PLC

และการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์

พิศนุรัตน์ เขจร

สารบัญ

บทที่ 1 ระบบเซอร์โวและอุปกรณ์

1.1 ความหมายของเซอร์โว 9
1.2 เซอร์โวแอมพลิฟายเออร์ 11
1.3 เซอร์โวมอเตอร์ 13
1.4 Mitsubishi Servo motor 15
1.5 เอ็นโค้ดเดอร์ 17
1.6 การประยุกต์ใช้เซอร์โวมอเตอร์แบบ rotary ในงานต่างๆ 25
1.7 AC servo HG-series สำหรับ MELSERVO J4 31
1.8 Control mode, Command Interface และ Command unit 38
1.9 MELSERVO J4 40
1.10 ประเภทของ Position control 46

บทที่ 2 การวายริ่งและตั้งค่า servo amplifier

2.1 Connector ของ servo amplifier MR-J4-A-RJ 52
2.2 โหมดการแสดงผลของ Servo amplifier MR-J4-A(RJ) 54
2.3 ซอฟต์แวร์ MR Configurator 2 56
2.4 การโหลดโปรแกรมจาก Amplifier MR-J4 60
2.5 การตั้งค่า Amplifier MR-J4 ให้เป็นค่าโรงงาน 62
2.6 การวายริ่ง input device (input แบบ digital) 64
2.7 การหยุดการเคลื่อนที่ของมอเตอร์ 70
2.8 การวายริ่ง input signal (input แบบ pulse train) 74
2.9 การวายริ่ง input แบบ Analog 76
2.10 การวายริ่ง output device 78
2.11 การมอนิเตอร์สัญญาณ input 80
2.12 การมอนิเตอร์สัญญาณ output 81
2.13 การต่อวงจร Power ของ servo amplifier 83

บทที่ 3 ระบบโหลดและการคำนวณ

3.1 Servo motor speed (N0) 86
3.2 ความเร็วเชิงเส้น (V) , หน่วย m/s 87
3.3 Ball screw drive system 89
3.4 ชนิดของ Ball screw 90
3.5 Gear ratio (GR) 92
3.6 Movement amount per rotation (AL) 94

บทที่ 4 Pulse train และการวายริ่ง

4.1 Pulse train connection 101
4.2 JOG mode 113
4.3 การตั้งค่าทิศทางการหมุนของเซอร์โวมอเตอร์ 115

บทที่ 5 Encoder และ High speed input

5.1 ประเภทของ Encoder 121
5.2 Increment rotary encoder 123
5.3 การวายริ่งสาย Rotary encoder 126

บทที่ 6 FX series servo control system

6.1 Pulse train control system 134
6.2 Position control 140
6.3 การคำนวณรอบและความเร็วของเซอร์โวมอเตอร์ 151
6.4 การคำนวณค่าต่างๆของระบบเซอร์โวแบบ ball screw 153

บทที่ 7 ค่าคงที่

7.1 ค่าคงที่แบบบิต (bit data) 157
7.2 ค่าคงที่แบบเวิร์ด (word data) 158
7.3 การใช้ Numerical display และ Numerical input โดยใช้ GOT2000 161

บทที่ 8 คำสั่งประยุกต์

8.1 คำสั่ง DEADD 168
8.2 คำสั่ง DESUB 169
8.3 คำสั่ง DEMUL 171
8.4 คำสั่ง DEDIV 172
8.5 คำสั่ง INT, DINT 174
8.6 คำสั่ง FLT, DFLT 176
8.7 คำสั่ง FLT2INT , FLT2DINT 178
8.8 คำสั่ง FLT2UINT , FLT2UDINT 179
8.9 คำสั่ง INT2FLT , DINT2FLT 180
8.10 คำสั่ง UINT2FLT , UDINT2FLT 181
8.11 คำสั่ง SPD , DSPD 182
8.12 การคำนวณความเร็วของระบบ Belt & Pulley 184
8.13 การกำหนดตำแหน่งโดยใช้ encoder 185
8.14 Special auxiliary relay และ Special data register 190
8.15 คำสั่ง PLSV , DPLSV 194
8.16 ความเร่งและความหน่วง 203
8.17 One-Touch Tuning Function 205
8.18 การตั้งค่า Max speed, bias speed, เวลาความเร่ง, เวลาความหน่วง โดยการปรับค่า PLC parameter 210
8.19 การ monitor ความเร็วรอบของมอเตอร์จากหน้าจอ display 216
8.20 High speed output special adapter, FX3U-2HYS-ADP 217
8.21 คำสั่ง PLSY , DPLSY 219
8.22 คำสั่ง PLSR , DPLSR 230
8.23 คำสั่ง DRVI , DDRVI 239
8.24 การมอนิเตอร์สัญญาณ pulse train และสัญญาณป้อนกลับ 243
8.25 Incremental Method and Absolute Method 246
8.26 คำสั่ง DRVA , DDRVA (Drive To Absolute) 248
8.27 คำสั่ง DVIT , DDVIT (Interrupt 1-speed positioning) 255
8.28 คำสั่ง PWM 265
8.29 การควบคุมความเร็วและตำแหน่งของระบบเซอร์โว (pulse train) 269
8.30 การควบคุมความเร็วของสายพานด้วย Analog control 272
8.31 การกำหนดตำแหน่งโดยใช้ encoder 276

บทที่ 9 FX5 Servo control system

9.1 Pulse train Control System FX5 280
9.2 การตั้งค่า PLC Parameter กรณีใช้คำสั่ง positioning 281
9.3 Special relay 287
9.4 Special data register 288
9.5 คำสั่ง HCMOV, DHCMOV 289
9.6 คำสั่ง PLSV , DPLSV 290
9.7 คำสั่ง DRVI , DDRVI 295
9.8 คำสั่ง DRVA , DDRVA 303
9.9 คำสั่ง DVIT , DDVIT 307
9.10 คำสั่ง SPD , DSPD 312

บทที่ 10 Network interface

10.1 SSCNET Control system 315
10.2 CC-Link Position Control system 319
10.3 Modbus RTU 320
10.4 Analog Control system 320

บทที่ 11 Stepper motor

11.1 Stepper motor 321
11.2 ประเภทของ Stepper motor 322
11.3 Stepper motor driver 323
11.4 Resolution of stepper motor (Pt) , หน่วย pulse/rev 328

ภาคผนวก

A1 การเทียบรุ่น Amplifier และ Servo motor ที่ยกเลิกการผลิต (J2 to J4) 331

Sequencer family type

รูปที่1.2 เป็น system แบบ sequencer family มีส่วนประกอบหลักคือ

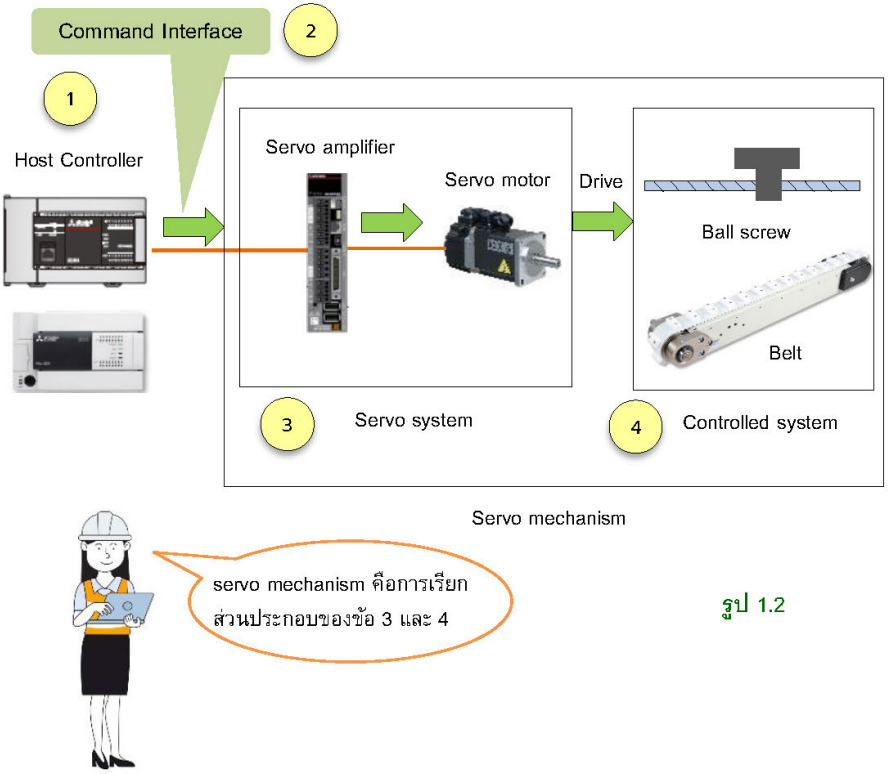
1. Host controller คืออุปกรณ์ที่ใช้จ่ายสัญญาณให้กับ servo amplifier เช่น PLC, positioning module โดย controller ใช้ได้หลายแบบเช่น FX series, iQ-F series เป็นต้น

2. command interface คือรูปแบบการส่งคำสั่งระหว่าง controller และ servo amplifier

3. servo system คือระบบที่ประกอบไปด้วย servo amplifier และ servo motor

3.1 servo amplifier หรือเรียกสั้นๆว่า amplifier เป็นอุปกรณ์ controller ที่รับคำสั่งจาก Host controller และใช้ควบคุมการหมุนของ servo motor, servo amplifier ยังเรียกได้หลายแบบเช่น drive unit, drive amplifier, servo drive เป็นต้น

3.2 servo motor หรือเรียกว่า drive motor, เป็นมอเตอร์ที่ใช้ขับเคลื่อนโหลดต่างๆ สามารถควบคุมตำแหน่งและความเร็วได้อย่างละเอียดในระดับ μm



รูป 1.2

4. controlled system คือระบบโหลดต่างๆ เช่น ball screw, สายพาน เป็นต้น ระบบโหลดจะเชื่อมกับเพลาของ servo motor

MELSERVO

Servo amplifier ของ Mitsubishi ใช้ตัวย่อว่า MELSERVO เริ่มต้นผลิตเมื่อปี 1982 โดยซีรีส์แรกคือ MR-A/So (ประมาณ ค.ศ. 1980) ถัดมาคือ MR-SA, SB/SC•SD (ประมาณ ค.ศ.1985) รูปที่ 1.4 แสดงซีรีส์ต่างๆที่ยกเลิกการผลิตแล้ว

MR-J
Introduced (1988) -
Discontinued (2000)

MR-C
Introduced (1999) -
Discontinued (April 2013)

MR-H
Introduced (1993) -
Discontinued (2005)

MR-J2
Introduced (1993) -
Discontinued (2006)

MR-J2S/MR-J2M
Introduced (1999) -
Discontinued (2015)

MR-J3
Introduced (2003) -
Discontinued (2019)

MR-E
Introduced (2000) -
Discontinued (2016)

MR-E super
Introduced (2009) -
Discontinued (2016)

รูป 1.4

ซีรีส์ปัจจุบันที่ทำตลาดอยู่คือ MR-JN, MR-JE, MR-J4, MR-J5 และ MR-JET

MR-JN

MR-JE

MR-J4

MR-J5

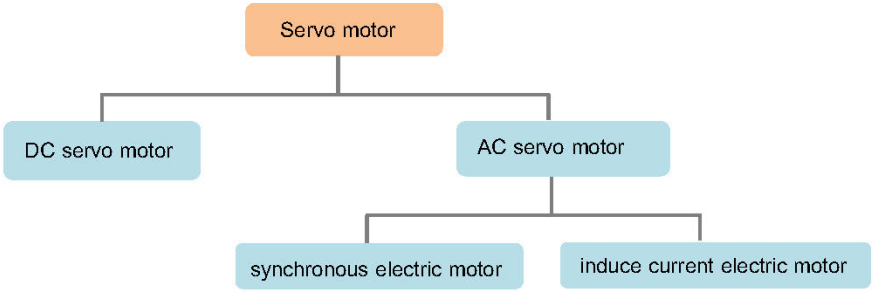
MR-JET

รูป 1.5

รุ่นที่นิยมใช้กันมากที่สุดคือ MR-J4 เนื่องจากเป็นรุ่นที่มีช่วงการผลิตนานกว่ารุ่นอื่นๆ

1.3 เซอร์โวมอเตอร์

เซอร์โวมอเตอร์ (servo motor) คือมอเตอร์ที่สามารถควบคุมความเร็ว ตำแหน่ง และแรงบิดได้อย่างแม่นยำ เมื่อแบ่งตามประเภทการจ่ายไฟ เซอร์โวมอเตอร์มีสองแบบคือ DC servo motor และ AC servo motor สำหรับ AC servo motor แบ่งออกเป็นสองแบบคือ synchronous electric motor และ induce current electric motor



รูป 1.6

1. DC servo motor

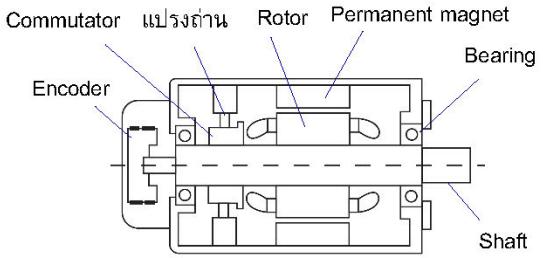
คือเซอร์โวมอเตอร์แบบไฟฟ้ากระแสตรง ทำงานโดยใช้ไฟฟ้ากระแสตรงสร้างสนามแม่เหล็กที่ stater ส่วนสนามแม่เหล็กที่ rotor ใช้แม่เหล็กถาวร นิยมใช้กับโหลดขนาดเล็ก เนื่องจากมีแรงบิดน้อย

-ข้อดีของ DC servo motor คือ

1. ระบบมีราคาต่ำกว่าแบบ AC เนื่องจาก servo amplifier ที่ใช้ควบคุมมอเตอร์ DC servo motor มีความซับซ้อนน้อยกว่าแบบ AC servo motor

-ข้อเสียของ DC servo motor คือ

1. ต้องมีการบำรุงรักษาเป็นระยะๆ เนื่องจากมีฝุ่นที่เกิดจากแปรงถ่าน
2. ไม่เหมาะกับโหลดที่ต้องใช้แรงบิดมาก



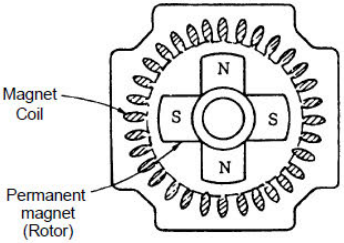
รูป 1.7

2. AC servo motor

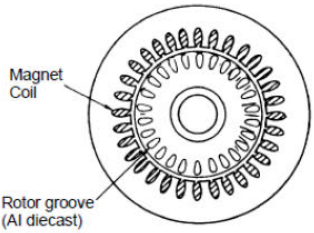
คือเซอร์โวมอเตอร์แบบไฟฟ้ากระแสสลับ ทำงานโดยใช้ไฟฟ้ากระแสสลับสร้างสนามแม่เหล็ก AC servo motor นิยมใช้งานมากกว่า DC servo motor เนื่องจากมีข้อดีคือ
1. ไม่ต้องมีการบำรุงรักษา เนื่องจากไม่มีแปรงถ่าน 2. ความเร็วรอบสูงกว่าแบบ DC servo motor และ 3. ทนต่อสภาพแวดล้อมได้ดี

2.1 AC servo motor **แบบ** synchronous electric motor (SM) ทำงานโดยใช้สนามแม่เหล็กที่สร้างโดยขดลวด stator ตัดกับสนามแม่เหล็กที่ rotor สนามแม่เหล็กของ rotor ใช้แม่เหล็กถาวร เป็นมอเตอร์ที่นิยมใช้มากที่สุด
มีข้อดีคือ 1. มีประสิทธิภาพสูงในช่วง capacity ขนาดกลางและขนาดต่ำ
2. ทนต่อสภาพแวดล้อมได้ดี
ข้อเสียคือ มีความเสี่ยงต่อการเสียหายของแม่เหล็กถาวร

2.2 AC servo motor **แบบ** induce current electric motor (IM) ทำงานโดยใช้สนามแม่เหล็กที่สร้างโดยขดลวด stator ส่วนสนามแม่เหล็กของ rotor ใช้หลักการสร้างสนามแม่เหล็กแบบเหนี่ยวนำ เช่นเดียวกับ induction motor
มีข้อดีคือ
1. ในช่วง capacity สูงจะได้ประสิทธิภาพสูง คือให้ความเร็วสูง และแรงบิดสูง ดังนั้นจึงนิยมใช้ในงานที่ต้องใช้กำลังไฟฟ้ามาก
ข้อเสียคือ
1. กรณีแหล่งจ่ายไฟถูกตัด การเบรกมอเตอร์จะทำได้ยากกว่า synchronous electric motor
2. คุณลักษณะการทำงาน เปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ



synchronous electric motor

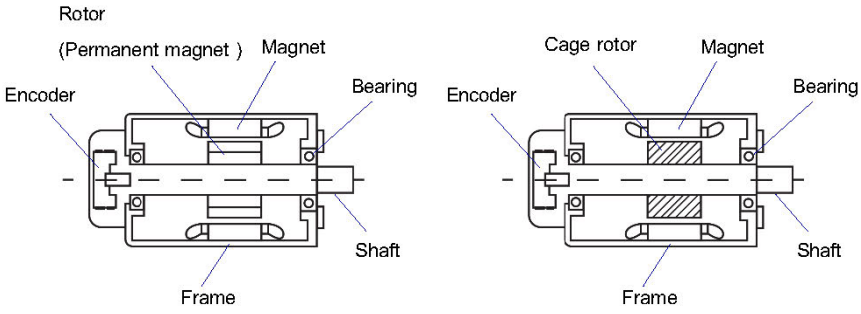


induce current electric motor

รูป 1.8

รูปที่ 1.8 แสดงหน้าตัด stator และ rotor ของ SM motor และ IM motor

รูปที่ 1.9 แสดงโครงสร้างของ AC servo motor แบบ synchronous electric motor และ induce current electric motor



Synchronous electric motor

Induce current electric motor

รูป 1.9

1.4 Mitsubishi Servo motor

เซอร์โวมอเตอร์มิตซูบิชิมี 3 แบบคือ rotary servo motor, linear servo motor และ direct drive motor (แบ่งตามลักษณะการเคลื่อนที่)

rotary servo motor

linear servo motor

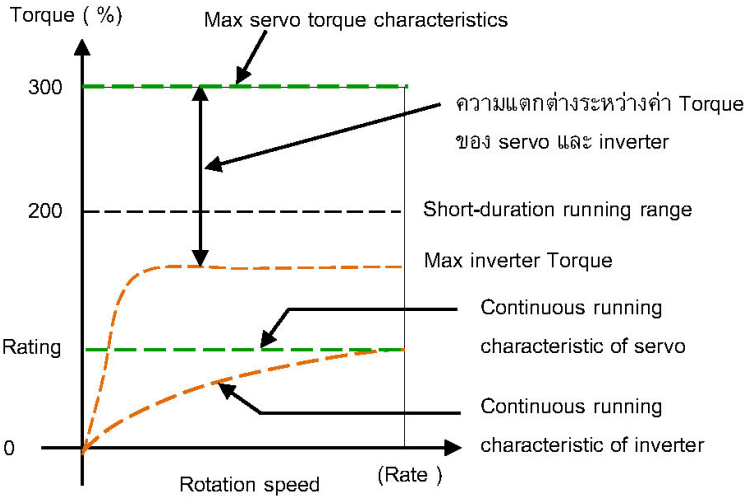
Direct drive motor

รูป 1.10

1. rotary servo motor เป็นมอเตอร์ที่ใช้การหมุนของ rotor ในการขับโหลด
2. Linear servo motor คือมอเตอร์ที่ใช้การเคลื่อนที่แบบเชิงเส้นในการขับโหลด
3. direct drive motor ทำงานแบบหมุนที่ความเร็วต่ำและแรงบิดสูง

เปรียบเทียบระบบเซอร์โวและอินเวอร์เตอร์

เซอร์โวมอเตอร์ถูกออกแบบมาพิเศษสำหรับ inertial ของโรเตอร์ (J หรือ GD^2) และการตอบสนองทางไฟฟ้าเช่น การเปลี่ยนแปลงอย่างกระทันหันของแรงดันและกระแสจาก servo amplifier แม้แต่ servo amplifier ก็สามารถส่งคำสั่งไปยัง servo motor ได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ



รูป 1.19

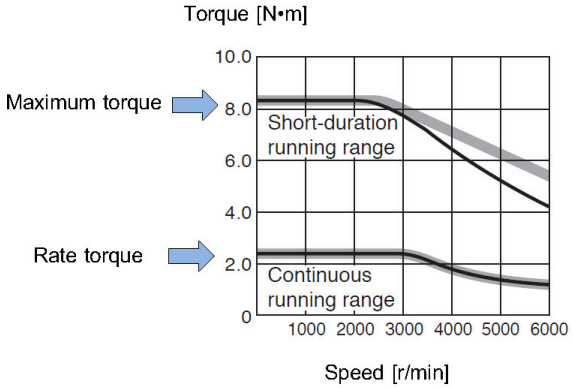
รูป 1.20

รูปที่ 1.19 เป็นกราฟของแรงบิดที่แปรผันตามความเร็วของมอเตอร์ เปรียบเทียบระหว่างเซอร์โวมอเตอร์มิตซูบิชิ กับมอเตอร์เหนี่ยวนำทั่วไป โดยมีความแตกต่าง 3 จุดคือ

1. แรงบิดของเซอร์โวมอเตอร์คงที่กว่าตั้งแต่ช่วงความเร็วต่ำถึงความเร็วพิกัด
2. แรงบิดสูงสุดมีค่ามากกว่า เช่นในรูป 1.19 แรงบิดสูงสุดของเซอร์โวมอเตอร์สามารถทำได้ถึง 300% (ในระยะสั้นๆ) เซอร์โวมอเตอร์บางซีรีส์เช่น HG-KR, HG-KP ทำแรงบิดได้ 350%
3. การควบคุมความเร็วของเซอร์โวมอเตอร์มีช่วงที่กว้างกว่า

แรงบิด

แรงบิด (torque) คือแรงของมอเตอร์ที่ใช้ในการขับโหลด มีหน่วยเป็นนิวตันเมตร (N• m) เซอร์โวมอเตอร์ที่มีกำลังไฟฟ้ามาก ก็จะให้แรงบิดมาก แรงบิดจะมีค่าคงที่ ที่ระดับความเร็วช่วงนึงเท่านั้น เมื่อความเร็วมอเตอร์เพิ่มถึงจุดหนึ่ง แรงบิดจะลดลง



รูป 1.23

รูปที่ 1.23 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดและความเร็วเซอร์โวมอเตอร์รุ่น HG-KR73(B) (ทั้งแบบมีเบรกและไม่มีเบรก) ขนาดกำลังไฟฟ้า 750W

กรณีมอเตอร์หมุนแบบต่อเนื่องที่ช่วงความเร็ว 0 ถึง 3000 rpm จะได้แรงบิดคงที่คือประมาณ 2.4 นิวตันเมตร (แรงบิดกรณีนี้เรียกว่า rated torque) ถ้าความเร็วเกิน 3000 rpm แรงบิดจะลดลง ทำให้ความสามารถในการขับโหลดลดลง

เซอร์โวมอเตอร์สามารถเพิ่มแรงบิดได้มากสุดที่ 8.4 นิวตันเมตร (Maximum torque) ที่ความเร็วไม่เกิน 3000 rpm แต่เป็นการขับโหลดได้ในระยะเวลาสั้นๆเท่านั้น การทำงานแบบนี้เรียกว่า short-duration running

HG-KR73	**HG-KR73B**
Moment of inertia J (standard) = 1.26 (× 10-4 kg•m^2)	Moment of inertia J (With electromagnetic brake) = 1.37 (× 10-4 kg•m^2)

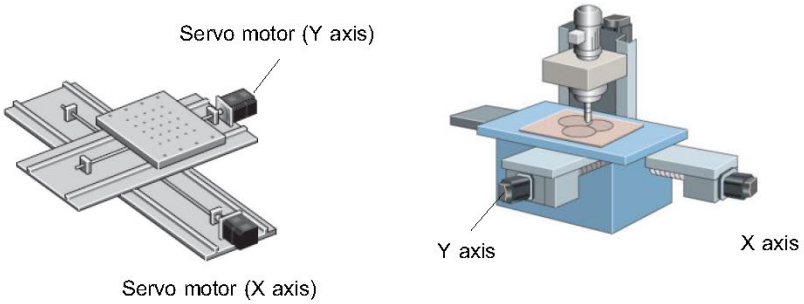
สำหรับค่าความเฉื่อยของมอเตอร์จะแยกเป็นมอเตอร์รุ่นไม่มีเบรกกับรุ่นที่มีเบรก

เช่น HG-KR73 คือมอเตอร์แบบไม่มีเบรก จะมี moment of inertia เท่ากับ 1.26 ส่วน HG-KR73B คือมอเตอร์แบบมี electromagnetic brake จะมี moment of inertia เท่ากับ 1.37 ค่าต่างๆของมอเตอร์เช่น กำลังไฟฟ้า, rated torque , maximum torque หรือค่าความเฉื่อย ดูได้จากคู่มือ data sheet ของเซอร์โวมอเตอร์

1.6 การประยุกต์ใช้เซอร์โวมอเตอร์แบบ rotary ในงานต่างๆ

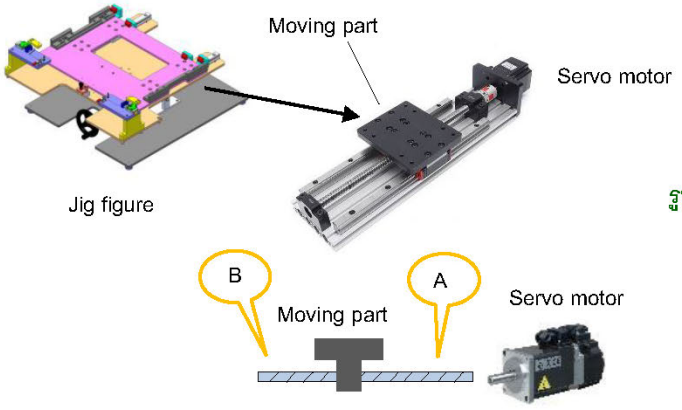
1. เครื่องจักรที่ต้องการควบคุมตำแหน่ง (position control)

1.1) XY table เป็นการใช้เซอร์โวแบบสองแกนคือแกน X และแกน Y ตัวอย่างเครื่องจักรเช่น เชื่อมแผ่นเหล็ก เชื่อมโครงเหล็ก งานเจาะ เป็นต้น



รูป 1.24

1.2) 1 Axis Table คือเครื่องจักรที่ใช้เซอร์โวแกนเดียว สำหรับเคลื่อนที่ load แบบไปกลับ สามารถกำหนดตำแหน่ง load ได้หลายๆระยะ และมีความแม่นยำ



รูป 1.25

รูปที่ 1.25 เป็นการใช้ servo motor ขับ ball screw โดยต้องการให้ moving part เคลื่อนที่จากจุด A ไปยังจุด B ,moving part คือ part ที่เคลื่อนที่แบบเส้นตรงโดยใช้การหมุนของ ball screw ซึ่ง moving part ก็สามารถนำโหลดอื่นมาติดตั้งได้ เช่น jig figure เป็นต้น

AC servo motor และ Servo amplifier ที่ใช้งานในปัจจุบัน

เซอร์โวมอเตอร์มิตซูบิชิที่มีจำหน่ายในปัจจุบันคือ HG series, HK series, HF series

เซอร์โวมอเตอร์ HG series ก็จะแบ่งย่อยออกเป็น HG series ที่ใช้กับ MR-JE, HG series ที่ใช้กับ MR-J4 และ HG series ที่ใช้กับ MR-JET เป็นต้น

รูปที่ 1.36 MR-JE ต้องใช้มอเตอร์รุ่น HG-KN และ HG-SN และเมื่อเจาะลึกไปที่รุ่นย่อยๆแล้ว MR-JE-10B/ MR-JE-10A จะต้องใช้มอเตอร์รุ่น HG-KN13(B)J เป็นต้น

รูป 1.36

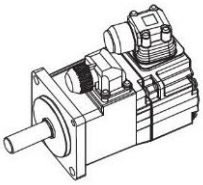
Servo Motor		Servo Amplifier
HG-KN Series	HG-KN13(B)J	MR-JE-10B/MR-JE-10A
	HG-KN23(B)J	MR-JE-20B/MR-JE-20A
	HG-KN43(B)J	MR-JE-40B/MR-JE-40A
	HG-KN73(B)J	MR-JE-70B/MR-JE-70A
HG-SN Series	HG-SN52(B)J	MR-JE-70B/MR-JE-70A
	HG-SN102(B)J	MR-JE-100B/MR-JE-100A
	HG-SN152(B)J	MR-JE-200B/MR-JE-200A
	HG-SN202(B)J	MR-JE-200B/MR-JE-200A
	HG-SN302(B)J	MR-JE-300B/MR-JE-300A

รูปที่ 1.36 แสดง servo motor ที่ใช้กับ amplifier แต่ละรุ่น โดยเป็นการสรุปแบบภาพรวมเท่านั้น การเลือกใช้ amplifier และมอเตอร์จะต้องพิจารณารุ่นย่อยๆของแต่ละอุปกรณ์ว่ารุ่นไหนที่สามารถใช้ด้วยกันได้

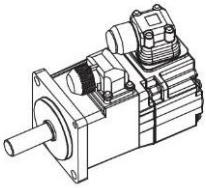
ตาราง 1.1 แสดงรุ่นของ MELSERVO JE และรุ่นของเซอร์โวมอเตอร์ที่ใช้ด้วยกันได้

1.7 AC servo HG-series สำหรับ MELSERVO J4

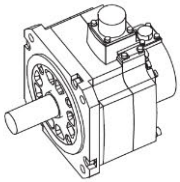
เซอร์โวมอเตอร์ HG series ที่ใช้กับ servo amplifier MR-J4 มีทั้งหมด 6 ซีรีส์ ดังรูปที่ 1.37



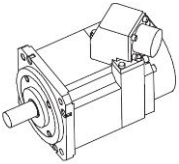
HG-MR series
Small capacity



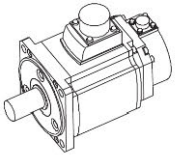
HG-KR series
Small capacity



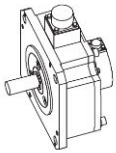
HG-SR series
Medium capacity



HG-JR series
Medium capacity/
Large/ultra-large capacity



HG-RR
Large capacity



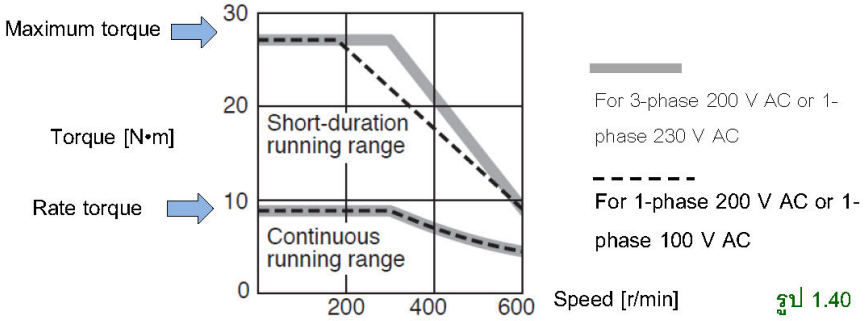
HG-UR
Medium capacity
Flat type

รูป 1.37

ตาราง 1.2 แสดงเซอร์โวมอเตอร์ HG series โดยแบ่งตามระดับความเฉื่อย พิกัดแรงดันใช้งาน และช่วงของกำลังไฟฟ้าที่มีการผลิต

HG-KR series	Low inertia	200 V AC	50 W to 750 W
HG-MR series	Ultra-low inertia	200 V AC	50 W to 750 W
HG-SR series	Medium inertia	200 V AC	0.5 kW to 7 kW
		400 V AC	0.5 kW to 7 kW
HG-JR series	Low inertia	200 V AC	0.5 to 37 kW
		400 V AC	0.5 to 220 kW
HG-AK series	Ultra-compact	48/24 V DC	10 W to 30 W
HG-RR series	Ultra-low inertia	200 V AC	1 kW to 5 kW
		400 V AC	1 kW to 5 kW
HG-UR series	Flat type	200 V AC	11 to 22 kW

11 to 22 kW (Future)

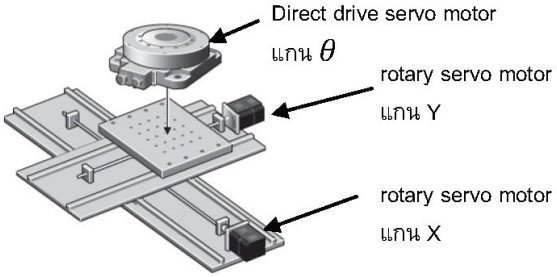


รูป 1.40

รูปที่ 1.40 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดและความเร็วมอเตอร์รุ่น TM-RG2M009G30, TM-RU2M009G30

รูป 1.41

รูปที่ 1.41 เป็นการใช้ direct drive servo motor หมุน index table หรือ disc table, rotary servo motor สามารถหมุน index table ได้เช่นกัน แต่ DD motor จะรับแรงบิดได้สูงกว่า rotary servo motor

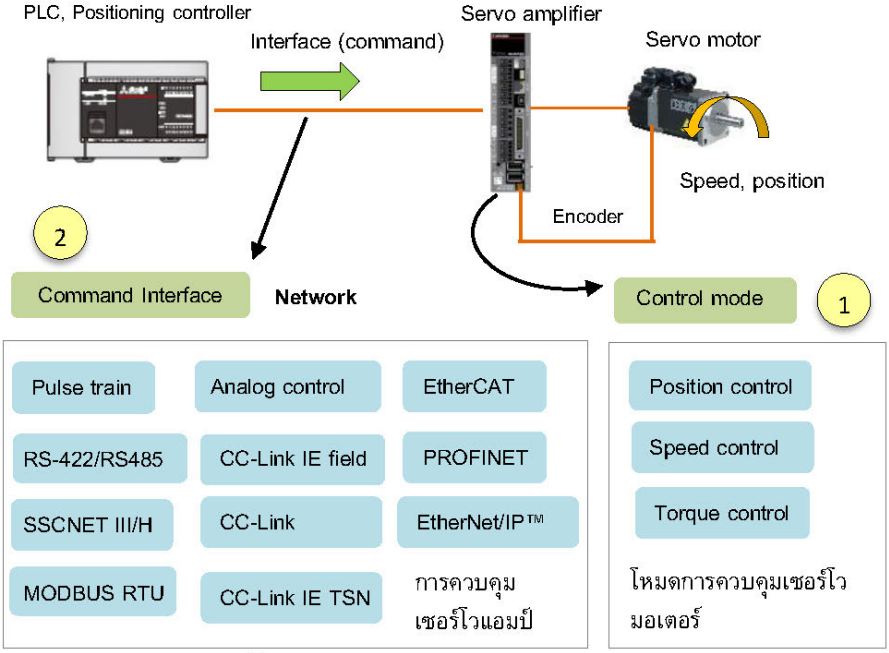


รูป 1.42

รูปที่ 1.42 เป็นการใช้ direct drive servo motor รวมกับ rotary servo motor ทำงาน 3 แกน แบบ XYθ โดย rotary servo motor เคลื่อนที่ ball screw ในแนวแกน X-Y ส่วน DD motor ทำงานในแนวแกน θ

1.8 Control mode, Command Interface และ Command unit

1. Control mode คือโหมดของ servo amplifier ที่ใช้ควบคุม servo motor มี 3 โหมดคือ position control, speed control และ torque control



รูป 1.43

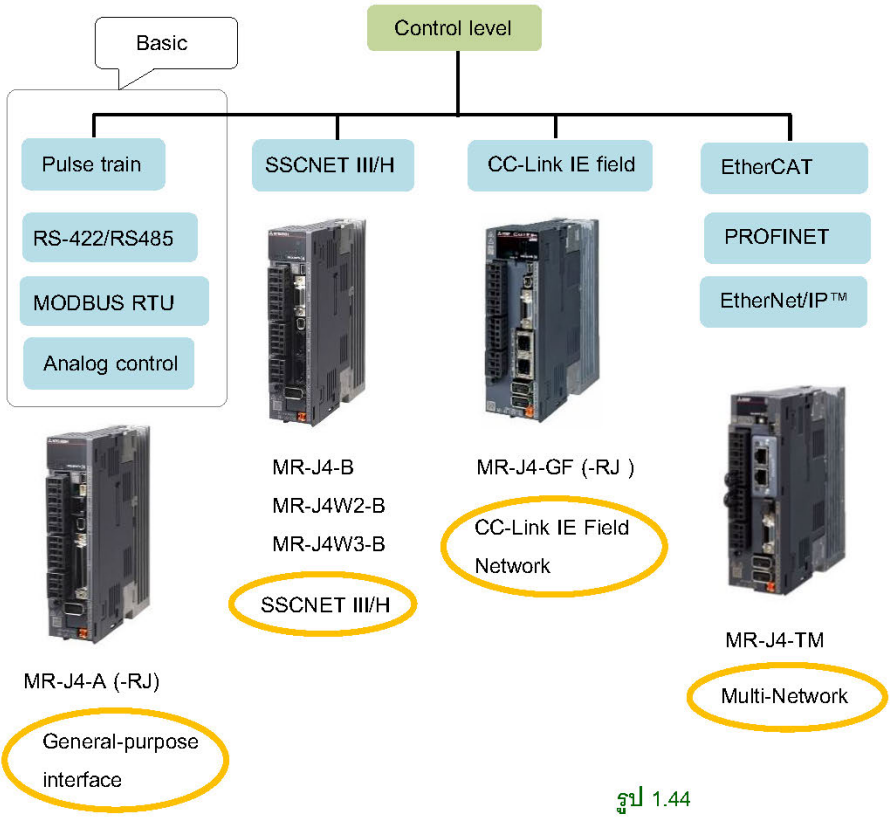
2. Command interface หรือเรียกสั้นๆว่า interface (หรือ command) คือรูปแบบการส่งสัญญาณคำสั่งระหว่าง PLC และ amplifier ซึ่งก็คือรูปแบบการควบคุม servo amplifier

จากรูป 1.43 command Interface มีหลายแบบเช่น Pulse train, Analog, RS-422, MODBUS RTU หรือ network ต่างๆ เป็นต้น การเลือกใช้ command interface จะต้องเหมาะกับ control mode ด้วย เช่น pulse train จะเหมาะกับ position control , analog interface เหมาะกับ speed control เป็นต้น

3. Command unit คือการกำหนดว่า จะให้มอเตอร์วิ่งในหน่วยอะไรมี 4 แบบคือ mm, inch, degree, pulse

Control level และรุ่นของ Servo amplifier J4

command interface มีหลายรูปแบบ การนำรูปแบบ command interface มาจัดหมวดหมู่ จะได้ระดับการควบคุม (control level) ดังรูปที่ 1.44



รูป 1.44

1. **interface แบบ** pulse train, RS-422/RS485, MODBUS RTU **และ** analog control เป็น interface ที่เป็น level แบบ basic โดย amplifier ที่ใช้ได้กับ interface กลุ่มนี้คือ MR-J4-A(RJ) amplifier รุ่นที่เป็น code A จะเรียกว่า general-purpose interface

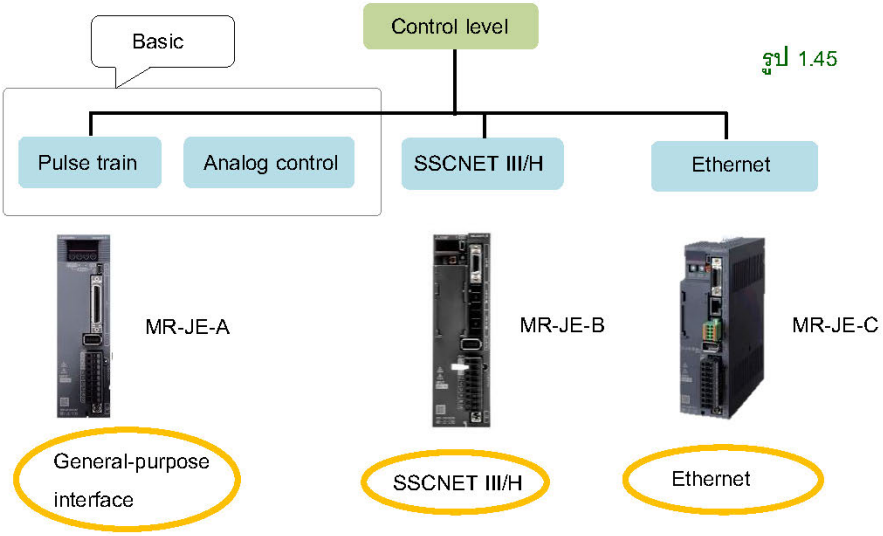
2. **interface แบบ SSCNET III/H** , โดย servo amplifier ที่ใช้ได้กับ interface ประเภทนี้คือ MR-J4-B , amplifier รุ่นที่เป็น code B จะเรียกว่า SSCNET III/H

3. **interface แบบ CC-Link IE field** , amplifier ที่ใช้ได้กับ interface ประเภทนี้คือ MR-J4-GF (-RJ) , amplifier รุ่นนี้จะเรียกว่า CC-Link IE Field Network

4. **interface แบบ EtherCAT, PROFINET,EtherNet/IP™**, amplifier ที่ใช้ได้กับ interface ประเภทนี้คือ MR-J4-TM, amplifier รุ่นนี้จะเรียกว่า Multi-Network

Control level และรุ่นของ Servo amplifier JE

รูปที่ 1.45 แสดง command interface ที่ใช้กับ servo amplifier JE



1. amplifier ที่ใช้กับ interface แบบ basic คือ MR-JE-A โดย amplifier รุ่นนี้จะเรียกว่า general-purpose interface
2. amplifier ที่ใช้กับ interface แบบ SSCNET III/H คือ MR-JE-B
3. amplifier ที่ใช้กับ interface แบบ Ethernet คือ MR-JE-C

MR-JE - □ □

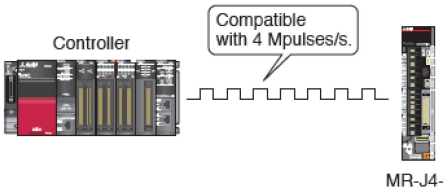
Mitsubishi General Purpose AC Servo Amplifier

Symbol	Interface
A	General Purpose
BF	SSCNET III/H
C	Ethernet

Symbol	Rated Output (kW)
10	0.1
20	0.2
40	0.4
70	0.75
100	1
200	2
300	3

Maximum Input Pulse Frequency และ Maximum output Pulse Frequency

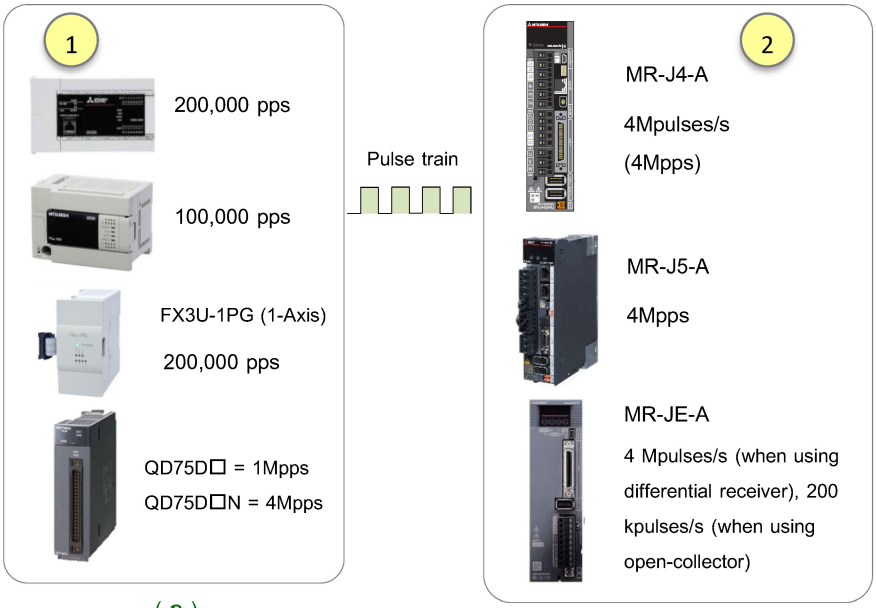
ในการควบคุมแบบตำแหน่งโดยใช้ pulse train มีข้อจำกัดในด้านความถี่ของอุปกรณ์ 2 แบบ คือ อุปกรณ์ส่งความถี่และอุปกรณ์รับความถี่



รูป 1.48

1. **Maximum output pulse frequency** คือความสามารถในการจ่ายพัลส์ของ plc หรือ positioning module รูปที่ 1.49 (ก) อุปกรณ์แต่ละแบบมีความสามารถจ่ายพัลส์ที่ต่างกัน เช่น PLC FX5U (transistor output) จ่ายความถี่ได้มากสุด 200,000 pulses/sec (200Kpps), QD75D□N จ่ายความถี่ได้มากสุด 4,000,000 pulse/sec (4Mpps) เป็นต้น

2. **Maximum input pulse frequency** คือความสามารถของ amplifier ในการรับ pulse train โดยส่วนใหญ่ amplifier จะรับ pulse train ได้สูงอยู่แล้ว โดย MR-J4-A สามารถรับ pulse train ได้มากสุดที่ 4Mpps , MR-JE-A สามารถรับ pulse train ได้มากสุดที่ 4MHz และ 200KHz เป็นต้น



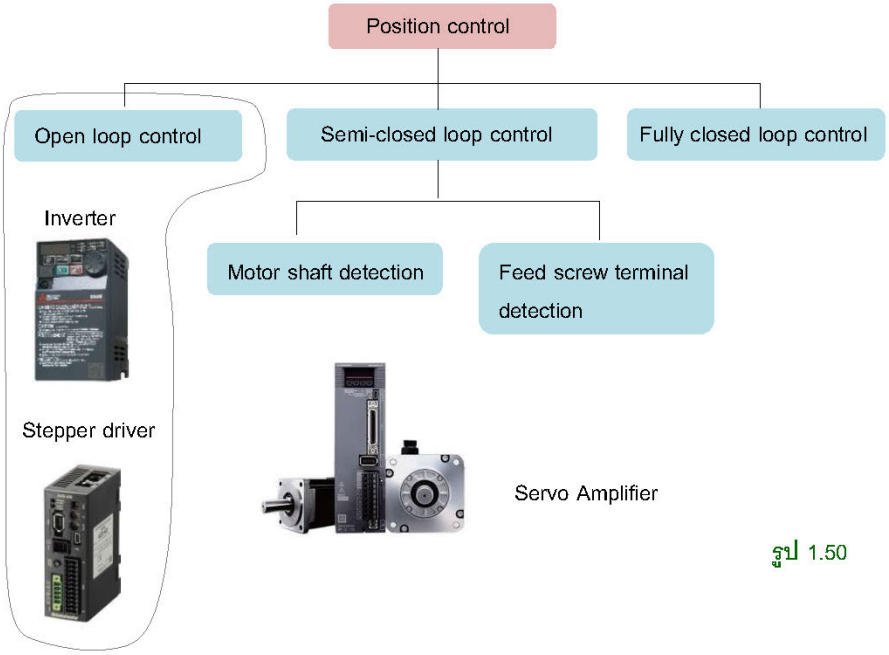
(ก) (ข)

รูป 1.49

1.10 ประเภทของ Position control

การควบคุมแบบตำแหน่ง (Position control) มี 3 แบบคือ open loop , semi-closed loop และ fully closed loop

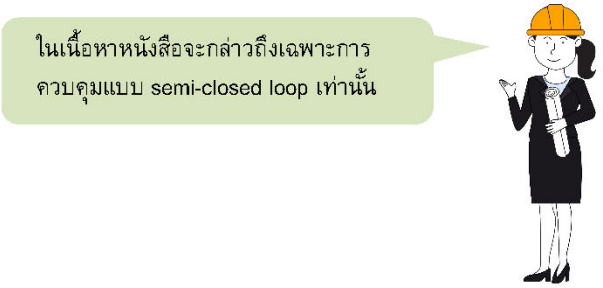
ส่วน semi-closed loop แบ่งออกเป็น 2 แบบคือ motor shaft detection และ feed screw terminal detection



รูป 1.50

open loop คือการควบคุมมอเตอร์เช่น การใช้ inverter ควบคุม induction motor หรือการใช้ stepper driver ควบคุม stepper motor เป็นต้น

semi-closed loop และ fully closed loop คือการควบคุม servo motor โดยการใช้ servo amplifier

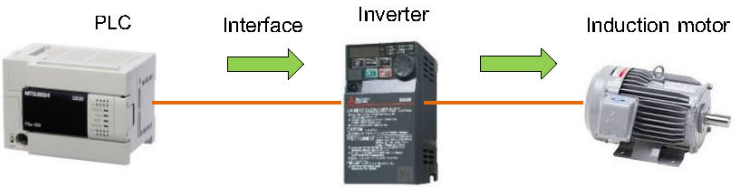


Open loop

open loop คือการควบคุมแบบไม่มีสัญญาณป้อนกลับ ตัวอย่างเช่นการควบคุม stepper motor หรือ induction motor เป็นต้น

การควบคุม induction motor ด้วย inverter

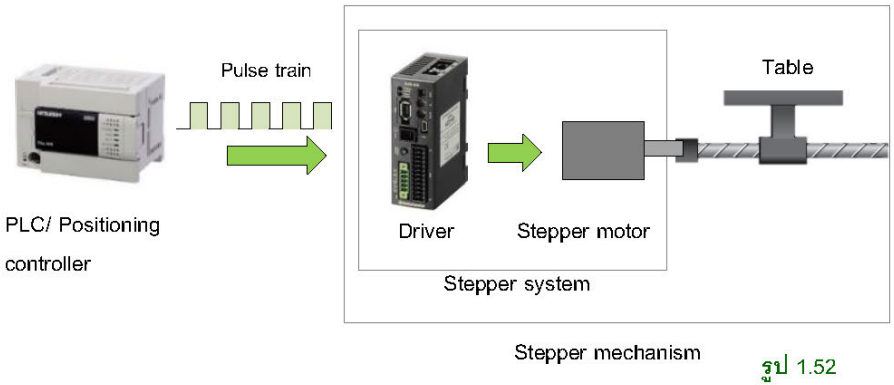
รูปที่1.51 เป็นระบบการควบคุมมอเตอร์เหนี่ยวนำ (induction motor) ซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์ 3 แบบคือ PLC , inverter, และมอเตอร์ โดย PLC ใช้สั่งงาน inverter ,inverter ใช้สั่งงานมอเตอร์ เนื่องจากที่ตัวมอเตอร์ไม่มี encoder เมื่อ motor หมุน ระบบจะไม่สามารถทราบตำแหน่งการหมุนของมอเตอร์



รูป 1.51

ระบบสามารถปรับความเร็ว, ทอร์ก และตำแหน่งได้ แต่ไม่แม่นยำ

การควบคุม stepper motor



รูป 1.52

รูปที่ 1.52 เป็นการควบคุม stepper motor โดย PLC จ่ายพัลส์ให้กับ driver ซึ่งสามารถจ่ายพัลส์ได้อย่างเดียวเท่านั้น ส่วนตำแหน่งการหมุนของเพลามอเตอร์จะไม่สามารถทราบได้ เนื่องจากไม่มี encoder บอกตำแหน่ง

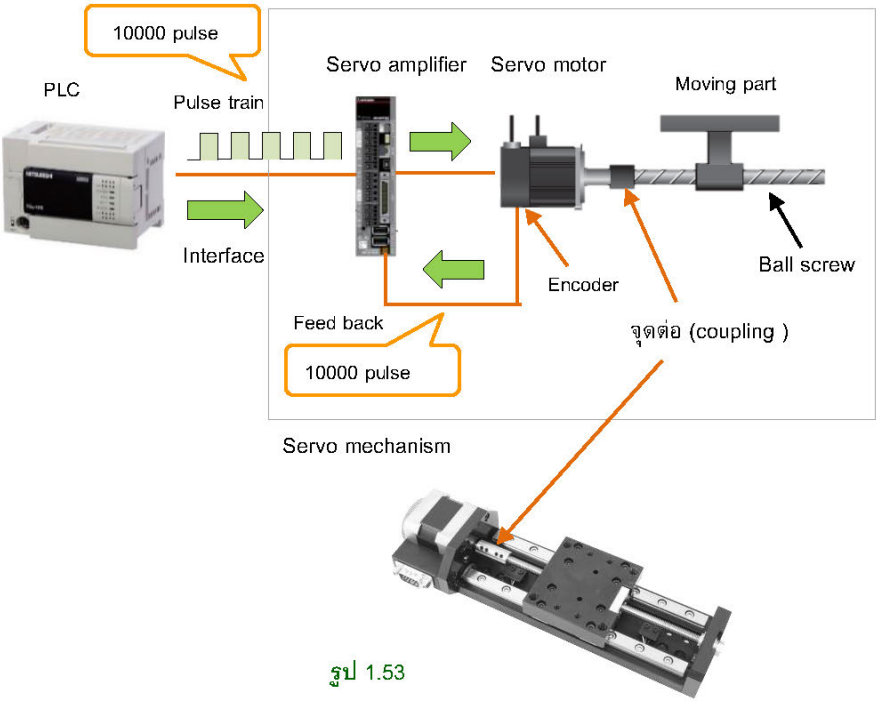
ข้อดีระบบ : ราคาถูก ใช้งานง่าย

ข้อเสีย : ไม่สามารถทราบตำแหน่งมอเตอร์

Semi-closed loop, Motor shaft detection

คือการควบคุม servo motor โดยการตรวจจับตำแหน่งที่เพลา (shaft) ของมอเตอร์ เมื่อเพลาของมอเตอร์หมุน encoder ก็จะบอกได้ว่ามีการหมุนไปแล้วที่ระยะเท่าไหร่

ตัวอย่างรูปที่ 1.53 PLC จ่ายพัลส์ให้กับ servo amplifier 10000 pulse เมื่อมอเตอร์หมุนครบตามจำนวนแล้ว encoder ก็จะส่งค่าพัลส์กลับมาที่ servo amplifier เป็นจำนวน 10000 pulse เช่นกัน



รูป 1.53

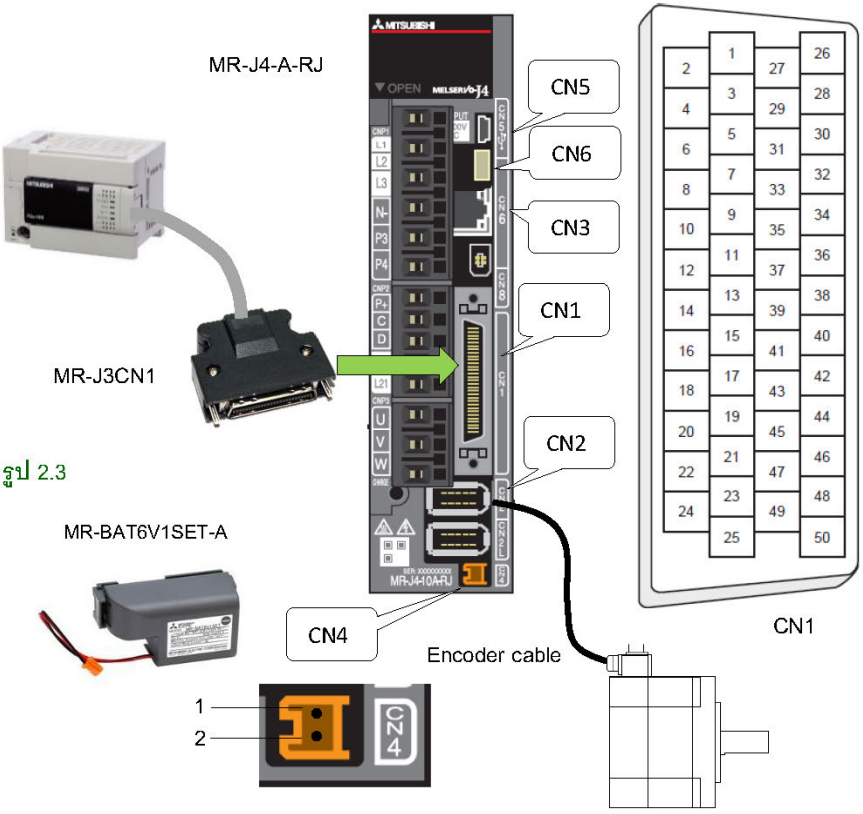
ระบบ semi-closed loop สามารถบอกตำแหน่งและความเร็วของมอเตอร์โดยอาศัยการหมุนของเพลา แต่สำหรับตำแหน่งจริงๆของส่วนเคลื่อนที่เช่น moving part ไม่สามารถทราบได้ เช่นในรูป 1.53 เป็นการใช้มอเตอร์ขับ ball screw จุดต่อระหว่างเพลามอเตอร์กับ ball screw คือ coupling ถ้า coupling ไม่แน่น ตำแหน่งของ ball screw จะมีความคลาดเคลื่อน

การควบคุมกรณีนี้ ถ้าไม่มีปัญหาทาง mechanic แล้ว ก็เพียงพอสำหรับการระบุตำแหน่งของ moving part

2.1 Connector ของ servo amplifier MR-J4-A-RJ

รูปที่ 2.3 เป็น connector ของ servo amplifier MR-J4-A-RJ ซึ่ง connector ใช้สำหรับวายริ่งวงจร power, วงจร input และ output โดย connector มีหน้าที่ต่างๆดังนี้

1. CN1 คือ connector แบบ 50Pin ใช้วายริ่งสัญญาณ I/O สำหรับ connector ตรงข้ามที่ใช้กับ CN1 คือ MR-J3CN1



รูป 2.3

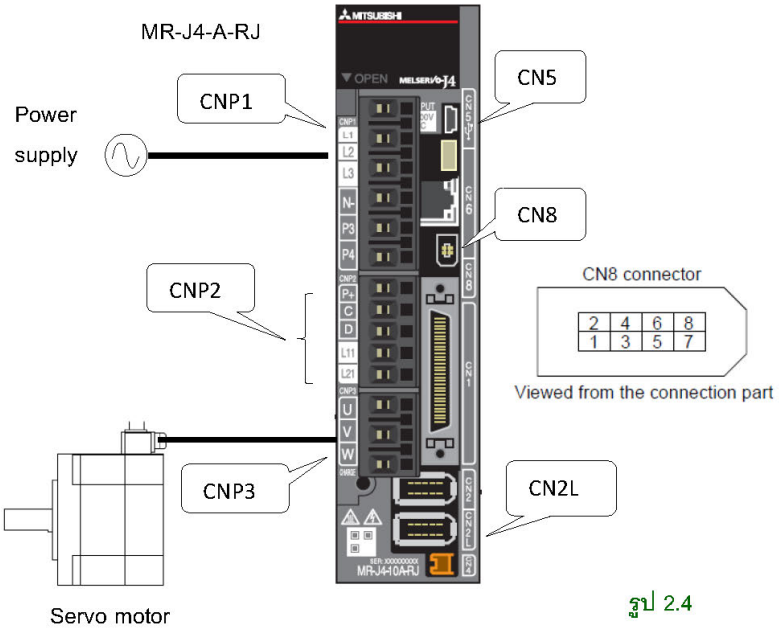
2. CN2 คือ connector สำหรับต่อสัญญาณ Encoder ของ servo motor

3. CN3 คือ RS-422/RS-485 communication connector (พอร์ตแบบ RJ45) ใช้เป็นพอร์ตสื่อสารกับอุปกรณ์ต่างๆเช่น GOT หรือใช้การ interface แบบ MODBUS® RTU

4. CN4 คือ connector สำหรับต่อกับ battery ขา 1 เป็น BLT ส่วนขา 2 เป็น LG (ใช้ battery เมื่อมีการใช้งานแบบ absolute position)

5. CN5 คือ connector สำหรับต่อกับ MR Configurator 2 ใช้สายโหลดแบบ USB-Mini

6. CN6 คือ Analog monitor connector



รูป 2.4

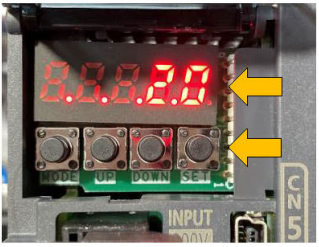
7. CN2L คือ connector สำหรับต่อสัญญาณ Encoder จากภายนอก CN2L มีเฉพาะรุ่นที่ลงท้ายด้วย code RJ

8. CN8 คือ connector สำหรับต่อกับ Safety logic unit MR-J3-D05

9. CNP1 คือ connector สำหรับต่อกับแหล่งจ่ายไฟ AC power

10. CNP2 คือ connector สำหรับจ่ายไฟ AC ให้กับภาค control ของ amplifier , ใช้ปรับปรุง power factor และ regenerative option

11. CNP3 คือ connector U V W สำหรับจ่ายไฟให้กับ servo motor



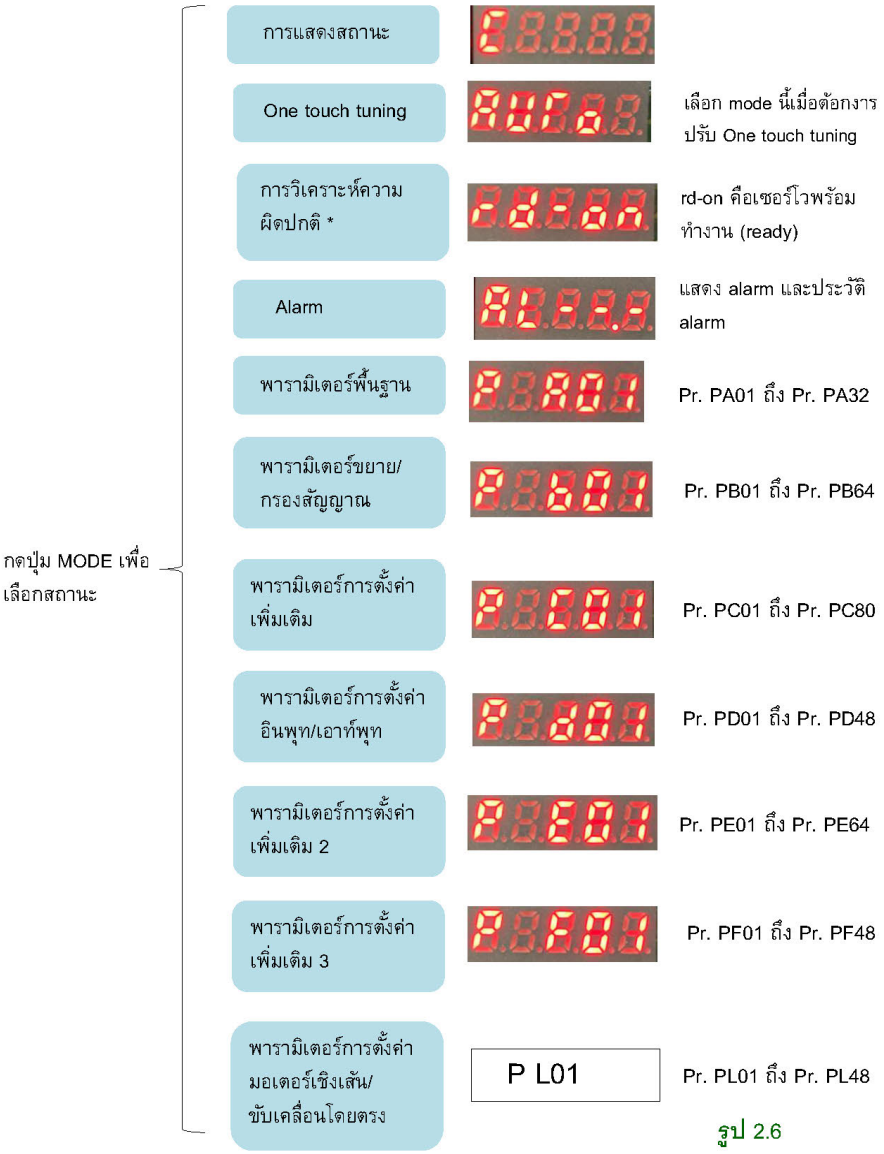
รูป 2.5

12. Display คือจอแสดงสถานะของ amplifier

13. Setting switch คือปุ่มตั้งค่า parameter และเลื่อนดูสถานะต่างๆ

2.2 โหมดการแสดงผลของ Servo amplifier MR-J4-A(RJ)

รูปที่ 2.6 เป็นโหมดการแสดงผล โดยเป็นหน้าจอเริ่มต้นของแต่ละโหมด การเปลี่ยนกลุ่มแต่ละโหมดทำได้โดยกดปุ่ม Mode

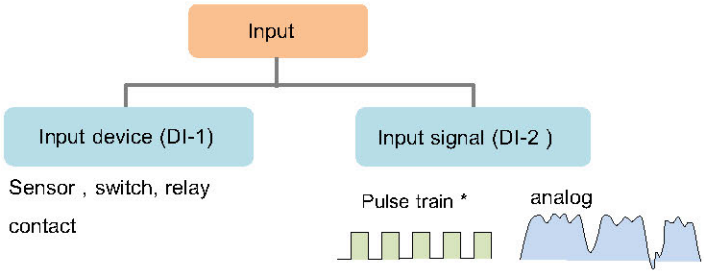


รูป 2.6

* แสดงลำดับการทำงาน,แสดงสัญญาณภายนอก,การ force DO, การทดสอบการทำงาน, แสดง version software, การชดเชยค่า VC อัตโนมัติ, แสดงค่า ID series ของเซอร์โวมอเตอร์, แสดง ID ระบุ encoder ของเซอร์โวมอเตอร์

ประเภทของ Input และ Output แบบ digital

Input ของ amplifier แบ่งเป็นสองแบบคือ Input device และ Input signal

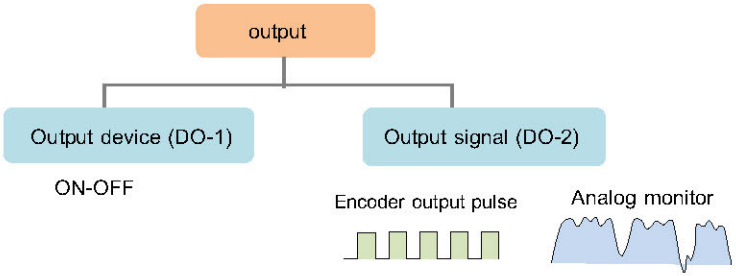


รูป 2.25

1. Input device (ใช้ code ตัวย่อ DI-1) คือส่วนที่รับสัญญาณ digital จากเซ็นเซอร์, สวิตช์ หรือ PLC output เป็นต้น

2. Input signal (ใช้ code ย่อ DI-2) คือส่วนที่รับสัญญาณแบบ pulse train, สัญญาณ Analog เป็นต้น

(* สัญญาณ pulse train จริงๆแล้วพื้นฐานก็คือสัญญาณแบบ digital แต่เนื่องจากมีการใช้งานที่แตกต่างกับการ ON-OFF ทั่วไป ดังนั้นจึงแยกออกเป็น Input signal)



รูป 2.26

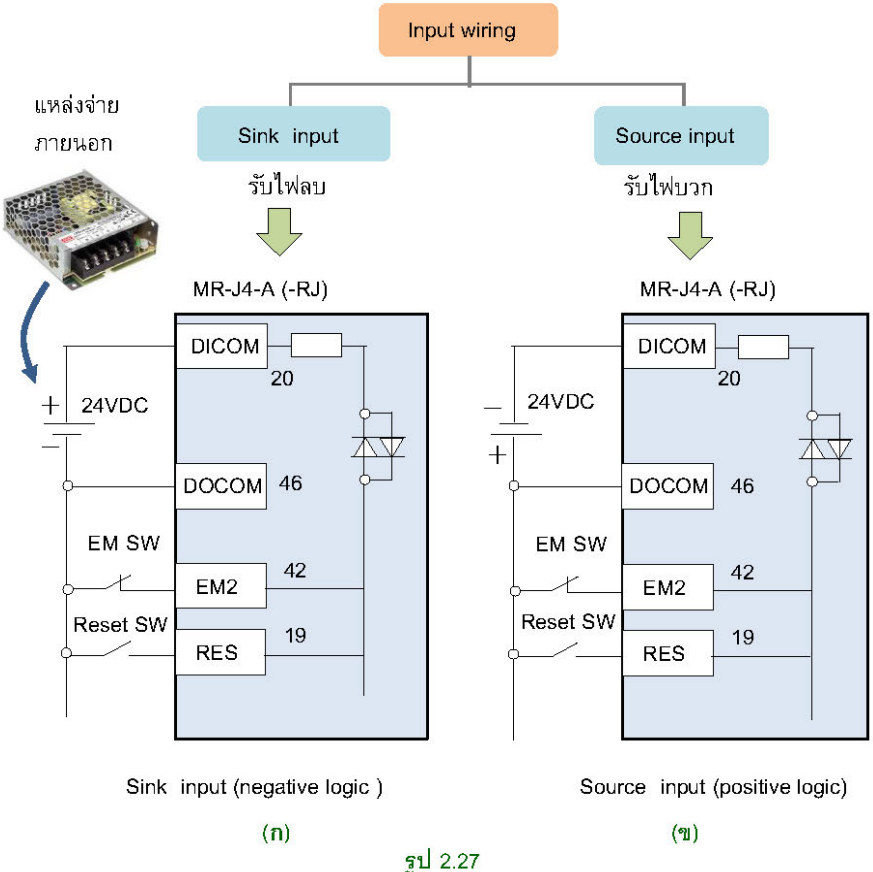
output ของ amplifier แบ่งเป็นสองแบบคือ output device และ output signal

1. output device (ใช้ code ตัวย่อ DO-1) คือ output ที่จ่ายสัญญาณแบบ digital ใช้แจ้งสถานะต่างๆ เช่น Alarm, ready เป็นต้น

2. output signal (ใช้ code ตัวย่อ DO-2) คือ output ที่จ่ายสัญญาณแบบความถี่เช่น Encoder output pulse และสัญญาณ Analog monitor

2.6 การวายริ่ง input device (input แบบ digital)

วงจร input device สามารถต่อได้สองแบบคือ sink input และ source input



รูป 2.27

วงจร input ของ amplifier ใช้แหล่งจ่ายภายนอกขนาด 24 VDC ในการทำงาน

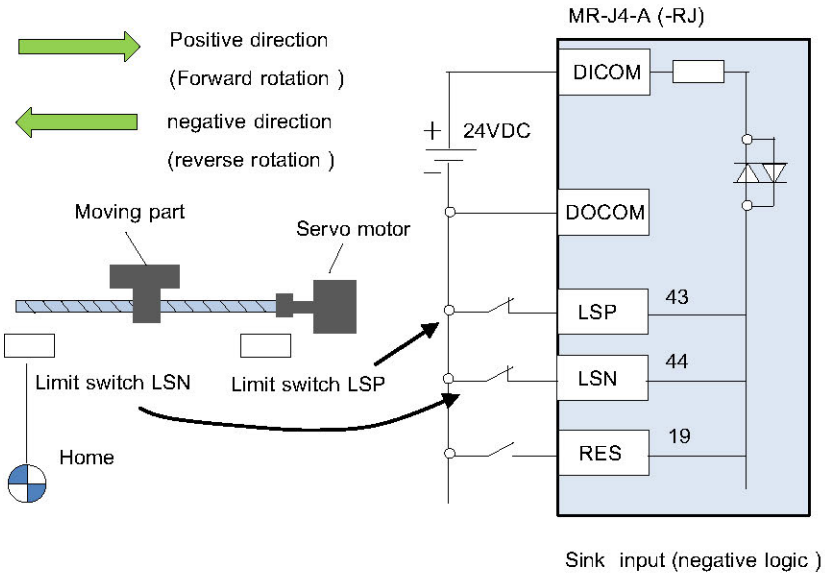
จากรูป 2.27 (ก) การต่อ digital อินพุทแบบ sink ทำได้โดยนำไฟบวก 24V ต่อที่ DICOM ไฟลบหรือ 0V ต่อกับ DOCOM ส่วนสัญญาณอินพุทเช่น EM2, RES คือขาที่ต้องรับไฟลบ จึงจะทำงานได้

การต่อ digital อินพุทแบบ source ทำได้โดยนำขั้วลบหรือ 0V ต่อที่ DICOM และไฟบวกต่อกับ DOCOM ส่วนอินพุทเช่น EM2, RES คือขาที่ต้องรับไฟบวก input จึงจะทำงานได้

การเลือกใช้ sink หรือ source ไม่ต้องตั้งค่า parameter ที่ amplifier

สำหรับหัวข้อถัดไปจะใช้การต่อแบบ sink ในการอธิบายการใช้งาน input และ output ต่างๆ

LSP, LSN และ RES



รูป 2.28

1. LSP (pin 43) คือขา Forward rotation stroke end ใช้สำหรับต่อกับอุปกรณ์ safety ต่างๆ เช่น Limit switch เป็นการตรวจจับการหมุนของมอเตอร์ฝั่ง Forward

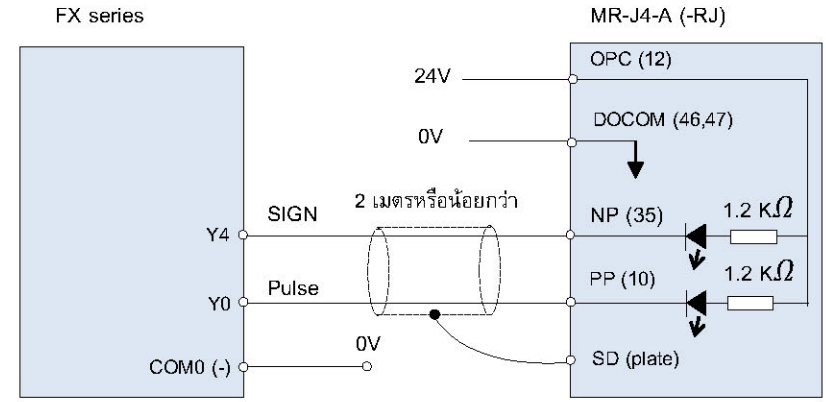
2. LSN (pin 44) คือขา Reverse rotation stroke end คือตรวจจับการหมุนของมอเตอร์ฝั่ง reverse

ขา LSP และ LSN จะต้อง ON ตลอด amplifier จึงจะทำงานได้ ดังนั้นการต่อใช้งานต้องต่อแบบปกติปิด รูปที่ 2.28 ลิมิตสวิตช์ด้าน Forward end คือ LSP เมื่อ moving part เคลื่อนที่ไปสุดทางด้าน forward จะสัมผัสกับลิมิตสวิตช์ หน้าสัมผัสจะ Open สัญญาณ LSP OFF จะทำให้ servo motor หยุดการทำงาน ถ้า moving part เคลื่อนที่ไปสุดทางด้าน reverse จะสัมผัสกับลิมิตสวิตช์ LSN หน้าสัมผัสจะ Open สัญญาณ LSN OFF จะทำให้ servo motor หยุดการทำงาน LSP และ LSN ใช้เพื่อหยุดการทำงานของมอเตอร์ เพื่อป้องกันไม่ให้เซอร์โวมอเตอร์ overload และระบบ mechanic เกิดการชนเสียหาย

3. RES (pin 19) คือขาสำหรับ reset servo amplifier ใช้ต่อกับสวิตช์ reset หรือ output PLC ใช้สำหรับ reset เมื่อ servo amplifier มีความผิดปกติ (Alarm)

2.8 การวายริ่ง input signal (input แบบ pulse train)

Input signal แบบ pulse train ใช้ในการควบคุมแบบ position control



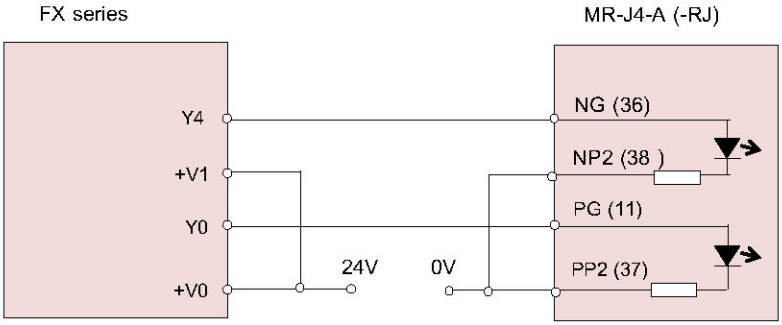
การต่อเอาท์พุทแบบ Sink (-common)

รูป 2.42

กรณีใช้โหมด Pulse+ sign (วายริ่งแบบ sink) การต่อสัญญาณพัลส์จะใช้ขา PP (ขา 10) และขา NP (ขา 35) จากรูป 2.42 ใช้ Y0 จ่ายพัลส์ให้กับ PP ส่วน Y4 จ่ายให้กับ NP (SIGN) ระยะสายไฟไม่ควรเกิน 2 เมตร ส่วนขาที่ต้องใช้อีกสองขาคือ OPC และ DOCOM

OPC คือ open-collector sink interface power supply input กรณีใช้ pulse train แบบ open-collector แบบ sink จะต้องต่อ 24VDC กับขา OPC ส่วน DOCOM ต่อกับ 0V

SD คือ Shield ใช้ต่อกับสาย shield ของสายสัญญาณ pulse train เพื่อลดสัญญาณรบกวน



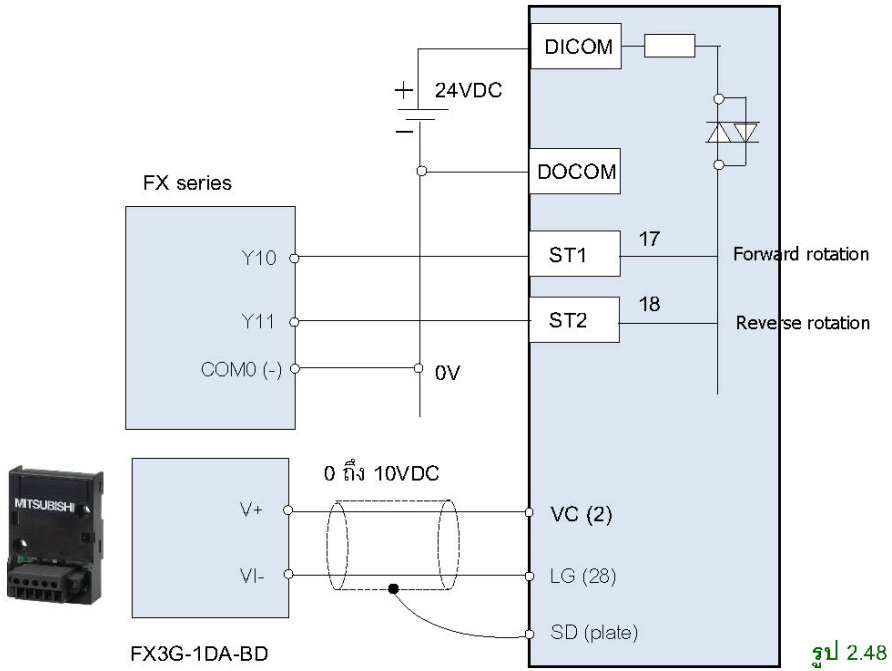
การต่อเอาท์พุทแบบ Source (+common)

รูป 2.43

กรณีใช้โหมด Pulse+ sign (วายริ่งแบบ source) สามารถวายริ่งสัญญาณได้ดังรูปที่ 2.43 โดยขา OPC และ DOCOM ไม่ต้องวายริ่ง

2.9 การวายริ่ง input แบบ Analog

Input แบบ analog ใช้ในการควบคุมแบบ speed control

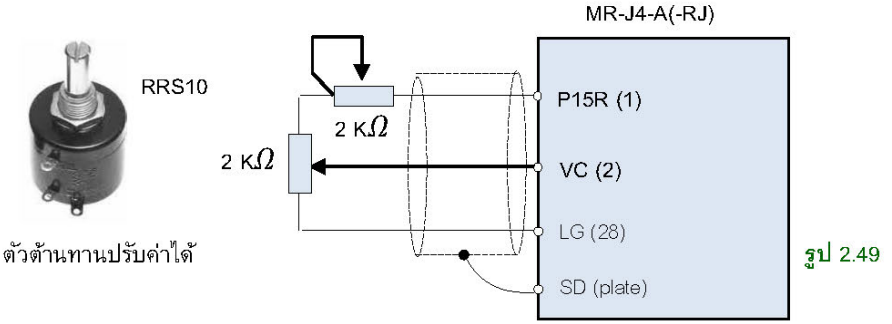


รูป 2.48

รูปที่ 2.48 เป็นการใช้ analog control โดยจ่ายไฟจาก FX3G-1DA-BD

1. VC (pin 2) คือขา Analog speed command ใช้วายริ่งกับขั้วบวกของอุปกรณ์จ่ายแรงดัน สามารถรับแรงดันได้ที่ ±10V

2. LG (pin 28) เป็นขา ground สำหรับรับแรงดันเทียบกับ VC

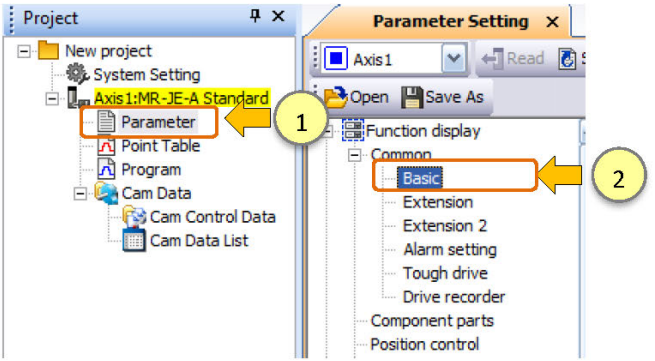


รูป 2.49

รูปที่ 2.49 เป็นการจ่ายแรงดันที่ขา VC และ LG โดยใช้แรงดัน 15V จากขา P15R (pin 1) ซึ่งเป็น power supply ภายในของ amplifier ปรับค่าแรงดันโดยใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้

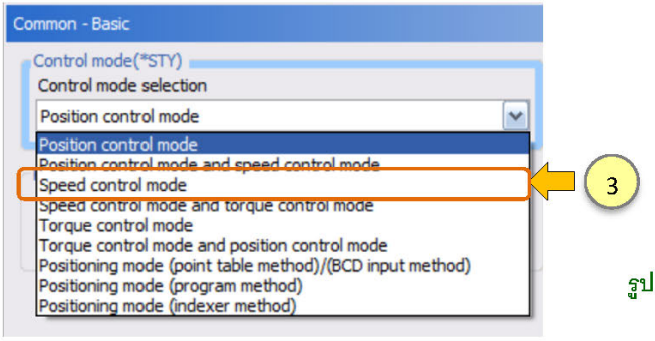
การตั้งค่า servo amplifier เป็นแบบ speed control

การควบคุมแบบ speed control จะต้องตั้งค่า servo amplifier ดังนี้



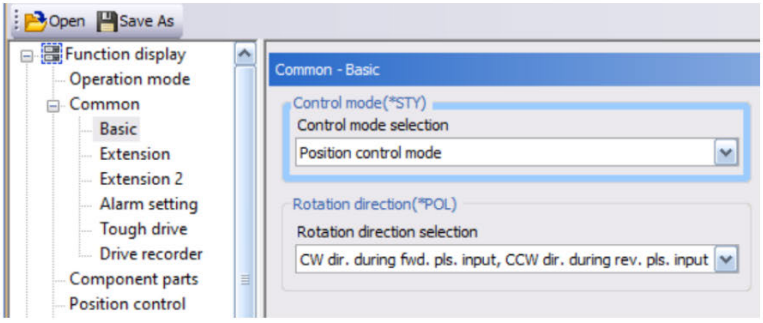
รูป 2.50

1. ดับเบิลคลิก Parameter ⇨ 2. คลิก basic



รูป 2.51

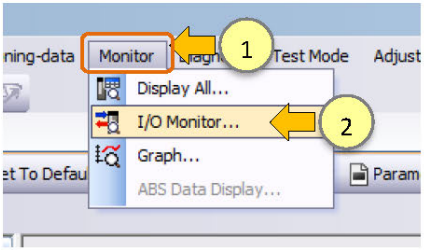
3. ตั้งค่าเป็น speed control mode จะได้รูปที่ 2.52



รูป 2.52

2.11 การมอนิเตอร์สัญญาณ input

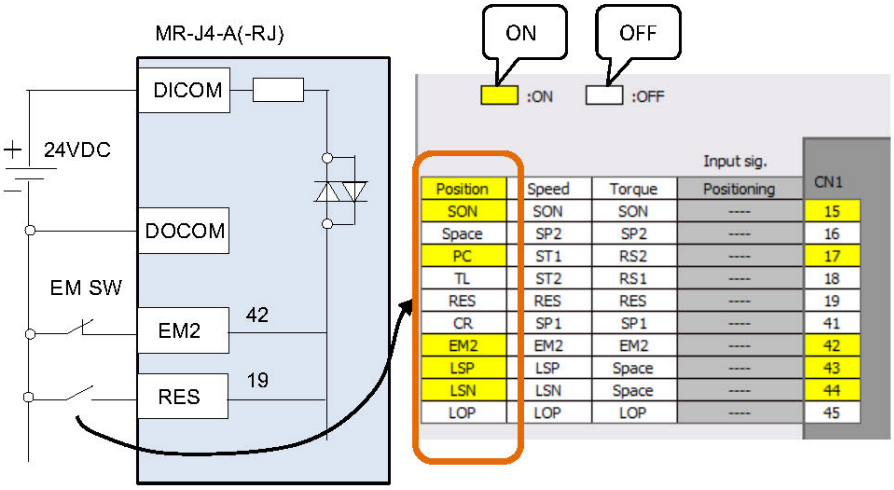
คือการตรวจเช็คสถานะการ ON-OFF ของ input device โดยมีขั้นตอนคือ



1. เลือกเมนู Monitor
2. คลิก I/O Monitor

จะได้หน้าต่าง I/O Monitor ดังรูปที่ 2.59

รูป 2.58



รูป 2.59

จากรูป 2.59 โปรแกรมจะแสดงสถานะของ connector CN1 โดย control mode ของ servo amplifier ตั้งค่าเป็น position

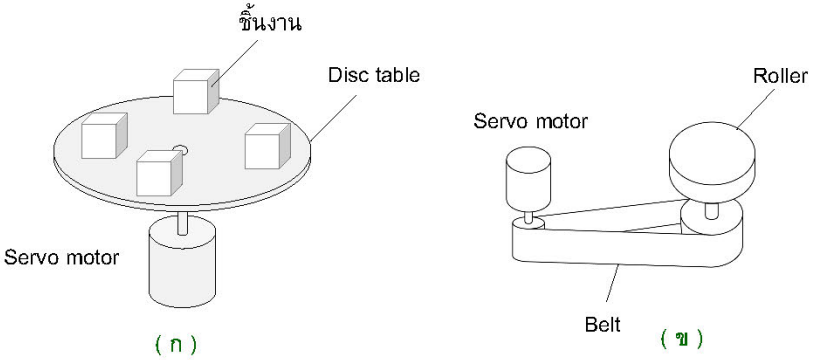
Input แบบดิจิตอลจะแสดงที่คอลัมน์ของ position มีสองสภาวะคือ ON และ OFF ถ้ามีไฟจ่ายให้กับอินพุทจะมีกราฟิกสีเหลือง เช่น SON (servo ON) มีกราฟิกสีเหลือง แสดงว่ามีไฟจ่ายที่ขา15

ถ้าต้องการเช็คว่า เราวายริ่งสวิตช์หรือเซ็นเซอร์ถูกต้องหรือไม่ ทำได้โดยทำให้อุปกรณ์หรือเซ็นเซอร์นั้นมีการ ON และ OFF สลับกัน เช่นจากรูป 2.59 เมื่อกดสวิตช์ที่ต่อกับขา RES จะทำให้สถานะ RES ในโปรแกรมมีการ ON-OFF ตามที่เรากดสวิตช์

บทที่ 3 ระบบโหลดและการคำนวณ

เนื้อหาหนังสือจะกล่าวถึงระบบโหลด 4 แบบคือ

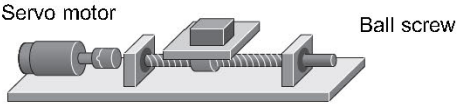
1. Disc tableหรือ index table คือการใช้ servo motor ขับจานหมุน จานหมุนนำไปใช้ในงานต่างๆ เช่น เป็น table หมุนชิ้นงานในกระบวนการผลิต



รูป 3.1

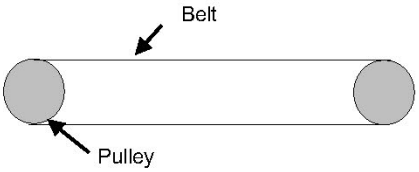
2. belt & roller คือระบบทางกลที่ใช้การหมุนของสายพาน(belt) ขับ roller และใช้ roller ขับโหลดต่างๆอีกที

3. Ball screw คือระบบทางกลที่ใช้การหมุนของ worm gear เพื่อนำไปขับโหลดต่างๆ สามารถเคลื่อนที่ไปกลับได้บนแกนเดียว ข้อดีของ ball screw คือ กำหนดตำแหน่งได้ง่าย ใช้กำลังมอเตอร์น้อย และมีแรงเสียดทานน้อย



รูป 3.2

4. Belt & Pulley คือระบบทางกลที่ใช้การหมุนของสายพาน และ Pulley เพื่อใช้ลำเลียงชิ้นงาน จากรูป 3.3 belt คือสายพาน ส่วน pulley เป็นตัวขับสายพาน



รูป 3.3

pulley ต่างกับ roller คือ pulley จะมีฟันสำหรับขับสายพาน ส่วน roller จะมีผิวที่เรียบ

3.1 Servo motor speed (N0)

ความเร็วของ servo motor ใช้สัญลักษณ์ N0 คือความเร็วของการหมุนของเพลา มีหน่วยเป็นรอบต่อนาที (Revolutions per minute) ใช้ตัวย่อ r/min หรือ rpm , เนื่องจาก N0 คือความเร็วการหมุน ดังนั้น N0 ก็คือความเร็วเชิงมุม (angular velocity)

รูป 3.4

N0 = 180 rpm = angular velocity

ตัวอย่างเช่น เซอร์โวมอเตอร์หมุนด้วยความเร็ว 180rpm (180 r/min) หมายถึงใน 1 นาที มอเตอร์หมุนได้ 180รอบ กรณีทราบความเร็วมอเตอร์ในหน่วยรอบต่อนาที สามารถเปลี่ยนเป็นรอบต่อวินาทีได้ โดยนำจำนวนรอบต่อนาทีหาร 60 ตัวอย่างเช่นความเร็วมอเตอร์ 3000 r/min จะเท่ากับ 50 r/sec

$$N0 = 3000\ r/min = \frac{3000}{60} = 50\ r/sec$$

ในการเคลื่อนที่แบบหมุน ความเร็วในหน่วยรอบต่อวินาที หมายถึงความถี่นั่นเอง โดยในที่นี้จะใช้สัญลักษณ์ N แทนความเร็วในหน่วยรอบต่อวินาที

$$f = N = 50\ r/sec$$

ส่วนคาบเวลาหาได้จาก T = 1/N

$$T = \frac{1}{50} = 0.02\ sec$$

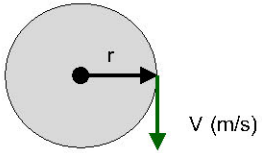
ความเร็วสูงสุดของเซอร์โวมอเตอร์ขึ้นอยู่กับรุ่นของมอเตอร์ สำหรับ Mitsubishi จะผลิตเซอร์โวมอเตอร์ที่มีความเร็วสูงสุด 3 ระดับคือ 6000rpm, 3000 rpm และ 2000 rpm

3.2 ความเร็วเชิงเส้น (V) , หน่วย m/s

ความเร็วเชิงเส้น (V)คือระยะทางตามแนวเส้นรอบวงกลมที่เคลื่อนที่ได้ในหนึ่งหน่วยเวลา หาได้จากสมการที่ 3.1

สมการ 3.1

$$V = 2\pi rN$$



รูป 3.5

V คือความเร็วเชิงเส้น หน่วยเมตรต่อวินาที (m/s)

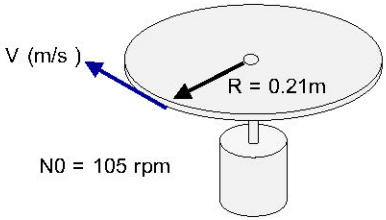
ในการใช้งานเกี่ยวกับระบบ servo สามารถแปลงหน่วยเป็นเมตรต่อนาที (m/min) หรือมิลลิเมตรต่อวินาที (mm/s) ได้ภายหลัง ขึ้นอยู่กับความสะดวก

r คือรัศมีของวงกลมมีหน่วยเป็นเมตร (m)

π คือ 3.14

N คือความเร็วรอบต่อวินาที (rev/s) หรือความถี่ของการหมุน (Hz)

ตัวอย่างเช่น รูปที่ 3.6 ใช้ servo motor หมุน disc table ที่มีรัศมี 0.21m ความเร็วของ servo motor เท่ากับ 105 rpm จงหาความเร็วเชิงเส้นที่รัศมีของ disc table



รูป 3.6

ความเร็วของ servo motor เท่า 105 rpm จะได้ N = 1.75 r/s ดังสมการที่ 3.2

$$N = \frac{105}{60} = 1.75\ r/s$$

สมการ 3.2

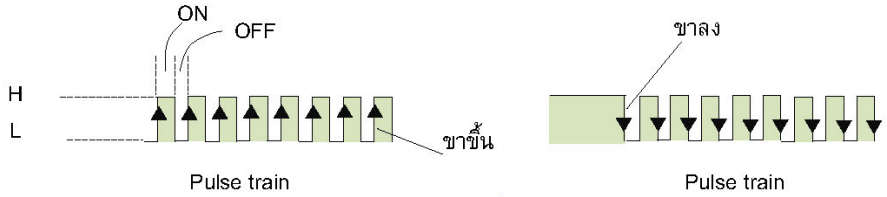
ดังนั้นค่า V หาได้ดังนี้

$$V = 2\pi rN$$
$$V = (2)(3.14)(0.21)(1.75) = 2.3\ m/s$$

จะได้ความเร็วเชิงเส้นของ disc table เท่ากับ 2.3 m/s

Pulse train

pulse train คือสัญญาณพัลส์แบบต่อเนื่องที่ถูกสร้างจากอุปกรณ์ต่างๆ เช่นจาก output ของ PLC, positioning module หรือ encoder เป็นต้น โดยอุปกรณ์เหล่านี้จะผลิตสัญญาณออกมาอย่างต่อเนื่องเป็นขบวน เรียกว่า pulse train



รูป 4.3

Pulse generator

คืออุปกรณ์สำหรับสร้าง pulse train มีหลายแบบดังรูปที่ 4.4

รูป 4.4

1. PLC สามารถจ่าย pulse train ให้ amplifier และสามารถโปรแกรมการทำงานได้ด้วย
2. positioning module คืออุปกรณ์สร้าง pulse train โดยรับคำสั่งจาก PLC อีกที
3. encoder เป็นอุปกรณ์จ่าย pulse train ให้ plc เพื่อใช้คำนวณตำแหน่งและความเร็ว
4. manual pulse generator ใช้จ่าย pulse train ให้ amplifier แบบ manual

Pulse train form

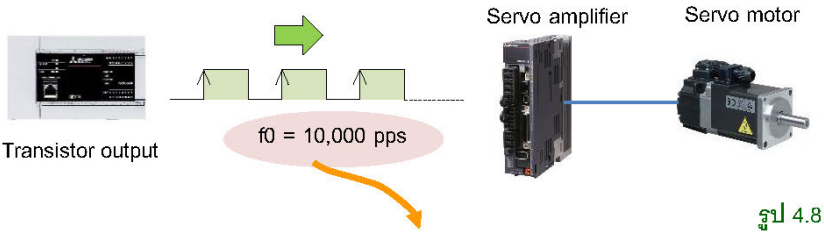
Pulse train form คือรูปแบบของสัญญาณพัลส์ มีสองแบบคือ Open-collector type และ Differential driver ดังรูป 4.5

รูป 4.5

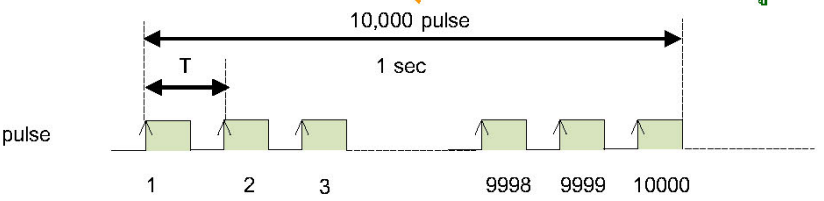
Pulse/sec , ความถี่ของสัญญาณพัลส์

Pulse/sec หรือ pulse per sec หมายถึงจำนวนของสัญญาณพัลส์ต่อวินาที มีหน่วยเป็น pps (พัลส์ต่อวินาที) ดังนั้น pulse/sec ก็คือความถี่ของสัญญาณพัลส์ (Hz)

เช่นรูปที่ 4.8 PLC จ่ายสัญญาณพัลส์ให้กับ servo amplifier เท่ากับ 10,000 pps หมายถึงใน 1 วินาที PLC จ่ายสัญญาณพัลส์จำนวน 10,000 ลูก (10,000 pulse) หรือก็คือความถี่ขนาด 10,000Hz



รูป 4.8

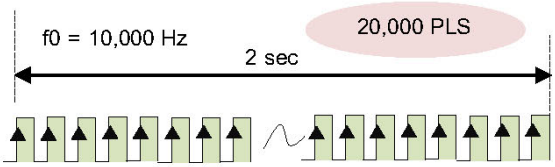


รูป 4.9

10,000 pps (pulse per sec) = 10,000Hz

จำนวนพัลส์ (PLS)

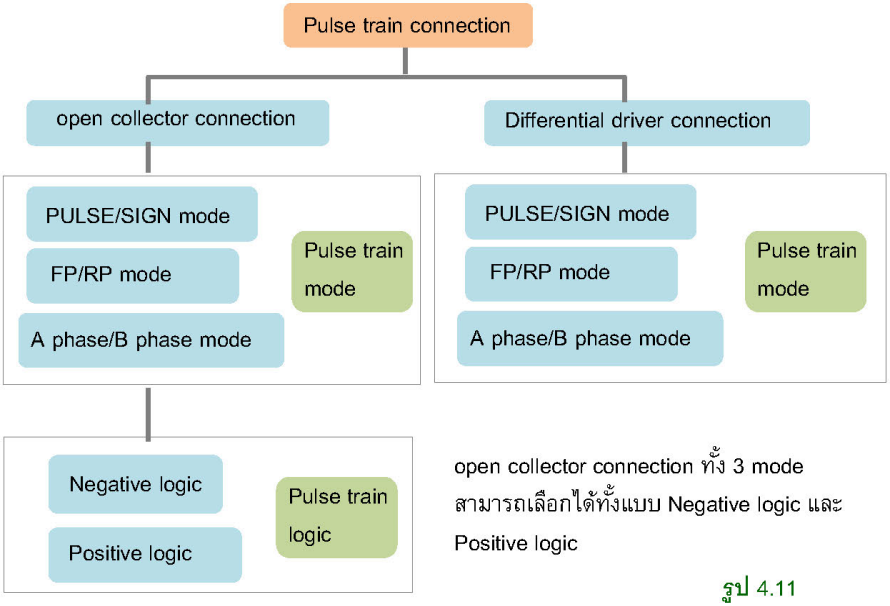
จำนวนพัลส์ก็คือการนับจำนวนพัลส์ที่จ่ายให้ servo amplifier มีหน่วยเป็น Pulse (PLS) เช่น รูปที่ 4.10 PLC จ่ายความถี่ขนาด 10,000 Hz ให้กับ servo amplifier เมื่อผ่านไป 2 วินาที หมายถึงมีการจ่ายพัลส์ไปจำนวน 20,000 PLS



รูป 4.10

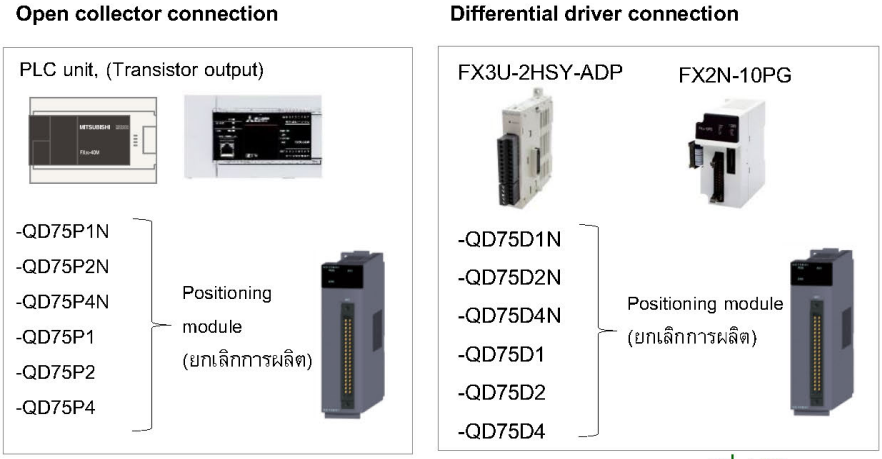
4.1 Pulse train connection

Pulse train connection หรือเรียกว่า output system คือรูปแบบการวายริ่งสัญญาณ pulse train กับ servo amplifier มีสองแบบคือ open collector connection และ differential driver , connection ทั้งสองแบบก็จะประกอบด้วย Pulse train mode อย่างละ 3 โหมด



รูป 4.11

รูปที่ 4.12 แสดง PLC FXCPU,FX5U และ QCPU series เมื่อแบ่งตาม Pulse train connection

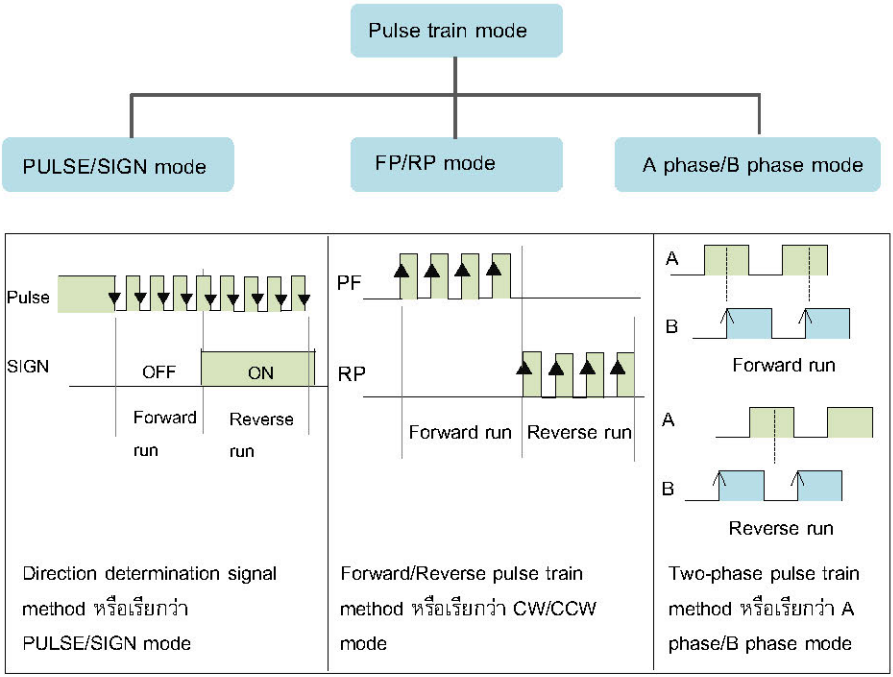


รูป 4.12

Pulse train mode

Pulse train mode หรือบางครั้งเรียกว่า output method คือโหมดสัญญาณพัลส์ของ open collector connection และ differential driver connection

pulse train mode มี 3 แบบดังนี้



รูป 4.13

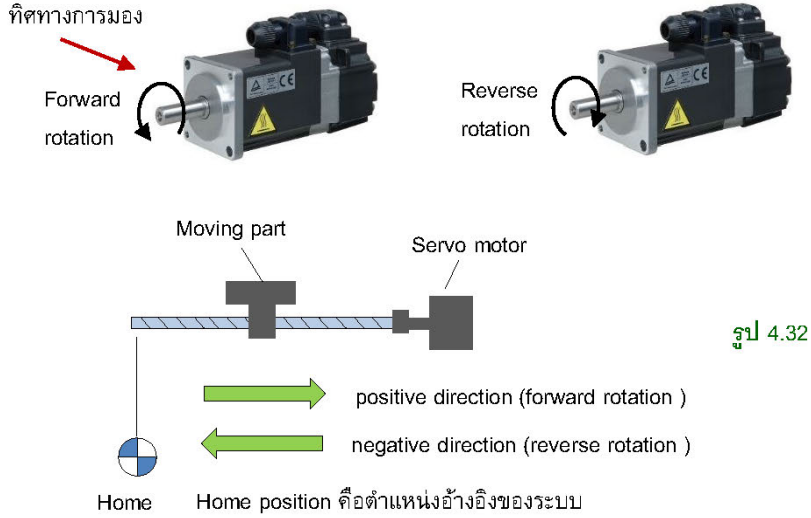
1. PULSE/SIGN mode หรือเรียกว่า Pulse train + Direction method (PLS · DIR) คือการจ่ายสัญญาณพัลส์ 1 เส้น และสัญญาณทิศทาง (แบบ ON OFF) 1 เส้น โดยที่ขา pulse ใช้จ่ายความถี่และจำนวนพัลส์ ส่วนขา SIGN คือสัญญาณทิศทาง

2. FP/RP mode หรือ CW/CCW mode คือการจ่ายพัลส์สองเส้น การจ่ายสัญญาณจะจ่ายไม่พร้อมกัน เมื่อจ่าย forward pulse train (FP) ก็คือทิศทาง forward และเมื่อจ่าย reverse pulse train (RP) คือทิศทาง reverse (FP คือ CW ส่วน RP คือ CCW)

3. A phase/B phase mode คือการจ่ายสัญญาณแบบสองเส้นพร้อมกัน ทิศทางการหมุนของมอเตอร์ขึ้นอยู่กับการนำหน้าและล้าหลังของเฟส กรณี phase A นำหน้า phase B จะเป็น forward กรณี Phase B นำหน้า phase A จะเป็น reverse

ทิศทางการหมุนของเซอร์โวมอเตอร์และทิศทางการเคลื่อนที่ของ machine

ทิศทางการหมุนของเซอร์โวมอเตอร์แบบ rotary มีสองทิศทางคือ forward rotation คือการหมุนทิศทวนเข็มนาฬิกา และ reverse rotation คือทิศการหมุนตามเข็มนาฬิกา โดยทิศทางอ้างอิงจากหน้าแปลน

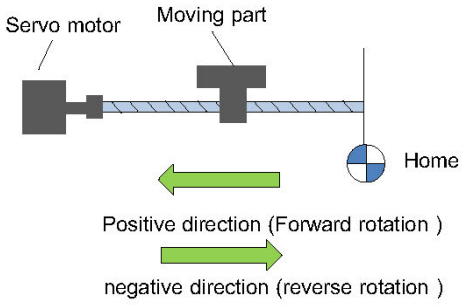


รูป 4.32

รูปที่ 4.32 servo motor ติดตั้งด้านขวาของ ball screw (เกลียวขวา) ส่วนจุด Home คือตำแหน่งด้านซ้ายสุด ทิศทางของ moving part เมื่อเทียบกับ Home มีสองทิศทางคือ

1. Positive direction คือทิศทางที่เป็นบวก เป็นทิศทางที่ห่างออกจาก home position โดยเป็นผลมาจากมอเตอร์หมุนแบบ forward
2. Negative direction คือทิศทางที่เป็นลบ เป็นทิศทางที่เข้าหา home position โดยเป็นผลมาจากมอเตอร์หมุนแบบ reverse

กรณี servo motor ติดตั้งด้านซ้ายของ screw จะได้ direction ดังรูปที่ 4.33



รูป 4.33

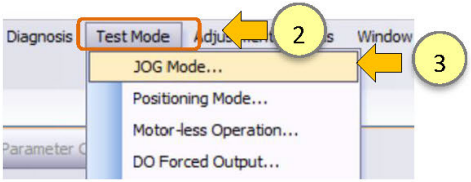
4.2 JOG mode

JOG mode เป็นการใช้ซอฟต์แวร์ MR Congigurator2 ทดสอบมอเตอร์โดยตรง ซึ่งทำได้ดังนี้

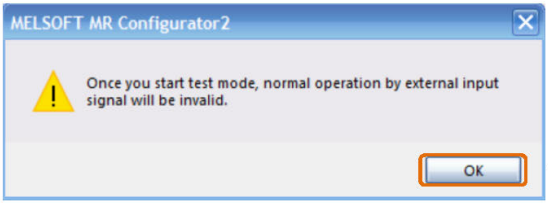
1. ทำการเปลี่ยนสถานะ amplifier จาก Servo-ON เป็น Servo-OFF

รูป 4.34

2. คลิกเมนู Test mode ⇨ 3. คลิก JOG Mode



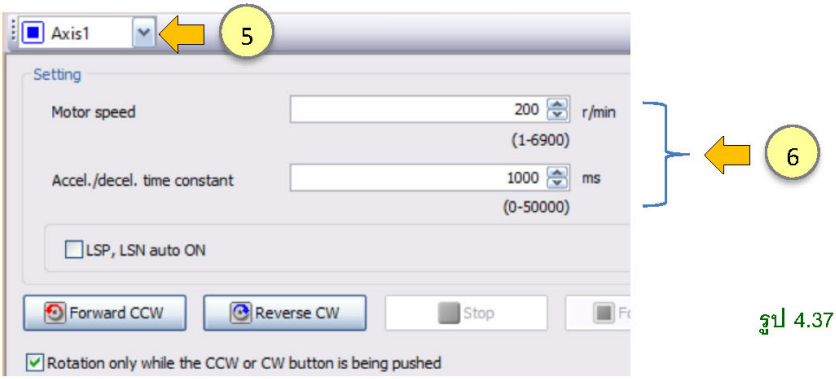
รูป 4.35



4. คลิก OK จะได้หน้าต่างรูปที่ 4.37

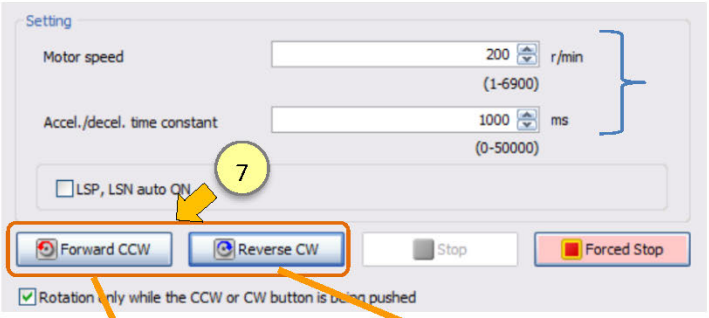
รูป 4.36

5. เลือกแกนของ amplifier (กรณีมีหลายแกน)

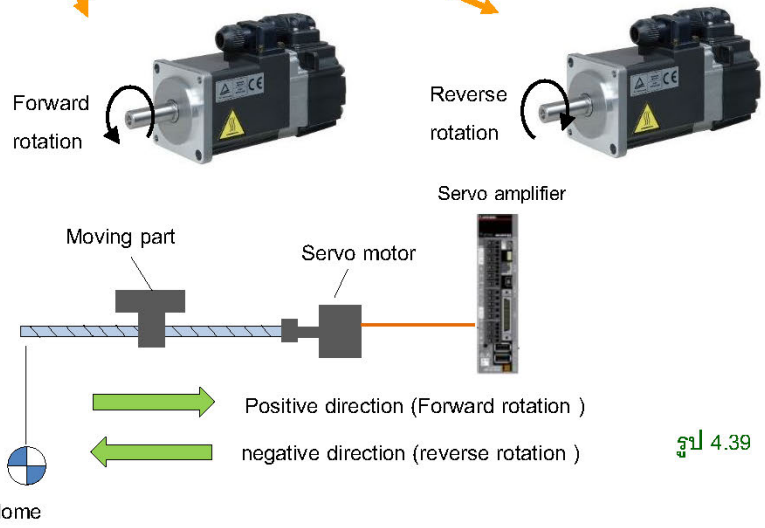


รูป 4.37

6. ตั้งค่าความเร็ว,เวลาความหน่วงและความเร่งที่ต้องการ (ความเร็ว default เท่ากับ 200 r/min ,เวลาความหน่วง เวลาความเร่งเท่ากับ 1000ms)

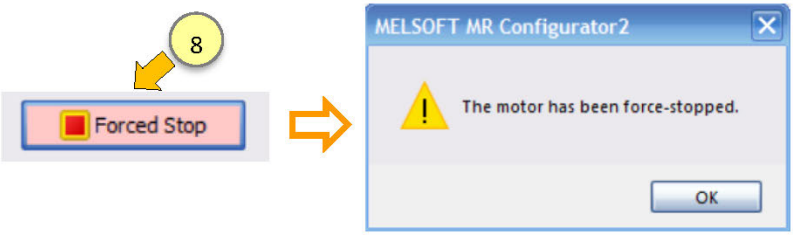


รูป 4.38



รูป 4.39

7. คลิก Forward CCW จะทำให้มอเตอร์หมุนแบบ Forward และเมื่อคลิก Reverse CW จะทำให้มอเตอร์หมุนแบบ Reverse กรณีใช้ servo motor ขับ ball screw จะได้ทิศทาง moving part ดังรูปที่ 4.39

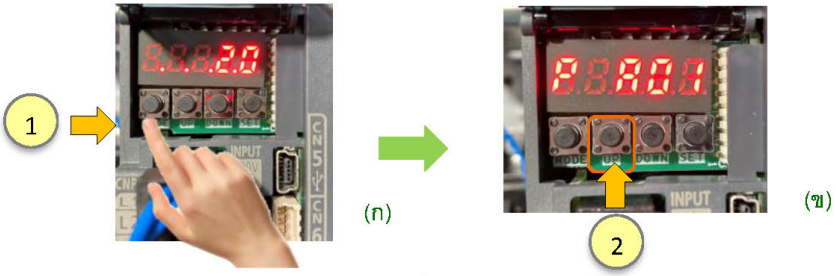


รูป 4.40

8. เมื่อคลิก Forced stop จะเป็นการหยุดการทำงานของมอเตอร์

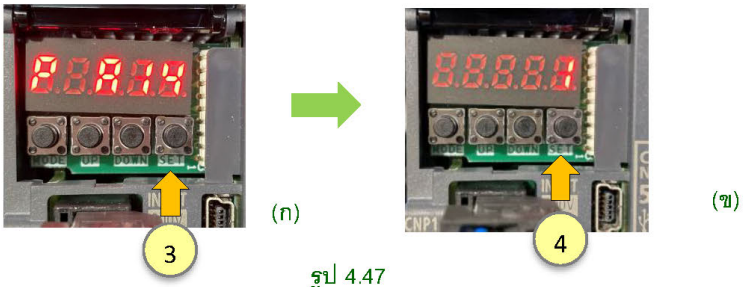
การตั้งค่า Rotation direction (Pr. PA14)

PA14 คือ Rotation direction ตั้งค่าได้เฉพาะ 0, 1 การตั้งค่าโดยกดปุ่มสวิตช์ทำได้ดังนี้



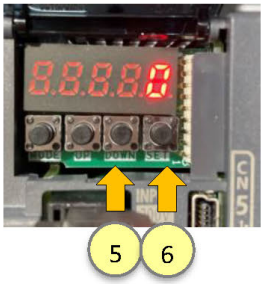
รูป 4.46

1. กดปุ่ม Mode (ซ้ายสุด) ไปเรื่อยๆจนเจอข้อความ PA01 ดังรูปที่ 4.46(ข)
2. กดปุ่ม UP เรื่อยๆจนเจอข้อความ PA14 ดังรูป 4.47(ก) ⇨ 3. กดปุ่ม SET



รูป 4.47

รูปที่ 4.47(ข) ตอนนี้ PA14 มีค่าเป็น 1 ⇨ 4. กดปุ่ม set อีกครั้งเพื่อตั้งค่า จะได้ตัวเลข 1 กระพริบ ⇨ 5. กดปุ่ม down เพื่อเปลี่ยนเป็นเลข 0 ⇨ 6. กดปุ่ม set เพื่อยืนยัน ⇨ 7. ปิดเปิด amplifier



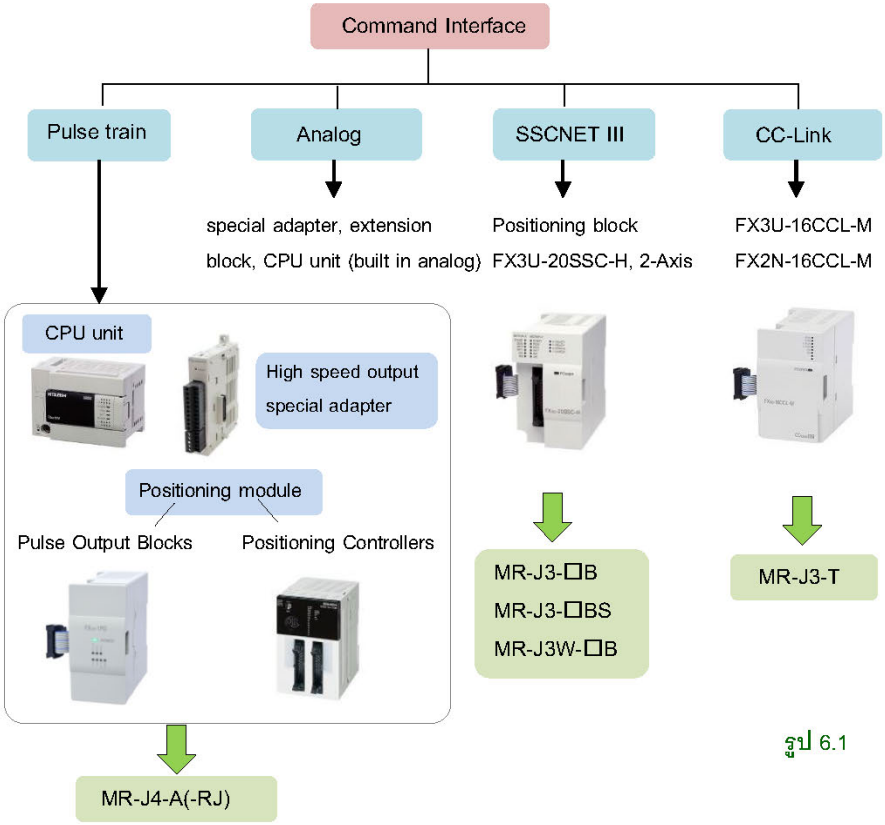
รูป 4.48

ตาราง 4.3

[Pr. PA14] setting	Servo motor rotation direction/ linear servo motor travel direction	
	When forward rotation pulse is input	When reverse rotation pulse is input
0	**CCW or positive direction**	CW or negative direction
1	CW or negative direction	**CCW or positive direction**

บทที่ 6 FX series servo control system

คือการควบคุมเซอร์โวโดยใช้ PLC FX series สามารถใช้การ interface ได้ดังนี้



รูป 6.1

1. **Pulse train** , อุปกรณ์ที่จ่ายสัญญาณพัลส์ มี 3 แบบคือ CPU unit, high speed output special adapter และ positioning module (positioning controllers และ pulse output Blocks) สำหรับ servo amplifier ที่ใช้ได้คือ MR-J4-A(-RJ)

2. **Analog** , อุปกรณ์ที่จ่ายสัญญาณ analog ใช้ได้ทั้ง special adapter, extension block หรือ CPU unit (built in analog) สำหรับ servo amplifier ที่ใช้ได้คือ MR-J4-A(-RJ)

3. **SSCNET III** , อุปกรณ์ที่ใช้การสื่อสารแบบ SSCNET III/ คือ positioning block FX3U-20SSC-H สำหรับ servo amplifier ที่ใช้ได้คือ MR-J3 Type B

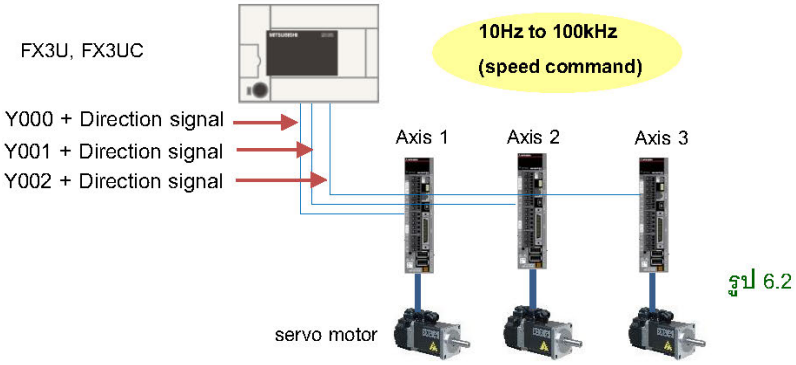
4. **CC-Link** โดยใช้อุปกรณ์ FX3U-16CCL-M และ FX2N-16CCL-M interface กับ servo amplifier MR-J3-T

6.1 Pulse train control system

คือการควบคุม servo โดยใช้การ interface แบบสัญญาณพัลส์ เป็นการควบคุมแบบ basic (basic positioning) การใช้ pulse train จะเหมาะกับการควบคุมแบบตำแหน่ง (position control) กรณีใช้ PLC FX3 แบ่งระบบได้เป็น 4 แบบคือ

1. การใช้ CPU unit

คือการใช้ PLC Main unit จ่ายพัลส์แบบ PULSE/SIGN ให้กับ amplifier ระบบมีอุปกรณ์สามชนิดคือ PLC, servo amplifier และ servo motor โดย PLC ใช้สั่งงาน servo amplifier และ servo amplifier ใช้สั่งงาน servo motor



รูป 6.2

จากรูป 6.2 เป็นการใช้ PLC Main unit จ่ายพัลส์ 3 สัญญาณให้กับ servo amplifier 3 ตัว โดยตัวที่ 1 เรียกว่าแกน 1 (Axis1) ตัวที่ 2 เรียกว่าแกน 2 (Axis 2) และ ตัวที่ 1 เรียกว่าแกน 1 (Axis 3)

ข้อกำหนดการใช้ CPU unit

1. FX3U และ FX3UC สามารถจ่ายพัลส์ได้ 3 สัญญาณ คือ Y0, Y1 และ Y2
2. FX3G (มากกว่า 24 จุด) สามารถจ่ายพัลส์ได้ 3 สัญญาณคือ Y0, Y1 และ Y2
3. FX3GC สามารถจ่ายพัลส์ได้ 2 สัญญาณคือ Y0 และ Y1
4. FX3S, FX3G แบบ14 จุดและ 24 จุด สามารถจ่ายพัลส์ได้ 2 สัญญาณคือ Y0 และ Y1
5. FX3S/FX3G/FX3GC/FX3U/FX3UC จ่ายความถี่ได้ตั้งแต่ 10Hz ถึง100kHz (speed command)
6. PLC Main unit ต้องเป็น output แบบ transistor (open collector output)
7. กรณีใช้ CPU unit ใช้ได้เฉพาะ PULSE/SIGN mode เท่านั้น ไม่สามารถใช้ CW/CCW mode หรือ A phase/B phase mode ได้

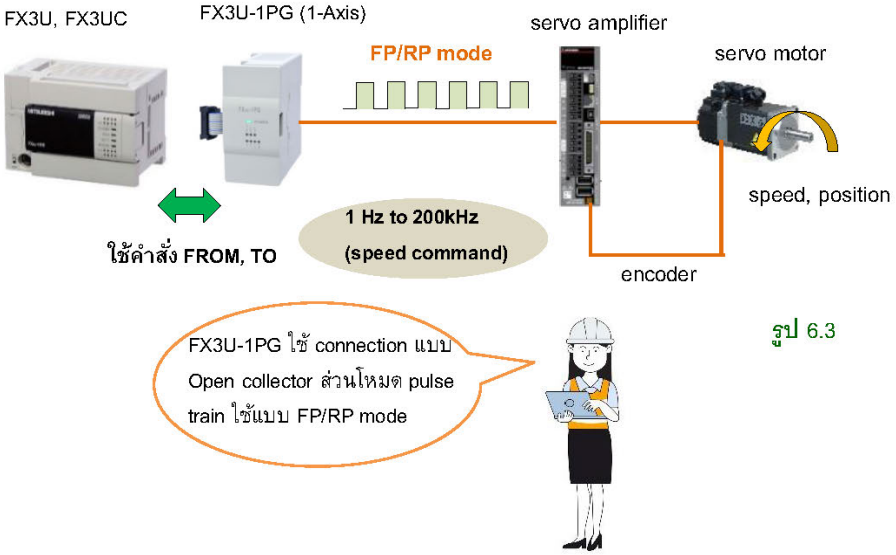
2. โดยการใช้ Pulse output blocks (Special function block)

pulse output blocks จ่ายพัลส์ให้กับ servo amplifier โดยใช้สัญญาณแบบ pulse train (FP/RP mode) รุ่นของ pulse output blocks มีดังนี้

2.1 FX3U-1PG

FX3U-1PG (1-Axis) ใช้ได้เฉพาะกับ PLC FX3U และ FX3UC สามารถใช้กับ PLC FX3U ได้ทั้งแบบ transistor, relay output และไตรแอก

FX3U-1PG จ่ายความถี่ได้ตั้งแต่ 1 Hz ถึง 200kHz การ interface กับ PLC ใช้คำสั่ง FROM, TO การวายริ่งสัญญาณพัลส์เป็นแบบ open collector แบบ FP/RP mode



รูป 6.3

ตาราง 6.1 Applicable PLC for FX3U-1PG

Model	Applicability	Max. of connectable units
FX3U	Ver. 2.20 and later	8 units
FX3UC	Ver. 2.20 and later	6 units

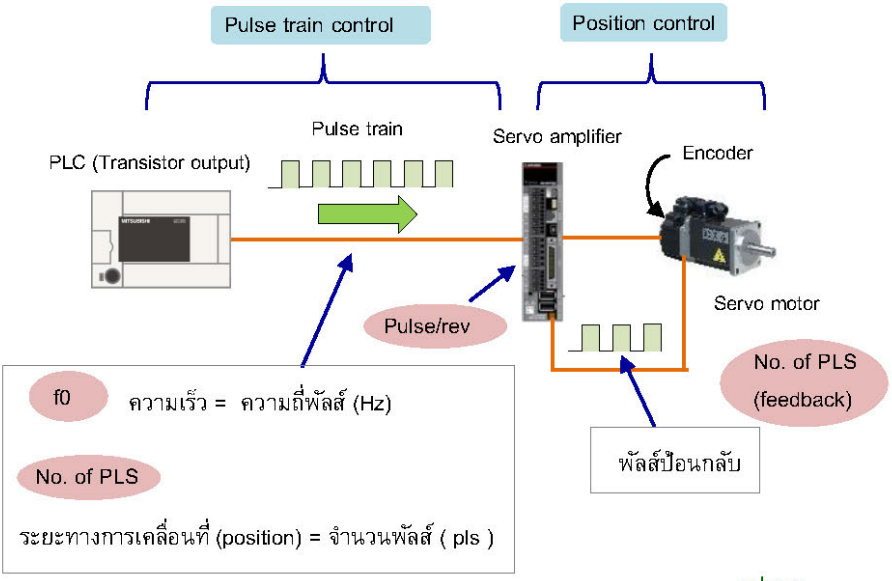
จากตาราง 6.1 PLC FX3U สามารถใช้ FX3U-1PG ได้ 8 units ส่วน FX3UC สามารถใช้ FX3U-1PG ได้ 6 units เวอร์ชัน PLC ต้องเป็นเวอร์ชัน 2.20 ขึ้นไป เวอร์ชัน PLC เช็คจากค่า D8001/D8101 โดยดูได้จากค่า 3 ดิจิตสุดท้าย

เมื่อรวมกับ CPU แล้ว FX3U สามารถใช้ servo ได้ 11 แกน และ FX3UC สามารถใช้ servo ได้ 9 แกน

6.2 Position control

position control คือการควบคุมแบบตำแหน่ง การใช้ position control ต้องตั้งค่าการใช้งานที่ parameter ของ servo amplifier

การ interface แบบพัลส์ ใช้ได้กับเซอร์โวรุ่น MR-J4-A(-RJ) รูปที่ 6.9 เป็นการจ่าย pulse train จาก PLC ไปยัง servo amplifier



รูป 6.9

ในการใช้ pulse train control system จะมีตัวแปรต่างๆที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. ความถี่ (f0) , หน่วย Hz

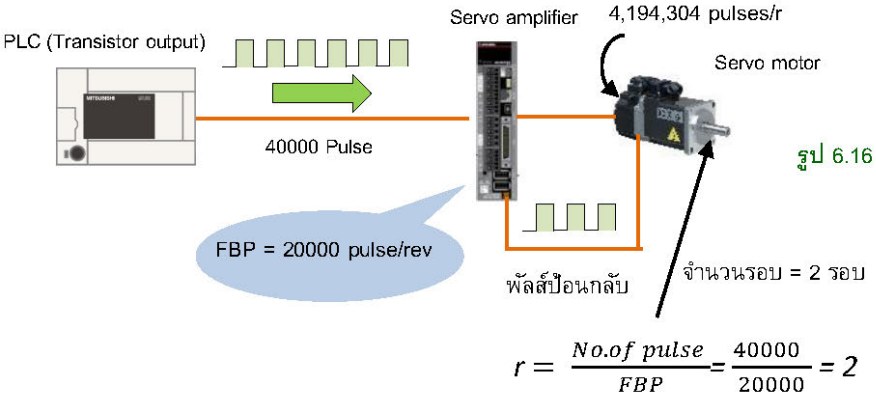
ความถี่พัลส์ (f0) ที่จ่ายให้ servo amplifier จะมีผลต่อความเร็วมอเตอร์ ถ้า PLC จ่ายความถี่มาก จะทำให้มอเตอร์หมุนเร็ว เช่น การจ่ายความถี่ 10,000 Hz จะทำให้มอเตอร์หมุนเร็วกว่าการจ่ายความถี่ 5,000 Hz

2. จำนวนพัลส์ (No. of PLS) , หน่วย pls

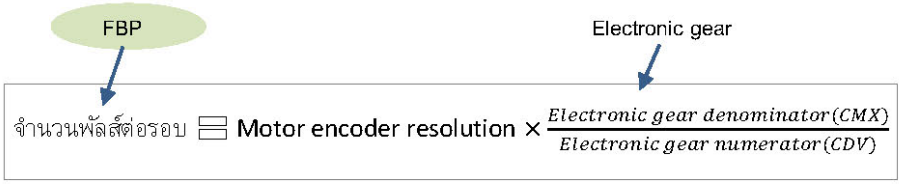
จำนวนพัลส์ที่จ่ายให้ servo amplifier จะมีผลต่อระยะการหมุนของมอเตอร์ การจ่ายพัลส์ 50,000 pulse จะทำให้มอเตอร์หมุนได้ไกลกว่าการจ่าย 10,000 pulse

3. Number of command input pulses per revolution (pulse/rev)

Number of command input pulses per revolution (ใช้ตัวย่อ FBP)คือจำนวนพัลส์ที่จ่ายให้ servo amplifier ต่อการหมุนของมอเตอร์ 1 รอบ มีหน่วยเป็น pulse/r



รูป 6.16



สมการ 6.1

สมการที่ 6.1 FBP หาได้จาก ความละเอียดของ encoder servo motor คูณกับ electronic gear

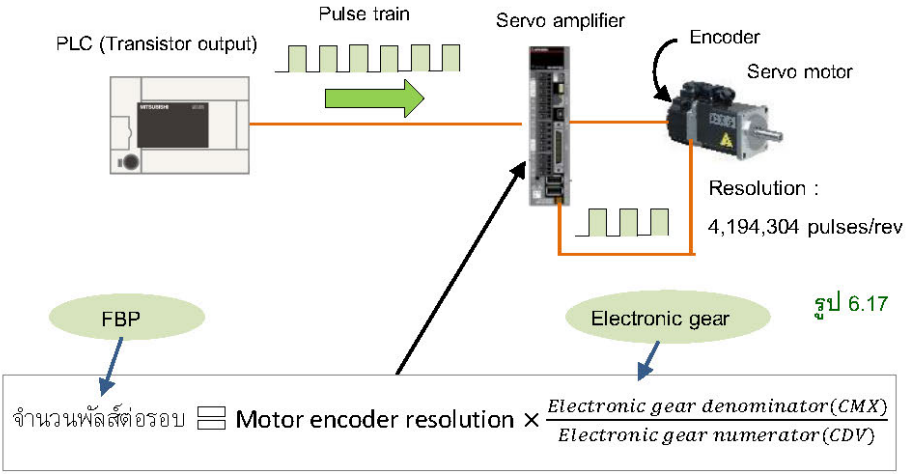
เช่นรูปที่ 6.16 เป็นการตั้งค่า FBP เท่ากับ 20,000 pulse/r เมื่อ plc จ่าย pulse train จำนวน 40,000 pulse จะทำให้มอเตอร์หมุน 2 รอบ ขณะที่มอเตอร์หมุนก็จะมีสัญญาณป้อนกลับจาก encoder ของมอเตอร์ส่งไปยัง servo amplifier เมื่อหมุนครบ 2 รอบ มอเตอร์ก็จะหยุดหมุน

การตั้งค่า FBP สามารถตั้งค่าได้มากสุดคือ เท่ากับค่ากับความละเอียดของ encoder motor ที่ใช้ เช่นจากรูป 6.16 สามารถตั้งค่าได้มากสุดคือ 4,194,304 pulses/rev

ค่า FBP จะมีผลต่อความเร็วของมอเตอร์ด้วย คือเมื่อจ่ายความถี่ที่เท่ากัน กรณีค่า FBP ต่างกัน ความเร็วของ servo motor ก็จะต่างกัน

4. Electronic gear

Electronic gear คือสัดส่วนระหว่าง Electronic gear denominator (CMX) และ Electronic gear numerator (CDV)



รูป 6.17

$$\text{FBP} = 4194304 \times \frac{1\,(CMX)}{1\,(CDV)} = 4194304\ pulse/rev$$ สมการ 6.2

จากสมการ 6.2 encoder มีค่าความละเอียด 4,194,304 pulse/rev ถ้า CMX / CDV = 1 จะได้จำนวนพัลส์ต่อรอบเท่ากับ 4,194,304 การที่จะทำให้มอเตอร์หมุน 1 รอบ เราจะต้องจ่าย pulse train ให้กับ servo amplifier เท่ากับ 4,194,304 พัลส์ ดังนั้น การจ่าย 20,000 พัลส์จะไม่ได้ทำให้มอเตอร์หมุน 1 รอบ ถ้าเราต้องการจ่าย 20,000 พัลส์เพื่อให้มอเตอร์หมุน 1 รอบ จะต้องตั้งค่า CMX=20,000 และ CDV = 4194304

$$FBP = 4194304 \times \frac{20000\,(CMX)}{4194304\,(CDV)} = 20000\ pulse/rev$$ สมการ 6.3

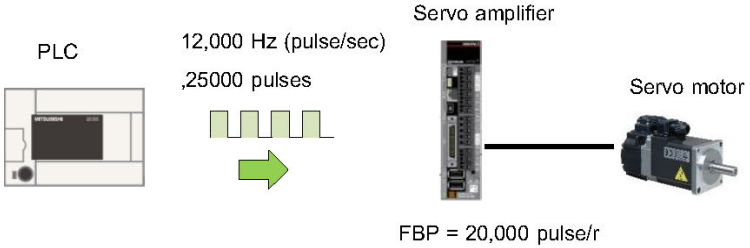
จากสมการ 6.3 จะได้จำนวนพัลส์ต่อรอบเท่ากับ 20,000

PA06	CMX	Elec. gear numerator (Cmd. pls. mult. factor num.)
PA07	CDV	Elec. gear denominator (Cmd. pls. mult. factor den.)

รูป 6.18

รูปที่ 6.18 CMX ตั้งค่าที่ PA06 และ CDV ตั้งค่าที่ PA07

6.3 การคำนวณรอบและความเร็วของเซอร์โวมอเตอร์



รูป 6.32

รูปที่ 6.32 FBP ของ servo amplifier ตั้งค่าเป็น 20,000 pulse/r เมื่อ PLC จ่าย pulse train ให้กับ amplifier จำนวน 25,000 pulse ที่ความถี่ 12,000Hz จงหาว่ามอเตอร์จะหมุนกี่รอบ และหมุนด้วยความเร็วกี่ rpm

$$r = \frac{No.of\ pulse}{FBP} = \frac{25000\ pulse}{20000\ pulse/r} = 1.25\ r \qquad \text{สมการ 6.4}$$

จากสมการ 6.4 จำนวนรอบของมอเตอร์คือ 1.25 รอบ ส่วนความเร็วมอเตอร์หาได้ดังนี้

$$f0 = FBP\left(\frac{pulse}{r}\right) \times N\left(\frac{r}{sec}\right) \qquad \text{สมการ 6.5}$$

จากสมการ 6.5 f0 คือความถี่ของพัลส์ที่จ่ายให้ amplifier ซึ่งจะเท่ากับ FBP คูณกับความเร็วของมอเตอร์ในหน่วยรอบต่อวินาที (N)

$$12000\left(\frac{pulse}{sec}\right) = 20000\left(\frac{pulse}{r}\right) \times N\left(\frac{r}{sec}\right)$$

$$N\left(\frac{r}{sec}\right) = \frac{12000}{20000}\left(\frac{pulse}{sec}\right)\left(\frac{r}{pulse}\right)$$

$$N = 0.6\left(\frac{r}{sec}\right)$$

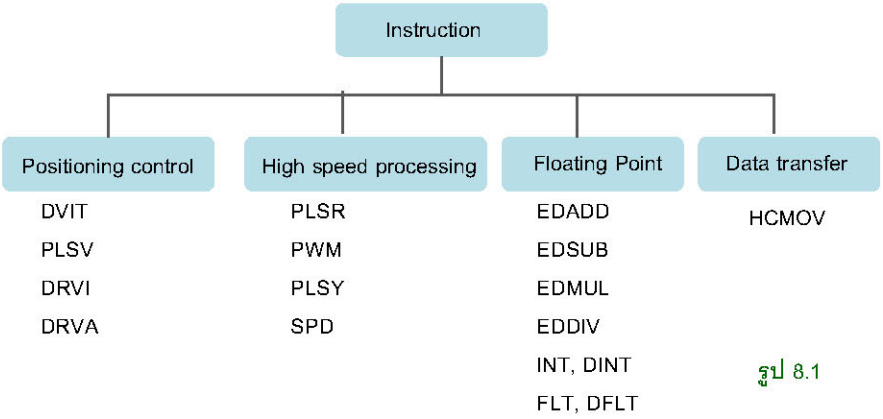
$$N = 0.6\left(\frac{r}{sec}\right) \text{x } 60$$

$$\text{N0} = 36\ r/min$$

จะได้ความเร็วมอเตอร์คือ 0.6 r/ sec หรือก็คือ 36 r/min (36 rpm)

บทที่ 8 คำสั่งประยุกต์

เนื้อหาบทนี้ จะกล่าวถึงคำสั่งประยุกต์ที่ใช้กับระบบเซอร์โวดังรูป 8.1

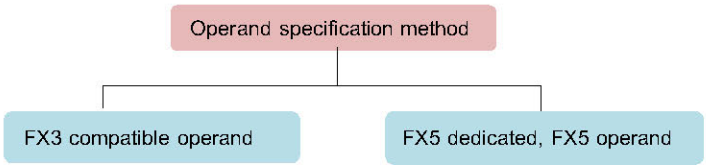


รูป 8.1

1. positioning control คือคำสั่งที่ใช้ในการควบคุมแบบตำแหน่ง
2. high speed processing คือคำสั่งที่ใช้ในการจ่าย pulse train หรือใช้ประมวลผลข้อมูลแบบ high speed บางคำสั่งก็สามารถควบคุมแบบตำแหน่งได้ เช่น PLSY, PLSR
3. floating point คือคำสั่งที่ใช้งานเกี่ยวกับ real number เช่น คำสั่งบวก ลบ คูณ หาร คำสั่งแปลงตัวเลข ใช้ในการคำนวณทางคณิตศาสตร์เพื่อกำหนดระยะทางและความเร็ว
4. คำสั่ง data transfer ใช้เคลื่อนย้ายข้อมูลระหว่าง data register

Operand specification method

คือหลักการใช้ operand ของ PLC FX5 (MELSEC iQ-F series) เนื่องจาก FX5 ถูกพัฒนามาจาก FX series และปรับปรุงให้สามารถใช้คำสั่งแบบ Q series ได้ ดังนั้นการใช้ special data register และ special relay จึงมี operand ที่อ้างอิงมาจาก FX series การใช้ operand ที่อ้างอิงจาก PLC FX series เรียกว่า FX3 compatible operand เช่น M8000 ที่ใช้กับ FX series ถ้าเป็น PLC FX5 จะใช้ SM8000 เป็นต้น



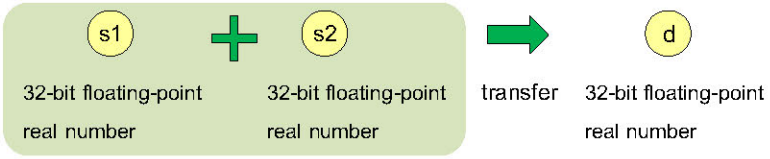
รูป 8.2

8.1 คำสั่ง DEADD

FX3S (Ver 1.00 up) | FX3G (Ver 1.00 up) | FX3GC (Ver 1.40 up) | FX3U (Ver 2.20 up) | FX3UC (Ver 1.00 up)

คำสั่ง DEADD (Floating Point Addition) คือคำสั่งที่นำตัวเลขแบบจำนวนจริงมาบวกกัน และนำข้อมูลผลลัพธ์ไปเก็บยังเวิร์ดปลายทาง มีรูปแบบคำสั่งคือ

รูป 8.3



รูป 8.4

s1 คือค่าคงที่หรืออุปกรณ์แบบเวิร์ดตัวที่ 1 (real number), s2 คือค่าคงที่หรืออุปกรณ์แบบเวิร์ดตัวที่ 2 (real number) , d คือเวิร์ดปลายทางสำหรับเก็บค่าผลลัพธ์ (real number)

รูปแบบการทำงาน

DEADD คือคำสั่งที่ทำงานแบบต่อเนื่อง ส่วน DEADDP คือคำสั่งที่ทำงานแบบพัลส์ คำสั่ง DEADD, DEADDP ใช้กับข้อมูล real number แบบ single-precision (32 บิต)

ตาราง 8.1 แสดงอุปกรณ์ที่สามารถใช้ได้

operand	Word devices												Others
	Digit specification				System user				Special module	index			constant
	KnX	KnY	KnM	KnS	T	C	D	R	U□\□G	V	Z	modify	K, H, E
s1							●	● 1	● 2			●	●
s2							●	● 1	● 2			●	●
d							●	● 1	● 2			●	

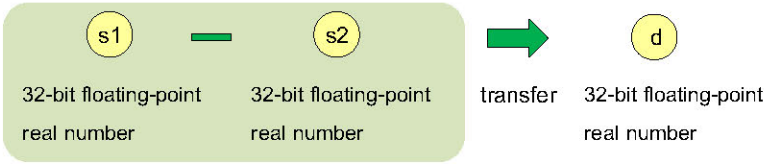
1. ใช้ได้เฉพาะ PLC FX3G, FX3GC, FX3U และ FX3UC
2. ใช้ได้เฉพาะ PLC FX3U และ FX3UC

8.2 คำสั่ง DESUB

FX3S (Ver 1.00 up) | FX3G (Ver 1.00 up) | FX3GC (Ver 1.40 up) | FX3U (Ver 2.20 up) | FX3UC (Ver 1.00 up)

คำสั่ง DESUB (Floating Point Subtraction) คือคำสั่งนำตัวเลขแบบจำนวนจริงมาลบกัน และนำข้อมูลผลลัพธ์ไปเก็บยังเวิร์ดปลายทาง มีรูปแบบคำสั่งคือ

รูป 8.5



รูป 8.6

s1 คือค่าคงที่หรืออุปกรณ์แบบเวิร์ดตัวที่ 1 (real number), s2 คือค่าคงที่หรืออุปกรณ์แบบเวิร์ดตัวที่ 2 (real number) , d คือเวิร์ดปลายทางสำหรับเก็บค่าผลลัพธ์ (real number)

รูปแบบการทำงาน

DESUB คือคำสั่งที่ทำงานแบบต่อเนื่อง ส่วน DESUBP คือคำสั่งที่ทำงานแบบพัลส์ คำสั่ง DESUB, DESUBP ใช้กับข้อมูล real number แบบ single-precision (32 บิต)

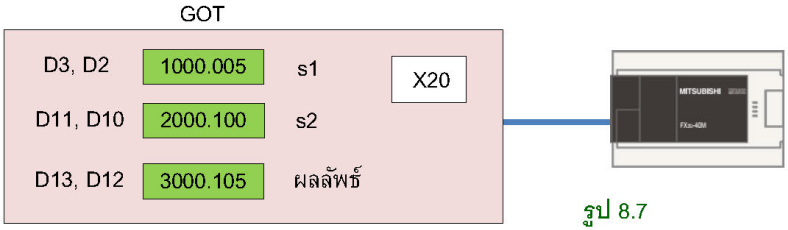
ตาราง 8.2 แสดงอุปกรณ์ที่สามารถใช้ได้

operand	Word devices												Others
	Digit specification				System user				Special module	index			constant
	KnX	KnY	KnM	KnS	T	C	D	R	U□\□G	V	Z	modify	K, H, E
s1							●	● 1	● 2			●	●
s2							●	● 1	● 2			●	●
d							●	● 1	● 2			●	

1. ใช้ได้เฉพาะ PLC FX3G, FX3GC, FX3U และ FX3UC
2. ใช้ได้เฉพาะ PLC FX3U และ FX3UC

การทำงานของคำสั่ง DEADD

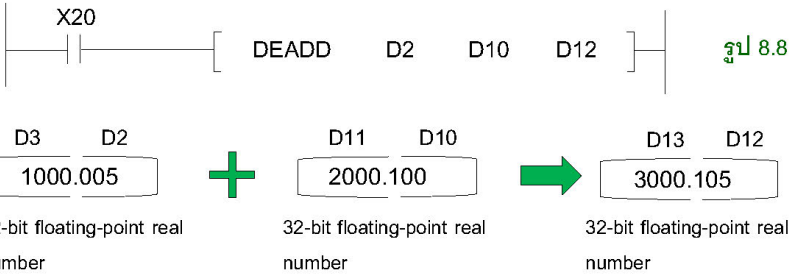
1. ทดลองเขียน Numerical input โดยใช้ GOT ดังรูปที่ 8.7 ใช้ data type แบบ real number กำหนดดิจิตจำนวนเต็มเป็น 4 หลัก ส่วนทศนิยมใช้ 3 ตำแหน่ง , X20 เป็น bit object



รูป 8.7

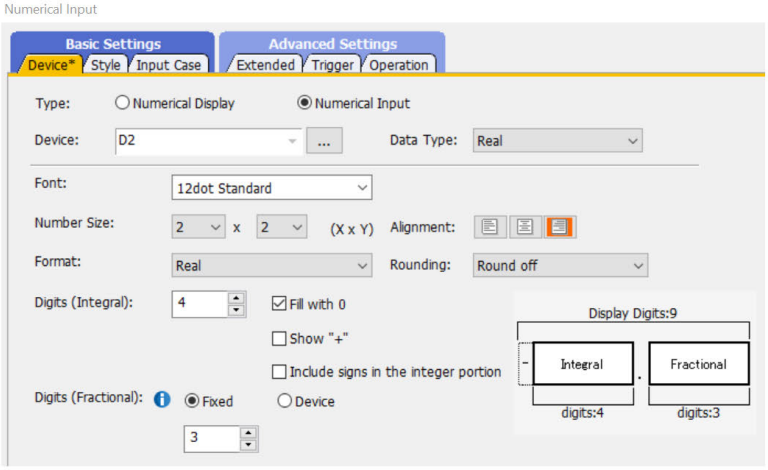
2. กดตั้งค่าตัวเลข s1 และ s2 เป็น 1000.005 และ 2000.100

3. การทำงานของวงจรคือเมื่อกดปุ่ม X20 ให้คำสั่ง DEADD นำค่า D3, D2 บวกกับ D11, D10 แล้วนำผลลัพธ์ไปเก็บไว้ที่ D13, D12 จากรูป 8.8 จะได้ D13, D12 เท่ากับ 3000.105



รูป 8.8

รูปที่ 8.9 แสดงการตั้งค่า Numerical input เป็น data type แบบ real

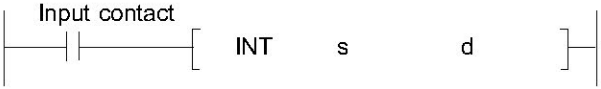


รูป 8.9

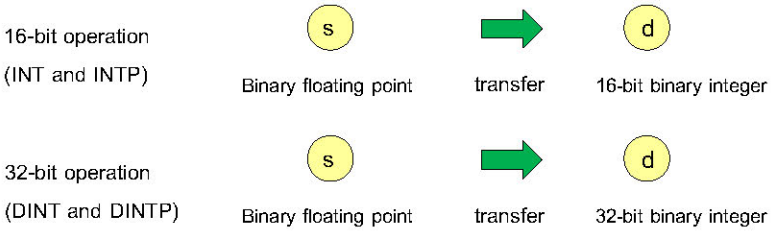
8.5 คำสั่ง INT, DINT

FX3S (Ver 1.00 up) | FX3G (Ver 1.00 up) | FX3GC (Ver 1.40 up) | FX3U (Ver 2.20 up) | FX3UC (Ver 1.00 up)

คำสั่ง INT, DINT (Floating Point to Integer Conversion) คือคำสั่งที่แปลงตัวเลขจำนวนจริงเป็นจำนวนเต็ม และนำข้อมูลผลลัพธ์ไปเก็บยังเวิร์ดปลายทาง มีรูปแบบคำสั่งคือ



รูป 8.16



รูป 8.17

s คืออุปกรณ์แบบเวิร์ด (Binary floating point operation หรือเรียกว่า real number) ไม่สามารถใช้ค่าคงที่ได้, d คือเวิร์ดปลายทางสำหรับเก็บค่าผลลัพธ์ (16- or 32-bit binary)

รูปแบบการทำงาน

INT, DINT คือคำสั่งที่ทำงานแบบต่อเนื่อง ส่วน INTP, DINTP คือคำสั่งที่ทำงานแบบพัลส์

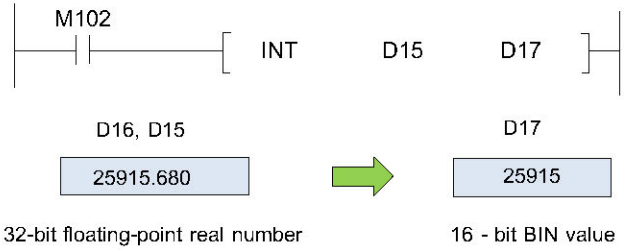
ตาราง 8.5 แสดงอุปกรณ์ที่สามารถใช้ได้

operand	Word devices												Others
	Digit specification				System user				Special module	index			constant
	KnX	KnY	KnM	KnS	T	C	D	R	U□\□G	V	Z	modify	K, H, E
s							●	● 1	● 2			●	
d							●	● 1	● 2			●	

1. ใช้ได้เฉพาะ PLC FX3G, FX3GC, FX3U และ FX3UC
2. ใช้ได้เฉพาะ PLC FX3U และ FX3UC

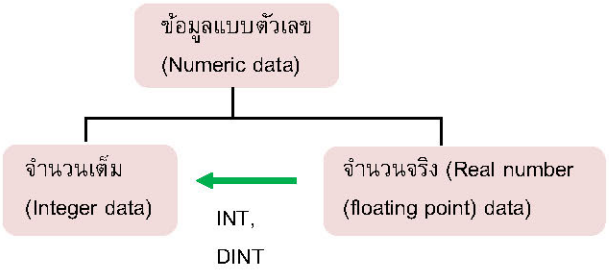
การทำงานของคำสั่ง INT, INTP

คำสั่ง INT และ INTP จะแปลงข้อมูลแบบ real number (32 บิต) เป็นจำนวนเต็ม และนำค่าผลลัพธ์ไปเก็บยังเวิร์ดปลายทาง โดยเวิร์ดปลายทางใช้ขนาด 1 เวิร์ด (16บิต)



รูป 8.18

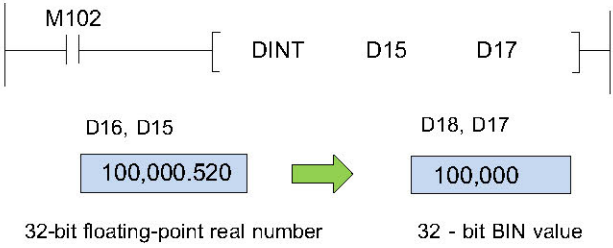
ตัวอย่างวงจรรูปที่ 8.18 สมมุติว่า D16, D15 เท่ากับ 25915.680 เมื่อ M102 ON คำสั่ง INT จะเปลี่ยน 25915.680 เป็นจำนวนเต็ม และเขียนค่าไปยัง D17 จะได้ D17 เท่ากับ 25915 (ตัดทศนิยมออก)



รูป 8.19

การทำงานของคำสั่ง DINT, DINTP

คำสั่ง DINT และ DINTP จะแปลงข้อมูลแบบ real number (32 บิต) เป็นจำนวนเต็ม และนำค่าผลลัพธ์ไปเก็บยังเวิร์ดปลายทาง โดยเวิร์ดปลายทางใช้ขนาด 2 เวิร์ด (32 บิต)



รูป 8.20

จากรูป 8.20 เป็นการเปลี่ยนค่า D16, D15 เป็นจำนวนเต็ม และนำค่าไปเก็บยัง D18, D17

8.11 คำสั่ง SPD , DSPD

FX3S (Ver 1.00 up) | FX3G (Ver 1.00 up) | FX3GC (Ver 1.40 up) | FX3U (Ver 2.20 up) | FX3UC (Ver 1.00 up)

คำสั่ง SPD, DSPD (speed detection) คือคำสั่งวัดจำนวนของสัญญาณพัลส์ต่อหนึ่งหน่วยเวลา รูปแบบของคำสั่งคือ

รูป 8.34

ตาราง 8.11 set data

สัญลักษณ์	ความหมาย	ประเภทข้อมูล
s1	Device number of pulse input (X)	bit
s2	Time data (ms) or word device number storing the data	16- or 32-bit binary
d	Head word device number storing the pulse density data	16- or 32-bit binary

S1 คืออินพุท PLC (ระบุเป็น X), s2 คือเวลาในการวัด (หน่วยมิลลิวินาที), d1 คืออุปกรณ์แบบเวิร์ดใช้เก็บค่าจำนวนพัลส์ที่วัดได้ในขณะนั้นๆ

รูปแบบการทำงาน

การทำงานของคำสั่ง SPD และ DSDP เป็นแบบต่อเนื่อง (continuous operation)

ตาราง 8.12 แสดงอุปกรณ์ที่สามารถใช้ได้ (Applicable device)

Operand	Bit devices			Word devices								Others
	System user			System user					Special module	index		constant
	X	Y	D□.b	KnX,KnY, KnM,KnS	T	C	D	R	U□\□G	V,Z	modify	K,H
s1	● *1										●	
s2				●	●	●	●	● *2	● *3	●	●	●
d					●	●	●	● *2		●	●	

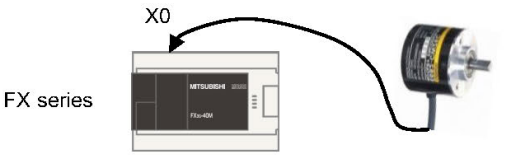
*1. ใช้ได้เฉพาะ X0 ถึง X7 (FX3G/FX3GC/FX3U/FX3UC PLCs.) และ X0 ถึง X5 (FX3S)

*2. ใช้ได้เฉพาะ PLC FX3G/FX3GC/FX3U/FX3UC

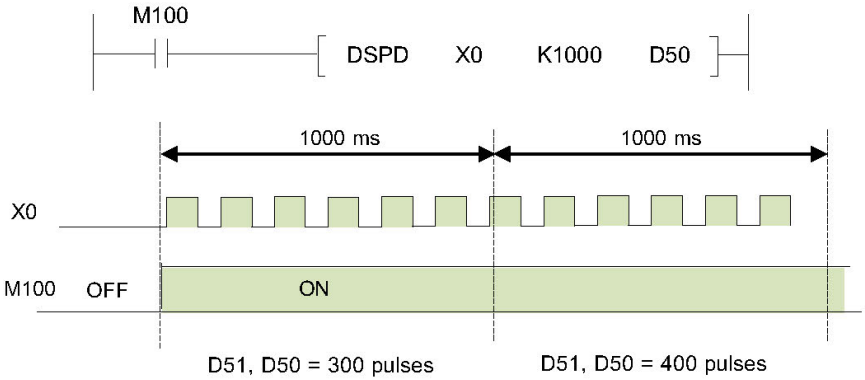
*3. ใช้ได้เฉพาะ PLC FX3U/FX3UC

การทำงานของคำสั่ง DSPD (32 bit)

จากรูป 8.35 ต้องการนับจำนวณพัลส์ของ Encoder โดยใช้ input X0 กำหนดช่วงเวลาการวัดคือทุกๆ 1000ms สามารถเขียนคำสั่งได้ดังรูป 8.36



รูป 8.35



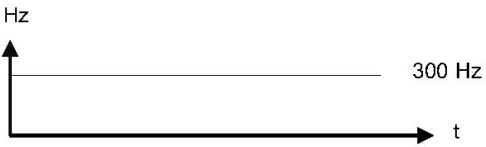
รูป 8.36

การทำงานคือ

เมื่อ M100 ON คำสั่ง DSPD จะนับสัญญาณ X0 ที่เกิดขึ้นในช่วงเวลา 1000ms และส่งค่าที่ได้ไปเก็บใน D51,D50 จากรูป 8.36 สมมุติว่าช่วงเวลา 1000ms แรก นับได้ 300 pulse จะได้ D51, D50= 300 pulse และช่วง 1000ms ถัดมานับได้ 400 pulses การที่วัดค่าได้ไม่เท่ากันเนื่องจากช่วงเวลา 1000ms แรก encoder หมุนช้ากว่าช่วงเวลาที่สอง

เนื่องจากเราวัดจำนวนพัลส์ใน 1 วินาที ดังนั้นค่าที่ได้คือความถี่ของ encoder ในขณะนั้นๆ คือ 300Hz และ 400Hz

กรณี encoder หมุนด้วยความเร็วคงที่ ก็จะได้ความถี่คงที่เช่นกัน เช่นวัดค่าได้ 300Hz ในทุกขณะเวลา



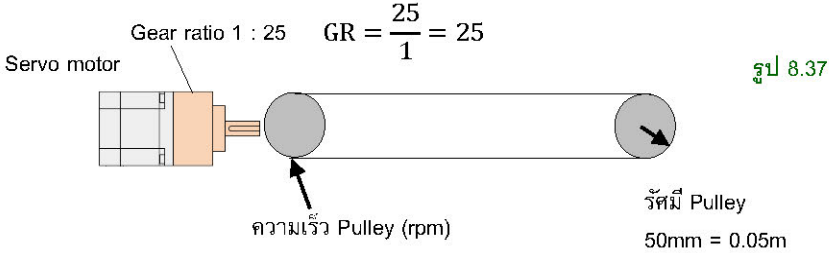
รูป 8.37

8.12 การคำนวณความเร็วของระบบ Belt & Pulley

จากรูป 8.37 ใช้ servo motor แบบมี gear ขับ belt และ pulley โดยมีค่าต่างๆคือ รัศมีของ pulley เท่ากับ 50 mm , gear ratio ของ motor gear เท่ากับ 1 : 25 จงหาว่า

1. เมื่อมอเตอร์หมุนด้วยความเร็ว 1000 rpm (ความเร็วเพลามอเตอร์ก่อนทด gear) จะทำให้ pulley หมุนด้วยความเร็วกี่ rpm

2. เมื่อมอเตอร์หมุนด้วยความเร็ว 1000 rpm จะทำให้สายพานเคลื่อนที่ด้วยความเร็วกี่เมตรต่อวินาที (ความเร็วสายพานก็คือความเร็ว pulley)



รูป 8.37

ความเร็ว N0 = 1000 rpm = Nin ส่วนความเร็วเชิงมุม pulley คือ Nout ซึ่งหาได้จากสมการที่ 8.1

$$GR = \frac{Nin}{Nout}$$ สมการ 8.1

$$25 = \frac{1000\ rpm}{Nout}$$

$$Nout = \frac{1000\ rpm}{25} = 40\ rpm$$

จะได้ความเร็วรอบของ pulley คือ 40 rpm

Pulley หมุนด้วยความเร็ว 40 rpm จะได้ความเร็ว pulley ในหน่วยรอบต่อวินาที (ความถี่) คือ

$$N = \frac{40}{60} = 0.667\ r/sec$$

ความเร็วสายพานคือความเร็วเชิงเส้น หาได้ดังนี้

$$V = 2\pi rN$$

$$V = (2)(3.14)(0.05)(0.667) = 0.209\ m/s$$

จะได้ความเร็วของสายพานเท่ากับ 0.209 m/s

8.15 คำสั่ง PLSV , DPLSV

FX3S (Ver 1.00 up) | FX3G (Ver 1.00 up) | FX3GC (Ver 1.40 up) | FX3U (Ver 2.20 up) | FX3UC (Ver 1.00 up)

คำสั่ง PLSV (Variable speed pulse output) คือคำสั่งควบคุมความเร็วและทิศทางของเซอร์โวมอเตอร์โดยการจ่ายความถี่ให้ออกทาง output Y รูปแบบของคำสั่งคือ

รูป 8.46

ตาราง 8.15 set data

Operand type	Description	Data type
s	Device number for output pulse frequency (Hz)	16-or 32-bit binary
d1	Device number (Y) from which pulses are to be output	bit
d2	Device number to which rotation direction signal is output	bit

s คือความถี่ของสัญญาณ output (หน่วย Hz) สามารถระบุเป็นค่าคงที่หรือข้อมูลของอุปกรณ์แบบเวิร์ดก็ได้ ตั้งค่าได้ดังตารางที่ 8.16

ตาราง 8.16 set data

			Setting range
16-bit operation			-32768 to -1, +1 to +32767 Hz
32-bit operation	FX3U PLC	Special high-speed output adapter	-200,000 to -1, +1 to 200,000 (Hz)
	FX3S/FX3G/FX3GC/ FX3U/FX3UC PLCs	Main unit (transistor output)	-100,000 to -1, +1 to 100,000 (Hz)

d1 คืออุปกรณ์แบบบิต ใช้ได้เฉพาะเอาท์พุท Y

d2 คืออุปกรณ์แบบบิตที่ใช้ระบุทิศทางของสัญญาณพัลส์ และใช้ควบคุมทิศทาง

รูปแบบการทำงาน

คำสั่ง PLSV และ DPLSV คือคำสั่งที่ทำงานแบบต่อเนื่อง คำสั่ง PLSV ใช้กับข้อมูลแบบ 16 บิต คำสั่ง DPLSV ใช้กับข้อมูลแบบ 32 บิต

ตาราง 8.17 แสดงอุปกรณ์ที่สามารถใช้ได้ (Applicable device)

Operand	Bit devices			Word devices								Others
	System user			System user					Special module	index		constant
	Y	M,S	D□.b	KnX,KnY, KnM,KnS	T	C	D	R	U□\□G	V,Z	modify	K, H
s				●	●	●	●	●[3]	●[4]	●	●	●
d1	●[1]										●	
d2	●	●	●[2]								●	

1. d1 ใช้ได้เฉพาะเอาท์พุท Y0, Y1 และ Y2 และต้องเป็นเอาท์พุทแบบทรานซิสเตอร์ กรณีใช้ special high-speed output adapter ใช้ได้เฉพาะเอาท์พุท Y0, Y1, Y2 และ Y3
2. ใช้ได้เฉพาะ PLC FX3U และ FX3UC
3. ใช้ได้เฉพาะ PLC รุ่น FX3G,FX3GC,FX3U และ FX3UC
4. ใช้ได้เฉพาะ PLC FX3U และ FX3UC

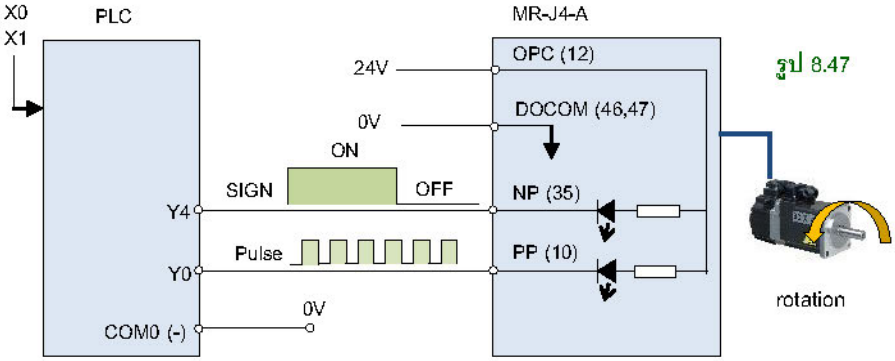
ตาราง 8.18 แสดงรีเลย์ช่วยพิเศษที่ใช้งานกับคำสั่ง PLSV

Devices				Function	Attribute
Y0	Y1	Y2	Y3		
M8329				"Instruction execution abnormal end" flag	Read only
M8338				Acceleration/deceleration Operation	Drivable
M8340	M8350	M8360	M8370	"Pulse output monitor" (BUSY/READY) flag	Read only
M8343	M8353	M8363	M8373	Forward limit	Drivable
M8344	M8354	M8364	M8374	Reverse limit	Drivable
M8348	M8358	M8368	M8378	Positioning instruction activation	Read only

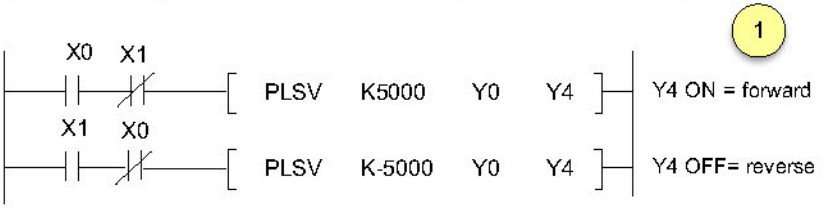
Read only หมายถึงเป็นอุปกรณ์ที่สามารถอ่านค่าได้อย่างเดียว ใช้ได้เฉพาะหน้าสัมผัสของรีเลย์ เช่น M8348 จะ ON อัตโนมัติเมื่อคำสั่ง PLSV, DPLSV ทำงาน (ใช้ Y0 จ่ายพัลส์)
Drivable หมายถึงเป็นอุปกรณ์ที่อ่านค่าและสามารถเขียนค่าได้ คือใช้ได้ทั้งหน้าสัมผัสและคอยล์ เช่นการ ON คอยล์ M8338 คือการใช้งาน Acceleration/deceleration

ตัวอย่างการทำงานของคำสั่ง PLSV และการควบคุมทิศทางมอเตอร์

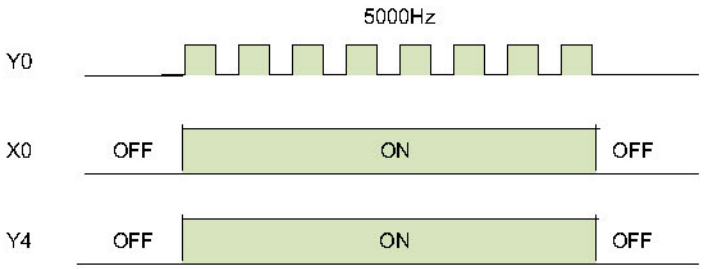
รูปที่ 8.47 ใช้ PLC FX3U ควบคุม amplifier J4 โดย Y0 ใช้จ่ายความถี่ให้กับ amplifier ,Y4 คือ output สำหรับควบคุมทิศทางของมอเตอร์ ,X0 คือสวิตช์ run forward เมื่อ X0 ON ให้มอเตอร์หมุน forward, X1 คือสวิตช์ run reverse เมื่อ X1 ON ให้มอเตอร์หมุน reverse



รูป 8.47



รูป 8.48



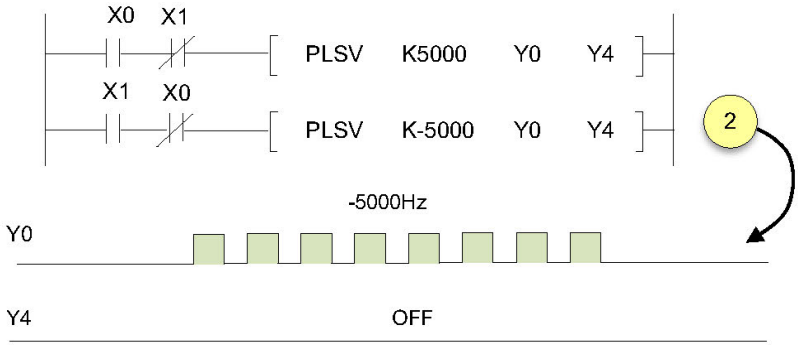
รูป 8.49

วงจรรูปที่ 8.48 ค่าคงที่ 5000 ใช้กำหนดความถี่,Y0ใช้จ่ายความถี่ Y4 ใช้ระบุทิศทางการหมุน

1. เมื่อ X0 ON คำสั่ง PLSV จะสร้างพัลส์และจ่ายพัลส์ออกมาที่ Y0 โดยมีความถี่เท่ากับ 5000Hz (หรือ 5000 pulse/sec) กรณีความถี่มีค่าเป็นบวก Y4 จะ ON เมื่อ Y4 ON จะทำให้มอเตอร์หมุนแบบ forward

Note : Y4 จะต้องวายริ่งไปยังขา NP เพื่อควบคุมทิศทางของมอเตอร์ และตั้งค่าที่ PA13 และ PA14 เพื่อให้มอเตอร์หมุนแบบ forward run

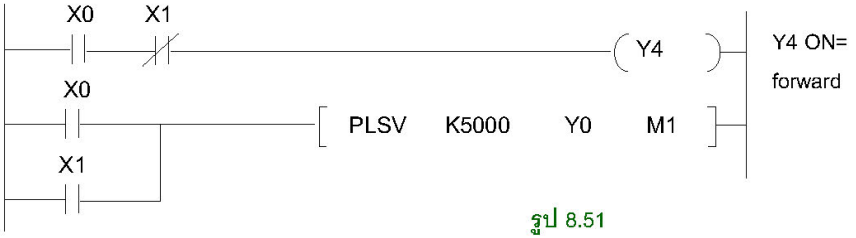
รูป 8.50 กรณีต้องการให้มอเตอร์หมุนแบบ Forward ทำได้โดยการระบุค่าคงที่เป็น -5000



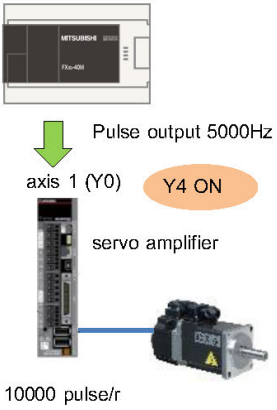
รูป 8.50

2. เมื่อ X1 ON คำสั่ง PLSV ทำงาน Y4 จะไม่ ON ส่วน servo motor จะหมุนในทิศทาง reverse ส่วนค่าความถี่ก็ยังคงเป็น 5000 Hz

การควบคุมทิศทางสามารถเขียนได้อีกแบบ โดยการ ON-OFF Y4 โดยตรงดังวงจรที่ 8.51



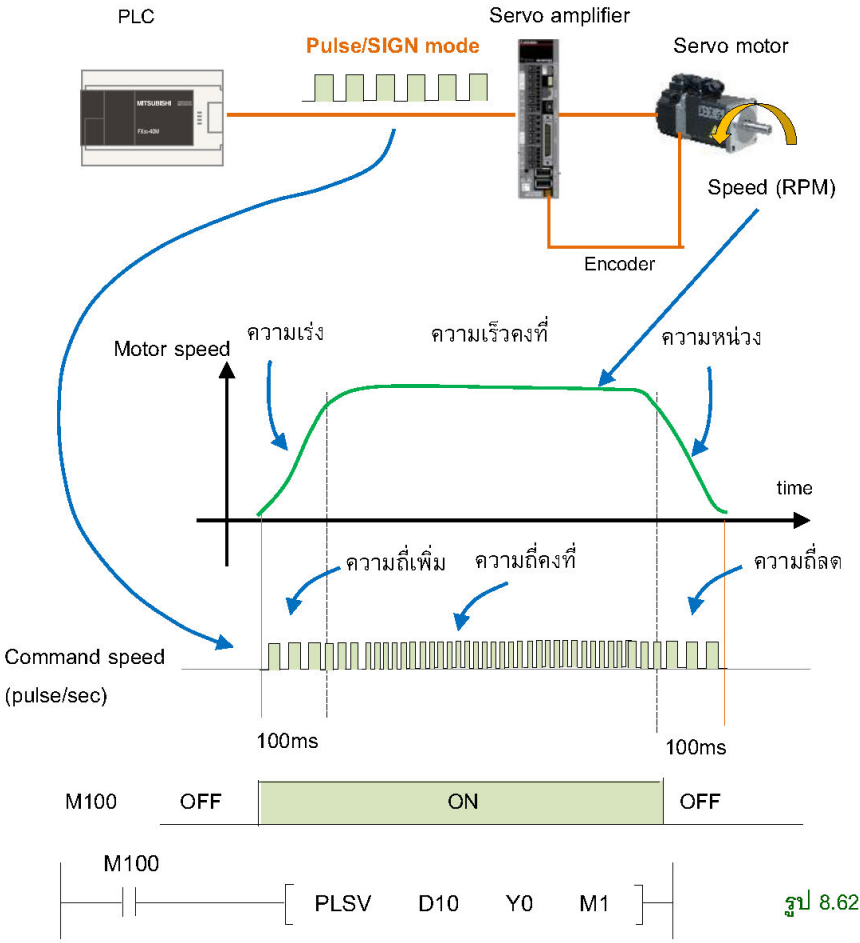
รูป 8.51



1. เมื่อ X0 ON จะทำให้ Y4 ON และ Y0 จ่ายความถี่ 5000Hz มอเตอร์หมุนแบบ forward
2. เมื่อ X1 ON จะทำให้ Y0 จ่ายความถี่ 5000Hz ไปยัง amplifier เนื่องจาก Y4 OFF ทำให้มอเตอร์หมุนแบบ reverse ส่วน M1 สามารถระบุไว้โดยไม่ได้ใช้งานก็ได้

รูป 8.52

8.16 ความเร่งและความหน่วง

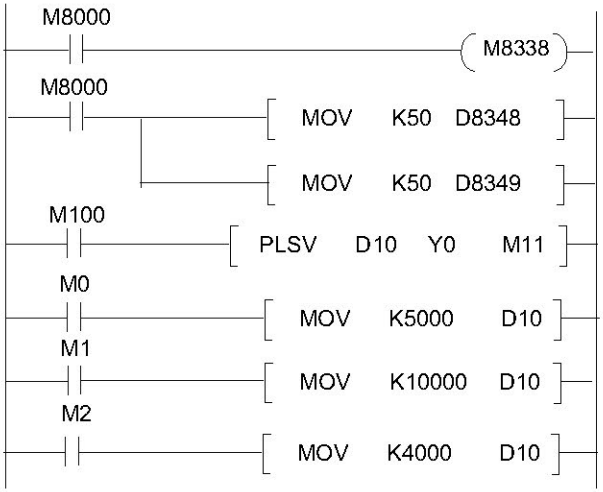


รูป 8.62

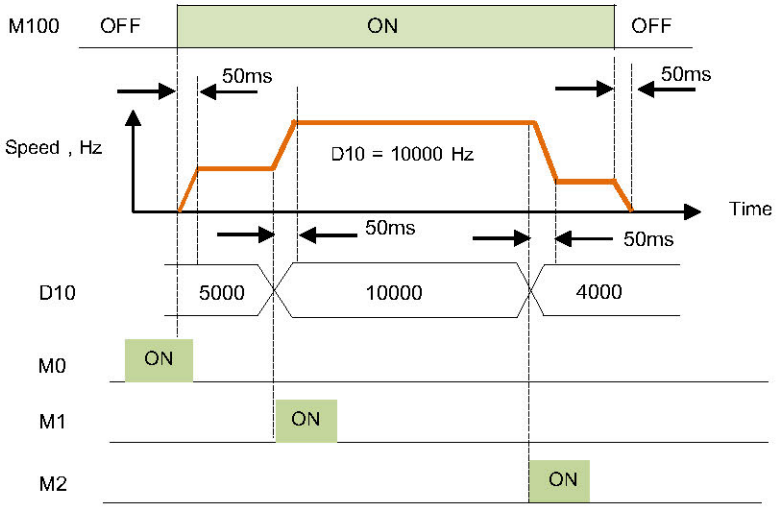
รูปที่ 8.62 เมื่อคำสั่ง PLSV ทำงาน PLC จ่าย pulse ให้ servo amplifier จะทำให้มอเตอร์เริ่มหมุน ความถี่พัลส์ที่จ่ายให้ servo amplifier จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ทำให้มอเตอร์เริ่มหมุนเร็วขึ้น ช่วงเวลาที่ความถี่ค่อยๆเพิ่ม เรียกว่า**เวลาเร่ง** (acceleration time) มีหน่วยเป็นมิลลิวินาที (ms) เช่นในรูปคือ 100ms

เมื่อความถี่คงที่จะทำให้มอเตอร์มีความเร็วคงที่ กรณีคำสั่ง PLSV หยุดทำงาน ความถี่ของสัญญาณพัลส์จะค่อยๆลดลง เพื่อไม่ให้มอเตอร์หยุดกะทันหัน ทำให้มอเตอร์ค่อยๆลดความเร็วลง ช่วงเวลาที่ความถี่ค่อยๆลดเรียกว่า**เวลาหน่วง** (Deceleration time) มีหน่วยเป็นมิลลิวินาที (ms)

การทำงานของคำสั่ง PLSV แบบมีค่าความเร่งและความหน่วง



รูป 8.70



จากรูป 8.70 เมื่อ M8000 ON ทำให้ M8338 ON คือกำหนดใช้ความเร่งและความหน่วง และตั้งค่าความเร่งและความหน่วงเท่ากับ 50ms

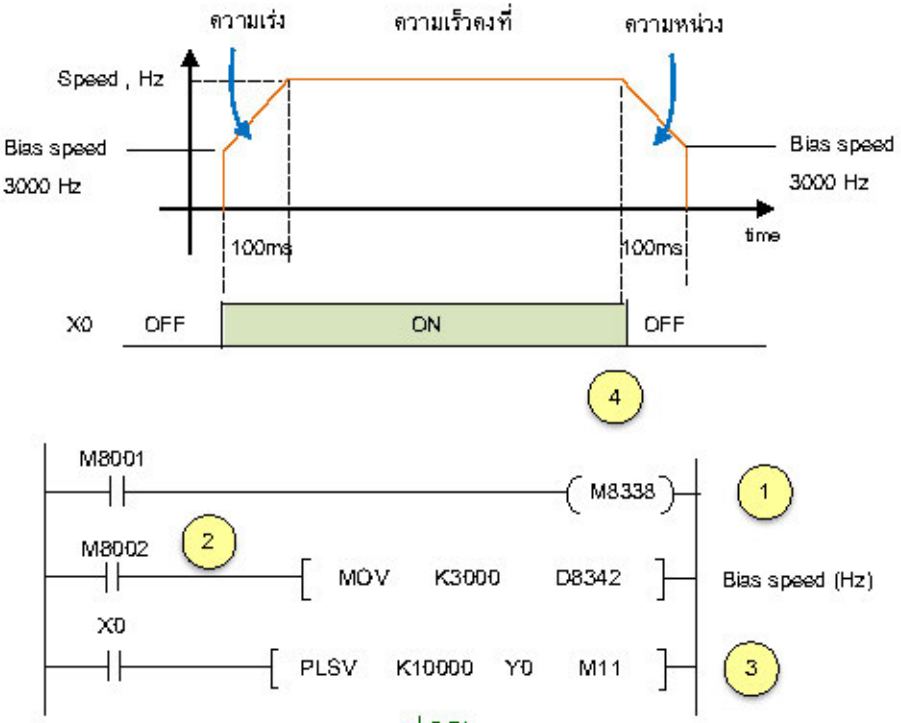
1. เมื่อ D10=5000 และ M100 ON ความถี่จะเพิ่มจาก 0Hz ไปยัง 5,000Hz ในเวลา 50ms
2. เมื่อ M1 ON ค่าของ D10 เปลี่ยนเป็น 10,000 ความถี่จะเพิ่มจาก 5,000Hz เป็น 10,000Hz ในเวลา 50ms
3. เมื่อ M2 ON ค่า D10 เท่ากับ 4,000 ความถี่จะลดจาก 10,000Hz เป็น 4,000Hz ในเวลา 50ms

Bias speed (Hz)

Bias speed คือความเร็วเริ่มต้นเมื่อคำสั่ง PLSV ทำงาน มีหน่วยเป็น Hz bias speed ตั้งค่าได้สองวิธีคือ 1. ตั้งค่าโดยใช้วงจรแลดเดอร์ และ 2. ตั้งค่าที่ PLC parameter

การตั้งค่า Bias speed โดยใช้ program ladder

กรณีใช้ Y0 ตั้งค่าได้ที่ D8342



รูป 8.71

วงจรรูปที่ 8.71 การทำงานของวงจรคือ

1. เมื่อ M8338 ON คือการกำหนดใช้งานความเร่งและความหน่วง สมมุติว่าเวลาเร่งและเวลาหน่วงเท่ากับ 100ms
2. เมื่อ PLC RUN M8002 ON เป็นการตั้งค่า bias speed เท่ากับ 3000 Hz
3. เมื่อ X0 ON คำสั่ง PLSV ทำงาน Y0 จะจ่ายความถี่ 3000Hz ให้ amplifier ทันที โดยไม่เกี่ยวกับค่าความเร่ง จากนั้นความถี่จะเพิ่มจาก 3000Hz เป็น 10000Hz ในเวลา 100ms
4. กรณี X0 OFF คำสั่ง PLSV หยุดทำงาน ความถี่จะลดลงจาก 10000Hz เป็น 3000Hz ก่อนภายในเวลา 100ms จากนั้นความถี่ถึงจะลดเป็นศูนย์