

การออกแบบและสร้างชุดสาธิตหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน

(The Design and Demonstrative Creation by using Delta Robot 3 Axis)

สุรวิภา จารัตน์, อนันต์ เกิดสิน, รศ.ดร.วัชรินทร์ โพธิ์เงินและอาจารย์ลันตี หุตะมาน

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1518 ถนนประชาชื่น 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800 โทรศัพท์ : 0-2555-2000 ต่อ 3266

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้ เป็นการออกแบบและสร้างชุดสาธิตหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน ทางผู้จัดทำพบว่า หุ่นยนต์เดลต้า 3 แกนเป็นที่ต้องการในอุตสาหกรรมอย่างมาก แต่การเรียนการสอนต้องใช้เวลาและจินตนาการในการเรียนสูง โดยเฉพาะเรื่องระบบตำแหน่งสามมิติและสมการจลนศาสตร์การเคลื่อนที่ (Kinematics) ชุดสาธิตหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกนที่สร้างขึ้นสามารถรับภาระ (Load) ได้ 300 กรัม กำหนดให้มีค่าความคลาดเคลื่อนที่เคลื่อนที่ ± 1 มิลลิเมตร และใช้มาตราส่วนจัดลำดับ (Rating Scale) ของไลเคิร์ต (Likert) 5 ระดับ เพื่อประเมินความเหมาะสม สำหรับการประกอบเรียนการสอนในวิชาหุ่นยนต์อุตสาหกรรม (Industrial Robotics) รหัสวิชา 213360

ในการดำเนินการได้ออกแบบและสร้างชุดสาธิต โดยให้แขนของชุดสาธิตใช้ท่อคาร์บอนไฟเบอร์ (Fiber Carbon) ซึ่งมีน้ำหนักเบากว่าเมื่อเปรียบเทียบกับอลูมิเนียม (Aluminum) ทำให้ในการเคลื่อนที่มีความคล่องตัวยิ่งขึ้น ระบบควบคุมใช้พีแอลซี (Programmable Logic Controller : PLC) เป็นตัวควบคุมการทำงานของมอเตอร์ผ่านระบบการสื่อสารแบบ CANOpen ชุดสาธิตสามารถควบคุมผ่านหน้าจอแสดงผลที่สร้างจากโปรแกรม Microsoft Visual Studio และส่งสัญญาณการควบคุมผ่านระบบ Modbus TCP/IP ไปประมวลผลยังพีแอลซี หน้าจอแสดงผลมีฟังก์ชันการทำงานหลายฟังก์ชัน เช่น Forward and Inverse, Jog X,Y,Z, Linear Motion เป็นต้น ในส่วนของการประเมินความเหมาะสมของชุดสาธิตนั้น ได้ทำการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน

ผลจากการทำโครงการ พบว่าชุดสาธิตหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกนมีความคลาดเคลื่อนในการเคลื่อนที่ขณะไม่มีภาระ มีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนในแนวแกน X, Y และ Z เท่ากับ 0.15, 0.12 และ 0.08 มิลลิเมตรและขณะมีภาระ 300 กรัม มีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนในแนวแกน X, Y และ Z เท่ากับ 0.16, 0.13 และ 0.03 มิลลิเมตร ซึ่งค่าความคลาดเคลื่อนทั้งสองกรณีมีค่าไม่เกิน ± 1 มิลลิเมตร ส่วนทางด้านความเหมาะสมของชุดสาธิตนั้น มีระดับความเหมาะสมมากเท่ากับ 4.40 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ 0.51 ซึ่งเป็นค่าความเหมาะสมที่สูงกว่าระดับที่ผู้จัดทำตั้งไว้ในสมมติฐาน

Abstract

This project concerns the design and construction of the demonstration set of 3-axis robot by using Delta. 3-axis Delta robot is currently popular in the industrial section. However, to study about 3-axis Delta robot is complicated since it requires high imagination, especially the topics about 3 dimensional moving position and kinematics of robot. The demonstration set can carry 300 grams load. It has been designed to determine the tolerance for ± 1 millimeter. The Likert's rating scale is used for assessment if it is appropriate for integrating in learning Industrial Robotics subject (213360).

The construction process starts from using fiber carbon to make upper and lower arms because it is lighter than aluminum which makes the demonstration set become more mobilized. Secondly, the construction of the controller uses Programmable Logic Control (PLC) to controls AC servo motor by CANOpen transmission. The demonstration set can be controlled by using monitor screen that is created by using Microsoft Visual Studio program and transmitted by Modbus TCP/IP to process in PLC. The screen has more functions; such as Forward/Inverse, Jog X, Y, Z, and Linear Motion. After finishing the construction, 5 specialists are requested to assess this project.

It has been found that the tolerances with no load; in X axis is 0.15, Y is 0.12, Z is 0.08 and with 300 grams load; in X axis is 0.16, Y is 0.13, Z is 0.03 millimeter which relate to the preliminary evaluation. Additionally, it has been proved that this demonstration set is suitable for Industrial Robotics learning with the rate of 4.40 out of 5, Standard deviation is 0.51, which can be interpreted as very suitable for classroom learning.

Keywords : Delta Robot 3 Axis

1. บทนำ

การวิจัยครั้งนี้ ในด้านอุตสาหกรรมและระบบอัตโนมัติได้รับความสนใจมาก จึงมีการพัฒนาและปรับปรุงหุ่นยนต์ให้มีประสิทธิภาพที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของมนุษย์ เช่น ด้านอุตสาหกรรม การสื่อสาร การสำรวจ การแพทย์ การบันเทิงและการศึกษา เป็นต้น แต่เนื่องจากหุ่นยนต์ส่วนใหญ่ยังคงเป็นระบบที่นำเข้าจากต่างประเทศ จึงได้มีสถาบันทางการศึกษาหรือหน่วยงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิทยาการหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติในประเทศไทย เช่น สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (Asian Institute of Technology : AIT), สถาบันวิทยาการหุ่นยนต์ภาคสนาม (Institute of Field Robotics : FIBO), สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ หรือแม้กระทั่งคณะกรรมการศาสตร์ของมหาวิทยาลัยต่างๆ ที่ได้ให้ความสนใจในการวิจัยและพัฒนาวิทยาการหุ่นยนต์ เพื่อลดการนำเข้าจากต่างประเทศ เพราะการนำเข้าระบบอัตโนมัติและหุ่นยนต์จากต่างประเทศมีค่าใช้จ่ายที่สูงมาก

พื้นฐานที่สำคัญของการศึกษาในวิทยาการหุ่นยนต์ เป็นสิ่งสำคัญยิ่งต่อการพัฒนาอุตสาหกรรมของประเทศ จึงจำเป็นต้องมีการส่งเสริมให้เข้าใจลักษณะการทำงานและการควบคุมหุ่นยนต์ เพราะว่าวิทยาการทางด้านหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติเป็นศาสตร์ที่อาศัยความรู้หลากหลายสาขา ทั้ง 1.) ทางกล 2.) อิเล็กทรอนิกส์ 3.) ไฟฟ้า 4.) คอมพิวเตอร์ และ 5.) ระบบการควบคุมเข้าด้วยกัน เรียกว่า การบูรณาการระบบ (System Integration) แต่ในด้านการเรียนการสอนเรื่องหุ่นยนต์นั้น ต้องใช้เวลาและจินตนาการในการเรียนรู้สูง โดยเฉพาะเรื่องของการทำความเข้าใจระบบตำแหน่งสามมิติในการเคลื่อนที่ และสมการจลนศาสตร์การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ (Kinematics of Robotics)

หุ่นยนต์อุตสาหกรรม (Industrial Robots) เป็นหุ่นยนต์ที่สร้างขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อใช้งานในโรงงานอุตสาหกรรมแทนการใช้แรงงานมนุษย์ในการทำงานต่างๆ หุ่นยนต์ส่วนใหญ่ในอุตสาหกรรมจะมีลักษณะเป็นแขนกล มีรูปแบบการเคลื่อนที่ของข้อต่อแต่ละข้อที่เลียนแบบการทำงานของแขนมนุษย์มีการเคลื่อนที่ที่อยู่สองลักษณะ คือ การเคลื่อนที่แบบเชิงเส้นและการเคลื่อนที่แบบเชิงมุม

หุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน (Delta Robot 3 Axis) เป็นหนึ่งในหุ่นยนต์อุตสาหกรรมแบบคู่ขนาน ที่มีแขนในการทำงานตั้งอยู่บนฐานเดียวกัน 3 แขน ถูกประดิษฐ์ขึ้นในช่วงต้นทศวรรษ 1980 โดยทีมวิจัยที่นำโดยศาสตราจารย์ Reymond Clavel ที่ École Polytechnique Fédérale de Lausanne : EPFL ประเทศสวิตเซอร์แลนด์ โดยมีหน้าที่การทำงานในจุดเดียวกัน เปรียบเสมือนมีหลายแขนที่ทำงานสัมพันธ์กัน หุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน มีความสำคัญและเป็นที่ต้องการทางด้านอุตสาหกรรมอย่างมาก เช่น ด้านการแพทย์ ด้านโภชนาการ ด้านการสำรวจ ด้านการศึกษา เป็นต้น และสาเหตุที่หุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน เป็นที่ต้องการในงานด้านอุตสาหกรรมอย่างมากมายนั้น เนื่องจากหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน มีความรวดเร็วในการทำงานและสามารถทำงานได้ในระนาบ 3 มิติ คือ ระนาบ X, Y และ Z



ภาพที่ 1 หุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน

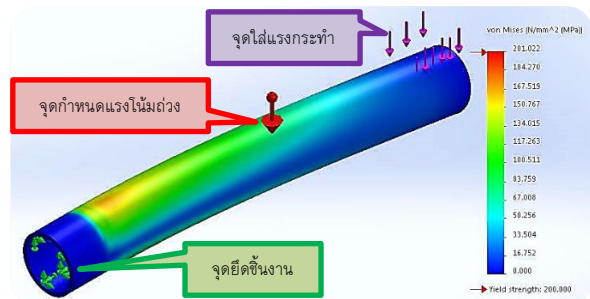
จากที่มาและความสำคัญข้างต้น ทำให้ผู้จัดทำได้ออกแบบและสร้างชุดสาธิตหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน เพื่อเป็นประโยชน์สำหรับการศึกษาและประยุกต์ใช้เป็นสื่อ ในการสาธิตการเรียนการสอนเรื่อง 1.) การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ และ 2.) สมการจลนศาสตร์การเคลื่อนที่ ซึ่งจะช่วยให้ผู้ที่ได้เข้ามานักศึกษานั้น มีความเข้าใจในเนื้อหาทางด้านวิทยาการหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติได้ดียิ่งขึ้น ชุดท้ายสามารถทดแทนการสั่งซื้อหุ่นยนต์จากต่างประเทศได้อีกด้วย

2. ออกแบบโครงสร้างของโครงงาน

แขนของชุดสาธิตใช้ท่อคาร์บอนไฟเบอร์ (Fiber Carbon) ซึ่งมีน้ำหนักเบากว่าเมื่อเปรียบเทียบกับอลูมิเนียม (Aluminum) ทำให้ในการเคลื่อนที่มีคล่องตัวยิ่งขึ้น

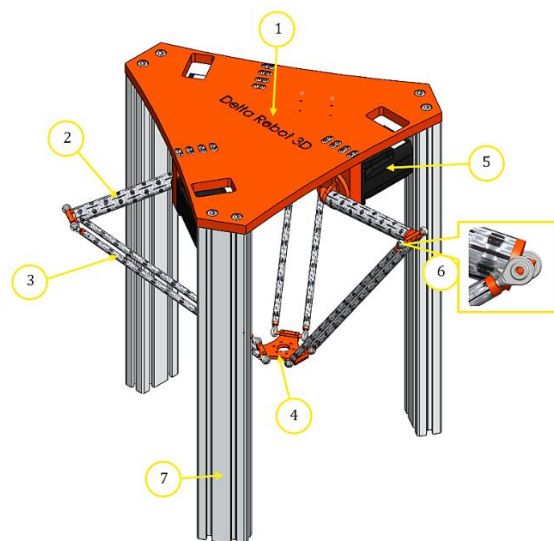
จากภาพที่ 3-18 ได้ทำการวิเคราะห์ความแข็งแรงของวัสดุ โดยใช้โปรแกรมช่วยในงานวิศวกรรม ซึ่งวัสดุเป็นท่อคาร์บอนไฟเบอร์ จากนั้นทำการกำหนดจุดยึดของชิ้นงาน เพื่อไม่ให้ชิ้นงานเคลื่อนที่ (ลูกศรสีเขียว) แล้วทำการใส่แรงกระทำตรงส่วนปลาย (ลูกศรสีม่วง) ขนาดของแรงอยู่ที่ 630 นิวตัน (N) หรือ 64.22 กิโลกรัม (kg) และกำหนดค่าแรงโน้มถ่วงของโลก (ลูกศรสีแดง) เท่ากับ -9.81 เมตรต่อวินาทียกกำลังสอง (m/s^2) จากนั้น ให้โปรแกรมช่วยในงานวิศวกรรมทำการ

คำนวณหาค่าความแข็งแรง จากภาพที่ 3-18 จะเห็นว่าเมื่อได้รับแรงกด 630 นิวตัน จะทำให้ชิ้นงานมีการเปลี่ยนรูป มีการงอตัวและโปรแกรมจะแสดงค่าความเค้นคราก (Yield Strength) ที่วัสดุสามารถรับได้คือ 200 เมกะปาสกาล (MPa) และจะบอกถึงตำแหน่งของค่าความแข็งแรงต่ำสุด (Min Strength) ของวัสดุ มีค่าเท่ากับ 0 เมกะปาสกาลและค่าความแข็งแรงสูงสุด (Max Strength) มีค่าเท่ากับ 201.02 เมกะปาสกาล ซึ่งผลที่ได้จากการคำนวณ วัสดุชิ้นนี้สามารถนำไปใช้งานได้



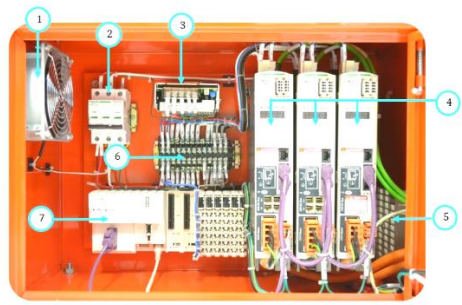
ภาพที่ 2 การวิเคราะห์ความแข็งแรงของคาร์บอนไฟเบอร์

ออกแบบโครงสร้างของชุดสาธิตหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในงานออกแบบ (Computer Aided Design : CAD)

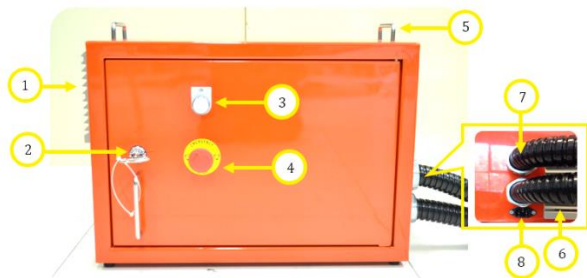


ภาพที่ 3 การออกแบบชุดสาธิตหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน โดยโปรแกรมช่วยในการออกแบบ

- หมายเลข 1 คือ แผ่นฐานบน
- หมายเลข 2 คือ แขนบน
- หมายเลข 3 คือ แขนล่าง
- หมายเลข 4 คือ แผ่นเคลื่อนที่
- หมายเลข 5 คือ เอชซีเอชอาร์โมเตอร์
- หมายเลข 6 คือ Rod End Bearing
- หมายเลข 7 คือ อลูมิเนียมโปรไฟล์ (Aluminum Profile)



ภาพที่ 4 ประกอบอุปกรณ์ลงใน Control Box พร้อมเดินสายไฟ



ภาพที่ 5 การติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าบน Control Box

จากภาพที่ 3-60 แสดงส่วนประกอบภายใน Control Box

หมายเลข 1 คือ พัดลมระบายอากาศ

หมายเลข 2 คือ Main Breaker

หมายเลข 3 คือ Switching Power Supply

หมายเลข 4 คือ ชุดขับเคลื่อนมอเตอร์

หมายเลข 5 คือ ช่องดูดอากาศ

หมายเลข 6 คือ Terminal

หมายเลข 7 คือ พัดลม

จากภาพที่ 3-61 แสดงส่วนประกอบภายนอก Control Box

หมายเลข 1 คือ พัดลมระบายอากาศ

หมายเลข 2 คือ กุญแจและที่เบ็ดตู้คอนโทรล

หมายเลข 3 คือ ไฟแสดงสถานะการทำงาน

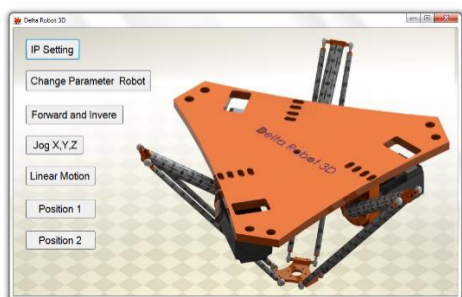
หมายเลข 4 คือ ปุ่มฉุกเฉิน (Emergency Button)

หมายเลข 5 คือ ที่จับยก Control Box

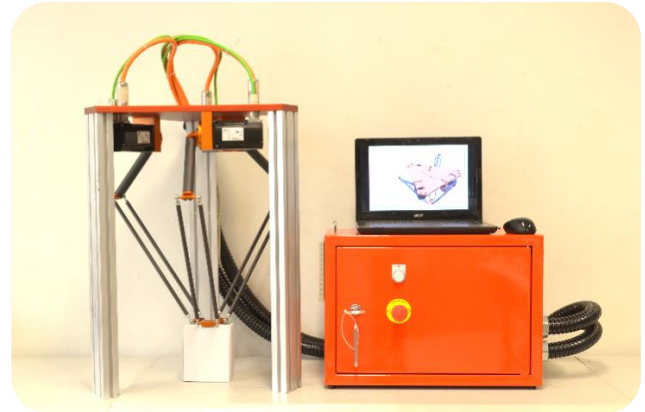
หมายเลข 6 คือ ช่องดูดอากาศ

หมายเลข 7 คือ Connector

หมายเลข 8 คือ ช่องต่อสายไฟ 220 VAC



ภาพที่ 6 หน้าจอแสดงผลของชุดสาธิตหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน

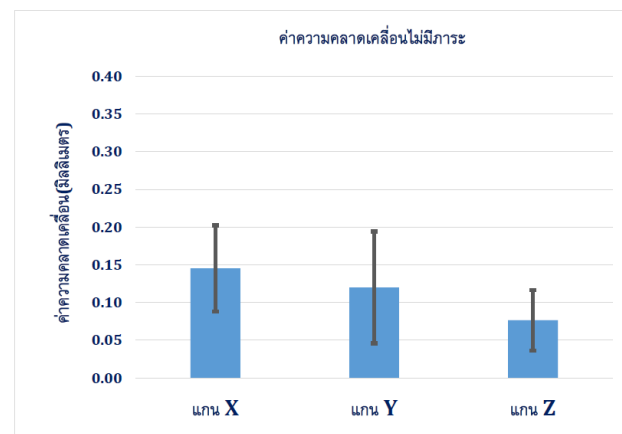


ภาพที่ 7 ภาพรวมชุดสาธิตหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน

3. ผลการดำเนินงาน

การหาค่าความคลาดเคลื่อนของชุดสาธิตหุ่นยนต์เดลต้า 3 แกน ในการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงทั้ง 3 แกนแบบไม่มีภาระ และแบบมีภาระ 300 กรัม ได้สูตรตัวอย่างการเคลื่อนที่ เพื่อเก็บผลการทดลองดังนี้

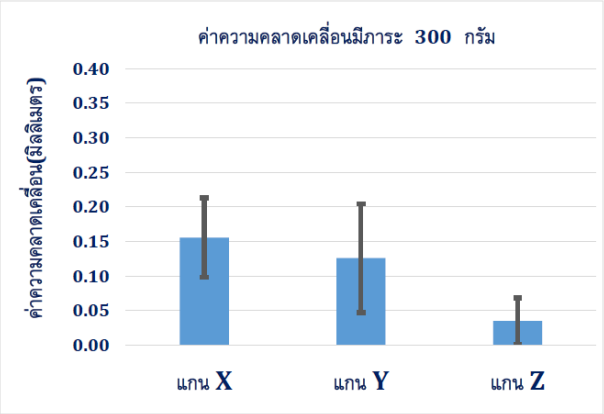
- การเคลื่อนที่จากตำแหน่ง 0 ถึง 10 มิลลิเมตร
- การเคลื่อนที่จากตำแหน่ง 0 ถึง -10 มิลลิเมตร
- การเคลื่อนที่จากตำแหน่ง 0 ถึง 20 มิลลิเมตร
- การเคลื่อนที่จากตำแหน่ง 0 ถึง -20 มิลลิเมตร
- การเคลื่อนที่จากตำแหน่ง 0 ถึง 100 มิลลิเมตร
- การเคลื่อนที่จากตำแหน่ง 0 ถึง -100 มิลลิเมตร
- การเคลื่อนที่จากตำแหน่ง 0 ถึง 120 มิลลิเมตร
- การเคลื่อนที่จากตำแหน่ง 0 ถึง -120 มิลลิเมตร



ภาพที่ 8 ผลการทดลองการเคลื่อนที่ตามแนวแกน X,Y,Z แบบไม่มีภาระ

ตารางที่ 1 ค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน แบบไม่มีภาระ

แกน	แกน X	แกน Y	แกน Z
ค่าเฉลี่ย	0.15	0.12	0.08
ค่า S.D.	0.06	0.07	0.04



ภาพที่ 9 ผลการทดลองการเคลื่อนที่ตามแนวแกน X,Y,Z แบบมีภาระ

ตารางที่ 2 ค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน แบบมีภาระ

แกน	แกน X	แกน Y	แกน Z
ค่าเฉลี่ย	0.16	0.13	0.03
ค่า S.D.	0.06	0.08	0.03

โครงการการออกแบบและสร้างชุดสาธิตหุ่นยนต์เดลด้า 3 แกน ถูกจัดทำขึ้น เพื่อประเมินความเหมาะสมเพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอน ในวิชาหุ่นยนต์อุตสาหกรรม รหัสวิชา 213360 3(2-1-0) ซึ่งในขั้นตอน การประเมินความเหมาะสมของชุดสาธิตหุ่นยนต์เดลด้า 3 แกนนั้น ผู้จัดทำได้สร้างแบบประเมินขึ้นมา โดยแบบประเมินที่สร้างขึ้นมาจะแบ่ง ออกเป็น 4 ด้านดังนี้

- ความเหมาะสมด้านลักษณะทางกายภาพ
- ความเหมาะสมด้านการใช้งาน
- ความเหมาะสมในการบำรุงรักษา
- ความเหมาะสมในด้านการเป็นชุดสาธิตที่ดี

โดยทางด้านคณะผู้จัดทำได้แต่งตั้งผู้เชี่ยวชาญในการประเมินครั้งนี้ จำนวน 5 ท่าน ได้แก่

- นายปรการ กาญจนวดี
- ผศ.ชาญชัย ฐิริปัญญา
- ดร.วนายุทธิ์ แส่นเงิน
- อาจารย์เสมา พัฒน์ฉิม
- อาจารย์ชนากานต์ แคล้มอ้อม

ตารางที่ 3 ผลการประเมินความเหมาะสมด้านลักษณะทางกายภาพ ของชุดสาธิต

หัวข้อการประเมิน	ผลการประเมิน	
	ค่าเฉลี่ย	ค่า S.D.
1. ความเหมาะสมด้านลักษณะทางกายภาพ		
1.1 กลไกของชุดสาธิตเคลื่อนที่ได้ง่าย ไม่ติดขัด	4.40	0.49
1.2 ขนาดของตู้คอนโทรลเหมาะสมกับชุดสาธิต	3.80	0.98
1.3 ความเรียบร้อยในการประกอบชุดสาธิต	4.80	0.4
1.4 ความเรียบร้อยในการเดินสายไฟในตู้คอนโทรล	4.80	0.4
1.5 ชุดสาธิตมีความแข็งแรง ปลอดภัยขณะใช้งาน	4.20	0.4
รวมด้านที่ 1	4.40	0.53

ตารางที่ 4 ผลการประเมินความเหมาะสมด้านการใช้งานชุดสาธิต

หัวข้อการประเมิน	ผลการประเมิน	
	ค่าเฉลี่ย	ค่า S.D.
2. ความเหมาะสมด้านการใช้งาน		
2.1 ชุดสาธิตมีความคลาดเคลื่อนในการเคลื่อนที่ ± 1 มิลลิเมตร	4.60	0.49
2.2 ชุดสาธิตสามารถรับภาระได้ 300 กรัม	4.40	0.49
2.3 ชุดสาธิตมีเสียงขณะทำงานไม่ดังจนเกินไป	4.60	0.49
2.4 โปรแกรมสามารถควบคุมได้หลายฟังก์ชัน เช่น Jog X,Y,Z, Linear Motion เป็นต้น	4.80	0.40
2.5 โปรแกรมควบคุมสามารถเปลี่ยนโหมดการใช้งานได้ง่าย	4.00	0.00
2.6 การเปิด/ปิดของชุดสาธิตสามารถทำได้ง่าย	4.00	0.63
2.7 สะดวกในการเคลื่อนย้าย นำไปใช้ในสถานที่ต่างๆได้ง่าย	4.20	0.75
2.8 มีความปลอดภัยขณะใช้งานชุดสาธิต	3.40	0.80
2.9 วัสดุที่ใช้ในการทำแขนของชุดสาธิตมีความแข็งแรง น้ำหนักเบา ทนแรงกระแทกได้ดี	4.40	0.49
รวมด้านที่ 2	4.27	0.50

ตารางที่ 5 ผลการประเมินความเหมาะสมด้านการบำรุงรักษา ของชุดสาธิต

หัวข้อการประเมิน	ผลการประเมิน	
	ค่าเฉลี่ย	ค่า S.D.
3. ความเหมาะสมด้านการบำรุงรักษา		
3.1 คู่มือการใช้งานสามารถทำความเข้าใจได้ง่าย แบ่งเป็น หัวข้อชัดเจน เช่น การใช้งาน, การบำรุงรักษา, ข้อควรระวัง เป็นต้น	4.60	0.49
3.2 มีแบบชิ้นส่วนเครื่องกลสำหรับการบำรุงรักษา	4.40	0.49
3.3 มีแบบของวงจรไฟฟ้าสำหรับการบำรุงรักษา	4.60	0.49
3.4 หากชิ้นส่วนของชุดสาธิตชำรุดเสียหาย สามารถถอด ออกมาซ่อมแซมได้ง่าย	4.00	0.63
3.5 ชิ้นส่วนที่นำมาสร้างชุดสาธิตสามารถหาซื้อเปลี่ยนได้ตามท้องตลาดหากเกิดชำรุดเสียหายจนไม่สามารถซ่อมแซมได้	4.20	0.75
รวมด้านที่ 3	4.36	0.57

ตารางที่ 6 ผลการประเมินความเหมาะสมด้านการเป็นชุดสาธิตที่ดี

หัวข้อการประเมิน	ผลการประเมิน	
	ค่าเฉลี่ย	ค่า S.D.
4. ความเหมาะสมด้านการเป็นชุดสาธิตที่ดี		
4.1 ชุดสาธิตมีราคาถูกกว่าหุ่นยนต์เดลด้า 3 แกนของจริง	4.80	0.40
4.2 ชุดสาธิตสามารถทำงานได้ใกล้เคียงกับหุ่นยนต์เดลด้า 3 แกนของจริง	4.60	0.49
4.3 ใบเนื้อหาครอบคลุมเนื้อหาวิชาหุ่นยนต์ในอุตสาหกรรม	4.60	0.49
4.4 แบบฝึกหัดสามารถช่วยให้เข้าใจเนื้อหามากขึ้น	4.60	0.49
4.5 ชุดสาธิตมีสมรรถนะเหมาะสมกับงานด้านการเรียนการสอน	4.80	0.40
รวมด้านที่ 4	4.68	0.45

ตารางที่ 7 ผลรวมการประเมินความเหมาะสมของโครงการน ทั้ง 4 ด้าน

หัวข้อการประเมิน	ผลการประเมิน	
	ค่าเฉลี่ย	ค่า S.D.
รวมทั้ง 4 ด้าน	4.40	0.51

4. สรุป

ผลการทำโครงการการออกแบบและสร้างชุดสาธิตหุ่นยนต์เดลด้า 3 แกน พบว่า

5.1.1 ชุดสาธิตหุ่นยนต์เดลด้า 3 แกน ขณะที่ไม่มีภาระ มีค่าเฉลี่ย ความคลาดเคลื่อนในแนวแกน X, Y และ Z เท่ากับ 0.15, 0.12 และ 0.08 มิลลิเมตร ตามลำดับและมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวแกน X

เท่ากับ 0.06, แกน Y เท่ากับ 0.07 และแกน Z เท่ากับ 0.04 มิลลิเมตร ในขณะที่มีภาระ 300 กรัม ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนในแนวแกน X เท่ากับ 0.16, แกน Y เท่ากับ 0.13 และแกน Z เท่ากับ 0.03 มิลลิเมตร และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวแกน X,Y และ Z เท่ากับ 0.06, 0.08 และ 0.03 มิลลิเมตร ตามลำดับ ซึ่งค่าความคลาดเคลื่อนทั้งสองกรณีมีค่าไม่เกิน ± 1 มิลลิเมตร ตามที่ได้กำหนดไว้ในสมมติฐาน

5.1.2 ความเหมาะสมของชุดสาธิตหุ่นยนต์เดลด้า 3 แกน ทำการประเมินโดยใช้เกณฑ์การประเมินแบบ Likert ซึ่งผลการประเมินชุดสาธิตมีการประเมินแยกออกเป็น 4 ด้านคือ

5.1.2.1 ความเหมาะสมด้านลักษณะทางกายภาพของชุดสาธิต อยู่ในระดับความเหมาะสมเท่ากับ 4.40 และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.53 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ความเหมาะสมมาก

5.1.2.2 ความเหมาะสมด้านการใช้งานชุดสาธิต อยู่ในระดับความเหมาะสมเท่ากับ 4.27 และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.50 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ความเหมาะสมมาก

5.1.2.3 ความเหมาะสมด้านการบำรุงรักษาของชุดสาธิต อยู่ในระดับความเหมาะสมเท่ากับ 4.36 และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.57 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ความเหมาะสมมาก

5.1.2.4 ความเหมาะสมด้านการเป็นชุดสาธิตที่ดีอยู่ระดับความเหมาะสมเท่ากับ 4.68 และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.45 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ความเหมาะสมมากที่สุด

5. กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี โดยได้รับความช่วยเหลือของอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ รศ.ดร. วชิรนทร์ โพธิ์เงิน และอาจารย์สันติ หุตะมาน ที่ได้ให้คำปรึกษาตลอดจนคำแนะนำและได้ช่วยเหลือสนับสนุนอุปกรณ์ต่างๆมาโดยตลอด ซึ่งมีประโยชน์ต่อการจัดทำโครงการเป็นอย่างมากขอขอบคุณอาจารย์ชานากานต์ แคล้วอ้อม อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สาขาวิชาเมคคาทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ช่วยแนะนำแนวทางให้ความรู้เกี่ยวกับหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติ และยังคงยึดเหนี่ยวในสิ่งที่ผิดขอขอบคุณนายณรงค์ฤทธิ์ น้อยสุเมธที่ช่วยเหลือและให้ความรู้ในเรื่องของการผลิตชิ้นส่วนงานกล ขอขอบคุณ ผศ.ชาญชัย ภูริปัญญา, ดร.วนายุทธิ์ แสงเงิน, อาจารย์เสมา พัฒนนิมจากมหาวิทยาลัยศรีปทุมและนายปรการ กาณจนวดี คณะกรรมการสาขาคอมพิวเตอร์ วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (วสท.) และเป็นที่ปรึกษาบริษัท บริษัทเมเซอร์โทรนิคส์ จำกัด เป็นอย่างมาก ที่ช่วยเหลือในการประเมินความเหมาะสมของโครงการขอขอบคุณคณะครูอาจารย์ เจ้าหน้าที่ทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการช่วยเหลือด้านต่างๆของโครงการนี้ ขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ น้องๆ สาขาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือทุกท่านที่มีส่วนร่วมช่วยเหลือในโครงการครั้งนี้

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา พี่ชายและน้องชาย ที่คอยเป็นแรงบันดาลใจในการทำโครงการ ให้โอกาสในการศึกษาตลอดจนการสนับสนุนด้านการเงิน และทางผู้จัดทำหวังว่าโครงการฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจและเป็นแนวทางในการพัฒนาต่อไป

6. เอกสารอ้างอิง

ภาษาไทย

- [1] อนุชา ธีรวิวัฒน์. “การควบคุมอัตโนมัติและการประยุกต์ใช้พีแอลซี”. กรุงเทพฯ : ห้างหุ้นส่วนรัตนนิต จำกัด, 2551.
- [2] กฤษดา วิเศษธีรานนท์. “การควบคุมซีคอนซ์และ PLC”. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ ส.ส.ท. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2546.
- [3] ชีรศิลป์ ทุมวิภาต และสุภาพร จำปาทอง. “เรียนรู้ PLC ขั้นต้นด้วยตนเอง”. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น, 2545.
- [4] ณรงค์ ดันชีวะวงศ์. “ระบบ PLC”. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ ส.ส.ท. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2544.
- [5] พนม บุญไหล. “เขียนแบบไฟฟ้าด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์”. กรุงเทพฯ : บริษัทพัฒนาวิชาการ (2535) จำกัด, 2528.
- [6] กานดา พูนลาภทวี. “สถิติเพื่อการวิจัย”. กรุงเทพฯ : พิลิกส์เซ็นเตอร์การพิมพ์, 2528.
- [7] บุญชม ศรีสะอาด. “การวิจัยเบื้องต้น”. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น, 2535.
- [8] บุญชม ศรีสะอาด. “การวิจัยเบื้องต้น”. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น, 2554.

ภาษาอังกฤษ

- [9] J. Fulcher, An Introduction to Microcomputer Systems : Architecture and Interfacing. Addison-Wesley, Sydney, 1989.
- [10] S. Mackay, E. Wright, D. Reynders and J. Park, Practical Industrial Data Network: Design, Installation and Troubleshooting. IDC Technologies, Perth, 2004.
- [11] J.E Goldman and P.T Rawles, Applied Data Communications. Addison-Wesley, New York, 2001.

อินเทอร์เน็ต

- [12] <http://en.wikipedia.org/wiki/Composites>
- [13] http://www.neutron.rmutphysics.com/news/index.php?option=com_content&task=view&id=1608
- [14] http://www.coe.or.th/e_engineers/knc_detail.php?id=17
- [15] <http://www.easzyzonecorp.net/network/view.php?ID=177>
- [16] <http://www.bloggang.com/viewblog.php?id=nu mpuang&date=10-06-2009&group=10&gblog=9>
- [17] http://www.student.chula.ac.th/~49370425/new_page_3.htm
- [18] <http://portal.in.th/elec69/pages/6182/>
- [19] <http://www.easzyzonecorp.net/network/view.php?ID=183>
- [20] <http://www.thailandindustry.com/guru/view.php?id=7318§ion=9&rcount=Y>
- [21] http://www.factlink.com/mem_content.php?pl=h&mem=00003201&page=00009633
- [22] <http://eu.lib.kmutt.ac.th/elearning/Courseware/TEN333/pdf/lesson2.pdf>
- [23] <http://www.thailandindustry.com/guru/view.php?id=19155§ion=9>
- [24] www.ops-ecat.schneider-electric.com/ecatalogue/browse.do?cat_id=BU_AUT_2302_L3&el_typ=pro

duct&nod_id=0000000025&prd_id=BMH0701T1
2A1A&scp_id=Z000

- [25] http://www.ops-ecat.schneider-electric.com/ecatalogue/browse.do?cat_id=BU_AUT_2302_L3&conf=seo&el_typ=product&nod_id=0000000008&prd_id=LXM32AU90M2&scp_id=Z000
- [26] http://www.ops-ecat.schneider-electric.com/ecatalogue/browse.do?cat_id=BU_AUT_2730_L3&conf=seo&el_typ=product&nod_id=0000000006&prd_id=TM258LF42DT4L&scp_id=Z000
- [27] <http://www.kru-aor.com/ChemTips/epoxy.html>
- [28] http://digi.library.tu.ac.th/thesis/en/0011/20APPENDIX_E.pdf
- [29] <http://www.bayt.com/en/specialties/q/21399/what-is-the-differences-between-can-bus-and-can-open-protocol-and-can-we-use-the-tow-protocol-in-one-machine-or-industrial-line/>
- [30] http://www.thaiio.com/CANinfo_thai.html

7. ประวัติ

สุรัมภา จารัตน์ ปริญญาตรีครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
พระนครเหนือ

อนันต์ เกิดสิน ปริญญาตรีครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
พระนครเหนือ

รศ.ดร.วัชรินทร์ โพธิ์เงิน อาจารย์ประจำสาขาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
พระนครเหนือ

อาจารย์สันติ หุตะมาน อาจารย์ประจำสาขาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
พระนครเหนือ