



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

เรื่อง การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดทดลอง การควบคุมเซอร์โวมอเตอร์
โดย นายเสนีย์ เทียนเรียว

ได้รับอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเครื่องกล

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(อาจารย์ ดร.มงคล หวังสถิตย์วงศ์)

21 พฤษภาคม 2550

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุราษฎร์ พรหมจันทร์)

กรรมการ

(อาจารย์จรัสศักดิ์ วิตตะ)

กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริพรรณ ชงชัย)

กรรมการ

(รองศาสตราจารย์วันชัย จันทร์วงศ์)

การสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดประลอง เรื่องการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์

นายเสนีย์ เทียนเขียว

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเครื่องกล ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล
บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ปีการศึกษา 2549
ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ชื่อ : นายเสนีย์ เทียนเรียว
ชื่อวิทยานิพนธ์ : การสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดประลอง เรื่อง การควบคุมเซอร์โวมอเตอร์
สาขาวิชา : เครื่องกล
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ .ดร. สุราษฎร์ พรหมจันทร์
: อาจารย์ จิระศักดิ์ วิตตะ
ปีการศึกษา : 2549

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดประลอง เรื่อง การควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ เพื่อใช้ในการเรียนการสอนในวิชา วิศวกรรมการขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าและระบบเซอร์โว รหัสวิชา 213336 ของนักศึกษาหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ซึ่งชุดประลองจะประกอบด้วยตัวเครื่องชุดประลอง พร้อมเอกสารที่จำเป็นสำหรับการฝึกปฏิบัติการประลอง ชุดประลองจะถูกประเมินในด้านต่างๆ ดังนี้คือ ประสิทธิภาพของตัวเครื่องทางด้านความเชื่อถือได้ในการนำไปใช้ประลอง ซึ่งพบว่าผลที่ได้จากทดสอบนั้นไม่ต่างกันนั้นคือชุดประลองมีความเชื่อถือได้ในการนำไปใช้ทดลองควบคุมการทำงาน การทดสอบความคลาดเคลื่อนของการควบคุมตำแหน่งไม่พบค่าความเคลื่อน การควบคุมความเร็วมีความคลาดเคลื่อนสูงสุดอยู่ที่ +10.8 และ -12 cm/min. การควบคุมแรงบิดมีความคลาดเคลื่อนสูงสุด +0.006 และ -0.0087 N-mm. การประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญพบว่าค่าเฉลี่ยในแต่ละด้านอยู่ในช่วง 4.035-4.172 ซึ่งอยู่ในระดับดีตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ การประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์ในแต่ละข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เป็น 1 ประสิทธิภาพการนำไปใช้ในการสอนทางด้านบทเรียน ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยระหว่างเรียนเป็น 90.21 และหลังเรียน 88.06 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ 80/80 และพบผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น โดยการวิเคราะห์ด้วยสถิติ (t-test) ที่ระดับความเชื่อมั่น .01

(วิทยานิพนธ์นี้มีจำนวนทั้งสิ้น 201 หน้า)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

Name : Mr. Senee Tienriew
Thesit Title : The Construction and Efficiency Evaluation of Experimental in the
Topic Servo Motor Control
Major Field : Mechanical Technology
King Monkut's Insutitute of Thechnology North Bankok
Thesis Advisors : Associate Professor Dr. Surat Promchun
: Mr. Jirasak Vitta
Academic Year : 2006

Abstract

This research was aimed to building and evaluates the efficiency of an experimental set on servo motor control. The experiment is a part of Electric Drive and Servo Systems Engineering (213336) for the Bachelor of Science in Technical Education Program in Mechatronic Engineering, King Mongkut's Institute of Technology, North Bangkok.

The testing set comprises a testing tool with testing instruction manuals. Various aspects of the testing set are evaluated – efficiency of the testing set in terms of reliability. Findings from the test are not different. In other words, the testing set is reliable as it's tested for its control reliability. Testing the control discrepancy and no discrepancy is found. Speed control features maximal discrepancy at +10.8 and -12 cm/min. Torque control features maximal discrepancy at +0.006 and -0.0087 N-mm. Quality evaluation by specialists shows an average of 4.035-4.172 for every aspect, classified as good according to the criteria set. Evaluation of the compliance of the testing tools and each objective shows an IOC at 1. Efficiency to use as instruction media in percentile is 90.21 during the course instruction and 88.06 after the instruction, higher than the criteria set at 80/80. The test also shows that learners have gained better results. The tests are evaluated and analyzed by a t-test tool at the reliability level of .01

(Total 201 pages)

Keyword : PLC, Servo motor

Advisor

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ได้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีจากความช่วยเหลืออย่างค้ำจุนของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุราษฎร์ พรหมจันทร์ และ อาจารย์จิรศักดิ์ วิตตะ อาจารย์ที่ปรึกษา วิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำแนะนำแนวทางในการดำเนินการวิจัย ข้อคิดเห็นต่างๆ ข้อมูลที่จำเป็น และ อุปกรณ์บางส่วนสำหรับการทำชุดทดลอง ตลอดจนตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา ผู้วิจัย ขอกราบขอบพระคุณมาเป็นอย่างสูง ณ ที่นี้

ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปานเพชร ชินินทร สำหรับการให้การสนับสนุน ทางด้านต่าง ๆ ตลอดจนข้อแนะนำที่จำเป็นสำหรับการทำวิจัย

ขอขอบคุณผู้เชี่ยวชาญทุก ๆ ท่านที่กรุณาเสียสละเวลาเพื่อร่วมกันทำการประเมิน ชุดทดลอง และให้คำแนะนำต่าง ๆ ณ ห้องประลองนิวมेटริกส์ ของภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ท้ายนี้ผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งต่อความเอาใจใส่ การให้กำลังใจและสนับสนุนจาก ทุก ๆ ท่านในครอบครัวของผู้วิจัยเอง ทั้งทางด้านทุนในการทำวิจัย และให้การช่วยเหลือทางด้าน ต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาการศึกษา

เสนีย์ เทียนเขียว

สารบัญ

| | หน้า |
|--|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย | ข |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ | ค |
| กิตติกรรมประกาศ | ง |
| สารบัญตาราง | ช |
| สารบัญภาพ | ญ |
| | |
| บทที่ 1 บทนำ | 1 |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย | 3 |
| 1.3 สมมุติฐาน | 3 |
| 1.4 ขอบเขตในการศึกษา | 4 |
| 1.5 คำจำกัดความในงานวิจัย | 5 |
| 1.6 ประโยชน์หรือผลที่คาดว่าจะได้รับ | 5 |
| บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 6 |
| 2.1 ความหมายของสื่อการสอน | 6 |
| 2.2 การเลือกใช้สื่อการสอน | 7 |
| 2.3 ความหมายของชุดทดลอง | 8 |
| 2.4 วิธีการสอนทดลอง | 8 |
| 2.5 วัตถุประสงค์ของการสอนแบบทดลอง | 9 |
| 2.6 การออกแบบและสร้างชุดทดลอง | 9 |
| 2.7 การประเมินคุณภาพชุดทดลอง | 10 |
| 2.8 ความหมายของวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม | 14 |
| 2.9 การประยุกต์ใช้ Servo motor ในงานอุตสาหกรรม | 18 |
| 2.10 ชนิดของ Servo motor | 19 |
| 2.11 AC servo motor | 22 |
| 2.12 การควบคุมการทำงานของ Servo motor | 23 |
| 2.13 Encoder | 25 |
| 2.14 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 30 |

สารบัญ (ต่อ)

| | หน้า |
|--|------|
| บทที่ 3 วิธีการวิจัย | 33 |
| 3.1 ศึกษาทฤษฎีและข้อมูลเพื่อเตรียมการวิจัย | 33 |
| 3.2 กำหนดประชากรและเลือกกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย | 35 |
| 3.3 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย | 36 |
| 3.4 การกำหนดการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล | 44 |
| 3.5 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้สำหรับการวิจัย | 46 |
| บทที่ 4 ผลของการวิจัย | 53 |
| 4.1 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของตัวเครื่องของชุดทดลอง | 53 |
| 4.2 การวิเคราะห์เพื่อประเมินคุณภาพของชุดทดลองโดยความคิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญ | 61 |
| 4.3 การวิเคราะห์เพื่อประเมินประสิทธิภาพของชุดทดลองในการทำไปสอน | 67 |
| บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ | 73 |
| 5.1 สรุปผลการวิจัย | 73 |
| 5.2 อภิปรายผล | 75 |
| 5.3 ข้อเสนอแนะ | 78 |
| บรรณานุกรม | 79 |
| ภาคผนวก ก | 83 |
| รายละเอียดของหลักสูตรรายวิชา | 84 |
| การวิเคราะห์หัวข้อเรื่อง | 85 |
| การวิเคราะห์งานทดลอง | 86 |
| การวิเคราะห์รายการความสามารถ | 89 |
| การวิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม | 105 |
| ภาคผนวก ข | 107 |
| ชุดทดลองการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ | 108 |
| โครงสร้างส่วนประกอบตัวเครื่อง (Servo motor station) | 109 |
| โครงสร้างส่วนประกอบชุดควบคุม (Control unit) | 114 |
| ตัวอย่างใบเนื้อหา งานทดลองที่ 1 | |

สารบัญ (ต่อ)

| | หน้า |
|--|------|
| ตัวอย่างใบเนื้อหา งานประลองที่ 6 | 121 |
| ตัวอย่างใบประลองที่ 6 | 132 |
| ตัวอย่างใบเฉลยงานประลอง ที่ 6 | 140 |
| ภาคผนวก ค | 151 |
| รายนามผู้เชี่ยวชาญ | 152 |
| หนังสือแต่งตั้งผู้เชี่ยวชาญ | 153 |
| ภาคผนวก ง | 161 |
| แบบบันทึกผลการทดสอบการควบคุมตำแหน่ง | 162 |
| แบบบันทึกผลการทดสอบการควบคุมความเร็ว | 163 |
| แบบบันทึกผลการทดสอบการควบคุมแรงบิด | 165 |
| แบบประเมินคุณภาพของชุดประลอง โดยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ | 166 |
| แบบประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์ | 170 |
| กำหนดการทดสอบวัดความก้าวหน้าทางการเรียน | 174 |
| ตัวอย่าง แบบทดสอบวัดผลการเรียน การทดสอบย่อยครั้งที่ 2 | 175 |
| ตัวอย่าง เฉลยการทดสอบย่อยครั้งที่ 2 | 180 |
| ตัวอย่าง แบบประเมินผลการทดสอบย่อยครั้งที่ 2 | 185 |
| ตัวอย่าง แบบทดสอบวัดผลหลังเรียน | 187 |
| ตัวอย่าง เฉลยการทดสอบวัดผลหลังเรียน | 194 |
| ตัวอย่าง แบบประเมินวัดผลหลังเรียน | 198 |
| ประวัติผู้วิจัย | 201 |

สารบัญตาราง

| ตารางที่ | หน้า |
|---|------|
| 4-1 การวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนจากผลการทดสอบการควบคุมตำแหน่ง การเคลื่อนที่ | 53 |
| 4-2 การวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนจากผลการทดสอบการควบคุมความเร็ว | 54 |
| 4-3 การวิเคราะห์ความเชื่อถือได้ในการทดสอบการควบคุมความเร็ว | 56 |
| 4-4 การวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนจากผลการทดสอบแรงบิดของชุดประลอง | 59 |
| 4-5 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย จากข้อมูลการทดสอบการควบคุม แรงบิดของข้อมูล 2 ชุด | 60 |
| 4-6 การวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดประลองในแต่ละ ระดับเป็นรายข้อ | 61 |
| 4-7 ผลการวิเคราะห์การประเมินความสอดคล้องของวัตถุประสงค์กับ แบบทดสอบย่อยที่ 1 | 65 |
| 4-8 ผลการวิเคราะห์การประเมินความสอดคล้องของวัตถุประสงค์กับ แบบทดสอบย่อยที่ 2 | 65 |
| 4-9 ผลการวิเคราะห์การประเมินความสอดคล้องของวัตถุประสงค์กับ แบบทดสอบย่อยที่ 3 | 66 |
| 4-10 ผลการวิเคราะห์การประเมินความสอดคล้องของวัตถุประสงค์กับ แบบทดสอบย่อยที่ 4 | 66 |
| 4-11 ผลการวิเคราะห์การประเมินความสอดคล้องของวัตถุประสงค์กับ แบบทดสอบหลังเรียน | 66 |
| 4-12 ประสิทธิภาพของบทเรียน จากร้อยละของคะแนนเฉลี่ย | 71 |
| 4-13 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน | 72 |
| ก-1 รายการหัวข้อเรื่อง | 85 |
| ก-2 การวิเคราะห์หัวข้อเรื่อง การควบคุมการขับเคลื่อนเซอร์โวมอเตอร์ | 86 |
| ก-3 การวิเคราะห์งานสำหรับการควบคุมการขับเคลื่อนเซอร์โวมอเตอร์ และการประยุกต์ใช้ในงานอุตสาหกรรม | 87 |
| ก-4 รายการความสามารถ ระดับความรู้ และระดับความรู้ทักษะ งานประลองที่ 1 | 89 |

สารบัญตาราง (ต่อ)

| ตารางที่ | หน้า |
|---|------|
| ก-5 รายการความสามารถ ระดับความรู้ และระดับความรู้ทักษะ งานประลองที่ 2 | 93 |
| ก-6 รายการความสามารถ ระดับความรู้ และระดับความรู้ทักษะ งานประลองที่ 3 | 95 |
| ก-7 รายการความสามารถ ระดับความรู้ และระดับความรู้ทักษะ งานประลองที่ 4 | 97 |
| ก-8 รายการความสามารถ ระดับความรู้ และระดับความรู้ทักษะ งานประลองที่ 5 | 98 |
| ก-9 รายการความสามารถ ระดับความรู้ และระดับความรู้ทักษะ งานประลองที่ 6 | 99 |
| ก-10 รายการความสามารถ ระดับความรู้ และระดับความรู้ทักษะ งานประลองที่ 7 | 101 |
| ก-11 รายการความสามารถ ระดับความรู้ และระดับความรู้ทักษะ งานประลองที่ 8 | 102 |
| ก-12 รายการความสามารถ ระดับความรู้ และระดับความรู้ทักษะ งานประลองที่ 9 | 103 |
| ก-13 การวิเคราะห์วัตถุประสงค์ทางด้านปฏิบัติ | 104 |

สารบัญภาพ

| ภาพที่ | หน้า |
|--|------|
| 2-1 หุ่นยนต์อุตสาหกรรม ขับเคลื่อนด้วย AC-servo motor | 18 |
| 2-2 CNC Machine tool | 19 |
| 2-3 ชนิดของ servo motor | 20 |
| 2-4 AC servo motor | 21 |
| 2-5 ภาพตัดตามแนวยาวของ DC servo motor | 22 |
| 2-6 ภาพตัดตามแนวยาวของ AC servo motor | 22 |
| 2-7 ส่วนประกอบหลักของ AC servo motor | 24 |
| 2-8 pulse train signal command | 24 |
| 2-9 Analog input (full close loop) | 25 |
| 2-10 Rotary encoder | 26 |
| 2-11 โครงสร้างภายในของคีย์ทาโคเจนเนอร์เรเตอร์ | 27 |
| 2-12 โครงสร้างของรีโซลเวอร์ | 28 |
| 2-13 Incremental encoder | 29 |
| 2-14 Absolute encoder | 30 |
| 3-1 ขั้นตอนการวิเคราะห์หลักสูตรรายวิชา | 34 |
| 3-2 ขั้นตอนการสร้างชุดประลองการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ | 38 |
| 3-3 ขั้นตอนการสร้างเอกสารประกอบชุดประลอง | 40 |
| 3-4 ขั้นตอนการสร้างแบบบันทึกผลการทดสอบ | 41 |
| 3-5 ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินคุณภาพของชุดประลอง โดยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ | 42 |
| 3-6 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน | 43 |
| 3-7 ขั้นตอนการทดสอบความเชื่อถือได้ของการทดลองขอชุดประลอง | 44 |
| 3-8 ขั้นตอนการประเมินคุณภาพของชุดประลองโดยผู้เชี่ยวชาญ | 45 |
| 3-9 ขั้นตอนการปฏิบัติในการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน | 46 |
| 3-10 ขั้นตอนการปฏิบัติในการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน | 46 |

สารบัญภาพ (ต่อ)

| ภาพที่ | หน้า |
|---|------|
| 4-1 ค่าความคลาดเคลื่อนในการทดสอบการควบคุมความเร็ว | 56 |
| 4-3 ค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุด และต่ำสุด จากผลการทดสอบ แรงบิดของชุดประลอง | 59 |
| 4-4 ค่าเฉลี่ยและความหมายของค่าเฉลี่ยในแต่ละช่วงจากความคิดเห็น ของผู้เชี่ยวชาญเป็นรายชื่อ | 63 |
| 4-5 ค่าเฉลี่ยและความหมายของค่าเฉลี่ยในแต่ละช่วงจากความคิดเห็น ของผู้เชี่ยวชาญในแต่ละด้าน | 64 |
| 4-6 ผลการวิเคราะห์การทำแบบทดสอบย่อยครั้งที่ 1 | 68 |
| 4-7 ผลการวิเคราะห์การทำแบบทดสอบย่อยครั้งที่ 2 | 68 |
| 4-8 ผลการวิเคราะห์การทำแบบทดสอบย่อยครั้งที่ 3 | 69 |
| 4-9 ผลการวิเคราะห์การทำแบบทดสอบย่อยครั้งที่ 4 | 70 |
| 4-10 ผลการวิเคราะห์การทำแบบทดสอบหลังเรียน | 70 |
| 4-11 ผลการวิเคราะห์การทำแบบทดสอบ | 71 |
| ก-1 ความสัมพันธ์ของหัวข้อเรื่องกับใบประลอง | 86 |

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตในประเทศไทยมีความก้าวหน้าอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะการนำเอาเทคโนโลยีทางด้านเครื่องจักรกลอัตโนมัติมาใช้ในสายการผลิต แม้แต่ในอุตสาหกรรมขนาดเล็กถึงขนาดกลาง การดำเนินการดังกล่าวอยู่บนพื้นฐานของความต้องการประสิทธิภาพและประสิทธิผล (Productivity) ของโรงงานซึ่งอาจแสดงให้เห็นถึงต้นทุนการผลิต คุณภาพมาตรฐาน ความสามารถในการปรับอัตราความสามารถในการผลิตให้สอดคล้องกับความต้องการของตลาด และคำนึงถึงความปลอดภัย

การตื่นตัวและสนใจการใช้เครื่องจักรอัตโนมัติมีมากขึ้น สิ่งที่ต้องคำนึงถึงควบคู่กันไปเกี่ยวกับการใช้ระบบอัตโนมัติ คือการวางแผนกำลังคนเพื่อให้มีความรู้ความสามารถเหมาะสม และสอดคล้องพร้อมที่จะรับการถ่ายทอดเทคโนโลยี รวมทั้งมีความสามารถในการใช้อย่างมีประสิทธิภาพซึ่งจะทำให้สามารถแข่งขันกับคนอื่น ๆ ได้

สำหรับประสิทธิภาพเกี่ยวกับการนำเครื่องจักรอัตโนมัติใช้ในกระบวนการผลิตนั้น ถือได้ว่าเป็นอีกส่วนหนึ่งที่สามารถชี้วัดถึงความสำเร็จในกระบวนการผลิต ซึ่งประสิทธิภาพดังกล่าวสามารถวัดได้จาก KPI บางตัว ซึ่งได้แก่ OEE จากการพิจารณาองค์ประกอบต่างๆ ของ OEE พบว่าแต่ละส่วนประกอบย่อยของกระบวนการที่เกี่ยวข้องนั้น จะค่อนข้างเกี่ยวข้องกับบุคลากรในหลายๆ ส่วน ซึ่งคนเหล่านั้นจะต้องมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวข้องกับเครื่องจักรกลอัตโนมัติที่นำมาใช้เป็นอย่างดี เนื่องจากด้วยองค์ประกอบของเครื่องจักรกลอัตโนมัตินั้น สร้างขึ้นมาบนพื้นฐานในหลายๆ สาขาวิชา ดังนั้นบุคลากรที่จะต้องมาใช้งานจะต้องมีความรู้ความสามารถที่หลากหลายและครอบคลุมเพียงพอ สำหรับบุคลากรที่มาจากสถาบันการศึกษา ถือได้ว่าในสาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ เป็นอีกสาขาหนึ่งที่มีพื้นฐานความรู้ที่เกี่ยวข้องกับจักรกลอัตโนมัติ ซึ่งสามารถรองรับกับงานดังกล่าวได้เป็นอย่างดี

เนื่องด้วยสาขาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ เป็นอีกสาขาวิชาหนึ่ง ที่ได้มุ่งเน้นผลิตบุคลากรให้มีความรู้ ความสามารถเพียงพอต่อเทคโนโลยีทางด้านจักรกลอัตโนมัติ ซึ่งทางคณะกรรมการอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือได้

เล็งเห็นความสำคัญ ความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ทันสมัย จึงได้จัดหลักสูตรการเรียนการสอนทางด้านสาขาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ หลักสูตร พ.ศ. 2546 เพื่อผลิตบัณฑิตที่มีความรู้ ความสามารถทางด้านแมคคาทรอนิกส์ ที่จะสามารถวางแผนออกแบบพัฒนา และประยุกต์ใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาทางด้านวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ได้ ทั้งยังเป็นครูช่างอุตสาหกรรม ที่สามารถถ่ายทอดความรู้ทั้งในภาคทฤษฎีและปฏิบัติในสาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สำหรับเครื่องจักรกลอัตโนมัติ อุปกรณ์ทำงาน (Actuators) ถูกนำมาใช้ด้วยกันหลายประเภท ด้วยคุณสมบัติและความเหมาะสมทางด้านราคา อุปกรณ์ทำงานแต่ละแบบจะถูกเลือกใช้ตามความเหมาะสมตามโครงสร้างส่วนประกอบเครื่องจักร สำหรับความต้องการความเที่ยงตรง และแม่นยำในการทำงานสูง (High Precision) สามารถควบคุมตำแหน่งการทำงานได้หลากหลาย (Multi-Point Positioning control) เซอร์โวมอเตอร์ (servo motor) จะเป็นตัวหนึ่งที่ถูกนำมาพิจารณา ด้วยคุณสมบัติและความสามารถของอุปกรณ์ทำงานดังกล่าว จึงเป็นที่นิยมใช้กับเครื่องจักร (CNC) และหุ่นยนต์ในงานอุตสาหกรรมอย่างมาก

สำหรับความรู้และทักษะที่จำเป็นเกี่ยวกับเซอร์โวมอเตอร์ (servo motor) ได้ถูกบรรจุเข้าเป็นส่วนหนึ่งของสาขาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ ในวิชาเลือก กลุ่มวิชาเทคนิค ชื่อวิชาวิศวกรรม การขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าและระบบเซอร์โว (Electric Drive and Servo System Engineering) 3(2-2) รหัสวิชา 213336 โดยมีรายละเอียดของคำอธิบายรายวิชาคือ “การควบคุมความเร็วรอบและระยะการหมุนของเครื่องจักรกลไฟฟ้ากระแสตรงแบบหลายควอดแดรนต์ การควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์เหนี่ยวนำ การควบคุมการขับเคลื่อนเซอร์โวมอเตอร์ การควบคุมการขับเคลื่อนมอเตอร์แบบไร้แปรงถ่าน การควบคุมการขับเคลื่อนสเต็ปเปอร์มอเตอร์และการประยุกต์ใช้งานอุตสาหกรรม”

ในส่วนของเนื้อหาการควบคุมการขับเคลื่อนเซอร์โวมอเตอร์ (Servo motor) จากคำอธิบายรายวิชา นักศึกษาจำเป็นต้องทำการฝึกปฏิบัติทดลองเพื่อให้เกิดความรู้-ทักษะ ดังที่ ร.ศ. สุชาติ สิริสุขไพบูลย์ (2526:2) ได้กล่าวเกี่ยวกับการฝึกปฏิบัติไว้ว่า “การปฏิบัติหากได้มีการกระทำบ่อยเพียงใด ย่อมจะมีผลให้ผู้เรียนได้เรียนรู้คงทนมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการสอนทักษะปฏิบัติ จำเป็นที่จะต้องให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติจริง เพื่อให้เกิดความชำนาญ” สุวัฒน์ พุทธเมธา (2523:193) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของการสอนด้วยการทดลองปฏิบัติได้เป็นข้อๆ ดังนี้

1. เป็นการปลูกฝังให้ผู้เรียนมีนิสัยในการค้นคว้า ไม่เชื่ออะไรง่าย
2. ให้ผู้เรียนได้รู้วิธีการทดลองเพื่อค้นคว้าหาข้อเท็จจริงตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
3. ผู้เรียนเกิดประสบการณ์ตรง เป็นการสร้างวิธีที่ดีในการเรียนรู้ด้วยตนเอง

4. เกิดความสนใจในบทเรียน เพราะเป็นการเรียนจากสิ่งที่เป็นจริง
5. เกิดการพัฒนาทางด้านทักษะการใช้เครื่องมือ และการจัดกระบวนการ
6. เกิดการเรียนรู้ได้แจ่มแจ้ง แม่นยำสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้
7. มีความเชื่อมั่นในตนเอง ไม่ได้เป็นผู้ที่คอยอาศัยแต่ผู้อื่น

จากการสำรวจเครื่องมืออุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการฝึกปฏิบัติการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ พบว่า ทางภาควิชาช่างอุตสาหกรรมรวมทั้งเอกสารประกอบการสอนต่างๆ ที่จำเป็น ซึ่งเมื่อพิจารณาชุดทดลองที่มีขายในปัจจุบัน พบว่ารูปแบบของชุดทดลองดังกล่าวไม่ครอบคลุมกับการทดลองที่จำเป็นในการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ ทั้งกิจกรรมที่จะเกิดกับการทดลองสามารถทำได้น้อย ซึ่งไม่เพียงพอที่จะทำให้ผู้เรียนเกิดความรู้-ทักษะในการทดลองปฏิบัติได้

มนต์ชัย เทียนทอง(2530:69-70) ได้กล่าวเกี่ยวกับแนวทางการจัดสร้าง จัดหาชุดทดลอง หรืออุปกรณ์ทดลองสำหรับการจัดการเรียนการสอนไว้ว่า “การออกแบบสร้างชุดทดลองเพื่อใช้ในการเรียนการสอน จะต้องพิจารณาองค์ประกอบทุกด้านที่เกี่ยวข้อง ที่สำคัญได้แก่ การวิเคราะห์วัตถุประสงค์ของบทเรียนว่าเนื้อหาหลัก ต้องการอะไร ผู้เรียน “ต้องมีกิจกรรมอย่างไร” จึงจะแสดงว่าบรรลุวัตถุประสงค์ ถ้าต้องการแสดงออกด้วยผลการทดลองค้นคว้า หรือหาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ซึ่งจำเป็นต้องใช้ชุดทดลองประกอบ ก็จะต้องสร้างชุดทดลอง โดยออกแบบขึ้นเอง หรือดัดแปลงแก้ไขแบบที่มีอยู่

จากเหตุผลและความจำเป็นในการใช้ชุดทดลองในการเรียนการสอนทางการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ ซึ่งยังไม่มีใช้ในภาควิชา ทั้งรูปแบบของชุดทดลองที่มีขายในปัจจุบันรองรับกับกิจกรรมในการฝึกทดลองได้น้อย และไม่ครอบคลุมหัวข้อเรื่องที่จำเป็นในควบคุมการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ ผู้วิจัยจึงให้ความสนใจที่จะสร้างชุดทดลองการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ที่มีรูปแบบที่ครอบคลุมความรู้และทักษะที่จำเป็นต่อการนำไปประยุกต์ใช้งาน และมีประสิทธิภาพเพื่อนำไปใช้ในการเรียนการสอนต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพการใช้งานชุดทดลองการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์
- 1.2.2 เพื่อประเมินคุณภาพของชุดทดลองโดยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
- 1.2.3 เพื่อประหาประสิทธิภาพของชุดทดลองในการเรียนการสอน

1.3 สมมุติฐาน

- 1.3.1 ชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพทางด้านความเชื่อถือในการนำไปใช้ทดลอง โดยค่าเฉลี่ยของผลการทดลองในแต่ละครั้งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

1.3.2 ผลการประเมินคุณภาพของชุดประลองโดยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญในระดับดี

1.3.3 ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ไม่น้อยกว่า 0.5

1.3.4 ผลการการนำชุดประลองที่สร้างขึ้นไปใช้ในการสอนมีประสิทธิภาพของบทเรียนตามเกณฑ์ที่กำหนด 80/80 โดยที่ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น โดยมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

1.4 ขอบเขตในการศึกษา

1.4.1 ชุดประลองการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ มีขอบเขตของการทดลองดังนี้

1.4.1.1 การควบคุมตำแหน่งการทำงาน (Positioning control)

1.4.1.2 การควบคุมความเร็ว (speed control)

1.4.1.3 การควบคุมแรงบิด (Torque control)

1.4.1.4 การควบคุมการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ร่วมกับอุปกรณ์อื่นๆ ได้แก่ กระจบอกลม หัวจับสูญญากาศ และอุปกรณ์ตรวจจับ

1.4.2 กลุ่มประชากรที่ทำการศึกษา

ประชากรที่ทำการศึกษา ประกอบด้วย 2 กลุ่มด้วยกันคือ กลุ่มผู้เชี่ยวชาญ สำหรับเป็นผู้ประเมินคุณภาพของชุดประลอง และ กลุ่มผู้เรียนหรือผู้ที่จะใช้ชุดประลองในการฝึกปฏิบัติ

1.4.2.1 กลุ่มผู้เชี่ยวชาญ สำหรับการประเมินคุณภาพของชุดประลอง คือผู้ที่มีประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการสอน การสร้างชุดประลอง หรือ ผู้ปฏิบัติการสอนเกี่ยวกับทางด้านการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ และผู้ปฏิบัติงานทางอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานเซอร์โวมอเตอร์

1.4.2.2 กลุ่มผู้เรียนหรือใช้ชุดประลองในการฝึกปฏิบัติ คือ นักศึกษาคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สาขาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1.4.3 การหาประสิทธิภาพของชุดประลอง

1.4.3.1 การหาประสิทธิภาพด้านความเชื่อถือได้ในการทดลอง ได้แก่ การควบคุมตำแหน่งการทำงาน (Positioning control) การควบคุมความเร็ว (Speed control) และ การควบคุมแรงบิด (Torque control)

1.4.3.2 การวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนในการควบคุมการทำงานของชุดเซอร์โวมอเตอร์ ได้แก่ การควบคุมตำแหน่งการทำงาน (Positioning control) การควบคุมความเร็ว (Speed control) และ การควบคุมแรงบิด (Torque control)

1.4.3.3 การประเมินคุณภาพภาพของชุดทดลอง โดยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

1.4.3.4 การประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมโดยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

1.4.3.5 การหาประสิทธิภาพของชุดทดลองจากการนำไปใช้ในการสอน

1.5 คำจำกัดความที่ใช้ในงานวิจัย

1.5.1 ชุดทดลอง หมายถึง ชุดทดลองการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ โดยผู้เรียนมีกิจกรรมร่วม ได้แก่ การทำการทดลอง บันทึกผลการทดลอง คำนวณค่าต่างๆ จากการทดลองเปรียบเทียบกับทฤษฎี รวมถึงการนำเสนอผล และวิเคราะห์ผลจากการทดลอง

1.5.2 เอกสารประกอบการทดลอง หมายถึง เอกสารที่ประกอบด้วย เนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับขั้นตอน และวิธีการทดลอง การบันทึกผลการทดลอง การคำนวณผลการทดลองและการสรุปผลการทดลอง

1.5.3 ประสิทธิภาพของบทเรียนตามเกณฑ์ที่กำหนด 80/80

1. 80 ตัวแรก หมายถึง ประสิทธิภาพของกระบวนการ คิดเป็นร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากคะแนนที่ผู้เรียนทำแบบทดสอบระหว่างเรียนได้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 80

2. 80 ตัวหลัง หมายถึง ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ คิดเป็นร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน ต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 80

1.6 ประโยชน์ หรือผลที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1.6.1 ได้ชุดทดลองการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ สำหรับการใช้ในการเรียนการสอนในวิชาวิศวกรรมการขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าและระบบเซอร์โว รหัสวิชา 213336 สาขาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่มีคุณภาพ

1.6.2 ได้ชุดทดลองที่มีคุณภาพ มีรูปแบบการทดลองที่ครอบคลุมทักษะที่จำเป็นต่อการควบคุมการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยเพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดทดลอง การควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับชุดทดลอง โดยทางผู้วิจัยได้แบ่งรายละเอียดต่างๆ เป็นหัวข้อดังต่อไปนี้

- 2.1 ความหมายของสื่อการสอน
- 2.2 การเลือกใช้สื่อการสอน
- 2.3 ความหมายของชุดทดลอง
- 2.4 วิธีการสอนแบบทดลอง
- 2.5 วัตถุประสงค์ของการสอนแบบทดลอง
- 2.6 การออกแบบและสร้างชุดทดลอง
- 2.7 การประเมินคุณภาพชุดทดลอง
- 2.8 ความหมายของวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
- 2.9 การประยุกต์ใช้ servo motor ในงานอุตสาหกรรม
- 2.10 ชนิดของเซอร์โวมอเตอร์
- 2.11 AC servo motor
- 2.12 การควบคุมการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์
- 2.13 Encoder
- 2.14 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความหมายของสื่อการสอน

จากการศึกษาข้อมูลและรายละเอียดเกี่ยวกับความหมายของสื่อการสอน ที่มีนักการศึกษาได้ให้ความหมายของสื่อการสอนไว้ดังนี้

สื่อ หมายถึง ตัวกลาง หรือพาหะ ที่จะทำให้สิ่งหนึ่งเดินทางไปถึงอีกจุดหนึ่ง ซึ่งเป็นจุดหมายปลายทาง เช่น การส่งข่าวสาร ข้อมูลต่าง ๆ เป็นตัวเชื่อมโยงระหว่างจุดส่ง และจุดรับสาร

การสอน เป็นการกระทำของผู้สอน เพื่อที่จะให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ โดยการส่งสาร หรือ สิ่งบอกกล่าว (Information) ต่าง ๆ แต่การให้สิ่งบอกกล่าวต่าง ๆ ใต้นั้นจะต้องอาศัยตัวกลางหรือ พาหะเป็นเครื่องช่วยจึงเรียกลักษณะนี้ว่าเป็นสื่อการสอน

ตัวกลางที่ใช้ในการส่งสิ่งบอกกล่าวนี้ นอกจากเรียกว่าสื่อการสอนแล้ว ยังมีชื่ออื่น ๆ ที่เรียก แตกต่างกันไป แต่ทำหน้าที่คล้ายคลึงกัน เช่น อุปกรณ์ช่วยสอน (Teaching Aids) สื่อการเรียน การสอน โสตทัศนวัสดุอุปกรณ์ เป็นต้น

สื่อการสอน หมายถึง สิ่งที่ใช้ช่วยในการเรียนรู้ ซึ่งครูและนักเรียนเป็นผู้ใช้เพื่อช่วยให้ การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

สื่อการสอน หมายถึง สิ่งต่าง ๆ ที่ใช้เครื่องมือ หรือช่องทางสำหรับทำให้การสอนของครูถึง ผู้เรียนและทำให้ผู้เรียน เรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ หรือจุดมุ่งหมายที่ครูวางไว้ ได้เป็นอย่างดี (วัลลภ, 2543 : 1)

สรุป : จากการใช้ความหมายของสื่อการสอน ของนักการศึกษาจึงพบสรุปได้ว่าสื่อ การสอนหมายถึง เครื่องมือ หรือสิ่งใดก็ตามที่เป็นเครื่องทุ่นแรงทำให้ผู้สอนสามารถทำให้ผู้เรียนเกิด การเรียนรู้ เอื้ออำนวยความสะดวกแก่การเรียนรู้ของผู้เรียน เพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์หรือ เป้าหมายที่ผู้สอนวางไว้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเหมาะสมกับการเรียนการสอนด้วย

2.2 การเลือกใช้สื่อการสอน

การเลือกสื่อการสอน เพื่อสอนในวิชาใดวิชาหนึ่ง ในบทเรียนต่าง ๆ มีความยุ่งยากสำหรับ ผู้สอน ฉะนั้นก่อนที่จะเลือกสื่อการสอนจะต้องพิจารณาหลักเกณฑ์ที่สำคัญก่อนดังนี้

วัลลภ (2543:10-11) ได้กล่าวไว้ว่า ก่อนที่จะนำสื่อการสอนไปใช้ควรจะต้องศึกษาพิจารณา ในสิ่งต่าง ๆ มีตำราหลาย ๆ เล่ม ได้ให้ข้อแนะนำไว้อย่างมากมาย แต่ถ้าสรุปอย่างเป็นระบบควร จะให้ความสนใจในเรื่องเกี่ยวกับองค์ประกอบต่างๆ ในการเรียนการสอน ดังได้กล่าวมาแล้วใน ตอนต้น คือ

2.2.1 ความเหมาะสมกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ของบทเรียนการเรียนการสอนมี เป้าหมายต้องการให้ผู้เรียน เรียนรู้ในด้านใด (สติปัญญา ทักษะ หรือทัศนคติ) และอยู่ในระดับใด ได้ กำหนดให้มีความสำคัญในการที่ต้องเรียนรู้เพียงใด

2.2.2 ความเหมาะสมกับลักษณะเนื้อหาวิชา เนื้อหาวิชาง่าย ๆ ไม่ยากซับซ้อนอาจเข้าใจได้ โดยการใช้อำนาจที่อาจใช้เพียงการเขียนแสดงด้วยข้อความ แต่ถ้าเป็นเนื้อหาวิชาที่ซับซ้อนก็ต้อง พยายามหาสื่อการสอนที่จะแสดงให้เห็นถึงหลักการ การทำงานของกลไกชิ้นส่วน หรือชุดทดลอง

สาธิตมาแสดงให้เห็นจริง หรือต้องถ่ายเป็นภาพยนตร์ วิดีทัศน์มาฉาย ความคุ้มค่าให้เห็นอย่างชัดเจน

2.2.3 ความเหมาะสมกับลักษณะกิจกรรมการเรียนการสอน สื่อแต่ละประเภทอาจมีข้อจำกัดในการให้ผู้เรียนมีกิจกรรมร่วม และสื่อการสอนบางประเภทที่แทบจะไร้ค่า ถ้าหากผู้สอนไม่สามารถจะใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพนั่นคือ ผู้สอนละโอกาสที่จะให้ผู้เรียนมีกิจกรรมร่วมโดยปกติผู้สอนต้องพยายามให้ผู้เรียนได้มีกิจกรรมร่วมในการใช้สื่อการสอนให้มากที่สุด

2.2.4 ความเหมาะสมสอดคล้องกับองค์ประกอบต่าง ๆ ดังที่กล่าวมาแล้วในข้อ 2.2.3 เช่น เกี่ยวกับตัวผู้เรียน สิ่งอำนวยความสะดวกในห้องเรียน หรือในสถานศึกษา โดยแต่ละองค์ประกอบก็มีเงื่อนไขแตกต่างกันควรพิจารณาในลักษณะความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน

2.3 ความหมายของชุดทดลอง

จากการศึกษาค้นคว้ารายละเอียดเกี่ยวกับ ความหมายของชุดทดลองนักการศึกษา ได้ให้ความหมายของชุดทดลองไว้ดังนี้

มนต์ชัย (2530 : 67) ชุดทดลอง (Experiment Set) เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยสอนที่ใช้ประกอบการสอนเพื่อแสดงเนื้อหาที่เป็นกฎ สูตร หรือทฤษฎีที่กำหนดไว้แล้ว หรือใช้เพื่อทดลองหาความสัมพันธ์สร้างกฎเกณฑ์ขึ้นใหม่ โดยแสดงผลให้เห็นจริงได้ในรูปของค่าที่แสดง ความร้อน แสง เสียง หรือ ปฏิกริยาอื่น ๆ ปัจจุบันได้มีการใช้ชุดทดลองในลักษณะของการสาธิตหน้าชั้นเรียน หรือเป็นชุดฝึกสำหรับการเรียนรายบุคคลกันแพร่หลาย โดยเฉพาะการเรียนการสอนวิชาประลอง (Laboratory) แม้แต่การเรียนวิชาปกติในชั้นเรียนก็ตาม เนื่องจากผู้สอนได้สังเกตเห็นประโยชน์ที่แท้จริง ของชุดทดลองที่มีต่อการเรียนการสอนว่า ทำให้การเรียนรู้เห็นจริงได้นอกจากนั้นยังทำให้ผู้เรียนมีกิจกรรมร่วมในบทเรียนค่อนข้างสูงด้วย

เสาวนีย์ (2528 : 144) การทดลองหรือการปฏิบัติการ หมายถึง การกระทำที่เป็นประสบการณ์ตรงเกี่ยวกับวัสดุหรือข้อเท็จจริง ดังนั้นการสอนแบบทดลองหรือปฏิบัติการหมายถึง กระบวนการการสอนที่ใช้ประสบการณ์ตรง เพื่อให้ได้ผลผลิตหรือข้อเท็จจริง

สุชาติ (2526 : 32) การทดลอง หรือการประลอง เป็นการปฏิบัติอย่างหนึ่งที่มีผู้เรียนได้เรียนรู้หลักการและข้อเท็จจริงจากการที่คนอื่น ๆ ได้ค้นพบไว้แล้ว เป็นการทบทวน และย้ำว่ามันเป็นไปตามที่ได้มีผู้ศึกษาแล้วไว้อย่างไรบ้าง เป็นการพิสูจน์ทฤษฎีที่ได้ศึกษามาแล้วในชั้นเรียน และส่วนใหญ่มักจะฝึกปฏิบัติในสิ่งที่คนอื่นฝึก และได้ผลมาแล้ว

จากสิ่งที่นักการศึกษาได้กล่าวไว้ สรุปได้ว่า ชุดทดลอง หมายถึง เครื่องมือหรือสื่ออุปกรณ์ช่วยสอนชนิดหนึ่งที่ใช้สำหรับประกอบการเรียนการสอน โดยเน้นให้นักศึกษาลงมือปฏิบัติเพื่อที่จะพิสูจน์ทฤษฎีที่ได้ศึกษามาแล้วในชั้นเรียน

2.4 วิธีสอนแบบทดลอง (Experimental Method)

วิธีสอนแบบทดลอง หมายถึง วิธีสอนที่ให้ผู้เรียน ได้ลงมือปฏิบัติ ศึกษา ค้นคว้า ด้วยการทดลอง เพื่อพิสูจน์หลักการ ทฤษฎี ที่ผู้อื่น ได้ค้นพบไว้ (อาภรณ์ ,2537 : 114)

วิธีสอนแบบทดลอง เป็นวิธีสอนที่นิยมใช้ในการสอน เพื่อให้ นักเรียน ค้นหาคำความจริงด้วยตนเอง ในการสอนโดยการทดลองนั้น ครูจะยกปัญหาขึ้นมากระตุ้นให้ นักเรียนเกิด ความสงสัยใคร่หา คำตอบ ครูจะไม่อธิบายหลักการหรือทฤษฎีความรู้เกี่ยวกับเนื้อหา แต่ครูจะ ให้ นักเรียน ได้ลงมือปฏิบัติทดลองด้วยตนเอง จากการทำที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองนี้ จะทำให้ทราบคำตอบของปัญหา โดยดูจากผลที่ได้จากการทดลอง การสอนโดยวิธีทดลองนี้เป็นการเรียนที่นักเรียนมีส่วนร่วมในการกระทำ เป็นการเรียนที่เรียกว่า Active Learning ผู้เรียนจะไม่เกิดความเบื่อหน่าย (ลำพอง, 2530 : 148)

วิธีสอนโดยใช้การทดลอง คือ กระบวนการที่ผู้สอนใช้ในการช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด โดยการให้ผู้เรียนเป็นผู้กำหนดปัญหา ตั้งสมมติฐานในการทดลองและลงมือทดลองปฏิบัติตามขั้นตอนที่กำหนด โดยใช้วัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็น เก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล สรุปอภิปรายผลการทดลอง และสรุปการเรียนรู้ที่ได้รับจากการทดลอง (ทิศนา , 2543 : 25)

สรุปวิธีการสอนแบบทดลอง คือ กระบวนการเรียนรู้ที่ผู้สอนใช้ชุดทดลองเป็นสื่อ และให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติตาม เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนด โดยพิสูจน์หลักการทฤษฎีที่ผู้อื่น ได้ค้นพบไว้

2.5 วัตถุประสงค์ของการสอนแบบทดลอง

อาภรณ์ (2537 : 115) กล่าวว่า วิธีสอนแบบทดลองมีวัตถุประสงค์เพื่อ

1. ให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ตรงจากการทดลอง ค้นคว้าด้วยตนเอง
2. ให้ผู้เรียนเกิดทักษะในการใช้เครื่องมือ อุปกรณ์การทดลองต่าง ๆ ให้สามารถใช้ได้อย่างถูกต้อง และเป็นแนวทางในการประดิษฐ์คิดค้นสิ่งใหม่ ๆ ต่อไป
3. ฝึกปฏิบัติงานทดลองค้นคว้าหาข้อเท็จจริงอย่างมีระบบขั้นตอน และรอบคอบ
4. ฝึกการสังเกต คิด วิเคราะห์ สรุปผล และรายงานตามความเป็นจริงที่ค้นพบ

2.6 การออกแบบและสร้างชุดทดลอง

วัลลภ (2543 : 10) ได้กล่าวไว้ว่า การออกแบบสร้างสื่อการเรียนการสอนประเภทอุปกรณ์ทดลองหรือสารคดีก็นำหลักวิชาการทางด้าน การออกแบบสร้างมาประยุกต์ หน่วยงาน

ออกแบบสร้างแต่ละหน่วยก็อาจจะมีแนวทางแตกต่างกันไป แต่จะเห็นได้ว่ามีหลักการคล้ายคลึงกัน ซึ่งแบ่งขั้นตอนในการออกแบบดังต่อไปนี้

1. กำหนดจุดประสงค์ในการนำอุปกรณ์ทดลอง-สาธิตไปใช้ในการสอน
2. กำหนดหน้าที่ (Function) ของอุปกรณ์
3. ศึกษาพิจารณาปัจจัยที่ทำให้อุปกรณ์ทำงานได้ตามรายการหน้าที่
4. วิเคราะห์และตัดสินใจเลือกชิ้นส่วนประกอบของอุปกรณ์
5. สร้างต้นแบบและตรวจสอบ
6. เขียนแบบงาน (Technical drawing)
7. การเตรียมเอกสารประกอบ (Software)

2.7 การประเมินคุณภาพชุดทดลอง

2.7.1 กิดานันท์ (2543 : 106) ได้กล่าวว่า การใช้สื่อการสอนอย่างเหมาะสมและเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่ ดังนั้นจึงควรต้องมีการประเมินการใช้สื่อการสอนตามขั้นตอนดังนี้

1. ประเมินการวางแผนการใช้สื่อ เพื่อดูว่าสิ่งต่าง ๆ ที่วางไว้สามารถดำเนินการไว้สามารถดำเนินการตามแผนหรือไม่ หรือเป็นเพียงตามหลักทางทฤษฎีแต่ไม่สามารถปฏิบัติได้จริงจึงต้องเก็บรวบรวมข้อมูลไว้ เพื่อการแก้ไขปรับปรุงในการวางแผนครั้งต่อไป

2. การประเมินกระบวนการการใช้สื่อ เพื่อดูว่าการใช้สื่อในแต่ละขั้นตอนประสบปัญหาหรืออุปสรรคอย่างไรบ้าง มีสาเหตุมาจากอะไรและมีการเตรียมการป้องกันไว้หรือไม่

3. ประเมินผลที่ได้จากการใช้สื่อ เป็นผลที่เกิดขึ้นกับผู้เรียนโดยตรง เมื่อเรียนแล้วผู้เรียนสามารถบรรลุตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ตั้งไว้หรือไม่ และผลที่ได้นั้นเป็นไปตามเกณฑ์

2.7.2 วัลลภ (2543 : 131) ได้กล่าวว่า ประเด็นในการประเมินอาจแบ่งออกเป็น 3 ด้าน คือ ด้านเทคนิค ด้านการเรียนการสอน และด้านการพาณิชย์ ในแต่ละประเด็นสามารถแตกออกเป็นประเด็นย่อย การคิดค้นประเด็นต่าง ๆ อาจใช้แผ่นภูมิปะการัง เป็นเครื่องมือ ร่วมประชุม ระดมความคิด หรืออาจค้นคว้าประเด็นได้จากงานวิจัยต่าง ๆ ด้านการประเมินสื่อการสอนประเด็นที่นำเสนอนี้ เป็นประเด็นหลัก ๆ รวม ๆ สามารถเลือกไปใช้กับสื่อประเภทต่าง ๆ ได้ และจะเขียนในลักษณะด้านบวก หรืออุดมคติ

1. ประเด็นด้านเทคนิค มีประเด็นต่าง ๆ ดังนี้

- 1.1 ขนาดสื่อ

- ก) ไม่ใหญ่ ไม่เล็ก มีขนาดเหมาะสม ลอดคล้องกับมาตรฐาน

- ข) สะดวกต่อการเก็บรักษา
- ค) ไม่ใช่เนื้อหาที่มากเกินไป

1.2 น้ำหนัก

- ก) มีน้ำหนักเหมาะสม ขนย้าย นำไปสอนได้สะดวก
- ข) ไม่ต้องใช้อุปกรณ์ขนย้าย ผู้สอนนำไปได้ด้วยตนเอง

1.3 ชิ้นส่วนประกอบ

- ก) ทำหน้าที่ได้ถูกต้องแม่นยำ
- ข) นอกจากทำหน้าที่หลัก สามารถทำหน้าที่รอง
- ค) มีรูปร่างง่ายต่อการผลิต
- ง) เป็นมาตรฐานหาอะไหล่ง่าย
- จ) มีจำนวนชิ้นไม่มาก
- ฉ) การเคลื่อนที่ ของชิ้นส่วนมั่นคง
- ช) รูปร่างมีความแข็งแรงคงทน
- ซ) มีอายุการใช้งานเหมาะสม
- ฌ) มีความเรียบร้อยสวยงาม

1.4 ชนิดวัสดุ

- ก) มีคุณสมบัติเหมาะสมกับประเภทสื่อ
- ข) เป็นวัสดุหาง่าย
- ค) คุณสมบัติวัสดุ มีความแข็งแรงคงทน
- ง) ราคาไม่แพง
- จ) ทนต่อความร้อน ฝุ่น ความชื้น
- ฉ) ไม่เป็นอันตราย ต่อผู้ใช้ และตัวสื่อ

1.5 การดูแลรักษา

- ก) ง่ายต่อการดูแลรักษา และซ่อมบำรุง
- ข) มีระบบการจัดเก็บ การจำแนก
- ค) มีถุง ซอง กล่อง ในการจัดเก็บ
- ง) มีระบบการเบก ยืม ที่มีประสิทธิภาพ
- จ) ไม่สิ้นเปลือง ค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษา

1.6 กระบวนการผลิต

- ก) ผลิตง่าย ใช้เครื่องมือง่าย
- ข) มีระบบแบบงาน ระบบมาตรฐานวัสดุ (หมายเลขวัสดุ)
- ค) ผลิตออกมาเรียบร้อยสวยงาม
- ง) สอดคล้องตามหลักการสอน สามารถใช้สอนกับวิธีการต่าง ๆ
- จ) นำความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาใช้
- ฉ) ชิ้นงานออกมา มีขนาด คุณภาพผิวงานมีความละเอียดสูง
- ช) สามารถเป็นต้นแบบในการผลิตเชิงพาณิชย์

1.7 มาตรฐาน

- ก) สอดคล้องกับมาตรฐาน ในหน่วยงาน
- ข) มีความเป็นสากล
- ค) มี Format
- ง) ความปลอดภัย
- จ) มีความปลอดภัยต่อผู้ใช้ และต่อสื่อ

2 ประเด็นทางการเรียนการสอน จะเกี่ยวข้องกับผู้สอน ผู้เรียน และตัวสื่อเอง ดังนี้

2.1 ต่อผู้สอน

- ก) ใช้ง่าย
- ข) ใช้เวลาในการสอนน้อย
- ค) ไม่มีความจำเป็นต้องฝึกอบรมด้านการใช้งาน
- ง) สอดคล้อง ตามรายการวัตถุประสงค์ และเนื้อหาวิชา
- จ) มีคู่มือการสอน สำหรับครู

2.2 ต่อผู้เรียน

- ก) เข้าใจง่าย
- ข) สอดคล้องกับพื้นฐานความรู้ และประสบการณ์
- ค) ผู้เรียนเกิดความเข้าใจ น่าสนใจ อยากเรียน
- ง) กระตุ้นให้ค้นคว้าเพิ่มเติม
- จ) เกิดความคิดสร้างสรรค์
- ฉ) สามารถนำไปประยุกต์แก้ปัญหา

ข) ช่วยส่งเสริมกิจกรรมการเรียนรู้

ช) มีคู่มือผู้เรียน

2.3 ต่อสื่อการสอน

ก) เป็นสื่อการสอนที่มีความสำคัญต่อเนื้อหา นั้น ๆ และควรมีอย่างยิง

ข) มีความสำคัญต่อการเรียนรู้

ค) มีเนื้อหาสาระที่ทันสมัย ตามวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ง) สามารถนำไปใช้สอนในหัวเรื่องอื่นได้ด้วย

จ) ให้เนื้อหาสาระชัดเจน ในตัว ไม่ต้องอธิบายเพิ่มเติมมาก

ฉ) ใช้เวลาในการประกอบน้อย

ช) ไม่ต้องใช้อุปกรณ์อื่นประกอบช่วย

ช) มีคู่มือแนะนำในการใช้ การดูแลรักษา

ฉ) ต้องมี Software ประกอบ

ญ) ตัวอักษร สี สัน พอร์ม Format ชัดเจน

3 ประเด็นทางด้านพาณิชย์ เป็นการศึกษาข้อมูลก่อนดำเนินการผลิต ได้ค่าตัวเลขที่ถูกต้องแม่นยำ มีความน่าเชื่อถือประกอบการตัดสินใจ ก่อนเริ่มงานการออกแบบ ไม่ใช้การประเมินด้วยความรู้สึก มีประเด็นต่าง ๆ ดังนี้

3.1 เป็นสื่อที่ตลาดมีความต้องการสูง

3.2 ความเหมาะสมในการผลิตเชิงพาณิชย์

3.3 ค่าใช้จ่ายต่าง ๆ เช่นค่าออกแบบ ค่าดำเนินการ ค่าวัสดุ

3.4 ค่าเครื่องมือ

3.5 ความคุ้มค่าในการผลิต

3.6 ราคาสื่อเหมาะสม สามารถเทียบกับคู่แข่ง

3.7 ปริมาณด้านการตลาด การจำหน่ายในระดับท้องถิ่น ภูมิภาค

3.8 เอกสารในการประชาสัมพันธ์

จากการศึกษาเกี่ยวกับแนวทางการประเมินคุณภาพชุดทดลอง จะเห็นได้ว่าหัวข้อหลักที่ใช้ในการประเมินชุดทดลองนั้นประกอบด้วยด้านต่าง ๆ ดังนี้ คือ

1. ด้านวิชาการ เช่น ตรงตามเนื้อหาวิชา ครอบคลุมวัตถุประสงค์
2. ด้านการออกแบบ เช่น วัสดุหาง่าย ราคาถูก

3. ด้านการนำไปใช้งาน เช่น ใช้งานง่าย สะดวก และมีความปลอดภัย

2.8 ความหมายของวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม หมายถึง ข้อความซึ่งบ่งบอกพฤติกรรมที่ต้องการให้ผู้เรียนได้แสดงออกหลังจากที่ได้เรียนรู้มาแล้วว่า เขาจะต้องทำอะไรอย่างใดบ้าง ซึ่งพฤติกรรมที่ผู้เรียนต้องแสดงออกดังกล่าวจะต้องเป็นพฤติกรรมที่สามารถสังเกตและวัดได้ (สุราษฎร์, 2531 : 17)

2.8.1 ประเภทของวัตถุประสงค์การสอน

สุราษฎร์ (2531 : 74) กล่าวว่า ในการเรียนการสอนวิชาต่าง ๆ หากพิจารณาจะพบว่า วัตถุประสงค์การสอนนั้นมุ่งให้ผู้เรียนมีการเรียนรู้ใน 3 ด้าน คือ

2.8.1.1 ด้านความรู้ ถ้าต้องการเน้นความสามารถของผู้เรียนในการนำความรู้ไปใช้งานไปแก้ไขปัญหาหรือความสามารถทางสติปัญญา (Intellectual Skill) นั้น ก็จะต้องเขียนวัตถุประสงค์การสอนในเชิงความคิด

2.8.1.2 ด้านทักษะ ที่ต้องการเน้นความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อส่วนต่าง ๆ ของร่างกายทำงานหรือทักษะฝักมือ (Physical Skill) รวมถึงการปฏิบัติงานให้เกิดความเชี่ยวชาญนั้นก็จะต้องเขียนวัตถุประสงค์การสอนในแนวการปฏิบัติงาน

2.8.1.3 ด้านเจตคติ การเขียนวัตถุประสงค์อาจทำให้ยากกว่าในด้านความรู้และทักษะ ทั้งนี้ก็เพราะว่า พฤติกรรมที่แสดงถึงการมีเจตคติที่ต้องการนั้น สังเกตและวัดได้ยากกว่าอย่างไรก็ดี การเขียนวัตถุประสงค์การสอนด้านเจตคติ เพื่อระบุพฤติกรรมที่คาดหวังให้เกิดขึ้นแก่ผู้เรียนอาจกล่าวถึง ความตระหนัก ความรับผิดชอบ การปฏิบัติตามระเบียบที่ได้วางไว้

2.8.2 ส่วนประกอบของวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

สุราษฎร์ (2531 : 18) กล่าวว่า วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม เป็นข้อความที่ระบุพฤติกรรม การแสดงออกของผู้เรียนที่ชัดเจน เป็นพฤติกรรมที่คาดหวังไว้ภายใต้สถานการณ์หนึ่งๆ ซึ่งพฤติกรรมนั้น จะต้องสามารถสังเกตและวัดได้ วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมจะต้องประกอบด้วย 3 ส่วนสำคัญ คือ

2.1.1.1 พฤติกรรมการแสดงออก (Task or Behavior)

2.1.1.2 เงื่อนไขหรือขอบเขต (Condition)

2.1.1.3 มาตรฐานหรือเกณฑ์ (Standard or Criteria)

2.8.3 ระดับของวัตถุประสงค์ (Taxonomic Levels)

สุราษฎร์ (2531 : 27-30) กล่าวว่า จุดประสงค์หลักในการเรียนการสอน คือ ต้องการให้ ผู้เรียน 1) มีความรู้ 2) มีทักษะ และ 3) มีเจตคติที่ดี ดังนั้นการเขียนวัตถุประสงค์การสอน นอกจาก จะต้องระบุพฤติกรรมแสดงออกของผู้เรียนในด้านต่าง ๆ อย่างชัดเจนแล้ว จะต้องระบุระดับความ ยากของวัตถุประสงค์การสอน ที่ต้องการเองไว้อีกส่วนหนึ่ง ซึ่งแบ่งไว้ 3 ระดับ คือ ความสามารถ ทางสติปัญญา (Intellectual Skill) ความสามารถทางการใช้กล้ามเนื้อทำงาน (Physical Skill) และ ความสามารถในการปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อม (Interactive Skill)

2.8.3.1 ในด้านความสามารถทางสติปัญญา เป็นวัตถุประสงค์ที่กล่าวถึง ความสามารถในการนำความรู้ที่มีอยู่ออกไปใช้คิดแก้ไขปัญหาต่าง ๆ แบ่งความยากเป็น 3 ระดับ จากง่าย ไปยากคือ

ก) ขั้นพื้นฐานความรู้ (Recalled Knowledge) เป็นวัตถุประสงค์ที่ มุ่งเน้นความสามารถของผู้เรียนในการฟื้นคืน (Recall) ความรู้ (Knowledge) ต่าง ๆ ที่มีอยู่ออกมาใช้ แก้ปัญหาในลักษณะการลอกเลียน จะโดยการเขียนหรือเล่าก็ตาม

ข) ขั้นประยุกต์ความรู้ (Applied Knowledge) เป็นวัตถุประสงค์ที่ มุ่งเน้นความสามารถของผู้เรียนในการนำความรู้ที่มีอยู่ไปแก้ปัญหาคือใหม่ ๆ ที่มีลักษณะเดียวกับกับ สิ่งที่เคยได้มีประสบการณ์มาแล้วได้อย่างถูกต้อง จะโดยวิธีการพูด เขียน อธิบาย แปลความ สรุป ดีความ ขยายความ ฯลฯ ก็ตาม

ค) ขั้นส่งถ่ายความรู้ (Transferred Knowledge) เป็นวัตถุประสงค์ที่ มุ่งเน้นความสามารถของผู้เรียนในการส่งถ่ายความรู้ไปใช้แก้ไขปัญหาคือใหม่ ๆ ที่มีลักษณะ แปลกไปจากลักษณะเดิม ซึ่งปัญหาคือกล่าวไม่เคยถูกถกกันมาก่อนเลย จะโดยการวิเคราะห์ การ สังเคราะห์ หรือสรุปผลก็ตาม

2.8.3.2 ในด้านความสามารถของการใช้กล้ามเนื้อทำงาน เป็นวัตถุประสงค์ที่ กล่าวถึงความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อส่วนต่าง ๆ ของร่างกายปฏิบัติงาน ซึ่งอาจแบ่งระดับความ ยากเป็น 3 ระดับ จากง่ายไปยากได้ดังนี้

ก) ขั้นเลียนแบบ (Imitation) เป็นวัตถุประสงค์ที่ต้องการให้ผู้เรียน แสดงทักษะกล้ามเนื้อเหมือนรูปแบบที่เคยได้เห็นได้ฟังมาได้ถูกต้อง ทักษะกล้ามเนื้อระดับนี้แสดง ทำทางได้เหมือนต้นแบบโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลง

ข) ขั้นควบคุม (Control) เป็นวัตถุประสงค์ที่ต้องการให้ผู้เรียนแสดง ทักษะกล้ามเนื้อตามที่เคยได้ฝึกมา โดยอาจแปรเปลี่ยนรูปแบบการแสดงทักษะกล้ามเนื้อก็ได้แต่ที่ว่า อาจจะมีเค้าโครงเดิมอยู่ และได้ผลงานที่ถูกต้องสมบูรณ์ด้วย

ค) **ขั้นชำนาญ (Automatism)** เป็นวัตถุประสงค์ที่ต้องการให้ผู้เรียนแสดงทักษะกล้ำเนื้อตามที่เคยมีประสบการณ์มาได้ โดยถูกต้องชำนาญเป็นไปโดยอิสระซึ่งอาจแตกต่างจากรูปแบบเดิมบางส่วนหรือทั้งหมดก็ได้

2.8.3.3 ในด้านพฤติกรรมในการปรับตัว เป็นวัตถุประสงค์ที่กล่าวถึงพฤติกรรมในการแสดงออกซึ่งความรู้สึกต่อสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ซึ่งอาจแบ่งระดับการแสดงออกเป็น 3 ระดับ จากง่ายไปยากดังนี้

1. **ขั้นยอมรับ (Reception)** เป็นวัตถุประสงค์ที่ต้องการให้ผู้เรียนแสดงออกซึ่งความสนใจ ความเอาใจใส่ต่อสิ่งที่ต้องการให้ผู้เรียนได้เห็น ได้ทำ โดยมีความยินดีหรือภาวะจิตใจที่พร้อมจะรับสิ่งเร้าหรือให้ความสนใจในสิ่งเร้านั้น
2. **ขั้นตอบสนอง (Response)** เป็นวัตถุประสงค์ที่ต้องการให้ผู้เรียนแสดงออกถึงความเต็มใจ ความพอใจสนองตอบ ซึ่งผู้เรียนจะพยายามทำปฏิกิริยาตอบสนองบางอย่างที่เขายอมรับ
3. **ขั้นลักษณะนิสัย (Internalization)** เป็นวัตถุประสงค์ที่ต้องการให้ผู้เรียนมีพฤติกรรมในการแสดงออก ซึ่งความรู้สึกความสำนึกในคุณค่าของสิ่งต่าง ๆ ด้วยความพอใจจนกลายเป็นความนิยมชมชอบเชื่อถือในสิ่งนั้นเป็นลักษณะนิสัย

จากการศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎีการเรียนรู้วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม พอจะสรุปได้ดังนี้

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่สมบูรณ์ประกอบด้วย 3 ส่วน สำคัญ คือ พฤติกรรม การแสดงออก เงื่อนไขในการแสดงออก และเกณฑ์หรือมาตรฐานขั้นต่ำที่ยอมรับได้

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมนั้นมุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีการเรียนรู้ 3 ด้าน คือ ด้านสติปัญญา ด้านการใช้ทักษะ และด้านพฤติกรรมในการปรับตัว ซึ่งในแต่ละด้านสามารถแบ่งออกได้เป็นหลายระดับที่มีความยากง่ายแตกต่างกันไป

ในด้านความสามารถทางสติปัญญา แบ่งระดับจากง่ายไปหายาก 3 ระดับ คือ ขั้นการฟื้นคืนความรู้ ขั้นการประยุกต์ความรู้ ขั้นส่งถ่ายความรู้

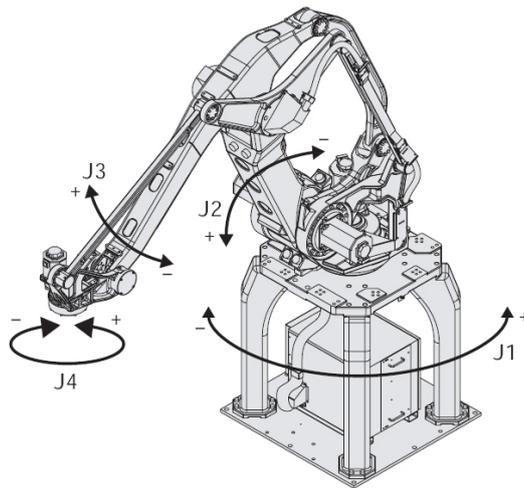
ในด้านความสามารถทางทักษะกล้ำเนื้อ แบ่งระดับความยากเป็น 3 ระดับ คือ ขั้นการเลียนแบบ ขั้นทำด้วยความถูกต้อง ขั้นชำนาญ

ส่วนในด้านความสามารถในการปรับตัวนั้น ในการจัดการเรียนการสอน ส่วนใหญ่เราจะพิจารณาว่าตัวผู้เรียนมีการแสดงออกพฤติกรรมที่ต้องการหรือไม่

2.9 การประยุกต์ใช้ Servo motor ในงานอุตสาหกรรม

Servo motor เป็นมอเตอร์ที่ถูกออกแบบให้มีความสามารถตอบสนองทางด้านไดนามิกสูง (high dynamic response) ซึ่งได้แก่ การควบคุมความเร็ว อัตราเร่ง แรงบิด และตำแหน่ง และหากสังเกตลักษณะโดยทั่วไปทางกายภาพ จะพบว่ามิลักษณะพอมบางและมีความยาวมากกว่า induction motor ที่ใช้งานทั่วไป ซึ่งคุณสมบัติเหล่านี้จะขึ้นอยู่กับการออกแบบโครงสร้างของมอเตอร์

ด้วยคุณสมบัติที่ได้กล่าวมาในเบื้องต้น จึงเป็นที่นิยมนำมาใช้ในการเป็นอุปกรณ์ทำงาน (Actuator) ในเครื่องจักรกลระบบอัตโนมัติ ได้แก่ CNC machine tool, Industrial robot และในกระบวนการผลิตอื่นๆ ที่ต้องการการทำงานที่เที่ยงตรงและแม่นยำ



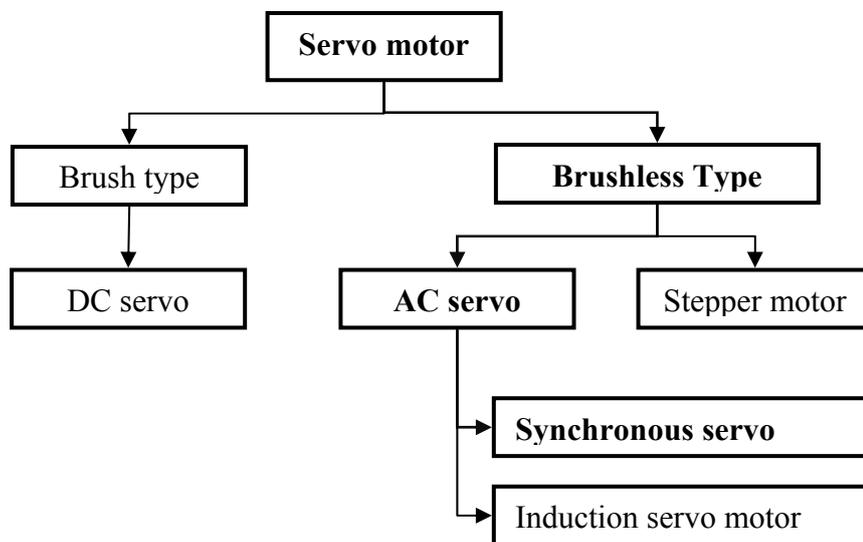
ภาพที่ 2-1 หุ่นยนต์อุตสาหกรรม ขับเคลื่อนด้วย AC servo motor
(Robot motion FANUC Robot M-410iB)



ภาพที่ 2-2 CNC Machine tool

2.10 ชนิดของ Servo motor

การใช้ Servo motor ในเครื่องจักรกลอัตโนมัติ ได้มีการใช้งานกันเป็นเวลานานมาแล้ว จากการพัฒนาโครงสร้างการทำงานของมอเตอร์และระบบการควบคุมที่ต้องการการตอบสนองทางด้านไดนามิกส์ (Dynamic responds) ความเชื่อถือได้ในการทำงาน (reliability) และสมรรถนะทางการบำรุงรักษา (Maintenance ability) จนทำให้ในปัจจุบันมีเซอร์โวมอเตอร์อยู่มากมายหลายลักษณะด้วยกัน ซึ่งสามารถจำแนกได้ตามลักษณะโครงสร้างและการทำงาน อาจแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่โครงสร้างการทำงานของมอเตอร์ประกอบด้วยแปรงถ่าน (Brush type) และกลุ่มที่ไม่ใช้แปรงถ่าน (Brushless type)



ภาพที่ 2-3 ชนิดของ SERVO MOTOR

2.10.1 Brush Type (เซอร์โวมอเตอร์ชนิดมีแปรงถ่าน)

เซอร์โวมอเตอร์ชนิดนี้ ที่สแตเตอร์จะเป็นแม่เหล็กถาวร ส่วนโรเตอร์ยังใช้แปรงถ่านและคอมมิวเตออร์เรียงกระแสเข้าสู่ขดลวดอาร์เมเจอร์ เหมือนกับคิซิมอเตอร์ทั่วไป

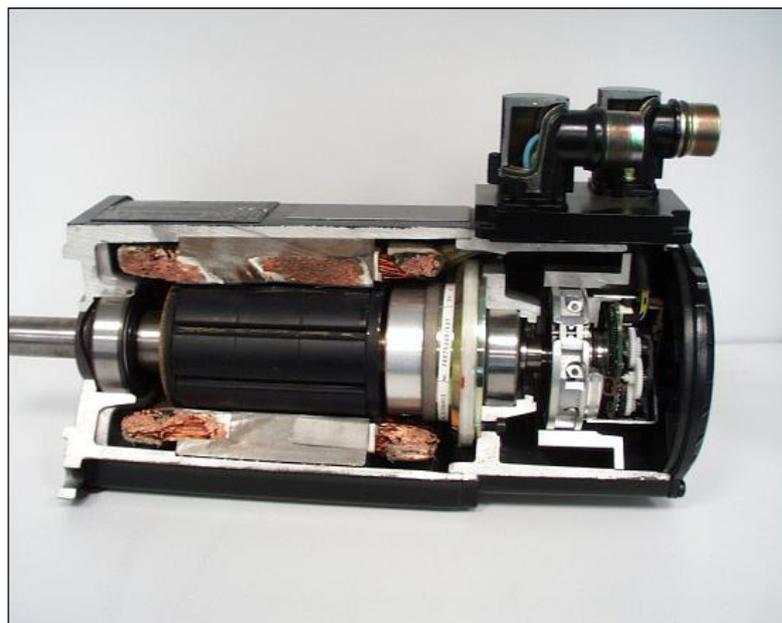
2.10.2 Brushless Type (เซอร์โวมอเตอร์ชนิดไม่มีแปรงถ่าน)

เซอร์โวมอเตอร์ในกลุ่มนี้ ประกอบด้วย AC servo motor และ stepping servo motor สำหรับ AC servo motor ยังประกอบด้วย ซิงโครนัสเซอร์โวมอเตอร์ (synchronous servo motor) และ อินดักชันเซอร์โวมอเตอร์ (induction servo motor) ซึ่งเป็นการนำเอาอินดักชันมอเตอร์มาใช้ทำเป็นระบบขับเคลื่อนเซอร์โวมอเตอร์ และปัจจุบันนิยมใช้ AC Servo ที่เป็นแบบ Synchronous servo motor กันมากที่สุด

AC servo motor มีชื่อเรียกหลายชื่อด้วยกัน ได้แก่ Brushless motor, Permanent Magnet synchronous motor (PMSM) และ Brushless DC motor เป็นต้น อย่างไรก็ตามผู้ใช้งานส่วนใหญ่มักเรียกว่า เอซีเซอร์โวมอเตอร์ เป็นส่วนใหญ่

2.12 AC servo motor

เอซีเซอร์โวมอเตอร์ เป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับที่ถูกออกแบบให้มีคุณสมบัติเป็นเซอร์โวมอเตอร์ (Servo Characteristics) หรือการตอบสนองทางด้านพลวัต (Dynamic) มีขั้วแม่เหล็กเป็นแม่เหล็กถาวร (Permanent Magnet: PM)



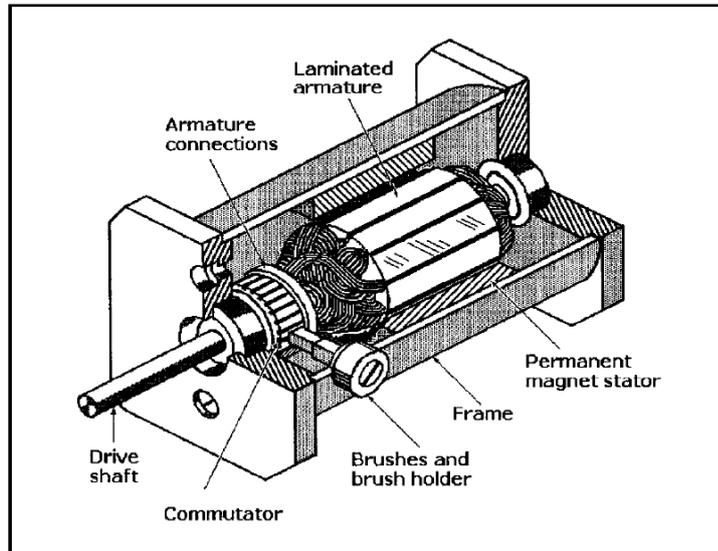
ภาพที่ 2-4 AC servo motor

สำหรับซิงโครนัสมอเตอร์ชนิดแม่เหล็กถาวร (PMSM) มีข้อดีและได้เปรียบกว่ามอเตอร์ชนิดอื่น จึงทำให้มีการนำไปใช้งานกันมากขึ้น

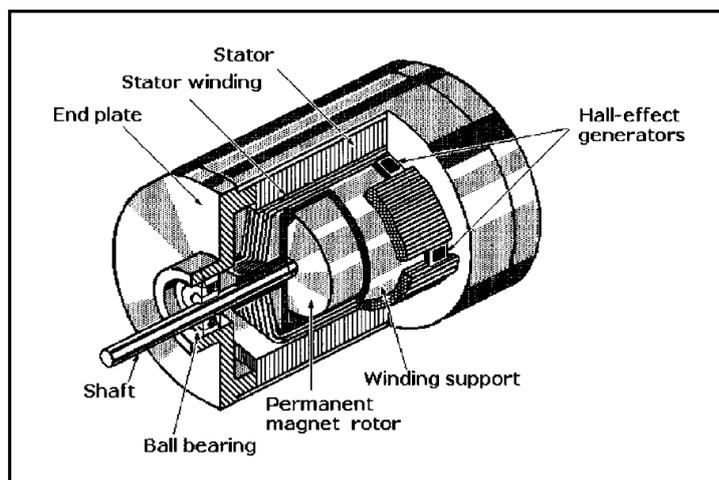
สำหรับกระแสเตเตอร์ของอินดักชันมอเตอร์ (Induction motors) จะประกอบด้วยกระแสสนามแม่เหล็กในแกน ซึ่งเป็นองค์ประกอบในการสร้างสนามแม่เหล็ก แต่ถ้าซิงโครนัสมอเตอร์เมื่อโรเตอร์เป็นแม่เหล็กถาวร (Permanent Magnet) จึงไม่จำเป็นที่จะต้องมีการสร้างสนามแม่เหล็กในแกนให้กับสเตเตอร์เพราะในช่องว่างอากาศ (Air gap) มีฟลักซ์แม่เหล็กคงที่ทำให้กระแสเตเตอร์ที่ต้องการในการสร้างแรงบิดเพียงอย่างเดียว

จากลักษณะดังกล่าวที่กำลังงานของมอเตอร์เท่าๆ กัน ซิงโครนัสมอเตอร์ชนิดแม่เหล็กถาวร จะทำงานที่เพาเวอร์แฟกเตอร์ (Power Factor) สูงกว่า ซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพสูงกว่าด้วยเมื่อเปรียบเทียบกับซิงโครนัสมอเตอร์ (SM) ธรรมดา ที่จะต้องจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงให้กับโรเตอร์ เพื่อสร้างสนามแม่เหล็กให้กับโรเตอร์ ดังนั้นจึงต้องมีแปลงถ่านกับสลีปริ่ง ซึ่งนั่นจะทำให้ทำให้มีการสูญเสียที่โรเตอร์ และยังต้องการการบำรุงรักษาแปลงถ่านอยู่เรื่อย ๆ จากเหตุผลดังกล่าวจึงทำให้มี

การพัฒนาเป็นแบบซิงโครนัสมอเตอร์ชนิดแม่เหล็กถาวร (Synchronous servo motor - PMSM) ซึ่งไม่ต้องมีขดลวดสร้างสนามแม่เหล็ก (Field Coil) แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงและสลีปริงเพราะถูกแทนด้วยแม่เหล็กถาวร



ภาพที่ 2-5 ภาพตัดตามแนวยาวของ DC servo motor (Brush type)



ภาพที่ 2-6 ภาพตัดตามยาวของ AC Servo motor หรือ Brushless DC Servo motor (Brushless type)

ซิงโครนัสมอเตอร์ชนิดแม่เหล็กถาวร มีแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำด้านกลับ (Back EMF) ที่เป็นไซน์ (Sinusoidal) ดังนั้นจึงต้องการกระแสเตเตอร์เป็นไซน์เพื่อสร้างแรงบิดให้คงที่ เช่นเดียวกับซิงโครนัสมอเตอร์ ปัจจุบันได้มีการวิจัยออกแบบให้ซิงโครนัสมอเตอร์ชนิดแม่เหล็กถาวร มีอัตราส่วนของแรงบิดต่อความถี่สูงและกำลังที่สูงด้วยเมื่อเปรียบเทียบกับอินดักชันมอเตอร์ (IM) ซิงโครนัสเซอร์โวมอเตอร์ จึงทำให้ถูกนำไปใช้งานมากเช่นเครื่องมือกล และ Robotics

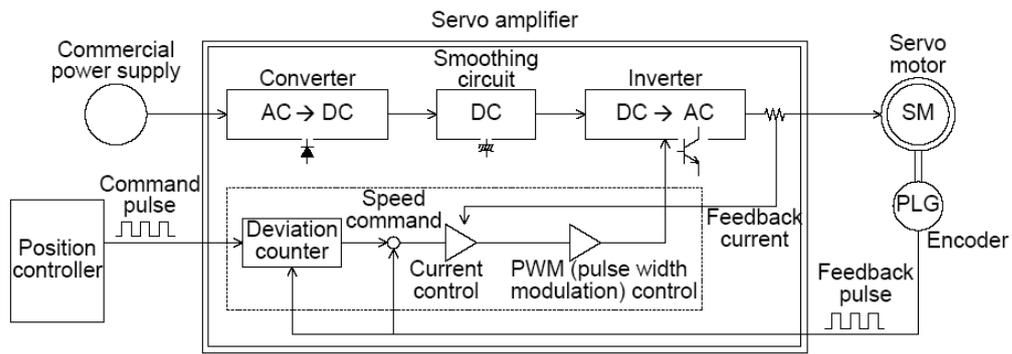
การควบคุมแบบเวกเตอร์ (Vector Control) ในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับต้องการทำให้ทำงานเช่นเดียวกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดกระตุ้นแยก (Separately excited DC Motors) ซึ่งการควบคุมเวกเตอร์ในซิงโครนัสมอเตอร์ชนิดแม่เหล็กถาวร มีหลายวิธีด้วยกันจะต้องเข้าไปควบคุมกระแสเตเตอร์ซึ่งมีแหล่งจ่ายพลังไฟฟ้าเป็นอินเวอร์เตอร์ซึ่งเป็นหลักการของ Sinusoidal Pulse Width Modulation (SPWM)

2.13 การควบคุมการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์

2.13.1 ส่วนประกอบของชุดเซอร์โวมอเตอร์

ชุดเซอร์โวมอเตอร์ อาจแบ่งได้เป็น 3 ส่วนหลักๆ คือ

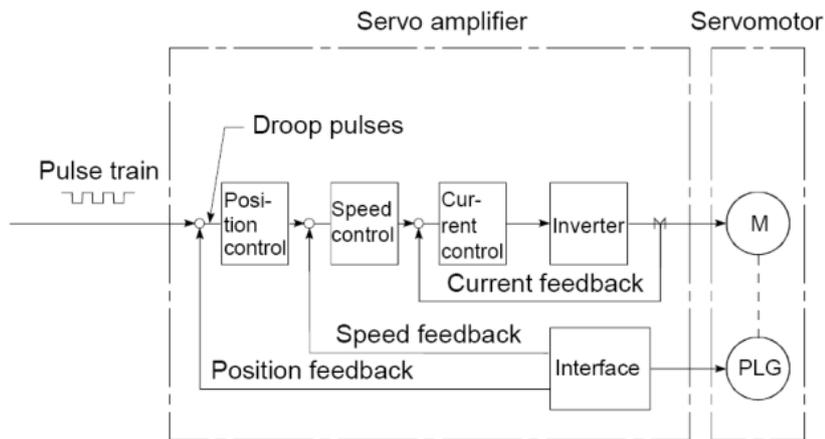
1. มอเตอร์ (Servo motor) ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล
2. ชุดขับเคลื่อนมอเตอร์ (Servo amplifier) ซึ่งจะทำหน้าที่ส่งพลังงานไฟฟ้าเพื่อขับเคลื่อนมอเตอร์ให้สามารถทำงานในลักษณะทาง Dynamic หรือ servo ตามคำสั่งสัญญาณ (signal command) ที่ส่งเข้ามายังตัวขับเคลื่อน (servo amplifier)
3. ชุดควบคุม (controller) ซึ่งจะส่งสัญญาณควบคุม (signal command) ไปยังชุดขับเคลื่อน (Drive , servo amplifier) ตาม Program ที่ได้เขียนไว้ ซึ่งอาจอยู่ในของรูปแบบ Ladder diagram, G code, Block diagram, Program flow-chart



ภาพที่ 2-7 ส่วนประกอบหลักของชุด AC servo motor

2.13.2 โครงสร้างของระบบควบคุมเซอร์โวมอเตอร์

การควบคุมการทำงานของ Servo motor เป็นการควบคุมการทำงานแบบป้อนกลับ (close loop control) ระหว่าง ชุดขับเคลื่อน (servo Amplifier) และ Servo motor เพื่อให้สามารถทำงานได้ตามคุณสมบัติของมัน ซึ่งประกอบด้วย 3 โหมดการควบคุมคือ โหมดการควบคุมแรงบิด (Torque Control Mode) ซึ่งอยู่วงรอบในสุด โหมดการควบคุมอัตราเร็ว (Velocity Control Mode) และโหมดการควบคุมตำแหน่ง (Position Control Mode) ซึ่งอยู่ด้านนอกสุด โดยมีอุปกรณ์ที่สำคัญๆ ดังภาพที่ 2-8



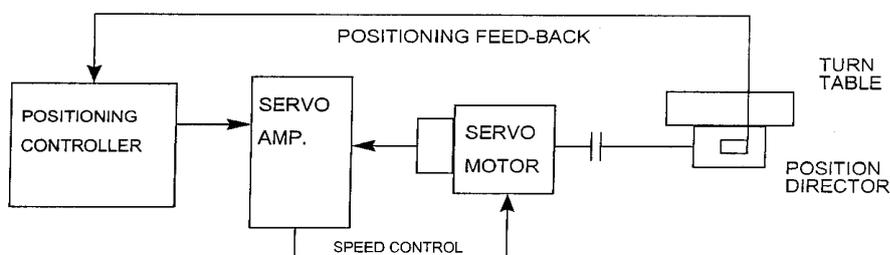
ภาพที่ 2-8 Pulse train signal command

การทำงานของ Servo driver ในแต่ละโหมด เป็นดังนี้

1. Current control loop เป็นส่วนของการควบคุมกระแสไฟที่จ่ายให้กับมอเตอร์ซึ่งจะแปรผันทางแรงบิด โดยรับสัญญาณ analog มาจาก output ของ speed control loop มาเปรียบเทียบกับ Current detection feedback
2. Speed control loop เป็นส่วนของการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ โดยรับสัญญาณ Analog มาจาก output ของ Position control loop มาเปรียบเทียบกับ speed feedback จาก Encoder
3. Position control loop เป็นส่วนของการควบคุมตำแหน่งโดยรับสัญญาณมาจาก signal command อาจจะเป็นสัญญาณ Analog หรือสัญญาณ Pulse มาเปรียบเทียบกับ Position feedback จาก encoder

สำหรับตัว Driver อาจแบ่งออกตามประเภทของรูปแบบของสัญญาณควบคุม (signal command) การทำงานได้เป็น 2 แบบด้วยกันคือ

1. Pulse train input drive (semi close loop)
2. Analog input drive (Full closed loop)



ภาพที่ 2-9 Analog input (Full lose loop)

2.14 Encoder

เนื่องจากการควบคุมการทำงาน Servo motor เป็นการควบคุมแบบป้อนกลับ (close loop) ดังนั้นที่ตัว Servo motor จะต้องมีอุปกรณ์ตรวจจับตำแหน่งการหมุนของมอเตอร์ เพื่อป้อนกลับไปยังชุดขับเคลื่อน (servo amplifier) และ ชุดควบคุม (controller) ซึ่งมักจะถูกติดตั้งมากับตัว servo motor อยู่แล้ว สำหรับอุปกรณ์ป้อนกลับ (Feedback Device) หรือ เรียกว่า เอน โค้ดเดอร์ (encoder) นี้ ถือได้ว่าเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการควบคุมการขับเคลื่อนเซอร์โวมอเตอร์



ภาพที่ 2-10 Rotary encoder

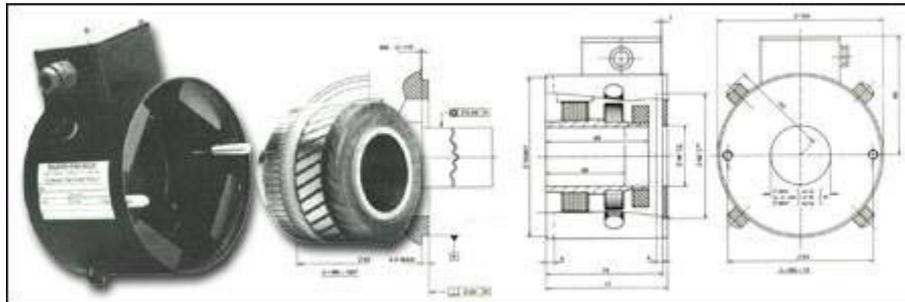
เอนโค้ดเดอร์จะทำหน้าที่ตรวจวัดความเร็ว (Speed) ทิศทางการหมุนของมอเตอร์ (Direction of Rotation) และตำแหน่งเพลลาของโรเตอร์ (shaft position) แล้วส่งผลกลับไปยังคอนโทรลเลอร์ในชุดควบคุมต่างๆ บางครั้งตำแหน่งเพลลาอาจถูกป้อนกับไปยังชุดควบคุม (controller)

Encoder สามารถแยกประเภท ได้ 2 กลุ่ม คือชนิดที่ทำงาน โดยอาศัยหลักการเหนี่ยวนำหรือเรียกว่าอะนาลอก เอนโค้ดเดอร์ (Analog Encoder) และชนิดที่ทำงาน โดยอาศัยหลักการดิจิทัล (Digital Encoder)

ชนิดที่ทำงานโดยอาศัยหลักการเหนี่ยวนำหรือเรียกว่าอะนาลอกจะประกอบด้วยเทคโคเจนเนอเรเตอร์ (Tacho Generator) และ รีโซลเวอร์ (Resolver) ส่วนชนิดที่ทำงานโดยอาศัยหลักการออปติคัล หรือแบบดิจิทัลจะแยกเป็นแบบ incremental encoder และ absolute encoder ซึ่งแต่ละชนิดมีหลักการทำงานดังนี้

2.14.1 เทคโคเจนเนอเรเตอร์ (Tacho Generator)

นิยามของเทคโคเจน ก็คือเจนเนอเรเตอร์ขนาดเล็ก ที่ทำหน้าที่แปลงความเร็วรอบมาเป็นแรงดันไฟฟ้าสำหรับควบคุม 0-10 V. เพื่อป้อนกลับไปยังชุดไดรฟ์ (โดยทั่วไปจะใช้ในระบบดีซีไดรฟ์)

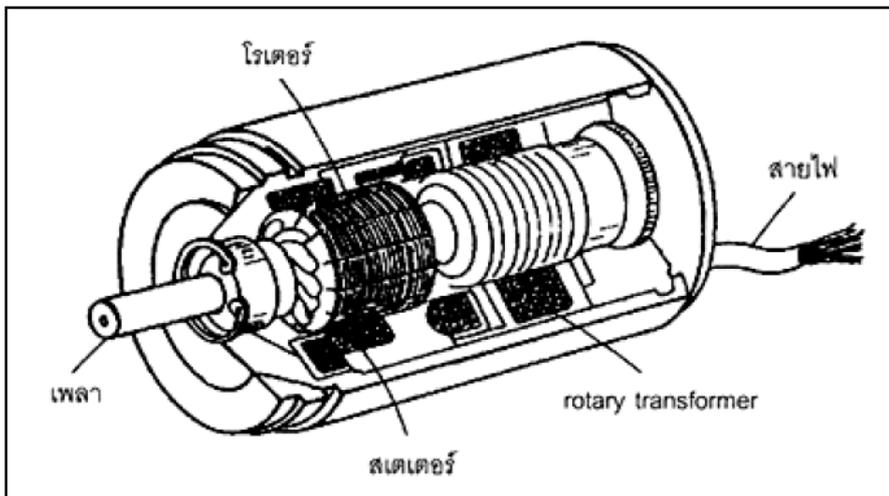
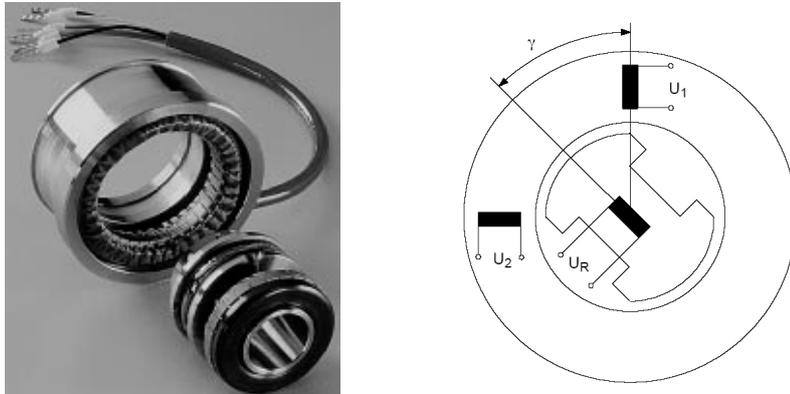


ภาพที่ 2-11 โครงสร้างภายในของดีซีทาโคเจนเนอร์เรเตอร์

2.14.2 รีโซลเวอร์ (Resolver)

รีโซลเวอร์เป็นเซนเซอร์ชนิดที่มีการใช้งานมากในระบบเซอร์โว เนื่องจากมีความแข็งแรงทนทาน ทนต่อสภาพแวดล้อมอุตสาหกรรมได้ดี เช่น แรงสั่นสะเทือน , แรงกระแทก และอุณหภูมิรอบข้าง เป็นต้น

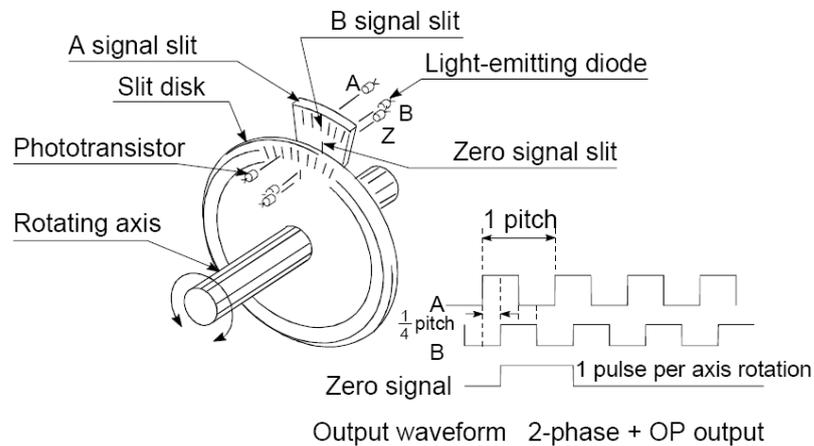
รีโซลเวอร์มีลักษณะคล้ายกับหม้อแปลงตัวเล็ก ๆ (Small Transformer) หรือในหนังสือบางเล่มใช้คำอธิบายในเชิงเปรียบเทียบว่า "Rotary Transformer" ซึ่งต้องการสื่อถึงหม้อแปลงไฟฟ้าแบบหมุนนั่นเอง



ภาพที่ 2-12 โครงสร้างของรีโซลเวอร์

โครงสร้างของรีโซลเวอร์จะมีลักษณะคล้ายกับมีหม้อแปลงไฟฟ้าอยู่ 2 ชุด โดยชุดแรกจะเป็นชุดที่รับสัญญาณอ้างอิงหรือสัญญาณกระตุ้นซึ่งมีความถี่สูงในย่าน 2-10 KHz จากคอนโทรลเลอร์เพื่อสร้างแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำ เพื่อให้เกิดกระแสไหลไปสร้างสนามแม่เหล็กให้กับขดลวดชุดที่สอง ส่วนชุดที่สอง จะประกอบด้วย ขดลวดปฐมภูมิที่ติดกับโรเตอร์ 1 ชุด และมีขดลวดทุติยภูมิ 2 ชุด (one primary and two secondary windings) วางในตำแหน่งที่ทำมุมห่างกัน 90 องศา ซึ่งเรียกว่าขดลวด sine และ cosine

2.14.3 Incremental encoder



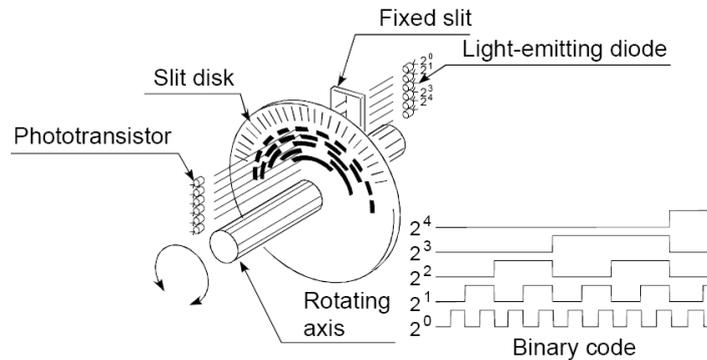
ภาพที่ 2-13 Incremental encoder

Incremental encoder ทำงานโดยอาศัยหลักการอาศัยหลักการออปติคัล ซึ่งบ่อยครั้งจะถูกเรียกว่า Optical encoder หรือบางกรณีก็จะถูกเรียกว่า digital encoder ซึ่งมีลักษณะดังภาพ โดยโครงสร้างจะประกอบด้วยตัวกำเนิดแสง ตัวจับแสงซึ่งถูกคั่นกลางด้วยแผ่นจานกลมๆที่มีการทำรูเจาะไว้รอบๆแผ่น (จำนวนรูจะขึ้นอยู่กับความละเอียดของ incremental encoder) และหน้าต่างแยกช่องของสัญญาณพัลส์ A, B และ Z

สัญญาณ ON/OFF ที่เกิดในแต่ละ phase จะทำให้เกิดเป็นสัญญาณ pulse โดยที่ A และ B จะเกิดการเหลื่อมกันมีความต่างเฟสกัน 90 องศา เพื่อทำหน้าที่บอกความเร็วและทิศทางการหมุนของมอเตอร์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. กรณีพัลส์ A เกิดขึ้นก่อน B คอนโทรลเลอร์จะรับรู้ว่ามีมอเตอร์กำลังหมุนด้วยทิศทางตามเข็มนาฬิกา
2. แต่ถ้าหากพัลส์ B เกิดขึ้นก่อน A คอนโทรลเลอร์จะรับรู้ว่ามีมอเตอร์กำลังหมุนด้วยทิศทางทวนเข็มนาฬิกา
3. สำหรับ Z หรือพัลส์อ้างอิง จะเกิดขึ้น 1พัลส์ในการหมุน 1 รอบ ทำหน้าที่อ้างอิงตำแหน่งของโรเตอร์

2.14.4 Absolute encoder



ภาพที่ 2-14 Absolute encoder

Absolute encoder เป็นดิจิทัล เอนโคเดอร์ อีกชนิดหนึ่งที่อาศัยหลักการอพติคอล คล้ายกับ incremental encoder โดยประกอบด้วยตัวกำเนิดแสง ตัวจับแสง และจานเข้ารหัสดังภาพที่ 2-14

Absolute encoder มีโครงสร้างแผ่นดิสก์พิเศษ ซึ่งมีลักษณะเป็น Gray Scales ความละเอียดตำแหน่งของ absolute encoder จะขึ้นกับจำนวนบิต (ตั้งแต่ 8 – 12 บิต) ซึ่งจะให้ข้อมูลตำแหน่งค่อนข้างละเอียดและสามารถรายงานบอกตำแหน่งได้ทุกๆ จุดที่โรเตอร์หมุนเคลื่อนที่ไป ไม่มีปัญหาเรื่องจุดอ้างอิง (reference point) กรณีที่ไฟดับหรือปิดเครื่อง แต่จะไม่ทนต่อภาพแวดล้อมอุตสาหกรรม เช่นการสั่นสะเทือนและฝุ่นควัน นอกจากนั้นจานเข้ารหัสยังเปราะและแตกง่าย

2.15 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บรรเจิด (2546) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดทดลองเรื่องการทดสอบจวบไฟ วิชาการทดสอบจวบไฟ และจุดติดไฟ ผลปรากฏว่าชุดทดลองสามารถช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพตามวัตถุประสงค์

ดิเรก (2546) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดทดลองเรื่องการทดสอบการรับแรงบิด วิชางานทดลองเครื่องกล (31012005) หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ

ชั้นสูง ผลการวิจัยปรากฏว่า ชุดทดลองสามารถช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพตามวัตถุประสงค์

ประกอบ (2537) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การสร้างชุดสาธิตการประลอง เรื่อง โมเมนต์ตั้งและแรงจากการไหลของของไหล กรณีถังหันน้ำแบบเพลตัน วิชาปฏิบัติการเครื่องกล 1 (432-372) ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรเทคนิคชั้นสูง ผลการวิจัยปรากฏว่า ชุดทดลองสามารถช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพตามวัตถุประสงค์

ปราโมทย์ (2532) ได้สร้างชุดทดลองเพื่อหาการสูญเสียพลังงานและการวัดอัตราการไหลของของไหลภายในท่อ และนำไปทดลองหาประสิทธิภาพกับนักศึกษาระดับ ปวส. ของวิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา วิทยาเขตพระนครเหนือ ผลปรากฏว่าชุดทดลองสามารถช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพตามวัตถุประสงค์

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง นำมาสรุปเป็นแนวทาง เพื่อใช้ในการสร้างชุดประลอง เรื่องการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ โดยพิจารณาคูณสมบัติต่างๆ หลายประการดังนี้

1. ชุดประลองที่สร้างขึ้น ควรมีความสามารถที่จะใช้ในการทดลองที่หลากหลาย
2. วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างชุดประลอง ควรหาง่ายทนทาน มีความปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน
3. ในขั้นตอนการทดลอง นักศึกษาสามารถเข้าใจขั้นตอนการประลองได้ง่าย เพื่อให้สามารถทดลองได้อย่างถูกต้องตามวัตถุประสงค์ของชุดประลอง
4. ชุดประลองที่สร้างขึ้นควรมีการทดลองใช้ เพื่อให้เข้าใจในรายละเอียดต่างๆ ก่อนที่จะนำไปใช้สอนจริง

บทที่ 3

วิธีการวิจัย

การวิจัยนี้ เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพชุดทดลองการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ สำหรับใช้ในการเรียนการสอนในหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

- 3.1 ศึกษาทฤษฎีและข้อมูลที่เกี่ยวข้องเพื่อเตรียมการวิจัย
- 3.2 กำหนดประชากรและเลือกกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย
- 3.3 สร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
- 3.4 ดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล
- 3.5 วิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล

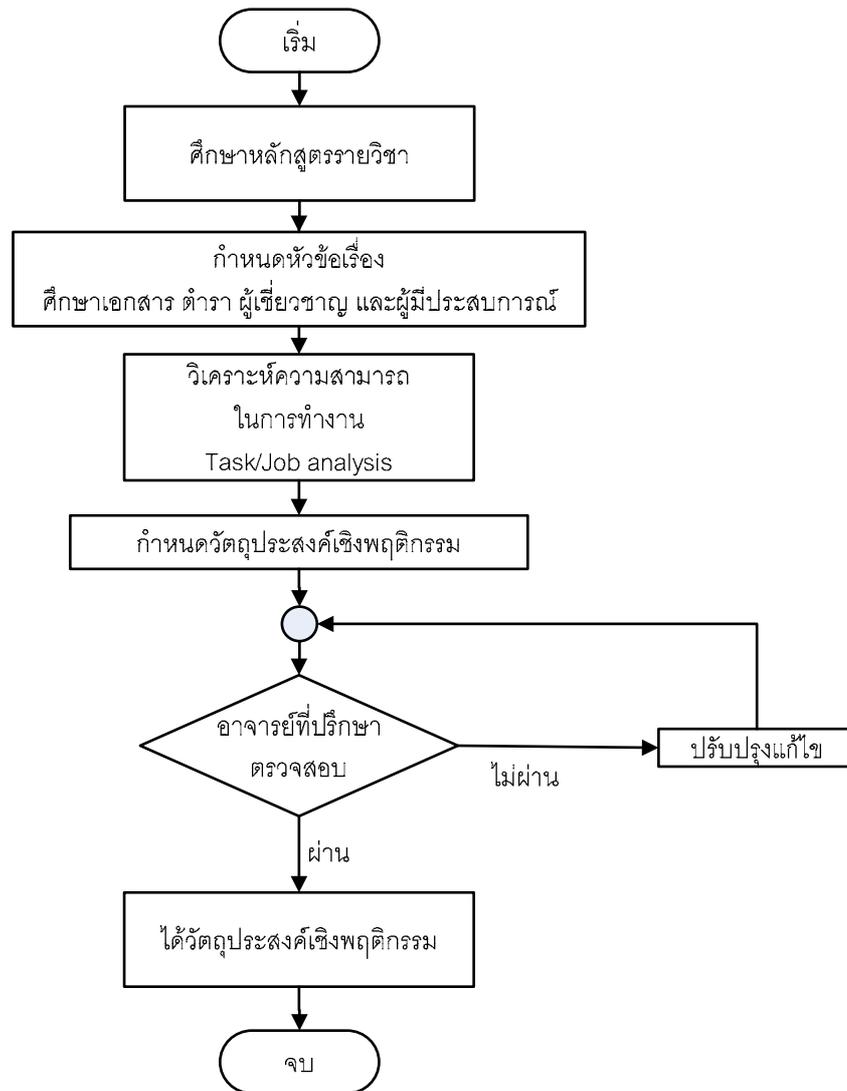
3.1 การศึกษาทฤษฎีและข้อมูลที่เกี่ยวข้องเพื่อเตรียมการวิจัย

การศึกษาทฤษฎีและข้อมูลที่เกี่ยวข้องเพื่อเตรียมการวิจัย ประกอบด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ศึกษารายละเอียดและทำการวิเคราะห์หลักสูตรรายวิชา วิศวกรรมการขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าและระบบเซอร์โว
2. ศึกษาวิธีการเรียนการสอนวิชาทดลอง และการสร้างสื่อ ได้แก่ การสร้างใบเนื้อหา (information sheet) ใบทดลองหรือใบแบบฝึกหัด (Lab sheet) ใบแบบทดสอบ และตัวเครื่องของชุดทดลอง
3. ศึกษาเนื้อหาเกี่ยวข้องกับการควบคุมและใช้งานชุดเซอร์โวมอเตอร์
4. ศึกษาระเบียบวิธีการวิจัย วิธีการเก็บข้อมูล และวิธีวิเคราะห์ข้อมูล

3.1.1 การศึกษาและวิเคราะห์หลักสูตรรายวิชา

ขั้นตอนการศึกษาและวิเคราะห์หลักสูตรรายวิชา เพื่อหัวข้อและวัตถุประสงค์มาใช้เป็นกรอบในการสร้างชุดประลอง แสดงในภาพที่ 3-1



ภาพที่ 3-1 ขั้นตอนการวิเคราะห์หลักสูตรรายวิชา

จากหลักสูตรรายวิชา ของหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเมคาทรอนิกส์ วิชาเลือก กลุ่มวิชาเทคนิค รหัสวิชา 213336 ชื่อวิชา วิศวกรรมการขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า และระบบเซอร์โว (Electric Drive and servo system engineering) 3(2-2) โดยคำอธิบายรายวิชามีรายละเอียดดังนี้

คำอธิบายรายวิชา

การควบคุมความเร็วรอบและระยะการหมุนของเครื่องจักรกลไฟฟ้ากระแสตรงแบบหลายควอดแรนต์ การควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์เหนี่ยวนำ การควบคุมการขับเคลื่อนเซอร์โวมอเตอร์ การควบคุมการขับเคลื่อนมอเตอร์แบบไร้แปลงถ่าน การควบคุมการขับเคลื่อนสเต็ปเปอร์มอเตอร์และการประยุกต์ใช้งานอุตสาหกรรม

จากคำอธิบายรายวิชาพบว่า ได้บอกไว้เพียง “การควบคุมการขับเคลื่อนเซอร์โวมอเตอร์” และ “การประยุกต์ใช้งานอุตสาหกรรม” เท่านั้น ซึ่งไม่ได้บอกรายละเอียดอื่นๆ ที่จะสามารถนำไปวิเคราะห์บทเรียนได้ ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องทำการเก็บรวบรวมจากแหล่งข้อมูลอื่นๆ เพื่อนำมาวิเคราะห์รายการความสามารถในการปฏิบัติการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ต่อไป

3.1.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์รายการความสามารถ

แหล่งข้อมูลที่ผู้วิจัย ได้นำมาทำการนำมาวิเคราะห์รายการความสามารถในการปฏิบัติการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ ได้แก่

1. ตำราและเอกสาร ซึ่งเป็นเอกสารสำหรับการฝึกอบรมทางด้านเซอร์โวมอเตอร์ ของบริษัทตัวแทนขายซึ่งเป็นสินค้าที่มีใช้โดยทั่วไปในประเทศไทย คู่มือการใช้งานชุดเซอร์โวมอเตอร์วารสารทางด้านวิศวกรรม และข้อมูลจากเว็บไซต์ผู้ผลิต

2. สอบถามจากผู้เชี่ยวชาญ หรือผู้ที่มีประสบการณ์ทำงานทางด้านการใช้งาน servo motor

3. อาจารย์ผู้สอน

3.1.3 ทำการวิเคราะห์หัวข้อเรื่องและรายการความสามารถ

จากข้อมูลที่เก็บได้ ถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อหารายหัวข้อหลัก รายการความสามารถ (วิเคราะห์งาน) ความรู้ (Knowledge) และทักษะ (skill) ซึ่งรายละเอียดการวิเคราะห์ ได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก หน้า 89

3.1.4 กำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (ทางด้านการปฏิบัติ)

เนื่องจากการวัดและประเมินผลการปฏิบัติการทดลอง เรื่องการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์นี้ เป็นการเน้นทางด้านการวัดทักษะเป็นสำคัญ การกำหนดวัตถุประสงค์จึงกำหนดทางด้านการปฏิบัติเท่านั้น ซึ่งรายละเอียดของวัตถุประสงค์ได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก หน้า 104

3.2 กำหนดประชากรและเลือกกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มประชากร และกลุ่มตัวอย่าง เพื่อใช้สำหรับการวิจัย มีด้วยกัน 2 กลุ่มดังนี้คือ

3.2.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่างสำหรับการประเมินคุณภาพของชุดทดลองจากความ
คิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

3.2.1.1 กลุ่มประชากรในการวิจัย

กลุ่มประชากรในการวิจัย คือ เป็นผู้มีประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการสอน การสร้างชุดทดลอง หรือ ผู้ปฏิบัติการสอนเกี่ยวกับทางด้านการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ และผู้ปฏิบัติงานทางอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับการการใช้งานเซอร์โวมอเตอร์

3.2.1.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

เป็นผู้มีประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการสอน การสร้างชุดทดลอง หรือ ผู้ปฏิบัติการสอนเกี่ยวกับทางด้านการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ และผู้ปฏิบัติงานทางอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับการการใช้งานเซอร์โวมอเตอร์ จำนวน 7 คน ด้วยวิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) โดยรายชื่อผู้เชี่ยวชาญสำหรับประเมินคุณภาพของชุดทดลองแสดงไว้ในภาคผนวก ค. หน้าที่ 152

3.2.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่างสำหรับการประเมินประสิทธิภาพของชุดทดลองใน
นำไปใช้ในการสอน

3.2.2.1 กลุ่มประชากรในการวิจัย

เป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ คณะครุศาสตร์
อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

3.2.2.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

เป็นนักศึกษาคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ สถาบัน
เทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ จำนวน 9 คน โดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive
Sampling)

3.3 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

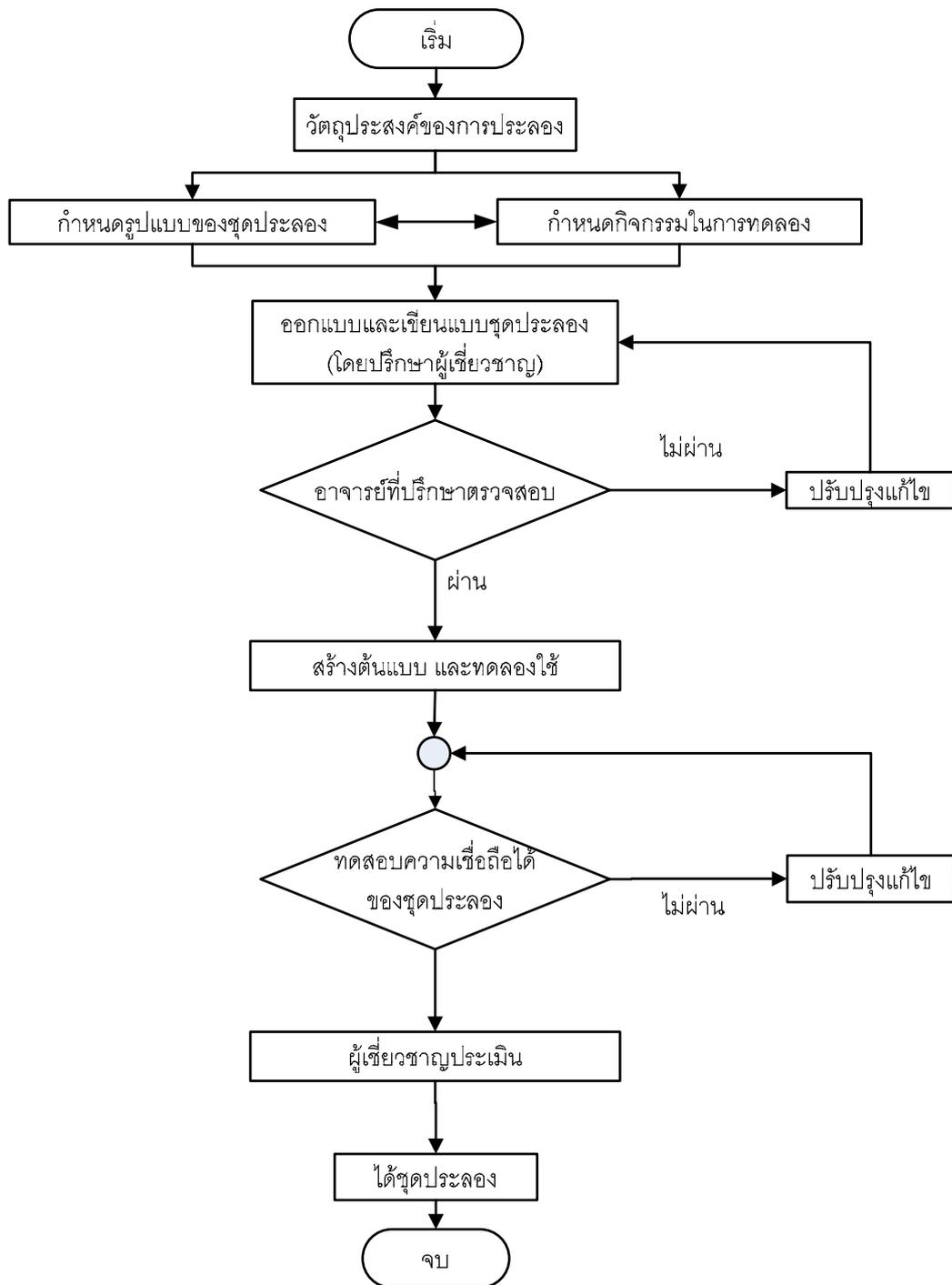
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย สำหรับการพัฒนาชุดประลอง มีดังนี้คือ

1. ชุดประลองการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ และแบบบันทึกผลการทดสอบประสิทธิภาพของตัวเครื่องของชุดประลอง
2. แบบประเมินคุณภาพชุดประลอง โดยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
4. แบบประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

3.3.1 ชุดทดลองการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์

ชุดทดลองประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นตัวชุดเครื่องทดลอง และส่วนที่เป็นเอกสารประกอบชุดทดลอง

การดำเนินการสร้างชุดประลอง แสดงในภาพที่ 3-2



ภาพที่ 3-2 ขั้นตอนการสร้างชุดทดลองการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์

ภาพตัวเครื่องชุดทดลอง แสดงในภาคผนวก ข หน้า 108

เมื่อทราบวัตถุประสงค์ของการประลองจากการวิเคราะห์รายการความสามารถแล้วนั้น จะได้มาทำการกำหนดกิจกรรมต่างๆ เพื่อให้ผู้เรียนบรรลุวัตถุประสงค์ ซึ่งชุดประลอง (Hardware) จะต้องรองรับการทำกิจกรรมนั้นๆ ด้วย เมื่อได้ลักษณะของเครื่องแล้วจะมาทำการออกแบบตัวเครื่อง ทั้งนี้จะต้องทำการปรึกษาผู้เชี่ยวชาญซึ่งมีความรู้และความสามารถเกี่ยวกับงานเพื่อใช้เป็นแนวทางการในการออกแบบต่อไป จากนั้นอาจารย์ที่ปรึกษาจะตรวจสอบก่อนจะลงมือสร้างเครื่อง เมื่อทำการสร้างเครื่องแล้วจะทำการทดสอบการทำงาน ผู้เชี่ยวชาญประเมินผลอีกครั้งก็จะได้ชุดทดลองที่สมบูรณ์

สำหรับในส่วนเอกสารประกอบชุดประลอง ได้แก่ คู่มือผู้สอน และคู่มือผู้เรียน ซึ่งประกอบด้วยเอกสารต่างๆ ภายในคู่มือดังนี้

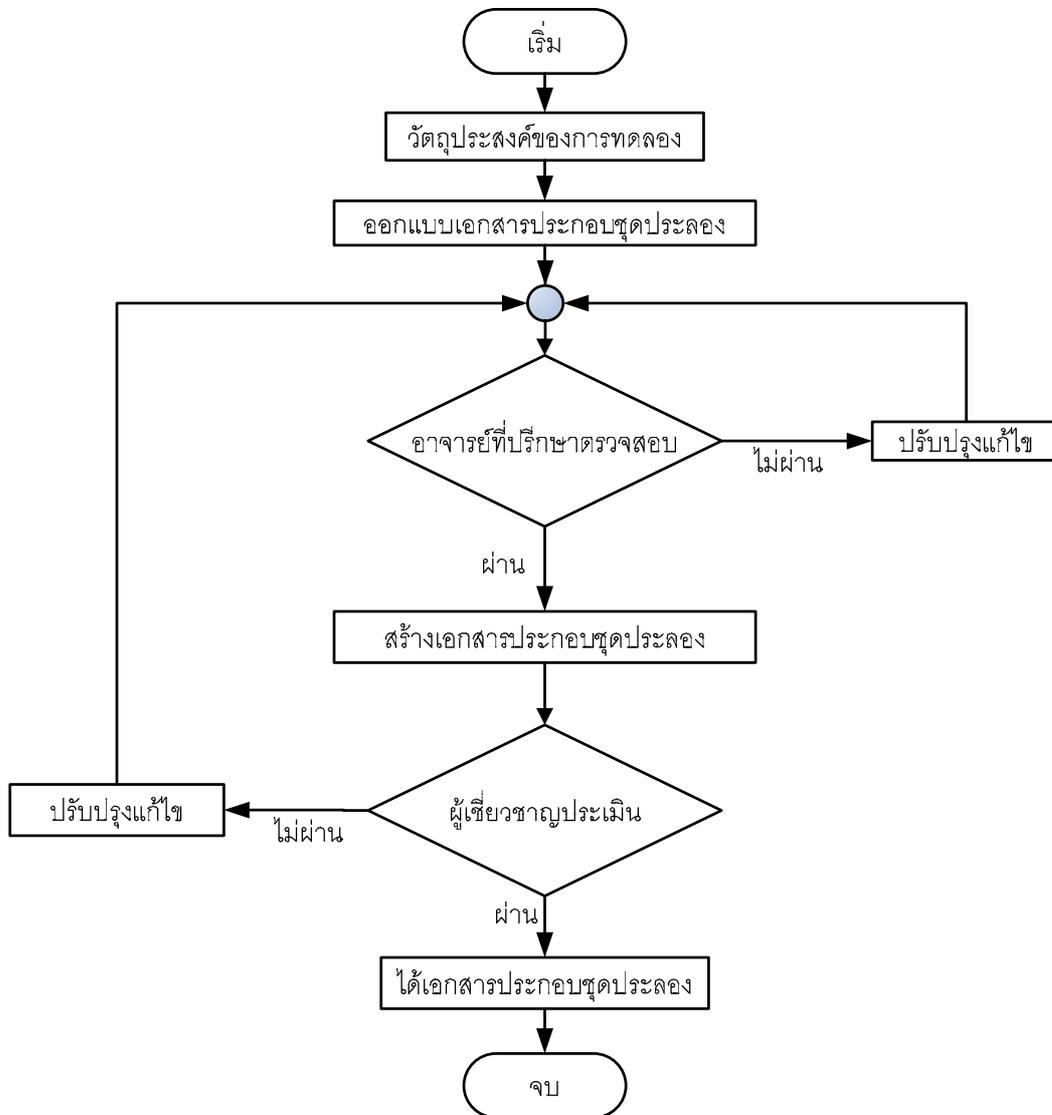
คู่มือผู้สอน

ประกอบด้วย แนวทางการใช้งานชุดประลองและการประเมินผลการปฏิบัติ ใบเนื้อ ใบประลอง ใบเฉลยการประลอง ใบแบบทดสอบย่อย ใบแบบทดสอบหลังเรียน ใบเฉลยแบบทดสอบ ใบประเมินผลการปฏิบัติงาน รายละเอียดทางด้านเทคนิคของอุปกรณ์ชุดประลอง เป็นต้น

คู่มือผู้เรียน

ประกอบด้วย ใบเนื้อ ใบประลอง รายละเอียดทางเทคนิคของชุดประลอง เป็นต้น

การสร้างเอกสารประกอบชุดประลองมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

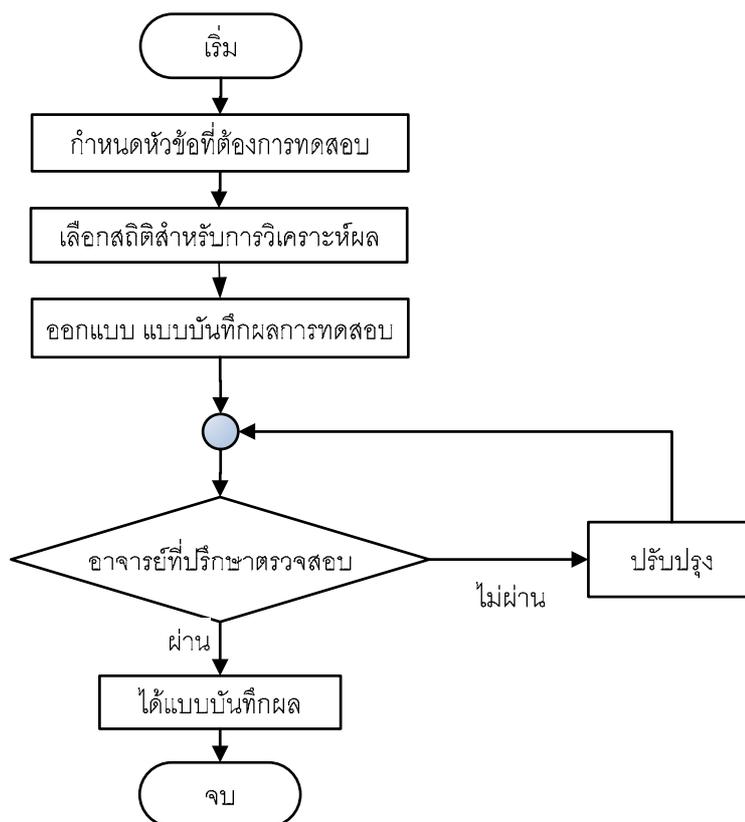


ภาพที่ 3-3 ขั้นตอนการสร้างเอกสารประกอบชุดประลอง

ตัวอย่างใบเนื้อหา ใบประลอง ใบเฉลยงานประลอง แสดงในภาคผนวก ข. หน้าที่ 121

3.3.2 แบบบันทึกผลการทดสอบประสิทธิภาพตัวเครื่องของชุดประลอง

การทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพของตัวเครื่องชุดประลอง จะทำการทดสอบ 3 หัวข้อด้วยกันคือ การทดสอบการควบคุมตำแหน่ง การทดสอบการควบคุมความเร็ว และ การทดสอบการควบคุมแรงบิด ผลที่ได้จากการทดสอบ จะนำมาหาค่าความคลาดเคลื่อน และค่าความเชื่อถือได้ของผลการทดลองของชุดประลอง โดยมีแนวทางการสร้างแบบบันทึกผลการทดสอบ มีดังนี้



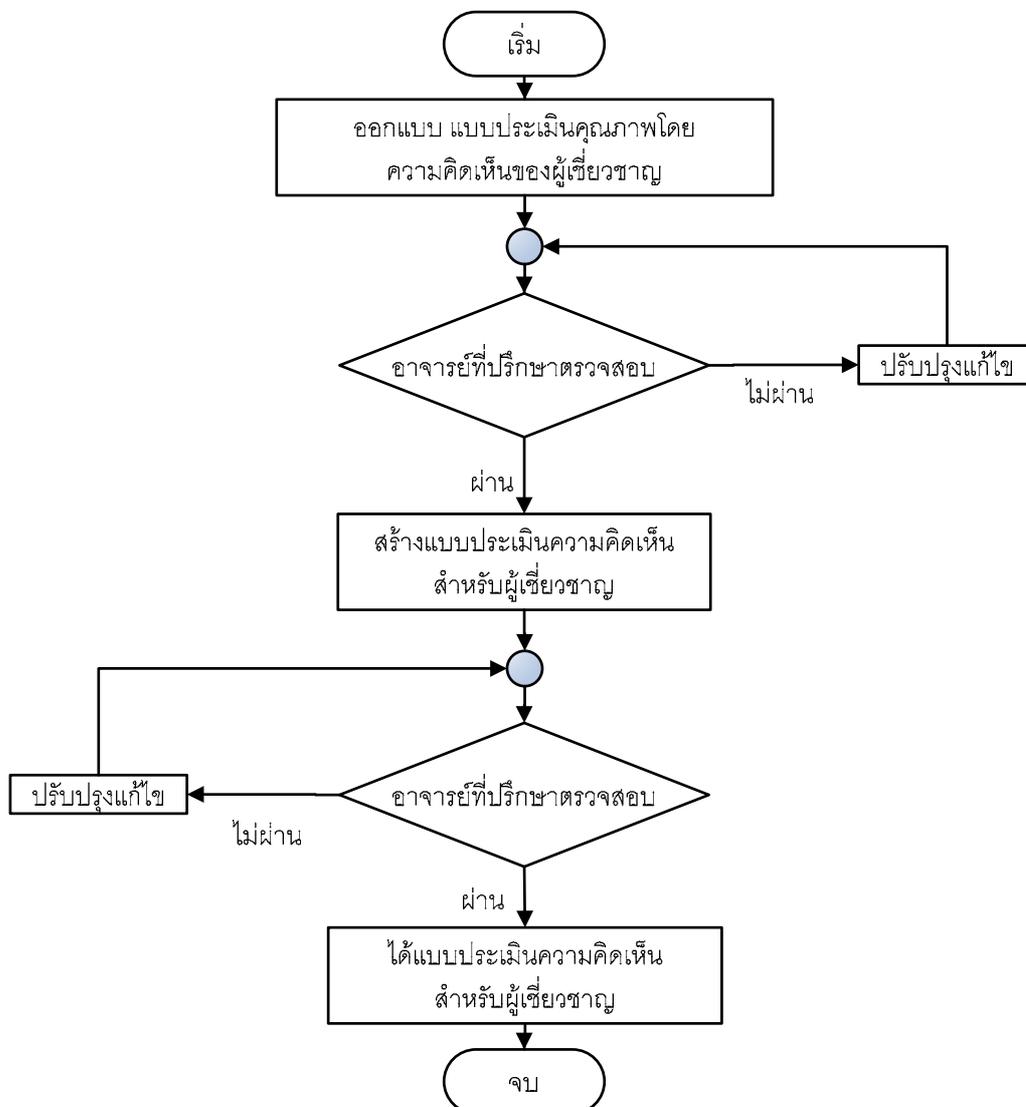
ภาพที่ 3-4 ขั้นตอนการสร้างแบบบันทึกผลการทดสอบ

ใบบันทึกผลการทดสอบตัวเครื่องเพื่อนำไปวิเคราะห์หาประสิทธิภาพ แสดงในภาคผนวก
ง. หน้าที่ 162

3.3.3 แบบประเมินคุณภาพของชุดประลองโดยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

การประเมินคุณภาพของชุดประลอง ประกอบด้วย 3 ด้านด้วยกันคือ ด้านเนื้อหา ด้านใบประลอง และ ด้านตัวเครื่อง(Hard ware) ของชุดประลอง

ลักษณะของข้อคำถามในแบบสอบถามสำหรับการประเมินคุณภาพ จะเป็นแบบปิด (close end question) และ เปิด (Open end question) ซึ่งเป็น 2 ตอน สำหรับในตอนี่ 1 ข้อคำถามจะเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) 5 ระดับ ครอบคลุมทั้ง 3 ด้านที่กล่าวมาข้างต้น ส่วนในตอนี่ 2 จะเป็นข้อคิดเห็นที่นอกเหนือจากข้อคำถามในตอนี่ 1 รวมทั้งข้อเสนอแนะต่างๆ ในแต่ละด้าน สำหรับการดำเนินการสร้างแบบประเมินคุณภาพของชุดประลอง มีขั้นตอนดังนี้

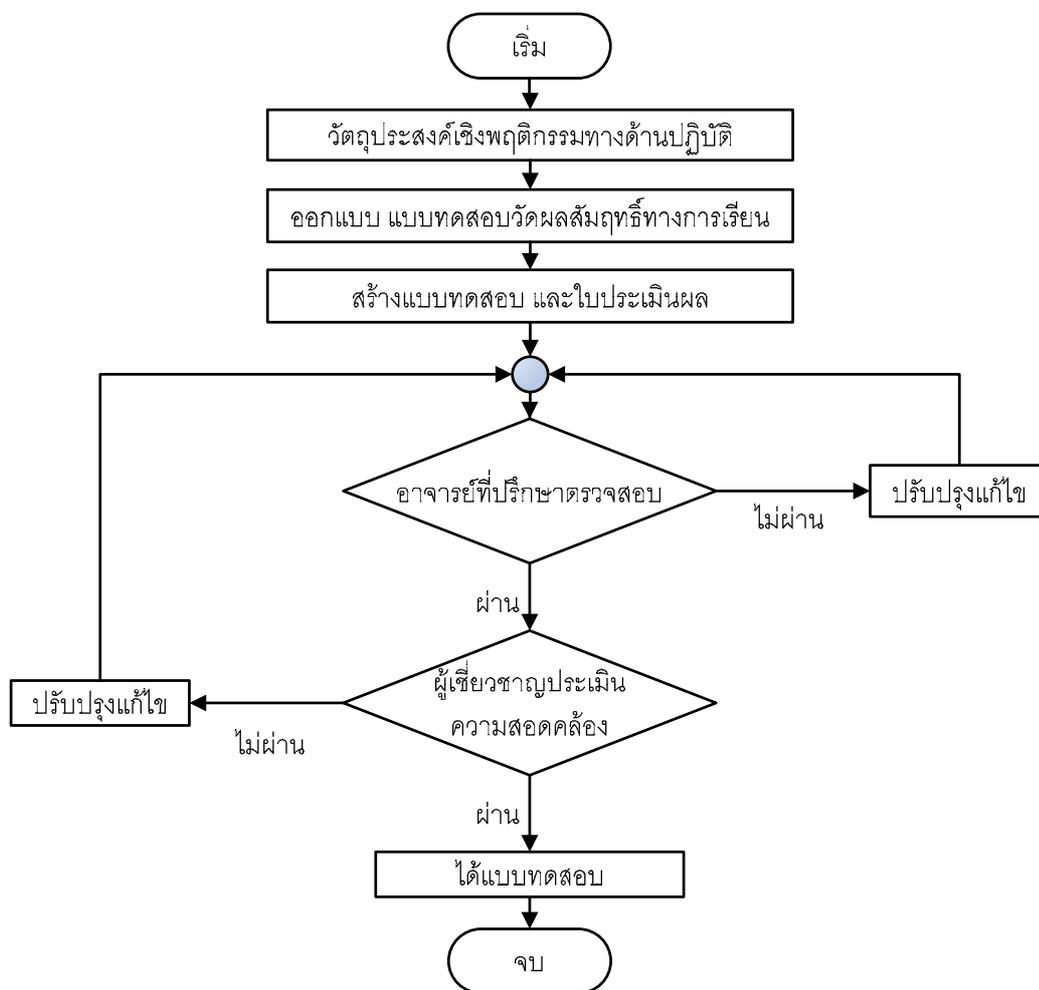


ภาพที่ 3-5 ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินคุณภาพของชุดประลอง โดยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

แบบประเมินคุณภาพชุดประลองโดยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ แสดงไว้ในหน้าผนวก ง.
หน้าที 166

3.3.4 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จะทำโดยการทดสอบ 2 ครั้ง คือ ก่อนเรียน และหลังเรียน โดยใช้แบบทดสอบชุดเดียวกัน ลักษณะของการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จะกำหนดให้ ผู้เรียนลงมือปฏิบัติตามเงื่อนไขและคำสั่งตามใบแบบทดสอบ และประเมินผลการผลจากการปฏิบัติ สำหรับการดำเนินการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

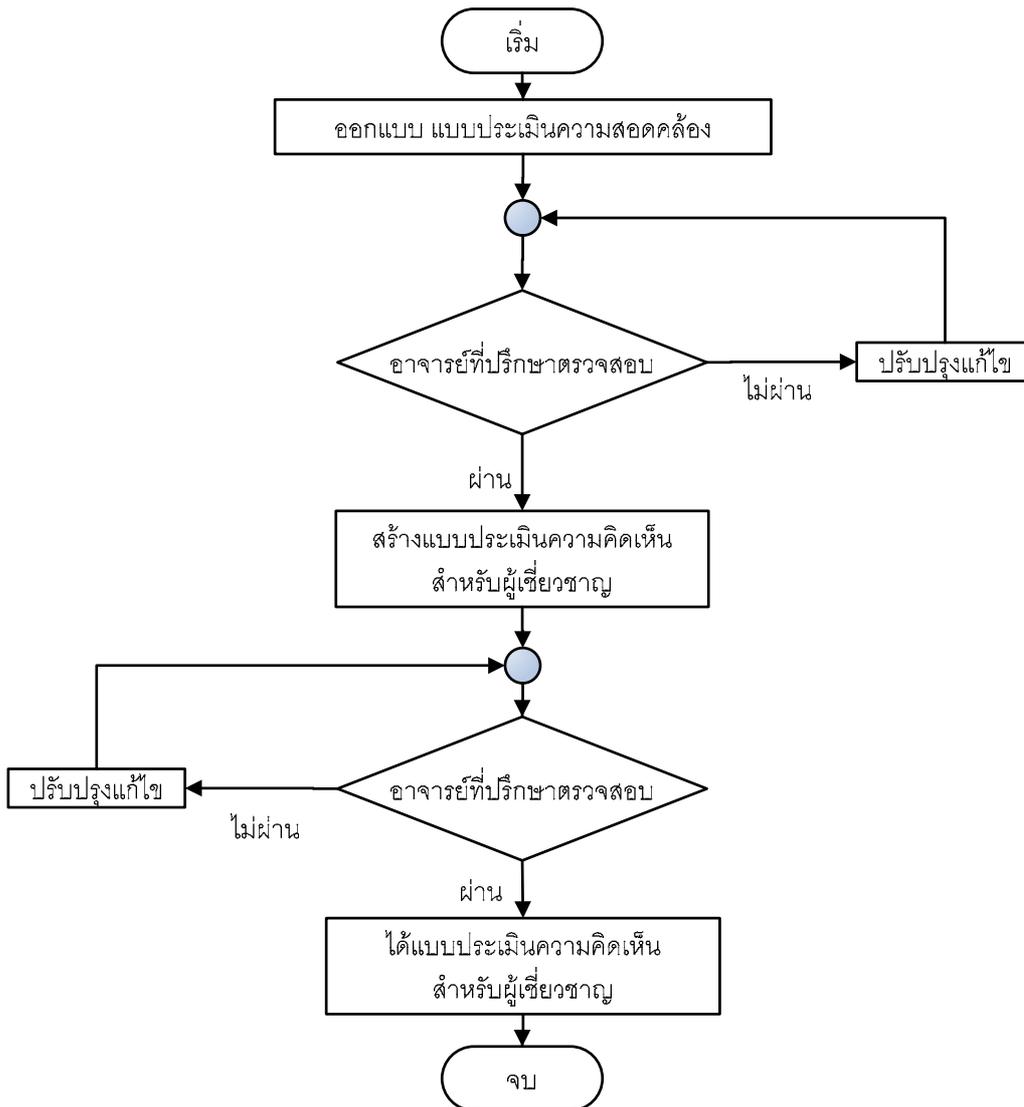


ภาพที่ 3-6 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และใบประเมินผล แสดงไว้ในภาคผนวก ง.
หน้าที 175

3.3.5 แบบประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์

ลักษณะของแบบสอบในแบบประเมินจะเป็นลักษณะเลือกตอบ 3 ตัวเลือก ได้แก่ +1, 0, -1 ซึ่งจะถูกนำมาหาค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC สำหรับการสร้างแบบประเมินความสอดคล้อง มีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้



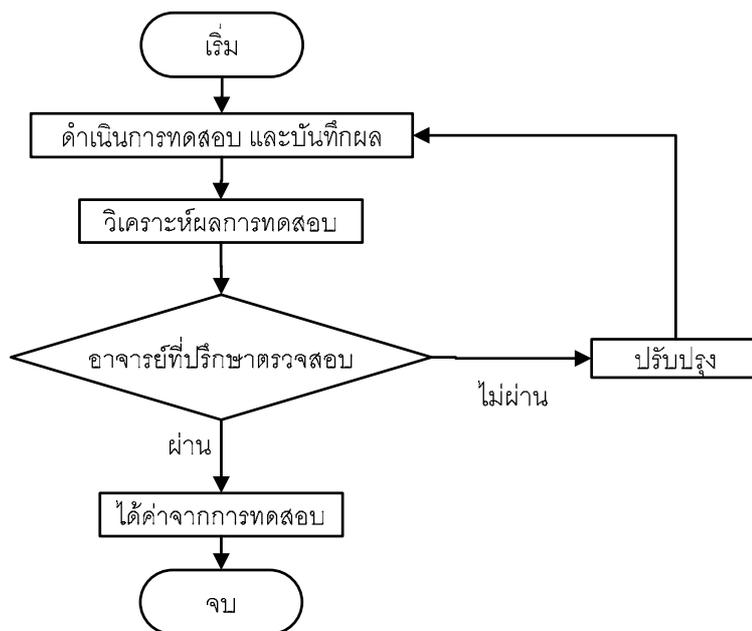
ภาพที่ 3-7 ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์

แบบประเมินความสอดคล้อง แสดงในภาคผนวก ง. หน้าที่ 170

3.4 การกำหนดการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

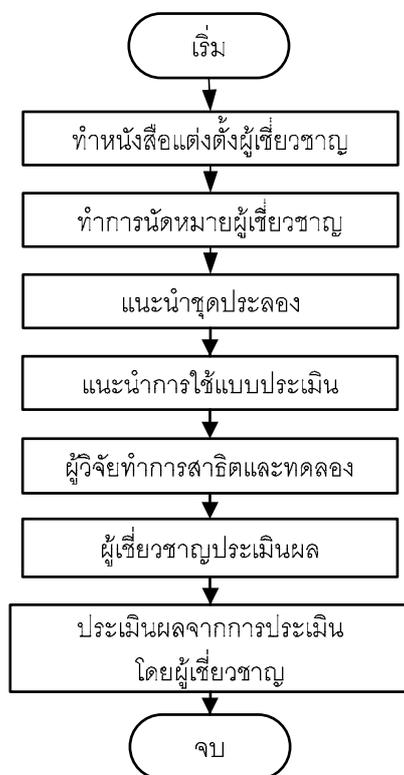
ในขั้นตอนการดำเนินการทดลองและเก็บข้อมูล สำหรับการวิจัย มีรายละเอียดดังนี้

3.4.1 การทดสอบความเชื่อถือได้ของการทดลอง มีดังนี้



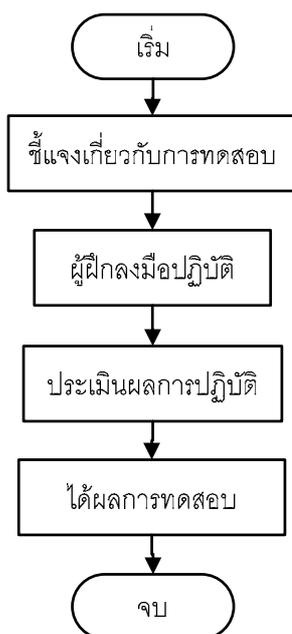
ภาพที่ 3-8 ขั้นตอนการทดสอบความเชื่อถือได้ของการทดลองของชุดทดลอง

3.4.2 การประเมินคุณภาพชุดประลองโดยผู้เชี่ยวชาญ



ภาพที่ 3-9 ขั้นตอนการประเมินคุณภาพของชุดประลองโดยผู้เชี่ยวชาญ

3.4.3 การประเมินผลด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน มีดังนี้



ภาพที่ 3-10 ขั้นตอนการปฏิบัติในการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้สำหรับการวิจัย

การดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล จะทำ 3 ด้านด้วยกันคือ

1. การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดประลองในด้านการทดลอง
2. การวิเคราะห์หาคุณภาพของชุดประลองจากการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ
3. การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดประลองในการนำไปใช้กับผู้เรียน

3.5.1 การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดประลองในด้านการทดลอง

เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลจากการบันทึกผลการทดลอง ได้แก่ ตำแหน่ง ความเร็ว และ แรงบิด เพื่อหาค่าความคลาดเคลื่อนในการทดลอง และความเชื่อถือได้ในการทดลองของชุดประลอง มีดังนี้

1. การหาค่าความคลาดเคลื่อน

โดยการนำค่าต่ำสุด(min.) และสูงสุด (max.) มาเปรียบเทียบกับกับค่าที่กำหนด (spec.) ว่ามีค่าคลาดเคลื่อนมาน้อยเพียงใด

สำหรับการทดสอบแรงบิดไม่สามารถระบุค่าที่ต้องการควบคุมให้ได้ จึงใช้ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่มรวมกันเป็นค่ากลาง แล้วทำการเทียบค่าต่ำสุดและสูงสุดสำหรับการแสดงถึงค่าที่คลาดเคลื่อน

2. การทดสอบความเชื่อถือได้ของการทดลอง

โดยการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของข้อมูลจากการทดสอบ 2 ครั้ง จากกลุ่มตัวอย่างที่สัมพันธ์กัน (Dependent sample) โดยในการเก็บข้อมูลครั้งที่ 2 จะกระทำเมื่อมีการทดลองในด้านอื่นๆ มาแล้ว จากนั้นทดสอบว่าผลที่ได้เปลี่ยนแปลงไปจากการทดลองครั้งแรกหรือไม่ (เนื่องจากชุดประลองที่สร้างขึ้น ออกแบบไว้ให้มีการทดลองได้ครอบคลุมทุกรูปแบบการทำงานของ servo motor)

จากสูตร (ลิวันและอังคณา, 2538 : 104)

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{n \sum D^2 - (\sum D)^2}{k-1}}}, \quad df = n-1$$

เมื่อ

D = ค่าความแตกต่างระหว่างคะแนนแต่ละคู่

k = จำนวนคู่

3. การหาค่าเฉลี่ยของผลการทดลอง

สถิติที่ใช้หาค่าเฉลี่ยของข้อมูลเชิงปริมาณ สำหรับใช้เป็นค่าอ้างอิง (spec.) ของการทดสอบแรงบิด เพื่อหาค่าร้อยละของความคลาดเคลื่อน (เนื่องจากไม่ทราบค่าความสัมพันธ์ของแรงบิดกับค่าที่ทำการปรับตั้งค่าแรงบิดที่ตัว servo amplifier สำหรับใช้ในการอ้างอิงได้)

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{k}$$

\bar{x} = ค่าเฉลี่ยของผลการทดลอง

k = จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

4. การหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation)

$$S.D. = \sqrt{\frac{k \sum x^2 - (\sum x)^2}{k(k-1)}}$$

SD = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3.5.2 การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดประลองจากการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ

การวิเคราะห์ข้อมูลจากการประเมินชุดประลองโดยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดประลอง ประกอบด้วยแบบประเมินความคิดเห็น 2 ลักษณะ คือ ที่มีข้อคำถามเป็นระดับมาตราส่วนความสำคัญ (แบบมาตราส่วนประมาณค่า - Rating scale) 5 ระดับ และแบบประเมินความสอดคล้องของความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (ดัชนีความสอดคล้องของคะแนนระดับความคิดเห็น - IOC)

1. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติที่ได้จากการประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดประลอง ของแบบสอบถามความคิดเห็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale)

ใช้ค่าเฉลี่ย (\bar{x}) เป็นสถิติสำหรับการวิเคราะห์ (ล้วนและอังคณา, 2538 : 73)

$$\bar{x} = \frac{\sum fx}{\sum f}$$

\bar{x} = คะแนนเฉลี่ย

f = ความถี่

$\sum fx$ = ผลรวมทั้งหมดของความถี่คูณคะแนน

$\sum f$ = ผลรวมทั้งหมดของความถี่

การแปรความหมายค่าเฉลี่ยจากการประเมินผลโดยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ผู้วิจัย กำหนดค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญตามแนวทางของเบสท์ (Best, 1983: 175-182)

การแปรความหมายของค่าเฉลี่ย

| | |
|-------------|-------------|
| 4.50 – 5.00 | ดีมาก |
| 3.50 – 4.49 | ดี |
| 2.50 – 3.49 | พอใช้ได้ |
| 1.50 – 2.49 | ควรปรับปรุง |
| 1.00 – 1.49 | ใช้ไม่ได้ |

2. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติสำหรับการหาค่าความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับจุดประสงค์ (ล้วนและอังคณา, 2539:248)

$$IOC = \frac{\sum R}{n}$$

IOC = ดัชนีความสอดคล้องของคะแนนระดับความคิดเห็น

$\sum R$ = ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นทั้งหมดของผู้เชี่ยวชาญ

n = จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

การแปลผลค่าดัชนีความสอดคล้องของคะแนนระดับความคิดเห็น

$$IOC \geq 0.50 \quad \text{สอดคล้อง}$$

$$IOC < 0.50 \quad \text{ไม่สอดคล้อง}$$

3.5.3 การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดประลองโดยการนำไปใช้กับผู้เรียน ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ประสิทธิภาพของบทเรียน และการผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน

1. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ สำหรับการหาประสิทธิภาพของบทเรียน โดยการวัดจากร้อยละของคะแนนเฉลี่ยระหว่างเรียน และร้อยละของคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน (เสาวนีย์, 2528 ค: 295)

$$\text{Efficiency} = E1 : E2$$

โดยที่

E1 = ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยระหว่างเรียน

E2 = ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน

$$E1 = \frac{\sum \text{คะแนนทดสอบระหว่างเรียน}}{\sum \text{คะแนนเต็มของแบบทดสอบ}} \times 100$$

$$= \frac{\left[\frac{\sum X}{n} \right]}{A} \times 100$$

$$E2 = \frac{\sum \text{คะแนนทดสอบหลังเรียน}}{\sum \text{คะแนนเต็มของแบบทดสอบ}} \times 100$$

$$= \frac{\left[\frac{\sum X}{n} \right]}{A} \times 100$$

เมื่อ

$\sum X$ = คะแนนรวมของแบบทดสอบระหว่างเรียน, หลังเรียน

A = คะแนนเต็มของแบบทดสอบระหว่างเรียน, หลังเรียน
 n = จำนวนผู้เรียนทั้งหมด

2. การวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

จากการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย โดยอาศัยการแจกแจงแบบที (t-test) ในการทดสอบนัยสำคัญทางสถิติ ที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างที่สัมพันธ์กัน (Dependent Sample) โดยลักษณะกลุ่มตัวอย่างมีเพียงกลุ่มเดียวคือ $n \leq 30$ แต่เก็บข้อมูล 2 ครั้ง โดยการ Pre-test และ Post-test

จากสูตร (ลิ้วนและอังคณา, 2538: 104)

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{n \sum D^2 - (\sum D)^2}{n-1}}}, df = n-1$$

เมื่อ

D = แทนความแตกต่างระหว่างคะแนนแต่ละคู่
 n = แทนจำนวนคู่

บทที่ 4

ผลของการวิจัย

สำหรับการนำเสนอผลของการวิจัยการสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดประลอง เรื่อง การควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ ผู้วิจัยขอแนะนำเสนอเป็นลำดับดังนี้

- 4.1 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของตัวเครื่องของชุดประลอง
- 4.2 การวิเคราะห์ประเมินคุณภาพของชุดประลองโดยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
- 4.3 การวิเคราะห์ประเมินประสิทธิภาพของชุดประลองในการสอน

4.1 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของตัวเครื่องของชุดประลอง

4.1.1 การวิเคราะห์การทดสอบควบคุมตำแหน่ง

4.1.1.1 การวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนในการควบคุมตำแหน่ง

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับค่าความคลาดเคลื่อนของการควบคุมตำแหน่งการเคลื่อนที่ปรากฏผลดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 การวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนจากผลการทดสอบการควบคุมตำแหน่งการเคลื่อนที่

| Position (mm.) | k | Mean | SD. | Range | Minimum | Maximum |
|----------------|----|--------|-----|-------|---------|---------|
| 150.00 | 40 | 150.00 | 0 | 0 | 150.00 | 150.00 |
| 200.00 | 40 | 200.00 | 0 | 0 | 200.00 | 200.00 |
| 250.00 | 40 | 250.00 | 0 | 0 | 250.00 | 250.00 |
| 300.00 | 40 | 300.00 | 0 | 0 | 300.00 | 300.00 |

k = จำนวนครั้งในการทดสอบ, SD = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, Range = max - min

จากตารางที่ 4-1 พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนจากตำแหน่งที่ได้กำหนดไว้ทั้ง 4 ตำแหน่ง สำหรับการทดสอบ ไม่มีพบค่าความคลาดเคลื่อนจากตำแหน่งที่ได้กำหนดไว้

4.1.1.2 การวิเคราะห์ความเชื่อถือได้ในการทดสอบการควบคุมตำแหน่งการเคลื่อนที่

จากตารางที่ 4-3 พบว่าค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ย และค่าการกระจาย (SD) จากค่าที่ได้จากการทดสอบทั้ง 2 ครั้งนั้น เป็นค่าเดียวกัน จึงสรุปได้ว่า ผลการทดสอบการควบคุมตำแหน่งที่ได้ไม่แตกต่างกัน นั่นคือตัวเครื่องของชุดประลองมีความเชื่อถือได้ในการประลองทางการควบคุมตำแหน่งการเคลื่อนที่

4.1.2 การวิเคราะห์การทดสอบควบคุมความเร็ว

4.1.2.1 การวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนในการควบคุมความเร็ว

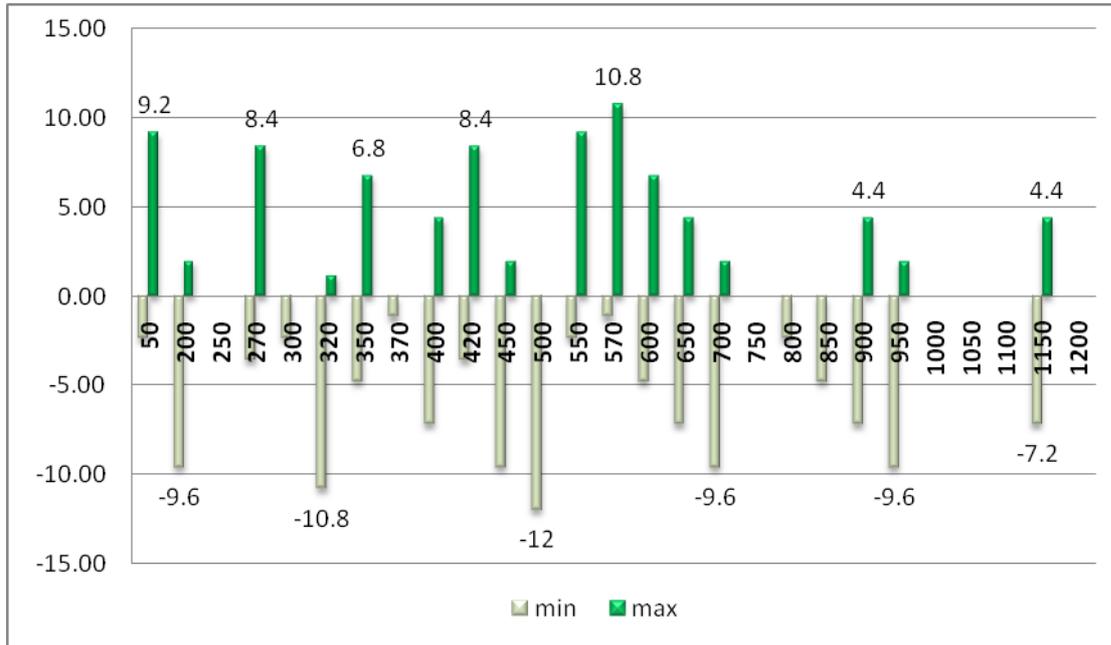
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับค่าความคลาดเคลื่อนของการควบคุมความเร็วในการเคลื่อนที่ ปรากฏผลดังตารางที่ 4-2 และภาพที่ 4-1

ตารางที่ 4-2 การวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนจากผลการทดสอบการควบคุมความเร็ว

| Speed (cm/min) | k | Mean | SD. | Range | Min. | Max. | Incorrect | |
|-------------------|----|-------|--------|-------|-------|-------|-----------|------|
| | | | | | | | Min. | Max. |
| 50 | 40 | 53.4 | 8.2024 | 11.6 | 47.6 | 59.2 | -2.4 | +9.2 |
| 200 | 40 | 196.2 | 8.2024 | 11.6 | 190.4 | 202.0 | -9.6 | +2.0 |
| 250 | 40 | 250.0 | 0 | 0.0 | | | | |
| 270 | 40 | 267.6 | 8.4853 | 12.0 | 261.6 | 273.6 | -3.6 | +8.4 |
| 300 | 40 | 297.6 | 0.0000 | 0.0 | | 297.6 | -2.4 | |
| 320 | 40 | 315.2 | 8.4853 | 12.0 | 309.2 | 321.2 | -10.8 | +1.2 |
| 350 | 40 | 351.0 | 8.2024 | 11.6 | 345.2 | 356.8 | -4.8 | +6.8 |
| 370 | 40 | 368.8 | 0.0000 | 0.0 | | 368.8 | -1.2 | |
| 400 | 40 | 398.6 | 8.2024 | 11.6 | 392.8 | 404.4 | -7.2 | +4.4 |
| 420 | 40 | 422.4 | 8.4853 | 12.0 | 416.4 | 428.4 | -3.6 | +8.4 |
| 450 | 40 | 446.2 | 8.2024 | 11.6 | 440.4 | 452.0 | -9.6 | +2.0 |
| 500 | 40 | 494.0 | 8.4853 | 12.0 | 488.0 | 500.0 | -12.0 | |

ตารางที่ 4-2 (ต่อ)

| Speed (cm/min) | k | Mean | SD. | Range | Min. | Max. | Incorrect | |
|-------------------|----|---------------|--------|-------|--------|--------|-----------|-------|
| | | | | | | | Min. | Max. |
| 550 | 40 | 553.4 | 8.2024 | 11.6 | 547.6 | 559.2 | -2.4 | +9.2 |
| 570 | 40 | 565.2 | 8.4853 | 12.0 | 559.2 | 571.2 | -1.2 | +10.8 |
| 600 | 40 | 601.0 | 8.2024 | 11.6 | 595.2 | 606.8 | -4.8 | +6.8 |
| 650 | 40 | 648.6 | 8.2024 | 11.6 | 642.8 | 654.4 | -7.2 | +4.4 |
| 700 | 40 | 696.2 | 8.2024 | 11.6 | 690.4 | 702.0 | -9.6 | +2.0 |
| 750 | 40 | 750.0 | 0 | 0.0 | | | | |
| 800 | 40 | 797.6 | 0 | 0.0 | 797.6 | | -2.4 | |
| 850 | 40 | 845.2 | 0 | 0.0 | 845.2 | | -4.8 | |
| 900 | 40 | 898.6 | 8.2024 | 11.6 | 892.8 | 904.4 | -7.2 | +4.4 |
| 950 | 40 | 946.2 | 8.2024 | 11.6 | 940.4 | 952.0 | -9.6 | +2.0 |
| 1000 | 40 | 1000.0 | 0 | 0.0 | | | | |
| 1050 | 40 | 1047.6 | 0 | 0.0 | | | | |
| 1100 | 40 | 1095.2 | 0 | 0.0 | | | | |
| 1150 | 40 | 1148.6 | 8.2024 | 11.6 | 1142.8 | 1154.4 | -7.2 | +4.4 |
| 1200 | 40 | 1202.0 | 0 | 0.0 | | | | |



ภาพที่ 4-1 ค่าความคลาดเคลื่อนในการทดสอบการควบคุมความเร็ว

จากการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนปรากฏว่าค่าสูงสุด +10.8 เกิดขึ้นที่ความเร็ว 570 Cm/min ต่ำสุด -12 ที่ความเร็ว 500 cm/min

4.1.2.2 การวิเคราะห์ความเชื่อถือได้ในการทดสอบการควบคุมความเร็ว

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับค่าความเชื่อถือได้ในการควบคุมความเร็วในการเคลื่อนที่ปรากฏผลดังตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-3 การวิเคราะห์ความเชื่อถือได้ในการทดสอบการควบคุมความเร็ว

| Speed Cm/min | Data | k | Mean | SD. | Minimum | Maximum |
|--------------|------|----|-------|--------|---------|---------|
| 50 | 1 | 20 | 53.4 | 5.9507 | 47.6 | 59.2 |
| | 2 | 20 | 53.4 | 5.9507 | 47.6 | 59.2 |
| 100 | 1 | 20 | 101.0 | 5.9507 | 95.2 | 106.8 |
| | 2 | 20 | 101.0 | 5.9507 | 95.2 | 106.8 |
| 200 | 1 | 20 | 196.2 | 5.9507 | 190.4 | 202.0 |
| | 2 | 20 | 196.2 | 5.9507 | 190.4 | 202.0 |

ตารางที่ 4-3 (ต่อ)

| Speed Cm/min | Data | k | Mean | Std. Deviation | Minimum | Maximum |
|--------------|------|----|-------|----------------|---------|---------|
| 250 | 1 | 20 | 250.0 | 0.0000 | 250.0 | 250.0 |
| | 2 | 20 | 250.0 | 0.0000 | 250.0 | 250.0 |
| 300 | 1 | 20 | 297.6 | 0.0000 | 297.6 | 297.6 |
| | 2 | 20 | 297.6 | 0.0000 | 297.6 | 297.6 |
| 350 | 1 | 20 | 351.0 | 5.9507 | 345.2 | 356.8 |
| | 2 | 20 | 351.0 | 5.9507 | 345.2 | 356.8 |
| 400 | 1 | 20 | 398.6 | 5.9507 | 392.8 | 404.4 |
| | 2 | 20 | 398.6 | 5.9507 | 392.8 | 404.4 |
| 450 | 1 | 20 | 446.2 | 5.9507 | 440.4 | 452.0 |
| | 2 | 20 | 446.2 | 5.9507 | 440.4 | 452.0 |
| 500 | 1 | 20 | 494.0 | 6.1559 | 488.0 | 500.0 |
| | 2 | 20 | 494.0 | 6.1559 | 488.0 | 500.0 |
| 550 | 1 | 20 | 553.4 | 5.9507 | 547.6 | 559.2 |
| | 2 | 20 | 553.4 | 5.9507 | 547.6 | 559.2 |
| 600 | 1 | 20 | 601.0 | 5.9507 | 595.2 | 606.8 |
| | 2 | 20 | 601.0 | 5.9507 | 595.2 | 606.8 |
| 650 | 1 | 20 | 648.6 | 5.9507 | 642.8 | 654.4 |
| | 2 | 20 | 648.6 | 5.9507 | 642.8 | 654.4 |
| 700 | 1 | 20 | 696.2 | 5.9507 | 690.4 | 702.0 |
| | 2 | 20 | 696.2 | 5.9507 | 690.4 | 702.0 |
| 750 | 1 | 20 | 750.0 | 0.0000 | 750.0 | 750.0 |
| | 2 | 20 | 750.0 | 0.0000 | 750.0 | 750.0 |
| 800 | 1 | 20 | 797.6 | 0.0000 | 797.6 | 797.6 |
| | 2 | 20 | 797.6 | 0.0000 | 797.6 | 797.6 |

ตารางที่ 4-3 (ต่อ)

| Speed Cm/min | Data | k | Mean | Std. Deviation | Minimum | Maximum |
|--------------|------|----|--------|----------------|---------|---------|
| 850 | 1 | 20 | 845.2 | 0.0000 | 845.2 | 845.2 |
| | 2 | 20 | 845.2 | 0.0000 | 845.2 | 845.2 |
| 900 | 1 | 20 | 898.6 | 5.9507 | 892.8 | 904.4 |
| | 2 | 20 | 898.6 | 5.9507 | 892.8 | 904.4 |
| 950 | 1 | 20 | 946.2 | 5.9507 | 940.4 | 952.0 |
| | 2 | 20 | 946.2 | 5.9507 | 940.4 | 952.0 |
| 1000 | 1 | 20 | 1000.0 | 0 | 1000.0 | 1000.0 |
| | 2 | 20 | 1000.0 | 0 | 1000.0 | 1000.0 |
| 1050 | 1 | 20 | 1047.6 | 0 | 1047.6 | 1047.6 |
| | 2 | 20 | 1047.6 | 0 | 1047.6 | 1047.6 |
| 1100 | 1 | 20 | 1095.2 | 0 | 1095.2 | 1095.2 |
| | 2 | 20 | 1095.2 | 0 | 1095.2 | 1095.2 |
| 1150 | 1 | 20 | 1148.6 | 5.9507 | 1142.8 | 1154.4 |
| | 2 | 20 | 1148.6 | 5.9507 | 1142.8 | 1154.4 |
| 1200 | 1 | 20 | 1202.0 | 0.0000 | 1202.0 | 1202.0 |
| | 2 | 20 | 1202.0 | 0.0000 | 1202.0 | 1202.0 |

จากตารางที่ 4-3 พบว่าค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ย และค่าการกระจาย (SD) จากค่าที่ได้จากการทดสอบทั้ง 2 ครั้งนั้น เป็นค่าเดียวกัน จึงสรุปได้ว่า ผลการทดสอบการควบคุมความเร็วที่ได้ไม่แตกต่างกัน นั่นคือตัวเครื่องของชุดประลองมีความเชื่อถือได้ในการประลองทางการควบคุมความเร็ว

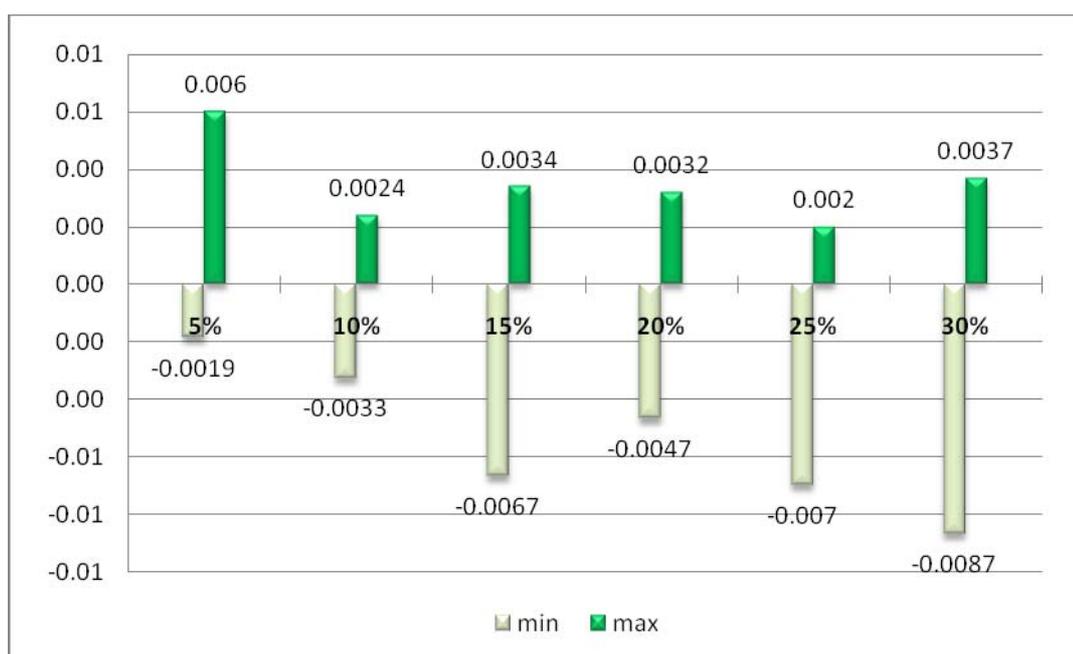
4.1.2 การวิเคราะห์การทดสอบควบคุมแรงบิด

4.1.2.1 การวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนในการควบคุมการจำกัดค่าแรงบิด

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับค่าความเชื่อถือได้ในการการควบคุมความเร็วในการเคลื่อนที่ ปรากฏผลดังตารางที่ 4-4 และภาพที่ 4-3

ตารางที่ 4-4 การวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนจากผลการทดสอบแรงบิดของชุดประลอง

| % setting (torque) | k | Mean (N-mm.) | SD. | Min. (N-mm.) | Max. (N-mm.) | Incorrect | |
|-----------------------|----|-----------------|--------|-----------------|-----------------|-----------|----------|
| | | | | | | Min. | Max. |
| 5% | 40 | 0.0741 | 0.0019 | 0.0722 | 0.0801 | - 0.0019 | + 0.0060 |
| 10% | 40 | 0.1544 | 0.0015 | 0.1511 | 0.1568 | - 0.0033 | + 0.0024 |
| 15% | 40 | 0.2312 | 0.0027 | 0.2245 | 0.2346 | - 0.0067 | + 0.0034 |
| 20% | 40 | 0.3115 | 0.0020 | 0.3068 | 0.3147 | - 0.0047 | + 0.0032 |
| 25% | 40 | 0.4266 | 0.0017 | 0.4196 | 0.4286 | - 0.0070 | + 0.0020 |
| 30% | 40 | 0.5219 | 0.0029 | 0.5132 | 0.5256 | - 0.0087 | + 0.0037 |



ภาพที่ 4-3 ค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุด และต่ำสุด จากผลการทดสอบแรงบิดของชุดประลอง

จากการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนจากค่าเฉลี่ยปรากฏว่า คลาดเคลื่อนสูงสุดมีค่าแตกต่างจากค่าเฉลี่ย - 0.0087 N-mm. เกิดขึ้นที่การปรับตั้งค่าจำกัดแรงบิดที่ 30% โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.5256 N-mm.

4.1.2.2 การวิเคราะห์ความเชื่อถือได้ในการทดสอบการควบคุมการจำกัดค่าแรงบิด
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับค่าความเชื่อถือได้ในการทดสอบการจำกัดค่าแรงบิด
ปรากฏผลดังตารางที่ 4-5

ตารางที่ 4-5 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย จากข้อมูลการทดสอบการควบคุมแรงบิดของข้อมูล 2 ชุด

| % setting Torque limit | Data | k | \bar{X} | Std. Deviation | T _{คำนวณ.} |
|---------------------------|------|----|-----------|-------------------|---------------------|
| 5% | 1 | 20 | 0.0741 | 0.0020 | 0.393 |
| | 2 | | 0.0740 | 0.0018 | |
| 10% | 1 | 20 | 0.1545 | 0.0016 | 1.242 |
| | 2 | | 0.1543 | 0.0014 | |
| 15% | 1 | 20 | 0.2310 | 0.0026 | -1.135 |
| | 2 | | 0.2314 | 0.0029 | |
| 20% | 1 | 20 | 0.3116 | 0.0020 | 0.905 |
| | 2 | | 0.3114 | 0.0019 | |
| 25% | 1 | 20 | 0.4268 | 0.0009 | 1.076 |
| | 2 | | 0.4264 | 0.0022 | |
| 30% | 1 | 20 | 0.5219 | 0.0030 | -0.027 |
| | 2 | | 0.5219 | 0.0030 | |

จากตารางที่ 4-5 ค่า t ที่ได้จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของข้อมูลการทดสอบการ
จำกัดค่าแรงบิดที่ค่าต่างๆ พบว่าทั้งหมด ตกอยู่ในเขตยอมรับ H_0 (ค่า t จากตาราง $t_{\alpha/2, n-1} =$
 $t_{0.05, 19} = 2.861$) จึงสรุปได้ว่า ค่าที่ทำกรทดสอบทั้ง 2 ครั้งสำหรับการทดสอบในแต่ละค่า ไม่
แตกต่างกัน นั่นคือตัวเครื่องของชุดประลองมีความเชื่อถือได้ในการประลองทางการควบคุมการ
จำกัดค่าแรงบิด

4.2 การวิเคราะห์เพื่อประเมินคุณภาพของชุดประลองโดยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

การวิเคราะห์เพื่อหาคุณภาพของชุดประลองโดยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญนี้ ได้แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรก เป็นความคิดเห็นที่มีต่อชุดประลอง คือทั้งตัวเครื่องและเอกสารประกอบการประลอง ส่วนที่ 2 เป็นการประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับ วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

4.2.1 การวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดประลอง

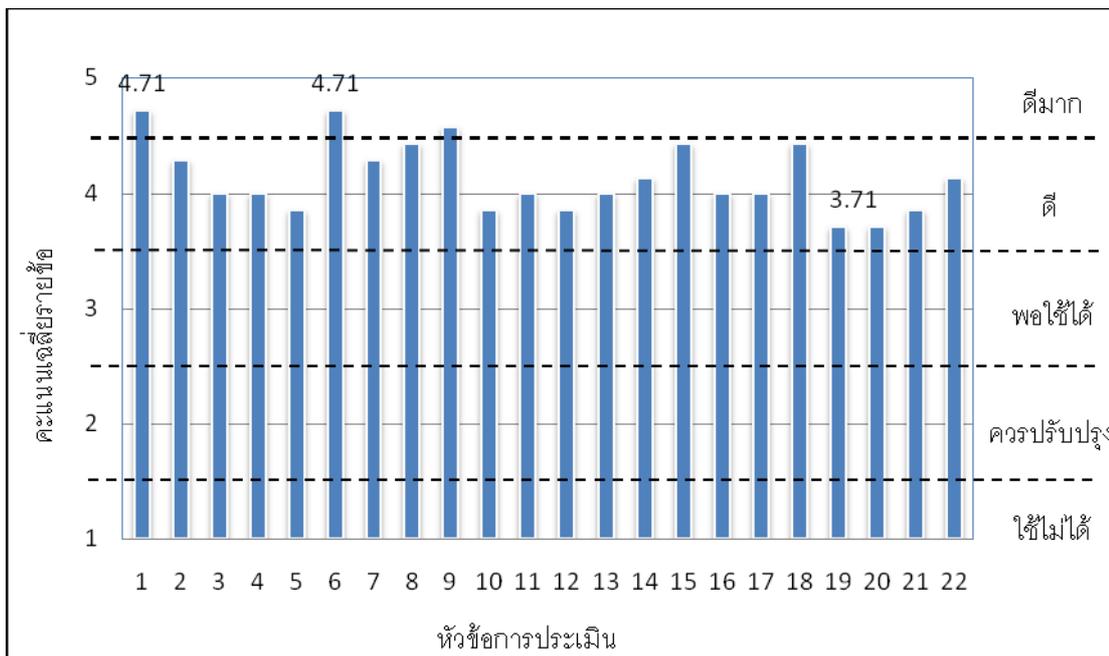
เป็นการประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดประลอง การประเมินประกอบด้วย 3 ด้าน คือ ด้านใบเนื้อหา ด้านใบประลอง ด้านคุณภาพของตัวเครื่อง ซึ่งมีผลการวิเคราะห์แสดงใน ตารางที่ 4-6 และภาพที่ 4-4

ตารางที่ 4-6 การวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดประลองในแต่ละด้านเป็นรายข้อ

| ข้อที่ | รายการข้อความความคิดเห็น | ค่าเฉลี่ย |
|----------------|--|-----------|
| ด้าน ใบเนื้อหา | | |
| 1 | จัดพิมพ์ชัดเจน อ่านง่าย | 4.71 |
| 2 | เนื้อหาสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ | 4.29 |
| 3 | มีรูปภาพประกอบชัดเจน มีความหมายตรงตามเนื้อหา | 4.00 |
| 4 | เรียงลำดับเนื้อหาได้เหมาะสม | 4.00 |
| 5 | ศึกษาทำความเข้าใจได้ง่าย | 3.86 |
| | ค่าเฉลี่ยรวม | 4.17 |

ตารางที่ 4-6 (ต่อ)

| ข้อที่ | รายการข้อความความคิดเห็น | ค่าเฉลี่ย |
|--|--|-----------|
| <u>ด้านใบประกอบ</u> | | |
| 6 | จัดพิมพ์ชัดเจน อ่านง่าย | 4.71 |
| 7 | รูปแบบของใบประกอบมีความถูกต้อง เหมาะสม | 4.29 |
| 8 | การทดลองสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ | 4.43 |
| 9 | การทดลองกับเครื่องประกอบมีความเหมาะสม | 4.57 |
| 10 | ลำดับขั้นตอนการทดลองเหมาะสม | 3.86 |
| 11 | การฝึกปฏิบัติงานมีความยากง่ายเหมาะสม | 4.00 |
| 12 | คำอธิบายขั้นตอนการประกอบชัดเจน | 3.86 |
| 13 | ข้อความในใบประกอบอ่านเข้าใจง่าย | 4.00 |
| 14 | ความชัดเจนของ ตัวอักษร รูปภาพ และตาราง | 4.14 |
| | ค่าเฉลี่ยรวม | 4.26 |
| <u>ด้านคุณภาพตัวเครื่อง (Hard ware) ของชุดประกอบ</u> | | |
| 15 | การออกแบบรูปร่างเหมาะสมกับการทดลอง | 4.43 |
| 16 | ความเหมาะสมของวัสดุที่ใช้ทำชุดประกอบ | 4.00 |
| 17 | มีความแข็งแรง | 4.00 |
| 18 | สามารถทดลองได้ตรงตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม | 4.43 |
| 19 | ความสะดวกในการใช้งาน | 3.71 |
| 20 | ความปลอดภัยในการใช้งาน | 3.71 |
| 21 | ง่ายต่อการซ่อมแซมและบำรุงรักษา | 3.86 |
| 22 | ผลการทดลองได้ค่าใกล้เคียงกับค่าที่แท้จริง | 4.14 |
| | ค่าเฉลี่ยรวม | 4.03 |



ภาพที่ 4-4 ค่าเฉลี่ยและความหมายของค่าเฉลี่ยในแต่ละช่วงจากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
เป็นรายข้อ

จากการวิเคราะห์ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญเป็นรายข้อ พบว่าค่าเฉลี่ยที่ได้มีค่าสูงสุด 4.71 ต่ำสุดคือ 3.71 ซึ่งมีค่าไม่น้อยกว่า 3.5 หรืออยู่ในระดับดี ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

4.2.2 การวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญในการประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

ตารางที่ 4-7 ผลการวิเคราะห์การประเมินความสอดคล้องของวัตถุประสงค์กับแบบทดสอบย่อยที่ 1

| วัตถุประสงค์ข้อที่ | ค่าดัชนีความสอดคล้องของคะแนนระดับความคิดเห็น (IOC) |
|--------------------|--|
| 1.1 | 1.00 |
| 1.2 | 1.00 |
| 1.3 | 1.00 |
| 1.4 | 1.00 |
| 1.5 | 1.00 |
| 1.6 | 1.00 |
| 1.7 | 1.00 |
| 1.8 | 1.00 |

ตารางที่ 4-8 ผลการวิเคราะห์การประเมินความสอดคล้องของวัตถุประสงค์กับแบบทดสอบย่อยที่ 2

| วัตถุประสงค์ข้อที่ | ค่าดัชนีความสอดคล้องของคะแนนระดับความคิดเห็น (IOC) |
|--------------------|--|
| 2.1 | 1.00 |
| 2.2 | 1.00 |
| 2.3 | 1.00 |
| 2.4 | 1.00 |
| 2.5 | 1.00 |

ตารางที่ 4-9 ผลการวิเคราะห์การประเมินความสอดคล้องของวัตถุประสงค์กับแบบทดสอบย่อยที่ 3

| วัตถุประสงค์ข้อที่ | ค่าดัชนีความสอดคล้องของคะแนน ระดับความคิดเห็น (IOC) |
|--------------------|--|
| 3.1 | 1.00 |
| 3.2 | 1.00 |

ตารางที่ 4-10 ผลการวิเคราะห์การประเมินความสอดคล้องของวัตถุประสงค์กับแบบทดสอบย่อยที่ 4

| วัตถุประสงค์ข้อที่ | ค่าดัชนีความสอดคล้องของคะแนน ระดับความคิดเห็น (IOC) |
|--------------------|--|
| 4.1 | 1.00 |
| 4.2 | 1.00 |

ตารางที่ 4-11 ผลการวิเคราะห์การประเมินความสอดคล้องของวัตถุประสงค์กับแบบทดสอบหลังเรียน

| วัตถุประสงค์ข้อที่ | ค่าดัชนีความสอดคล้องของคะแนน ระดับความคิดเห็น (IOC) |
|--------------------|--|
| 5.1 | 1.00 |
| 5.2 | 1.00 |
| 5.3 | 1.00 |
| 5.4 | 1.00 |
| 5.5 | 1.00 |
| 5.6 | 1.00 |
| 5.7 | 1.00 |
| 5.8 | 1.00 |
| 5.9 | 1.00 |
| 5.10 | 1.00 |

ตารางที่ 4-11 (ต่อ)

| วัตถุประสงค์ข้อที่ | ค่าดัชนีความสอดคล้องของคะแนน ระดับความคิดเห็น (IOC) |
|--------------------|---|
| 5.11 | 1.00 |
| 5.12 | 1.00 |
| 5.13 | 1.00 |
| 5.14 | 1.00 |
| 5.15 | 1.00 |
| 5.16 | 1.00 |
| 5.17 | 1.00 |

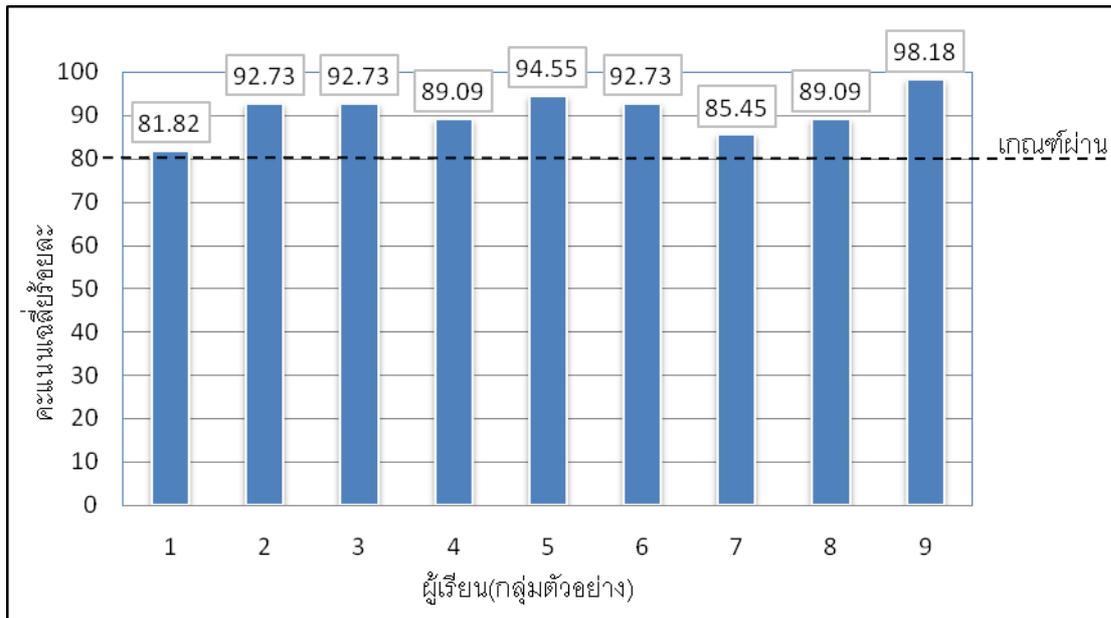
จากการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของวัตถุประสงค์กับแบบทดสอบจากการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญเป็นรายข้อ พบว่ามีค่าไม่น้อยกว่า 0.5 ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

4.3 การวิเคราะห์เพื่อประเมินประสิทธิภาพของชุดประลองจากการนำไปใช้ในการสอน

การวิเคราะห์และแปรผลจะพิจารณาจาก 2 ส่วน คือ ส่วนแรก ประสิทธิภาพของบทเรียน วัดจากร้อยละของคะแนนเฉลี่ยระหว่างเรียนและร้อยละของคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน ส่วนที่ 2 ความแตกต่างของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน (\bar{x}_1 และ \bar{x}_2)

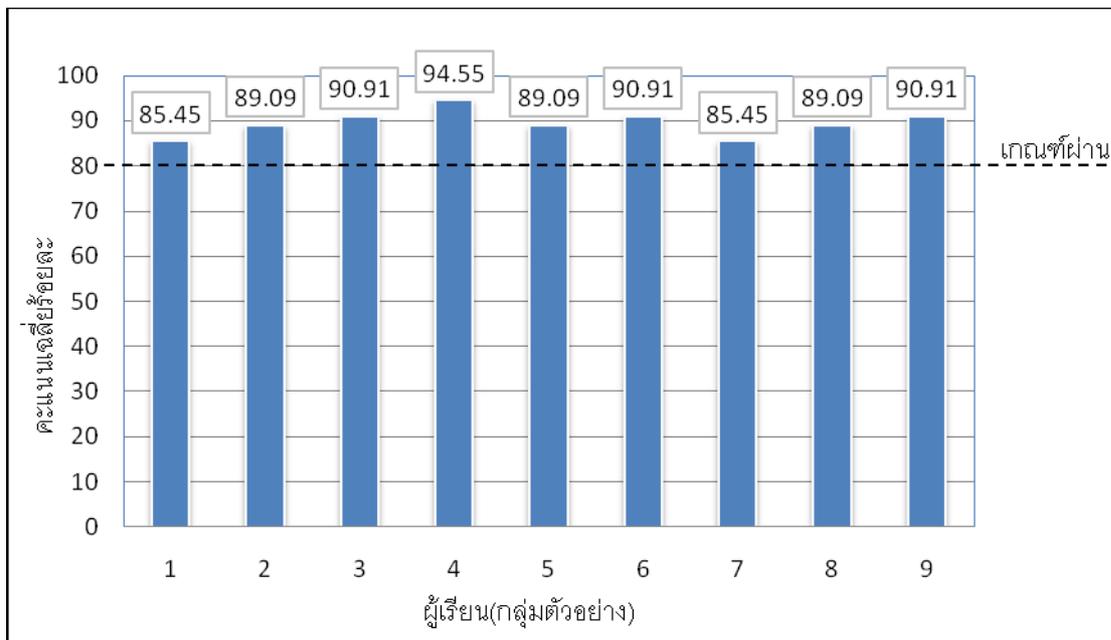
4.3.1 การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของบทเรียน

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับประสิทธิภาพของบทเรียน ปรากฏผลดังภาพที่ 4-6 ถึง 4-11 และตารางที่ 4-12



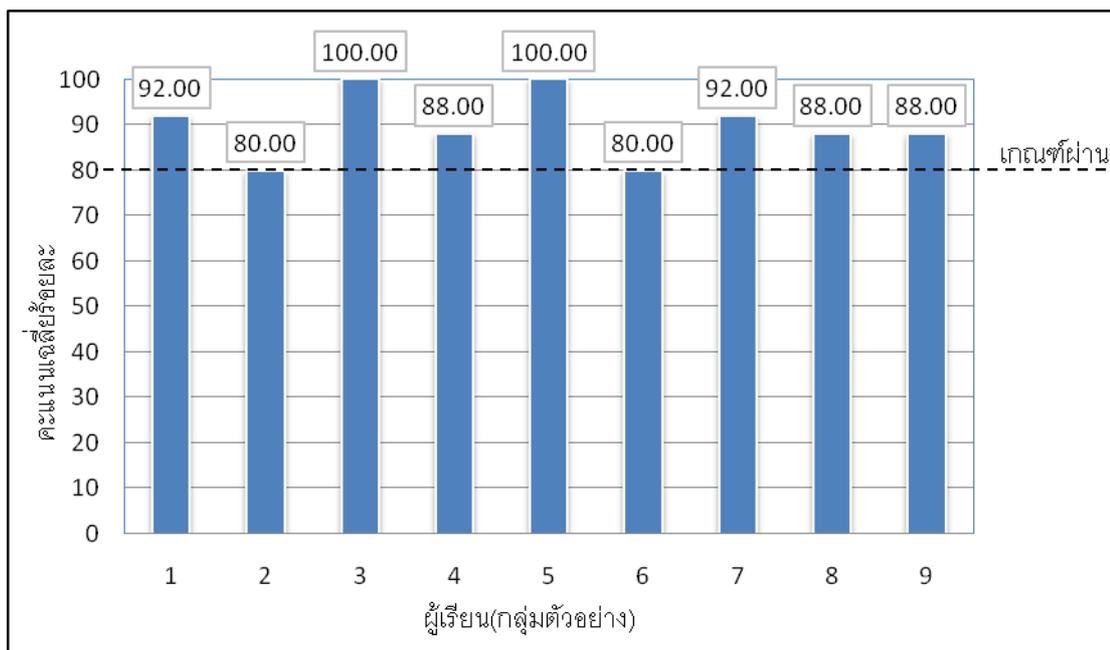
ภาพที่ 4-6 ผลการวิเคราะห์การทำแบบทดสอบย่อยครั้งที่ 1 (รายบุคคล)

จากการวิเคราะห์ผลการทำแบบทดสอบย่อยครั้งที่ 1 เป็นรายบุคคล พบว่าค่าต่ำสุดคิดเป็นร้อยละ 81.82 จากคะแนนแบบทดสอบคนที่ 1 สูงสุด 98.18 จากคนที่ 9 เมื่อพิจารณาค่าต่ำสุด พบว่ามีค่าไม่ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ร้อยละ 80



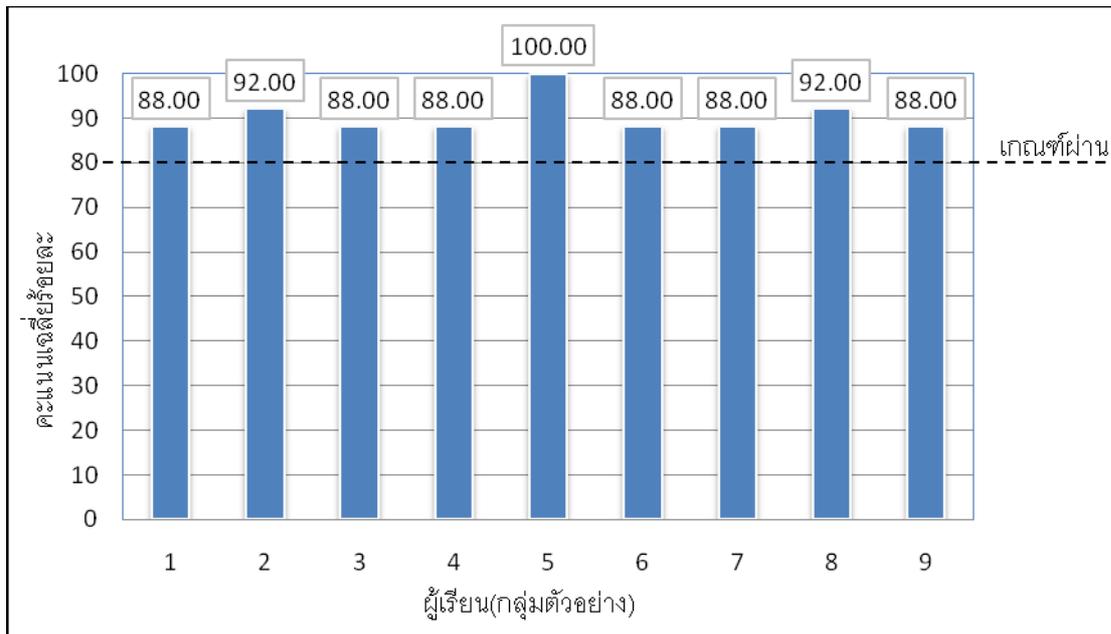
ภาพที่ 4-7 ผลการวิเคราะห์การทำแบบทดสอบย่อยครั้งที่ 2 (รายบุคคล)

จากการวิเคราะห์ผลการทำแบบทดสอบย่อยครั้งที่ 2 เป็นรายบุคคล พบว่าค่าต่ำสุดคิดเป็นร้อยละ 85.45 จากคะแนนแบบทดสอบคนที่ 1 และ 7 สูงสุด 94.55 จากคนที่ 4 เมื่อพิจารณาค่าต่ำสุดพบว่าไม่มีค่าไม่ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ร้อยละ 80



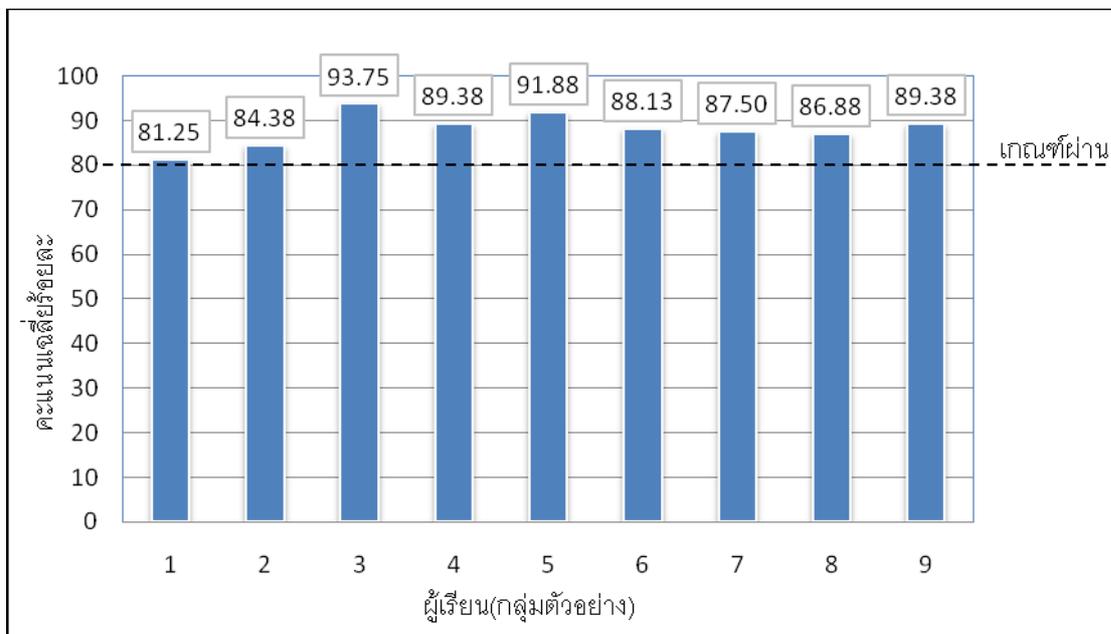
ภาพที่ 4-8 ผลการวิเคราะห์การทำแบบทดสอบย่อยครั้งที่ 3 (รายบุคคล)

จากการวิเคราะห์ผลการทำแบบทดสอบย่อยครั้งที่ 3 เป็นรายบุคคล พบว่าค่าต่ำสุดคิดเป็นร้อยละ 80 จากคะแนนแบบทดสอบคนที่ 2 และ 6 สูงสุด 100 จากคนที่ 3 และ 5 เมื่อพิจารณาค่าต่ำสุดพบว่าไม่มีค่าไม่ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ร้อยละ 80



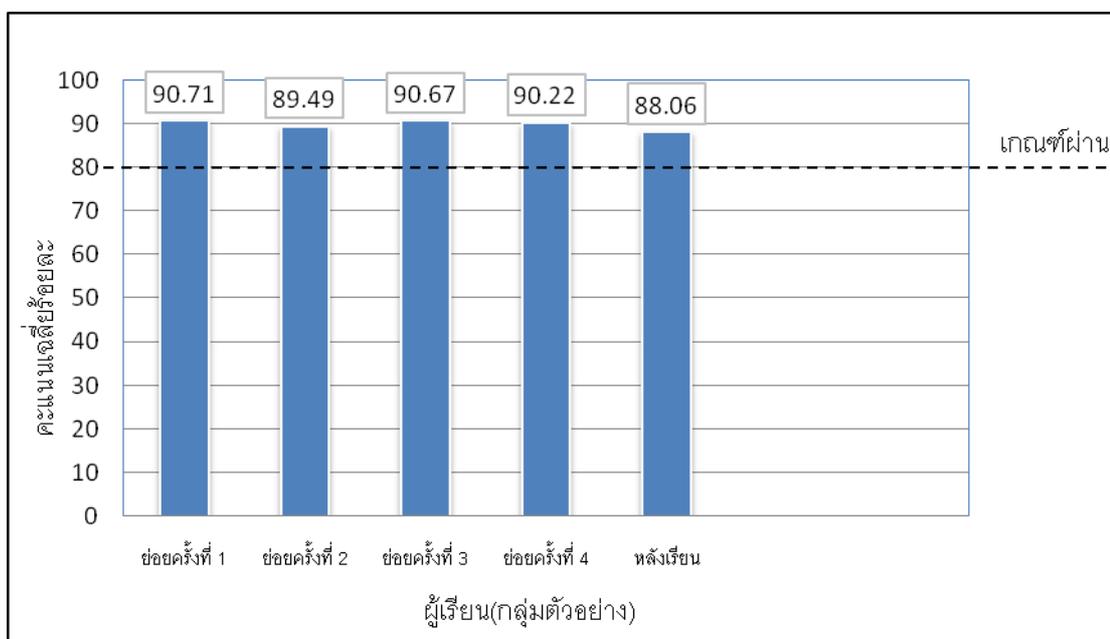
ภาพที่ 4-9 ผลการวิเคราะห์การทำแบบทดสอบย่อยครั้งที่ 4 (รายบุคคล)

จากการวิเคราะห์ผลการทำแบบทดสอบย่อยครั้งที่ 4 เป็นรายบุคคล พบว่าค่าต่ำสุดคิดเป็นร้อยละ 88 สูงสุด 100 เมื่อพิจารณาค่าต่ำสุดพบว่าไม่ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ร้อยละ 80



ภาพที่ 4-10 ผลการวิเคราะห์การทำแบบทดสอบหลังเรียน (รายบุคคล)

จากการวิเคราะห์ผลการทำแบบทดสอบหลังเรียน เป็นรายบุคคล พบว่าค่าต่ำสุดคิดเป็นร้อยละ 81.25 สูงสุด 93.75 เมื่อพิจารณาค่าต่ำสุดพบว่าไม่ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ร้อยละ 80



ภาพที่ 4-11 ผลการวิเคราะห์การทำแบบทดสอบ (ทั้งกลุ่มตัวอย่าง)

ตารางที่ 4-12 ประสิทธิภาพของบทเรียน จากร้อยละของคะแนนเฉลี่ย

| รายการทดสอบ | จำนวนผู้เรียน (N) | คะแนนเต็ม (A) | คะแนนทดสอบ $\sum x$ | ร้อยละของ คะแนนเฉลี่ย |
|--------------|----------------------|------------------|------------------------|--------------------------|
| ระหว่างเรียน | 9 | 320 | 2,598 | E1 = 90.21 |
| หลังเรียน | 9 | 320 | 2,536 | E2 = 88.06 |

จากการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของบทเรียน ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยระหว่างเรียน $E1 = 90.21$ และหลังเรียน $E2 = 88.06$ ($90.21/88.6$) ซึ่งถือได้ว่าบทเรียนมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่ได้กำหนดไว้ไม่น้อยกว่า 80/80

4.3.2 การวิเคราะห์ความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียน

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แสดงไว้ในตารางที่ 4-13

ตารางที่ 4-13 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

| การทดสอบ | N | ΣX | ΣD | ΣD^2 | t |
|---------------------|---|------------|------------|--------------|-------|
| คะแนนทดสอบก่อนเรียน | 9 | 0 | 2,536 | 715,736 | 70.58 |
| คะแนนทดสอบหลังเรียน | 9 | 2,536 | | | |

**มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตารางที่ 4-13 จากการทำแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของนักศึกษากลุ่มตัวอย่าง จากการใช้สถิติ (t-test) พบว่าคะแนนทดสอบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งเป็นไปตามสมมุติฐาน

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1. สรุปผลการวิจัย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดประลอง เรื่อง การควบคุม เซอร์โวมอเตอร์ สำหรับใช้ในการเรียนการสอนในวิชา วิศวกรรมการขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าและระบบเซอร์โว รหัสวิชา 213336 ของนักศึกษาหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขา วิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ โดยมีวัตถุประสงค์ของการจัดทำ 3 ข้อด้วยกันคือ สร้างและหาประสิทธิภาพชุดประลองการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ ประเมินคุณภาพของชุดประลองโดยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ และ หาประสิทธิภาพของชุดประลองในการนำไปใช้ในการเรียนการสอน สำหรับชุดประลองจะประกอบด้วยตัวเครื่องชุดประลอง พร้อมเอกสารที่จำเป็นสำหรับการฝึกปฏิบัติการประลอง ชุดประลองจะถูกประเมินและหาประสิทธิภาพในด้านต่างๆ ซึ่งได้ผลของการวิจัยที่ได้มีดังนี้

5.1.1 ประสิทธิภาพของตัวเครื่องของชุดประลอง

การทดสอบประสิทธิภาพของตัวเครื่องของชุดประลอง จะทำด้วยกัน 2 ส่วน คือ การหาค่าความคลาดเคลื่อนของการควบคุมการทำงาน กับความเชื่อถือได้ของการนำชุดประลองไปใช้ในการทดลอง ว่ามีความคงเส้นคงวาหรือไม่ จากผลการทดสอบ ได้ค่าดังนี้

5.1.1.1 การควบคุมตำแหน่ง

จากการวิเคราะห์ข้อมูลของผลการทดสอบด้วยกัน 4 จุด ตลอดระยะเวลาการเคลื่อนของเครื่องจักร พบว่าการควบคุมตำแหน่งที่ได้ ไม่พบค่าความคลาดเคลื่อน

การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของผลการทดสอบ 2 ครั้ง มีค่าไม่แตกต่างกัน นั่นคือการใช้ชุดประลองในการควบคุมตำแหน่งการเคลื่อนที่มีความเชื่อถือได้

5.1.1.2 การควบคุมความเร็ว

จากการวิเคราะห์ข้อมูลของผลการทดสอบความเร็วจากต่ำสุด จนถึงความเร็วสูงสุดที่ตัวเครื่องของชุดประลองสามารถทำได้ มีทั้งหมด 27 ค่าความเร็ว ปรากฏผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้คือ ค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุดที่พบ +10.8 cm/min. ที่ความเร็ว 500 cm/min และ -12 cm/min. ที่ความเร็ว 570 cm/min สำหรับค่าความเร็วที่มีค่าตรงกับค่าควบคุม ไม่พบความคลาดเคลื่อน ได้แก่ 250, 750 และ 1000 cm./min.

การวิเคราะห์ความเชื่อถือได้ในการประลอง โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในการทดสอบ 2 ครั้ง เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยพบว่า มีค่าเดียวกัน เมื่อพิจารณาค่าการกระจายของข้อมูล (SD) พบว่ามีค่าเท่ากัน สรุปได้ว่า ผลการทดสอบทั้ง 2 ครั้งไม่แตกต่างกัน นั่นคือตัวเครื่องของชุดประลองมีความเชื่อถือได้ในการนำไปใช้ประลอง

5.1.1.3 การควบคุมแรงบิด

การทดสอบการควบคุมแรงบิด ค่าสำหรับใช้ในการควบคุมการทำงานจะกำหนดเป็นเปอร์เซ็นต์ คือ 1-100% ให้กับชุดขับของมอเตอร์ (servo amplifier) สำหรับชุดเซอร์โวที่นำมาใช้กับตัวเครื่องชุดประลอง สามารถทำงานได้ดี ในช่วงการปรับตั้งไม่เกิน 30% ในการเลือกค่าที่จะทำการทดสอบจึงเป็นค่าปรับตั้งที่ไม่เกิน 30% เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่เก็บมาได้ พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุด +0.006 N-mm. ที่การปรับตั้งค่าที่ 5% โดยมีค่าเฉลี่ยของแรงบิดที่ได้คือ 0.0741 N-mm. และความคลาดเคลื่อน -0.0087 N-mm. ที่การปรับตั้งค่าที่ 30% โดยมีค่าเฉลี่ยของแรงบิดที่ได้อยู่ที่ 0.5219 N-mm.

ผลการวิเคราะห์ความเชื่อถือได้ในการทดสอบค่าแรงบิด เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของข้อมูลทั้ง 2 ชุด ด้วยสถิติที (t-test) พบว่าค่าที่ได้ไม่แตกต่างกัน สรุปได้ว่าชุดประลองที่สร้างขึ้นมีความเชื่อถือได้ในการทดสอบค่าแรงบิด

5.1.2 คุณภาพของชุดประลองโดยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

จากการประเมินคุณภาพของชุดประลองทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ ด้านไบเนื่อหา ด้านไบประลอง และ ด้านคุณภาพตัวเครื่องของชุดประลอง รวมหัวข้อการประเมินทั้งหมด 22 หัวข้อ พบว่า คะแนนเฉลี่ยจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 7 ท่าน มีค่าต่ำสุด 3.71 สูงสุด 4.71 เมื่อพิจารณาในแต่ละด้านพบว่าทางด้านไบเนื่อหา มีค่าเฉลี่ย 4.172 ด้านไบประลองมีค่าเฉลี่ย 4.215 และด้านคุณภาพของตัวเครื่องมีค่าเฉลี่ย 4.035 ซึ่งทั้งรายชื่อและเมื่อคิดในแต่ละด้านมีค่าไม่ต่ำกว่า 3.50 นั่นคือคุณภาพของชุดประลองโดยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ อยู่ในระดับดี ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

5.1.3 ประสิทธิภาพของชุดประลองในการเรียนการสอน

การประเมินประสิทธิภาพของชุดประลองในการนำไปใช้ในการเรียนการสอนนั้น พิจารณาจาก 2 ส่วนคือ ประสิทธิภาพของบทเรียน และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน จากการวิเคราะห์ผลการนำไปใช้ในการสอนพบว่า การทดสอบย่อยทั้ง 4 ครั้ง แต่แต่ละครั้งผู้เรียนมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละไม่ต่ำกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้คือร้อยละ 80 โดยเมื่อคิดเป็นค่าเฉลี่ยทั้ง 4 ครั้งทั้งห้อง พบว่าได้คะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ $E1=90.21$ และคะแนนทดสอบหลังเรียนคิดเป็นร้อยละของคะแนนเฉลี่ยได้ $E2 = 88.06$ ซึ่งมีค่าไม่ต่ำกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ที่ร้อยละ 80/80 ในส่วนของการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนโดยทำการเปรียบเทียบคะแนนทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียนพบว่า คะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งเป็นไปตามข้อสมมุติฐานที่ตั้งไว้สรุปได้ว่า ชุดประลอง มีประสิทธิภาพในการนำไปใช้ในการเรียนการสอน

5.2 อภิปรายผล

จากผลการวิจัย การสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดประลอง เรื่องการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ ซึ่งได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลในแต่ละด้านและทำการวิเคราะห์ ซึ่งผู้วิจัยจะขอกล่าวถึงในแต่ละส่วนเป็นลำดับ ดังต่อไปนี้

5.2.1 การหาประสิทธิภาพของตัวเครื่องชุดประลอง

การหาประสิทธิภาพของตัวเครื่องเพื่อหาค่าความคลาดเคลื่อน และความเชื่อถือได้ของการทดลอง พบว่า ในส่วนของการควบคุมตำแหน่งในตอนที่ทำทดสอบในครั้งแรก พบความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งอยู่ที่ 0.01-0.02 แต่เมื่อทำการปรับตั้งค่า Parameter ที่ตัวขับเคลื่อนหรือ servo amplifier ปรากฏว่าค่าความคลาดเคลื่อนในการควบคุมตำแหน่งนั้นหายไป แต่สิ่งที่ตามมาคือมีเสียงดังออกมาจาก servo motor สำหรับการทดสอบค่าความเชื่อถือได้ในการทดลองในแต่ละครั้งของค่าเฉลี่ย ปรากฏว่าได้ค่าเดิมทุกครั้ง จึงถือได้ว่าสำหรับการควบคุมตำแหน่งการทำงานของชุดประลองมีความแม่นยำสูง

การหาประสิทธิภาพในส่วนของการควบคุมความเร็ว พบว่าในช่วงค่าความเร็วต่างๆ ถึงความเร็วสูงสุด ค่าความเร็วบางความเร็วมีค่าไม่คงที่ สม่่าเสมอ มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ซึ่งสามารถดูได้จากส่วนแสดงผล (Seven segment display) ของ servo amplifier เองได้ การเกิดความเร็วที่ไม่คงที่ สม่่าเสมอ ส่วนหนึ่งที่ทำให้เกิดผลดังกล่าวคือชุดกลไกการขับเคลื่อน หรือชุด ball screw ซึ่งมีค่าความเสียดทานที่ไม่เท่ากันตลอดระยะเวลาการเคลื่อนที่ ซึ่งจะส่งผลให้ภาระงานของ

มอเตอร์มีค่าไม่คงที่สม่ำเสมอ และโดยเฉพาะที่ค่าความเร็วต่ำแล้วจะมีผลทำให้การหมุนของมอเตอร์เดินไม่เรียบอย่างเห็นได้ชัด สำหรับการทดสอบค่าความเชื่อถือได้ของการทดลอง ปรากฏว่าได้ค่าเดิม คือมีความเชื่อถือได้ในการนำไปใช้ทดลอง

การทดสอบการจำกัดค่าแรงบิด ช่วงที่ทำการทดสอบจะอยู่ที่ค่าไม่เกิน 30% เนื่องจากอยู่ในสภาพวะที่มอเตอร์สามารถทำงานได้อย่างปกติ จากการทดสอบพบว่า การค่าความเสียดทานของชุดกลไกการขับเคลื่อน ซึ่งในที่นี้คือ ball screw หากขาดการบำรุงรักษา ก็จะทำให้ค่าความเสียดทานมีมาก และนั่นจะทำให้เกิดค่าความคลาดเคลื่อนของผลการทดลอง คือค่าแรงบิดที่ได้จะลดลง เนื่องจากต้องเอาไปต้านกับแรงเสียดทานที่เกิดขึ้น แต่สำหรับการทดสอบค่าความเชื่อถือได้ของการทดลองการควบคุมแรงบิด ค่าเฉลี่ยในการทดสอบที่ได้ไม่ต่างกัน ซึ่งก็คือมีค่าความเชื่อถือได้ในการทำงานการจำกัดค่าแรงบิดนั่นเอง

ผลโดยรวมของตัวเครื่องชุดทดลอง คือในการควบคุมตำแหน่งที่มีความเชื่อถือได้สูง รองลงมาคือการควบคุมความเร็ว ซึ่งมีความคลาดเคลื่อนอยู่บ้าง และสุดท้ายคือการจำกัดค่าแรงบิด ซึ่งการจำกัดค่าแรงบิดค่อนข้างที่จะแปรปรวนพอสมควร เนื่องจากเหตุหลายปัจจัย ตั้งแต่ค่าความเสียดทานของกลไกการขับเคลื่อน ความเร็วของมอเตอร์ในการทดสอบ ซึ่งมีส่วนที่ทำให้ค่าผิดเพี้ยนไป แต่หลักๆ คือ เมื่อมีการปรับตั้งค่าจำกัดแรงบิด ผลที่ได้ (ค่าแรงบิดของมอเตอร์) จะต้องเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย เพื่อให้ผู้เรียนนั้นทราบผลของการลงมือฝึกปฏิบัติกันเอง

5.2.2 การประเมินคุณภาพโดยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

การประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ ผลออกมาตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.50 ขึ้นไป ซึ่งส่วนใหญ่ก็คืออยู่ที่ประมาณ 4 กว่าๆ แต่พบว่ามียางข้อที่มีค่าเฉลี่ยต่ำกว่า 4 ได้แก่ ทางด้านใบเนื้อหา เรื่องความยากง่ายในการศึกษาทำความเข้าใจ ผลของคะแนนอยู่ที่ 3.86 ซึ่งต่ำกว่าทุกๆ ข้อเล็กน้อย เมื่อทำการพิจารณาแล้วพบว่าในใบเนื้อหา ได้เน้นเป็นเนื้อหาที่สรุปที่จำเป็นสำหรับการปฏิบัติงานเท่านั้น ส่วนรายละเอียดอื่นๆ จะทำการอธิบายเพิ่มเติมในขณะสอน ไม่ได้เน้นให้เป็นลักษณะหนังสือหรือตำรา จึงทำการเนื้อหาค่อนข้างรวบรัด และอาจทำให้เข้าใจยากไปบ้าง หากผู้เรียนไม่มีพื้นความรู้ แต่หลังจากที่ได้นำไปใช้ในขั้นตอนการทดลองสอนจริง หลังจากผู้เรียนผ่านงานทดลองไปบ้างแล้ว ผู้เรียนเองกลับสามารถอ่านทำความเข้าใจในเนื้อหาและได้ลงมือปฏิบัติตามเอกสารเองได้โดยอาจขอคำแนะนำบางอย่างจากผู้สอน สิ่งที่เกิดขึ้นนี้จึงเห็นได้ว่า ส่วนของเอกสาร

ค่อนข้างจะเป็นเอกสารที่ทำความเข้าใจเองได้ไม่ยาก ซึ่งสอดคล้องกับคะแนนที่ได้ คืออยู่ในระดับที่ดี หรือมากกว่า 3.50 ขึ้นไป เพียงแต่คะแนนอาจมีน้อยกว่าในข้ออื่นๆ ซึ่งจะต้องทำการปรับแก้ไขต่อไป

ด้านใบประกอบในเรื่องความเหมาะสมของลำดับขั้นตอนการทดลอง ได้คะแนน 3.86 และความชัดเจนเกี่ยวกับคำอธิบายสำหรับขั้นตอนการทดลอง ได้คะแนน 3.86 เช่นกัน ซึ่งต่างจากข้ออื่นๆ เล็กน้อยเช่นกัน ผลของคะแนนที่ได้ เป็นผลมาจากกิจกรรมที่ให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติ อาจมีความซับซ้อนอยู่บ้าง

ด้านคุณภาพของตัวเครื่อง พบว่าในเรื่องของความสะดวกในการใช้งาน ได้คะแนน 3.71 เรื่องความปลอดภัยในการใช้งาน ได้คะแนน 3.71 และเรื่องความยากง่ายต่อการซ่อมแซมและบำรุงรักษานั้น ชุดประกอบต้นแบบที่สร้างขึ้นมีการแยกส่วนระหว่างชุด servo motor station และ control unit ซึ่งไม่ได้เป็นชุดเดียวกัน สิ่งนี้อาจจะทำให้เกิดความยุ่งยากอยู่บ้างสำหรับการนำปัดติดตั้งเพื่อทำการทดลอง ซึ่งจะต้องทำการพัฒนาต่อไป สำหรับเรื่องความปลอดภัย เนื่องจากชุดอุปกรณ์ต่างๆ ไม่ได้ทำการติดตั้งในกล่องมิดชิด จึงอาจต้องระวังเกี่ยวกับอันตรายจากไฟฟ้าอยู่บ้าง แต่เนื่องจากต้องทำการปรับตั้งอุปกรณ์ควบคุมต่างๆ จึงไม่สามารถบรรจุในกล่องมิดชิดได้ ซึ่งผู้เรียนจะต้องระมัดระวังในการลงฝึกปฏิบัติด้วยเช่นกัน และเรื่องความยากง่ายต่อการซ่อมแซมและบำรุงรักษา เนื่องจากอุปกรณ์ที่ประกอบเป็นประกอบ ประกอบด้วยอุปกรณ์ที่หลากหลาย ซึ่งต้องการให้เห็นโครงสร้างส่วนประกอบ ตรงนี้จึงมีส่วนทำให้อาจมีความยุ่งยากอยู่บ้างในการบำรุงรักษา

จากการประเมินทั้งสามด้านคงยังมีข้อบกพร่องอยู่บ้าง ซึ่งเป็นส่วนน้อย และคะแนนไม่ต่ำกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ และไม่ต่างจากคะแนนอื่นๆ มากนัก แต่ก็ยังเป็นจุดที่ต้องสังเกตและนำมาวิเคราะห์เพื่อนำไปพัฒนาต่อไป สำหรับภาพรวมของทางด้านเอกสารทั้งใบเนื้อหาและใบประกอบ เรื่องความชัดเจนในการจัดพิมพ์คะแนนค่อนข้างสูง คือ 4.71

5.2.3 การหาประสิทธิภาพของชุดประกอบในการนำไปใช้สอน

สำหรับการนำไปใช้ในการเรียนการสอน พบว่าเมื่อผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงโดยการเขียนโปรแกรมและทดสอบการทำงานเพื่อให้ทราบว่าสิ่งที่ผู้เรียนได้ทำไปถูกต้องหรือไม่เพียงใด จากนั้นในระหว่างเรียนก็จะทำการทดสอบวัดความก้าวหน้าด้วยการปฏิบัติเช่นกัน เมื่อผลของคะแนนที่ได้เฉลี่ยในแต่ละครั้งไม่น้อยกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ร้อยละ 80 ทุกๆ ครั้ง และหลังเรียนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80

เช่นกัน และผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียน นั่นคือหากผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงจากชุดประลองที่มีความพร้อมและคุณภาพเพียงพอ ก็จะทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และทักษะตามวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้ได้เช่นกัน

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

5.5.1.1 ก่อนนำชุดประลองไปใช้ในการเรียนการสอน ผู้สอนควรทำงานทดสอบเครื่องก่อน เพื่อทำการปรับตั้งค่าต่างๆ ให้มีการทำงานได้อย่างถูกต้อง โดยอาจนำผลการทดสอบที่ได้เป็นแนวทาง ทั้งนี้ ผู้สอนต้องตระหนักเสมอว่า ชุดประลองการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์นี้ก็คือเครื่องจักรตัวหนึ่ง ซึ่งต้องการการบำรุงรักษา และปรับตั้งค่าต่างๆ เพื่อเตรียมความพร้อมก่อนนำไปใช้งานเสมอ

5.5.1.2 จากเนื้อหาของชุดประลองที่ได้สร้างขึ้น นอกเหนือจากนักศึกษาสาขาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์แล้ว ผู้ที่เคยลงปฏิบัติเกี่ยวกับการควบคุมระบบอัตโนมัติโดยใช้ PLC มาแล้ว ก็สามารถเรียนเรื่องการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ ได้ ซึ่งอาจต้องปรับเนื้อหาบางส่วนเพิ่มเติมเล็กน้อยให้เหมาะสมกับผู้เรียน ซึ่งอาจจะเป็นพื้นฐานความรู้เกี่ยวกับการทำงานของ เซอร์โวมอเตอร์ เป็นต้น

5.5.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

5.5.2.1 ชุดเซอร์โวมอเตอร์ที่ได้นำมาประกอบเป็นชุดประลอง หากกรณีไม่มีข้อมูลจำเพาะของลักษณะการทำงาน หรือค่าความคลาดเคลื่อน ควรทำการทดสอบให้ทราบค่าเสียก่อน เพื่อสะดวกต่อการนำไปวิเคราะห์ว่าปัญหาที่เกิดขึ้นนั้นเกิดที่จุดใด ซึ่งจะช่วยให้สามารถแก้ปัญหา หรือระบุปัญหาที่เกิดขึ้นได้ตรงจุด

5.5.2.2 ชุดประลองที่สร้างขึ้นใหม่อาจมีการพัฒนาความยากของเนื้อหาไปอีกระดับหนึ่งโดยใช้พื้นฐานความรู้ของชุดประลองนี้ สำหรับชุดประลองที่สร้างขึ้นใหม่อาจมีการให้ผู้เรียนได้ทำการต่อสายไฟทั้งหมดของระบบเซอร์โวมอเตอร์ซึ่งมีความจำเป็นต่อการนำทักษะดังกล่าวไปใช้ในการทำงานจริงต่อไป

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

กิดานันท์ มลิทอง. จิตวิทยาการศึกษา. กรุงเทพมหานคร: นิยมวิทยา, 2530.

ศิริก ใจดี. การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดทดลอง เรื่องการทดสอบการรับแรงบิด วิชางานทดลองเครื่องกล (31012005) ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง กรมอาชีวศึกษา พุทธศักราช 2540. วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเครื่องกล ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2546.

ทิสนา แคมมณี. วิธีสอนสำหรับครูมืออาชีพ. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.

บรรเจิด เป่าจีน. การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดทดลองเรื่องการทดสอบจุดความถี่ วิชางานทดลองเครื่องกล ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง กรมอาชีวศึกษา พุทธศักราช 2540. วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเครื่องกล ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล บัณฑิตวิทยาลัยสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2546.

พรจิตร ประทุมสุวรรณ. พื้นฐานหุ่นยนต์และเครื่องจักรกลอัตโนมัติ. กรุงเทพมหานคร: เรือแก้วการพิมพ์, 2542.

ปราโมทย์ จันท์เผือก, การสร้างชุดสาธิตการทดลอง เพื่อหาพลังงานสูญเสีย และการวัดอัตราการไหลของของไหลภายในท่อ วิชากลศาสตร์ของไหล สาขาช่างยนต์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง หลักสูตร วิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา พ.ศ. 2527. วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเครื่องกล ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล บัณฑิตวิทยาลัยสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2537.

ประกอบ วิเศษสุทธชัย. การสร้างชุดสาธิตการประลอง เรื่องโมเมนต์คัมและแรงจากการไหลของของไหล กรณีกั้นน้ำแบบเพลตัน วิชาปฏิบัติการเครื่องกล 1 (432-372) ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรครูเทคนิคชั้นสูง. วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเครื่องกล ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล บัณฑิตวิทยาลัยสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2537.

พิสิฐ เมธาภัทร และธีรพล เมธิกุล. ยุทธวิธีการเรียนการสอนวิชาเทคนิค. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2531.

มนต์ชัย เทียนทอง. อุปกรณ์ช่วยสอน. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2530.

ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ. เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: สุริยวิสาส์น, 2538.

วัลลภ จันทระกุล. สื่อการเรียนการสอน. กรุงเทพมหานคร : ศูนย์ผลิตตำราเรียน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2543.

วิเชียร เกตุสิงห์. หลักการสร้างและวิเคราะห์เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย. กรุงเทพมหานคร: ไทยวัฒนาพานิช, 2530.

สุวัฒน์ พุทธเมธา. อุปกรณ์ช่วยสอน. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2523.

สุชาติ ศิริสุขไพบูลย์. การสอนทักษะปฏิบัติ. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2526.

_____. เทคนิคและวิธีการสอนวิชาชีพ. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2527.

สุราษฎร์ พรหมจันทร์. การพัฒนาหลักสูตรรายวิชา. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2531.

เสาวณีย์ สิกขาบัณฑิต. เทคโนโลยีทางการศึกษา. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2528.

อาภาณี ใจเที่ยง. หลักการสอน. กรุงเทพมหานคร : โอ เอส พรินต์ติ้งเฮาส์, 2537.

บริษัท เอฟ เอ เทค จำกัด. เอกสารประกอบการฝึกอบรม Programmable Logic Controller course for servo motor. กรุงเทพมหานคร: 2547.

บริษัท ออมรอน อิเล็กทริก. เอกสารประกอบการฝึกอบรม FA3-A5 คู่มือฝึกอบรมการควบคุมมอเตอร์ด้วย PLC. 2548.

ภาษาอังกฤษ

Matsushita Electric Industrial co., Ltd., Panasonic Instruction manual AC servo Motor and driver MINAS A4 Servies.

_____. Hardware programming manual. c2000.

_____. Positioning controller training manual. c2000.

_____. Software manual FX-VPS/WIN, c2000.

_____. Type QD75M Positioning Module user manual. C2004.

T. Kenjo and S. Nagamori. Permanent-Magnet and Brushless DC Motors. New York :Oxford University Press, 1985.

Yosuhiko Dote and Sakan Kinoshita. Brushless Servomotors. New York: Oxford University Press, 1985.

ภาคผนวก ก

รายละเอียดของหลักสูตรรายวิชา

ชื่อรายวิชา วิศวกรรมการขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าและระบบเซอร์โว(Electric Drive and Servo system)

รหัสวิชา 213336 หน่วยกิต 3(2-2)

หลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขา วิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์

คำอธิบายรายวิชา

การควบคุมความเร็วรอบและระยะการหมุนของเครื่องจักรกลไฟฟ้ากระแสตรงแบบหลายควอดแรนต์ การควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์เหนี่ยวนำ การควบคุมการขับเคลื่อนเซอร์โวมอเตอร์ การควบคุมการขับเคลื่อนมอเตอร์แบบไร้แปรงถ่าน การควบคุมการขับเคลื่อนสเต็ปเปอร์มอเตอร์และการประยุกต์ใช้งานอุตสาหกรรม

การวิเคราะห์รายวิชา วิศวกรรมการขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าและระบบเซอร์โว

ตารางที่ ก-1 รายการหัวข้อเรื่อง (Topic listing sheet)

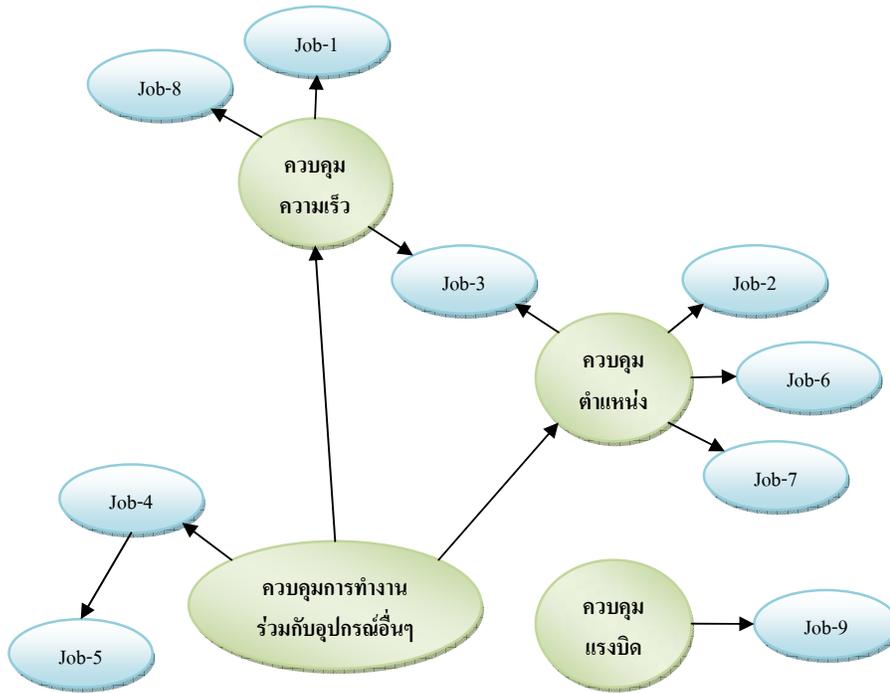
| ลำดับ | หัวข้อเรื่อง (Topic) | แหล่งข้อมูล | | | | |
|-------|--|-------------|---|---|---|---|
| | | A | B | C | D | E |
| 1 | การควบคุมความเร็วและระยะของเครื่องจักรกลไฟฟ้าแบบหลายควอดแด้น | ✓ | ✓ | | | ✓ |
| 2 | การควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์เหนี่ยวนำ | ✓ | ✓ | ✓ | | ✓ |
| 3 | การควบคุมการขับเคลื่อนเซอร์โวมอเตอร์ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| 4 | การควบคุมการขับเคลื่อนมอเตอร์แบบไร้แปลงถ่าน | ✓ | ✓ | | | |
| 5 | การควบคุมการทำงานของเสต็ปเปอร์มอเตอร์ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| 6 | การประยุกต์ใช้งานอุปกรณ์ในงานอุตสาหกรรม | ✓ | ✓ | | ✓ | ✓ |

แหล่งข้อมูล

- A: หลักสูตรรายวิชา (Course Description)
- B: ตำราและเอกสาร (Literatures)
- C: ประสบการณ์ (Experiences)
- D: ผู้เชี่ยวชาญ (Experts)
- E: อาจารย์ผู้สอน (lecturer)

การวิเคราะห์งานประลอง (Job Analysis)

เรื่อง การควบคุมการขับเคลื่อนเซอร์โวมอเตอร์ และการประยุกต์ใช้งาน



ภาพที่ ก-1 ความสัมพันธ์ของหัวข้อเรื่องกับใบประลอง

ตารางที่ ก-2 การวิเคราะห์หัวข้อเรื่อง การควบคุมการขับเคลื่อนเซอร์โวมอเตอร์

| ลำดับ | หัวข้อเรื่อง | แหล่งข้อมูล | | | | |
|--|--------------------------------------|-------------|------------------------------|---|---|---|
| | | A | B | C | D | E |
| 1 | การควบคุมตำแหน่ง | | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| 2 | การควบคุมความเร็ว | | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| 3 | การควบคุมแรงบิด | | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| 4 | การควบคุมการทำงานร่วมกับอุปกรณ์อื่นๆ | | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| แหล่งข้อมูล | | | | | | |
| A : หลักสูตรรายวิชา (Course Description) | | | D : ผู้เชี่ยวชาญ (Experts) | | | |
| B : ตำราและเอกสาร (Literatures) | | | E : อาจารย์ผู้สอน (lecturer) | | | |
| C : ประสบการณ์ (Experiences) | | | | | | |

ตารางที่ ก-3 การวิเคราะห์งานประลอง สำหรับการควบคุมการขับเคลื่อนเซอร์โวมอเตอร์และการประยุกต์ใช้ในงานอุตสาหกรรม

| ลำดับ | งาน (Job) | แหล่งข้อมูล | | | | |
|-------|---|-------------|---|---|---|---|
| | | A | B | C | D | E |
| 1 | การกำหนดค่าในการทำงานเบื้องต้นของระบบเซอร์โวมอเตอร์ เป็นการกำหนดค่า parameter เบื้องต้น เพื่อให้ชุดเซอร์โวมอเตอร์สามารถทำงานร่วมกันได้ | | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| 2 | การควบคุมการ mechanical zero return การกำหนดค่าการทำงานการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ให้เคลื่อนที่เข้าหาตำแหน่งอ้างอิงของเครื่องจักร (mechanic reference point) | | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| 3 | การเขียนโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ การควบคุมการทำงานโดยการเขียน โปรแกรม เพื่อควบคุมการเคลื่อนที่และความเร็ว | | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| 4 | การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของ Input/output port การควบคุมการทำงานของ Input Port และ output เพื่อใช้รับและส่งสัญญาณเพื่อให้สามารถทำงานร่วมกับอุปกรณ์อื่นๆ | | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| 5 | การใช้งานโปรแกรม (Program sub-routine) เป็นการนำวิธีการเขียน โปรแกรมย่อยมาประยุกต์ใช้ในการเขียน โปรแกรม เพื่อช่วยให้โครงสร้างและการทำงานมีความคล่องตัวมากขึ้น | | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| 6 | การเขียนโปรแกรมควบคุมการ zero return เป็นการควบคุมการ zero return ทั้ง mechanical zero return และ electrical zero return ด้วยการเขียน โปรแกรม | | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| 7 | การประยุกต์ใช้ Data register ในการกำหนดตำแหน่งการเคลื่อนที่ เป็นการนำ data register มาประยุกต์ใช้ในการกำหนดเป้าหมายในการเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งต่างๆ ตามเงื่อนไขที่กำหนดให้ | | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| 8 | การปรับตั้งค่าการใช้งาน electronic gear เป็นการกำหนดค่าอัตราส่วน Gear ratio ของ electronic gear สำหรับการเพิ่มหรือลด สัญญาณ pulse | | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| 9 | การปรับตั้งค่าการจำกัดขนาดค่าแรงบิดของมอเตอร์ เป็นการกำหนดค่าเพื่อควบคุมแรงบิดของ (Torque limit) ของ servo motor | | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |

**ตารางที่ ก-3 การวิเคราะห์งานประลอง สำหรับการควบคุมการขับเคลื่อนเซอร์โวมอเตอร์และการ
ประยุกต์ใช้งานอุตสาหกรรม (ต่อ)**

แหล่งข้อมูล

| | |
|--|------------------------------|
| A : หลักสูตรรายวิชา (Course Description) | D : ผู้เชี่ยวชาญ (Experts) |
| B : ตำราและเอกสาร (Literatures) | E : อาจารย์ผู้สอน (lecturer) |
| C : ประสบการณ์ (Experiences) | |

รายละเอียดของแหล่งข้อมูล

ตำราและเอกสาร B: literatures

1. e-drives Handbook Technical Documentation TP800 FESTO
2. คู่มือฝึกอบรมการควบคุมมอเตอร์ด้วย PLC (servo motor control with PLC) หลักสูตร FA3-A5 OMRON
3. Hardware – programming manual FX2N-10GM, FX2N-20GM , Mitsubishi
4. Positioning control Training Manual , Mitsubishi

การวิเคราะห์ รายการความสามารถ ความรู้ และความรู้ทักษะ

หัวข้อเรื่อง : การควบคุมการขับเคลื่อนเซอร์โวมอเตอร์
 ชื่อหน่วยประสงค์ : 1. การกำหนดค่าการทำงานเบื้องต้นของชุดเซอร์โวมอเตอร์

ตารางที่ ก-4 รายการความสามารถ ระดับความรู้ และระดับความรู้ทักษะ งานประลองที่ 1

| Task | Knowledge | N O | TK | | | Skill | N O | TS | | |
|---|---|-----|----|---|---|---|-----|----|---|---|
| | | | R | A | T | | | I | C | A |
| 1. กำหนดค่า parameter ที่เกี่ยวข้องกับ การควบคุมการทำงานพื้นฐาน | การทำงานของชุดเซอร์โวมอเตอร์ | ✓ | | ✓ | | กำหนดรูปแบบของสัญญาณควบคุมการทำงาน | ✓ | | | ✓ |
| | รูปแบบของสัญญาณควบคุมการทำงาน | ✓ | ✓ | | | กำหนดค่าที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมเคลื่อนที่ | ✓ | | | ✓ |
| | การกำหนดค่าที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมการทำงานเคลื่อน | ✓ | | ✓ | | กำหนดค่าที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมความเร็ว | ✓ | | | ✓ |
| | การกำหนดค่าที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมความเร็ว | ✓ | | ✓ | | | | | | |
| | Parameter ที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมการทำงานพื้นฐาน | ✓ | | ✓ | | | | | | |
| | ข้อควรระวังในการกำหนดค่า parameter | ✓ | | | | | | | | |

ตารางที่ ก-4 การวิเคราะห์รายการความสามารถ ระดับความรู้ และระดับความรู้ทักษะ งานประลองที่ 1 (ต่อ)

| Task | Knowledge | NO | TK | | | Skill | NO | TS | | |
|---|--|----|----|---|---|---|----|----|---|---|
| | | | R | A | T | | | I | C | A |
| 2. การกำหนดค่า Parameter ด้วย Programming software FX-VPS/win | ส่วนประกอบของโปรแกรม | ✓ | ✓ | | | สร้างใหม่โปรแกรม | ✓ | | | ✓ |
| | การตั้งค่า Parameter ใหม่ | ✓ | | ✓ | | กำหนดค่า Parameter โดยใช้ Programming software FX-VPS | ✓ | | | ✓ |
| | การกำหนดค่า Parameter ในโปรแกรม | ✓ | | ✓ | | | | | | |
| 3. เขียนข้อมูลลง position controller | สายสำหรับใช้เชื่อมต่อระหว่าง computer กับ Position controller | ✓ | ✓ | | | ติดตั้งสายสำหรับส่งถ่ายข้อมูลเข้ากับ position controller กับ computer | ✓ | | | ✓ |
| | โหมดการทำงานของ Position controller | ✓ | ✓ | | | กำหนดโหมดของ position controller สำหรับเขียนข้อมูล | ✓ | | | ✓ |
| | การเขียนข้อมูลลง Position controller ด้วย Programming software | ✓ | ✓ | | | เขียนข้อมูลลง Position controller ด้วย Programming software | ✓ | | | ✓ |

TK : ชนิดของความรู้ (Type of knowledge)

R = การฟื้นฟูความจำ (Recalled knowledge)

A = การประยุกต์ความรู้ (Applied knowledge)

T = การส่งถ่ายความรู้ (Transferred knowledge)

IS : ชนิดของความรู้อัตลักษณ์ (Types of physical skill)

I = เริ่มต้นตามแบบ (Initiation)

C = เริ่มต้นได้ด้วยควบคุมถูกต้อง (Control)

A = เริ่มต้นได้ด้วยความชำนาญ (Automatism)

ลักษณะของความรู้-ความรู้อัตลักษณ์ (Property)

N = ความรู้ใหม่ (New)

O = เคยเรียนรู้มาแล้ว (Old)

การวิเคราะห์รายการความสามารถ ความรู้ และความรู้ทักษะ

หัวข้อเรื่อง : การควบคุมการขับเคลื่อนเซอร์โวมอเตอร์
 ชื่อหน่วยประสงค์ : 1. การกำหนดค่าการทำงานเบื้องต้นของชุดเซอร์โวมอเตอร์

ตารางที่ ก-4 การวิเคราะห์รายการความสามารถ ระดับความรู้ และระดับความรู้ทักษะ งานประสงค์ที่ 1 (ต่อ)

| Task | Knowledge | NO | TK | | | Skill | NO | TS | | |
|--|--|----|----|---|---|--------------------------------------|----|----|---|---|
| | | | R | A | T | | | I | C | A |
| 1. กำหนดค่า parameter ที่เกี่ยวข้องกับความสามารถทำงานพื้นฐาน | การทำงาน of เซอร์โวมอเตอร์ | ✓ | | ✓ | | กำหนดรูปแบบของสัญญาณควบคุมการทำงาน | ✓ | | | ✓ |
| | รูปแบบของสัญญาณควบคุมการทำงาน | ✓ | ✓ | | | กำหนดค่าเกี่ยวกับการควบคุมเคลื่อนที่ | ✓ | | | ✓ |
| | การกำหนดค่าที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมการขับเคลื่อน | ✓ | | ✓ | | กำหนดค่าเกี่ยวกับการควบคุมความเร็ว | ✓ | | | ✓ |
| | การกำหนดค่าที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมความเร็ว | ✓ | | ✓ | | | | | | |
| | Parameter ที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมการทำงานพื้นฐาน | ✓ | | ✓ | | | | | | |
| | ข้อควรระวังในการกำหนดค่า parameter | ✓ | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |

ตารางที่ ก-4 การวิเคราะห์รายการความสามารถ ระดับความรู้ และระดับความรู้ทักษะ งานประลองที่ 1 (ต่อ)

| Task | Knowledge | NO | TK | | | Skill | NO | TS | | |
|---|--|----|----|---|---|---|----|----|---|---|
| | | | R | A | T | | | I | C | A |
| 2. การกำหนดค่า Parameter ด้วย Programming software FX-VPS/win | ส่วนประกอบของโปรแกรม | ✓ | ✓ | | | สร้างใหม่โปรแกรม | ✓ | | | ✓ |
| | การสร้างโปรแกรมใหม่ | ✓ | | ✓ | | กำหนดค่า Parameter โดยใช้ Programming software FX-VPS | ✓ | | | ✓ |
| | การกำหนดค่า Parameter ในโปรแกรม | ✓ | | ✓ | | | | | | |
| 3. เขียนข้อมูลลง position controller | สายสำหรับใช้เชื่อมต่อระหว่าง computer กับ Position controller | ✓ | ✓ | | | ติดตั้งสายสำหรับส่งถ่ายข้อมูลเข้ากับ position controller กับ computer | ✓ | | | ✓ |
| | โหมดการทำงานของ Position controller | ✓ | ✓ | | | กำหนดโหมดของ position controller สำหรับเขียนข้อมูล | ✓ | | | ✓ |
| | การเขียนข้อมูลลง Position controller ด้วย Programming software | ✓ | ✓ | | | เขียนข้อมูลลง Position controller ด้วย Programming software | ✓ | | | ✓ |

TK : ชนิดของความรู้ (Type of knowledge)

- R = การฟื้นฟูความจำ (Recalled knowledge)
 A = การประยุกต์ความรู้ (Applied knowledge)
 T = การส่งถ่ายความรู้ (Transferred knowledge)

IS : ชนิดของความรู้อื่นๆ (Types of physical skill)

- I = เริ่มต้นตามแบบ (Initiation)
 C = ขั้นทำได้ด้วยความถูกต้อง (Control)
 A = ขั้นทำได้ด้วยความชำนาญ (Automatism)

ลักษณะของความรู้-ความรู้ทักษะ (Property)

- N = ความรู้ใหม่ (New)
 O = เคยเรียนรู้มาแล้ว (Old)

การวิเคราะห์รายการความสามารถ ความรู้ และความรู้อื่นๆ

หัวข้อเรื่อง : การควบคุมการขับเคลื่อนเซอร์โวมอเตอร์

ชื่องาน : 2. การกำหนดค่าการ mechanical zero return

ตารางที่ ก-5 การวิเคราะห์รายการความสามารถ ระดับความรู้ และระดับความรู้ทักษะ งานประลองที่ 2

| Task | Knowledge | N | O | TK | | | Skill | N | O | TS | | |
|--|---|---|---|----|---|---|---|---|---|----|---|---|
| | | | | R | A | T | | | | I | C | A |
| 1. กำหนดค่า parameter ที่เกี่ยวข้องกับควบคุมการ mechanical zero return | ความจำเป็นของการ Mechanical zero return | ✓ | | ✓ | | | กำหนดค่าที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมเคลื่อนที่ | ✓ | | | ✓ | |
| | ส่วนประกอบที่สำคัญในการทำงานของ การ zero return | ✓ | | | ✓ | | กำหนดค่าการทำงานของการ zero return | ✓ | | | ✓ | |
| | การทำงานของการ Mechanical zero return | ✓ | | | ✓ | | กำหนดลักษณะของอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณสำหรับการ zero return | ✓ | | | ✓ | |
| | การทำงานของ DOG search function | ✓ | | | ✓ | | | | | | | |
| Parameter ที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมการ Mechanical zero return | | ✓ | | | ✓ | | | | | | | |

ตารางที่ ๓-5 การวิเคราะห์รายการความสามารถ ระดับความรู้ และระดับความรู้ทักษะ งานทดลองที่ 2 (ต่อ)

| Task | Knowledge | N | O | TK | | | Skill | N | O | TS | | |
|---|---|---|---|----|---|---|--|---|---|----|---|---|
| | | | | R | A | T | | | | I | C | A |
| 2. การกำหนดค่า Parameter ด้วย Programming software FX-VPS/win | ส่วนประกอบของโปรแกรม | | ✓ | ✓ | | | สร้างใหม่โปรแกรม | | ✓ | | ✓ | |
| | การสร้างโปรแกรมใหม่ | | ✓ | | ✓ | | กำหนดค่า Parameter เกี่ยวกับการ zero return โดยใช้ Programming software FX-VPS | ✓ | | | ✓ | |
| | การกำหนดค่า Parameter ที่เกี่ยวข้องกับ การ zero return ด้วย | ✓ | | | ✓ | | | | | | | |
| 3. เขียนข้อมูลลง position controller | | | ✓ | | | | (ตามตารางวิเคราะห์งานทดลองที่ 1) | | ✓ | | | |

TK : ชนิดของความรู้ (Type of knowledge)

R = การฟื้นฟูความจำ (Recalled knowledge)

A = การประยุกต์ความรู้ (Applied knowledge)

T = การส่งผ่านความรู้ (Transferred knowledge)

IS : ชนิดของความรู้ทักษะ (Types of physical skill)

I = เริ่มต้นทำตามแบบ (Initiation)

C = ขั้นทำได้ด้วยความถูกต้อง (Control)

A = ขั้นทำได้ด้วยความชำนาญ (Automatism)

ลักษณะของความรู้-ความรู้จักทักษะ (Property)

N = ความรู้ใหม่ (New)

O = เคยเขียนรู้มาแล้ว (Old)

การวิเคราะห์รายการความสามารถ ความรู้ และความรู้ทักษะ

หัวข้อเรื่อง : การควบคุมการขับเคลื่อนเซอร์โวมอเตอร์

ชื่องาน : 3. การเขียนโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่

ตารางที่ ก-6 การวิเคราะห์รายการความสามารถ ระดับความรู้ และระดับความรู้ทักษะ งานประลองที่ 3

| Task | Knowledge | N | O | TK | | | Skill | N | O | TS | | |
|---|-----------|---|---|----|---|---|-----------------------------------|---|---|----|---|---|
| | | | | R | A | T | | | | I | C | A |
| 1. กำหนดค่า parameter ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานพื้นฐาน | | | ✓ | | | | (ตามตารางวิเคราะห์งานประลองที่ 1) | | ✓ | | | |
| 2. กำหนดค่า parameter ที่เกี่ยวข้องกับ การ mechanical zero return | | | ✓ | | | | (ตามตารางวิเคราะห์งานประลองที่ 2) | | ✓ | | | |

ตารางที่ ๓-๖ การวิเคราะห์รายการความสามารถ ระดับความรู้ และระดับความรู้ทักษะ งานประลองที่ 3 (ต่อ)

| Task | Knowledge | NO | TK | | | Skill | NO | TS | | |
|--------------------------------------|---|----|----|---|---|---|----|----|---|---|
| | | | R | A | T | | | I | C | A |
| 3. เขียนโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ | รูปแบบของการควบคุมการเคลื่อนที่ | ✓ | ✓ | | | สร้างโปรแกรมใหม่ | ✓ | | | ✓ |
| | คำสั่งที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมการเคลื่อนที่ | | | | | กำหนดรูปแบบการควบคุมการเคลื่อนที่ | | | | |
| | ส่วนประกอบของ Programming software FX-VPS/win | ✓ | ✓ | | | ใช้งานคำสั่งที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมการเคลื่อนที่ | ✓ | | | ✓ |
| | การสร้างโปรแกรมใหม่ | | ✓ | | | เขียนโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ด้วยโปรแกรม Flow-chart | ✓ | | | ✓ |
| | ลักษณะของ โปรแกรม Flow-chart | ✓ | ✓ | | | | | | | |
| 4. เขียนข้อมูลลง position controller | การเขียน โปรแกรม Flow-chart | ✓ | | ✓ | | | | | | |
| | การกำหนดค่าการทำงานของคำสั่งที่เกี่ยวข้อง | ✓ | | ✓ | | | | | | |
| | | | ✓ | | | (ตามตารางวิเคราะห์งานประลองที่ 1) | ✓ | | | |

TK : ชนิดของความรู้การเรียนรู้ (Type of knowledge) TS : ชนิดของความรู้ทักษะ (Types of physical skill) ลักษณะของความรู้-ความรู้ทักษะ (Property)

R = การฟื้นฟูความรู้ (Recalled knowledge)

I = ขึ้นทำตามแบบ

(Initiation)

N = ความรู้ใหม่ (New)

A = การประยุกต์ความรู้

C = ขึ้นทำด้วยความถูกต้อง

(Control)

O = เคยเรียนรู้มาแล้ว (Old)

T = การส่งถ่ายความรู้

A = ขึ้นทำด้วยความชำนาญ

(Automatism)

การวิเคราะห์ รายการความสามารถ ความรู้ และความรู้ทักษะ

หัวข้อเรื่อง : การควบคุมการขับเคลื่อนเซอร์โวมอเตอร์

ชื่องาน : 4. การเขียน โปรแกรมควบคุมการรับและส่งสัญญาณของ Port Input/output

ตารางที่ 6-7 รายการความสามารถ ระดับความรู้ และระดับความรู้ทักษะ งานประลองที่ 4

| Task | Knowledge | N | O | TK | | | Skill | N | O | TS | | |
|--|---|---|---|----|---|---|--|---|---|----|---|---|
| | | | | R | A | T | | | | I | C | A |
| 1. เขียนโปรแกรมควบคุมการรับและส่งสัญญาณของ Port Input/output | รายละเอียดเกี่ยวกับ Port I/O ของ position controller | ✓ | | ✓ | | | ใช้งานคำสั่งที่เกี่ยวข้องกับการควบคุม I/O | ✓ | | ✓ | | |
| | รายละเอียดอุปกรณ์ที่จะนำมาใช้งานร่วมกับ servo motor โดยควบคุมผ่าน Position controller | ✓ | | | ✓ | | เขียนโปรแกรมควบคุม I/O port ด้วยโปรแกรม Flow-chart | ✓ | | ✓ | | |
| | คำสั่งที่เกี่ยวข้องกับการควบคุม I/O | ✓ | | ✓ | | | | | | | | |
| | การเขียน โปรแกรมรับสัญญาณ Input | ✓ | | | ✓ | | | | | | | |
| 2. เขียนข้อมูลลง position controller | การเขียน โปรแกรมควบคุมสัญญาณ Output | ✓ | | | ✓ | | | | | | | |
| | | | ✓ | | | | (ตามตารางวิเคราะห์งานประลองที่ 1) | | ✓ | | | |

TK : ชนิดของความรู้การเรียนรู้ (Type of knowledge) TS : ชนิดของความรู้ทักษะ (Types of physical skill) ลักษณะของความรู้ทักษะ (Property)

R = การฟื้นฟูความรู้ (Recalled knowledge)

I = ขึ้นทำตามแบบ

(Initiation)

N = ความรู้ใหม่ (New)

A = การประยุกต์ความรู้ (Applied knowledge)

C = ขึ้นทำด้วยความถูกต้อง

(Control)

O = เคยเรียนรู้มาแล้ว (Old)

T = การส่งถ่ายความรู้ (Transferred knowledge)

A = ขึ้นทำด้วยความชำนาญ

(Automatism)

การวิเคราะห์ รายการความสามารถ ความรู้ และความรู้ทักษะ

หัวข้อเรื่อง : การควบคุมการขับเคลื่อนเซอร์โวมอเตอร์

ชื่องาน : 5. การใช้งานโปรแกรมย่อย (Program sub-routine)

ตารางที่ ก-8 การความสามารถ ระดับความรู้ และระดับความรู้ทักษะ งานประสงค์ที่ 5

| Task | Knowledge | N | O | TK | | | Skill | N | O | TS | | |
|--|-----------------------------------|---|---|----|---|---|--|---|---|----|---|---|
| | | | | R | A | T | | | | I | C | A |
| 1. ใช้โปรแกรมย่อยช่วยในการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงาน | ลักษณะการใช้งานโปรแกรมย่อย | ✓ | | ✓ | | | ใช้งานคำสั่งที่เกี่ยวข้องกับการโปรแกรมย่อย | ✓ | | | | ✓ |
| | คำสั่งที่เกี่ยวข้องกับโปรแกรมย่อย | ✓ | | ✓ | | | เขียนโปรแกรมย่อย | ✓ | | | | ✓ |
| | ส่วนประกอบของโปรแกรมย่อย | ✓ | | ✓ | | | เขียนโปรแกรมเรียกใช้งานโปรแกรมย่อย | ✓ | | | | ✓ |
| | การเขียนโปรแกรมย่อย | ✓ | | | ✓ | | | | | | | |
| 2. เขียนข้อมูลลง position controller | | | ✓ | | | | (ตามตารางวิเคราะห์งานประสงค์ที่ 1) | | ✓ | | | |

TK : ชนิดของความรู้ที่ทักษะ (Type of knowledge) TS : ชนิดของความรู้ที่ทักษะ (Types of physical skill) ลักษณะของความรู้ที่ทักษะ (Property)

R = การฟื้นฟูความจำ (Recalled knowledge)

I = ขึ้นทำตามแบบ

(Initiation)

N = ความรู้ใหม่ (New)

การวิเคราะห์ รายการความสามารถ ความรู้ และความรู้ทักษะ

หัวข้อเรื่อง : การควบคุมการขับเคลื่อนเซอร์โวมอเตอร์

ช่องทาง : 6. การเขียนโปรแกรมการควบคุมการ zero return

ตารางที่ ก-9 การความสามารถ ระดับความรู้ และระดับความรู้ทักษะ งานประสงค์ที่ 6

| Task | Knowledge | NO | TK | | | Skill | NO | TS | | |
|---|--|----|----|---|---|--|----|----|---|---|
| | | | R | A | T | | | I | C | A |
| 1. กำหนดค่า parameter ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานพื้นฐาน | | ✓ | | | | (ตามตารางวิเคราะห์งานประสงค์ที่ 1) | ✓ | | | |
| 2. กำหนดค่า parameter ที่เกี่ยวข้องกับ การ mechanical zero return | | ✓ | | | | (ตามตารางวิเคราะห์งานประสงค์ที่ 2) | ✓ | | | |
| 3. เขียนโปรแกรมการควบคุมการ zero return | คำสั่งที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมการ zero return | ✓ | | | | ใช้คำสั่งที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมการ zero return | ✓ | | | ✓ |
| | การเขียนโปรแกรมการควบคุมการ zero return | ✓ | | | | เขียนโปรแกรมควบคุมการ zero return ด้วยโปรแกรม Flow-chart | ✓ | | | ✓ |

ตารางที่ ก-9 การความสามารถ ระดับความรู้ และระดับความรู้ทักษะ งานประลองที่ 6 (ต่อ)

| Task | Knowledge | N | O | TK | | | Skill | N | O | TS | | |
|--------------------------------------|-----------|---|---|----|---|---|-----------------------------------|---|---|----|---|---|
| | | | | R | A | T | | | | I | C | A |
| 4. เขียนข้อมูลลง position controller | | | ✓ | | | | (ตามตารางวิเคราะห์งานประลองที่ 1) | | ✓ | | | |

TK : ชนิดของความรู้การเรียนรู้ (Type of knowledge) IS : ชนิดของความรู้ทักษะ (Types of physical skill) ลักษณะของความรู้-ความรู้ทักษะ (Property)

R = การฟื้นฟูความรู้ (Recalled knowledge)

I = ขึ้นทำตามแบบ

(Initiation)

N = ความรู้ใหม่ (New)

A = การประยุกต์ความรู้ (Applied knowledge)

C = ขึ้นทำได้ด้วยความรู้ถูกต้อง

(Control)

O = เคยเรียนรู้มาแล้ว (Old)

T = การส่งถ่ายความรู้ (Transferred knowledge)

A = ขึ้นทำได้ด้วยความรู้ชำนาญ

(Automatism)

การวิเคราะห์ รายการความสามารถ ความรู้ และความรู้ทักษะ

หัวข้อเรื่อง : การควบคุมการขับเคลื่อนเซอร์โวมอเตอร์

ชื่องาน : 7. การใช้ Data register ในการกำหนดตำแหน่งการเคลื่อนที่

ตารางที่ ก-10 การความสามารถ ระดับความรู้ และระดับความรู้ทักษะ งานประลองที่ 7

| Task | Knowledge | N | O | TK | | | Skill | N | O | TS | | |
|---|--|---|---|----|---|---|--|---|---|----|---|---|
| | | | | R | A | T | | | | I | C | A |
| 1. เขียนโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ | | | ✓ | | | | (ตามตารางวิเคราะห์งานประลองที่ 3) | ✓ | | | | |
| 2. ใช้ Data register ในการกำหนดตำแหน่งการเคลื่อนที่ | ลักษณะของ Data register | ✓ | | ✓ | | | ใช้งานคำสั่งที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้ Data register | ✓ | | | ✓ | |
| | คำสั่งที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้ Data register | ✓ | | ✓ | | | | | | | | |
| 3. เขียนข้อมูลลง position controller | การเขียนโปรแกรมประยุกต์ใช้ Data register ใน | ✓ | | | ✓ | | เขียนโปรแกรมกำหนดตำแหน่งการเคลื่อนที่ ด้วย Data register | ✓ | | | ✓ | |
| | การกำหนดตำแหน่งการเคลื่อนที่ | | | | | | | | | | | |
| | | | ✓ | | | | (ตามตารางวิเคราะห์งานประลองที่ 1) | ✓ | | | | |

TK : ชนิดของความรู้การเรียนรู้ (Type of knowledge) TS : ชนิดของความรู้ทักษะ (Types of physical skill) ลักษณะของความรู้ทักษะ-ความรู้ทักษะ (Property)

R = การฟื้นฟูความจำ (Recalled knowledge) I = ขึ้นทำตามแบบ (Initiation) N = ความรู้ใหม่ (New)

การวิเคราะห์ รายการความสามารถ ความรู้ และความรู้ทักษะ

หัวข้อเรื่อง : การควบคุมการขับเคลื่อนเซอร์โวมอเตอร์

ชื่องาน : 8. การปรับตั้งค่า electronic gear

ตารางที่ ก-11 การความสามารถ ระดับความรู้ และระดับความรู้ทักษะ งานประกอบที่ 8

| Task | Knowledge | N | O | TK | | | Skill | N | O | TS | | |
|--------------------|---|---|---|----|---|---|--------------------------------|---|---|----|---|---|
| | | | | R | A | T | | | | I | C | A |
| ปรับค่า gear ratio | ลักษณะของ electronic gear | ✓ | | ✓ | | | จำนวนค่า electronic Gear ratio | ✓ | | | ✓ | |
| | การหาค่า gear ratio | ✓ | | | ✓ | | ปรับค่า electronic Gear ratio | ✓ | | | ✓ | |
| | Parameter ที่เกี่ยวข้องกับการปรับ Gear ratio | ✓ | | | ✓ | | | | | | | |
| | Mode สำหรับการปรับตั้งค่า parameter | ✓ | | | ✓ | | | | | | | |
| | การปรับตั้งค่า Electronic gear ของ Servo amp. | ✓ | | | ✓ | | | | | | | |

การวิเคราะห์ รายการความสามารถ ความรู้ และความรู้ทักษะ

หัวข้อเรื่อง : การควบคุมการขับเคลื่อนเซอร์โวมอเตอร์

ชื่องาน : 9. การปรับตั้งค่าแรงบิดของมอเตอร์ (Torque limit)

ตารางที่ ๓-12 การความสามารถ ระดับความรู้ และระดับความรู้ทักษะ งานประลองที่ 9

| Task | Knowledge | N | O | TK | | | Skill | N | O | TS | | | |
|----------------------|---|---|---|----|---|---|----------------------|---|---|----|---|---|--|
| | | | | R | A | T | | | | I | C | A | |
| ตั้งค่า torque limit | Parameter ที่เกี่ยวข้องกับค่าแรงบิด | ✓ | | ✓ | | | ตั้งค่า torque limit | ✓ | | | | ✓ | |
| | Mode สำหรับปรับตั้งค่า parameter | | | ✓ | | | | | | | | | |
| | การปรับตั้งค่า torque limit ของ servo motor | ✓ | | | | ✓ | | | | | | | |

TK : ชนิดของความรู้ (Type of knowledge)

R = การฟื้นฟูความจำ (Recalled knowledge)

A = การประยุกต์ความรู้ (Applied knowledge)

T = การส่งถายความรู้ (Transferred knowledge)

IS : ชนิดของความรู้ทักษะ (Types of physical skill)

I = เริ่มต้นตามแบบ (Initiation)

C = ขึ้นทำได้ด้วยความถูกต้อง (Control)

A = ขึ้นทำได้ด้วยความชำนาญ (Automatism)

ลักษณะของความรู้-ความรู้ทักษะ (Property)

N = ความรู้ใหม่ (New)

O = เคยเรียนรู้มาแล้ว (Old)

การวิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

ตารางที่ ก- 13 การวิเคราะห์วัตถุประสงค์ทางด้านปฏิบัติ

| วัตถุประสงค์ทางด้านปฏิบัติ | TS | | |
|---|----|---|---|
| | I | C | A |
| ชื่องาน : 1. การกำหนดค่าการทำงานเบื้องต้นของชุดเซอร์โวมอเตอร์ | | | |
| 1.1. กำหนดรูปแบบของสัญญาณควบคุมการทำงานได้ | | X | |
| 1.2. กำหนดค่าเกี่ยวกับการควบคุมการเคลื่อนที่ได้ | | X | |
| 1.3. กำหนดค่าเกี่ยวกับการควบคุมความเร็วได้ | | X | |
| 1.4. สร้างใหม่โปรแกรมได้ | | X | |
| 1.5. กำหนดค่า parameter โดยใช้ Programming software FX-VPS/win ได้ | | X | |
| 1.6. ติดตั้งสายส่งถ่ายข้อมูลเข้ากับ Position controller กับ computer ได้ | | X | |
| 1.7. กำหนดโหมดการทำงานของ Position controller สำหรับเขียนข้อมูลได้ | | X | |
| 1.8. เขียนข้อมูลลง Position controller ด้วย Programming software ได้ | | X | |
| ชื่องาน : 2. การกำหนดค่าการ mechanical zero return | | | |
| 2.1. กำหนดค่าที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมการเคลื่อนที่ได้ | | X | |
| 2.2. กำหนดค่าการทำงานของ การ zero return ได้ | | X | |
| 2.3. กำหนดลักษณะของอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณสำหรับการ zero return ได้ | | X | |
| 2.4. กำหนดค่า parameter เกี่ยวกับการ zero return โดยใช้ Programming software FX-VPS/win | | X | |
| ชื่องาน : 3. การเขียนโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ | | | |
| 3.1. กำหนดรูปแบบการควบคุมการเคลื่อนที่ได้ | | X | |
| 3.2. ใช้งานคำสั่งที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมการเคลื่อนที่ได้ | | X | |
| 3.3. เขียนโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ด้วยโปรแกรม Flow-chart ได้ | | X | |
| ชื่องาน : 4 การเขียนโปรแกรมควบคุมการรับและส่งสัญญาณของ Port I/O | | | |
| 4.1. ใช้งานคำสั่งที่เกี่ยวข้องกับการควบคุม I/O ได้ | | X | |
| 4.2. เขียนโปรแกรมควบคุม I/O port ด้วยโปรแกรม Flow-chart ได้ | | X | |

TS : ระดับความสามารถทางด้านทักษะปฏิบัติ (Types of physical skill)

I = ขึ้นทำตามแบบ (Initiation)
C = ขึ้นทำได้ด้วยความถูกต้อง (Control)
A = ขึ้นทำได้ด้วยความชำนาญ (Automatism)

ระดับความสำคัญ

X = มาก
I = ปานกลาง
O = น้อย

ตารางที่ ก-13 การวิเคราะห์วัตถุประสงค์ทางด้านปฏิบัติ (ต่อ)

| วัตถุประสงค์ทางด้านปฏิบัติ | TS | | |
|--|----|---|---|
| | I | C | A |
| ชื่องาน : 5 การใช้งาน โปรแกรมย่อย Program sub-routine | | | |
| 5.1. ใช้งานคำสั่งที่เกี่ยวข้องกับโปรแกรมย่อย ได้ | | X | |
| 5.2. เขียนโปรแกรมย่อยได้ | | X | |
| 5.3. เขียนโปรแกรมเรียกใช้งานโปรแกรมย่อยได้ | | X | |
| ชื่องาน : 6 การเขียนโปรแกรมควบคุมการ zero return | | | |
| 6.1. ใช้งานคำสั่งที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมการ zero return ได้ | | X | |
| 6.2. เขียนโปรแกรมควบคุมการ zero return ด้วยโปรแกรม Flow-chart ได้ | | X | |
| ชื่องาน : 7 การใช้ Data register ในการกำหนดตำแหน่งการเคลื่อนที่ | | | |
| 7.1. ใช้งานคำสั่งที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้ Data register ได้ | | X | |
| 7.2. เขียนโปรแกรมกำหนดตำแหน่งการเคลื่อนที่ด้วย Data register ได้ | | X | |
| ชื่องาน : 8 การปรับตั้งค่า electronic gear | | | |
| 8.1. หาค่า Gear ratio ได้ | | X | |
| 8.2. ปรับตั้งค่า electronic gear ratio ได้ | | X | |
| ชื่องาน : 9 การปรับตั้งค่าการจำกัดขนาดค่าแรงบิดของมอเตอร์ (Torque limit) | | | |
| 9.1. การประมาณค่าสำหรับตั้งค่าจำกัดแรงบิดได้ | | X | |
| 9.2. ตั้งค่า Torque limit ได้ | | | |

TS : ระดับความสามารถทางด้านทักษะปฏิบัติ (Types of physical skill)

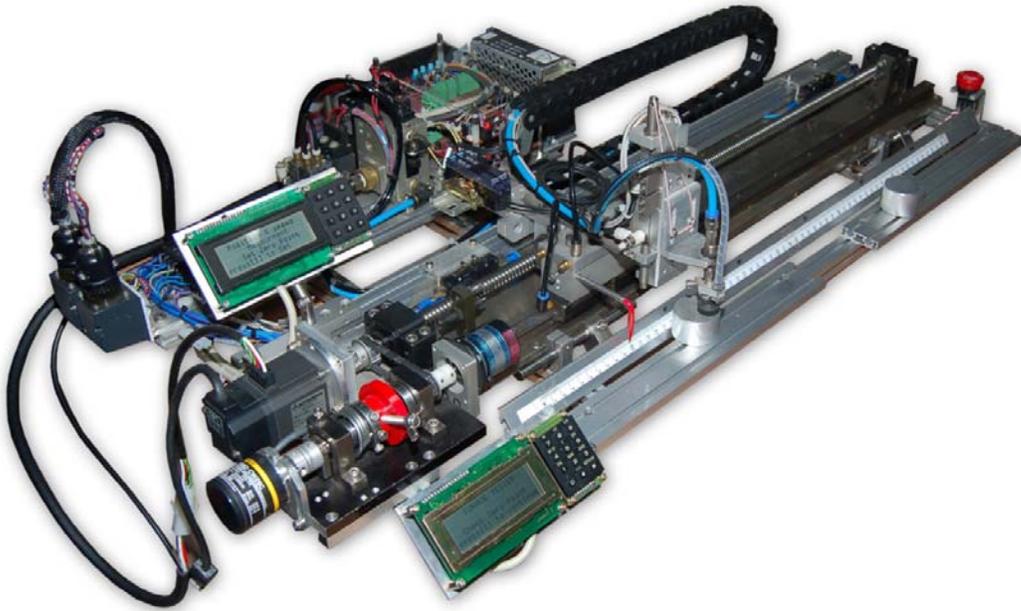
I = ขั้นทำตามแบบ (Initiation)
 C = ขั้นทำได้ด้วยความถูกต้อง (Control)
 A = ขั้นทำได้ด้วยความชำนาญ (Automatism)

ระดับความสำคัญ

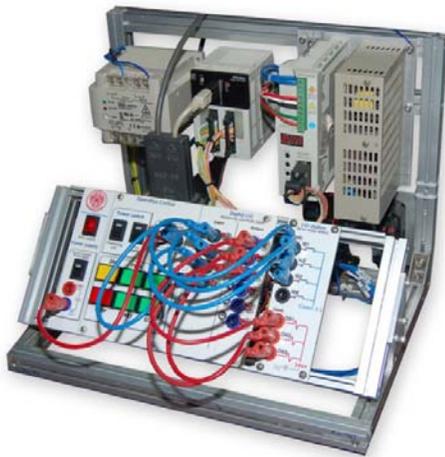
X = มาก
 I = ปานกลาง
 O = น้อย

ภาคผนวก ข

Servo motor



Servo motor station

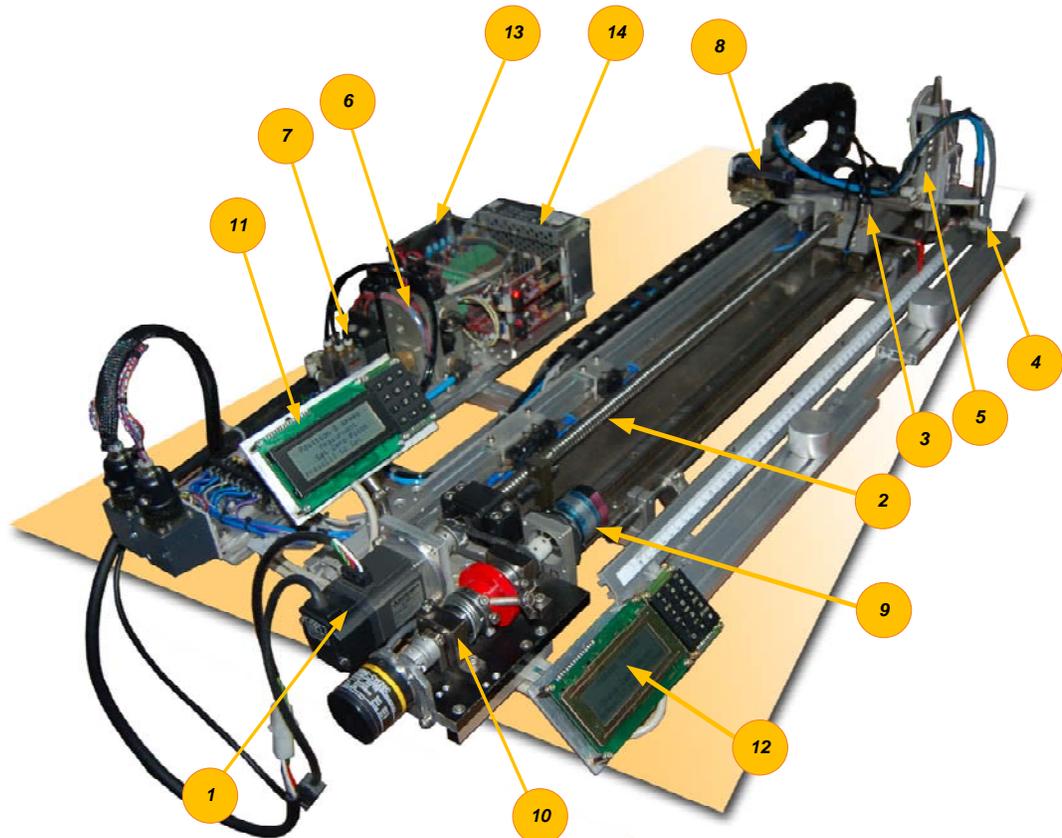


Control unit



Trainer & trainee
Manual

Servo motor station

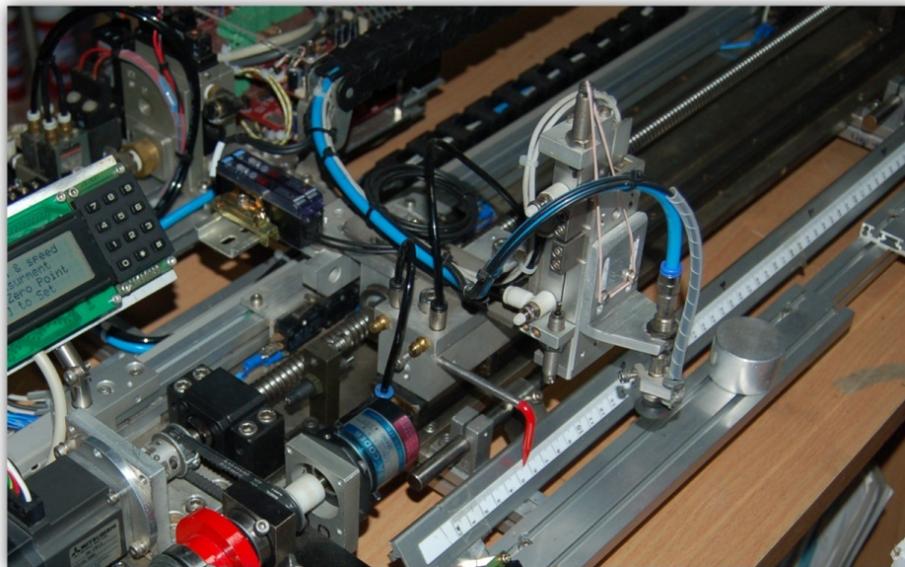


Servo motor station

Component and component Identification

| <i>No.</i> | <i>name</i> | <i>description</i> |
|------------|---------------------------|--|
| 1 | Servo motor | Mitsubishi HC-PQ13 |
| 2 | Ball screw | NHK |
| 3 | Table | - |
| 4 | Vacuum pad | ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7 mm. (smc NZM07 1H) |
| 5 | Air Slide table | Air Slide table Pneumatic cylinder, Double Acting cylinder (smc MXS8-50AS) |
| 6 | Vacuum valve | Vacuum valve (smc VJ114) within vacuum injector set (NZM07 1H) |
| 7 | Directional control valve | 5/2 Directional control valve- single solenoid (smc VZ3120) |

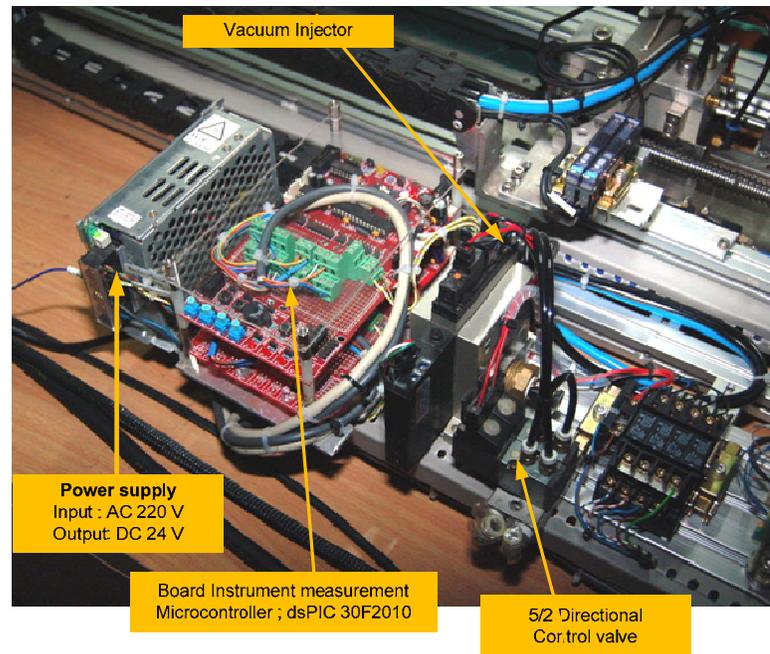
| <i>No.</i> | <i>name</i> | <i>description</i> |
|------------|-----------------------|--|
| 8 | Photo sensor | Keyence FS-V12 Fiber optic Sensor |
| 9 | Encoder | |
| 10 | ชุดทดสอบแรงบิด | สำหรับแสดงผลการฝึกทดลองการจำกัดค่าแรงบิด |
| 11 | LCD | แสดงผล ตำแหน่งและความเร็ว ของ table |
| 12 | LCD | แสดงผล ค่าแรงบิดของมอเตอร์ |
| 13 | Microcontroller board | dsPIC30F2010 |
| 14 | Power supply | Omron; Input AC220V. Output DC24V. |



อุปกรณ์ทำงาน Pneumatic ที่ติดตั้งอยู่กับ Table

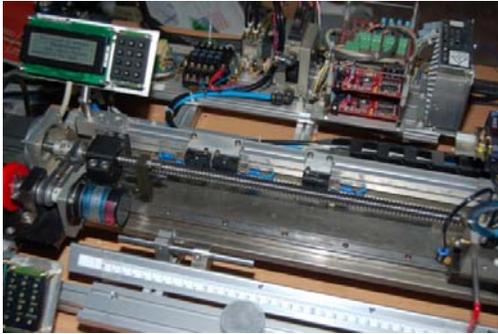


ชุดวัดตำแหน่งการเคลื่อนที่ ความเร็ว และทดสอบแรงบิด



อุปกรณ์ควบคุม Pneumatic และเครื่องมือวัด

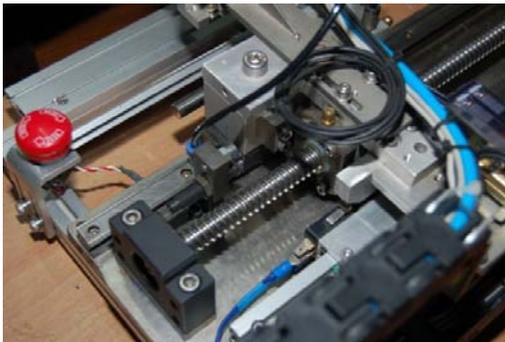
Limit switch, DOG switch



Limite switch ทางด้านซ้ายมือ และ DOG switch



Limite switch ทางด้านขวามือ



ขณะDOG ที่ติดตั้งกับ Table เข้าชน limite switch ด้านขวามือ

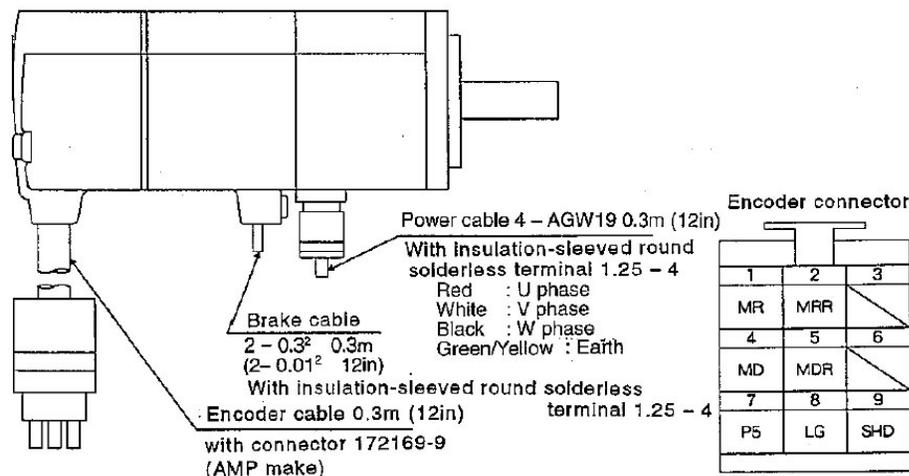


ขณะ DOG เข้าเตะ DOG switch เพื่อเข้าสู่ Home position



Servo motor

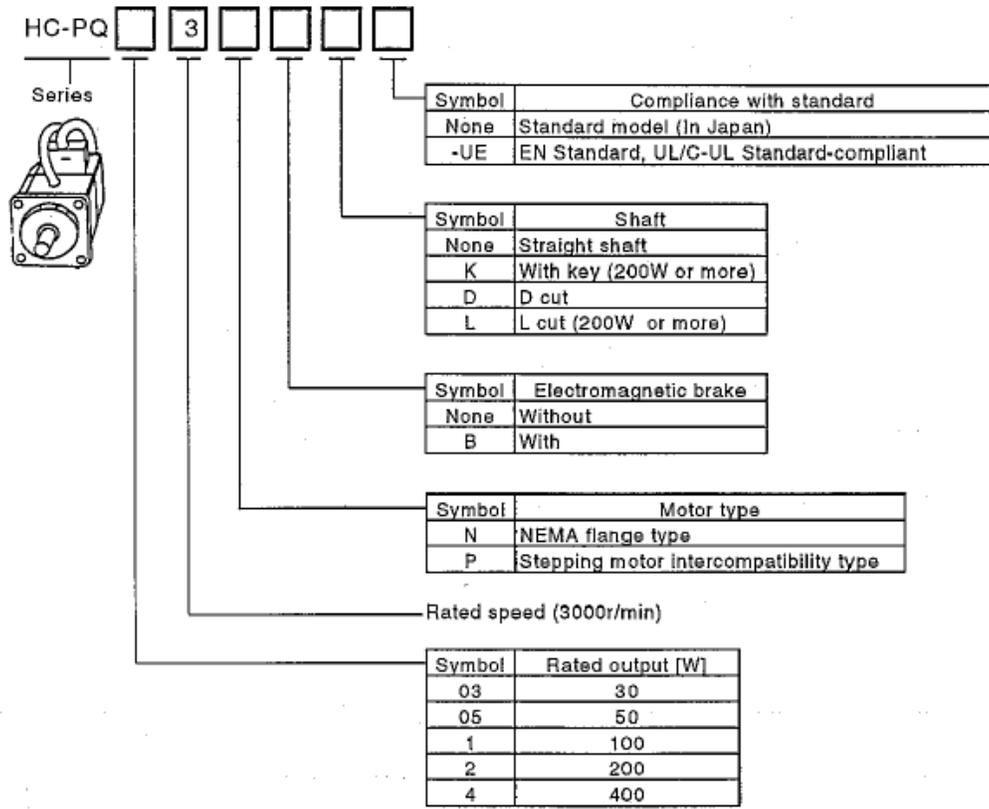
Mitsubishi HC-PQ13



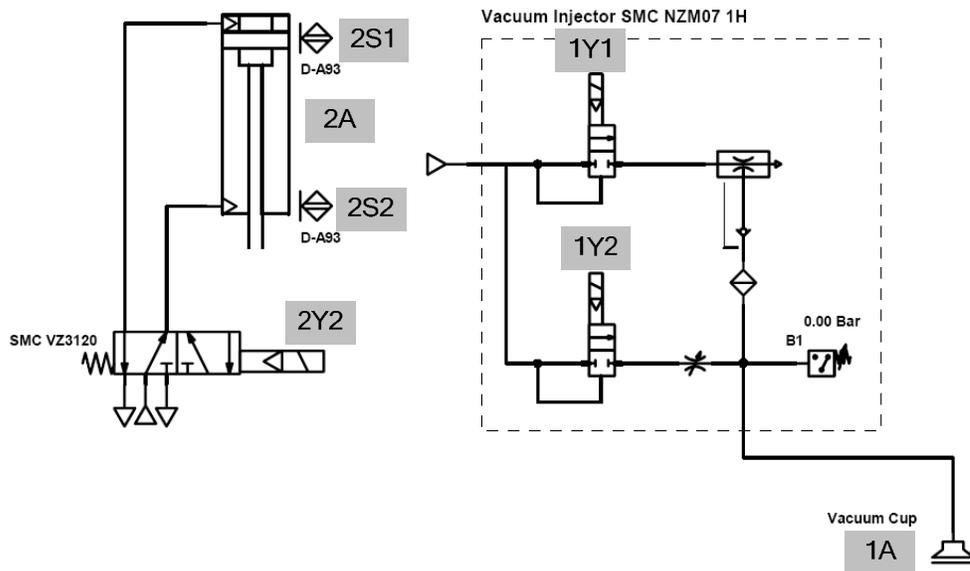
Standard specifications

| Servo motor | | | HC-PQ series | | | | |
|---|-----------------|-----------------------|---|----------|----------|-------------|----------|
| Item | | | 033 | 053 | 13 | 23 | 43 |
| Corresponding servo amplifier model | | | MR-C10A (1) | | | MR-C20A (1) | MR-C40A |
| Continuous running duty (Note 2) | Rated output[W] | | 30 | 50 | 100 | 200 | 400 |
| | Rated torque | [N·m] | 0.095 | 0.16 | 0.32 | 0.64 | 1.27 |
| [oz·in] | | 13.45 | 22.66 | 45.32 | 90.63 | 184.1 | |
| Max. torque (Note 2,10) | [N·m] | 0.38 | 0.64 | 1.28 | 1.92 | 2.92 | |
| | [oz·in] | 53.81 | 90.63 | 181.26 | 271.89 | 414 | |
| Rated speed[r/min] | | | 3000 | | | | |
| Max. speed[r/min] | | | 4500 | | | | |
| Instantaneous permissible speed[r/min] | | | 5400 | | | | |
| Power rate at continuous rated torque[kw/s] | | | 0.45 | 13.47 | 34.19 | 46.02 | 116.55 |
| Moment of inertia (Note 7) | J | [kg·cm ²] | 0.014 | 0.019 | 0.03 | 0.089 | 0.145 |
| | Wk ² | [oz·in ²] | 0.077 | 0.104 | 0.164 | 0.487 | 0.793 |
| Recommended load inertia to servo motor shaft inertia | | | 30 or less times (Note 9) | | | | |
| Rated output current [A] | | | 0.85 | 0.85 | 0.85 | 1.5 | 2.8 |
| Max. output current [A] | | | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 6.0 | 6.44 |
| Regenerative brake duty (times/min) (Note 4) | Without option | | (Note 5) | (Note 5) | (Note 6) | (Note 7) | (Note 8) |
| | MR-RB013 (10W) | | (Note 5) | (Note 5) | 4660 | 1400 | 800 |
| | MR-RB033 (30w) | | (Note 5) | (Note 5) | (Note 5) | 4300 | 2400 |
| Power facility capacity [kVA] (Note 3) | | | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.5 | 0.9 |
| Speed/position detector | | | Encoder (resolution 4000 {Pulse/rev}) | | | | |
| Accessories | | | Encoder, (serial communication system) | | | | |
| Structure | | | Totally enclosed, natural air cooling (protection degree: IP44 (Note 12)) | | | | |
| Environmental condition (Note 1) | | | Refer to Section 4 - 2 (1) | | | | |
| Weight (Note 11) | [kg] | | 0.32 | 0.37 | 0.50 | 0.96 | 1.42 |
| | [lb] | | 0.71 | 0.82 | 1.1 | 2.12 | 3.13 |

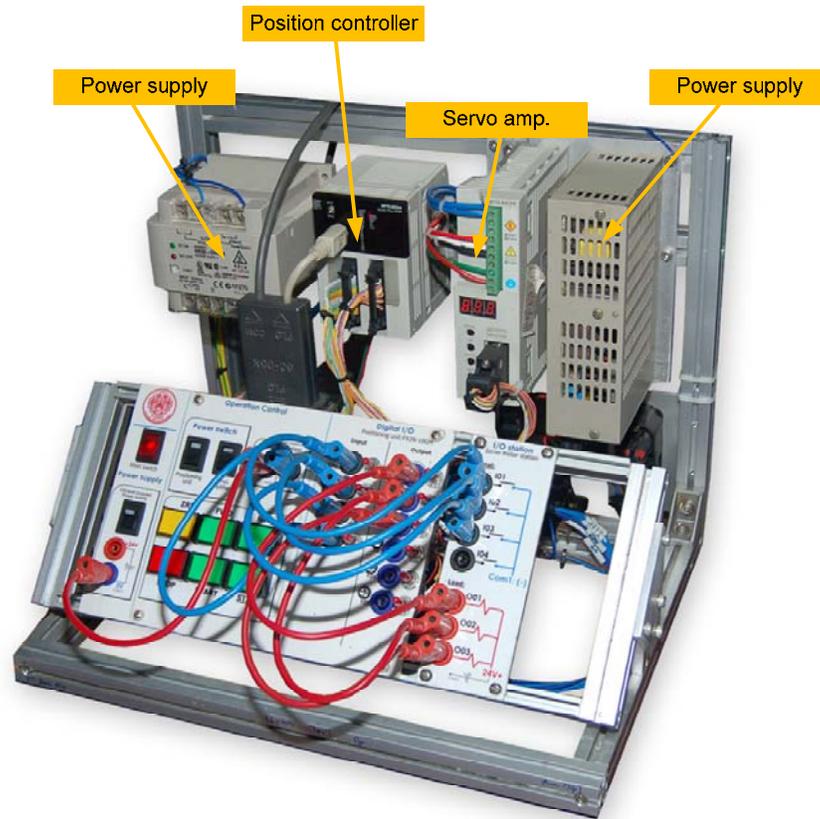
Model definition



วงจรนิวแมติกส์



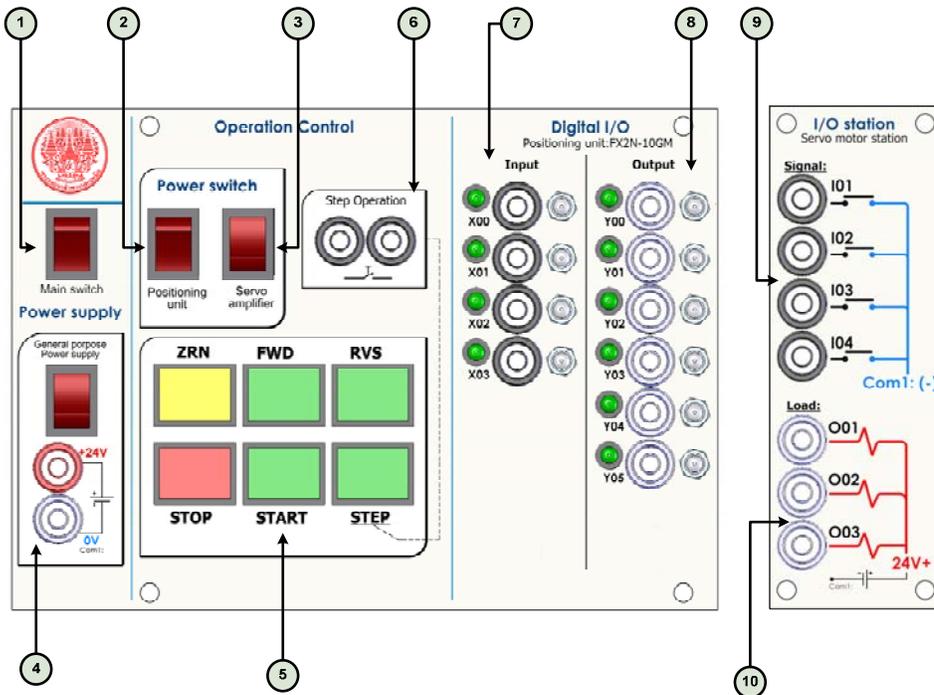
Control Unit



Component and component Identification

| <i>No.</i> | <i>Name</i> | <i>Ident.</i> | <i>Description</i> |
|------------|------------------|---------------|--|
| 1 | Control panel | - | |
| 2 | Positioning unit | C1 | FX2N-10 GM Mitsubishi |
| 3 | Servo amplifier | C2 | MR-C10A Mitsubishi |
| 4 | Power supply | P1 | For Supply Positioning unit (Omron S82K-05024) |
| 5 | Power supply | P2 | For supply Servo amplifier (Omron S82H-3524) |

Control panel



Component and component Identification

| No. | Name | Ident. | Description |
|-----|---------------------------------|--------|---|
| 1 | Main Power switch | - | Switch ควบคุมการจ่ายไฟหลักให้ชุด Control unit |
| 2 | Positioning unit Power switch | - | Switch ควบคุมการจ่ายแหล่งไฟให้กับ Positioning Unit (FX2N-10GM) |
| 3 | Servo amplifier Power switch | - | Switch ควบคุมการจ่ายแหล่งไฟให้กับ Servo amplifier (MR-C10A) |
| 4 | General purpose Power supply | - | แหล่งจ่ายไฟขนาด 24 V สำหรับเตรียมเพื่อใช้งานทั่วไป ของชุด Control panel |
| 5 | Operation control button switch | - | Button switch ที่ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของ servo motor, ZRN, FWD, RVS, Stop, Start ,Step |
| 6 | Step operation terminal | - | ขั้วสำหรับต่อไปยัง Button switch |
| 7 | Positioning Input terminal | | สัญญาณ Input ที่ส่งเข้าไปยังตัว Positioning unit |
| 8 | Positioning Output terminal | | สัญญาณ Output ที่ส่งออกมาจากตัว Positioning unit |

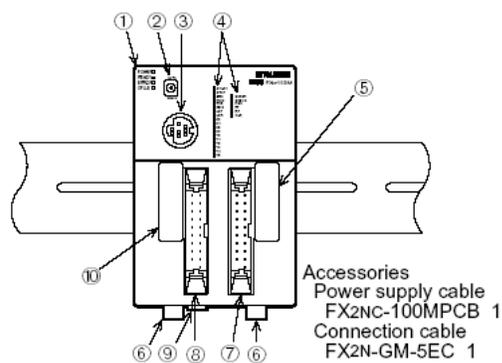
| No. | Name | Indent. | Description |
|-----|--|---------|--|
| 9 | Servo motor station Signal terminal | | สัญญาณจาก Sensor ที่เกี่ยวข้องกับการทำงาน ทั้งหมดของชุด Servo motor station |
| 10 | Servo motor station Load terminal | | สำหรับส่งสัญญาณไปควบคุม Solenoid vale ของชุด Servo motor station |

Position controller

Mitsubishi FX2-N10GM

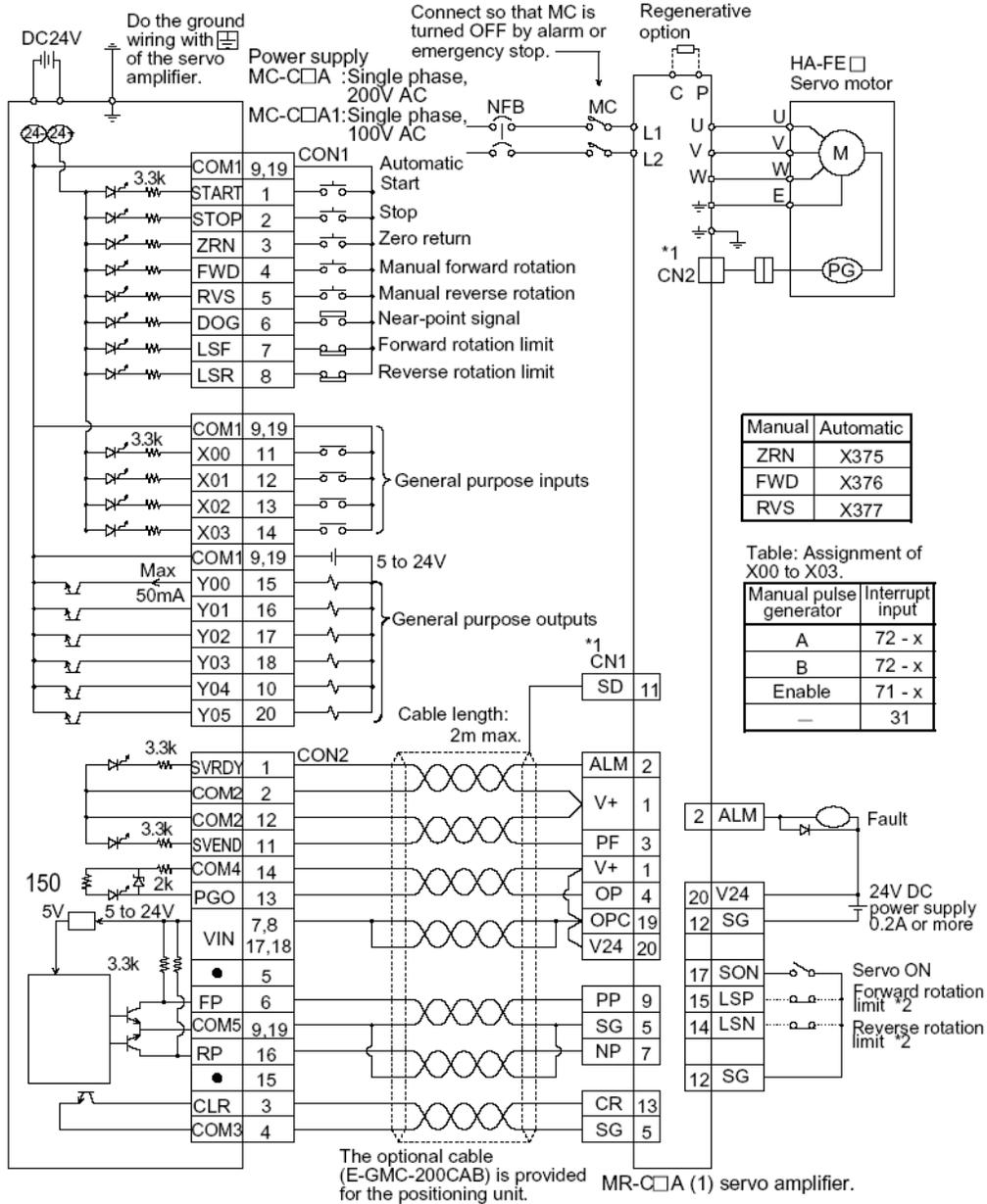


Part name



- | | |
|-------------------------------------|---------------------------------------|
| ① Operation indicator LED | ⑥ Hook for DIN rail installation |
| ② MANU/AUTO switch | ⑦ Connector for motor amplifier: CON2 |
| ③ Connector for programming tool | ⑧ Connector for I/O: CON1 |
| ④ I/O display | ⑨ Connector for power supply |
| ⑤ Connector for PLC extension block | ⑩ Connector for PLC |

IFX2N-10GM is connected to a MR-C servo motor.

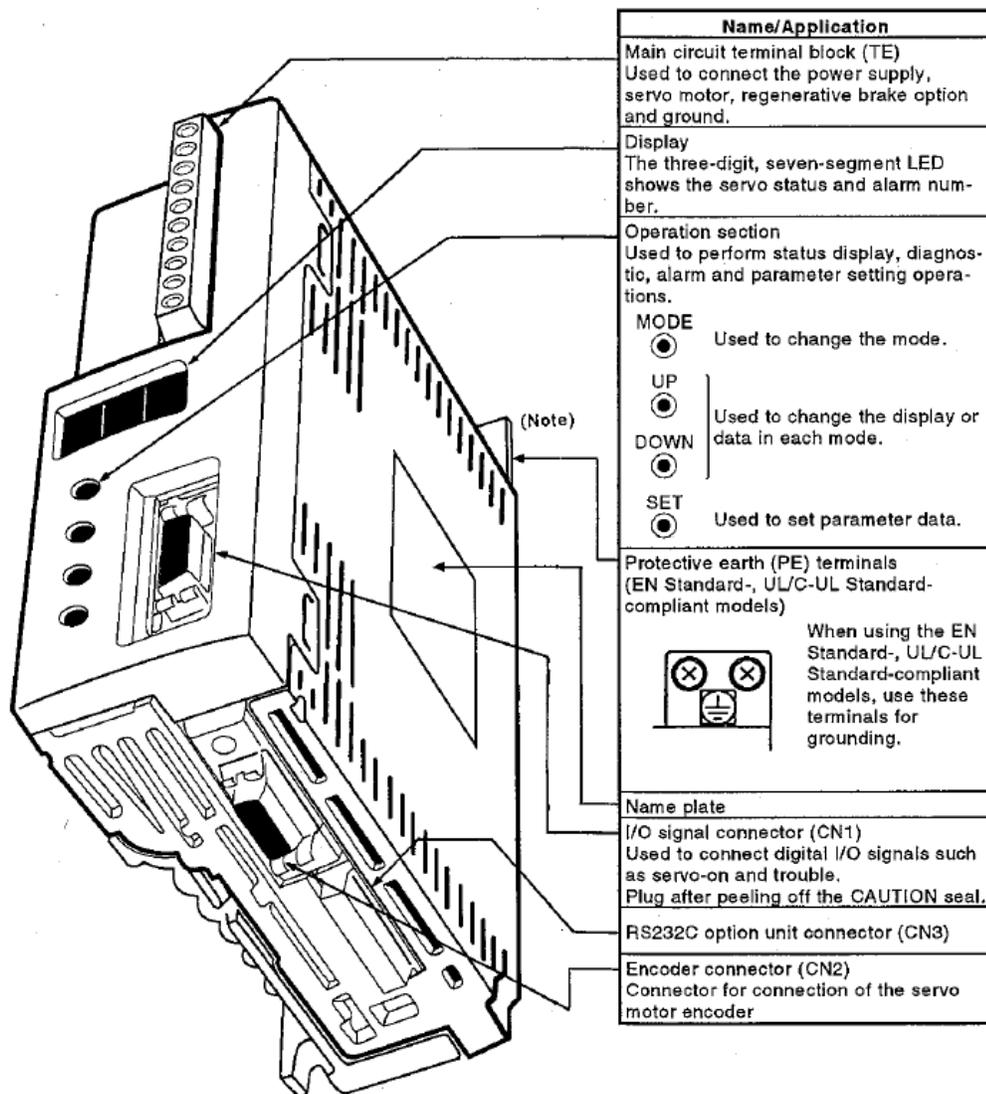


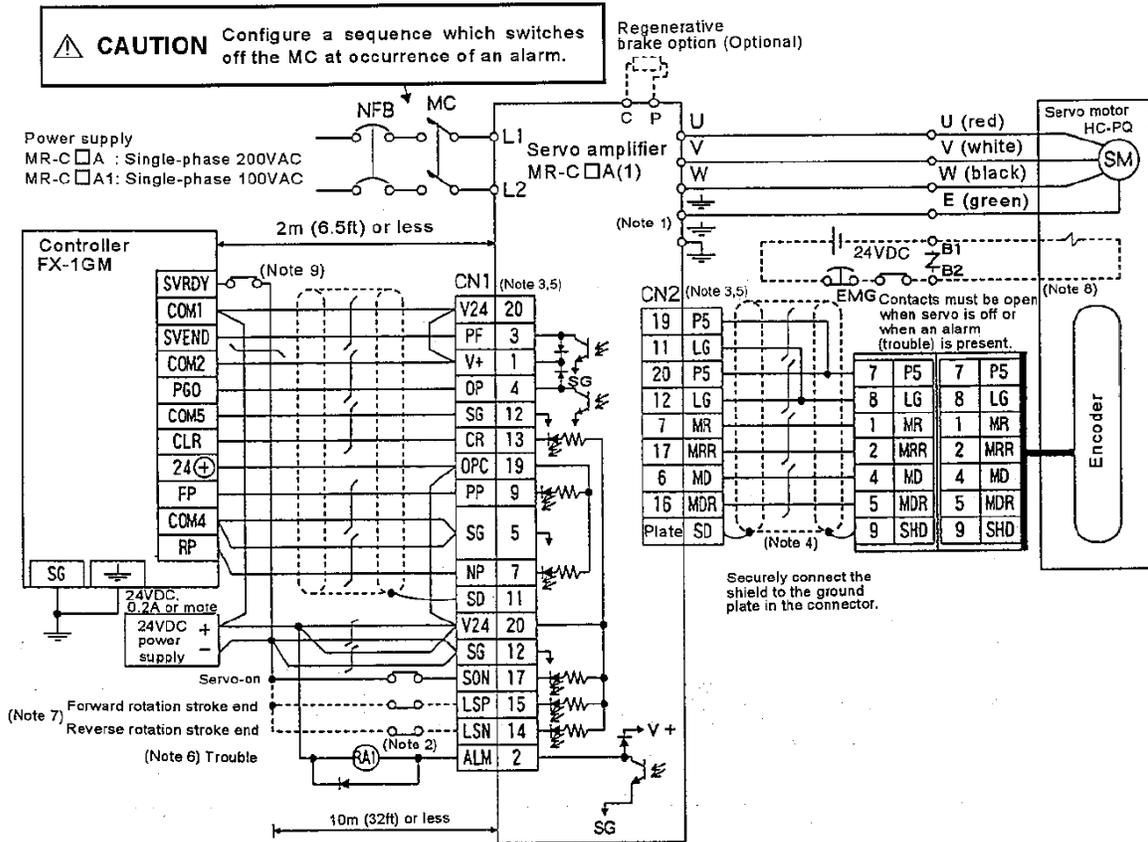
*1: CN1 and CN2 have the same shape. If they are confused in connection, fault may occur.

*2: When the factory is shipped, LSP and LSN are setting of normally open. Wiring can be omitted.

Servo Amplifier

Mitsubishi MR-C10A





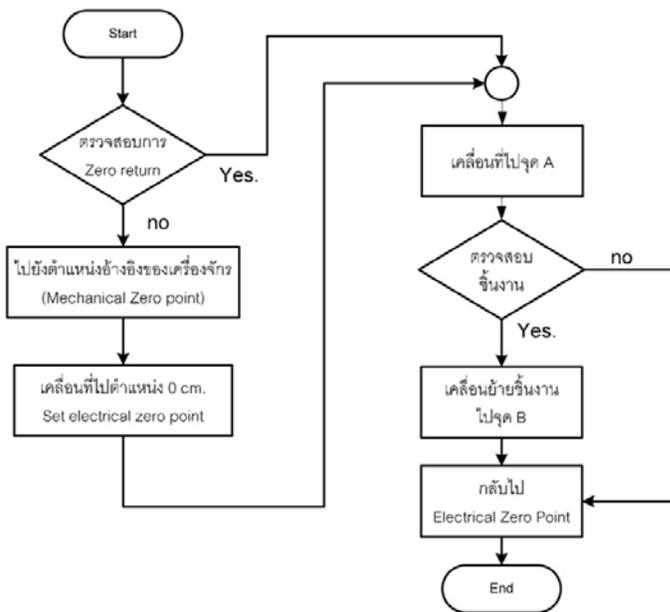
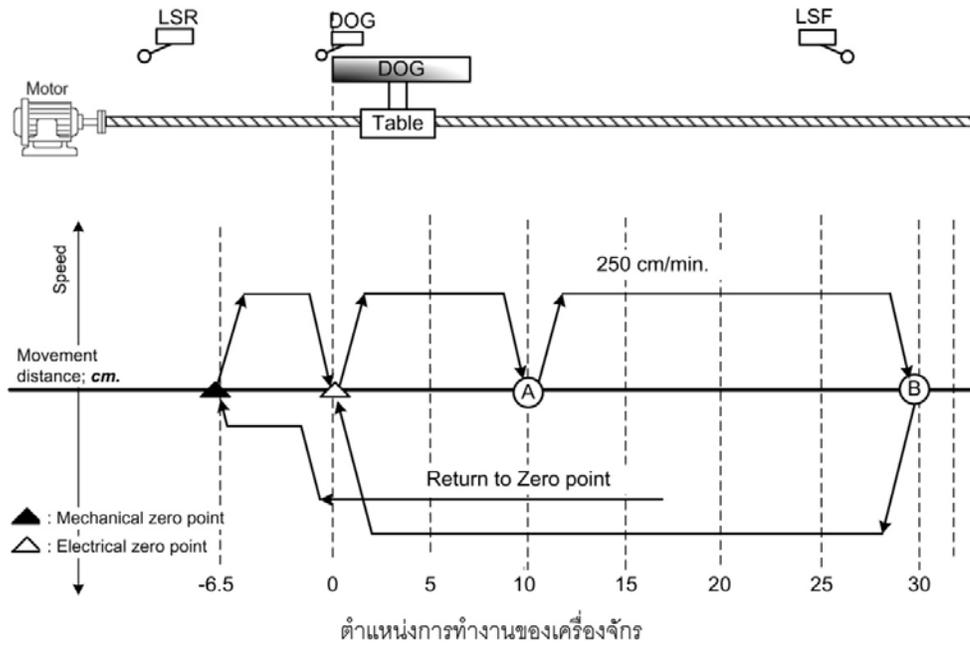
Specification

| Item | | Servo amplifier | | | | |
|--------------------------------------|--------------------------------------|---|---------|---------|------------------------------------|----------|
| | | MR-C10A | MR-C20A | MR-C40A | MR-C10A1 | MR-C20A1 |
| Power supply (Note 3) | Voltage/frequency | Single-phase 200 to 230VAC 50/60Hz | | | Single-phase 100 to 120VAC 50/60Hz | |
| | Permissible voltage fluctuation | Single-phase 170 to 253VAC | | | Single-phase 85 to 126VAC | |
| | Permissible frequency fluctuation | Within ±5% | | | | |
| Control method | | Sine-wave PWM control, current controlled system | | | | |
| Control mode | | Pulse train input position control | | | | |
| Control theory | | Model adaptive control | | | | |
| Auto tuning | | Real-time auto tuning | | | | |
| Protective functions | | Overcurrent protection, motor combination fault, overload shut off (electronic thermal relay), overvoltage protection, encoder alarm protection, regenerative alarm protection, undervoltage/Instantaneous power failure protection, overspeed protection, excessive error protection | | | | |
| Position control specifications | Max. input pulse frequency | 200kpps | | | | |
| | Positioning feedback pulses | 4000 pulse/rev servo motor revolution | | | | |
| | Command pulse multiplication | Electronic gear A, B: 1 to 898 pulses 1/50 < A/B < 20 | | | | |
| | Positioning completion width setting | 0 to 999 pulses | | | | |
| Interface power supply | | ±50K pulses | | | | |
| Communication with personal computer | Required option | 24VDC or 5VDC power supplied from outside | | | | |
| | Functions | RS-232C option unit (MR-C-T01), communication cable, setup software | | | | |
| Structure | | Status display, diagnostic display, alarm display, parameter setting, operation waveform monitor | | | | |
| Environment conditions | | Open | | | | |
| Weight | | Refer to Section 4 - 1 (1). | | | | |
| | [kg] | 0.6 | 1.0 | 0.6 | | |
| | [lb] | 1.32 | 2.20 | 1.32 | | |

|  | ใบเนื้อหา | 6 |
|--|--|--|
| ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกลขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าและระบบเซอร์โว Electrical Drive and Servo system | | |
| ชื่อการทดลอง: การเขียนโปรแกรมควบคุมการ zero return | | |
| <p>ตำแหน่งอ้างอิงที่ถูกบันทึกลงไป PLC ในครั้งแรกของการทำงาน เพื่อใช้ในการแสดงตำแหน่งการเคลื่อนที่ปัจจุบันในแบบ Absolute positioning ซึ่งจะถูกอ้างอิงจากตำแหน่งการเคลื่อนที่บนเครื่องจักร โดยเรียกตำแหน่งอ้างอิงนี้ว่า Mechanical Zero point การบอกให้ PLC รู้จักรตำแหน่งอ้างอิงดังกล่าวจะทำตอนเริ่มต้นการทำงานโดยกดปุ่ม ZRN ที่ control panel นั้นเอง แต่การควบคุมเกี่ยวกับการ Zero return สามารถทำได้โดยควบคุมผ่านทางโปรแกรมซึ่งจะได้กล่าวถึงในการประลองนี้</p> | | |
| 1. คำสั่งที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมการ Zero return โดยโปรแกรม | | |
| Function | Symbol | Description |
| Mechanical zero return | Return 0  | Cod28 ; DRVZ การทำงานผลจะเหมือนกับการกดปุ่ม ZRN ที่ Control panel |
| Special auxiliary relays (sM) แสดงสถานะของการ Zero return | M9057 | ใช้คำสั่ง LD เพื่อตรวจสอบสถานะของ special auxiliary relays (sM) M9057 ว่ามีการ Zero return ไปแล้วหรือยัง |
| Electrical zero point setting |  | Cod29 ; SETR ตำแหน่งปัจจุบันจะถูกกำหนดให้เป็น Electrical zero point (ถูกเก็บไว้ใน Data register) |
| Electrical zero return |  | Cod30 ; DRVR คำสั่งในการเคลื่อนที่ไปยัง Electrical zero point ด้วยความเร็วสูงที่ Maximum speed |

2. การใช้งานคำสั่ง

2.1. ตัวอย่างโปรแกรมสำหรับการประยุกต์ใช้งาน



Flow-chart แสดงการทำงาน

คำอธิบายเกี่ยวกับขั้นตอนการทำงาน

| Step | Description |
|------|--|
| 0 | Initial step: - อยู่ ณ. ตำแหน่งใดๆ และยังไม่ได้ Zero return - กระจกเลื่อนขึ้นสุด |
| 1 | Start Program เริ่ม การทำงานของโปรแกรม (กดปุ่ม start) ตรวจสอบการ Zero return ถ้ายังไม่ได้ mechanical zero return ให้ทำการ Zero return ก่อน เรียบร้อยแล้วจึงทำงานในขั้นตอนถัดไป |
| 2 | หยิบชิ้นงาน เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่ง A ที่ 10 cm. เข้าจับชิ้นงานเพื่อย้ายไปยังตำแหน่ง B |
| 3 | วางชิ้นงาน เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่ง B ที่ 30 cm. วางชิ้นงานลง |
| 4 | สิ้นสุดการทำงาน -เคลื่อนที่กลับไปยัง Electrical Zero point จบการทำงาน |

รายละเอียดขั้นตอนการ Zero return

Zero return

- เคลื่อนที่ไปยัง Mechanical zero point โดย กำหนดให้ Mechanical zero point address = - 6.5 cm.
- สั่งให้เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ 0 cm.(Absolute) แล้วกำหนดให้ตำแหน่งนี้เป็น electrical zero

รายละเอียดขั้นตอนการจับชิ้นงาน

Operation; จับชิ้นงาน

- เลื่อนหัวจับสุญญากาศที่มี หัว Photo sensor ติดอยู่ เข้าหาชิ้นงาน หน่วงเวลา 1 วินาที ก่อนการตรวจสอบชิ้นงาน
- Photo sensor ตรวจสอบชิ้นงาน
ถ้ามีชิ้นงานอยู่
หัวจับสุญญากาศจับชิ้นงาน หน่วงเวลาการทำงาน 2 วินาที ก่อนยกชิ้นงานขึ้น
ถ้าไม่มีชิ้นงาน
ก้านสูบเลื่อนหัวจับสุญญากาศขึ้น

รายละเอียดขั้นตอนการวางชิ้นงาน

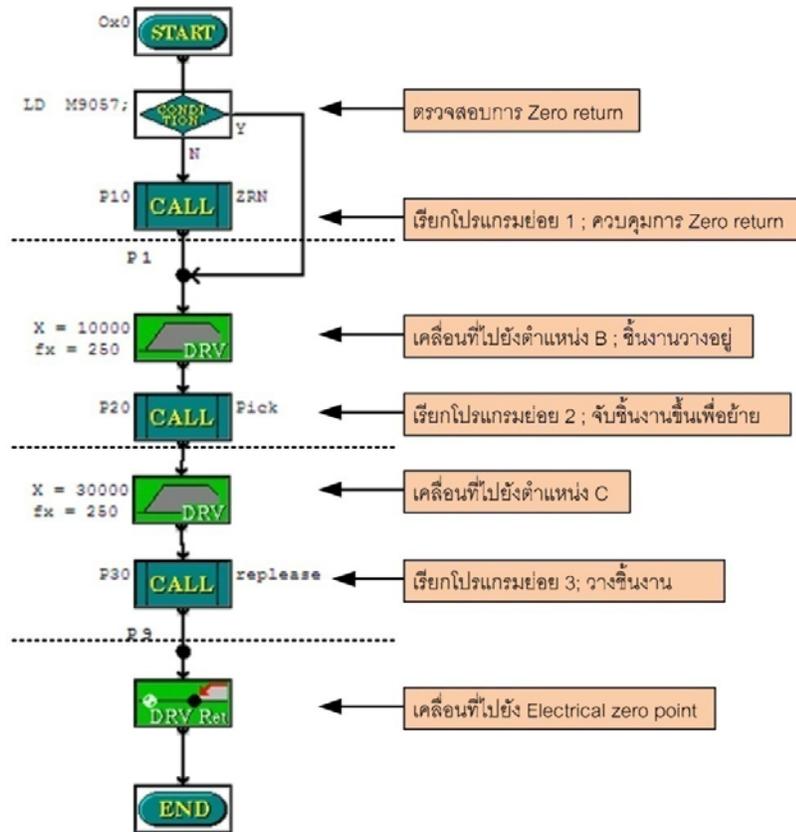
Operation; วางชิ้นงาน

- นำชิ้นงานวางลง
- หัวจับสุญญากาศหยุดทำงานเพื่อปล่อยชิ้นงาน หน่วงเวลาก่อนยกขึ้น 1 วินาที

2.2. Program Flow-chart

จากตัวอย่างการทำงาน ได้แบ่งเขียนเป็นโปรแกรมย่อย (Program subroutine) ได้แก่

- 1 ควบคุมการ Zero return
- 2 ควบคุมการเข้าหยิบชิ้นงานเพื่อเคลื่อนย้าย
- 3 ควบคุมการวางชิ้นงาน



Program flow-chart (Main program)

สำหรับ Main Program ได้แบ่งส่วนการทำงานด้วยกัน 3 ส่วน หลักๆ

1. การตรวจสอบการ Mechanical zero return

ในครั้งแรกหลังจากจ่ายไฟฟ้ากับ PLC ซึ่งแสดงสถานะการทำงานด้วย Special Relay M9057 หากยังไม่ได้ทำการ Zero return ก็จะใช้โปรแกรมย่อยที่ทำหน้าที่ควบคุมการ Zero return ที่ Pointer number 10

2. ควบคุมการเคลื่อนย้ายชิ้นงาน

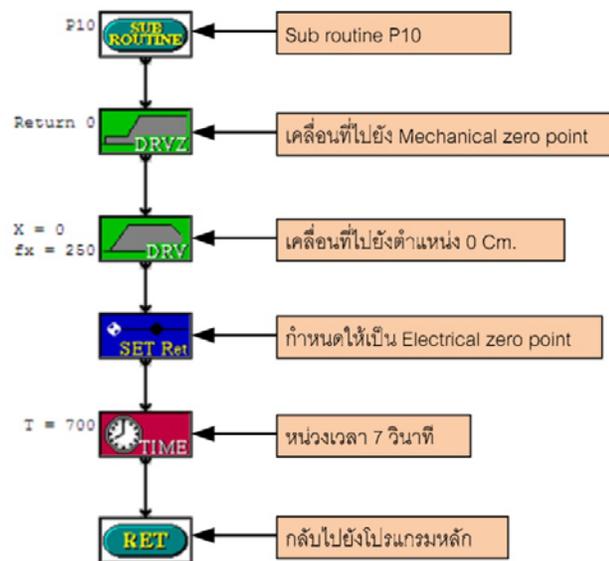
2.1. ควบคุมการเข้าหยิบชิ้นงาน

จะทำการเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่ง B จากนั้นจะเรียกโปรแกรมย่อยที่ Pointer No.20 เพื่อควบคุมการจับชิ้นงาน

2.2. ควบคุมการวางชิ้นงาน โดยเรียกโปรแกรมย่อย Pointer No. 30

3. เคลื่อนกลับไปยัง Electrical zero point

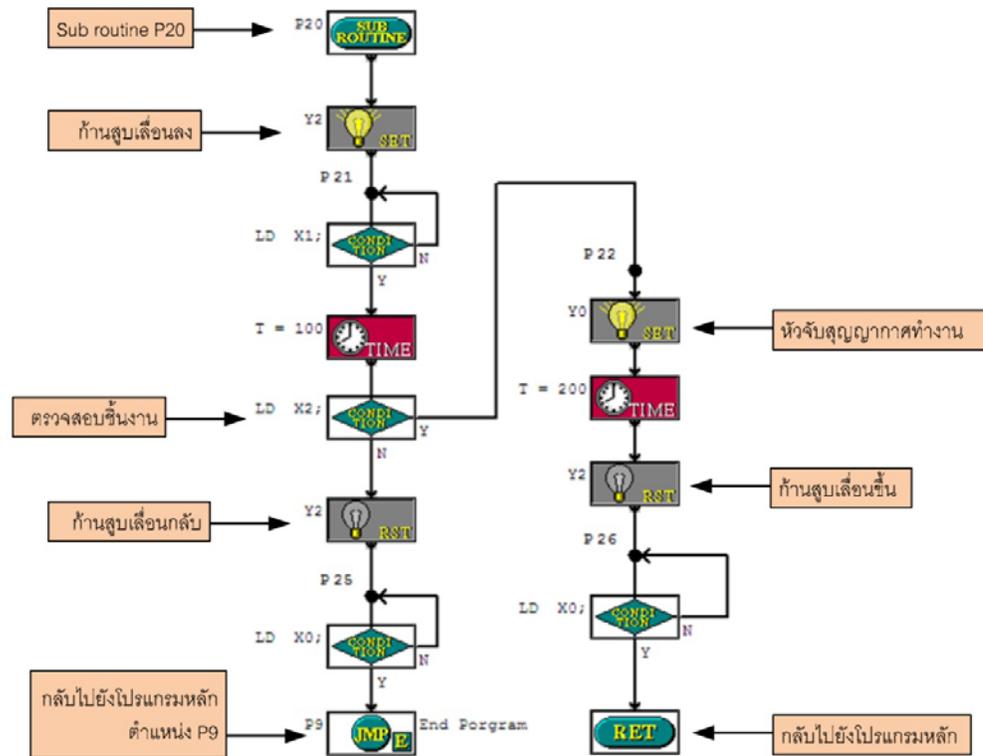
โปรแกรมย่อยการควบคุมการ Mechanical zero return



Program sub-routine; ควบคุมการ Mechanical zero return

จะควบคุมให้เคลื่อนที่ไปยัง Mechanical Zero point จากนั้นจะเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่ง 0 cm แล้วกำหนดให้ตำแหน่งนี้เป็น Electrical zero point

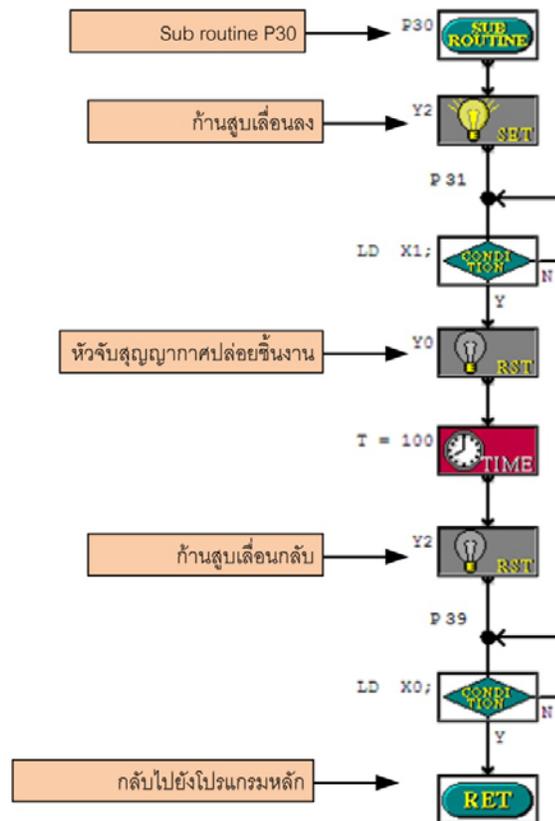
โปรแกรมย่อยการควบคุมการเข้าจับชิ้นงาน



Program sub-routine; ควบคุมการเข้าจับชิ้นงาน

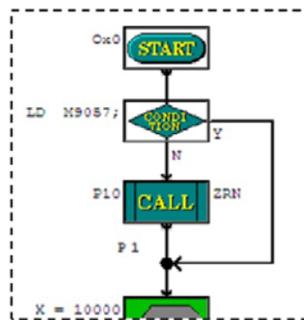
ก้านสูบจะเลื่อนหัวจับสูญญากาศและหัว Photo sensor เข้าหาชิ้นงาน จากนั้นจะทำงานตรวจสอบ หากไม่พบชิ้นงานก็จะกลับไปยัง Main Program ที่ Pointer No. 9 เพื่อกลับไปยัง Electrical zero return ทันที แต่หากพบชิ้นงาน หัวจับสูญญากาศก็จะทำงาน จากนั้นจะยกชิ้นงานขึ้น แล้วกลับไป Main Program เพื่อเคลื่อนที่ไปยังจุด C

โปรแกรมย่อยการควบคุมการวางชิ้นงาน



Program sub-routine; ควบคุมการวางชิ้นงาน

3. การใช้งานคำสั่งที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมการ Zero return

3.1. การใช้งาน **Special Relay M9057** เพื่อตรวจสอบสถานะของการ Mechanical Zero return ใน Main program

การตรวจสอบสถานะของ M9057 ใน Main Program

ขั้นตอนการเขียนโปรแกรม Flow-chart

1. เลือกคำสั่งจาก Flow-tab



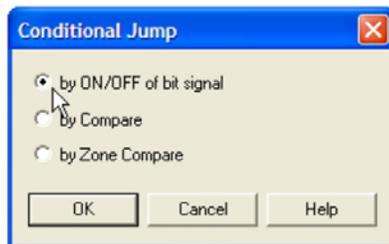
Flow-tab

เลือก Icon symbol condition



2. กำหนดเงื่อนไขการทำงาน

Double click บน Icon symbol ในหน้าต่าง Flow-chart

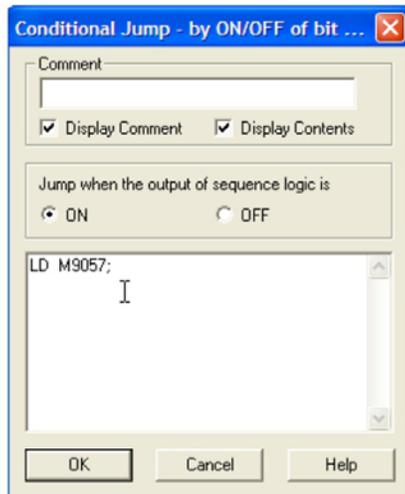


เลือก



จะเป็นการเลือก FNC00 CJ condition jump

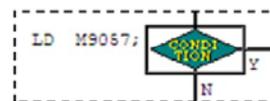
หน้าต่างเลือกรูปแบบของเงื่อนไขการทำงาน



กำหนดเงื่อนไขการทำงานของ **FNC00 CJ** ; conditions jump

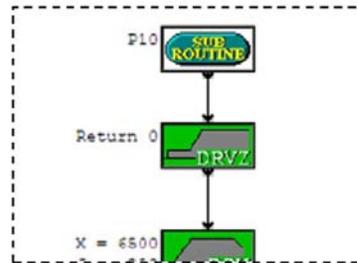
- Jump when the output of sequence logic is **"ON"**
- Sequence formula edit box ; **LD M9057**

เมื่อกำหนดเงื่อนไขเสร็จจะได้ Icon symbol ในหน้าต่าง Flow-chart เป็น



3.2. การใช้งานคำสั่ง DRVZ เพื่อเคลื่อนที่ไปยัง Mechanical Zero point

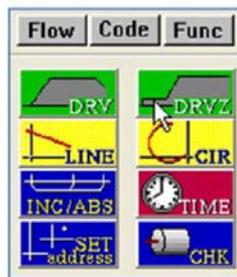
Cod28 DRVZ; mechanical zero return



การใช้คำสั่งควบคุมการเคลื่อนที่ไปยัง Zero point

ขั้นตอนการเขียนโปรแกรม Flow-chart

เลือกคำสั่งจาก Code-tab

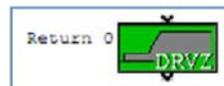


Code-tab

เลือก Icon symbol cod28 DRVZ



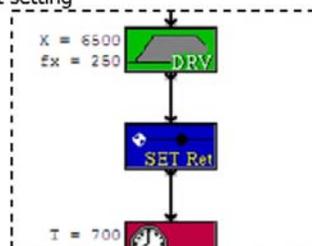
ไม่ต้องทำการกำหนดค่า Parameter ใดๆ ให้กับคำสั่ง DRVZ



Double click บน Icon symbol ในหน้าต่าง flow-chart

3.3. การใช้งานคำสั่ง electrical zero point setting เพื่อกำหนดตำแหน่งปัจจุบันให้เป็น

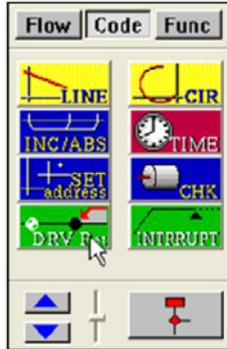
Cod29 SETR; electrical zero point setting



การกำหนดให้ตำแหน่งปัจจุบันเป็น Electrical zero point

ขั้นตอนการเขียนโปรแกรม Flow-chart

1. เลือกคำสั่งจาก **Code-tab**

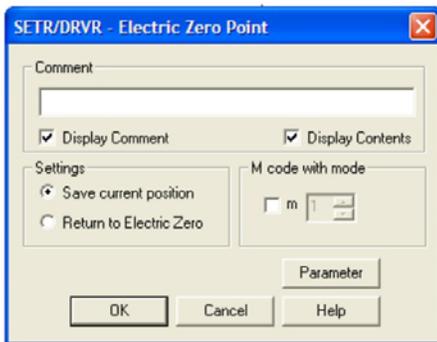


เลือก Icon symbol SETR/DRVR-Electric zero point

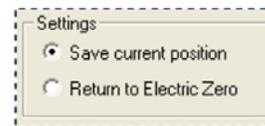


2. เลือกคำสั่ง **SETR**

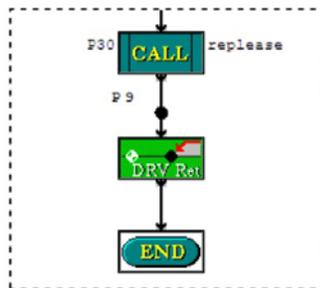
Double click บน Icon symbol ในหน้าต่างต่าง Flow-chart



เลือกคำสั่ง Cod29 SETR; electrical zero point setting



3.4. การใช้งานคำสั่ง **electrical zero return** เพื่อสั่งให้เคลื่อนที่ไปยัง electrical zero point
Cod30 DRVR; electrical zero return



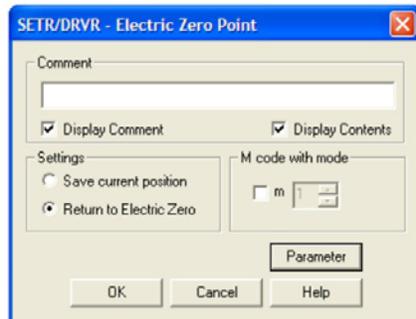
ควบคุมให้เคลื่อนที่ไปยัง Electrical zero point

ขั้นตอนการเขียนโปรแกรม **Flow-chart**

เลือกคำสั่งจาก Code-tab

จาก Icon symbol SETR/DRVR-Electric zero point

Double click บน Icon symbol ในหน้าต่าง Flow-chart



เลือกคำสั่ง Cod30 DRVR; electrical zero return



|  | ใบประลอง | 6 | | | | | | |
|---|--|----------|---------------|-------|-------------------|-------------|------------------------------------|--------|
| | ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกลขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าและระบบเซอร์โว Electrical Drive and Servo system ชื่อการทดลอง: การเขียนโปรแกรมควบคุมการ zero return เวลา <u>20</u> นาที | | | | | | | |
| <p>คำชี้แจง การปฏิบัติการทดลองนี้ เป็นการใช้คำสั่งที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมการ Zero return และเขียนโปรแกรม</p> <p>วัตถุประสงค์ เขียนโปรแกรมควบคุมการ Zero return ได้</p> <p>เครื่องมือ-อุปกรณ์</p> <ol style="list-style-type: none"> ชุดประลองการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ <ul style="list-style-type: none"> เครื่องจักร(เครื่องทดลอง)-Servo motor station ชุดควบคุม-Control unit Computer PC Programming software FX-VPS/win Data link (FX-232-1 communication cable) <p>คำสั่ง ให้เขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่องด้วย Programming software FX-VPS/win ทดสอบการทำงานบนเครื่องจักร พร้อมบันทึกค่าต่างๆ ที่ได้ ตามรายการในตารางบันทึกผล</p> <p style="text-align: center;">ขั้นตอนการฝึกปฏิบัติประลองการเขียนโปรแกรม</p> <ol style="list-style-type: none"> สร้างโปรแกรมใหม่ บันทึกแล้วตั้งชื่อ Lab218.vps ตรวจสอบและกำหนดค่า Parameter <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Parameter no.</th> <th>value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>4 (Maximum speed)</td> <td>500 cm/min.</td> </tr> <tr> <td>16 (Mechanical zero point address)</td> <td>-6,000</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">สำหรับค่าอื่นกำหนดตามตาราง</p> กำหนด I/O ของ PLC กับอุปกรณ์ เขียน Program บนหน้าต่าง Flow Chart เขียนข้อมูลลง Positioning unit | | | Parameter no. | value | 4 (Maximum speed) | 500 cm/min. | 16 (Mechanical zero point address) | -6,000 |
| Parameter no. | value | | | | | | | |
| 4 (Maximum speed) | 500 cm/min. | | | | | | | |
| 16 (Mechanical zero point address) | -6,000 | | | | | | | |

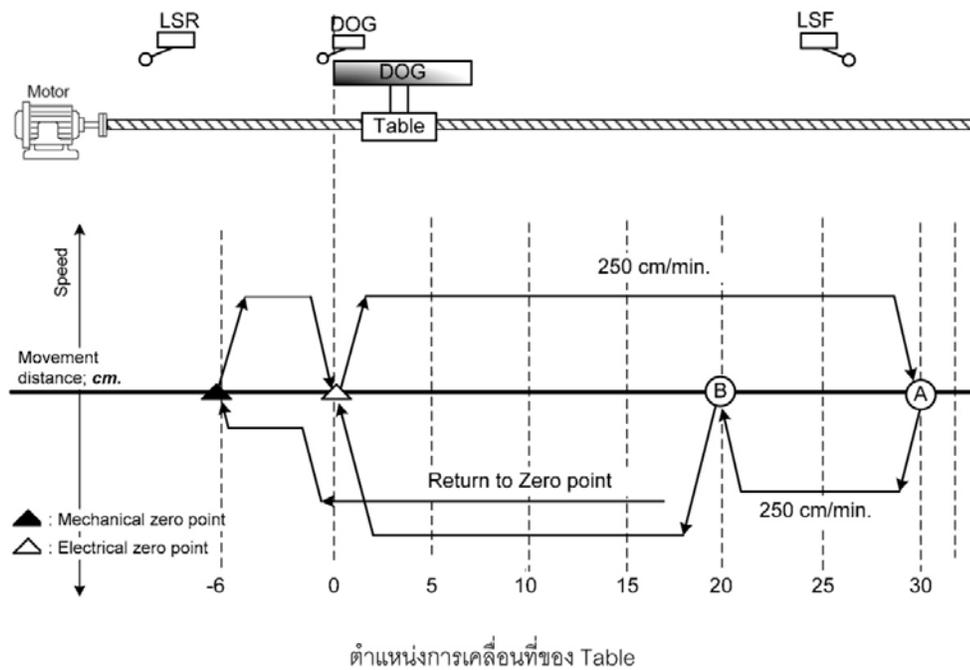
6. Zero return เครื่อง และ set Zero point ของเครื่องมือวัดตำแหน่ง (กดหมายเลข [1] ที่ keyboard ของเครื่องมือวัด)

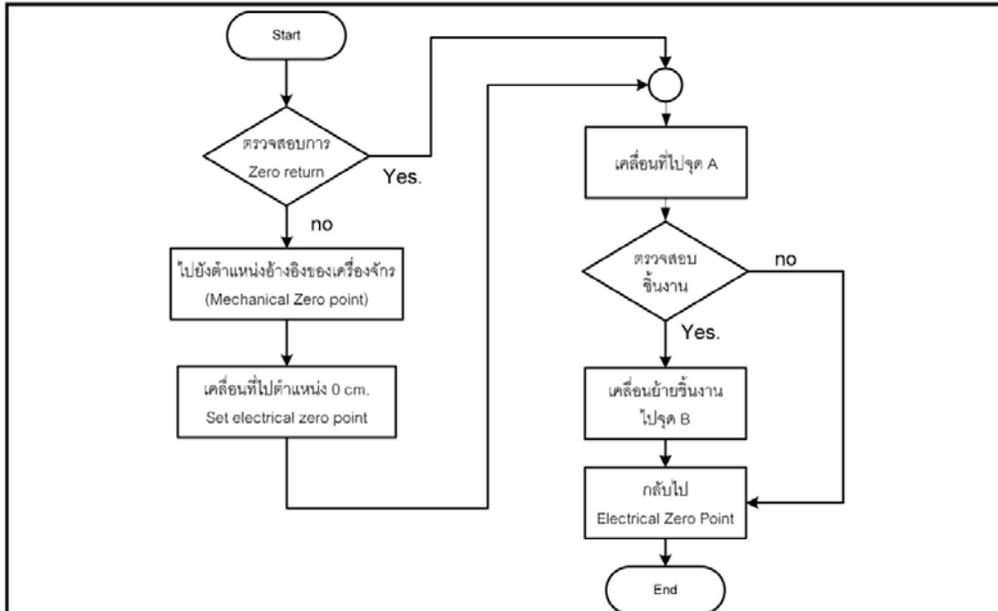


เพื่อให้สะดวกในการอ่านตำแหน่งจากเครื่องมือวัด ควร set zero point ที่ตำแหน่ง Electrical zero สำหรับในการทดลองนี้จะห่างจาก mechanical zero point 6 cm.

7. ทำการทดสอบ Run Program และบันทึกค่าที่ได้ตามรายการในตารางบันทึกผลการทดลอง

ขั้นตอนการทำงานของเครื่องจักรสำหรับการปฏิบัติการเขียนโปรแกรม





Flow-chart แสดงการทำงาน

คำอธิบายเกี่ยวกับขั้นตอนการทำงาน

| Step | Description |
|------|---|
| 0 | Initial step: - อยู่ ณ. ตำแหน่งใดๆ และยังไม่ได้ Zero return - กระจกเคลื่อนขึ้นสุด |
| 1 | Start Program เริ่ม การทำงานของโปรแกรม (กดปุ่ม start) ตรวจสอบการ Zero return ถ้ายังไม่ได้ mechanical zero return ให้ทำการ Zero return ก่อน เรียบร้อยแล้วจึงทำงานในขั้นตอนถัดไป |
| 2 | หยิบชิ้นงาน เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่ง A ที่ 30 cm. เข้าจับชิ้นงานเพื่อย้ายไปยังตำแหน่ง B |
| 3 | วางชิ้นงาน เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่ง B ที่ 10 cm. วางชิ้นงานลง |
| 4 | สิ้นสุดการทำงาน -เคลื่อนที่กลับไปยัง Electrical Zero point จบการทำงาน |

รายละเอียดขั้นตอนการ Zero return

Zero return

- เคลื่อนที่ไปยัง Mechanical zero point
- เคลื่อนไปยังตำแหน่งที่ 6 cm.(Absolute) แล้วกำหนดให้ตำแหน่งนี้เป็น electrical zero

รายละเอียดขั้นตอนการจับชิ้นงาน

Operation; จับชิ้นงาน

- เลื่อนหัวจับสุญญากาศที่มี หัว Photo sensor ติดอยู่ เข้าหาชิ้นงาน หน่วงเวลา 1 วินาที ก่อนการตรวจสอบชิ้นงาน
- Photo sensor ตรวจสอบชิ้นงาน

ถ้ามีชิ้นงานอยู่

หัวจับสุญญากาศจับชิ้นงาน หน่วงเวลาการทำงาน 2 วินาที ก่อนยกชิ้นงานขึ้น

ถ้าไม่มีชิ้นงาน

ก้านสูบเลื่อนหัวจับสุญญากาศขึ้น

รายละเอียดขั้นตอนการวางชิ้นงาน

Operation; วางชิ้นงาน

- นำชิ้นงานวางลง
- หัวจับสุญญากาศหยุดทำงานเพื่อปล่อยชิ้นงาน หน่วงเวลาก่อนยกขึ้น 1 วินาที



ในใบประกอบ จะแก้ไขเฉพาะ Main program และการควบคุมการ zero return สำหรับโปรแกรมย่อยจะเหมือนเดิม

Main Program; จะเปลี่ยนตำแหน่งของชิ้นงาน A=30 cm. และตำแหน่งเป้าหมายที่จะเอาชิ้นงานไปวาง B=10 cm.

zero return ; จะเปลี่ยนตำแหน่งของ mechanical zero point address เป็น -6000 เพื่อให้ electrical zero point เข้ามาใกล้ๆ กับ Dog switch ออกจากตัวอย่างในใบเนื้อหาประมาณ 5 mm. โดยกำหนดค่า *Parameter No.16*

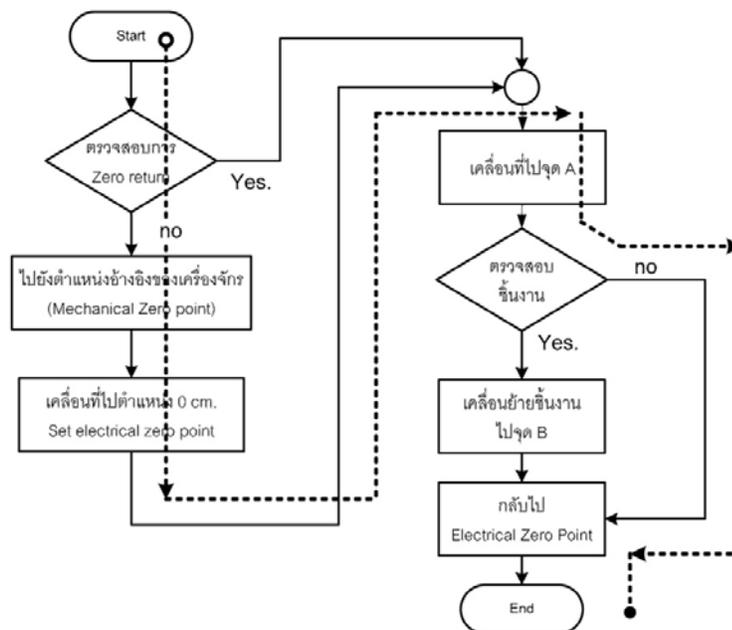
คำชี้แจง

การทดสอบและบันทึกผลการทำงานของโปรแกรม จะสังเกตและบันทึกผลการทำงานของ 3 คำสั่งด้วยกันคือ

1. การ zero return จากสถานะของ Special auxiliary relay M9057
2. การทำงานของคำสั่ง DRVZ(Mechanical zero return)
3. การทำงานของคำสั่ง DRVR(Electrical zero return) กับ SETR(Electrical zero point)

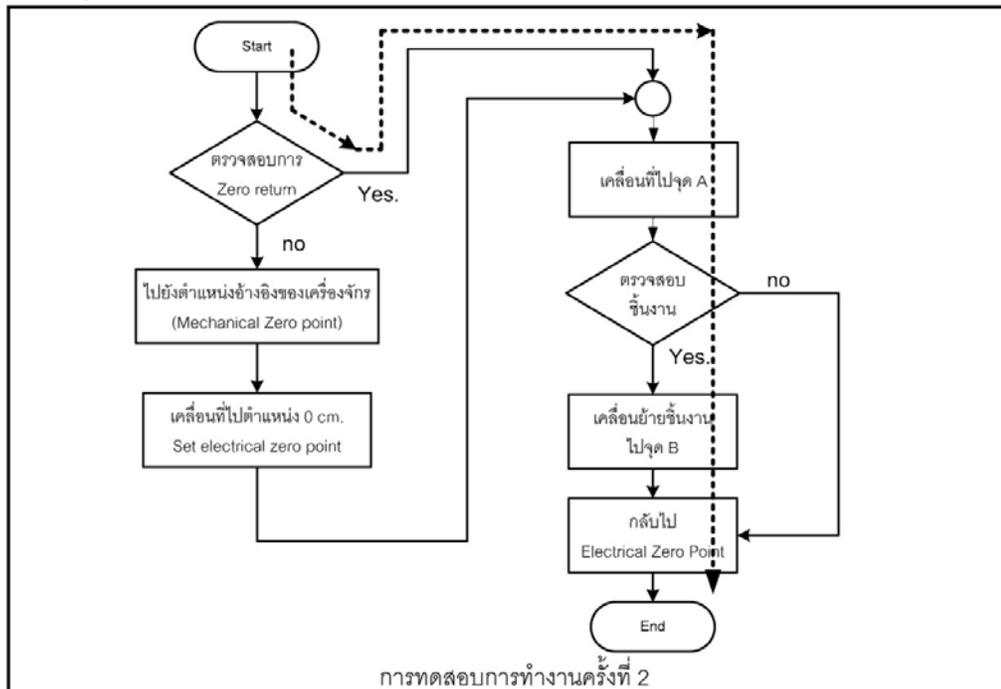
การทดสอบการทำงานจะทำ 2 ครั้งด้วยกันคือ

ครั้งที่ 1 เมื่อโปรแกรมทำงานในครั้งแรกหลังจากจ่ายไฟให้กับ PLC ซึ่ง M9057 = "0" ซึ่งตามเงื่อนไขจะต้อง zero return จากนั้นจะเคลื่อนไปหยุดชิ้นงานที่ตำแหน่ง A เพื่อย้ายไป B แต่กำหนดให้ที่ตำแหน่ง A ไม่มีชิ้นงาน ดังนั้น table จะเคลื่อนที่ไปยัง electrical zero point ด้วยคำสั่ง DRVR เป็นการจบการทำงาน



การทดสอบการทำงานครั้งที่ 1

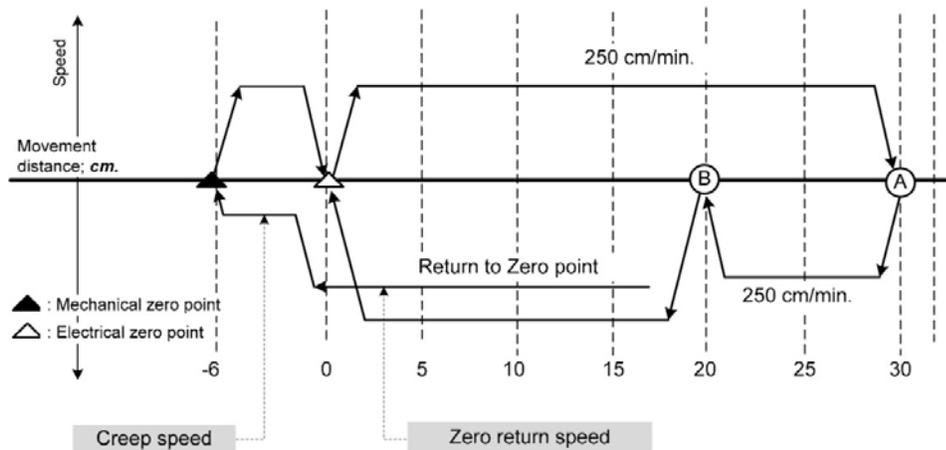
ครั้งที่ 2 โปรแกรมจะทำงานในรอบที่ 2 หลังจาก zero return ไปแล้ว (ไม่มีการตัดแหล่งจ่ายไฟให้กับ PLC) ครั้งนี้จะมีชิ้นงานวางอยู่ในตำแหน่ง A



ทดสอบการทำงานของโปรแกรมครั้งที่ 1

ขั้นตอนการปฏิบัติการทดสอบการทำงาน

1. ปิด switch ไฟเลี้ยง PLC แล้วเปิดใหม่ เพื่อ reset M9057 และ Data register อื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง
2. ก่อนเริ่มการทำงานของโปรแกรม เลื่อน Table ไปยังตำแหน่ง 30 cm. ของ scale บนเครื่องจักร (เป็นระยะทางพอที่จะอ่านความเร็วได้ทัน)
3. เริ่มการทำงานของโปรแกรม โดยกดปุ่ม START สังเกตการทำงานแล้วบันทึกผล



สังเกตและบันทึกผลการทดสอบการทำงาน

| รายบันทึก | ค่าที่อ่านได้จากการทดสอบการทำงาน |
|-------------------------------|---|
| Zero return ; DRVZ (Auto) | |
| - Zero return speed | _____ cm/min. |
| - Creep speed | _____ cm/min. |
| - Mechanical zero point | บน Scale เครื่อง _____ cm. บนเครื่องมือวัด _____ cm. |
| - Electrical zero point | บน Scale เครื่อง _____ cm. บนเครื่องมือวัด _____ cm. |
| ตำแหน่ง A | บน Scale เครื่อง _____ cm. บนเครื่องมือวัด _____ cm. |
| Electrical zero return : DRVR | |
| - ความเร็ว | _____ cm/min. |
| - ตำแหน่ง | บน Scale เครื่อง _____ cm. บนเครื่องมือวัด _____ cm. |

ทดสอบการทำงานของโปรแกรมครั้งที่ 2

ขั้นตอนการปฏิบัติการทดสอบการทำงาน

1. switch ไฟเลี้ยง PLC ยังคงเปิดอยู่ ไม่ได้ปิดหลังจากทดสอบการทำงานในครั้งที่ 1 ซึ่งจะทำให้สถานะของ M9057 = "1"
2. นำชิ้นงานไปวางในตำแหน่ง A
3. เลื่อน Table ไปยังตำแหน่งที่ 30 บน scale ของเครื่องจักร
4. เริ่มการทำงานของโปรแกรม โดยกดปุ่ม START สังเกตการทำงานแล้วบันทึกผล

สังเกตและบันทึกผลการทดสอบโปรแกรม

| รายบันทึก | ค่าที่อ่านได้จากการทดสอบการทำงาน |
|-------------------------------|---|
| ตำแหน่ง A | บนเครื่องมือวัด _____ cm. |
| ตำแหน่ง B | บนเครื่องมือวัด _____ cm. |
| Electrical zero return : DRVR | |
| - ความเร็ว | _____ cm/min. |
| - ตำแหน่ง | บน Scale เครื่อง _____ cm. บนเครื่องมือวัด _____ cm. |

คำถาม

1. ถ้าต้องการเปลี่ยนความเร็วในการ Zero return แบบ Manual operate หรือกดปุ่ม ZRN ที่ Control panel จะต้องทำการกำหนดค่า parameter ไດ?

ตอบ.....

2. ถ้าต้องการเปลี่ยนความเร็วในการ Zero return ของคำสั่ง DRVZ; Mechanical zero return (Auto) จะต้องทำการกำหนดค่า parameter ไດ?

ตอบ.....

3. Parameter ไດ มีผลต่อ Electrical zero return speed; DRVR

ตอบ.....

|  | ใบผลงานประลอง | 6 | | | | | | |
|---|--|----------|---------------|-------|-------------------|-------------|------------------------------------|-------|
| | ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกลขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าและระบบเซอร์โว Electrical Drive and Servo system ชื่อการทดลอง: การเขียนโปรแกรมควบคุมการ zero return เวลา <u>20</u> นาที | | | | | | | |
| <p>คำชี้แจง การปฏิบัติการทดลองนี้ เป็นการใช้คำสั่งที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมการ Zero return และเขียนโปรแกรม</p> <p>วัตถุประสงค์ การเขียนโปรแกรมควบคุมการ Zero return</p> <p>เครื่องมือ-อุปกรณ์</p> <ol style="list-style-type: none"> ชุดประลองการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ <ul style="list-style-type: none"> เครื่องจักร(เครื่องทดลอง)-Servo motor station ชุดควบคุม-Control unit Computer PC Programming software FX-VPS/win Data link (FX-232-1 communication cable) <p>คำสั่ง ให้เขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่องด้วย Programming software FX-VPS/win ทดสอบการทำงานบนเครื่องจักร พร้อมบันทึกค่าต่างๆ ที่ได้ ตามรายการในตารางบันทึกผล</p> <p style="text-align: center;">ขั้นตอนการฝึกปฏิบัติประลองการเขียนโปรแกรม</p> <ol style="list-style-type: none"> สร้างโปรแกรมใหม่ บันทึกแล้วตั้งชื่อ Lab218.vps ตรวจสอบและกำหนดค่า Parameter <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Parameter no.</th> <th>value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>4 (Maximum speed)</td> <td>500 cm/min.</td> </tr> <tr> <td>16 (Mechanical zero point address)</td> <td>-6000</td> </tr> </tbody> </table> กำหนด I/O ของ PLC กับอุปกรณ์ เขียน Program บนหน้าต่าง Flow Chart เขียนข้อมูลลง Positioning unit | | | Parameter no. | value | 4 (Maximum speed) | 500 cm/min. | 16 (Mechanical zero point address) | -6000 |
| Parameter no. | value | | | | | | | |
| 4 (Maximum speed) | 500 cm/min. | | | | | | | |
| 16 (Mechanical zero point address) | -6000 | | | | | | | |

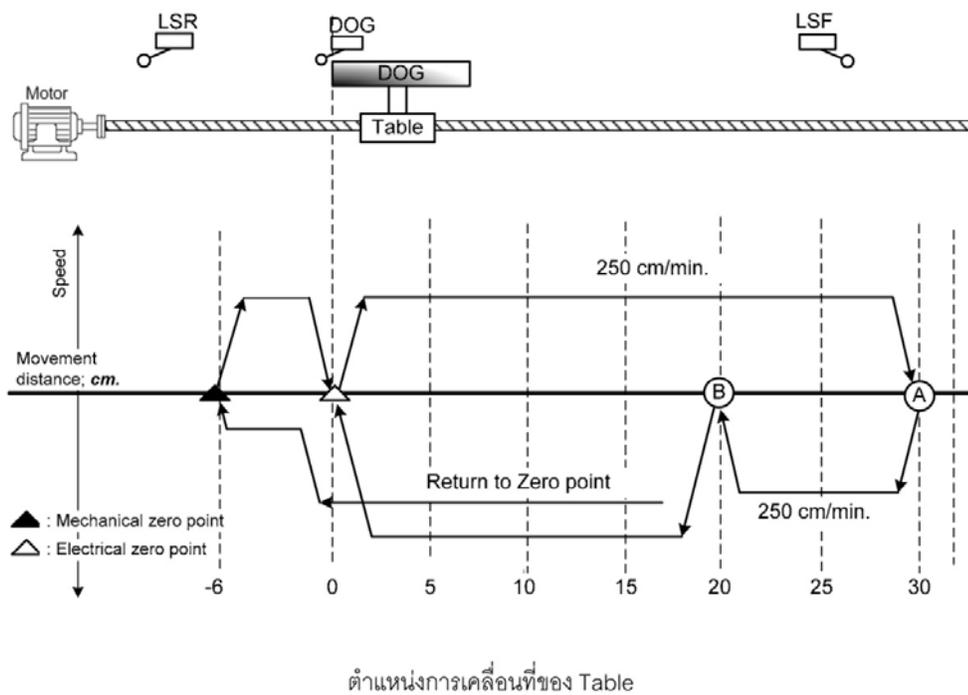
6. Zero return เครื่อง และ set Zero point ของเครื่องมือวัดตำแหน่ง (กดหมายเลข [1] ที่ keyboard ของเครื่องมือวัด)

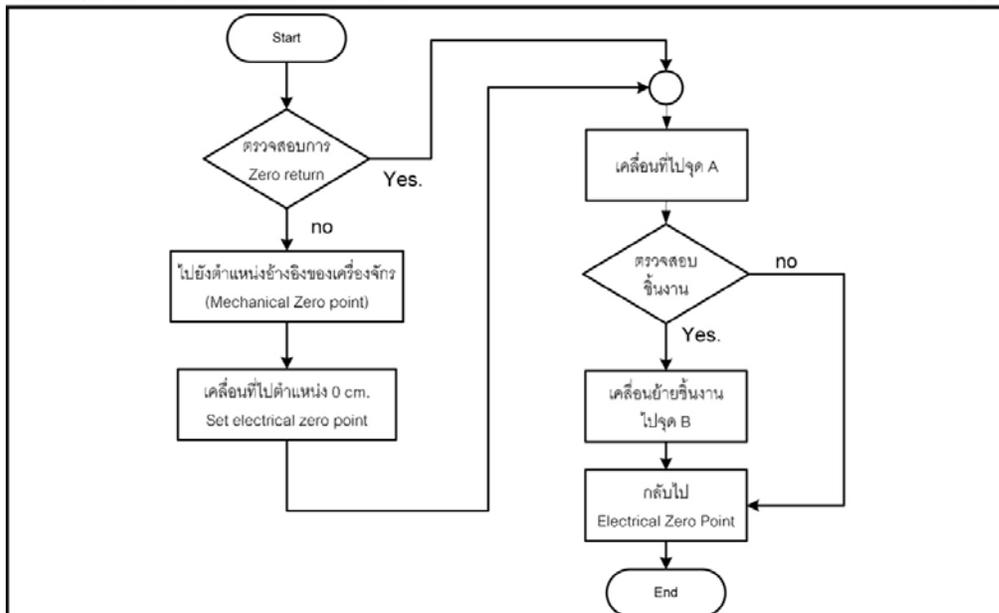


เพื่อให้สะดวกในการอ่านตำแหน่งจากเครื่องมือวัด ควร set zero point ที่ตำแหน่ง Electrical zero สำหรับในการทดลองนี้จะห่างจาก mechanical zero point 6 cm.

7. ทำการทดสอบ Run Program และบันทึกค่าที่ได้ตามรายการในตารางบันทึกผลการทดลอง

ขั้นตอนการทำงานของเครื่องจักรสำหรับการปฏิบัติการเขียนโปรแกรม





Flow-chart แสดงการทำงาน

คำอธิบายเกี่ยวกับขั้นตอนการทำงาน

| Step | Description |
|------|---|
| 0 | Initial step: - อยู่ ณ. ตำแหน่งใดๆ และยังไม่ได้ Zero return - กระจกเคลื่อนขึ้นสุด |
| 1 | Start Program เริ่ม การทำงานของโปรแกรม (กดปุ่ม start) ตรวจสอบการ Zero return ถ้ายังไม่ได้ mechanical zero return ให้ทำการ Zero return ก่อน เรียบร้อยแล้วจึงทำงานในขั้นตอนถัดไป |
| 2 | หยิบชิ้นงาน เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่ง A ที่ 30 cm. เข้าจับชิ้นงานเพื่อย้ายไปยังตำแหน่ง B |
| 3 | วางชิ้นงาน เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่ง B ที่ 10 cm. วางชิ้นงานลง |
| 4 | สิ้นสุดการทำงาน -เคลื่อนที่กลับไปยัง Electrical Zero point จบการทำงาน |

รายละเอียดขั้นตอนการ Zero return

Zero return

- เคลื่อนที่ไปยัง Mechanical zero point
- เคลื่อนไปยังตำแหน่งที่ 6 cm.(Absolute) แล้วกำหนดให้ตำแหน่งนี้เป็น electrical zero

รายละเอียดขั้นตอนการจับชิ้นงาน

Operation; จับชิ้นงาน

- เลื่อนหัวจับสุญญากาศที่มี หัว Photo sensor ติดอยู่ เข้าหาชิ้นงาน หน่วงเวลา 1 วินาที ก่อนการตรวจสอบชิ้นงาน
- Photo sensor ตรวจสอบชิ้นงาน

ถ้ามีชิ้นงานอยู่

หัวจับสุญญากาศจับชิ้นงาน หน่วงเวลาการทำงาน 2 วินาที ก่อนยกชิ้นงานขึ้น

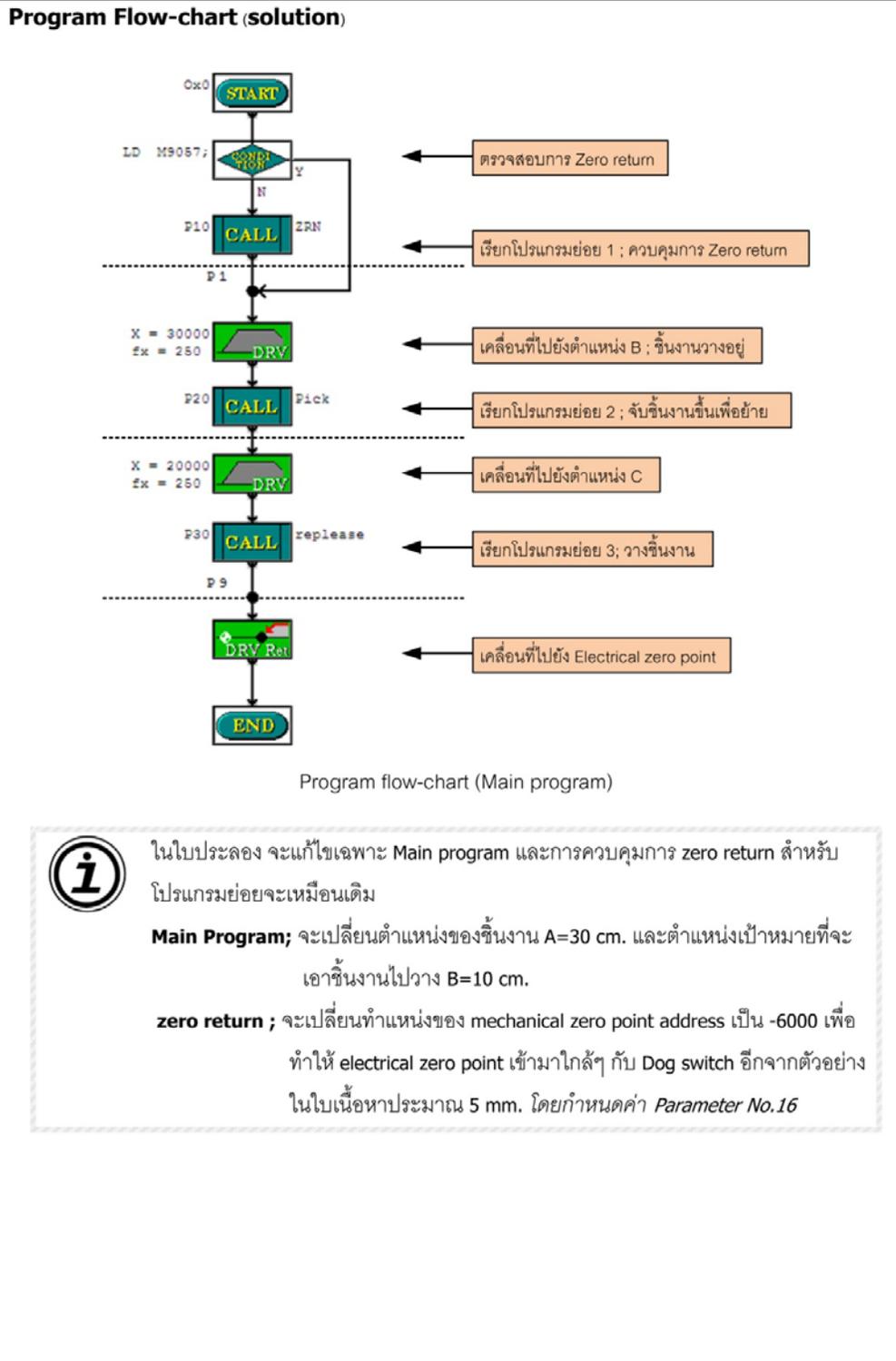
ถ้าไม่มีชิ้นงาน

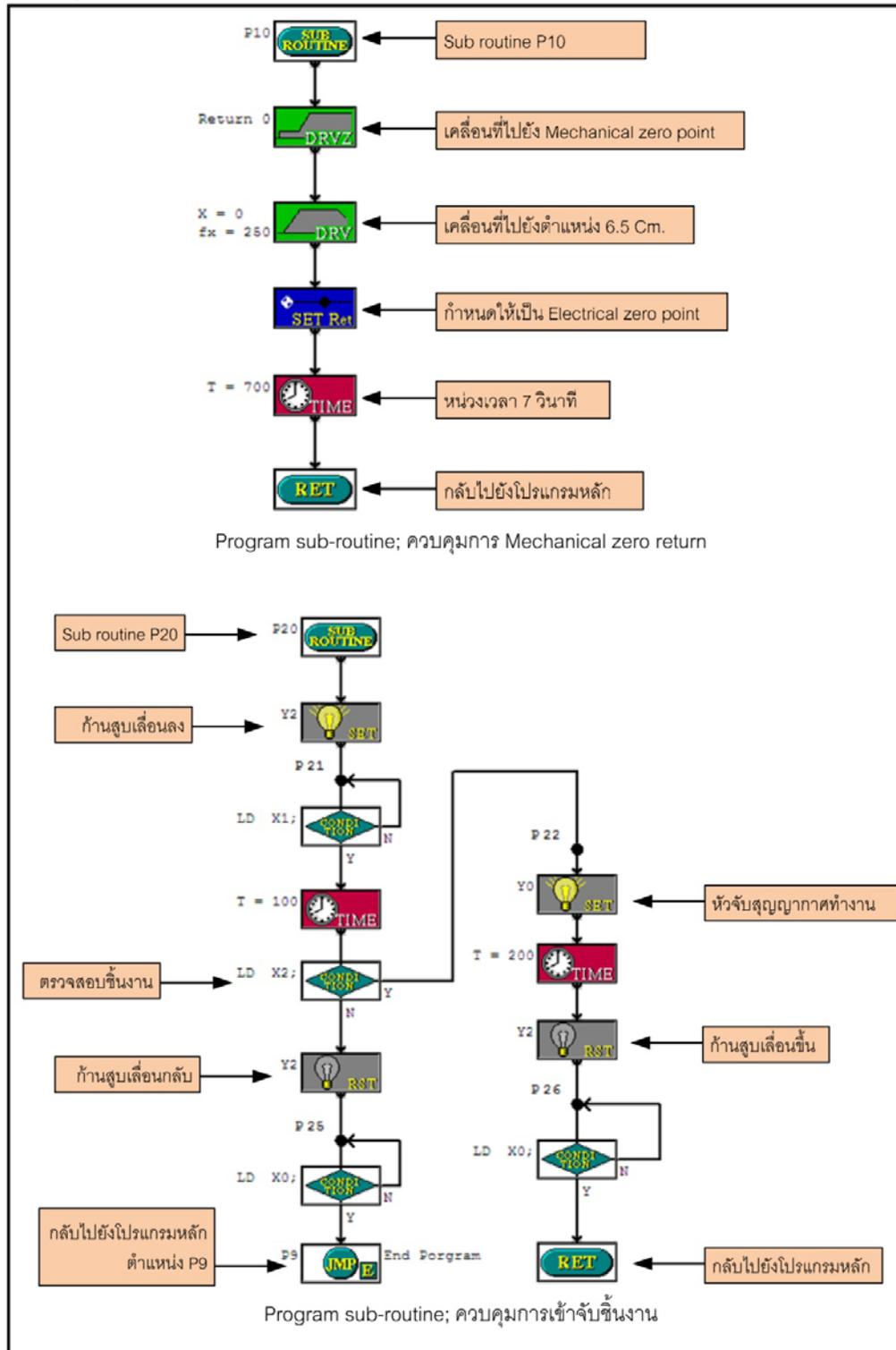
ก้านสูบเลื่อนหัวจับสุญญากาศขึ้น

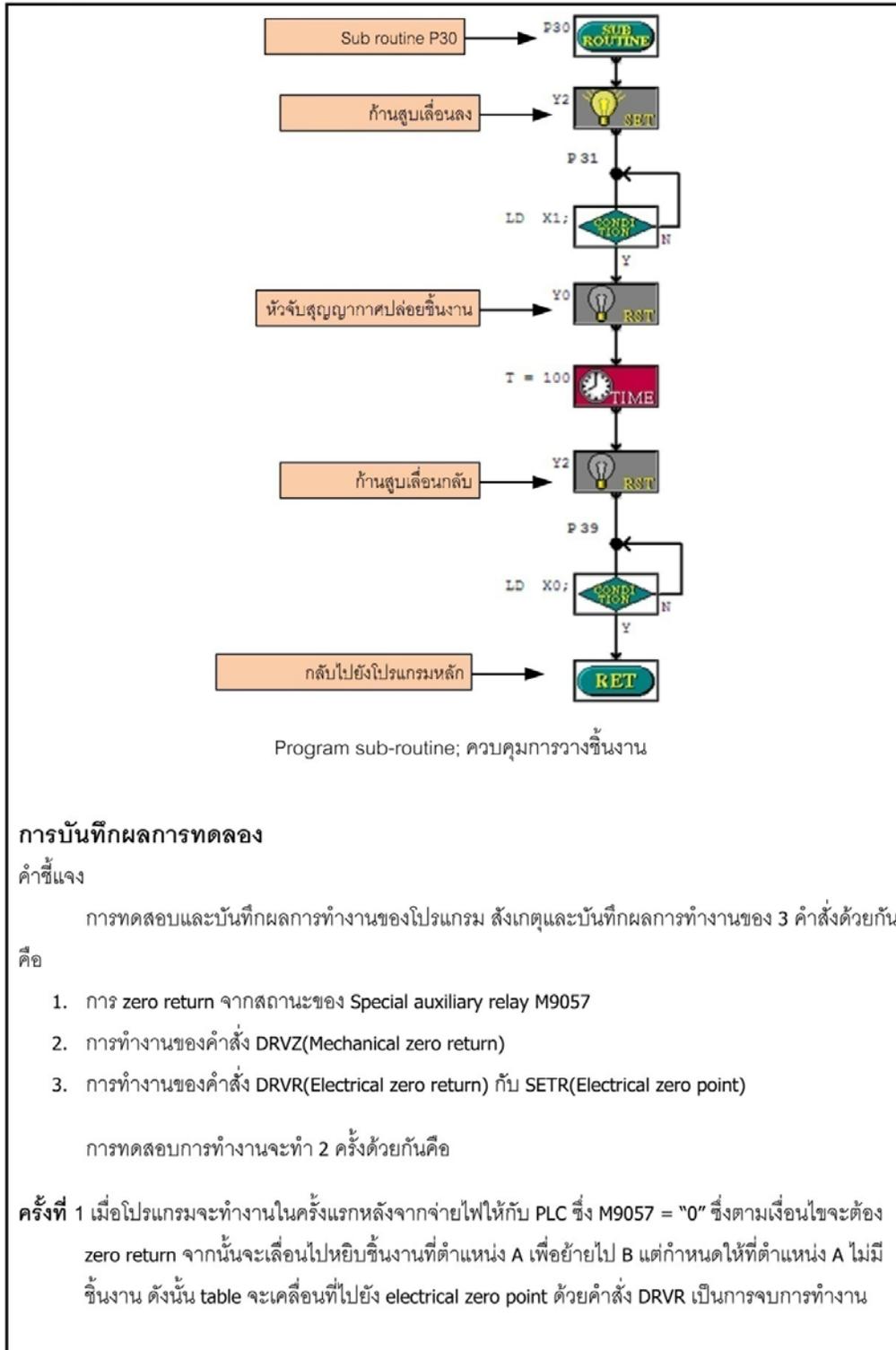
รายละเอียดขั้นตอนการวางชิ้นงาน

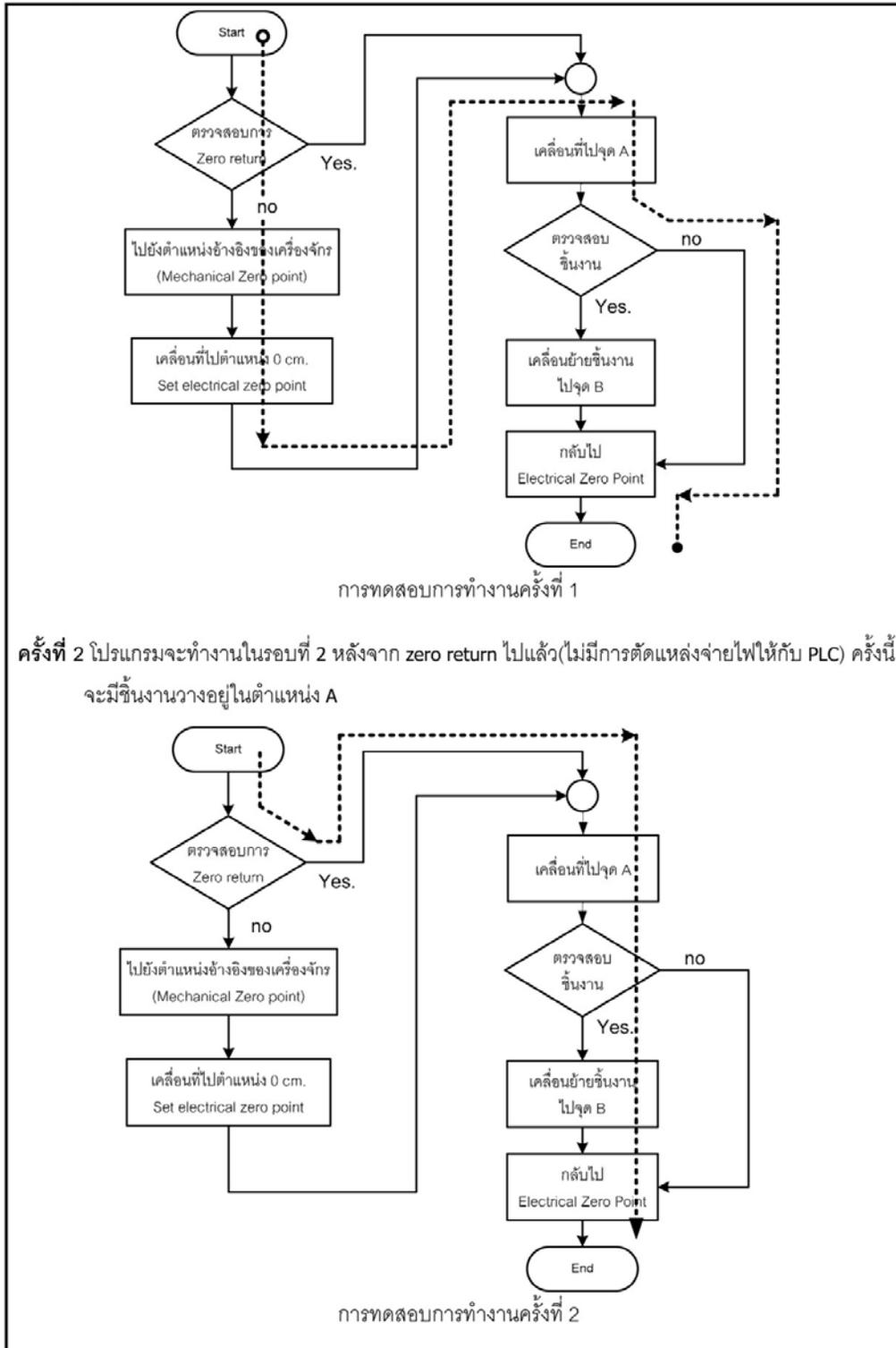
Operation; วางชิ้นงาน

- นำชิ้นงานวางลง
- หัวจับสุญญากาศหยุดทำงานเพื่อปล่อยชิ้นงาน หน่วงเวลาก่อนยกขึ้น 1 วินาที





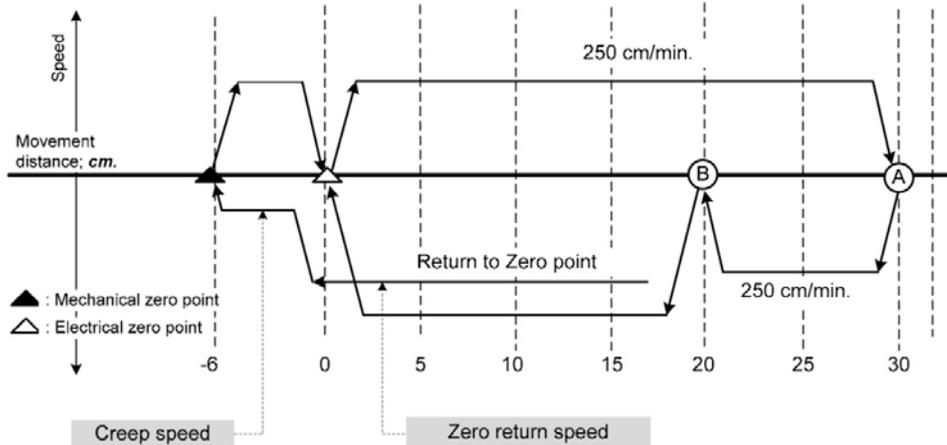




ทดสอบการทำงานของโปรแกรมครั้งที่ 1

ขั้นตอนการปฏิบัติการทดสอบการทำงาน

1. ปิด switch ไฟเลี้ยง PLC แล้วเปิดใหม่ เพื่อ reset M9057 และ Data register อื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง
2. ก่อนเริ่มการทำงานของโปรแกรม เลื่อน Table ไปยังตำแหน่ง 40 cm. ของ scale บนเครื่องจักร (หรือ ระยะทางพอที่จะอ่านความเร็วได้ทัน)
3. เริ่มการทำงานของโปรแกรม โดยกดปุ่ม START สังเกตการทำงานแล้วบันทึกผล



สังเกตและบันทึกผลการทดสอบการทำงาน

| รายบันทึก | ค่าที่อ่านได้จากการทดสอบการทำงาน |
|-------------------------------|---|
| Zero return ; DRVZ (Auto) | |
| - Zero return speed | ___ 95.2 ___ / ___ 106.8 ___ cm/min. |
| - Creep speed | ___ 23.6 ___ / ___ 11.6 ___ cm/min. |
| - Mechanical zero point | บน Scale เครื่อง ___ 10 ___ cm. บนเครื่องมือวัด ___ 6 ___ cm. |
| - Electrical zero point | บน Scale เครื่อง ___ 16 ___ cm. บนเครื่องมือวัด ___ 0 ___ cm. |
| ตำแหน่ง A | บน Scale เครื่อง ___ 46 ___ cm. บนเครื่องมือวัด ___ 30 ___ cm. |
| Electrical zero return : DRVR | |
| - ความเร็ว | ___ 500 ___ cm/min. |
| - ตำแหน่ง | บน Scale เครื่อง ___ 16 ___ cm. บนเครื่องมือวัด ___ 0 ___ cm. |

ทดสอบการทำงานของโปรแกรมครั้งที่ 2

ขั้นตอนการปฏิบัติการทดสอบการทำงาน

1. switch ไฟเลี้ยง PLC ยังคงเปิดอยู่ ไม่ได้ปิดหลังจากทดสอบการทำงานในครั้งที่ 1 ซึ่งจะทำให้สถานะของ M9057 = "1"
2. นำชิ้นงานไปวางในตำแหน่ง A
3. เลื่อน Table ไปยังตำแหน่งที่ 30 บน scale ของเครื่องจักร
4. เริ่มการทำงานของโปรแกรม โดยกดปุ่ม START สังเกตการทำงานแล้วบันทึกผล

สังเกตและบันทึกผลการทดสอบโปรแกรม

| รายบันทึก | ค่าที่อ่านได้ จากการทดสอบการทำงาน |
|-------------------------------|--|
| ตำแหน่ง A | บนเครื่องมือวัด _____ 30 _____ cm. |
| ตำแหน่ง B | บนเครื่องมือวัด _____ 20 _____ cm. |
| Electrical zero return : DRVR | |
| - ความเร็ว | _____ 500 _____ cm/min. |
| - ตำแหน่ง | บน Scale เครื่อง _____ 16 _____ cm. บนเครื่องมือวัด _____ 0 _____ cm. |

คำถาม

1. ถ้าต้องการเปลี่ยนความเร็วในการ Zero return แบบ Manual operate หรือกดปุ่ม ZRN ที่ Control panel จะต้องทำการกำหนดค่า parameter ไต?
ตอบ.....Parameter 13
2. ถ้าต้องการเปลี่ยนความเร็วในการ Zero return ของคำสั่ง DRVZ; Mechanical zero return (Auto) จะต้องทำการกำหนดค่า parameter ไต?
ตอบ.....Parameter 13
3. Parameter ไต มีผลต่อ Electrical zero return speed; DRVR
ตอบ.....Parameter 4

ภาคผนวก ค

รายนามผู้เชี่ยวชาญ

1. อาจารย์ พรจิต ปทุมสุวรรณ

ตำแหน่ง อาจารย์ประจำ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อนุชา หิรัญวัฒน์

ตำแหน่ง ผู้ช่วยผู้อำนวยการฝ่ายพัฒนาเทคโนโลยีและฝึกอบรมศูนย์วิจัยวิทยาศาสตร์และ
เทคโนโลยี และ อาจารย์ประจำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาขนถ่ายวัสดุ
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ไพรัตน์ สติรยากร

ตำแหน่ง อาจารย์ประจำ วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
พระนครเหนือ

4. คุณจิระยุทธ แทนนิล

ตำแหน่ง กรรมการผู้จัดการ บริษัท JFO แมคคาทรอนิกส์ จำกัด

5. คุณพรพจน์ แพศิริ

ตำแหน่ง ผู้จัดการฝ่ายฝึกอบรมและพัฒนาผลิตภัณฑ์ บริษัท AUTODIDACTIC จำกัด

6. คุณชำนาญ หีบพร

ตำแหน่ง ผู้จัดการ knowledge and Learning @ Manager บริษัท FESTO

7. คุณพรชัย อนันต์กิติเลิศ

ตำแหน่ง ผู้จัดการฝ่ายฝึกอบรมและรองผู้จัดการฝ่ายขาย บริษัท F.A. TECH



ที่ ศธ 0525.3(1)/1๒

ภาควิชาครุศาสตร์ศรีสะเกษ
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถ.พิบูลสงคราม บางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

19 มกราคม 2550

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์ตรวจสอบแบบประเมินผลของผู้เชี่ยวชาญ

เรียน อาจารย์ พรจิต ปทุมสุวรรณ

ด้วยนายเสณีย์ เทียนเรียว รหัส 45-2018-006-9 นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์
อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเครื่องกล ภาควิชาครุศาสตร์ศรีสะเกษ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
ได้รับอนุมัติให้จัดทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดทดลอง เรื่องการควบคุมเซอร์โว
มอเตอร์ โดยมีคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ คือ ผศ. ดร.สุราษฎร์ พรหมจันทร์ เป็นประธานกรรมการ
และอาจารย์จรัสศักดิ์ วิตตะ เป็นกรรมการ

ในการนี้ นักศึกษามีความประสงค์ใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่าน โปรดให้ความคิดเห็น
ในแบบประเมินผลของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับชุดทดลอง และขอคำแนะนำ ข้อเสนอแนะ เพื่อประกอบการทำ
วิทยานิพนธ์เรื่องดังกล่าว ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดให้ความอนุเคราะห์ด้วย จักขอบคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(นายจรัสศักดิ์ วิตตะ)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์ศรีสะเกษ

ภาควิชาครุศาสตร์ศรีสะเกษ

โทร. 02-9132500 ต่อ 3207

FAX 02-587-8261



ภาควิชาครุศาสตร์ศรีสะเกษ
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถ.พิบูลสงคราม บางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

ที่ ศธ 0525.3(1)/๑๖

19 มกราคม 2550

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์ตรวจสอบแบบประเมินผลของผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์อนุชา หิรัญวัฒน์

ด้วยนายเสนีย์ เทียนเรียว รหัส 45-2018-006-9 นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์
อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเครื่องกล ภาควิชาครุศาสตร์ศรีสะเกษ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
ได้รับอนุมัติให้จัดทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดทดลอง เรื่องการควบคุมเซอร์โว
มอเตอร์ โดยมีคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ คือ ผศ. ดร.สุราษฎร์ พรหมจันทร์ เป็นประธานกรรมการ
และอาจารย์จรัสศักดิ์ วิตตะ เป็นกรรมการ

ในการนี้ นักศึกษามีความประสงค์ใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่าน โปรดให้ความคิดเห็น
ในแบบประเมินผลของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับชุดทดลอง และขอคำแนะนำ ข้อเสนอแนะ เพื่อประกอบการทำ
วิทยานิพนธ์เรื่องดังกล่าว ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดให้ความอนุเคราะห์ด้วย จักขอบคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(นายจรัสศักดิ์ วิตตะ)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์ศรีสะเกษ

ภาควิชาครุศาสตร์ศรีสะเกษ

โทร. 02-9132500 ต่อ 3207

FAX 02-587-8261



ที่ ศธ 0525.3(1)/1๒

ภาควิชาครุศาสตร์ศรีสะเกษ
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถ.พิบูลสงคราม บางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

19 มกราคม 2550

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์ตรวจสอบแบบประเมินผลของผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ไพรัตน์ สติรยากร

ด้วยนายเสณีย์ เทียนเรียว รหัส 45-2018-006-9 นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์
อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเครื่องกล ภาควิชาครุศาสตร์ศรีสะเกษ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
ได้รับอนุมัติให้จัดทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดทดลอง เรื่องการควบคุมเซอร์โว
มอเตอร์ โดยมีคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ คือ ผศ. ดร.สุราษฎร์ พรหมจันทร์ เป็นประธานกรรมการ
และอาจารย์จรัสศักดิ์ วิตตะ เป็นกรรมการ

ในการนี้ นักศึกษามีความประสงค์ใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่าน โปรดให้ความคิดเห็น
ในแบบประเมินผลของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับชุดทดลอง และขอคำแนะนำ ข้อเสนอแนะ เพื่อประกอบการทำ
วิทยานิพนธ์เรื่องดังกล่าว ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดให้ความอนุเคราะห์ด้วย จักขอบคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(นายจรัสศักดิ์ วิตตะ)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์ศรีสะเกษ

ภาควิชาครุศาสตร์ศรีสะเกษ

โทร. 02-9132500 ต่อ 3207

FAX 02-587-8261



ภาควิชาครุศาสตร์ศรีสะเกษ
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถ.พินุดสงคราม บางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

ที่ ศษ 0525.3(1)/17

19 มกราคม 2550

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์ตรวจสอบแบบประเมินผลของผู้เชี่ยวชาญ

เรียน คุณจิระยุทธ์ แทนนิล

ด้วยนายเสนีย์ เทียนเขียว รหัส 45-2018-006-9 นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์
อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเครื่องกล ภาควิชาครุศาสตร์ศรีสะเกษ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
ได้รับอนุมัติให้จัดทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดทดลอง เรื่องการควบคุมเซอร์โว
มอเตอร์ โดยมีคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ คือ ผศ. ดร.สุราษฎร์ พรหมจันทร์ เป็นประธานกรรมการ
และอาจารย์จรัสศักดิ์ วิตตะ เป็นกรรมการ

ในการนี้ นักศึกษามีความประสงค์ใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่าน โปรดให้ความคิดเห็น
ในแบบประเมินผลของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับชุดทดลอง และขอคำแนะนำ ข้อเสนอแนะ เพื่อประกอบการทำ
วิทยานิพนธ์เรื่องดังกล่าว ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดให้ความอนุเคราะห์ด้วย จักขอบคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(นายจรัสศักดิ์ วิตตะ)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์ศรีสะเกษ

ภาควิชาครุศาสตร์ศรีสะเกษ

โทร. 02-9132500 ต่อ 3207

FAX 02-587-8261



ภาควิชาครุศาสตร์ศรีสะเกษ
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถ.พิบูลสงคราม บางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

ที่ ศธ 0525.3(1)/14

19 มกราคม 2550

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์ตรวจสอบแบบประเมินผลของผู้เชี่ยวชาญ

เรียน คุณพรพจน์ แพศิริ

ด้วยนายเสนีย์ เทียนเขียว รหัส 45-2018-006-9 นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์
อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเครื่องกล ภาควิชาครุศาสตร์ศรีสะเกษ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
ได้รับอนุมัติให้จัดทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดทดลอง เรื่องการควบคุมเซอร์โว
มอเตอร์ โดยมีคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ คือ ผศ.ดร.สุราษฎร์ พรหมจันทร์ เป็นประธานกรรมการ
และอาจารย์จรัสศักดิ์ วิตตะ เป็นกรรมการ

ในการนี้ นักศึกษามีความประสงค์ใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่าน โปรดให้ความคิดเห็น
ในแบบประเมินผลของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับชุดทดลอง และขอคำแนะนำ ข้อเสนอแนะ เพื่อประกอบการทำ
วิทยานิพนธ์เรื่องดังกล่าว ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดให้ความอนุเคราะห์ด้วย จักขอบคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(นายจรัสศักดิ์ วิตตะ)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์ศรีสะเกษ

ภาควิชาครุศาสตร์ศรีสะเกษ

โทร. 02-9132500 ต่อ 3207

FAX 02-587-8261



ภาควิชาครุศาสตร์ศรีสะเกษ
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถ.พิบูลสงคราม บางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

ที่ ศธ 0525.3(1)/๑๑

19 มกราคม 2550

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์ตรวจสอบแบบประเมินผลของผู้เชี่ยวชาญ

เรียน คุณชำนาญ หีบพร

ด้วยนายเสนีย์ เทียนเรียว รหัส 45-2018-006-9 นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์
อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเครื่องกล ภาควิชาครุศาสตร์ศรีสะเกษ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
ได้รับอนุมัติให้จัดทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดทดลอง เรื่องการควบคุมเซอร์โว
มอเตอร์ โดยมีคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ คือ ผศ. ดร.สุราษฎร์ พรหมจันทร์ เป็นประธานกรรมการ
และอาจารย์จรัสศักดิ์ วิตตะ เป็นกรรมการ

ในการนี้ นักศึกษามีความประสงค์ใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่าน โปรดให้ความคิดเห็น
ในแบบประเมินผลของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับชุดทดลอง และขอคำแนะนำ ข้อเสนอแนะ เพื่อประกอบการทำ
วิทยานิพนธ์เรื่องดังกล่าว ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดให้ความอนุเคราะห์ด้วย จักขอบคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(นายจรัสศักดิ์ วิตตะ)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์ศรีสะเกษ

ภาควิชาครุศาสตร์ศรีสะเกษ

โทร. 02-9132500 ต่อ 3207



ที่ ศธ 0525.3(1)/๑๐

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถ.พิบูลสงคราม บางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

19 มกราคม 2550

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์ตรวจสอบแบบประเมินผลของผู้เชี่ยวชาญ

เรียน คุณพรชัย อนันต์กิติเลิศ

ด้วยนายเสนีย์ เทียนเรียว รหัส 45-2018-006-9 นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์
อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเครื่องกล ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
ได้รับอนุมัติให้จัดทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดทดลอง เรื่องการควบคุมเซอร์โว
มอเตอร์ โดยมีคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ คือ ผศ. ดร.สุราษฎร์ พรหมจันทร์ เป็นประธานกรรมการ
และอาจารย์จรัสศักดิ์ วิตตะ เป็นกรรมการ

ในการนี้ นักศึกษามีความประสงค์ใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่าน โปรดให้ความคิดเห็น
ในแบบประเมินผลของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับชุดทดลอง และขอคำแนะนำ ข้อเสนอแนะ เพื่อประกอบการทำ
วิทยานิพนธ์เรื่องดังกล่าว ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดให้ความอนุเคราะห์ด้วย จักขอบคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(นายจรัสศักดิ์ วิตตะ)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล

โทร. 02-9132500 ต่อ 3207

FAX 02-587-8261

ภาคผนวก ง

แบบบันทึกผลการทดสอบการควบคุมความเร็ว

| ความเร็วในการทดสอบ cm./min. | การทดสอบครั้งที่ (k) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|----------------------|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | |
| 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 200 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 250 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 270 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 300 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 320 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 350 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 370 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 400 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 420 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 450 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 550 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

แบบบันทึกผลการทดสอบการควบคุมแรงบิด (Torque limit)

| ค่าแรงบิด ในการทดสอบ cm./min. | การทดสอบครั้งที่ (k) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|----------------------|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | |
| 5% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 30% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

แบบประเมินคุณภาพของชุดประลองการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์
โดยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

แบบประเมินสำหรับผู้เชี่ยวชาญ

แบบสอบถามความคิดเห็นสำหรับผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับ การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดทดลอง เรื่อง “การควบคุมเซอร์โวมอเตอร์” วิชา วิศวกรรมการขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าและระบบเซอร์โว (213336) ตามหลักสูตรศาสตรบัณฑิต สาขา วิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ตอนที่ 1 แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับชุดทดลอง

คำชี้แจง : โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องความคิดเห็นของท่าน โดยมีระดับคะแนนดังนี้

| | | |
|------------|--------------|---|
| มากที่สุด | มีค่าเท่ากับ | 5 |
| มาก | มีค่าเท่ากับ | 4 |
| ปานกลาง | มีค่าเท่ากับ | 3 |
| น้อย | มีค่าเท่ากับ | 2 |
| น้อยที่สุด | มีค่าเท่ากับ | 1 |

| ข้อที่ | รายการข้อความความคิดเห็น | ระดับความคิดเห็น | | | | |
|--------|---|------------------|---|---|---|---|
| | | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 0 | ชุดทดลอง เรื่อง “การควบคุมเซอร์โวมอเตอร์” สามารถนำไปใช้งานได้ | ✓ | | | | |

จากตัวอย่างข้อที่ 0 หมายความว่า ผู้ประเมินมีความเห็นว่า ชุดทดลองเรื่องการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ สามารถนำไปใช้งานได้ดีมากที่สุด โดยได้ระดับคะแนนเท่ากับ 5 แต่หากผู้ประเมินคิดว่า 0 ชุดทดลองนี้สามารถนำไปใช้งานได้น้อยกว่า ก็ให้ทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องถัดไปทางขวามือตามลำดับ

| ข้อที่ | รายการข้อความความเห็น | ระดับความคิดเห็น | | | | |
|---|--|------------------|---|---|---|---|
| | | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| ด้านใบนื้อหา | | | | | | |
| 1 | จัดพิมพ์ชัดเจน อ่านง่าย | | | | | |
| 2 | เนื้อหาสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ | | | | | |
| 3 | มีรูปภาพประกอบชัดเจน มีความหมายตรงตามเนื้อหา | | | | | |
| 4 | เรียงลำดับเนื้อหาได้เหมาะสม | | | | | |
| 5 | ศึกษาทำความเข้าใจได้ง่าย | | | | | |
| ด้านใบประลอง | | | | | | |
| 6 | จัดพิมพ์ชัดเจน อ่านง่าย | | | | | |
| 7 | รูปแบบของใบประลองมีความถูกต้อง เหมาะสม | | | | | |
| 8 | การทดลองสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ | | | | | |
| 9 | การทดลองกับเครื่องประลองมีความเหมาะสม | | | | | |
| 10 | ลำดับขั้นตอนการทดลองเหมาะสม | | | | | |
| 11 | การฝึกปฏิบัติงานมีความยากง่ายเหมาะสม | | | | | |
| 12 | คำอธิบายขั้นตอนการประลองชัดเจน | | | | | |
| 13 | ข้อความในใบประลองอ่านเข้าใจง่าย | | | | | |
| 14 | ความชัดเจนของ ตัวอักษร รูปภาพ และตาราง | | | | | |
| ด้านตัวเครื่อง (Hard ware) ของชุดประลอง | | | | | | |
| 15 | การออกแบบรูปร่างเหมาะสมกับการทดลอง | | | | | |
| 16 | ความเหมาะสมของวัสดุที่ใช้ทำชุดประลอง | | | | | |
| 17 | มีความแข็งแรง | | | | | |
| 18 | สามารถทดลองได้ตรงตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม | | | | | |
| 19 | ความสะดวกในการใช้งาน | | | | | |
| 20 | ความปลอดภัยในการใช้งาน | | | | | |
| 21 | ง่ายต่อการซ่อมแซมและบำรุงรักษา | | | | | |
| 22 | ผลการทดลองได้ค่าใกล้เคียงกับค่าที่แท้จริง | | | | | |

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

ความคิดเห็นอื่นๆ เกี่ยวกับชุดประลอง ด้านเนื้อหา

.....

.....

.....

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

ความคิดเห็นอื่นๆ เกี่ยวกับชุดทดลอง ด้านการทดลอง

.....

.....

.....

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

ความคิดเห็นอื่นๆ เกี่ยวกับชุดทดลอง เกี่ยวกับตัวเครื่องทดลอง (Hard ware)

.....

.....

.....

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

วันที่/...../.....

ผู้ทำการประเมิน

**แบบประเมินความสอดคล้องระหว่าง
แบบทดสอบงานประลองกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม**

แบบประเมินสำหรับผู้เชี่ยวชาญ

คำชี้แจง

โปรดพิจารณาว่าแบบทดสอบงานประลองต่อไปนี้ สามารถวัดได้ตรงตามวัตถุประสงค์หรือไม่ แล้วเขียนผลการพิจารณาของท่านโดยกาเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง “คะแนนการพิจารณา” ตามความคิดเห็นของท่านดังนี้

- +1 ถ้าแน่ใจว่าแบบทดสอบสามารถวัดได้ตรงตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ระบุไว้
- 0 ไม่แน่ใจว่าแบบทดสอบสามารถวัดได้ตรงตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ระบุไว้
- 1 ถ้าแน่ใจว่าแบบทดสอบไม่สามารถวัดได้ตรงตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ระบุไว้

| แบบทดสอบ | วัตถุประสงค์ | คะแนนการพิจารณา | | |
|----------------------------|---|-----------------|---|----|
| | | +1 | 0 | -1 |
| แบบทดสอบย่อย ครั้งที่ 1 | 1.1 กำหนดรูปแบบของสัญญาควบคุมการทำงานได้ | | | |
| | 1.2 กำหนดค่าเกี่ยวกับการควบคุมการเคลื่อนที่ได้ | | | |
| | 1.3 กำหนดค่าเกี่ยวกับการควบคุมความเร็วได้ | | | |
| | 1.4 กำหนดค่า parameter โดยใช้ Programming software FX-VPS/win ได้ | | | |
| | 1.5 กำหนดค่าการทำงานของการทำงาน zero return ได้ | | | |
| | 1.6 กำหนดลักษณะของอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณสำหรับการ zero return ได้ | | | |
| | 1.7 กำหนดค่า parameter สำหรับการ zero return ด้วย Programming software FX-VPS/win ได้ | | | |
| | 1.8 เขียนโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ด้วยโปรแกรม flow-chart ได้ | | | |

| แบบทดสอบ | วัตถุประสงค์ | คะแนนการพิจารณา | | |
|------------------------|---|-----------------|--|--|
| แบบทดสอบย่อยครั้งที่ 2 | 2.1 เขียนโปรแกรมควบคุม I/O port ด้วยโปรแกรม Flow-chart ได้ | | | |
| | 2.2 เขียนโปรแกรมย่อยได้ | | | |
| | 2.3 เรียกใช้งานโปรแกรมย่อยได้ | | | |
| | 2.4 เขียนโปรแกรมควบคุมการ zero return ด้วยโปรแกรม flow-chart ได้ | | | |
| | 2.5 เขียนโปรแกรมกำหนดตำแหน่งการเคลื่อนที่ด้วย Data register ได้ | | | |
| แบบทดสอบย่อยครั้งที่ 3 | 3.1 คำนวณหาค่า gear ratio ได้ | | | |
| | 3.2 กำหนดค่า electronic gear ratio ได้ | | | |
| แบบทดสอบย่อยครั้งที่ 4 | 4.1 ประมาณค่าสำหรับการปรับตั้งค่า torque limit ได้ | | | |
| | 4.2 กำหนดค่า torque limit ได้ | | | |
| แบบทดสอบหลังเรียน | 5.1 กำหนดรูปแบบของสัญญาณควบคุมการทำงานได้ | | | |
| | 5.2 กำหนดค่าเกี่ยวกับการควบคุมการเคลื่อนที่ได้ | | | |
| | 5.3 กำหนดค่าเกี่ยวกับการควบคุมความเร็วได้ | | | |
| | 5.4 กำหนดค่า parameter โดยใช้ Programming software FX-VPS/win ได้ | | | |
| | 5.5 กำหนดค่าการทำงานของการทำงาน zero return ได้ | | | |
| | 5.6 กำหนดลักษณะของอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณสำหรับการ zero return ได้ | | | |
| | 5.7 กำหนดค่า parameter สำหรับการ zero return ด้วย Programming software FX-VPS/win ได้ | | | |
| | 5.8 เขียนโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ด้วยโปรแกรม flow-chart ได้ | | | |
| | 5.9 เขียนโปรแกรมควบคุม I/O port ด้วยโปรแกรม Flow-chart ได้ | | | |
| | 5.10 เขียนโปรแกรมย่อยได้ | | | |
| | 5.11 เรียกใช้งานโปรแกรมย่อยได้ | | | |
| | 5.12 เขียนโปรแกรมควบคุมการ zero return ด้วยโปรแกรม flow-chart ได้ | | | |

| แบบทดสอบ | วัตถุประสงค์ | คะแนนการพิจารณา | | |
|----------|--|-----------------|--|--|
| | 5.13 เขียนโปรแกรมกำหนดตำแหน่งการเคลื่อนที่ด้วย Data register ได้ | | | |
| | 5.14 คำนวณหาค่า gear ratio ได้ | | | |
| | 5.15 กำหนดค่า electronic gear ratio ได้ | | | |
| | 5.16 ประมาณค่าสำหรับการปรับตั้งค่า torque limit ได้ | | | |
| | 5.17 กำหนดค่า torque limit ได้ | | | |

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

() .

วันที่...../...../..... .

กำหนดการทดสอบวัดความก้าวหน้าในการเรียน

| ลำดับที่ | รายการ |
|----------|--|
| | ทดสอบก่อนเรียน – Pre Test |
| 1 | การกำหนดค่าในการทำงานเบื้องต้นของชุดเซอร์โวมอเตอร์ |
| 2 | การกำหนดค่าการควบคุมการ mechanical zero return |
| 3 | การเขียน โปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ |
| | ทดสอบย่อย ครั้งที่ 1 เรื่อง การควบคุมการทำงานเบื้องต้น |
| 4 | การเขียน โปรแกรมควบคุมการรับและส่งสัญญาณของ Port input/output |
| 5 | การใช้งาน โปรแกรมย่อย (Program sub-routine) |
| 6 | การเขียน โปรแกรมควบคุมการ Zero return |
| 7 | การใช้ Data register ในการกำหนดตำแหน่งการเคลื่อนที่ |
| | ทดสอบย่อย ครั้งที่ 2 เรื่อง การควบคุมการทำงานร่วมกับอุปกรณ์อื่นๆ |
| 8 | การปรับตั้งค่าการใช้งาน electronic gear |
| | ทดสอบย่อย ครั้งที่ 3 เรื่อง การปรับตั้งค่า electronic gear |
| 9 | การปรับตั้งค่าการจำกัดขนาดค่าแรงบิดของมอเตอร์ (Torque limit) |
| | ทดสอบย่อย ครั้งที่ 4 เรื่อง การปรับตั้งค่าจำกัดแรงบิด |
| | ทดสอบหลังเรียน – Post Test ทดสอบเนื้อหาทั้งหมดเกี่ยวกับการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ |

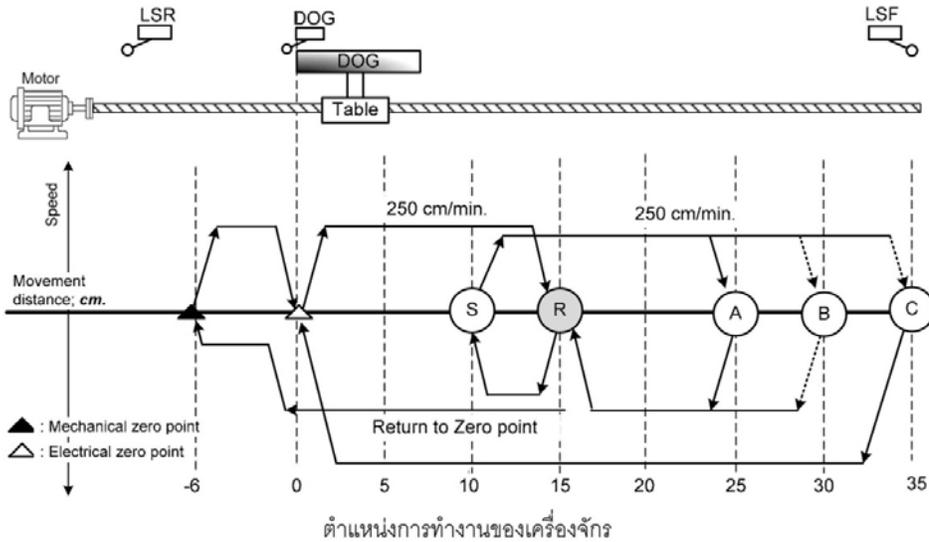
|  | แบบทดสอบการทดลอง | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|--|------|---------------|-------|-------------|--|--|----------------|---|---------------------|------------|---|----------------------|-----------|---|------------------------------------|------------------|---|-----------|--------------|--|--|---------------|---|-------------------|-----------|---|-------------------|-------------------|---|--------|-------------------|---|--------|--------------------------|--|--|-------------------|----|------------------------|
| | รายวิชา วิศวกรรมการขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าและระบบเซอร์โว Electrical Drive and Servo system | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ทดสอบย่อย ครั้งที่ : 2 | ชื่องาน: การควบคุมการทำงานร่วมกับอุปกรณ์อื่นๆ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| เวลา : 30 นาที | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>คำชี้แจง</p> <p>การทดสอบนี้ หลังจากได้เมื่อผ่านการทดลองที่ 4, 5, 6 และ 7 มาแล้ว สำหรับหัวข้อหลักสำหรับการทดสอบประกอบด้วย</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การเขียนโปรแกรมควบคุมการรับและส่งสัญญาณควบคุมสัญญาณ Port I/O 2. การใช้งานโปรแกรมน้อย 3. การเขียนโปรแกรมควบคุมการ zero return 4. การใช้ Data register ในการกำหนดตำแหน่งการเคลื่อนที่ <p>คำสั่ง</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ให้ทำการกำหนดค่า parameter ในเบื้องต้นของ position controller และการ zero return ตามตารางที่กำหนดไว้ให้ 2. เขียนโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ตามแผนการทำงานของเครื่องจักรตามที่ได้กำหนดมาให้ 3. บันทึกชื่อ file เป็น test02.vps <p>Parameter สำหรับควบคุมการทำงานพื้นฐาน</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Item</th> <th>Parameter No.</th> <th>value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="3">Unit</td> </tr> <tr> <td>System of unit</td> <td>0</td> <td>0 (Mechanic)</td> </tr> <tr> <td>Pulse Rate</td> <td>1</td> <td>4,000 PLS/REV</td> </tr> <tr> <td>Feed Rate</td> <td>2</td> <td>4,000 μm/REV</td> </tr> <tr> <td>MIN command Unit</td> <td>3</td> <td>10^{-2}</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Speed</td> </tr> <tr> <td>Maximum speed</td> <td>4</td> <td>500 cm/min</td> </tr> <tr> <td>JOG speed</td> <td>5</td> <td>200 cm/min</td> </tr> <tr> <td>Acceleration time</td> <td>8</td> <td>200 ms</td> </tr> <tr> <td>Deceleration time</td> <td>9</td> <td>200 ms</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Parameter setting</td> </tr> <tr> <td>Pulse output type</td> <td>11</td> <td>0 (cw/ccw mode)</td> </tr> </tbody> </table> | | | Item | Parameter No. | value | Unit | | | System of unit | 0 | 0 (Mechanic) | Pulse Rate | 1 | 4,000 PLS/REV | Feed Rate | 2 | 4,000 μm/REV | MIN command Unit | 3 | 10^{-2} | Speed | | | Maximum speed | 4 | 500 cm/min | JOG speed | 5 | 200 cm/min | Acceleration time | 8 | 200 ms | Deceleration time | 9 | 200 ms | Parameter setting | | | Pulse output type | 11 | 0 (cw/ccw mode) |
| Item | Parameter No. | value | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Unit | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| System of unit | 0 | 0 (Mechanic) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Pulse Rate | 1 | 4,000 PLS/REV | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Feed Rate | 2 | 4,000 μm/REV | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MIN command Unit | 3 | 10^{-2} | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Speed | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Maximum speed | 4 | 500 cm/min | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| JOG speed | 5 | 200 cm/min | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Acceleration time | 8 | 200 ms | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Deceleration time | 9 | 200 ms | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Parameter setting | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Pulse output type | 11 | 0 (cw/ccw mode) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| Item | Parameter No. | value |
|--------------------|---------------|-------|
| Rotation direction | 12 | 1 ,CW |

Zero return

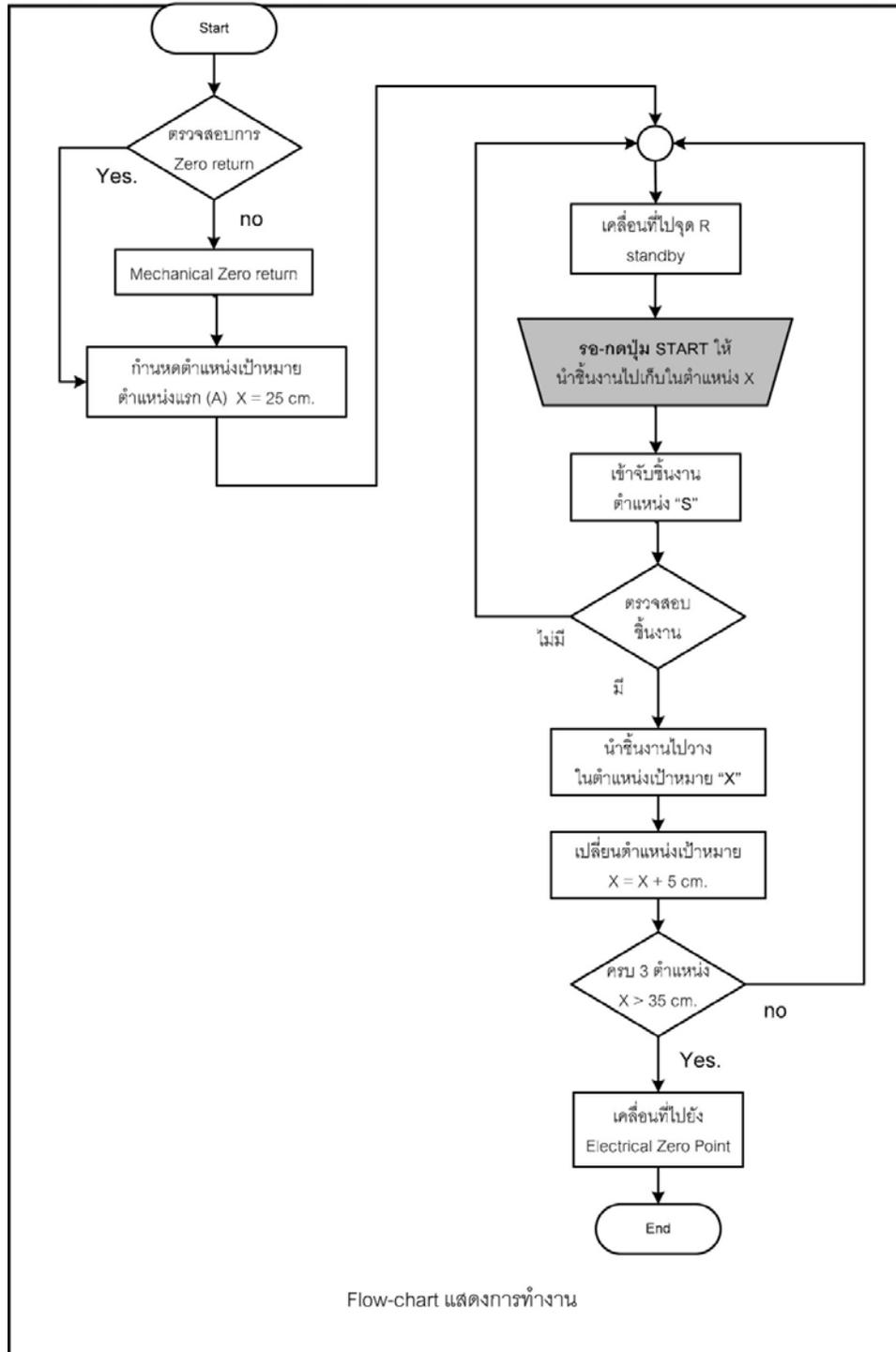
| Item | Parameter No. | value |
|-------------------------------------|---------------|---|
| Zero return speed | 13 | 100 cm/min. |
| Creep speed | 14 | 20 cm/min. |
| Zero return direction | 15 | 1 (reverse) |
| Zero point signal counting times | 17 | 1 |
| Zero point signal count start point | 18 | 1 เริ่มนับเมื่อเมื่อเลื่อนมาถึงด้านท้ายของ DOG Backward end of near point |
| LS logic | 20 | Normal Open contact |

การทำงานของเครื่องจักร



การทำงานโดยรวม

เครื่องจักรจะเตรียมพร้อมในตำแหน่ง "R" เมื่อกดปุ่ม start จะเลื่อนไปจับชิ้นงานในตำแหน่ง "S" ไปเก็บไว้ในตำแหน่ง A B และ C ตามลำดับจนเต็ม จากนั้นเคลื่อนที่ไป electrical zero point จบการทำงาน



คำอธิบายเกี่ยวกับขั้นตอนการทำงานในแต่ละขั้นตอนโดยละเอียด

| Step | Description |
|------|---|
| 0 | <p>Initial step</p> <ul style="list-style-type: none"> - อยู่ ณ. ตำแหน่งใดๆ และยังไม่ได้ Zero return - กระทบกเลื่อนขึ้นสุด |
| 1 | <p>Start Program เริ่ม การทำงานของโปรแกรม (กดปุ่ม start)</p> <p>ตรวจสอบการ Zero return ถ้ายังไม่ได้ mechanical zero return ให้ทำการ Zero return ก่อน เรียบร้อยแล้วจึงทำงานในขั้นตอนถัดไป</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p>Mechanical zero point = -6000</p> <p>Electrical zero point = 0</p> </div> |
| 2 | <p>กำหนดค่าเริ่มต้น</p> <p>กำหนดตำแหน่งเป้าจับชิ้นงานหมายเลขแรก (A) ให้ $X = 25 \text{ cm}$.</p> |
| 3 | <p>เตรียมพร้อมรอรับคำสั่งทำงาน</p> <p>เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่ง "R" เพื่อรอรับคำสั่ง ในการนำชิ้นงานไปจัดเก็บบนตำแหน่งเป้าหมาย</p> |
| 4 | <p>เคลื่อนที่เข้าจับชิ้นงาน</p> <p>Table จะเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งป้อนชิ้นงาน "S" หากทำการตรวจสอบแล้วไม่พบจะเคลื่อนที่กลับไปยังตำแหน่ง "R" ตามเดิมเพื่อรอให้ทำการสั่งให้ทำงานอีกครั้งด้วยปุ่ม Start แต่หากพบชิ้นงาน ก็จะจับชิ้นงาน แล้วเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งเป้าหมายที่ถูกกำหนดไว้</p> |
| 5 | <p>กำหนดตำแหน่งจัดเก็บใหม่</p> <p>เมื่อนำชิ้นงานไปจัดเก็บในตำแหน่งเป้าหมายเรียบร้อยแล้ว ให้ทำการกำหนดตำแหน่งเป้าหมายในการจัดเก็บใหม่ โดยเลื่อนห่างจากชิ้นงานเดิม 5 cm. คือกำหนดให้ตำแหน่งใหม่ = ตำแหน่งเดิม +5 cm. หรือ $X = X + 5 \text{ cm}$.</p> |
| 6 | <p>ตรวจสอบตำแหน่งจัดเก็บว่าครบตามที่กำหนดไว้หรือไม่</p> <p>เนื่องจากตำแหน่งเป้าหมายในการจัดเก็บคือ $A=25\text{cm}$, $B=30\text{cm}$, และ $C=35 \text{ cm}$. ฉะนั้นตำแหน่งสุดท้ายคือ 35 cm จึงทำการตรวจสอบว่าตำแหน่งใหม่ที่โดนลดลงครั้งละ 5 cm. นั้นถึงหรือยัง ถ้าถึงแล้วก็ให้จบการทำงาน</p> <p>ในที่นี้ได้กำหนดไว้ว่า $X > 35 \text{ cm}$. ฉะนั้นเมื่อถึง 35 cm. แล้ว +5 ก็จะมีผลทำให้เคลื่อนที่ไปยัง electrical zero point</p> |

โปรแกรมย่อย, Program sub-routine

รายละเอียดขั้นตอนการ Zero return

Zero return

- เคลื่อนที่ไปยัง Mechanical zero point
- เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ 6 cm.(Absolute) แล้วกำหนดให้ตำแหน่งนี้เป็น electrical zero

รายละเอียดขั้นตอนการจับชิ้นงาน

Operation; จับชิ้นงาน

- เลื่อนหัวจับสุญญากาศที่มี หัว Photo sensor ติดอยู่ เข้าหาชิ้นงาน หน่วงเวลา 1 วินาที ก่อนการตรวจสอบชิ้นงาน
- Photo sensor ตรวจสอบชิ้นงาน
 - ถ้ามีชิ้นงานอยู่
 - หัวจับสุญญากาศจับชิ้นงาน หน่วงเวลาการทำงาน 2 วินาที ก่อนยกชิ้นงานขึ้น
 - ถ้าไม่มีชิ้นงาน
 - ก้านสูบเลื่อนหัวจับสุญญากาศขึ้น

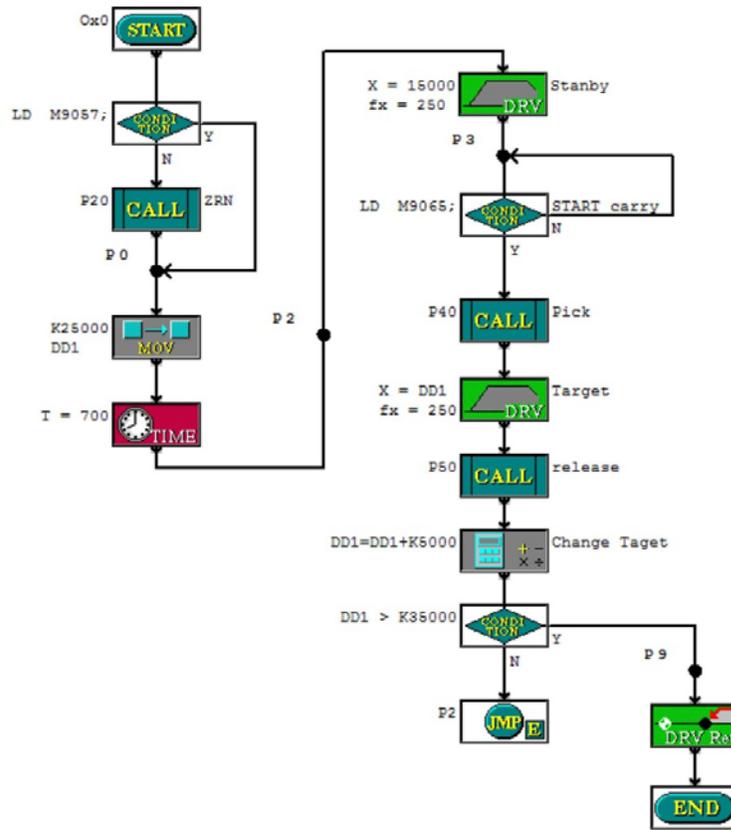
รายละเอียดขั้นตอนการวางชิ้นงาน

Operation; วางชิ้นงาน

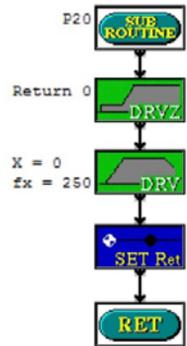
- นำชิ้นงานวางลง
- หัวจับสุญญากาศหยุดทำงานเพื่อปล่อยชิ้นงาน หน่วงเวลาก่อนยกขึ้น 1 วินาที

| | |
|---|---|
|  | ใบแจ้งผลการทดสอบ |
| | รายวิชา วิศวกรรมการขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าและระบบเซอร์โว Electrical Drive and Servo system |
| | ทดสอบย่อย ครั้งที่ : 2 ชื่องาน: การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานร่วมกับอุปกรณ์อื่นๆ เวลา : 20 นาที |

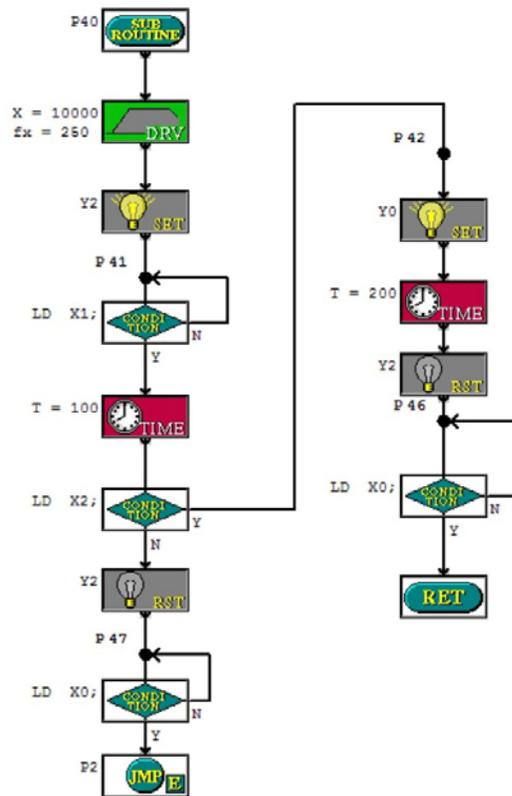
Program flow-chart // test2.vps



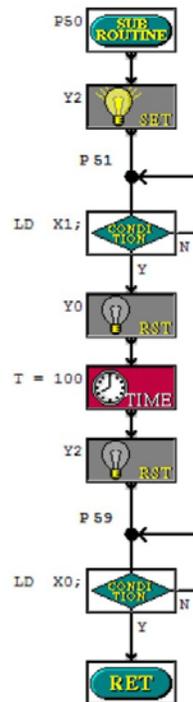
Main Program



Program sub-routine; การควบคุมการ zero return



Program sub-routine; การควบคุมการจับชิ้นงาน



Program sub-routine; ควบคุมการวางชิ้นงาน

Text Program

[VPS File Name] Test 2.vps

[Control Spec. Parameter]

| | | | |
|----|-----------------------|--------|--------|
| 0 | Units | X-axis | [0] |
| 1 | Pulse/Rev | | [4000] |
| 2 | Movement/Rev | | [4000] |
| 3 | Smallest command unit | | [2] |
| 4 | Maximum Speed | | [500] |
| 5 | Jog Speed | | [500] |
| 6 | Bias Speed | | [0] |
| 7 | Backlash adjustment | | [0] |
| 8 | Acceleration time | | [200] |
| 9 | Deceleration time | | [200] |
| 10 | Interpolation T/C | | [100] |
| 11 | Pulse output format | | [0] |
| 12 | Rotation direction | | [1] |
| 13 | Zero return speed | | [100] |

| | | |
|----|-------------------------|---------|
| 14 | Creep speed | [20] |
| 15 | Zero return direction | [1] |
| 16 | Machine zero point addr | [-6000] |
| 17 | Zero point signal count | [1] |
| 18 | Count start timing | [1] |
| 19 | DOG input switch | [0] |
| 20 | Stroke end LS logic | [0] |
| 21 | Error judge time | [0] |
| 22 | Servo ready check | [1] |
| 23 | Stop mode | [1] |
| 24 | Cod30 address | [0] |
| 25 | SW upper limit | [0] |
| 26 | SW lower limit | [0] |
| 27 | Spare | [0] |
| 28 | Spare | [0] |
| 29 | Spare | [0] |

[Program]

```

0 0000: Ox0;
3 0000: BRET(FNC05);
5 0001: LD M9057;
7 0002: CJ(FNC00) P0;
11 0003: BRET(FNC05);
13 0004: CALL(FNC02) P20;
17 0005: P0;
19 0006: DMOV(FNC12) K25000 DD1;
28 0007: cod04(TIM) K700;
32 0008: P2;
34 0009: cod00(DRV) x15000 f250;
40 0010: P3;
42 0011: BRET(FNC05);
44 0012: LD M9065;
46 0013: CJN(FNC01) P3;
50 0014: BRET(FNC05);
52 0015: CALL(FNC02) P40;
56 0016: cod00(DRV) xDD1 f250;
62 0017: CALL(FNC02) P50;
66 0018: DADD(FNC20) DD1 K5000 DD1;
77 0019: BRET(FNC05);
79 0020: DCOMP(FNC10) DD1 K35000 M0;
90 0021: LD M0;
92 0022: CJ(FNC00) P9;
96 0023: BRET(FNC05);
98 0024: JMP(FNC04) P2;
102 0025: m02(END);
104 ----: P9;
106 ----: cod30(DRVR) ;
108 ----: m02(END);

110 ----: P20;
112 ----: cod28(DRVZ);
114 ----: cod00(DRV) x0 f250;
120 ----: cod29(SETR) ;
122 ----: RET(FNC03);

124 ----: P40;
126 ----: cod00(DRV) x10000 f250;
132 ----: SET Y2;
134 ----: P41;
136 ----: BRET(FNC05);

```

```
138 ----: LD X1;
140 ----: CJN(FNC01) P41;
144 ----: BRET(FNC05);
146 ----: cod04(TIM) K100;
150 ----: BRET(FNC05);
152 ----: LD X2;
154 ----: CJ(FNC00) P42;
158 ----: BRET(FNC05);
160 ----: RST Y2;
162 ----: P47;
164 ----: BRET(FNC05);
166 ----: LD X0;
168 ----: CJN(FNC01) P47;
172 ----: BRET(FNC05);
174 ----: JMP(FNC04) P2;
178 ----: m02(END);
180 ----: P42;
182 ----: SET Y0;
184 ----: cod04(TIM) K200;
188 ----: RST Y2;
190 ----: P46;
192 ----: BRET(FNC05);
194 ----: LD X0;
196 ----: CJN(FNC01) P46;
200 ----: BRET(FNC05);
202 ----: RET(FNC03);

204 ----: P50;
206 ----: SET Y2;
208 ----: P51;
210 ----: BRET(FNC05);
212 ----: LD X1;
214 ----: CJN(FNC01) P51;
218 ----: BRET(FNC05);
220 ----: RST Y0;
222 ----: cod04(TIM) K100;
226 ----: RST Y2;
228 ----: P59;
230 ----: BRET(FNC05);
232 ----: LD X0;
234 ----: CJN(FNC01) P59;
238 ----: BRET(FNC05);
240 ----: RET(FNC03);
```

| | |
|---|--|
|  | ใบประเมินผลการทดสอบ |
| | รายวิชา วิศวกรรมการขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าและระบบเซอร์โว Electrical Drive and Servo system |
| | ทดสอบย่อย ครั้งที่ : 2 ชื่องาน: การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานร่วมกับอุปกรณ์อื่นๆ |

การประเมินผลการทดสอบ (แบบที่ 1)

ชื่อ-นามสกุล..... วันที่.....
 รหัสนักศึกษา..... ชั้นปี..... ผู้ประเมิน.....

| รายการหัวข้อการประเมินผล | ทำได้ | | ผลคูณ | คะแนนเต็ม | หมายเหตุ |
|---|-------|--------|-------|-----------|----------|
| | คะแนน | ตัวคูณ | | | |
| 1. การเขียนโปรแกรมควบคุมสัญญาณ I/O | | 3 | | 30 | |
| 2. การใช้งานโปรแกรมย่อย | | 2 | | 20 | |
| 3. การเขียนโปรแกรมควบคุมการ zero return | | 3 | | 30 | |
| 4. การใช้ Data register ในการกำหนดตำแหน่งการเคลื่อนที่ | | 3 | | 30 | |
| รวม | | | | 110 | |
| คะแนนเฉลี่ยร้อยละที่ได้ = | | | | | |
| เริ่มเวลา.....เสร็จเวลา..... ใช้เวลา.....ชั่วโมง.....นาที | | | | | |
| สรุปผลการประเมิน..... | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

เกณฑ์การให้คะแนน

สำหรับหัวข้อการประเมินทั้ง 4 หัว

| เกณฑ์สำหรับการประเมิน | ระดับคะแนน | หมายเหตุ |
|-----------------------------|------------|----------|
| ถูกต้องทั้งหมด | 10 | |
| ทำผิดบ้างเล็กน้อย | 8 | |
| ทำผิดมากกว่าถูก | 2 | |
| ทำผิดทั้งหมด หรือไม่มีผลงาน | 0 | |

| | |
|---|--|
|  | แบบทดสอบการทดลอง |
| | รายวิชา วิศวกรรมการขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าและระบบเซอร์โว Electrical Drive and Servo system |
| | ทดสอบหลังเรียน เรื่อง การควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ เวลา : 30 นาที |
| <p>คำชี้แจง</p> <p>การทดสอบนี้ เป็นการทดสอบหลังจากผ่านการทดลองทั้งหมดแล้ว สำหรับหัวข้อหลักสำหรับการทดสอบประกอบด้วย</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การกำหนดค่า parameter สำหรับการทำงานเบื้องต้น 2. การควบคุมการการ zero return 3. การเขียนโปรแกรมควบคุมการของเซอร์โวมอเตอร์ร่วมกับอุปกรณ์อื่นๆ 4. การกำหนดค่า electronic gear ratio 5. การกำหนดค่าจำกัดแรงบิด <p>คำสั่ง</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ให้ทำการกำหนดค่า parameter สำหรับการทำงานเบื้องต้นของชุดเซอร์โว 2. เขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานตามที่กำหนดให้ 3. หาค่า gear ratio และปรับตั้งค่า electronic gear 4. ประมาณค่า parameter สำหรับปรับตั้ง และตั้งค่า Torque limit <p>หมายเหตุ</p> <ul style="list-style-type: none"> - คำสั่ง 1 และ 2 ผลของการกำหนดค่าจะสัมพันธ์กัน - คำสั่งที่ 3 และ 4 จะแยกกับการทำงานกับข้อ 1 และ 2 คือการปรับตั้งค่าใดๆ จะไม่มีผลต่อกัน เพราะเป็นการทำงานคนละงานกัน | |

คำสั่งที่ 1 กำหนดค่า **Parameter** สำหรับการควบคุมการทำงานเบื้องต้น

ข้อมูลของอุปกรณ์สำหรับใช้กำหนดค่าการทำงานเบื้องต้นของระบบเซอร์โวมอเตอร์

Servo amp.

Pulse train : "Feed pulse and direction signal"

Servo motor

ความละเอียดของ Encoder 8,000 PLS/rev

Ball screw

NSK RNFTL 1208A3.5S, lead (Pitch) = 8 mm/rev

Parameter สำหรับควบคุมการทำงานพื้นฐาน

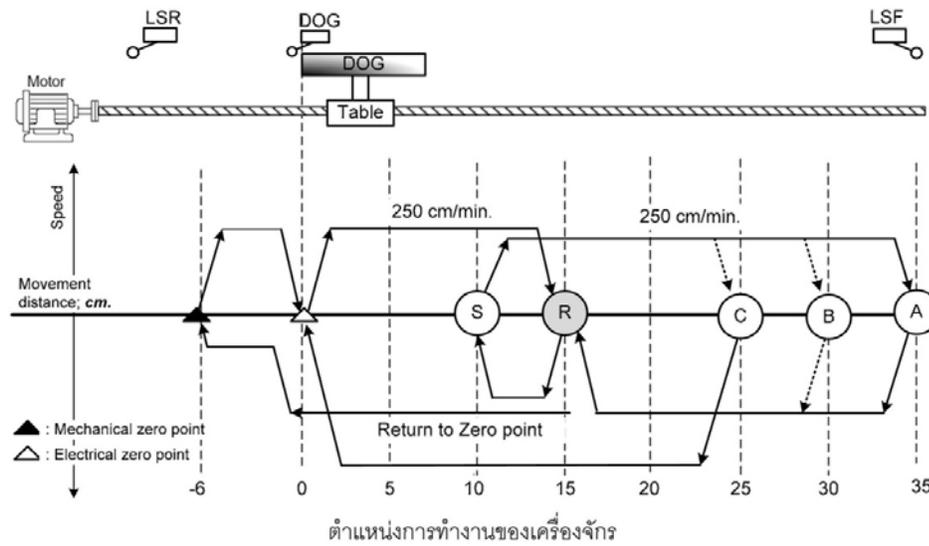
| Item | Parameter No. | value |
|--------------------------|---------------|---|
| Unit | | |
| System of unit | 0 | Mechanic |
| Pulse Rate | 1 | (กำหนดตามข้อมูลของอุปกรณ์) PLS/REV |
| Feed Rate | 2 | (กำหนดตามข้อมูลของอุปกรณ์) µm/REV |
| MIN command Unit | 3 | 10⁻² |
| Speed | | |
| Maximum speed | 4 | 1,250 cm/min |
| JOG speed | 5 | 200 cm/min |
| Acceleration time | 8 | 200 ms |
| Deceleration time | 9 | 200 ms |
| Parameter setting | | |
| Pulse output type | 11 | (กำหนดตามข้อมูลของอุปกรณ์ที่กำหนดให้) |
| Rotation direction | 12 | (กำหนดตามข้อมูลของอุปกรณ์ที่กำหนดให้) |

Zero return

| Item | Parameter No. | value |
|-------------------------------------|---------------|--|
| Zero return speed | 13 | 100 cm/min. |
| Creep speed | 14 | 20 cm/min. |
| Zero return direction | 15 | (กำหนดตามเครื่องจักรของชุดประลอง) |
| Zero point signal counting times | 17 | 1 |
| Zero point signal count start point | 18 | เริ่มนับเมื่อเมื่อเลื่อนมาถึงด้านท้ายของ DOG Backward end of near point |
| LS logic | 20 | Normal Open contact |

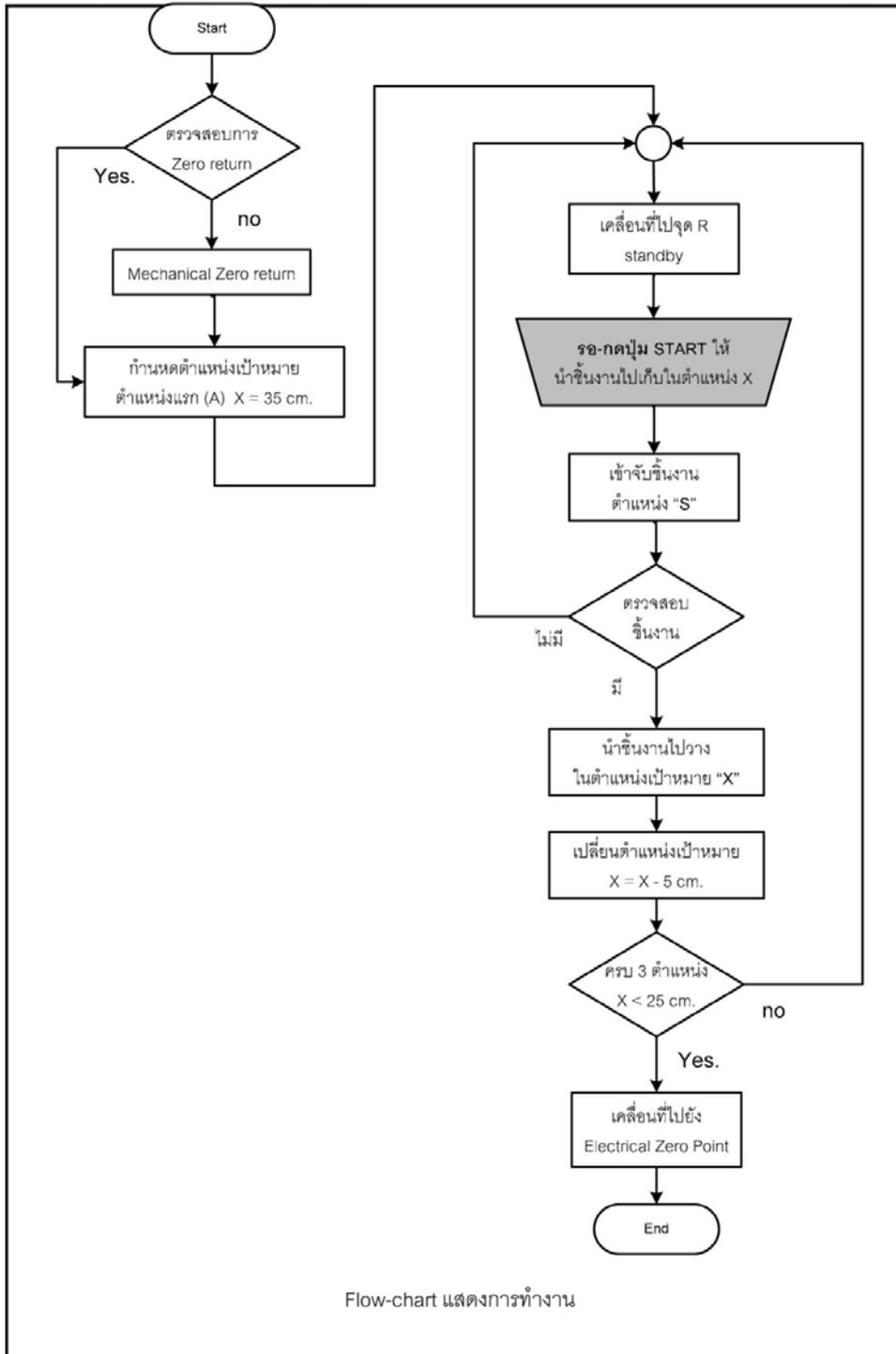
คำสั่งที่ 2 การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงาน

การทำงานของเครื่องจักร



การทำงานโดยรวม

เครื่องจักรจะเตรียมพร้อมในตำแหน่ง "R" เมื่อกดปุ่ม start จะเลื่อนไปจับชิ้นงานในตำแหน่ง "S" ไปเก็บไว้ในตำแหน่ง A B และ C ตามลำดับจนเต็ม จากนั้นเคลื่อนที่ไป electrical zero point จบการทำงาน



คำอธิบายเกี่ยวกับขั้นตอนการทำงานในแต่ละขั้นตอนโดยละเอียด

| Step | Description |
|------|---|
| 0 | <p>Initial step</p> <ul style="list-style-type: none"> - อยู่ ณ. ตำแหน่งใดๆ และยังไม่ได้ Zero return - กระทบกเคลื่อนขึ้นสุด |
| 1 | <p>Start Program เริ่ม การทำงานของโปรแกรม (กดปุ่ม start)</p> <p>ตรวจสอบการ Zero return ถ้ายังไม่ได้ mechanical zero return ให้ทำการ Zero return ก่อน เรียบร้อยแล้วจึงทำงานในขั้นตอนถัดไป</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p>Mechanical zero point = -6000</p> <p>Electrical zero point = 0</p> </div> |
| 2 | <p>กำหนดค่าเริ่มต้น</p> <p>กำหนดตำแหน่งเข้าจับขึ้นงานหมายแรก (A) ให้ $X = 35 \text{ cm}$.</p> |
| 3 | <p>เตรียมพร้อมรอรับคำสั่งทำงาน</p> <p>เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่ง "R" เพื่อรอรับคำสั่ง ในการนำชิ้นงานไปจับกับตำแหน่งเป้าหมาย</p> |
| 4 | <p>เคลื่อนที่เข้าจับชิ้นงาน</p> <p>Table จะเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งป้อนชิ้นงาน "S" หากทำการตรวจสอบแล้วไม่พบจะเคลื่อนที่กลับไปยังตำแหน่ง "R" ตามเดิมเพื่อรอให้ทำการสั่งให้ทำงานอีกครั้งด้วยปุ่ม Start แต่หากพบชิ้นงาน ก็จะจับชิ้นงาน แล้วเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งเป้าหมายที่ถูกกำหนดไว้</p> |
| 5 | <p>กำหนดตำแหน่งจับใหม่</p> <p>เมื่อนำชิ้นงานไปจับกับในตำแหน่งเป้าหมายเรียบร้อยแล้ว ให้ทำการกำหนดตำแหน่งเป้าหมายในการจับใหม่ โดยเลื่อนห่างจากชิ้นงานเดิม 5 cm. คือกำหนดให้ตำแหน่งใหม่ = ตำแหน่งเดิม -5 cm. หรือ $X = X - 5 \text{ cm}$.</p> |
| 6 | <p>ตรวจสอบตำแหน่งจับว่าครบตามที่กำหนดไว้หรือไม่</p> <p>เนื่องจากตำแหน่งเป้าหมายในการจับคือ $A=35\text{cm}$., $B=30\text{cm}$., และ $C=25 \text{ cm}$. ฉะนั้นตำแหน่งสุดท้ายคือ 25 cm จึงทำการตรวจสอบว่าตำแหน่งใหม่ที่โดนลดลงครั้งละ 5 cm. นั้นถึงหรือยัง ถ้าถึงแล้วก็ให้จบการทำงาน</p> <p>ในที่นี้ได้กำหนดไว้ว่า $X < 25 \text{ cm}$. ฉะนั้นเมื่อถึง 25 cm. แล้ว -5 cm. ก็จะมีผลทำให้เคลื่อนที่ไปยัง electrical zero point</p> |

โปรแกรมย่อย, Program sub-routine

รายละเอียดขั้นตอนการ Zero return

Zero return

- เคลื่อนที่ไปยัง Mechanical zero point
- เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ 6 cm.(Absolute) แล้วกำหนดให้ตำแหน่งนี้เป็น electrical zero

รายละเอียดขั้นตอนการจับชิ้นงาน

Operation; จับชิ้นงาน

- เลื่อนหัวจับสุญญากาศที่มี หัว Photo sensor ติดอยู่ เข้าหาชิ้นงาน หนึ่งเวลา 1 วินาที ก่อนการตรวจสอบชิ้นงาน
- Photo sensor ตรวจสอบชิ้นงาน

ถ้ามีชิ้นงานอยู่

หัวจับสุญญากาศจับชิ้นงาน หนึ่งเวลาการทำงาน 2 วินาที ก่อนยกชิ้นงานขึ้น

ถ้าไม่มีชิ้นงาน

ก้านสูบเลื่อนหัวจับสุญญากาศขึ้น

รายละเอียดขั้นตอนการวางชิ้นงาน

Operation; วางชิ้นงาน

- นำชิ้นงานวางลง
- หัวจับสุญญากาศหยุดทำงานเพื่อปล่อยชิ้นงาน หนึ่งเวลาก่อนยกขึ้น 1 วินาที

คำสั่งที่ 3 กำหนดค่า **Electronic gear ratio** และตั้งค่าที่ **servo amp.**

เงื่อนไขกำหนดให้

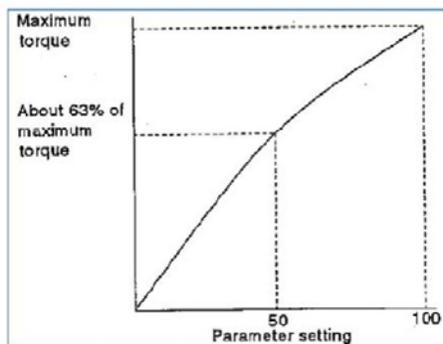
- Servo motor , Pulse encoder = 8,000 PLS/rev.
- สัญญาณ Pulse ที่ถูกสร้างจาก position controller = 15,000 Hz.
- ความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ต้องการ = 550 RPM

คำสั่งที่ 4 ประมาณค่าสำหรับตั้งค่าจำกัดแรงบิด และตั้งค่าที่ **servo amp.**

เงื่อนไข

- ต้องการจำกัดแรงบิดไม่เกิน 0.75 N-m.

- Maximum torque ของ servo motor = 2.92 N-m.



HC-PQ43, Mitsubishi, max. torque = 2.92 N-m.

ค่า Parameter setting กับค่า Torque

Servo motor รุ่น HC-PQ , Mitsubishi

| | | |
|---|--|--------------------------------|
|  | ใบแจ้งผลการทดสอบ | |
| | รายวิชา วิศวกรรมการขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าและระบบเซอร์โว Electrical Drive and Servo system | |
| | ทดสอบหลังเรียน | เรื่อง การควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ |

คำสั่งที่ 1 กำหนดค่า Parameter สำหรับการควบคุมการทำงานเบื้องต้น

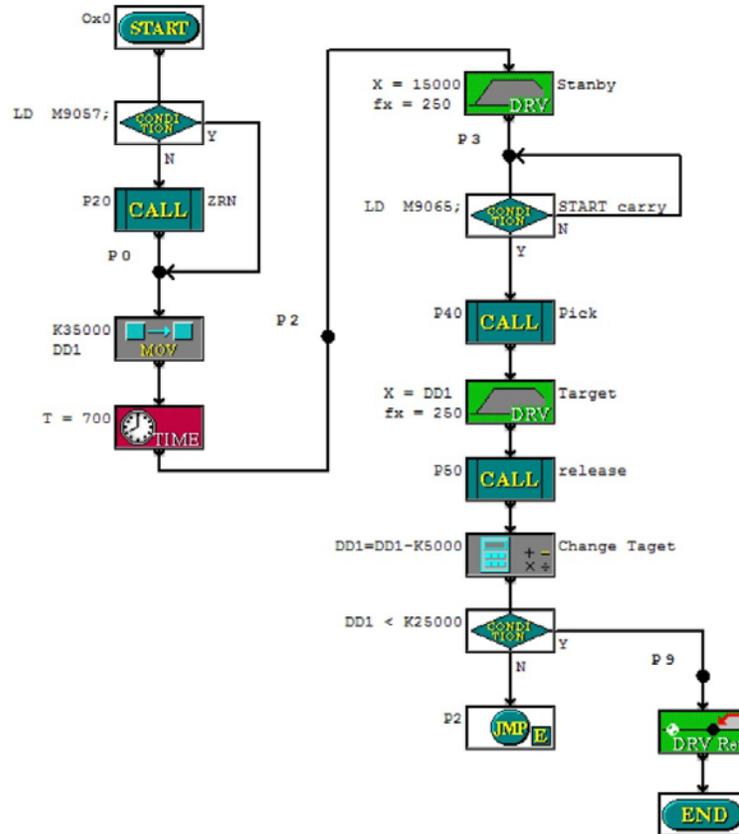
Parameter สำหรับควบคุมการทำงานพื้นฐาน

| Item | Parameter No. | value |
|--------------------------|---------------|--------------------------------|
| Unit | | |
| System of unit | 0 | Mechanic |
| Pulse Rate | 1 | 8,000 PLS/REV |
| Feed Rate | 2 | 8,000 $\mu\text{m}/\text{REV}$ |
| MIN command Unit | 3 | 10^{-2} |
| Speed | | |
| Maximum speed | 4 | 1,250 cm/min |
| JOG speed | 5 | 200 cm/min |
| Acceleration time | 8 | 200 ms |
| Deceleration time | 9 | 200 ms |
| Parameter setting | | |
| Pulse output type | 11 | 0 (cw/ccw mode) |
| Rotation direction | 12 | 1 ,CW |

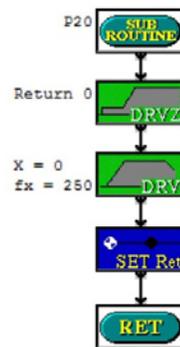
Zero return

| Item | Parameter No. | value |
|-------------------------------------|---------------|---|
| Zero return speed | 13 | 100 cm/min. |
| Creep speed | 14 | 20 cm/min. |
| Zero return direction | 15 | 1 (reverse) |
| Zero point signal counting times | 17 | 1 |
| Zero point signal count start point | 18 | 1 เริ่มนับเมื่อเมื่อเลื่อนมาถึงด้านท้ายของ DOG Backward end of near point |
| LS logic | 20 | Normal Open contact |

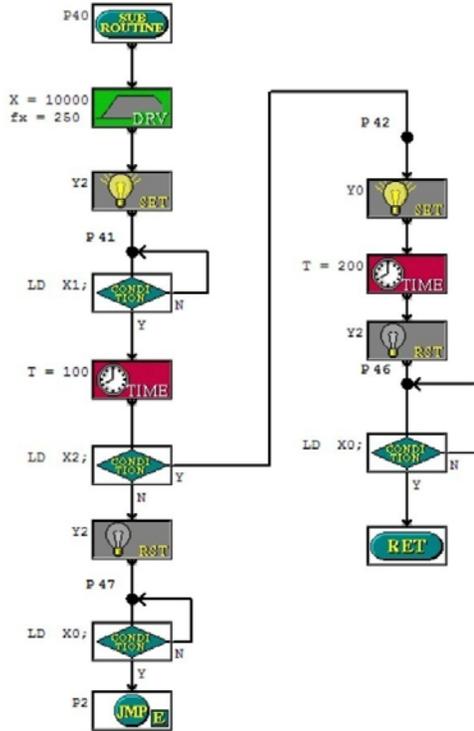
คำสั่งที่ 2 เขียนโปรแกรมควบคุมการทำงาน



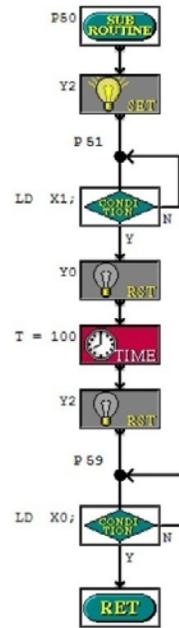
Main program



Program sub-routine; ควบคุมการ Zero return



Program sub-routine;
ควบคุมการจับชิ้นงาน



Program sub-routine;
ควบคุมการวางชิ้นงาน

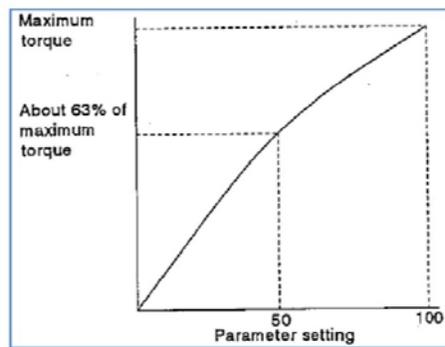
คำสั่งที่ 3 กำหนดค่า Electronic gear ratio และตั้งค่า servo amp.

เงื่อนไขกำหนดให้

- Servo motor, Pulse encoder = 8,000 PLS/rev.
- สัญญาณ Pulse ที่ถูกสร้างจาก position controller = 15,000 Hz.
- ความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ต้องการ = 550 RPM

$$\begin{aligned}\frac{CMX}{CDV} &= N_0 \times P_t \times \frac{1}{f_0} \\ &= \frac{550}{60} \times 8,000 \times \frac{1}{15,000 \text{ Hz}} \\ &= \frac{4888}{1000} \\ &= \frac{611}{125}\end{aligned}$$

คำสั่งที่ 4 ประมาณค่าสำหรับตั้งค่าจำกัดแรงบิด และตั้งค่าที่ servo amp.



HC-PQ43, Mitsubishi, max. torque = 2.92 N-m.

ค่า Parameter setting กับค่า Torque

Servo motor รุ่น HC-PQ , Mitsubishi

$$\begin{aligned}\text{Para.set. ??} &= \frac{\Delta \text{Para. set. } 50 - 0\%}{\Delta \text{Torque } 1.8396 - 0 \text{ Nm. @ } 63\%} \times 0.45 \text{ Nm} \\ &= 20.384 \\ &\approx 20, 21\%\end{aligned}$$

| | |
|---|---|
|  | ใบประเมินผลการทดสอบ |
| | ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกลขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าและระบบเซอร์โว Electrical Drive and Servo system การทดสอบหลังเรียน เรื่อง: การควบคุมการขับเคลื่อนเซอร์โวมอเตอร์ |

การประเมินผลการทดสอบ (แบบที่ 1)

ชื่อ-นามสกุล..... วันที่.....
 รหัสนักศึกษา..... ชั้นปี..... ผู้ประเมิน.....

| รายการหัวข้อการประเมินผล | ทำได้ | | ผลคูณ | คะแนนเต็ม | หมายเหตุ |
|---|-------|--------|-------|-----------|----------|
| | คะแนน | ตัวคูณ | | | |
| 1. การกำหนดค่าการทำงานเบื้องต้น | | 3 | | 40 | |
| 2. การกำหนดค่าการ zero return | | 3 | | 30 | |
| 3. การเขียนโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ | | 3 | | 30 | |
| 4. การเขียนโปรแกรมควบคุมสัญญาณ I/O | | 3 | | | |
| 5. การใช้งานโปรแกรมย่อย | | 2 | | | |
| 6. การเขียนโปรแกรมควบคุมการ zero return | | 3 | | | |
| 7. การใช้ Data register ในการกำหนดตำแหน่งการเคลื่อน | | 3 | | | |
| 8. การเขียนข้อมูลลง position controller | | 1 | | | |
| 9. การหาค่า electronic gear ratio | | 2 | | | |
| 10. การปรับตั้งค่า electronic gear | | 3 | | | |
| 11. การประมาณค่าสำหรับตั้งค่าจำกัดแรงบิด | | 2 | | | |
| 12. การปรับตั้งค่า Torque limit | | 3 | | | |
| รวม | | | | 110 | |
| คะแนนเฉลี่ยร้อยละที่ได้ = | | | | | |
| เริ่มเวลางาน.....เสร็จงานเวลา..... ใช้เวลา.....ชั่วโมง.....นาที | | | | | |
| สรุปผลการประเมิน..... | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

เกณฑ์การให้คะแนน

หัวข้อการประเมินที่ 9 และ 11

| เกณฑ์สำหรับการประเมิน | ระดับคะแนน | หมายเหตุ |
|-----------------------------|------------|----------|
| ถูกต้องทั้งหมด | 10 | |
| วิธีการติดถูก แต่คำตอบผิด | 6 | |
| ทำผิดทั้งหมด หรือไม่มีผลงาน | 0 | |

หัวข้อการประเมินทั้งหมดยกเว้นข้อ 9 และ 11

| เกณฑ์สำหรับการประเมิน | ระดับคะแนน | หมายเหตุ |
|-----------------------------|------------|----------|
| ถูกต้องทั้งหมด | 10 | |
| ทำผิดบ้างเล็กน้อย | 8 | |
| ทำผิดมากกว่าถูก | 2 | |
| ทำผิดทั้งหมด หรือไม่มีผลงาน | 0 | |

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ : นายเสนีย์ เทียนเรียว
 ชื่อวิทยานิพนธ์ : การสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดประลอง เรื่อง การควบคุมเซอร์
 โวมอเตอร์
 สาขาวิชา : เครื่องกล

ประวัติ

ประวัติส่วนตัว เกิดวันที่ 10 เมษายน พ.ศ. 2520 ตำบลนพรัตน์ อำเภอหนองเสือ จังหวัด
 ปทุมธานี ที่อยู่ปัจจุบัน 133 หมู่ 2 ตำบลนพรัตน์ อำเภอหนองเสือ จังหวัดปทุมธานี

ประวัติการศึกษา

สำเร็จการศึกษา ปี พ.ศ. 2545 สำเร็จการศึกษาปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขา
 วิศวกรรมเครื่อง คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ศูนย์กลางสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล

ประวัติการทำงาน

ปี พ.ศ. 2548 วิศวกร โรงงาน แพนกประกอบ ซ่อมบำรุง และทดสอบปั๊มไฮดรอลิกส์ บริษัท ยู
 เอสอี โฟว์ไลน์ จำกัด