



รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

ระบบตรวจสอบสถานะการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ ในเครื่องตัดแผงระบายความร้อน

Status Monitoring System for Servo Motor in Coil Bending Machine



นางสาวสุจินณา รุ่งเรือง

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการสหกิจศึกษา ระบบตรวจสอบสถานะการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ในเครื่องตัดแผง
ระบายความร้อน

ชื่อ-สกุล นักศึกษา นางสาวสุจินณา รุ่งเรือง

คณะ วิศวกรรมศาสตร์ **ภาควิชา** วิศวกรรมไฟฟ้า

ชื่อ-สกุล อาจารย์ผู้นิเทศ ผศ.ดร.วรวรรณ นาคะวิโร

ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน นายปิณฑิทร์ พูนบ้านาญ

ชื่อสถานประกอบการ บริษัท ไต่กินอินดัสทรีส์ (ประเทศไทย) จำกัด

บทคัดย่อ

รายงานสหกิจศึกษานี้ นำเสนอการสร้างระบบตรวจสอบสถานะการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ทั้งหมด 4 ตัวในเครื่องตัดแผงระบายความร้อนที่ติดตั้งอยู่ในไลน์การผลิต R7Ax เนื่องจากทางบริษัทไม่มีสถิติ หรือผลการสำรวจข้อมูลที่สามารถนำมาใช้ในการตรวจสอบสถานะของเซอร์โวมอเตอร์ได้ PLC จึงถูกใช้เป็นเครื่องมือจัดเก็บข้อมูลของเซอร์โวมอเตอร์ไปยังระบบฐานข้อมูลของบริษัท จากนั้นแสดงผลในรูปแบบกราฟผ่านหน้าเว็บเพจภายในบริษัท โดยนำข้อมูลที่เก็บได้มาพล็อตกราฟรวมทั้งหมด 5 กราฟ คือ กราฟแรงบิดขณะไม่มีภาระทางกล กราฟความเร็วรอบในการเคลื่อนที่ไปข้างหน้า กราฟความเร็วรอบในการเคลื่อนที่ย้อนกลับ กราฟอายุการใช้งานที่เหลือของเซอร์โวมอเตอร์ และกราฟแรงบิดขณะตัดชิ้นงาน อีกทั้งยังสามารถวิเคราะห์กราฟแรงบิดขณะตัดชิ้นงานเพื่อติดตามปัญหาคุณภาพเกี่ยวกับครีบกของแผงระบายความร้อนเช่นกัน

คำสำคัญ : เซอร์โวมอเตอร์ ,เก็บข้อมูล ,PLC ,ระบบฐานข้อมูล

Cooperation Title: Status Monitoring System for Servo Motor in Coil Bending Machine

Student Intern Name: Sujinna Rungrueng

Faculty: Engineering **Department:** Electrical Engineering

Advisor Name: Assist. Prof. Worawat Nakawiro , Ph.D.

Mentor Name: Phitiphat Poonbumnan

Company: Daikin Industries (Thailand) LTD.

Abstract

This report shows the creation of system used to examine the operation status of 4 servo motors in the cooling panels installed in a R7AX production line. Due to company's lack of statistics and useful inspection results for examining the status of servo drivers, PLC is used as a data recording method to collect an information from servo motors and put it in company's database. Then, the result is made into five graphs shown in the company's webpage. These five graphs are torque with no load graph, forward speed graph, backward speed graph, servo motors' lifetime graph, and bending torque graph. Furthurmore it can analyze bending torque graph in order to follow up problems about quality of overlapping fins of heat plate.

Keyword : Servo motor , Recording method ,PLC , Data base

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี โดยได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท ไต่กิน อินด์สทรีส์ (ประเทศไทย) จำกัด ที่มอบโอกาสให้ผู้จัดทำได้ดำเนินโครงการ และมีผู้ให้ความช่วยเหลือในการดำเนินโครงการให้เสร็จสมบูรณ์

ผู้จัดทำขอขอบพระคุณพีปิติภัทร์ พูนบานาญ ที่เป็นที่ปรึกษาในครั้งนี้อย่างดี ให้คำแนะนำและคำปรึกษาให้วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จ และพี่น้องสุรณ บัญเจริญปัญญา ที่ได้ช่วยเขียนโปรแกรมเก็บข้อมูลลงฐานข้อมูลของบริษัทและเขียนโปรแกรมแสดงผลผ่านหน้าเว็บเพจ

ขอขอบพระคุณพี่อนุชา อรรถรังสี ,พีธณวิฎ ยงภูมิพุกธา และพี่ๆทุกคนในแผนกกลุ่มเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตที่ได้ให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำต่างๆ

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.วรวรรณ นาคะวิโร ที่คอยดูแล ให้คำปรึกษา ให้คำแนะนำช่วยแก้ไข ปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทำโครงการ และมาเยี่ยมการเป็นอยู่และสถานที่ทำงาน

สุดท้ายนี้ผู้จัดทำขอขอบพระคุณ บิดา-มารดา ที่คอยเป็นกำลังใจ ห่วงใยและเป็นแรงผลักดันให้ผู้จัดทำเสมอ คุณค่า ประโยชน์และกุศลอันพึงได้จากวิทยานิพนธ์นี้ ขอมอบแด่ผู้มีอุปการะทุกท่าน

สุจินดา รุ่งเรือง
ผู้จัดทำ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญภาพ	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย.....	2
1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 การบำรุงรักษา (Maintenance)	4
2.1.1 จุดมุ่งหมายของการบำรุงรักษา [6].....	4
2.1.2 ประเภทของการบำรุงรักษา [8].....	4
2.2 เครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้ในโรงงาน.....	6
2.2.1 โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (PLC) [1].....	6
2.2.2 เซอร์โวมอเตอร์.....	7
บทที่ 3 วิธีดำเนินงาน	12
3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์.....	12
3.2 ขั้นตอนการดำเนิน.....	12
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน	25
4.1 ผลการทดลอง.....	25
4.2 วิเคราะห์ผลที่ได้จากการทดลองเบื้องต้น.....	38
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ.....	43
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน	43

เอกสาร 5.2 ข้อควรระวังสำหรับการดำเนินการในไลน์การผลิตเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ซ้ำ 43
คำว่า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและ IV ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

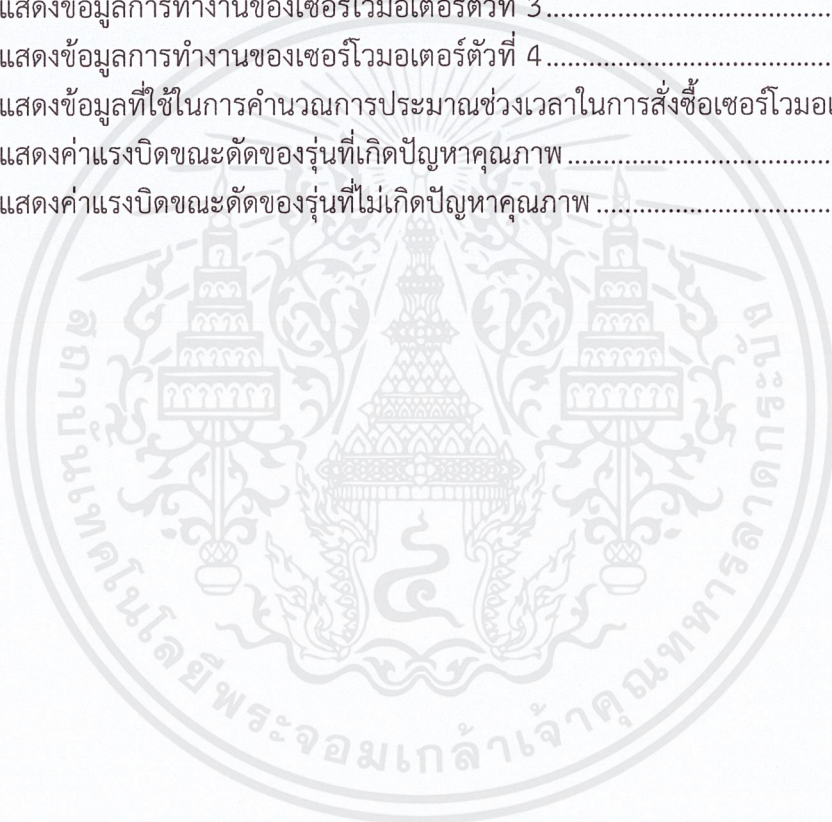
	หน้า
5.3 ขอบเขตการใช้งาน	43
5.4 ข้อเสนอแนะ.....	44
เอกสารอ้างอิง	45
ภาคผนวก.....	46
ภาคผนวก ก.....	47
ภาคผนวก ข.....	72
ภาคผนวก ค.....	76
ประวัติผู้เขียน.....	85



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงานวิจัย	3
ตารางที่ 3.1 แสดงรายชื่ออุปกรณ์และหน้าที่ของอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำโครงการ	12
ตารางที่ 3.2 การตั้งค่าพารามิเตอร์ที่เก็บมาจาก Position Control Unit.....	14
ตารางที่ 3.3 การกำหนดตำแหน่ง DM (Data Memory) เพื่อใช้ในการเก็บข้อมูล	17
ตารางที่ 3.4 จัปเวลาการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัว	17
ตารางที่ 4.1 แสดงข้อมูลการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 1	40
ตารางที่ 4.2 แสดงข้อมูลการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 2	40
ตารางที่ 4.3 แสดงข้อมูลการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 3	40
ตารางที่ 4.4 แสดงข้อมูลการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 4	41
ตารางที่ 4.5 แสดงข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณการประมาณช่วงเวลาในการสั่งซื้อเซอร์โวมอเตอร์	41
ตารางที่ 4.6 แสดงค่าแรงบิดขณะตัดของรุ่นที่เกิดปัญหาคุณภาพ	42
ตารางที่ 4.7 แสดงค่าแรงบิดขณะตัดของรุ่นที่ไม่เกิดปัญหาคุณภาพ	42



สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1	โครงสร้างของ PLC [1].....	7
รูปที่ 2.2	แสดงส่วนประกอบของเซอร์โวมอเตอร์ [3].....	8
รูปที่ 2.3	โครงสร้างและการทำงานของ AC Servo Motor [4]	8
รูปที่ 2.4	โครงสร้างของระบบควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ [3].....	9
รูปที่ 2.5	ตัวอย่างการใช้งาน AC servo แบบควบคุมตำแหน่ง [3].....	9
รูปที่ 2.6	ตัวอย่างการใช้งาน AC servo แบบควบคุมความเร็ว [3].....	10
รูปที่ 2.7	ตัวอย่างการใช้งาน AC servo แบบควบคุมแรงบิด [3]	10
รูปที่ 2.8	คอนโทรลเลอร์ (Controller) [5].....	11
รูปที่ 2.9	เซอร์โวไดรฟ์เวอร์ (Servo Driver) [5].....	11
รูปที่ 2.10	เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor) [5].....	11
รูปที่ 3.1	การเก็บค่าจากเซอร์โวมอเตอร์ขึ้นระบบฐานข้อมูล.....	13
รูปที่ 3.2	แสดงตำแหน่งติดตั้งของเซอร์โวมอเตอร์ภายในเครื่องจักร	14
รูปที่ 3.3	การเลือก IO Table and Unit Setup เพื่อตั้งค่า	14
รูปที่ 3.4	การเลือก memory ที่จะตั้งค่า.....	15
รูปที่ 3.5	การเลือก Expanded Monitor Setting.....	15
รูปที่ 3.6	การเปิด Common Parameter	16
รูปที่ 3.7	ตัวอย่างการอ่านค่า CIO จากคู่มือการใช้งาน	16
รูปที่ 3.8	Flowchart การเก็บค่าแรงบิดสูงสุดขณะตัด.....	18
รูปที่ 3.9	Flowchart การเก็บค่าแรงบิดไปข้างหน้าสูงสุดและความเร็วรอบ	18
รูปที่ 3.10	Flowchart การเก็บค่าแรงบิดย้อนกลับสูงสุดและความเร็วรอบ	19
รูปที่ 3.11	Flowchart การหาค่าเวลาการใช้งานของเซอร์โวมอเตอร์	19
รูปที่ 3.12	ตัวอย่างการเขียน Ladder เก็บข้อมูลของ Seban และ Run number.....	20
รูปที่ 3.13	ตัวอย่าง Ladder แสดงตำแหน่งของหน่วยความจำของ PLC	20
รูปที่ 3.14	ตัวอย่าง Ladder เก็บข้อมูลค่าแรงบิดขณะตัดของเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 1.....	21
รูปที่ 3.15	Flowchart การรับส่งค่าข้อมูลจาก PLC เข้าสู่ PC	21
รูปที่ 3.16	ขั้นตอนของการนำค่ามาแสดงผล.....	21
รูปที่ 3.17	รูปแบบกราฟของแรงบิดขณะไม่มีภาระทางกล	22
รูปที่ 3.18	รูปแบบกราฟความเร็วรอบของการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าขณะไม่มีภาระทางกล	23
รูปที่ 3.19	รูปแบบกราฟความเร็วรอบของการเคลื่อนที่ย้อนกลับขณะไม่มีภาระทางกล	23
รูปที่ 3.20	รูปแบบกราฟค่าแรงบิดขณะตัด	23
รูปที่ 3.21	รูปแบบกราฟอายุการใช้งานของมอเตอร์	24
รูปที่ 4.1	กราฟภาพรวมการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 1	27
รูปที่ 4.2	กราฟภาพรวมการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 2	29
รูปที่ 4.3	กราฟภาพรวมการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 3	31
รูปที่ 4.4	กราฟภาพรวมการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 4	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและ VII อ่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.5	กราฟแสดงค่าแรงบิดจากเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 1 ชั้นงานรุ่น 08030.....	34
รูปที่ 4.6	กราฟแสดงค่าแรงบิดจากเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 3 ชั้นงานรุ่น 08030.....	34
รูปที่ 4.7	กราฟแสดงค่าแรงบิดจากเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 1 ชั้นงานรุ่น รุ่น 08286.....	35
รูปที่ 4.8	กราฟแสดงค่าแรงบิดจากเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 3 ชั้นงานรุ่น 08286.....	35
รูปที่ 4.9	กราฟแสดงค่าแรงบิดจากเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 1 ชั้นงานรุ่น 09951.....	36
รูปที่ 4.10	กราฟแสดงค่าแรงบิดจากเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 3 ชั้นงานรุ่น 09951.....	36
รูปที่ 4.11	กราฟแสดงค่าแรงบิดจากเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 1 ชั้นงานรุ่น 21259.....	37
รูปที่ 4.12	กราฟแสดงค่าแรงบิดจากเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 3 ชั้นงานรุ่น 21259.....	37
รูปที่ 4.13	กราฟแสดงค่าแรงบิดจากเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 1 ชั้นงานรุ่น 21312.....	38
รูปที่ 4.14	กราฟแสดงค่าแรงบิดจากเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 3 ชั้นงานรุ่น 21312.....	38
รูปที่ ก.1	ระบบการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์.....	47
รูปที่ ก.2	อุปกรณ์ในระบบเซอร์โวมอเตอร์.....	48
รูปที่ ก.3	คุณสมบัติทั่วไปของเซอร์โวมอเตอร์และเอ็นโค้ดเดอร์.....	49
รูปที่ ก.4	ข้อมูลลักษณะเฉพาะของเซอร์โวมอเตอร์รุ่น R88M-1L2K030T.....	50
รูปที่ ก.5	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดและความเร็วรอบรุ่น R88M-1L2K030T.....	51
รูปที่ ก.6	การเชื่อมต่อระหว่าง Driver กับ PLC ด้วย Ether CAT.....	52
รูปที่ ก.7	คุณสมบัติทั่วไปของชุดควบคุมการขับเคลื่อนของเซอร์โวมอเตอร์.....	53
รูปที่ ก.8	ข้อมูลลักษณะเฉพาะของชุดควบคุมการขับเคลื่อนที่ใช้กับเซอร์โวมอเตอร์.....	54
รูปที่ ก.9	องค์ประกอบของระบบควบคุมตัวอย่าง ที่ใช้ CJ1W-NC822.....	55
รูปที่ ก.10	องค์ประกอบของระบบควบคุม.....	55
รูปที่ ก.11	แสดงลักษณะเฉพาะของ Position Control Unit.....	56
รูปที่ ก.12	การตั้งค่าของ Expanded Monitor.....	57
รูปที่ ก.13	แสดงการตั้งค่า Axis Status Memory Area.....	65
รูปที่ ก.14	แสดงการตั้งค่า Expanded Monitor Memory Area.....	68
รูปที่ ก.15	แสดงความเร็วสูงสุดของCJ1W-NC481.....	69
รูปที่ ก.16	การเชื่อมต่อผ่านทาง Ethernet ของ PLC CJ2M-CPU34.....	70
รูปที่ ก.17	วิธีการเชื่อมต่อโดยใช้ Ethernet/IP port.....	71
รูปที่ ข.1	คำอธิบายฟังก์ชัน คูณ(*L).....	72
รูปที่ ข.2	ตัวอย่างการใช้ฟังก์ชัน คูณ(*L).....	72
รูปที่ ข.3	อธิบายฟังก์ชัน มากกว่า (>), น้อยกว่า (<), เท่ากับ (=).....	73
รูปที่ ข.4	ตัวอย่างการใช้ฟังก์ชัน น้อยกว่า (<).....	73
รูปที่ ข.5	อธิบายฟังก์ชัน XFER.....	73
รูปที่ ข.6	ตัวอย่างการใช้ฟังก์ชัน XFER.....	74
รูปที่ ข.7	อธิบายฟังก์ชัน MOVL.....	74
รูปที่ ข.8	ตัวอย่างการใช้ฟังก์ชัน MOVL.....	74
รูปที่ ข.9	อธิบายฟังก์ชัน BSET.....	75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาแ VIII อังอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ ข.10	ตัวอย่างการใช้ฟังก์ชัน BSET	75
รูปที่ ค.1	แลตเตอร์เก็บข้อมูลของ Seban และ Run number.....	76
รูปที่ ค.2	แลตเตอร์การเก็บข้อมูลแรงบิดขณะตัด.....	77
รูปที่ ค.3	แลตเตอร์การเก็บข้อมูลแรงบิดไปข้างหน้าขณะไม่มีภาระทางกล	79
รูปที่ ค.4	แลตเตอร์การเก็บข้อมูลแรงบิดไปข้างหน้าขณะไม่มีภาระทางกล	84
รูปที่ ค.5	แลตเตอร์แสดงตำแหน่งของหน่วยความจำของ PLC ที่ PC ใช้อ้างอิงสำหรับเก็บข้อมูล	84
รูปที่ ค.6	แลตเตอร์แสดงการคำนวณเวลาการใช้งานของเซอร์โวมอเตอร์.....	84



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาแลIX'องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ในปัจจุบันตลาดเครื่องปรับอากาศในประเทศไทยมีการแข่งขันสูงมาก เนื่องจากสภาพอากาศมีความแปรปรวนทำให้ฤดูร้อนในประเทศไทยมีอุณหภูมิสูงมากกว่า 40 องศาเซลเซียส ในปี พ.ศ.2562 [4] ฉะนั้นความต้องการเครื่องปรับอากาศในประเทศไทยจึงเพิ่มมากขึ้นส่งผลให้ภาพรวมตลาดเครื่องปรับอากาศในปี 2562 ขยายตัวได้ดีที่ประมาณ 5% จากปี 2561 ทำให้ตลาดรวมมีมูลค่าอยู่ที่ประมาณ 4.73 หมื่นล้านบาท[7] ดังนั้นการเพิ่มกำลังการผลิตจึงเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับโรงงานผลิตเครื่องปรับอากาศ โดยทั่วไปการเพิ่มกำลังการผลิตทำได้โดยเพิ่มจำนวนเครื่องจักร แต่เนื่องจากโรงงานมีพื้นที่อยู่จำกัด ทำให้ยากต่อการเพิ่มจำนวนเครื่องจักร จึงหันมาพัฒนาระบบการเก็บข้อมูลของเครื่องจักร เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการซ่อมบำรุง

หนึ่งในเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตแอร์ของบริษัท ไตกิ้น อินดัสทรีส์ (ประเทศไทย) จำกัด คือเครื่องตัดแผงระบายความร้อนซึ่งมีหน้าที่ในการตัดแผงอลูมิเนียมที่ใช้แลกเปลี่ยนความร้อนในเครื่องปรับอากาศส่วน Outdoor unit โดยเครื่องจักรดังกล่าวจะมีการใช้อุปกรณ์ เช่น กระบอกสูบ เซอร์โวมอเตอร์ หลอดไฟ ฯลฯ ซึ่งอุปกรณ์ที่กล่าวมาข้างต้นมีอุปกรณ์เซอร์โวมอเตอร์ที่ใช้ระยะเวลาในการสั่งซื้อค่อนข้างนานและไม่ได้มีการสำรองอุปกรณ์ไว้ ซึ่งบางครั้งเซอร์โวมอเตอร์อาจจะเกิดความผิดปกติก่อนถึงระยะเวลาการซ่อมบำรุงที่กำหนด ทำให้การซ่อมบำรุงเชิงแก้ไขเกิดขึ้น จึงเกิดผลเสียต่อไลน์การผลิตคือทำให้ไลน์การผลิตหยุดไปชั่วขณะ ซึ่งอาจทำให้ได้ผลผลิตไม่ตรงตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ และสูญเสียรายได้ขององค์กร และอีกหนึ่งปัญหาคือปัญหาคุณภาพที่เกิดจากการสอดผ่านพลาสติก หรือแผ่น Shim ระหว่างแผงระบายความร้อนก่อนทำการตัด ทำให้ซี่ของแผ่นอะลูมิเนียมหรือครีบกเกิดการซ้อนทับกันหรือขบกันหลังจากตัดเสร็จ ผู้ปฏิบัติงานจะใช้การตรวจสอบด้วยตาเปล่า หากตรวจพบว่าครีบกซ้อนกันแผงระบายความร้อนชิ้นนั้นก็จะถูกนำไปทำลาย แต่ถ้าตรวจไม่พบก็จะถูกส่งต่อไปยังลูกค้า ซึ่งถ้าเป็นชิ้นที่มีครีบกซ้อนกันแต่ตรวจสอบด้วยตาเปล่าแล้วไม่พบ ครีบกที่ขบกันนั้นจะส่งผลให้ประสิทธิภาพในการระบายความร้อนของเครื่องปรับอากาศลดลง

ดังนั้นโครงการนี้จึงเป็นการดึงข้อมูลจากชุดควบคุมการขับเคลื่อนของเซอร์โวมอเตอร์ที่อยู่ในเครื่องตัดแผงระบายความร้อน เพื่อนำมาสร้างระบบเก็บข้อมูลของเซอร์โวมอเตอร์ย้อนหลัง 6 เดือนก่อนเกิดความผิดปกติมาแสดงผลในรูปแบบกราฟผ่านหน้าเว็บเพจของบริษัท แล้วนำมาตรวจสอบสภาพการทำงานของเซอร์โวอย่างสม่ำเสมอ เพื่อควบคุมระยะเวลาการซ่อมและบำรุงรักษาของเครื่องจักรได้อย่างถูกต้อง แต่ด้วยระยะเวลาของสหกิจศึกษาและอุปกรณ์ที่ใช้มีอย่างจำกัด จึงไม่สามารถแก้ไขปัญหาได้ทุกกรณีที่เป็นไปได้ ทางผู้จัดทำได้เลือกเก็บข้อมูลเฉพาะแรงบิด ความเร็วรอบ และอายุการใช้งานที่เหลือ และนำมาแสดงผลผ่านหน้าเว็บเพจของบริษัท โดยคาดการณ์ว่าเมื่อค่าแรงบิดหรือค่าความเร็วรอบมีค่ามากเกินไปค่าที่ใช้อย่างมาก อาจเกิดจากความเสียหายที่ Ball Screw ภายในเซอร์โวมอเตอร์ Linear Guide ชุดควบคุมการขับเคลื่อนของเซอร์โวมอเตอร์ และ Gear Box หรืออาจเกิดจากการสอดแผ่น Shim ไม่เข้าระหว่างแผงระบายความร้อน ซึ่งอุปกรณ์ที่ทางผู้จัดทำได้ออกแบบสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้กับเครื่องจักรอื่นๆ ในไลน์การผลิตซึ่งเป็นแนวทางให้

ทางแผนกเพิ่มประสิทธิภาพระบบการผลิตได้นำมาพัฒนาสร้างระบบตรวจสอบสัญญาณไฟฟ้าของเครื่องจักรทั้งโรงงานได้

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.2.1 เพื่อพัฒนาระบบการตั้งสัญญาณจากชุดควบคุมการขับเคลื่อนเซอร์โวมอเตอร์ผ่าน PLC Omron (รุ่น CJ-2M CPU34)

1.2.2 เพื่อเก็บค่าแรงบิดและความเร็วรอบของเซอร์โวมอเตอร์ก่อนเกิดความผิดปกติ

1.2.3 เพื่อนำค่าแรงบิดมาติดตามปัญหาคุณภาพเครื่องจักรของแผนกระบายความร้อนที่ขบกัน

1.2.4 เพื่อประมาณการณ์ช่วงเวลาในการตรวจสอบเซอร์โวมอเตอร์

1.3 ขอบเขตการวิจัย

ขอบเขตในการวิจัยคือ การนำค่าแรงบิดและความเร็วรอบจากชุดควบคุมการขับเคลื่อนของเซอร์โวมอเตอร์ยี่ห้อ Omron (AC Servomotor [1S-Series] R88M-1L2K030T) ในเครื่องตัดแต่งระบายในไลน์ R7AX โดยผ่าน PLC Omron รุ่น (CJ-2M CPU 34) มาวิเคราะห์และคาดการณ์การทำงานของเซอร์โวมอเตอร์

โดยใช้โปรแกรมดังนี้

- โปรแกรม Cx-Programmer ทำหน้าที่ เขียนโปรแกรมสำหรับ PLC Omron รุ่น (CJ-2M CPU 34)
- โปรแกรม Visual Studio ทำหน้าที่ เขียนโปรแกรมสำหรับนำข้อมูลจาก PLC เข้าไปในระบบฐานข้อมูล และแสดงในรูปแบบกราฟผ่านเว็บเพจ ได้รับความอนุเคราะห์จากผู้ดูแลระบบฐานข้อมูลในการเขียนโปรแกรม

งานวิจัยนี้ได้ทำการวิจัยร่วมกับ บริษัท ไตกิ้น อินดัสทรีส์ (ประเทศไทย) จำกัด

1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย

1. ศึกษากระบวนการทำงานของเครื่องตัดแต่งระบายความร้อนและอุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์
2. ศึกษาการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์และคุณสมบัติของเซอร์โวมอเตอร์
3. เขียนโปรแกรมเก็บข้อมูลจาก PLC Omron (CJ-2M) โดยใช้โปรแกรม Cx-Programmer และกำหนด DM (Data Memory) เพื่อระบุตำแหน่งในการเก็บข้อมูลของเซอร์โวมอเตอร์ทั้งหมด 4 ตัว
4. ออกแบบระบบรับส่งข้อมูลเชื่อมต่อเข้ากับระบบฐานข้อมูลภายในของบริษัท และเก็บค่าข้อมูลส่งไปยังเซิร์ฟเวอร์โดยใช้โปรแกรม Visual Studio
5. ออกแบบหน้าเว็บเพจสำหรับแสดงผล
6. ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล
7. นำข้อมูลมาวิเคราะห์คาดการณ์การทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ก่อนเกิดความผิดปกติ
8. จัดทำรูปเล่ม

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงานวิจัย

หัวข้อ	สิงหาคม				กันยายน				ตุลาคม				พฤศจิกายน				
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
1. ศึกษากระบวนการทำงานของเครื่องตัดแผงระบายความร้อนและอุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์	←→																
2. ศึกษาการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์และคุณสมบัติของเซอร์โวมอเตอร์		←→															
3. เขียนโปรแกรมเก็บข้อมูลจาก PLC และกำหนดตำแหน่งในการเก็บข้อมูล					←→												
4. ออกแบบระบบรับส่งข้อมูลเชื่อมต่อเข้ากับระบบฐานข้อมูลภายในของบริษัท			↔			←→											
5. ออกแบบหน้าเว็บเพจสำหรับแสดงผล									←→								
6. ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล											←→						
7. นำข้อมูลมาวิเคราะห์หาค่าการณการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ก่อนเกิดความผิดปกติ											←→						
8. จัดทำรูปเล่ม														←→			

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1 หน้าเว็บเพจมีการแสดงข้อมูลย้อนหลัง
- 1.5.2 สามารถเขียนโปรแกรม PLC เพื่อเก็บข้อมูลของเครื่องจักร
- 1.5.3 เป็นไลน์การผลิตต้นแบบที่มีระบบการเก็บข้อมูลของเครื่องจักร
- 1.5.4 สามารถวางแผนการซ่อมบำรุง เพื่อลดเวลาไลน์การผลิตหยุดทำงาน

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ผู้จัดทำได้แบ่งทฤษฎีที่เกี่ยวข้องออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ การบำรุงรักษา และอุปกรณ์ที่ใช้ใน
โรงงาน เพื่อความรู้พื้นฐานในการจัดทำโรงงาน

2.1 การบำรุงรักษา (Maintenance) [6]

การบำรุงรักษาหมายถึง การพยายามรักษาสภาพของเครื่องมือเครื่องจักรต่าง ๆ ให้มีสภาพที่
พร้อมจะใช้งานอยู่ตลอดเวลา

2.1.1 จุดมุ่งหมายของการบำรุงรักษา [6]

2.1.1.1 เพื่อให้เครื่องมือใช้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Effectiveness) คือ ส
ามารถใช้เครื่องมือเครื่องใช้ได้เต็มความสามารถและตรงกับวัตถุประสงค์ที่จัดหามากที่สุด

2.1.1.2 เพื่อให้เครื่องมือเครื่องใช้มีประสิทธิภาพการทำงานสูง (Performance) และ
ช่วยให้เครื่องมือเครื่องใช้มีอายุการใช้งานยาวนาน

2.1.1.3 เพื่อให้เครื่องมือเครื่องใช้มีความเที่ยงตรงน่าเชื่อถือ (Reliability) คือ การ
ทำให้เครื่องมือเครื่องใช้มาตรฐาน ไม่มีความคลาดเคลื่อนใด ๆ เกิดขึ้น

2.1.1.4 เพื่อความปลอดภัย (Safety) ซึ่งเป็นจุดมุ่งหมายที่สำคัญ เครื่องมือเครื่องใช้
จะต้องมีความปลอดภัยเพียงพอต่อผู้ใช้งาน ถ้าเครื่องมือเครื่องใช้ทำงานผิดพลาด ชำรุดเสียหาย ไม่
สามารถทำงานได้ตามปกติ อาจจะทำให้เกิดอุบัติเหตุ และการบาดเจ็บต่อผู้ใช้งานได้

2.1.1.5 เพื่อลดมลภาวะของสิ่งแวดล้อม เพราะเครื่องมือเครื่องใช้ที่ชำรุดเสียหาย
ขาดการบำรุงรักษา จะทำให้เกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม ซึ่งจะเป็นอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานและผู้
ที่เกี่ยวข้อง

2.1.1.6 เพื่อประหยัดพลังงาน เพราะเครื่องมือเครื่องใช้ส่วนมากจะทำงานได้ต้อง
อาศัยพลังงาน ถ้าหากเครื่องมือเครื่องใช้ได้รับการดูแลให้อยู่ในสภาพดีก็จะทำให้ประหยัดค่าใช้จ่าย
ได้

2.1.2 ประเภทของการบำรุงรักษา [8]

2.1.2.1 การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน เป็นการพัฒนาทางด้านการบำรุงรักษาขึ้นมาจาก
ข้อบกพร่องในการบำรุงรักษาเชิงแก้ไข จะเป็นการวางแผนโดยกำหนดระยะเวลาในการเปลี่ยนชิ้นส่วน
อะไหล่หรือการโอเวอร์ฮอลเพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้น จะเป็นการวางแผนการป้องกันไว้
ล่วงหน้าทำให้ไม่ต้องหยุดการใช้งานสินทรัพย์หรืออุปกรณ์แบบฉุกเฉิน โดยทั่วไประยะเวลาในการ
ทำงานสามารถหาข้อมูลอ้างอิงได้จากคู่มือของผู้ผลิตหรือจากแผนการบำรุงรักษาที่ใช้งานอยู่ ข้อดีคือ
สามารถทำการวางแผนการบำรุงรักษาและแผนการใช้สินทรัพย์ได้ง่าย โดยทั่วไปมักจะปฏิบัติตามคู่มือ
ผู้ผลิต ทำให้สามารถใช้งานสินทรัพย์ได้มากกว่าการบำรุงรักษาแบบแก้ไข

2.1.2.2 การบำรุงรักษาตามสภาพ หรือเรียกว่า การบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์
(Predictive Maintenance) จะเป็นวิธีบำรุงรักษาอุปกรณ์หรือสินทรัพย์ตามสภาพของสินทรัพย์ การ
บำรุงรักษาตามสภาพจะใช้หลักการที่ว่าโดยทั่วไปเมื่อมีความเสียหายเกิดขึ้น อุปกรณ์หรือสินทรัพย์จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงสัญญาณบางอย่างออกมา ดังนั้นถ้าหากเราสามารถทำการตรวจจับสัญญาณที่แสดงออกมาได้ เราก็สามารถทำการบำรุงรักษาก่อนที่จะสินทรัพย์จะเสียหาย

2.1.2.3 การบำรุงรักษาเชิงแก้ไข คือ การบำรุงรักษาหลังเกิดการเสียหายหรือใช้งานจนกระทั่งเสียหาย ถือได้ว่าเป็นแนวคิดในงานการบำรุงรักษาที่เก่าแก่ที่สุดในตำราบางเล่มให้นิยามวิธีการบำรุงรักษาแบบนี้ว่า “ ดำเนินการโดยไร้การบำรุงรักษา ” เพราะในความเป็นจริงฝ่ายซ่อมบำรุงจะไม่ต้องปฏิบัติงานใด ๆ เลยจนกว่าจะมีรายงานว่าเครื่องจักรชำรุด ใช้งานต่อไปไม่ได้ เป็นเทคนิคการบำรุงรักษาที่ง่ายที่สุด แต่ในทุกอุตสาหกรรมยังใช้เทคนิคการบำรุงรักษาแบบนี้อยู่ โดยจะดำเนินการแก้ไขหรือซ่อมแซมสินทรัพย์ก็ต่อเมื่อสินทรัพย์เสียหายจึงทำให้ต้องหยุดการใช้งานสินทรัพย์ เช่น หลอดไฟแสงสว่าง เครื่องจักรในโรงงาน ข้อดี ได้ใช้ประโยชน์จากอายุการใช้งานของเครื่องจักรอย่างคุ้มค่า ไม่ต้องเสียกำลังคนและค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา ข้อสังเกต เราไม่สามารถวางแผนและกำหนดเวลาในการซ่อมแซมหรือเปลี่ยนชิ้นส่วนได้บางครั้งจำเป็นต้องรีบทำงานให้เสร็จจึงทำให้คุณภาพของการซ่อมแซมไม่ดีพอ โดยปกติเมื่อเกิดการเสียหายแล้วมักจะทำให้การเสียหายอย่างรุนแรงเป็นผลให้การซ่อมแซมหรือแก้ไขจะมีค่าใช้จ่ายสูงมาก มากไปกว่านั้นความเสียหายที่เกิดขึ้นอาจจะมึผลกระทบต่อ ความปลอดภัย สุขภาพ และสิ่งแวดล้อม

2.1.2.4 การบำรุงรักษาเน้นความเชื่อถือได้ เป็นวิธีการ กระบวนการ หรือ กรอบการทำงานที่เป็นมาตรฐานนานาชาติ ที่ใช้กำหนดแผนการบำรุงรักษาเพื่อเพิ่มระดับความเชื่อถือได้ ความพร้อมใช้ และช่วยลดค่าใช้จ่ายการบำรุงรักษาสินทรัพย์ การบำรุงรักษาเน้นความเชื่อถือได้ถือกำเนิดในอุตสาหกรรมการบินกว่าสี่สิบปีมาแล้ว หลังจากนั้นหน่วยงานความมั่นคง อุตสาหกรรมการผลิตและบริการทั่วโลกก็ได้ดำเนินการบำรุงรักษาเน้นความเชื่อถือได้ไปใช้ การบำรุงรักษาเน้นความเชื่อถือได้จะประกอบไปด้วย 1) การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน 2) การบำรุงรักษาตามสภาพ 3) การบำรุงรักษาเชิงแก้ไข และกลยุทธ์อื่นๆที่อยู่นอกเหนือการบำรุงรักษา ข้อดี ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและประสิทธิผลของแผนการบำรุงรักษา โดยทั่วไปสามารถลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาได้ 40-70% กำหนดกรอบการพิจารณาที่ชัดเจนในการเลือกเทคนิคการบำรุงรักษา เป็นมาตรฐานนานาชาติ ข้อสังเกต ต้องลงทุนในการอบรมพนักงาน และต้องการทรัพยากรมากในช่วงเริ่มต้น มีวิธีการจำนวนมากกล่าวอ้างว่าเป็นการบำรุงรักษาเน้นความเชื่อถือได้แต่แท้จริงแล้วไม่ใช่

2.1.2.5 การบำรุงรักษาเชิงรุก หรือเรียกว่าการบำรุงรักษาแบบป้องกันล่วงหน้า จะเป็นการวิเคราะห์รากของปัญหาเพื่อหาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหา เพื่อกำหนดวิธีการบำรุงรักษาหรือมาตรการอื่นเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดขึ้นม่อีกในอนาคต ตัวอย่างเช่น ในระบบไฮดรอลิกก็คือ การที่มีสิ่งสกปรก (Contaminants) หลุดลอดเข้าไปในระบบ ซึ่งอาจจะเกิดจากการเติมน้ำมันที่สกปรกเข้าไปในระบบ การเสื่อมสภาพของไส้กรองอากาศ การชำรุดเสียหายของซีล และสิ่งสกปรกดังกล่าวก็เป็นสาเหตุหลักที่ทำให้ระบบขาดความสมดุลไป เมื่อวิศวกรหรือผู้ชำนาญได้ทราบถึงสาเหตุที่แท้จริงของปัญหา (Root cause) ก็จะมีการแก้ไขให้ระบบกลับคืนสู่สมดุล ข้อดีคือ ลดข้อจำกัดของการบำรุงรักษาเชิงป้องกันและการบำรุงรักษาตามสภาพ ทำให้สามารถแก้ไขปัญหได้ที่รากของปัญหาอย่างไรก็ตามเนื่องจากจำเป็นต้องใช้ทั้งเครื่องมือ บุคลากรที่มีความชำนาญสูงในการวิเคราะห์รากของปัญหา ซึ่งอาจจะมีต้นทุนที่สูงมาก ไม่คุ้มค่ากับการลงทุน

2.2 เครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้ในโครงการงาน

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ผู้จัดทำได้ใช้ในการทำโครงการงาน แบ่งได้ 2 ข้อย่อย คือ PLC และเซอร์โวมอเตอร์

2.2.1 โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (PLC) [1]

2.2.1.1 ความหมายของโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์

โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (Programmable logic Control : PLC) เป็นอุปกรณ์ชนิดโซลิด – สเตท (Solid State) ที่ทำงานแบบลอจิก (Logic Functions) การออกแบบการทำงานของ PLC จะคล้ายกับหลักการทำงานของคอมพิวเตอร์ โดยภายในมี Microprocessor เป็นมันสมอง สิ่งที่สำคัญ PLC จะมีส่วนที่เป็นอินพุตและเอาต์พุตที่สามารถต่อออกไปใช้งานได้ทันที ตัวตรวจวัดหรือสวิตช์ต่างๆ จะต่อเข้ากับอินพุต ส่วนเอาต์พุตจะใช้ต่อออกไปควบคุมการทำงานของอุปกรณ์หรือเครื่องจักรที่เป็นเป้าหมาย เราสามารถสร้างวงจรหรือแบบของการควบคุมได้โดยการป้อนเป็นโปรแกรมคำสั่งเข้าไปใน PLC ในปัจจุบันนอกจากเครื่อง PLC จะใช้งานแบบเดี่ยว (Stand alone) แล้วยังสามารถต่อ PLC หลายๆ ตัวเข้าด้วยกัน (Network) เพื่อควบคุมการทำงานของระบบให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น การใช้ PLC สำหรับควบคุมเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ต่างๆ ในโรงงานอุตสาหกรรมจะมีข้อได้เปรียบกว่าการใช้ระบบของรีเลย์ (Relay) ซึ่งจำเป็นจะต้องเดินสายไฟฟ้า ฉะนั้นเมื่อมีความจำเป็นที่ต้องเปลี่ยนกระบวนการผลิต หรือลำดับการทำงานใหม่ ก็ต้องเดินสายไฟฟ้าใหม่ ซึ่งเสียเวลาและเสียค่าใช้จ่ายสูง แต่เมื่อเปลี่ยนมาใช้ PLC แล้ว การเปลี่ยนกระบวนการผลิตหรือลำดับการทำงานใหม่นั้นทำได้โดยการเปลี่ยนโปรแกรมใหม่เท่านั้น นอกจากนี้แล้ว PLC ยังใช้ระบบโซลิด-สเตท ซึ่งน่าเชื่อถือกว่าระบบเดิม การกินกระแสไฟฟ้าน้อยกว่า และสะดวกกว่าเมื่อต้องการขยายขั้นตอนการทำงานของเครื่องจักร

2.2.1.2 โครงสร้างของ PLC

PLC เป็นอุปกรณ์คอมพิวเตอร์สำหรับใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม PLC ประกอบด้วย หน่วยประมวลผลกลาง หน่วยความจำ หน่วยรับข้อมูล หน่วยส่งข้อมูล และหน่วยป้อนโปรแกรม PLC ขนาดเล็กส่วนประกอบทั้งหมดของ PLC จะรวมกันเป็นเครื่องเดียว แต่ถ้าเป็นขนาดใหญ่สามารถแยกออกเป็นส่วนประกอบย่อยๆ ได้

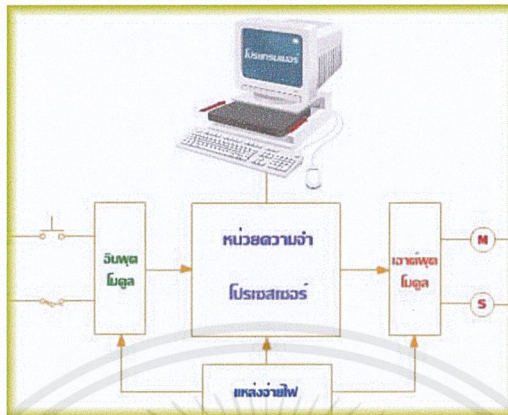
หน่วยความจำของ PLC ประกอบด้วย หน่วยความจำชนิด RAM และ ROM หน่วยความจำชนิด RAM ทำหน้าที่เก็บโปรแกรมของผู้ใช้และข้อมูลสำหรับใช้ในการปฏิบัติงานของ PLC ส่วน ROM ทำหน้าที่เก็บโปรแกรมสำหรับใช้ในการปฏิบัติงานของ PLC ตามโปรแกรมของผู้ใช้ ROM ย่อมาจาก Read Only Memory สามารถโปรแกรมได้แต่ลบไม่ได้ ถ้าชำรุดแล้วซ่อมไม่ได้

1. RAM (Random Access Memory) หน่วยความจำประเภทนี้จะมีแบตเตอรี่เล็กๆ ต่อไว้เพื่อใช้เลี้ยงข้อมูลเมื่อเกิดไฟดับ การอ่านและเขียนโปรแกรมลงใน RAM ทำได้ง่ายมาก จึงเหมาะกับการใช้งานในระยะทดลองเครื่องที่มีการเปลี่ยนแปลงแก้ไขโปรแกรมบ่อยๆ

2. EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory) หน่วยความจำชนิด EPROM นี้จะต้องใช้เครื่องมือพิเศษในการเขียนโปรแกรม การลบโปรแกรมทำได้โดยใช้แสงอัลตราไวโอเล็ตหรือตากแดดร้อนๆ นานๆ มีข้อดีตรงที่โปรแกรมจะไม่สูญหายแม้ไฟดับ จึงเหมาะกับการใช้งานที่ไม่ต้องเปลี่ยนโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา 6 ละต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. EEPROM (Electrical Erasable Programmable Read Only Memory) หน่วยความจำชนิดนี้ไม่ต้องใช้เครื่องมือพิเศษในการเขียนและลบโปรแกรม โดยใช้วิธีการทางไฟฟ้าเหมือนกับ RAM นอกจากนั้นก็ไม่จำเป็นต้องมีแบตเตอรี่สำรองไฟเมื่อไฟดับ ราคาจะแพงกว่า แต่จะรวมคุณสมบัติที่ดีของทั้ง RAM และ EPROM เอาไว้ด้วยกัน



รูปที่ 2.1 โครงสร้างของ PLC [1]

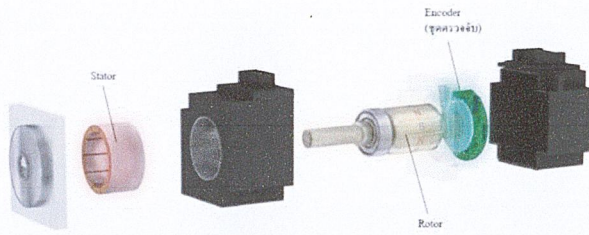
2.2.2 เซอร์โวมอเตอร์

2.2.2.1 ความหมายของเซอร์โวมอเตอร์ [2]

เซอร์โวมอเตอร์ เป็นมอเตอร์ที่มีการควบคุมการหมุน แบบ Closed Loop โดยมีสัญญาณป้อนกลับมาจาก Encoder ที่หมุนไปพร้อมกลับมอเตอร์ และผู้ใช้งานสามารถ ควบคุมความเร็ว (Speed Control) , แรงบิดของมอเตอร์ (Torque Control) , ระยะทางในการเคลื่อนที่ (หมุน) (Position Control) ของตัวมอเตอร์ได้ ซึ่งมอเตอร์ทั่วไปไม่สามารถ ควบคุมในลักษณะงานเบื้องต้นได้ โดยให้ผลลัพธ์ตามความต้องการและความแม่นยำสูง

2.2.2.2 โครงสร้างของเซอร์โวมอเตอร์ [2]

- Servo Motor ประกอบขึ้นด้วยชิ้นส่วนหลัก 3 ชิ้น: Stator, Rotor และ Encoder
- สเตเตอร์ เป็นแกนกลางมีสายไฟพันรอบ เพื่อสร้างแรงสำหรับหมุนให้กับ Rotor ประกอบด้วยขดลวด 3 ชุด ขดลวดภายในจะต่อเป็นแบบสตาร์ (Star หรือ WYE) และมีสายต่อมาที่ขั้วต่อสายด้านนอก 3 เส้น (จุดนิวทรัลจะอยู่ด้านใน)
 - Rotor เพลากลึงสร้างจากแม่เหล็กถาวร ไม่มีขดลวดพัน ไม่มีคอมมิวเตเตอร์ และไม่มีแปรงถ่าน (Brushless) โครงสร้างเชื่อมต่อกับ Encoder ทำด้วยแม่เหล็กถาวร (Permanent Magnet) ไม่มีขดลวดพัน, ไม่มีคอมมิวเตเตอร์ และไม่มีแปรงถ่าน (Brushless) เนื่องจากโครงสร้างที่ไม่มีขดลวดพันไม่และแปรงถ่าน จะทำให้ประสิทธิภาพของมอเตอร์สูงขึ้น ไม่มีการสูญเสียในขดลวดทองแดง ไม่ต้องบำรุงรักษาเนื่องจากแปรงถ่าน ไม่เกิดประกายไฟเนื่องจากการเรียงกระแสจากแปรงถ่านผ่านคอมมิวเตเตอร์ไปยังขดลวดทองแดงที่พันอยู่ในตัวโรเตอร์
 - Encoder (ชุดตรวจจับ) ใช้อ่านตำแหน่งของมอเตอร์ เป็นเซ็นเซอร์สำหรับตรวจจับและแปลงองศาการหมุนให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าและส่งออกสัญญาณ



รูปที่ 2.2 แสดงส่วนประกอบของเซอร์โวมอเตอร์ [3]

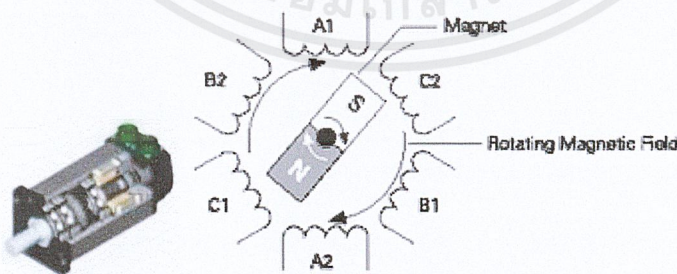
2.2.2.3 หลักการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ [3]

การทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ชนิดนี้จะคล้ายกับการทำงานของซิงโครนัสมอเตอร์ 3 เฟส กล่าวคือเมื่อมีการควบคุมให้คอนโทรลเลอร์จ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าไปยังขดลวดที่สเตเตอร์ แกนเหล็กของสเตเตอร์จะกลายเป็นแม่เหล็กไฟฟ้า และหมุนเคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่แปรผันตามความถี่ ซึ่งเรียกว่า ความเร็วซิงโครนัส (Synchronous speed) หรือความเร็วสนามแม่เหล็กหมุน และจะดูให้โรเตอร์ซึ่งเป็นแม่เหล็กถาวรหมุนเคลื่อนที่ตาม

จากลักษณะโครงสร้างของโรเตอร์และหลักการทำงานที่เหมือนกับซิงโครนัสมอเตอร์ซึ่งเป็นมอเตอร์แบบเอซี แต่ไม่มีแปรงถ่าน (Brushless) ไม่มีซีคอมมิวเตเตอร์ จึงทำให้มอเตอร์ชนิดนี้มีชื่อเรียกแตกต่างกันออกไป เช่น เรียกทับศัพท์ว่า Permanent Magnet Synchronous Motor (PMSM) ซึ่งหมายถึงซิงโครนัสมอเตอร์ที่ไม่มีแปรงถ่าน หรือก็เรียกว่าเอซีเซอร์โวมอเตอร์ (AC Servo motor) หรือเรียกสั้นๆย่อๆว่า AC Brushless หรือ Brushless Motor

โครงสร้างของ AC servo Motor จะคล้ายกับมอเตอร์ 3 เฟสทั่ว ๆ ไป ซึ่งจะประกอบด้วย 2 ส่วนที่สำคัญ คือ สเตเตอร์และโรเตอร์ โดยสเตเตอร์จะประกอบด้วยขดลวด 3 ชุด ขดลวดภายในจะต่อเป็นแบบสตาร์ (Star หรือ WYE) และมีสายต่อมาที่ขั้วต่อสายด้านนอก 3 เส้น (จุดนิวทรัลจะอยู่ด้านใน) ส่วนโรเตอร์ทำด้วยแม่เหล็กถาวร (Permanent Magnet) ไม่มีขดลวดพัน, ไม่มีคอมมิวเตเตอร์ และไม่มีแปรงถ่าน (Brushless)

โครงสร้างที่ไม่มีขดลวดพันไม่และแปรงถ่าน จะทำให้ประสิทธิภาพของมอเตอร์สูงขึ้น ไม่มีการสูญเสียในขดลวดทองแดง ไม่ต้องบำรุงรักษาเนื่องจากแปรงถ่าน ไม่เกิดประกายไฟเนื่องจากการเรียงกระแสจากแปรงถ่านผ่านคอมมิวเตเตอร์ไปยังขดลวดทองแดงที่พันอยู่ในตัวโรเตอร์

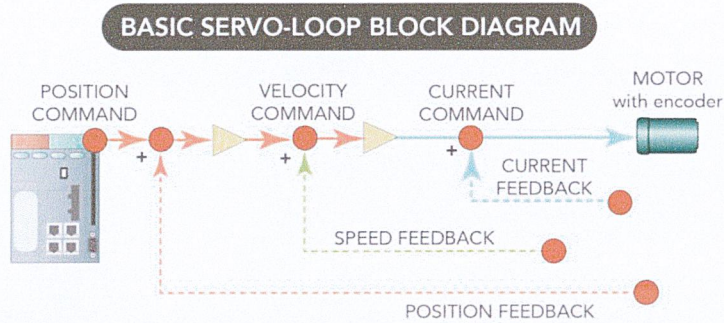


รูปที่ 2.3 โครงสร้างและการทำงานของ AC Servo Motor [4]

2.2.2.4 ลักษณะของระบบควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ [3]

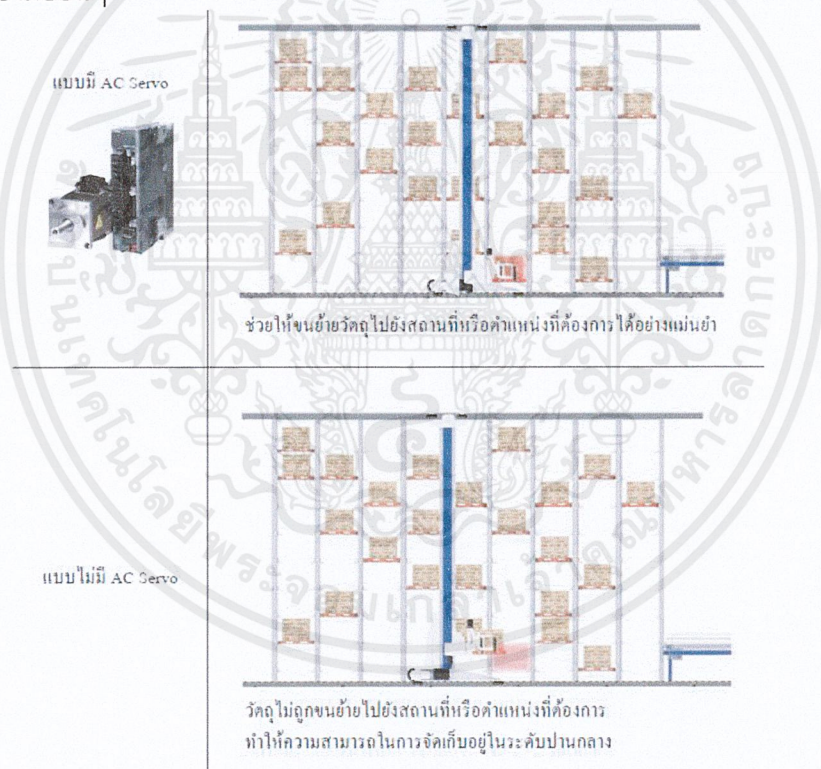
ลักษณะของระบบควบคุมเซอร์โวมอเตอร์จะเป็นระบบควบคุมแบบลูปปิด (Closed loop control) ซึ่งประกอบด้วย 3 โหมดการควบคุมคือ โหมดการควบคุมแรงบิด (Torque Control

Mode) ซึ่งอยู่วงรอบหรือลูบในสุด โหมดการควบคุมอัตราเร่ง (Velocity Control Mode) และโหมดการควบคุมตำแหน่ง (Position Control Mode) ซึ่งอยู่ลูบด้านนอกสุด ดังรูป



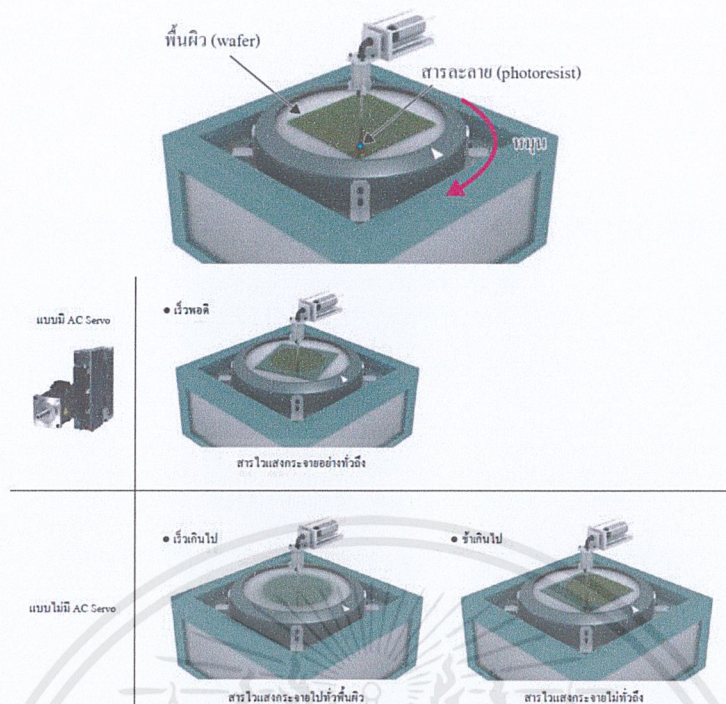
รูปที่ 2.4 โครงสร้างของระบบควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ [3]

2.2.2.4.1 การควบคุมตำแหน่งคือโหมดการควบคุมที่ช่วยหยุดวัตถุในตำแหน่งที่ต้องการพร้อมกับควบคุมความเร็วของมอเตอร์ การควบคุมตำแหน่งถูกใช้ในระบบการลำเลียงและเครื่องมืออื่นๆ



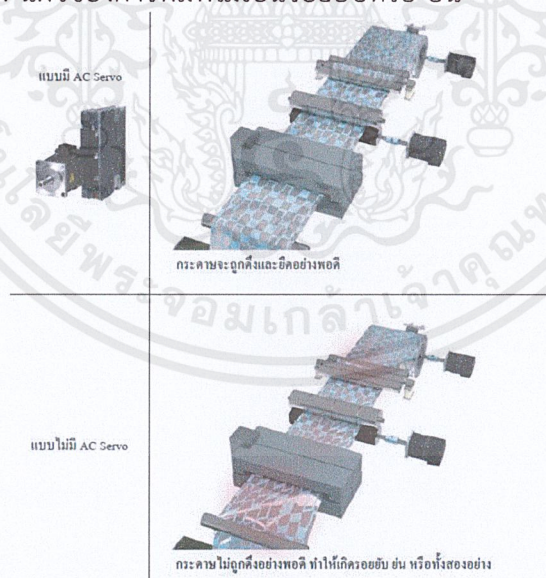
รูปที่ 2.5 ตัวอย่างการใช้งาน AC servo แบบควบคุมตำแหน่ง [3]

2.2.2.4.2 การควบคุมความเร็วคือโหมดการควบคุมที่ช่วยควบคุมความเร็วการหมุนของมอเตอร์ ตัวอย่างเช่น การควบคุมความเร็วถูกใช้ในเครื่องมืออย่างเครื่องเคลือบชิ้นงานแบบหมุน ซึ่งใช้ในการผลิตวงจรเซมิคอนดักเตอร์ เครื่องเคลือบผิวแบบปั่นเหวี่ยงจะหยุดสารละลาย (photo resist) ลงไปบนพื้นผิว (wafer) และกระจายสารละลายแบบบางๆ ไปทั่วบริเวณโดยการใช้แรงเหวี่ยง AC Servo สามารถหมุนพื้นผิวอย่างมั่นคงด้วยความเร็วที่เหมาะสมต่อเครื่องมือ ช่วยให้กระบวนการเป็นไปอย่างแม่นยำ



รูปที่ 2.6 ตัวอย่างการใช้งาน AC servo แบบควบคุมความเร็ว [3]

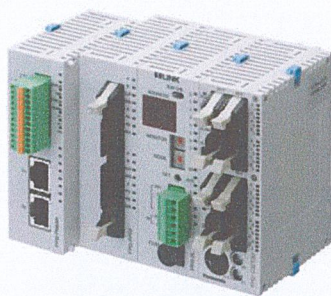
2.2.2.4.3 การควบคุมแรงบิดคือโหมตการควบคุมที่ช่วยควบคุมแรงบิดของมอเตอร์ แรงบิดคือแรงที่ช่วยหมุนเฟลา และการควบคุมแรงบิดถูกใช้ในเครื่องพิมพ์อุตสาหกรรมและเครื่องใช้อื่นๆด้วยการควบคุมแรงบิด เครื่องพิมพ์อุตสาหกรรมสามารถยืดแผ่นกระดาษให้เท่ากันและสามารถควบคุมได้ ทำให้พื้นผิวของการพิมพ์ไม่เป็นรอยยับหรือ ย่น



รูปที่ 2.7 ตัวอย่างการใช้งาน AC servo แบบควบคุมแรงบิด [3]

2.2.2.5 โครงสร้างของระบบควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ [5]

2.2.2.5.1 Controller หรือ ชุดควบคุมการขับเคลื่อนเซอร์โว (Servo Drive, Servo Amplifier หรือบ้างก็เรียกว่า servo controller มีหน้าที่รับคำสั่งจากผู้ใช้งานว่าต้องการให้ Servo Motor นั้นเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่าไรและระยะทาง ไกลหรือใกล้แค่ไหน หน้าที่เอกตรงจุดนี้จะเป็น Controller จะเป็นตัวกำหนดให้กับตัว Servo Motor อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาแ่10 ข้ออ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



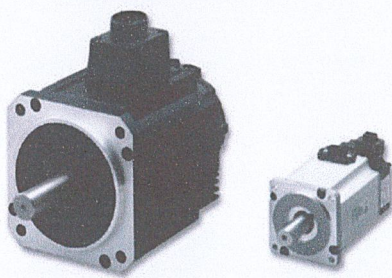
รูปที่ 2.8 คอนโทรลเลอร์ (Controller) [5]

2.2.2.5.2 Servo Driver หรือ อุปกรณ์ บ้อนกลับ (Feedback Device เช่น Speed encoder และ Position Sensor) (ตำแหน่ง 4.3) จะรับสัญญาณมาจาก Controller และสั่งการให้กับตัว Servo Motor เคลื่อนที่ตามที่ Controller สั่งการมา และ Controller ไม่สั่งการควบคุมไปที่ Servo Motor โดยตรงเนื่องจาก Servo Driver จะเป็นตัวที่ปรับตั้งค่าของตัว Servo Motor ให้ทำงานตามรูปแบบของการควบคุม เช่น การควบคุม ความเร็ว(Speed Control) , แรงบิด(Torque) และ ตำแหน่ง(Position Control) ตัว Servo Driver จะเป็น ตัวกำหนดค่าตัวแปรหรือพารามิเตอร์ต่างๆ ให้กับตัว Servo Motor ให้ทำงานได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ เพราะฉะนั้นเมื่อใช้ Servo Motor ก็จะต้องมี Servo Driver เสมอ



รูปที่ 2.9 เซอร์โวไดรฟ์เวอร์ (Servo Driver) [5]

2.2.2.5.3 เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor) ลักษณะดังรูปที่ 2.10 มีหน้าที่ขับเคลื่อนอุปกรณ์ของเครื่องจักรกลหรือระบบของการทำงานนั้นๆ ให้เป็นไปตามรูปแบบที่ได้รับคำสั่งจากตัว Servo Driver พร้อมกับส่งสัญญาณบ้อนกลับให้กับตัว Servo Driver ว่าตอนนี้ Servo Motor เคลื่อนที่ด้วย ความเร็วเท่าไรและระยะทางในการเคลื่อนที่เป็นระยะทางเท่าไรด้วยสัญญาณของตัว Encoder ที่อยู่ภายในตัว Servo Motor ทำให้การเคลื่อนที่ของ Servo Motor นั้นมีความแม่นยำสูง



รูปที่ 2.10 เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor) [5]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา 11 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3 วิธีดำเนินงาน

ในบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอน โดยเริ่มจากเครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้ในโครงการ แผนการทำงาน และขั้นตอนการปฏิบัติงานโดยละเอียด

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

ตารางที่ 3.1 แสดงรายชื่ออุปกรณ์และหน้าที่ของอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำโครงการ

ลำดับ	ชื่ออุปกรณ์	หน้าที่
1	PLC Omron (รุ่น CJ-2M CPU34)	ควบคุมอุปกรณ์ในเครื่องจักรให้สามารถทำงานเป็นลำดับขั้นตอนตามที่กำหนดไว้
2	AC Servomotor [1S-Series] R88M-1L2K030T	ขับเคลื่อนการทำงานของเครื่องตัดคอลล์ร้อนหรือแผงระบายความร้อน
3	AC Servo Drives with Built-in EtherCAT Communications (R88D-1SN20H-ECT)	รับสัญญาณการควบคุมจาก PLC เพื่อควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ให้เคลื่อนที่ตามที่ PLC สั่งการมา
4	Position Control unit (NC481)	ตัวกลางในการเชื่อมต่อระหว่าง PLC กับ Servo Drives
5	คอมพิวเตอร์	เขียนโปรแกรม PLC เพื่อเก็บค่าแรงบิดและความเร็วรอบ และเขียนโปรแกรม Visual Studio เพื่ออัปเดตข้อมูลในฐานข้อมูล

3.2 ขั้นตอนการดำเนิน

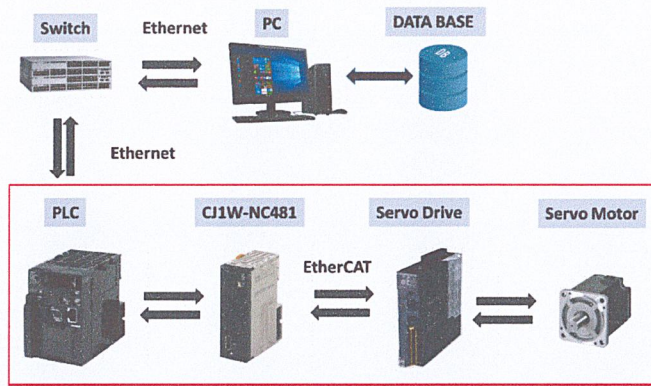
การดำเนินงานแบ่งออกเป็น 8 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. ศึกษากระบวนการทำงานของเครื่องตัดแผงระบายความร้อนและอุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์
2. ศึกษาคุณสมบัติเซอร์โวมอเตอร์และการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์
3. เขียนโปรแกรมสำหรับเก็บข้อมูลจาก PLC Omron (CJ-2M) โดยใช้โปรแกรม Cx-Programmer และกำหนด DM เพื่อระบุตำแหน่งในการเก็บข้อมูลของเซอร์โวมอเตอร์ 4 ตัว
4. ออกแบบระบบรับส่งข้อมูลเพื่อเชื่อมต่อกับระบบฐานข้อมูลภายในของบริษัทและเก็บค่าข้อมูลส่งไปยังเซิร์ฟเวอร์
5. ออกแบบหน้าเว็บเพจสำหรับแสดงผล
6. ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล
7. นำข้อมูลมาวิเคราะห์และคาดการณ์การทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ก่อนเกิดความผิดปกติ

8. สรุปการวิจัยและข้อเสนอแนะ

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินทางปัญญาของบริษัทฯ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกหรือเผยแพร่ข้อมูลไปยังบุคคลอื่นโดยไม่ได้รับอนุญาตจากบริษัทฯ



รูปที่ 3.1 การเก็บค่าจากเซอร์โวมอเตอร์ขึ้นระบบฐานข้อมูล

รูปที่ 3.1 แสดงภาพรวมของงานวิจัย โดยมีการเก็บค่าจากเซอร์โวมอเตอร์จากการเขียนโปรแกรม PLC เพื่อเก็บข้อมูล และเชื่อมต่อกับเซิร์ฟเวอร์ของบริษัทเพื่อเก็บข้อมูลขึ้นระบบฐานข้อมูล ซึ่งขอบเขตของงานที่ผู้จัดทำได้ลงมือทำอยู่ในส่วนกรอบสีแดง

3.2.1 ศึกษาการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์

อุปกรณ์ที่มีการเชื่อมต่อระหว่าง PLC และชุดควบคุมการขับเคลื่อนของเซอร์โวมอเตอร์ คือ CJW-NC481 หรือเรียกอีกอย่างว่า Position control unit มีหน้าที่เพิ่มช่องการเชื่อมต่อ EtherCAT ของ PLC เนื่องจากชุดควบคุมการขับเคลื่อนของเซอร์โวมอเตอร์มีเพียงช่อง EtherCAT ในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่นๆ และได้ทำการศึกษาคูณสมบัติเฉพาะของอุปกรณ์ที่มีการเชื่อมต่อดังนี้

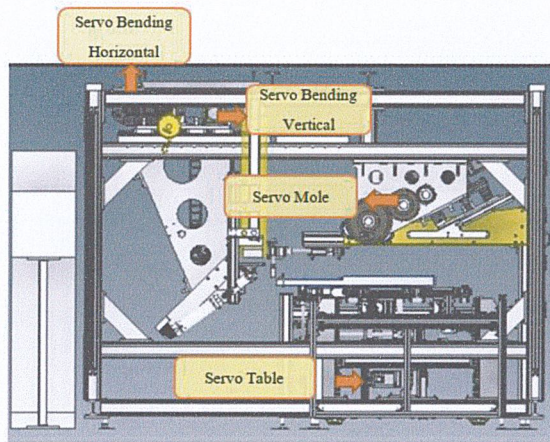
3.2.1.1 ศึกษาคุณสมบัติของ AC Servomotor [1S-Series] R88M-1L2K030T พบว่า Rate output 2000 W, Rated torque 6.37 Nm. , Rated rotation speed 3000 rpm , Rated current 12.5 A , ชีตจำกัดการใช้งานคือ 20000 ชั่วโมงที่อุณหภูมิการทำงานปกติ

3.2.1.2 ศึกษาค่าที่สามารถเก็บได้จาก Position Control Unit (CJ1W- NC481) พบว่าค่าที่สามารถดึงออกจากเซอร์โวมอเตอร์ มีค่าดังรูปที่ ก.15 (ภาคผนวก) และค่าที่จะนำมาใช้ในงานวิจัย คือ present torque, Feedback present speed ,Command present speed

3.2.2 เขียนโปรแกรมเก็บข้อมูลจาก PLC Omron (CJ-2M) โดยใช้โปรแกรม Cx-Programmer และกำหนด DM เพื่อระบุตำแหน่งในการเก็บข้อมูลของเซอร์โวมอเตอร์ 4 ตัว ตำแหน่งการติดของเซอร์โวมอเตอร์ภายในเครื่องจักรดังรูปที่ 3.2

กำหนดให้

- เซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 1 คือ Servo Bending Horizontal
- เซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 2 คือ Servo Table
- เซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 3 คือ Servo Bending Vertical
- เซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 4 คือ Servo Mole



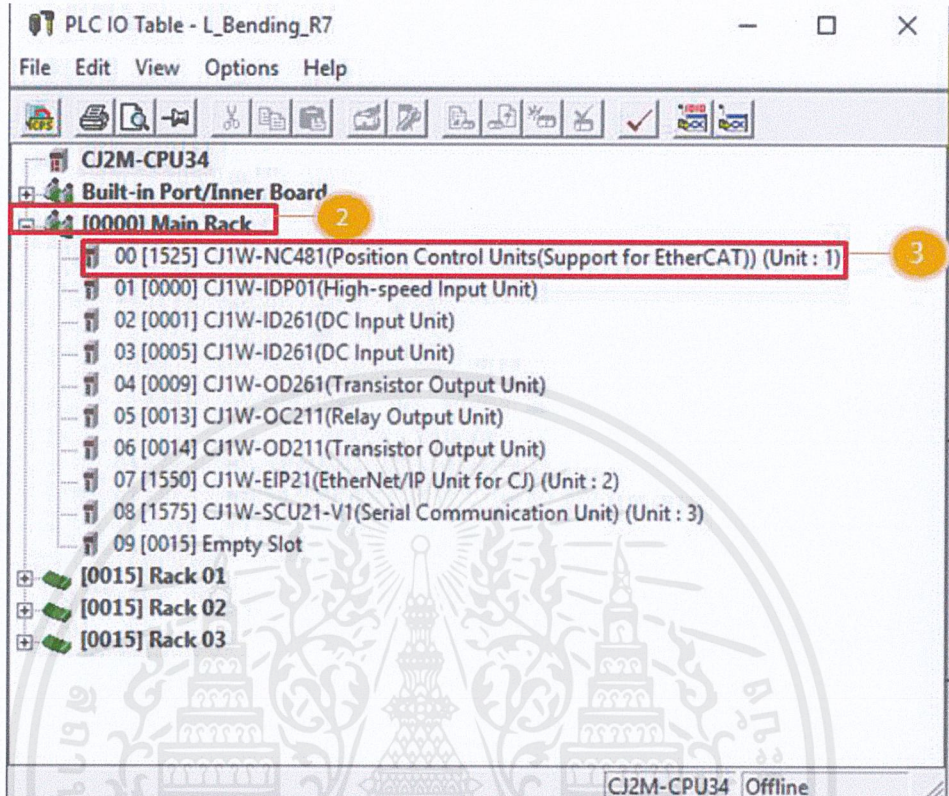
รูปที่ 3.2 แสดงตำแหน่งติดตั้งของเซอร์โวมอเตอร์ภายในเครื่องจักร

3.2.2.1 ตั้งค่าในโปรแกรม Cx-Programmer ให้สามารถเก็บ Present torque, Feedback present speed ,Command present speed ได้ จากรูปที่ 3.2 จะสังเกตเห็นว่าระหว่าง PLC กับ ชุดการขับเคลื่อนของเซอร์โวมอเตอร์ มี PCU (Position Control Unit) กั้นอยู่ การเก็บข้อมูลของชุดขับเคลื่อนของเซอร์โวมอเตอร์โดยใช้ PLC จะต้องมีการตั้งค่า PCU เพื่อให้สามารถเก็บข้อมูลที่ต้องการได้ ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 การตั้งค่าพารามิเตอร์ที่เก็บมาจาก Position Control Unit

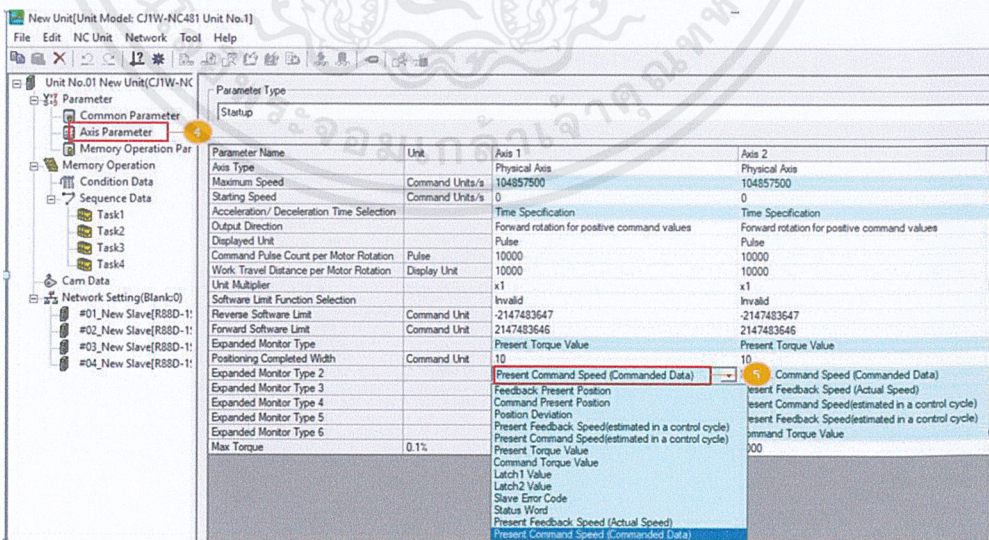
ข้อ	ขั้นตอนการตั้งค่า
1.	<p>เปิดโปรแกรม > File > Open > ชื่อไฟล์ที่ต้องการเปิด > (1) IO Table and Unit Setup</p> <p>รูปที่ 3.3 การเลือก IO Table and Unit Setup เพื่อตั้งค่า</p>

2. เลือก (2) [0000] Main Rack > (3) 00[1525] CJ1W-NC481(Position Control Unit (Support for Ether CAT))



รูปที่ 3.4 การเลือก memory ที่จะตั้งค่า

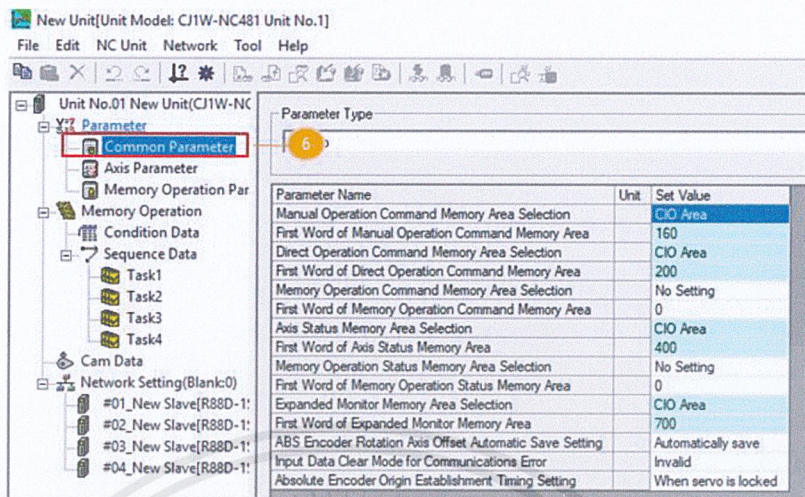
3. เลือก (4) Axis Parameter > (5) Expanded Monitor Setting



รูปที่ 3.5 การเลือก Expanded Monitor Setting

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 15 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เลือก (6) Common Parameter เพื่อดูตำแหน่งการเก็บข้อมูล



รูปที่ 3.6 การเปิด Common Parameter

5. ศึกษาคู่มือการใช้งานของ Position Control Unit (CJ1W- NC481) เพื่อดูการเก็บข้อมูล จากข้อ 4 Axis Status Memory Area เริ่มที่ CIO 400 ตัวอย่างดังรูปที่ 3.7 จะแสดงค่า Axis 1 Expanded Monitor ที่ตั้งค่าไว้ตามข้อ 4 คือ Present Torque Value ดังนั้น Present Torque Value Axis 1 จะใช้ CIO 410

Words	Name	Bit	Bit name	Function
C+7	Axis 1 Error Code	0 to 15		This word contains the axis error code.
C+8	Axis 1 Command Present Position (lower word)	0 to 15		These words contain the present command position.
C+9	Axis 1 Command Present Position (upper word)	0 to 15		
C+10	Axis 1 Expanded Monitor (lower word)	0 to 15		These words contain the monitor value that is specified by the Expanded Monitor Type axis parameter. For details, refer to <i>Expanded Monitor Settings</i> on page 6-59.
C+11	Axis 1 Expanded Monitor (upper word)	0 to 15		
C+12	Not used.	0 to 15		Do not use.

รูปที่ 3.7 ตัวอย่างการอ่านค่า CIO จากคู่มือการใช้งาน CJ1W-NC481(Position Control Unit)

3.2.2.2 กำหนดตำแหน่งที่จะใช้เก็บข้อมูลในหน่วยความจำของ PLC

การเขียนโปรแกรม PLC เพื่อเก็บข้อมูลที่ได้จากชุดการขับเคลื่อนเซอร์โวมอเตอร์ ซึ่งเชื่อมต่อกับ PLC จะต้องมีการกำหนดตำแหน่งข้อมูลที่อยู่ในหน่วยความจำของ PLC เพื่อไม่ให้เกิดการเขียนข้อมูลทับกันที่ตำแหน่งเดิม ผู้จัดทำได้กำหนดตำแหน่งหน่วยความจำดังตารางที่ 3.3 และการหาอายุการใช้งานของเซอร์โวมอเตอร์ต้องมีการจับเวลาการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ในการทำงานต่อชิ้นงานหนึ่งชิ้น ซึ่งชิ้นงานแต่ละรุ่นมีเวลาการใช้งานเซอร์โวมอเตอร์ไม่เท่ากัน ผู้จัดทำได้ทำการจับเวลาเป็นจำนวน 5 ครั้ง และได้ค่าเวลาที่ใช้งานดังตารางที่ 3.4 เพื่อนำไปหาเวลาการใช้งานของเซอร์โวมอเตอร์

ตารางที่ 3.3 การกำหนดตำแหน่ง DM (Data Memory) เพื่อใช้ในการเก็บข้อมูล

	Name	Servo 1	Servo 2	Servo 3	Servo 4
1	No load max forward torque	E3_720	E3_722	E3_724	E3_726
2	No load max backward torque	E3_730	E3_732	E3_734	E3_736
3	No load Configuration forward speed	E3_740	E3_742	E3_744	E3_746
4	No load Configuration backward speed	E3_750	E3_752	E3_754	E3_756
5	No load actual forward speed	E3_770	E3_772	E3_774	E3_776
6	No load Actual backward speed	E3_780	E3_782	E3_784	E3_786
7	Bending max forward torque	E3_790	E3_792	E3_794	E3_796
8	Lifetime	E3_760	E3_762	E3_764	E3_766
9	Seban	E3_710 (3 Word)			
10	Product number	E3_712 (3 Word)			
11	Acknowledge data	E3_798			

*อธิบายเพิ่มเติมสำหรับชื่อย่อในตารางที่ การกำหนดตำแหน่ง DM (Data Memory)

Seban คือ ชื่อย่อของรุ่นของแอร์

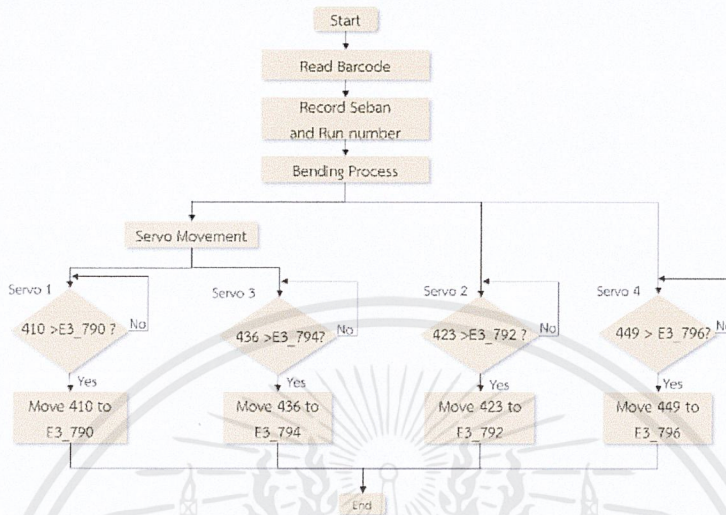
Product number คือ การระบุลำดับที่ผลิตของแอร์รุ่นนั้นตามแผนการผลิตของวัน

ตารางที่ 3.4 จับเวลาการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัว

ครั้งที่	Time Servo 1 (s)	Time Servo 2 (s)	Time Servo 3 (s)	Time Servo 4 (s)
	Servo Horizontal	Servo table	Servo Vertical	Servo mole
1	33.9	13.44	34.1	5.9
2	35.45	15.73	32.25	5.6
3	39.13	14.35	32.877	5.8
4	36.89	14.55	32.94	5.4
5	35.81	16.76	33.94	5.5
ค่าเฉลี่ย	36.236	14.966	33.2214	5.64

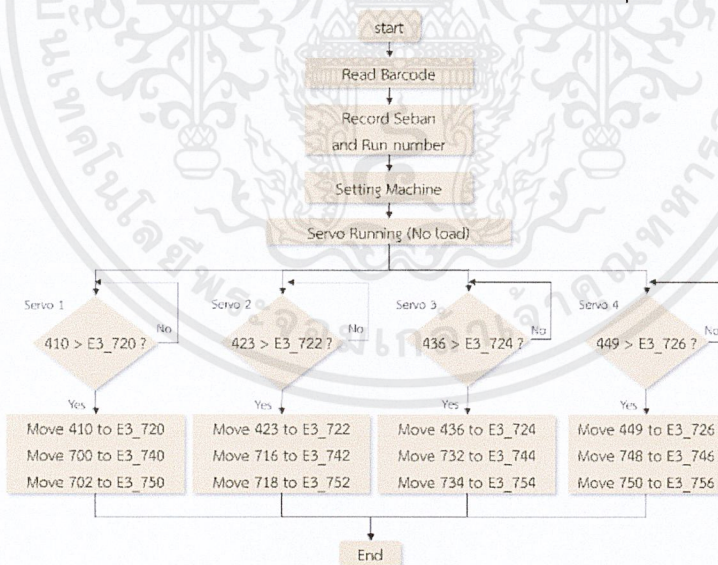
3.2.2.3 เขียน Flow Chart การทำงานการเก็บข้อมูลของ PLC เพื่อนำไปเขียน Ladder

การเขียนโปรแกรม PLC ต้องมีการกำหนดเงื่อนไขเพื่อให้สามารถเก็บข้อมูลที่ต้องการได้อย่างถูกต้อง โดยกำหนดเงื่อนไข คือ สำหรับเก็บค่าแรงบิดขณะไม่มีภาระทางกล และสำหรับเก็บค่าแรงบิดขณะตัดชิ้นงาน และทำการเขียน Flow chart ของการเก็บข้อมูลแรงบิดขณะตัดชิ้นงานดังรูปที่ 3.9



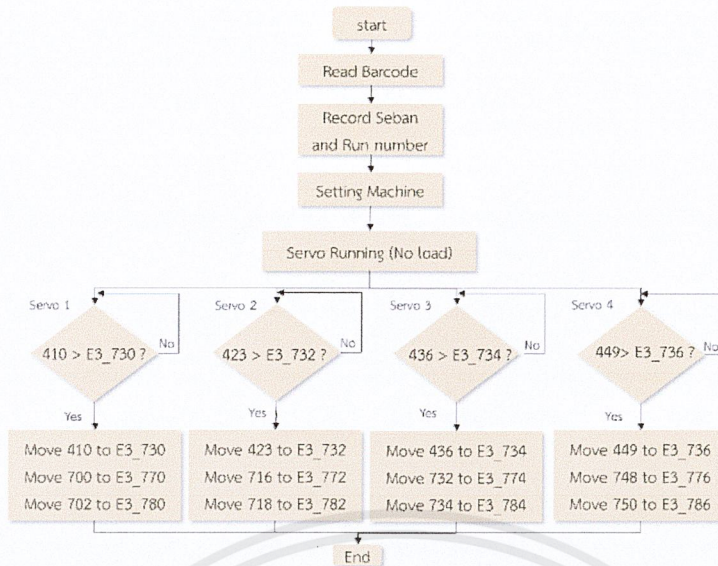
รูปที่ 3.8 Flowchart การเก็บค่าแรงบิดสูงสุดขณะตัด

รูปที่ 3.8 แสดงการนำแรงบิดขณะทำงานปัจจุบันของเซอร์โวมอเตอร์เปรียบเทียบกับค่าแรงบิดในหน่วยความจำของ PLC ดังตารางที่ 3.3 เพื่อเก็บค่าที่บวกมากที่สุด



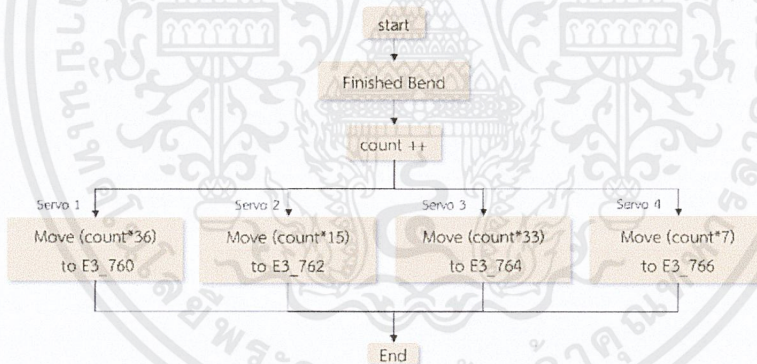
รูปที่ 3.9 Flowchart การเก็บค่าแรงบิดไปข้างหน้าสูงสุดและความเร็วรอบในสถานะไม่มีภาระทางกล

รูปที่ 3.9 แสดงการนำแรงบิดขณะทำงานปัจจุบันในสถานะไม่มีภาระทางกลของเซอร์โวมอเตอร์เปรียบเทียบกับค่าแรงบิดในหน่วยความจำของ PLC ดังตารางที่ 3.3 เพื่อเก็บค่าบวกที่มากที่สุด และเก็บค่าความเร็วรอบที่กำหนดและความเร็วรอบจริง



รูปที่ 3.10 Flowchart การเก็บค่าแรงบิดย้อนกลับสูงสุดและความเร็วรอบในสถานะไม่มีภาระทางกล

รูปที่ 3.10 แสดงการนำแรงบิดขณะทำงานในปัจจุบันที่สถานะไม่มีภาระทางกลของเซอร์โวมอเตอร์เปรียบเทียบกับค่าแรงบิดในหน่วยความจำของ PLC ดังตารางที่ 3.3 เพื่อเก็บค่ากลับที่น้อยที่สุด และเก็บค่าความเร็วรอบที่กำหนด และความเร็วรอบจริง



รูปที่ 3.11 Flowchart การหาค่าเวลาการใช้งานของเซอร์โวมอเตอร์

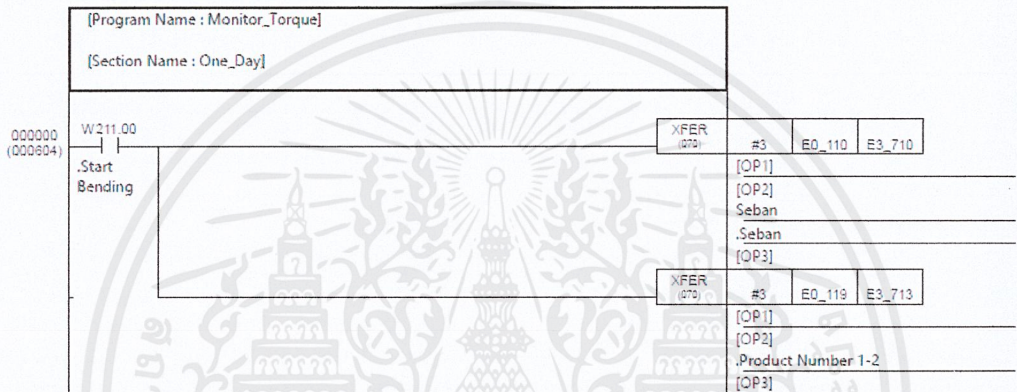
รูปที่ 3.11 แสดงการเก็บเวลาที่เซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัวใช้ในการทำงาน อ้างอิงจากตารางที่ 3.4 โดยนำค่าเวลาที่มาจากการวัดการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัวต่อชิ้นงานหนึ่งชิ้น คูณกับจำนวนชิ้นงานที่ถูกผลิต

***อธิบายเพิ่มเติมสำหรับ CIO ใน PLC ที่จะใช้เขียนโปรแกรม Ladder**

- 410 (C+10) คือ Present Torque Value Axis 1
- 423 (C+23) คือ Present Torque Value Axis 2
- 436 (C+36) คือ Present Torque Value Axis 3
- 449 (C+49) คือ Present Torque Value Axis 4
- 700 (F+0) คือ Present Command Speed Axis 1

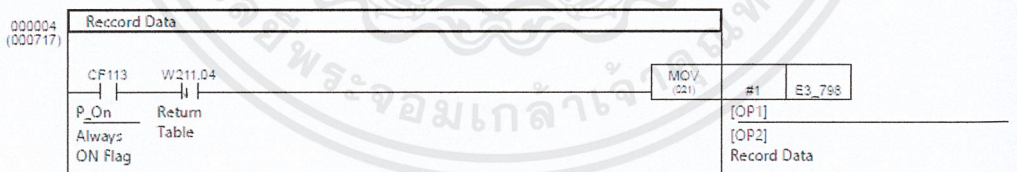
- 716 (F+16) คือ Present Command Speed Axis 2
- 732 (F+32) คือ Present Command Speed Axis 3
- 748 (F+48) คือ Present Command Speed Axis 4
- 702 (F+2) คือ Actual Speed Axis 1
- 718 (F+18) คือ Actual Speed Axis 2
- 734 (F+34) คือ Actual Speed Axis 3
- 750 (F+50) คือ Actual Speed Axis 4

3.2.2.4 เขียน Ladder ในโปรแกรม Cx-Programmer ให้เก็บค่าข้อมูลตาม Flow Chart ข้อ 3.2.2.3 การเขียน Ladder เพื่อเก็บข้อมูลไว้ภายในหน่วยความจำ PLC



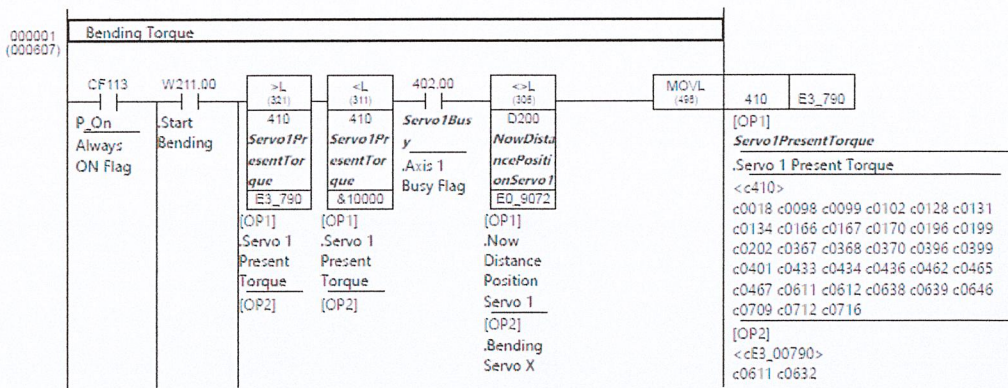
รูปที่ 3.12 ตัวอย่างการเขียน Ladder เก็บข้อมูลของ Seban และ Product number

รูปที่ 3.12 แสดงการเขียนเลดเดอร์เพื่อเก็บค่า Seban และ Product number เมื่อเซอร์โวมอเตอร์เริ่มต้นทำงานจะมีการเก็บค่า Seban และ Product number ในหน่วยความจำดังตารางที่ 3.3



รูปที่ 3.13 ตัวอย่าง Ladder แสดงตำแหน่งของหน่วยความจำของ PLC ที่ PC ใช้อ้างอิงสำหรับเก็บข้อมูล

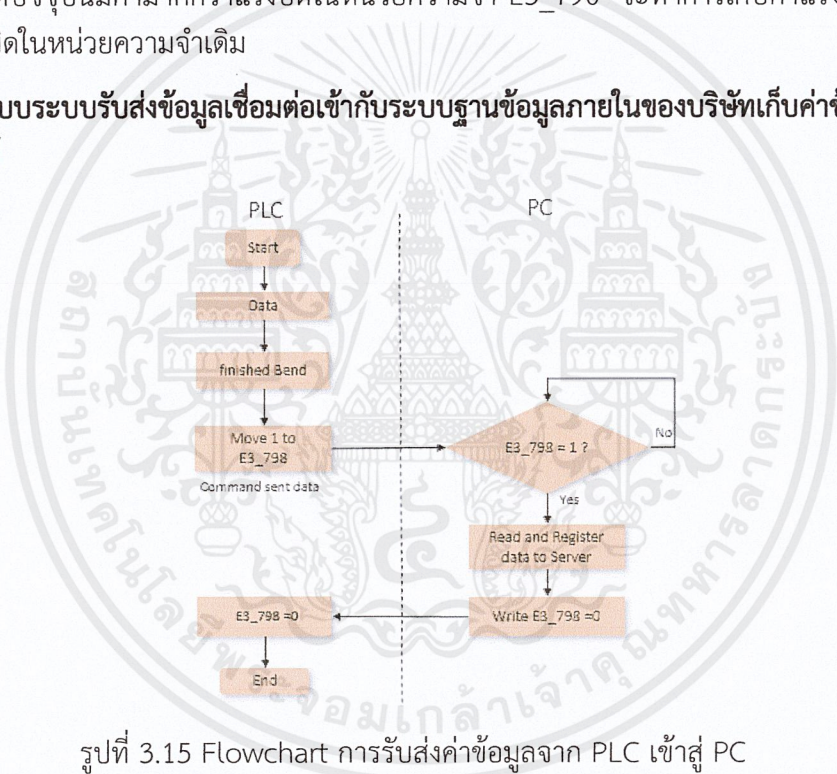
รูปที่ 3.13 แสดงการเขียนเลดเดอร์เพื่อให้ PC ใช้อ้างอิงในการเก็บข้อมูลลงระบบฐานข้อมูล โดยใช้เซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 2 เป็นตัวอ้างอิงในการบอกว่าเครื่องตัดแผงระบายความร้อนทำการตัดชิ้นงานเสร็จสิ้น ซึ่งจะใช้พัลส์ขาลงในการบอกสถานะว่าการตัดเสร็จสิ้น แล้วจะส่ง 1 เข้าไปยังหน่วยความจำ E3_798 (Acknowledge data) ดังตารางที่ 3.3



รูปที่ 3.14 ตัวอย่าง Ladder เก็บข้อมูลค่าแรงบิดขณะตัดของเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 1

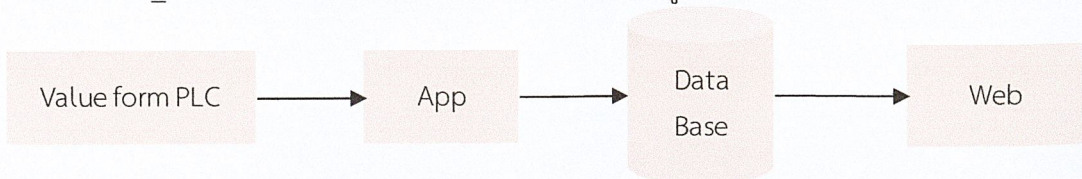
รูปที่ 3.14 แสดงการเขียนเลดเดอร์เก็บข้อมูลค่าแรงบิดขณะตัดของเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 1 เมื่อค่าแรงบิดปัจจุบันมีค่ามากกว่าแรงบิดในหน่วยความจำ E3_790 จะทำการเก็บค่าแรงบิดปัจจุบันแทนค่าแรงบิดในหน่วยความจำเดิม

3.2.3 ออกแบบระบบรับส่งข้อมูลเชื่อมต่อเข้ากับระบบฐานข้อมูลภายในของบริษัทเก็บค่าข้อมูลส่งไปยังเซิร์ฟเวอร์



รูปที่ 3.15 Flowchart การรับส่งค่าข้อมูลจาก PLC เข้าสู่ PC

รูปที่ 3.15 แสดงการรับส่งข้อมูลระหว่าง PLC และ PC เมื่อทำการตัดชิ้นงานเสร็จแล้ว PLC จะส่งค่า 1 ไปที่ E3_798 (Acknowledge data) และ PC จะตรวจเช็คว่าเป็น 1 หรือไม่ ถ้าเป็น PC จะเก็บค่าการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ทั้งหมดและอัปเดตข้อมูลลงฐานข้อมูล จากนั้น PC จะแทนค่า 0 ลงใน E3_798 เพื่อแสดงให้ PLC ทราบว่าทำการเก็บข้อมูลเสร็จสิ้น



รูปที่ 3.16 ขั้นตอนของการนำค่ามาแสดงผล

รูปที่ 3.16 แสดงการนำค่าจาก PLC ผ่าน Application ส่งไปยัง Data Base และจาก Data Base ผ่าน Web แสดงผลผ่านเว็บเพจ

ระบบรับส่งข้อมูลระหว่าง PLC และ Data Base ผ่าน Ethernet โดยจะใช้วิธีการเชื่อมต่อโดยใช้ช่อง Ethernet Connectors ที่มีอยู่ใน PLC แล้วเชื่อมต่อด้วยสาย Lan เข้ากับสวิตช์เน็ตเวิร์คเพื่อใช้สำหรับเชื่อมเครือข่ายแต่ละส่วนเข้าด้วยกัน และเชื่อมต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ที่ใช้เก็บข้อมูลเข้าฐานข้อมูลภายในของบริษัท

เขียนโปรแกรมในส่วนของ Application เพื่อรับค่าที่เก็บได้จาก PLC เข้าสู่ Data Base โดยผ่าน PC ต้องมีการใช้สูตรเพื่อแปลงข้อมูลให้เป็นหน่วยที่ต้องการดังนี้

3.2.3.1 ข้อมูลค่าความเร็วเชิงมุม (2 Word) ที่ส่งมาจาก PLC จะมีหน่วยเป็น pulse per second (pps) เขียนโปรแกรมแปลงให้เป็น round per minute (rpm) ใช้สูตรดังนี้

$$rpm = pps \times \frac{1 \text{ round}}{2^{23} \text{ pulse}} \times \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ minute}}$$

**Resolution per rotation of Encoder 23 bit

3.2.3.2 ข้อมูลค่าแรงบิด (2 Word) ที่อ่านได้จาก PLC จะเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าพิกัดแรงบิดที่มีจุดทศนิยม 1 ตำแหน่ง เขียนโปรแกรมทำการเปลี่ยนให้ค่าแรงบิดเป็นหน่วยเป็น N.m Output Tourque 6.37 N.m ใช้สูตรการคำนวณดังนี้

$$\tau(N.m) = \tau(\%) \times \frac{1}{10} \times \frac{\text{Rated torque}}{100}$$

โดย

τ (%)

แทน แรงบิด มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

Rated Tourque

แทน พิกัดแรงบิด ซึ่งเซอร์โวมอเตอร์ที่ใช้ มีค่า 6.37 N.m

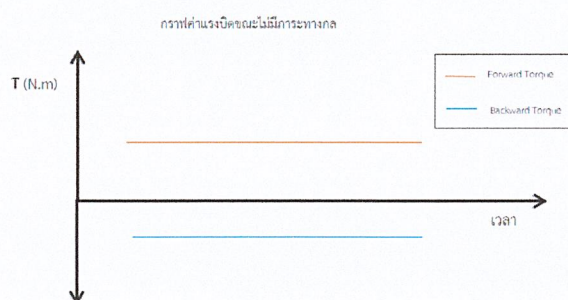
3.2.3.3 ข้อมูลค่าอายุการใช้งานที่เก็บจาก PLC (2 Word) จะมีหน่วยเป็นวินาที ต้องการแปลงหน่วยให้เป็นชั่วโมง ใช้สูตรการคำนวณดังนี้

$$\text{time usage}(hr) = \frac{\text{time}(s)}{3600}$$

3.3.4 ออบแบบหน้าเว็บเพจสำหรับแสดงผลเว็บเพจ

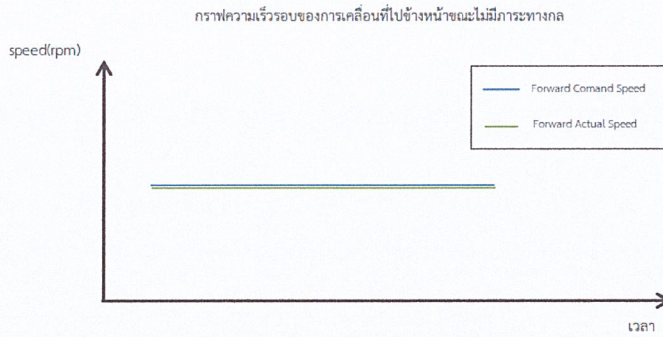
ก่อนที่จะเขียนโปรแกรมในส่วนของหน้าเว็บเพจเพื่อนำข้อมูลใน Data Base ออกมาแสดงผล ต้องมีการออกแบบรูปแบบของกราฟที่ต้องการแสดงผล โดยกราฟที่จะแสดงมีดังนี้

- กราฟค่าแรงบิดขณะไม่มีภาระทางกล



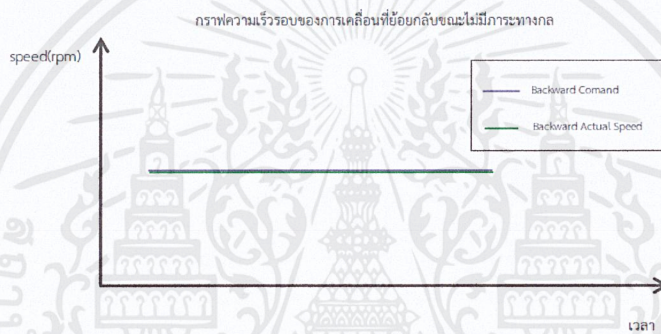
รูปที่ 3.17 รูปแบบกราฟของแรงบิดขณะไม่มีภาระทางกล

- กราฟความเร็วรอบของการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าขณะไม่มีภาระทางกล



รูปที่ 3.18 รูปแบบกราฟความเร็วรอบของการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าขณะไม่มีภาระทางกล

- กราฟความเร็วรอบของการเคลื่อนที่ย้อนกลับขณะไม่มีภาระทางกล



รูปที่ 3.19 รูปแบบกราฟความเร็วรอบของการเคลื่อนที่ย้อนกลับขณะไม่มีภาระทางกล

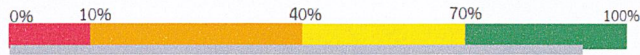
- กราฟค่าแรงบิดขณะตัด



รูปที่ 3.20 รูปแบบกราฟค่าแรงบิดขณะตัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาแ่23้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

■ กราฟอายุการใช้งานของมอเตอร์



Life Time 20,000 hr

Usage 1000 hr

% Life Time 95%

รูปที่ 3.21 รูปแบบกราฟอายุการใช้งานของมอเตอร์



บทที่ 4

ผลการดำเนินงาน

บทนี้จะแสดงผลกราฟที่ได้ออกแบบไว้บนเว็บเพจ โดยทางผู้จัดทำได้ทำการบันทึกข้อมูลของเครื่องตัดแต่งระบายความร้อนไว้ทุกครั้งที่มีการตัดชิ้นงานเสร็จสิ้น ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 กราฟ คือ กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดขณะไม่มีภาระทางกลกับเวลา กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าขณะไม่มีภาระทางกลกับเวลา กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของการเคลื่อนที่ย้อนกลับขณะไม่มีภาระทางกลกับเวลา และกราฟอายุการใช้งานของเซอร์โวมอเตอร์ โดย 4 กราฟนี้ผู้จัดทำได้ทำการเก็บค่าในช่วงวันที่ 7-11 พฤศจิกายน พ.ศ.2562 ในส่วนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงบิดขณะตัดชิ้นงานกับจำนวนชิ้นงาน ผู้จัดทำได้ทำการเก็บค่าในช่วงวันที่ 8-12 พฤศจิกายน พ.ศ.2562 ซึ่งทางผู้จัดทำได้ทำการวัดค่าโดยเก็บจากชุดควบคุมการขับเคลื่อนส่งข้อมูลเข้า PLC แล้วใช้ PC ทำการดึงข้อมูลจาก PLC เข้าฐานข้อมูลของบริษัทจากนั้นแสดงข้อมูลผ่านเว็บเพจซึ่งสามารถเข้าถึงได้ในระบบเซิร์ฟเวอร์ของบริษัทเท่านั้น โดยสามารถเก็บข้อมูล 6 เดือนย้อนหลัง

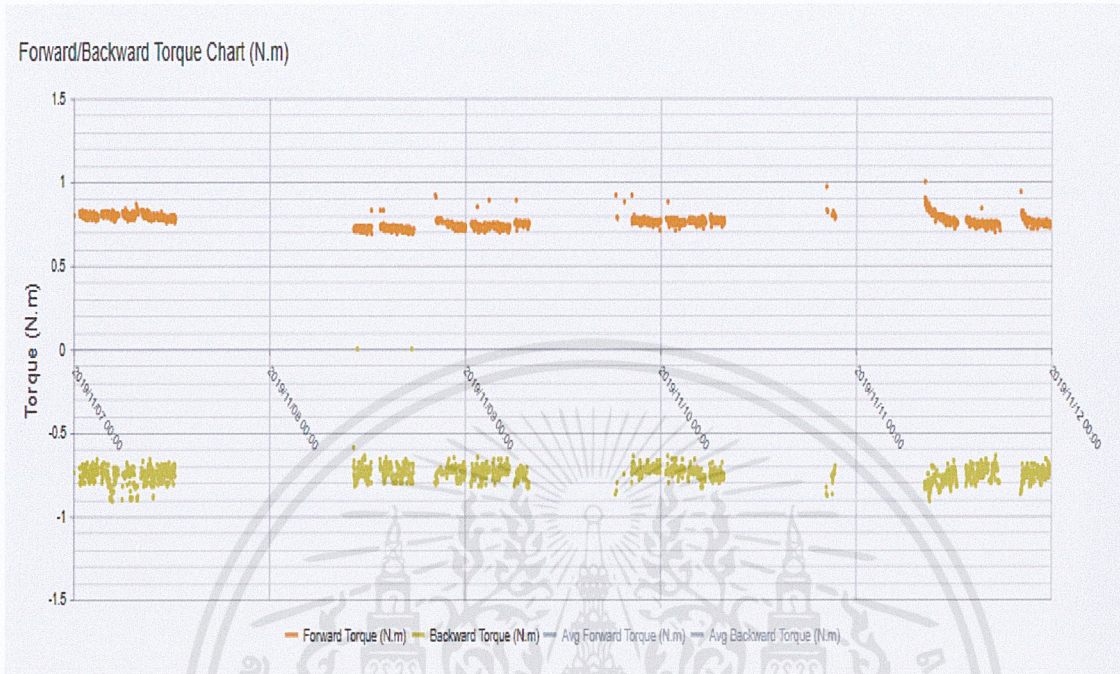
4.1 ผลการทดลอง

การเปรียบเทียบค่าที่เก็บมากจากชุดควบคุมการขับเคลื่อนของเซอร์โวมอเตอร์ โดยความหมายของค่าที่เก็บได้ในกราฟมีดังนี้

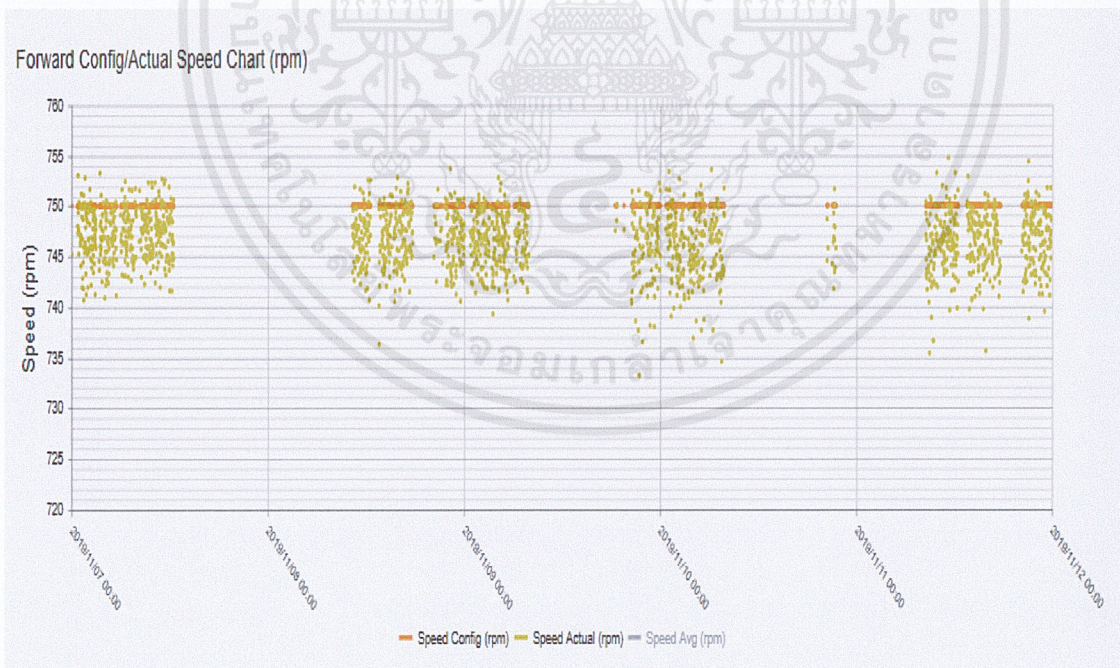
- Torque Forward หมายถึง แรงบิดของเซอร์โวมอเตอร์ในการเคลื่อนที่ไปข้างหน้า
- Torque Backward หมายถึง แรงบิดของเซอร์โวมอเตอร์ในการเคลื่อนที่ย้อนกลับ
- Configuration Forward หมายถึง ความเร็วรอบในการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าที่ตั้งค่าไว้
- Actual Forward หมายถึง ความเร็วรอบในการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าค่าจริง
- Configuration Backward หมายถึง ความเร็วรอบในการเคลื่อนที่ย้อนกลับที่ตั้งค่าไว้
- Actual Backward หมายถึง ความเร็วรอบในการเคลื่อนที่ย้อนกลับค่าจริง
- Broken Time หมายถึง อายุของเซอร์โวมอเตอร์
- Usage Time หมายถึง เวลาที่เซอร์โวมอเตอร์ใช้ทำงานไปแล้ว
- % Lifetime หมายถึง เปอร์เซ็นต์ที่อายุการใช้งานที่เหลือของเซอร์โวมอเตอร์

4.1.1. ข้อมูลที่วัดได้จากเซอร์โวมอเตอร์ขณะไม่มีภาระทางกล

4.1.1.1 ข้อมูลจากการเก็บได้ของเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 1 คือ Servomotor Bending Horizontal

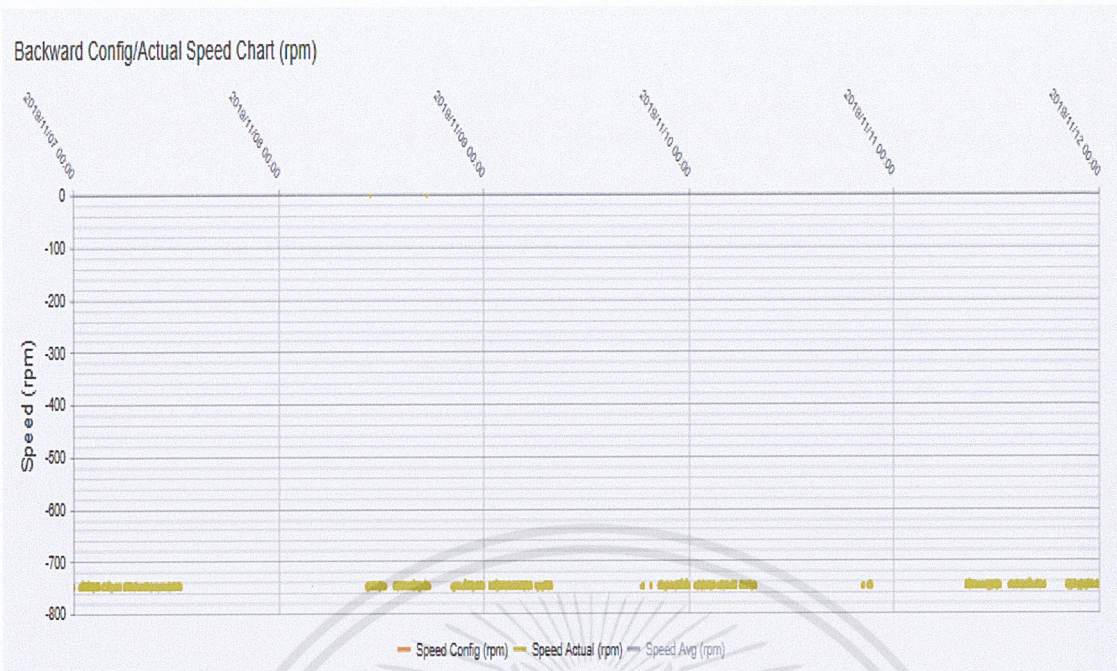


ก) กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดขณะไม่มีภาระทางกลกับเวลา

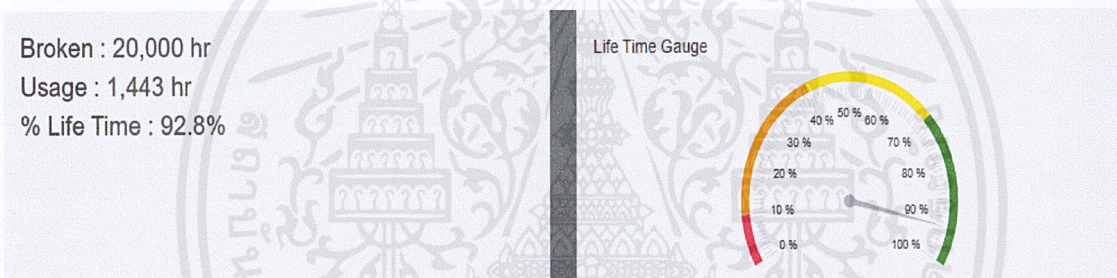


ข) กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าขณะไม่มีภาระทางกลกับเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 26 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ค) กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของการเคลื่อนที่ย้อนกลับขณะไม่มีภาระทางกลกับเวลา



ง) กราฟอายุการใช้งานของเซอร์โวมอเตอร์

รูปที่ 4.1 กราฟภาพรวมการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 1 ในวันที่ 7-11 พฤศจิกายน 2562

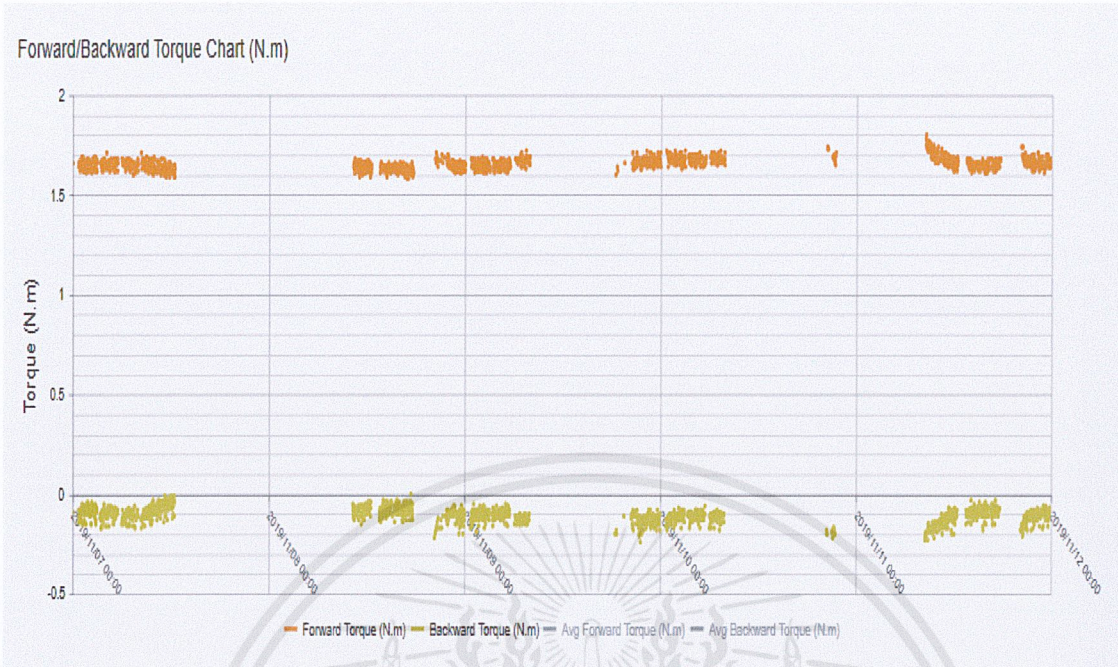
จากรูปที่ 4.1 ก) เมื่อพิจารณาค่าแรงบิดขณะไม่มีภาระทางกล เมื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยแรงบิดขณะเคลื่อนที่ไปข้างหน้าได้ 0.761 Nm ค่าสูงสุดของแรงบิดขณะเคลื่อนที่ไปข้างหน้าเท่ากับ 1 Nm และค่าต่ำสุดของแรงบิดขณะเคลื่อนที่ไปข้างหน้าเท่ากับ 0.69 Nm เมื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยแรงบิดขณะเคลื่อนที่ย้อนกลับได้ -0.746 Nm ค่าสูงสุดของแรงบิดขณะเคลื่อนที่ย้อนกลับเท่ากับ -0.59 Nm และค่าต่ำสุดของแรงบิดขณะเคลื่อนที่ย้อนกลับเท่ากับ -0.91 Nm

จากรูปที่ 4.1 ข) เมื่อพิจารณาความเร็วรอบของการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าขณะไม่มีภาระทางกล พบว่า ความเร็วรอบที่กำหนดมีค่าคงที่เท่ากับ 750 rpm ความเร็วรอบจริงมีค่าสูงสุดเท่ากับ 754.74 rpm และความเร็วรอบจริงมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 733.22 rpm

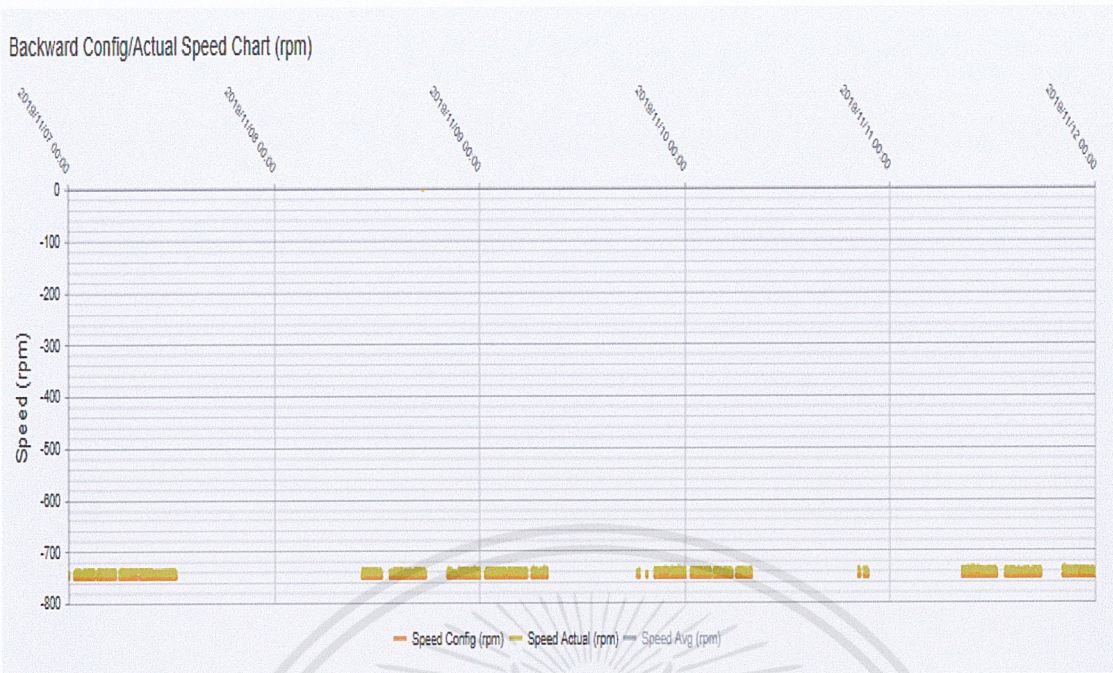
จากรูป 4.1 ค) เมื่อพิจารณาความเร็วรอบของการเคลื่อนที่ย้อนกลับขณะไม่มีภาระทางกล พบว่า ความเร็วรอบที่กำหนดมีค่าคงที่เท่ากับ -750 rpm ความเร็วรอบจริงมีค่าสูงสุดเท่ากับ -739.63 rpm และความเร็วรอบจริงมีค่าต่ำสุดเท่ากับ -755.2 rpm

จากรูป 4.1 ง) เมื่อพิจารณากราฟอายุการใช้งานของเซอร์โวมอเตอร์ ค่าที่อ่านได้ 92.8 % มีการใช้งานไปแล้ว 1443 ชั่วโมง

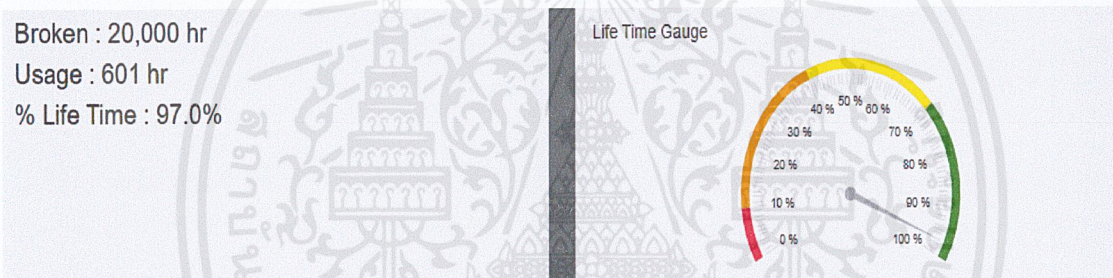
4.1.1.2 ข้อมูลจากการเก็บได้ของมอเตอร์ตัวที่ 2 คือ Servomotor Table



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 288 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ค) กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของการเคลื่อนที่ย้อนกลับขณะไม่มีภาระทางกลกับเวลา



ง) กราฟอายุการใช้งานของเซอร์โวมอเตอร์

รูปที่ 4.2 กราฟภาพรวมการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 2 ในวันที่ 7-11 พฤศจิกายน 2562

จากรูปที่ 4.2 ก) เมื่อพิจารณาค่าแรงบิดขณะไม่มีภาระทางกล เมื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยแรงบิดขณะเคลื่อนที่ไปข้างหน้าได้ 1.656 Nm ค่าสูงสุดของแรงบิดขณะเคลื่อนที่ไปข้างหน้าเท่ากับ 1.8 Nm และค่าต่ำสุดของแรงบิดขณะเคลื่อนที่ไปข้างหน้าเท่ากับ 1.58 Nm เมื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยแรงบิดขณะเคลื่อนที่ย้อนกลับได้ -0.105 Nm ค่าสูงสุดของแรงบิดขณะเคลื่อนที่ย้อนกลับเท่ากับ -0.01 Nm และค่าต่ำสุดของแรงบิดขณะเคลื่อนที่ย้อนกลับเท่ากับ -0.24 Nm

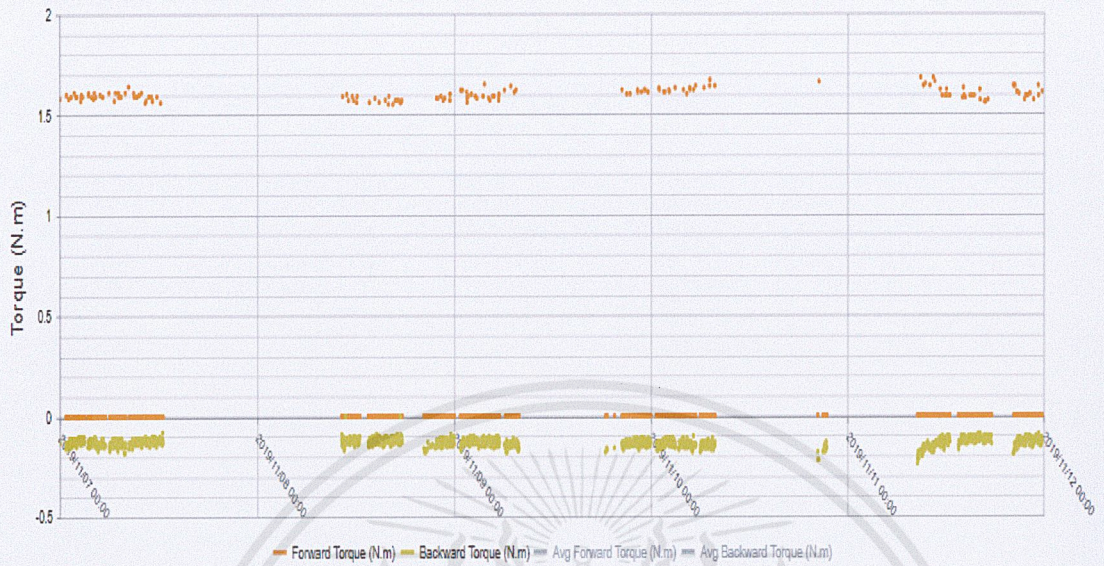
จากรูปที่ 4.2 ข) เมื่อพิจารณาความเร็วรอบของการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าขณะไม่มีภาระทางกล พบว่า ความเร็วรอบที่กำหนดมีค่าคงที่เท่ากับ 750 rpm ความเร็วรอบจริงมีค่าสูงสุดเท่ากับ 752.22 rpm และความเร็วรอบจริงมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 739.52 rpm

จากรูปที่ 4.2 ค) เมื่อพิจารณาความเร็วรอบของการเคลื่อนที่ย้อนกลับขณะไม่มีภาระทางกล พบว่า ความเร็วรอบที่กำหนดมีค่าคงที่เท่ากับ -750 rpm ความเร็วรอบจริงมีค่าสูงสุดเท่ากับ -733.34 rpm และความเร็วรอบจริงมีค่าต่ำสุดเท่ากับ -747.64 rpm

จากรูปที่ 4.2 ง) เมื่อพิจารณากราฟอายุการใช้งานของเซอร์โวมอเตอร์ ค่าที่อ่านได้ 97.0 % มีการใช้งานไปแล้ว 601 ชั่วโมง

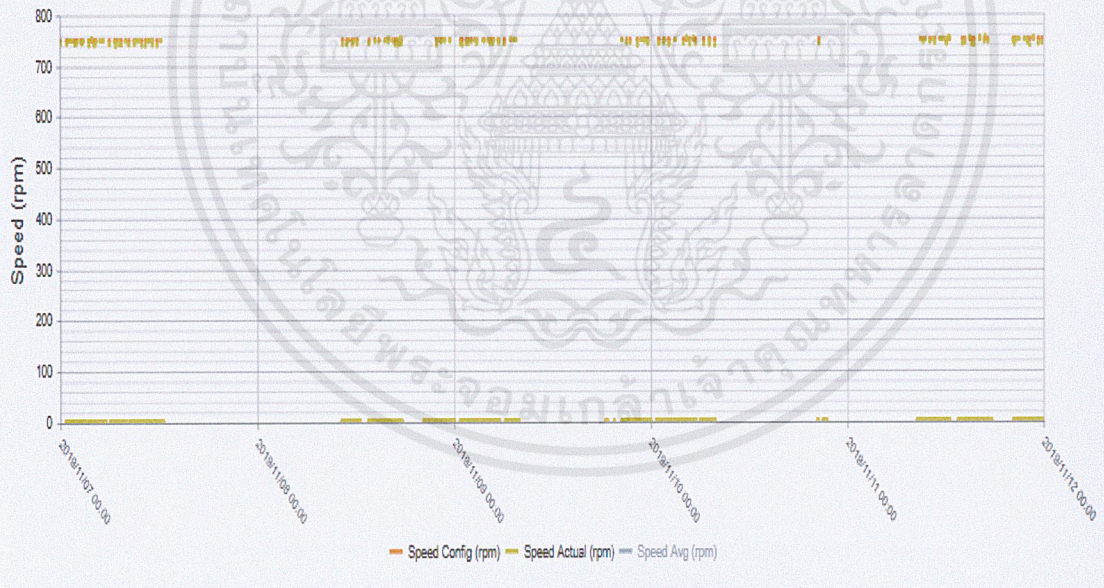
4.1.1.3 ข้อมูลจากการเก็บได้ของมอเตอร์ตัวที่ 3 คือ Servomotor Bending Vertical

Forward/Backward Torque Chart (N.m)

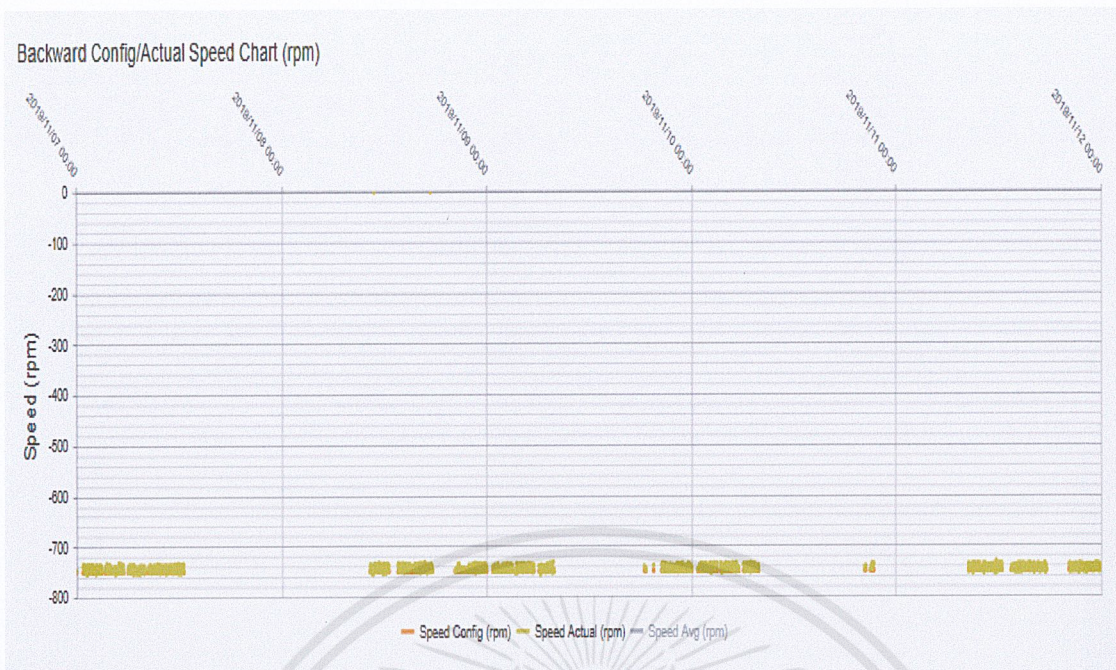


ก) กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดขณะไม่มีภาระทางกลกับเวลา

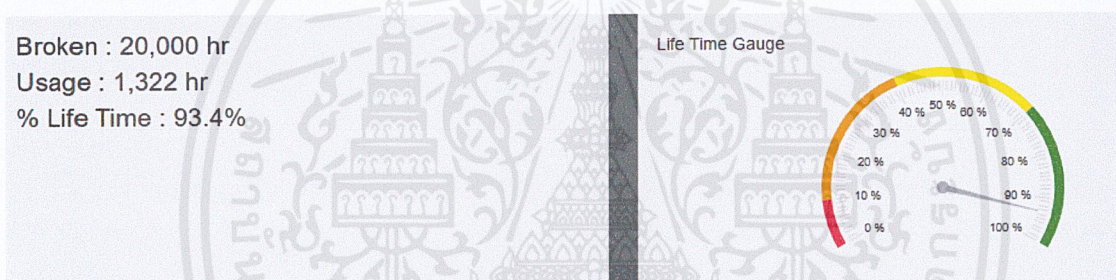
Forward Config/Actual Speed Chart (rpm)



ข) กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าขณะไม่มีภาระทางกลกับเวลา



ค) กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของการเคลื่อนที่ย้อนกลับขณะไม่มีภาระทางกลกับเวลา



ง) กราฟอายุการใช้งานของเซอร์โวมอเตอร์

รูปที่ 4.3 กราฟภาพรวมการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 3 ในวันที่ 7-11 พฤศจิกายน 2562

รูปที่ 4.3 ก) เมื่อพิจารณาค่าแรงบิดขณะไม่มีภาระทางกล พบว่าการเคลื่อนที่อยู่ 2 ลักษณะ คือ เซอร์โวมอเตอร์หยุดนิ่งอยู่กับที่และเซอร์โวมอเตอร์เคลื่อนที่เข้าไปตั้งค่าชิ้นงานให้อยู่ในตำแหน่งเริ่มต้น ซึ่งจะพิจารณาค่าความเร็วรอบขณะที่เซอร์โวมอเตอร์เคลื่อนที่เข้าไปตั้งค่าชิ้นงาน เมื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยแรงบิดขณะเคลื่อนที่ไปข้างหน้าได้ 1.599 Nm ค่าสูงสุดของแรงบิดขณะเคลื่อนที่ไปข้างหน้าเท่ากับ 1.68 Nm และค่าต่ำสุดของแรงบิดขณะเคลื่อนที่ไปข้างหน้าเท่ากับ 1.55 Nm เมื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยแรงบิดขณะเคลื่อนที่ย้อนกลับได้ -0.131 Nm ค่าสูงสุดของแรงบิดขณะเคลื่อนที่ย้อนกลับเท่ากับ -0.08 Nm และค่าต่ำสุดของแรงบิดขณะเคลื่อนที่ย้อนกลับเท่ากับ -0.24 Nm

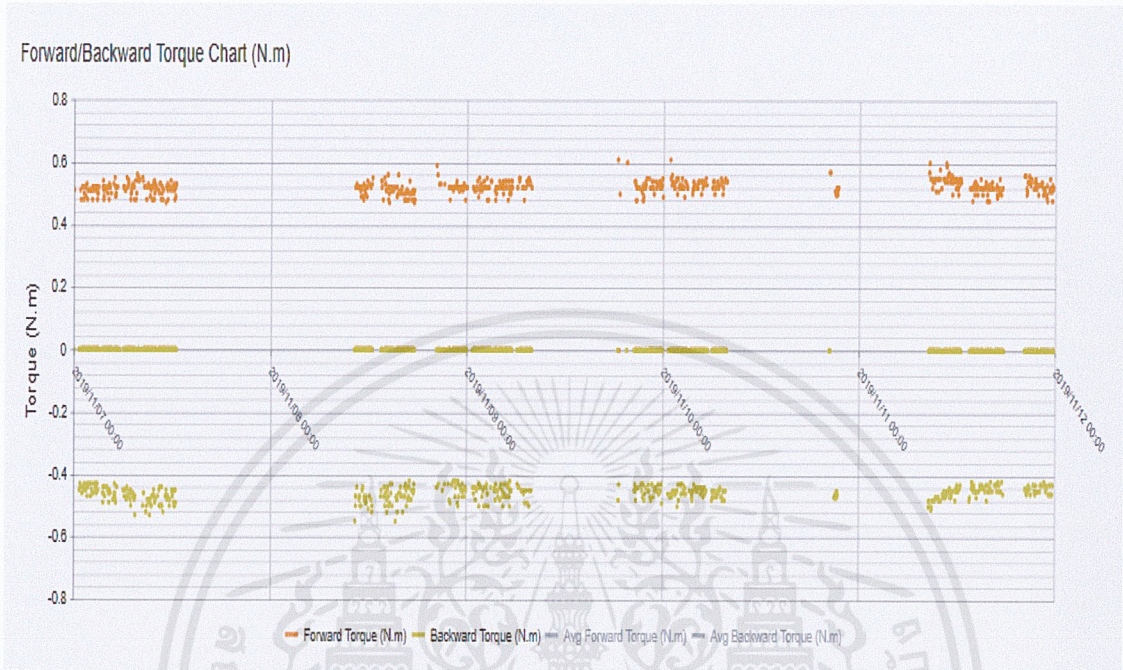
รูปที่ 4.3 ข) เมื่อพิจารณาความเร็วรอบของการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าขณะไม่มีภาระทางกล พบว่าการเคลื่อนที่อยู่ 2 ลักษณะ คือ เซอร์โวมอเตอร์หยุดนิ่งอยู่กับที่และเซอร์โวมอเตอร์เคลื่อนที่เข้าไปตั้งค่าชิ้นงานให้อยู่ในตำแหน่งเริ่มต้น ซึ่งจะพิจารณาค่าความเร็วรอบขณะที่เซอร์โวมอเตอร์เคลื่อนที่เข้าไปตั้งค่าชิ้นงาน ความเร็วรอบที่กำหนดมีค่าคงที่เท่ากับ 750 rpm ความเร็วรอบจริงมีค่าสูงสุดเท่ากับ 756 rpm และความเร็วรอบจริงมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 738.03 rpm

รูปที่ 4.3 ค) เมื่อพิจารณาความเร็วรอบของการเคลื่อนที่ย้อนกลับขณะไม่มีภาระทางกล พบว่า ความเร็วรอบที่กำหนดมีค่าคงที่เท่ากับ -750 rpm ความเร็วรอบจริงมีค่าสูงสุดเท่ากับ -731.16 rpm และความเร็วรอบจริงมีค่าต่ำสุดเท่ากับ -757.03 rpm

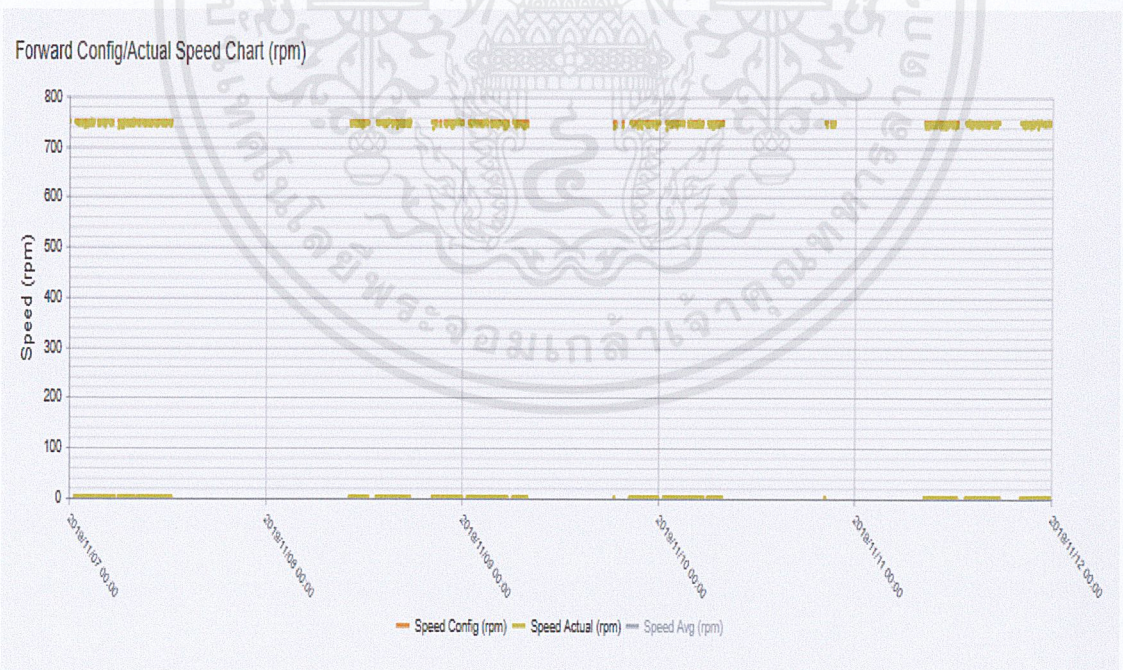
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 31 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.3 ง) เมื่อพิจารณากราฟอายุการใช้งานของเวอร์โวมอเตอร์ ค่าที่อ่านได้ 93.4 % มีการใช้งานไปแล้ว 1322 ชั่วโมง

4.1.1.4 ข้อมูลจากการเก็บได้ของมอเตอร์ตัวที่ 4 คือ Servomotor Mole

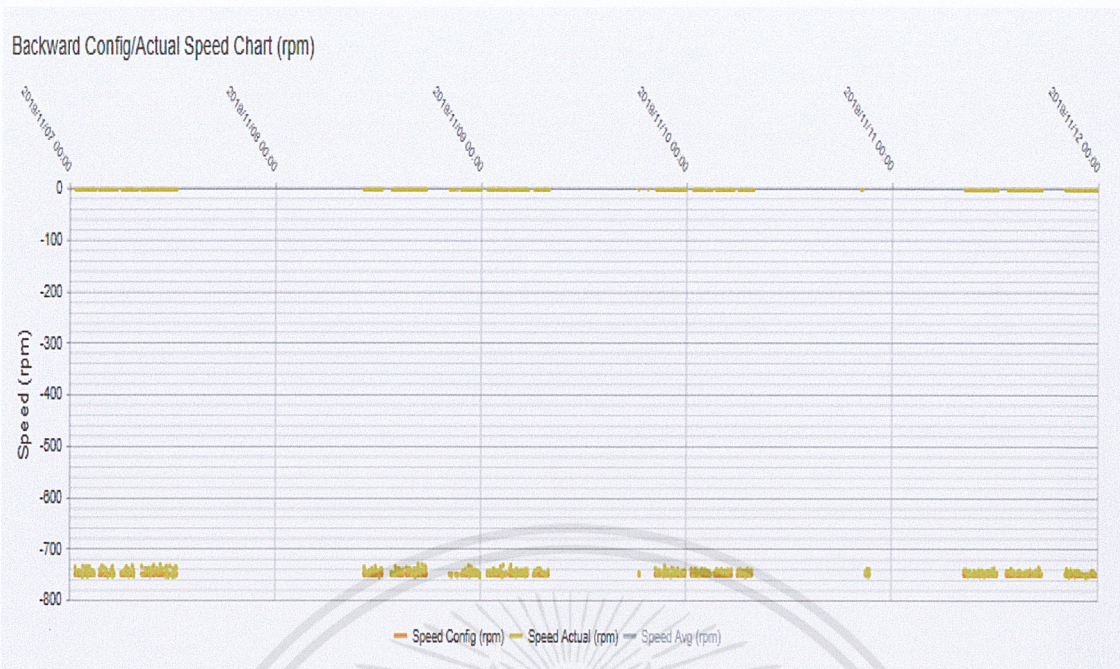


ก) กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดขณะไม่มีการะทางกลับกับเวลา

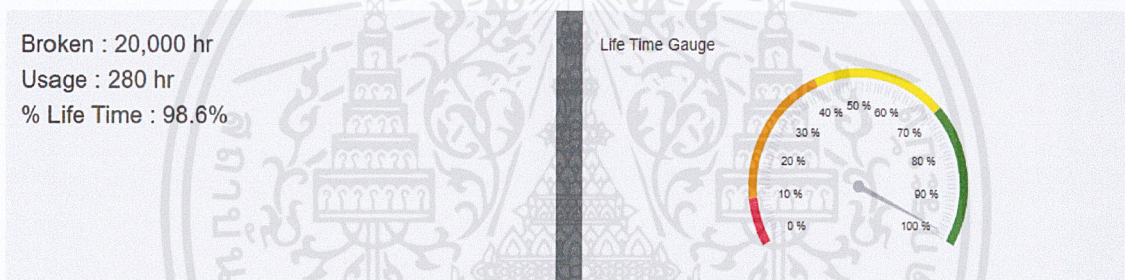


ข) กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าขณะไม่มีการะทางกลับกับเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา 32 อังอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ค) กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของการเคลื่อนที่ย้อนกลับขณะที่ไม่มีภาระทางกลกับเวลา



ง) กราฟอายุการใช้งานของเซอร์โวมอเตอร์

รูปที่ 4.4 กราฟภาพรวมการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 4 ในวันที่ 7-11 พฤศจิกายน 2562

รูปที่ 4.4 ก) เมื่อพิจารณาค่าแรงบิดขณะที่ไม่มีภาระทางกล พบว่าการเคลื่อนที่อยู่ 2 ลักษณะ คือ เซอร์โวมอเตอร์หยุดนิ่งอยู่กับที่ และ เซอร์โวมอเตอร์เคลื่อนที่เข้าไปตั้งค่าชิ้นงานให้อยู่ในตำแหน่งเริ่มต้น ซึ่งจะพิจารณาค่าความเร็วรอบขณะที่เซอร์โวมอเตอร์เคลื่อนที่เข้าไปตั้งค่าชิ้นงาน เมื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยแรงบิดขณะเคลื่อนที่ไปข้างหน้าได้ 0.521 Nm ค่าสูงสุดของแรงบิดขณะเคลื่อนที่ไปข้างหน้าเท่ากับ 0.61 Nm และค่าต่ำสุดของแรงบิดขณะเคลื่อนที่ไปข้างหน้าเท่ากับ 0.47 Nm เมื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยแรงบิดขณะเคลื่อนที่ย้อนกลับได้ -0.458 Nm ค่าสูงสุดของแรงบิดขณะเคลื่อนที่ย้อนกลับเท่ากับ -0.42 Nm และค่าต่ำสุดของแรงบิดขณะเคลื่อนที่ย้อนกลับเท่ากับ -0.55 Nm

รูปที่ 4.4 ข) เมื่อพิจารณาความเร็วรอบของการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าขณะที่ไม่มีภาระทางกล พบว่าการเคลื่อนที่อยู่ 2 ลักษณะ คือ เซอร์โวมอเตอร์หยุดนิ่งอยู่กับที่และเซอร์โวมอเตอร์เคลื่อนที่เข้าไปตั้งค่าชิ้นงานให้อยู่ในตำแหน่งเริ่มต้น ซึ่งจะพิจารณาค่าความเร็วรอบขณะที่เซอร์โวมอเตอร์เคลื่อนที่เข้าไปตั้งค่าชิ้นงาน ความเร็วรอบที่กำหนดมีค่าคงที่เท่ากับ 750 rpm ความเร็วรอบจริงมีค่าสูงสุดเท่ากับ 752.68 rpm และความเร็วรอบจริงมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 736.54 rpm

รูปที่ 4.4 ค) เมื่อพิจารณาความเร็วรอบของการเคลื่อนที่ย้อนกลับขณะที่ไม่มีภาระทางกล พบว่าการเคลื่อนที่อยู่ 2 ลักษณะ คือ เซอร์โวมอเตอร์หยุดนิ่งอยู่กับที่และเซอร์โวมอเตอร์เคลื่อนที่เข้าไปตั้งค่าชิ้นงานให้อยู่ในตำแหน่งเริ่มต้น ซึ่งจะพิจารณาค่าความเร็วรอบขณะที่เซอร์โวมอเตอร์เคลื่อนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 33 ข้ออ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

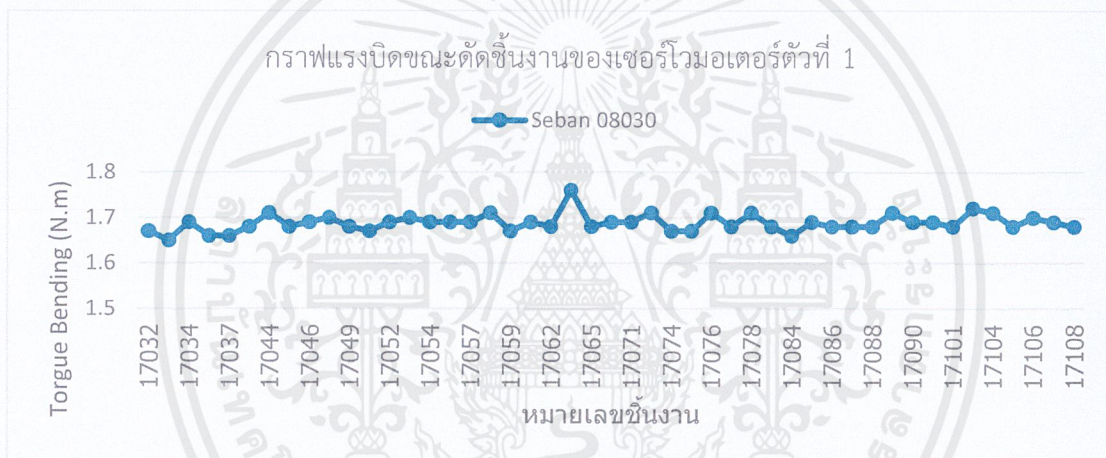
เข้าไปตั้งค่าขึ้นงาน ความเร็วรอบที่กำหนดมีค่าคงที่เท่ากับ -750 rpm ความเร็วรอบจริงมีค่าสูงสุดเท่ากับ -730.93 rpm และความเร็วน้อยจริงมีค่าต่ำสุดเท่ากับ -754.62rpm

รูปที่ 4.4 ง) เมื่อพิจารณากราฟอายุการใช้งานของเซอร์โวมอเตอร์ ค่าที่อ่านได้ 98.6 % มีการใช้งานไปแล้ว 280 ชั่วโมง

4.1.2. ข้อมูลที่วัดได้จากเซอร์โวมอเตอร์ขณะตัดขึ้นงาน

พิจารณาเฉพาะเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 1 ตัวที่ 3 เนื่องจากเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 2 และตัวที่ 4 ไม่ได้เคลื่อนที่ขณะตัดแผงระบายความร้อน และในไลน์การผลิต R7AX ผลิตแอร์หลากหลายรุ่นจึงทำให้ต้องแยกกราฟออกเป็นรุ่นเพื่อต่อการนำไปวิเคราะห์ โดยกำหนดให้แกนตั้งแสดงค่าแรงบิดขณะตัดหน่วยเป็น Nm และแกนนอนแสดงลำดับของขึ้นงาน

4.1.2.1 กราฟแสดงค่าแรงบิดขณะตัดของ Seban รุ่น 08030 ข้อมูล ณ วันที่ 8 - 12 พฤศจิกายน 2562



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงค่าแรงบิดจากเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 1 ขึ้นงานรุ่น 08030

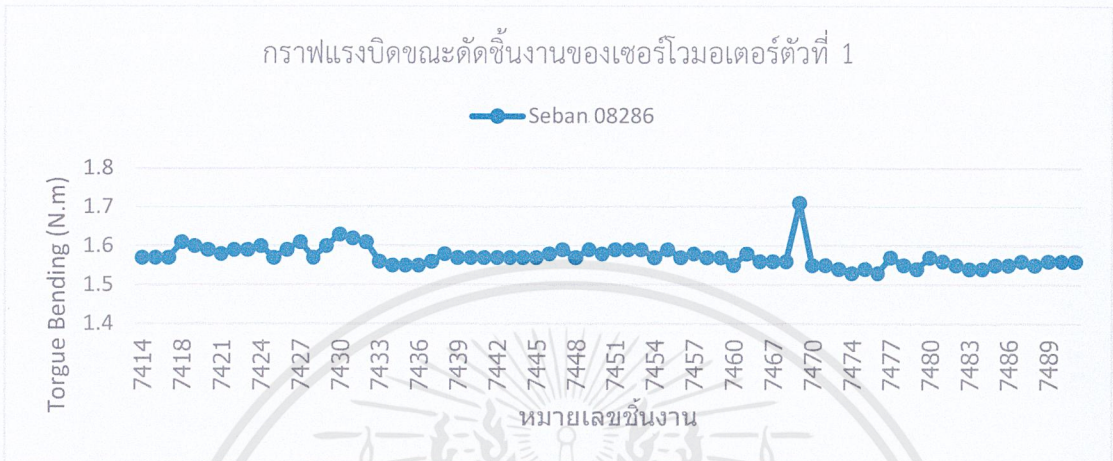


รูปที่ 4.6 กราฟแสดงค่าแรงบิดจากเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 3 ขึ้นงานรุ่น 08030

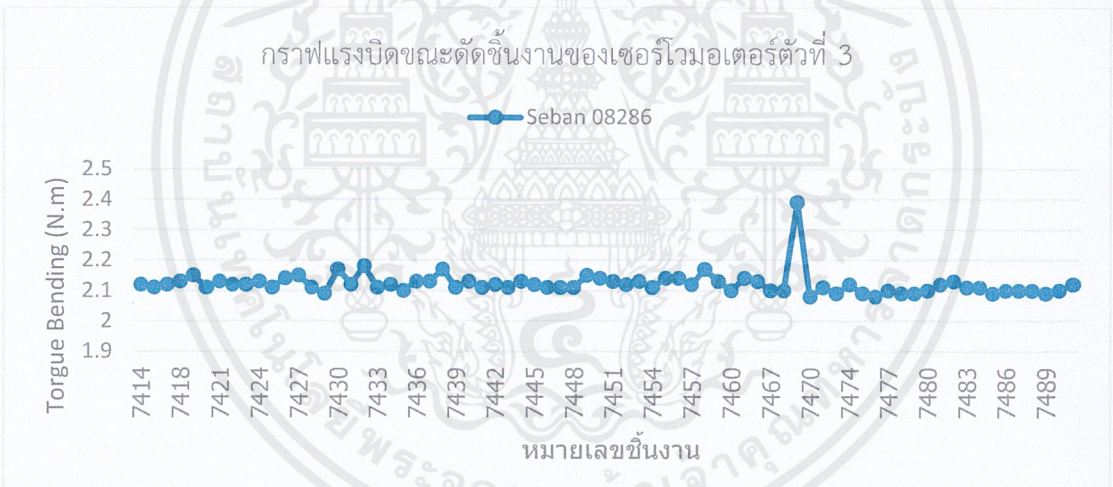
พิจารณาค่าแรงบิดขณะตัดแผงระบายความร้อน ระหว่างวันที่ 8 - 12 พฤศจิกายน 2562 ขึ้นงานรุ่น 08030 มีผลผลิตทั้งหมด 47 ตัว จากรูปที่ 4.5 หาค่าเฉลี่ยของแรงบิดขณะตัดของเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 1 ได้เท่ากับ 1.688 Nm มีค่าสูงสุดเท่ากับ 1.76 Nm มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 1.65 Nm และเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.6 หาค่าเฉลี่ยของแรงบิดขณะตัดของเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 3 ได้เท่ากับ 1.966 Nm มีค่าสูงสุดเท่ากับ 2.04 Nm และมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 1.92 Nm

4.1.2.2 กราฟแสดงค่าแรงบิดขณะตัดของ Seban รุ่น 08286 ข้อมูล ณ วันที่ 8 - 12 พฤศจิกายน 2562



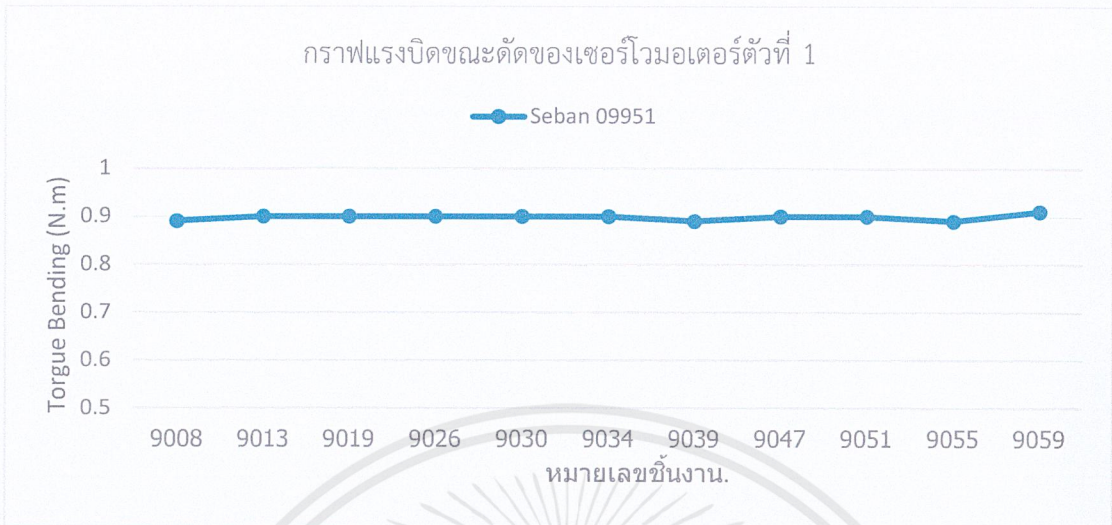
รูปที่ 4.7 กราฟแสดงค่าแรงบิดจากเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 1 ชิ้นงานรุ่น รุ่น 08286



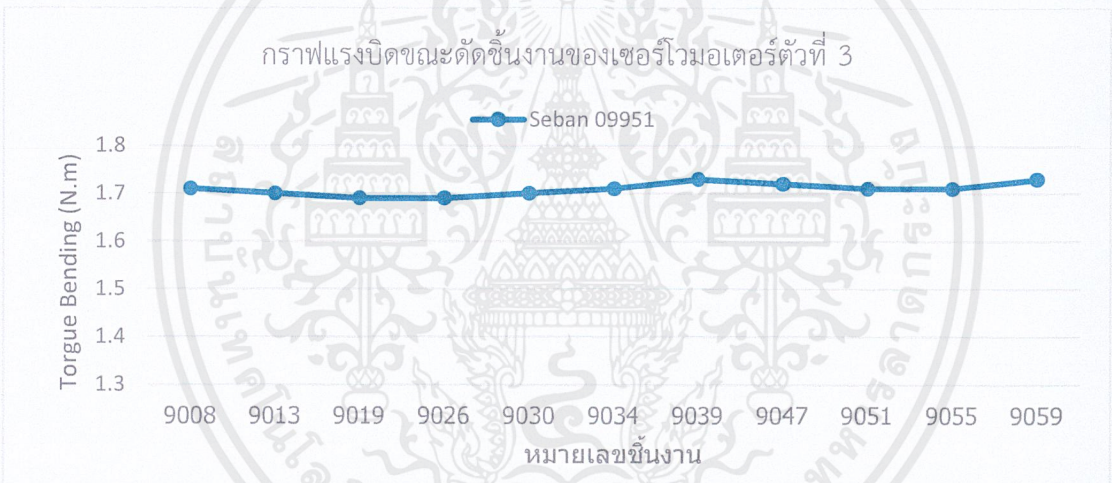
รูปที่ 4.8 กราฟแสดงค่าแรงบิดจากเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 3 ชิ้นงานรุ่น 08286

พิจารณาค่าแรงบิดขณะตัดแบ่งระบายความร้อน ระหว่างวันที่ 8 - 12 พฤศจิกายน 2562 ชิ้นงานรุ่น 08286 มีผลิตรทั้งหมด 72 ตัว จากรูปที่ 4.7 หาค่าเฉลี่ยของแรงบิดขณะตัดของเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 1 ได้เท่ากับ 1.572 Nm มีค่าสูงสุดเท่ากับ 1.71 Nm มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 1.53 Nm และจากรูปที่ 4.8 หาค่าเฉลี่ยของแรงบิดขณะตัดของเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 3 ได้เท่ากับ 2.122 Nm มีค่าสูงสุดเท่ากับ 2.39 Nm และมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 2.08 Nm

4.1.2.3 กราฟแสดงค่าแรงบิดขณะตัดของ Seban รุ่น 09951 ข้อมูล ณ วันที่ 8 - 12 พฤศจิกายน 2562



รูปที่ 4.9 กราฟแสดงค่าแรงบิดจากเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 1 ชิ้นงานรุ่น 09951



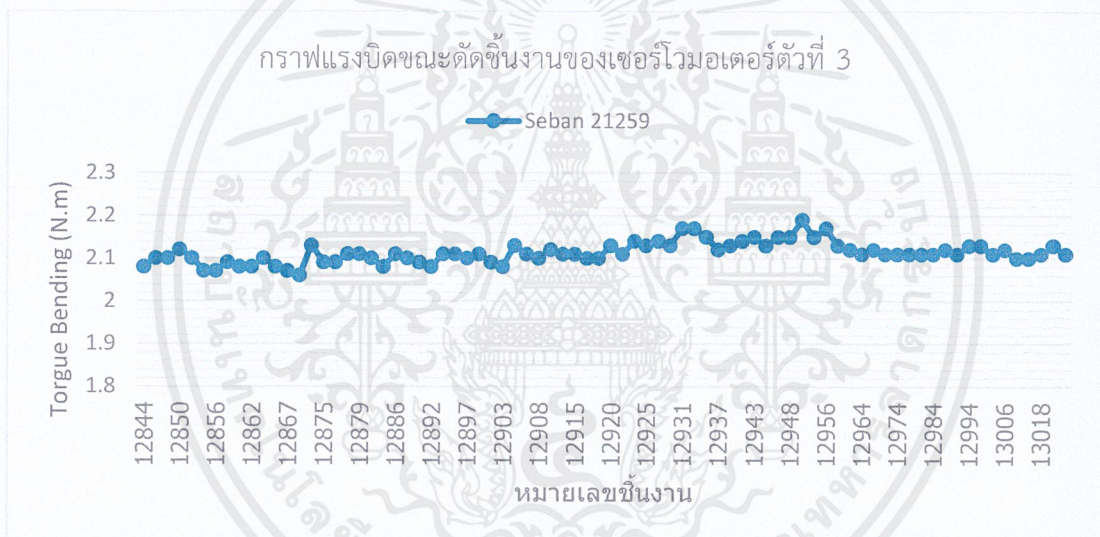
รูปที่ 4.10 กราฟแสดงค่าแรงบิดจากเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 3 ชิ้นงานรุ่น 09951

พิจารณาค่าแรงบิดขณะตัดแบ่งระบายความร้อน ระหว่างวันที่ 8 - 12 พฤศจิกายน 2562 ชิ้นงานรุ่น 09551 มีผลิตรทั้งหมด 11 ตัว จากรูปที่ 4.9 หาค่าเฉลี่ยของแรงบิดขณะตัดของเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 1 ได้เท่ากับ 0.898 Nm มีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.91 Nm มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.89 Nm และจากรูปที่ 4.10 หาค่าเฉลี่ยของแรงบิดขณะตัดของเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 3 ได้เท่ากับ 1.709 Nm มีค่าสูงสุดเท่ากับ 1.73 Nm และมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 1.69 Nm

4.2.2.4 กราฟแสดงค่าแรงบิดขณะตัดของ Seban รุ่น 21259 ข้อมูล ณ วันที่ 8 - 12 พฤศจิกายน 2562



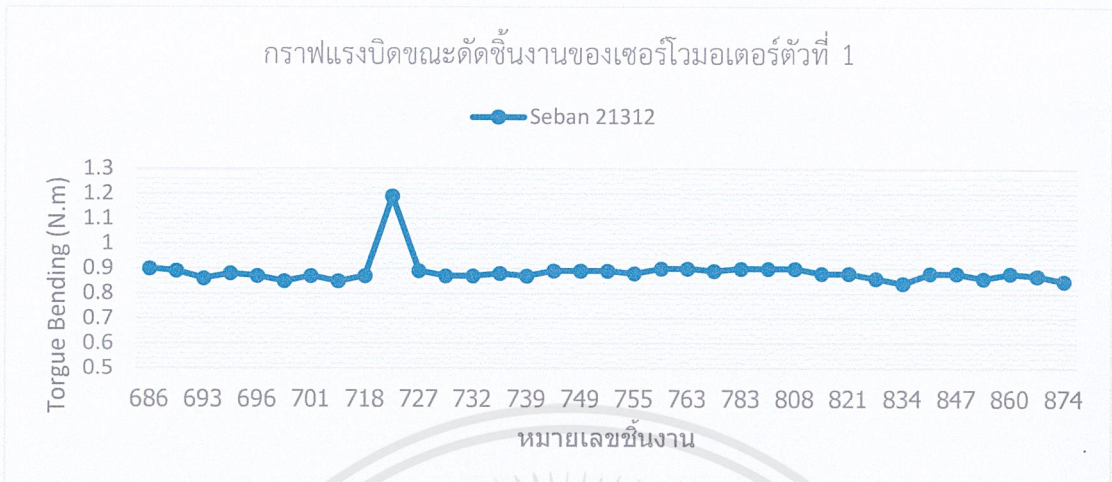
รูปที่ 4.11 กราฟแสดงค่าแรงบิดจากเซอร์ไวโมเตอร์ตัวที่ 1 ชิ้นงานรุ่น 21259



รูปที่ 4.12 กราฟแสดงค่าแรงบิดจากเซอร์ไวโมเตอร์ตัวที่ 3 ชิ้นงานรุ่น 21259

พิจารณาค่าแรงบิดขณะตัดแผงระบายความร้อน ระหว่างวันที่ 8 - 12 พฤศจิกายน 2562 ชิ้นงานรุ่น 21259 มีผลผลิตทั้งหมด 78 ตัว จากรูปที่ 4.11 หาค่าเฉลี่ยของแรงบิดขณะตัดของเซอร์ไวโมเตอร์ตัวที่ 1 ได้เท่ากับ 1.612 Nm มีค่าสูงสุดเท่ากับ 1.7 Nm มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 1.56 Nm และจากรูปที่ 4.12 หาค่าเฉลี่ยของแรงบิดขณะตัดของเซอร์ไวโมเตอร์ตัวที่ 3 ได้เท่ากับ 2.113 Nm มีค่าสูงสุดเท่ากับ 2.19 Nm และมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 2.06 Nm

4.1.2.5 กราฟแสดงค่าแรงบิดขณะตัดของ Seban รุ่น 21312 ข้อมูล ณ วันที่ 8 - 12 พฤศจิกายน 2562



รูปที่ 4.13 กราฟแสดงค่าแรงบิดจากเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 1 ชิ้นงานรุ่น 21312



รูปที่ 4.14 กราฟแสดงค่าแรงบิดจากเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 3 ชิ้นงานรุ่น 21312

พิจารณาค่าแรงบิดขณะตัดแผงระบายความร้อน ระหว่างวันที่ 8 - 12 พฤศจิกายน 2562 ชิ้นงานรุ่น 21312 มีผลิตรทั้งหมด 35 ตัว จากรูปที่ 4.13 หาค่าเฉลี่ยของแรงบิดขณะตัดของเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 1 ได้เท่ากับ 0.887 Nm มีค่าสูงสุดเท่ากับ 1.19 Nm มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.84 Nm และจากรูปที่ 4.14 หาค่าเฉลี่ยของแรงบิดขณะตัดของเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 3 ได้เท่ากับ 1.794 Nm มีค่าสูงสุดเท่ากับ 1.83 Nm และมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 1.75 Nm

4.2 วิเคราะห์ผลที่ได้จากการทดลองเบื้องต้น

จากผลการทดลอง ผู้จัดทำได้จัดทำการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นจากการสังเกตแนวโน้มของกราฟเปรียบเทียบกับการทำงานจริงของเซอร์โวมอเตอร์ ซึ่งเป็นประโยชน์ทางอ้อมที่เกิดจากการสร้างระบบเก็บข้อมูลของเซอร์โวมอเตอร์ โดยจะแบ่งการวิเคราะห์ใหญ่เป็น 3 หัวข้อ คือ 1. ข้อมูลที่วัดได้จากเซอร์โวมอเตอร์ขณะไม่มีภาระทางกล 2. ข้อมูลเวลาที่เซอร์โวมอเตอร์ใช้ในการทำงาน 3. ข้อมูลที่วัดได้จากเซอร์โวมอเตอร์ขณะตัดชิ้นงาน

การวิเคราะห์กราฟเบื้องต้นมีการกำหนดขอบเขตการวิเคราะห์ข้อมูล

1. กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดขณะไม่มีภาระทางกลกับเวลา สามารถพิจารณาความผิดปกติของเซอร์โวมอเตอร์ ที่อาจจะเกิดกับระบบแมคคาทรอนิกส์ เช่น Ball screw Linear guide และ Gear box เป็นต้น และกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของการเคลื่อนที่ขณะไม่มีภาระทางกลกับเวลา สามารถพิจารณาความผิดปกติของเซอร์โวมอเตอร์และชุดควบคุมการขับเคลื่อนของเซอร์โวมอเตอร์

2. กราฟอายุการใช้งานของเซอร์โวมอเตอร์ บอกรสภาพของเซอร์โวมอเตอร์ มีการกำหนดสีบอกรสภาพตามอายุการใช้งานดังนี้ 0-10% อยู่ในช่วงสีแดง ซึ่งหมายถึงช่วงอันตราย ต้องมีการเปลี่ยนเซอร์โวมอเตอร์ตัวใหม่ หากยังไม่มีการเปลี่ยนอาจจะทำให้เซอร์โวมอเตอร์เสียหายส่งผลทำให้เครื่องจักรไม่สามารถทำงานได้ ต้องทำการตรวจเช็คสภาพอุปกรณ์เดือนละ 1 ครั้ง 10 - 40 % อยู่ในช่วงสีส้ม ซึ่งหมายถึง เมื่อเข้าสู่ช่วงนี้จะต้องทำการสั่งซื้อเซอร์โวมอเตอร์มาเปลี่ยนเนื่องจากไม่มีการสำรองชิ้นส่วนไว้และทำการเช็คสภาพอุปกรณ์ 6 เดือนต่อครั้ง 40 - 70% อยู่ในช่วงสีเหลือง ซึ่งหมายถึง สภาพเซอร์โวมอเตอร์ยังอยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน แต่ต้องเข้าไปตรวจเช็คสภาพปีละ 1 ครั้ง 70 -100% อยู่ในช่วงสีเขียว ซึ่งหมายถึง สภาพเซอร์โวมอเตอร์อยู่ในสภาพพร้อมใช้งานและทำงานได้ดีมาก การบอกรสภาพโดยใช้สีกำหนดโดยวิศวกรที่ดูแลเครื่องจักร ในภายหลังอาจจะมีการเปลี่ยนแปลงเพื่อความเหมาะสมในการดูแลเครื่องจักร

3. กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงบิดขณะตัดชิ้นงานกับจำนวนชิ้นงาน สามารถดูความผิดปกติของการตัดชิ้นงานเกี่ยวกับปัญหาคุณภาพในเรื่องของการสอดแผ่น Shim ไม่เข้าระหว่างแผงระบายความร้อน เมื่อทำการตัดชิ้นงานทำให้ครีระบายความร้อนขบกัน และเกิดปัญหาคุณภาพตามมา คือ การระบายความร้อนของแผงระบายความร้อนมีประสิทธิภาพลดลง

4.2.1 ข้อมูลที่วัดได้จากเซอร์โวมอเตอร์ขณะไม่มีภาระทางกล

ขณะทำการเก็บข้อมูลการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ พบว่าเซอร์โวมอเตอร์ตัวเดียวกัน อาจจะทำงานแตกต่างกันในแต่ละรุ่นของแผงระบายความร้อน มีทั้งเคลื่อนที่และไม่เคลื่อนที่ ต้องแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ช่วง ซึ่งจะไม่พิจารณาในช่วงที่เซอร์โวมอเตอร์ไม่เคลื่อนที่ ช่วงเวลาที่ทำการบันทึกข้อมูลทางผู้จัดทำไม่พบความผิดปกติที่เกิดขึ้นกับเซอร์โวมอเตอร์ทั้ง 4 ตัว ดังนั้นผู้จัดทำจึงนำข้อมูลจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดขณะไม่มีภาระทางกลกับเวลา และกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของการเคลื่อนที่ขณะไม่มีภาระทางกลกับเวลา มาแสดงในรูปแบบตารางเพื่อการวิเคราะห์ในเบื้องต้น โดยแบ่งเป็นข้อมูลของเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัว ซึ่งตารางประกอบไปด้วย ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ค่าเฉลี่ย เปอร์เซนต์ความแตกต่างระหว่างค่าสูงสุดและต่ำสุดกับค่าเฉลี่ย แสดงดังตารางได้ดังนี้

*หมายเหตุ ค่าเปอร์เซนต์ความแตกต่างของความเร็วรอบไปข้างหน้าและย้อนกลับอ้างอิงจากความเร็วกำหนด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 750 rpm และ -750 rpm ตามลำดับ และ N/A (Not applicable) ที่แสดงในตาราง หมายความว่า ไม่เกี่ยวข้อง

ตารางที่ 4.1 แสดงข้อมูลการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 1

Servo motor 1				
	Forward torque (Nm)	Backward torque (Nm)	Forward actual speed (rpm)	Backward actual speed (rpm)
Maximum	1	-0.59	754.74	-739.63
Minimum	0.69	-0.91	733.22	-755.2
Average	0.761	-0.746	N/A	N/A
%Maximum (% Rated torque)	3.738 %	2.46 %	2.237 %	1.380 %
%Minimum (% Rated torque)	1.129 %	2.56 %	N/A	N/A

ตารางที่ 4.2 แสดงข้อมูลการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 2

Servo motor 2				
	Forward torque (Nm)	Backward torque (Nm)	Forward actual speed (rpm)	Backward actual speed (rpm)
Maximum	1.8	-0.01	752.22	-733.34
Minimum	1.58	-0.24	739.52	-747.64
Average	1.656	-0.105	N/A	N/A
%Maximum (% Rated torque)	2.256 %	1.486 %	1.397 %	2.221 %
%Minimum (% Rated torque)	1.189 %	1.397 %	N/A	N/A

ตารางที่ 4.3 แสดงข้อมูลการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 3

Servo motor 3				
	Forward torque (Nm)	Backward torque (Nm)	Forward actual speed (rpm)	Backward actual speed (rpm)
Maximum	1.68	-0.08	756	-731.16
Minimum	1.55	-0.24	738.03	-757.03
Average	1.599	-0.131	N/A	N/A
%Maximum (% Rated torque)	1.267 %	0.804 %	1.596 %	2.521 %
%Minimum (% Rated torque)	0.764 %	1.708 %	N/A	N/A

ตารางที่ 4.4 แสดงข้อมูลการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 4

Servo motor 4				
	Forward torque (Nm)	Backward torque (Nm)	Forward actual speed (rpm)	Backward actual speed (rpm)
Maximum	0.61	-0.42	752.68	-730.93
Minimum	0.47	-0.91	736.64	-754.62
Average	0.521	-0.458	N/A	N/A
%Maximum (% Rated torque)	1.390 %	0.604 %	1.781 %	2.540 %
%Minimum (% Rated torque)	0.808 %	1.437 %	N/A	N/A

4.2.2 ข้อมูลเวลาที่เซอร์โวมอเตอร์ใช้ในการทำงาน

จากกราฟแสดงเปอร์เซ็นต์อายุการใช้งานที่เหลือ เซอร์โวมอเตอร์ทั้ง 4 ตัวอยู่ในเกณฑ์พร้อมใช้งานและทำงานได้ดี โดยสามารถคาดการณ์ช่วงที่ควรสั่งซื้อเซอร์โวมอเตอร์เพื่อทำการเปลี่ยนที่อายุการใช้งานเหลือที่ 40 % คือ มีการใช้งานไปแล้ว 12000 ชั่วโมง

ผู้จัดทำได้ทำการประมาณการช่วงเวลาในการสั่งซื้อได้จากสูตรดังนี้

$$time(year) = \frac{\text{จำนวนชั่วโมงที่เหลือ}}{\text{จำนวนชั่วโมงที่ทำงานในหนึ่งปี}}$$

$$time(year) = \frac{(12000 - Usage\ hour)}{\frac{piece}{day} \times \frac{second}{piece} \times \frac{22\ day}{1\ month} \times \frac{12\ month}{1\ year} \times \frac{1\ hr}{3600second}}$$

ตารางที่ 4.5 แสดงข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณการประมาณช่วงเวลาในการสั่งซื้อเซอร์โวมอเตอร์

	Servo motor 1	Servo motor 2	Servo motor 3	Servo motor 4
จำนวนแผงระบายความร้อนต่อ 1 วัน (ชิ้น)	720	720	720	720
ระยะเวลาทำงานใน 1 เดือน (วัน)	22	22	22	22
เวลาที่ใช้ในการทำงานต่อ 1 ชิ้น (วินาที)	36	15	33	7
เวลาใช้งานทั้งหมด (ชั่วโมง)	1443	601	1322	208
เปอร์เซ็นต์อายุการใช้งานที่เหลือ (%)	92.8 %	97.0 %	93.4 %	98.6 %
ประมาณเวลาในการสั่งซื้อ (ปี)	5.55	14.39	6.13	37.1

4.2.3 ข้อมูลที่วัดได้จากเซอร์โวมอเตอร์ขณะตัดชิ้นงาน

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงบิดขณะตัดชิ้นงานกับจำนวนชิ้นงาน พบว่า Seban 08286 และ Seban 21312 มีค่าแรงบิดสูงผิดปกติ ผู้จัดทำจึงไปตรวจสอบที่ไลน์การผลิต พบว่ามีชิ้นงานที่เกิดปัญหาคุณภาพ คือ Seban 08286 และ Seban 21312 ซึ่งมี Product number ตรงกับค่าแรงบิดที่สูงผิดปกติ ผู้จัดทำจึงได้นำข้อมูลมานำเสนอในรูปแบบตาราง คือ ตารางของรุ่นที่เกิดปัญหาคุณภาพ และตารางของรุ่นที่ไม่เกิดปัญหาคุณภาพ เพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์ปัญหาครีบบของแผงระบายความร้อนขบกันเบื้องต้นโดยพิจารณาจากค่าแรงบิดสูงสุด

**หมายเหตุ เซอร์โวมอเตอร์ Table (Servo 2) และ Mole (Servo 4) ไม่สามารถดูความผิดปกติของการตัดชิ้นงานได้เนื่องจากทำหน้าที่รับแรงจากการตัด ไม่มีการออกแรงตัดชิ้นงาน

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าแรงบิดขณะตัดของรุ่นที่เกิดปัญหาคุณภาพ

		Servo motor 1	Servo motor 3
Seban 08286	Average (Nm)	1.572361	2.122083
	Maximum (Nm)	1.71	2.39
	%Maximum	2.16 %	4.21 %
Seban 21312	Average (Nm)	0.886571	1.793714
	Maximum (Nm)	1.19	1.83
	%Maximum	4.76 %	0.57 %

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าแรงบิดขณะตัดของรุ่นที่ไม่เกิดปัญหาคุณภาพ

		Servo motor 1	Servo motor 3
Seban 08030	Average	1.688085	1.965957
	Maximum	1.76	2.04
	%Maximum	1.13 %	1.16%
Seban 09551	Average	0.898182	1.709091
	Maximum	0.91	1.73
	%Maximum	0.19 %	0.33%
Seban 21259	Average	1.611923	2.113077
	Maximum	1.7	2.19
	%Maximum	1.38 %	1.21%

การวิเคราะห์ข้อมูลโดยพิจารณาแนวโน้มความแตกต่างระหว่างค่าสูงสุดกับค่าเฉลี่ยของกราฟทั้งเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 1 และตัวที่ 3 คาดการณ์ได้ว่า เมื่อแรงบิดของเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 1 หรือ ตัวที่ 3 มีค่ามากกว่าค่าเฉลี่ยเกิน 2.16 % อาจเกิดปัญหาครีบบระบายความร้อนขบกัน ต้องทำการติดตามและตรวจสอบงานชิ้นนั้นเพื่อไม่ให้เกิดปัญหาคุณภาพในภายหลัง

บทที่ 5

สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

การเก็บข้อมูลจากชุดควบคุมการขับเคลื่อนของเซอร์โวมอเตอร์ถูกพัฒนาขึ้น เพื่อเป็นข้อมูลอ้างอิงในการวิเคราะห์กราฟสำหรับใช้ในส่วนงานซ่อมบำรุงและงานควบคุมคุณภาพในอนาคตสามารถสรุปผลการดำเนินงานได้ดังนี้

5.1.1 โครงการนี้ได้ทำการพัฒนาระบบการตั้งสัญญาณจากชุดควบคุมการขับเคลื่อนเซอร์โวมอเตอร์ โดยใช้ PLC ตั้งสัญญาณการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์และนำมาแสดงผลในรูปของกราฟผ่านเว็บเพจของบริษัท

5.1.2 บนหน้าเว็บเพจจะแสดงกราฟแรงบิดและความเร็วรอบของเซอร์โวมอเตอร์ ซึ่งขณะทำเก็บค่าไม่พบความผิดปกติของเซอร์โวมอเตอร์ โดยค่าแรงบิดขณะไม่มีภาระทางกล มีแนวโน้มค่อนข้างเป็นเส้นตรง มีผลต่างกับค่าเฉลี่ยมากที่สุด 3.738 % จากพิกัดแรงบิดของเซอร์โวมอเตอร์ และค่าความเร็วรอบจริงขณะไม่มีภาระทางกล มีค่าใกล้เคียงกับความเร็วรอบกำหนด และมีผลต่างกับค่าความเร็วรอบที่กำหนดมากที่สุด 2.540 %

5.1.3 ค่าแรงบิดขณะตัดแผงระบายความร้อน เมื่อเกิดปัญหาครีบน้ำแข็งระบายความร้อนขบกัน ค่าแรงบิดที่วัดได้ มีค่ามากกว่าค่าแรงบิดขณะตัดเฉลี่ยของรุ่นนั้น 2.16 % จากพิกัดแรงบิดของเซอร์โวมอเตอร์ และต้องดูค่าแรงบิดขณะตัดจากเซอร์โวมอเตอร์ที่ 1 และ 3 ประกอบกัน เนื่องจากบางครั้งมีค่าแรงบิดที่ผิดปกติเกิดขึ้นกับเซอร์โวมอเตอร์ตัวเดียว

5.1.4 การประมาณช่วงเวลาในการตรวจสอบเซอร์โวมอเตอร์สามารถสังเกตได้จากแถบสีที่แสดงบนเว็บเพจ โดยอายุการใช้งานที่เหลือของเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 4 จะเหลือมากที่สุดและเซอร์โวมอเตอร์ตัวที่ 1 จะเหลืออายุการใช้งานน้อยที่สุด

5.2 ข้อควรระวังสำหรับการดำเนินการในไลน์การผลิต

5.2.1 การจะตั้งค่า Expended Monitor ของ PLC จะต้องตั้งค่าเมื่อมีการหยุดการทำงาน ของเครื่องจักรก่อน เนื่องจากต้องมีการ Transfer Program ทำให้ PLC อยู่ในสถานะ Program mode ส่งผลให้ PLC ไม่ทำงานและส่งผลให้ไลน์การผลิตต้องหยุดชะงัก

5.2.2 ภายในไลน์การผลิตมีการเชื่อมต่อกับเครือข่ายภายในบริษัท และมีหลายวง ทำให้การเลือกใช้ IP Address ให้กับ PLC จะต้องทำการตรวจสอบให้แน่ชัดก่อนใช้งาน

5.3 ขอบเขตการใช้งาน

5.3.1 การเคลื่อนที่ของเซอร์โวมอเตอร์ในสถานะไม่มีภาระทางกล ในบางรุ่นไม่มีเคลื่อนที่ ทำให้ค่าความเร็วรอบมีความหลากหลายของข้อมูล จึงต้องแยกวิเคราะห์เฉพาะค่าที่มีการเคลื่อนที่

5.3.2 ข้อมูลที่เก็บค่าได้จากเซอร์โวมอเตอร์แสดงในรูปแบบของเปอร์เซ็นต์ ทำให้เราต้องแปลงข้อมูลเป็นหน่วยที่เราต้องการ

5.3.3 ข้อมูลในการบันทึก ยิ่งบันทึกเป็นเวลานานยิ่งทำให้พื้นที่ในการเก็บข้อมูลเพิ่มมากขึ้น จึงทำการเขียนโปรแกรมเก็บข้อมูล 180 วันย้อนหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.4 ความหลากหลายของรุ่นชิ้นงานทำให้ต้องเขียนโปรแกรมจำแนกแต่ละโมเดลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

5.4 ข้อเสนอแนะ

5.4.1 สร้างระบบแจ้งเตือนผ่านไลน์หาผู้ที่เกี่ยวข้องเมื่อเกิดความผิดปกติ และส่งไลน์แจ้งเตือนให้หัวหน้างานในไลน์ R7AX ได้รับทราบว่าชิ้นงานตัวไหนเกิดปัญหาครีบระบายความร้อนขบกัน และสร้างระบบบล็อกชิ้นงานที่เกิดปัญหาครีบแผงระบายความร้อนขบกันในชิ้นการทำงาน Heat Matching ที่อยู่ในไลน์ R7A

5.4.2 ควรจะเลือกขนาดเซอร์โวมอเตอร์ให้เหมาะกับการใช้งาน เนื่องจากการใช้ Position Control Unit CJ1W-NC 481 สามารถจ่ายพัลส์ได้สูงสุดคือ 104,857,600 pps แปลงเป็นความเร็วรอบสูงสุดของเซอร์โวมอเตอร์ที่ Resolution per rotation of Encoder 23 bit ได้ดังนี้

$$104,857,600 \frac{\text{pulse}}{\text{second}} \times \frac{1 \text{ round}}{2^{23} \text{ pulse}} \times \frac{60 \text{ second}}{1 \text{ minute}} = 750 \text{ rpm}$$

จะได้เพียง 750 rpm ซึ่งขนาดเซอร์โวมอเตอร์ที่ใช้อยู่คือสามารถใช้ความเร็วรอบพิกัดได้ที่ 3000 rpm

อาจจะเปลี่ยนตัว Controller เป็น Nx/NJ series ที่สามารถจ่ายพัลส์ได้สูงสุดคือ 500,000,000 pps ซึ่งสามารถทำให้เซอร์โวมอเตอร์สามารถใช้งานได้ตามสเปคคือใช้ความเร็วรอบพิกัดได้ หรือ เปลี่ยนเซอร์โวมอเตอร์ (Rated Speed 3000 rpm) ที่มี Resolution per rotation of Encoder น้อยกว่า 21 bit เพื่อให้สัมพันธ์กับความสามารถในการจ่ายพัลส์ของ Position Control Unit CJ1W-NC 481

5.4.3 ควรจะแยกกราฟแสดงผลรุ่นของชิ้นงานในสภาวะไม่มีภาระทางกล ทั้งค่าแรงบิด ความเร็วรอบไปข้างหน้า ความเร็วรอบย้อนกลับ เพื่อง่ายต่อการวิเคราะห์ข้อมูล เนื่องจากรุ่นของชิ้นงานมีการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ที่แตกต่างกัน

5.4.4 ควรติดตั้ง Power Meter ค่าที่วัดได้ คือ แรงดัน กระแส กำลังไฟฟ้า ใช้ในการประเมินประสิทธิภาพมอเตอร์ รวมถึงต้องใช้ความเร็วรอบที่เพลลาของมอเตอร์และค่าแรงบิด ข้อมูลที่ได้เหมาะที่จะนำไปใช้การกับการตรวจติดตามการใช้พลังงานและจัดการการใช้งานมอเตอร์หรือเพื่อการตัดสินใจเปลี่ยนมอเตอร์ตัวใหม่ที่มีประสิทธิภาพมากกว่าทันทีในอนาคต

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพมอเตอร์

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 = \frac{\tau \omega}{\sqrt{3} V_{line} I_{line} \cos \theta} \times 100$$

โดย

η	แทน ประสิทธิภาพของมอเตอร์ (%)
P_{out}	แทน กำลังทางกลขาออก (kW)
P_{in}	แทน กำลังทางไฟฟ้าขาเข้า (kW)
ω	แทน ความเร็วรอบ (rad/s)
τ	แทน แรงบิดทางกล (Nm)

เอกสารอ้างอิง

- [1] Advance Electronic Training Center. 2560. “PLC คืออะไร”. [ระบบออนไลน์]. สืบค้นมาจาก <http://www.advance-electronic.com/blog/detail/113/th/PLC-คือ-อะไร.html> (15 ตุลาคม 2562)
- [2] Allicano'. 2559. “เซอร์โวมอเตอร์”. [ระบบออนไลน์]. สืบค้นมาจาก <http://chanaphinp.blogspot.com/> (5 ตุลาคม 2562)
- [3] Mitsubishi Electric Corporation. 2561. “Your First AC Servo”. [ระบบออนไลน์]. สืบค้นมาจาก <https://www.mitsubishielectric.com/fa/assist/satellite/data/kk018-t1803-th.pdf> (5 ตุลาคม 2562)
- [4] Workpoint News. “21 ก.พ.นี้ ไทยเข้าฤดูร้อนอย่างเป็นทางการ อุณหภูมิสูงสุด 43 องศา”. [ระบบออนไลน์]. สืบค้นมาจาก <https://workpointnews.com/2019/02/20/021-ก-พ-นี้-ไทยเข้าฤดูร้อน/1> (1 ตุลาคม 2562)
- [5] บริษัท แสงชัยมิเตอร์. “Servo Motor คืออะไร”. [ระบบออนไลน์]. สืบค้นมาจาก https://www.sangchaimeter.com/support_detail/servo-motor (5 ตุลาคม 2562)
- [6] บริษัท ออยเซิร์ฟ จำกัด. “ประเภทการบำรุงรักษา”. [ระบบออนไลน์]. สืบค้นมาจาก <http://www.oilservethai.com/index.php?lay=show&ac=article&id=539679359&Ntype=11> (1 ตุลาคม 2562)
- [7] โพสต์ทูเดย์. “ซีอีโอใหม่ได้กินเปิดแผน ปี 2020 ขึ้นผู้นำตลาดแอร์”. [ระบบออนไลน์]. สืบค้นมาจาก <https://www.posttoday.com/economy/news/574457> (1 ตุลาคม 2562)
- [8] วิกิพีเดีย. 2562. “การบำรุงรักษา”. [ระบบออนไลน์]. สืบค้นมาจาก <https://th.wikipedia.org/wiki/การบำรุงรักษา> (1 ตุลาคม 2562)



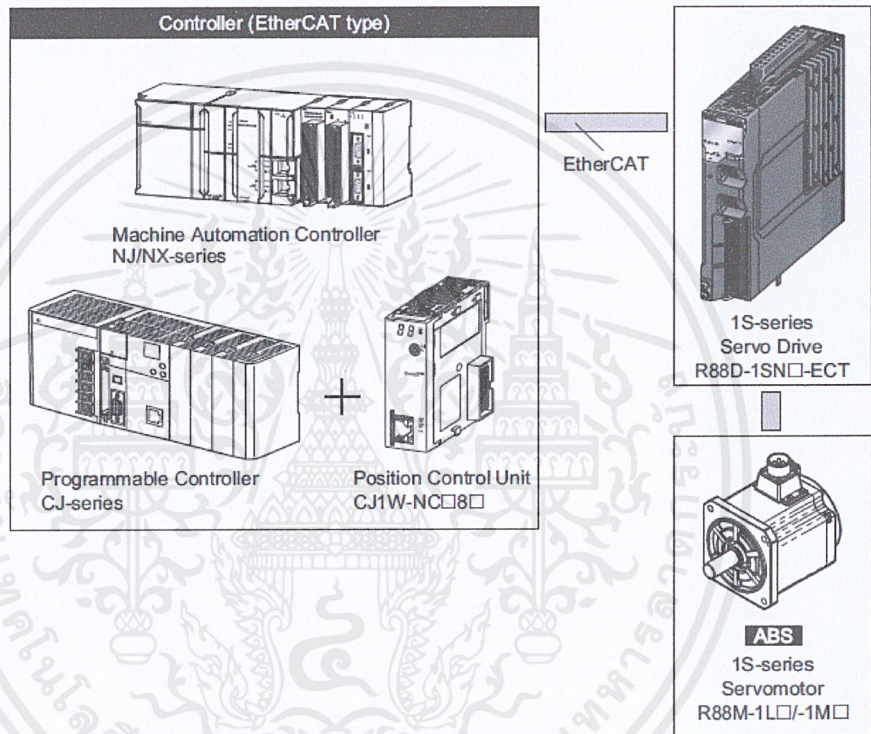
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติของอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับโครงการ

1. เซอร์โวมอเตอร์ R88M-1L2K030T

1-2 System Configuration

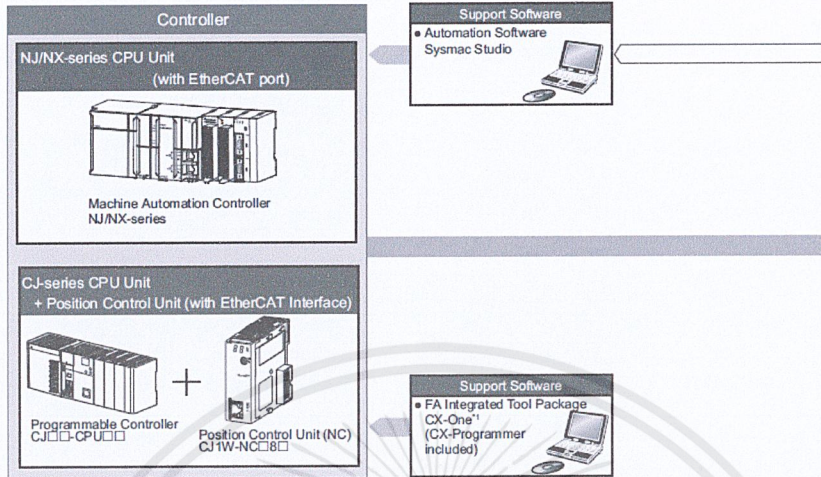
The system configuration for a 1S-series Servo Drive with Built-in EtherCAT Communications is shown below.



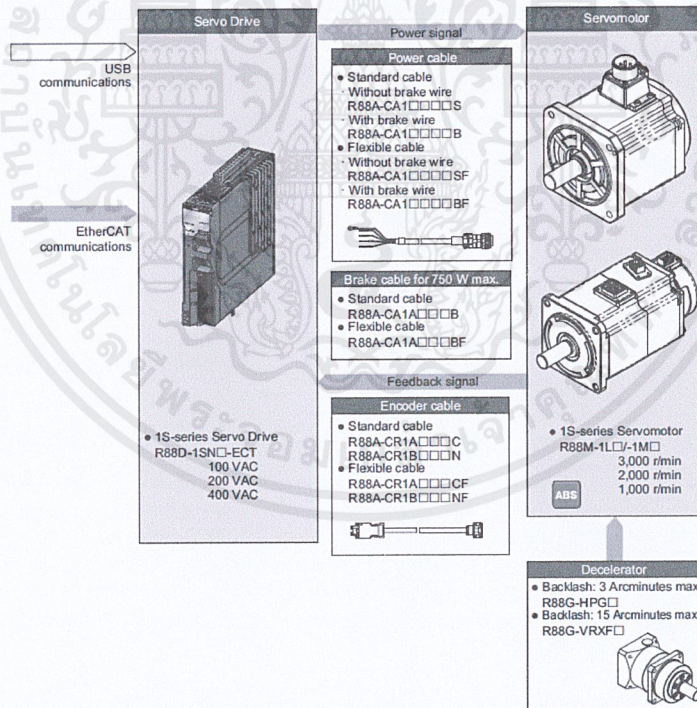
รูปที่ ก.1 ระบบการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์

2-1 Servo System Configuration

This section shows the Servo system configuration that consists of Controllers, Servo Drives, Servomotors, Decelerators, and other devices.



*1. You cannot use the CX-One to make the settings of 1S-series Servo Drives. Obtain the Sysmac Studio.



1- Servo System Configuration

2

รูปที่ ก.2 อุปกรณ์ในระบบเซอร์โวมอเตอร์

3-2 Servomotor Specifications

The following 1S-Series AC Servomotors are available.

- 3,000-r/min Servomotors
- 2,000-r/min Servomotors
- 1,000-r/min Servomotors

There are various options available, such as models with brakes, or different shaft types.

Select a Servomotor based on the mechanical system's load conditions and the installation environment.

3-2-1 General Specifications

Item	Specifications
Operating ambient temperature and humidity	0 to 40°C 20% to 90% (with no condensation)
Storage ambient temperature and humidity	-20 to 65°C 20% to 90% (with no condensation)
Operating and storage atmosphere	No corrosive gases
Vibration resistance ^{*1}	Acceleration of 49 m/s ² 24.5 m/s ² max. in X, Y, and Z directions when the motor is stopped
Impact resistance	Acceleration of 98 m/s ² max. 3 times each in X, Y, and Z directions
Insulation resistance	Between power terminals and FG terminals: 10 MΩ min. (at 500 VDC Megger)
Dielectric strength	Between power terminals and FG terminals: 1,500 VAC for 1 min (voltage 100 V, 200 V) Between power terminals and FG terminals: 1,800 VAC for 1 min (voltage 400 V) Between brake terminal and FG terminals: 1,000 VAC for 1 min
Insulation class	Class F
Protective structure	IP67 (except for the through-shaft part and connector pins) IP20 if you use a 30-meter or longer encoder cable.
International standard	EU Directives
	Low Voltage Directive
	EN 60034-1/-5
UL standards	UL 1004-1/-6
CSA standards	CSA C22.2 No. 100 (with cUL mark)

*1. The amplitude may be increased by machine resonance. As a guideline, 80% of the specified value must not be exceeded.

- Note 1. Do not use the cable when it is laying in oil or water.
2. Do not expose the cable outlet or connections to stress due to bending or its own weight.

3-2-2 Encoder Specifications

The encoder specifications are shown below.

Item	Specifications
Encoder system	Optical batteryless absolute encoder
Resolution per rotation	23 bits
Multi-rotation data hold	16 bits
Power supply voltage	5 VDC±10%
Current consumption	230 mA max.
Output signal	Serial communications
Output interface	RS485 compliant

It is possible to use an absolute encoder as an incremental encoder.

Refer to 9-13 *Encoder-related Objects* on page 9-103 for setting.

รูปที่ ก.3 คุณสมบัติทั่วไปของเซอร์โวมอเตอร์และเอ็นโค้ดเดอร์

3 Specifications

Item		Model (R88M-) Unit	200 VAC			
			1L1K030T	1L1K530T	1L2K030T	1L3K030T
Rated output ^{*1,2}		W	1,000	1,500	2,000	3,000
Rated torque ^{*1,2}		N·m	3.18	4.77	6.37	9.55
Rated rotation speed ^{*1,2}		r/min	3,000			
Maximum rotation speed		r/min	5,000			
Momentary maximum torque ^{*1}		N·m	9.55	14.3	19.1	28.7
Rated current ^{*1,2}		A (rms)	5.2	8.8	12.5	17.1
Momentary maximum current ^{*1}		A (rms)	16.9	28.4	41.0	54.7
Rotor inertia	Without brake	$\times 10^{-4}$ kg·m ²	2.1042	2.1042	2.4042	6.8122
	With brake	$\times 10^{-4}$ kg·m ²	2.5542	2.5542	2.8542	7.3122
Applicable load inertia		$\times 10^{-4}$ kg·m ²	35.3	47.6	60.2	118
Torque constant ^{*1}		N·m/A (rms)	0.67	0.58	0.56	0.62
Power rate ^{*1,3}		kW/s	48	108	169	134
Mechanical time constant ^{*3}		ms	0.58	0.58	0.50	0.47
Electrical time constant		ms	5.9	6.1	6.4	11
Allowable radial load ^{*4}		N	490			
Allowable thrust load ^{*4}		N	196			
Weight	Without brake	kg	5.7	5.7	6.4	11.5
	With brake	kg	7.4	7.4	8.1	12.5
Radiator plate dimensions (material)		mm	400 × 400 × t20 (aluminum)		470 × 470 × t20 (aluminum)	
Brake specifications	Excitation voltage ^{*5}	V	24 VDC±10%			
	Current consumption (at 20°C)	A	0.70	0.70	0.70	0.66
	Static friction torque	N·m	9.3 min.	9.3 min.	9.3 min.	12 min.
	Attraction time	ms	100 max.	100 max.	100 max.	100 max.
	Release time ^{*6}	ms	30 max.	30 max.	30 max.	30 max.
	Backlash	°	1.0 max.	1.0 max.	1.0 max.	0.8 max.
	Allowable braking work	J	500	500	500	1,000
	Allowable total work	J	900,000	900,000	900,000	3,000,000
	Allowable angular acceleration	rad/s ²	10,000 max.			
	Brake lifetime (acceleration/deceleration)	---	10 million times min.			
	Insulation class	---	Class F			

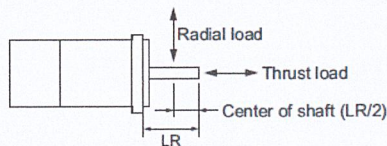
*1. This is a typical value for when the Servomotor is used at a normal temperature (20°C, 65%) in combination with a Servo Drive.

*2. The rated values are the values with which continuous operation is possible at an ambient temperature of 40°C when the Servomotor is horizontally installed on a specified radiator plate.

*3. This value is for models without options.

*4. The allowable radial and thrust loads are the values determined for a limit of 20,000 hours at normal operating temperatures.

The allowable radial loads are applied as shown in the following diagram.



*5. This is a non-excitation brake. It is released when excitation voltage is applied.

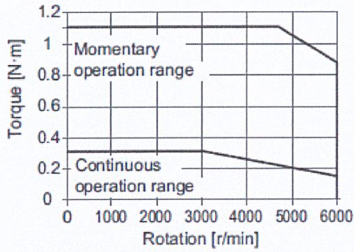
*6. This value is a reference value.

รูปที่ ก.4 ข้อมูลลักษณะเฉพาะของเซอร์โวมอเตอร์รุ่น R88M-1L2K030T

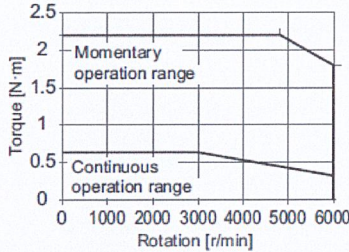
● **Torque-Rotation Speed Characteristics for 3,000-r/min Servomotors (200 VAC)**

The following graphs show the characteristics with a 3-m standard cable and a 3-phase 200-VAC or single-phase 220-VAC input.

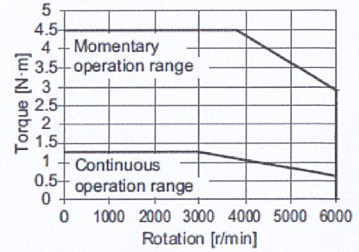
• R88M-1M10030T



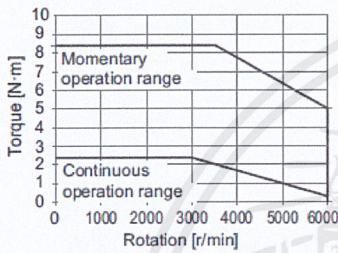
• R88M-1M20030T



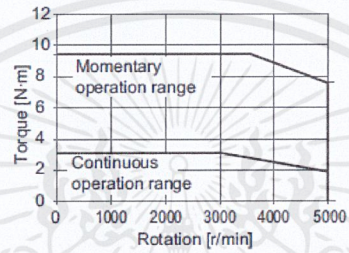
• R88M-1M40030T



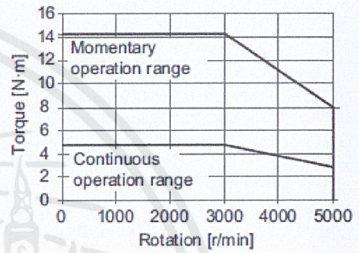
• R88M-1M75030T



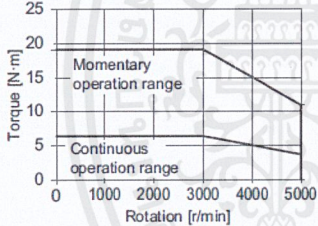
• R88M-1L1K030T



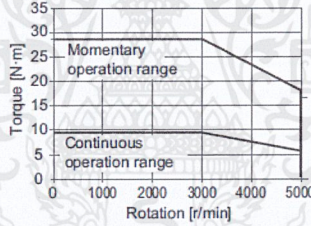
• R88M-1L1K530T



• R88M-1L2K030T



• R88M-1L3K030T



Note The continuous operation range is the range in which continuous operation is possible at an ambient temperature of 40°C when the Servomotor is horizontally installed on a specified radiator plate. Continuous operation at the maximum speed is also possible. However, doing so will reduce the output torque.

รูปที่ ก. 5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดและความเร็วรอบรุ่น R88M-1L2K030T

3-1-3 EtherCAT Communications Specifications


The specifications of EtherCAT communications are shown below.

Item	Specifications
Communications standard	IEC 61158 Type 12, IEC 61800-7 CiA 402 Drive Profile
Physical layer	100BASE-TX (IEEE802.3)
Connectors	RJ45 × 2 (shielded) ECAT IN: EtherCAT input ECAT OUT: EtherCAT output
Communications media	Recommended media: Twisted-pair cable, which is doubly shielded by the aluminum tape and braid, with Ethernet Category 5 (100BASE-TX) or higher
Communications distance	Distance between nodes: 100 m max.
Process data	Fixed PDO mapping Variable PDO mapping
Mailbox (CoE)	Emergency messages, SDO requests, SDO responses, and SDO information
Synchronization mode and communications cycle	DC Mode (Synchronous with Sync0 Event) Communications cycle: 125 μs, 250 μs, 500 μs, 750 μs, 1 to 10 ms (in 0.25 ms increments) Free Run Mode
Indicators	ECAT-L/A IN (Link/Activity IN) × 1 ECAT-L/A OUT (Link/Activity OUT) × 1 ECAT-RUN × 1 ECAT-ERR × 1
CiA 402 Drive Profile	<ul style="list-style-type: none"> Cyclic synchronous position mode Cyclic synchronous velocity mode Cyclic synchronous torque mode Profile position mode Profile velocity mode Homing mode Touch probe function Torque limit function

3-1-14 EtherCAT Communications Connector (RJ45) Specifications

The EtherCAT twisted-pair cable is connected to a shielded connector.

- Electrical characteristics: Conform to IEEE 802.3.
- Connector structure: RJ45 8-pin modular connector (conforms to ISO 8877)

	Pin No.	Signal name	Signal	Direction
	1	Send data +	TD+	Output
	2	Send data -	TD-	Output
	3	Receive data +	RD+	Input
	4	Not used.	---	---
	5	Not used.	---	---
	6	Receive data -	RD-	Input
	7	Not used.	---	---
	8	Not used.	---	---
	Connector hood	Anti-noise ground	---	---

รูปที่ ก.6 การเชื่อมต่อระหว่าง Driver กับ PLC ด้วย Ether CAT

2. ชุดควบคุมการขับเคลื่อนของเซอร์โวมอเตอร์ รุ่น R88M-1L2K030T

3-1 Servo Drive Specifications

Select a Servo Drive that matches the Servomotor to be used. Refer to 2-3-3 *Servo Drive and Servomotor Combination Tables* on page 2-13.

3-1-1 General Specifications

The specifications of the Servo Drives are shown below.

Item		Specifications	
Operating ambient temperature and humidity		0 to 55°C, 90% max. (with no condensation)	
Storage ambient temperature and humidity		-20 to 65°C, 90% max. (with no condensation)	
Operating and storage atmosphere		No corrosive gases	
Operating altitude		1,000 m max.	
Vibration resistance		10 to 60 Hz and at an acceleration of 5.88 m/s ² or less (Not to be run continuously at the resonance frequency)	
Insulation resistance		Between power supply terminals/power terminals and PE terminals: 0.5 MΩ min. (at 500 VDC)	
Dielectric strength		Between power supply terminals/power terminals and PE terminals: 1,500 VAC for 1 min (at 50/60 Hz)	
Protective structure		IP20 (Built into IP54 panel)	
International standard	EU Directives	EMC Directive	EN 61800-3 second environment, C3 category (EN61326-3-1; Functional Safety)
		Low Voltage Directive	EN 61800-5-1
		Machinery Directive	EN ISO 13849-1 (Cat.3), EN 61508, EN 62061, EN 61800-5-2
	UL standards		UL 61800-5-1
	CSA standards		CSA C22.2 No. 274
	Korean Radio Regulations (KC)		Compliant
	Australian EMC Labeling Requirements (RCM)		Compliant

Note The above items reflect individual evaluation testing. The results may differ under compound conditions.

The detail of Machinery Directive is as follows:

The STO function via safety input signals: EN ISO 13849-1 (Cat3 PL_e), EN 61508 (SIL3), EN 62061 (SIL3), EN 61800-5-2 (STO)

The STO function via EtherCAT communications: EN ISO 13849-1 (Cat.3 PL_d), EN 61508 (SIL2), EN 62061 (SIL2), EN 61800-5-2 (STO)

รูปที่ ก.7 คุณสมบัติทั่วไปของชุดควบคุมการขับเคลื่อนของเซอร์โวมอเตอร์

Servo Drive model (R88D-)			1SN10H-ECT	1SN15H-ECT	1SN20H-ECT	1SN30H-ECT	
Item			1 kW	1.5 kW	2 kW	3 kW	
Input	Main circuit	Power supply voltage	3-phase 200 to 240 VAC (170 to 252 V) ^{*1}	Single-phase and 3-phase 200 to 240 VAC (170 to 252 V) ^{*1}	3-phase 200 to 240 VAC (170 to 252 V) ^{*1}		
		Rise time 500 ms max. ^{*2}					
	Control circuit	Frequency	50/60 Hz (47.5 to 63 Hz) ^{*1}				
		Power supply voltage	24 VDC (21.6 to 26.4 V)				
		Current consumption ^{*3}	600 mA	900 mA			
		Rated current [A (rms)] (Main circuit power supply voltage: 240 VAC)	Single-phase	—	15.7	—	—
	3-phase	5.8	9.0	13.0	15.9		
Output	Rated current [A (rms)]		7.7	9.7	16.2	22.3	
	Maximum current [A (rms)]		16.9	28.4	41.0	54.7	
Heating value [W]	Main circuit ^{*4}		46.5	85.5/85.5 ^{*5}	128.9	167.5	
	Control circuit		13.2	20.4	20.4	20.4	
Applicable Servomotor rated output [W]			1,000	1,500	2,000	3,000	
3,000-r/min Servomotor (R88M-)		Batteryless 23-bit ABS	1L1K030T	1L1K530T	1L2K030T	1L3K030T	
2,000-r/min Servomotor (R88M-)		Batteryless 23-bit ABS	1M1K020T	1M1K520T	1M2K020T	1M3K020T	
1,000-r/min Servomotor (R88M-)		Batteryless 23-bit ABS	1M90010T	—	1M2K010T	1M3K010T	
Hold time at momentary power interruption (Main circuit power supply voltage: 200 VAC)			10 ms (Load condition: rated output) ^{*6}				
Weight [kg]			2.0	3.4	3.4	3.4	

รูปที่ ก. 8 ข้อมูลลักษณะเฉพาะของชุดควบคุมการขับเคลื่อนที่ใช้กับเซอร์โวมอเตอร์ รุ่น R88M-1L2K030T

3. คู่มือการใช้งานของ Position Control Unit (CJ1W-NC81)

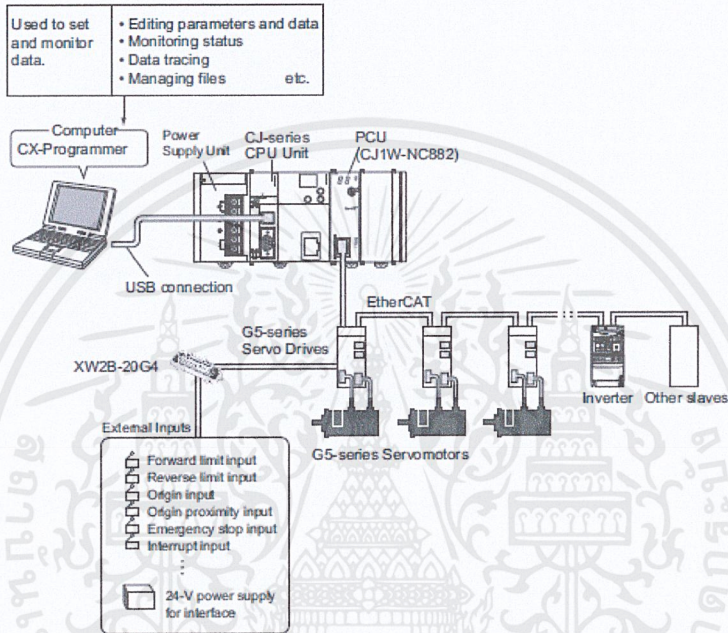
1-2 System Configuration

1

Product Overview

The PCU receives control signals from other devices (including control panels) and commands from the ladder programming in the CPU Unit to control positioning through Servo Drives. The control signals include forward limit inputs, reverse limit inputs, origin inputs, origin proximity inputs, emergency stop inputs, and interrupt inputs.

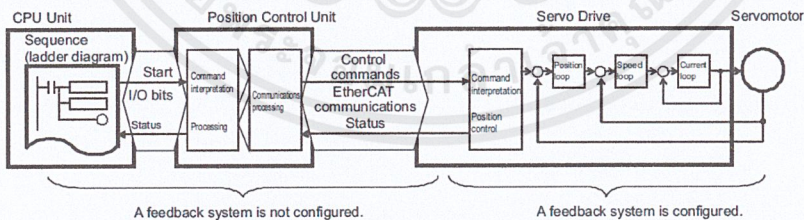
System Configuration Example for the CJ1W-NC882



รูปที่ ก.9 องค์ประกอบของระบบควบคุมตัวอย่าง ที่ใช้ CJ1W-NC822

Prod

Control System Configuration



The control system built with the PCU controls motor operation basically with a semi-closed loop. With semi-closed loop control, an encoder attached to the motor detects motor rotations for command values and provides them as feedback of machine travel distances. The deviation between command values and actual motor rotation is calculated and control is performed to bring this deviation to zero.

In a system configuration using the PCU, feedback information is not used for commands from the ladder program in the CPU Unit to the PCU and Servo Drives. A feedback system is built within the Servo Drives.

รูปที่ ก.10 องค์ประกอบของระบบควบคุม

Characteristics

Item	Models				
	CJ1W-NC281	CJ1W-NC481	CJ1W-NC881	CJ1W-NCF81	
Applicable PLCs	SYSMAC CJ Series				
Settable unit numbers	0 to F (unit number as a CPU Bus Unit)				
Maximum number of Units	10 Units per Rack, 18 Units per PLC (Can be used on Expansion Racks.)				
Allocated I/O words	FCU Control Memory Areas	25 words in CPU Bus Unit Area			
	Axis Operation Memory Areas	43 words for each node (2 + 12 output words and 13 + 16 input words) in specified words in the CIO, Work, DM, or EM Area			
	Memory Operation Memory Areas	7 words for each task (3 output words and 4 input words) in specified words in the CIO, Work, DM, or EM Area			
Controllable Servo Drives ¹	OMNUC G5-series Servo Drives with Built-in EtherCAT Communications				
Control method	Control commands using EtherCAT communications				
Number of controlled axes	2 axes	4 axes	8 axes	16 axes	
Maximum command output speed	104 Mpps ²				
Control units	Setting unit	Pulses, millimeters, inches, or degrees			
	Unit multiplier ³	×1, ×10, ×100, ×1,000, or ×10,000			
	Electronic gear ratio ³	Unit version 1.1 or earlier: 1/1 to 1,048,576/1,048,576 Unit version 1.3 or later: 1/1 to 4,294,967,295/4,294,967,295			
Positioning functions	Memory operation or direct operation				
Single axis control	Position control	2 axes	4 axes	8 axes	16 axes
	Speed control	2 axes	4 axes	8 axes	16 axes
Interpolated control	Linear interpolation	2 axes max.	4 axes max.	4 axes max.	4 axes max.
	Circular interpolation	2 axes	2 axes	2 axes	2 axes
Memory operation	Maximum number of tasks	2	4	4 ⁴	4 ⁴
	Sequence functions	JUMP, FOR-NEXT (50 layers/task), PSET, and PRSET			
	Dwell timers	500/task, 0 to 10.00 s (Set in increments of 0.01 s.)			
Position command values	Data	-2,147,483,648 to 2,147,483,647 command units ⁵			
	Number of position command values	500/task			
Speed command values	Data ⁶	Position control: 1 to 2,147,483,647 command units/s Speed control: -2,147,483,648 to 2,147,483,647 command units/s			
	Number of speed command values	500/task			
Acceleration times	Data	0 to 250,000 ms			
	Number of acceleration times	500/task			
Deceleration times	Data	0 to 250,000 ms			
	Number of deceleration times	500/task			

รูปที่ ก.11 แสดงลักษณะเฉพาะของ Position Control Unit

Expanded Monitor Settings

Select the type of expanded monitor.
Expanded monitor settings are continuously updated.

Parameter name	Function	Setting range	Unit	Default value
Expanded Monitor Type ^{*1}	Select the type of expanded monitor to use. 0: Feedback present position 1: Command present position 2: Position deviation 3: Feedback present speed 4: Command present speed 5: Present torque 6: Command torque 7: Latch 1 value 8: Latch 2 value 9: Slave error code 10: Status word 11: Feedback present speed 2 12: Command present speed 2 ^{*2}	0 to 12	—	0

*1. New expanded monitor types introduced with version 1.3 include "6 (command torque data)", "8 (latch 2 value)", "11 (feedback present speed 2)", and "12 (command present speed 2)."

*2. Monitors the same value as 4 (command present speed) during linear or circular interpolation in memory operation or during the execution of the Synchronous Feeding Position function. This is 0 when unit performs synchronous feeding torque control.

Axis Status Memory Area

For information on the setting method for the Axis Status Memory Area, refer to *Axis Status Memory Area Selection* on page 6-19.

The following table shows the allocations when the First Word in the Axis Status Memory Area parameter is set to word "C."



Precautions for Correct Use

The Axis Status Memory Area is used as the Remote I/O Input Memory Area when connected to a device other than a OMNUC G5-series Servo Drive.

6

Setting Data

Words	Name	Bit	Bit name	Function
C	Axis 1 Manual Operation Command Acknowledged Flags	0	Servo Lock Acknowledged Flag	This flag turns ON to acknowledge the Servo Lock Bit.
		1	Drive Alarm Reset Acknowledged Flag	This flag turns ON to acknowledge the Drive Alarm Reset Bit.
		2	Deviation Counter Reset Acknowledged Flag	This flag turns ON to acknowledge the Deviation Counter Reset Bit.
		3	Forward Torque Limit Acknowledged Flag	This flag turns ON to acknowledge the Forward Torque Limit Bit.
		4	Reverse Torque Limit Acknowledged Flag	This flag turns ON to acknowledge the Reverse Torque Limit Bit.
		5	Override Enable Acknowledged Flag	This flag turns ON to acknowledge the Override Enable Bit.
		6	Jogging/Inching Speed Selection Acknowledged Flag	This flag turns ON to acknowledge the Jogging/Inching Speed Selection Bit.
		7	Forward Jogging/Inching Acknowledged Flag	This flag turns ON to acknowledge the Forward Jogging/Inching Bit.
		8	Reverse Jogging/Inching Acknowledged Flag	This flag turns ON to acknowledge the Reverse Jogging/Inching Bit.
		9	Not used.	Do not use.
		10	Origin Search Acknowledged Flag	This flag turns ON to acknowledge the Origin Search Bit.
		11	Origin Return Acknowledged Flag	This flag turns ON to acknowledge the Origin Return Bit.
		12	Not used.	Do not use.
		13	Immediate Stop Acknowledged Flag	This flag turns ON to acknowledge the Immediate Stop Bit.
		14	Deceleration Stop Acknowledged Flag	This flag turns ON to acknowledge the Deceleration Stop Bit.
15	Servo Unlock Acknowledged Flag	This flag turns ON to acknowledge the Servo Unlock Bit.		

(ต่อ)

6-6 Operation Memory Areas

Words	Name	Bit	Bit name	Function
C+1	Axis 1 Direct Operation Command Acknowledged Flags	0	Absolute Movement Acknowledged Flag	This flag turns ON to acknowledge the Absolute Movement Bit.
		1	Relative Movement Acknowledged Flag	This flag turns ON to acknowledge the Relative Movement Bit.
		2	Speed Control Acknowledged Flag	This flag turns ON to acknowledge the Speed Control Bit.
		3 to 4	Not used.	Do not use.
		5	Interrupt Feeding Specification Acknowledged Flag	This flag turns ON to acknowledge the Interrupt Feeding Specification Bit.
		6	Interrupt Input Mask/Present Position Latch Enable Acknowledged Flag	This flag turns ON to acknowledge the Interrupt Input Mask/Present Position Latch Enable Bit.
		7	Present Position Preset Acknowledged Flag	This flag turns ON to acknowledge the Present Position Preset Bit.
		8	Synchronous Feeding Position Acknowledged Flag ¹	This flag turns ON to acknowledge the Synchronous Feeding Position Bit.
		9	Synchronous Feeding Velocity Acknowledged Flag ¹	This flag turns ON to acknowledge the Synchronous Feeding Velocity Bit.
		10	Synchronous Feeding Torque Acknowledged Flag ¹	This flag turns ON to acknowledge the Synchronous Feeding Torque Bit.
		11	Origin Position Latch Enable Acknowledged Flag ¹	This flag turns ON to acknowledge the Origin Position Latch Enable Bit.
		12 to 13	Not used.	Do not use.
		14	Origin Position Latch Clear Acknowledged Flag ¹	This flag turns ON to acknowledge the Origin Position Latch Completed Flag Clear Bit.
		15	Latch Completed Flag Clear Acknowledged Flag	This flag turns ON to acknowledge the Latch Completed Flag Clear Bit.

(ต่อ)

6-6 Operation Memory Areas

Words	Name	Bit	Bit name	Function
C+2	Axis 1 Command Status	0	Axis Busy Flag	This flag turns ON during axis operation. During memory operation, the Busy Flags for axes that are not assigned in the axis configuration will turn ON even if there is no axis operation.
		1	Jogging Enabled Flag	This flag turns ON when jogging can be started.
		2	Direct Operation Enabled Flag	This flag turns ON when direct operation can be started.
		3	Not used.	Do not use.
		4	Stop Input Flag	This flag will turn ON when the Immediate Stop Bit or the Deceleration Stop Bit is acknowledged or when the emergency stop input or deceleration input is received. Other start command bits will not be acknowledged while this flag is ON.
		5	Synchronous Group Stop Input Flag ¹	This flag turns ON when the Synchronous Group Stop Bit in synchronized data is acknowledged and the system is stopped and when the Synchronous Group Stop Bit is ON.
		6	All Synchronized Unit Stop Input Flag ¹	This flag turns ON when the All Synchronized Unit Stop Bit in synchronized data is acknowledged and the system is stopped and when the All Synchronized Unit Stop Bit is ON.
		7	High-speed PTP Start Acknowledged Flag	This flag turns ON to acknowledge a high-speed PTP start.
		8	Start Invalid Flag	This flag turns ON after the executed command has failed because it does not meet the conditions for starting the applicable function. This status is set when an operation cannot be started due to an error that occurs at the start of the command or because of the priority of the command.
		9	Deviation Counter Reset Acknowledged Flag	This flag turns ON if the Deviation Counter Reset Bit is not acknowledged after the Deviation Counter Reset Bit is output during an origin search operation.
		10 to 11	Not used.	Do not use.
		12	Stop Executed Flag	This flag turns ON when axis operation has stopped for one of the following reasons during manual operation or direct operation. <ul style="list-style-type: none"> • Stopping when a deceleration stop is executed, the deviation counter is reset, or the servo is unlocked • Stopping when an error occurs
		13	Positioning Operation Completed Flag	This flag turns ON when positioning, an origin search, or an origin return has been finished in direct operation or when jogging is stopped in direct operation.
		14 to 15	Not used.	Do not use.

(ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา 60 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6-6 Operation Memory Areas

Words	Name	Bit	Bit name	Function
C+3	Axis 1 Axis Operation Command Status	0	Servo Unlocked Flag	This flag is ON while the servo is unlocked for the axis.
		1	Servo Locked Flag	This flag is ON when the axis is stopped in servo lock status.
		2	Not used.	Do not use.
		3	Acceleration Flag	This flag is ON while the axis is accelerating to the target speed. This flag can also be used for path status during interpolation.
		4	Constant Speed Flag	This flag is ON while the axis is moving at a constant speed after reaching the target speed. This flag can also be used for path status during interpolation.
		5	Deceleration Flag	This flag is ON while the axis is decelerating to the target position or to the target speed. This flag can also be used for path status during interpolation.
		6	Pass Flag	This flag is ON during acceleration/deceleration to the target speed of the next sequence for the continuous 1 or continuous 3 operation patterns. This flag can also be used for path status during interpolation.
		7	Positioning Completed Waiting Flag	This flag is ON while waiting for axis positioning to be completed. This flag can also be used for path status during interpolation.
		8	Deceleration Stop Flag	This flag is ON until the axis stops for a deceleration stop during axis operation.
		9	Immediate Stop Flag	This flag is ON until the axis stops for an immediate stop during axis operation.
		10 to 15	Not used.	Do not use.
C+4	Axis 1 Operation Status	0	Origin Search Flag	This flag is ON during an origin search operation.
		1	Origin Return Flag	This flag is ON during an origin return operation.
		2	Not used.	Do not use.
		3	Jogging/Inching Flag	This flag is on during jogging or inching.
		4	Absolute Movement Flag	This flag is ON during an absolute movement. It is also ON until the interrupt feeding input is received.
		5	Relative Movement Flag	This flag is ON during a relative movement. It is also ON until the interrupt feeding input is received.

(ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 61 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6-6 Operation Memory Areas

Words	Name	Bit	Bit name	Function
C+4 (continued)	Axis 1 Operation Status	6	Speed Control Flag	This flag is ON during speed control. It is also ON until the interrupt feeding input is received.
		7	Interrupt Feeding (Interrupt Input Waiting) Flag	This flag is ON during interrupt feeding until the interrupt input turns ON.
		8	Interrupt Feeding (Positioning) Flag	This flag is ON after the interrupt input turns ON during interrupt feeding.
		9 to 10	Not used.	Do not use.
		11	Memory Operation Flag	This flag is ON during memory operation.
		12	Not used.	Do not use.
		13	Synchronous Feeding Torque Flag ¹⁾	This flag is ON during synchronous feeding torque control operation. The axis movement reflects the command torque data stored in the Synchronous Data Link Memory Area.
		14	Synchronous Feeding Velocity Flag ¹⁾	This flag is ON during synchronous feeding velocity control operation. The axis movement reflects the command speed data stored in the Synchronous Data Link Memory Area.
C+5	Axis 1 Control Status	0	Origin Defined Flag	This flag is ON while the origin is defined. OFF: Origin not defined. ON: Origin defined.
		1	Stopped at Origin Flag	This flag is ON while the axis is stopped within the positioning completed width. It will not turn ON unless the origin is defined.
		2	Latch Completed Flag	This flag turns ON when the present position has been latched.
		3	Origin Position Latch Completed Flag ¹⁾	This flag turns ON when the origin position has been latched.
		4	Command Present Position Overflow Flag	This flag turns ON when an overflow occurs in the command position in Linear Mode.
		5	Command Present Position Underflow Flag	This flag turns ON when an underflow occurs in the command position in Linear Mode.
		6	Feedback Present Position Overflow Flag	This flag turns ON when an overflow occurs in the feedback position in Linear Mode.
		7	Feedback Present Position Underflow Flag	This flag turns ON when an underflow occurs in the feedback position in Linear Mode.

6

Setting Data

(ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา. 62ห้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6-6 Operation Memory Areas

Words	Name	Bit	Bit name	Function
C+5 (continued)	Axis 1 Control Status	8	Sensor Error Flag	This flag turns ON when an error is detected for an external sensor, such as for the emergency stop input or a limit input.
		9	Servo Error Flag	This flag turns ON when a Servo Drive alarm occurs.
		10	Execution Error Flag	This flag turns ON when an error, such as a multi-start error, occurs after execution of a command for axis operation due to an invalid execution condition or command value.
		11	Axis Warning Flag	This flag turns ON when a warning occurs in memory operation.
		12	Axis Error Flag	This flag turns ON when an axis error occurs.
		13	Zone 0 Flag	This flag is ON while the present position is in zone 0.
		14	Zone 1 Flag	This flag is ON while the present position is in zone 1.
C+6	Axis 1 External I/O Status	15	Zone 2 Flag	This flag is ON while the present position is in zone 2.
		0	Servo ON Flag	This flag is ON while power is being supplied to the Servomotor.
		1	Alarm Reset Output Flag	This flag turns ON when an alarm reset is output.
		2	Deviation Counter Reset Output Flag	This flag turns ON when a deviation counter reset is output.
		3	Forward Torque Limit Output Flag	This flag turns ON when a forward torque limit is output.
		4	Reverse Torque Limit Output Flag	This flag turns ON when a reverse torque limit is output.
		5	Main Circuit Status Flag	This flag turns ON when a voltage is supplied to the main circuits.
		6	Servo Drive Warning Input Flag	This flag turns ON when a Servo Drive warning occurs.
		7	Servo Ready Flag	This flag turns ON when the servo is ready.
		8	Forward Limit Input Flag	This flag is ON while the forward limit input is being received.
		9	Reverse Limit Input Flag	This flag is ON while the reverse limit input is being received.
		10	Origin Proximity Input Flag	This flag is ON while the origin proximity input is being received.
		11	Origin Input Flag	This flag is ON while the origin input is being received.
		12	Interrupt Input Flag	This flag is ON while the interrupt input is being received.
		13	Emergency Stop Input Flag	This flag is ON while the emergency input is being received.
14	Positioning Completed Input Flag	This flag is ON while the axis is within the positioning completed width.		
15	Drive Alarm Input Flag	This flag turns ON when a drive alarm occurs.		

6

Setting Data

(ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 63 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6-6 Operation Memory Areas

Words	Name	Bit	Bit name	Function
C+7	Axis 1 Error Code	0 to 15		This word contains the axis error code.
C+8	Axis 1 Command Present Position (lower word)	0 to 15		These words contain the present command position.
C+9	Axis 1 Command Present Position (upper word)	0 to 15		
C+10	Axis 1 Expanded Monitor (lower word)	0 to 15		These words contain the monitor value that is specified by the Expanded Monitor Type axis parameter. For details, refer to <i>Expanded Monitor Settings</i> on page 6-59.
C+11	Axis 1 Expanded Monitor (upper word)	0 to 15		
C+12	Not used.	0 to 15		Do not use.
C+13	Axis 2 Manual Operation Command Acknowledged Flags	0 to 15		Refer to the description for axis 1.
C+14	Axis 2 Direct Operation Command Acknowledged Flags	0 to 15		
C+15	Axis 2 Command Status	0 to 15		
C+16	Axis 2 Axis Operation Command Status	0 to 15		
C+17	Axis 2 Operation Status	0 to 15		
C+18	Axis 2 Control Status	0 to 15		
C+19	Axis 2 External I/O Status	0 to 15		
C+20	Axis 2 Error Code	0 to 15		
C+21	Axis 2 Command Present Position (lower word)	0 to 15		
C+22	Axis 2 Command Present Position (upper word)	0 to 15		
C+23	Axis 2 Expanded Monitor (lower word)	0 to 15		Refer to the description for axis 1.
C+24	Axis 2 Expanded Monitor (upper word)	0 to 15		
C+25	Not used.	0 to 15		Do not use.
C+26	Axis 3 Manual Operation Command Acknowledged Flags	0 to 15		Refer to the description for axis 1. These words are not used for a two-axis PCU.
C+27	Axis 3 Direct Operation Command Acknowledged Flags	0 to 15		
C+28	Axis 3 Command Status	0 to 15		
C+29	Axis 3 Axis Operation Command Status	0 to 15		
C+30	Axis 3 Operation Status	0 to 15		
C+31	Axis 3 Control Status	0 to 15		
C+32	Axis 3 External I/O Status	0 to 15		
C+33	Axis 3 Error Code	0 to 15		
C+34	Axis 3 Command Present Position (lower word)	0 to 15		

(ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและ 64 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6-6 Operation Memory Areas

Words	Name	Bit	Bit name	Function	
C+35	Axis 3 Command Present Position (upper word)	0 to 15		Refer to the description for axis 1. These words are not used for a two-axis PCU.	
C+36	Axis 3 Expanded Monitor (lower word)	0 to 15			
C+37	Axis 3 Expanded Monitor (upper word)	0 to 15			
C+38	Not used.	0 to 15	Do not use.		
C+39	Axis 4 Manual Operation Command Acknowledged Flags	0 to 15		Refer to the description for axis 1. These words are not used for a two-axis PCU.	
C+40	Axis 4 Direct Operation Command Acknowledged Flags	0 to 15			
C+41	Axis 4 Command Status	0 to 15			
C+42	Axis 4 Axis Operation Command Status	0 to 15			
C+43	Axis 4 Operation Status	0 to 15			
C+44	Axis 4 Control Status	0 to 15			
C+45	Axis 4 External I/O Status	0 to 15			
C+46	Axis 4 Error Code	0 to 15			
C+47	Axis 4 Command Present Position (lower word)	0 to 15			
C+48	Axis 4 Command Present Position (upper word)	0 to 15			
C+49	Axis 4 Expanded Monitor (lower word)	0 to 15			
C+50	Axis 4 Expanded Monitor (upper word)	0 to 15			
C+51	Not used.	0 to 15	Do not use.		
C+52	Axis 5 Manual Operation Command Acknowledged Flags	0 to 15			Refer to the description for axis 1. These words are not used for a two-axis or four-axis PCU.
C+53	Axis 5 Direct Operation Command Acknowledged Flags	0 to 15			
C+54	Axis 5 Command Status	0 to 15			
C+55	Axis 5 Axis Operation Command Status	0 to 15			
C+56	Axis 5 Operation Status	0 to 15			
C+57	Axis 5 Control Status	0 to 15			
C+58	Axis 5 External I/O Status	0 to 15			
C+59	Axis 5 Error Code	0 to 15			
C+60	Axis 5 Command Present Position (lower word)	0 to 15			

รูปที่ ก.13 แสดงการตั้งค่า Axis Status Memory Area

Expanded Monitor Memory Area

For information on the setting method for the Expanded Monitor Memory Area, refer to *Expanded Monitor Memory Area Selection* on page 6-21.

The words in the Expanded Monitor Memory Area are allocated as shown below. F is the first word of the Expanded Monitor Memory Area.



Precautions for Correct Use

The Expanded Monitor Memory Area is used as the Remote I/O Input Memory Area when connected to a device other than a OMNUC G5-series Servo Drive.

6

Setting Data

Words	Name	Function
F	Axis 1 Expanded Monitor 2 (lower word)	These words contain the monitor value that is specified by the Expanded Monitor 2 Type axis parameter.
F+1	Axis 1 Expanded Monitor 2 (upper word)	
F+2	Axis 1 Expanded Monitor 3 (lower word)	These words contain the monitor value that is specified by the Expanded Monitor 3 Type axis parameter.
F+3	Axis 1 Expanded Monitor 3 (upper word)	
F+4	Axis 1 Expanded Monitor 4 (lower word)	These words contain the monitor value that is specified by the Expanded Monitor 4 Type axis parameter.
F+5	Axis 1 Expanded Monitor 4 (upper word)	
F+6	Axis 1 Expanded Monitor 5 (lower word)	These words contain the monitor value that is specified by the Expanded Monitor 5 Type axis parameter.
F+7	Axis 1 Expanded Monitor 5 (upper word)	
F+8	Axis 1 Expanded Monitor 6 (lower word)	These words contain the monitor value that is specified by the Expanded Monitor 6 Type axis parameter.
F+9	Axis 1 Expanded Monitor 6 (upper word)	
F+10	Not used.	Do not use.
F+11	Not used.	
F+12	Not used.	
F+13	Not used.	
F+14	Not used.	
F+15	Not used.	

(ต่อ)

6-6 Operation Memory Areas

6

Setting Data

Words	Name	Function
F+16	Axis 2 Expanded Monitor 2 (lower word)	Refer to the description for axis 1.
F+17	Axis 2 Expanded Monitor 2 (upper word)	
F+18	Axis 2 Expanded Monitor 3 (lower word)	
F+19	Axis 2 Expanded Monitor 3 (upper word)	
F+20	Axis 2 Expanded Monitor 4 (lower word)	
F+21	Axis 2 Expanded Monitor 4 (upper word)	
F+22	Axis 2 Expanded Monitor 5 (lower word)	
F+23	Axis 2 Expanded Monitor 5 (upper word)	
F+24	Axis 2 Expanded Monitor 6 (lower word)	
F+25	Axis 2 Expanded Monitor 6 (upper word)	
F+26	Not used.	Do not use.
F+27	Not used.	
F+28	Not used.	
F+29	Not used.	
F+30	Not used.	
F+31	Not used.	
F+32	Axis 3 Expanded Monitor 2 (lower word)	Refer to the description for axis 1. These words are not used for a two-axis PCU.
F+33	Axis 3 Expanded Monitor 2 (upper word)	
F+34	Axis 3 Expanded Monitor 3 (lower word)	
F+35	Axis 3 Expanded Monitor 3 (upper word)	
F+36	Axis 3 Expanded Monitor 4 (lower word)	
F+37	Axis 3 Expanded Monitor 4 (upper word)	
F+38	Axis 3 Expanded Monitor 5 (lower word)	
F+39	Axis 3 Expanded Monitor 5 (upper word)	
F+40	Axis 3 Expanded Monitor 6 (lower word)	
F+41	Axis 3 Expanded Monitor 6 (upper word)	

(ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 67 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6-6 Operation Memory Areas

Words	Name	Function
F+42	Not used.	Do not use.
F+43	Not used.	
F+44	Not used.	
F+45	Not used.	
F+46	Not used.	
F+47	Not used.	
F+48	Axis 4 Expanded Monitor 2 (lower word)	Refer to the description for axis 1. These words are not used for a two-axis PCU.
F+49	Axis 4 Expanded Monitor 2 (upper word)	
F+50	Axis 4 Expanded Monitor 3 (lower word)	
F+51	Axis 4 Expanded Monitor 3 (upper word)	
F+52	Axis 4 Expanded Monitor 4 (lower word)	
F+53	Axis 4 Expanded Monitor 4 (upper word)	
F+54	Axis 4 Expanded Monitor 5 (lower word)	
F+55	Axis 4 Expanded Monitor 5 (upper word)	
F+56	Axis 4 Expanded Monitor 6 (lower word)	
F+57	Axis 4 Expanded Monitor 6 (upper word)	
F+58	Not used.	
F+59	Not used.	
F+60	Not used.	
F+61	Not used.	
F+62	Not used.	
F+63	Not used.	
F+64	Axis 5 Expanded Monitor 2 (lower word)	Refer to the description for axis 1. These words are not used for a two-axis or four-axis PCU.
F+65	Axis 5 Expanded Monitor 2 (upper word)	
F+66	Axis 5 Expanded Monitor 3 (lower word)	
F+67	Axis 5 Expanded Monitor 3 (upper word)	
F+68	Axis 5 Expanded Monitor 4 (lower word)	
F+69	Axis 5 Expanded Monitor 4 (upper word)	
F+70	Axis 5 Expanded Monitor 5 (lower word)	

รูปที่ ก.14 แสดงการตั้งค่า Expanded Monitor Memory Area

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและ 68 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Acceleration/Deceleration Settings

Set the maximum speed, starting speed, acceleration/deceleration time settings, etc.

The speed and acceleration/deceleration setting parameters become valid at PCU startup, PCU restart, or PCU setup, except for deceleration time designation. Deceleration time designation is continuously updated.

Parameter name	Function	Setting range	Unit	Default value
Maximum Speed	Specify the maximum speed for the axis.	1 to 2,147,483,647	Command units/s	4,000,000
Starting Speed	Specify the starting speed for the axis.	0 to 2,147,483,647	Command units/s	0
Operation at Reverse Rotation Command	Select the operation for reversing rotation for multi-starting. 0: Deceleration stop for reverse rotation, 1: Immediate stop for reverse rotation	0 to 1	–	0
Acceleration/Deceleration Curve Selection	Select the acceleration/deceleration curve. 0: Trapezoid, 1: S-curve (tertiary curve)	0 to 1	–	0
Acceleration/Deceleration Time Selection	Set how to specify the acceleration/deceleration time. 0: Time from starting speed to maximum speed of each axis (constant acceleration/deceleration rate) 1: Time from present speed to target speed of each axis (constant acceleration/deceleration time)	0 to 1	–	0
Single Axis Deceleration Time at Interpolation	Set the deceleration stop time to be applied when an error occurs in any of the interpolated axes or an individual deceleration stop is executed during interpolation operation in memory operation.	0 to 250,000	ms	1,000

Maximum Speed

Set the fastest speed to actually use. This prevents you from inadvertently using speeds exceeding the maximum speed.

Although the upper limit of the setting range of the maximum speed is 2,147,483,647, it cannot be set to a value that would exceed 104,857,600 pps when converted to pulses.

Starting Speed

An OMNUC G5-series Servomotor will be used, so set the starting speed to 0.

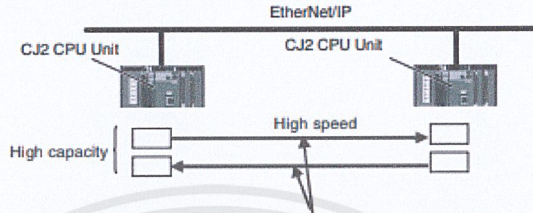
รูปที่ ก.15 แสดงความเร็วสูงสุดของCJ1W-NC481

Built-in EtherNet/IP Port (CJ2H-CPU6□-EIP and CJ2M-CPU3□ Only)

The CJ2 CPU Units provide as standard equipment a built-in EtherNet/IP port that supports the same FINS Ethernet functions as an Ethernet Unit (including features such as an FTP server and time coordination) as well as the EtherNet/IP open network.

● **High-speed, High-capacity Data Links with User-set Refresh Cycles**

The CJ2 CPU Units provide high-speed, high-capacity data links, and refresh cycles can be set individually for each data link area.



The refresh cycle can be set individually for each area. In addition, using the EtherNet/IP DataLink Tool makes it possible to set the data links using an interface similar to that of the Controller Link automatic data link setup.

Ethernet Connectors

The following standards and specifications apply to the connectors for the Ethernet twisted-pair cable.

- Electrical specifications: Conform to IEEE802.3 standards.
- Connector structure: RJ45 8-pin Modular Connector (Conforms to ISO 8877)



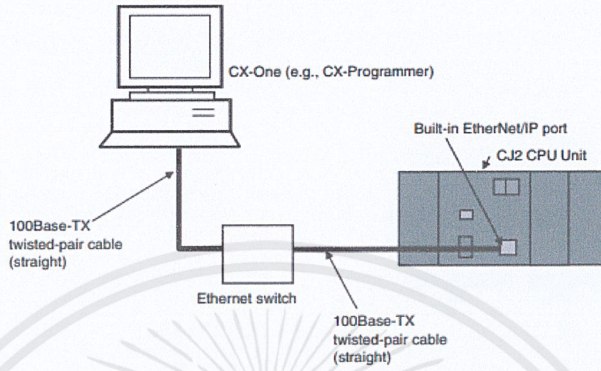
Connector pin	Signal name	Abbr.	Signal direction
1	Transmission data +	TD+	Output
2	Transmission data -	TD-	Output
3	Reception data +	RD+	Input
4	Not used.	---	---
5	Not used.	---	---
6	Reception data -	RD-	Input
7	Not used.	---	---
8	Not used.	---	---
Hood	Frame ground	FG	---

รูปที่ ก.16 การเชื่อมต่อผ่านทาง Ethernet ของ PLC CJ2M-CPU34

4-2-3 Connecting to Ethernet (CJ2H-CPU6□-EIP and CJ2M-CPU3□ Only)

Connection Method

With the CJ2H-CPU6□-EIP or CJ2M-CPU3□, use a commercially available Ethernet 100Base-TX STP twisted-pair cable (straight) to connect the CX-One Support Software (e.g., CX-Programmer) to the built-in EtherNet/IP port through the Ethernet switch. With the CJ2H-CPU6□-EIP, Ethernet twisted-pair cable can also be used to connect to a personal computer. The same type of connection can be made with the CJ2H-CPU6□ or CJ2M-CPU1□ through an EtherNet/IP Unit.

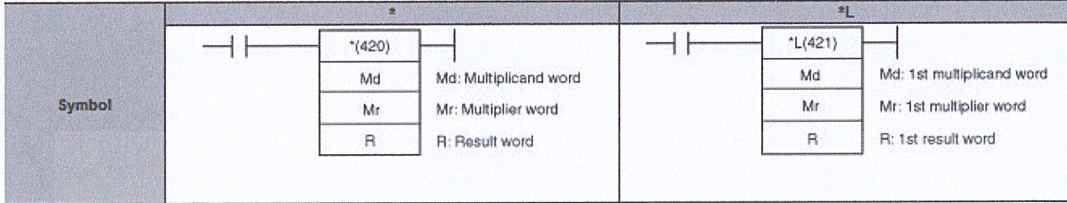


รูปที่ ก.17 วิธีการเชื่อมต่อโดยใช้ Ethernet/IP port

ภาคผนวก ข

คำสั่งของโปรแกรม Cx-Programmer ที่ใช้ในโครงการ

Instruction	Mnemonic	Variations	Function code	Function
SIGNED BINARY MULTIPLY	*	@*	420	Multiplies 4-digit signed hexadecimal data and/or constants.
DOUBLE SIGNED BINARY MULTIPLY	*L	@*L	421	Multiplies 8-digit signed hexadecimal data and/or constants.

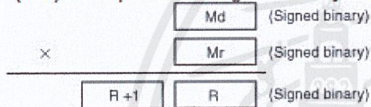


รูปที่ ข.1 คำอธิบายฟังก์ชัน คูณ(*L)

Function

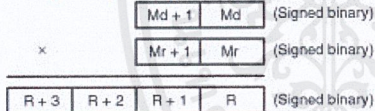
● - *

* (420) multiplies the signed binary values in Md and Mr and outputs the result to R, R+1.

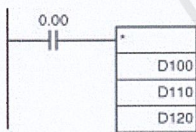


● - *L

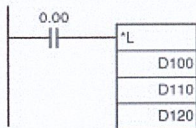
*L (421) multiplies the signed binary values in Md and Md+1 and Mr and Mr+1 and outputs the result to R, R+1, R+2, and R+3.



Sample program



When CIO 0.00 is ON in the following example, D100 and D110 will be multiplied as 4-digit signed hexadecimal values and the result will be output to D120 and D121.

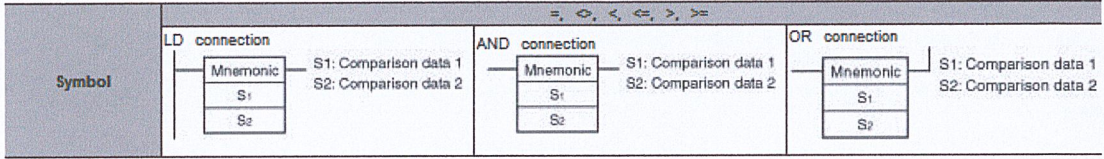


When CIO 0.00 is ON in the following example, D101, D100, D111, and D110 will be multiplied as 8-digit signed hexadecimal values and the result will be output to D123, D122, D121 and D120.

รูปที่ ข.2 ตัวอย่างการใช้ฟังก์ชัน คูณ(*L)

Instruction	Mnemonic	Variations	Function code	Function
Input Comparison Instructions	=, <, <, <=, >, >=	—	300 to 328	Input comparison instructions compare two values (constants and/or the contents of specified words) and create an ON execution condition when the comparison condition is true.

Note Input comparison instructions are available to compare signed or unsigned data of one-word or double length data. Refer to Single-precision Floating-point Comparison Instructions for details on single-precision floating-point input comparison instructions and Double-precision Floating-point Input Comparison Instructions for details on double-precision floating-point input comparison instructions.



Options

The input comparison instructions can compare signed or unsigned data and they can compare one-word or double values. If no options are specified, the comparison will be for one-word unsigned data. With the three input types and two options, there are 72 different input comparison instructions.

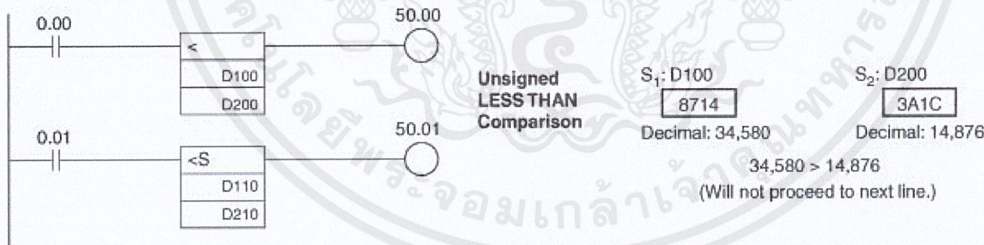
Symbol	Option (data format)	Option (data length)
= (Equal)		
< > (Not equal)		
< (Less than)	None: Unsigned data	None: One-word data
<= (Less than or equal)	S: Signed data	L: Double-length data
> (Greater than)		
>= (Greater than or equal)		

รูปที่ ข.3อธิบายฟังก์ชัน มากกว่า (>), น้อยกว่า (<), เท่ากับ (=)

Sample program

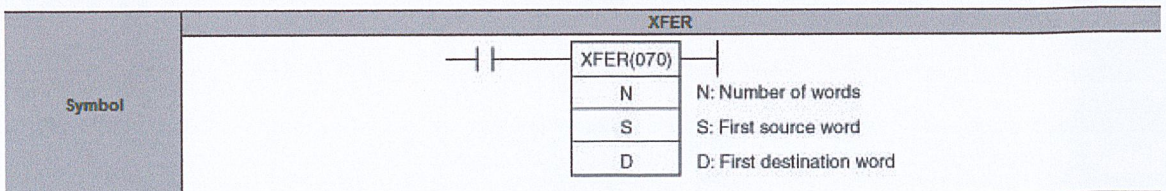
AND LESS THAN: AND<(310)

When CIO 0.00 is ON in the following example, the contents of D100 and D200 are compared in as unsigned binary data. If the content of D100 is less than that of D200, CIO 50.00 is turned ON and execution proceeds to the next line. If the content of D100 is not less than that of D200, the remainder of the instruction line is skipped and execution moves to the next instruction line.



รูปที่ ข.4ตัวอย่างการใช้ฟังก์ชัน น้อยกว่า (<)

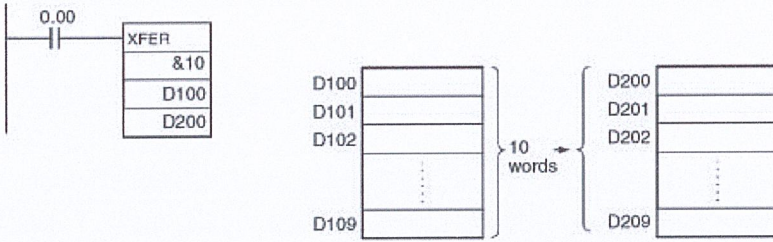
Instruction	Mnemonic	Variations	Function code	Function
BLOCK TRANSFER	XFER	@XFER	070	Transfers the specified number of consecutive words.



รูปที่ ข.5 อธิบายฟังก์ชัน XFER

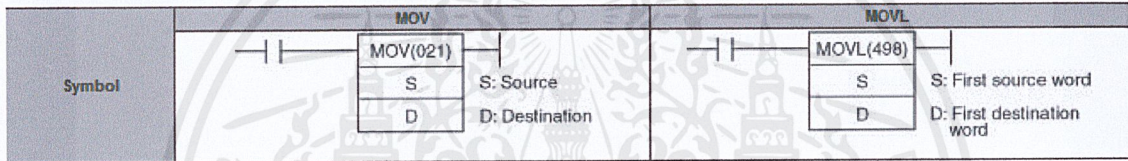
Sample program

When CIO 0.00 is ON in the following example, the 10 words D100 through D109 are copied to D200 through D209.



รูปที่ ข.6 ตัวอย่างการใช้ฟังก์ชัน XFER

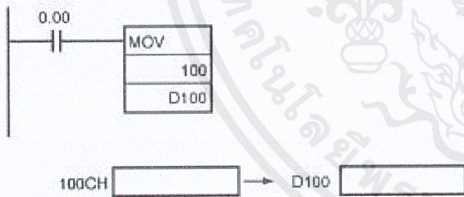
Instruction	Mnemonic	Variations	Function code	Function
MOVE	MOV	@MOV, !MOV, !@MOV	021	Transfers a word of data to the specified word.
DOUBLE MOVE	MOVL	@MOVL	498	Transfers two words of data to the specified words.



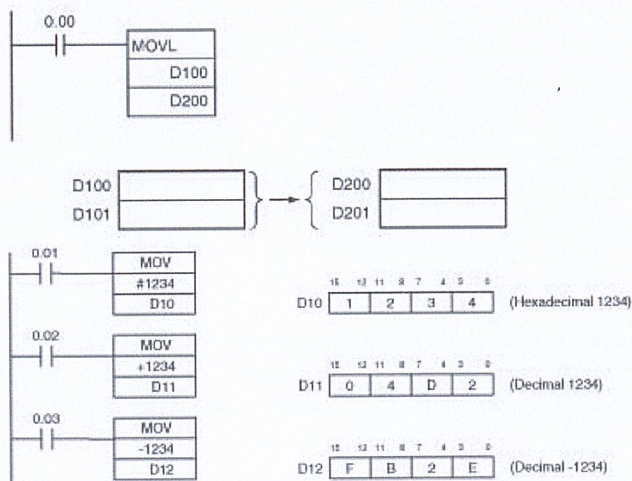
รูปที่ ข.7 อธิบายฟังก์ชัน MOVL

Sample program

When CIO 0.00 is ON in the following example, the content of CIO 100 is copied to D100.



When CIO 0.00 is ON in the following example, the content of D101 and D100 are copied to D201 and D200.



รูปที่ ข.8 ตัวอย่างการใช้ฟังก์ชัน MOVL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ... รูปที่ ข.8 ตัวอย่างการใช้ฟังก์ชัน MOVL... ไม่ว่าการณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและ... 74

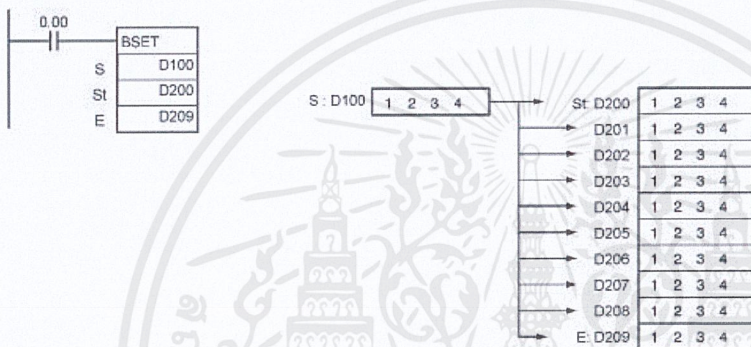
Instruction	Mnemonic	Variations	Function code	Function
BLOCK SET	BSET	@BSET	071	Copies the same word to a range of consecutive words.

Symbol	BSET	
	Symbol	Meaning
	S	S: Source word
	St	St: Starting word
	E	E: End word

รูปที่ ข.9 อธิบายฟังก์ชัน BSET

Sample program

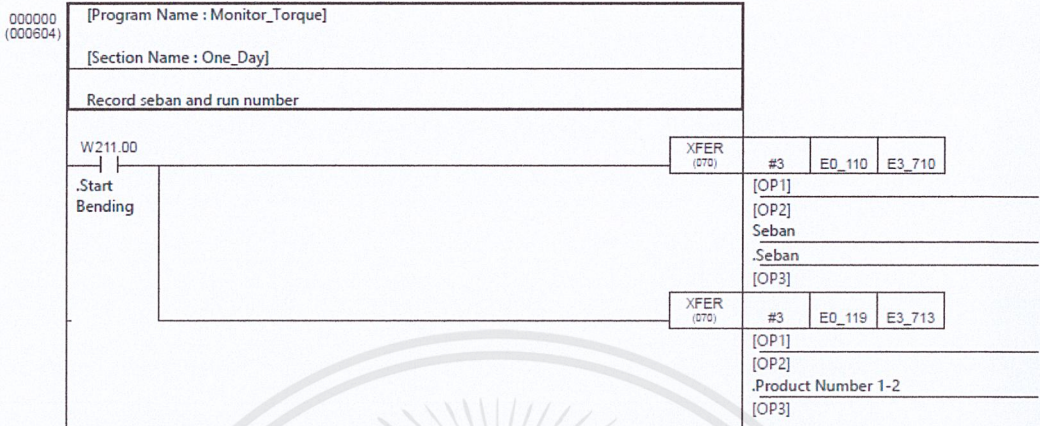
When CIO 0.00 is ON in the following example, the source data in D100 is copied to D200 through D209.



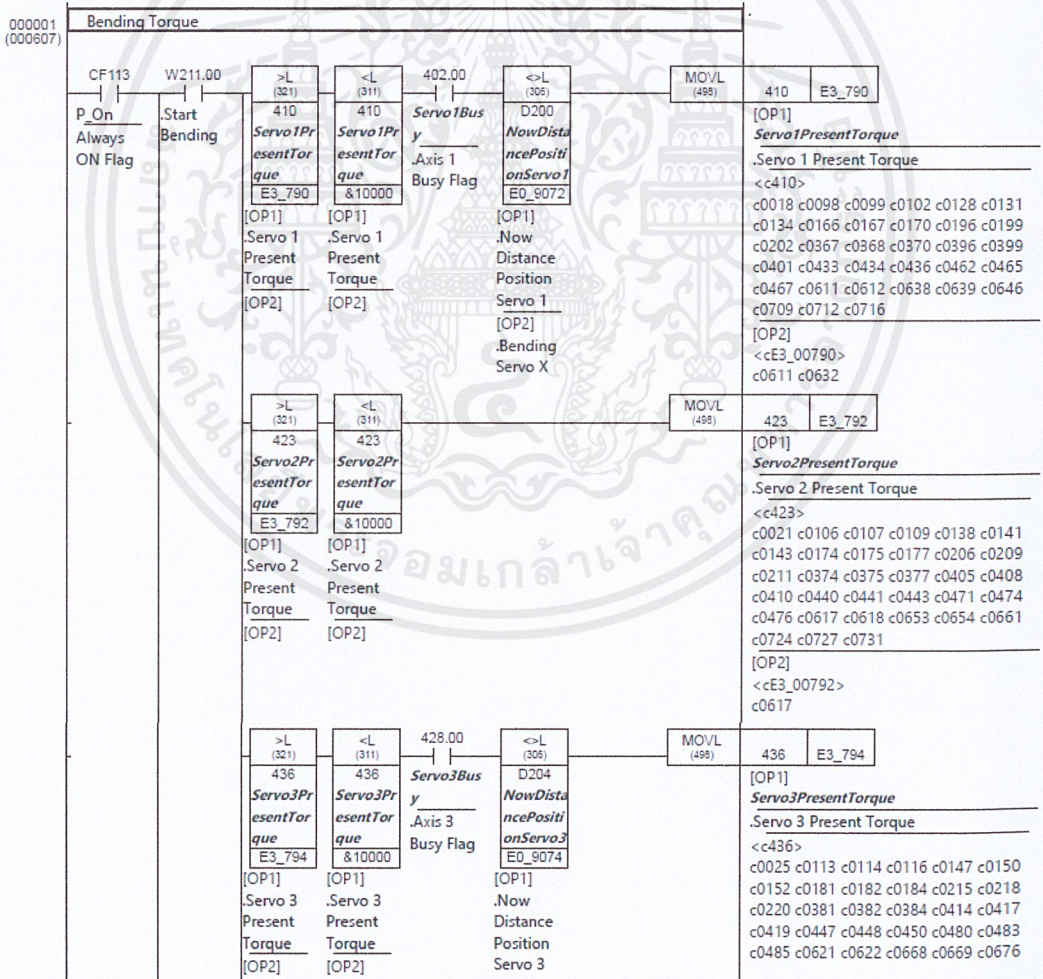
รูปที่ ข.10 ตัวอย่างการใช้ฟังก์ชัน BSET

ภาคผนวก ค

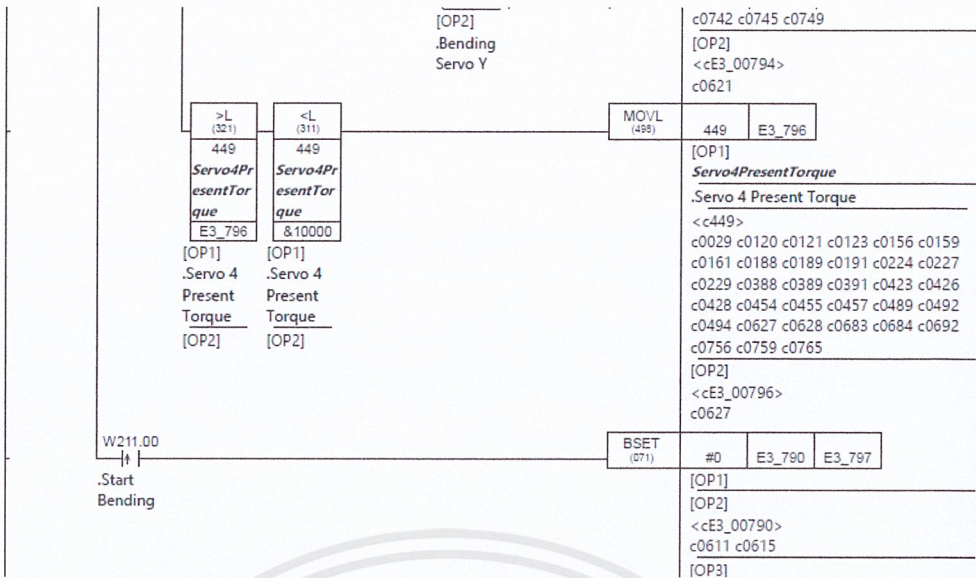
การเขียนแลตเตอร์เพื่อเก็บข้อมูลไว้ในหน่วยความจำพีแอลซี



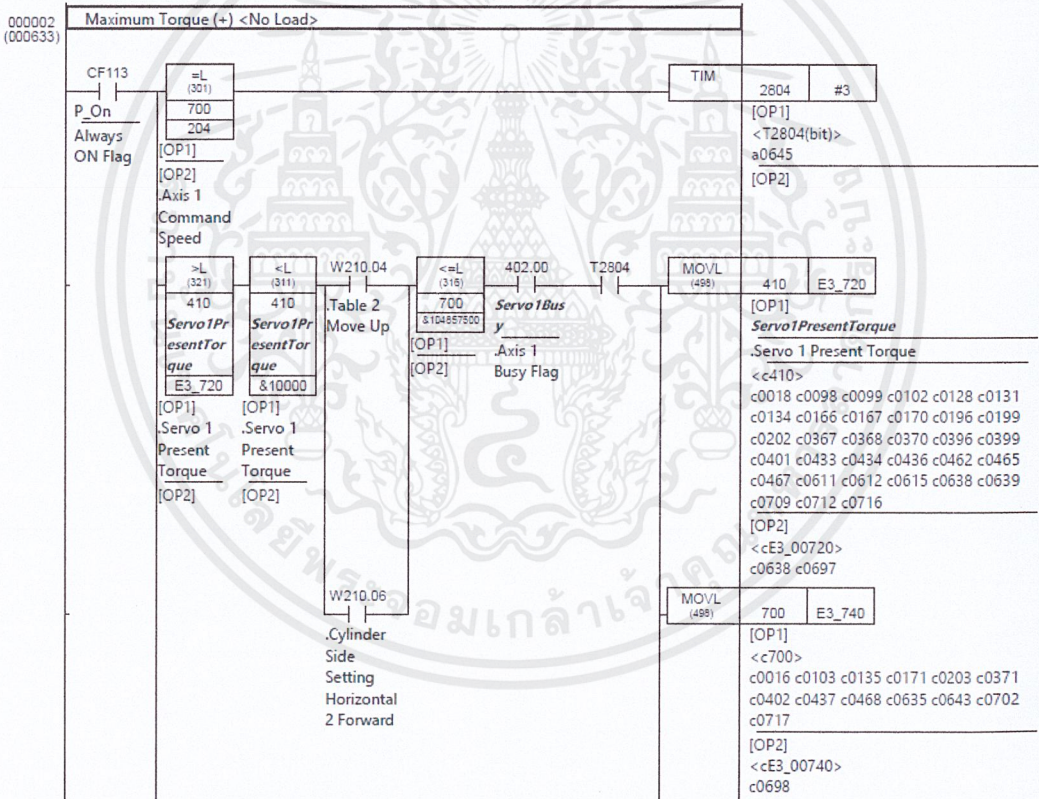
รูปที่ ค.1 แลตเตอร์เก็บข้อมูลของ Seban และ Run number



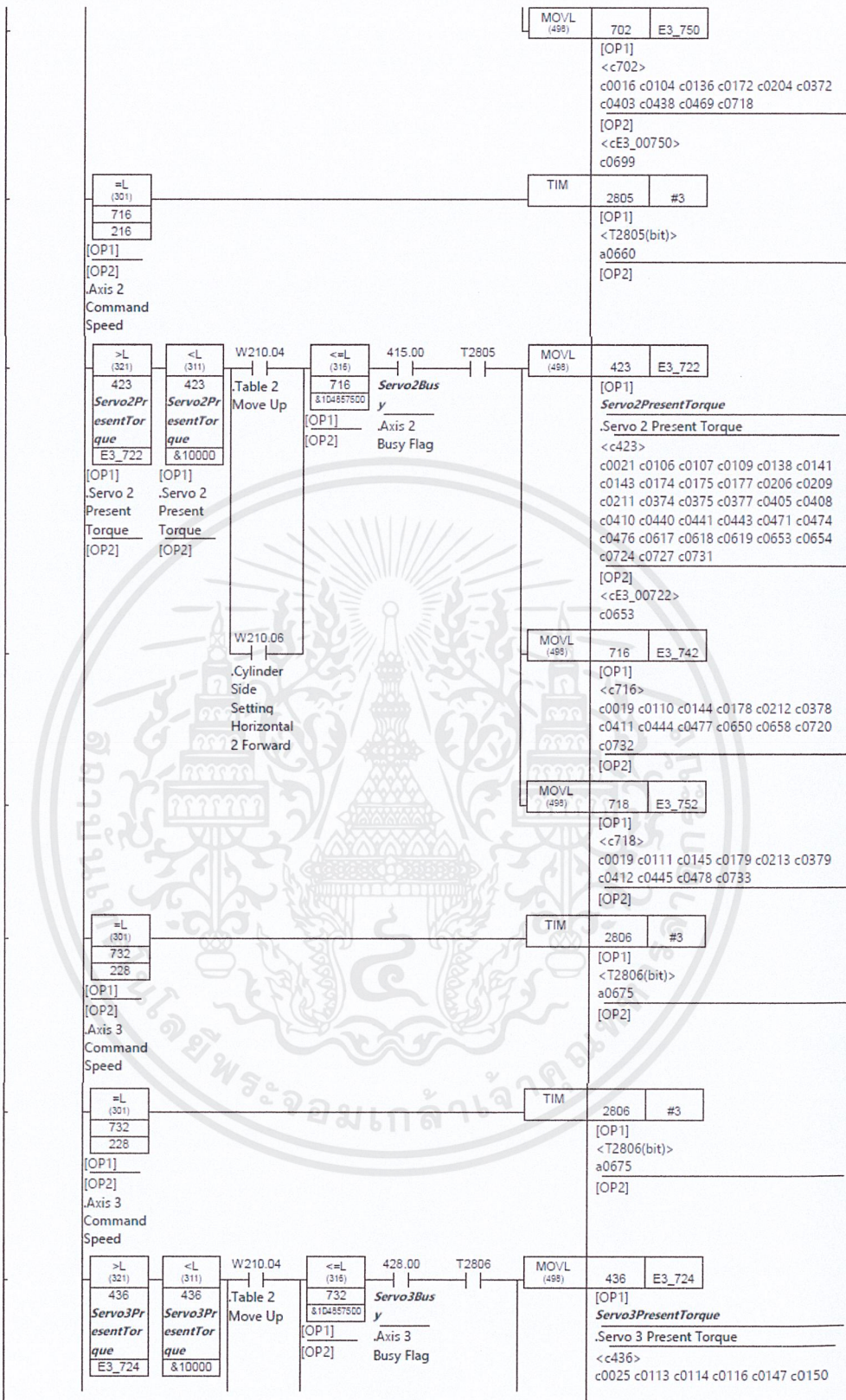
(ต่อ)



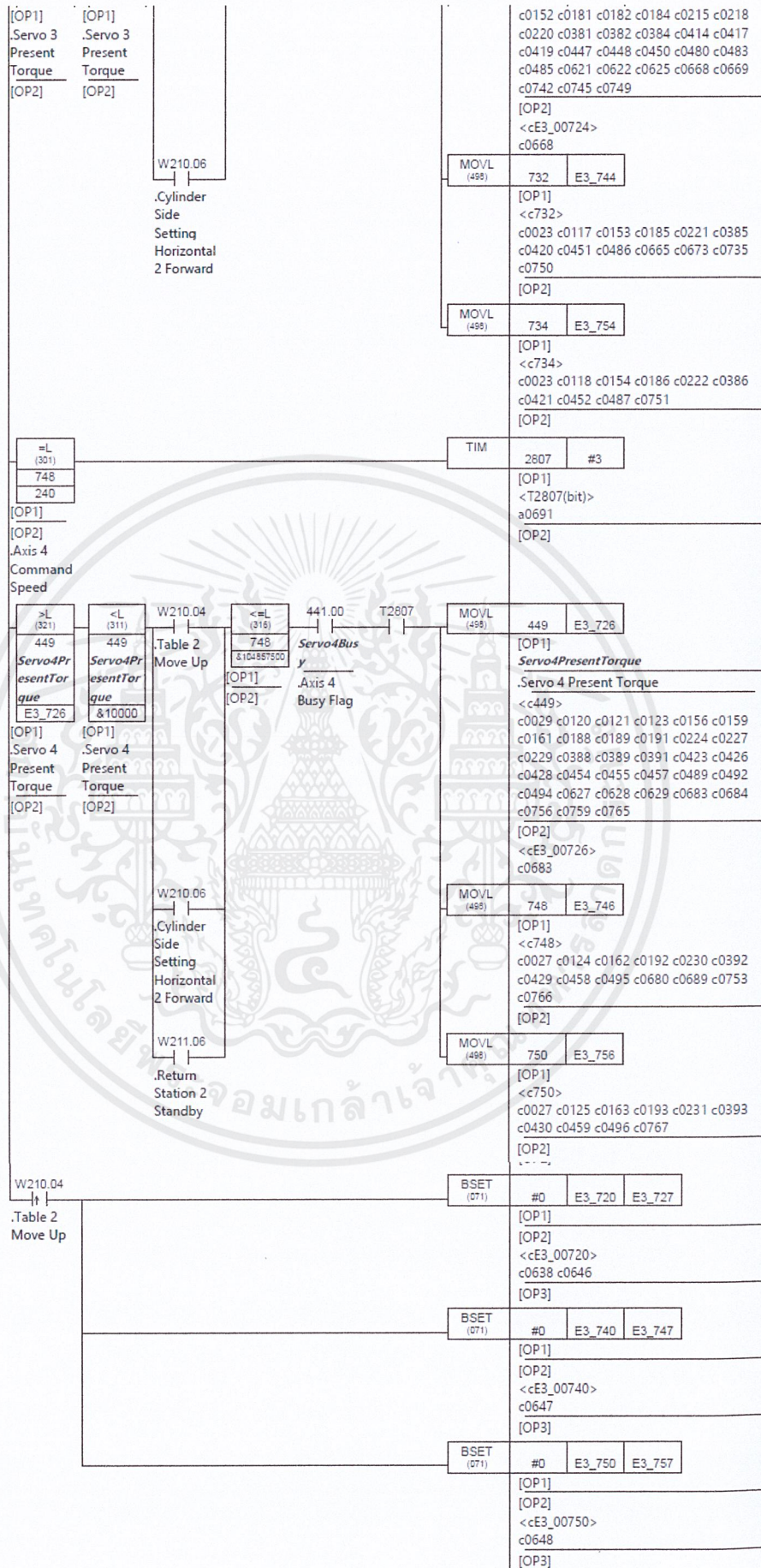
รูปที่ ค.2 แลตเตอร์การเก็บข้อมูลแรงบิดขณะตัด



(ต่อ)

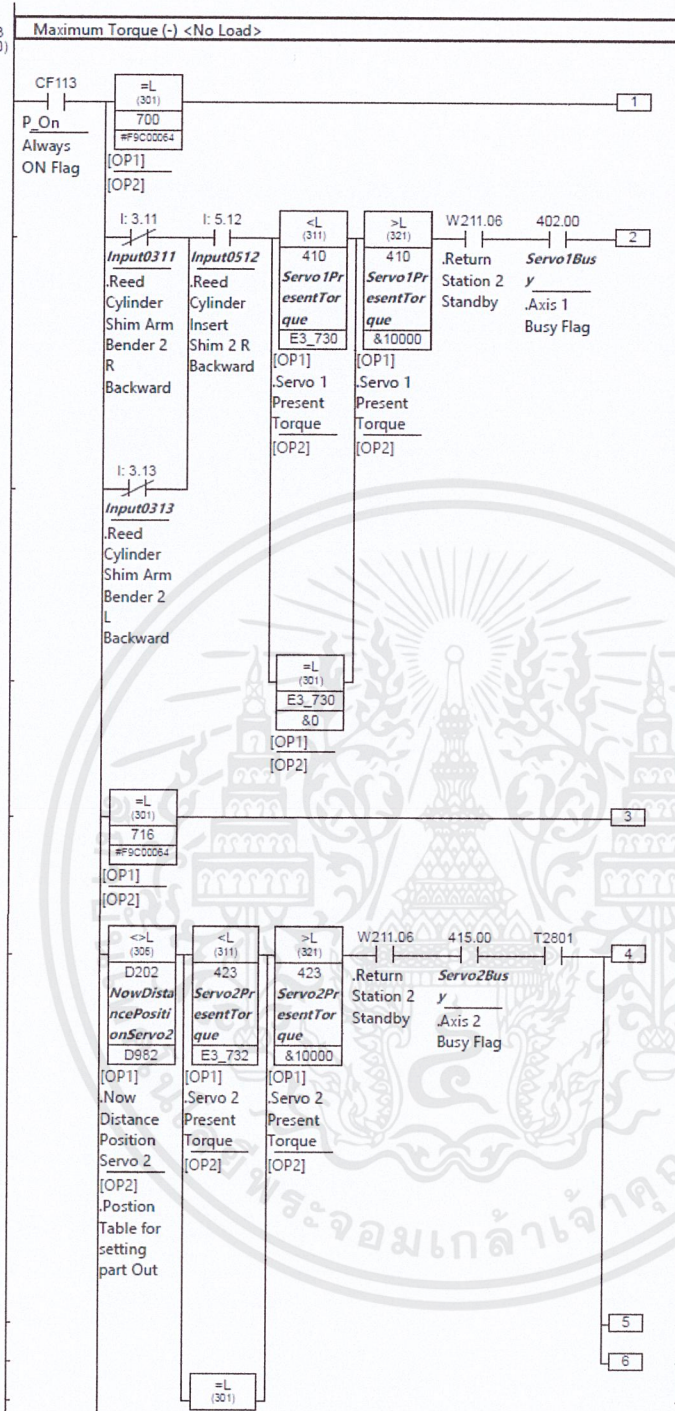


(ต่อ)



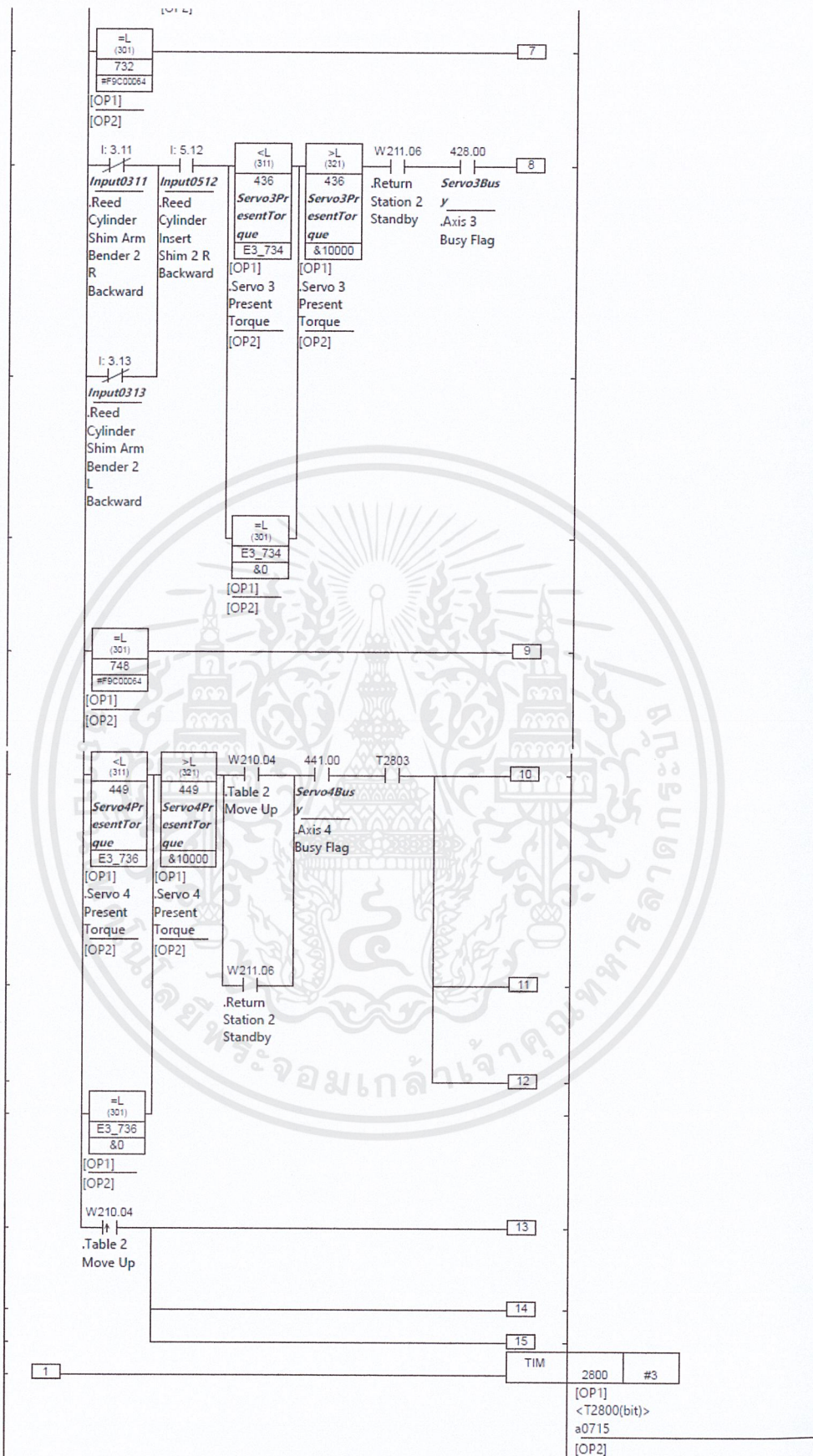
รูปที่ ค.3 แลตเตอร์การเก็บข้อมูลแรงบิดไปข้างหน้าขณะไม่มีภาระทางกล

000003
(000700)



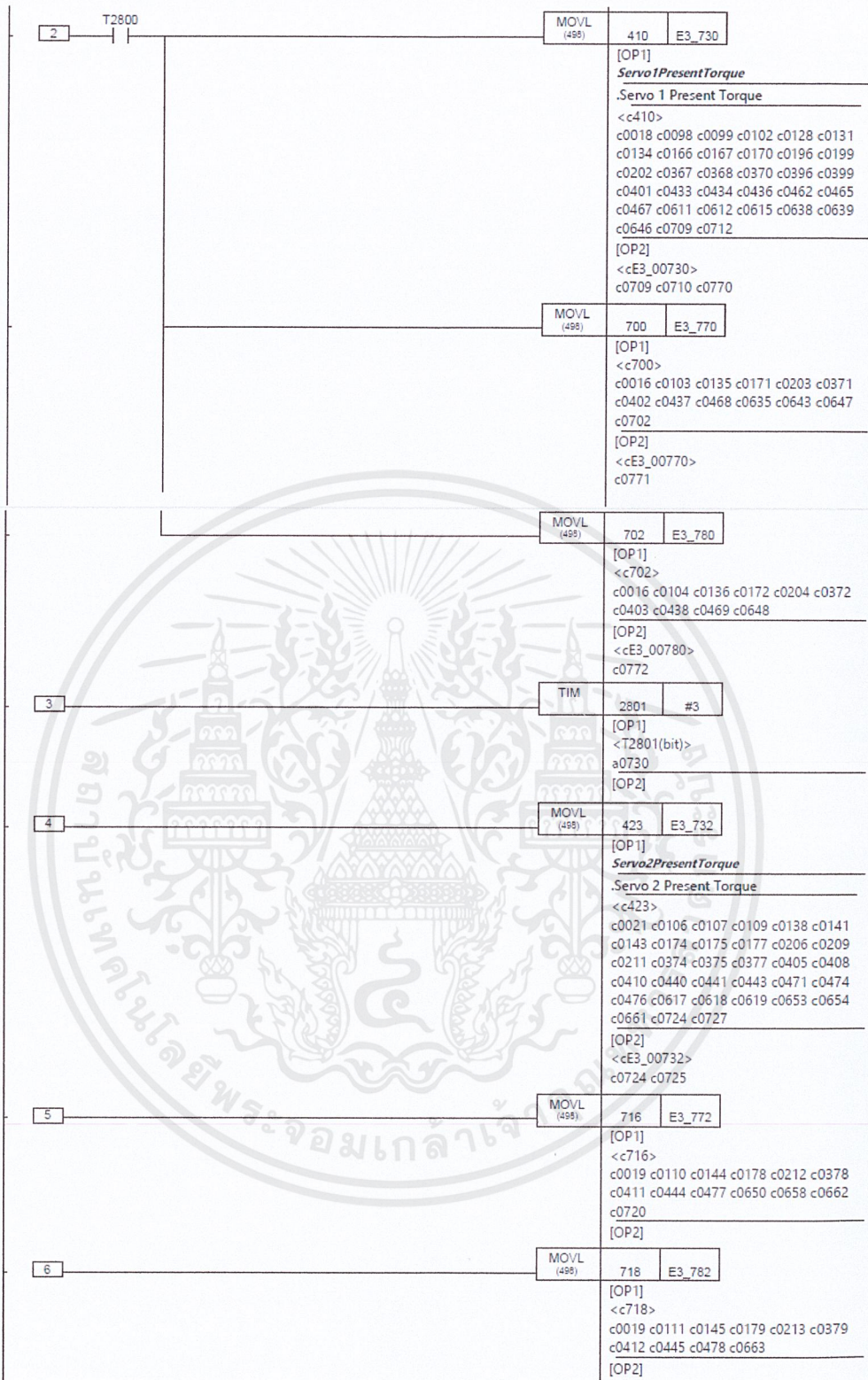
(ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 80 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



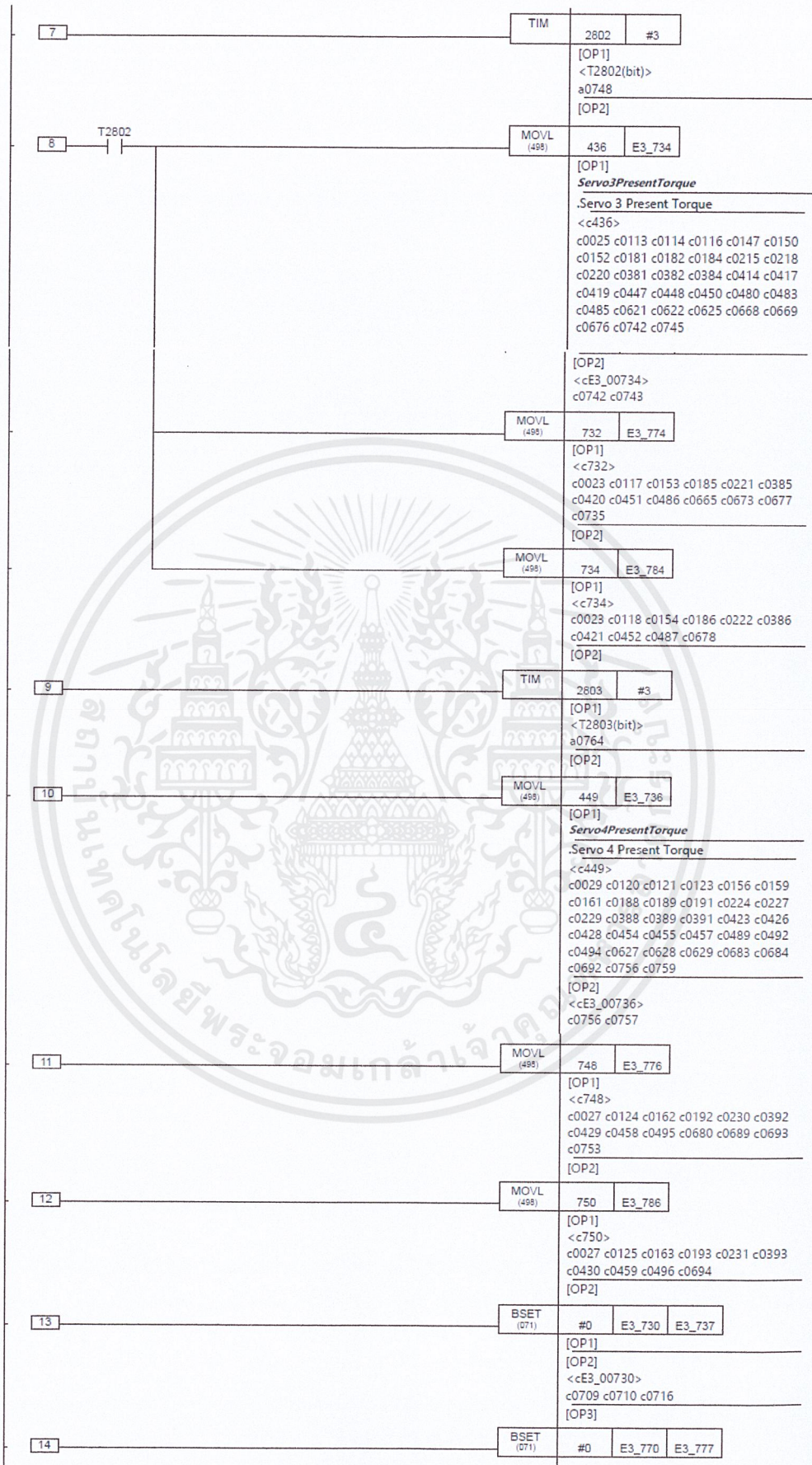
(ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



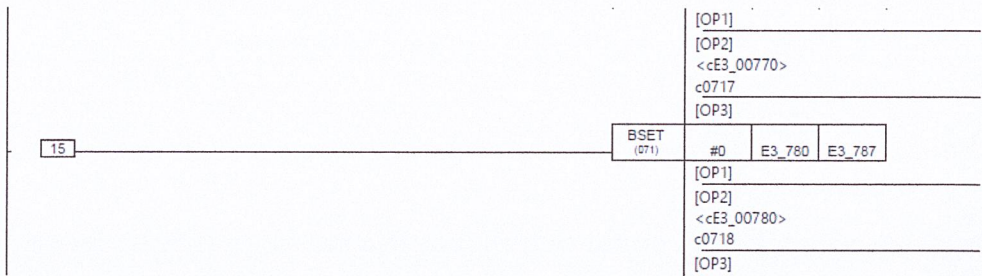
(ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

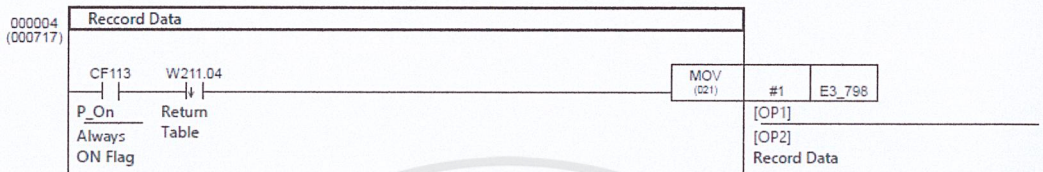


(ต่อ)

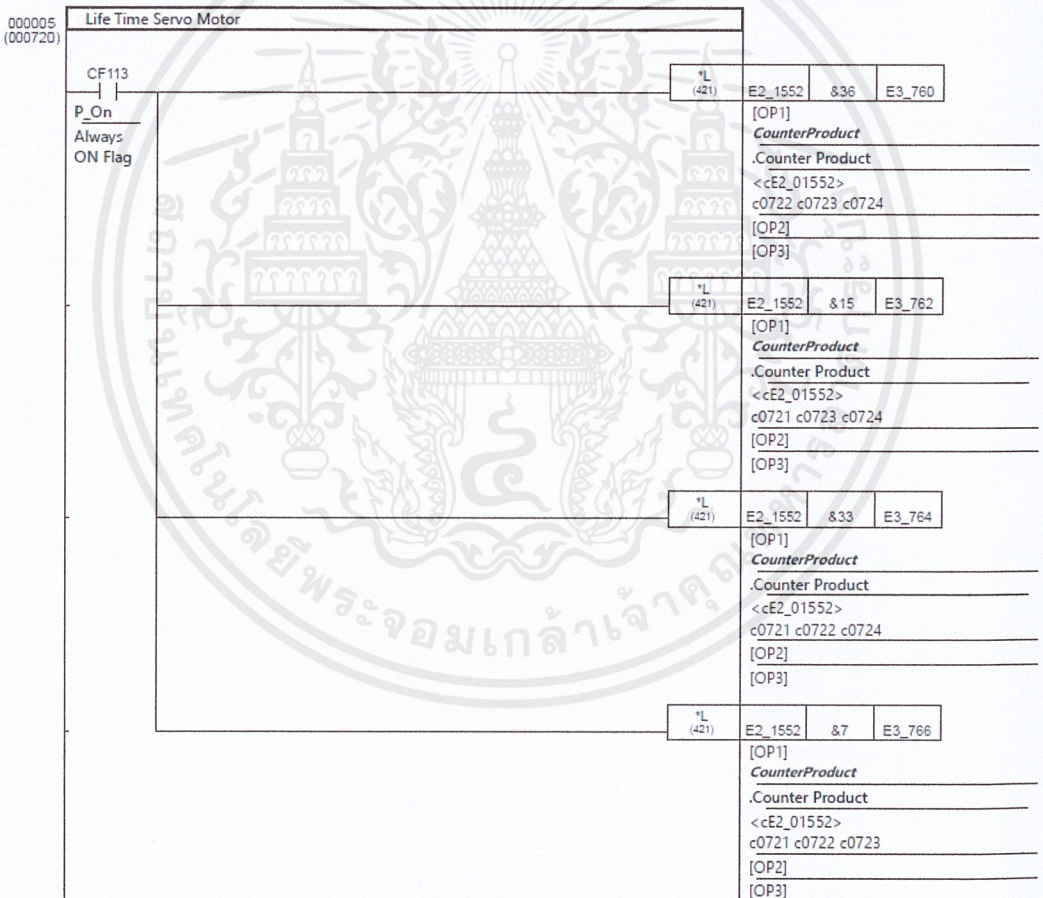
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา 83 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.4 แลตเตอร์การเก็บข้อมูลแรงบิดไปข้างหน้าขณะไม่มีภาระทางกล



รูปที่ ค.5 แลตเตอร์แสดงตำแหน่งของหน่วยความจำของพีแอลซีที่พีซีใช้อ้างอิงสำหรับสั่งเก็บข้อมูล



รูปที่ ค.6 แลตเตอร์แสดงการคำนวณเวลาการใช้งานของเซอร์โวมอเตอร์

ประวัติผู้เขียน



- ชื่อ-นามสกุล : นางสาวสุจินดา รุ่งเรือง
วัน เดือน ปีเกิด : 4 กันยายน 2540
ภูมิลำเนา : บ้านเลขที่ 131 หมู่ 15 ตำบลห้วยหม้าย อำเภอสอง จังหวัดแพร่ 54120
อีเมลล์ : 59011425@kmitl.ac.th
ประวัติการศึกษา : ระดับปริญญาตรี
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า หลักสูตรวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ระดับมัธยมศึกษา
โรงเรียนนารีรัตน์จังหวัดแพร่
ประวัติการทำงาน : 5 สิงหาคม - 22 พฤศจิกายน พ.ศ. 2562
นักศึกษาสหกิจศึกษา แผนก Manufacturing System Innovation
Daikin Industries (Thailand) Ltd.
4 มิถุนายน - 31 กรกฎาคม พ.ศ. 2562
นักศึกษาฝึกงาน แผนก Manufacturing System Innovation
Daikin Industries (Thailand) Ltd.