รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

เครื่องทอร์กสกรูอัตโนมัติโดยใช้หุ่นยนต์

Automated Torque Screw by Robotic

นางสาวกุลสินี ศรีใจ

นายณัฐพล มาลัย

หลักสูตรวิศวกรรมระบบควบคุม

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561

รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

เครื่องทอร์กสกรูอัตโนมัติโดยใช้หุ่นยนต์

Automated Torque Screw by Robotic

นางสาวกุลสินี ศรีใจ

นายณัฐพล มาลัย

หลักสูตรวิศวกรรมระบบควบคุม

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงงาสหกิจศึกษา	เครื่องทอร์กสกรูอัตโนมัติโดยใช้หุ่นยนต์
ชื่อ - สกุล นักศึกษา	นางสาวกุลสินี ศรีใจ
	นายณัฐพล มาลัย
ภาควิชา	วิศวกรรมการวัดและควบคุม
คณะ	วิศวกรรมศาสตร์
ชื่อ - สกุล อาจารย์นิเทศ	ผศ.ดร.ทัตยา ปุคคละนันทน์
ชื่อ - สกุล ผู้นิเทศงาน	นายสรกฤษณ์ วิทยานันท์
ชื่อสถานประกอบการ	บริษัท ซิเลซติกา (ประเทศไทย) จำกัด

บทคัดย่อ

โครงงานสหกิจศึกษานี้นำเสนอการทอร์กสกรูอัตโนมัติโดยนำหุ่นยนต์มาใช้ในการทอร์กสกรูแทนแรงงานคน ซึ่งสามารถช่วยลดปัญหาที่เกิดขึ้นเนื่องจากการทำงานของผู้ปฏิบัติงานในไลน์การผลิตได้ อาทิ เช่น ความผิดพลาดในการทอร์กสกรู การแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นไม่ถูกวิธี คุณภาพของชิ้นงานไม่ได้มาตรฐาน ค่า UPH (Unit Per Hours) ที่สูงกว่าที่ตั้งไว้ เป็นต้น ซึ่งการนำหุ่นยนต์มาใช้จะสามารถช่วยลดปัญหาดังกล่าวที่เกิดขึ้นได้ โดยระบบการทอร์กสกรูแบบใหม่นั้นจะเป็นระบบการทำงานร่วมกันระหว่าง PLC กับ ABB Robot โดยสั่งงานผ่าน HMI ซึ่งระบบที่ออกแบบมาใหม่นั้นง่ายต่อการใช้งานและมีความยืดหยุ่นในการใช้งานกล่าวคือสามารถเพิ่มโมเดลที่ต้องการทอร์กเข้ามาใหม่ได้เรื่อย ๆ โดยภายในโครงงานจะมีการระบุขั้นตอนการปฏิบัติงานตั้งแต่การออกแบบการ Wiring I/O ของอุปกรณ์ต่าง ๆ ตลอดจนการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ผ่านโปรแกรม RobotStudio และเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของ PLC ผ่านโปรแกรม TIA Portral

คำสำคัญ : UPH, ABB Robot, Robot Studio, TIA Potral

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Cooperative Title:	Automated Torque Screw by Robotic
Student interns name:	Ms. Kullasinee Srijai
	Mr. Nutthaphon Malai
Department:	Instrumentation and Control Engineering
Faculty:	Engineering
Advisor name:	Asst.Prof.Dr. Tattaya Pukkalanun
Mentor name:	Mr.Sorakrit Witthayanan
Company:	Celestica (Thailand) Co., Ltd

ABSTRACT

This cooperative project presents automatic screw torqueing by applying robot to the torque screw instead human. Which can help reduce problems caused by the work of the operator in the production line, such as the error in the torque screw, troubleshooting Incorrect, the quality of workpieces is non – standard, UPH (Unit Per Hours) value that is higher than the set, etc. The use of robot can help reduce such problems. New torque screw system which is a collaboration system between ABB Robot and PLC via HMI Screen. The newly designed system is easy to use and flexible to use able to add models that require a new torque to be added in the project. This project has identified the procedure since designing wiring I/O of various devices as well as writing program to control the robot's work through RobotStudio program and writing program to control the PLC's work through TIA Portal program.

Keyword: UPH, ABB Robot, Robot Studio, TIA Potral

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ในการจัดทำโครงงานสหกิจศึกษาเล่มนี้ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท ซิเลชติกา (ประเทศไทย) จำกัด ที่ให้โอกาสในโครงงานสหกิจศึกษา อีกทั้งขอขอบพระคุณ คุณสรกฤษณ์ วิทยานันท์ ซึ่งเป็นผู้นิเทศงานที่คอยให้ความรู้และการดูแลตลอดระยะเวลาหกเดือนที่ผ่านมา ขอขอบพระคุณพนักงานทุกท่านในแผนก Automation Development Center (ADC) ที่คอยให้คำแนะนำในการทำงานเป็นผลให้โครงงานเล่มนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ทัตยา ปุคคละนันทน์ ที่ได้ให้คำแนะนำและความช่วยเหลือแก่ผู้จัดทำตลอดมา ขอขอบคุณอาจารย์สาขาวิชาวิศวกรรมระบบควบคุมทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำ ตลอดจนช่วยเหลืออันเป็นประโยชน์ต่อการทำรายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์ฉบับนี้

ผู้จัดทำรายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์ขอขอบพระคุณทุกท่านอย่างสูงที่ให้การสนับสนุนเอื้อเฟื้อให้ความอนุเคราะห์ช่วยเหลือ และประโยชน์อันพึงมีจากรายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์ฉบับนี้ผู้จัดทำขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

กุลสินี ศรีใจ
ณัฐพล มาลัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II
กิตติกรรมประกาศ III
สารบัญ IV
สารบัญภาพ IX
สารบัญตาราง XII
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 1
1.3 ขอบเขตของการดำเนินงาน 2
1.4 ขั้นตอนการศึกษา 2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 5
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 6
2.1 แนวคิดและกระบวนการทำงานของเครื่องทอร์กสกรูอัตโนมัติโดยใช้หุ่นยนต์ 6
2.1.1 แนวคิดและที่มา 6
2.1.2 กระบวนการทำงานของเครื่องทอร์กสกรูอัตโนมัติโดยใช้หุ่นยนต์ 6
2.2 พีแอลซี (PLC) 7
2.3 โครงสร้างพีแอลซี (PLC Structure) 8
2.3.1 ซีพียู (CPU: Central Process Unit) 9
2.3.2 หน่วยความจำ (Memory Unit) 9
2.3.2.1 หน่วยความจำชั่วคราว (RAM: Random Access Memory) 9
2.3.2.2 หน่วยความจำถาวร (ROM: Read Only Memory) 10
2.3.3 ภาคอินพุต (Input Unit) 10
2.3.3.1 วงจรภาคอินพุต (Input Circuit PLC) 11
2.3.3.1.1 ดิจิทัลอินพุต (Digital Input) 11
2.3.3.1.2 แอนะล็อกอินพุต (Analog Input Type) 14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.3.4 ภาคเอาต์พุต (Output Unit) 16
2.3.4.1 ดิจิทัลเอาต์พุต (Digital Output) 17
2.3.4.1.1 เอาต์พุตชนิด Relay Contact Output 17
2.3.4.1.2 เอาต์พุตชนิดทรานซิสเตอร์ (Transistor Output) 18
2.3.4.1.3 เอาต์พุตชนิดโซลิตสเตรทรีเลย์ (Solid State Relay: SSR) 21
2.3.4.2 แอนะล็อกเอาต์พุต (Analog Output) 23
2.3.5 ภาคแหล่งจ่ายพลังงาน (Power Supply Unit) 24
2.4 ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมพีแอลซี 26
2.5 พีแอลซี Siemens S7 - 1200 27
2.6 STEP 7 (TIA Portal) 28
2.6.1 ส่วนประกอบโปรแกรม TIA Portal Version 14 28
2.6.1.2 Portal view หรือหน้าต่างแรกของโปรแกรม TIA Portal V14 28
2.6.1.2 Project view หรือหน้าต่างการทำงานสำหรับสร้างและแก้ไขโปรเจค 29
2.6.1 การกำหนดตำแหน่งของอินพุต เอาต์พุต และหน่วยความจำ 30
2.6.2 โอเปอร์แรนด์ (Operand) 32
2.6.4 ชนิดของบล็อกสำหรับ Simatic S7 32
2.6.5 แถบเครื่องมือมาตรฐาน 33
2.6.6 แถบเครื่องมือตรวจแก้ 34
2.6.7 แถบเครื่องมือคำสั่ง 35
2.7 IRB 910SC SCARA 36
2.7.1 ความยาวแขนที่แตกต่าง 3 ระยะ 36
2.7.2 การประยุกต์ใช้งาน 36
2.8 IRC5 Compact Controller 37
2.8.1 IRC5 Compact 38
2.8.2 ความปลอดภัย 38
2.8.3 การควบคุมการเคลื่อนไหว 38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.8.4 ภาษาการเขียนโปรแกรม RAPID 38
2.8.5 การสื่อสาร 38
2.8.6 FlexPendant 38
2.8.7 เปิดใช้งานบริการในระยะไกล 39
2.8.8 RobotStudio 39
2.9 RobotStudio 39
2.9.1 Ribbon Area 39
2.9.1.1 Tab 40
2.9.1.2 Groups 40
2.9.1.3 Control Ribbon 41
2.9.2 Working Area 41
2.9.3 Dockable Areas 42
2.10 Micro Torque Screwdriver 43
2.10.2 Features 43
2.10.2 หลักการการทอร์กสกรู 44
2.11 Vision Sensor 44
2.11.1 features 45
2.11.2 การติดตั้งโปรแกรม 46
2.11.2.1 SensoFind 46
2.11.2.2 SensoConfig 46
2.11.2.3SensoView & SensoWeb 47
บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงาน 48
3.1 แนวคิด 48
3.1.1 รูปแบบการทอร์กสกรูของระบบการผลิตแบบเก่า 49
3.1.2 รูปแบบการทอร์กสกรูของระบบการผลิตแบบใหม่ 49
3.2 วิธีการดำเนินงาน 50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2.1 ออกแบบ Flow Chart การทำงานของระบบ 50
3.2.2 ออกแบบ I/O Wiring ของพีแอลซี 50
3.2.3 ออกแบบ I/O Wiring ของ Controller ABB Robot 52
3.2.4 การติดต่อสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ 52
3.2.4.1 การติดต่อสื่อสารผ่านระบบ PROFINET 53
3.2.4.2 การติดต่อสื่อสารผ่านระบบ TCP/IP 58
3.2.4.3 การติดต่อสื่อสารผ่านระบบ DeviceNet 59
3.2.5 การ Configuration โปรแกรมของ Atlas Auto Torque Driver 60
3.2.6 แกน WorkObject ของ Fixture 63
3.2.7 วิธีการคำนวณหา Delta X, Delta Y 63
3.2.7.1 การคำนวณหา Delta X, Delta Y และ Angle สำหรับ Wobj1 63
3.2.7.2 การคำนวณหา Delta X, Delta Y และ Angle สำหรับ Wobj2 65
3.2.8 การสร้าง Detector ในโปรแกรม VISOR Vision sensor 67
3.2.9 การเขียนโปรแกรมควบคุมการทอร์กสกรูของ ABB Robot 71
3.2.10 การใช้โปรแกรม TIA Portal 77
3.2.10.1 Create New Project 77
3.2.10.2 Configure Device 77
3.2.10.3 Program blocks 78
3.2.10.4 Create parameter 79
3.2.10.5 Download Program to PLC 79
3.2.10.6 Create Screen 80
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน 81
4.1 กล่าวนำ 81
4.2 ขั้นตอนการทดสอบ 81
4.3 ผลการทดสอบ 81
4.3.1 ผลการทดสอบการทอร์กสกรูของโมเดล Agelnib 81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.3.2 ผลการทดสอบการทอร์กสกรูของโมเดล Bellatrix 82

4.3.3 ผลการทดสอบการทอร์กสกรูของโมเดล Pegatrix Slim 83

4.3.4 Percent Yield ในการทอร์กของแต่ละโมเดล 83

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 82

5.1 สรุปผล 82

5.2 ปัญหาและวิธีการแก้ปัญหา 82

5.2.1 ปัญหาที่พบ 82

5.2.2 วิธีการแก้ไขปัญหา 82

5.2.3 ข้อเสนอแนะ 82

เอกสารอ้างอิง 84

ภาคผนวก 86

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 Main Diagram 7
2.2 ตัวอย่างพีแอลซี S7-1200 ของ Siemens 7
2.3 โครงสร้างและส่วนประกอบของโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ 8
2.4 แสดงอุปกรณ์อินพุตต่างๆ 10
2.5 ตัวอย่างวงจรอินพุตไฟตรง 11
2.6 การต่อวงจรอินพุตแบบ DC Source/Sink 12
2.7 วงจรอินพุตแบบ AC 13
2.8 การต่อวงจรอินพุตแบบ AC 14
2.9 สัญญาณแบบต่างๆ ที่ส่งให้แอนะล็อกอินพุต 15
2.10 ไดอะแกรมการส่งข้อมูลแอนะล็อกให้พีแอลซี 15
2.11 วงจรแอนะล็อกอินพุตของพีแอลซี 16
2.12 กลุ่มอุปกรณ์ที่ต่อกับภาคเอาต์พุตพีแอลซี 16
2.13 วงจรเอาต์พุตแบบรีเลย์ 17
2.14 วงจรภายในเอาต์พุตทรานซิสเตอร์แบบ NPN 18
2.15 การต่อใช้งานเอาต์พุตทรานซิสเตอร์แบบ NPN 19
2.16 วงจรภายในเอาต์พุตทรานซิสเตอร์แบบ PNP 20
2.17 การต่อใช้งานเอาต์พุตทรานซิสเตอร์แบบ PNP 20
2.18 วงจรภายในเอาต์พุตโซลิตสเตรทรีเลย์ 21
2.19 การต่อใช้งานเอาต์พุต SSR 22
2.20 ส่งสัญญาณแบบกระแส/แรงดันของอนาลอกเอาต์พุต 23
2.21 ตำแหน่งขั้วอนาลอกเอาต์พุต 24
2.22 ไดอะแกรมภาคแหล่งจ่ายไฟพีแอลซี 24
2.23 วงจรแลดเดอร (PLC Ladder Logic Diagram) 26
2.24 SIMATIC S7-1200 27
2.25 หน้าต่าง Portal view 28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

2.26 Project view 29
2.27 แถบเครื่องมือมาตรฐาน 33
2.28 แถบเครื่องมือตรวจแก้ 34
2.29 แถบเครื่องมือคำสั่ง 35
2.30 ความยาวแขนของ IRB 910SC ที่ระยะ 450 มม., 550 มม. และ 650 มม. ตามลำดับ 36
2.31 IRC5 Compact Controller 37
2.32 FlexPendant 38
2.33 หน้าต่างโปรแกรม RobotStudio 39
2.34 Ribbon Area แสดงแถบเครื่องมือ 40
2.35 Ribbon Area แสดง Groups 40
2.36 3D View 41
2.37 Event Manager 42
2.38 Micro Torque Tightening MTF6000 43
2.39 กระบวนการ Tightening 3 ขั้นตอน 44
2.40 VISOR V10 Object sensor 45
2.41 หน้าต่าง SensoFind 46
2.42 หน้าต่าง SensoConfig 47
2.43 SensoView & SensoWeb 47
3.1 แสดง Flowchart การทำงานของระบบ 48
3.2 แสดงพื้นที่สำหรับการทำการทอร์กสกรูของ Operator 49
3.3 แสดงพื้นที่สำหรับการทอร์กสกรูของหุ่นยนต์ 50
3.4 แสดงการออกแบบการ Wiring อินพุตของพีแอลซี 51
3.5 แสดงการออกแบบการ Wiring เอาต์พุตของพีแอลซี 51
3.6 แสดงการออกแบบ I/O Wiring ของ Controller ABB Robot 52
3.7 แสดงการติดต่อสื่อสาร (communication) ของอุปกรณ์ต่างๆในระบบ 53
3.8 แสดงหน้าต่างโปรแกรม ToolsTalk MT 60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

3.9 แสดง Pset ในโปรแกรม ToolsTalk MT 61
3.10 การเซตค่าสำหรับการ Tightening ที่มี Step Style แบบ Thread Engagement Step 61
3.11 แสดงการเซตค่าสำหรับการ Tightening ที่มี Step Style แบบ Angle Step 62
3.12 แสดงการเซตค่าสำหรับการ Tightening ที่มี Step Style แบบ Angle Step 62
3.13 แสดงการเซตค่าสำหรับการ Loosing 62
3.14 แสดง WorkObject ของแผ่นเพลตทั้ง 2 ด้านที่ใช้สำหรับการทอร์กสกรู 63
3.15 แสดงการคำนวณหามุม **θ** 64
3.16 แสดงตำแหน่ง Frequencial Mark เพื่อใช้คำนวณหามุม 65
3.17 แสดงการคำนวณหามุม **θ** 66
3.18 แสดงตำแหน่ง Frequencial Mark เพื่อใช้คำนวณหามุม 67
3.19 แสดงหน้าต่างโปรแกรม VISOR Vision sensor 68
3.20 แสดงการสร้าง Job ขึ้นมาใหม่ โดยการคลิกที่ New 68
3.21 แสดงการ Calibration ของกล้องโดยใช้วิธี Scaling (Measurement) 69
3.22 แสดงการสร้าง Detector ขึ้นมาใหม่ โดยใช้ Detector แบบ Contour Detection 69
3.23 แสดงการครอบ Detector รอบ Frequencial Mark 70
3.24 แสดงการแก้ไข Interfaces ของ Output 70
3.25 แสดงการแก้ไข Telegram ของ Output 70
3.26 แสดงการ Start Sensor 71
3.27 แสดงหน้าต่างโปรแกรม RobotStudio 71
3.28 แสดงการ Add Controller ของ ABB Robot 72
3.29 แสดงการสร้างสัญญาณที่รับ Model ที่ถูกเลือกจากพีแอลซี 72
3.30 แสดงฟังก์ชัน Read_Name_Model 73
3.31 แสดงฟังก์ชัน ReadNumber_Model_P1 และ ReadNumber_Model_P2 74
3.32 แสดงตัวอย่าง robtarget ที่สร้างจากตำแหน่ง Frequencial Mark 74
3.33 แสดงตัวอย่าง robtarget ที่สร้างจากตำแหน่งทอร์ก 75
3.34 แสดงสมการการคำนวณหา DeltaAngle 75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

3.35 แสดงฟังก์ชัน Change_job ใน Special_module 76
3.36 แสดงการ Create New Project ในโปรแกรม TIA Portal 77
3.37 แสดงการ Configure Device 77
3.38 หน้าต่าง Device View 78
3.39 การ Create parameter ใน Data Block 79
3.40 Download Program to PLC 80
3.41 การออกแบบหน้าจอ HMI 80
4.1 กราฟแสดงเวลาที่ใช้ในการทอร์กสกรูในแต่ละบอร์ดของโมเดล Agelnib 81
4.2 กราฟแสดงเวลาที่ใช้ในการทอร์กสกรูในแต่ละบอร์ดของโมเดล Bellatrix 82
4.3 กราฟแสดงเวลาที่ใช้ในการทอร์กสกรูในแต่ละบอร์ดของโมเดล Pegatrix Slim 83
ข.1 แสดงระบบการทอร์กสกรูอัตโนมัติโดยใช้หุ่นยนต์ 100
ข.2 แสดง ABB Robot และ Tool ที่ใช้สำหรับการทอร์กสกรู 100
ข.3 แสดง HMI ที่ใช้สำหรับควบคุมการทอร์กสกรู 101
ข.4 แสดงการ Wiring ในส่วนของ PLC Controller 101
ข.5 แสดง Base ของระบบการทอร์กสกรูอัตโนมัติโดยใช้หุ่นยนต์ 102
ข.6 แสดง Fixture ของโมเดล Agelnib 102
ข.7 แสดง Fixture ของโมเดล Bellatrix 103
ข.8 แสดง Fixture ของโมเดล Pegatrix Slim 103

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1.1 ระยะเวลาการทำงาน 3

2.1 ตัวอย่างคุณสมบัติภาคอินพุต (DC) 12

2.2 คุณสมบัติภาคอินพุต (AC) 13

2.3 คุณสมบัติภาคเอาต์พุตชนิดรีเลย์ 18

2.4 คุณสมบัติภาคเอาต์พุตทรานซิสเตอร์แบบ NPN 19

2.5 คุณสมบัติภาคเอาต์พุตทรานซิสเตอร์แบบ PNP 21

2.6 คุณสมบัติภาคเอาต์พุตแบบโซลิตสเตรทรีเลย์ (SSR) 22

2.7 แสดงตัวอักษรที่ใช้ในการกำหนดตำแหน่งของอินพุต เอาต์พุต และหน่วยความจำ 30

2.8 แสดงตัวอักษรที่ใช้ในการกำหนดตำแหน่งและขนาดของอินพุต เอาต์พุต และหน่วยความจำ..... 30

2.9 การกำหนดตัวอักษรให้กับอินพุตเอาต์พุตและหน่วยความจำของพีแอลซี 31

3.1 แสดง I/O Mapping via PROFINET ของ ABB Robot 55

3.2 แสดง I/O Mapping via PROFINET ของพีแอลซี 56

3.3 แสดง Command การสื่อสารผ่านโปรโตคอล TCP/IP 58

3.4 แสดง I/O Mapping via DeviceNet ของ ABB Robot 60

4.1 แสดง Percent Yield ในการทอร์กของแต่ละโมเดล 83

ก.1 แสดงผลการทอร์กสกรูของโมเดล Agelnib 87

ก.2 แสดงผลการทอร์กสกรูของโมเดล Bellatrix 90

ก.3 แสดงผลการทอร์กสกรูของโมเดล Prgatrix Slim 93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ในปัจจุบันภาคอุตสาหกรรมการผลิตมีอัตราการแข่งขันที่เพิ่มสูงขึ้นซึ่งมีสาเหตุมาจากหลากหลายปัจจัย อาทิเช่น การเกิดตลาดใหม่ การเพิ่มขึ้นของคู่แข่งขันในภูมิภาคและประเทศคู่แข่งทางการผลิตที่มีความพร้อมของค่าจ้างแรงงาน ทำให้เกิดผลกระทบต่ออุตสาหกรรมการผลิตในไทยทั้งด้านต้นทุน คุณภาพและความสามารถในการผลิต จึงมีความจำเป็นที่จะต้องปรับเปลี่ยนรูปแบบการผลิตที่ใช้อยู่ในปัจจุบันเพื่อเพิ่มขีดความสามารถการแข่งขันกับคู่แข่งในระดับภูมิภาคและระดับโลกซึ่งโรงงานที่ข้าพเจ้าได้ทำโครงงานร่วมกันนั้นเป็นโรงงานประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ และระบบการผลิตส่วนใหญ่มักใช้แรงคนเป็นหลัก โดยปัญหาที่มักพบจากการใช้ระบบการผลิตแบบเดิมก็คือ ความผิดพลาดในการทอร์กสกรู การแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นไม่ถูกวิธี คุณภาพของชิ้นงานไม่ได้มาตรฐาน ค่า UPH (Unit Per Hours) ที่สูงกว่าที่ตั้งไว้เป็นต้น เพื่อที่จะแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น และเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องปรับเปลี่ยนระบบการผลิตแบบเดิม โดยการจะปรับเปลี่ยนระบบการผลิตแบบเดิมนั้นไม่ได้เพียงแค่คำนึงถึงปัจจัยเฉพาะด้านต้นทุน คุณภาพ และความสามารถในการผลิตเพียงเท่านั้น แต่ยังมีปัจจัยในเรื่องความยากง่ายในการใช้งาน การอัพเกรด การซ่อมบำรุง การใช้พลังงาน และตัวบุคคลากรผู้ใช้งาน

จากความสำคัญที่กล่าวมาข้างต้น การนำหุ่นยนต์มาใช้ร่วมกับระบบการผลิตแบบอัตโนมัติแทนที่ระบบการผลิตแบบเดิม ก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้ โดยโครงงานที่กลุ่มของข้าพเจ้าได้จัดทำขึ้นในโรงงานแห่งนี้เป็นเครื่องทอร์กสกรูอัตโนมัติโดยใช้หุ่นยนต์ (Automated Torque Screw by Robotic) ซึ่งสามารถแก้ไขปัญหาจากระบบการผลิตแบบเดิมได้ กล่าวคือเมื่อนำหุ่นยนต์มาใช้ในการผลิตทำให้มาตรฐานในการผลิตชิ้นงานสูงขึ้น, ช่วยลดระยะเวลาในการทำงานลง, การควบคุมสั่งงานของเครื่องทอร์กสกรูอัตโนมัติง่ายไม่ซับซ้อน อีกทั้งยังยืดหยุ่นต่อการใช้งานสามารถเพิ่ม - เปลี่ยนโมเดลในการทอร์กได้ และช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในการจ้างแรงงานคน

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

โครงงานเรื่องนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับเปลี่ยนวิธีการทอร์กสกรูแบบเดิมไปสู่แบบใหม่โดยการนำเอาหุ่นยนต์มาใช้ร่วมกับระบบออโตเมชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของการดำเนินงาน

1. โมเดลที่ใช้สำหรับการทอร์กมี 3 โมเดล โดยโมเดลแรกมีจุดที่ต้องทอร์ก 2 จุด, โมเดลที่สอง 10 จุดและโมเดลที่สาม 11 จุด
2. ในการวัดประสิทธิภาพในการทำงานจะวัดออกมาในรูปของค่า Cycle time และค่า Yield
3. การออกแบบโครงสร้างสำหรับเครื่องทอร์กสกรูอัตโนมัติโดยใช้หุ่นยนต์ได้ถูกออกแบบไว้อยู่แล้วโดยทีมวิศวกรเครื่องกลในแผนกที่ได้ร่วมทำสหกิจศึกษา
4. ในการควบคุมการทำงานของเครื่องทอร์กสกรูอัตโนมัติโดยใช้หุ่นยนต์ จะสั่งงานผ่าน HMI โดยในการทอร์กสกรูจะทอร์กเฉพาะ TOP Plane ของบอร์ดเท่านั้น

1.4 ขั้นตอนการศึกษา

1. ได้รับมอบหมายหัวข้อโครงงานสหกิจศึกษา
2. ศึกษาการใช้งานโปรแกรม RobotStudio เพื่อใช้สำหรับควบคุมการทำงานของ ABB Robot
3. ศึกษาและเรียนรู้โปรแกรม VISOR Vision Sensor เพื่อใช้สำหรับควบคุมการทำงานของกล้อง Sensopart
4. ศึกษาและเรียนรู้การใช้งานพีแอลซี โดยพีแอลซีที่ใช้เป็นของ Siemens และเขียนคำสั่งการใช้งานในโปรแกรม TIA Portal
5. ทำการศึกษาคุณสมบัติเฉพาะของอุปกรณ์ต่างๆ และหลังจากนั้นจึงทำการลิสต์รายการอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้ในโครงงาน
6. ขอใบเสนอราคาและสั่งซื้ออุปกรณ์ที่ได้ทำการลิสต์ไว้
7. ออกแบบ Flowchart การทำงานของระบบและออกแบบ I/O ของพีแอลซี
8. Wiring I/O ของพีแอลซีและทำการประกอบ Mechanic Assembly ของ Base ที่ได้ถูกออกแบบไว้
9. เขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบ
10. ทดสอบการทำงานของโปรแกรมซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ทั้งหมด
11. ปรับปรุงและแก้ไขโปรแกรมในส่วนที่ยังเกิดบัคอยู่
12. รันระบบและเก็บผลข้อมูลผลการทอร์กสกรูและคำนวณหาค่า Yield และค่า Cycle time
13. จัดทำเอกสารสำหรับระบบใหม่ทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.1 ระยะเวลาการทำงาน

เดือน-สัปดาห์ / หัวข้อ	มิถุนายน				กรกฎาคม				สิงหาคม				กันยายน				ตุลาคม				พฤศจิกายน			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1.ได้รับมอบหมายหัวข้อโครงงานสหกิจศึกษา																								
2.ศึกษาการใช้โปรแกรม RobotStudio เพื่อใช้สำหรับควบคุมการทำงานของ ABB Robot																								
3.ศึกษาและเรียนรู้โปรแกรม VISOR Vision Sensor เพื่อใช้สำหรับควบคุมการทำงานของกล้อง Sensopart																								
4.ศึกษาและเรียนรู้การใช้งานพีแอลซีของ Siemens และเขียนคำสั่งการใช้งานในโปรแกรม TIA Portal																								
5.ศึกษาคุณสมบัติเฉพาะของอุปกรณ์ต่างๆและลิสต์รายการอุปกรณ์ที่ต้องใช้ในโครงงาน																								
6.ขอใบเสนอราคาและสั่งซื้ออุปกรณ์ที่ได้ลิสต์ไว้																								

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.1 ระยะเวลาการทำงาน(ต่อ)

เดือน-สัปดาห์ / หัวข้อ	มิถุนายน				กรกฎาคม				สิงหาคม				กันยายน				ตุลาคม				พฤศจิกายน			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
7.ออกแบบ Flowchart การทำงานของระบบ และออกแบบ I/O ของพีแอลซี																								
8. wiring I/O ของพีแอลซีและประกอบ Mechanic Assembly ของ Base ที่ได้ถูกออกแบบไว้																								
9.เขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบ																								
10.ทดสอบการทำงานของซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ทั้งหมด																								
11.ปรับปรุงและแก้ไขโปรแกรมในส่วนที่ยังเกิดบัคอยู่																								
12.รันระบบและเก็บผลข้อมูลผลการทอร์กสกรูและคำนวณหาค่า Yield และค่า Cycle time																								
13.จัดทำเอกสารสำหรับระบบใหม่ทั้งหมด																								

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. การทอร์กสกรูมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพของชิ้นงานสูงขึ้น
2. ลดระยะเวลาในการทำงาน ทำให้ Cycle time ลดลง
3. ลดความผิดพลาดจากการทอร์กสกรูของผู้ปฏิบัติหน้างาน
4. ประหยัดค่าใช้จ่ายในการจ้างแรงงานคน
5. หน้า Interface การใช้งานเรียบง่ายทำให้สะดวกต่อการใช้งานของผู้ปฏิบัติหน้างาน
6. ง่ายต่อการแก้ไขและตรวจสอบโปรแกรมในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดและกระบวนการทำงานของเครื่องทอร์กสกรูอัตโนมัติโดยใช้หุ่นยนต์

2.1.1 แนวคิดและที่มา

ในปัจจุบันหุ่นยนต์ได้มีบทบาทสำคัญกับชีวิตประจำวันของมนุษย์มากขึ้น และเทคโนโลยีก็ได้ถูกพัฒนาขึ้นมาอย่างต่อเนื่อง ทำให้สามารถนำหุ่นยนต์มาทำงานแทนมนุษย์ได้ และสามารถตอบสนองต่อความต้องการของมนุษย์ได้เป็นอย่างดี เราจึงได้มีการพัฒนานำหุ่นยนต์มาทำการทอร์กสกรูแทนมนุษย์ เนื่องจากมนุษย์ยังมีข้อจำกัดบางอย่างที่ไม่สามารถทำได้ดีเท่าหุ่นยนต์ เช่น ข้อจำกัดในด้านความแม่นยำและความถูกต้อง ในบางครั้ง operator อาจลืมทอร์กสกรูบางจุดบนบอร์ด, เมื่อเกิดความผิดพลาดในการทำงาน operator ไม่ทราบวิธีการแก้ไขที่ถูกต้อง, ชิ้นงานที่ได้มีประสิทธิภาพไม่คงที่ เป็นต้น ทำให้เป็นสาเหตุในการนำหุ่นยนต์มาช่วยปรับปรุงข้อเสียเหล่านี้

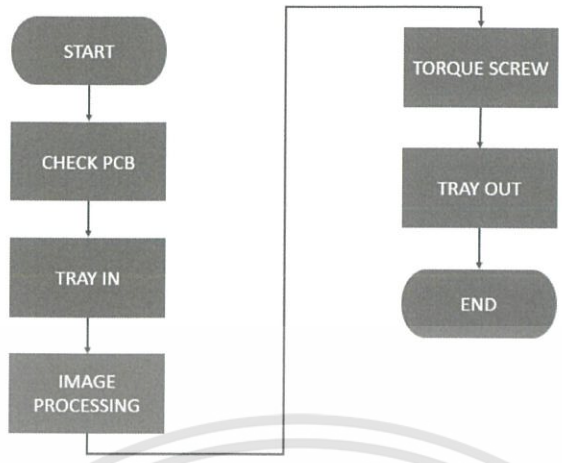
ในส่วนที่ได้รับการมอบหมายนั้น คือการสั่งซื้ออุปกรณ์ที่ใช้ในโปรเจค, การเดินสายระหว่างตู้ติดตั้งอุปกรณ์ไปยังมอเตอร์, แผงควบคุม และอุปกรณ์อื่นๆ, การเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ โปรแกรมที่ใช้มีชื่อว่า RobotStudio และควบคุมพีแอลซี โดยใช้โปรแกรมมีชื่อว่า TIA Portal ของ SIEMENS โดยโครงสร้างทั้งหมดของโปรเจคได้ถูกออกแบบแล้วโดยคุณกฤษณะ เมืองธรรม (วิศวกรเครื่องกล แผนก ADC)

2.1.2 กระบวนการทำงานของเครื่องทอร์กสกรูอัตโนมัติโดยใช้หุ่นยนต์

ขั้นตอนของกระบวนการทำงานของเครื่องทอร์กสกรูอัตโนมัติโดยใช้หุ่นยนต์นั้นมีความง่ายสามารถใช้งานได้อย่างสะดวก รวดเร็ว ไม่ซับซ้อน จะมีกระบวนการผลิต 5 ขั้นตอนหลักๆ ดังนี้

1. ตรวจสอบสถานะแผ่น Printed Circuit Board (PCB) โดยใช้ Diffuse Photoelectric Sensor
2. เมื่อมีแผ่น Printed Circuit Board (PCB) ถาดจะทำการเลื่อนเข้า
3. Image Processing ทำการตรวจสอบความถูกต้องของโมเดล
4. หุ่นยนต์ทำการทอร์กสกรูอัตโนมัติ
5. เมื่อทอร์กสกรูเสร็จ ถาดจะทำการเลื่อนออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.1 Main Diagram

2.2 พีแอลซี (PLC)

โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอลโทรลเลอร์ (Programmable logic Control : PLC) เป็นอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของเครื่องจักร หรือกระบวนการทำงานต่างๆ โดยภายในมีไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นมันสมองสั่งการที่สำคัญ พีแอลซีจะมีส่วนที่เป็นอินพุตและเอาต์พุตที่สามารถต่อออกไปใช้งานได้ทันที ตัวตรวจวัดหรือสวิตช์ต่างๆ จะต่อเข้ากับอินพุต ส่วนเอาต์พุตจะใช้ต่อออกไปควบคุมการทำงานของอุปกรณ์หรือเครื่องจักรที่เป็นเป้าหมายของเรา เราสามารถสร้างวงจรหรือแบบของการควบคุมได้โดยการป้อนเป็นโปรแกรมคำสั่งเข้าไปในพีแอลซี ซึ่งในปัจจุบันนอกจากเครื่องพีแอลซีจะใช้งานแบบเดี่ยว (Stand alone) แล้วยังสามารถต่อพีแอลซีหลายๆตัวเข้าด้วยกันเรียกว่า เครือข่าย (Network) เพื่อควบคุมการทำงานของระบบให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นจะเห็นได้ว่าการใช้งานพีแอลซีมีความยืดหยุ่นมากดังนั้นในโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ จึงเปลี่ยนมาใช้พีแอลซีมากขึ้น

ภาพที่ 2.2 ตัวอย่างพีแอลซี S7-1200 ของ Siemens

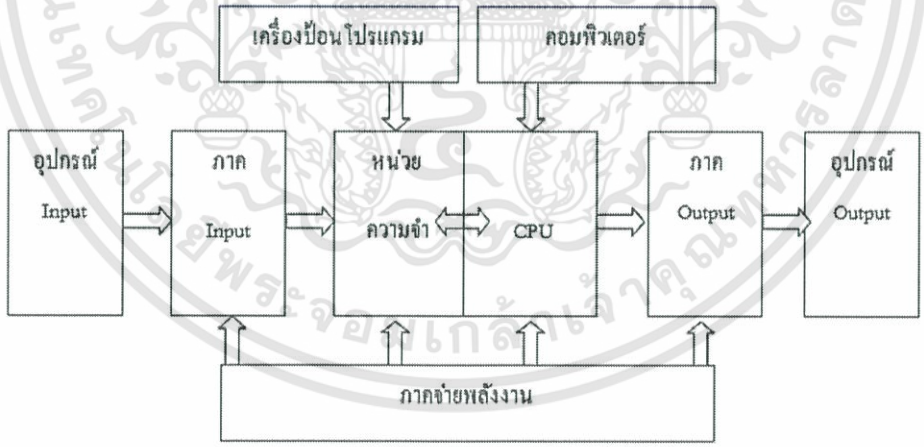
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พีแอลซีเป็นอุปกรณ์ชนิดโซลิด – สเตท (Solid State) ที่ทำงานแบบลอจิก (Logic Functions) การออกแบบการทำงานของพีแอลซี จะคล้ายกับหลักการทำงานของคอมพิวเตอร์ จากหลักการพื้นฐานแล้วพีแอลซี จะประกอบด้วยอุปกรณ์ที่เรียกว่า Solid-State Digital Logic Elements เพื่อให้ทำงานและตัดสินใจแบบลอจิก พีแอลซีใช้สำหรับควบคุมกระบวนการทำงานของเครื่องจักร และอุปกรณ์ในโรงงานอุตสาหกรรม

การใช้พีแอลซีสำหรับควบคุมเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ต่างๆ ในโรงงานอุตสาหกรรมนั้นจะมีข้อได้เปรียบกว่าการใช้ระบบของรีเลย์ (Relay) ซึ่งจำเป็นจะต้องเดินสายไฟฟ้า หรือที่เรียกว่า Hard- Wired ฉะนั้นเมื่อมีความจำเป็นที่ต้องเปลี่ยนกระบวนการผลิต หรือลำดับการทำงานใหม่ ก็ต้องเดินสายไฟฟ้าใหม่ ซึ่งเสียเวลาและเสียค่าใช้จ่ายสูง แต่เมื่อเปลี่ยนมาใช้พีแอลซีแล้ว การเปลี่ยนกระบวนการผลิตหรือลำดับการทำงานใหม่นั้นทำได้โดยการเปลี่ยนโปรแกรมใหม่เท่านั้น นอกจากนี้แล้วพีแอลซียังใช้ระบบโซลิด – สเตท ซึ่งน่าเชื่อถือกว่าระบบเดิม การกินกระแสไฟฟ้าน้อยกว่า และสะดวกกว่าเมื่อต้องการขยายขั้นตอนการทำงานของเครื่องจักร

2.3 โครงสร้างพีแอลซี (PLC Structure)

โครงสร้างภายในของพีแอลซีแต่ละส่วนจะประกอบเข้าด้วยกันทำงานเป็นระบบควบคุมที่เราเรียกว่าพีแอลซี ซึ่งประกอบไปด้วยส่วนสำคัญดังภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 โครงสร้างและส่วนประกอบของโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์

จากไดอะแกรมดังภาพที่ 2.3 พีแอลซีจะมีส่วนประกอบสำคัญด้วยกันทั้งหมด 5 ส่วนดังนี้

1. ซีพียู (CPU: Central Processing Unit)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. หน่วยความจำ (Memory Unit)

3. ภาคอินพุต (Input Unit)

4. ภาคเอาต์พุต (Output Unit)

5. ภาคแหล่งจ่ายพลังงาน (Power Supply Unit)

ยูนิตทั้ง 5 ส่วนเมื่อประกอบเข้าด้วยกันแล้วก็จะกลายเป็นพีแอลซีชุดหนึ่งที่สามารถทำงานได้ แต่ละยูนิตจะมีหน้าที่และคุณสมบัติดังนี้

2.3.1 ซีพียู (CPU: Central Process Unit)

ซีพียู หรือหน่วยประมวลผลกลาง ทำหน้าที่ ประมวลผลการทำงานตามคำสั่งของส่วนต่างๆ ตามที่ได้รับมา ผลจากการประมวลผลก็จะถูกส่งออกไปส่วนต่างๆ ตามที่ระบุไว้ด้วย คำสั่งนั่นเอง ซีพียูจะใช้เวลาในการประมวลช้าหรือเร็ว ขึ้นอยู่กับการเลือกขนาดของซีพียู และความยาวของโปรแกรมที่เขียนด้วย ปกติแล้วซีพียูจะใช้ไมโครโพรเซสเซอร์ขนาดตั้งแต่ 4 บิต, 8 บิต, 16 บิต, 32 บิต, 64 บิต หรือ 128 บิตมาทำงาน โดยที่ซีพียูแต่ละขนาดก็จะมีความสามารถจำกัดไม่เท่ากัน จึงทำให้พีแอลซีในแต่ละรุ่นมีความสามารถต่างกันนั่นเอง หรือแม้กระทั่งว่าภายในพีแอลซีบางรุ่นจะใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ถึง 2 ตัวช่วยกันทำงาน เวลาการประมวลผลก็จะเร็วกว่าพีแอลซีที่ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์เพียงแค่ตัวเดียว

โดยปกติแล้วการเลือกใช้งานพีแอลซีจะเลือกจากการประยุกต์ใช้งานจึงทำให้ผู้ใช้งาน (User) ไม่รู้ว่าผู้ผลิตใช้ไมโครโปรเซสเซอร์รุ่น หรือเบอร์อะไรในการสร้างเครื่องพีแอลซี ดังนั้น เวลาพิจารณาเลือกใช้พีแอลซีซึ่งไม่มีการระบุเบอร์หรือรุ่นของไมโครโพรเซสเซอร์ผู้ใช้งานสามารถเลือกจากคุณสมบัติอื่น เช่น จำนวนอินพุต/เอาต์พุต, ความเร็วในการประมวลผลของคำสั่ง, ขนาดความจุโปรแกรม และข้อมูล เป็นต้น

2.3.2 หน่วยความจำ (Memory Unit)

หน่วยความจำเป็นอุปกรณ์ที่ใช้เก็บโปรแกรมและข้อมูลต่างๆ ของพีแอลซี กรณีที่สั่งให้พีแอลซีทำงาน (RUN) มันจะนำเอาโปรแกรมและข้อมูลในหน่วยความจำมาประมวลผลการทำงาน สำหรับหน่วยความจำที่ใช้งานมีด้วยกัน 2 ชนิด คือ

2.3.2.1 หน่วยความจำชั่วคราว (RAM: Random Access Memory)

โปรแกรมและข้อมูลที่สร้างขึ้นโดยผู้ใช้จะถูกจัดเก็บในส่วนนี้ คุณสมบัติของ RAM เมื่อไม่มีไฟเลี้ยงจะทำให้โปรแกรมและข้อมูลหายไปทันที ดังนั้นภายในพีแอลซีเราจะพบว่าจะต้องมีแบตเตอรี่สำรองข้อมูล (Backup Battery) เอาไว้สำรองข้อมูล (Backup Data) กรณีที่ไฟหลัก (Main Power Supply) ไม่จ่ายไฟให้กับพีแอลซีข้อควรระวังคือ ไม่ควรที่จะถอดแบตเตอรี่สำรอง (Backup Battery) กรณีที่ไม่มีไฟจ่ายให้พีแอลซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2.2 หน่วยความจำถาวร (ROM: Read Only Memory)

เป็นหน่วยความจำอีกชนิดหนึ่ง โดยที่ข้อมูลใน ROM ไม่จำเป็นต้องมีแบตเตอรี่สำรองข้อมูล แต่ก็มีปัญหาเรื่องเวลาในการเข้าถึงข้อมูล (Time Access) ช้ากว่า RAM จึงปรากฏให้ ผู้ใช้เห็นว่าพีแอลซีจะมีหน่วยความจำใช้งานทั้ง RAM และ ROM ร่วมกันอยู่

2.3.3 ภาคอินพุต (Input Unit)

ภาคอินพุตของพีแอลซี ทำหน้าที่รับสัญญาณอินพุตเข้ามาแปลงสัญญาณ ส่งเข้าไปภายในพีแอลซี อุปกรณ์อินพุต (Input Device) ต่างๆ ที่นำมาต่อกับภาคอินพุตได้นั้น สามารถแสดงตัวอย่างได้ตามภาพที่แสดงดังนี้

ภาพที่ 2.4 แสดงอุปกรณ์อินพุตต่างๆ

อุปกรณ์ที่สามารถนำมาต่อกับภาคอินพุตพีแอลซีได้จัดออกเป็นกลุ่มๆ ดังภาพที่ 2.4 โดยกลุ่มอุปกรณ์แต่ละกลุ่มจะมีวิธีต่อวงจรเข้าภาคอินพุตพีแอลซีที่แตกต่างกันออกไป เวลาใช้งานอุปกรณ์แต่ละกลุ่ม จำเป็นต้องศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมของอุปกรณ์แต่ละชนิดก่อน เพื่อความเข้าใจ ขั้นตอนการทำงาน และสามารถต่อวงจรได้ถูกต้อง

อุปกรณ์ที่นำมาต่อกับภาคอินพุตของพีแอลซีอุปกรณ์บางกลุ่มจะมีสัญญาณทั้ง อินพุต/เอาต์พุต เช่น Inverter, Digital Signal, Controller, ตัวควบคุมอุณหภูมิ, เซนเซอร์รุ่นพิเศษ เป็นต้น จำเป็นต้องต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้งานให้ถูกต้อง ซึ่งสามารถแนะนำได้ในขั้นต้นคือ ต่อวงจรภาคเอาต์พุตของ อุปกรณ์นั้นๆ เข้ากับภาคอินพุตพีแอลซี

ภาคเอาต์พุตของอุปกรณ์จะมีเอาต์พุตให้เลือกใช้งานหลายแบบ ซึ่งภาคอินพุตพีแอลซีมีวงจรภาคอินพุตอยู่หลายแบบเช่นกัน เพื่อรองรับอุปกรณ์อินพุตในแต่ละแบบให้เหมาะสม

2.3.3.1 วงจรภาคอินพุต (Input Circuit PLC)

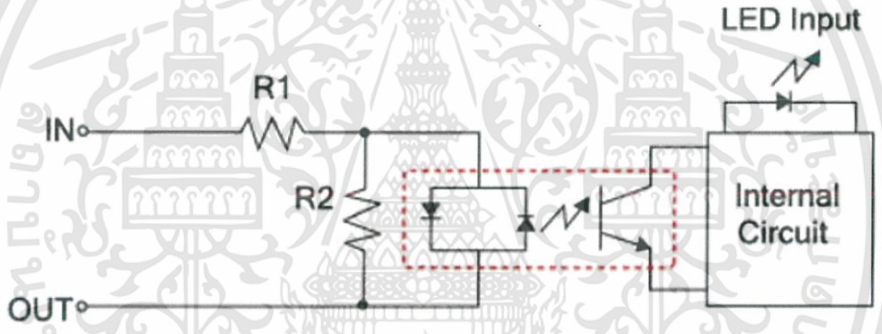
วงจรภาคอินพุตแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

2.3.3.1.1 ดิจิทัลอินพุต (Digital Input)

ดิจิทัลอินพุต หมายถึง อินพุตที่รับรู้สัญญาณได้เพียงแค่ “ON” หรือ “OFF” เท่านั้น ตามโครงสร้างจะมีดิจิทัลอินพุต 2 แบบคือ

1. วงจรอินพุตไฟตรง (DC Input)

จะใช้อุปกรณ์ที่ทำงานด้วยแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงตัวอย่างวงจรอินพุตไฟตรงแสดงดังภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 ตัวอย่างวงจรอินพุตไฟตรง

หมายเหตุ : ค่าความต้านทาน R1 และ R2 ดูได้จากคู่มือของพีแอลซี รุ่นนั้นๆ

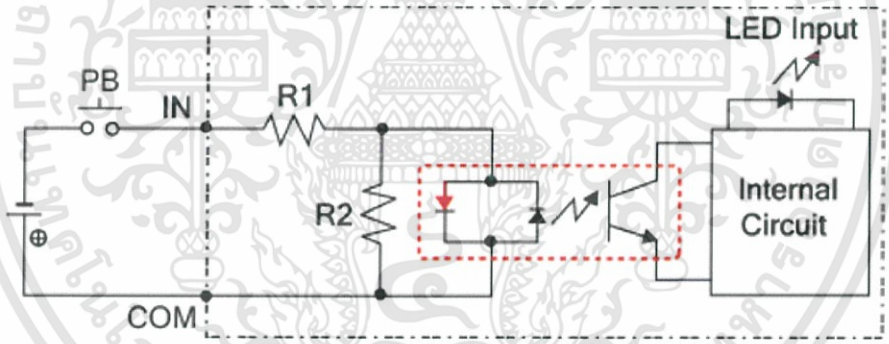
จากภาพที่ 2.5 ภาคอินพุตจะใช้วงจรลดทอนแรงดันแล้วขับออปโตทรานซิสเตอร์จากออปโตทรานซิสเตอร์ก็จะไปขับภาคอินพุตของไอซีเพื่อส่งสัญญาณไปให้ซีพียูอีกทีหนึ่ง ซึ่งการใช้อุปกรณ์ประเภทออปโต (Opto) ทำให้ระบบพีแอลซี สามารถแยกสัญญาณกราวด์ (Ground) ของภาคอินพุตออกจากวงจรภายในได้ สำหรับวงจรภาคอินพุตดังภาพที่ 2.5 สามารถสรุปคุณสมบัติได้ดังตารางที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

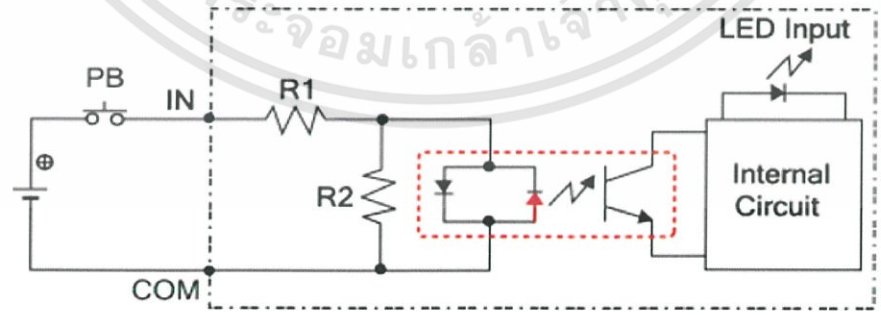
ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างคุณสมบัติภาคอินพุต (DC)

	คุณสมบัติ
แรงดันอินพุต	24 VDC+10%/+15% (26.4V-18V)
อินพุตอิมพีแดนซ์	2 kΩ
กระแสอินพุต	12 mA
แรงดันอินพุตขณะทำงาน	"ON" 14.4 VDC min. "OFF" 5.0 VDC max.
เวลาตอบสนองอินพุต	"ON Delay": 8 mS max. "OFF Delay": 8 mS max. สามารถปรับค่าได้ตั้งแต่ 1,2,4,8,16,32,64,128 mS โดยใช้โหมด PC Setup

สำหรับวงจรภาคอินพุตดังภาพที่ 2.5 จะพบว่า ภาคอินพุตของออปโตทรานซิสเตอร์มีไดโอด (Diode) ต่อสลับขั้วกันอยู่ เพื่อเวลาใช้งาน สามารถเลือกต่อวงจรได้ 2 แบบ ดังภาพที่ 2.6



ก . การต่ออินพุตแบบ Source



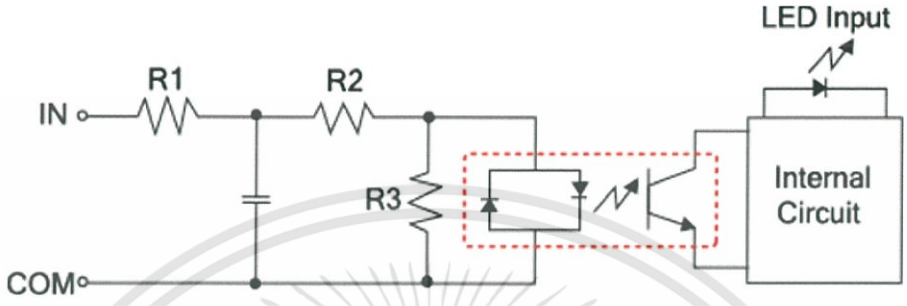
ข. การต่ออินพุตแบบ Sink

ภาพที่ 2.6 การต่อวงจรอินพุตแบบ DC Source/Sink

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. วงจรอินพุตไฟสลับ (AC Input)

ใช้ไฟสลับผ่านแรงดันทำให้ไม่มี ปัญหาเรื่องแรงดันตกคร่อมในสายมากเกินไปเหมือนวงจรอินพุตไฟตรงโดยที่ผ่านแรงดันอินพุตตั้งแต่ 100-220 VAC สำหรับพีแอลซีบางรุ่นก็จะแบ่งอินพุตแบบนี้ออกเป็น 2 ย่านคือ 100-120 VAC และ 200-240 VAC ลักษณะวงจรอินพุตแสดงดังภาพที่ 2.7



ภาพที่ 2.7 วงจรอินพุตแบบ AC

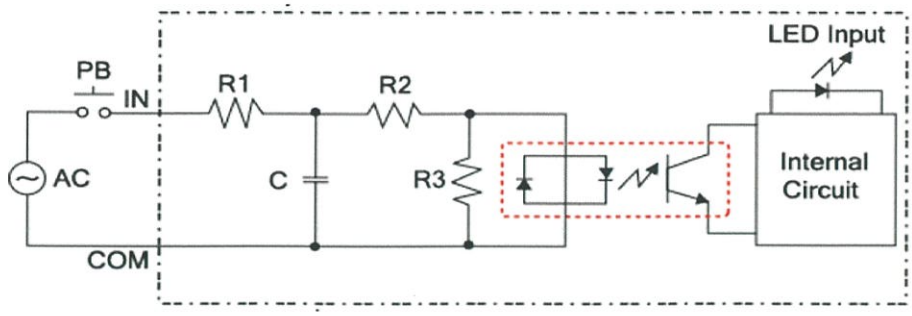
คุณสมบัติของวงจรอินพุตไฟสลับทั้งแรงดันอินพุตระบบไฟ 110V หรือ 220V ดังแสดงตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติภาคอินพุต (AC)

	คุณสมบัติ	
แรงดันอินพุต	100-120 VAC+10%/+15% 50/60Hz	200-240 VAC+10%/+15% 50/60Hz
อินพุตอิมพีแดนซ์	2 kΩ (50Hz), 17 kΩ (60 Hz)	38 kΩ (50Hz), 32 kΩ (60 Hz)
กระแสอินพุต	5 mA (at 100 VAC)	6 mA (at 200 VAC)
แรงดันอินพุตขณะทำงาน	“ON” 60 VAC min. “OFF” 20 VAC max.	“ON” 150 VAC min. “OFF” 40 VAC max.
เวลาตอบสนองอินพุต	“ON Delay”: 35 mS max. “OFF Delay”: 55 mS max.	

ลักษณะการต่อวงจรใช้งานสำหรับภาคอินพุตแบบ AC จะมีลักษณะการต่อดังภาพที่ 2.8

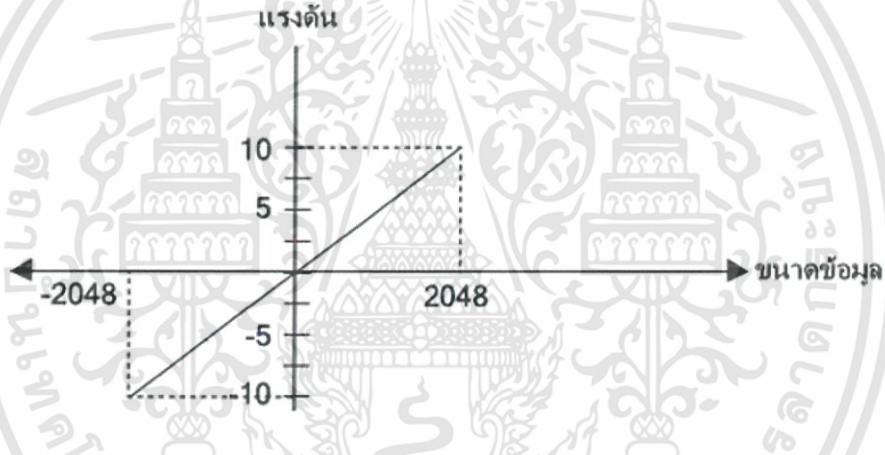
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



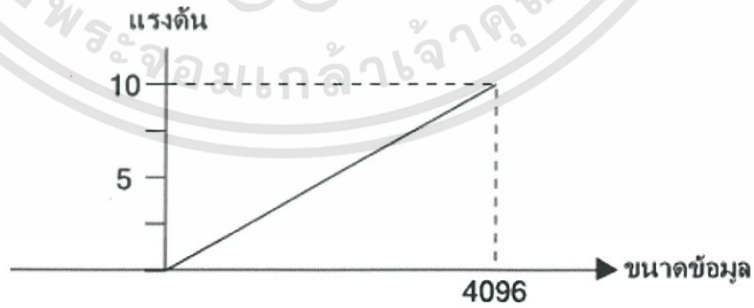
ภาพที่ 2.8 การต่อวงจรอินพุตแบบ AC

2.3.3.1.2 แอนะล็อกอินพุต (Analog Input Type)

แอนะล็อกอินพุตจัดเป็นอินพุตที่สามารถรับสัญญาณที่บอกเป็นปริมาณที่เปลี่ยนแปลงค่าได้เช่น 0-10 VDC, ±10 VDC 1-5 V และ 4-20 mA ดังภาพที่ 2.9

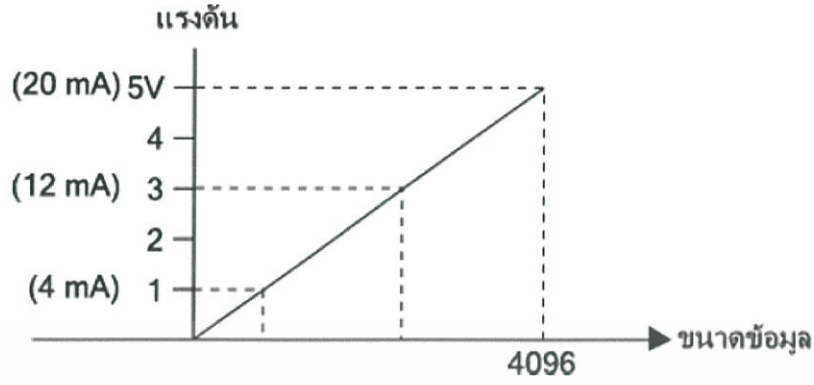


ก. สัญญาณขนาด ±10 VDC



ข. สัญญาณขนาด 0-10 VDC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ค. สัญญาณขนาด 1-5 V (4-20 mA)

ภาพที่ 2.9 สัญญาณแบบต่างๆ ที่ส่งให้แอนะล็อกอินพุต

สัญญาณแอนะล็อกทั้ง 3 แบบ จัดเป็นขนาดสัญญาณมาตรฐานที่กำหนดไว้ใช้ในอุตสาหกรรม ดังนั้นอุปกรณ์ที่มีภาคเอาต์พุตเป็นแบบแอนะล็อกเช่น แอนะล็อกเซนเซอร์, ภาคแอนะล็อกเอาต์พุตของ Digital Signal Controller, Temperature Controller เป็นต้น ก็จะมีขนาดของสัญญาณตามมาตรฐานเช่นกัน ซึ่งตัวอุปกรณ์อาจจะมีเอาต์พุตแบบใดแบบหนึ่งหรือทั้ง 3 แบบเลยก็ได้ ดังนั้นภาคแอนะล็อกอินพุตของพีแอลซีก็ต้องสามารถเลือกตรวจสอบได้ทั้ง 3 แบบเช่นกัน

หลักการทำงานของแอนะล็อกอินพุตของพีแอลซี นำค่าที่วัดได้แปลงเป็นสัญญาณดิจิทัล สามารถแสดงได้ดังไดอะแกรมภาพที่ 2.10

สัญญาณแอนะล็อก

±10 VDC

0 – 10 VDC

4 – 20 mA

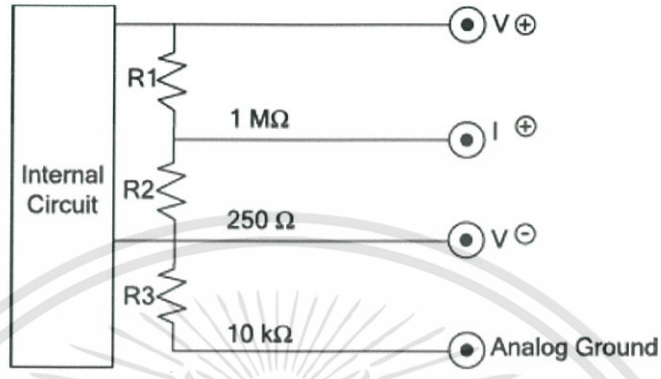
สัญญาณดิจิทัล

ภาพที่ 2.10 ไดอะแกรมการส่งข้อมูลแอนะล็อกให้พีแอลซี

อุปกรณ์ที่วัดค่าออกมาเป็นปริมาณแอนะล็อกส่วนมากเป็นการวัดระยะทาง, วัดความเร็ว, วัดอุณหภูมิ, วัดปริมาณแสง, วัดความดัน เป็นต้น แล้วแปลงค่าเป็น สัญญาณทางไฟฟ้าออกมา ดังนั้นเวลาที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

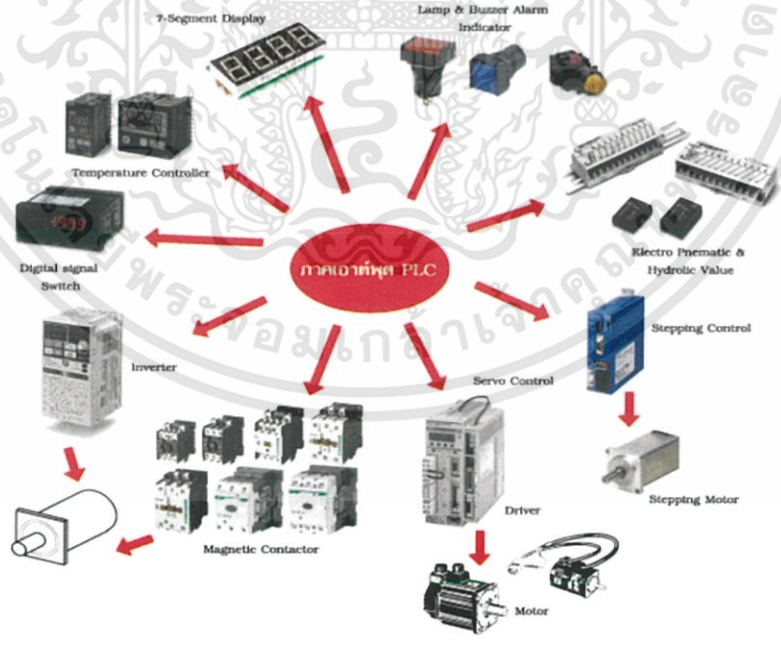
อุปกรณ์เหล่านี้วัดค่าออกมาเป็นแอนะล็อก ค่าใดๆ ผู้ใช้จำเป็นต้องทำตารางเปรียบเทียบค่าด้วย เพื่อที่จะกำหนดขนาดข้อมูล ให้กับพีแอลซีให้ควบคุมตามที่ต้องการ วงจรภาคอินพุตแบบแอนะล็อกของพีแอลซีจะมี ลักษณะวงจรตามภาพที่ 2.11



ภาพที่ 2.11 วงจรแอนะล็อกอินพุตของพีแอลซี

2.3.4 ภาคเอาต์พุต (Output Unit)

ภาคเอาต์พุตของพีแอลซีทำหน้าที่ส่งสัญญาณออกไปขับโหลดชนิดต่างๆตามเงื่อนไขที่ได้โปรแกรมเอาไว้ ชนิดของโหลดที่สามารถนำมาต่อกับภาคเอาต์พุต สามารถแยกออกเป็นกลุ่มได้ดังนี้



ภาพที่ 2.12 กลุ่มอุปกรณ์ที่ต่อกับภาคเอาต์พุตพีแอลซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพที่ 2.12 กลุ่มอุปกรณ์ต่างๆ ที่ต่อกับภาคเอาต์พุตพีแอลซีนั้น ในแต่ละกลุ่มก็จะควบคุมลักษณะของงานแตกต่างกันไปตามคุณสมบัติของอุปกรณ์นั้นๆ การต่อวงจรเข้าภาคเอาต์พุตพีแอลซีจะมีมาตรฐานทางอุตสาหกรรมกำกับอยู่เช่นกัน จึงทำให้ผู้ใช้ไม่ต้องใช้อุปกรณ์เสริมมาก เพียงแต่ดูรายละเอียดการต่อให้เข้าใจก็เพียงพอแล้ว

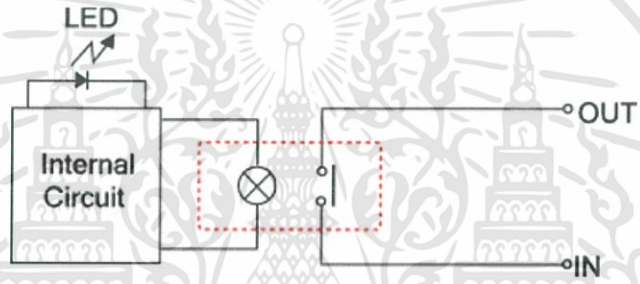
ชนิดเอาต์พุตของพีแอลซีจะมีให้เลือกใช้อยู่ 2 ลักษณะคือ

2.3.4.1 ดิจิทัลเอาต์พุต (Digital Output)

อุปกรณ์ที่สามารถสั่งการทำงานได้เพียง “ON” หรือ “OFF” จัดว่าเป็นการควบคุมแบบดิจิทัล เอาต์พุตโดยมีชนิดของเอาต์พุตให้เลือกใช้ 3 แบบคือ

2.3.4.1.1 เอาต์พุตชนิด Relay Contact Output

เอาต์พุตชนิดรีเลย์สามารถนำเอาต์พุตไปขับโหลด AC หรือ DC ก็ได้ลักษณะวงจรดังภาพที่ 2.13



ภาพที่ 2.13 วงจรเอาต์พุตแบบรีเลย์

การเปิด/ปิดหน้าสัมผัสของรีเลย์จะอาศัยหลักการทำงานของสนามแม่เหล็ก ดังนั้นเวลาที่นำหน้าสัมผัสรีเลย์ไปใช้งานจึงเปรียบได้เสมือนสวิตช์ควบคุมแบบ NO หรือ NC จึงสามารถที่จะใช้หน้าสัมผัสไปควบคุมโหลดได้ทั้งชนิด AC หรือ DC ซึ่งข้อพิจารณาในการเลือกใช้ต้องพิจารณาความสามารถทนกระแสและแรงดันได้สูงสุดเท่าไร ปกติแล้วภาคเอาต์พุตของพีแอลซีที่เลือกเป็นชนิดรีเลย์ เอาต์พุตทนกระแสใช้งานตามปกติได้ 2A จึงไม่เหมาะที่จะนำไปขับโหลด AC หรือ DC ที่มีกระแสสูงกว่า 2A คุณสมบัติต่างๆ ของภาคเอาต์พุตชนิดรีเลย์ แสดงไว้ในตารางที่ 2.3 กรณีโหลดที่ใช้งานมีกระแสกระชากสูงกว่า 2A มากๆ ไม่ควรใช้เอาต์พุตรีเลย์ต่อกับโหลดนั้น โดยตรงควรต่อผ่านรีเลย์บัฟเฟอร์ที่สามารถทนกระแสได้ดีกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 คุณสมบัติภาคเอาต์พุตชนิดรีเลย์

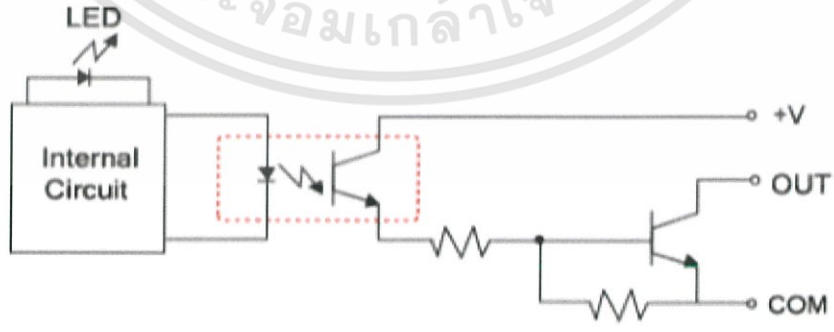
รายละเอียด			คุณสมบัติ
อัตราทนการทำงานสูงสุด (Max. switching capacity)			2 A/250 VAC (COS Φ = 1) 2 A/24 VDC
อัตราทนการทำงานต่ำสุด (Min. switching capacity)			10 mA/5 VDC
อายุการใช้งาน (Relay Service Life)	ระบบไฟฟ้า	Resistance Load	300,000 ครั้ง
		Inductive Load	100,000 ครั้ง
	ระบบกลไก (Mechanical)		10 ล้านครั้ง
	Switching Rate		30 ครั้งต่อนาที
เวลาตอบสนอง	OFF Delay		15 mS (max)
	ON Delay		15 mS (max)

อายุการใช้งานจะขึ้นอยู่กับขนาดโหลดที่ใช้ต่อกับเอาต์พุตชนิดรีเลย์ไปควบคุม จากตารางโหลดที่เป็นขดลวด (Inductive Load) จะทำให้อายุการใช้งาน รีเลย์สั้นกว่าโหลดจำพวกหลอดไฟถึง 3 เท่า ส่วนในเรื่องเวลาตอบสนองตาม คุณสมบัติภาคเอาต์พุตแบบรีเลย์ จะตอบสนองคำสั่งช้าที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับ ภาคเอาต์พุตแบบอื่นๆ

2.3.4.1.2 เอาต์พุตชนิดทรานซิสเตอร์ (Transistor Output)

เอาต์พุตแบบทรานซิสเตอร์ มีให้เลือกใช้อยู่ 2 ประเภทคือ

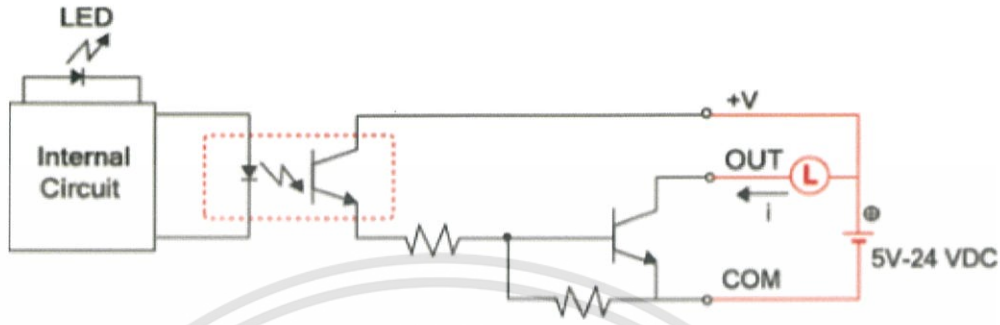
1. เอาต์พุตทรานซิสเตอร์แบบ NPN มีลักษณะวงจรดังภาพที่ 2.14



ภาพที่ 2.14 วงจรภายในเอาต์พุตทรานซิสเตอร์แบบ NPN

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากวงจรภายในจะใช้ออปโตทรานซิสเตอร์ผลิตสัญญาณขับทรานซิสเตอร์ Q1 โดย Q1 จะทำหน้าที่ขับโหลดอีกที วงจรลักษณะนี้ทำให้วงจรภายในแยกสัญญาณกราวนด์ออกจากวงจร ภาคเอาต์พุตได้ ส่วนลักษณะการต่อวงจรใช้งานนั้นสามารถต่อใช้งานขับโหลดได้เฉพาะ DC เท่านั้น ดังภาพที่ 2.15



ภาพที่ 2.15 การต่อใช้งานเอาต์พุตทรานซิสเตอร์แบบ NPN

การต่อขับโหลดดังภาพที่ 2.15 เป็นการต่อแบบซิงค์ (Sink type) คือดึงกระแสเข้าสู่ ภาคเอาต์พุต ดังนั้นทรานซิสเตอร์ต้องทนกระแสซิงค์ได้ เพื่อป้องกันไม่ให้ทรานซิสเตอร์พังที่ขาอิมิเตอร์ Q1 เขียนว่า COM (COMMON) เนื่องจากว่าเวลานำภาคเอาต์พุตแบบนี้ไปใช้งานจริงจะมี วงจรลักษณะนี้ต่ออยู่หลายชุดเช่น 8, 16, 32 ชุดเป็นต้น วงจรใช้งานจริงก็จะต่อขาอิมิเตอร์ร่วมกัน แล้วดึงออกมาเป็นขาที่เขียนว่า “COM” นั่นเองและที่ขั้ว +V ก็ต่อร่วมเช่นกัน

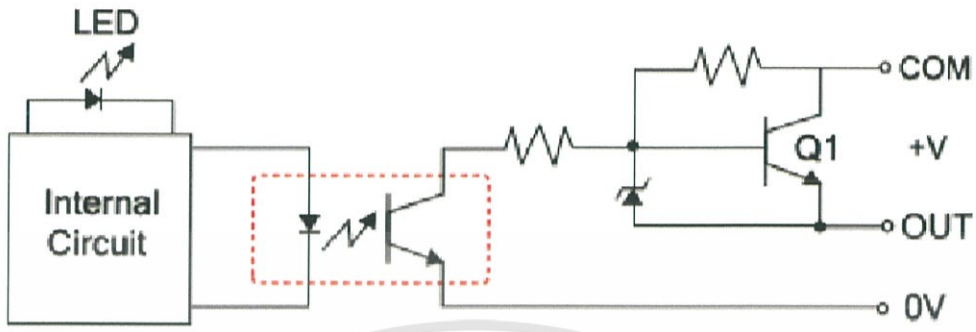
คุณสมบัติส่วนต่างๆ ของภาคเอาต์พุตทรานซิสเตอร์แบบ NPN นี้ สามารถดูรายละเอียดได้ดัง ตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 คุณสมบัติภาคเอาต์พุตทรานซิสเตอร์แบบ NPN

รายละเอียด		คุณสมบัติ
แหล่งจ่ายไฟ +V		5 -24 VDC (40mA min)±10% (2.5 mA X จำนวนบิตที่ “ON”)
อัตราทนการทำงานสูงสุด		50 mA ที่แรงดัน 4.5 V - 300 mA ที่แรงดัน 26.4 V
กระแสรั่วไหล (Leakage Current)		0.1 mA (สูงสุด)
แรงดันไฟฟ้า (Residual Voltage)		0.8 VDC (สูงสุด)
เวลาตอบสนอง	OFF Delay	0.1 mS (สูงสุด)
	ON Delay	0.4 mS (สูงสุด)

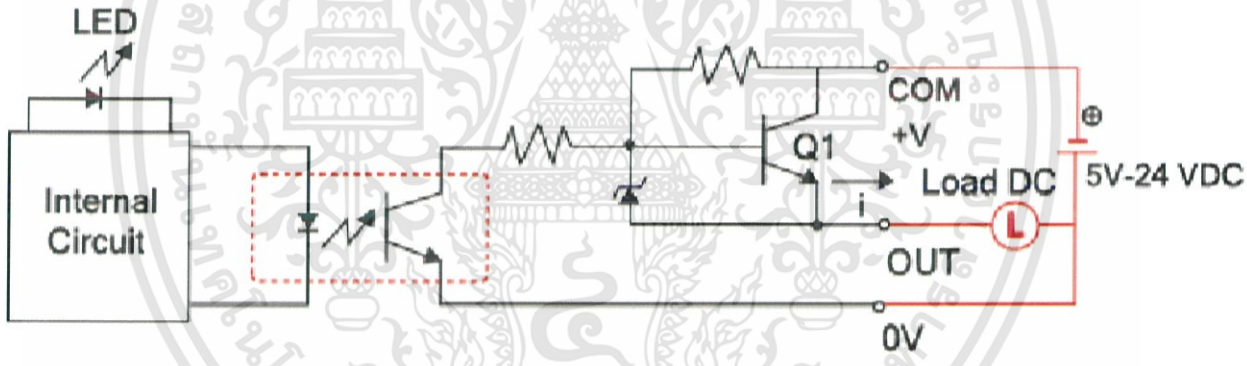
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ภาคเอาต์พุตทรานซิสเตอร์แบบ PNP มีลักษณะวงจรดังภาพที่ 2.16



ภาพที่ 2.16 วงจรภายในเอาต์พุตทรานซิสเตอร์แบบ PNP

ลักษณะวงจรคล้ายวงจรของเอาต์พุตทรานซิสเตอร์แบบ NPN เพียงแต่เปลี่ยนวงจร ส่วน Q1 เท่านั้น ลักษณะการต่อวงจรสามารถต่อได้ดังรูปที่ 1.27



ภาพที่ 2.17 การต่อใช้งานเอาต์พุตทรานซิสเตอร์แบบ PNP

ต่อวงจรโดยขั้วที่เขียนว่า COM ของภาคเอาต์พุต ให้ต่อไฟบวก (+V) ขา 0V ต่อกับ ไฟ 0V และขา OUT ต่อกับโหลด

การต่อวงจรลักษณะแบบนี้เป็นการต่อแบบซอร์ส (Source type) โดยที่ ทรานซิสเตอร์ Q1 ต้องทนกระแสที่จะจ่ายให้โหลดได้ เราอาจจะเรียกว่า กระแสซอร์ส (I source) คุณสมบัติของวงจรเอาต์พุตแบบนี้แสดงไว้ ดังตารางที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

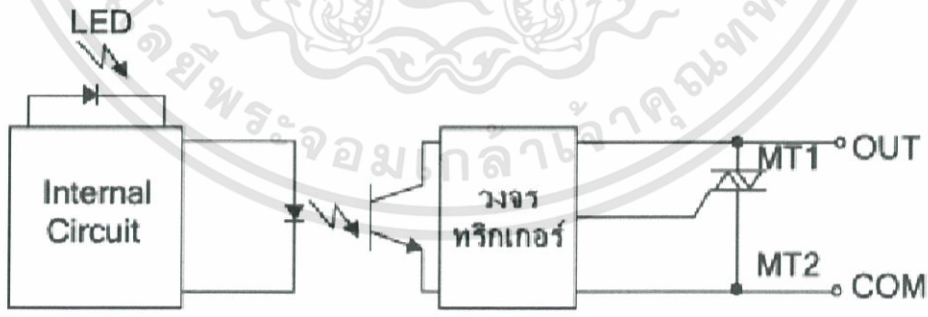
ตารางที่ 2.5 คุณสมบัติภาคเอาต์พุตทรานซิสเตอร์แบบ PNP

รายละเอียด		คุณสมบัติ
แหล่งจ่ายไฟขา +V(COM)		5 -24 VDC (60mA min) ±10% (3.5 mA X จำนวนบิตที่ "ON")
อัตราทนการทำงานสูงสุด (Max. switching capacity)		50 mA ที่แรงดัน 4.5 V - 300 mA ที่แรงดัน 26.4 V
กระแสรั่วไหล (Leakage Current)		0.1 mA (สูงสุด)
แรงดันไฟฟ้า (Residual Voltage)		0.8 VDC (สูงสุด)
เวลาตอบสนอง	OFF Delay	0.1 mS (สูงสุด)
	ON Delay	0.4 mS (สูงสุด)

ภาคเอาต์พุตทรานซิสเตอร์แบบ PNP จะมีคุณสมบัติในเรื่องอัตราทนการทำงานสูงสุด (Max switching capacity) เหมือนกับภาคเอาต์พุตทรานซิสเตอร์แบบ NPN

2.3.4.1.3 เอาต์พุตชนิดโซลิตสเตรทรีเลย์ (Solid State Relay: SSR)

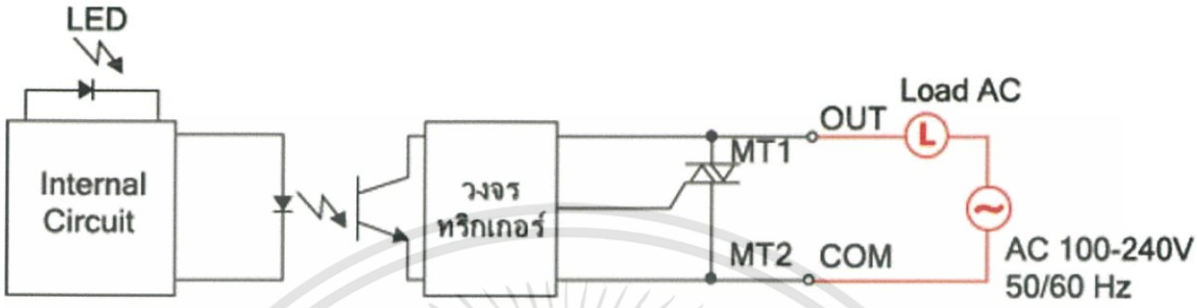
เอาต์พุตประเภทนี้ จะนำมาใช้ควบคุมโหลด AC ที่ต้องการควบคุมความเร็วในการตอบสนองที่ดีกว่าใช้เอาต์พุตแบบรีเลย์ อุปกรณ์ภาคเอาต์พุตที่ใช้จะใช้ไตรแอดเป็นสวิตช์ควบคุมโหลด ลักษณะวงจรเอาต์พุตแบบ SSR นี้ แสดงไว้ดังภาพที่ 2.18



ภาพที่ 2.18 วงจรภายในเอาต์พุตโซลิตสเตรทรีเลย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติของไตรแอดจะทำให้สามารถควบคุมโหลด AC ได้ทั้งซีกบวกและซีก ลบของรูปคลื่นไซน์ (Sine wave) ส่วนวงจรทริกเกอร์ทำหน้าที่กระตุ้นไตรแอดให้ทำงานสอดคล้อง กับรูปคลื่นไซน์ อย่างน้อยก็เป็นการป้องกันไตรแอดได้ระดับหนึ่ง การต่อวงจรเอาต์พุตแบบ SSR สามารถต่อใช้งานได้ดังภาพที่ 2.19



ภาพที่ 2.19 การต่อใช้งานเอาต์พุต SSR

ลักษณะการต่อวงจรโหลดกับภาคเอาต์พุต SSR จะต่อในลักษณะอนุกรมกันโดย ขาข้างหนึ่งของโหลดต่อกับขา OUT อีกข้างต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟสลับ ส่วนขาอีกข้างหนึ่งคือขา COM นำไปต่อกับขั้วแหล่งจ่ายไฟสลับอีกข้าง คุณสมบัติของเอาต์พุต SSR ดูได้จากตารางที่ 2.6

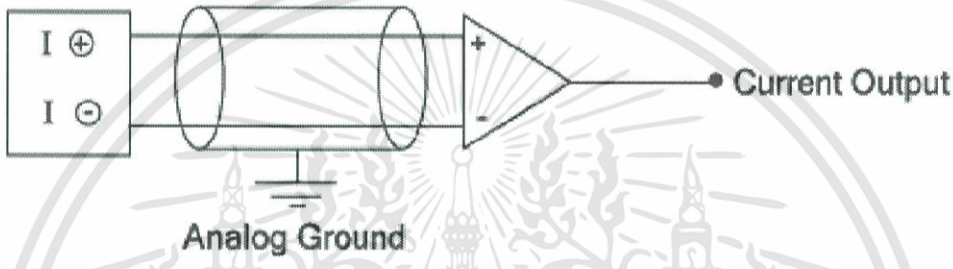
ตารางที่ 2.6 คุณสมบัติภาคเอาต์พุตแบบโซลิตสเตรทรีเลย์ (SSR)

รายละเอียด		**คุณสมบัติ**
อัตราทนการทำงานสูงสุด (Max. switching capacity)		100-240 VAC (0.4A)
กระแสรั่วไหล (Leakage Current)		0.1 mA (สูงสุด) ที่ 100 VAC 2 mA (สูงสุด) ที่ 200 VAC
แรงดันไฟฟ้า (Residual Voltage)		1.5 V (สูงสุด) (0.4A)
เวลาตอบสนอง	OFF Delay	6 mS (สูงสุด)
	ON Delay	½ cycle + 5 mS (สูงสุด)

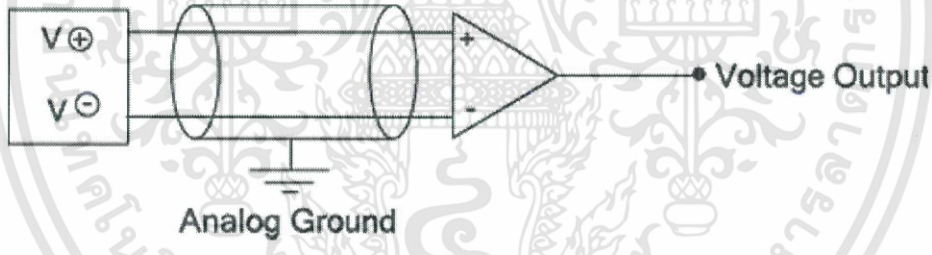
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4.2 แอนะล็อกเอาต์พุต (Analog Output)

ภาคเอาต์พุตของพีแอลซีแบบแอนะล็อกเป็นการเพิ่มความสามารถให้พีแอลซีส่งสัญญาณควบคุมเชิงปริมาณได้ ค่าที่ส่งออกไปก็จัดเป็นค่าสัญญาณมาตรฐานเหมือนภาคอินพุตแบบแอนะล็อก คือ สัญญาณ 0-10 VDC, ±10 VDC และ 1-5 V (4-20mA) ลักษณะกราฟภาคเอาต์พุต ที่จะส่งสัญญาณออกไปเหมือนกับกราฟแอนะล็อกอินพุต การส่งสัญญาณของแอนะล็อกเอาต์พุตจะส่งสัญญาณ 2 แบบคือ แรงดันและกระแส การต่อสายสัญญาณเพื่อเลือกสัญญาณเป็น กระแสหรือแรงดันของภาคเอาต์พุตแอนะล็อกจะมีสัญญาณกำกับขั้วไว้ สามารถแยกการต่อได้ 2 ลักษณะดังภาพที่ 2.20



ก. ส่งสัญญาณแบบแรงดัน (Voltage Output)

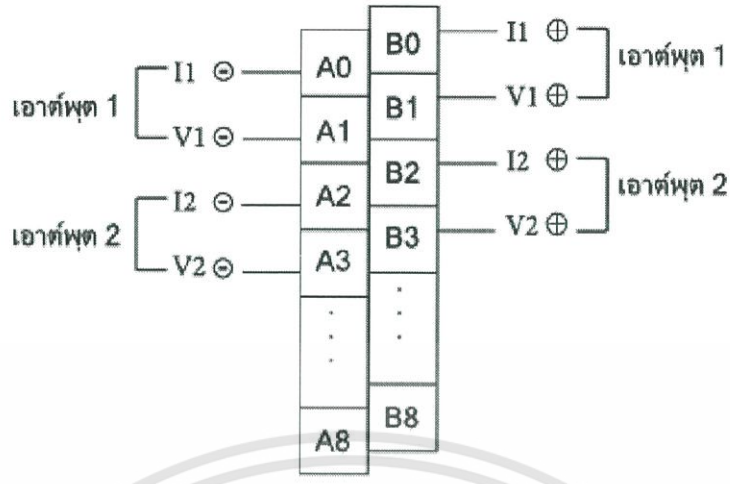


ข. ส่งสัญญาณแบบกระแส (Current Output)

ภาพที่ 2.20 ส่งสัญญาณแบบกระแส/แรงดันของแอนะล็อกเอาต์พุต

วิธีการสังเกตขั้วต่อสายของแอนะล็อกเอาต์พุตจะมีสัญลักษณ์แยกไว้ว่าเป็นของแอนะล็อกเอาต์พุตชนิดใด ดังภาพที่ 2.21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

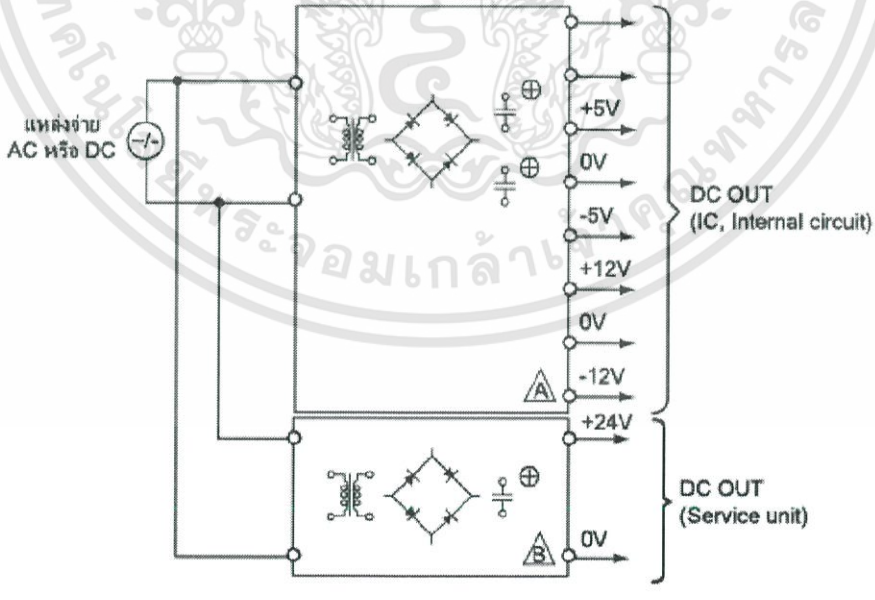


หมายเหตุ : ตั้งแต่ขั้ว A4-A8/B4-B8 ว่าง

ภาพที่ 2.21 ตำแหน่งขั้วแอนะล็อกเอาต์พุต

2.3.5 ภาคแหล่งจ่ายพลังงาน (Power Supply Unit)

ภาคแหล่งจ่ายพลังงาน จะทำหน้าที่จ่ายพลังงานให้กับอุปกรณ์ภายในพีแอลซี ได้แก่ อุปกรณ์ไอซี, ไฟเลี้ยงวงจรกำหนดการทำงานแบบต่างๆ เป็นต้น นอกจากนี้ยังจ่ายพลังงานเลี้ยง วงจรที่จะนำมาต่อกับพีแอลซีทั้งภาคอินพุต/เอาต์พุต ไดอะแกรมของแหล่งจ่ายพลังงานเขียน ไดอะแกรมได้ดังภาพที่ 2.22



ภาพที่ 2.22 ไดอะแกรมภาคแหล่งจ่ายไฟพีแอลซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แหล่งจ่ายพลังงานของพีแอลซีจะแบ่งออกเป็น 2 ชุด ชุดหนึ่งสำหรับอุปกรณ์และวงจรภายใน แต่ละโมดูลต่างๆ ของพีแอลซีอีกชุดหนึ่งเป็นตัวจ่ายพลังงาน (Service Unit 24VDC) 24VDC สำหรับ การต่อวงจรภาคอินพุตหรือเอาต์พุตก็ได้ โดยปกติแล้วชุดบริการ 24VDC ชุดนี้จะจ่ายกระแสได้ค่อนข้างต่ำ ไม่เหมาะสำหรับการนำไปจ่ายโหลดที่ดึงกระแสสูง ส่วนมากจะนำไปต่อใช้งานเฉพาะวงจรภาคอินพุตพีแอลซีเท่านั้น แต่ถ้านำไปต่อสำหรับทดสอบเครื่องพีแอลซีหรือชุดฝึกทดลองก็ไม่จำเป็นต้องใช้แหล่งจ่ายภายนอกเพิ่ม

โดยปกติแล้วแหล่งจ่ายพลังงานที่ผลิตออกมาสำหรับขายทั่วโลกนั้นจะออกแบบให้ใช้ระบบไฟได้หลายแบบ เพื่อที่จะทำให้พีแอลซีใช้ควบคุมระบบไฟฟ้าได้หลายแบบนั่นเอง คุณสมบัติของแหล่งจ่ายไฟของพีแอลซี จะมีคุณสมบัติดังนี้

แหล่งจ่ายไฟ: 100-240 VAC 50/60 Hz หรือ 24 VDC

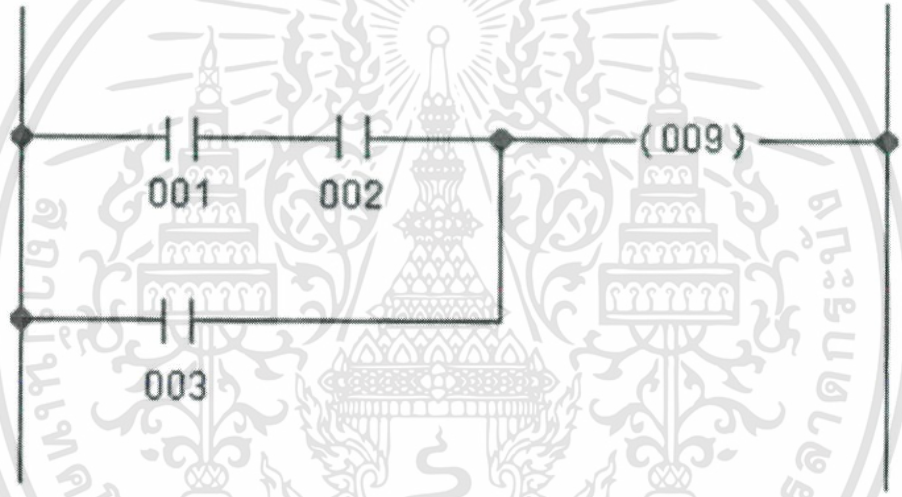
ชุดบริการ 24 VDC: 24 V (0.5A)

ส่วนการเลือกขนาดวัตต์จะคำนวณจากโมดูลต่างๆ ของพีแอลซีใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมพีแอลซี

ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมพีแอลซีมีมาตราฐานเดียวกัน โดยใช้มาตรฐาน IEC1131-3 จะมี 5 ชนิด ไดแก อินสตรักชั่นลิสต์ (Instruction List ; IL) ชีเควนเชียลฟังก์ชั่นชาร์ท (Sequential Function Chart ; SFC) ฟงก์ชั่นนบล็อกไดอะแกรม (Function Block Diagram ; FBD) สตรักเจอร์เท็กซ์ (Structured Text ; ST) และแลดเดอรลอจิก (Ladder Logic ; LAD) การเขียนโปรแกรมด้วยแลดเดอร์จะเปนที่นิยมมากที่สุดใน 5 ภาษา เมื่อพีแอลซีอยู่ในสถานะพรอมทำงานแลว โปรแกรมจะถูกป้อนเขาไปยังหน่วยความจำของซีพียู ทำใหซีพียูประมวลผลและไดผลลัพธเปนสัญญาณเอาตพุต หนาคอนแทคซึ่งเปนชนิดปกติเปด เพราะฉะนั้น ถาหนาคอนแทค 001 และ 002 ตอกัน ก็จะทำ ใหเกิดเอาตพุต 009 หรือหนาคอนแทค 003 ตอกัน ก็ทำใหเกิดเอาตพุต 009 ไดเชนกัน ลักษณะนี้เรียกวา รัง (Rung) คือมีสัญญาณอินพุตหนึ่งหรือมากกวาที่ทำใหเกิดเอาตพุตหนึ่งหรือมากกวา



ภาพที่ 2.23 วงจรแลดเดอร (PLC Ladder Logic Diagram)

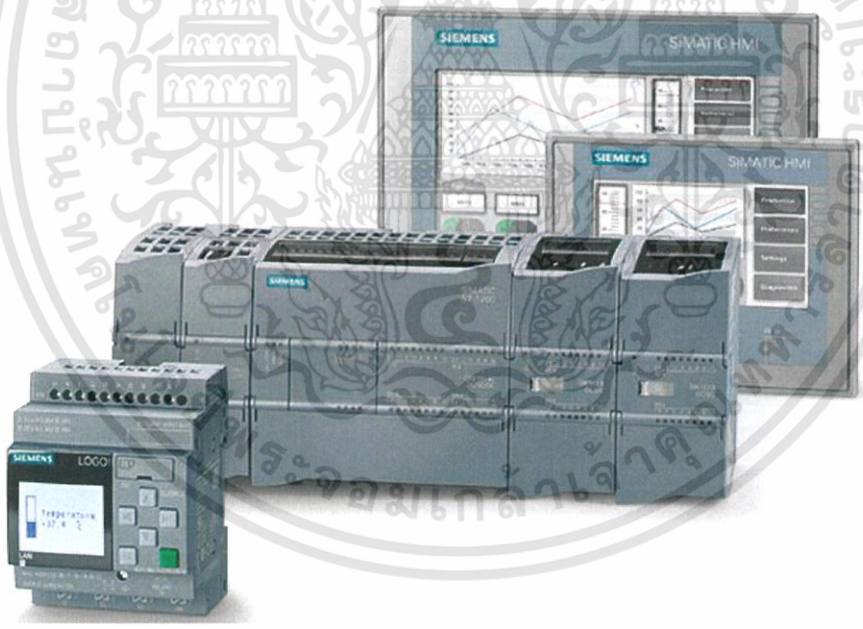
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 พีแอลซี Siemens S7 - 1200

S7 - 1200 จัดอยู่ในกลุ่ม Basic controller ที่เหมาะกับงานควบคุมอัตโนมัติ ตั้งแต่ขนาดเล็กจนถึงขนาดกลาง โดยมีจุดเด่นในเรื่องของการสื่อสารด้วย PROFINET โปรโตคอล และ เทคโนโลยีโมดูลต่างๆ เพื่อรองรับการใช้งานที่หลากหลาย รวมถึงมีรุ่นที่รับมาตรฐาน Safety อีกด้วย

Siemens S7-1200 เป็นพีแอลซีรุ่นเล็กที่เหมาะกับผู้ที่จะเริ่มต้นเรียนรู้การใช้งานพีแอลซีเบื้องต้นและพัฒนาต่อยอดไปถึงรุ่นใหญ่ได้ต่อไป เพราะทาง Siemens ได้ใช้ซอฟต์แวร์ใน platform เดียวกัน แต่แยกระดับการใช้งานของพีแอลซีแต่ละรุ่นเอาไว้

SIMATIC S7-1200 สามารถปรับใหเขากับความตองการได้อย่างง่ายดาย โซลูชั่นการทำงานอัตโนมัติมีขนาดกะทัดรัดยืดหยุนและยืดหยุน CPU S7-1200 มีให้ใชงานในรูปแบบมาตรฐานและ failsafe สามารถปรับขนาดได และมีการติดตั้ง IOs แบบบูรณาการสวนติดตอ PROFINET inter grated สำหรับการเขียน โปรแกรมการเชื่อมตอ HMI กระจาย IOs และสถาปตยกรรมไดรฟ distri-buted S7-1200 สามารถปรับให้เหมาะสมกับความตองการได้อยางเหมาะสมโดยใชโมดูลสัญญาณเสียบและโมดูลการสื่อสาร



ภาพที่ 2.24 SIMATIC S7-1200

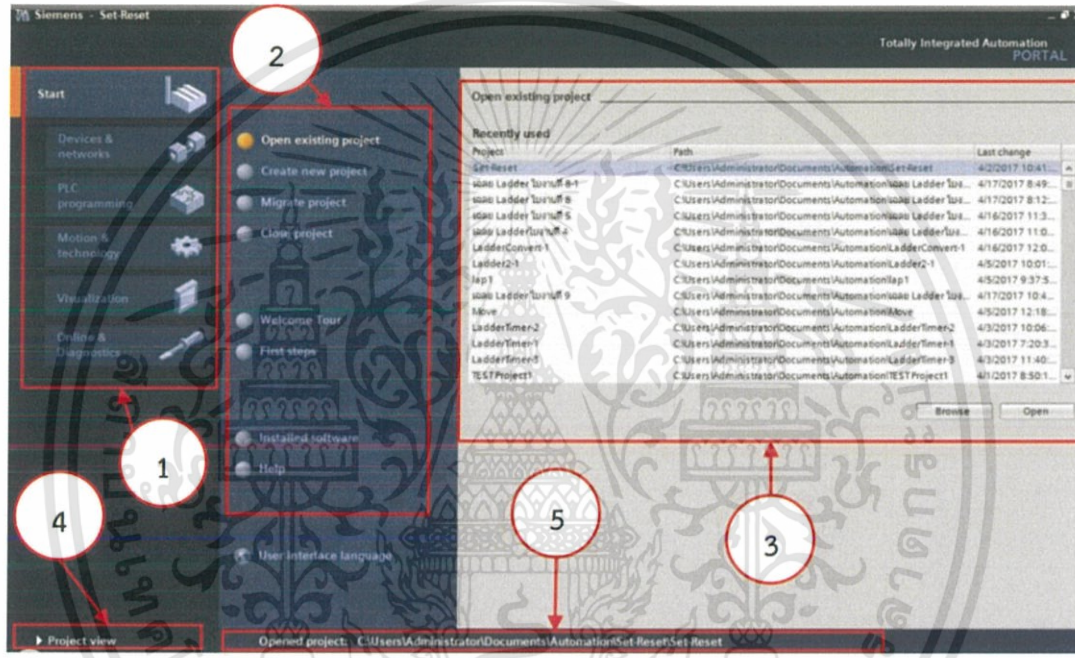
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 STEP 7 (TIA Portal)

STEP 7 (TIA Portal) เป็นซอฟท์แวร์หลักในการพัฒนาโปรแกรมพีแอลซีซึ่งอยู่ใน TIA Portal แฟรมเวิร์ค โดยรวมอุปกรณ์ต่างๆไว้ใน แพล็ทฟอร์มเดียวกัน เพื่อง่ายในการแลกเปลี่ยนข้อมลูระหว่างกัน SIMATIC S7-1200: Distributed I/O ด้วย PROFINET Interface ทำให้ S7-1200 พีแอลซีสามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆได้ง่ายขึ้นเช่น PLCI/O, PLC-PLC, PLC-Drive เป็นต้น

2.6.1 ส่วนประกอบโปรแกรม TIA Portal Version 14

2.6.1.1 Portal view หรือหน้าต่างแรกของโปรแกรม TIA Portal V14



ภาพที่ 2.25 หน้าต่าง Portal view

จากภาพที่ 2.25 หน้าต่าง Portal view ประกอบไปด้วย

1. Portals for the different tasks ฟังก์ชันพื้นฐานสำหรับจัดการโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ซึ่งการจัดการของโปรแกรมเมเบิลนั้นจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับติดตั้งของโปรแกรม

2. Actions for the selected portal เมนูสำหรับการดำเนินงานต่างๆ ในโปรแกรม เช่น การสร้างโปรเจคใหม่ การเปิดโปรเจคเก่า และยังมีเมนู Help สำหรับช่วยเหลือเรื่องต่างๆ ในโปรแกรม

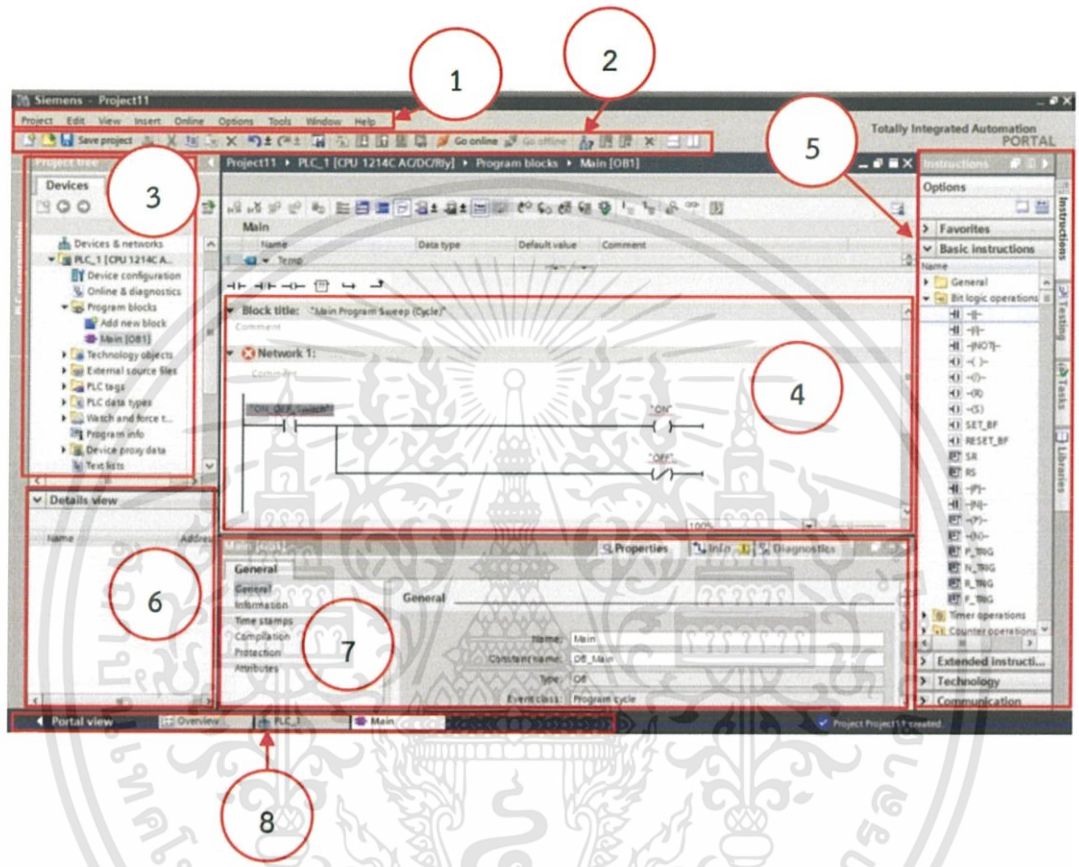
3. Selection panel for the selected action จะแสดงโปรเจคที่เคยสร้างไว้ ซึ่งช่วยให้ง่ายต่อการค้นหาโปรเจคที่เคยสร้างไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. Switch to project view สำหรับเปลี่ยนมุมมองของหน้าต่างโปรแกรม

5. Display of the project that is currently open แถบแสดงข้อมูลโฟลเดอร์ที่อยู่ของโปรเจค

2.6.1.2 Project view หรือหน้าต่างการทำงานสำหรับสร้างและแก้ไขโปรเจค



ภาพที่ 2.26 Project view

จากภาพที่ 2.26 หน้าต่าง Project view ประกอบไปด้วย

1. Menu bar หรือแถบเมนู ประกอบด้วยชุดคำสั่งต่างๆ สำหรับการทำงานในโปรแกรม

2. Toolbar หรือแถบเครื่องมือ ประกอบด้วยปุ่มเครื่องมือต่างๆ ที่ จำเป็นต้องใช้งานช่วยให้การเข้าถึงคำสั่งได้ง่ายและรวดเร็วกว่าผ่านทางแถบเมนู

3. Project tree หรือแถบโครงสร้างของโปรเจค ช่วยให้การเข้าถึง ส่วนประกอบต่างๆ ของโปรเจคได้ง่ายขึ้น และการดำเนินงานต่างๆ ในโปรเจคได้ง่าย เช่น เพิ่ม/แก้ไข ส่วนประกอบต่างๆ ของโปรเจค (เช่น Block, Device) และการแก้ไขส่วนประกอบของโปรเจค เช่น การแก้ไข Tag, Data types การเชื่อมต่อโปรแกรมเมเบิลคอนโทรเลอร์กับคอมพิวเตอร์ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. Work area พื้นที่สำหรับสร้างหรือแก้ไขโปรแกรม

5. Task cards ภายใน Task cards จะประกอบไปด้วยกลุ่มคำสั่งต่างๆ แถบนี้จะอยู่ทางด้านขวาของหน้าจอ

6. Details view จะแสดงรายละเอียดของอุปกรณ์ข้อความ หรือ Tags ที่เลือก

7. Inspector window ภายในแถบนี้จะแสดงข้อมูลเพิ่มเติมของวัตถุที่เลือกหรือแสดงการดำเนินงานของโปรเจค

8. Switching to portal view สำหรับเปลี่ยนมุมมองของหน้าต่างโปรแกรมไปเป็นมุมมอง portal

2.6.2 การกำหนดตำแหน่งของอินพุต เอาต์พุต และหน่วยความจำ

ตารางที่ 2.7 แสดงตัวอักษรที่ใช้ในการกำหนดตำแหน่งของอินพุต เอาต์พุต และหน่วยความจำ

	Siemens S7
Digital Input	I
Digital Output	Q
Memory	M

โครงสร้างการกำหนดตำแหน่งอินพุตโมดูลและเอาต์พุตโมดูลมีข้อแตกต่างกัน คือ การกำหนดแอดเดรสของดิจิทัลอินพุต เอาต์พุตโมดูล จะมีลักษณะเป็นบิต ไบท์ เวิร์ด และดับเบิ้ลเวิร์ดได้ โดยที่ดิจิทัลอินพุต / เอาต์พุต 1 จุด จะใช้ตำแหน่ง 1 บิต ส่วนแอนะล็อกโมดูล จะกำหนดแอดเดรสเป็น เวิร์ด ได้เท่านั้น

ตามมาตรฐานการกำหนดตำแหน่งของอินพุตและเอาต์พุตของหน่วยความจำ เราสามารถที่จะเข้าถึงข้อมูลที่มีขนาดเป็นบิท ไบท์ เวิร์ด และดับเบิ้ลเวิร์ด ได้โดยการกำหนดตัวอักษรเพิ่มเติมจากตัวอักษรตัวแรก ซึ่งตามมาตรฐาน IEC 1131 เราจะใช้ตัวอักษรเพื่อกำหนดขนาดของข้อมูลดังนี้

ตารางที่ 2.8 แสดงตัวอักษรที่ใช้ในการกำหนดตำแหน่งและขนาดของอินพุต เอาต์พุต และหน่วยความจำ

	Bit	Byte	Word	Double Word
Digital Input	I	IB	IW	ID
Digital Output	Q	QB	QW	QD
Memory	M	MB	MW	MD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากที่เรากำหนดตัวอักษรเพื่อใช้ในการกำหนดขนาดแอดเดรสของข้อที่เราต้องการเข้าถึงแล้ว ต่อไปเราก็ต้องทำการกำหนดตัวเลขที่ใช้ในการระบุตำแหน่งของข้อมูลที่เราต้องการ ซึ่งพีแอลซีหลายๆยี่ห้อจะมีลักษณะกำหนดที่แตกต่างกัน ซึ่งในที่นี้จะกล่าวถึงการกำหนดตัวอักษรเพื่อใช้ระบุชนิดและขนาดของข้อมูล และการกำหนดตัวเลขเพื่อใช้ในการระบุตำแหน่งของข้อมูล

ตารางที่ 2.9 การกำหนดตัวอักษรให้กับ อินพุต เอาต์พุต และหน่วยความจำ ของพีแอลซียี่ห้อ Siemens Simatic Step 7

Indirect Access	Digital Input	I
	Digital Output	Q
Direct Access	Analog/Digital Input/Output	P
	Memory	M

ในการกำหนดตำแหน่งของอินพุต เอาต์พุต และ หน่วยความจำแบบบิตของ PLC – Simatic S7 สามารถที่จะใช้ตัวอักษร I ,Q ,และ M ได้เลย แต่ถ้าต้องการที่จะเข้าถึงตำแหน่งของอินพุต เอาต์พุต และหน่วยความจำ แบบไบต์ แบบเวิร์ด และดับเบิ้ลเวิร์ด จะต้องระบุตัวอักษรเพิ่มเติมเข้าไป คือ

B เป็นการกำหนดการเข้าถึงข้อมูลขนาด ไบต์

W เป็นการกำหนดการเข้าถึงข้อมูลขนาด เวิร์ด

D เป็นการกำหนดการเข้าถึงข้อมูลขนาด ดับเบิ้ลเวิร์ด

ตัวอย่างการกำหนดตำแหน่งอินพุต เอาต์พุต และหน่วยความจำ

I 1.7	ตำแหน่งของอินพุต	ไบต์ที่ 1	บิตที่ 7
Q 5.0	ตำแหน่งของเอาต์พุต	ไบต์ที่ 5	บิตที่ 0
M2.5	ตำแหน่งของหน่วยความจำ	ไบต์ที่ 1	บิตที่ 7
IB1	ตำแหน่งของอินพุต	ไบต์ที่ 1	
QB 5	ตำแหน่งของเอาต์พุต	ไบต์ที่ 5	
MD 2	ตำแหน่งของหน่วยความจำ	ดับเบิ้ลเวิร์ดที่ 2	
PB 128	ตำแหน่งของอินพุต/เอาต์พุต	ไบต์ที่ 128	
IW0	ตำแหน่งของอินพุต	เวิร์ดที่ 0	
QW14	ตำแหน่งของเอาต์พุต	เวิร์ดที่ 14	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.3 โอเปอร์แรนด์ (Operand)

โอเปอร์แรนด์ จะเป็นส่วนที่ถูกปฏิบัติการ ตามคำสั่งที่กำหนด ภายในระบบ Simatic Step 7 นอกจากจะมีอินพุต เอาต์พุต และหน่วยความจำ (Memory) เป็นโอเปอร์แรนด์แล้ว ยังมีโอเปอร์แรนด์อื่นๆดังต่อไปนี้

1. I (Input) ทำหน้าที่เชื่อมโยงข้อมูลจากอุปกรณ์อินพุตมายังพีแอลซีโดยผ่าน Input Table (PII)
2. Q (Output) ทำหน้าที่เชื่อมโยงข้อมูลจากพีแอลซีมายังอุปกรณ์โดยผ่าน Output Table (PIQ)
3. M (Memory) เป็นโอเปอร์แรนด์ของหน่วยความจำภายในที่ทำหน้าที่เก็บสถานะทางลอจิก
4. L (Local Data) เป็นโอเปอร์แรนด์ของหน่วยความจำชั่วคราวทำหน้าที่เก็บสถานะภายในบล็อก
5. T (Timer) เป็นโอเปอร์แรนด์ของหน่วยความจำภายในสำหรับตั้งเวลา
6. C (Counter) เป็นโอเปอร์แรนด์ของหน่วยความจำภายในสำหรับ นับจำนวน
7. P (Peripherals) เป็นโอเปอร์แรนด์ที่ทำหน้าที่เชื่อมโยงข้อมูลจากโมดูลอินพุต/เอาต์พุตกับพีแอลซีโดยตรง
8. OB, FC, FB, SFC, SFB เป็นโอเปอร์แรนด์ที่ใช้ในการกำหนดถึงบล็อกต่างๆที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม
9. DB เป็นโอเปอร์แรนด์ที่ใช้ในการกำหนดถึงบล็อกที่เก็บข้อมูล

2.6.4 ชนิดของบล็อกสำหรับ Simatic S7

ในการเขียนโปรแกรมควบคุม สำหรับ Simatic S7 ได้มีการกำหนดชนิดของบล็อกไว้ 7 ชนิดคือ

1. Organization Block (OB)

จะเป็นบล็อกที่ทำหน้าที่เชื่อมโยงระหว่างระบบปฏิบัติการของพีแอลซีกับโปรแกรมควบคุมภายใน OB เอง และ โปรแกรมควบคุมที่อยู่ในบล็อกต่างๆสำหรับการควบคุมและการประมวลผล

2. Function Block (FB)

คือ ฟังก์ชัน หรือ ลำดับของฟังก์ชันในบล็อกปฏิบัติการที่มีหน่วยความจำส่วนหนึ่งถูกกำหนด เอาไว้สำหรับเก็บตัวแปร FB จะต้องการหน่วยความจำเพิ่มเติมในลักษณะของ Instance Data Block ส่วนข้อมูลชั่วคราวอื่นๆจะถูกเก็บไว้ใน Local Stack (L)

3. Functions (Function Call)

มีลักษณะคล้ายๆกับ FB เพียงแต่ไม่มีหน่วยความจำกำหนดไว้ให้ใช้ FC ไม่ต้องมี Instance Data Block ตัวแปรต่างๆจะถูกเก็บไว้ใน L Stack จนกว่าฟังก์ชันจะเสร็จสิ้นลง

4. System Function Block (SFB)

คือโปรแกรมส่วนหนึ่งของ Simatic S7 มีลักษณะคล้ายๆกับ SFC เพียงแต่ SFB จะต้องกำหนด DB ให้กับบล็อกนั้นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. System Function (SFC)

คือโปรแกรมที่สร้างขึ้นมาอยู่ในตัว S7 เช่น พารามิเตอร์ของโมดูล การสื่อสารข้อมูล เป็นต้น โดยที่ SFC สามารถที่จะถูกเรียกโดยโปรแกรมผู้ใช้งาน และไม่จำเป็นต้องกำหนด DB

6. Data Block (DB) จะเป็นบล็อกที่ใช้ในการเก็บข้อมูลต่างๆเพื่อใช้ในการประมวลผลโปรแกรม

2.6.5 แถบเครื่องมือมาตรฐาน

ภาพที่ 2.27 แถบเครื่องมือมาตรฐาน

1. New project สร้างโปรเจคใหม่
2. Open project เปิดโปรเจคเก่าที่บันทึกไว้มาใช้งาน
3. Save project บันทึกโปรเจค
4. Print สั่งพิมพ์โปรเจคลงบนกระดาษ
5. Cut ลบข้อมูล คำสั่ง หรือส่วนที่เลือกไว้ออกจากโปรเจค และนำข้อมูล คำสั่งหรือส่วนที่เลือกเดียวกันไปวางไว้ในคลิปบอร์ด
6. Copy คัดลอกข้อมูล คำสั่ง หรือส่วนที่เลือกไว้ แล้วนำไปไว้ในคลิปบอร์ด
7. Paste นำข้อมูล คำสั่ง หรือส่วนที่เลือกไว้มาวางในโปรเจคในตำแหน่งที่ต้องการ
8. Delete ลบข้อมูล คำสั่ง ส่วนที่เลือก
9. Undo ยกเลิกคำสั่งหรือการทำงานครั้งล่าสุด
10. Redo ทำคำสั่งหรือการทำงานครั้งล่าสุดอีกครั้ง
11. Find in editor ค้นหาสิ่งที่ต้องการแก้ไข
12. Compile ตรวจสอบข้อผิดพลาด (Error) ในการเขียนโปรแกรมในโปรเจคปัจจุบัน
13. Download to device นำโปรเจคที่เขียนบน TIA Portal ดาวน์โหลดลงโปรแกรม เมเบิลคอนโทรลเลอร์ (PC)
14. Upload from device (software) นำโปรแกรมจากโปรแกรม เมเบิลคอนโทรลเลอร์ ขึ้นมาบนโปรแกรม TIA Portal บนคอมพิวเตอร์
15. Start simulation เริ่มทดสอบโปรแกรม
16. Start Runtime on the PC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

17. Go online เชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับ PC แบบ online
18. Go offline เชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับ PC แบบ offline
19. Accessible devices ค้นหาคอนโทรเลอร์ที่ต่อกับคอมพิวเตอร์
20. Start CPU สั่งเริ่มการทำงานของ PC
21. Stop CPU สั่งหยุดการทำงานของ PC
22. Cross-references
23. Split editor space horizontally รูปแบบพื้นที่แก้ไขโปรแกรม ในแนวนอน
24. Split editor space vertically รูปแบบพื้นที่แก้ไขโปรแกรมใน แนวตั้ง

2.6.6 แถบเครื่องมือตรวจแก้

ภาพที่ 2.28 แถบเครื่องมือตรวจแก้

1. Insert network แทรก Network ในการเขียนโปรแกรมบนโปรเจค
2. Delete network ลบ Network ที่เลือกบนโปรเจค
3. Insert row แทรกแถว
4. Add row เพิ่มแถว
5. Reset start values รีเซตเป็นเริ่มต้น
6. Expanded mode โหมดขยาย
7. Open all networks แสดง Network ทั้งหมดบนโปรเจค
8. Close all networks ไม่แสดง Network ทั้งหมดบนโปรเจค
9. Free comments on/off เปิด/ปิด การแสดงข้อความ
10. Absolute/symbolic operands เปิด/ปิด ตำแหน่ง Address
11. Shows the tag information แสดงรายละเอียดของ Tag
12. Network comments on/off เปิด/ปิด ข้อความที่กำหนด
13. Display favorites in the editor
14. Go to previous error
15. Go to next error

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

16. Go to read/write access
17. Back to read/write access
18. Update inconsistent block calls
19. Comment out selection
20. Remove comment
21. Detailed comparison
22. Monitoring on/off เปิด/ปิด แสดงสถานะการทำงาน
23. Download without reinitialization

2.6.7 แถบเครื่องมือคำสั่ง

ภาพที่ 2.29 แถบเครื่องมือคำสั่ง

1. Normally open contact
2. Normally closed contact
3. Assignment ชุดคำสั่งต่างๆ ที่อยู่ในรูปแบบ Coil เช่น Output, Set, Reset เป็นต้น
4. Empty box ชุดคำสั่งต่างๆ ที่อยู่ในรูปแบบบล็อก เช่น Timer, Counter, Move เป็นต้น
5. Open branch แทรกรั้ง (Rung)
6. Close branch ปิดการแทรกรั้ง (Rung)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 IRB 910SC SCARA

หุ่นยนต์หยิบจับ รุ่น IRB 910SC – SCARA ของ ABB เหมาะสำหรับการประกอบและจัดการชิ้นส่วนขนาดเล็ก โดยหุ่นยนต์ตระกูล SCARA ของ ABB เหมาะอย่างยิ่งสำหรับผู้ผลิตที่ต้องการการผลิตที่รวดเร็ว มีความแม่นยำสูง โดย ABB มีแอปพลิเคชั่น Small Parts Assembly ที่ใช้งานคู่กับหุ่นยนต์ เพื่อให้เกิดการทำงานที่มีประสิทธิภาพและแม่นยำมากขึ้น

IRB 910SC – SCARA เหมาะอย่างยิ่งสำหรับการประกอบชิ้นส่วนขนาดเล็ก (Small Parts Assembly), การใช้ในห้องปฏิบัติการอัตโนมัติ

2.7.1 ความยาวแขนที่แตกต่าง 3 ระยะ

SCARA นั้นสามารถรองรับน้ำหนักสูงสุด 6 กิโลกรัม โดยรุ่น IRB 910SC มีให้เลือกสามรูปแบบ คือ IRB 910SC -3 / 0.45, IRB 910SC - 3 / 0.55, และ IRB 910SC - 3 / 0.65 ซึ่งแต่ละรุ่นถูกออกแบบให้มีความยาวแขนที่แตกต่างกัน ด้วยระยะ 450 มม., 550 มม. และ 650 มม. ตามลำดับ โปรเจคเครื่องทอร์คสกรูอัตโนมัติโดยใช้หุ่นยนต์นั้นได้เลือกใช้หุ่นยนต์รุ่น IRB 910SC - 3 / 0.65 เพราะ Working area จากมุม top view เป็นระยะที่เพียงพอต่อการ torque screw เพราะถ้าเลือก robot ที่มี reach น้อยกว่านี้ จะไม่สามารถ torque screw ในพื้นที่ที่ต้องการได้

ภาพที่ 2.30 ความยาวแขนของ IRB 910SC ที่ระยะ 450 มม., 550 มม. และ 650 มม. ตามลำดับ

2.7.2 การประยุกต์ใช้งาน

IRB 910SC –SCARA ของ ABB ได้รับการออกแบบมาสำหรับแอพพลิเคชันที่ต้องมีการเคลื่อนไหวแบบจุดต่อจุด-รวดเร็ว-ซ้ำ ๆ เช่น การจัดเรียง-หยิบออก, การขนถ่ายวัสดุเข้า-ออกและการประกอบเครื่อง

ตัวอย่างแอพพลิเคชันหลัก

1. การประกอบชิ้นส่วนขนาดเล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การขันสกรู (Screw driving)
3. การสอดแทรก (Inserting)
4. การประกอบ / ถอดชิ้นส่วน (Assembly / disassembly)
5. การติด (Mounting)
6. การจัดการวัสดุ
7. การหยิบและการวาง (Picking and placing)
8. การถ่ายโอนชิ้นส่วน (Parts transfer)
9. การจัดการชิ้นส่วน (Parts handling)
10. การเรียงลำดับ (Sorting)
11. การบรรจุหีบห่อ (Packaging)
12. การตรวจสอบ
13. การตรวจสอบผลิตภัณฑ์ (Product inspection)
14. การทดสอบ (Testing)
15. การควบคุมคุณภาพ (Quality control)

2.8 IRC5 Compact Controller

จากกว่าสี่ทศวรรษของประสบการณ์หุ่นยนต์นั้น IRC5 เป็นมาตรฐานอุตสาหกรรมหุ่นยนต์ของเทคโนโลยีในการควบคุมหุ่นยนต์ นอกเหนือจากการเคลื่อนไหวที่เป็นเอกลักษณ์ของ ABB แล้วนั้น การควบคุม IRC5 ยังนำมาซึ่งความยืดหยุ่น, ความปลอดภัย, ส่วนต่อสานประยุกต์ (Application Interfaces), ควบคุมได้หลายหุ่นยนต์ และสนันสนุนอุปกรณ์เครื่องคอมพิวเตอร์

ภาพที่ 2.31 IRC5 Compact Controller

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.1 IRC5 Compact

คอนโทรลเลอร์ IRC5 อันทรงพลังในรูปแบบกระทัดรัด และยังมีข้อดีในด้านการประหยัดพื้นที่และง่ายต่อการทำงานผ่านพาวเวอร์อินพุต 1 เฟส, ตัวเชื่อมต่อภายนอกสำหรับสัญญาณทั้งหมดและสามารถขยายระบบ I / O เพิ่มได้อีก 16 in , 16 out

2.8.2 ความปลอดภัย

ความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงานเป็นข้อดีหลักของ IRC5 Compact ปฏิบัติตามกฎระเบียบที่เกี่ยวข้องทั้งหมดซึ่งผ่านการรับรองโดยผู้ตรวจสอบ

2.8.3 การควบคุมการเคลื่อนไหว

จากการสร้างแบบจำลองไดนามิกขั้นสูงนั้น IRC5 จะปรับประสิทธิภาพของหุ่นยนต์ให้เหมาะสมโดยอัตโนมัติโดยลดรอบเวลาและให้ความแม่นยำอย่างเที่ยงตรง

2.8.4 ภาษาการเขียนโปรแกรม RAPID

ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมคือภาษา RAPID เป็นการผสมผสานอย่างลงตัวของความเรียบง่าย ความยืดหยุ่น และการใช้พลังงาน RAPID ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อแก้ไขจุดอ่อนของ Structured Design ด้วยการพัฒนาระบบให้มีขั้นตอนการทำงานที่รวบรัดมากขึ้น เพื่อช่วยให้การพัฒนาระบบนั้นดำเนินการได้อย่างรวดเร็ว

2.8.5 การสื่อสาร

IRC5 รองรับระบบ Fieldbus สำหรับ I/O และสามารถทำงานได้ดีในแต่ละจุดของระบบเครือข่าย

2.8.6 FlexPendant

FlexPendant มีลักษณะเด่นด้านความเรียบง่าย, หน้าจอแบบสัมผัสและคันโยกบังคับทิศทาง 3D เพื่อง่ายต่อการควบคุมหุ่นยนต์

ภาพที่ 2.32 FlexPendant

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

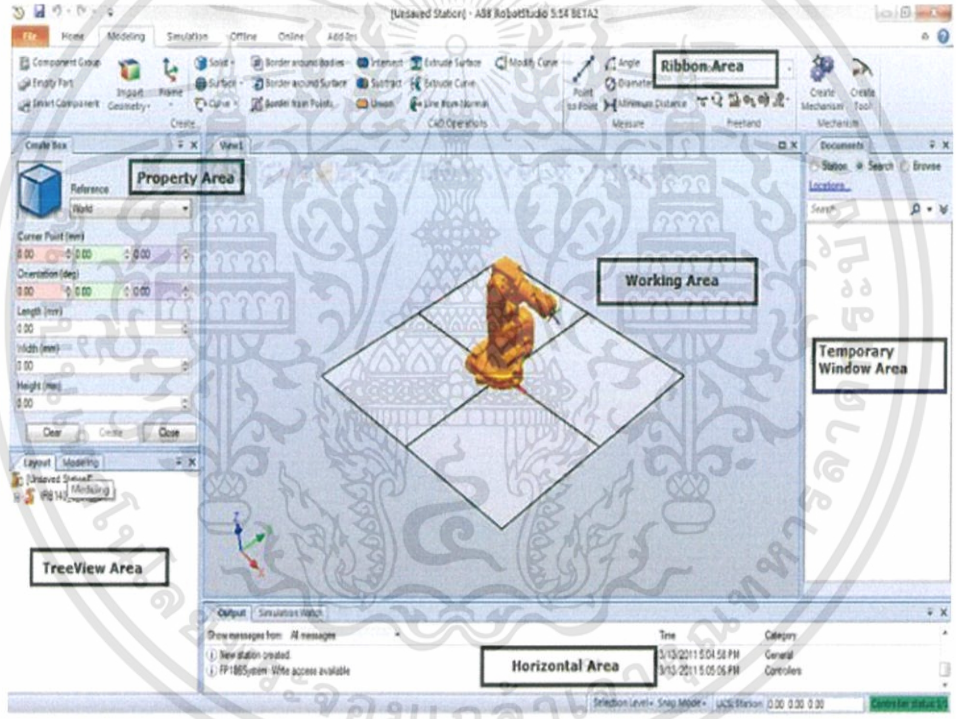
2.8.7 เปิดใช้งานบริการในระยะไกล

การตรวจสอบการทำงานระยะไกลหุ่นยนต์สามารถทำได้ โดยผ่านเครือข่ายการสื่อสารมาตรฐาน (GSM หรือ Ethernet) วิธีการตรวจสอบขั้นสูงช่วยให้สามารถตรวจสอบความผิดพลาดได้อย่างรวดเร็ว เช่นเดียวกับการตรวจสอบสภาพของหุ่นยนต์ตลอดการใช้งาน

2.8.8 RobotStudio

RobotStudio เป็นซอฟต์แวร์การจำลองของ ABB และRobotStudio สามารถเขียนโปรแกรมแบบออฟไลน์ได้

2.9 RobotStudio



ภาพที่ 2.33 หน้าต่างโปรแกรม RobotStudio

RobotStudio User Interface ประกอบไปด้วย

2.9.1 Ribbon Area

Ribbon Area จะแสดงเมนูและแถบเครื่องมือการใช้งานหลักๆ ซึ่งประกอบด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.1.1 Tab

ใช้สำหรับจัดระเบียบการควบคุมภายใน Ribbon สำหรับการทำงานต่างๆที่ ผู้ใช้ทำการออกแบบด้วยเหตุนี้ทุกโปรแกรมจะมีชุดของ Tab เฉพาะที่สัมพันธ์กับการใช้งานของผู้ใช้

ภาพที่ 2.34 Ribbon Area แสดงแถบเครื่องมือ

1. Home tab ประกอบไปด้วยตัวควบคุมที่จำเป็นสำหรับการสร้าง Station, ระบบการเขียนโปรแกรมและการเพิ่มอุปกรณ์ต่างๆ
2. Modeling Tab ประกอบไปด้วยตัวควบคุมสำหรับการสร้างและจัดองค์ประกอบต่างๆ, การสร้างรูปร่าง, การวัดและการใช้ CAD
3. Simulation tab ประกอบไปด้วยตัวควบคุมการตั้งค่า, การคอนฟิก, การควบคุม, การแสดงผลและการบันทึกผลการทำงาน
4. Offline tab ประกอบด้วยตัวควบคุมสำหรับการซิงโครไนซ์ การกำหนดค่า และการกำหนดงานให้ Virtual Controller (VC)
5. Online tab ประกอบด้วยตัวควบคุมสำหรับการจัดการตัวควบคุมจริง
6. Add-Ins tab ประกอบด้วยตัวควบคุมสำหรับ PowerPacs และ VST

2.9.1.2 Groups

ใช้ในการจัดระเบียบตัวควบคุมที่เกี่ยวข้องบน Tap ทำให้ง่ายในการเปิด Ribbon

ภาพที่ 2.35 Ribbon Area แสดง Groups

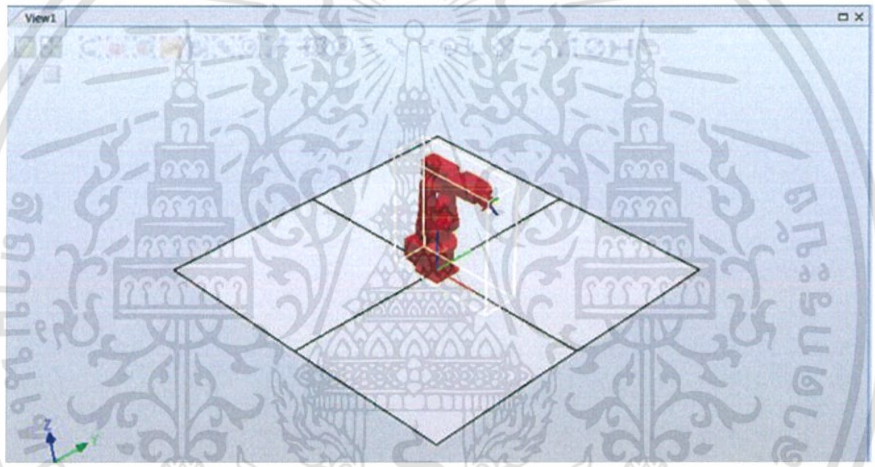
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.1.3 Control Ribbon

จะแสดงตัวควบคุมหลากหลายชนิด อาทิเช่น ปุ่ม เมนู ปุ่มแยก กล่องคำสั่งผสม และแกลเลอรี นอกจากนี้ Ribbon สามารถแสดงตัวควบคุมได้หลากหลายเวอร์ชัน เมื่อใช้การจัดกลุ่มตัวควบคุมขนาดใหญ่และขนาดเล็กที่สัมพันธ์กับตัวควบคุมบน Ribbon ในการสื่อสารกับผู้ใช้ การจัดเรียงตัวควบคุมนี้ทำให้ให้ผู้ใช้เรียกดู Ribbon และทำงานใหม่ได้ง่าย

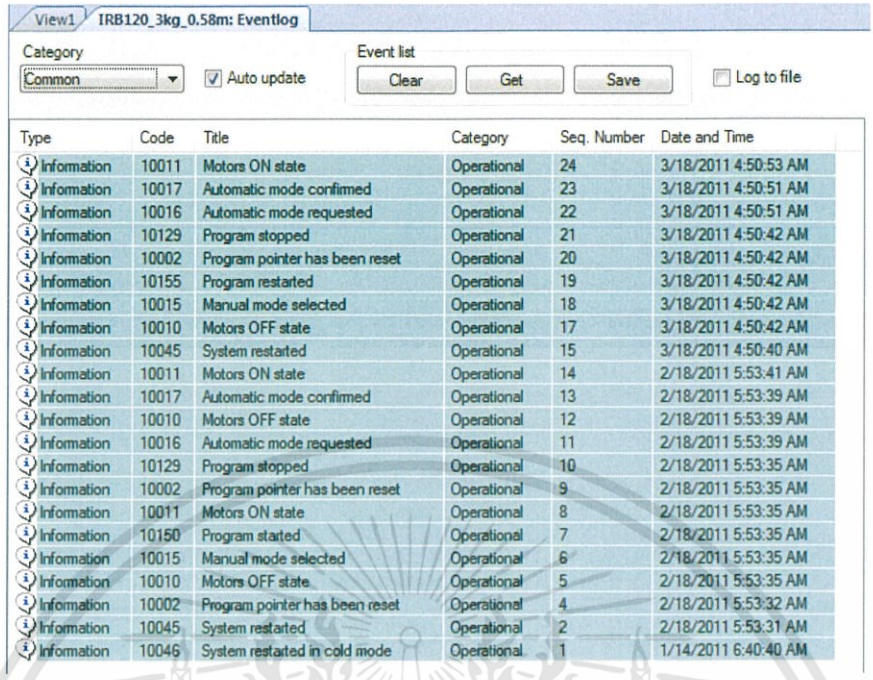
2.9.2 Working Area

เป็นหน้าต่างที่ผู้ใช้งานใช้สำหรับทำงานหลัก นอกจากนี้ยังสามารถอธิบายเป็น UI ที่ผู้ใช้จะทำงานได้ซึ่งผู้ใช้สามารถเป็นเจ้าของพื้นที่ทำงานได้ ตัวอย่าง Working Area ใน RobotStudio ได้แก่ 3D View, Event Manager เป็นต้น



ภาพที่ 2.36 3D View

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Type	Code	Title	Category	Seq. Number	Date and Time
Information	10011	Motors ON state	Operational	24	3/18/2011 4:50:53 AM
Information	10017	Automatic mode confirmed	Operational	23	3/18/2011 4:50:51 AM
Information	10016	Automatic mode requested	Operational	22	3/18/2011 4:50:51 AM
Information	10129	Program stopped	Operational	21	3/18/2011 4:50:42 AM
Information	10002	Program pointer has been reset	Operational	20	3/18/2011 4:50:42 AM
Information	10155	Program restarted	Operational	19	3/18/2011 4:50:42 AM
Information	10015	Manual mode selected	Operational	18	3/18/2011 4:50:42 AM
Information	10010	Motors OFF state	Operational	17	3/18/2011 4:50:42 AM
Information	10045	System restarted	Operational	15	3/18/2011 4:50:40 AM
Information	10011	Motors ON state	Operational	14	2/18/2011 5:53:41 AM
Information	10017	Automatic mode confirmed	Operational	13	2/18/2011 5:53:39 AM
Information	10010	Motors OFF state	Operational	12	2/18/2011 5:53:39 AM
Information	10016	Automatic mode requested	Operational	11	2/18/2011 5:53:39 AM
Information	10129	Program stopped	Operational	10	2/18/2011 5:53:35 AM
Information	10002	Program pointer has been reset	Operational	9	2/18/2011 5:53:35 AM
Information	10011	Motors ON state	Operational	8	2/18/2011 5:53:35 AM
Information	10150	Program started	Operational	7	2/18/2011 5:53:35 AM
Information	10015	Manual mode selected	Operational	6	2/18/2011 5:53:35 AM
Information	10010	Motors OFF state	Operational	5	2/18/2011 5:53:35 AM
Information	10002	Program pointer has been reset	Operational	4	2/18/2011 5:53:32 AM
Information	10045	System restarted	Operational	2	2/18/2011 5:53:31 AM
Information	10046	System restarted in cold mode	Operational	1	1/14/2011 6:40:40 AM

ภาพที่ 2.37 Event Manager

2.9.3 Dockable Areas

สามารถแบ่งออกเป็น 4 ส่วนได้ดังนี้

- Property Area ใช้ในการแสดงฟังก์ชัน ตัวอย่างเช่น สร้างกล่อง, สร้าง Target เป็นต้น
- TreeView Area นำมาใช้ในการแสดงวัตถุพิเศษและสามารถมีคุณลักษณะเฉพาะใน TreeView นั้น
- Temporary Window Area สามารถนำมาใช้ทำงานสองอย่างพร้อมกันได้ ตัวอย่างเช่น Document Window เป็นต้น
- Horizontal Area สามารถแสดงหน้าต่างของ log message ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10 Micro Torque Screwdriver

2.10.1 features

ภาพที่ 2.38 Micro Torque Tightening MTF6000

A. ดีไซน์กระทัดรัด ประหยัดพื้นที่
B. จอแสดงผลมองเห็นได้ชัดเจนและข้อมูลสามารถกำหนดค่าได้
C. พื้นหลังสี ง่ายต่อการมองเห็น
D. มีการควบคุมทิศทางที่ง่ายโดยผ่านปุ่มควบคุม
E. Vacuum adapter
F. Bit grounding
G. รูเกลียวเพื่อความสะดวกและติดตั้งง่าย
H. การออกแบบให้มีขนาดกระทัดรัดและน้ำหนักเบา
I. ไฟ LED แสดงสถานะการทอร์คสกรู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10.2 หลักการการทอร์กสกรู

การทอร์กสกรูมีกระบวนการทั้งหมด 3 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 : Engagement

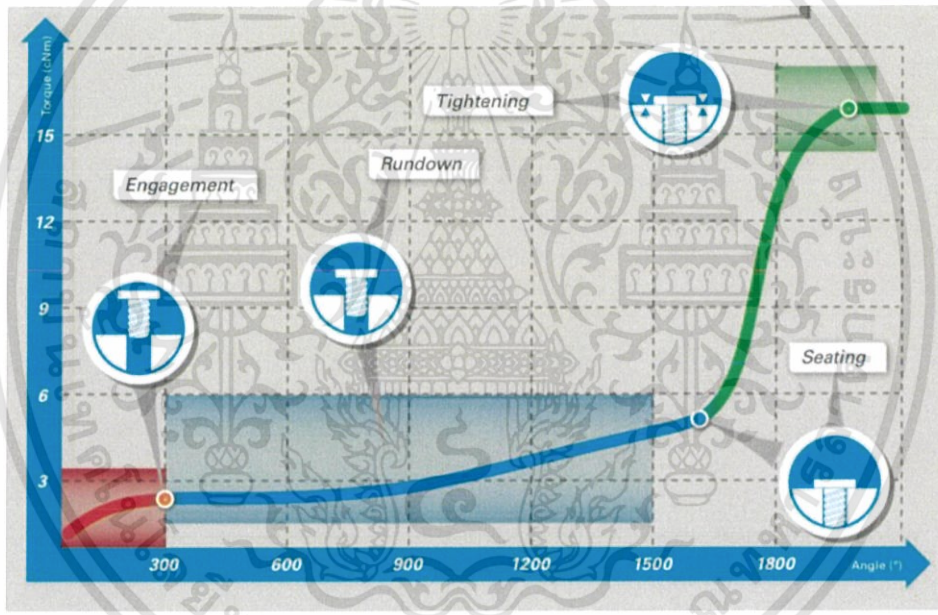
ขั้นตอนแรกเป็นขั้นตอนการหารูแฉกให้ตรงกับหัวบิด จะหมุนไปเรื่อยๆ ถ้ามี ค่าtorque แสดงว่ารูแฉกหัวน็อตกับ screwdriver ตรงกันแล้ว พอได้รับสัญญาณ torque engage ถึงค่อยไป ขั้นตอนที่ 2

ขั้นตอนที่ 2 : Rundown

ขั้นตอนนี้จะใช้มุม (Angle) ประมาณ 60 – 80 % ของมุมทั้งหมด จะใช้ speed ที่เร็วที่สุด แต่ยังอยู่ในช่วง limit torque อยู่ จะมีค่า torque เฉลี่ยคงที่ จนถึงจุด Seating

ขั้นตอนที่ 3 : Tightening

จะเป็นช่วงที่ใช้ค่า torque มากที่สุดตามที่เราได้ตั้งค่าไว้



ภาพที่ 2.39 กระบวนการ Tightening 3 ขั้นตอน

2.11 Vision Sensor

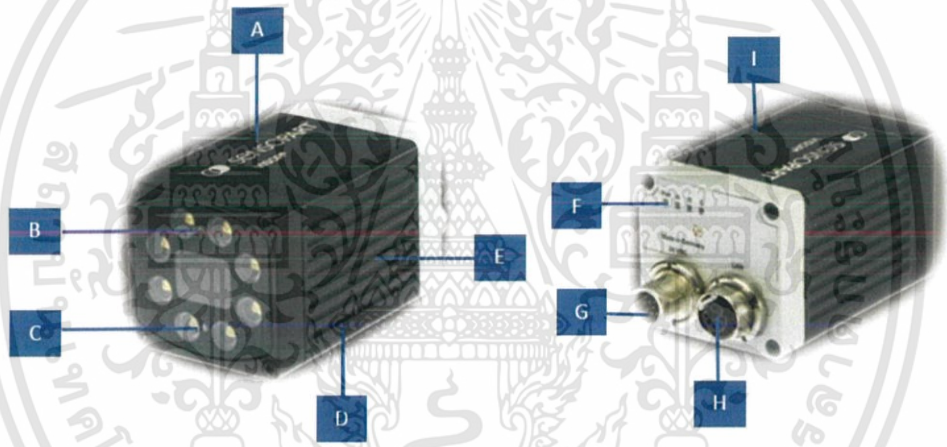
Vision Sensor เป็นส่วนหนึ่งของระบบ Machine vision หรือ เครื่องจักรที่ใช้ระบบประมวลผลภาพในกระบวนการตรวจสอบชิ้นงาน ซึ่งถูกใช้สำหรับคัดกรองชิ้นงานในส่วนของกระบวนการควบคุมคุณภาพในการผลิต Vision Sensor จะใช้การถ่ายภาพชิ้นงานด้วยกล้องดิจิตอลความเร็วสูง จากนั้น จะทำการประมวลผลภาพที่ได้กับภาพมาตรฐานว่ามีข้อแตกต่างกันอย่างไร เพื่อส่งผลให้ตัวคอนโทรลเลอร์สั่งงานต่อไป Vision Sensor สามารถทำงานได้ดีในกระบวนการตรวจสอบแบบซ้ำๆ ช่วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพิ่มความเร็วในการผลิตได้รวดเร็วมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังสามารถเก็บข้อมูลชิ้นงานที่ได้จากการถ่าย เพื่อเป็นหลักฐานการตรวจสอบผ่านระบบฐานข้อมูลการผลิตได้อีกด้วยทั้งหมดนี้คือโซลูชั่นในการตรวจจับปัญหาในกระบวนการผลิต ซึ่งสามารถทำงานได้เร็วกว่าการใช้พนักงานคอยตรวจจับ

Vision Sensor ใช้รูปภาพที่ถ่ายโดยกล้องเพื่อวิเคราะห์ชิ้นงานในลักษณะต่างๆ เช่น การเอียง ความถูกต้องของชิ้นงาน ซึ่งจะแตกต่างกับระบบ Image inspection ทั่วๆ ไป เพราะ Vision sensor จะรวมเอาตัวกล้อง หน้าจอแสดงผลแบบอิเล็กทรอนิกส์ ระบบแสงที่ใช้ถ่ายภาพ และส่วนของคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ในการควบคุมสั่งงานเข้าไว้ภายในตัวทำให้ง่ายต่อการใช้งานและการติดตั้งที่รวดเร็วมากขึ้น นอกจากนี้ยังสามารถใช้การตรวจจับความผิดปกติของชิ้นงานแบบหลายตำแหน่งได้อีกด้วย

2.11.1 Features



ภาพที่ 2.40 VISOR *V10* Object sensor

A. VISOR® Object
B. เลเซอร์เป้าหมาย
C. ประสิทธิภาพสูง, รวมแสง LED (สีขาว, สีแดง, อินฟราเรด), สามารถรวมกับแสงภายนอก
D. มีเลนส์ในตัว (กว้าง, กลาง, แคบ), ปรับโฟกัสด้วยมอเตอร์
E. ความละเอียดของภาพสูง
F. สถานะ LED
G. แหล่งจ่ายไฟ I/O 12 พิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

H. สามารถการกำหนดค่าและการส่งข้อมูลผ่าน Ethernet, EtherNet/IP, PROFINET, sFTP/SMB, SensoWeb

I. หน่วยประมวลผลประสิทธิภาพสูง

2.11.2 การติดตั้งโปรแกรม

2.11.2.1 SensoFind

แสดงรายการทั้งหมดของ VISOR® vision sensors ที่มีในเครือข่าย โหมดการกำหนดค่าหรือโหมด Viewer สามารถเข้าถึงได้โดยตรงจากที่นี่และสามารถเริ่มการจำลองแบบออฟไลน์ได้

ภาพที่ 2.41 หน้าต่าง SensoFind

2.11.2.2 SensoConfig

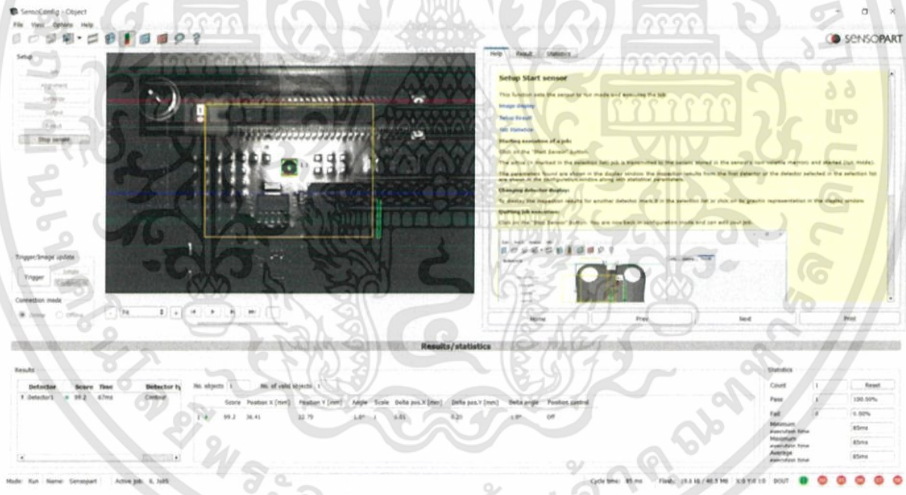
ซอฟต์แวร์กำหนดค่าของ VISOR® งานที่มีการตรวจสอบที่ซับซ้อนสามารถตั้งค่าได้อย่างง่ายทีละขั้นตอน ผลลัพธ์ของการตั้งค่าแต่ละอย่างจะปรากฏขึ้นทันทีบนจอภาพ เครื่องบันทึกภาพในตัวจะช่วยให้การวิเคราะห์ข้อผิดพลาดและการจำลองง่ายขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2.42 หน้าต่าง SensoConfig

2.11.2.3 SensoView & SensoWeb

เมื่อการกำหนดค่าเสร็จสมบูรณ์ Vision Sensor จะทำงานอย่างอิสระโดยไม่ต้องเชื่อมต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ สามารถเรียกใช้ข้อมูลได้ตลอดเวลาในขณะที่เซ็นเซอร์ทำงานอยู่



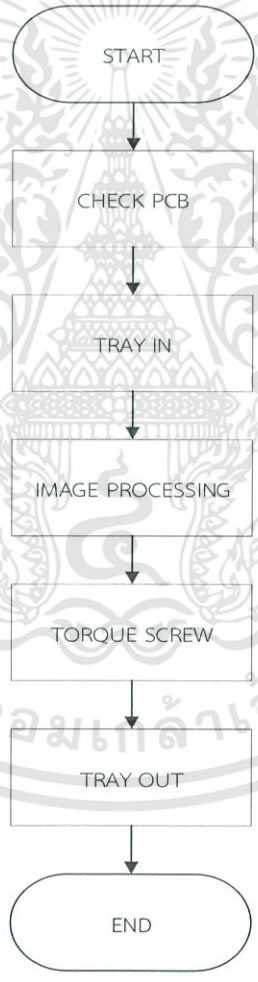
ภาพที่ 2.43 SensoView & SensoWeb

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 แนวคิด

การเปลี่ยนแปลงระบบการผลิตแบบเดิมที่ใช้ Operator ในการทอร์กเป็นหลักนั้น ไปเป็นระบบการผลิตแบบใหม่ซึ่งเป็นระบบการผลิตแบบกึ่งอัตโนมัติที่ใช้หุ่นยนต์ในการทอร์กเพื่อที่จะแก้ไขปัญหาที่เกิดจากการทำงานของ Operator อาทิเช่น ความผลิตพลาดจากการทอร์ก, มาตรฐานของชิ้นงานไม่คงที่, เวลาในการทอร์กสูงกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้และเพิ่มประสิทธิภาพในการทอร์กให้สูงขึ้น ซึ่งระบบการผลิตแบบใหม่ที่ใช้หุ่นยนต์ในการทอร์กนั้นมีหลักการทำงานดังภาพที่ 3.1



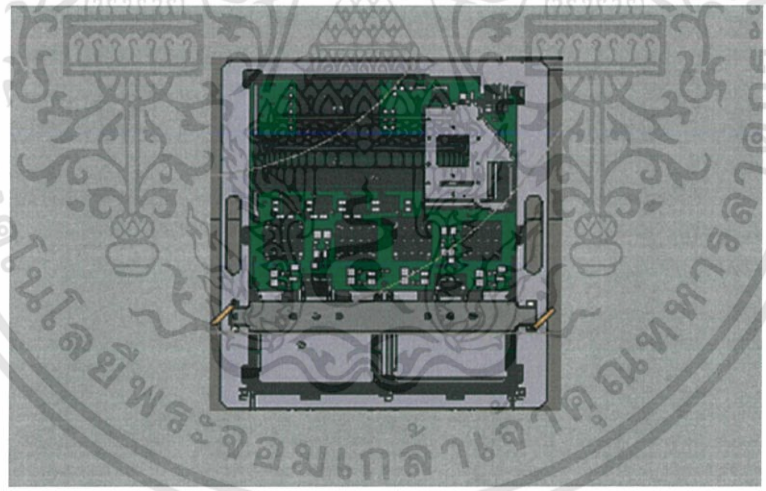
ภาพที่ 3.1 แสดง Flowchart การทำงานของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพที่ 3.1 จะแสดง Flowchart การทำงานของระบบการทอร์กสกรูโดยใช้หุ่นยนต์ซึ่งเมื่อ Operator ทำการกดปุ่ม Start การทำงานผ่าน HMI ระบบจะเริ่มการทำงานโดยทำการเช็คบอร์ดบน Fixture หลังจากนั้น Operator จะกด Push-Button switch เพื่อให้บอร์ดเคลื่อนที่เข้าไปยังตำแหน่งที่จะทำการทอร์ก พอบอร์ดเข้ามาถึงบริเวณที่จะทอร์ก Vision Sensor จะถ่ายภาพและ Compensate ค่า DeltaX และ DeltaY ออกมา เพื่อใช้สำหรับคำนวณหาค่า DeltaAngle ตามสมการ เมื่อหุ่นยนต์ Move offset ตามค่าที่ได้แล้ว หลังจากนั้นหุ่นยนต์จะทอร์กสกรู เมื่อทอร์กสกรูเสร็จหุ่นยนต์จะส่งสัญญาณไปให้พีแอลซีว่าทอร์กสกรูเสร็จเรียบร้อย หลังจากนั้นบอร์ดจะเคลื่อนที่ออกมาเมื่อบอร์ดเคลื่อนที่มายังตำแหน่งที่ไว้ใส่บอร์ด Operator จะยกบอร์ดออกเป็นการจบการทำงาน

3.1.1 รูปแบบการทอร์กสกรูของระบบการผลิตแบบเก่า

สำหรับการทอร์กสกรูในระบบการผลิตแบบเก่านั้นจะใช้ Operator ในการทอร์กสกรู ซึ่งปัญหาที่พบในการทอร์กสกรูแบบเก่าก็คือความผิดพลาดในการทอร์กสกรู การแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นไม่ถูกวิธี คุณภาพของชิ้นงานไม่ได้มาตรฐาน ค่า UPH (Unit Per Hours) ที่สูงกว่าที่ตั้งไว้ เป็นต้น โดยพื้นที่สำหรับการทอร์กสกรูของ Operator เป็นดังภาพที่ 3.2



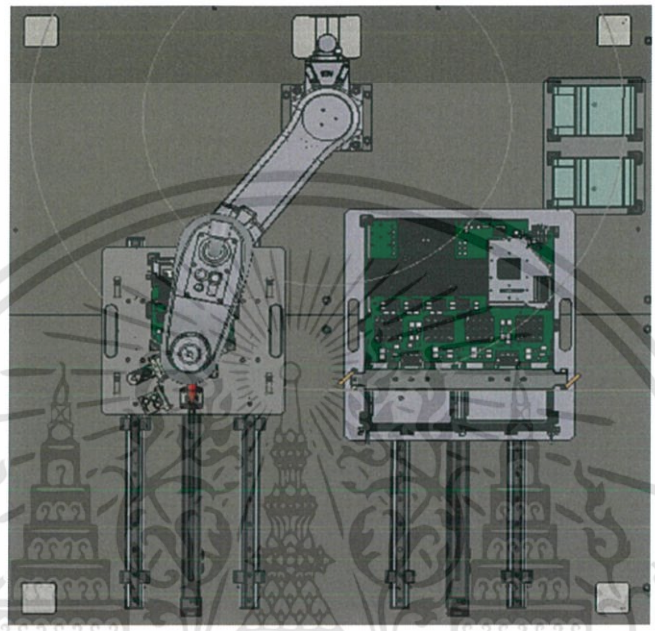
ภาพที่ 3.2 แสดงพื้นที่สำหรับการทำการทอร์กสกรูของ Operator

3.1.2 รูปแบบการทอร์กสกรูของระบบการผลิตแบบใหม่

สำหรับการทอร์กสกรูในระบบการผลิตแบบใหม่นั้นได้นำหุ่นยนต์มาใช้สำหรับการทอร์กสกรูซึ่งสามารถช่วยลดปัญหาจากการทอร์กสกรูของ Operator ได้เป็นอย่างมาก กล่าวคือ เมื่อนำหุ่นยนต์มาใช้ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การผลิตทำให้มาตรฐานในการผลิตชิ้นงานสูงขึ้น, ช่วยลดระยะเวลาในการทำงานลง, การควบคุมสั่งงานของเครื่องทอร์กสกรูอัตโนมัติง่ายไม่ซับซ้อน อีกทั้งยังยืดหยุ่นต่อการใช้งานสามารถเพิ่ม - เปลี่ยนโมเดลในการทอร์กได้ และช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในการจ้างแรงงานคน โดยภาพที่ 3.3 แสดงพื้นที่สำหรับการทอร์กสกรูของหุ่นยนต์



ภาพที่ 3.3 แสดงพื้นที่สำหรับการทอร์กสกรูของหุ่นยนต์

3.2 วิธีการดำเนินงาน

3.2.1 ออกแบบ Flow Chart การทำงานของระบบ

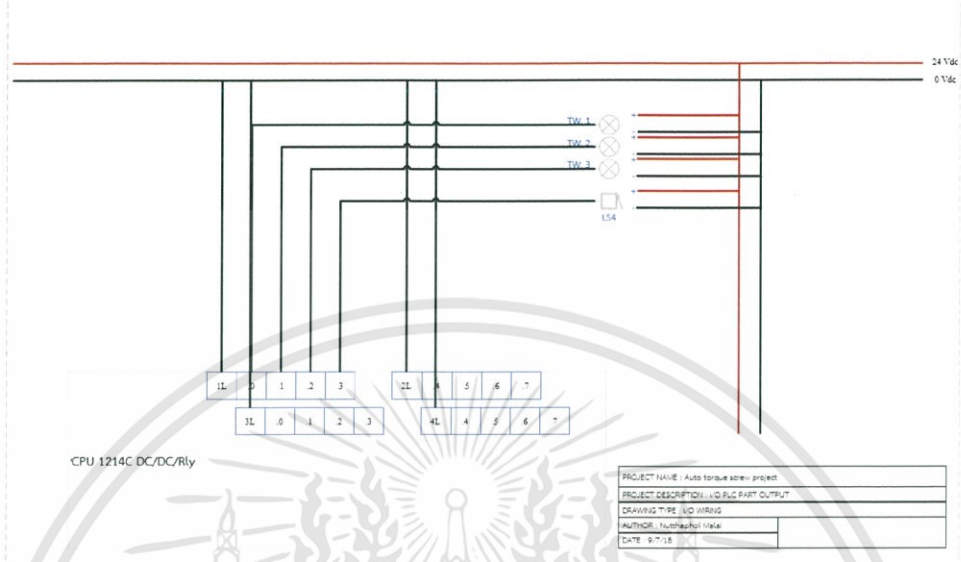
สำหรับการออกแบบ Flow Chart การทำงานของระบบนั้นสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักๆ คือ Flow Chart หลักและ Flow Chart ย่อย โดย Flow Chart หลักจะแสดงถึงการทำงานร่วมกันของฟังก์ชันย่อยต่างๆและ Flow Chart ย่อยจะแสดงถึงการทำงานของฟังก์ชันย่อยๆ ซึ่งเมื่อนำฟังก์ชันย่อยต่างๆมาทำงานร่วมกันอย่างเป็นระบบจะทำให้การทำงานเกิดขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพ โดยการออกแบบ Flow Chart ได้ทำการออกแบบผ่านโปรแกรม Microsoft VISIO

3.2.2 ออกแบบ I/O Wiring ของพีแอลซี

สำหรับการออกแบบ I/O Wiring ของพีแอลซีได้ทำการออกแบบผ่านโปรแกรม Microsoft VISIO โดยได้ทำการออกแบบเป็น 2 ส่วนหลักๆก็คือ ส่วนอินพุต (Input) ของพีแอลซีและส่วนเอา9Nพุต

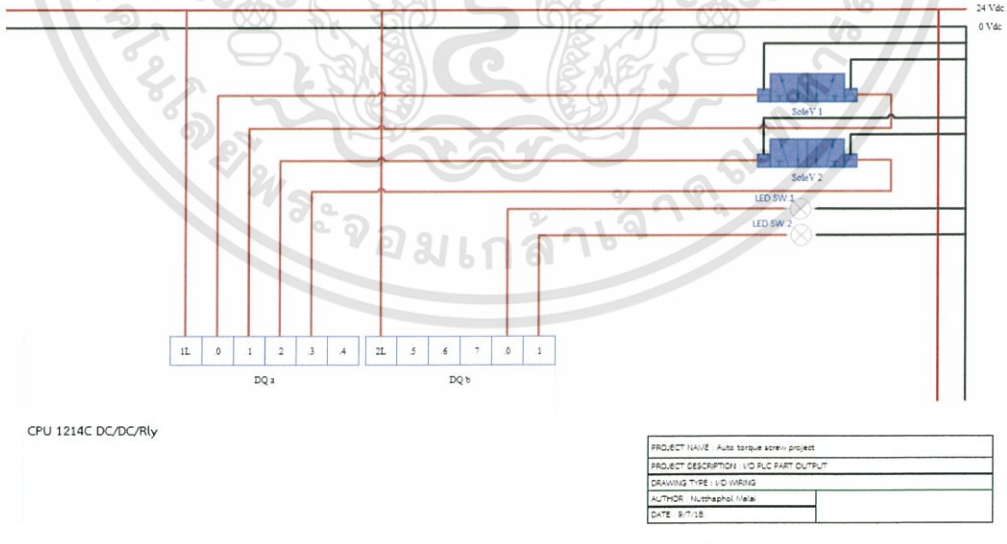
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Output) ของพีแอลซีเพื่อใช้สำหรับการ Wiring อุปกรณ์ต่าง ๆ เข้ากับ I/O ของพีแอลซีต่อไป โดยภาพด้านล่างจะแสดงการออกแบบ I/O Wiring ของพีแอลซี



ภาพที่ 3.4 แสดงการออกแบบการ Wiring อินพุตของพีแอลซี

จากภาพจะแสดงการออกแบบอินพุตของพีแอลซีโดยเราได้ออกแบบการเชื่อมต่อภาคอินพุตให้เป็นแบบ PNP



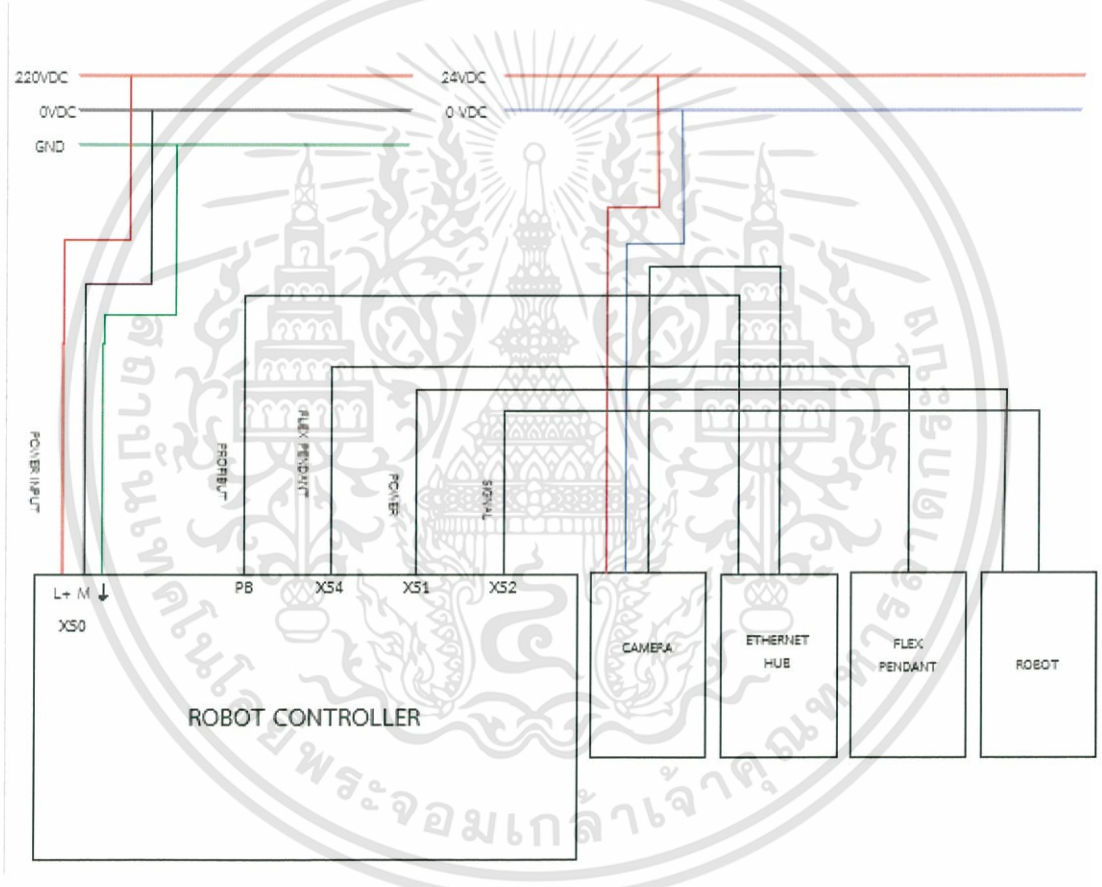
ภาพที่ 3.5 แสดงการออกแบบการ Wiring เอาท์พุตของพีแอลซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพจะแสดงการออกแบบเอา9Nพุตของพีแอลซีโดยเราได้ออกแบบการเชื่อมต่อภาค เอา9N พุตให้เป็นแบบ NPN

3.2.3 ออกแบบ I/O Wiring ของ Controller ABB Robot

สำหรับการออกแบบ I/O Wiring ของ Controller ABB Robot ได้ทำการออกแบบผ่านโปรแกรม Microsoft VISIO ซึ่งจะแสดงการ Wiring ของอุปกรณ์ต่างๆในภาคส่วนของหุ่นยนต์ซึ่งมีอุปกรณ์หลักๆที่ต้อง Wiring ดังนี้ คือ Controller Robot, Flexpendant, Carmera, Ethernet HUB และ Robot



ภาพที่ 3.6 แสดงการออกแบบ I/O Wiring ของ Controller ABB Robot

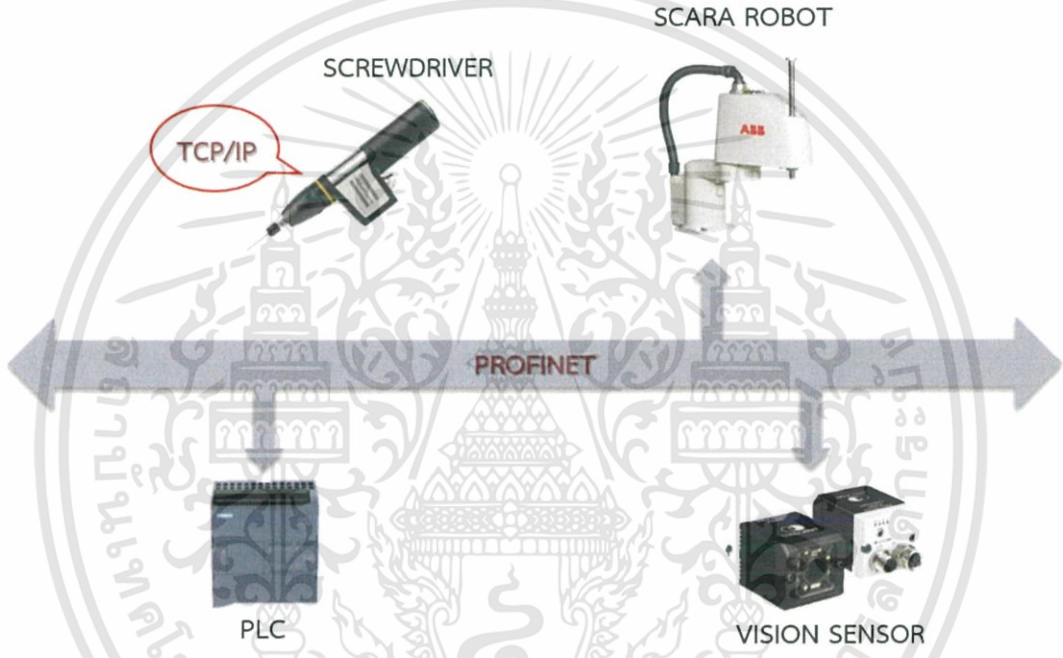
3.2.4 การติดต่อสื่อสารระหว่างอุปกรณ์

ในการติดต่อสื่อสารข้อมูลผ่านทางเครือข่ายนั้น จำเป็นต้องมีโปรโตคอลที่เป็นข้อกำหนดตกลงในการสื่อสารขึ้น เพื่อช่วยให้ระบบสองระบบที่แตกต่างกันสามารถสื่อสารกันอย่างเข้าใจได้ โปรโตคอลนี้เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อตกลงที่กำหนดเกี่ยวกับการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ต่าง ๆ ทั้งวิธีการส่งและรับข้อมูล วิธีการตรวจสอบข้อผิดพลาดของการส่งและรับข้อมูลการแสดงผลข้อมูลเมื่อส่งและรับกันระหว่างเครื่องสองเครื่อง โปรโตคอลมีความสำคัญมากในการสื่อสารบนเครือข่าย หากไม่มีโปรโตคอลแล้วการสื่อสารบนเครือข่ายจะไม่สามารถเกิดขึ้นได้

ดังนั้นการที่อุปกรณ์ต่างๆ ในระบบออโตเมชันสามารถสื่อสารกันได้นั้นจะต้องมีโปรโตคอลสำหรับการติดต่อสื่อสาร ซึ่งโครงงาน Automated Torque Screw By Robotic ได้ใช้โปรโตคอลสำหรับการติดต่อสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ทั้งหมด 3 โปรโตคอลคือ PROFINET,TCP/IP และ DEVICENET



ภาพที่ 3.7 แสดงการติดต่อสื่อสาร(communication)ของอุปกรณ์ต่างๆในระบบ

3.2.4.1 การติดต่อสื่อสารผ่านระบบ PROFINET

ภายใต้การทำงานของ Totally Integrated Automation (TIA) ได้พัฒนา PROFINET ขึ้นมาจาก PROFIBUS DP ของระบบ Fieldbus และ Industrial Ethernet

PROFINET มีรากฐานมาจากความสำเร็จมาเป็นเวลา 15 ปีของระบบ PROFIBUS DP และการรวมกันของผู้ใช้งานกับแนวคิดนวัตกรรมใหม่ของ Ethernet ทำให้การเปลี่ยนแปลงระบบ PROFIBUS DP ไปเป็นระบบ PROFINET เกิดขึ้นอย่างราบรื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามส่วนหนึ่งของ IEC 61158 FROFINET ถูกอ้างอิงตามอีเธอร์เน็ตมาตรฐานสากล (IEE 802.3) รู้จักดีในชื่อของอีเธอร์เน็ตความเร็วสูง (100 Mbit/s) และเทคโนโลยีสวิสชิง (Switching Technology) ซึ่งคุณสมบัติที่เด่นของ Profinet ก็คือการสื่อสารแบบเรียลไทม์และการสื่อสารแบบ TCP บนหนึ่งบรรทัดเช่นเดียวกับการสื่อสารแบบเรียลไทม์ปรับขนาดได้สำหรับตัวควบคุมการกระจาย I/O ช่วยให้สามารถตอบสนองได้อย่างรวดเร็วและต่อเนื่อง

องค์การ PROFIBUS & PROFINET นานชาติ ได้กำหนดมาตรฐานการเชื่อมต่อ Profinet I/O โดยตรงจาก Field device ไปยัง Industrial Ethernet โดย Field device จะทำการส่งข้อมูลไปยังกระบวนการของการควบคุมผ่านมาตรฐานนี้ ระบบ Profinet สามารถส่งข้อมูลได้ถึง 1440 bytes/message frame per field device ในกระบวนการนี้ซึ่งมีค่าสูงกว่าการส่งข้อมูลในระบบ Fieldbus นอกจากนี้ Profinet ยังช่วยในด้านบริการไอทีเช่น การทำงานออนไลน์หรือการตรวจสอบเครือข่ายผ่าน Simple Network Management Protocol (SNMP) เพื่อใช้สำหรับ Field device

PROFINET คือ มาตรฐาน Ethernet ที่ได้รับการแก้ไขสำหรับใช้งานในวงการอุตสาหกรรมแต่มีลักษณะใกล้เคียงกับอีเธอร์เน็ตที่มีไว้ที่บ้านหรือในสำนักงานมากขึ้น เนื่องจากความคล้ายคลึงกันจึงสามารถตั้งค่าโดยใช้ฮับ,สวิตช์หรือข้ามผ่านไปยังเครือข่ายแบบไร้สายและอุปกรณ์เคลื่อนที่ผ่านทาง WLAN หรือบลูทูธได้ ดังนั้น แม้ว่าจะมีข้อจำกัดมากกว่าในการที่จะต้องตั้งค่าในโทโปโลยีเครือข่ายแบบที่เก่ากว่า แต่คุณสมบัติของความยืดหยุ่นในการที่สามารถอินเตอร์เฟเกับอุปกรณ์มาตรฐานอื่นๆ ก็ช่วยให้ PROFINET ประสบความสำเร็จในฐานะที่เป็นเครือข่ายการสื่อสารสำหรับการใช้งานทางอุตสาหกรรม ระบบ PROFINET สนับสนุนรูปแบบการใช้งานเพื่อโต้ตอบระหว่างตัวควบคุมกับ I/O ตัวส่งสามารถส่งข้อมูลไปยังตัวรับได้เลยโดยไม่ต้องทำการขออนุญาติจากระบบสื่อสาร การกำหนดตัวรับตัวส่งจะถูกทำผ่านการ configuration นอกจากโครงสร้างแบบ Star,Tree และ Ring แล้ว Profinet ยังสนับสนุนโครงสร้างการเชื่อมต่อแบบเส้น(Line) ด้วยซึ่งเป็นลักษณะของระบบ Fieldbus ด้วยการผสานรวมฟังก์ชันการทำงานของสวิทซ์เข้ากับอุปกรณ์ต่างๆ ผู้ใช้งานสามารถเดินสายได้โดยตรงไปหาเครื่องจักรหรือระบบได้เลย ซึ่งสามารถช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายการเดินสายไฟและอุปกรณ์ต่างๆเช่น สวิทซ์ เป็นต้น ระบบ PROFINET จะมีลักษะคล้ายกับ Profibus บน Ethernet ซึ่ง Profibus ใช้วงจรสื่อสารเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลกับตัวควบคุมที่ความเร็วสูงสุด 12Meg baud โดย Profinet ใช้วงจรการถ่ายโอนข้อมูลเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลกับโปรแกรมควบคุมบน Ethernet เช่นเดียวกับ Profibus โดย PROFINET เป็นระบบเทคโนโลยีที่ช่วยให้เข้าถึงเครือข่ายได้ตลอดเวลา ซึ่งช่วยให้เครือข่ายส่งข้อมูลได้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นผ่านการส่งข้อมูลพล้อมกันหลายๆโหนด โดยการรับ-ส่งข้อมูลเป็นแบบ Full-duplex มี bandwidth of 100 Mbit/s โดยจุดประสงค์หลักในการพัฒนาระบบ PROFINET คือ เปิดใช้งาน Ethernet Standard บนพื้นฐาน Industrial Ethernet ถึงแม้ว่า Industrial Ethernet และ Standard Ethernet สามารถใช้ร่วมกันได้อยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แล้วอุปกรณ์ Industrial Ethernet ต้องมีความทนทานและเหมาสมกับสิ่งแวดล้อมในอุตสาหกรรม (อุณหภูมิ,การรบกวนต่าง ๆ), ใช้มาตรฐาน TCP/IP และ IT, การทำงานในระบบออโตเมชันต้องทำงานแบบเรียลไทม์ (real time), สามารถทำงานกับระบบ Field bus ได้

สำหรับการติดต่อสื่อสารผ่านโปรโตคอล PROFINET นั้น ต้องทำการ Configuration ในแต่ละอุปกรณ์ให้เปิดใช้โดยโปรโตคอลนี้ โดยอุปกรณ์ที่ต้องทำการ Configuration ในโครงงานนี้คือพีแอลซีกับ ABB Robot ซึ่งเมื่อทำการ Configuration เรียบร้อยแล้วจากนั้นก็ทำการ Mapping เพื่อให้อุปกรณ์สามารถสื่อสารกันได้อย่างถูกต้องตรงตามความต้องการของผู้ใช้

ตารางที่ 3.1 แสดง I/O Mapping via PROFINET ของ ABB Robot

Device Mapping	Type	Name
16	DI	FPLC_Continue_CheckScrewOnBoard
18	DI	FPLC_Continue_OutOfScrew
15	DI	FPLC_Continue_Pick_Screw
13	DI	FPLC_ContinueCamera
11	DI	FPLC_ContinueTorque
10	DI	FPLC_EMERGENCY
2	DI	FPLC_MODEL1_PLATE1_SELECTED
5	DI	FPLC_MODEL1_PLATE2_SELECTED
3	DI	FPLC_MODEL2_PLATE1_SELECTED
6	DI	FPLC_MODEL2_PLATE2_SELECTED
4	DI	FPLC_MODEL3_PLATE1_SELECTED
7	DI	FPLC_MODEL3_PLATE2_SELECTED
8	DI	FPLC_MODEL4_PLATE1_SELECTED
9	DI	FPLC_MODEL4_PLATE2_SELECTED
14	DI	FPLC_NextBoardCamera
12	DI	FPLC_NextBoardTorque
17	DI	FPLC_PickNew_CheckScrewOnBoard
19	DI	FPLC_PP_TO_MAIN
0	DI	FPLC_ReadyToTorqueP1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 แสดง I/O Mapping via PROFINET ของ ABB Robot (ต่อ)

Device Mapping	Type	Name
20	DI	FPLC_START_AT_MAIN
11	DO	INT_TORQUE_FINISH
4	DO	TPLC_CameraP1_Err
5	DO	TPLC_CameraP2_Err
10	DO	TPLC_Check_ScrewOnBoardErr
12	DO	TPLC_Out_Of_Screw1
6	DO	TPLC_Out_Of_Screw2
9	DO	TPLC_PickScrewErr
2	DO	TPLC_SAFETY_PLATE1
3	DO	TPLC_SAFETY_PLATE2
0	DO	TPLC_TorqueComplete1
1	DO	TPLC_TorqueComplete2
7	DO	TPLC_TorqueP1Err
8	DO	TPLC_TorqueP2Err
13	DO	TPLC_TorquingP1
14	DO	TPLC_TorquingP2

ตารางที่ 3.2 แสดง I/O Mapping via PROFINET ของพีแอลซี

Function	Type	I/O Mapping
wait robot finish left	DI	I100
wait robot finish right	DI	I100.1
safety robot left	DI	I100.2
safety robot right	DI	I100.3
camera error left	DI	I100.4
camera error right	DI	I100.5
feeder empty right	DI	I100.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 แสดง I/O Mapping via PROFINET ของพีแอลซี (ต่อ)

Function	Type	I/O Mapping
torque error left	DI	I100.7
screw cannot pickup	DI	I101.1
screw is not detected	DI	I101.2
feeder empty left	DI	I101.4
signal torque left	DI	I101.5
signal torque right	DI	I101.6
ready to torque left	DO	Q100.0
ready to torque right	DO	Q100.1
model agelnib left	DO	Q100.2
model bellatrix left	DO	Q100.3
model pegatrix left	DO	Q100.4
model agelnib right	DO	Q100.5
model bellatrix right	DO	Q100.6
model pegatrix right	DO	Q100.7
model aMAKAB left	DO	Q101.0
model aMAKAB right	DO	Q101.1
interrup(EMG)	DO	Q101.2
button OK torque error	DO	Q101.3
button RESTART torque error	DO	Q101.4
button OK camera error	DO	Q101.5
button RESTART camera error	DO	Q101.6
button VACUUM CAN'T PICKUP SCREW	DO	Q101.7
button Screw Is Not DETECTED ON Board	DO	Q102.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 แสดง I/O Mapping via PROFINET ของพีแอลซี (ต่อ)

Function	Type	I/O Mapping
button FEEDER EMPTY	DO	Q102.2
PP to main	DO	Q102.3
Start at main	DO	Q102.4

3.2.4.2 การติดต่อสื่อสารผ่านระบบ TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol)

TCP/IP คือชุดของโปรโตคอลที่ถูกใช้ในการสื่อสารผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้สามารถใช้สื่อสารจากต้นทางข้ามเครือข่ายไปยังปลายทางได้และสามารถหาเส้นทางที่จะส่งข้อมูลไปได้เองโดยอัตโนมัติ TCP/IP มีจุดประสงค์ของการสื่อสารตามมาตรฐานสามประการคือ

1. เพื่อใช้ติดต่อสื่อสารระหว่างระบบที่มีความแตกต่างกัน
2. ความสามารถในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบเครือข่าย เช่นในกรณีที่ผู้ส่งและผู้รับยังคงมีการติดต่อกันอยู่ แต่โหนดกลางที่ใช้เป็นผู้ช่วยรับ-ส่งเกิดเสียหายใช้การไม่ได้ หรือสายสื่อสารบางช่วงถูกตัดขาด กฎการสื่อสารนี้จะต้องสามารถจัดหาทางเลือกอื่นเพื่อทำให้การสื่อสารดำเนินต่อไปได้โดยอัตโนมัติ
3. มีความคล่องตัวต่อการสื่อสารข้อมูลได้หลายชนิดทั้งแบบที่ไม่มีความเร่งด่วน เช่น การจัดส่งแฟ้มข้อมูล และแบบที่ต้องการรับประกันความเร่งด่วนของข้อมูล เช่น การสื่อสารแบบ real-time และทั้งการสื่อสารแบบเสียง (Voice) และข้อมูล (data)

สำหรับการสื่อสารผ่านโปรโตคอล TCP/IP จะใช้สำหรับการสื่อสารระหว่าง Atlas Driver Torque Screw และ ABB Robot โดยจะทำการรับ-ส่งข้อมูลโดยใช้ Command ดังตารางข้างล่างนี้

ตารางที่ 3.3 แสดง Command การสื่อสารผ่านโปรโตคอล TCP/IP

Command	Description
00200001006000000000	Connect
00200003001000000000	Disconnect
00230224001000000000001	Set Tightening
00230225001000000000001	Reset Tightening
00230224001000000000003	Set Loosening
00230224001000000000003	Reset Loosening

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 แสดง Command การสื่อสารผ่านโปรโตคอล TCP/IP (ต่อ)

Command	Description
002300180010 001	Select Pset1
002300180010 002	Select Pset2
002300180010 003	Select Pset3
00230224001000000000006	Reset Atlas
00600008001000000000120100131100000000000000000000000000000000	Tightening Result Subscribe
00230224001000000000005	Set StopOperation
00230225001000000000005	Reset StopOperation
00230224001000000000007	Set DisableCommunication
00230225001000000000007	Reset DisableCommunication
00230224001000000000008	Set DisableTool
00230225001000000000008	Reset DisableTool
00230224001000000000009	Set Initialize Tool
00230225001000000000009	Reset Initialize Tool
00230225001000000000010	Set ClearEvent
00230225001000000000010	Reset ClearEvent
00230224001000000000012	Set ClearAllEvents
00230225001000000000012	Reset ClearAllEvents

3.2.4.3 การติดต่อสื่อสารผ่านระบบ DeviceNet

DeviceNet ถูกพัฒนาขึ้นมาจาก CAN bus (Controller Area Network) ที่ใช้กันอยู่ในระบบออโตเมชัน สำหรับใช้ควบคุมอุปกรณ์ต่างๆผ่าน Network แทนการ wiring สายเชื่อมต่อกับอุปกรณ์แบบเดิม ข้อดีคือช่วยลดเวลาและค่าใช้จ่ายของการเดินสาย

สำหรับการใช้งาน DeviceNet ในโครงงานนี้นั้นสามารถใช้งานได้ผ่านพอร์ต I/O ของ ABB Robot ซึ่งเป็นการสื่อสารผ่าน controller ABB Robot โดยตรง สำหรับการสื่อสารผ่าน I//O นั้นอินพุตจะมีลอจิกเป็น 1 เมื่อรับแรงดันไฟ 24 Vdc และเมื่อเอาต์พุตมีลอจิกเป็น 1 จะจ่ายแรงดันไฟ 24 Vdc โดยตารางด้านล่างแสดงการ Mapping I/O โดยใช้โปรโตคอล DeviceNet

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.4 แสดง I/O Mapping via DeviceNet ของ ABB Robot

Device Mapping	Type	Name
0	DI	SIGNAL_FROMPRESSURE
2	DI	SIGNAL_SCREWFEEDER1
1	DI	SIGNAL_SCREWFEEDER2
0	DO	SIGNAL_VACUUMOFF
1	DO	SIGNAL_VACUUMON

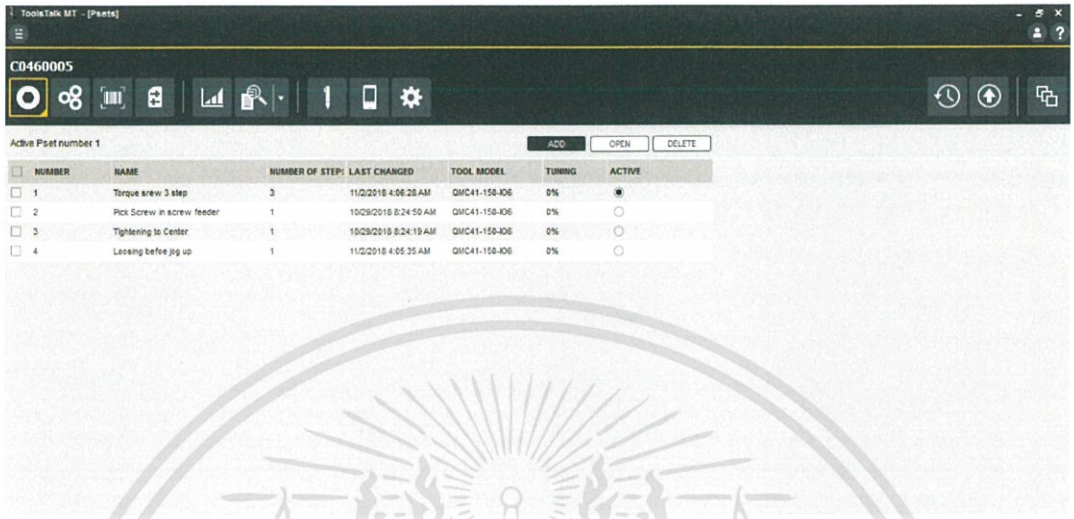
3.2.5 การ Configuration โปรแกรมของ Atlas Auto Torque Driver

สำหรับการ Configuration เพื่อควบคุมการทำงานของ Atlas Auto Torque Screw Driver จะทำการ Configuration ผ่านโปรแกรม ToolsTalk MT ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ทาง Atlas ได้เปิดดาวน์โหลดให้ใช้งานได้ฟรี

ภาพที่ 3.8 แสดงหน้าต่างโปรแกรม ToolsTalk MT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการ Configuration โปรแกรมนั้น ต้องทำการสร้าง Pset สำหรับการทอร์กก่อนเสมอ โดย Pset แต่ละ Pset จะมี Step การทอร์กที่แตกต่างกันไปขึ้นกับจุดประสงค์การใช้งานในแต่ละ Pset นั้น



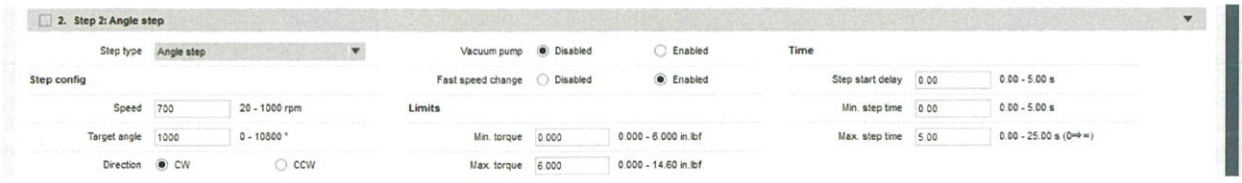
ภาพที่ 3.9 แสดง Pset ในโปรแกรม ToolsTalk MT

โดยในแต่ละ Pset นั้น จะมีการสร้าง Step การทอร์กให้เหมาะสมกับงานที่นำไปใช้ โดยในแต่ละ Step จะต้อง Configuration การ Tightening และการ Loosing เสมอ ซึ่งการ Configuration การ Tightening นั้นต้องทำการเซต Step Style ว่าเป็นแบบใด โดย Step Style ที่ใช้ในโครงงานนี้มี 3 แบบ คือ Thread Engagement Step, Torque Step และ Angle Step โดยใน Thread Engagement Step ต้องทำการเซตค่า Speed, Transition Torque, Transition Angle, Direction, Vacuum Pump และ Max. Step Time เป็นหลัก

ภาพที่ 3.10 การเซตค่าสำหรับการ Tightening ที่มี Step Style แบบ Thread Engagement Step

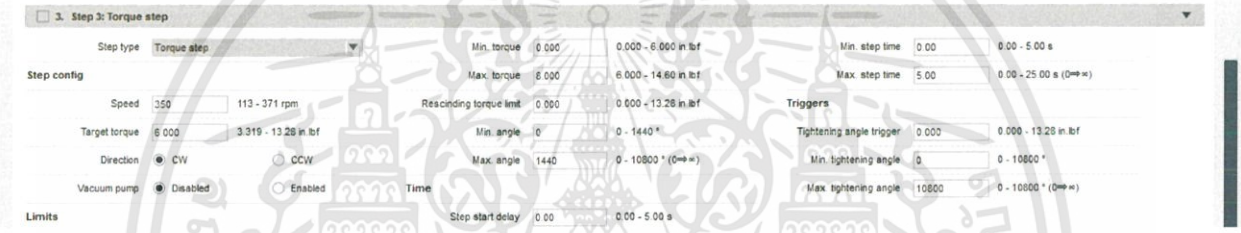
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใน Angle Step ต้องทำการเซตค่า Speed, Target Angle, Direction, Max. Torque และ Max. Step Time เป็นหลัก



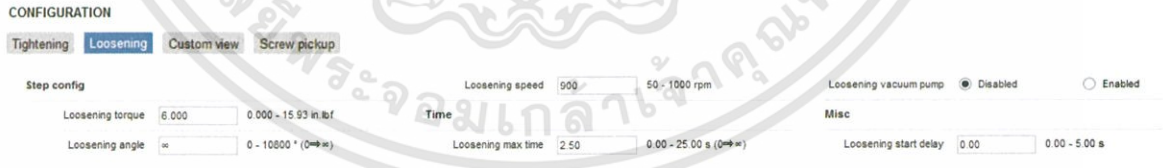
ภาพที่ 3.11 แสดงการเซตค่าสำหรับการ Tightening ที่มี Step Style แบบ Angle Step

และสำหรับ Torque Step ต้องทำการเซตค่า Speed, Target Torque, Direction, Max. Angle และ Max. Step Time เป็นหลัก



ภาพที่ 3.12 แสดงการเซตค่าสำหรับการ Tightening ที่มี Step Style แบบ Angle Step

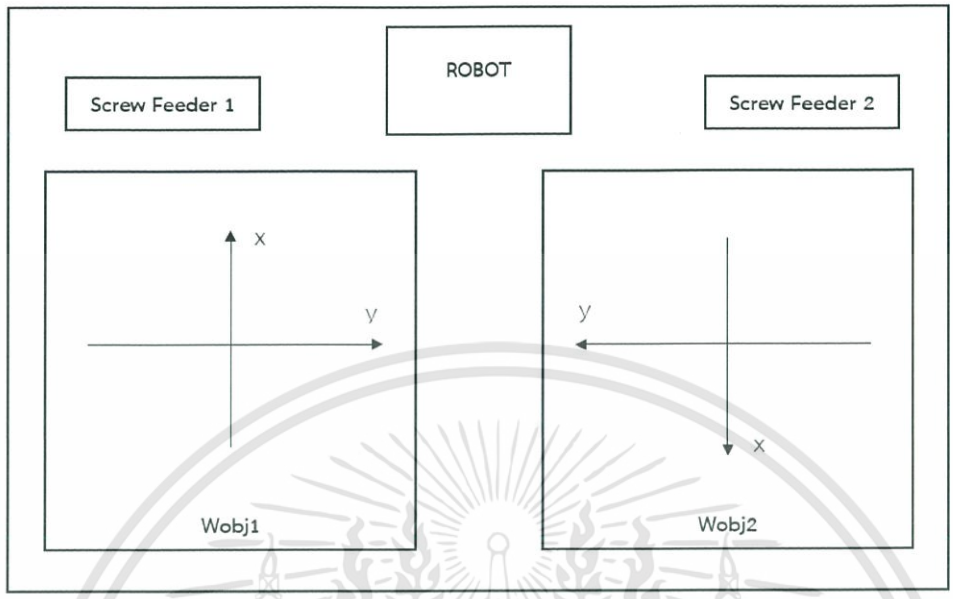
ส่วนการ Configuration ค่าการ Loosing นั้นต้องทำการเซต Loosing Torque, Loosing Angle, Loosing Speed และ Loosing Max. Time เป็นหลัก



ภาพที่ 3.13 แสดงการเซตค่าสำหรับการ Loosing

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.6 แกน WorkObject ของ Fixture ที่ใช้สำหรับการทอร์กสกรูทั้ง 2 ข้าง



ภาพที่ 3.14 แสดง WorkObject ของแผ่นเพลตทั้ง 2 ด้านที่ใช้สำหรับการทอร์กสกรู

3.2.7 วิธีการคำนวณหา DeltaX, DeltaY

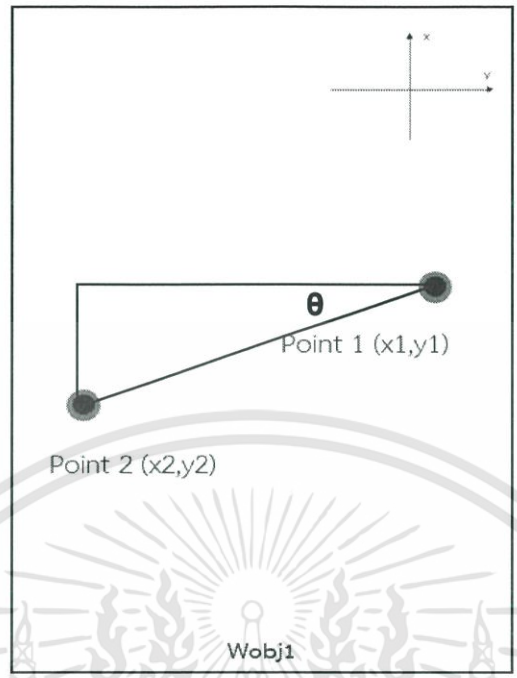
เพื่อใช้สำหรับการเลื่อน offset จากตำแหน่งเดิมและคำนวณหามุม (Angle) สำหรับใช้ในการหมุน WorkObject

3.2.7.1 การคำนวณหา DeltaX,DeltaY และ Angle สำหรับ Wobj1

เราจะใช้การถ่ายภาพ 2 ครั้ง ที่ตำแหน่ง Frequential Mark ที่เรากำหนดไว้จากนั้นให้กล้อง return ค่า DeltaX,DeltaY เพื่อใช้ในการ offset และใช้สำหรับการหมุน WorkObject

1.สร้างตำแหน่งมาร์คอ้างอิง (Frequential Mark) เริ่มต้นไว้ 2 ตำแหน่ง เป็น point 1 และ point 2 ซึ่งอยู่ที่ตำแหน่ง (x1,y1) และ (x2,y2) ตามลำดับ (point 1 ต้องอยู่ฝั่งขวา point 2 เสมอ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



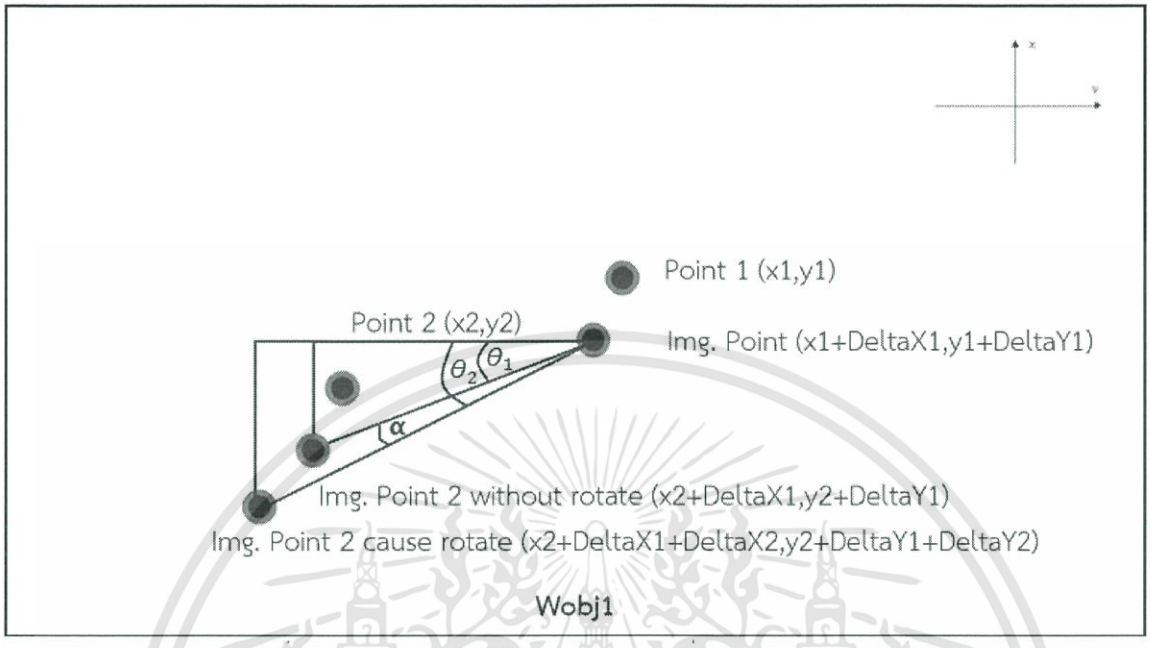
ภาพที่ 3.15 แสดงการคำนวณหามุม **θ**

จากภาพที่ 3.15 จะได้ว่า

$$\theta = \arctan\left(\frac{\Delta x}{\Delta y}\right) = \arctan\left(\frac{x2-x1}{y2-y1}\right) \quad (3.1)$$

2.ถ่ายภาพตำแหน่ง point 1 ซึ่งกล้องจะ return ค่า DeltaX1 และ DeltaY1 และหลังจากนั้นไปถ่ายภาพ point 2 ด้วยค่า offset จากตำแหน่งเริ่มต้นเป็นระยะ DeltaX1 และ DeltaY1 ซึ่งถ้าหากบอร์ดไม่มีการหมุนกล้องจะ return ค่า DeltaX2 และ DeltaY2 เท่ากับ 0 แต่บอร์ดอาจมีการหมุนจึงreturn ค่า DeltaX2 และ DeltaY2 เราสามารถคำนวณหามุมที่หมุนได้ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.16 แสดงตำแหน่ง Frequencial Mark เพื่อใช้คำนวณหามุม

จากภาพเราสามารถคำนวณหามุมที่หมุน (α) ได้จาก

$$\alpha = \Theta_2 - \Theta_1$$

$$\alpha = \arctan\left(\frac{x2-x1+DeltaX2}{y2-y1+DeltaY2}\right) - \arctan\left(\frac{x2-x1}{y2-y1}\right) \quad (3.2)$$

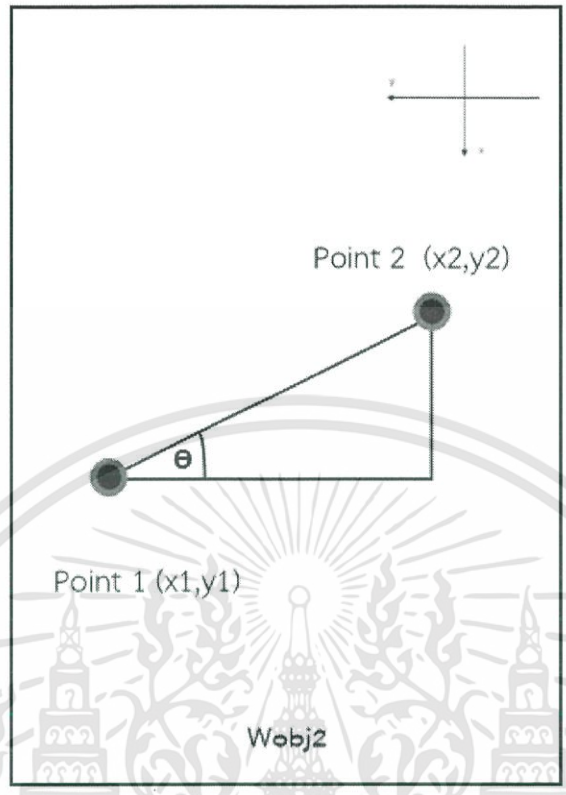
ดังนั้น ต้องหมุน WorkObject กลับมาเป็นมุม α องศา

3.2.7.2 การคำนวณหา DeltaX,DeltaY และ Angle สำหรับ Wobj2

เราจะใช้การถ่ายภาพ 2 ครั้ง ที่ตำแหน่ง Frequential Mark ที่เรากำหนดไว้จากนั้นให้กล้อง return ค่า DeltaX,DeltaY เพื่อใช้ในการ offset และใช้สำหรับการหมุน WorkObject

1.สร้างตำแหน่งมาร์คอ้างอิง(Frequential Mark)เริ่มต้นไว้ 2 ตำแหน่ง เป็น point 1 และ point 2 ซึ่งอยู่ที่ตำแหน่ง (x1,y1) และ (x2,y2) ตามลำดับ(point 1 ต้องอยู่ฝั่งซ้าย point 2 เสมอ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



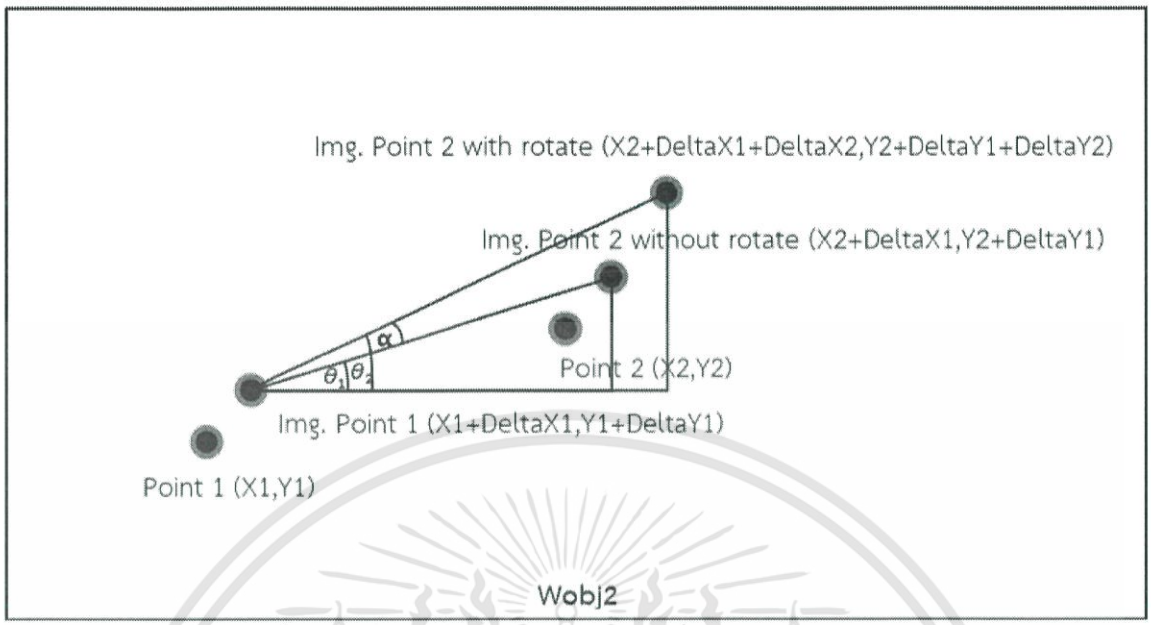
ภาพที่ 3.17 แสดงการคำนวณหามุม θ

จากภาพที่ 3.17 จะได้ว่า

$$\theta = \arctan(\frac{\Delta x}{\Delta y}) = \arctan(\frac{x2-x1}{y2-y1}) \quad (3.3)$$

2.ถ่ายภาพตำแหน่ง point 1 ซึ่งกล้องจะ return ค่า DeltaX1 และ DeltaY1 และหลังจากนั้นไปถ่ายภาพ point 2 ด้วยค่า offset จากตำแหน่งเริ่มต้นเป็นระยะ DeltaX1 และ DeltaY1 ซึ่งถ้าหากบอร์ดไม่มีการหมุนกล้องจะreturn ค่า DeltaX2 และ DeltaY2 เท่ากับ 0 แต่บอร์ดอาจมีการหมุนจึง return ค่า DeltaX2 และ DeltaY2 เราสามารถคำนวณหามุมที่หมุนได้ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.18 แสดงตำแหน่ง Frequencial Mark เพื่อใช้คำนวณหามุม

จากภาพเราสามารถคำนวณหามุมที่หมุน(α)ได้จาก

$$\alpha = \Theta_2 - \Theta_1$$

$$\alpha = \arctan\left(\frac{x2-x1+DeltaX2}{y2-y1+DeltaY2}\right) - \arctan\left(\frac{x2-x1}{y2-y1}\right) \quad (3.4)$$

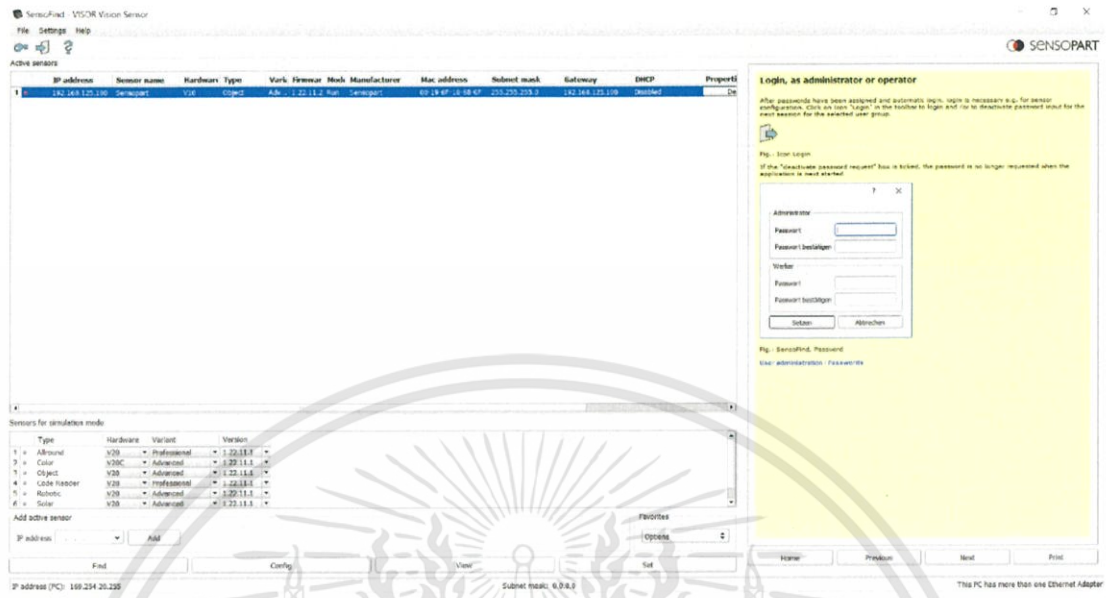
ดังนั้น ต้องหมุน WorkObject กลับมาเป็นมุม $-\alpha$ องศา

3.2.8 การสร้าง Detector ในโปรแกรม VISOR Vision sensor เพื่อใช้สำหรับตรวจจับ Frequencial Mark

สำหรับการสร้าง Detector เพื่อตรวจจับ Frequencial Mark และทำการ Compensate ค่า DeltaX, DeltaY ออกมาสามารถทำผ่านโปรแกรม VISOR Vision sensor ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ทาง SENSOPART เปิดให้ดาวน์โหลดได้ฟรี โดยการสร้าง Detector สามารถทำได้โดย

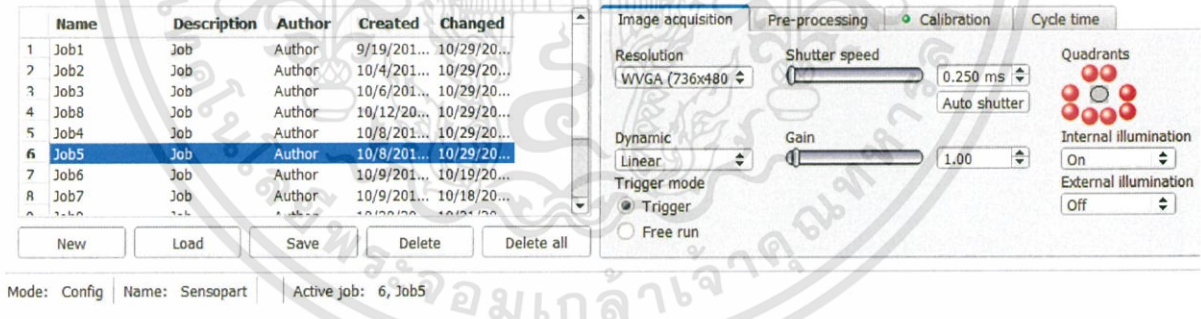
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. เปิดโปรแกรม VISOR Vision sensor



ภาพที่ 3.19 แสดงหน้าต่างโปรแกรม VISOR Vision sensor

2. คลิกเข้าไปในกล้อง Sensopart เพื่อทำการแก้ไขโปรแกรม(IP Address 192.168.125.100)
3. สร้าง Job ขึ้นมาใหม่ โดย Job 1 Job ต่อ Detector 1 Detector

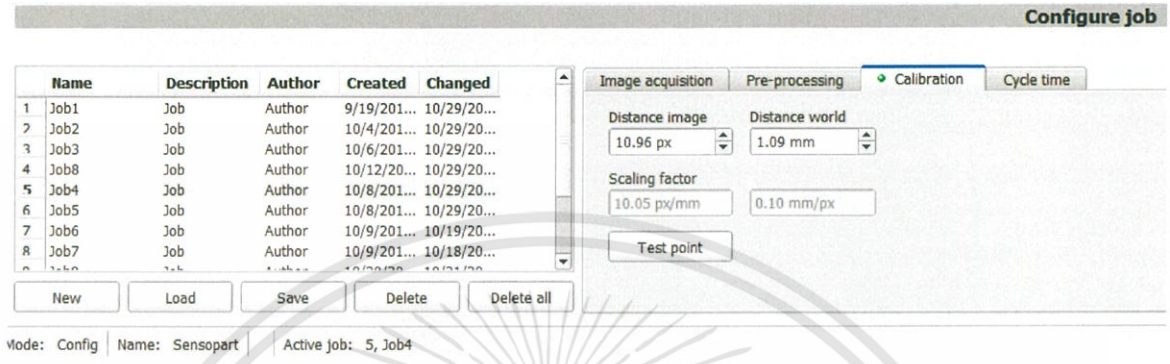


ภาพที่ 3.20 แสดงการสร้าง Job ขึ้นมาใหม่ โดยการคลิกที่ New

4. ทำการ Calibrate กล้อง โดยระดับความสูงที่ทำการ Calibrate ต้องอยู่ระดับเดียวกับระดับที่จะถ่ายภาพ

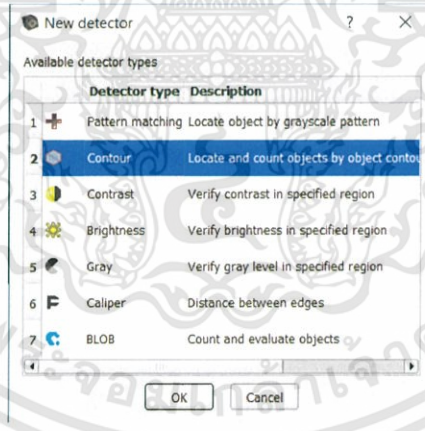
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1 วิธีการ Calibrate ที่ใช้จะใช้วิธีแบบ Scaling (Measurement) เมื่อลากเส้นตรงจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งตามความยาวบนภาพที่ได้ถ่าย (Distance Image) แล้วจากนั้นจึงแก้ไขความยาวของเส้นตรงนั้นตามความยาวจริงที่วัดได้ (Distance World)



ภาพที่ 3.21 แสดงการ Calibration ของกล้องโดยใช้วิธี Scaling(Measurement)

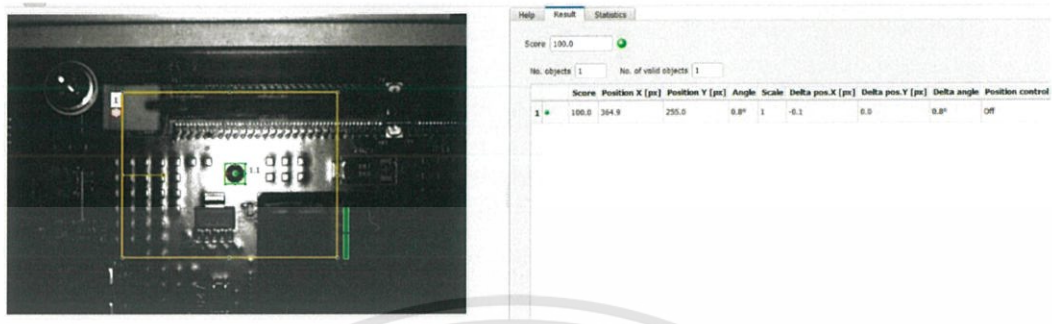
5.สร้าง Detector ขึ้นมาใหม่โดยเลือก Detector เป็นแบบ Contour จากนั้นพยายามปรับหน้ากล้องให้ขนานกับแผ่นบอร์ด(ดูได้จากเส้นขอบของRegionที่จะ Detect ขนานกับขอบของบอร์ด)



ภาพที่ 3.22 แสดงการสร้าง Detector ขึ้นมาใหม่ โดยใช้ Detector แบบ Contour Detection

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

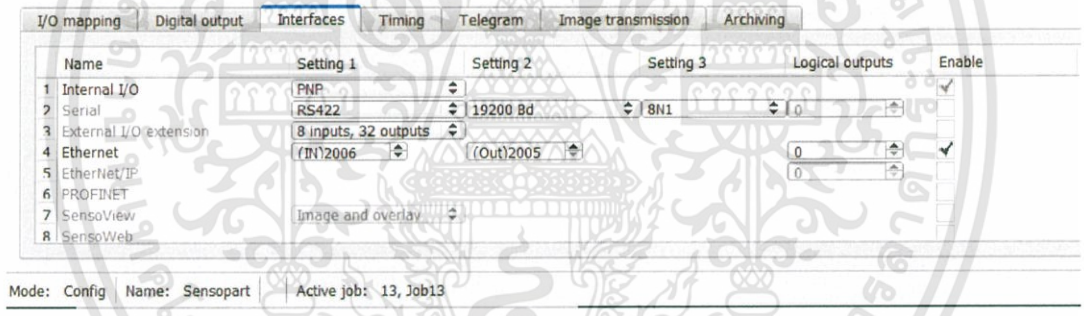
5.1 ทำการครอบ Detector รอบ Frequencial Mark (พยายามให้ Frequencial Mark อยู่ตรงกลางกล้องให้มากที่สุดและDelta Angle, Delta X และ Delta Y ที่ return จากกล้องควรใกล้เคียง 0)



ภาพที่ 3.23 แสดงการครอบ Detector รอบ Frequencial Mark

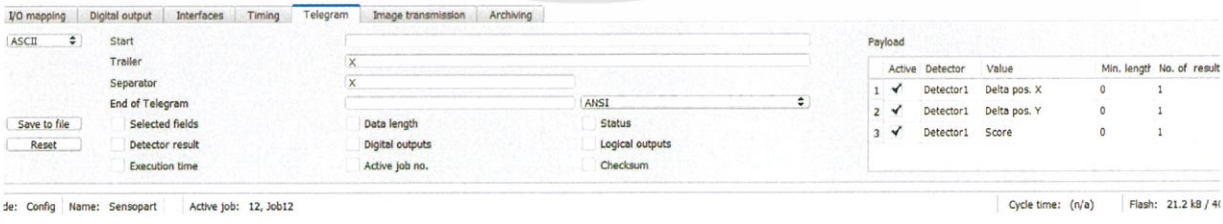
6. ทำการแก้ไขที่ Output

6.1 แก้ไขที่ Interfaces คลิกเลือก Enable Ethernet ที่มี IN(2005) และ OUTT(2006)



ภาพที่ 3.24 แสดงการแก้ไข Interfaces ของ Output

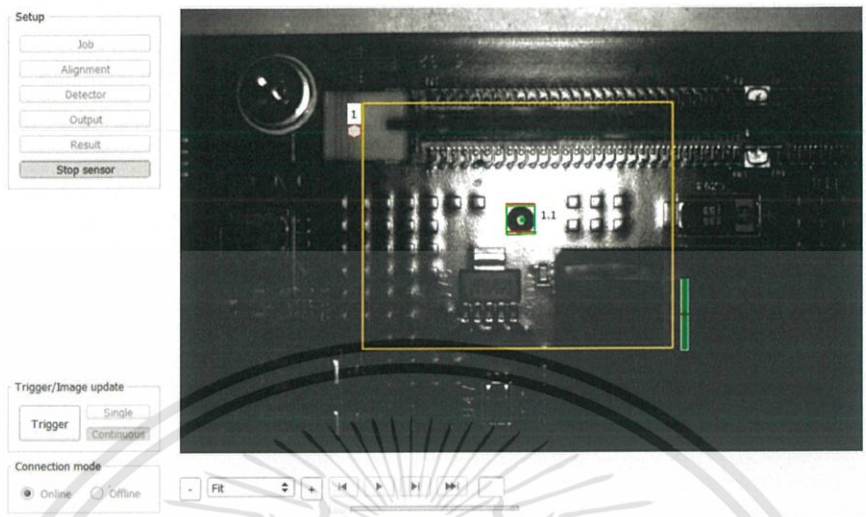
6.2 ทำการแก้ไข Telegram โดยเลือก ASCII ในช่อง Trailer และ Separator ให้ใส่ X และในช่อง Payload ที่จะส่งออกให้เลือก Detector1 และ Value เป็น DeltaX, DeltaY และ Score ตามลำดับ



ภาพที่ 3.25 แสดงการแก้ไข Telegram ของ Output

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. คลิก Start Sensor

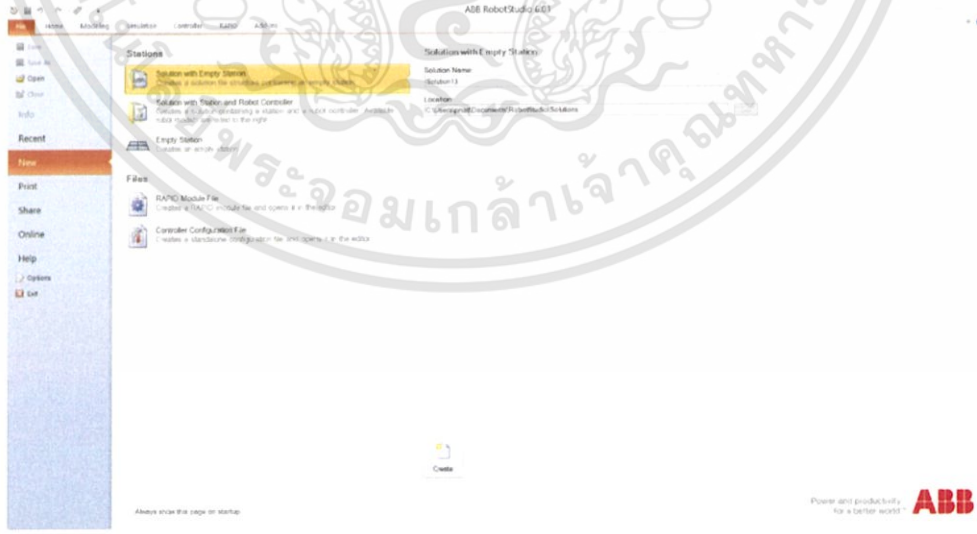


ภาพที่ 3.26 แสดงการ Start Sensor

3.2.9 การเขียนโปรแกรมควบคุมการทอร์กสกรูของ ABB Robot

การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของโรบอทสามารถเขียนผ่านโปรแกรม RobotStudio โดยโปรแกรมที่เราได้เขียนขึ้นมายืดหยุ่นต่อการใช้งานสามารถ Add Model ได้เรื่อย ๆ, สามารถหยิบสกรูได้หลาย Type และปรับเปลี่ยน Target Torque ได้ โดยขั้นตอนการ Add Model ใหม่สามารถทำได้ดังนี้

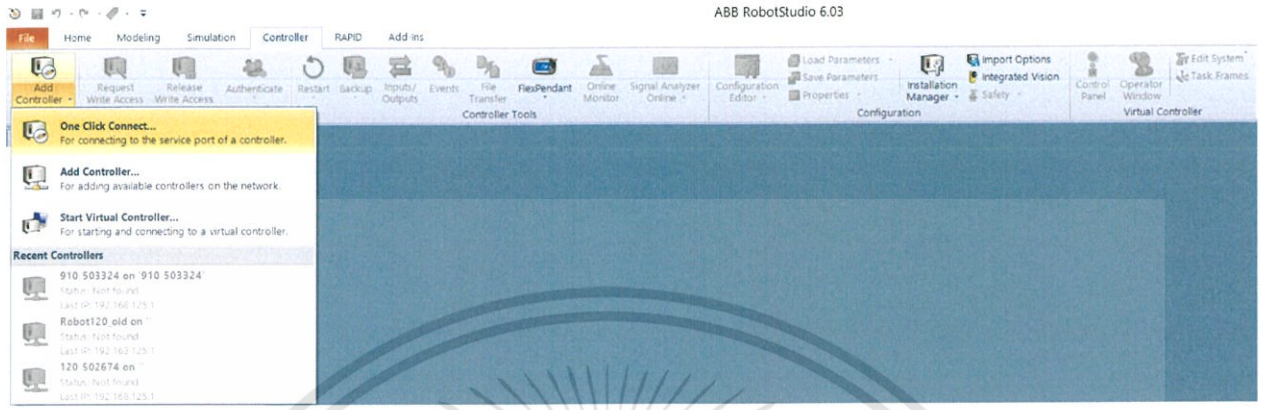
1. เปิดโปรแกรม RobotStudio



ภาพที่ 3.27 แสดงหน้าต่างโปรแกรม RobotStudio

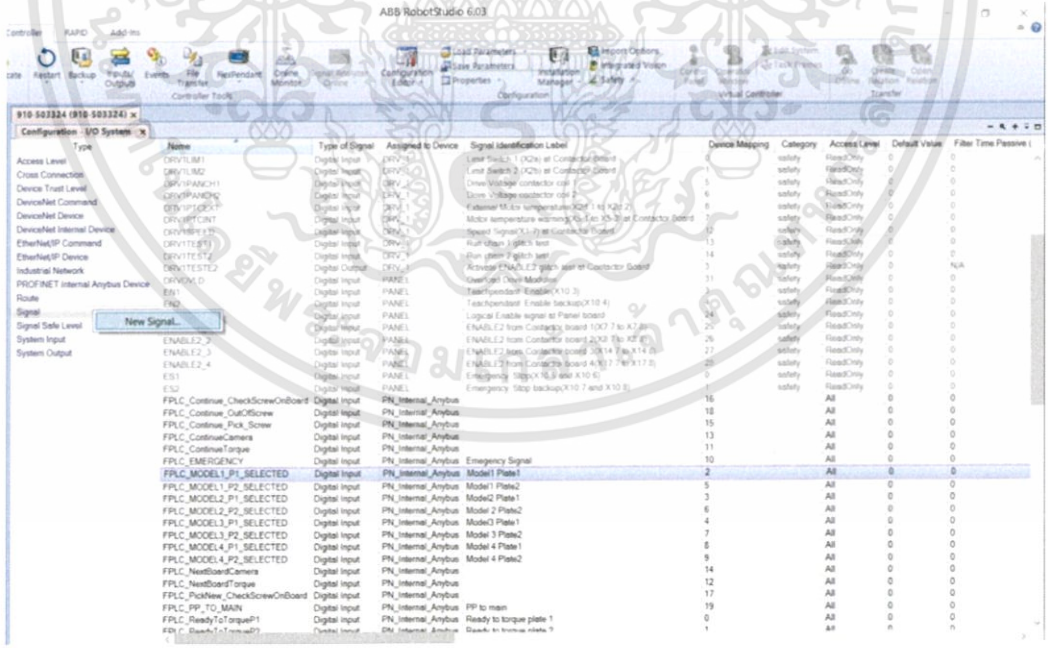
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. คลิก Controller จากนั้นจึงทำการ Add Controller โดยเลือก One Click Connect (ต้องทำการเสียบสาย LAN เรียบร้อยแล้ว)



ภาพที่ 3.28 แสดงการ Add Controller ของ ABB Robot

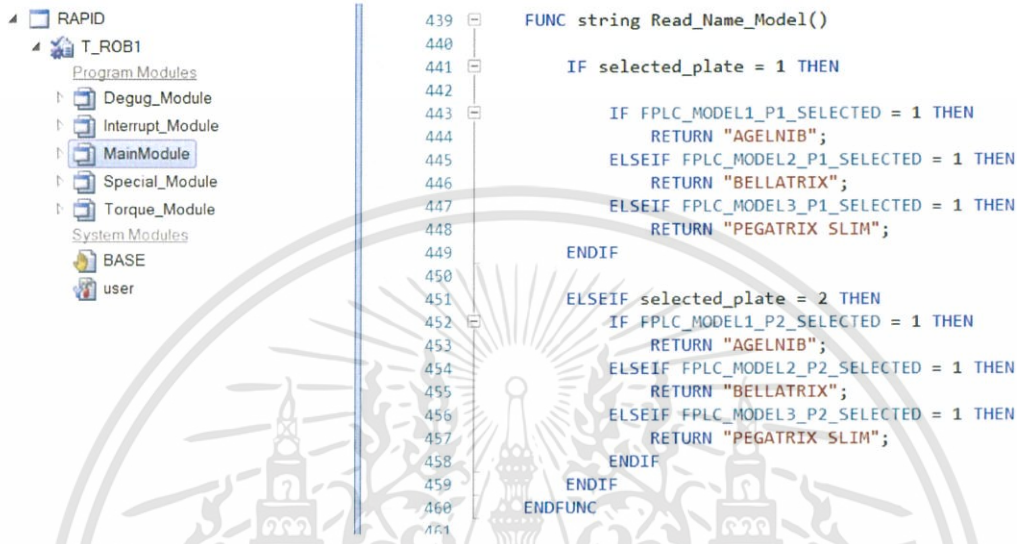
3. สร้างสัญญาณที่ใช้สำหรับเลือก Model จากพีแอลซี โดยสร้าง New Signal จาก I/O system แล้วจึงทำการ Mapping ให้ตรงกับสัญญารจากพีแอลซีและตั้งชื่อให้สัมพันธ์กับสัญญาณที่รับเช่น FPLC_MODEL1_P1_SELECTED คือ เป็นสัญญาณที่แทน Model 1 Plate 1 เป็นต้น



ภาพที่ 3.29 แสดงการสร้างสัญญาณที่รับ Model ที่ถูกเลือกจากพีแอลซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ทำการแก้ไขชื่อของ Model ที่จะ Add ใน Main Module ซึ่งอยู่ในฟังก์ชัน Read_Name_Model อาทิเช่น Model ที่ 1 มีชื่อว่า AGELNIB ก็ทำการแก้ไขในโปรแกรมทั้ง selected_plate = 1 และ selected_plate = 2



ภาพที่ 3.30 แสดงฟังก์ชัน Read_Name_Model

5. ใส่จำนวนจุดที่จะทอร์ก (Hole) ในฟังก์ชัน ReadNumber_Model_P1 และ ReadNumber_Model_P2 ซึ่งอยู่ใน Main_Module จากนั้นจึงเปลี่ยนเลขที่ของ Pset ให้ตรงกับ Pset ต้องการ (ในการทอร์กนี้ใช้ Pset = 1 เพราะได้ทำการเปลี่ยน Target Torque ให้ตรงกับตามที่ต้องการแล้ว) และทำการ RETURN ค่าตามลำดับของ Model (AGELNIB ลำดับ 1, BELLATRIX ลำดับ 2 และ PEGATRIX SLIM ลำดับ 3 เป็นต้น)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
FUNC num ReadNumber_Model_P1()

    IF FPLC_MODEL1_P1_SELECTED = 1 THEN
        Pset_Atlas:=1;
        Hole:=2;
        RETURN 1;

    ELSEIF FPLC_MODEL2_P1_SELECTED = 1 THEN
        Pset_Atlas:=1;
        Hole:=10;
        RETURN 2;

    ELSEIF FPLC_MODEL3_P1_SELECTED = 1 THEN
        Pset_Atlas:=1;
        Hole:=11;
        RETURN 3;

    ENDIF

ENDFUNC
```

```
FUNC num ReadNumber_Model_P2()

    IF FPLC_MODEL1_P2_SELECTED = 1 THEN
        Pset_Atlas:=1;
        Hole:=2;
        RETURN 1;

    ELSEIF FPLC_MODEL2_P2_SELECTED = 1 THEN
        Pset_Atlas:=1;
        Hole:=10;
        RETURN 2;

    ELSEIF FPLC_MODEL3_P2_SELECTED = 1 THEN
        Pset_Atlas:=1;
        Hole:=11;
        RETURN 3;

    ENDIF

ENDFUNC
```

ภาพที่ 3.31 แสดงฟังก์ชัน ReadNumber_Model_P1 และ ReadNumber_Model_P2

6. ทำการกำหนด Frequecial Mark บนบอร์ด 2 ตำแหน่ง (อ้างอิงตามวิธีการคำนวณ) เปลี่ยน Mode การทำงานของโรบอทมาเป็น Manual Mode หากทำการ Mark บนบอร์ด Plate1 ให้ทำการ Jogging โรบอทโดยใช้ Wobj1 และ Tool_Camera มายังตำแหน่งที่มาร์คไว้ตำแหน่งแรก (พยายามปรับตำแหน่งที่ถ่ายจาก Sensopart ให้ชัดเจนและอยู่ตำแหน่งกลางกล้องและขอบ Detector ขนานกับบอร์ด) ทำการสร้าง Detector ในโปรแกรม SENSOR Vision Sensor ตามวิธีการสร้าง Detector ที่กล่าวมาแล้ว จากนั้นจึงทำการสร้าง robtarget ใน Main_Module ณ ตำแหน่งที่จะถ่ายโดยกำหนดชื่อ robtarget ให้สัมพันธ์กับตำแหน่งนั้น ดังตัวอย่าง Position_Mo1_P1_Mark1 คือ Mark ที่ 1 ของ Model 1 Plate 1 เป็นต้น จากนั้นจึงทำการดังที่กล่าวมาข้างต้นกับ Mark ที่ 2 เช่นเดียวกัน หากทำการกำหนดตำแหน่ง Mark บน Plate2 ให้ใช้ Wobj2 แทน

```
CONST robtarget Position_Mo1_P1_Mark1:=[[97.09,237.79,-69.31],[0.748954,-7.00898E-06,-2.48792E-06,-0.662623],[0,0,0,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
CONST robtarget Position_Mo1_P1_Mark2:=[[88.29,95.74,-69.31],[0.748954,-7.00899E-06,-2.48792E-06,-0.662622],[0,0,0,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
```

ภาพที่ 3.32 แสดงตัวอย่าง robtarget ที่สร้างจากตำแหน่ง Frequencial Mark

7. ทำการกำหนดตำแหน่งที่จะทอร์กโดยหากเป็น Plate1 ใช้ Wobj1 และ Tool_Atlas จากนั้นจึง jogging jogging โรบอทไปยังตำแหน่งที่จะทอร์กและทำการกำหนด robtarget ใน Main_Module

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยตั้งชื่อให้สัมพันธ์กับตำแหน่งนั้นตัวอย่างเช่น Position_Mo1_P1_Ho1 แสดงตำแหน่ง Hole ที่ 1 Plate ที่ 1 Model 1 เป็นต้น และทำการสร้าง robtarget ให้ครบทุกตำแหน่งที่จะทอร์ก(หากเป็น Plate2 ให้ใช้ Wobj2 และ Tool_Atlas)

```
CONST robtarget Position_Mo1_P1_Ho1:=[[219.65,88.38,-68.1],[0.748953,-7.00898E-06,-2.48793E-06,-0.662623],[0,-1,0,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
CONST robtarget Position_Mo1_P1_Ho2:=[[219.05,245.43,-68.1],[0.74895,-7.00897E-06,-2.48796E-06,-0.662627],[0,-1,0,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
```

ภาพที่ 3.33 แสดงตัวอย่าง robtarget ที่สร้างจากตำแหน่งทอร์ก

8. ทำการสร้างสมการเพื่อคำนวณหา DeltaAngle จากสูตร DeltaAngle = $\arctan(\frac{x2-x1+DeltaX2}{y2-y1+DeltaY2}) - \arctan(\frac{x2-x1}{y2-y1})$ จากนั้นจึงนำไปแทนใน Calculate_DeltaAngle ใน Special_Module ตัวอย่างเช่น หากทำการ Mark ตำแหน่ง Frequencial Mark ของ Model 1 Plate 1 ไว้ 2 ตำแหน่งและทำการสร้าง robtarget เสร็จเรียบร้อยแล้วดังภาพที่ 3.33 จะได้สมการ

$$DeltaAngle = \arctan(\frac{88.29-97.09+DeltaX2}{95.74-237.79+DeltaY2}) - \arctan(\frac{88.29-97.09}{95.74-237.79})$$

$$= \arctan(\frac{-8.8+DeltaX2}{-142.05+DeltaY2}) - \arctan(\frac{-8.8}{-142.05})$$

$$= \arctan(\frac{8.8-DeltaX2}{142.05-DeltaY2}) - \arctan(\frac{8.8}{142.05})$$

```
PROC Calculate_DeltaAngle()

    IF Read_Number_Model = 1 THEN
        IF selected_plate = 1 THEN
            DeltaAngle:= ATan((8.8-rXoffset)/(142.05-rYoffset))-ATan(8.8/142.05);
        ELSEIF selected_plate = 2 THEN
            DeltaAngle:= ATan((7.56-rXoffset)/(142.79-rYoffset))-ATan(7.56/142.79);
        ENDIF
    ELSEIF Read_Number_Model = 2 THEN
        IF selected_plate = 1 THEN
            DeltaAngle:= ATan((0.51-rXoffset)/(149.45-rYoffset))-ATan(0.51/149.45);
        ELSEIF selected_plate = 2 THEN
            DeltaAngle:= ATan((2.85-rXoffset)/(149.49-rYoffset))-ATan(2.85/149.49);
        ENDIF
    ELSEIF Read_Number_Model = 3 THEN
        IF selected_plate = 1 THEN
            DeltaAngle:= ATan((41.63-rXoffset)/(123.25-rYoffset))-ATan(41.63/123.25);
        ELSEIF selected_plate = 2 THEN
            DeltaAngle:= ATan((0.95-rXoffset)/(162.76-rYoffset))-ATan(0.95/162.76);
        ENDIF
    ENDIF

ENDPROC
```

ภาพที่ 3.34 แสดงสมการการคำนวณหา DeltaAngle

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. ทำการเปลี่ยน Job การถ่ายรูปของกล้อง Sensopart ให้สอดคล้องกับ Model และ Plate ที่จะทำการทอร์ก โดยทำการเพิ่มที่ Change_Job ใน Special_Module โดยหากเป็น model1 และ Plate 1 แล้ว Job_Camera = 1, model1 และ Plate 2 แล้ว Job_Camera = 3, model2 และ Plate 1 แล้ว Job_Camera = 5 เป็นลำดับต่อไปเรื่อยๆ

```
PROC Change_Job()

    IF Read_Number_Model = 1 THEN
        IF selected_plate=1 THEN
            Job_Camera:=1;
        ELSEIF selected_plate = 2 THEN
            Job_Camera:=3;
        ENDIF
    ELSEIF Read_Number_Model = 2 THEN
        IF selected_plate=1 THEN
            Job_Camera:=5;
        ELSEIF selected_plate = 2 THEN
            Job_Camera:=7;
        ENDIF
    ELSEIF Read_Number_Model = 3 THEN
        IF selected_plate=1 THEN
            Job_Camera:=9;
        ELSEIF selected_plate = 2 THEN
            Job_Camera:=11;
        ENDIF
    ENDIF
ENDPROC
```

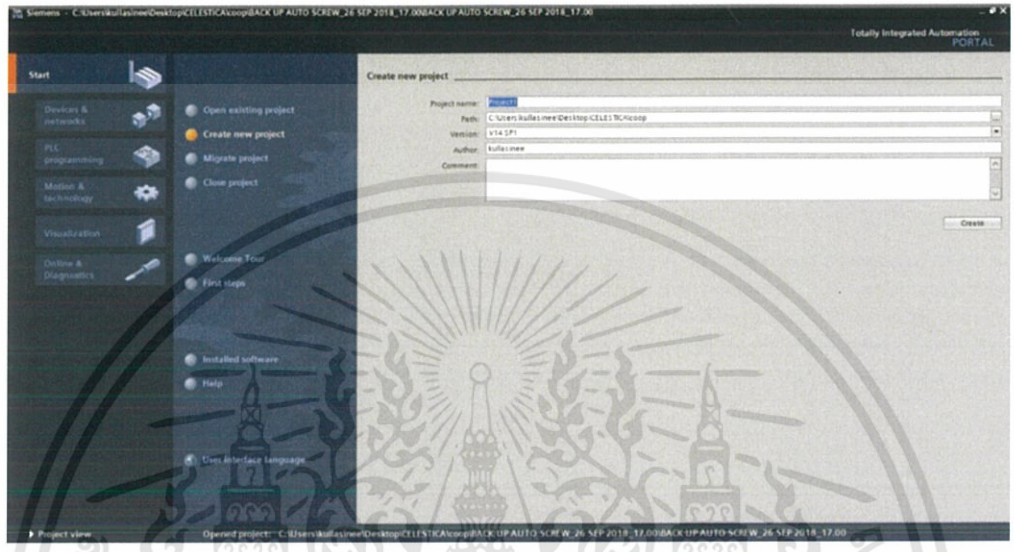
ภาพที่ 3.35 แสดงฟังก์ชัน Change_job ใน Special_module

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.10 การใช้โปรแกรม TIA Portal

3.2.10.1 Create New Project

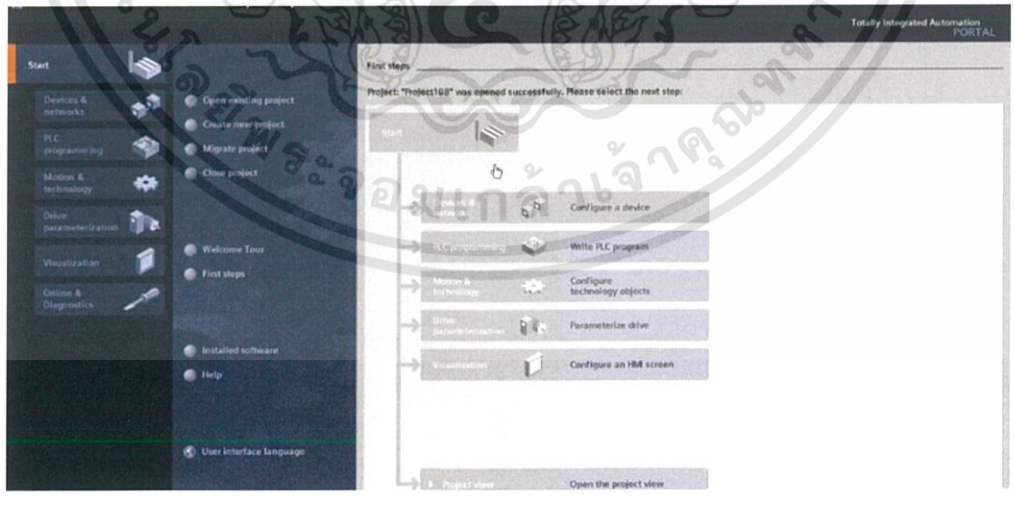
1. กดสร้างโปรเจคใหม่ที่ Create New Project
2. ตั้งชื่อโปรเจคที่ช่อง Project Name, ที่เก็บบันทึก และชื่อผู้สร้าง แล้วกด Create



ภาพที่ 3.36 แสดงการ Create New Project ในโปรแกรม TIA Portal

3.2.10.2 Configure Device

1. กด Configure a deviceและเลือก Add new device



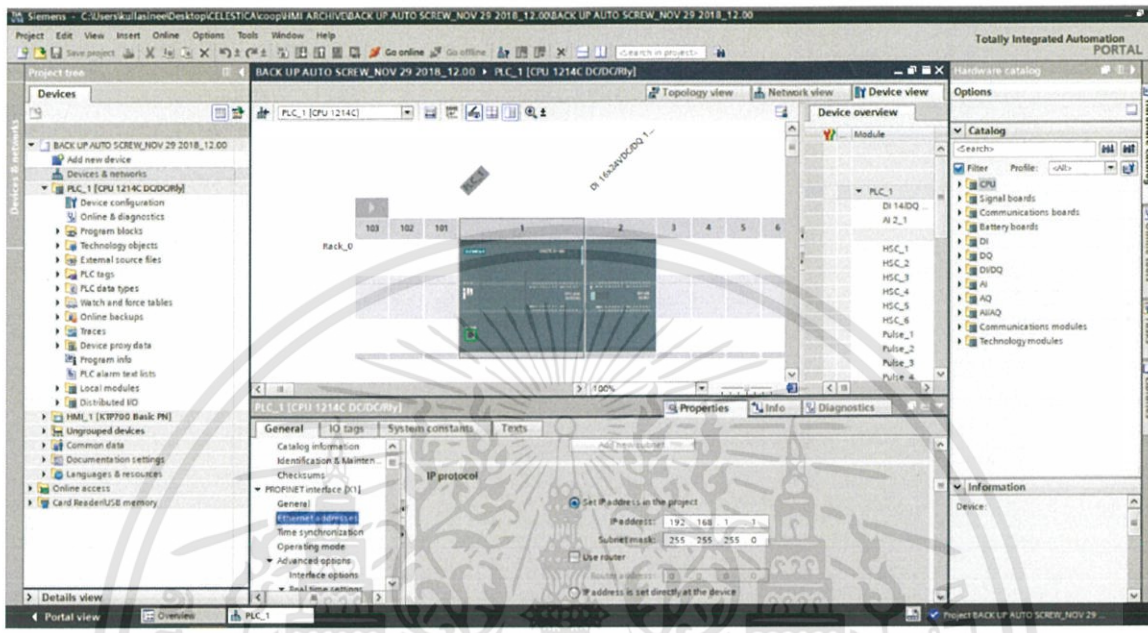
ภาพที่ 3.37 แสดงการ Configure Device

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เลือกรุ่นพีแอลซีที่ใช้

3. set up พีแอลซี โดยการกดไปที่ device ที่ได้ทำการ add เข้า

4. set IP address ของ device แต่ละตัวที่เรานำมาต่อ



ภาพที่ 3.38 หน้าต่าง Device View

3.2.10.3 Program blocks

1. สร้างโปรแกรมที่ Main[OB1] เป็นโปรแกรมหลักในทุกๆครั้งที่ซีพียูรันจะรันที่ Main[OB1] เป็นอันดับแรก

2. กดลากหน้า contact จากแถบเครื่องมือ ตั้งชื่อและ Address ให้แต่ละ contact

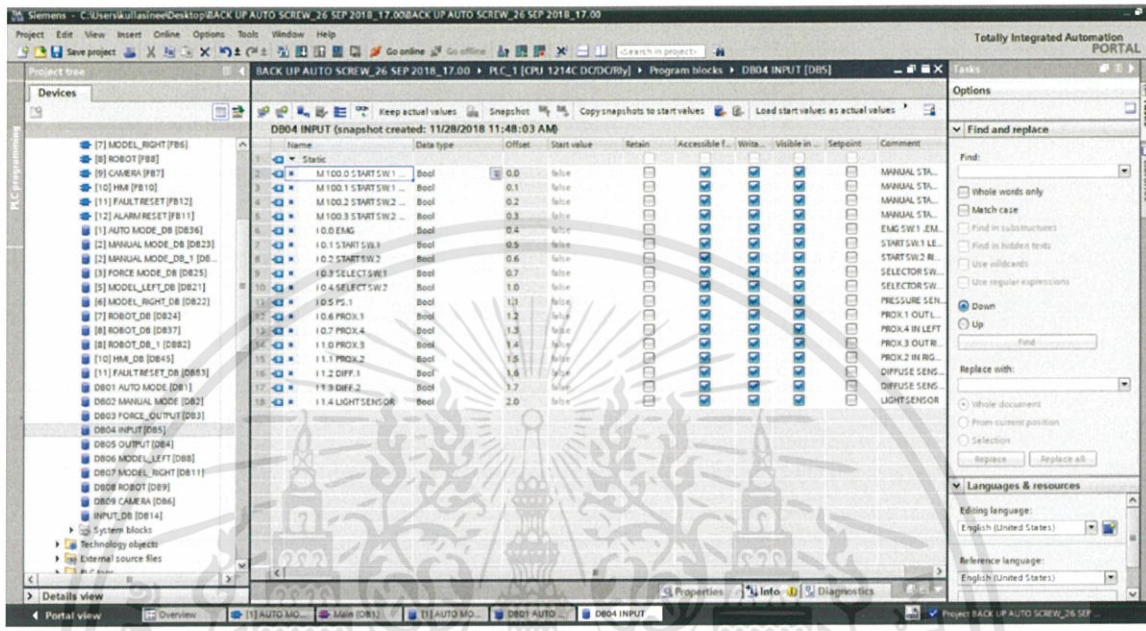
3. ถ้าต้องการสร้าง block อื่นๆเพิ่ม เพื่อเอาไว้ สร้างตัวแปรที่จะ Modifyค่า สามารถสร้างได้ที่กด Add new blocks

4. เลือกชนิดของ block ในการเขียนโปรแกรมควบคุม สำหรับ Simatic S7 ตั้งชื่อ block แล้วกด OK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.10.4 Create parameter

สร้างตัวแปรสำหรับสั่ง Start, Reset ต่างๆ แยกหัวข้อให้ชัดเจนเพื่อง่ายต่อการนำมาใช้งาน และกำหนด Data type ให้เหมาะสมกับตัวแปร



ภาพที่ 3.39 การ Create parameter ใน Data Block

3.2.10.5 Download Program to PLC

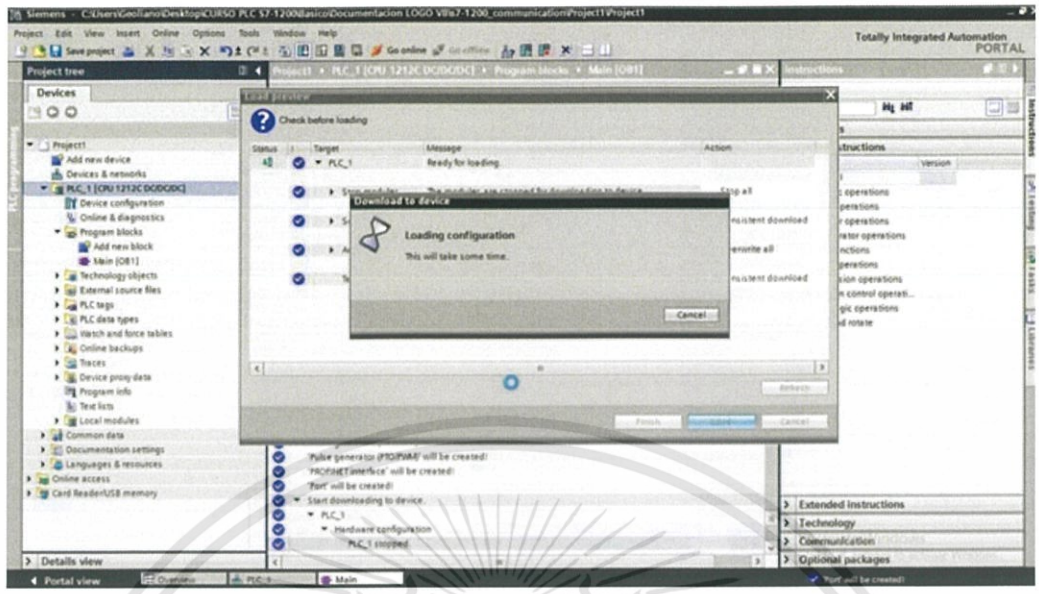
1. คลิกขวาที่ PLC

2. กด Download to Device

3. เลือก Hardware and Software กด Load

4. ทำการ Online อุปกรณ์เพื่อสั่งการ โดยการกดที่อุปกรณ์ที่ต้องการสั่งการแล้วกดที่ Go Online จะเห็นว่ามีไฟสีเขียวขึ้นที่อุปกรณ์ ซึ่งไฟสีเขียวแทน สถานะ Online

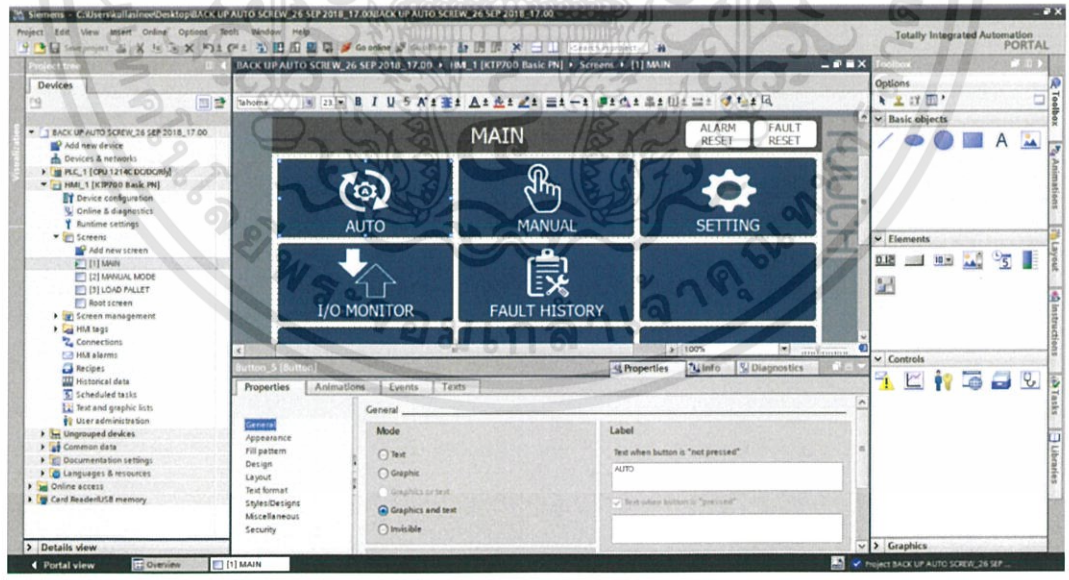
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.40 Download Program to PLC

3.2.10.6 **Create Screen**

1. เลือกวัตถุที่ต้องการ จากแถบเครื่องมือ Toolbox ขวามือ
2. เลือก Properties สามารถปรับแต่งพื้นหลัง วัตถุ แทรกสัญลักษณ์ต่างๆ ได้จากฟังก์ชั่นนี้
3. เลือก Animations จะสามารถเชื่อมกับ HMI Tag ได้ แต่จะต้องสร้าง Tag ไว้ใน HMI Tag ก่อน



ภาพที่ 3.41 การออกแบบหน้าจอ HMI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการดำเนินงาน

4.1 กล่าวนำ

จากบทที่ 3 ได้มีการกล่าวถึงการทำงานของระบบเดิม, การทำงานของระบบการผลิตแบบใหม่, หลักการคำนวณเพื่อใช้สำหรับ offset ตำแหน่งสกรูที่เปลี่ยนแปลงไป, การแก้ไขโปรแกรมเพื่อเพิ่มโมเดลที่จะทำการทอร์กสกรูใหม่ สำหรับเนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนการทดสอบและติดตามผลการทำงาน

4.2 ขั้นตอนการทดสอบ

1. ทดสอบโปรแกรมแยกเป็นส่วนๆ เพื่อทดสอบหาบัคที่เกิดขึ้น
2. ทดสอบการรันโปรแกรมนำส่วนย่อยๆ มารวมกันและหาบัคที่เกิดขึ้น
3. รันการทอร์กสกรูของโมเดล Agelnib และบันทึกผลการทอร์กสกรู
4. รันการทอร์กสกรูของโมเดล Bellatrix และบันทึกผลการทอร์กสกรู
5. รันการทอร์กสกรูของโมเดล Pegatrix Slim และบันทึกผลการทอร์กสกรู

4.3 ผลการทดสอบ

4.3.1 ผลการทดสอบการทอร์กสกรูของโมเดล Agelnib

ภาพที่ 4.1 กราฟแสดงเวลาที่ใช้ในการทอร์กสกรูในแต่ละบอร์ดของโมเดล Agelnib

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกราฟแสดงเวลาที่ใช้ในการทอร์กสกรูในแต่ละบอร์ดของโมเดล Agelnib พบว่าใช้เวลาในการทอร์กสกรูแต่ละบอร์ดเฉลี่ย 27.90 วินาที โดยทอร์กสกรูทั้งหมด 2 locations

4.3.2 ผลการทดสอบการทอร์กสกรูของโมเดล Bellatrix

ภาพที่ 4.2 กราฟแสดงเวลาที่ใช้ในการทอร์กสกรูในแต่ละบอร์ดของโมเดล Agelnib

จากกราฟแสดงเวลาที่ใช้ในการทอร์กสกรูในแต่ละบอร์ดของโมเดล Bellatrix พบว่าใช้เวลาในการทอร์กสกรูแต่ละบอร์ดเฉลี่ย 106.18 วินาที โดยทอร์กสกรูทั้งหมด 10 locations

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3 ผลการทดสอบการทอร์กสกรูของโมเดล Pegatrix Slim

ภาพที่ 4.3 กราฟแสดงเวลาที่ใช้ในการทอร์กสกรูในแต่ละบอร์ดของโมเดล Pegatrix Slim

จากกราฟแสดงเวลาที่ใช้ในการทอร์กสกรูในแต่ละบอร์ดของโมเดล Pegatrix Slim พบว่าใช้เวลาในการทอร์กสกรูแต่ละบอร์ดเฉลี่ย 132.46 วินาที โดยทอร์กสกรูทั้งหมด 11 locations

4.3.4 Percent Yield ในการทอร์กของแต่ละโมเดล

ตารางที่ 4.1 แสดง Percent Yield ในการทอร์กของแต่ละโมเดล

Model	จำนวนบอร์ดที่ทำการทอร์กสกรู	Pass	Fail	Percent Yield
Agelnib	100	95	5	95 %
Bellatrix	100	93	7	93 %
Pegatrix Slim	100	90	10	90 %

จากตารางแสดง Percent Yield ในการทอร์กของแต่ละโมเดลพบว่า เมื่อทำการทดลองทอร์กสกรูโมเดล Agelnib ทั้งหมด 100 บอร์ด มีบอร์ดที่ผ่านเกณฑ์ 95 บอร์ดและไม่ผ่านเกณฑ์ 5 บอร์ด มี Percent Yield 95 %, ทำการทอร์กโมเดล Bellatrix ทั้งหมด 100 บอร์ด มีบอร์ดที่ผ่านเกณฑ์ 93 บอร์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และไม่ผ่านเกณฑ์ 7 บอร์ด มี Percent Yield 93 % และทำการทอร์กโมเดล Pegatrix Slim ทั้งหมด 100 บอร์ด มีบอร์ดที่ผ่านเกณฑ์ 90 บอร์ดและไม่ผ่านเกณฑ์ 10 บอร์ด มี Percent Yield 90 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

จากการดำเนินงานโปรเจคเครื่องทอร์กสกรูอัตโนมัติโดยใช้หุ่นยนต์นั้น ในส่วนของฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ของเครื่องทอร์กสกรู ผู้ใช้งานสามารถควบคุมการทำงานของพีแอลซีและหุ่นยนต์ผ่านหน้าจอ HMI โดยสื่อสารผ่านทาง Profinet ซึ่งการทำโปรเจคนี้จะมุ่งเน้นไปที่ Quality product ต้องการปรับปรุงในด้านการนำเทคโนโลยีเข้ามาร่วมด้วย สามารถช่วยลดความผิดพลาดจากการทอร์กสกรูแบบเดิม, เพิ่มประสิทธิภาพของชิ้นงานให้มีค่าสูงขึ้น, ลดระยะเวลาที่ใช้ในการผลิตชิ้นงานหนึ่งชิ้น (Cycle time), ลดความผิดพลาดจากการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นของผู้ปฏิบัติหน้างานอย่างผิดวิธีและช่วยลดภาระการทำงานของผู้ปฏิบัติหน้างาน

5.2 ปัญหาและวิธีการแก้ไขปัญหา

5.2.1 ปัญหาที่พบ

1. ความรู้และความชำนาญในด้านการใช้ฮาร์ดแวร์ เช่น อุปกรณ์ภายในตู้ควบคุม และซอฟต์แวร์ เช่น โปรแกรม RobotStudio, TIA Portal, VISOR Vision Sensor เป็นต้น มีไม่มากพอ
2. อุปกรณ์ที่สั่งซื้อมีความล่าช้า
3. การทำงานผิดพลาดจากการเปลี่ยนแปลงแท็ก
4. การสื่อสารระหว่างพีแอลซีกับหุ่นยนต์ไม่ตรงกัน

5.2.2 วิธีการแก้ไขปัญหา

1. ศึกษาการใช้งานในด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ให้เข้าใจก่อน
2. ประกอบชิ้นส่วนอุปกรณ์อย่างอื่นไปก่อนเพื่อไม่ให้เสียเวลา
3. ตรวจสอบการทำงานที่หน้างานก่อนเริ่มทำงาน
4. ผู้เขียนโปรแกรมในส่วนของพีแอลซีและหุ่นยนต์ควรมีการสื่อสารกันให้ชัดเจนก่อนที่จะเริ่มการเขียนโปรแกรม

5.3 ข้อเสนอแนะ

การทำเครื่องทอร์คสกรูอัตโนมัติโดยใช้หุ่นยนต์ที่มีลักษณะเป็นเครื่องจักรอัตโนมัติจำเป็นที่จะต้องมีความเข้าใจลักษณะการทำงานของระบบเคลื่อนไหวทั้งหมด เช่น หุ่นยนต์ (Robot) และยังควรมีพื้นฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้โปรแกรมที่ค่อนข้างดี ซึ่งจะเป็นพื้นฐานที่ดีในการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ ถูกต้อง รวดเร็ว และครบถ้วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การอ้างอิง

IRB 910SC SCARA. (ม.ป.ป.). เข้าถึงได้จาก ABB:
https://new.abb.com/products/robotics/industrial-robots/irb-910sc

IRC5 Industrial Robot Controller. (2018). เข้าถึงได้จาก ABB: https://search-ext.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=ROB0295EN&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch

Micro Torque tightening MTF6000. (ม.ป.ป.). เข้าถึงได้จาก Atlas Copco:
https://f.nordiskemedier.dk/23mlspkgjzqqp3ka.pdf

Poyadanai Pachanapan. (ม.ป.ป.). *คู่มือปฏิบัติการวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ การควบคุมด้วยพีแอลซี (PLC Controller)*. เข้าถึงได้จาก
http://www.ecpe.nu.ac.th/piyadanai/content/49_01/303407_1_49/File/Lab05%20PLC.pdf

SIMATIC S7-1200. (1996). เข้าถึงได้จาก SIEMENS:
https://new.siemens.com/global/en/products/automation/systems/industrial/plc/simatic-s7-1200.html

Simens AG. (24 พศจิกายน 2561). เข้าถึงได้จาก Simens AG:
https://w3.siemens.com/mcms/water-industry/en/Documents/PROFINET.pdf

Sinamics G120 Speed Control. (2017). เข้าถึงได้จาก https://siemens.asia/e-Pass/DocumentCenter/201785224634MGVNIWJNQG_A005_S7-1200_Speed%20control%20SINAMICS%20G120%20via%20PROFINET_S.pdf

Thaicontrol's blog. (24 พศจิกายน 2561). เข้าถึงได้จาก Thaicontrol's blog:
https://thaicontrol.wordpress.com/2014/01/19/devicenet-network/

Vision Sensor วิชันเซนเซอร์. (2017). เข้าถึงได้จาก factomart:
https://mall.factomart.com/machine-vision/vision-sensor/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจัดการโปรเจคด้วยโปรแกรม TIA Portal. (2014). เข้าถึงได้จาก http://www.pttc.ac.th/pttc/images/pdf/17.pdf

ชวลิต ทินกรสูติบุตร และทีมงาน ThaiCERT. (24 พศจิกายน 2561). เข้าถึงได้จาก T-NET: http://www.tnetsecurity.com/content_basic/tcp_ip_knowledge.php

บริษัท ออมรอน อีเลคทรอนิคส์ จำกัด. (2550). *การใช้งาน PLC ระดับ 1*.

อาจารย์นัครินทร์ คฤหาสสุวรรณ์. (17 กันยายน 2556). *พื้นฐานในการเขียนโปรแกรม*. เข้าถึงได้จาก http://mechatronnic2day.blogspot.com/2013/09/7.html

อาจารย์นิรุต วันยะโต. (18 กุมภาพันธ์ 2560). *PLC คืออะไร*. เข้าถึงได้จาก advance-electronic: http://www.advance-electronic.com/blog/detail/113/th/PLC-%E0%B8%84%E0%B8%B7%E0%B8%AD-%E0%B8%AD%E0%B8%B0%E0%B9%84%E0%B8%A3.html

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

แสดงตารางแสดงผลการทอร์กสกรู

ตารางที่ ก.1 ตารางแสดงผลการทอร์กสกรูของโมเดล Agelnib

No	Date	Summary		Issue	Description	Damaged	Cycle Time (Sec)	Troubleshoot
		PASS	FAIL					
1	25/10/18	1	0				40.32	
2	25/10/18	1	0				34.5	
3	25/10/18	1	0				29.15	
4	25/10/18	1	0				35.45	
5	25/10/18	1	0				31	
6	25/10/18	1	0				34.91	
7	25/10/18	1	0				27.53	
8	25/10/18	1	0				39.34	
9	25/10/18	1	0				37.16	
10	25/10/18	1	0				31.43	
11	25/10/18	1	0				31.17	
12	25/10/18	1	0				31.47	
13	25/10/18	1	0				49.41	
14	25/10/18	0	1	feeder error	vacuum cannot pickup screw	cannot pickup screw from auto feedder screw	60.72	press button from HMI
15	25/10/18	1	0				50.01	
16	25/10/18	1	0				30.93	
17	5/11/18	1	0				27.48	
18	5/11/18	1	0				24.74	
19	5/11/18	1	0				23.44	
20	5/11/18	1	0				26.13	
21	5/11/18	1	0				30.5	
22	5/11/18	1	0				33.74	
23	5/11/18	1	0				24.41	
24	5/11/18	1	0				36.24	
25	5/11/18	1	0				25.7	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 ตารางแสดงผลการทอร์กสกรูของโมเดล Agelnib (ต่อ)

No	Date	Summary		Issue	Description	Damaged	Cycle Time (Sec)	Troubleshoot
		PASS	FAIL					
26	5/11/18	1	0				26.78	
27	5/11/18	1	0				25.19	
28	5/11/18	1	0				26.16	
29	5/11/18	1	0				24.31	
30	5/11/18	1	0				25.37	
31	5/11/18	1	0				24.22	
32	5/11/18	1	0				25.16	
33	5/11/18	1	0				25.1	
34	5/11/18	1	0				24.89	
35	5/11/18	1	0				29.35	
36	5/11/18	1	0				27.41	
37	5/11/18	1	0				25.83	
38	5/11/18	1	0				26.09	
39	5/11/18	1	0				23.86	
40	5/11/18	1	0				26.54	
41	5/11/18	1	0				26.23	
42	5/11/18	1	0				28.64	
43	5/11/18	1	0				24.87	
44	5/11/18	1	0				36.35	
45	5/11/18	1	0				25.15	
46	5/11/18	0	1	screw on board error	screw undetected		38.81	press button from HMI
47	5/11/18	1	0				23.84	
48	5/11/18	1	0				28.56	
49	5/11/18	1	0				23.56	
50	5/11/18	1	0				26.42	
51	5/11/18	1	0				25.64	
52	5/11/18	1	0				25.89	
53	5/11/18	1	0				26.66	
54	5/11/18	1	0				26.47	
55	5/11/18	1	0				23.66	
56	5/11/18	1	0				30.78	
57	5/11/18	1	0				25.8	
58	5/11/18	1	0				25.64	
59	5/11/18	1	0				25.85	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 ตารางแสดงผลการทอร์กสกรูของโมเดล Agelnib (ต่อ)

No	Date	Summary		Issue	Description	Damaged	Cycle Time (Sec)	Troubleshoot
		PASS	FAIL					
60	5/11/18	1	0				26.36	
61	5/11/18	1	0				25.26	
62	5/11/18	1	0				24.51	
63	5/11/18	1	0				25.1	
64	5/11/18	1	0				26.14	
65	5/11/18	1	0				24.99	
66	5/11/18	1	0				26.41	
67	5/11/18	1	0				30.44	
68	5/11/18	1	0				26.33	
69	5/11/18	1	0				26.64	
70	5/11/18	1	0				26.13	
71	5/11/18	1	0				24.89	
72	5/11/18	1	0				25.17	
73	5/11/18	1	0				24.99	
74	5/11/18	1	0				25.63	
75	5/11/18	1	0				25	
76	5/11/18	1	0				25.02	
77	5/11/18	1	0				26.13	
78	5/11/18	1	0				25.65	
79	5/11/18	1	0				25.44	
80	5/11/18	1	0				26.94	
81	5/11/18	1	0				25.89	
82	5/11/18	1	0				24.39	
83	5/11/18	1	0				25.1	
84	5/11/18	1	0				22.88	
85	5/11/18	1	0				24.04	
86	5/11/18	1	0				25.83	
87	5/11/18	1	0				24.5	
88	5/11/18	1	0				25.77	
89	5/11/18	0	1	screw on board error	screw undetected on board		38.96	press button from HMI
90	5/11/18	1	0				23.13	
91	5/11/18	1	0				24.44	
92	5/11/18	1	0				26.18	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 ตารางแสดงผลการทอร์กสกรูของโมเดล Agelnib (ต่อ)

No	Date	Summary		Issue	Description	Damaged	Cycle Time (Sec)	Troubleshoot
		PASS	FAIL					
93	5/11/18	0	1	screw on board error	screw undetected on board		33.53	press button from HMI
94	5/11/18	1	0				25.63	
95	5/11/18	1	0				25.54	
96	5/11/18	1	0				57.55	
97	5/11/18	1	0				24.04	
98	5/11/18	1	0				25.05	
99	5/11/18	1	0				24.74	
100	5/11/18	0	1	torque error	torque right error (hole no.2)		156.41	press button from HMI

ตารางที่ ก.2 ตารางแสดงผลการทอร์กสกรูของโมเดล Bellatrix

No	Date	Summary		Issue	Description	Damaged	Cycle Time (Sec)	Troubleshoot
		PASS	FAIL					
1	6/11/18	1	0				129.05	
2	6/11/18	1	0				110.11	
3	6/11/18	1	0				110.11	
4	6/11/18	1	0				100.69	
5	6/11/18	1	0				105.21	
6	6/11/18	1	0				100.53	
7	6/11/18	1	0				103.61	
8	6/11/18	1	0				132.17	
9	6/11/18	1	0				104.92	
10	6/11/18	1	0				101.95	
11	6/11/18	1	0				100.56	
12	6/11/18	1	0				104.36	
13	6/11/18	1	0				104	
14	6/11/18	1	0				127.67	
15	6/11/18	1	0				100.94	
16	6/11/18	1	0				101.01	
17	6/11/18	1	0				105.57	
18	6/11/18	1	0				111.51	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 ตารางแสดงผลการทอร์กสกรูของโมเดล Bellatrix (ต่อ)

No	Date	Summary		Issue	Description	Damaged	Cycle Time (Sec)	Troubleshoot
		PASS	FAIL					
20	6/11/18	1	0				114.73	
21	6/11/18	0	1	torque error			232.57	press button from HMI
22	6/11/18	1	0				100.3	
23	6/11/18	1	0				112.32	
24	6/11/18	1	0				101.67	
25	6/11/18	1	0				100.83	
26	6/11/18	1	0				10	
27	6/11/18	1	0				102.62	
28	6/11/18	0	1	torque error	torque left error	torque error (at hole no.10)	167.72	press button from HMI
29	6/11/18	1	0				105.65	
30	6/11/18	0	1	torque error	torque left error	torque error (at hole no.1)	163.15	
31	7/11/18	1	0				110.97	
32	7/11/18	1	0				102.34	
33	7/11/18	1	0				101.8	
34	7/11/18	1	0				102.69	
35	7/11/18	1	0				101.45	
36	7/11/18	1	0				113.02	
37	7/11/18	1	0				100.57	
38	7/11/18	1	0				99.95	
39	7/11/18	1	0				104.03	
40	7/11/18	1	0				100.43	
41	7/11/18	1	0				100.68	
42	7/11/18	1	0				102.53	
43	7/11/18	1	0				113.43	
44	7/11/18	1	0				107.43	
45	7/11/18	1	0				100.44	
46	7/11/18	1	0				104.2	
47	7/11/18	1	0				99.89	
48	7/11/18	1	0				100.17	
49	7/11/18	1	0				107	
50	7/11/18	1	0				102.4	
51	7/11/18	1	0				119.48	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 ตารางแสดงผลการทอร์กสกรูของโมเดล Bellatrix (ต่อ)

No	Date	Summary		Issue	Description	Damaged	Cycle Time (Sec)	Troubleshoot
		PASS	FAIL					
52	7/11/18	1	0				105.39	
53	7/11/18	1	0				119.14	
54	7/11/18	1	0				105.61	
55	7/11/18	1	0				104.97	
56	7/11/18	1	0				102.48	
57	7/11/18	1	0				111.25	
58	7/11/18	1	0				103.23	
59	7/11/18	1	0				103.52	
60	7/11/18	1	0				121.72	
61	7/11/18	1	0				105.44	
62	7/11/18	1	0				113	
63	7/11/18	1	0				102.99	
64	7/11/18	1	0				114.46	
65	7/11/18	1	0				106.71	
66	7/11/18	1	0				124.77	
67	7/11/18	0	1	torque error	torque right error	torque right error at hole no.3,6	215.39	press continue button
68	7/11/18	1	0				113.58	
69	7/11/18	1	0				104.49	
70	7/11/18	1	0				117.78	
71	7/11/18	1	0				105.35	
72	7/11/18	1	0				103.53	
73	7/11/18	1	0				104.12	
74	7/11/18	1	0				103.25	
75	7/11/18	0	1	torque error	torque right error	torque right error at hole no.8	199.28	press continue button
76	7/11/18	1	0				99.29	
77	7/11/18	1	0				101.41	
78	7/11/18	1	0				97.68	
79	7/11/18	1	0				97.92	
80	7/11/18	1	0				102.37	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 ตารางแสดงผลการทอร์กสกรูของโมเดล Bellatrix (ต่อ)

No	Date	Summary		Issue	Description	Damaged	Cycle Time (Sec)	Troubleshoot
		PASS	FAIL					
81	7/11/18	0	1	torque error	torque right error	torque right error at hole no.4	172.21	press continue button
82	7/11/18	1	0				103.72	
83	7/11/18	1	0				104.19	
84	7/11/18	1	0				105.48	
85	7/11/18	1	0				101.17	
86	7/11/18	1	0				100.94	
87	7/11/18	1	0				100.02	
88	7/11/18	1	0				125.35	
89	7/11/18	1	0				104.01	
90	7/11/18	1	0				99.36	
91	7/11/18	1	0				100.29	
92	7/11/18	1	0				99.29	
93	7/11/18	1	0				101.3	
94	7/11/18	1	0				99.98	
95	7/11/18	0	1	torque error	torque right error	torque right error at hole no.4,8	257.08	press continue button
96	7/11/18	1	0				110	
97	7/11/18	1	0				98.54	
98	7/11/18	1	0				97.67	
99	7/11/18	1	0				97.92	
100	7/11/18	1	0				97.09	

ตารางที่ ก.3 ตารางแสดงผลการทอร์กสกรูของโมเดล Pegatrix Slim

No	Date	Summary		Issue	Description	Damaged	Cycle Time (Sec)	Troubleshoot
		PASS	FAIL					
1	1/11/18	1	0				112	
2	1/11/18	1	0				129.51	
3	1/11/18	1	0				130.12	
4	1/11/18	1	0	pick screw error 1 time, torque error 1 time			142.38	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 ตารางแสดงผลการทอร์กสกรูของโมเดล Pegatrix Slim (ต่อ)

No	Date	Summary		Issue	Description	Damaged	Cycle Time (Sec)	Troubleshoot
		PASS	FAIL					
5	1/11/18	1	0	pick screw error 1 time, torque error 2 times			152.07	
6	1/11/18	1	0	pick screw error 1 time			131.1	
7	1/11/18	1	0	pick screw error 1 time			132.78	
8	1/11/18	1	0	pick screw error 2 times, torque error 1 times			141.61	
9	1/11/18	1	0				129.24	
10	1/11/18	1	0	pick screw error 2 times			140.22	
11	1/11/18	1	0	pick screw error 2 times, torque error 1 time			144.56	
12	1/11/18	1	0	torque error 1 time			143.75	
13	1/11/18	1	0	torque error 1 time			131.41	
14	1/11/18	1	0	pick screw error 2 times, torque error 1 time			130.89	
15	1/11/18	1	0	pick screw error 1 time			121.1	
16	1/11/18	1	0				176.97	
17	1/11/18	1	0	pick screw error 1 time			176.97	
18	1/11/18	1	0				178.85	
19	1/11/18	1	0	pick screw error 2 times			123.23	
20	1/11/18	1	0	pick screw error 2 times			124.35	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 ตารางแสดงผลการทอร์กสกรูของโมเดล Pegatrix Slim (ต่อ)

No	Date	Summary		Issue	Description	Damaged	Cycle Time (Sec)	Troubleshoot
		PASS	FAIL					
21	1/11/18	0	1	torque error 1 time, fail to pick screw	Alarm not pick screw		145.45	Press continue in HMI
22	1/11/18	1	0				117.1	
23	1/11/18	1	0				119.26	
24	1/11/18	1	0				118.65	
25	1/11/18	1	0				119.33	
26	1/11/18	1	0				120.77	
27	1/11/18	1	0				118.38	
28	1/11/18	0	1	torque fail	Alarm torque fail(Vacuum)		214.68	Press continue in HMI
29	1/11/18	0	1	pick screw error 1 time, torque failed	Alarm torque fail		182.65	Press continue in HMI
30	1/11/18	1	0	torque error 1 time			129.54	
31	1/11/18	1	0	pick screw error 1 time			121.93	
32	1/11/18	1	0	torque error 1 time			133.54	
33	1/11/18	0	1	pick screw error 2 times, torque fail	alarm torque fail		182.53	Press continue in HMI
34	1/11/18	1	0	pick screw error 2 times			124.12	
35	1/11/18	1	0	pick screw error 2 times			131	
36	1/11/18	1	0				127.27	
37	1/11/18	1	0	torque error 2 times			147.03	
38	1/11/18	1	0				127.49	
39	1/11/18	1	0	pick screw error 3 times			126.43	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 ตารางแสดงผลการทอร์กสกรูของโมเดล Pegatrix Slim (ต่อ)

No	Date	Summary		Issue	Description	Damaged	Cycle Time (Sec)	Troubleshoot
		PASS	FAIL					
40	1/11/18	1	0	pick screw error 1 time			124.75	
41	2/11/18	1	0	pick screw error 2 times			124.17	
42	2/11/18	1	0				122.11	
43	2/11/18	1	0	pick screw error 2 times, torque error 1 time			135.41	
44	2/11/18	1	0	torque error 2 times, pick error 1 time			141.07	
45	2/11/18	1	0				119.58	
46	2/11/18	1	0	torque error 1 time			131.68	
47	2/11/18	1	0	pick screw error 1 time, torque error 1 time			135.62	
48	2/11/18	1	0				122.88	
49	2/11/18	1	0	pick screw error 3 times, torque error 1 time			135.68	
50	2/11/18	1	0	pick screw error 1 time			122.66	
51	2/11/18	1	0	pick screw error 2 times, torque error 1 time			136.21	
52	2/11/18	1	0	pick screw error 1 time, torque error 1 time			134.28	
53	2/11/18	0	1	torque failed	alarm torque failed		286.06	Press cotinue in HMI
54	2/11/18	1	0	torque error 2 times			144.76	
55	2/11/18	1	0				122.48	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 ตารางแสดงผลการทอร์กสกรูของโมเดล Pegatrix Slim (ต่อ)

No	Date	Summary		Issue	Description	Damaged	Cycle Time (Sec)	Troubleshoot
		PASS	FAIL					
56	2/11/18	1	0	torque error 1 time			134.74	
57	2/11/18	1	0				123.41	
58	2/11/18	1	0	torque error 1 time			135.25	
59	2/11/18	1	0	torque error 2 times			141.57	
60	2/11/18	1	0	torque error 2 times			161.48	
61	2/11/18	1	0	pick screw error 1 time, torque error 1 time			135.86	
62	2/11/18	1	0	pick screw error 1 time, torque error 2 times			143.31	
63	2/11/18	0	1	torque fail	alarm torque fail (point 11)		195.6	Press continue in HMI & change screw
64	2/11/18	1	0				121.88	
65	2/11/18	0	1	torque failed	alarm torque fail (point7)		185.7	Press continue in HMI & change screw
66	2/11/18	1	0	pick screw error 1 time			122.97	
67	2/11/18	0	1	pick screw fail & torque fail	Alarm torque fail & check screw on board fail(point 11)		190.97	Press continue in HMI & change screw
68	2/11/18	0	1	pick screw error 1 time & torque fail	Alarm torque fail (point 11)		186.56	Press continue in HMI & change screw

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 ตารางแสดงผลการทอร์กสกรูของโมเดล Pegatrix Slim (ต่อ)

No	Date	Summary		Issue	Description	Damaged	Cycle Time (Sec)	Troubleshoot
		PASS	FAIL					
69	2/11/18	1	0	torque error 1 time & pick screw error 1 time			136.61	
70	2/11/18	1	0	pick screw error 1 time & torque error 1 time			136.25	
71	2/11/18	1	0	torque error 2 times			141.5	
72	2/11/18	1	0	torque error 1 times			132.91	
73	2/11/18	1	0	pick screw error 3 times			129.69	
74	2/11/18	1	0	pick screw error 2 times			122.66	
75	2/11/18	1	0	pick screw error 1 time			125.25	
76	2/11/18	1	0	pick screw error 1 time			123.51	
77	2/11/18	1	0	pick screw error 1 time & torque error 1 time			131.11	
78	2/11/18	1	0	torque error 2 times			144.32	
79	2/11/18	1	0				123.51	
80	2/11/18	1	0				127.71	
81	2/11/18	0	1	torque error 2 times & torque fail	alarm torque fail (point 9)		250.11	Press cotinue in HMI
82	2/11/18	1	0	torque error 2 times & pick fail error 1 time			146.89	
83	2/11/18	1	0				129.67	
84	2/11/18	1	0	torque error 1 time			133.44	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 ตารางแสดงผลการทอร์กสกรูของโมเดล Pegatrix Slim (ต่อ)

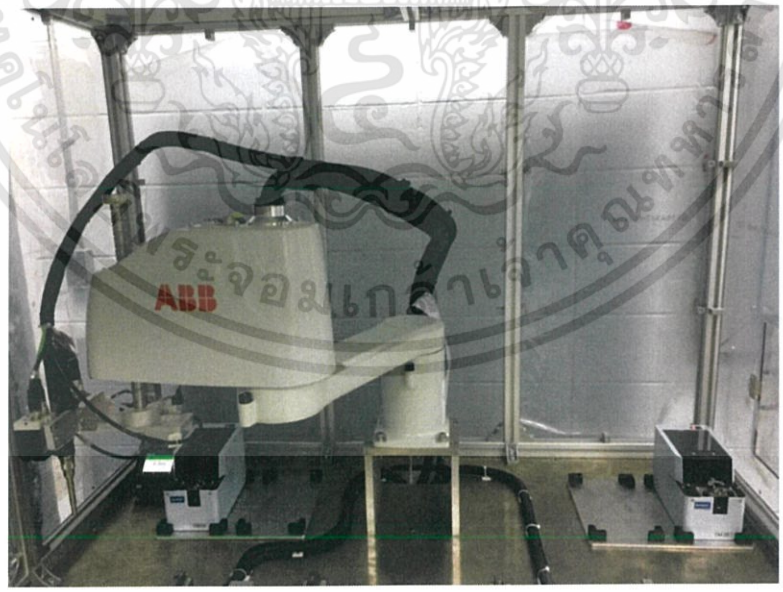
No	Date	Summary		Issue	Description	Damaged	Cycle Time (Sec)	Troubleshoot
		PASS	FAIL					
85	2/11/18	1	0				122.83	
86	5/11/18	1	0	torque error 3 times, pick screw error 1 time			150.56	
87	5/11/18	1	0	pick screw error 1 time, torque error 1 time			137.13	
88	5/11/18	1	0	pick screw error 2 times			122.83	
89	5/11/18	1	0				121.27	
90	5/11/18	1	0				135.6	
91	5/11/18	1	0				124.71	
92	5/11/18	1	0				119.86	
93	5/11/18	1	0	pick screw error 1 time			123.62	
94	5/11/18	1	0				122.96	
95	5/11/18	1	0				121.75	
96	5/11/18	1	0	torque error 2 times			143.48	
97	5/11/18	1	0	torque error 1 time			138.06	
98	5/11/18	1	0	torque error 1 time			132.97	
99	5/11/18	1	0	torque error 3 times			153.82	
100	5/11/18	1	0				120.7	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

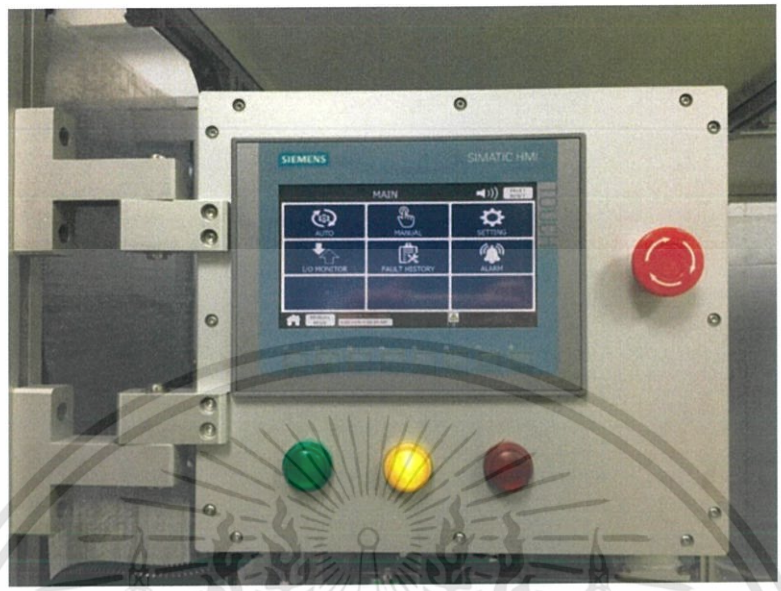
แสดงรูปภาพของระบบ Automated Torque By Robotic

ภาพที่ ข.1 แสดงระบบการทอร์กสกรูอัตโนมัติโดยใช้หุ่นยนต์

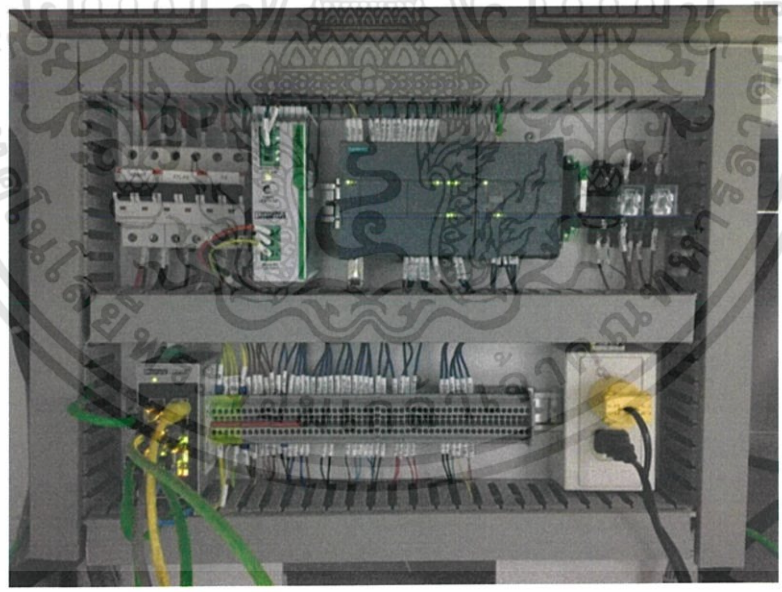


ภาพที่ ข.2 แสดง ABB Robot และ Tool ที่ใช้สำหรับการทอร์กสกรู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



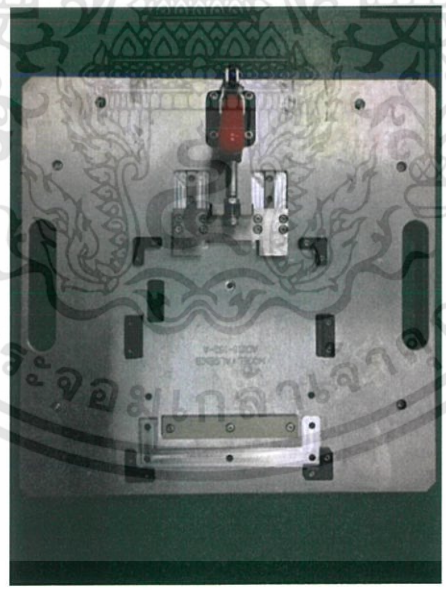
ภาพที่ ข.3 แสดง HMI ที่ใช้สำหรับควบคุมการทอร์กสกรู



ภาพที่ ข.4 แสดงการ Wiring ในส่วนของ PLC Controller

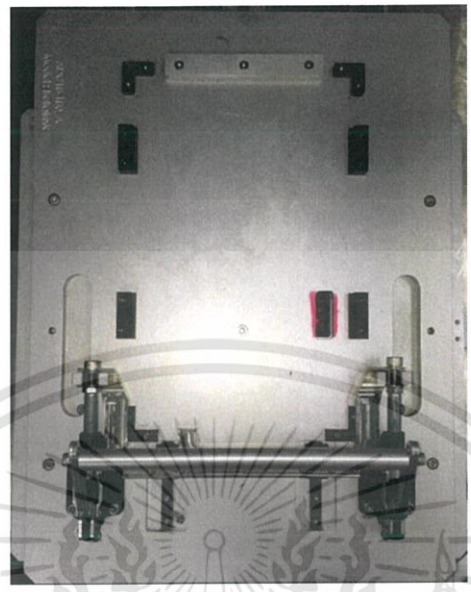
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ ข.5 แสดง Base ของระบบการทอร์กสกรูอัตโนมัติโดยใช้หุ่นยนต์

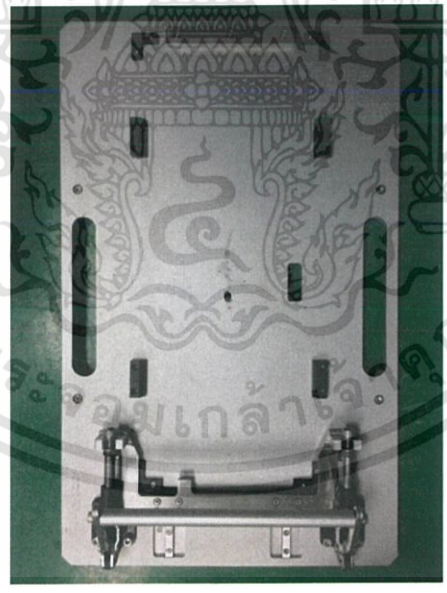


ภาพที่ ข.6 แสดง Fixture ของโมเดล Agelnib

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ข.7 แสดง Fixture ของโมเดล Bellatrix



ภาพที่ ข.8 แสดง Fixture ของโมเดล Pegatrix Slim

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้