ตัว การตั้งชื่อที่มีความหมายจะช่วยให้ง่ายต่อการเข้าใจและดำเนินงานตามโปรแกรม Routines สามารถถูกทดสอบโดยการย้าย Program Pointer ไปที่ Routine นั้นๆเพื่อ (Debug การแก้จุดบกพร่อง) และ Routines ถูกเรียกใช้ในโปรแกรมโดยคำสั่ง 'Procall

2.8.1 การสร้าง Routines

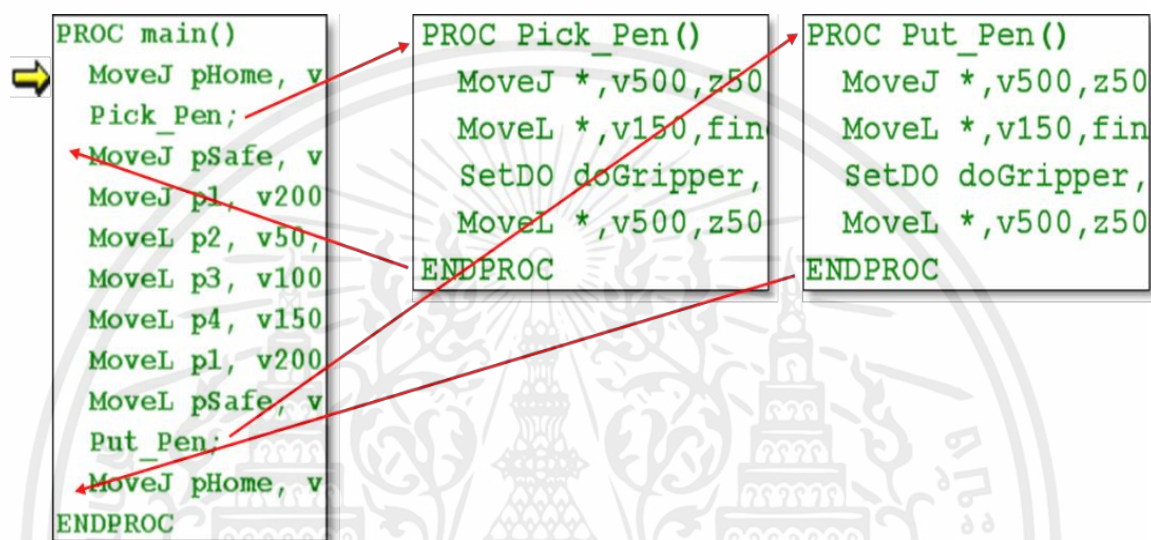
สร้าง New Routine ตั้งชื่อว่า PickPen แล้วเลือกเปิดใช้งาน TCP ที่ตั้งค่าไว้แล้วจากนั้นเขียนโปรแกรมโรบอทเพื่อให้ไปหยิบปากกา pen ทดสอบชุดคำสั่งนี้ โดยย้าย Program pointer ให้ไปที่ชุดคำสั่งนี้ debug 'Program Pointer (PP) to routine' ทำการ Copy ชุดคำสั่งนี้และแก้ไขสัญญาณ Output ให้วางปากกาลงแล้วทดสอบชุดคำสั่งตัดลอกที่แก้ไขแล้ว โดยย้าย Program pointer ให้ไปที่ชุดคำสั่งตัดลอกนี้ debug 'PP to routine' แล้วทำการเรียกใช้ชุดคำสั่งเหล่านี้ภายในชุดคำสั่งหลักโดยใช้คำสั่ง ProCall instruction แล้วทดสอบ Main Routine โดยย้ายตัว Program pointer ให้ไปที่ชุดคำสั่งหลัก debug 'PP to main' แล้วจัดเก็บโปรแกรมโดยตั้งชื่อว่า 'Exercise_3' ดังรูปที่ 2.28



รูปที่ 2.28 การสร้าง Routines

2.8.2 ชุดคำสั่งที่ใช้ประจำ Routines และตัวอย่างการดำเนินงานโปรแกรม program flow

Main Procedure จะควบคุมการดำเนินงานของโปรแกรมทั้งหมด entire program Sub Procedure routines จะทำงานย่อยแต่ในละงาน ชุดคำสั่งที่ใช้ประจำของกระบวนคำสั่งย่อย คำสั่ง ProCall Instruction จะใช้เรียกชุดคำสั่งที่ใช้ประจำ Routines ดังรูปที่ 2.29

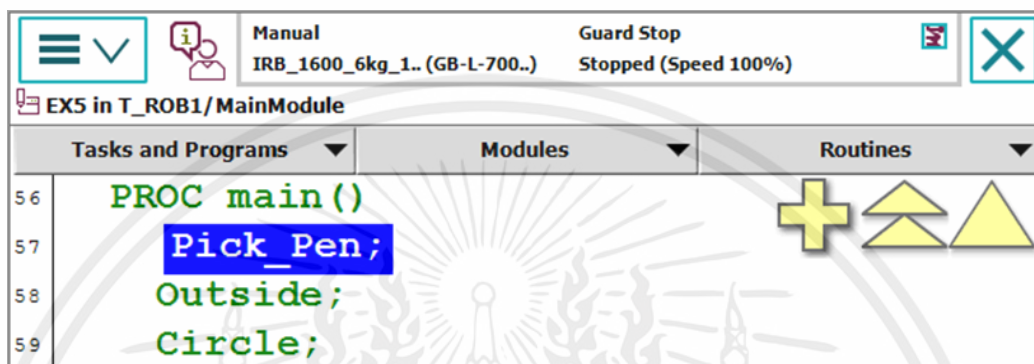


รูปที่ 2.29 ชุดคำสั่งที่ใช้ประจำ Routines

2.9 โมดูล Modules

โมดูลเป็นชุดโปรแกรมที่เปรียบเสมือนห้องว่างๆ ไว้ใช้เก็บของคือไว้ใช้เก็บโปรแกรมหากผู้ใช้งานต้องการใช้แขนกลกับหลายงานหลายงานสามารถเขียนโปรแกรมแล้วทำการบันทึกไว้ใน module หนึ่งๆ แล้วไปทำงานชนิดใหม่ได้ หากต้องการใช้แขนกลทำงานแบบเดิมก็สามารถทำการเลือก module ที่ได้ทำการบันทึกไว้ขึ้นมาใช้งานได้ โดยผู้ใช้งานไม่ต้องทำการเขียนโปรแกรมขึ้นมาใหม่ ช่วยให้เกิดความสะดวกแก่การทำงาน โดย 1 module จะประกอบด้วยชุดคำสั่งที่ใช้ประจำและข้อมูล โดยโมดูลที่เก็บชุดคำสั่งหลัก Main routine จะเป็นโมดูลหลัก MainModule โมดูลระบบ System modules จะต้องมียู่เสมอในหน่วยความจำ และถูกใช้บันทึกข้อมูลเริ่มต้น default data นามสกุลของแฟ้มโปรแกรมจะเป็นดังต่อไปนี้ XXXXX.mod Program Module, XXXXX.sysSystem Module, XXXXX.pgfProgram Files

หากผู้ใช้งานต้องการดูลักษณะของ Modules view ให้ทำการเลือกแถบโมดูล (modules tab) จากหน้าต่างการแก้ไขโปรแกรม (Program Editor) ใช้ไฟล์เมนูเพื่อสร้าง บรรจุ บันทึกรหัสหรือ ลบ โมดูล 11 หนึ่งๆ ดังรูปที่ 2.30



รูปที่ 2.30 Modules

แสดงโครงสร้างภายในโมดูล Internal Structure of Module ดังรูปที่ 2.31

```

MODULE MainModule
CONST robtarget pHome:=[[483.84,0.00,300.00],[0.708029,-3.1
CONST robtarget p1:=[[483.84,97.13,208.75],[0.708029,-3.182
CONST robtarget p2:=[[592.92,64.72,208.73],[0.708029,5.9975
CONST robtarget p3:=[[592.92,-63.74,208.73],[0.708029,5.424
CONST robtarget p4:=[[483.98,-95.79,208.75],[0.708029,-3.44
PERS num regZ:=0;
VAR bool bRobotAtHome:=FALSE;
PROC main()
MoveJ pHome, v1000, fine, tool0;
MoveJ Offs(p1,0,0,regZ), v1000, z20, tool0;
MoveJ p1, v200, fine, tool0;
MoveL p2, v50, fine, tool0;
MoveL p3, v100, fine, tool0;
MoveL p4, v150, fine, tool0;
MoveL p1, v200, fine, tool0;
MoveL Offs(p1,0,0,regZ), v1000, z20, tool0;
MoveJ pHome, v1000, fine, tool0;
ENDPROC
ENDMODULE

```

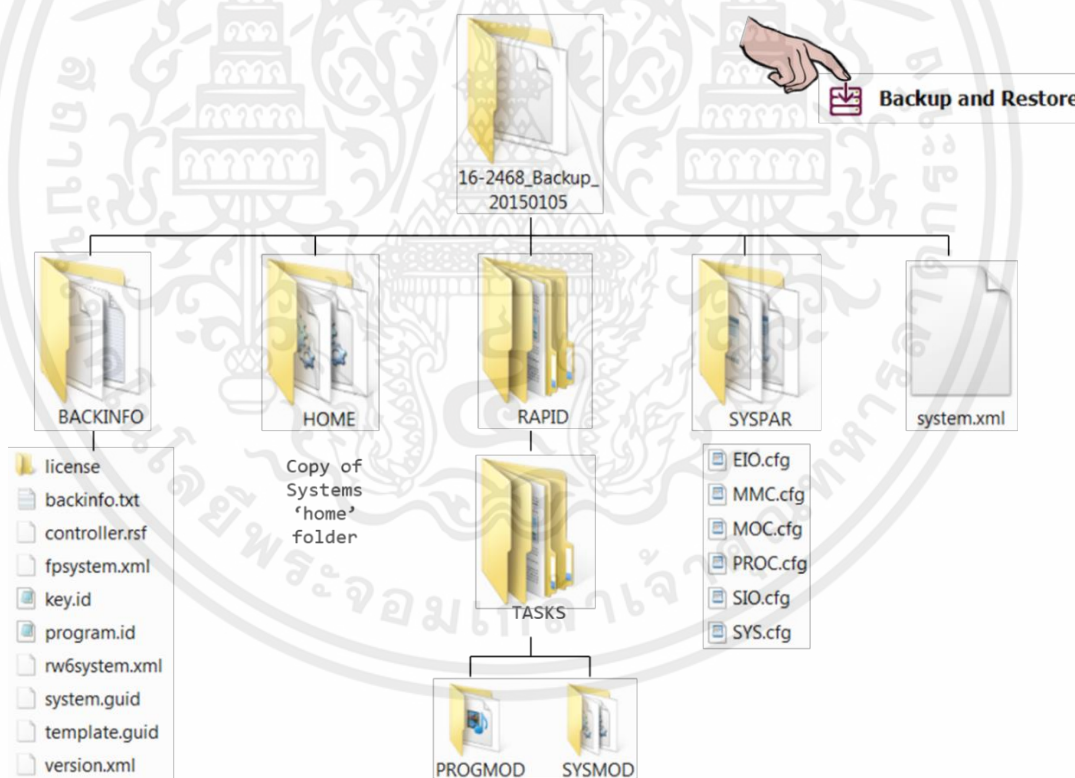
รูปที่ 2.31 โครงสร้าง Modules

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10 การสำรองข้อมูลและการนำกลับข้อมูลสำรอง

การทำงานร่วมกับแขนกลอาจจะมีการใช้งานร่วมกับผู้ใช้งานคนอื่นๆ เมื่อผู้ใช้งานอื่นเข้ามาใช้แขนกลแล้วทำการสร้างโปรแกรมการทำงานขึ้นมาใหม่ โปรแกรมการทำงานของผู้ใช้งานคนก่อนหน้าก็หายไปดังนั้นจึงต้องทำการสำรองข้อมูลไว้เป็นการเก็บข้อมูลไว้ไม่ให้หายไปจากการทำงาน และทำการนำข้อมูลสำรองที่ได้มีการเก็บไว้มาใช้งานได้ใหม่อีกครั้ง

เมื่อจะบันทึกโปรแกรม กลุ่มเอกสาร folder ชื่อเดียวกับโปรแกรมนั้นๆจะถูกสร้างด้วยกลุ่มเอกสารนี้จะประกอบด้วยโมดูลหลัก MainModule, โมดูลย่อยทั้งหมด all Sub modules และแฟ้มโปรแกรม program file นามสกุลของแฟ้มโปรแกรม (.pgf) program file (.pgf), จะเป็นนามสกุลของทุกโปรแกรมโมดูลโมดูลระบบ System Modules จะไม่ถูกบันทึก ดังรูปที่ 2.32



รูปที่ 2.32 การสำรองข้อมูลและการนำกลับข้อมูลสำรอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บุญเลิศ สือเฉย และคณะ [3] ศึกษางานวิจัยนำเสนอการพัฒนาการใช้กล้องร่วมกับแขนกลในการมองเห็นแบบ 2 มิติ เพื่อใช้ในการหยิบจับวัตถุ และการศึกษาประสิทธิภาพในการใช้กล้องกับหุ่นยนต์ ในการวางวัตถุให้มีความแม่นยำในการวางวัตถุตามจุดที่ได้กำหนดไว้กับชิ้นงาน โดยในงานวิจัยนี้มีขนาดความกว้าง 10 x 10 มิลลิเมตร ซึ่งถ้ามองด้วยสายตาวัดจะรู้สึกว้างกว่าชิ้นงานมีขนาดเล็ก แต่ในมุมมองวิทัศน์ที่ใช้เลนส์ ระยะโฟกัสที่ 8 มิลลิเมตรจะสามารถเห็นภาพของชิ้นงานได้ชัดเจนจากการทดสอบการควบคุมพบว่าตัวหุ่นยนต์สามารถทำงานได้แม่นยำกว่า และยังสามารถทำงานต่อเนื่อง ซึ่งเป็นจุดที่คุ้มทุนในการทำงานในระยะยาวและสามารถเพิ่มจำนวนการผลิตได้ตามที่ต้องการได้ในเวลาที่กำหนดและจำนวนการผลิตค่อนข้างคงที่

รศ.ดร.เกียรติศักดิ์ คมวัชระ [4] ศึกษาการให้แขนกลจับวัตถุ โดยการคำนวณหาตำแหน่งของวัตถุผ่านการประมวลผลภาพ เริ่มจากการออกแบบและสร้างแขนกลตามที่ได้ศึกษาและออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่จำเป็นสำหรับควบคุมแขนกล ซึ่งประกอบด้วยวงจรประกอบการใช้งานของที่ชื่อว่า อุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์และวงจรขับเคลื่อนหลังจากนั้นจึงเขียนโปรแกรมการหาตำแหน่งและคัดแยกสีผ่านกระบวนการประมวลผลภาพ และนำข้อมูลมาประมวลผลผ่านทางคอมพิวเตอร์ที่เขียนโปรแกรมด้วยภาษา ซีชาร์ป ซึ่งเปลี่ยนค่าตัวแปรต่างๆ ให้เหมาะสม และส่งข้อมูลไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านทางพอร์ตอนุกรม พบว่าระบบการทำงานที่ได้ออกแบบสามารถทำให้แขนกลจับวัตถุได้ตามต้องการ

สุกัญญา ทองเชื้อ [5] ศึกษาการพัฒนากระบวนการควบคุมแขนกลทาสีผนังแบบอัตโนมัติ ศึกษาผลการทดลองใช้ระบบควบคุมแขนกลทาสีผนังแบบอัตโนมัติและ ศึกษาผลประสิทธิภาพของระบบควบคุมแขนกลทาสีผนังแบบอัตโนมัติ พบว่า ระบบควบคุมแขนกลทาสีผนังแบบอัตโนมัติ พบว่าประกอบด้วย ฐานโครงสร้าง เพลากลึง ชูตูดงทรายถ่วงน้ำหนัก มอเตอร์กระแสตรง บั๊มทาสี แปรงทาสี ถังสี ล้อเคลื่อนที่ และตู้ควบคุมแบบอัตโนมัติโดยสามารถทำการเคลื่อนที่ทาสีได้แบบอัตโนมัติครบสมบูรณ์ตามขอบเขตของการวิจัยที่ได้กำหนดไว้ ระบบควบคุมแขนกลทาสีผนังแบบอัตโนมัติมีการเคลื่อนที่แนวทางซ้าย ทางขวา ขึ้นและลง ใช้ระยะทางที่ 105 เซนติเมตร ใช้เวลาในการขับเคลื่อนอยู่ที่ 0.58 นาที ค่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้อยู่ที่ 0.28 แอมแปร์ และ ประสิทธิภาพของระบบควบคุมแขนกลทาสีผนังแบบอัตโนมัติของพื้นที่ขนาดที่ 1.08 ตารางเมตร ความสิ้นเปลืองของสี ร้อยละ 10 ขณะที่แรงงานคนใช้เวลา 1.6 นาที แต่มีความสิ้นเปลืองของสี ร้อยละ 25

นายกิตติพงษ์ พุ่มโกชนา และคณะ [6] ศึกษาและพัฒนาแชกกลอุตสาหกรรมแบบจับ-วาง ชนิด 3 แกน ที่ควบคุมตำแหน่งการเคลื่อนที่ได้โดยแบบป้อนกลับด้วยสัญญาณอนาล็อก ที่ควบคุมการทำงานด้วยพีแอลซี ที่ใช้ในโรงงานการผลิตแบบอัตโนมัติ โดยออกแบบให้แต่ละแกนป้อนกลับแรงดันเพื่อใช้ในการควบคุมตำแหน่งการเคลื่อนที่ในแต่ละแกน เพื่อทดแทนการใช้งานเซอร์โวที่มีราคาสูง. ทำให้ต้นทุนการสร้างแขนจับวางสามแกนถูกลง และยังทำงานได้ใกล้เคียงในลักษณะของการควบคุมตำแหน่ง โดยแต่ละแกนสามารถควบคุมการเคลื่อนที่ แกน x 82 cm แกน y 60 cm แกน z 30 cm ความเร็วในการเคลื่อนที่สูงสุด 20 cm/วินาที ยกน้ำหนักสูงสุด 0.5 kg

Boonlert Suechoey และคณะ [7] ศึกษาการวิเคราะห์และการประเมินผลการทำงานของแขนกลจับชิ้นงานร่วมกับการทำงานเชิงการมองเห็นอัตโนมัติของวิทัศน์ (Vision) เพื่อใช้ในการหยิบชิ้นงานได้อย่างแม่นยำและลดความเสียหายของแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่เกิดจากแขนกลหยิบชิ้นงานไม่ตรงตำแหน่ง ซึ่งเป็นการหยิบชิ้นงานที่มีความร้อนสูงจากกระบวนการผลิตแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ผลการทดสอบความแม่นยำในการหยิบชิ้นงานของแขนกลที่พัฒนาขึ้น สามารถหยิบชิ้นงานขนาด 1.5x18 ซม. ใช้กล้องเลนส์โฟกัส 50 มม. ความละเอียด 5 ล้านพิกเซลได้อย่างแม่นยำ มีค่าเปอร์เซ็นต์คลาดเคลื่อนสูงสุด 0.11 เปอร์เซ็นต์ ผลจากการประเมินวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ที่ได้จากการทดสอบจะถูกนำมาใช้เป็นข้อมูลอ้างอิง สำหรับการออกแบบแขนกลจับ ชิ้นงานที่ทำงานได้อย่างมีคุณภาพมากขึ้นในครั้งต่อไป ทำให้ผู้ออกแบบสามารถค้นหาจุดบกพร่องในการออกแบบและเลือกใช้วัตถุดิบในการผลิต จะทำให้แขนกลที่ได้ทำการวิเคราะห์และออกแบบมีประสิทธิภาพมากขึ้น สามารถลดความเสียหายของแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่เกิดจากการจับชิ้นงาน เพิ่มผลผลิต และลดเวลาในการทำงานได้ตามที่ตั้งเป้าหมายไว้

Mr.Chin Wannapruek และคณะ [8] ศึกษาการออกแบบและควบคุมแขนกลโดยใช้วิธีการเรียนรู้แบบทำซ้ำ จนกระทั่งได้ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุด วัตถุประสงค์ของการทำงานของแขนกลคือ ต้องการให้แขนกลเคลื่อนที่ไปหยิบจับวัตถุตาม ตำแหน่งที่ต้องการได้ ดังนั้นจึงได้ประยุกต์ใช้วิธีการควบคุมแบบการเรียนรู้แบบทำซ้ำมาควบคุมการเคลื่อนที่ของแต่ละข้อต่อของแขนกล เพื่อลดค่าความผิดพลาดในการเคลื่อนที่และทำให้เคลื่อนที่เข้าสู่ตำแหน่งเป้าหมายได้แม่นยำมากขึ้น และได้อ้างอิงจากสมการที่มีความสำคัญสำหรับการนำไปพัฒนาใช้ในการควบคุมแขนกล ทั้งโดยการ ควบคุมผ่านทางคิเนแมติกส์และทางไดนามิกส์โดยในส่วนของ การ ควบคุมผ่านทางคิเนแมติกส์สามารถควบคุมได้ผ่านสมการอินเวอร์สคิเนแมติกส์และ สมการเชิงความเร็ว และการควบคุมทางด้านไดนามิกส์ สามารถควบคุมผ่านสมการการเคลื่อนที่ที่หามาได้ซึ่งทั้งหมดที่กล่าว มานั้นได้ทำการวิเคราะห์ คำนวณ และทดสอบแบบจำลองการเคลื่อนที่ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความถูกต้องแม่นยำของสมการต่างๆที่ได้วิเคราะห์มา

จึงสามารถนำสมการดังกล่าวไปใช้ในการควบคุมแขนกล ได้อย่างถูกต้องจากการทดลองโดยให้เคลื่อนที่ไปหยิบ จับวัตถุและนำไปปล่อยวางไว้อีกจุดหนึ่ง ตามชุดคำสั่งที่ได้ป้อนค่าพิกัดตำแหน่งลงในโปรแกรม พบว่าส่วนปลายของแขนกลสามารถเคลื่อนที่ไปยังค่า เป้าหมายที่กำหนดได้

Phansak narakhae [9] ศึกษาการออกแบบและสร้างเครื่องจักรต้นแบบที่ใช้ในการหยิบจับและวางในกระบวนการประกอบ โดยเพิ่มความสามารถในการทำงานของหุ่นยนต์ด้วยการใช้ระบบการมองเห็นของเครื่องจักรประกอบการทำงานของหุ่นยนต์ วิธีการออกแบบมี 2 ส่วนประกอบสำคัญ คือ 1)ระบบลำเลียงชิ้นงานอัตโนมัติโดยใช้โปรแกรม KV STUDIO เขียนระบบการทำงานของชุดลำเลียงชิ้นงาน 2) การใช้โปรแกรม NI Vision Builder ในการกำหนดรูปแบบจุดศูนย์กลางของรูปแบบของความเหมือนสีที่ใช้ในการค้นหา ขอบเขตในการค้นหา และส่วนของโปรแกรม NI labVIEW ร่วมกับโมดูล NI Vision ใช้ในการออกแบบกระบวนการทำงานของระบบการมองเห็นของเครื่องจักร เพื่อค้นหาพิกัดและแนวการวางตัวของชิ้นงานและควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ ได้ผลสรุป ได้รับระบบลำเลียงชิ้นงานลำเลียงชิ้นงานมาหยุดที่จุดจับยึด และระบบการมองเห็นด้วยภาพของเครื่องจักรที่ได้ทำการออกแบบสามารถตรวจจับตำแหน่งตามแนวแกน x,y และแนวการวางตัวตามแนวแกน U ได้อย่างถูกต้องตามรูปแบบของชิ้นงานที่ได้รับและสามารถสั่งการให้หุ่นยนต์หยิบและวางชิ้นส่วนในการประกอบได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ

Chanom Loylom และคณะ [10] การควบคุมหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมเพื่อจำลองการทำงานของแขนกลในลักษณะงานหยิบจับวัตถุจึงได้ทำการออกแบบวงจรเพื่อใช้ควบคุมแขนกลโดยใช้ Arduino เป็นตัวคอนโทรลเลอร์ ในการสั่งงานเซอร์โวมอเตอร์เพื่อควบคุมแขนกล และออกแบบโปรแกรมควบคุมแขนกลสำหรับติดต่อกับผู้ใช้งานด้วยโปรแกรม LabVIEW โดยหลักการทำงาน ผู้ใช้สามารถกำหนดค่าตำแหน่งเป้าหมาย (X,Y, Z) ที่ต้องการให้แขนกลหยิบ และวางวัตถุลงบนโปรแกรมควบคุมแขนกล จากนั้นโปรแกรมจะประมวลผลค่าตำแหน่งเป้าหมาย ด้วยสมการจลศาสตร์แบบผกผันออกมาเป็นค่ามุมการเคลื่อนไหวที่เหมาะสม ของเซอร์โวมอเตอร์ทั้ง 5 ตัว แล้วส่งข้อมูลที่ได้ไปยังบอร์ด Arduino ให้ขับเซอร์โวมอเตอร์ที่ติดตั้งอยู่ในแต่ละแกนของแขนกลไปยังตำแหน่งเป้าหมายที่ผู้ใช้กำหนดไว้ ซึ่งจากการทดลองพบว่าสามารถควบคุมให้แขนกล ย้ายวัตถุจากตำแหน่งหนึ่งไปวางยังอีกตำแหน่งหนึ่งได้

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองให้ได้มาซึ่งผลการทดลองที่มีความถูกต้องนั้นต้องมีความรู้ความเข้าใจในการใช้อุปกรณ์และขั้นตอนวิธีการทดลองต่างๆเพื่อให้เกิดความเที่ยงตรงและได้ผลลัพธ์ที่เป็นไปตามวัตถุประสงค์

3.1 วัสดุและอุปกรณ์การทดลอง

3.1.1 ตัวหุ่นยนต์ ABB IRB 4600 เป็น 1 ในหลายรุ่นของหุ่นยนต์บริษัท ABB ผลิตจากเหล็กสามารถรับน้ำหนักได้สูงสุด 40 กิโลกรัม ระยะการทำงานสูงสุด 2.5 เมตร ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 หุ่นยนต์ ABB IRB 4600

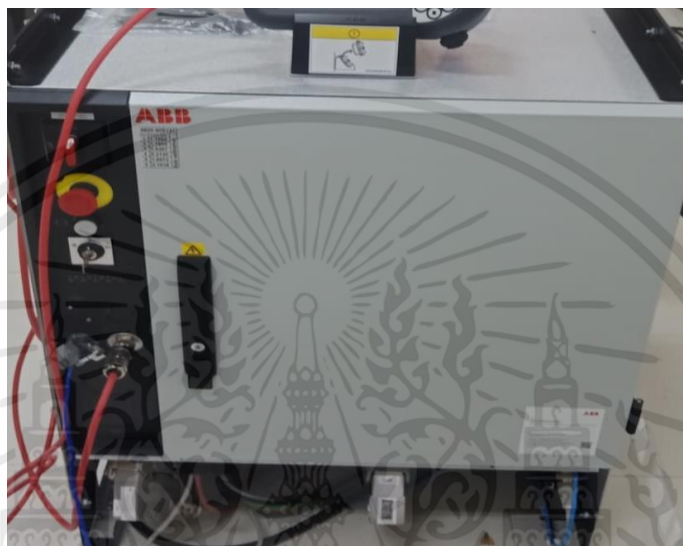
3.1.2 FlexPendant ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์เขียนโปรแกรมสำหรับควบคุมการทำงานแขนกลและใช้บังคับแขนกลให้เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ต้องการในโหมดบังคับมือ และโหมดอัตโนมัติ ในอุปกรณ์ FlexPendant ยังมีปุ่ม emergency stop หยุดการทำงานกะทันหันไว้ใช้กรณี เกิดอุบัติเหตุกับผู้ใช้งานแขนกล ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 Flexpendant

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 ตู้ controller ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์มีหน้าที่ควบคุมไฟฟ้าเพื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าไปยังส่วนต่างๆของเครื่องจักร หุ่นจะส่งสัญญาณตอบกลับเป็นตำแหน่งของมอเตอร์แต่ละแกนผ่านทางสาย smb ซึ่งตู้นี้เป็นตู้ controller IRC5 ใช้ไฟหนึ่งเฟส 220/230 โวลต์ ในการสื่อสารกันใช้ device net ต่อไปยังตู้เชื่อม ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 ตู้ controller IRC5

3.1.4 ตู้ป้อนลวด จากบริษัท Fronius (Thailand) ทำหน้าที่ป้อน ลวดไปยังปลายอุปกรณ์เชื่อม (tool) ขณะทำการเชื่อมสามารถเขียนโปรแกรมตั้งค่ากำหนดความยาวลวดได้ ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 ตู้ป้อนลวด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.5 ตู้เชื่อม ของบริษัท Fronius ใช้ในงานประเภทเชื่อมมิกซ์ของแขนกลซึ่งตู้เชื่อมนี้ทำงานร่วมกับตู้ controller IRC 5 และแขนกล ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 ตู้เชื่อมมิกซ์

3.1.6 ถังคาร์บอนไดออกไซด์ ใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ไว้ปกคลุมเหนือผิวโลหะ หรือเหนือชิ้นงานขณะที่ทำงานเชื่อม ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 ถังคาร์บอนไดออกไซด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.7 เครื่องมือ (tool) สามารถใช้ทำงานเชื่อมหรือประยุกต์การทำงานเป็นงานหยิบจับ โดยการถอดหัวเชื่อมออกแล้วใส่หัวจับหรือกริปเปอร์แทนได้ ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 tool

3.1.8 โต๊ะทำงาน เหมาะสำหรับงานเชื่อมและงานหยิบจับชิ้นงาน ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 โต๊ะทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.9 ตู้ควบคุมระบบไฟฟ้า ใช้ทำหน้าที่เป็นจุดศูนย์รวมในการควบคุมระบบไฟฟ้าของหุ่นยนต์
ดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 ตู้ควบคุมระบบไฟฟ้าของเครื่องจักร

3.1.10 ชิ้นงานสำหรับการทดสอบ ดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 แผ่นเหล็กชิ้นงานทดสอบ (object)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การจัดทำสื่อการเรียนการสอน

การสร้างสื่อการสอนขึ้นมาเพื่ออธิบายการใช้งานแขนกลและส่วนประกอบต่างๆของแขนกลทั้งหมดรวมถึงความปลอดภัยและขั้นตอนการเขียนโปรแกรมพื้นฐานที่ใช้สั่งแขนกลให้เคลื่อนที่ การอธิบายในวิดีโอจะเป็นรูปแบบการอธิบายที่ใช้การถ่ายทำโดยกล้อง gopro 8



รูปที่ 3.11 สื่อการเรียนการสอน

การถ่ายทำคลิปสื่อการสอนแบ่งประเภทเนื้อหาออกตามคลิปที่มีหัวข้อที่ต่างกัันมีทั้งหมด 10 คลิป มีขนาดความยาวคลิป 10-20 นาที ได้แก่

- 3.2.1 ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับแขนกล
- 3.2.2 หัวข้อข้อกำหนดความปลอดภัย
- 3.2.3 หัวข้อเรียนรู้ส่วนประกอบหลักที่สำคัญของแขนกล
- 3.2.4 หัวข้อพื้นฐานหลักการเคลื่อนที่ของโรบอท
- 3.2.5 หัวข้อการเคลื่อนที่โรบอทและการเขียนโปรแกรม
- 3.2.6 หัวข้อสร้าง Tool Centre Point (TCP)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.7 หัวข้อการสร้างพิกัดชิ้นงาน Work Object

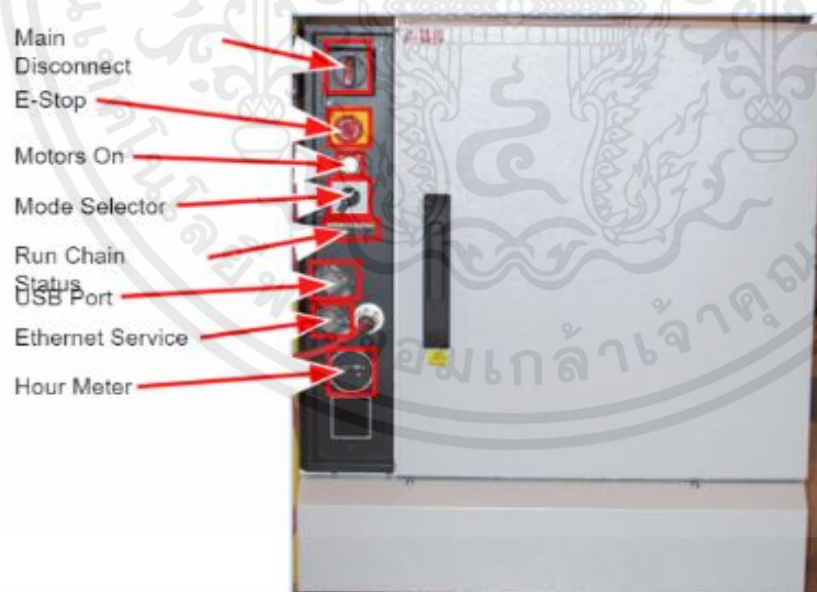
3.2.8 หัวข้อสร้างชุดคำสั่งที่ใช้ประจำ Routines

3.2.9 หัวข้อ modules

3.2.10 หัวข้อ การสำรองข้อมูลและการนำกลับข้อมูลสำรอง

3.3 เตรียมพร้อมสำหรับการทดลอง

3.2.1 การทำการทดลองต้องทำการตั้งค่าอุปกรณ์และวางแผนการทำงานเพื่อให้ได้ผลที่ต้องการ โดยขั้นตอนแรกทำการเปิดโหมดการทำงานขึ้น ปิดปุ่ม main disconnect ไปที่เปิด แล้วทำการตรวจเช็คที่หน้าตู้ควบคุม Controller IRC 5 โดยตรวจสอบที่หน้าตู้ว่าทำการเปิดเครื่องแล้ว ปุ่ม emergency stop ไม่ได้ทำงานอยู่เพราะหากปุ่ม emergency ทำงานอยู่จะไม่สามารถทำการเคลื่อนแขนกลได้ หลังจากนั้นทำการตรวจสอบที่โหมดการทำงานว่าไม่ได้อยู่ที่โหมดการเคลื่อนที่อัตโนมัติ หรือโหมดการเคลื่อนที่ด้วยมือแบบความเร็วเต็ม 100 เพราะหากทำการเคลื่อนที่แขนกลแล้วยังอยู่โหมดคำสั่งการเคลื่อนอัตโนมัติที่ยังค้างอยู่เมื่อทำการเดินแขนกลอาจจะเกิดอันตรายแก่ผู้ใช้งานได้ ดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.12 ตู้ควบคุม Controller IRC 5

3.2.2 ทำการบังคับแขนกลให้แขนกลเคลื่อนไปยังตำแหน่งพร้อมคือที่ ตำแหน่งเริ่มต้นของแขนกลแต่ละแกนโดยทุกครั้งระหว่างกระบวนการทำงานจะต้องให้แขนกลกลับมายังท่าพร้อมทุกครั้ง ดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.13 เคลื่อนที่แขนกล

3.2.3 เมื่อทำการเคลื่อนที่แขนกลไปยังตำแหน่งท่าพร้อมแล้วทำการเดินสาย lan เข้าไปเสียบที่หน้าตู้ Controller IRC 5 แล้วไปเสียบเข้ากับคอมพิวเตอร์หรือโน้ตบุ๊กเพื่อทำการเชื่อมต่อการทำงานเข้ากับโน้ตบุ๊ก หลังจากนั้นทำการเปิดโปรแกรม robot studio ไปที่ file กด Help ไปยัง Robotstudio help แล้วกดที่ช่อง search พิมพ์คำว่า signal เพื่อทำการค้นหา หลังจากนั้นทำการเลือกจะแสดงข้อความดังนี้ ให้ทำตามคำสั่งในช่อง Recording signals for a real controller โดยสามารถทำการเลือกข้อมูลที่จะทำการบันทึกได้ในโหมดการบันทึกนี้ หลังจากขั้นตอนนี้ก่อนเริ่มทำการทดลองทำการวางชิ้นวัตถุที่ใช้ในการทดลองไว้บนโต๊ะทำงานในตำแหน่งที่จะให้แขนกลทำการทดลอง 3.2.4 ทำการตั้งค่าในหน้าจอ flexpendant ให้ทุกครั้งทำการเคลื่อนที่มีการใช้ขอบเขตเดียวกันคือ ให้ปรับ speed override ไปที่ 50 เปอร์เซ็นต์ ทำการปิดโหมด Incremental Jogging และทุกครั้งทำการปรับค่า zone ไปที่ fine ใช้ความเร็วการเคลื่อนที่

3.4 ขั้นตอนการทดลอง



รูปที่ 3.14 การทดลองเพื่อหาพลังงานไฟฟ้าและเวลาที่ใช้

การทดลองได้แบ่งการเคลื่อนที่ออกเป็น การเคลื่อนที่ของแขนกลโดยการเคลื่อนที่โดยการหมุนรอบแกนต่างๆของแขนกล การเคลื่อนที่เชิงเส้นหรือเชิงมุมอ้างอิงพื้นโลกและการเคลื่อนที่โดยการอ้างอิงวัตถุ 2 เงื่อนไข คือสร้างโปรแกรมเพื่อสั่งให้โปรแกรมทำการเคลื่อนที่แขนกลแบบอัตโนมัติและโดยการบังคับด้วยมือ เพื่อทำการเปรียบเทียบปริมาณการใช้ไฟฟ้าในการเคลื่อนที่แต่ละแบบให้ได้รูปแบบการเคลื่อนที่ที่เหมาะสมที่สุด ดังรูปที่ 3.13

3.4.1 การเคลื่อนที่ของแขนกลโดยการเคลื่อนที่โดยการหมุนรอบแกนต่างๆ

ทำการกวดขันที่การเคลื่อนแขนกลในโปรแกรม Robotstudio หลังจากนั้นหยิบ flexpendant ขึ้นมาทำการบังคับแขนกลให้เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่วัตถุอยู่ให้ปลายอุปกรณ์ (tool) ไปอยู่ที่ตำแหน่งเริ่มต้นที่จะทำงานกับวัตถุพอดี หลังจากนั้นทำการเดินไปยังตำแหน่งเป้าหมาย เมื่อเสร็จแล้ว ทำการ

เคลื่อนที่แกนกลับไปยังตำแหน่งท่าพร้อม แล้วทำการหยุดบันทึกในโปรแกรม Robotstudio การเคลื่อนที่นี้ใช้การเคลื่อนที่เฉพาะการหมุนรอบแกน 1 2 3 และ 4 5 6 เท่านั้น

ทำการกดบันทึกการเคลื่อนที่แกนในโปรแกรม Robotstudio ทำการสร้างโปรแกรมการเคลื่อนที่ใน flexpendant เข้าไปที่ program data เลือก Routine สร้างชื่อแล้วกดตกลง แล้วกำหนดคำสั่งการสร้างการเคลื่อนที่ที่ท่าพร้อมให้เป็นจุดเริ่มต้นการเคลื่อนที่หลังจากนั้นทำการเคลื่อนที่แกนไปยังตำแหน่งเริ่มต้นที่ขึ้นงานโดยใช้การเคลื่อนที่โดยการหมุนรอบแกนต่างๆในการเคลื่อนที่แล้วทำการสร้างคำสั่ง move J หลังจากนั้นทำการเคลื่อนที่ไปยังจุดสิ้นสุดบนชิ้นงานที่ต้องการให้แกนทำงาน ทำการสร้างคำสั่ง move L จากนั้นทำการเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งท่าพร้อมของแกน แล้วทำการสร้างคำสั่ง move J จะได้ชุดคำสั่งการเคลื่อนที่ขึ้นมาหลังจากนั้นเข้าไปที่ Quick setmenu ทำการเลือกให้เป็นการเคลื่อนที่ โหมด continuous แล้วไปที่ Debug เลือก pp to routine ทำการเลือก ที่ได้สร้างไว้ routine ทำการกดปุ่ม play ค้างไว้เพื่อเคลื่อนที่แกน เมื่อเคลื่อนที่ครบ 10 รอบการทำงานแล้วแกนกลับมาปล่อยปุ่ม play ที่ flexpendant แล้วกดหยุดบันทึกในโปรแกรม Robotstudio หลังจากนั้นทำการเดินไปยังตำแหน่งเป้าหมาย เมื่อเสร็จแล้วทำการเคลื่อนที่แกนกลับไปยังตำแหน่งท่าพร้อม แล้วทำการหยุดบันทึกในโปรแกรม Robotstudio

3.4.2 การเคลื่อนที่ของแกนโดยการเคลื่อนที่เชิงเส้นหรือเชิงมุมอ้างอิงพื้นโลก

ทำการกดบันทึกการเคลื่อนที่แกนในโปรแกรม Robotstudio หลังจากนั้นหยิบ flexpendant ขึ้นมาทำการบังคับแกนให้เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่วัตถุอยู่ให้ปลายอุปกรณ์ (tool) ไปอยู่ที่ตำแหน่งเริ่มต้นที่จะทำงานกับวัตถุพอดี หลังจากนั้นทำการเดินไปยังตำแหน่งเป้าหมาย เมื่อเสร็จแล้ว ทำการเคลื่อนที่แกนกลับไปยังตำแหน่งท่าพร้อมแล้วทำการหยุดบันทึกในโปรแกรม Robotstudio การเคลื่อนที่นี้ใช้การเคลื่อนที่เฉพาะการเคลื่อนที่แบบเชิงเส้นและเชิงมุมโดยอ้างอิงแกนโลก เท่านั้น

ทำการกดบันทึกการเคลื่อนที่แกนในโปรแกรม Robotstudio ทำการสร้างโปรแกรมการเคลื่อนที่ใน flexpendant เข้าไปที่ program data เลือก Routine สร้างชื่อแล้วกดตกลง แล้วกำหนดคำสั่งการสร้างการเคลื่อนที่ที่ท่าพร้อมให้เป็นจุดเริ่มต้นการเคลื่อนที่หลังจากนั้นทำการเคลื่อนที่แกนไปยังตำแหน่งเริ่มต้นที่ขึ้นงานโดยใช้การเคลื่อนที่โดยแบบเชิงเส้นและเชิงมุมโดยอ้างอิงแกนโลก เคลื่อนที่แล้วทำการสร้างคำสั่ง move J หลังจากนั้นทำการเคลื่อนที่ไปยังจุดสิ้นสุดบนชิ้นงานที่ต้องการให้แกนทำงาน ทำการสร้างคำสั่ง move L จากนั้นทำการเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งท่าพร้อมของแกน แล้วทำการสร้างคำสั่ง move J จะได้ชุดคำสั่งการเคลื่อนที่ขึ้นมาหลังจากนั้นเข้าไปที่ Quick setmenu ทำการ

เลือกให้เป็นการเคลื่อนที่ โหมด continuous แล้วไปที่ Debug เลือก pp to routine ทำการเลือกที่ได้สร้างไว้ routine ทำการกดปุ่ม play ค้างไว้เพื่อเคลื่อนที่แขนกล เมื่อเคลื่อนที่ครบ 10 รอบการทำงานแล้วแขนกลกลับมาปล่อยปุ่ม play ที่ flexpendant แล้วกดหยุดการบันทึกในโปรแกรม Robotstudio

3.4.3 การเคลื่อนที่โดยการอ้างอิงวัตถุ

ทำการกดบันทึกการเคลื่อนที่แขนกลในโปรแกรม Robotstudio หลังจากนั้น หยิบ flexpendant ขึ้นมาทำการเลือกโหมดการเคลื่อนที่โดยการอ้างอิง object แล้วบังคับแขนกลให้เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่วัตถุอยู่ให้ปลายอุปกรณ์ (tool) ไปอยู่ที่ตำแหน่งเริ่มต้นที่จะทำงานกับวัตถุพอดี หลังจากนั้นทำการเดินไปยังตำแหน่งเป้าหมาย เมื่อเสร็จแล้ว ทำการเคลื่อนที่แกนหลักกลับไปยังตำแหน่งท่าพร้อม แล้วทำการหยุดบันทึกในโปรแกรม Robotstudio การเคลื่อนที่นี้ใช้การเคลื่อนที่เฉพาะการเคลื่อนที่เชิงเส้นหรือการเคลื่อนที่แบบเชิงมุมโดยอ้างอิงวัตถุเท่านั้น

ทำการกดบันทึกการเคลื่อนที่แขนกลในโปรแกรม Robotstudio ทำการสร้างโปรแกรมที่ใช้ในการเคลื่อนที่ใน flexpendant เข้าไปที่ program data เลือก Routine สร้างชื่อแล้วกดตกลงหลังจากนั้น กำหนดคำสั่งการสร้างการเคลื่อนที่ที่ท่าพร้อมให้เป็นจุดเริ่มต้นการเคลื่อนที่ หลังจากนั้นทำการเคลื่อนที่แขนกลไปยังตำแหน่งเริ่มต้นที่ใช้งานโดยใช้การเคลื่อนที่โดยแบบเชิงเส้นและเชิงมุมโดยอ้างอิงวัตถุเคลื่อนที่แล้วทำการสร้างคำสั่ง move J หลังจากนั้นทำการเคลื่อนที่ไปยังจุดสิ้นสุดบนชิ้นงานที่ต้องการให้แขนกลทำงาน ทำการสร้างคำสั่ง move L จากนั้นทำการเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งท่าพร้อมของแขนกลแล้วทำการสร้างคำสั่ง move J จะได้ชุดคำสั่งการเคลื่อนที่ขึ้นมา หลังจากนั้นเข้าไปที่ Quick setmenu ทำการเลือกให้เป็นการเคลื่อนที่ โหมด continuous แล้วไปที่ Debug เลือก pp to routine แล้วทำการเลือกที่ได้สร้างไว้ routine ทำการกดปุ่ม play ค้างไว้เพื่อเคลื่อนที่แขนกล เมื่อเคลื่อนที่ครบ 10 รอบการทำงานแล้วแขนกลกลับมาอยู่ที่ท่าพร้อม ปล่อยปุ่ม play ที่ flexpendant แล้วกดหยุดการบันทึกในโปรแกรม Robotstudio แบบการทดลองทั้ง 3 แบบ

บทที่ 4

ผลและวิจารณ์ผล

ผลการทดลอง และการอภิปรายผลที่ได้จากการศึกษาค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของ แขนกลไปทำงาน โดยใช้รูปแบบการเคลื่อนที่ที่แตกต่างกัน 3 แบบด้วยกันได้แก่ การเคลื่อนที่โดยใช้ การอ้างอิงวัตถุ การเคลื่อนที่ของแขนกลโดยการเคลื่อนที่เชิงเส้นหรือเชิงมุมอ้างอิงพื้นโลก และ การเคลื่อนที่ของแขนกลโดยการเคลื่อนที่โดยการหมุนรอบแกนต่างๆ โดยแต่ละแบบยังมี 2 เงื่อนไขการทำงานคือทำงานโดยการเคลื่อนที่โดยการบังคับด้วยมือและ การทำงานโดยการเขียนโปรแกรม

4.1 ผลการหาค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้

4.1.1 การวิเคราะห์หาปริมาณไฟฟ้าทั้งหมดที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของแขนกลโดยการเคลื่อนที่โดยการหมุนรอบแกนต่างๆ

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงการวิเคราะห์หาปริมาณการใช้ไฟฟ้าในการเคลื่อนที่ 2 เงื่อนไข

เงื่อนไข	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ย (วัตต์/รอบ)
การบังคับด้วยมือ 1 รอบ	6439.970
โดยโปรแกรม 10 รอบ	4311.435

4.1.2 การวิเคราะห์หาปริมาณไฟฟ้าทั้งหมดที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของแขนกลโดยการเคลื่อนที่เชิงเส้นหรือเชิงมุมอ้างอิงพื้นโลก

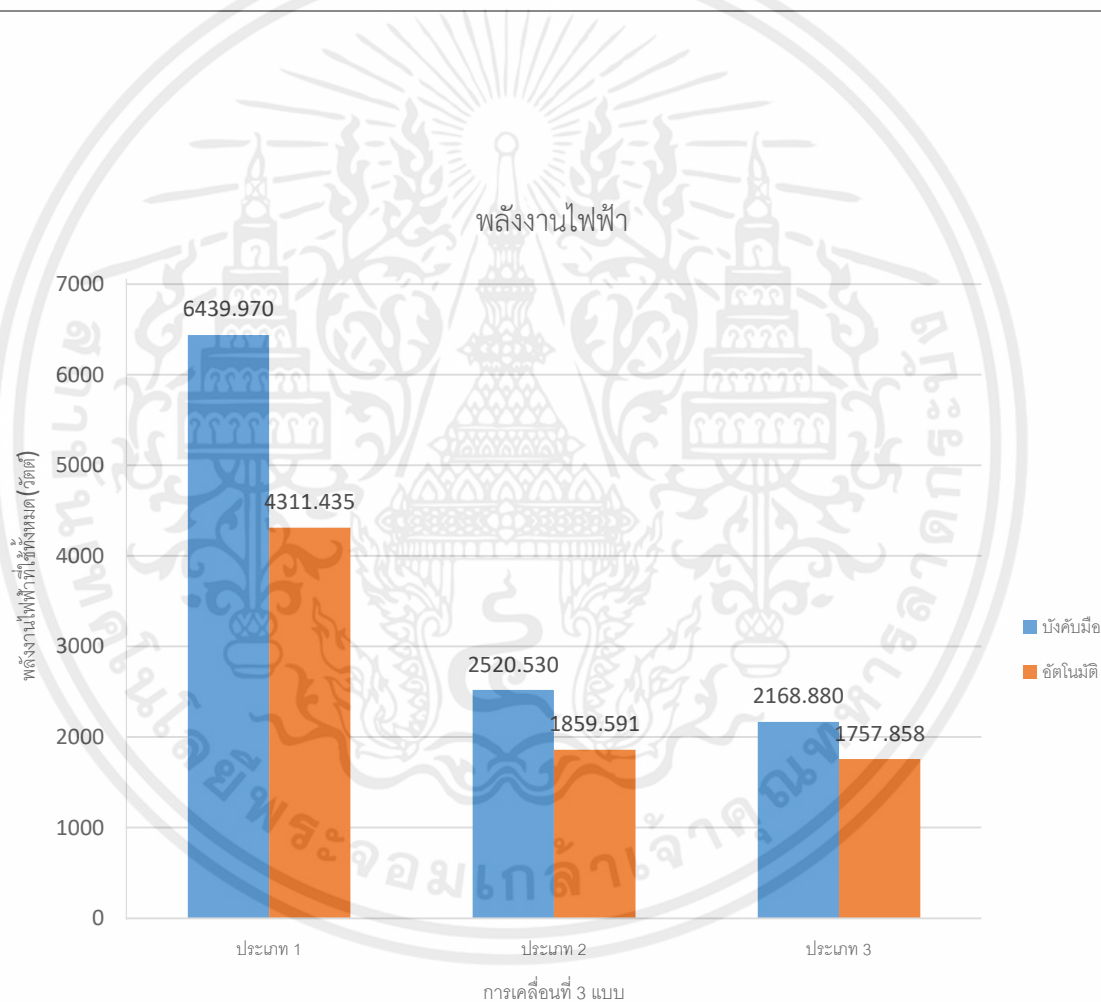
ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงการวิเคราะห์หาปริมาณการใช้ไฟฟ้าในการเคลื่อนที่ 2 เงื่อนไข

เงื่อนไข	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ย (วัตต์/รอบ)
การบังคับด้วยมือ 1 รอบ	2520.530
โดยโปรแกรม 10 รอบ	1859.591

4.1.3 การวิเคราะห์หาปริมาณไฟฟ้าทั้งหมดที่ใช้ในการเคลื่อนที่โดยการเคลื่อนที่โดยการอ้างอิง วัตถุ

ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงการวิเคราะห์หาปริมาณการใช้ไฟฟ้าในการเคลื่อนที่ 2 เงื่อนไข

เงื่อนไข	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ย (วัตต์/รอบ)
การบังคับด้วยมือ 1 รอบ	2168.880
โดยโปรแกรม 10 รอบ	1757.858



รูปที่ 4.1 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการเคลื่อนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการหาค่าเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่

4.2.1 การวิเคราะห์หาเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของแขนกลโดยการเคลื่อนที่โดยการหมุนรอบแกนต่างๆ

ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงการวิเคราะห์หาเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ 2 เงื่อนไข

เงื่อนไข	เวลาที่ใช้เฉลี่ย 1 รอบ(นาที)
การบังคับด้วยมือ 1 รอบ	4.060
โดยโปรแกรม 10 รอบ	2.719

4.2.2 การวิเคราะห์หาเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของแขนกลโดยการเคลื่อนที่เชิงเส้นหรือเชิงมุมอ้างอิงพื้นโลก

ตารางที่ 4.5 ตารางแสดงการวิเคราะห์หาเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ 2 เงื่อนไข

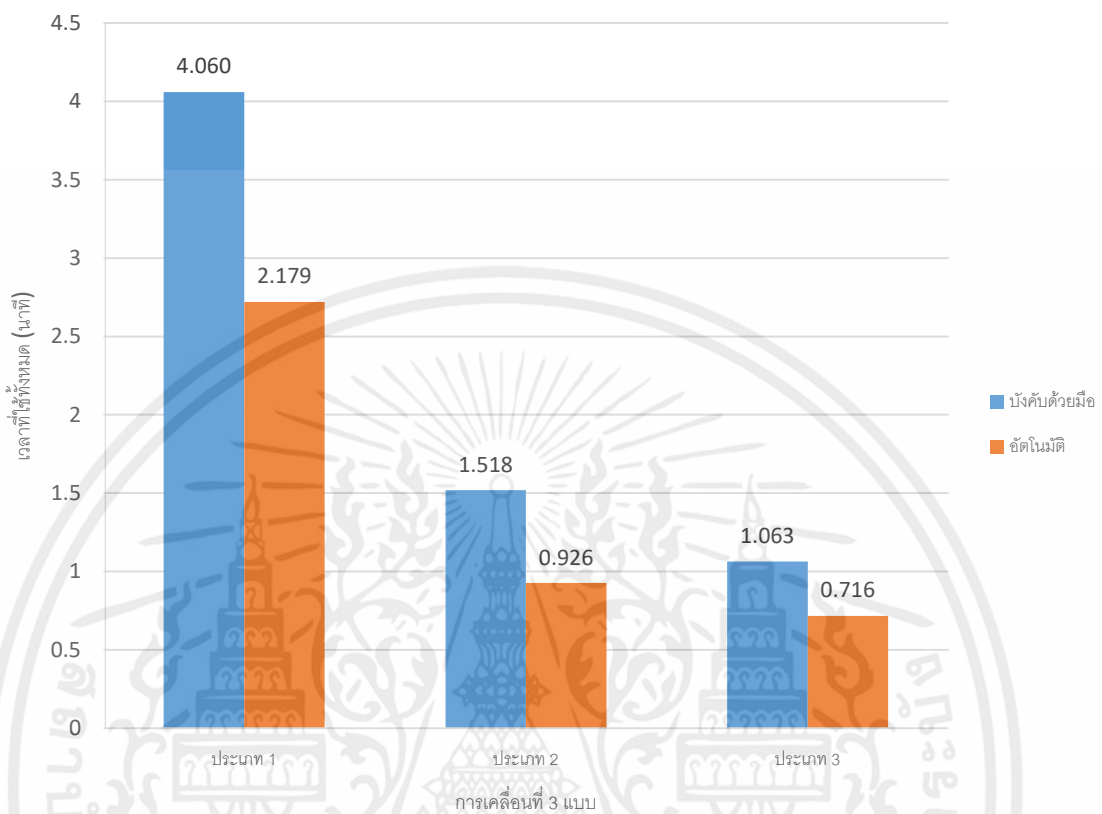
เงื่อนไข	เวลาที่ใช้เฉลี่ย 1 รอบ(นาที)
การบังคับด้วยมือ 1 รอบ	1.518
โดยโปรแกรม 10 รอบ	0.926

4.2.3 การวิเคราะห์หาเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการเคลื่อนที่โดยการเคลื่อนที่โดยการอ้างอิงวัตถุ

ตารางที่ 4.6 ตารางแสดงการวิเคราะห์หาเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ 2 เงื่อนไข

เงื่อนไข	เวลาที่ใช้เฉลี่ย 1 รอบ(นาที)
การบังคับด้วยมือ 1 รอบ	1.063
โดยโปรแกรม 10 รอบ	0.716

เวลา



รูปที่ 4.2 เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

จากการทดลองการเคลื่อนที่แขนกลเพื่อหาปริมาณไฟฟ้าและเวลาที่ใช้ในการใช้แขนกลทำงาน โดยแบ่งประเภทการเคลื่อนที่ออกเป็น 3 แบบได้แก่ การเคลื่อนที่โดยการหมุนรอบแกนต่างๆของแขนกล การเคลื่อนที่เชิงเส้นหรือเชิงมุมอ้างอิงพื้นโลก การเคลื่อนที่โดยการอ้างอิงวัตถุ และแต่ละแบบมีการแบ่งออกเป็น 2 เงื่อนไขคือสร้างโปรแกรม เพื่อสั่งให้โปรแกรมทำการเคลื่อนที่แขนกลแบบอัตโนมัติ และโดยการบังคับด้วยมือ ซึ่งผลที่ได้จากการทดลองสามารถสรุปได้ดังนี้

ส่วนประกอบหลักที่ใช้งานร่วมกับแขนกลที่ต้องทำการศึกษาเพื่อให้เกิดความเข้าใจในการใช้งาน ได้แก่ ตู้ควบคุม flexpendant และส่วนประกอบที่มีความสำคัญรองลงมาคือ ตู้บ่อนวด ตู้เชื่อม และถังคาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อมีความรู้ความเข้าใจแล้วได้จัดทำสื่อการเรียนที่เป็นคลิปอธิบายหลักการทำงาน ความหมายและสาธิตวิธีการใช้เกี่ยวกับแขนกลทั้งหมด โดยแบ่งคลิปที่มีเนื้อหาแตกต่างกันจำนวน 10 คลิป ความยาวคลิปประมาณ 10-20 นาที เมื่อมีผู้สนใจเกี่ยวกับการทำงานโดยการใช้แขนกลสามารถเปิดคลิปที่จัดทำขึ้นเพื่อเป็นสื่อการสอนแล้วทำการศึกษาได้ด้วยตนเอง

การหาประเภทการเคลื่อนที่ที่เหมาะสมในการใช้ในการทำงานมากที่สุด โดยจากการทดลองใช้การเคลื่อนที่อัตโนมัติโดยการเขียนโปรแกรมให้แขนกลเคลื่อนที่จำนวน 10 รอบ และการบังคับด้วยมือผล การทดลองทำให้เห็นว่าการเคลื่อนที่โดยการเขียนโปรแกรมใช้เวลาและพลังงานไฟฟ้าน้อยกว่าแบบบังคับมือ จากการทดลองยังทำให้ทราบว่าเวลาที่ใช้ในการทำงานสัมพันธ์กับพลังงานไฟฟ้าเวลาในการเคลื่อนที่แขนกลน้อยส่งผลให้ใช้ไฟฟ้าน้อย การเคลื่อนที่แบบอัตโนมัติอ้างอิงวัตถุใช้เวลาในการเคลื่อนที่ไปหาวัตถุ และทำงานน้อยสุดทำให้ใช้พลังงานไฟฟ้าที่น้อยที่สุด ตามมาด้วยการเคลื่อนที่เชิงเส้นหรือเชิงมุมอ้างอิงพื้นโลก และการเคลื่อนที่ไปหาวัตถุโดยการหมุนรอบแกนต่างๆ ของแขนกล ตามลำดับ โดยการเคลื่อนที่แบบอ้างอิงวัตถุใช้เวลา 0.71 นาที ใช้พลังงานไฟฟ้า 1757.85 วัตต์ คิดเป็น 40.77 เปอร์เซ็นต์ และการเคลื่อนที่แบบการเคลื่อนที่เชิงเส้นหรือเชิงมุมอ้างอิงพื้นโลกใช้เวลา 0.92 นาที ใช้พลังงานไฟฟ้า 1859.59 วัตต์ คิดเป็น 43.13 เปอร์เซ็นต์ โดยเปอร์เซ็นต์ที่คิดได้ทำการเปรียบเทียบกับพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในรูปแบบการเคลื่อนที่โดยการหมุนรอบแกนต่างๆ 4311.44 วัตต์ ใช้เวลาสำหรับการเคลื่อนที่ 2.71 นาที

5.2 ปัญหาที่พบในการทดลอง

5.2.1 การบังคับแขนกลให้เคลื่อนที่โดยมีความชำนาญไม่มากพอส่งผลให้ปลายเครื่องมือไปชนยังโต๊ะทำงานทำให้ต้องเสียเวลาทำการตัดเส้นลวดแล้วตั้งค่าที่ปลายเครื่องมือใหม่

5.2.2 ไฟฟ้าดับภายในสถาบันส่งผลให้เครื่องใช้งานไม่ได้ขณะทำการเคลื่อนที่แบบอัตโนมัติทำให้มีการทำการทดลองใหม่

5.2.3 สถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ทำให้ทางสถาบันต้องทำการปิดภายใน

5.2.4 การเขียนโปรแกรมสั่งการเคลื่อนที่ผิดทำให้ต้องทำการทดลองใหม่

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ควรมีระบบสำรองไฟที่อาคารให้เพียงพอเพื่อป้องกันเครื่องจักรเกิดการขัดข้อง



เอกสารอ้างอิง

- [1] Kim, S.M., Lee, S.C., and Lee, Y.C. (2006). อุตสาหกรรมและประเภทของหุ่นยนต์ในปัจจุบัน SICE-ICASE International Joint Conference.
- [2] กนต์ธร ขานิประศาสน์. องค์ประกอบของระบบควบคุมหุ่นยนต์. สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
- [3] บุญเลิศ สือเฉย , J. Varagul, and K. Chamniprasart. (2010), “Development of automated visual inspection machine for HDD manufacturing process, Proceeding of International Conference on Data Storage Technology (DSTCON), Vol. 1, pp. 26-31.
- [4] รศ.ดร.เกียรติศักดิ์ คมวัชระและคณะ (2553), ROBOT ARM AUTOMATIC : วิทยานิพนธ์
- [5] สุกัญญา ทองเชื้อ และคณะ (2550). การศึกษาระบบควบคุมแขนกลทาสีอัตโนมัติ, นครปฐม : วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศิลป์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม.
- [6] กิตติพงษ์ พุ่มโกชนา (2553). การศึกษาและพัฒนาแขนกลอุตสาหกรรมแบบจับ-วาง ชนิด 3 แกนที่ควบคุมตำแหน่งการเคลื่อนที่ได้แบบป้อนกลับด้วยสัญญาณอนาล็อกที่ควบคุมการทำงานด้วยพีแอลซี, หัวหิน: วิทยานิพนธ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
- [7] บุญเลิศ สือเฉย (2559), Development of Automatic Vision Gripper for Electronic Circuit Board Production , SAU JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY .
- [8] Chin Wanna (2001), Design and Control Robot arm หุ่นยนต์อุตสาหกรรม , [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา www.wichai.pr.trium.ac.th/files/Robot.ppt
- [9] Phansak narakhae (2557). ศึกษาการออกแบบและสร้างเครื่องจักรต้นแบบที่ใช้ในการหยิบจับและวางในกระบวนการประกอบ. พื้นฐานของหุ่นยนต์ กลศาสตร์ของหุ่นยนต์แบบอนุกรม (หน้า 111 - 124). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย
- [10] Chanom Loylom (2558). การควบคุมหุ่นยนต์แขนกลโดยใช้วิธีการเรียนรู้แบบทำซ้ำชนิดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุด. การวิเคราะห์หาตำแหน่งของมอเตอร์โดยใช้กลศาสตร์ผกผัน

(หน้า 83 - 90). พิษณุโลก: ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ก

สื่อการสอนอธิบายส่วนประกอบ หน้าที่และวิธีการใช้แขนกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างสื่อการเรียนการสอน



รูปที่ ก.1 สื่อการสอนเรื่องการอ้างอิงทิศทางต่างๆ

คลิปวิดีโออธิบายหลักการทำงาน ความหมายและสาธิตวิธีการใช้เกี่ยวกับแขนกลทั้งหมด โดยแบ่งคลิปที่มีเนื้อหาแตกต่างกันจำนวน 10 คลิป ความยาวคลิปประมาณ 10-20 นาที ทั้งหมด 10 คลิป ความยาวรวมทั้งหมด 134 นาที

3.2.1 ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับแขนกล อธิบายข้อมูลเบื้องต้นของแขนกลโดยอธิบายประเภทแขนกลต่างและประสิทธิภาพของแขนกลรวมถึงส่วนประกอบพื้นฐานที่ใช้ในการทำงานร่วมกับแขนกล มีความยาวคลิป 14 นาที

3.2.2 หัวข้อข้อกำหนดความปลอดภัย อธิบายข้อกำหนดความปลอดภัยต่างๆที่จำเป็นในการใช้แขนกลเพื่อให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจและระมัดระวังอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นในระหว่างการเรียน มีความยาวคลิป 12 นาที

3.2.3 หัวข้อเรียนรู้ส่วนประกอบหลักที่สำคัญของแขนกล อธิบายเพื่อให้ผู้เรียนรู้ส่วนประกอบหลักที่สำคัญของแขนกล และความหมายปุ่มต่างๆ ใน FlexPendant ที่จะนำไปใช้ในการทำงานร่วมกับแขนกล มีความยาวคลิป 20 นาที

3.2.4 หัวข้อพื้นฐานหลักการเคลื่อนที่ของโรบอท การอ้างอิงที่ใช้ในการเคลื่อนแขนกล และการเคลื่อนที่แขนกลโดยการบังคับมือ มีความยาวคลิป 17 นาที

3.2.5 หัวข้อการเคลื่อนที่โรบอทและการเขียนโปรแกรม อธิบายการสร้างโปรแกรมการเคลื่อนที่เบื้องต้นรวมถึงชุดคำสั่งและฟังก์ชันการเคลื่อนที่ต่างๆ พร้อมทั้งความหมายคำสั่งที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมสั่งการการเคลื่อนที่แต่ละตัวในภาพรวมหน้าจอ FlexPendant ความยาวคลิป 18 นาที

3.2.6 หัวข้อสร้าง Tool Centre Point (TCP) อธิบายความหมายและวิธีการสร้างการอ้างอิงที่ปลายเครื่องมือพร้อมทั้งอธิบายความแตกต่างในการสร้างการอ้างอิงที่ปลายเครื่องมือที่แตกต่างกัน หลังจากนั้นทำการสาธิตการสร้างและใช้งานแขนกล มีความยาวคลิป 16 นาที

3.2.7 หัวข้อการสร้างพิกัดชิ้นงาน Work Object อธิบายความหมายและวิธีการสร้างการอ้างอิงที่วัตถุรวมถึงข้อดีของการใช้การอ้างอิงวัตถุในการทำงานโดยใช้แขนกลพร้อมทั้งสาธิตการสร้างและใช้งาน มีความยาวคลิป 15 นาที

3.2.8 หัวข้อสร้างชุดคำสั่งที่ใช้ประจำ Routines เพื่อหยิบและวางชิ้นงานอธิบายความหมายและการสร้างพร้อมทั้งสาธิตการทำงานโดยใช้ Routines ในการเดินแขนกล มีความยาวคลิปทั้งหมด 10 นาที

3.2.9 หัวข้อ modules อธิบายความหมายและการใช้งาน modules มีความยาวคลิปทั้งหมด 5 นาที

3.2.10 หัวข้อ การสำรองข้อมูลและการนำกลับข้อมูลสำรองอธิบายวิธีการนำข้อมูลโปรแกรมคำสั่งหรือชุดการทำงานที่เคยทำการสร้างไว้กลับมาใช้ในกรณีที่มีคนใช้งานแขนกลมากกว่า 1 คน แล้วมีการสร้างโปรแกรมใหม่แล้วโปรแกรมเดิมที่ได้สร้างไว้หายไปสามารถใช้ข้อมูลที่สำรองไว้กลับมาใช้ใหม่ได้ โดยในคลิปมีการอธิบายทั้งการสำรองและนำกลับมาใช้รวมถึงการสาธิตการทำขั้นตอนต่างๆ มีความยาวคลิป 7 นาที



ภาคผนวก ข

ผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 การวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้าที่เกิดจากการเคลื่อนที่โดยบังคับด้วยมือ 1 ครั้ง ของรูปแบบการเคลื่อนที่โดยโดยการหมุนรอบแกนต่างๆ

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
10053	243.153	-55.933	16.587	32.648	-337.383	-27.159	349.831	20.000	6439.970
10054	243.177	-55.933	16.587	32.648	-337.383	-27.159	349.831	20.000	6439.970
10055	243.202	-55.933	16.587	32.648	-337.383	-27.159	349.831	20.000	6439.970
10056	243.226	-55.933	16.587	32.648	-337.383	-27.159	349.831	20.000	6439.970
10057	243.250	-55.933	16.587	32.648	-337.383	-27.159	349.831	20.000	6439.970
10058	243.274	-55.933	16.587	32.648	-337.383	-27.159	349.831	20.000	6439.970
10059	243.298	-55.933	16.587	32.648	-337.383	-27.159	349.831	20.000	6439.970
10060	243.323	-55.933	16.587	32.648	-337.383	-27.159	349.831	20.000	6439.970
10061	243.347	-55.933	16.587	32.648	-337.383	-27.159	349.831	20.000	6439.970
10062	243.371	-55.933	16.587	32.648	-337.383	-27.159	349.831	20.000	6439.970
10063	243.395	-55.933	16.587	32.648	-337.383	-27.159	349.831	20.000	6439.970
10064	243.419	-55.933	16.587	32.648	-337.383	-27.159	349.831	20.000	6439.970
10065	243.444	-55.933	16.587	32.648	-337.383	-27.159	349.831	20.000	6439.970
10066	243.468	-55.933	16.587	32.648	-337.383	-27.159	349.831	20.000	6439.970
10067	243.492	-55.933	16.587	32.648	-337.383	-27.159	349.831	20.000	6439.970
10068	243.516	-55.933	16.587	32.648	-337.383	-27.159	349.831	20.000	6439.970
10069	243.540	-55.933	16.587	32.648	-337.383	-27.159	349.831	20.000	6439.970
10070	243.564	-55.933	16.587	32.648	-337.383	-27.159	349.831	20.000	6439.970
10071	243.589	-55.933	16.587	32.648	-337.383	-27.159	349.831	20.000	6439.970
10072	243.613	-55.933	16.587	32.648	-337.383	-27.159	349.831	20.000	6439.970
10073									
10074									
10075									

ตารางที่ ก.2 การวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าที่เกิดจากการเคลื่อนที่โดยสร้างโปรแกรมสั่งการเคลื่อนที่ของรูปแบบการเคลื่อนที่โดยการหมุนรอบแกนต่างๆจำนวน 10 ครั้ง

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
6727	162.691	-59.575	16.641	30.665	-389.245	-19.927	386.428	13.572	4311.435
6728	162.715	-59.575	16.641	30.665	-389.245	-19.927	386.428	13.572	4311.435
6729	162.739	-59.575	16.641	30.665	-389.245	-19.927	386.428	13.572	4311.435
6730	162.763	-59.575	16.641	30.665	-389.245	-19.927	386.428	13.572	4311.435
6731	162.787	-59.575	16.641	30.665	-389.245	-19.927	386.428	13.572	4311.435
6732	162.812	-59.575	16.641	30.665	-389.245	-19.927	386.428	13.572	4311.435
6733	162.836	-59.575	16.641	30.665	-389.245	-19.927	386.428	13.572	4311.435
6734	162.860	-59.575	16.641	30.665	-389.245	-19.927	386.428	13.572	4311.435
6735	162.884	-59.575	16.641	30.665	-389.245	-19.927	386.428	13.572	4311.435
6736	162.908	-59.575	16.641	30.665	-389.245	-19.927	386.428	13.572	4311.435
6737	162.933	-59.575	16.641	30.665	-389.245	-19.927	386.428	13.572	4311.435
6738	162.957	-59.575	16.641	30.665	-389.245	-19.927	386.428	13.572	4311.435
6739	162.981	-59.575	16.641	30.665	-389.245	-19.927	386.428	13.572	4311.435
6740	163.005	-59.575	16.641	30.665	-389.245	-19.927	386.428	13.572	4311.435
6741	163.029	-59.575	16.641	30.665	-389.245	-19.927	386.428	13.572	4311.435
6742	163.054	-59.575	16.641	30.665	-389.245	-19.927	386.428	13.572	4311.435
6743	163.078	-59.575	16.641	30.665	-389.245	-19.927	386.428	13.572	4311.435
6744	163.102	-59.575	16.641	30.665	-389.245	-19.927	386.428	13.572	4311.435
6745	163.126	-59.575	16.641	30.665	-389.245	-19.927	386.428	13.572	4311.435
6746	163.150	-59.575	16.641	30.665	-389.245	-19.927	386.428	13.572	4311.435
6747	163.174	-59.575	16.641	30.665	-389.245	-19.927	386.428	13.572	4311.435
6748									
6749									
6750									

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 การวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้าที่เกิดจากการเคลื่อนที่โดยบังคับด้วยมือ 1 ครั้ง ของรูปแบบการเคลื่อนที่เชิงเส้นหรือเชิงมุมอ้างอิงพื้นโลก

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
3744	90.526	-64.543	13.286	40.910	-367.339	-41.466	366.757	20.000	2520.530
3745	90.550	-64.543	13.286	40.910	-367.339	-41.466	366.757	20.000	2520.530
3746	90.574	-64.543	13.286	40.910	-367.339	-41.466	366.757	20.000	2520.530
3747	90.599	-64.543	13.286	40.910	-367.339	-41.466	366.757	20.000	2520.530
3748	90.623	-64.543	13.286	40.910	-367.339	-41.466	366.757	20.000	2520.530
3749	90.647	-64.543	13.286	40.910	-367.339	-41.466	366.757	20.000	2520.530
3750	90.671	-64.543	13.286	40.910	-367.339	-41.466	366.757	20.000	2520.530
3751	90.695	-64.543	13.286	40.910	-367.339	-41.466	366.757	20.000	2520.530
3752	90.720	-64.543	13.286	40.910	-367.339	-41.466	366.757	20.000	2520.530
3753	90.744	-64.543	13.286	40.910	-367.339	-41.466	366.757	20.000	2520.530
3754	90.768	-64.543	13.286	40.910	-367.339	-41.466	366.757	20.000	2520.530
3755	90.792	-64.543	13.286	40.910	-367.339	-41.466	366.757	20.000	2520.530
3756	90.816	-64.543	13.286	40.910	-367.339	-41.466	366.757	20.000	2520.530
3757	90.841	-64.543	13.286	40.910	-367.339	-41.466	366.757	20.000	2520.530
3758	90.865	-64.543	13.286	40.910	-367.339	-41.466	366.757	20.000	2520.530
3759	90.889	-64.543	13.286	40.910	-367.339	-41.466	366.757	20.000	2520.530
3760	90.913	-64.543	13.286	40.910	-367.339	-41.466	366.757	20.000	2520.530
3761	90.937	-64.543	13.286	40.910	-367.339	-41.466	366.757	20.000	2520.530
3762	90.961	-64.543	13.286	40.910	-367.339	-41.466	366.757	20.000	2520.530
3763	90.986	-64.543	13.286	40.910	-367.339	-41.466	366.757	20.000	2520.530
3764	91.010	-64.543	13.286	40.910	-367.339	-41.466	366.757	20.000	2520.530
3765	91.034	-64.543	13.286	40.910	-367.339	-41.466	366.757	20.000	2520.530
3766	91.058	-64.543	13.286	40.910	-367.339	-41.466	366.757	20.000	2520.530
3767	91.082	-64.543	13.286	40.910	-367.339	-41.466	366.757	20.000	2520.530
3768	91.107	-64.543	13.286	40.910	-367.339	-41.466	366.757	20.000	2520.530
3769									
3770									
3771									

ตารางที่ ก.4 การวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าที่เกิดจากการเคลื่อนที่โดยสร้างโปรแกรมสั่งการเคลื่อนที่ 10 ครั้ง ของรูปแบบการเคลื่อนที่เชิงเส้นหรือเชิงมุมอ้างอิงพื้นโลก

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
2273	54.940	-64.486	13.338	40.792	-367.188	-41.394	366.654	20.000	1859.591
2274	54.964	-64.486	13.338	40.792	-367.188	-41.394	366.654	20.000	1859.591
2275	54.989	-64.486	13.338	40.792	-367.188	-41.394	366.654	20.000	1859.591
2276	55.013	-64.486	13.338	40.792	-367.188	-41.394	366.654	20.000	1859.591
2277	55.037	-64.486	13.338	40.792	-367.188	-41.394	366.654	20.000	1859.591
2278	55.061	-64.486	13.338	40.792	-367.188	-41.394	366.654	20.000	1859.591
2279	55.085	-64.486	13.338	40.792	-367.188	-41.394	366.654	20.000	1859.591
2280	55.110	-64.486	13.338	40.792	-367.188	-41.394	366.654	20.000	1859.591
2281	55.134	-64.486	13.338	40.792	-367.188	-41.394	366.654	20.000	1859.591
2282	55.158	-64.486	13.338	40.792	-367.188	-41.394	366.654	20.000	1859.591
2283	55.182	-64.486	13.338	40.792	-367.188	-41.394	366.654	20.000	1859.591
2284	55.206	-64.486	13.338	40.792	-367.188	-41.394	366.654	20.000	1859.591
2285	55.231	-64.486	13.338	40.792	-367.188	-41.394	366.654	20.000	1859.591
2286	55.255	-64.486	13.338	40.792	-367.188	-41.394	366.654	20.000	1859.591
2287	55.279	-64.486	13.338	40.792	-367.188	-41.394	366.654	20.000	1859.591
2288	55.303	-64.486	13.338	40.792	-367.188	-41.394	366.654	20.000	1859.591
2289	55.327	-64.486	13.338	40.792	-367.188	-41.394	366.654	20.000	1859.591
2290	55.352	-64.486	13.338	40.792	-367.188	-41.394	366.654	20.000	1859.591
2291	55.376	-64.486	13.338	40.792	-367.188	-41.394	366.654	20.000	1859.591
2292	55.400	-64.486	13.338	40.792	-367.188	-41.394	366.654	20.000	1859.591
2293	55.424	-64.486	13.338	40.792	-367.188	-41.394	366.654	20.000	1859.591
2294	55.448	-64.486	13.338	40.792	-367.188	-41.394	366.654	20.000	1859.591
2295	55.473	-64.486	13.338	40.792	-367.188	-41.394	366.654	20.000	1859.591
2296	55.497	-64.486	13.338	40.792	-367.188	-41.394	366.654	20.000	1859.591
2297	55.521	-64.486	13.338	40.792	-367.188	-41.394	366.654	20.000	1859.591
2298	55.545	-64.486	13.338	40.792	-367.188	-41.394	366.654	20.000	1859.591
2299	55.569	-64.486	13.338	40.792	-367.188	-41.394	366.654	20.000	1859.591
2300									
2301									
2302									

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.5 การวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้าที่เกิดจากการเคลื่อนที่โดยบังคับด้วยมือ 1 ครั้ง ของรูปแบบการเคลื่อนที่โดยโดยการอ้างอิงวัตถุ

	เลขที่พัฒนาเด เหมศ ทราบ ข้อความของคุณ			D	E	F	G	H	I
2968	71.754	-66.266	12.942	39.187	-205.446	35.542	190.963	20.000	1493.833
2969	71.778	-66.266	12.942	39.187	-205.446	35.542	190.963	20.000	1493.833
2970	71.802	-66.266	12.942	39.187	-205.446	35.542	190.963	20.000	1493.833
2971	71.826	-66.266	12.942	39.187	-205.446	35.542	190.963	20.000	1493.833
2972	71.850	-66.266	12.942	39.187	-205.446	35.542	190.963	20.000	1493.833
2973	71.875	-66.266	12.942	39.187	-205.446	35.542	190.963	20.000	1493.833
2974	71.899	-66.266	12.942	39.187	-205.446	35.542	190.963	20.000	1493.833
2975	71.923	-66.266	12.942	39.187	-205.446	35.542	190.963	20.000	1493.833
2976	71.947	-66.266	12.942	39.187	-205.446	35.542	190.963	20.000	1493.833
2977	71.971	-66.266	12.942	39.187	-205.446	35.542	190.963	20.000	1493.833
2978	71.996	-66.266	12.942	39.187	-205.446	35.542	190.963	20.000	1493.833
2979	72.020	-66.266	12.942	39.187	-205.446	35.542	190.963	20.000	1493.833
2980	72.044	-66.266	12.942	39.187	-205.446	35.542	190.963	20.000	1493.833
2981	72.068	-66.266	12.942	39.187	-205.446	35.542	190.963	20.000	1493.833
2982	72.092	-66.266	12.942	39.187	-205.446	35.542	190.963	20.000	1493.833
2983	72.116	-66.266	12.942	39.187	-205.446	35.542	190.963	20.000	1493.833
2984	72.141	-66.266	12.942	39.187	-205.446	35.542	190.963	20.000	1493.833
2985	72.165	-66.266	12.942	39.187	-205.446	35.542	190.963	20.000	1493.833
2986	72.189	-66.266	12.942	39.187	-205.446	35.542	190.963	20.000	1493.833
2987	72.213	-66.266	12.942	39.187	-205.446	35.542	190.963	20.000	1493.833
2988	72.237	-66.266	12.942	39.187	-205.446	35.542	190.963	20.000	1493.833
2989	72.262	-66.266	12.942	39.187	-205.446	35.542	190.963	20.000	1493.833
2990	72.286	-66.266	12.942	39.187	-205.446	35.542	190.963	20.000	1493.833
2991	72.310	-66.266	12.942	39.187	-205.446	35.542	190.963	20.000	1493.833
2992	72.334	-66.266	12.942	39.187	-205.446	35.542	190.963	20.000	1493.833
2993	72.358	-66.266	12.942	39.187	-205.446	35.542	190.963	20.000	1493.833
2994									
2995									
2996									

ตารางที่ ก.6 การวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้าที่เกิดจากการเคลื่อนที่โดยสร้างโปรแกรมสั่งการเคลื่อนที่ 10 ครั้ง ของรูปแบบการเคลื่อนที่โดยโดยการอ้างอิงวัตถุ

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
2615	63.214	-74.880	21.732	33.906	-246.754	72.679	201.841	20.000	2168.880
2616	63.238	-74.880	21.732	33.906	-246.754	72.679	201.841	20.000	2168.880
2617	63.262	-74.880	21.732	33.906	-246.754	72.679	201.841	20.000	2168.880
2618	63.286	-74.880	21.732	33.906	-246.754	72.679	201.841	20.000	2168.880
2619	63.310	-74.880	21.732	33.906	-246.754	72.679	201.841	20.000	2168.880
2620	63.335	-74.880	21.732	33.906	-246.754	72.679	201.841	20.000	2168.880
2621	63.359	-74.880	21.732	33.906	-246.754	72.679	201.841	20.000	2168.880
2622	63.383	-74.880	21.732	33.906	-246.754	72.679	201.841	20.000	2168.880
2623	63.407	-74.880	21.732	33.906	-246.754	72.679	201.841	20.000	2168.880
2624	63.431	-74.880	21.732	33.906	-246.754	72.679	201.841	20.000	2168.880
2625	63.456	-74.880	21.732	33.906	-246.754	72.679	201.841	20.000	2168.880
2626	63.480	-74.880	21.732	33.906	-246.754	72.679	201.841	20.000	2168.880
2627	63.504	-74.880	21.732	33.906	-246.754	72.679	201.841	20.000	2168.880
2628	63.528	-74.880	21.732	33.906	-246.754	72.679	201.841	20.000	2168.880
2629	63.552	-74.880	21.732	33.906	-246.754	72.679	201.841	20.000	2168.880
2630	63.576	-74.880	21.732	33.906	-246.754	72.679	201.841	20.000	2168.880
2631	63.601	-74.880	21.732	33.906	-246.754	72.679	201.841	20.000	2168.880
2632	63.625	-74.880	21.732	33.906	-246.754	72.679	201.841	20.000	2168.880
2633	63.649	-74.880	21.732	33.906	-246.754	72.679	201.841	20.000	2168.880
2634	63.673	-74.880	21.732	33.906	-246.754	72.679	201.841	20.000	2168.880
2635	63.697	-74.880	21.732	33.906	-246.754	72.679	201.841	20.000	2168.880
2636	63.722	-74.880	21.732	33.906	-246.754	72.679	201.841	20.000	2168.880
2637	63.746	-74.880	21.732	33.906	-246.754	72.679	201.841	20.000	2168.880
2638	63.770	-74.880	21.732	33.906	-246.754	72.679	201.841	20.000	2168.880
2639	63.794	-74.880	21.732	33.906	-246.754	72.679	201.841	20.000	2168.880
2640	63.818	-74.880	21.732	33.906	-246.754	72.679	201.841	20.000	2168.880
2641									
2642									
2643									

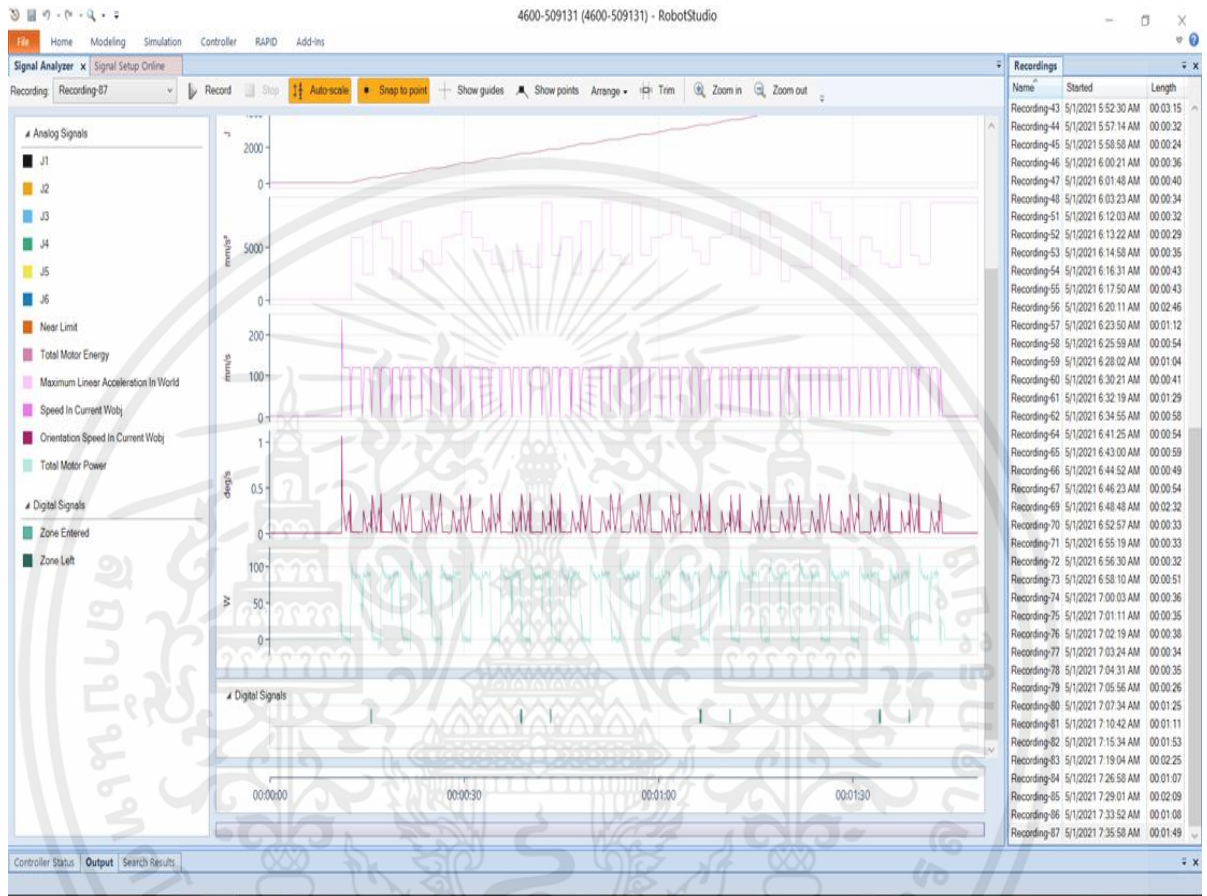
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ค

วิธีการหาค่าไฟโดยโปรแกรม Robot Studio

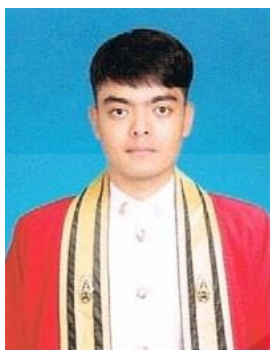
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.1 วิธีการหาค่าไฟโดยโปรแกรม Robot Studio

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน



ชื่อ - นามสกุล นายสรุฒิ ปั่นศีล
 วัน เดือน ปีเกิด วันที่ 13 พฤษภาคม พ.ศ.2542
 ภูมิลำเนา จังหวัด ชุมพร
 ที่อยู่ 208/31 หมู่ที่ 11 ตำบลบางหมาก อำเภอเมือง
 จังหวัดชุมพร 86000

ประวัติการศึกษา

- สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษา จากโรงเรียนศรียาภัย จังหวัดชุมพร ปีการศึกษา 2559
- สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต วศ.บ (สาขาวิศวกรรมเครื่องกล) ปีการศึกษา 2563 จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ผลงานและกิจกรรม

- ผ่านการฝึกงานที่ Harbin institute of technology ที่ประเทศจีน