รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การรีโทรฟิตระบบควบคุมตราชั่ง CHRONOS ด้วยระบบ PLC

CHRONOS WEIGHING MACHINE RETROFIT USING PLC

พัทธนันท์ ตะสี

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561

รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การรีโทรฟิตระบบควบคุมตราชั่ง CHRONOS ด้วยระบบ PLC

CHRONOS WEIGHING MACHINE RETROFIT USING PLC

พัทธนันท์ ตะสี

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงงาน	การรีโทรฟิตระบบควบคุมเครื่องชั่ง Chronos ด้วยระบบ PLC
นักศึกษา	นายพัทธนันท์ ตะสี
ภาควิชา	วิศวกรรมการวัดและควบคุม
อาจารย์นิเทศ	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพดล มณีรัตน์
ผู้นิเทศงาน	นายชัชวาลย์ แก้วสนธิ
สถานประกอบการ	บริษัท เบียร์ไทย (1991) จำกัด (มหาชน)

บทคัดย่อ

โครงงานนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอ ขั้นตอนและทฤษฎีในการปรับเปลี่ยน (Retrofit) ตัวระบบควบคุม Chronos ที่เป็นระบบควบคุมตัวเก่าในส่วนเครื่องชั่ง ของบริษัท เบียร์ไทย (1991) จำกัด (มหาชน) โดยหน่วยงาน Automation เพื่อซ่อมแซมเครื่องชั่งที่มีเพียง 2 ตัวในโรงงาน โดยเครื่องชั่ง Chronos เป็นส่วนที่ต้องนำมอลต์เข้ามาเป็นจำนวนมากต่อวัน ดังนั้นเครื่องชั่ง Chronos จะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ 1. ส่วนพร็อกซิมิตี้ เซนเซอร์ (Capacitive Proximity Sensors) สำหรับตรวจว่ามีผงมอลต์อุดตันวาล์วหรือไม่ 2. วาล์ว (Valve) สำหรับคอยคุมปริมาณมอลต์ที่เข้ามายังโหลดเซลล์ 3. โหลดเซลล์ (Load Cell) สำหรับวัดค่าน้ำหนักของมอลต์

โดยระบบทั้งส่วนนี้จะนำ PLC (Programable Logic Controller) มาควบคุมแทน ซึ่งราคาถูกกว่าระบบควบคุมตัวเดิม รวมกับหน่วยงาน Automation มีตัวซอร์ฟแวร์ (Sorfwere) ที่จำเป็นในการเขียนหรือแก้ไขโปรแกรม จึงทำให้สามารถปรับเปลี่ยนหรือแก้ไขการทำงาน ให้รองรับกับแผนงานของบริษัทที่อาจจะเปลี่ยนแปลงได้ในอนาคต อีกทั้งยังสามารถขยายผลไปยังไลน์การผลิต ที่มีเครื่องจักรรูปแบบเดียวกันได้อีกด้วย

คำสำคัญ : PLC, เครื่องชั่ง, Load Cell, Valve

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project Title:	Chronos Weighing Machine Retrofit Using PLC
Student:	Mr. Pattanan Tasee
Department:	Instrumentation and Control Engineering
Advisor:	Assistant Professor. Dr. Noppadol Maneerat
Mentor:	Mr. Chatchawan Keawsonthi
Company:	Beerthai (1991) Co., Ltd.

ABSTRACT

The thesis is demonstration of the steps of retrofiting the old controller in Chronos weight module for Beerthai (1991) Co., Ltd. by Automation Department to repair the 2 weighing machines. The machine is designed for measure quantity of malt which import to brewery for craft beer. The weighing machine consists of Capacitive Proximity Sensors, Malt Quantity Control Valve, Load Cell. The Capacitive Proximity Sensors are used to check that hopper is empty. The Valves are used to control malt into the hopper. The Load Cells are used to measure weight and send weight volume to SCADA

But old controller cannot work normally because it is used for a long time. An Automation Department have a plan to retrofit old controller by using PLC instead. Because it is cheaper than a new Chronos's controller and the Automation Department have knowledge for edit program to support production plan in the future

Keyword : PLC, Weighing Machine, Load Cell, Valve

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ในการจัดทำรายงานและโครงงานสหกิจศึกษาในครั้งนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้ ต้องขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพดล มณีรัตน์ ที่ถ่ายทอดวิชาความรู้ที่จำเป็นสำหรับการทำงาน อีกทั้งยังคอยให้คำปรึกษา ความช่วยเหลือและการสนับสนุนเป็นอย่างดี ตลอดจนการตรวจสอบความถูกต้องของรายงาน ทำให้รายงานเล่มนี้เสร็จสมบูรณ์ได้ ทางคณะผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งและกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณทางบริษัท เบียร์ไทย (1991) จำกัด (มหาชน) ที่ให้โอกาสได้มีประสบการณ์ในการทำงาน และต้องขอขอบคุณ พี่ๆ ฝ่าย Automation ที่คอยช่วยเหลือสนับสนุนต่างๆ ทั้งการให้คำปรึกษาและให้ข้อมูลในการแก้ปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นตลอดระยะเวลาการทำโครงงานสหกิจนี้ ทำให้โครงงานสหกิจสามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณ เพื่อนร่วมงานทุกท่านที่คอยเป็นกำลังใจที่ดีตลอดมาจนจบโครงการ ขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้ หากมีข้อผิดพลาดประการใดให้ถือเป็นความบกพร่องของทางคณะผู้จัดทำ และขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

นายพัทธนันท์ ตะสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญรูป.....VI

สารบัญตาราง.....XI

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....2

1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....2

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย.....2

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....3

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....4

2.1 ทฤษฎีเกี่ยวข้อง.....4

2.1.1 หลักการการรีโทรฟิต (Retrofit).....4

2.1.2 PLC (Programable Logic Controller).....6

2.1.3 หน้าจอ HMI.....11

2.1.4 การเชื่อมต่อแบบ Profibus.....12

2.1.5 คาปาซิทีฟ พร็อกซิมิตี้เซนเซอร์ (Capacitive Proximity Sensors).....18

2.1.6 ระบบลมอัด (Pneumatic).....23

2.1.7 โหลดเซลล์ (Load Cell).....35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.1.8 ระบบ SCADA....38

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง....46

บทที่ 3 วิธีการดำเนินโครงงาน....47

3.1 การวางแผนการดำเนินงาน....47

3.2 การศึกษาส่วนประกอบและลำดับการทำงานของเครื่องจักร....48

3.3 การศึกษาการใช้งาน PLC ของ Siemens และการ์ดเสริมต่างๆ....56

3.4 การทดสอบ Siwarex U และการ Configuration....65

3.5 การแก้ไขตู้ไฟฟ้า....73

3.6 การ Calibrate โหลดเซลล์....73

3.7 การออกแบบโปรแกรม....76

บทที่ 4 ผลการดำเนินโครงงาน....83

4.1 ส่วนประกอบทางไฟฟ้า....83

4.2 ผลการทดสอบโปรแกรม....84

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ....86

5.1 สรุปผลการดำเนินโครงงาน....86

5.2 ข้อเสนอแนะ....86

เอกสารอ้างอิง....87

ประวัติผู้เขียน....88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2.1 การรีโทรฟิตเครื่องจักร....5

2.2 โครงสร้างของ PLC....6

2.3 อุปกรณ์ภายนอกที่ทำหน้าที่ส่งสัญญาณให้หน่วยอินพุตของ PLC....8

2.4 อุปกรณ์ภายนอกที่รับสัญญาณควบคุมจากหน่วยเอาต์พุตของ PLC....8

2.5 การทำงานของ PLC....9

2.6 ตัวอย่าง HMI (Human Machine Interface)....12

2.7 แผนผังการติดต่อสื่อสารในงานอุตสาหกรรม....13

2.8 การเชื่อมต่อโปรฟิบัสดีพี (Profibus DP) 15

2.9 ประเภทของอุปกรณ์ในระบบโปรฟิบัส DP Master Class1, Class2, DP Slave....16

2.10 GSD File....17

2.11 คาปาซิทีฟ พร็อกซิมิตี้เซนเซอร์ (Capacitive Proximity Sensors)....18

2.12 สารไดอิเล็กตริก ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก (Dielectric) = C1/C2....19

2.13 ส่วนประกอบต่างๆ ภายในตัวเซนเซอร์....20

2.14 ขั้นตอนการทำงานของออสซิลเลเตอร์....21

2.15 การตรวจจับข้ามผ่านวัตถุของคาปาซิทีฟเซนเซอร์....21

2.16 ตรวจสอบเซนเซอร์สามารถตรวจจับวัตถุที่อยู่ด้านในได้หรือไม่....23

2.17 เครื่องอัดอากาศ....25

2.18 เครื่องระบายความร้อน (After Coolers)....26

2.19 ถังเก็บลมอัด (Compressor Air Receiver)....26

2.20 เครื่องกรองลมท่อส่งลมอัด (Main Filter)....27

2.21 เครื่องกำจัดความชื้น (Air Dryer)....28

2.22 ชุดควบคุมคุณภาพลมอัด (Service Unit)....28

2.23 ชุดกรองอากาศ (Filter)....29

2.24 ชุดควบคุมความดัน (Regulator)....29

2.25 ชุดน้ำมันหล่อลื่น (Lubricator)....30

2.26 เกจวัดความดัน (Pressure Gauge) 31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

2.27 สัญลักษณ์วาล์วควบคุมทิศทาง 31
2.28 สัญลักษณ์วาล์ว 3/2 แบบปุ่มกด....32
2.29 วาล์ว 3/2....32
2.30 สัญลักษณ์ (ซ้าย) และตัวอย่างวาล์ว 5/2 (ขวา) 32
2.31 วาล์วควบคุมอัตราการไหลชนิดปรับไม่ได้ 33
2.32 วาล์วควบคุมอัตราการไหลชนิดปรับได้ 33
2.33 กระบอกสูบทางเดียว (Single Acting Cylinder) 34
2.34 กระบอกสูบสองทาง (Double Acting Cylinder) 34
2.35 วงจรสะพาน Wheatstone....35
2.36 โหลดเซลล์แบบ Loadlink....35
2.37 โหลดเซลล์แบบ Shear Beam....36
2.38 โหลดเซลล์แบบรูปตัว S....36
2.39 โหลดเซลล์แบบ Shear Loadpin....37
2.40 การประยุกต์ใช้ SCADA ในระบบจ่ายไฟฟ้า....40
2.41 การประยุกต์ใช้ SCADA ในระบบจ่ายน้ำ....41
2.42 การประยุกต์ใช้ SCADA ในระบบระบบท่อส่งก๊าซ....41
2.43 การประยุกต์ใช้ SCADA ในระบบระบบท่อส่งน้ำมัน....42
2.44 Simatic WinCC....43
2.45 Intouch Wonderware....43
2.46 ICONIC Genesis 32....44
2.47 iFix Proficy HMI/SCADA....44
2.48 Citect Scada....45
2.49 Rsview 32 SCADA....45
3.1 โครงสร้างของเครื่องชั่ง Chronos AW201K400....48
3.2 ฮอปเปอร์ (Hopper) และตู้โหลดเซลล์ (Load Cell)....49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

3.3 โหลดเซลล์ของเครื่องชั่ง Chronos (1)....49

3.4 โหลดเซลล์ของเครื่องชั่ง Chronos (2)....50

3.5 วาล์วปิด-นิวแมติกส์หดกลับ....51

3.6 วาล์วเปิด-นิวแมติกส์ยืดออก....51

3.7 ชุดส่วนบริการลมอัด....52

3.8 เซนเซอร์สำหรับตรวจวัดมอลต์ตกค้าง....52

3.9 Flowchart การทำงานของเครื่องชั่ง....53

3.10 การทำงานของระบบควบคุมแบบเก่า....54

3.11 ส่วน SCADA ของเครื่องชั่ง Chronos....54

3.12 ระบบควบคุมของเครื่องชั่ง Chronos ตัวสมบูรณ์....55

3.13 ตู้ไฟฟ้าของเครื่องชั่ง Chronos ตัวสมบูรณ์....55

3.14 PLC SIEMEN S7-300....56

3.15 PLC SIEMEN S7-400....56

3.16 การติดตั้ง PLC S7-300....57

3.17 Backconnector ของ S7-300....57

3.18 Rack ของ PLC S7-400....58

3.19 ภาพ Power Supply ของ S7-300 (ซ้าย) และ S7-400 (ขวา)....58

3.20 Measuring Range Module....59

3.21 การ Configuration AI Card บน Simatic Manager....60

3.22 ภาพ Card Signal Module ของ S7-300 (ซ้าย) และ S7-400 (ขวา)....60

3.23 Card Interface Module (IM) ของ S7-300 (ซ้าย) และ S7-400 (ขวา)....61

3.24 การขยาย Rack โดยการเชื่อมต่อ IM ผ่าน Profibus-DP....62

3.25 Siwarex U ET200M รหัส 7MH4950-1AA01....63

3.26 การเข้าสาย Load Cell แบบ 4 สาย....63

3.27 การเข้าสาย Load Cell แบบ 6 สาย....64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

3.28 ขั้นตอน HW Config....65
3.29 ขั้นตอนตั้งค่า Address ของ Siwarex U....66
3.30 ส่วนประกอบของโปรแกรมทดสอบ Siwarex U....66
3.31 ภายใน OB1....66
3.32 การใช้ DR31 และ DR32....67
3.33 ข้อมูลของ Parameter ต่างๆ ในบล็อค SFC 59....69
3.34 ทดสอบ Siwarex หน้างาน (1)....70
3.35 ทดสอบ Siwarex หน้างาน (2)....70
3.36 Siwarex U รหัส 7MH4950-1AA01....71
3.37 SFC 59 เมื่อ Monitor....71
3.38 ค่าที่ Siwarex U ส่งกลับมาที่ DB380....72
3.39 Marker ของสายไฟ....73
3.40 Connection ต่างๆ ของ Siwarex U....74
3.41 การต่อพอร์ต RS-232 โดยการไขว้สาย DB9....74
3.42 Interface ของโปรแกรม Siwatool....75
3.43 หน้า Calibrate โหลดเซลล์....75
3.44 กราฟอธิบายการ Scaling หลังจากการตั้งค่า Calibrate....76
3.45 การหารหัสเครื่องจักรจาก SCADA....77
3.46 ภายในโปรแกรมของ PLC07....77
3.47 การใช้คำสั่ง JL เพื่อให้โปรแกรมทำงานเป็นขั้นตอน....78
3.48 ขั้นตอนการทำงานตาม Recipe ใน SCADA....78
3.49 Network ที่ 7 Phase 6 Reception....79
3.50 ส่วนที่เพิ่มเติม Infeed Step....79
3.51 ส่วนที่เพิ่มเติม Discharge Step....80
3.52 การรับค่าจากโหลดเซลล์....80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

3.53 ระบบควบคุมด้วย PLC....81
3.54 DB3000.DBW4 (Imp) กับ DB3000.DBD0 (Weight Consumption)....81
3.55 การแสดงผลใน SCADA Weight Consumptiom (บน) Imp (ล่าง)....82
4.1 การติดตั้ง PLC ในตู้ควบคุมไม่เสร็จสมบูรณ์....83
4.2 ไม่ได้รับอนุญาตจากผู้ดูแลเครื่องจึงไม่สามารถถอดระบบควบคุมออกได้....83
4.3 Mark สายสัญญาณ (1)....84
4.4 Mark สายสัญญาณ (2)....84
4.5 การแสดงผลทาง SCADA ที่แก้ไขใหม่....85
4.6 การแสดงผลทาง SCADA ของเดิม....85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 ค่าไดอิเล็กตริก (k) ที่แตกต่างกันของวัตถุแต่ละแบบ.....22

3.1 Retrofit Controller on Weighing Machine Chronos Timeline.....47

3.2 Error Code (1).....68

3.3 Error Code (2).....68

3.4 Error Code (3).....69

3.5 ค่า Parameter ที่ Siwarex U ส่งมาให้ PLC-S7.....72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

บริษัท เบียร์ไทย (1991) จำกัด (มหาชน) เป็นบริษัทลูกที่แยกมาจากบริษัท ไทยเบฟเวอเรจ จำกัด (มหาชน) เพื่อเพิ่มศักยภาพในการผลิตเบียร์ และเครื่องดื่ม ให้เพียงพอต่อความต้องการของตลาด และอำนวยความสะดวกในการขนส่ง และกระจายสินค้าไปยังตลาดภาคเหนือ และภาคอีสานของไทย โดยเริ่มจากก่อตั้งโรงงานในจังหวัด กำแพงเพชร อำเภอ คลองคลุง ในปี พ.ศ. 2542 และจดทะเบียนเป็นบริษัทมหาชน ในปี พ.ศ. 2544

ณ ปัจจุบัน โรงงานเบียร์คลองคลุง จังหวัดกำแพงเพชร ของบริษัท เบียร์ไทย (1991) จำกัด (มหาชน) เป็นโรงงานเบียร์ที่มีพื้นที่ และไลน์การผลิตน้ำและเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ใหญ่เป็นอันดับต้นๆ ในประเทศ จึงต้องมีการผลิตเครื่องดื่มแอลกอฮอล์เป็นปริมาณมากต่อวัน ทำให้ต้องมีการรับวัตถุดิบจำพวกมอลต์เข้ามาเป็นจำนวนมาก สำหรับหมักทำเบียร์ ดังนั้นจึงต้องมีเครื่องชั่งที่สามารถวัดปริมาณเข้า-ออก ของมอลต์จำนวนเป็นตันๆ ต่อวันได้

เนื่องจากในช่วงก่อตั้งโรงงาน เพื่อให้งานออกแบบและวางไลน์การผลิตสำเร็จลุล่วง อย่างรวดเร็ว และแน่นอน จึงได้มีการจ้างผู้รับเหมาจากภายนอกเข้ามาวางไลน์การผลิตให้ ซึ่งในเครื่องชั่งได้ใช้ระบบควบคุมของ Chronos ในการควบคุมวาล์ว (Valve) อ่านค่าจากเซนเซอร์วัดปริมาณการไหล (Flow Sensor) และอ่านค่าจากตัววัดน้ำหนัก (Load Cell) แต่เนื่องจากในปัจจุบันตัวระบบมีอายุการใช้มากแล้ว ไม่สามารถทำงานได้อย่างปกติ หน่วยงาน Automation จึงต้องหาทางแก้ไขปัญหา ซึ่งคิดได้สองทางเลือก คือ 1. ใช้ระบบคุมควบคุมของ Chronos เหมือนเดิม กับ 2. เปลี่ยนระบบควบคุมใหม่ (Retrofit) โดยไปใช้ PLC แทน ซึ่งวิธีที่ 1 เป็นวิธีที่ง่ายที่สุด แต่จะต้องเสียทั้งค่าชิ้นส่วน (Part) และค่าบริการทางวิศวกรรม (Engineering) อีกทั้งทางบริษัทยังไม่มีความรู้ในการแก้ไขโปรแกรมของ Chronos หากต้องการแก้ไขในอนาคต จึงเหมือนกับโดนผูกมัดโดยผู้รับเหมาจากภายนอก ส่วนวิธีที่ 2 จะเสียเฉพาะค่าชิ้นส่วน แต่จะต้องโปรแกรมควบคุมเครื่องจักรเอง จึงเป็นที่มาของโครงงานนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาขั้นตอนการทำงานในเครื่องชั่ง ประกอบด้วย ตัววัดน้ำหนัก และ วาล์ว
2. ศึกษาการสื่อสารระหว่างตัววัดน้ำหนัก (Load Cell) กับระบบควบคุม Chronos
3. ออกแบบวงจรใหม่ที่เชื่อมต่อกับ PLC
4. ศึกษาการเขียนโปรแกรม PLC สำหรับควบคุมเครื่องชั่ง
5. ศึกษาการเชื่อมต่อ PLC กับ SCADA

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. ออกแบบวงจรไฟฟ้าและโปรแกรมควบคุม สำหรับเครื่องชั่ง
2. เครื่องจักรสามารถทำงานได้เหมือนกับตอนที่ใช้ระบบควบคุมตัวเก่า
3. เครื่องชั่งสามารถแสดงผลผ่าน SCADA ได้

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

1. วางแผนการดำเนินงาน
2. เก็บข้อมูลลำดับการทำงานเครื่องชั่ง
3. ศึกษาวงจรการเชื่อมต่อส่วนเครื่องชั่ง กับส่วนระบบควบคุม Chronos
4. ออกแบบวงจรไฟฟ้าเชื่อมต่อ PLC กับส่วนเครื่องชั่ง
5. ศึกษาการใช้งาน Software ที่จำเป็นในการควบคุมเครื่องจักร
6. ติดตั้ง PLC และเดินสายเชื่อมต่อกับส่วนเครื่องชั่ง
7. เขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของส่วนเครื่องชั่ง
8. ทดสอบการทำงานและปรับปรุงแก้ไข
9. จัดทำสรุปโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้รับความรู้ในการออกแบบวงจรไฟฟ้า
2. ได้รับความรู้ในการเขียน PLC เพื่อใช้การควบคุมเครื่องจักร
3. ได้ความรู้ในการเขียนจอ HMI
4. ได้รับความรู้ในการเดินสายไฟ และติดตั้ง PLC
5. ได้ฝึกฝนการวางแผนในการทำงานอย่างมีระบบ
6. ได้ฝึกฝนความรับผิดชอบ การตรงต่อเวลา การมีวินัยในการทำงาน
7. ได้ฝึกฝนการทำงานเป็นทีม และการติดต่อประสานงานกับผู้อื่น
8. ได้ฝึกฝนการแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 หลักการการรีโทรฟิต (Retrofit)

2.1.1.1 การรีโทรฟิต (Retrofit) คืออะไร

ในการใช้งานเครื่องจักรกลซีเอ็นซีบ่อยครั้งที่พบว่าเครื่องจักรเก่าๆ ที่มีฟังก์ชันการทำงานที่ล้าสมัย หรือส่วนประกอบบางส่วนอาจเกิดความเสียหาย ทำให้ไม่สามารถใช้งานได้แต่ส่วนประกอบหลักๆ ยังสามารถใช้งานได้ดี ดังนั้นการปรับปรุงฟังก์ชันการทำงานของเครื่องจักร โดยปรับปรุงชุดควบคุมซีเอ็นซี (CNC Controller) การปรับปรุงระบบขับเคลื่อนแกน (Axis Drive System) เช่น มอเตอร์ (Motor) ไดร์ฟเวอร์ (Driver) และการปรับปรุงระบบแมคคานิค (Mechanic) อย่างใดอย่างหนึ่งหรือทั้งสามอย่างรวมกัน เพื่อทำให้เครื่องจักรที่เสียหายหรือล้าสมัย สามารถนำกลับมาใช้งานได้อีกครั้งเรียกว่า การรีโทรฟิต

2.1.1.2 ชนิดของการรีโทรฟิต

ชนิดของการรีโทรฟิตขึ้นอยู่กับสภาพของเครื่องจักร และฟังก์ชันการทำงานที่ต้องการหลังจากการรีโทรฟิต หากเครื่องจักรเดิมความเสียหายมากหรือต้องการฟังก์ชันการทำงานพิเศษรวมทั้งเครื่องจักรอาจมีอุปกรณ์เพิ่มเติม แน่นอนว่าการรีโทรฟิตย่อมต้องการทีมงาน ที่มีความเชี่ยวชาญสูงรวมทั้งต้นทุนในการพัฒนาซอร์ฟแวร์เพิ่มเติม โดยสามารถแบ่งการรีโทรฟิตได้สามระดับตามความเสียหาย และความคุ้มค่าดังนี้

1. แบบพื้นฐาน

คือ การเปลี่ยนเฉพาะชุดควบคุมซีเอ็นซีเหมาะสำหรับเครื่องจักร ที่อุปกรณ์ในระบบควบคุมมีปัญหา เช่น หน้าจอ (Monitor) การ์ด (Card) หรือเมนบอร์ด (Mainboard) เกิดการชำรุดเสียหายจากอายุการใช้งาน ไม่สามารถซ่อมหรือนำมาเปลี่ยนใหม่ได้ เนื่องจากผู้ผลิตได้ยกเลิกการผลิตอุปกรณ์ดังกล่าว เพราะล้าสมัยหรือมีรุ่นใหม่มาแทน ซึ่งไม่สามารถนำมาใช้งานร่วมกันได้แต่ระบบอื่นๆ เช่น ระบบขับเคลื่อนแกน, ระบบแมคคานิค และบอลสกรู (Ball Screw) ยังมีสภาพดีหากได้รับการเปลี่ยนชุดควบคุมซีเอ็นซี สามารถนำเครื่องจักรเหล่านี้กลับมาใช้งานได้อีกครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. แบบกึ่งสมบูรณ์

เป็นการเปลี่ยนเฉพาะอุปกรณ์ควบคุมทางไฟฟ้าที่สำคัญคือ ชุดควบคุม (Controller) และ มอเตอร์ขับเคลื่อนทั้งหมด เช่น เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor) เป็นตัวขับเคลื่อนสำหรับเทคโนโลยีเดิมจะมีทั้งสเต็ปเปอร์มอเตอร์ (Stepper Motor) และมอเตอร์กระแสตรง (DC Motor) มักจะเกิดของหน้าแปรงถ่าน การสึกหรอของลูกปืนที่โรเตอร์ของมอเตอร์ ซึ่งในประเทศไทยการที่หาอะไหล่เหล่านี้เป็นเรื่องยาก ส่วนใหญ่มักเป็นของมือสองและมีราคาขายสูงผู้ขายไม่สามารถรับประกันได้ การรีโทรฟิตแบบนี้สามารถให้โอกาสสำเร็จในระดับปานกลางด้วยราคาต้นทุน ในระดับปานกลางเช่นกัน

3. แบบสมบูรณ์

การรีโทรฟิตแบบสมบูรณ์มีโอกาสสำเร็จมากที่สุด โดยการเปลี่ยนอุปกรณ์ควบคุมทางไฟฟ้าเกือบทั้งหมด รวมถึงการเปลี่ยนคอนโทรลเลอร์ระบบมอเตอร์ขับเคลื่อนแกนทั้งหมด และบอลสกรูทั้งหมด ซึ่งจะได้ความถูกต้องแม่นยำในการเคลื่อนที่ใกล้เคียงกับเครื่องใหม่ในงบที่ต่ำกว่ามาก การรีโทรฟิตยังขึ้นอยู่กับระบบอื่นๆ ที่สำคัญที่เกี่ยวข้องกับตัวเครื่องจักรอีกด้วย เช่น แบบแปลนระบบของเครื่อง (System Diagram) ระบบลมอัด (Pneumatic System) ระบบไฮดรอลิก (Hydraulic System) และฟังก์ชันที่ออกแบบมาเป็นพิเศษสำหรับเครื่องจักรนั้นๆ ดังรูปที่ 2.1

รูปที่ 2.1 การรีโทรฟิตเครื่องจักร [1]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 PLC (Programable Logic Controller)

PLC : Programmable Logic Controller เป็นเครื่องควบคุมอัตโนมัติในโรงงานอุตสาหกรรมที่สามารถจะโปรแกรมได้ ถูกสร้างและพัฒนาขึ้นมาเพื่อทดแทนวงจรรีเลย์ อันเนื่องมาจากความต้องการที่อยากจะได้เครื่องควบคุมที่มีราคาถูกสามารถใช้งานได้อย่างเอนกประสงค์และสามารถเรียนรู้การใช้งานได้ง่าย

2.1.2.1 ข้อแตกต่างระหว่าง PLC กับ COMPUTER

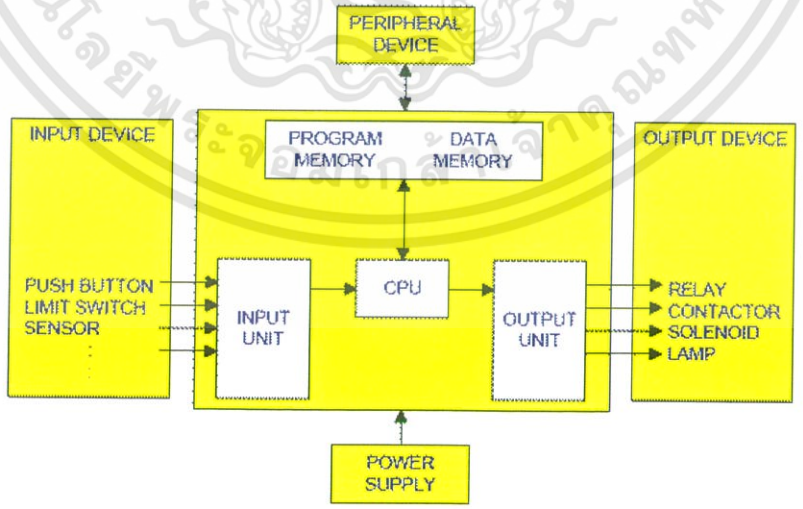
1. PLC ถูกออกแบบและสร้างขึ้นเพื่อให้สามารถทนต่อสภาพแวดล้อมในโรงงานอุตสาหกรรมโดยเฉพาะ

2. การโปรแกรมและการใช้งาน PLC ทำได้ง่ายไม่ยุ่งยากเหมือนคอมพิวเตอร์ทั่วไป PLC มีระบบการตรวจสอบตัวเอง ตั้งแต่ช่วงติดตั้งจนถึงช่วงการใช้งานทำให้การบำรุงรักษาทำได้ง่ายกว่า Computer

3. PLC ถูกพัฒนาให้มีความสามารถในการตัดสินใจสูงขึ้นเรื่อยๆทำให้การใช้งานสะดวกขณะที่วิธีใช้คอมพิวเตอร์ยุ่งยากและซับซ้อนขึ้น

2.1.2.2 โครงสร้างโดยทั่วไปของ PLC

ลักษณะโครงสร้างภายในของ PLC ซึ่งประกอบด้วย ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 โครงสร้างของ PLC [7]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ตัวประมวลผล (CPU)

ทำหน้าที่คำนวณและควบคุม ซึ่งเปรียบเสมือนสมองของ PLC ภายในประกอบด้วยวงจรลอจิกหลายชนิด และมีไมโครโปรเซสเซอร์เบส (Micro Processor Based) ใช้แทนอุปกรณ์จำพวกรีเลย์ เคาน์เตอร์/ไทม์เมอร์ และซีเควนเซอร์ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถออกแบบวงจรโดยใช้ Relay Ladder Diagram ได้ CPU จะยอมรับข้อมูลจากอุปกรณ์อินพุตต่างๆ จากนั้นจะทำการประมวลผลและเก็บข้อมูลโดยใช้โปรแกรมจากหน่วยความจำ หลังจากนั้นจะส่งข้อมูลที่เหมาะสมและถูกต้องออกไปยังอุปกรณ์เอาต์พุต

2. หน่วยความจำ (Memory Unit)

ทำหน้าที่เก็บรักษาโปรแกรมและข้อมูลที่ใช้ในการทำงาน โดยขนาดของหน่วยความจำจะถูกแบ่งออกเป็นบิตข้อมูล (Data Bit) ภายในหน่วยความจำ 1 บิต ก็จะมีค่าสภาวะทางลอจิก 0 หรือ 1แตกต่างกันแล้วแต่คำสั่ง ซึ่ง PLC ประกอบด้วยหน่วยความจำสองชนิดคือ ROM และ RAM

RAM ทำหน้าที่เก็บโปรแกรมของผู้ใช้ และข้อมูลที่ใช้ในการปฏิบัติงานของ PLC หน่วยความจำประเภทนี้จะมีแบตเตอรี่เล็กๆ ต่อไว้เพื่อใช้เป็นไฟเลี้ยงข้อมูลเมื่อเกิดไฟดับ การอ่านและการเขียนข้อมูลลงใน RAM ทำได้ง่ายมาก เพราะฉะนั้นจึงเหมากับงานในระยะทดลองเครื่องที่มีการเปลี่ยนแปลงแก้ไขโปรแกรมอยู่บ่อยๆ

ROM ทำหน้าที่เก็บโปรแกรมสำหรับใช้ในการปฏิบัติงานของ PLC ตามโปรแกรมของผู้ใช้ หน่วยความจำแบบ ROM ยังสามารถแบ่งได้เป็น EPROM ซึ่งจะต้องใช้อุปกรณ์พิเศษในการเขียนและลบโปรแกรม เหมาะกับงานที่ไม่ต้องการเปลี่ยนแปลงโปรแกรม นอกจากนี้ยังมีแบบ EEPROM หน่วยความจำประเภทนี้ไม่ต้องใช้เครื่องมือพิเศษในการเขียนและลบโปรแกรม สามารถใช้งานได้เหมือนกับ RAM แต่ไม่ต้องใช้แบตเตอรี่สำรอง แต่ราคาจะแพงกว่าเนื่องจากรวมคุณสมบัติของ ROM และ RAM ไว้ด้วยกัน

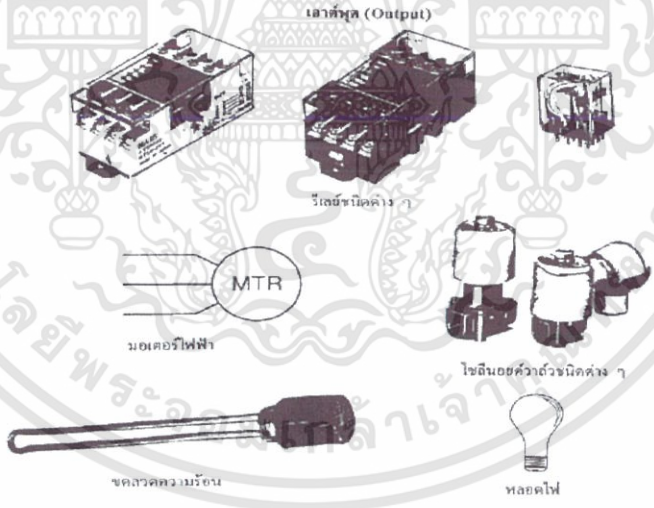
3. หน่วยอินพุต-เอาต์พุต (Input-Output Unit)

หน่วยอินพุต ทำหน้าที่รับสัญญาณจากอุปกรณ์ภายนอก แล้วแปลงสัญญาณให้เป็นสัญญาณที่เหมาะสมแล้วส่งให้หน่วยประมวลผลต่อไป ดังรูปที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.3 อุปกรณ์ภายนอกที่ทำหน้าที่ส่งสัญญาณให้หน่วยอินพุตของ PLC [7]

หน่วยเอาต์พุต ทำหน้าที่รับข้อมูลจากตัวประมวลผลแล้วส่งต่อข้อมูลไปควบคุมอุปกรณ์ภายนอก เช่น ควบคุมหลอดไฟ มอเตอร์ และวาล์ว เป็นต้น ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 อุปกรณ์ภายนอกที่รับสัญญาณควบคุมจากหน่วยเอาต์พุตของ PLC [7]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. แหล่งจ่ายไฟ (Power Supply)

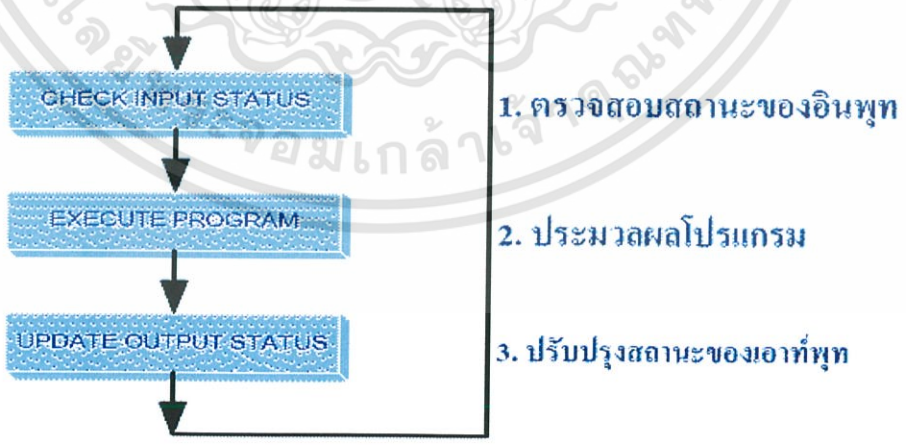
ทำหน้าที่จ่ายพลังงานและรักษาระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้กับ CPU Unit หน่วยความจำและหน่วยอินพุต/เอาต์พุต

5. อุปกรณ์ต่อร่วม (Peripheral Devices)

- PROGRAMMING CONSOLE
- EPROM WRITER
- PRINTER
- GRAPHIC PROGRAMMING
- CRT MONITOR
- HANDHELD
- etc

2.1.2.3 การทำงานของ PLC

PLC จะมีหลักการทำงานคือ หน่วยอินพุตจะคอยเช็คสถานะของอุปกรณ์ จากนั้นจะส่งสัญญาณให้หน่วยประมวลผล เพื่อทำการประมวลผลโปรแกรม เมื่อประมวลผลโปรแกรม เสร็จจะส่งสัญญาณควบคุมออกไปทางหน่วยเอาต์พุต เพื่อสั่งงานให้อุปกรณ์ภายนอกทำงาน แสดง Flowchart การทำงานดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 การทำงานของ PLC [7]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.4 การติดตั้ง PLC

1. ข้อควรพิจารณาก่อนติดตั้ง PLC

- พื้นที่ในการติดตั้งมีเพียงพอหรือไม่
- จะต้องเผื่อไว้ขยายในอนาคตหรือไม่
- การซ่อมบำรุงต้องทำได้ง่าย
- อุณหภูมิที่เกิดขึ้นจากเครื่องจักรมีผลกระทบกับ PLC หรือไม่
- วิธีการป้องกัน PLC จากสภาพแวดล้อมที่ไม่ปลอดภัย

2. สภาพแวดล้อมหรือสถานที่ที่ไม่ควรติดตั้ง PLC

- มีแสงแดดส่องโดยตรง
- มีอุณหภูมิต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส หรือสูงกว่า 55 องศาเซลเซียส
- มีฝุ่น หรือไอเกลือ
- มีความชื้นมาก
- มีก๊าซที่มีคุณสมบัติกัดกร่อน หรือไวไฟ
- สั่นสะเทือนมาก

2.1.2.5 ตู้ควบคุมสำหรับ PLC

1. ต้องป้องกันไม่ให้ PLC เสียหายจากการใช้งานหรือจากส่วนอื่นๆ เช่น จากสิ่งแวดล้อมหรือสิ่งปนเปื้อนในอากาศ เช่น ความชื้น น้ำมัน ฝุ่นผง ก๊าซที่มีฤทธิ์การกัดกร่อน
2. มีขนาดใหญ่เพียงพอ สะดวกในการเดินสายไฟต่างๆ
3. ควรติดตั้งตู้ PLC ห่างจากแผงควบคุมไฟฟ้าแรงสูงอย่างน้อย 8 นิ้ว
4. มีสายดิน
5. ควรแยกการติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูง
6. ควรแยกการติดตั้งกับอุปกรณ์ที่มีความร้อนสูง เช่น ฮีทเตอร์ หม้อแปลง หรือตัวต้านทานขนาดใหญ่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ไม่ควรให้ PLC ติดตั้งอยู่บนเพดาน หรืออยู่กับพื้น

8. ถ้ามีอุณหภูมิสูงกว่า 60 องศาเซลเซียส ควรติดพัดลมเป่าระบายความร้อน

9. ควรต่อสายดินแยกออกจากอุปกรณ์ไฟฟ้าตัวอื่นคือ สายดินควรมีขนาด 2 ตารางมิลลิเมตร หรือใหญ่กว่า และค่าความต้านทานของสายดินไม่ควรเกิน 100 โอห์ม

2.1.2.6 ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม PLC

การเขียนโปรแกรมเพื่อสั่งให้ PLC ทำงานตามความต้องการนั้นตามมาตรฐาน IEC1131-3 ได้แบ่งออกเป็น 5 แบบ คือ

1. Ladder Diagram Language
2. Sequential Flow Chart Language
3. Function Block Diagram Language
4. Instruction List Language (Statement List Language)
5. Structure Text Language

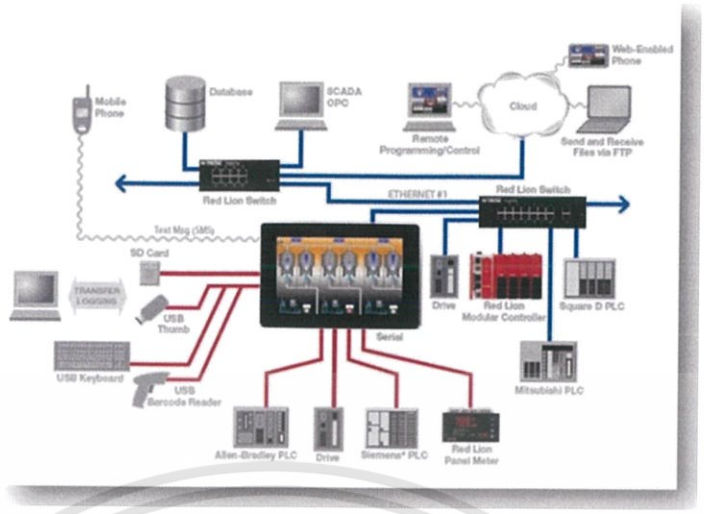
2.1.3 หน้าจอ HMI

คือ การใช้งานร่วมกันระหว่าง PLC Programming กับเครื่องคอมพิวเตอร์ จึงเรียกว่า HMI (Human Machine Interface) โดยนำคอมพิวเตอร์มาเป็นอุปกรณ์ ที่ใช้ในการติดต่อระหว่างผู้ใช้งานกับเครื่องจักร เพื่อควบคุมและเป็นจอแสดงผล

HMI เกิดจากความต้องการของผู้ใช้งานที่ต้องการเข้าไปควบคุมระบบที่ PLC เป็นตัวควบคุมอยู่โดย HMI นั้นจะเป็นการนำข้อมูลจาก PLC ส่งผ่านโครงข่ายแบบต่างๆ และทำการรวบรวมข้อมูลในรูปแบบต่างๆ เข้าด้วยกัน และสามารถสั่งการได้โดยผู้เชี่ยวชาญ

งานอุตสาหกรรมในปัจจุบันเกือบทุกประเภท จะมีระบบควบคุมอัตโนมัติที่ใช้ PLC เป็นตัวควบคุม และจะต้องใช้งานร่วมกันกับ HMI โดยใช้ HMI เป็นตัวสื่อสารระหว่างผู้ใช้งานกับระบบ Module PLC หรือจอแสดงผลต่างๆ โดยให้ PLC สั่งงานไปที่เครื่องจักรอีกที เพื่อนำไปใช้งานกับเครื่องจักรต่างๆ ใน Line ผลิต โดยที่ทาง Energy Scope เลือกใช้ HMI ที่เชื่อมต่อกับ PLC ต่างๆ ได้ทุกยี่ห้อผ่านทาง Digital Communication Ports เช่น (RS485, RS232, MODBUS, PROFIBUS, ETHERNET) และยังสามารถเชื่อมต่อกับพอร์ต USB ได้โดยตรงทำให้มีความสะดวก ดังรูปที่ 2.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 ตัวอย่าง HMI (Human Machine Interface) [8]

2.1.3.1 คุณสมบัติของ HMI (Human Machine Interface)

1. การสื่อสาร (Communicate) สามารถสื่อสารข้อมูลกับอุปกรณ์อื่นๆ ในลักษณะแบบดิจิตอล โดยมีรูปแบบของสัญญาณให้เลือกหลายแบบ และสามารถสื่อสารข้อมูลกับอุปกรณ์ต่างๆ ทุกยี่ห้อได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถต่อได้ทั้งอุปกรณ์ PLC, Meter, Controller และอีกมากมาย ตามการใช้งานประเภทต่างๆ โดยอุปกรณ์ HMI เพียงตัวเดียวก็สามารถควบคุม หรืออ่านค่าตัวอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์อื่นๆ ที่ต่อเชื่อมอยู่ได้อย่างง่ายดาย ผ่านการเชื่อมต่อทางเครือข่ายอินเตอร์เน็ต, LAN หรือ Wireless

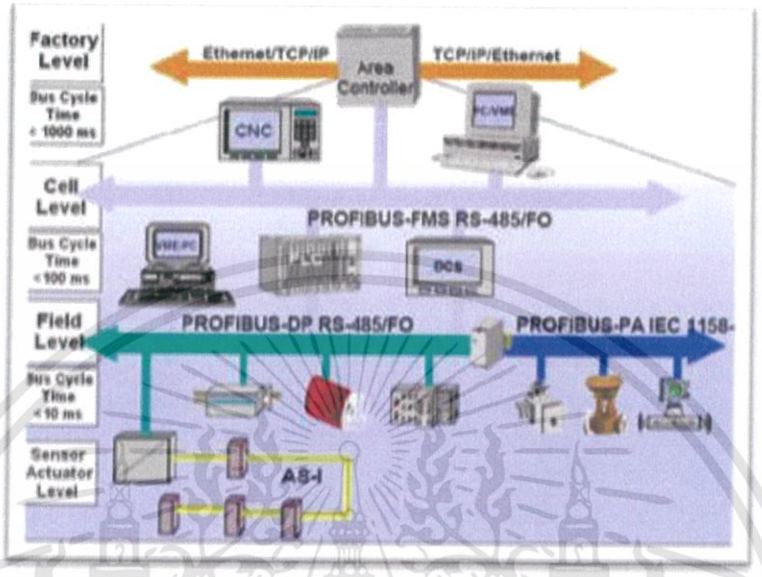
2. การเก็บค่า (Collect) สามารถเก็บข้อมูลกระบวนการผลิตต่างๆ ในรูปแบบไฟล์ Excel รวมไปถึงการเข้าถึงข้อมูล (Data Logger) ผ่านทาง Web Browser ได้อย่างง่ายดาย ทำให้สะดวกในการทราบข้อมูล แม้ไม่ได้อยู่ที่หน้างานไลน์ผลิต

2.1.4 การเชื่อมต่อแบบโปรฟิบัส (Profibus)

สมัยก่อนโรงงานอุตสาหกรรมที่มีการควบคุมแบบขั้นลำดับ (Sequence) โดยมีพีแอลซี (PLC Programmable Logic Controllers) เป็นตัวควบคุมและยังไม่มีการต่อกันเป็นระบบ พบว่ามีความยุ่งยากในการต่อสายมากเนื่องจากการต่อสายแบบหนึ่งเส้นต่อหนึ่งอินพุตหรือเอาต์พุตนั้นใช้สายเป็นจำนวนมาก ต่อมาได้มีการนำโปรฟิบัส (Profibus – Process Field Bus) มาใช้ซึ่งโปรฟิบัสเป็นมาตรฐานแบบหนึ่งสำหรับการติดต่อแบบอนุกรมกับอุปกรณ์ต่างๆ ภายในโรงงาน โดยใช้บัสเพียงเส้นเดียวในการเชื่อมต่อ ทำให้สามารถลดจำนวนสายลง แต่สามารถเพิ่มความเร็วในการติดต่อสื่อสารได้มากขึ้น โดยได้ค่าที่ถูกต้องเที่ยงตรงระบบโปรฟิบัสเป็นมาตรฐานระบบเปิด สำหรับการผลิตและการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควบคุมอัตโนมัติที่ไม่ผูกมัดกับผู้ผลิตใดๆ โปรฟิบัสจะเป็นไปตามข้อกำหนดมาตรฐานระหว่างประเทศ (IEC61158, EN50170, 50240) เพื่อให้อุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้มาตรฐานนี้สามารถติดต่อกันและใช้งานร่วมกันได้อย่างสมบูรณ์ ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 แผนผังการติดต่อสื่อสารในงานอุตสาหกรรม [5]

2.1.4.1 ระดับการสื่อสารของระบบอุตสาหกรรมอ้างอิงตามมาตรฐานโปรฟิบัส (Profibus)

โครงสร้างการสื่อสาร แบ่งได้เป็น 4 ระดับ คือ

1. ระดับอุปกรณ์ตรวจจับและอุปกรณ์สั่งงาน (Sensor/Actuator Level)

สัญญาณดิจิตอลจากอุปกรณ์ตรวจจับ (Sensor) และอุปกรณ์สั่งงาน (Actuator) ถูกส่งไปยังสายบัส ซึ่งเป็นการสะดวกและประหยัดค่าใช้จ่ายในการส่งข้อมูล และแรงดันไฟฟ้าไปในสายเดียวกัน โดยในระดับนี้ความต้องการปริมาณข้อมูลไม่มาก แต่ความเร็วในการสื่อสารสูง

2. ระดับฟิลด์ (Field Level)

ส่วนมากเป็นอุปกรณ์ที่แยกออกมา เช่น โมดูลอินพุต-เอาต์พุต (I/O Module) ทรานส์ดิวเซอร์ อุปกรณ์วิเคราะห์ และวาล์ว มีการติดต่อสื่อสารกับระบบอัตโนมัติโดยประมวลผลแบบเวลาจริง (Real-time) และมีการแลกเปลี่ยนข้อมูลแบบวนรอบ (Cyclic Data Exchange)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ระดับเซลล์ (Cell Level)

เป็นส่วนของอุปกรณ์ควบคุมของระบบ เช่น พีเอลซี (PLCs Programmable Logic Controllers) และไอพีซี (IPCs – Industrial Personal Computers) ซึ่งติดต่อสื่อสารกันโดยระบบมาตรฐาน Ethernet TCP/IP Intranet และ Internet ข้อมูลมีการส่งแบบเป็นชุดข้อมูล

4. ระดับโรงงาน (Factory Level)

เป็นเครือข่ายในระดับบนสุดใช้เป็นเครือข่ายการสื่อสาร เพื่อควบคุมการทำงานของระบบโดยรวมทั้งหมด รวมทั้งสามารถรวบรวม เรียงลำดับ และจัดเก็บข้อมูลจากเครือข่ายต่ำกว่า

2.1.4.2 ตระกูลของโปรฟิบัส

โปรฟิบัสดีพี (Profibus DP – Decentralized Peripherals) ใช้สื่อสารระหว่างส่วนควบคุมกลางกับอุปกรณ์อินพุต-เอาต์พุตที่ระดับฟิลด์ ซึ่งโปรฟิบัสดีพีเป็นโปรฟิบัสที่ใช้ในโครงงานนี้

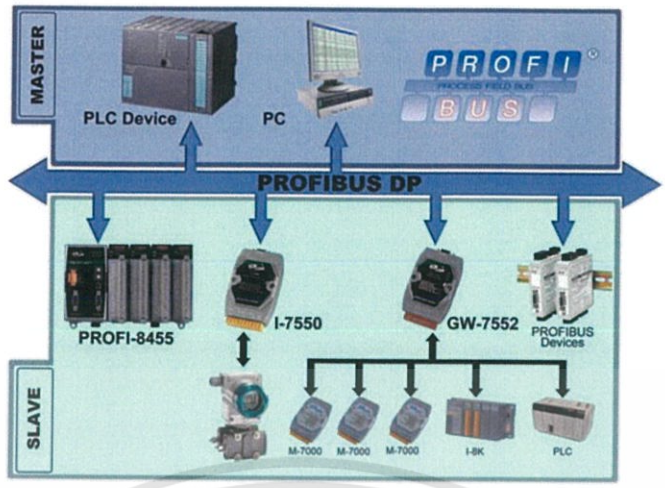
โปรฟิบัสเอฟเอ็มเอส (Profibus FMS – Fieldbus Message System) ใช้สื่อสารระหว่าง พีเอลซี (PLCs – Programmable Logic Controllers) กับ PC (Personal Computer) และแลก เปลี่ยนข้อมูลที่ระดับเซลล์ ใช้สำหรับการสื่อสารข้อมูลที่มีความซับซ้อน

โปรฟิบัสพีเอ (Profibus PA – Process Automation) เป็นส่วนขยายของโปรฟิบัสดีพี โดยสามารถรวมอุปกรณ์ของโปรฟิบัสพีเอ และโปรฟิบัสดีพีเข้าด้วยกันได้โดยการใช้อุปกรณ์แยกส่วน (Segment Coupler) ใช้ในการสื่อสารที่มีความเร็วสูงและระบบอัตโนมัติ และต้องการความน่าเชื่อถือ

2.1.4.3 โปรฟิบัสดีพี (Profibus DP)

ใช้สำหรับการส่งข้อมูลที่มีความเร็วมาก เช่น อุปกรณ์ควบคุมมอเตอร์ (Control Drives), PLC, ระบบไฟฟ้ากำลังและอุปกรณ์อื่นๆ ที่ต้องการเชื่อมต่อด้วยความเร็วสูง โปรฟิบัสดีพีสื่อสารแบบ Master/Slave จะมี 1 Master (มักจะเป็น PLC) ต่อร่วมกับ Slave ได้ 31 ตัว ต่อ Segment เมื่อระบบทำงาน Master จะ Polls ไปที่ Slave แต่ละตัวตามลำดับ ในระบบสามารถมี Master ได้หลายตัว โดย Network ของ Master จะเป็นการสื่อสารแบบหนึ่งซึ่งเรียกว่า “Token” ดังรูปที่ 2.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 การเชื่อมต่อโปรฟิบัสดีพี (Profibus DP) [5]

2.1.4.4 คุณสมบัติของโปรฟิบัสดีพี (Profibus DP)

1. โปรฟิบัสดีพี เป็นแบบ Physical Layer ตามมาตรฐาน RS-485 ใช้สาย 2 สาย ซึ่งสามารถทนการรบกวนทางไฟฟ้าได้ดี

2. โปรฟิบัสดีพี ออกแบบสำหรับระบบที่ใหญ่ได้ถึง 126 Address Nodes และต่อได้ถึง 1,000 A/D In-Out จุดใน Network

3. การสื่อสารที่รวดเร็ว 12 Mbit/s

4. การต่อสายของอุปกรณ์เป็นแบบหัว Connector ทำให้ลดปัญหาความยุ่งยากและความผิดพลาดจากการต่อสายแบบเดิมๆ

5. ง่ายสำหรับการออกแบบระบบ, การติดตั้งระบบ, Maintenance และการ Monitor สถานการณ์ทำงานของอุปกรณ์ทุกตัวในระบบ

6. ระบบมีความยืดหยุ่นมาก สามารถต่อร่วมกับระบบ Bus อื่นๆ ได้ง่าย

*อุปกรณ์ในโปรฟิบัสดีพี ทุกตัวจะต้องมี Device Master File ที่เรียกว่า “GSD File” ซึ่งบรรจุรายละเอียดเกี่ยวกับอุปกรณ์ เช่น I/O Data Size, อัตราการสื่อสารและสถานะต่างๆ (ในส่วนของ GSD File จะกล่าวในหัวข้อถัดไป)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4.5 ประเภทของอุปกรณ์ในระบบโปรฟิบัส

อุปกรณ์ในระบบโปรฟิบัสดีพีแบ่งออกเป็น 2 ประเภทได้แก่

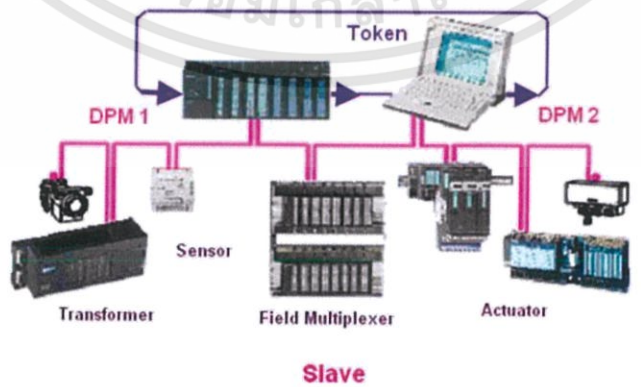
1. Master เป็นผู้กำหนดข้อมูลการสื่อสารบนโปรฟิบัส โดยจะส่งข้อความที่ปราศจากการกระตุ้นจากภายนอก เนื่องจาก Master เป็นผู้ถือครองบัสจึงสามารถเรียกได้อีกชื่อหนึ่งว่า สถานีกระตุ้น (Active Stations) แบ่งได้ออกเป็น 2 ชนิด คือ

DPM1 (DP Master Class 1) ทำหน้าที่ในการควบคุมการทำงานของ Slave ภายในระบบ ตัวอย่างของ DPM1 ได้แก่ พีแอลซี (PLCs-Programmable Logic Controllers)

DPM2 (DP Master Class 2) ทำหน้าที่ในการกำหนดค่าเริ่มต้นต่างๆ ให้กับระบบ เช่น การตั้งค่าข้อมูล (Configuration Data) ตัวอย่างเช่น พีซี (PC-Personal Computer)

โดย Master ทั้ง 2 ชนิดนี้ จะมีอำนาจในการครอบครองบัสตามช่วงเวลาที่กำหนด หลังจากผ่านช่วงเวลาดังกล่าวจะส่งอำนาจการครอบครองบัสหรือ Token ให้กับ Master ตัวถัดไปที่อยู่บนบัส โดยจะสื่อสารกันผ่านกระบวนการ Token Passing

2. Slave เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า สถานีถูกกระทำ (Passive Station) เนื่องจากไม่มีอำนาจในการถือครองบัส มีความสามารถเพียงรับส่งข้อมูลจากการร้องขอของ Master ได้แก่ อุปกรณ์อินพุตเอาต์พุตต่างๆ โดยที่ Master จะเป็นผู้ส่งข้อมูลเกี่ยวกับข้อกำหนดต่างๆ ของรูปแบบการสื่อสารเพื่อเป็นข้อตกลงที่ใช้ระหว่างร่วมกันในการแลกเปลี่ยนข้อมูล โดย Master จะวนมาสอบถามข้อมูลของ Slave ทุกตัวที่อยู่ในระบบอยู่ตลอดเวลา โดยระบบการทำงานและอุปกรณ์ของ ระบบ Profibus แสดงในรูปที่ 2.9

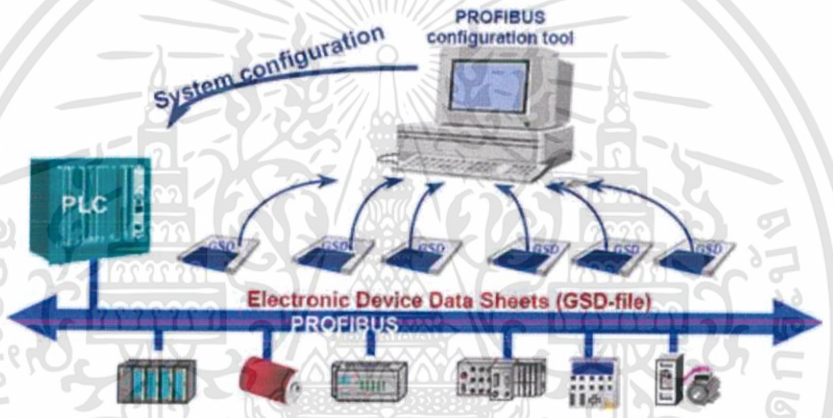


รูปที่ 2.9 ประเภทของอุปกรณ์ในระบบโปรฟิบัส DP Master Class1, Class2, DP Slave [5]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4.6 GSD File

ส่วนที่สำคัญอีกส่วนของการสร้าง Slave ขึ้นมา คือ GSD File ซึ่งข้อมูลที่อยู่ใน GSD File จะเป็นข้อมูลพื้นฐานของอุปกรณ์, ลักษณะจำเพาะของอุปกรณ์นั้นๆ โดยที่ Master จะมี GSD File เป็นของตนเอง (Profile ของแต่ละอุปกรณ์) การใช้งาน GSD File ของโปรฟิบัสจะแตกต่างกับกระบวนการผลิตอื่นๆ ตรงที่ไม่ได้อยู่ภายในตัวอุปกรณ์เอง แต่จะแยกออกมาเป็น Disk/Drive มีเป็นลักษณะของ Text File โดย Master จะเป็นผู้ใช้งาน ดังนั้นเมื่อต้องการใช้งาน Slave จึงจำเป็นต้อง Up Load ข้อมูล Slave โดยใช้ GSD File ให้กับ Master นอกจากนี้ GSD File ยังมีความสำคัญในการแลกเปลี่ยนข้อมูลแบบวนรอบ (Cyclic Communication) ด้วยเช่นกัน ดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 GSD File [5]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5 คาปาซิทีฟ พร็อกซิมิตี้เซนเซอร์ (Capacitive Proximity Sensors)

คาปาซิทีฟ พร็อกซิมิตี้เซนเซอร์ (Capacitive Proximity Sensors) เป็นเซนเซอร์ที่ใช้หลักการเปลี่ยนแปลงของค่าคาปาซิแตนซ์ โดยการสร้างสนามไฟฟ้าสถิต ซึ่งต่างจากอินดักทีฟเซนเซอร์(Inductive Sensors) ที่จะสร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ทำให้จะมีความสามารถตรวจจับวัตถุที่เป็นโลหะหรือมีส่วนประกอบของโลหะเท่านั้น แต่คาปาซิทีฟเซนเซอร์ (Capacitive Sensors) ซึ่งใช้หลักการสร้างไฟฟ้าสถิตนั้น ทำให้สามารถตรวจจับวัตถุได้เกือบทุกประเภททั้งโลหะและอโลหะ ซึ่งทำให้เซนเซอร์ชนิดนี้มีการใช้งานกันอย่างแพร่หลายเพราะมีสารหรือปุ่มปรับ เซนซิทีวิตี้แอดจัสเมนท์ (Sensitivity Adjustment) ซึ่งทำให้สารตรวจจับระดับของเหลวในภาชนะทึบแสง เช่น ใช้เช็คระดับน้ำมันเครื่องในถังพลาสติกทึบแสง เป็นต้น

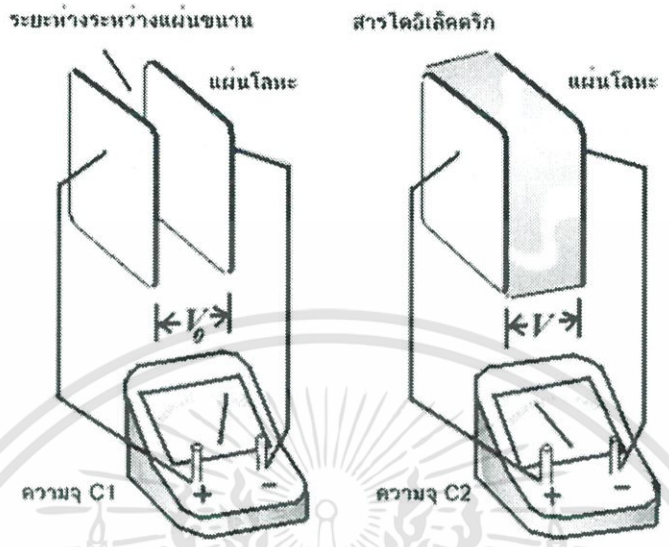
รูปที่ 2.11 คาปาซิทีฟ พร็อกซิมิตี้เซนเซอร์ (Capacitive Proximity Sensors) [2]

คาปาซิทีฟ พร็อกซิมิตี้เซนเซอร์ (Capacitive Proximity Sensors) เป็นเซนเซอร์ที่สามารถทำการตรวจจับได้โดยตัวเซนเซอร์ไม่ต้องสัมผัสกับตัววัตถุเลย เหตุนี้จึงทำให้เซนเซอร์ชนิดนี้มีอายุการใช้งานที่ยืนยาวเป็นอย่างมาก และยังสามารถตรวจจับได้ทั้งโลหะและอโลหะ เช่น กระดาษ ขวด แก้ว พลาสติก น้ำ โดยความสามารถของการตรวจจับของเซนเซอร์ชนิดนี้นั้น จะขึ้นอยู่กับค่าคงที่ของค่าไดอิเล็กตริก (Dielectric Constant) หรือค่า k ของวัตถุ

สารไดอิเล็กตริกคือ สารที่ไม่นำไฟฟ้าเช่น ยาง แก้ว กระดาษไข พาราฟิน และเทฟลอน เป็นต้น ส่วนวัตถุที่เป็นตัวเก็บประจุนั้นเป็นแผ่นโลหะบางๆ วางซ้อนกันโดยมีสารไดอิเล็กตริกอยู่ตรงกลาง จะมีลักษณะเป็นแผ่นระนาบสองแผ่นที่วางขนานกัน โดยจะมีระยะห่างระหว่างแผ่นขนาน และมีค่าความจุเริ่มต้น เมื่อใส่สารไดอิเล็กตริกเข้าไปแทนที่ที่ว่างดังกล่าว จะทำให้ตัวเก็บประจุนั้นมีค่าความจุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพิ่มขึ้น สมมติว่าเป็น C และเรียกอัตราส่วนของค่าความจุใหม่ขณะที่มีไดอิเล็กตริก เทียบกับค่าความจุขณะไม่มีสารไดอิเล็กตริกว่า ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก ดังรูปที่ 2.12



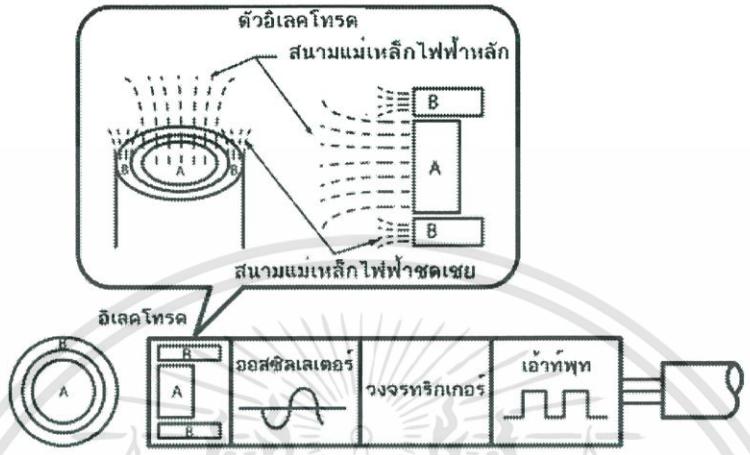
รูปที่ 2.12 สารไดอิเล็กตริก ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก (Dielectric) = C1/C2 [2]

2.1.5.1 หลักการทำงานของ คาปาซิทีฟ พร็อกซิมิตี้เซนเซอร์ (Capacitive Proximity Sensors)

เซนเซอร์ชนิดนี้มีรูปร่างและหน้าตาของตัวเซนเซอร์คล้ายกับ อินดักทีฟ พร็อกซิมิตี้เซนเซอร์ (Inductive Proximity Sensors) แต่หลักการทำงานของเซนเซอร์สองชนิดนี้จะต่างกัน โดยเซนเซอร์ชนิดนี้จะอาศัยหลักการเปลี่ยนแปลงค่าความจุของตัวประจุ เมื่อวัตถุที่จะตรวจจับ เคลื่อนที่เข้ามาใกล้กับสนามไฟฟ้าของตัวเซนเซอร์มากขึ้น โดยใช้แอกทีฟอิเล็กโทรด (A) และเอิทธ์อิเล็กโทรด (B) การเปลี่ยนแปลงค่าความจุ (Capacitance Value) ดังกล่าว จะขึ้นอยู่กับระยะทางระหว่างวัตถุเป้าหมายกับตัวเซนเซอร์ยิ่งวัตถุเคลื่อนที่เข้าใกล้ตัวเซนเซอร์มากขึ้น ค่าความจุไฟฟ้าระหว่างตัววัตถุกับคาปาซิทีฟเซนเซอร์ยิ่งมีค่าเปลี่ยนแปลงไปโดยค่าความจุไฟฟ้าจะมากขึ้น ขนาดและรูปร่างของวัตถุและชนิดของวัตถุเป้าหมาย ค่าไดอิเล็กตริกหรือค่า k ของวัตถุต่างกัน จะมีค่าความจุที่แตกต่างกัน เมื่อค่าความจุเปลี่ยนแปลงไปจนถึงค่าๆ หนึ่งซึ่งมีค่าความต้านทาน (ในวงจรออสซิลเลเตอร์ RC) ไม่มีการเปลี่ยนแปลงคือตั้งเป็นค่าคงที่ตั้งแต่แรก จะส่งผลให้เกิดการออสซิลเลทสัญญาณขึ้น และค่าแอมพลิจูด และความถี่สูงขึ้นเมื่อมีวัตถุเข้ามาในระยะตรวจจับที่ความถี่สูงค่าหนึ่ง วงจรทริกเกอร์จะสั่งให้มีค่าเอาต์พุตออกไป (DC, 4-20 มิลลิแอมป์ หรือ 0-10 โวลต์) และส่งต่อไปที่เอาต์พุต เพื่อสั่งการให้เอาต์พุตทำงาน ส่วนประกอบของตัว คาปาซิทีฟ พร็อกซิมิตี้ เซนเซอร์ ได้แก่ อิเล็กโทรด (แบ่งเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แอ็คทีฟอิเล็กโทรด (A) กับอิเล็กโทรดชดเชย (B)) ออสซิลเลเตอร์ วงจรทริกเกอร์ ตัวส่งสัญญาณเอาต์พุต ดังรูปที่ 2.13



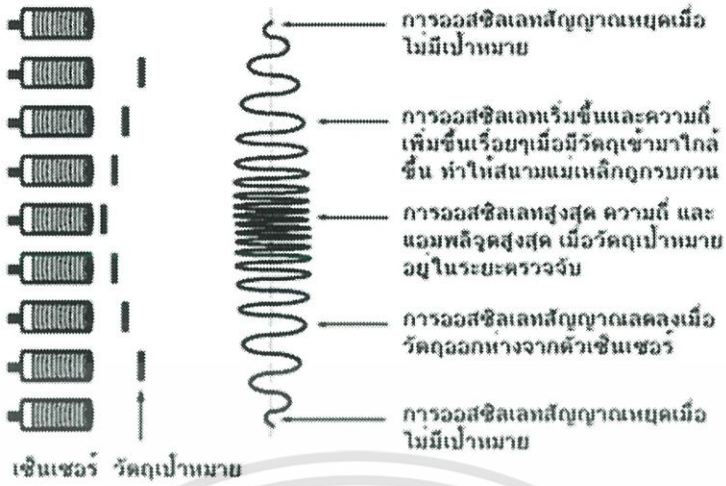
รูปที่ 2.13 ส่วนประกอบต่างๆ ภายในตัวเซนเซอร์ [2]

A ได้แก่ แอ็คทีฟอิเล็กโทรด

B ได้แก่ อิเล็กโทรดชดเชย

ขั้นตอนการทำงานจะเริ่มจากในขณะปรกติคือ ไม่มีวัตถุเข้ามาในระยะตรวจจับตัวออสซิลเลเตอร์จะอยู่ในสภาวะที่ไม่ทำงาน แต่เมื่อมีวัตถุเข้ามาในระยะทำงาน ตัวออสซิลเลเตอร์จะเริ่มทำงานโดยจะค่อยๆ เพิ่มความถี่ของสัญญาณให้มากขึ้น เนื่องจากสนามไฟฟ้าสถิตที่สร้างขึ้นถูกรบกวนด้วยวัตถุที่เคลื่อนที่เข้ามาในระยะตรวจจับ เมื่อวัตถุเข้ามาอยู่ในระยะตรวจจับออสซิลเลเตอร์จะสร้างความถี่และแอมพลิจูดมากที่สุด และเมื่อวัตถุเริ่มเคลื่อนที่ออกจากระยะออสซิลเลเตอร์จะค่อยๆ ลดความถี่ลงจนวัตถุเคลื่อนที่ออกไปจนพ้นระยะ ออสซิลเลเตอร์ก็จะหยุดทำงานอีกครั้งหนึ่ง ตามรูปที่ 2.14

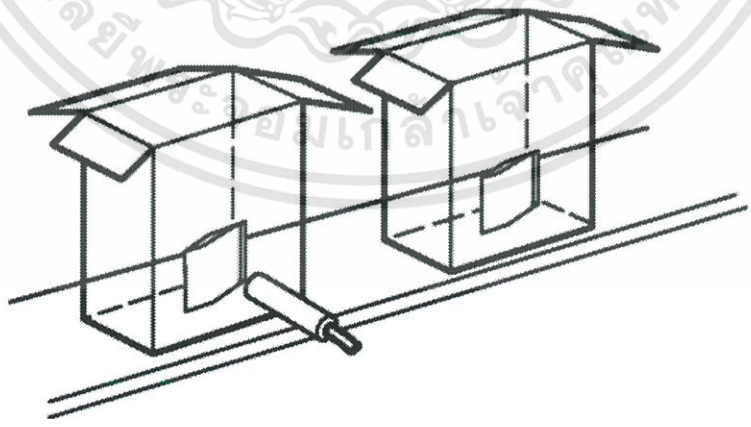
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.14 ขั้นตอนการทำงานของออสซิลเลเตอร์ [2]

ในขณะที่มีวัตถุเข้ามาในระยะและส่งความถี่ออกไปจนถึงค่าๆ หนึ่งที่ได้กำหนดไว้ ออสซิลเลเตอร์จะทำการส่งสัญญาณต่อไปให้ตัวประมวลผล และส่งสัญญาณต่อไปให้ตัวส่งสัญญาณเอาต์พุต เพื่อส่งสัญญาณเอาต์พุตไปให้อุปกรณ์อื่นต่อไป

เซนเซอร์ชนิดเก็บประจุนี้ สามารถปรับค่าความไวในการตรวจจับได้ โดยการปรับตั้งค่าความต้านทาน ซึ่งจะมีผลต่อการปรับระยะการตรวจจับใกล้หรือไกล หรือใช้ในการปรับตั้งให้ตัวเซนเซอร์สามารถตรวจจับข้ามผ่านวัตถุที่ขวางกั้นวัตถุเป้าหมายได้ เช่น การตรวจจับระดับน้ำภายในขวด หรือตรวจจับของที่อยู่ภายในกล่อง ดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 การตรวจจับข้ามผ่านวัตถุของคาปาซิทีฟเซนเซอร์ [2]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะการตรวจจับของคาปาซิทีฟเซนเซอร์ จะขึ้นอยู่กับระยะห่างระหว่างเซนเซอร์กับวัตถุ และชนิดของวัตถุที่ทำการตรวจจับ โดยวัตถุที่มีค่าไดอิเล็กตริก (k) สูงจะถูกตรวจจับได้ดีกว่าวัตถุที่มีค่าไดอิเล็กตริกต่ำ ในกรณีที่วัตถุเป้าหมายเป็นโลหะ ระยะตรวจจับของคาปาซิทีฟเซนเซอร์จะมีระยะเท่ากันทั้งหมด ดังตารางที่ 2.1

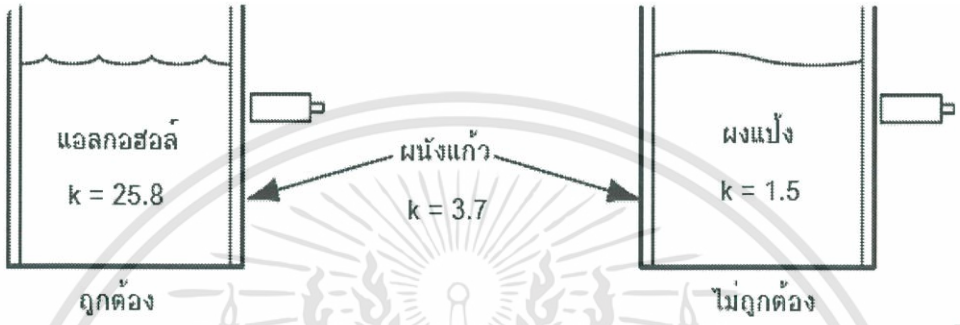
ตารางที่ 2.1 ค่าไดอิเล็กตริก (k) ที่แตกต่างกันของวัตถุแต่ละแบบ [2]

Dielectric Constants of Common Industrial Materials

Material	Constant	Material	Constant
Acetone	19.5	Perspex	3.2...3.5
Acrylic Resin	2.7...4.5	Petroleum	2.0...2.2
Air	1.000264	Phenol Resin	4...12
Alcohol	25.8	Polyacetal	3.6...3.7
Ammonia	15...25	Polyamide	5.0
Aniline	6.9	Polyester Resin	2.8...8.1
Aqueous Solutions	50...80	Polyethylene	2.3
Bakelite	3.6	Polypropylene	2.0...2.3
Benzene	2.3	Polystyrene	3.0
Carbon Dioxide	1.000985	Polyvinyl Chloride Resin	2.8...3.1
Carbon Tetrachloride	2.2	Porcelain	4.4...7
Celluloid	3.0	Powdered Milk	3.5...4
Cement Powder	4.0	Press Board	2...5
Cereal	3...5	Quartz Glass	3.7
Chlorine Liquid	2.0	Rubber	2.5...35
Ebonite	2.7...2.9	Salt	6.0
Epoxy Resin	2.5...6	Sand	3-5
Ethanol	24	Shellac	2.5...4.7
Ethylene Glycol	38.7	Shell Lime	1.2
Fired Ash	1.5...1.7	Silicon Varnish	2.8...3.3
Flour	1.5...1.7	Soybean Oil	2.9...3.5
Freon R22 & 502 (liquid)	6.11	Steel	
Gasoline	2.2	Styrene Resin	2.3...3.4
Glass	3.7...10	Sugar	3.0
Glycerine	47	Sulphur	3.4
Marble	8.0...8.5	Teflon	2.0
Melamine Resin	4.7...10.2	Toluene	2.3
Metal		Transformer Oil	2.2
Mica	5.7...6.7	Turpentine Oil	2.2
Nitrobenzine	36	Urea Resin	5...8
Nylon	4...5	Vaseline	2.2...2.9
Oil Saturated Paper	4.0	Water	80
Paraffin	1.9...2.5	Wood, Dry	2...7
Paper	1.6...2.6	Wood, Wet	10...30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าไดอิเล็กตริกของวัตถุแต่ละชนิดนั้นจะเป็นตัวบ่งบอกว่า เซนเซอร์จะสามารถทำการตรวจสอบวัตถุนั้นๆ ได้หรือไม่เมื่อวัตถุนั้นอยู่ด้านในอีกวัตถุหนึ่งกล่าวคือ ถ้าค่าไดอิเล็กตริกของวัตถุที่อยู่ด้านในตัววัตถุที่ขวางกั้นตัวเซนเซอร์ มีค่าน้อยกว่าค่าไดอิเล็กตริกของวัตถุที่ขวางกั้นเซนเซอร์จะไม่สามารถตรวจจับวัตถุที่อยู่ด้านในนั้นได้ ดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 เซนเซอร์สามารถตรวจจับวัตถุที่อยู่ด้านในได้หรือไม่ [2]

จากรูปที่ 2.16 จะเห็นได้ว่าตัวเซนเซอร์จะไม่สามารถตรวจจับแป้งที่มีค่าไดอิเล็กตริก 1.5 ซึ่งน้อยกว่าค่าไดอิเล็กตริกของแก้ว ซึ่งมีค่าไดอิเล็กตริก 3.7 ทำให้เซนเซอร์ไม่สามารถตรวจจับแป้งที่อยู่ด้านในได้ แต่เซนเซอร์สามารถตรวจจับแอลกอฮอล์ ซึ่งมีค่าไดอิเล็กตริก 25.8 ซึ่งมากกว่าค่าไดอิเล็กตริก

2.1.6 ระบบลมอัด (Pneumatic)

ระบบนิวแมติกส์ หมายถึง ระบบที่ใช้อากาศเป็นตัวทำงานในการส่งกำลังในการขับเคลื่อนอุปกรณ์ต่างๆ ของเครื่องจักรต่างๆ ให้ทำงานหรือเกิดการเคลื่อนที่ เช่น กระบอกสูบหรือมอเตอร์ลม

ข้อดีของลมอัด

1. ลมอัดมีปริมาณไม่จำกัดในทุกๆ แห่ง เพราะมีอยู่ทั่วไป

2. ลมอัดสามารถส่งผ่านไปตามท่อที่มีระยะทางไกลๆ ได้ง่าย และไม่ต้องส่งกลับมา สามารถปล่อยทิ้งในบรรยากาศได้หลังจากใช้งานแล้ว

3. สามารถกักเก็บลมอัดไว้ในถังเก็บได้ ทำให้สามารถนำไปใช้งานได้ตามต้องการ

4. ลมอัดไม่เกิดการระเบิดหรือติดไฟง่ายเมื่อมีการรั่วซึม ดังนั้นจึงไม่มีความจำเป็นที่ต้องมีอุปกรณ์พิเศษราคาแพงเพื่อใช้ในการป้องกันการระเบิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ลมอัดไม่มีความไวต่อการเบี่ยงเบนของอุณหภูมิ มีความแน่นอนในการทำงานสูง แม้จะอยู่ในสภาวะอุณหภูมิสูงมากๆ ก็ตาม

6. เครื่องมือและอุปกรณ์ในระบบนิวแมติกส์มีโครงสร้างแบบง่ายๆ ทำให้มีราคาถูก ทนทาน และซ่อมบำรุงรักษาได้ง่าย

7. ลมอัดมีความเร็วสูง ดังนั้นอัตราความเร็วในการทำงานก็จะสูงด้วย

8. สามารถควบคุมความเร็ว ความดัน และแรงของลมอัดในระบบนิวแมติกส์ได้ตามต้องการ

9. เครื่องมือและอุปกรณ์ของระบบนิวแมติกส์ สามารถใช้งานเกินกำลังได้โดยไม่เกิดการเสียหาย

10. การเคลื่อนที่ในทางตรงสามารถทำงานได้โดยตรง

ข้อเสียของลมอัด

1. ลมอัดมีความชื้นและฝุ่นละออง ดังนั้นจึงต้องมีอุปกรณ์กรองความชื้นและฝุ่นละอองก่อนนำไปใช้งาน

2. ลมอัดมีเสียงดังเมื่อระบายทิ้งออกสู่บรรยากาศ เพราะฉะนั้นจึงต้องมีอุปกรณ์เก็บเสียง (Silencer)

3. ลมอัดจะประหยัดเฉพาะที่ใช้แรงขยายถึงจุดหนึ่งเท่านั้น โดยปกติแล้วใช้ความดันที่ 600 กิโลปาสคาล (6 บาร์) ข้อจำกัดของแรงอยู่ที่ 20,000 - 30,000 นิวตัน ขึ้นอยู่กับความเร็วและระยะทางที่ใช้งาน

4. ระบบนิวแมติกส์จะมีความดันที่ใช้งานเพียง 4-7 บาร์

5. ลมอัดเป็นตัวกลางที่ค่อนข้างแพง เมื่อเปรียบเทียบกับระบบการเปลี่ยนแปลงพลังงานอื่นๆ (อย่างไรก็ตามจะถูกชดเชยจากอุปกรณ์บางชิ้นส่วนที่มีราคาถูก เป็นแบบง่ายๆ และมีสมรรถนะที่สูงกว่า)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.6.1 อุปกรณ์เบื้องต้นของระบบนิวแมติกส์

การทำงานของระบบนิวแมติกส์จะต้องประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นส่วนใหญ่ๆ ได้ 2 ส่วนคือ ส่วนที่อยู่นอกวงจรและส่วนที่อยู่ในวงจร อุปกรณ์ในส่วนที่อยู่นอกวงจรได้แก่ เครื่องอัดลม ถังเก็บลม เครื่องระบายความร้อน เครื่องกรองในท่อหลัก เครื่องทำลมแห้ง เป็นต้น และอุปกรณ์ที่อยู่ในวงจรได้แก่ เครื่องกรองลมอัด วาล์วควบคุมความดัน อุปกรณ์เติมน้ำมันหล่อลื่น [อุปกรณ์ทั้ง 3 ตัวนี้รวมกันเรียกว่า ชุดบริการลมอัด (Service Unit)] ตัวเก็บเสียง วาล์วควบคุมทิศทางการไหลของลม วาล์วควบคุมความเร็วหรือวาล์วควบคุมอัตราการไหล และกระบอกสูบลม เป็นต้น

1. เครื่องอัดอากาศ หรือเครื่องอัดลม (Air Compressor)

เครื่องอัดอากาศจะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานลมอัด ให้เป็นพลังงานกลที่ใช้ในระบบนิวแมติกส์ จึงมีความสำคัญมากที่จะต้องเลือกใช้เครื่องอัดอากาศให้เหมาะสมกับลักษณะของงาน เพื่อให้ได้ปริมาณลมอัดที่เหมาะสมกับวงจรที่ออกแบบและมีราคาประหยัด ลักษณะของเครื่องอัดอากาศหรือเครื่องอัดลม ดังรูปที่ 2.17

รูปที่ 2.17 เครื่องอัดอากาศ [4]

2. เครื่องระบายความร้อน (After Coolers)

เครื่องระบายความร้อนมักจะติดตั้งอยู่ถัดจากเครื่องอัดอากาศ เพื่อทำลมอัดให้เย็นลงและกำจัดไอน้ำร้อนจำนวนมากที่ผสมรวมกับลมอัด เพราะถ้าไอน้ำเหล่านี้กลั่นตัวเป็นหยดน้ำในอุปกรณ์ทางนิวแมติกส์ ก็จะเกิดการกัดกร่อนทำให้เกิดความเสียหายได้ เครื่องระบายความร้อนแบ่งได้เป็นแบบใช้น้ำหล่อเย็นและใช้ลมเป่าระบายความร้อน เครื่องระบายความร้อนทั้งสองแบบนี้ควรลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิของลมอัดให้เหลือประมาณ 40 องศาเซลเซียส ลักษณะของเครื่องระบายความร้อน ดังรูปที่ 2.18

รูปที่ 2.18 เครื่องระบายความร้อน (After Coolers) [4]

3. ถังเก็บลมอัด (Compressor Air Receiver)

ถังเก็บลมมีหน้าที่เก็บปริมาณลมอัดให้เพียงพอกับปริมาณการใช้งาน และจ่ายลมอัดไปใช้งานด้วยความดันสม่ำเสมอ ตลอดจนแยกไอน้ำที่มากับลมอัดให้กลั่นตัวเป็นหยดน้ำ โดยแยกออกจากลมอัดให้อยู่ด้านล่างของถัง และข้อสำคัญเมื่อมีความดันสูงเกิดขึ้นภายในถังเก็บลมอัด จะต้องมีการระบายออกสู่บรรยากาศด้วยวาล์วจำกัดความดัน (Pressure Relief Valve) ที่ติดตั้งไว้บนถังเก็บลมอัด โดยทั่วไปขนาดของถังเก็บลมอัดขึ้นอยู่กับขนาดของเครื่องอัดอากาศ (Compressor) ลักษณะของถังเก็บลมอัด ดังรูปที่ 2.19 และปริมาณลมที่ใช้ในระบบนิวแมติกส์ ถังเก็บลมอัดสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด ดังนี้

- ถังเก็บลมแบบแนวนอน ส่วนมากใช้กับเครื่องอัดอากาศขนาดเล็ก
- ถังเก็บลมอัดแบบแนวตั้ง ส่วนมากใช้กับเครื่องอัดอากาศขนาดใหญ่

รูปที่ 2.19 ถังเก็บลมอัด (Compressor Air Receiver) [4]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เครื่องกรองลมท่อส่งลมอัด (Main Filter)

เนื่องจากอากาศมีความชื้น ฝุ่นละอองน้ำ และคราบน้ำมันปะปนมาด้วย ดังนั้นจึงต้องกรองลมอัดให้สะอาดเสียก่อน ก่อนที่จะส่งลมอัดนี้ไปใช้งานหรือผ่านการกรองละเอียดอีกครั้งหนึ่ง ลักษณะของเครื่องกรองลมท่อส่งลมอัด ดังรูปที่ 2.20

รูปที่ 2.20 เครื่องกรองลมท่อส่งลมอัด (Main Filter) [4]

การทำงาน เมื่อลมอัดถูกส่งผ่านเข้ามาในถังผ่านไส้กรองซึ่งเป็นไส้กรองละเอียดประมาณ 0.01-3 ไมครอน ที่ทำจากโลหะซินเทอร์ กระดาษไวร์โคลท (Wire Cloth) ไหมเทียม หรือฝ้ายที่มีลักษณะคล้ายรวงผึ้ง ความละเอียดของการกรองจะขึ้นอยู่กับลักษณะของงาน ฝุ่นละอองและไอน้ำที่ปะปนมาจะผ่านไส้กรองไม่ได้ ไอน้ำจะรวมตัวกลายเป็นหยดน้ำอยู่ทางด้านล่างของถัง และระบายออกสู่ภายนอกส่วนไส้กรอง ถ้าสกปรกต้องถอดนำมาเป่าลมทำความสะอาดบางชนิดต้องทิ้งและเปลี่ยนใหม่

5. เครื่องกำจัดความชื้น (Air Dryer)

อากาศที่ถูกเพิ่มความดันจากเครื่องอัดอากาศจะมีอุณหภูมิสูงและไอน้ำปะปนอยู่ ดังนั้นต้องกำจัดน้ำที่อยู่ในลมอัดก่อนการใช้งาน จึงจำเป็นต้องทำลมอัดให้แห้งลักษณะของเครื่องกำจัดความชื้น ดังรูปที่ 2.21 เครื่องกำจัดความชื้นมี 2 ชนิดคือ

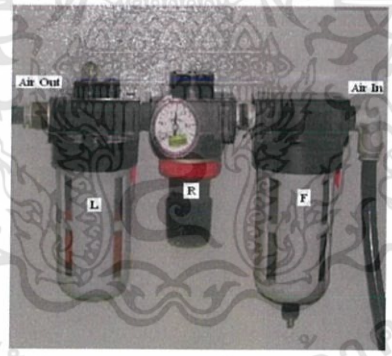
- เครื่องทำอากาศแห้งชนิดใช้สารดูดซับความชื้น (Adsorption Drying)
- เครื่องทำอากาศแห้งด้วยความเย็น (Refrigerated Air Dryers)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.21 เครื่องกำจัดความชื้น (Air Dryer) [4]

6. ชุดควบคุมคุณภาพลมอัด (Service Unit)

ก่อนที่จะนำลมอัดไปใช้ในระบบนิวแมติกส์ ลมอัดควรผ่านชุดควบคุมคุณภาพลมอัดก่อน เพราะลมอัดที่มาจากถังเก็บลมจะประกอบไปด้วยความชื้น และละอองน้ำกลั่นตัวปนมากับลมอัด ตลอดจนแรงดันลมอัดที่สูงถ้าปล่อยเข้าไปในระบบ จะทำให้เกิดความเสียหายกับอุปกรณ์ต่างๆ ได้ เช่น วาล์ว ข้อต่อ เป็นต้น จึงต้องมีการปรับความดันก่อนนำไปใช้ในวงจรนิวแมติกส์ลักษณะของชุดควบคุมคุณภาพลมอัด ดังรูปที่ 2.22



รูปที่ 2.22 ชุดควบคุมคุณภาพลมอัด (Service Unit) [4]

ชุดควบคุมคุณภาพลมอัดจะประกอบไปด้วยอุปกรณ์ 4 ชนิด ดังนี้

- ชุดกรองอากาศ (Filter)
- ชุดควบคุมความดัน (Regulator)
- ชุดน้ำมันหล่อลื่น (Lubricator)
- เกจวัดความดัน (Pressure Gauge)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.1 ชุดกรองอากาศ (Filter)

ชุดกรองอากาศทำหน้าที่กรองฝุ่นละอองและสิ่งสกปรกต่างๆ ความชื้น หรือน้ำที่กลั่นตัวเป็นหยดน้ำ ดังรูปที่ 2.23

รูปที่ 2.23 ชุดกรองอากาศ (Filter) [4]

การทำงาน ลมอัดไหลเข้าทางด้านท่อลมเข้าผ่านเข้ามาภายในครอบแก้วซึ่งเป็นที่จำกัด ทำให้ลมอัดไหลวน ละอองน้ำและฝุ่นละอองจะถูกเหวี่ยงไปมากระทบกับผนังครอบแก้ว เมื่อไหลผ่านไส้กรองจะได้ลมอัดที่สะอาดผ่านออกสู่ท่อทางออก ส่วนละอองน้ำและฝุ่นละอองที่จับอยู่ที่ผิวของครอบแก้ว เมื่อมีจำนวนมากจะสะสมรวมกันอยู่ทางด้านล่างของครอบแก้ว และถ้าน้ำมีปริมาณมากจะต้องหมุนสกรูถ่ายน้ำออกด้านล่าง

6.2 ชุดควบคุมความดัน (Regulator)

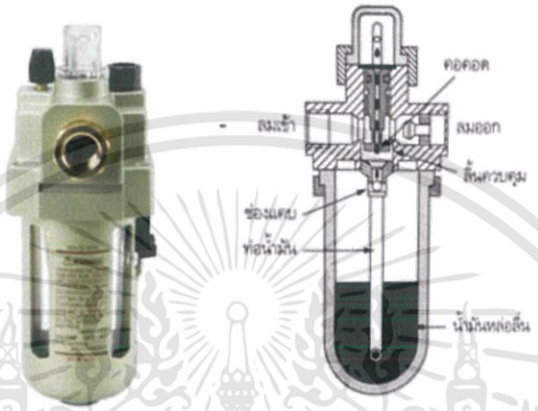
ความดันลมอัดจะมีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ ถ้านำไปใช้อาจทำให้อุปกรณ์นิวแมติกส์ชำรุดเสียหาย ทำให้ระบบการทำงานของวงจรทำงานผิดพลาด อายุการใช้งานของอุปกรณ์สั้นลง เพราะความดันลมไม่เหมาะสม ดังนั้นเพื่อลดปัญหาดังกล่าวจึงใช้อุปกรณ์ควบคุมความดันหรือเรกูเลเตอร์ (Regulator) เพื่อทำหน้าที่ปรับความดันใช้งานให้คงที่ และเหมาะสมกับความต้องการของระบบ และปรับความดันทางด้านต้นทางให้สูงกว่าความดันปลายทางลักษณะของชุดควบคุมความดัน ดังรูปที่ 2.24

รูปที่ 2.24 ชุดควบคุมความดัน (Regulator) [4]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.3 ชุดน้ำมันหล่อลื่น (Lubricator)

ชุดน้ำมันหล่อลื่นจะมีหน้าที่เป็นตัวจ่ายสารหล่อลื่นให้กับอุปกรณ์นิวแมติกส์ โดยจะปนไปกับลมอัดในการใช้งาน เพื่อลดการสึกหรอและความฝืดของอุปกรณ์ต่างๆ เช่น วาล์ว ข้อต่อ ลูกสูบ เป็นต้น ลักษณะของชุดน้ำมันหล่อลื่น ดังรูปที่ 2.25



รูปที่ 2.25 ชุดน้ำมันหล่อลื่น (Lubricator) [4]

การทำงาน ชุดน้ำมันหล่อลื่นจะอาศัยหลักการของช่องแคบที่ความดันแตกต่างกัน คือ ความเร็วของลมอัดที่ไหลผ่านช่องแคบมีความเร็วสูง จึงทำให้เกิดการดูดน้ำมันขึ้นมาผสมกับลมอัดที่ไหลผ่านเป็นละอองน้ำมันหล่อลื่น เพื่อนำไปใช้ในระบบหล่อลื่นอุปกรณ์ต่างๆ ต่อไป

6.4 เกจวัดความดัน (Pressure Gauge)

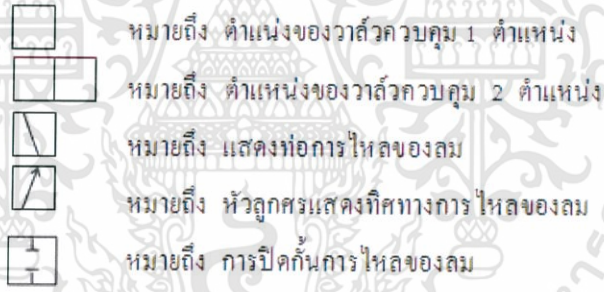
โดยปกติเกจวัดความดันจะติดตั้งอยู่ทางออกของตัวควบคุมความดัน ลมอัดเกจวัดดันลมอัดจะเป็นแบบท่อสปริงรูปทรงกลมโค้งงอในแนวรัศมี และมีพื้นที่หน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส เป็นท่อกลวงส่วนปลายข้างหนึ่งยึดติดกับช่อง ที่ให้ความดันลมอัดผ่านเข้ามาภายในขดสปริง เมื่อมีแรงดันของลมท่อสปริงรูปทรงกลม จึงยืดออกให้ท่อตรงส่วนปลายอีกด้านของท่อสปริง จะยึดติดกับชุดกลไกต่อระหว่างท่อสปริงกับเฟืองเข็ม กลไกเหล่านี้จะเพิ่มตัวแสดงการเคลื่อนไหวของท่อสปริงขดหรือบอกความดันภายในระบบนั่นเอง ดังรูปที่ 2.26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.26 เกจวัดความดัน (Pressure Gauge) [4]

7. วาล์วควบคุมทิศทาง (Directional Control Valve)

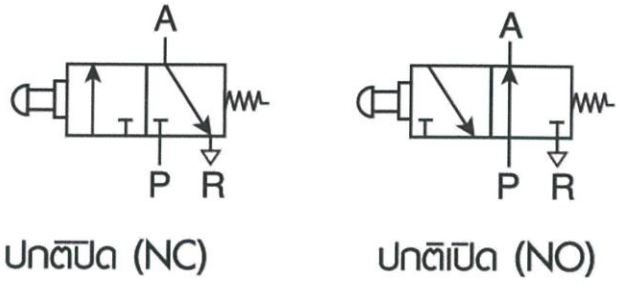
วาล์วควบคุมทิศทางทำหน้าที่ควบคุมลมอัดให้ไหลผ่านวาล์วไปในทิศทางที่ต้องการ เพื่อให้กระบอกสูบทำงานหรือหยุดทำงาน หรือหยุดค้างตำแหน่งการทำงานได้ สัญลักษณ์แสดงการทำงานของวาล์วควบคุมทิศทางที่ควรรู้ ดังรูปที่ 2.27



รูปที่ 2.27 สัญลักษณ์วาล์วควบคุมทิศทาง

การเรียกชื่อวาล์ว การเรียกชื่อวาล์วด้วยตัวเลขโดยกำหนดให้ตัวเลขตัวหน้าหมายถึงจำนวนรูของวาล์ว ส่วนตัวเลขตัวหลัง หมายถึงจำนวนตำแหน่งการทำงาน เช่น เขียนว่า 3/2 จะหมายถึงวาล์วชนิดมี 3 รู และ 2 ตำแหน่งทำงาน ดังรูปที่ 2.28 และรูปที่ 2.29 เขียนว่า 5/2 หมายถึง วาล์วที่มี 5 รู 2 ตำแหน่งทำงาน ดังรูปที่ 2.30 เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.28 สัญลักษณ์วาล์ว 3/2 แบบปุ่มกด [4]

รูปที่ 2.29 วาล์ว 3/2 [4]

รูปที่ 2.30 สัญลักษณ์ (ซ้าย) และตัวอย่างวาล์ว 5/2 (ขวา) [4]

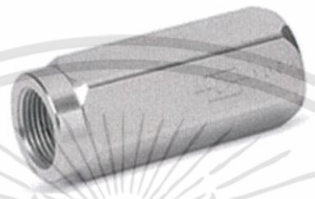
8. วาล์วควบคุมอัตราการไหล (Flow Control Valve)

วาล์วควบคุมอัตราการไหลคือ วาล์วที่ควบคุมปริมาณลมให้ไหลน้อยลง ควบคุมการไหลได้ทั้ง 2 ทางคือ เมื่อลมเข้าทาง P ปริมาณลมจะผ่านช่องแคบ ทำให้ปริมาณลมไหลผ่านไปได้น้อยกว่าปกติ และเมื่อเอาลมเข้าอีกด้าน ลมก็ถูกควบคุมเช่นเดียวกัน สามารถปรับสกรูเปิดลิ้นวาล์วให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณลมไหลผ่านน้อยหรือมากตามต้องการ วาล์วควบคุมอัตราการไหลแบ่งตามโครงสร้างและลักษณะการทำงานได้ 2 ชนิดคือ

- วาล์วควบคุมอัตราการไหลชนิดปรับไม่ได้ ดังรูปที่ 2.31
- วาล์วควบคุมอัตราการไหลชนิดปรับได้ ดังรูปที่ 2.32



รูปที่ 2.31 วาล์วควบคุมอัตราการไหลชนิดปรับไม่ได้ [4]

รูปที่ 2.32 วาล์วควบคุมอัตราการไหลชนิดปรับได้ [4]

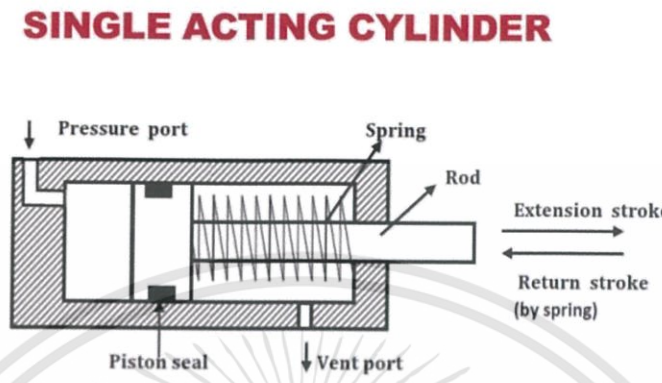
9. กระบอกสูบ (Cylinder)

9.1 กระบอกสูบทางเดียว (Single Acting Cylinder)

กระบอกสูบทางเดียวจะมีรูลมที่ด้านลูกสูบรูเดียว เมื่อมีลมอัดเข้าทางด้านลูกสูบจะทำให้ลูกสูบเคลื่อนที่ออก และจะระบายลมทิ้งทางด้านก้านสูบ ในขณะเดียวกันขณะเคลื่อนที่กลับจะอาศัยแรงสปริงภายในกระบอกสูบ โดยทั่วไปกระบอกสูบทางเดียวจะถูกออกแบบให้มีความยาวช่วง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

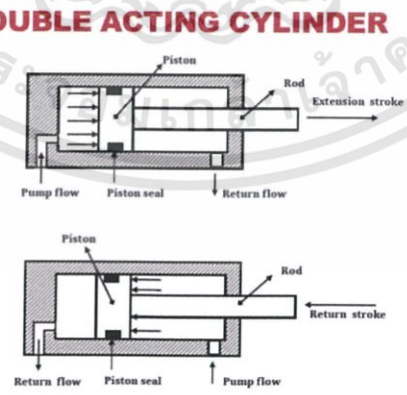
ชักไม่เกิน 100 มิลลิเมตร จึงเหมาะกับงานที่ไม่มีโหลดมากนัก หรือลักษณะงานที่มีขนาดเล็ก เช่น งานจับยึดชิ้นงาน งานกดอัดชิ้นงาน เป็นต้นลักษณะของกระบอกสูบทางเดียว ดังรูปที่ 2.33



รูปที่ 2.33 กระบอกสูบทางเดียว (Single Acting Cylinder) [4]

9.2 กระบอกสูบสองทาง (Double Acting Cylinder)

กระบอกสูบสองทางจะมีรูลมที่ด้านลูกสูบและก้านลูกสูบ ลมอัดทั้งสองด้านจะดันลูกสูบให้เคลื่อนที่เข้าและเคลื่อนที่ออก กระบอกสูบชนิดนี้จะมีแรงดันทำงานได้ 2 ทิศทาง ซึ่งเหมาะสมกับงานที่มีโหลดกว่ากระบอกสูบด้านเดียว โดยทั่วไปกระบอกสูบสองทางใช้กับงานที่ต้องการความยาวช่วงชักยาวๆ หรือลักษณะงานที่มีขนาดใหญ่และงานที่ต้องการเคลื่อนที่ เป็นแนวเส้นตรง ลักษณะของกระบอกสูบสองทาง ดังรูปที่ 2.34



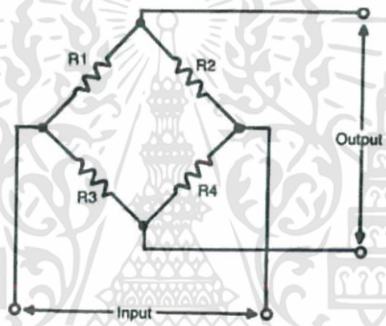
รูปที่ 2.34 กระบอกสูบสองทาง (Double Acting Cylinder) [4]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.7 โหลดเซลล์ (Load Cell)

โหลดเซลล์ (หรือ Load Cell) เป็นตัวแปลงสัญญาณซึ่งแปลงกำลังหรือมวลให้เป็นผลผลิตไฟฟ้าที่วัดได้ ซึ่งโดยทั่วไปจะระบุเป็น มิลลิโวลต์ต่อโวลต์ (mV/V) แม้ว่าจะมีเซนเซอร์แรงหลายชนิด เช่น ไฮโดรเจน, โหลดแบบพายโซ และนิวแมติกส์ตามโหลดเซลล์เป็นชนิดที่ใช้มากที่สุด

ในปี ค.ศ. 1843 นักฟิสิกส์ชาวอังกฤษ Sir Charles Wheatstone ได้คิดค้นวงจรสะพานที่สามารถวัดความต้านทานไฟฟ้าได้ วงจรสะพาน Wheatstone เหมาะสำหรับการวัดการเปลี่ยนแปลงความต้านทานที่เกิดขึ้นในเครื่องวัดความเครียด ถึงแม้จะมีการพัฒนาตัววัดความต้านทานลวดความต้านทานแรกไว้ใน 1940s แล้วก็ตามไม่น้อยจนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สมัยใหม่ สามารถตรวจจับได้ว่าเทคโนโลยีใหม่นั้นมีความเป็นไปได้ทางเทคนิคและเป็นไปได้ทางเศรษฐกิจ ดังรูปที่ 2.35



รูปที่ 2.35 วงจรสะพาน Wheatstone [3]

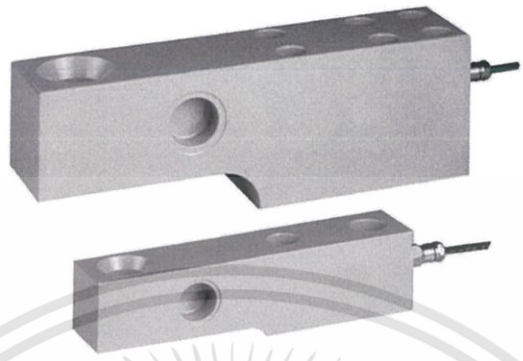
2.1.7.1 ประเภทของเซลล์โหลด

1. Loadlink บล็อกของวัสดุที่มีรูโหลดสำหรับใส่กุญแจมือที่ปลายแต่ละด้านทำให้สามารถใช้แรงดึงได้ ดังรูปที่ 2.36

รูปที่ 2.36 โหลดเซลล์แบบ Loadlink [3]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. คานตัด (Shear Beam) เป็นวัสดุตรงที่ยึดปลายด้านหนึ่ง และบรรจุไว้ที่ด้านอื่นๆ คานเฉือนแบบคู่สิ้นสุด ซึ่งเป็นวัสดุตรงที่ยึดปลายทั้งสองด้านและบรรจุไว้ในศูนย์ ดังรูปที่ 2.37



รูปที่ 2.37 โหลดเซลล์แบบ Shear Beam [3]

3. Load Cell การบีบอัด, บล็อกของวัสดุที่ออกแบบมาให้สามารถโหลดได้ในจุดหรือพื้นที่ที่บีบอัด ซึ่งเป็นวัสดุรูปตัว S ที่สามารถใช้ในการบีบอัดและความตึงเครียด (การเชื่อมต่อโหลดและแรงดึงโหลดได้รับการออกแบบมาเพื่อความตึงเครียดเท่านั้น) ดังรูปที่ 2.38

รูปที่ 2.38 โหลดเซลล์แบบรูปตัว S [3]

4. Shear Loadpin ซึ่งเป็นโหลดรอบที่ตรวจจับแรง ที่ใช้ผ่านมันผ่านเครื่องวัดความเค้นที่ติดตั้งภายในเจาะขนาดเล็กผ่าศูนย์กลางของขา มีร่องสองร่องเข้าสู่เส้นรอบวงด้านนอกของขาเพื่อกำหนดระนาบการตัดเฉือน ดังรูปที่ 2.39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.39 โหลดเซลล์แบบ Shear Loadpin [3]

2.1.7.2 เอาต์พุตของโหลดเซลล์ (Rated Output)

สัญญาณเอาต์พุตของโหลดเซลล์เป็นสัญญาณอนาล็อก โดยที่นิยมใช้มี 2 สัญญาณ คือ 2mV/V และ 3mV/V หากจ่ายแรงดัน 10 โวลต์ ให้กับโหลดเซลล์ที่มี Rated Output 2 mV/V ที่ Full Load สมมติว่าเป็น 500 กิโลกรัม ดังนั้นเมื่อมีแรงกระทำต่อโหลดเซลล์ที่น้ำหนัก 500 กิโลกรัม สัญญาณที่ออกมาจะได้เท่ากับ 20 มิลลิโวลต์

2.1.7.3 ความต่างของโหลดเซลล์สี่สายและหกสาย

บางเซลล์โหลดมีสายเคเบิลที่มีสาย 4 และบางเซลล์โหลดมีสายเคเบิลที่มีสาย 6 ผู้ที่มีสาย 6 นอกเหนือจากอินพุตบวก อินพุตลบ สัญญาณและขั้วต่อสัญญาณมีสาย 2 ที่เรียกว่า +Sense และ -Sense บางครั้งเรียกว่า + Reference (หรือ + Ref) และ - Reference (หรือ - Ref)

ความแตกต่างหลักในการทำงานของ 2 คือโหลดเซลล์ด้วยสายเคเบิล 6 สามารถชดเชยแรงดันไฟฟ้ากระตุ้นที่เกิดขึ้นจริงที่ได้รับจากเครื่องขยายสัญญาณไฟสัญญาณหรือ PLC ความต้านทานของสายไฟฟ้า (ตัวนำ) แตกต่างกันไปตามความยาวและการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิใดๆ ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้ากระตุ้นในเซลล์โหลด เมื่อใช้สายยาวจะมีแรงดันไฟฟ้าลดลงจากค่าเดิมที่ได้รับจากเครื่องขยายเสียงตัวบ่งชี้หรือ PLC และข้อดีของเซลล์โหลดแบบเส้นลวด 6 คือ แรงดันไฟฟ้าที่ลดลงนี้สามารถชดเชยได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพโดยไม่ส่งผลต่อการวัดโหลด .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.8 ระบบ SCADA

2.1.8.1 SCADA คืออะไร

SCADA ย่อมาจากคำว่า Supervisory Control and Data Acquisition คือ ระบบการส่งข้อมูลในระยะไกล เพื่อใช้การการ ตรวจสอบ เก็บข้อมูล และควบคุมกระบวนการผลิตต่างๆ ที่มีหน่วยควบคุมอยู่ห่างไกลกับกระบวนการผลิต โดยจะมีการสื่อสารข้อมูลแบบดิจิตอลผ่านทางระบบเครือข่ายคมนาคม องค์ประกอบหลักของสกาดา ได้แก่ หน่วยติดต่อและปฏิบัติการของผู้ใช้ระดับบน หน่วยควบคุมระยะไกล หน่วยติดต่อระยะไกล และกระบวนการผลิต

ระบบ SCADA เป็นการรวมกระบวนการ 2 กระบวนการเข้าด้วยกัน คือ

1. Telemetry System เป็นเทคนิคที่ใช้ในการส่งและรับข้อมูลผ่านสื่อกลาง โดยข้อมูลนั้นสามารถวัดได้ ข้อมูลเหล่านี้จะถูกส่งไปอีกสถานที่หนึ่งโดยผ่านสื่อกลางต่างๆ เช่น เคเบิล สายโทรศัพท์ หรือคลื่นวิทยุ

2. Data Acquisition เป็นวิธีการเข้าถึงและควบคุมข้อมูลจากอุปกรณ์ที่ถูกควบคุมหรือถูกตรวจสอบอยู่ โดยที่ข้อมูลที่ได้จะถูกส่งไปให้ระบบ Telemetry System เพื่อทำการส่งต่อไป

SCADA แบ่งออกเป็นสองรูปแบบ คือ

1. Point-to-Point Configuration เป็นการควบคุมที่ใช้หน่วยควบคุมในการควบคุมกระบวนการผลิตเพียงกระบวนการเดียว

2. Point-to-Multipoint Configuration เป็นการควบคุมใช้หน่วยควบคุมเดียวในการควบคุมกระบวนผลิตการหลายกระบวนการ

2.1.8.2 ส่วนประกอบของ SCADA

1. Field Instrumentation เป็นส่วนของเครื่องมือหรือเซนเซอร์ ที่เชื่อมต่อกับเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่ถูกควบคุมหรือตรวจสอบ โดยจะเปลี่ยนค่าปริมาณทางฟิสิกส์ ให้เป็นปริมาณทางไฟฟ้า ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปของ Analog หรือ Digital

2. Remote Station เป็นส่วนที่ทำการรวบรวมข้อมูลจากเครื่องจักรหรืออุปกรณ์และส่งไปยังศูนย์กลางระบบ SCADA

3. Communication Network เป็นการส่งข้อมูลดิจิตอลระหว่างสถานที่หนึ่งไปยังสถานที่หนึ่ง โดยผ่านตัวกลางในการติดต่อสื่อสาร เช่น สายเคเบิล คลื่นวิทยุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. Central Monitoring Station (CMS) เป็นศูนย์กลางระบบ SCADA โดยรับข้อมูลมาประมวลผลและทำการแสดงกระบวนการบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ ประกอบด้วยซอฟต์แวร์ และฮาร์ดแวร์

2.1.8.3 ฐานข้อมูลของ SCADA

1. Real-time Database Servers เป็นระบบฐานข้อมูลที่ใช้จัดการ และเก็บค่าของกระบวนการ ณ เวลาปัจจุบันในขณะใดๆ ค่า Real-time จะเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพของกระบวนการที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลา

2. Historical Database Servers เป็นระบบฐานข้อมูลที่ใช้จัดการและจัดเก็บค่า Historical Data ของกระบวนการเพื่อใช้ในการ Trending, Logging, Statistic และ Report

มาตรฐาน Protocol ของ SCADA ปัจจุบัน มี SCADA มาตรฐาน Protocols มากกว่า 200 โปรโตคอลทั่วโลก

2.1.8.4 มาตรฐานโปรโตคอลที่ใช้กันในปัจจุบัน ได้แก่

1. ASCII (American Standard Code for Information Interchange) เป็นโปรโตคอลที่ใช้ในการสื่อสารของคอมพิวเตอร์ที่รู้จักกันอย่างแพร่หลายและเป็นสากล

2. CAP (Compressed ASCII Protocol) เป็น RTU Protocol ที่ดีที่สุด เป็นภาษาที่คนสามารถเข้าใจได้ มีความน่าเชื่อถือ เร็ว และมีความปลอดภัยสูง

3. Modbus เป็น Point-to-Point PLC Protocol ที่ใช้กันทุกแห่งทุกหน แต่มีข้อเสียคือ เป็นภาษาที่คนไม่สามรถอ่านเข้าใจได้

4. Modbus X พัฒนามาจาก Modbus ทำให้สามารถอ่านและสามารถสร้างจำนวนบวกและลบได้

5. IEEE 32 Bit Signal Format Floating Point เป็นมาตรฐานของโรงงานอุตสาหกรรม สำหรับส่งตัวเลข 32 บิต ด้วยความถูกต้อง

2.1.8.5 องค์ประกอบ SCADA

ผู้ใช้สามารถตรวจสอบและควบคุมกระบวนการผลิต ภายในโรงงานอุตสาหกรรมเป็นระยะทางไกลได้ โดยหน่วยติดต่อและปฏิบัติการของผู้ใช้ระดับบน เป็นเครื่องมือปฏิบัติการของผู้ใช้สำหรับตรวจสอบและควบคุม กระบวนการผลิตเชื่อมต่อกับหน่วยควบคุมระยะไกล หน่วยควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

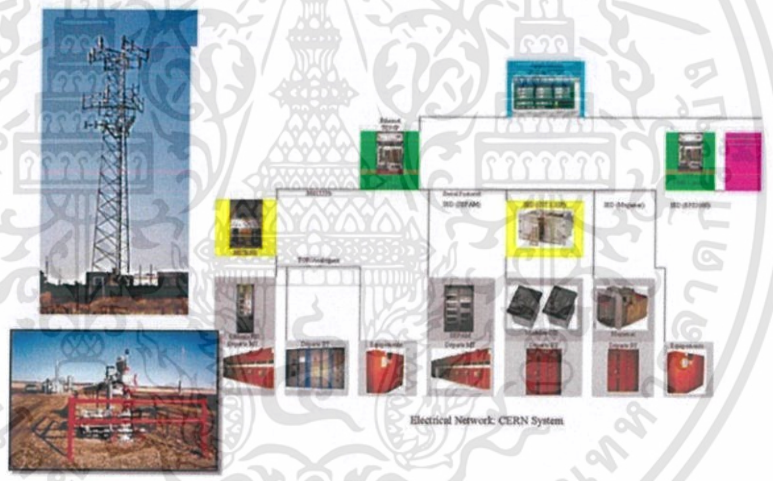
ระยะไกลติดต่อกับหน่วยติดต่อระยะไกลโดยการสื่อสารข้อมูลแบบดิจิตอลทางระบบเครือข่ายคมนาคม และหน่วยติดต่อระยะไกลเป็นเครื่องมือเชื่อมต่อกับกระบวนการผลิต ประกอบด้วย หน่วยรับสัญญาณ และส่งสัญญาณของสัญญาณชนิดอนาล็อก และสัญญาณชนิดดิจิตอล

2.1.8.6 SCADA เหมาะสมกับงานใด

งานการตรวจสอบ การเก็บรวบรวมข้อมูลของกระบวนการผลิต และการบริหารระบบควบคุมกลุ่มโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ บริเวณกระบวนการผลิตครอบคลุมพื้นที่กว้าง หรือโรงงานอุตสาหกรรมมีกระบวนการผลิตอิสระติดตั้งกระจัดกระจายทั่วบริเวณพื้นที่การผลิต รวมถึงระบบสาธารณูปโภคต่างๆ

ตัวอย่างที่ใช้ระบบ SCADA

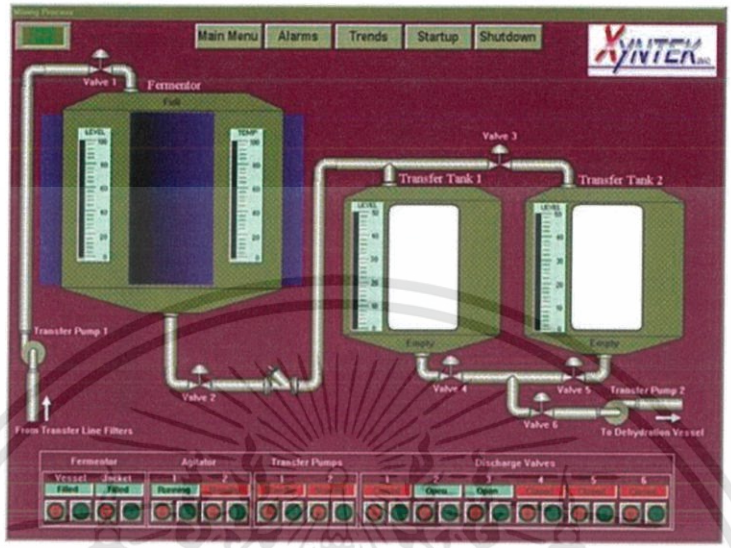
1. ระบบจ่ายไฟฟ้า



รูปที่ 2.40 การประยุกต์ใช้ SCADA ในระบบจ่ายไฟฟ้า [6]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ระบบจ่ายน้ำ



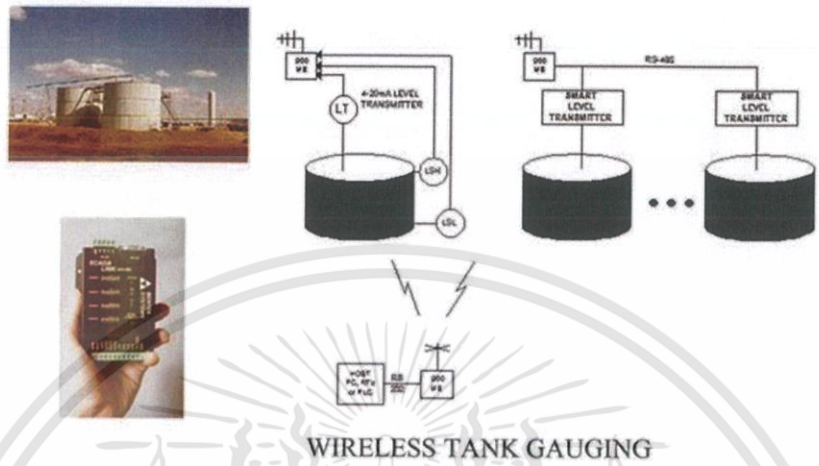
รูปที่ 2.41 การประยุกต์ใช้ SCADA ในระบบจ่ายน้ำ [6]

3. ระบบท่อส่งก๊าซ

รูปที่ 2.42 การประยุกต์ใช้ SCADA ในระบบระบบท่อส่งก๊าซ [6]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ระบบท่อส่งน้ำมัน

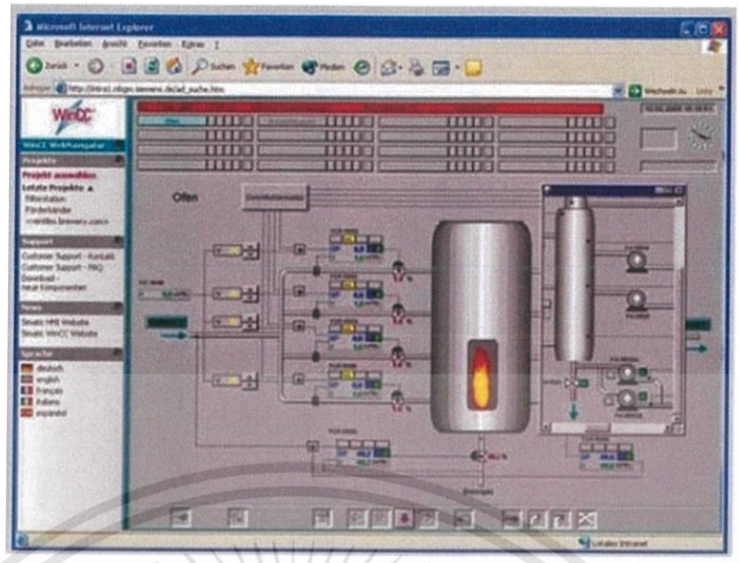


รูปที่ 2.43 การประยุกต์ใช้ SCADA ในระบบระบบท่อส่งน้ำมัน [6]

2.1.8.7 ตัวอย่างซอฟต์แวร์ระบบ SCADA ที่เป็นที่ใช้งานมากในอุตสาหกรรม

1. Simatic WinCC เป็นโปรแกรม SCADA ของบริษัท Siemens ประเทศเยอรมัน มักจะใช้งานในอุตสาหกรรมการผลิตต่างๆ ที่มาจากยุโรปที่ใช้อุปกรณ์ควบคุมยี่ห้อ Siemens เช่น อุตสาหกรรมยานยนต์ อุตสาหกรรมปิโตรเคมี อุตสาหกรรมอาหาร ฯลฯ ปัจจุบันออกมาถึง Version 7 แล้ว ดังรูปที่ 2.44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



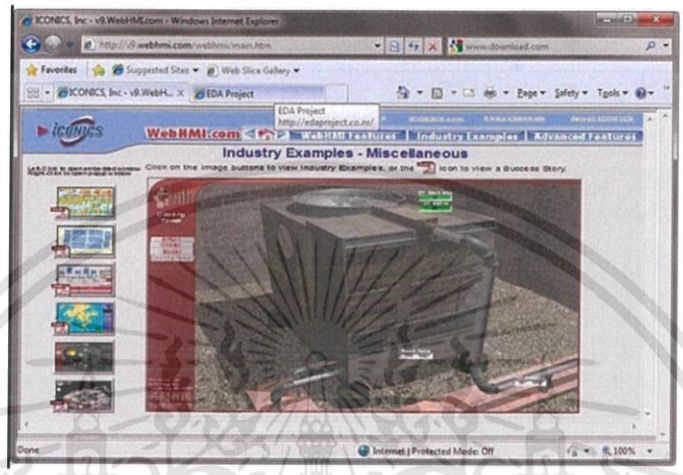
รูปที่ 2.44 Simatic WinCC [6]

2. InTouch เป็นโปรแกรม SCADA ของบริษัท Wonderware ประเทศสหรัฐอเมริกา มักจะใช้งานในอุตสาหกรรมการผลิตต่างๆ โดยเคยมียอดขายเป็นอันดับ 1 ของโลก แต่เนื่องจากเป็นบริษัทที่ผลิตเฉพาะ HMI เท่านั้นเลยทำให้เคยมียอดขายตกลงไป ทำให้บริษัท Wonderware ได้ร่วมกับบริษัท Mitsubishi Automation เพื่อผลิตระบบ SCADA ให้กับระบบอัตโนมัติที่เป็นยี่ห้อของ Mitsubishi ดังรูปที่ 2.45

รูปที่ 2.45 Intouch Wonderware [6]

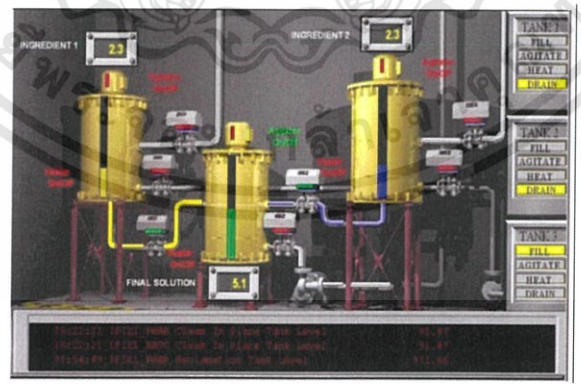
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. GENESIS32 ผลิตโดยบริษัท ICONICS ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยที่ GENESIS32 ถูกติดตั้งในระบบ SCADA ทั่วโลกกว่า 150,000 ระบบ (ปี 2005) และได้รับรางวัล World Open Award ในโปรเจ็คการขนส่งน้ำมันระหว่างมอสโคว และไซบีเรียซึ่งเป็นโปรเจ็คที่ใหญ่ที่สุด ดังรูปที่ 2.46



รูปที่ 2.46 ICONIC Genesis 32 [6]

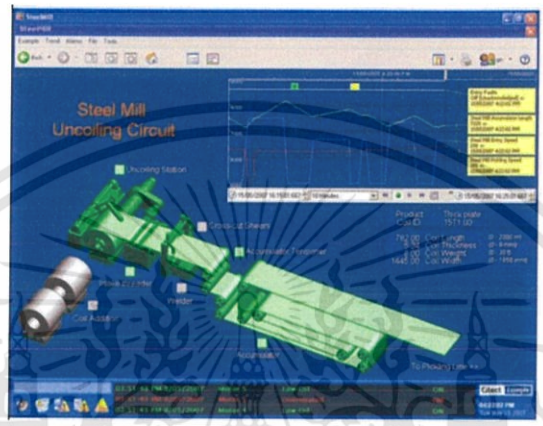
4. Intellutions FIX - IFix Proficy HMI/SCADA ผลิตโดยบริษัท GE-Fanuc ประเทศสหรัฐอเมริกา เมื่อก่อนมีใช้ในประเทศน้อยมาก แต่ปัจจุบันมีแนวโน้มสูงขึ้น เพราะเนื่องจากว่าบริษัท GE (General Electric) เริ่มเข้ามาทำตลาดในประเทศไทย ดังรูปที่ 2.47



รูปที่ 2.47 IFix Proficy HMI/SCADA [6]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. Citect Scada ผลิตโดยบริษัท Citect แห่งประเทศออสเตรเลีย เป็น SCADA ที่ใช้กันมากที่สุดในทวีปเอเชีย และเคยผลิตระบบ SCADA ต่างๆ ให้กับ PLC ที่ผลิตจากประเทศญี่ปุ่น เช่น Mitsubishi Automation, Omron เป็นต้น ปัจจุบันได้ถูกบริษัท Schneider Electric จากประเทศฝรั่งเศสซื้อไปเลยเปลี่ยนชื่อเป็น Vijeo Citect มีจุดเด่นคือ เป็นระบบ SCADA ที่มีสีสันสวยงาม ใช้งานง่าย ดังรูปที่ 2.48



รูปที่ 2.48 Citect Scada [6]

6. RSview32 ผลิตจากบริษัท Rockwell Automation ซึ่งเป็นบริษัททางด้าน Automation ที่ใหญ่แห่งของโลก โดยที่ RSview32 เป็นระบบ SCADA อีกระบบหนึ่งที่ใช้กันมากในอุตสาหกรรมที่ใช้ระบบ Automation ของ Rockwell ดังรูปที่ 2.49

รูปที่ 2.49 Rsview 32 SCADA [6]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.8.8 ประโยชน์ของการนำระบบ SCADA มาใช้

ในปัจจุบันหลายหน่วยงานได้มีการนำระบบ SCADA นี้มาใช้ เพื่อช่วยในการ Monitor ข้อมูลเพื่อช่วยในการตัดสินใจในการควบคุมระบบ เช่น การไฟฟ้านครหลวง, การประปานครหลวง, ปตท. ฯลฯ ซึ่งเหตุผลที่หลายหน่วยงานเลือกใช้ระบบนี้เพราะเหตุผลต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. การควบคุมจะเป็นไปอย่างต่อเนื่องและครอบคลุมตลอดพื้นที่

2. เพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจสอบ และการบำรุงรักษาเครื่องจักรและอุปกรณ์ เนื่องจากสามารถทำการบำรุงรักษา หรือทำ PM ก่อนที่เครื่องจักรจะชำรุด

3. ก่อให้เกิดเสถียรภาพและความน่าเชื่อถือไว้วางใจ

4. ลูกค้าจะได้รับบริการอันรวดเร็ว ทันสมัย แม่นยำ และยุติธรรม

5. การติดตามข้อมูล และการประเมินผลต่างๆ เป็นไปอย่างรวดเร็วและถูกต้อง

6. ประหยัดแรงงานและกำลังคน และทำให้ประหยัดค่าใช้จ่าย

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Manual ของเครื่องชั่งยี่ห้อ Chronos ที่ทางบริษัท เบียร์ไทย (1991) จำกัด (มหาชน) ให้บริษัท Krones เข้ามาติดตั้งระบบ และเดินสายควบคุมให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินโครงงาน

การดำเนินโครงงานรีโทรฟิตระบบควบคุม Chronos บนเครื่องชั่ง (Retrofit Controller on Weighing Machine Chronos) เริ่มดำเนินโครงงานตั้งแต่ การศึกษาโครงสร้างทางกล การศึกษาวงจรระบบควบคุมเดิม ตลอดจน การติดตั้งระบบ PLC ใหม่ และเขียนโปรแกรมควบคุมไปถึงการทดสอบ

3.1 การวางแผนการดำเนินงาน

ในการจัดทำโครงงานจะต้องมีการวางแผนงาน และจัดลำดับช่วงเวลาของแต่ละส่วนงานอย่างเป็นขั้นตอน เพื่อให้สามารถดำเนินงานได้อย่างเป็นระบบ สำรวจความคืบหน้าได้ง่าย โดยแผนงานที่วางแผนไว้เป็นช่วงเวลาที่ดำเนินโครงการสหกิจศึกษา ณ บริษัท เบียร์ไทย (1991) จำกัด (มหาชน) คือช่วงเวลาระหว่างวันที่ 6 สิงหาคม 2561 ถึงวันที่ 23 พฤศจิกายน 2561 แสดงแผนงานดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 Retrofit Controller on Weighing Machine Chronos Timeline

ลำดับ	หัวข้องาน	สิงหาคม				กันยายน				ตุลาคม				พฤศจิกายน			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	ศึกษาระบบทางกลในอุปกรณ์Chronos																
2	ศึกษาระบบทางไฟฟ้าในอุปกรณ์Chronos																
3	ศึกษาลำดับการทำงานในอุปกรณ์Chronos																
4	ศึกษาการทำงานของ Siwarex U																
5	ศึกษาการใช้งานโปรแกรม Simatic Manager																
6	เขียนโปรแกรมและผูกแทร็ก SCADA																
7	ติดตั้งตู้ PLC และเดินสาย																
8	ทดสอบผล																

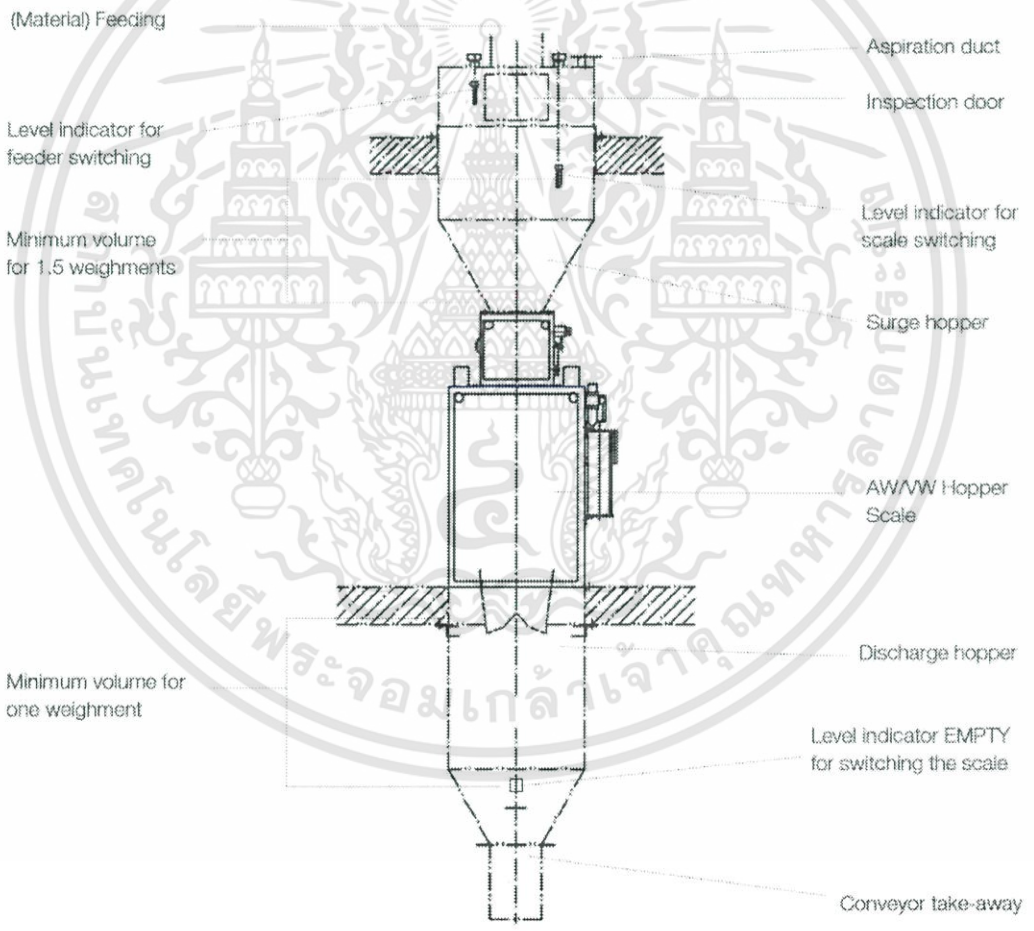
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การศึกษาส่วนประกอบและลำดับการทำงานของเครื่องจักร

ในขั้นตอนการรีโทรฟิตนั้นจะต้องมีการเปลี่ยนมอเตอร์และระบบควบคุมใหม่ ทำให้ต้องเขียนโปรแกรมควบคุมใหม่สั่งการเครื่องจักรให้เครื่องจักรทำงานได้ตามลำดับเดิม จึงจำเป็นต้องศึกษาโครงสร้างของเครื่องจักร ลำดับการทำงาน วาล์ว รวมถึงวงจรควบคุมไฟฟ้าเดิม

3.2.1 ศึกษาโครงสร้างทางกลของเครื่องจักร

เนื่องจากการดำเนินโครงงานการรีโทรฟิตระบบควบคุม Chronos บนเครื่องชั่ง ไม่ได้จัดทำในส่วนออกแบบเครื่องจักร จึงต้องมีการศึกษาโครงสร้างของเครื่องจักร เพื่อที่จะได้ทราบว่าชิ้นส่วนใดทำหน้าที่ใดบ้าง ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญในการเขียนโปรแกรมควบคุมใหม่ได้ โดยไม่ติดปัญหา ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 โครงสร้างของเครื่องชั่ง Chronos AW201K400

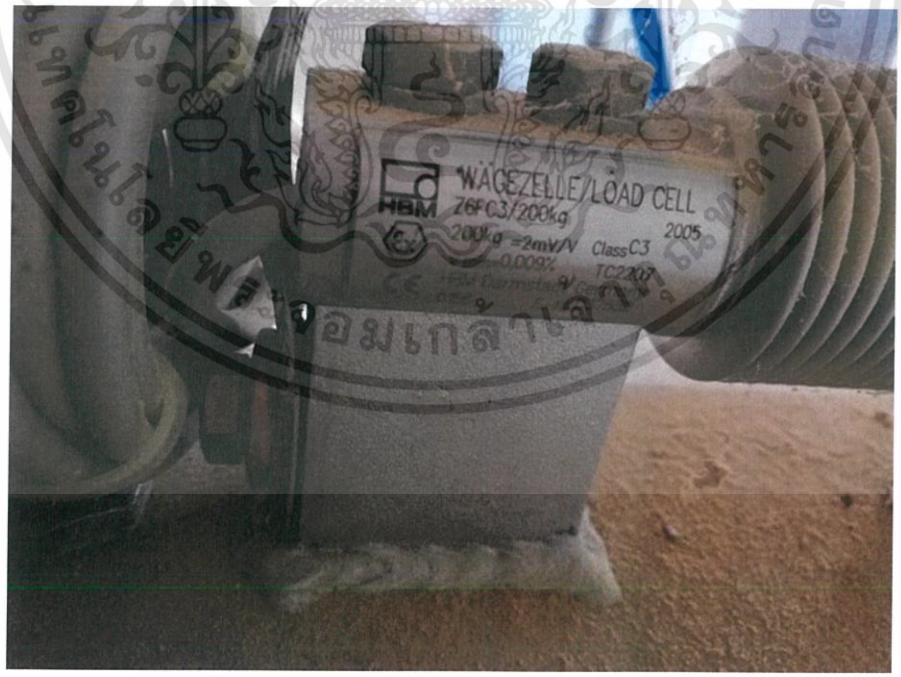
ที่มา : http://unionspecialmedway.com/products/pdf/process-weigher/AW_VW_23102012_EN.pdf

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.2 ฮอปเปอร์ (Hopper) และตู้โหลดเซลล์ (Load Cell)

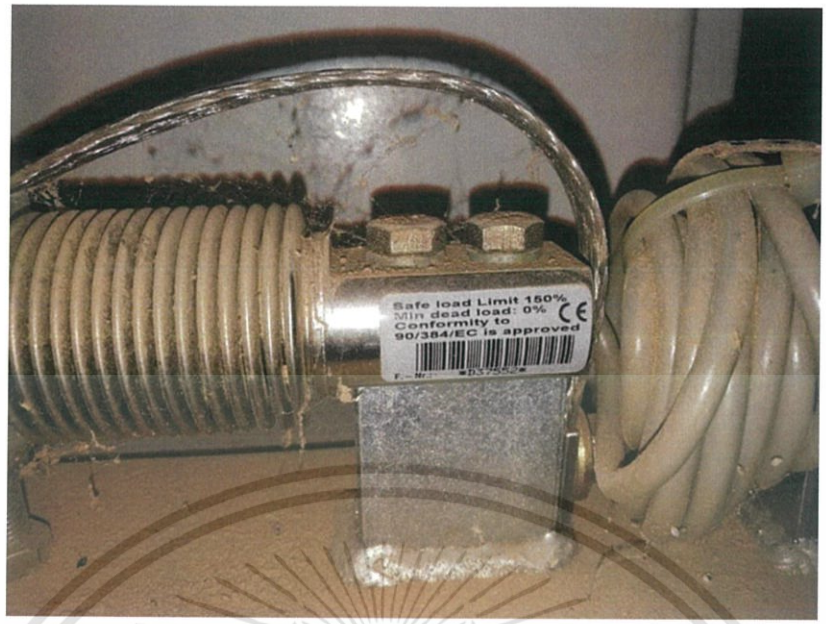
เพื่อให้ง่ายต่อการออกแบบและการเขียนโปรแกรมควบคุม จึงแบ่งส่วนเครื่องชั่งเป็น 3 ส่วน คือ

1. ส่วนโหลดเซลล์ (Load Cell) ทำหน้าในการชั่งน้ำหนักของมอลต์ที่ลำเลียผ่านฮฮปเปอร์ (Hopper) มา



รูปที่ 3.3 โหลดเซลล์ของเครื่องชั่ง Chronos (1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 โหลดเซลล์ของเครื่องชั่ง Chronos (2)

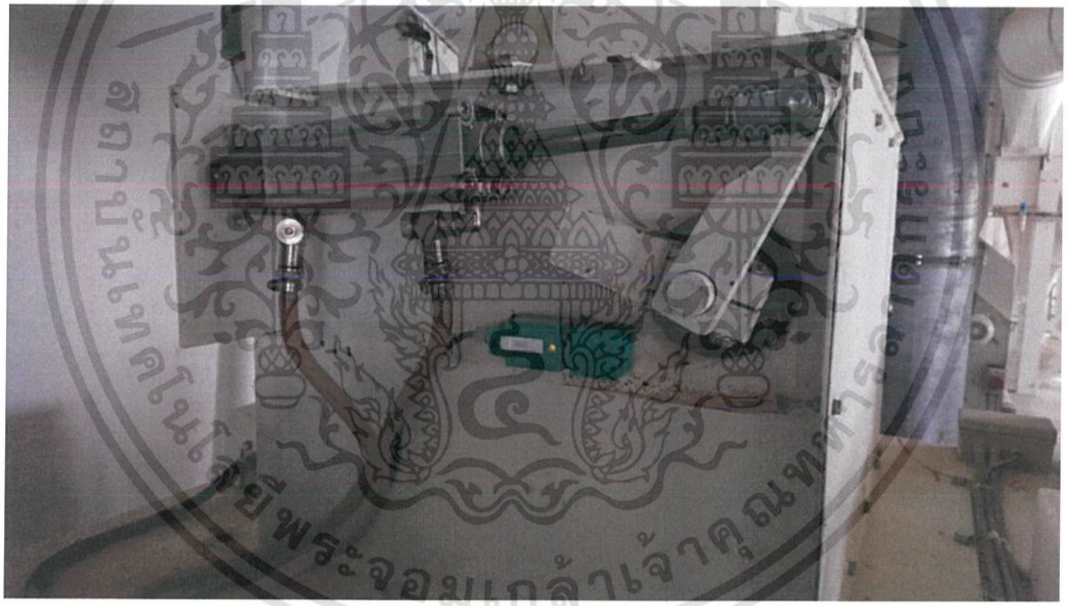
จากรูปที่ 3.4 จะทราบข้อมูลของโหลดเซลล์ดังนี้

- ยี่ห้อ HBM รุ่น Z6FC3/200 กิโลกรัม Class C3 rate Load 200 กิโลกรัม
- สัญญาณแรงดัน 2 mV/V ที่ 200 กิโลกรัม กล่าวคือถ้าจ่ายแรงดันกระตุ้น 1 โวลต์ และรับโหลด 200 กิโลกรัม จะส่งแรงดันออกมา 2 มิลลิโวลต์
- v min = 0.009 เปอร์เซ็นต์ หมายถึง ค่าแรงดันน้อยสุดที่โหลดเซลล์จ่ายได้โดยที่ค่าความคาดเคลื่อนยังยอมรับได้ ต้องนำมาคิดเป็นเปอร์เซ็นของสัญญาณแรงดัน ทำให้ค่าน้ำหนักต่ำสุดที่เครื่องชั่งวัดได้ไม่เท่ากับ 0 กล่าวคือ ถ้านำ 0.009 เปอร์เซ็นต์ มาคิดที่ Rate Load จะได้ 0.018 กิโลกรัม หรือ 18 กรัม
- Safe Load Limit 150 เปอร์เซ็นต์ คือ รับน้ำหนักได้สูงสุด 150 เปอร์เซ็นต์ ของ Rate Load คือ 300 กิโลกรัม

2. ส่วนวาล์ว (Valve) แบ่งเป็น วาล์วอินฟีด (Infeed Valve) กับ วาล์วดิสชาร์จ (Discharge Valve) ในส่วนวาล์วอินฟีดจะทำหน้าที่ คุมปริมาณของมอลต์ที่เข้ามาในตราชั่ง ส่วนวาล์วดิสชาร์จจะทำหน้าที่ ระบายมอลต์ออกจากตราชั่ง ในส่วนวาล์วนี้เปิดปิดด้วยระบบนิวแมติกส์ ดังรูปที่ 3.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.5 วาล์วปิด-นิวแมติกส์หดกลับ



รูปที่ 3.6 วาล์วเปิด-นิวแมติกส์ยืดออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.7 ชุดส่วนบริการลมอัด

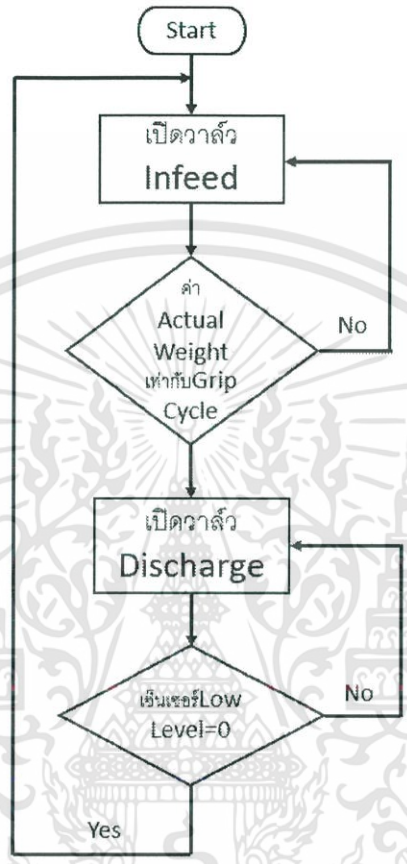
3. ส่วนเซนเซอร์ (Sensor) ทำหน้าที่ตรวจวัดว่ามามีมอลต์ตกค้างในทางขาเข้า และขาออก หรือไม่ ดังรูปที่ 3.8

รูปที่ 3.8 เซนเซอร์สำหรับตรวจวัดมอลต์ตกค้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 ศึกษาลำดับการทำงานของเครื่องจักร

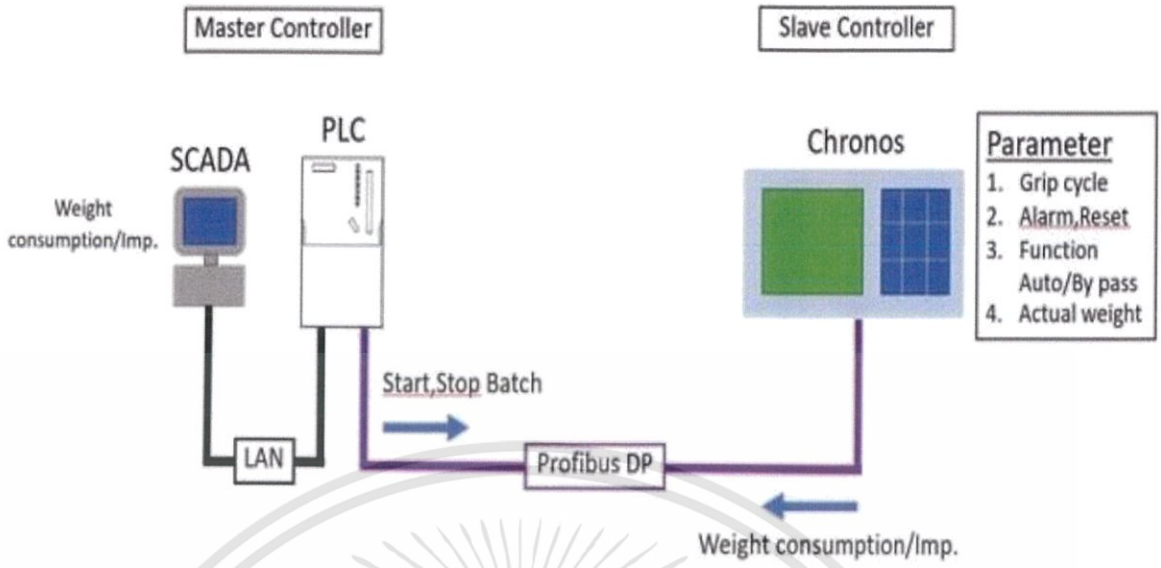
จากการศึกษาการทำงานของเครื่องชั่ง Chronos ทำให้ทราบข้อมูลสำหรับนำไปใช้ออกแบบโปรแกรม โดยสามารถเขียน Flowchart การทำงานของเครื่องชั่ง ได้ดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 Flowchart การทำงานของเครื่องชั่ง

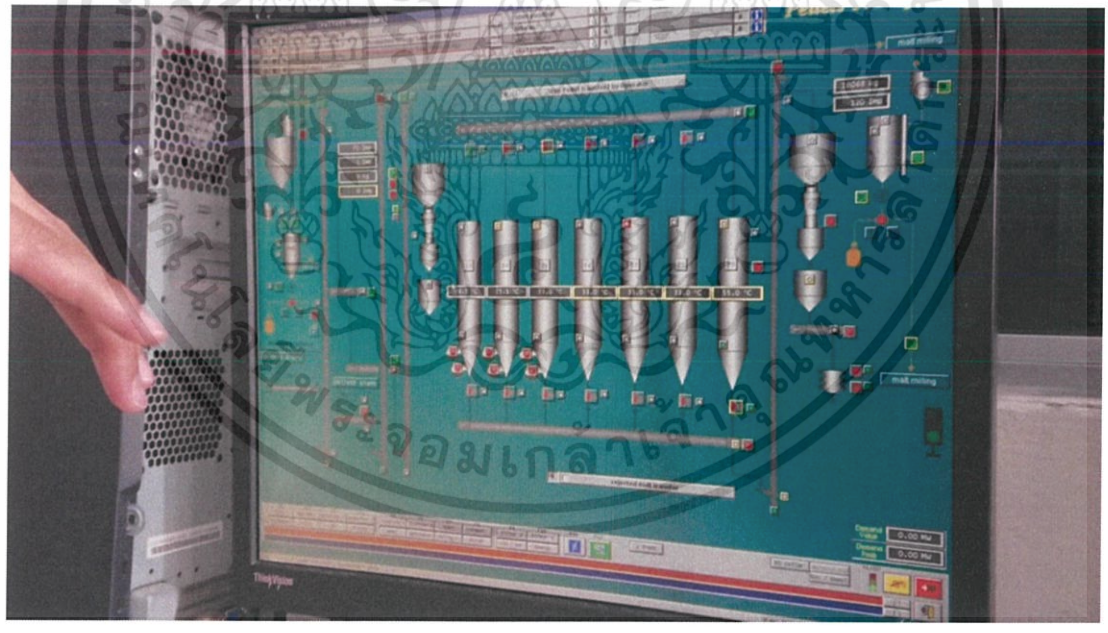
จากรูปที่ Flowchart ข้างต้นเป็นการทำงานในโหมดอัตโนมัติ สามารถอธิบายการทำงานได้ดังนี้ โดยในตอนเริ่มจะต้องมีการกำหนดค่า Grip Cycle ก่อนและต้องมีคำสั่ง Start มาจาก PLC ที่เป็น Master Controller โดยค่า Grip Cycle เป็นค่าของน้ำหนักที่ต้องการวัดต่อรอบ ซึ่งเมื่อน้ำหนักยังไม่ถึงค่า Grip Cycle วาล์ว Infeed จะเปิดค้าง เมื่อได้น้ำหนักถึงจุดวาล์ว Infeed จะปิด Load Cell จะส่งค่าน้ำหนัก (Weight Consumption) กับจำนวนรอบของการวัด (Imp.) ไปที่ PLC ดังรูปที่ 3.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 การทำงานของระบบควบคุมแบบเก่า

แล้วจากนั้น PLC จะนำค่าที่ได้รับขึ้นไปแสดงผลบน SCADA ดังรูปที่ 3.11

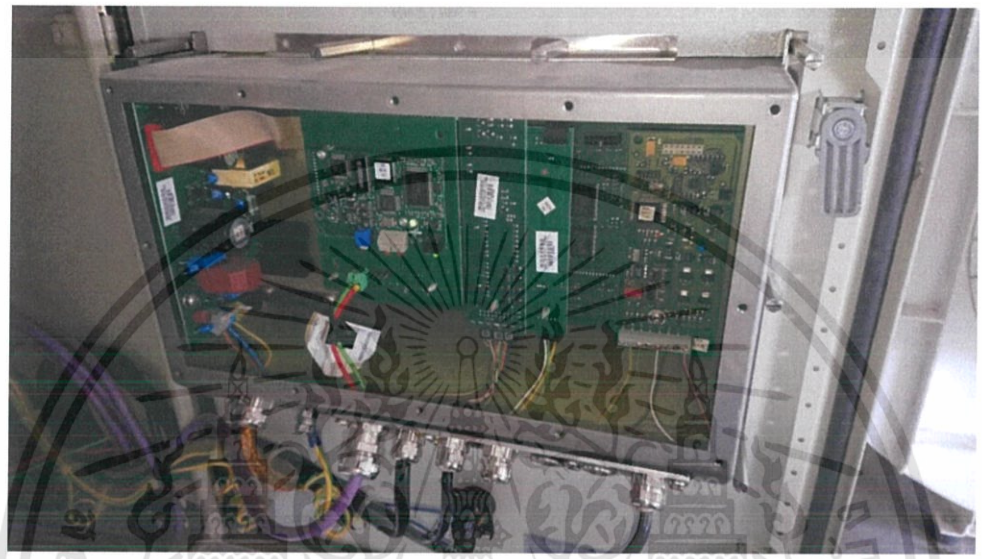


รูปที่ 3.11 ส่วน SCADA ของเครื่องชั่ง Chronos

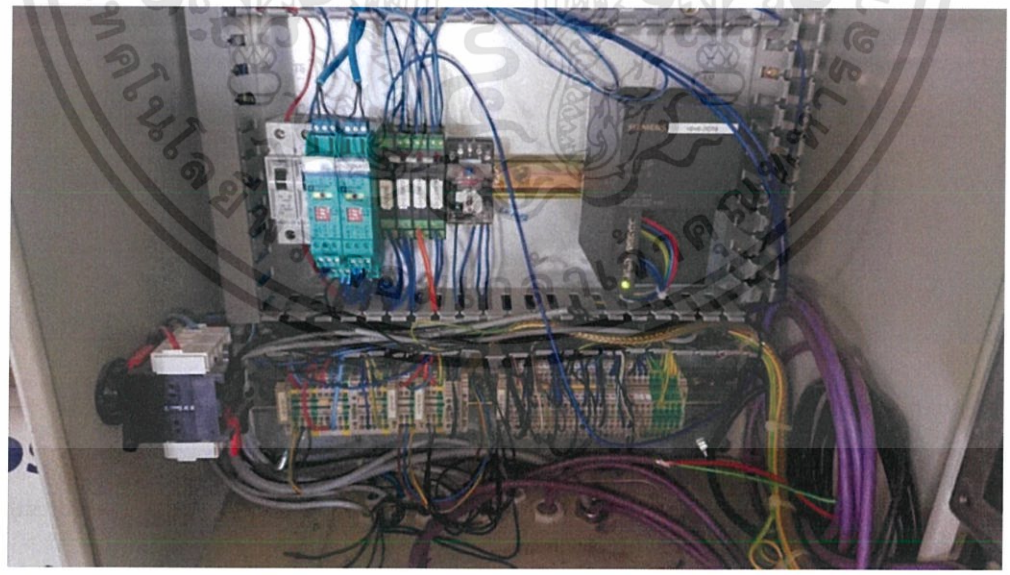
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 ศึกษาวงจรในตู้ไฟฟ้าของ Chronos

เนื่องจากที่เครื่องชั่ง Chronos ที่ผู้จัดทำนำมาทำเป็นโครงงานนั้น มีส่วนประกอบที่ไม่สมบูรณ์ จึงต้องศึกษาระบบไฟฟ้าจากเครื่องชั่ง Chronos อีกตัวที่ยังสามารถทำงานได้และมีส่วนประกอบครบถ้วน ดังรูปที่ 3.12 และรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.12 ระบบควบคุมของเครื่องชั่ง Chronos ตัวสมบูรณ์



รูปที่ 3.13 ตู้ไฟฟ้าของเครื่องชั่ง Chronos ตัวสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การศึกษาการใช้งาน PLC ของ Siemens และการ์ดเสริมต่างๆ

ผู้ดำเนินโครงงานจำเป็นที่จะต้องศึกษา และเข้าใจในโครงสร้างของระบบควบคุมภายในโรงงาน จึงต้องศึกษาอุปกรณ์ PLC และการ์ดเสริมต่างๆ เพื่อเก็บไว้เป็นข้อมูลในการดำเนินงาน

3.3.1 การศึกษาตัว PLC Siemens

ระบบ PLC หลักๆ ในโรงงานเบียร์กำแพงเพชร จะใช้งาน PLC ของ SIEMENS เป็นหลัก โดยแบ่งเป็น 2 รุ่นหลักๆ คือ

- PLC รุ่น S7-300

รูปที่ 3.14 PLC SIEMEN S7-300

ที่มา : https://www.plc-city.com/shop/en/siemens-simatic-s7-300

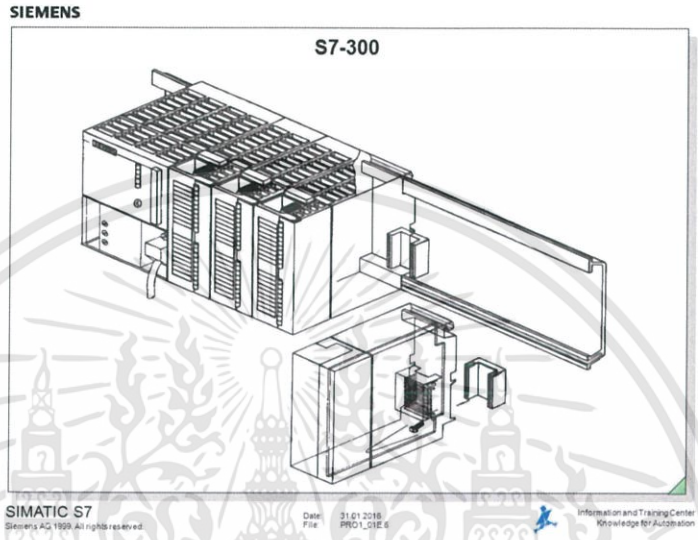
- PLC รุ่น S7-400

รูปที่ 3.15 PLC SIEMEN S7-400

ที่มา : https://www.plc-city.com/shop/en/siemens-simatic-s7-400

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งสองรุ่นจะต่างกันที่ขนาดหน่วยความจำ ขนาดของการ์ด PLC และการเชื่อมต่อ Rack โดยรุ่น S7-400 จะเป็นรุ่นที่มีหน่วยความจำมากกว่า และการ์ดของรุ่น S7-400 จะเชื่อมต่อกันผ่าน Rack เลย แต่รุ่น S7-300 Rack จะเป็นแค่โครงเหล็ก ต้องเชื่อมต่อการ์ดและละตัวผ่าน Backconnector ดังรูปที่ 3.16 และรูปที่ 3.17



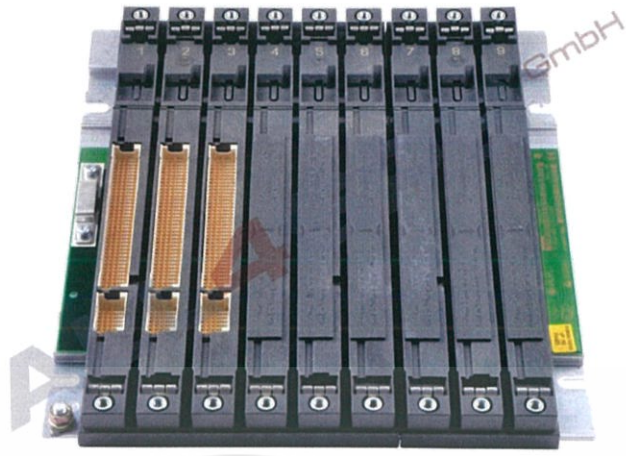
รูปที่ 3.16 การติดตั้ง PLC S7-300

ที่มา : https://slideplayer.com/slide/9447917/

รูปที่ 3.17 Backconnector ของ S7-300

ที่มา : http://www.all4sps.com/SIMATIC-S7-300-BUS-CONNECTOR-6ES7390-0AA00-0AA0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.18 Rack ของ PLC S7-400

ที่มา : http://www.all4sps.com/SIMATIC-S7-400-UR2-RACK-CENTRALIZED-AND-DISTRIBUTED-6ES7400-1JA01-0AA0

3.3.2 การ์ดเสริมต่างๆ ของ PLC Siemens

1. Power Supply

รูปที่ 3.19 ภาพ Power Supply ของ S7-300 (ซ้าย) และ S7-400 (ขวา)

ที่มา : https://mall.industry.siemens.com/mall/en/ww/catalog/products/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดย Power Supply ของS7-300 จะสามารถแปลงแรงดันไฟจาก 120/230 โวลต์ AC ไปเป็น 24 โวลต์ DC เพื่อนำไปใช้ในระบบ station 300 ส่วน Power Supply ของ S7-400 จะสามารถแปลงแรงดันไฟจาก 120/230 โวลต์ AC หรือ 24 โวลต์ DC ไปเป็น 5/24 โวลต์ DC เพื่อนำไปใช้ในระบบ station 400 ได้

2. Card Signal Module (SMs) ประกอบไปด้วย

1. Card DI (Digital Input) ใช้รับสัญญาณดิจิตอล 0/24 โวลต์ แสดงเป็น Bit 0/1 ในโปรแกรม

2. Card DO (Digital Output) ใช้ส่งสัญญาณแรงดัน 0/24 โวลต์ ตาม Bit 0/1 ที่เขียนไว้ในโปรแกรม

3. Card AI (Analog Input) ใช้รับสัญญาณ Analog และแสดงเป็นค่า 0 ถึง 27648 ในโปรแกรมมีขนาด 16 Bit สามารถปรับโหมดการทำงานได้ผ่านตัว Measuring Range Module ที่อยู่ด้านข้างตัวการ์ดมี 4 Mode คือ

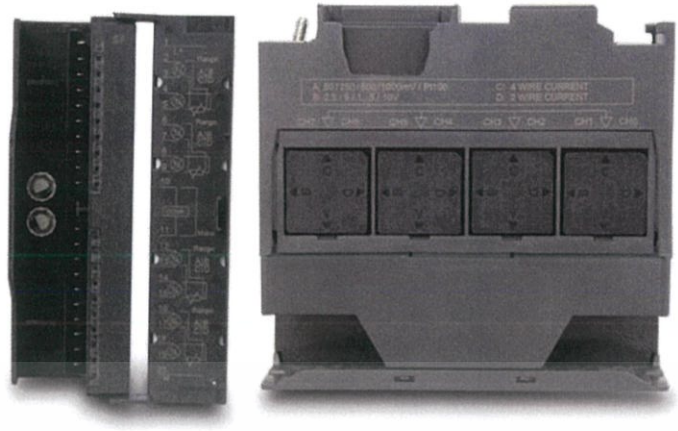
- A ใช้สำหรับ Thermocouple/Resistance measurement รับแรงดัน ±80 มิลลิโวลต์ หรือ ±250 มิลลิโวลต์ หรือ ±500 มิลลิโวลต์ หรือ ±1000 มิลลิโวลต์ สามารถปรับได้ตามสเปคของเซนเซอร์ที่ใช้ ในหน้า Hardware Configuration

- B ใช้สำหรับรับสัญญาณที่เป็นแรงดัน ±2.5 โวลต์ หรือ ±5 โวลต์ หรือ 1 ถึง 5 โวลต์ หรือ ±10 โวลต์ สามารถปรับได้ตามสเปคของเซนเซอร์ที่ใช้ ในหน้า Hardware Configuration

- C ใช้รับสัญญาณที่เป็นกระแส 0 ถึง 20 มิลลิแอมป์ หรือ 4 ถึง 20 มิลลิแอมป์ หรือ ±20 มิลลิแอมป์ สำหรับ Tranducer 4 สาย สามารถปรับได้ตามสเปคของเซนเซอร์ที่ใช้ ในหน้า Hardware Configuration

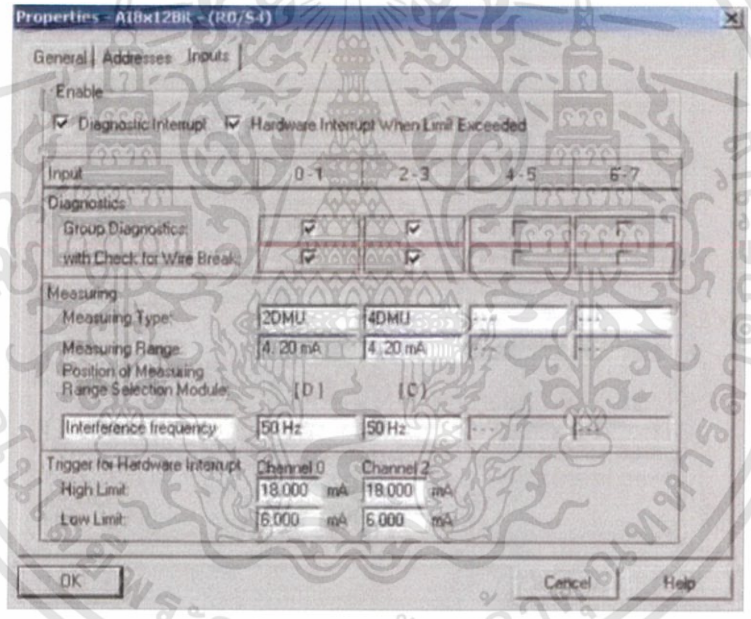
- D ใช้รับสัญญาณที่เป็นกระแส 0 ถึง 20 มิลลิแอมป์ หรือ 4 ถึง 20 มิลลิแอมป์ หรือ ±20 มิลลิแอมป์ สำหรับ Tranducer 2 สาย สามารถปรับได้ตามสเปคของเซนเซอร์ที่ใช้ ในหน้า Hardware Configuration

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.20 Measuring Range Module

ที่มา : https://mall.industry.siemens.com/mall/en/ww/catalog/products/



รูปที่ 3.21 การ Configuration AI Card บน Simatic Manager

4. Card AO (Analog Output) ใช้ในการจ่ายสัญญาณ Analog โดยสามารถเลือก Range ในการจ่ายสัญญาณได้ในหน้า Hardware Configuration แบ่งเป็น กระแส ±20 มิลลิแอมป์ หรือ 0 ถึง 20 มิลลิแอมป์ หรือ 4 ถึง 20 มิลลิแอมป์ และ แรงดัน ±10 โวลต์ หรือ 1 ถึง 5 โวลต์ หรือ 0 ถึง 10 โวลต์

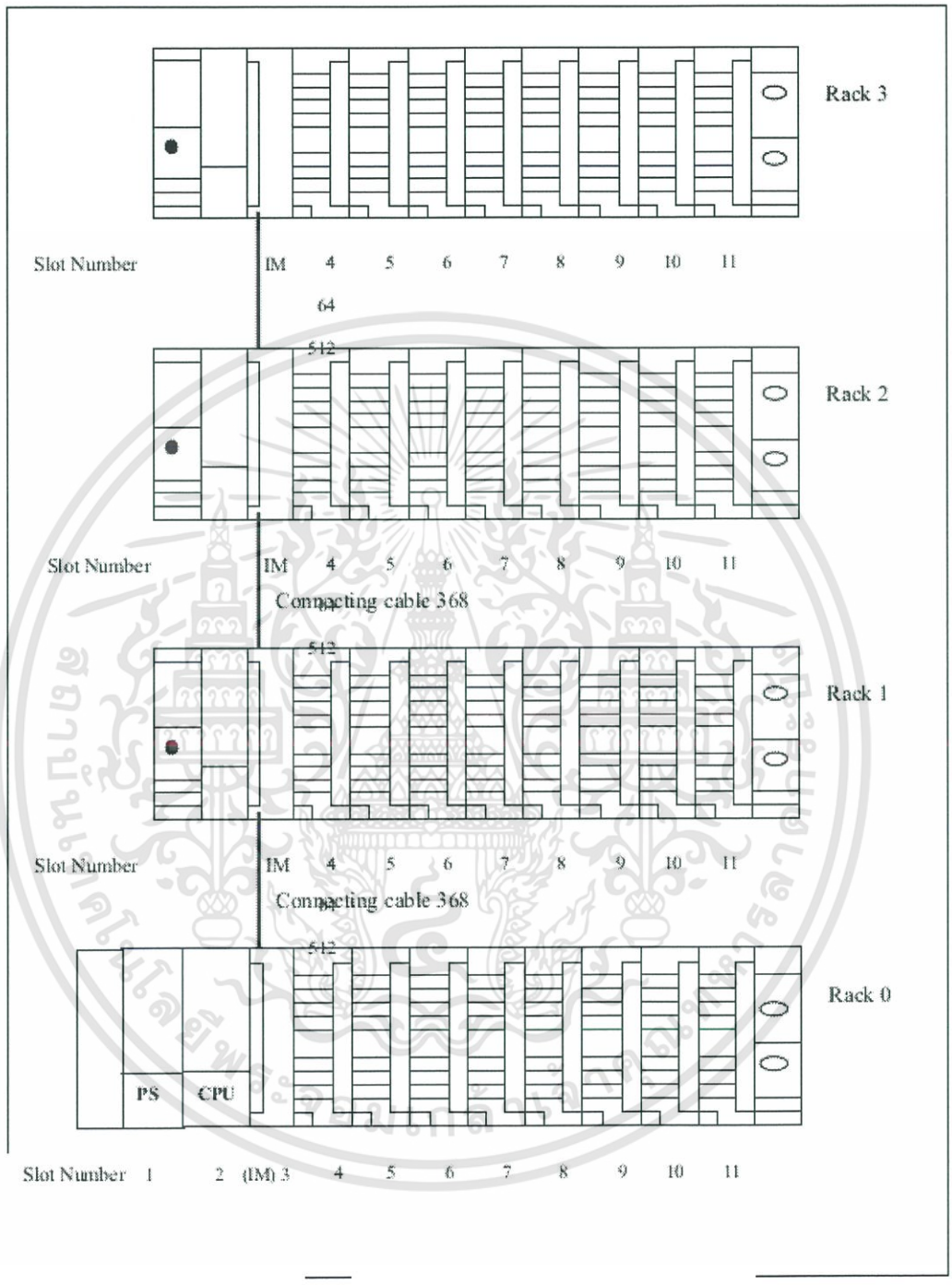
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.22 ภาพ Card Signal Module ของ S7-300 (ซ้าย) และ S7-400 (ขวา)
ที่มา : https://mall.industry.siemens.com/mall/en/ww/catalog/products/

3. Card IM (Interface Module) เป็นการที่ใช้เมื่อมีการขยาย Rack PLC โดย Rack ที่มี PLC อยู่จะเป็น Rack 0 จะถูกเรียกว่า Center Rack โดยเชื่อมต่อกันผ่าน Profibus-DP

รูปที่ 3.23 Card Interface Module (IM) ของ S7-300 (ซ้าย) และ S7-400 (ขวา)
ที่มา : https://mall.industry.siemens.com/mall/en/ww/catalog/products/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



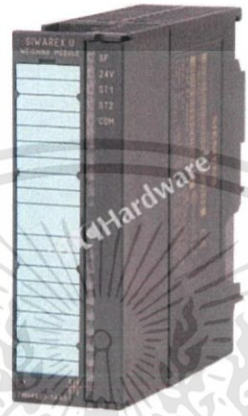
รูปที่ 3.24 การขยาย Rack โดยการเชื่อมต่อ IM ผ่าน Profibus-DP

ที่มา : https://www.slideshare.net/SatyajitPatra2/siemens-s7-300-programming

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. Card Weighing Module Siwarex

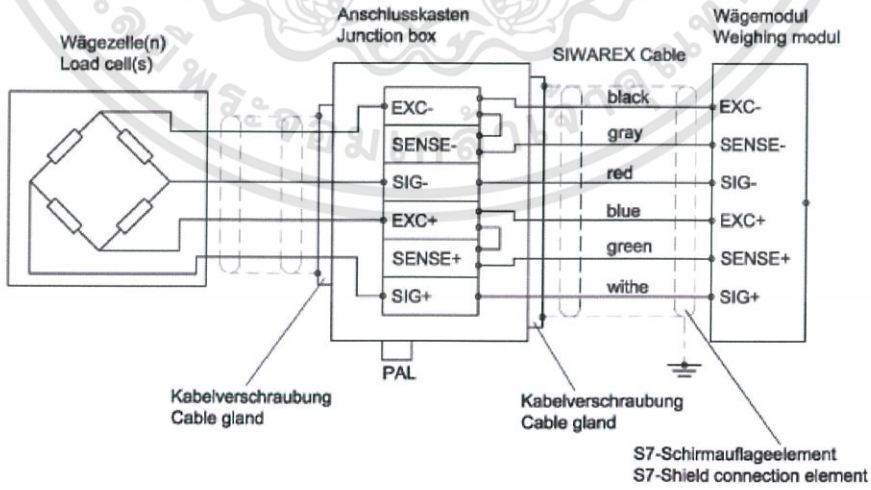
เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับรับค่าสัญญาณอินพุตจาก Load Cell โดยเฉพาะจัดอยู่ในการ์ดที่เป็น Function Module (FMs) ของทาง PLC SIEMENS โดยรุ่นที่ผู้จัดทำศึกษาเป็นรุ่น Siwarex U ET200M รหัส 7MH4950-1AA01



รูปที่ 3.25 Siwarex U ET200M รหัส 7MH4950-1AA01

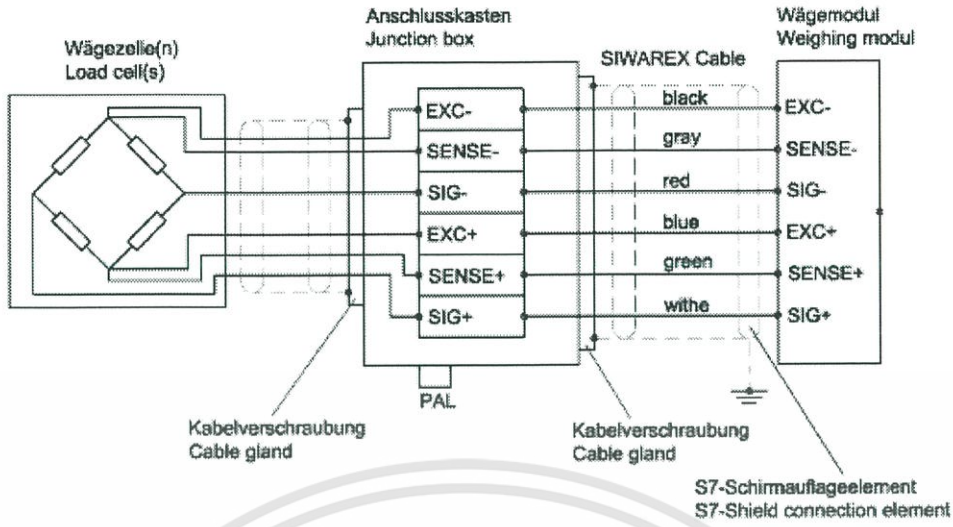
ที่มา : https://mall.industry.siemens.com/mall/en/ww/catalog/products/

ส่วนการใช้งาน ตัว Siwarex U ET200M จะทำมาสำหรับ Load Cell 6 สาย แต่ Load Cell แบบ 4 สาย สามารถใช้งานได้โดยการเข้าสายตามนี้



รูปที่ 3.26 การเข้าสาย Load Cell แบบ 4 สาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.27 การเข้าสาย Load Cell แบบ 6 สาย

โดยสายสัญญาณต่างๆ จะอ้างอิงมาจากตัวโหลดเซลล์แบบ 6 สาย ดังนี้

- EXC- ย่อมาจาก Excitation Voltage เป็นแรงดันที่ต้องจ่ายเพื่อให้โหลดเซลล์ทำงานได้ เป็นแรงดันขาลบ

- SENSE- เป็นขาที่เอาไว้สำหรับรักษาระดับแรงดันกระตุ้น (Excitation Voltage) เป็นแรงดันขาลบ

- SIG- ย่อมาจาก Signal เป็นสัญญาณแรงดันที่เกิดจากวงจรบริจด์ไม่สมดุล เนื่องจากค่าความต้านทานของโหลดเซลล์เปลี่ยน เมื่อมีโหลดกระทำ เป็นแรงดันเอาต์พุตขาลบ

- EXC+ ย่อมาจาก Excitation Voltage เป็นแรงดันที่ต้องจ่ายเพื่อให้โหลดเซลล์ทำงานได้ เป็นแรงดันขาบวก

- SENSE+ เป็นขาที่เอาไว้สำหรับรักษาระดับแรงดันกระตุ้น (Excitation Voltage) เป็นแรงดันขาบวก

- SIG+ ย่อมาจาก Signal เป็นสัญญาณแรงดันที่เกิดจากวงจรบริจด์ไม่สมดุล เนื่องจากค่าความต้านทานของโหลดเซลล์เปลี่ยน เมื่อมีโหลดกระทำเป็นแรงดันเอาต์พุตขาบวก

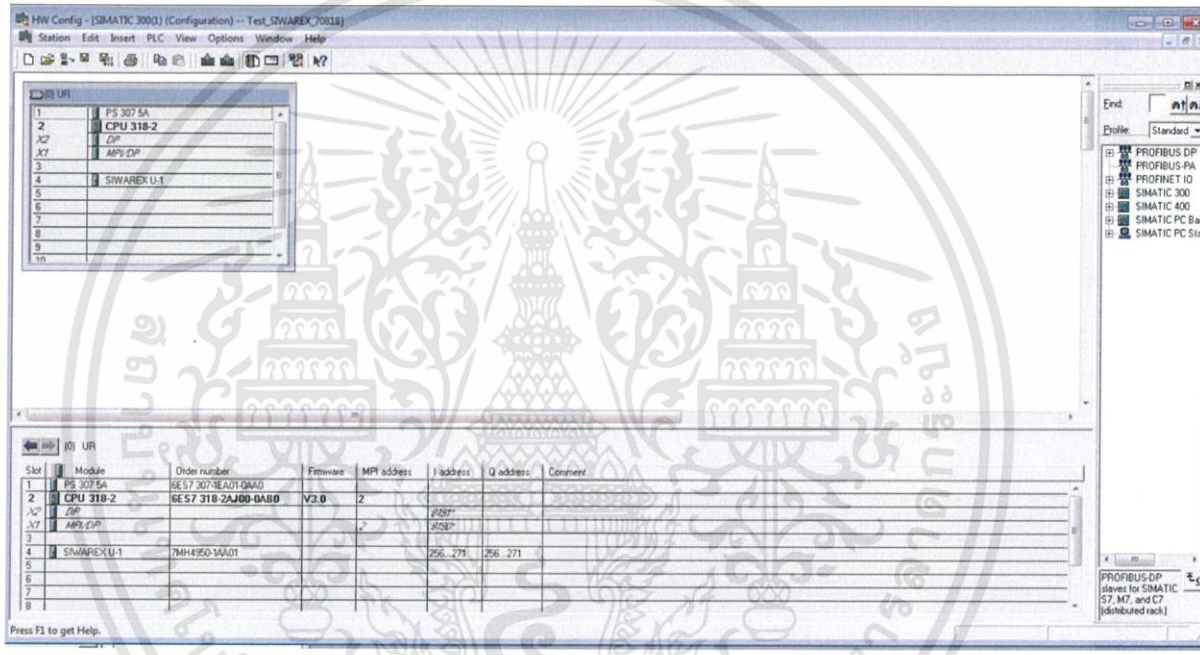
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การทดสอบ Siwarex U และการ Configuration

จากข้อมูลที่ได้ศึกษามาตัว Siwarex U นั้นทำมาสำหรับรับค่าจากโหลดเซลล์โดยเฉพาะก็จริง แต่สำหรับการใช้งานจริงจะต้องมีการทดสอบสื่อสารก่อน ว่าสามารถรับค่าแรงดันจากโหลดเซลล์มาแสดงในโปรแกรมได้จริง เพื่อที่จะได้วางแผนในการเขียนโปรแกรมต่อไป

3.4.1 การเตรียมโปรแกรมทดสอบการสื่อสารของ Siwarex U

ในการเขียนโปรแกรมทดสอบ Siwarex U จะเริ่มตั้งแต่ขั้นตอน Hardware Config เพื่อจะตั้งค่า Address และกำหนดส่วนประกอบของ Rack



รูปที่ 3.28 ขั้นตอน HW Config

จากรูปที่ 3.28 ภายใน Rack ทดสอบ ประกอบไปด้วย

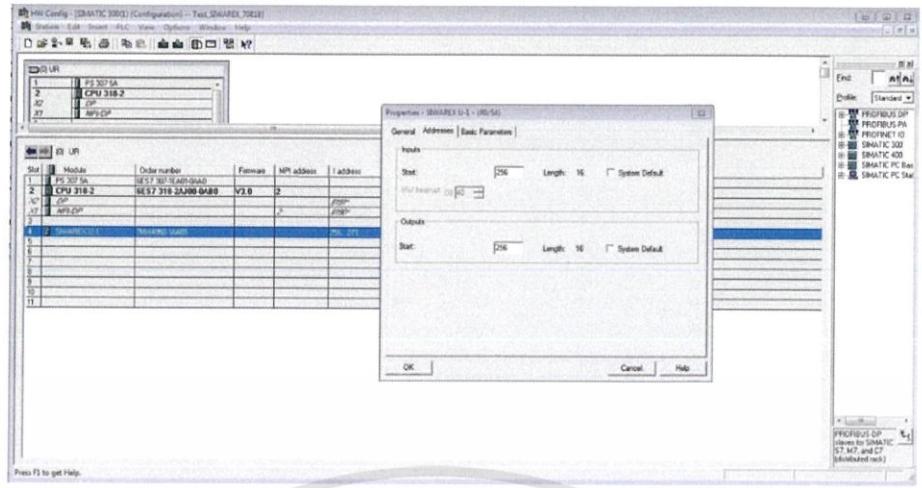
- Power Supply PS 307 5 แอมป์

- CPU 318-2

- Siwarex U-1

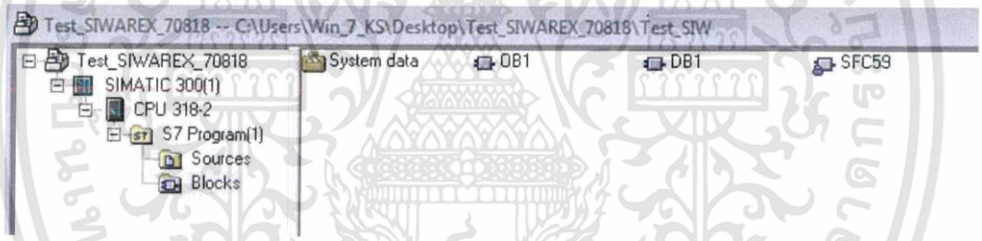
ขั้นตอนต่อมาคือ การตั้งค่า Address ของตัว Siwarex U โดยการคลิกขวาที่บรรทัดของ Siwarex U เลือก Object Properties เลือกหน้า Addresses ในที่นี้ตั้งค่าไว้ 256 ถึง 271 มีขนาด 2 Byte หรือ 1 Word ดังรูปที่ 3.29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

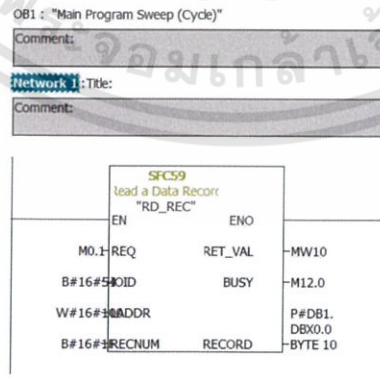


รูปที่ 3.29 ขั้นตอนตั้งค่า Address ของ Siwarex U

ต่อมาในส่วนของโปรแกรมได้ทดสอบโปรแกรมใน OB1 โดยต้องรับส่งข้อมูลผ่านบล็อค SFC59 ซึ่งเป็นบล็อกพิเศษสำหรับอ่านค่าจากพวก Function Modules ของ SIEMENS ดังรูปที่ 3.30



รูปที่ 3.30 ส่วนประกอบของโปรแกรมทดสอบ Siwarex U



รูปที่ 3.31 ภายใน OB1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.31 ภายใน OB1 จะมีการดึงบล็อค SFC 59 มาใช้มีขาทั้งหมด 9 ขา ดังนี้

- EN เป็นขาที่ต้องมีสัญญาณ RLO วิ่งเข้ามา บล็อกถึงสามารถทำงานได้
- ENO ถ้าบล็อกทำงานปกติ จะมีสัญญาณ RLO ออกจากขานี้
- REQ เป็นขาที่สั่งให้บล็อก SFC 59 อ่านข้อมูล ซึ่งสัญญาณที่เข้ามาที่ขานี้ควรเป็นสัญญาณ Pulse เพื่อกำหนดความที่ในการอ่านข้อมูล มีขนาดเป็น Bit
- IOID ใช้กำหนดว่า Module ที่ใช้ต้องการใช้ Peripheral Input (PI) หรือ Peripheral Output (PQ) ถ้าใช้ทั้งคู่ ให้เอา Address ตัวที่น้อยสุดเป็นหลัก ถ้า Address เท่ากันให้กำหนดเป็น PI เช่น ถ้าใช้ SFC 59 รับค่าจาก Siwarex U โดย Siwarex U มีการเรียกใช้ I Address เริ่มต้นที่ 256 Q Address เริ่มต้นที่ 256 มีค่าเท่ากับจึงใส่ B#16#54 ในรูปที่ 3.40
- LADDR ขานี้เป็นการระบุ Address ของตัว Siwarex U จากรูปที่ ขานี้ได้ใส่ค่าเป็น W#16#100 หมายถึง ตัว W คือข้อมูลเข้าขานี้มีขนาด 1 Word เลข 16 คือ ข้อมูลเป็นเลขฐาน 16 เลข 100 คือ 16 กำลัง 2 เท่า 256 เป็น Address ของตัว Siwarex U ในรูปที่ 3.29
- RECNUM เป็นที่ใช้กำหนดโหมดและระบุ Channel ของ Module ที่เชื่อมต่อ โดยแต่สำหรับSFC 59 ทำมาสำหรับรับค่าจากจาก Module อื่นๆ ที่ไม่จำเป็นต้องเป็นของ SIEMENS แต่สำหรับ Siwarex U ค่าจะเป็น B#16#1F หรือ 31 บนเลขฐาน 10 เพื่อเข้าโหมด Process Values Channel 1

DR 31 Process values channel 1, DR 32 process values channel 2

In data record DR31, the current process values of measurement channel 1 are displayed. The design of DR32 is identical and the measurement values relate to measurement channel 2. With the aid of the process values, the current statuses and data in the scale can be observed.

รูปที่ 3.32 การใช้ DR31 และ DR32

- RET_VAL ขานี้ใช้ส่ง Error Code มีขนาดข้อมูล เท่ากับ 1 Word เป็นเลขฐาน 16 ตัวอย่าง Error Code อยู่ในตารางที่ 3.2, 3.3 และ 3.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 Error Code (1)

Error Code (W#16#...)	Explanation	Restrictions
7000	First call with REQ = 0: No data transmission active. BUSY has value 0.	-
7001	First call with REQ = 1: Data transmission triggered. BUSY has value 1.	Distributed I/O
7002	Interim call (REQ irrelevant): Data transmission already active. BUSY has value 1.	Distributed I/O
8090	Specified logical base address invalid: No assignment exists in SDB1/SDB2x or there is no base address.	-

ตารางที่ 3.3 Error Code (2)

Error Code (W#16#...)	Explanation	Restrictions
8092	ANY reference contains a type other than BYTE.	Only with S7-400
8093	The module selected via LADDR and IOID is not permitted for this SFC. Permitted are S7-300 modules for S7-300, S7-400 modules for S7-400, and S7-DP modules for S7-300 and S7-400.	-
80A0	Negative acknowledgment while reading from the module (i.e., module removed during the read-access or module defective).	Only for SFC 59 "RD_REC"
80A1	Negative acknowledgment while writing to the module (i.e., module removed during the write-access or module defective).	Only for SFC 58 "WR_REC"
80A2	DP protocol error in layer 2, possibly hardware fault.	Distributed I/O
80A3	DP protocol error for user interface/user, possibly hardware fault.	Distributed I/O
80B0	SFC for module type not possible Module does not recognize the data record. Data record number ≥ 241 not permitted. Data records 0 and 1 are not permitted for SFC 58 "WR_REC." This error can also occur when the SIWAREX U is addressed via SFCs although I/O communication is set as the type of communication.	-
80B1	Wrong length in RECORD parameter	For SFC 58 "WR_REC": Wrong length For SFC 59 "RD_REC": Specification > DR length
80B2	The configured slot is not being used.	-
80B3	Actual module type is not the module type in SDB1.	-
80C0	The module has the data record, but there are still no data to be read	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.4 Error Code (3)

80C1	The data of the previous write job on the module for the same data record have not yet been processed by the module.	-
80C2	The module is currently processing the maximum possible amount of jobs for a CPU.	-
80C3	Required resources (e.g., memory, and so on) are currently busy.	-
80C4	Communication error: Parity error SW-Ready not set Error in block length calculation Checksum error on CPU side Checksum error on module side	-
80C5	Distributed I/O not available	Distributed I/O
80C6	Transmission of data record was terminated due to priority class termination (restart or background).	Distributed I/O

- BUSY ขานี้จะส่งสัญญาณ 1 มาถ้ายังอ่านข้อมูลไม่เสร็จ มีขนาดข้อมูลเป็น Bit
- RECORD ขานี้เป็นขาที่รับค่าจาก Siwarex U มา ซึ่งได้เก็บข้อมูลไว้ใน DB1 จองพื้นที่ไว้ 10 Byte

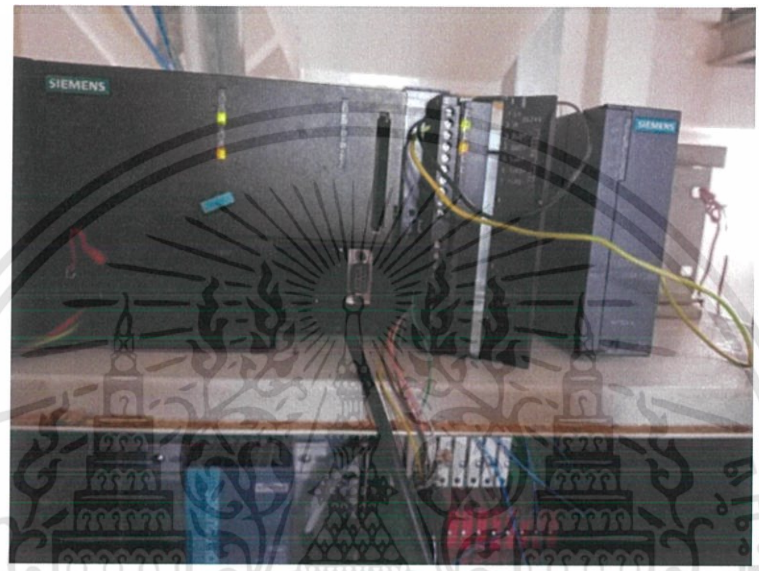
Parameter	Declaration	Data Type	Memory Area	Description
REQ	INPUT	BOOL	I, Q, M, D, L, constant	REQ = 1: Read request
IOID	INPUT	BYTE	I, Q, M, D, L, constant	ID of the address area: B#16#54 = Peripheral input (PI) B#16#55 = Peripheral output (PQ) If the module is a mixed module, specify the area ID of the lowest address. If the addresses are the same, specify B#16#54.
LADDR	INPUT	WORD	I, Q, M, D, L, constant	Logical address of the module. With mixed modules, specify the lower of the two addresses.
RECNUM	INPUT	BYTE	I, Q, M, D, L, constant	Data record number (permitted values 0 to 240)
RET_VAL	OUTPUT	INT	I, Q, M, D, L	If an error occurs while the function is active, the return value contains an error code. The length of the data record actually transferred in bytes (possible values: +1 to +240) is also entered if the destination area is larger than the transferred data record and if no error occurred in the transfer.
BUSY	OUTPUT	BOOL	I, Q, M, D, L	BUSY = 1: Reading is not yet completed.
RECORD	OUTPUT	ANY	I, Q, M, D, L	Destination area for the read data record. With asynchronous execution of SFC59, make sure that the actual parameters of RECORD have the same length information in all calls. Only data type BYTE is permitted. Note: Note that the RECORD parameter of S7-300 CPUs always required the full specification of the DB parameters (for example: P#DB13.DBX0.0 byte 100). Omitting an explicit DB no. is not permitted for S7-300 CPUs and causes an error message in the user program.

รูปที่ 3.33 ข้อมูลของ Parameter ต่างๆ ในบล็อค SFC 59

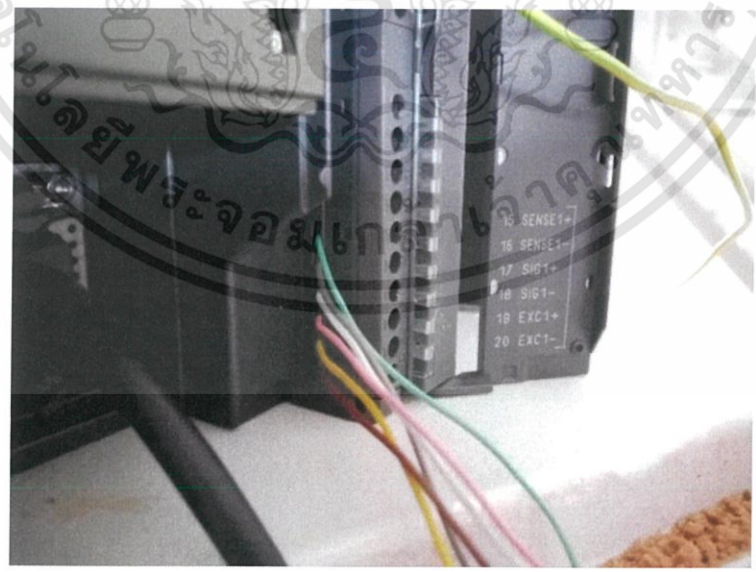
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 ทดสอบหน้างาน

หลังจากเตรียมโปรแกรมรับค่าจาก Siwarex U แล้วขั้นตอนต่อไปคือ การนำ Rack ตัวทดสอบที่อัพโหลดโปรแกรมกับ Config HW แล้วไปติดตั้งหน้างานแล้ว Monitor ค่าดูผ่าน PC ดังรูปที่ 3.34 ถึงรูปที่ 3.38

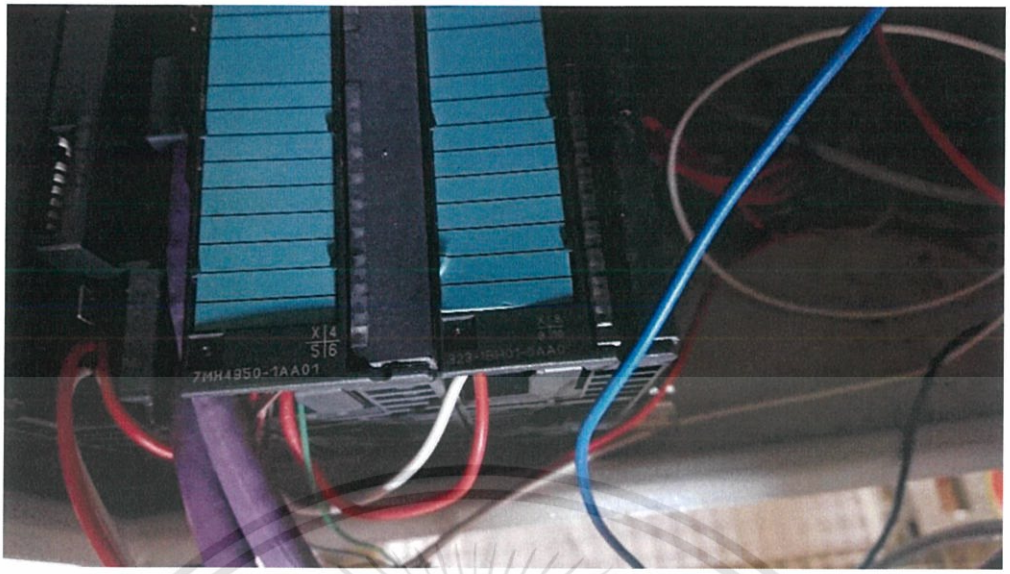


รูปที่ 3.34 ทดสอบ Siwarex หน้างาน (1)

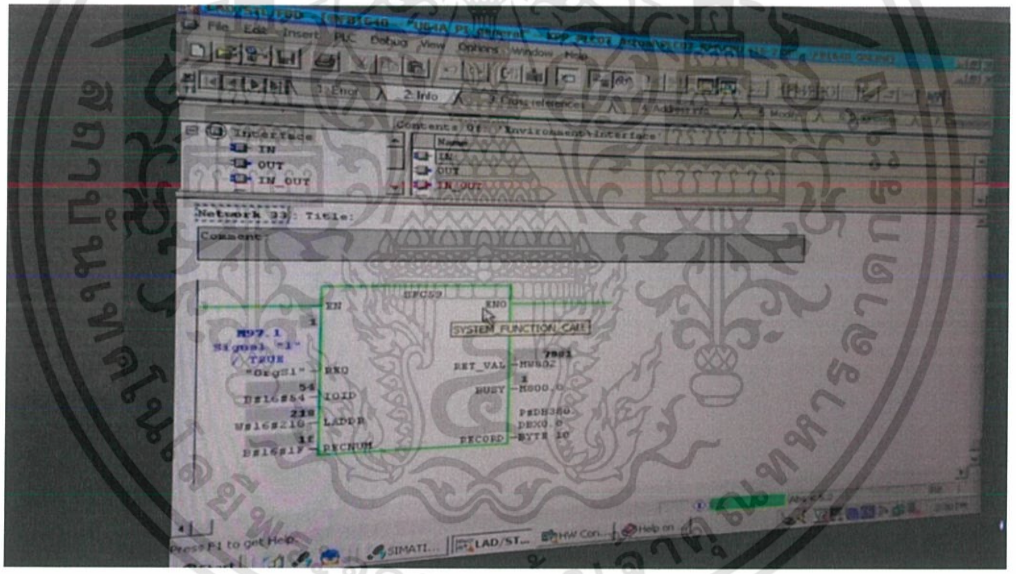


รูปที่ 3.35 ทดสอบ Siwarex หน้างาน (2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

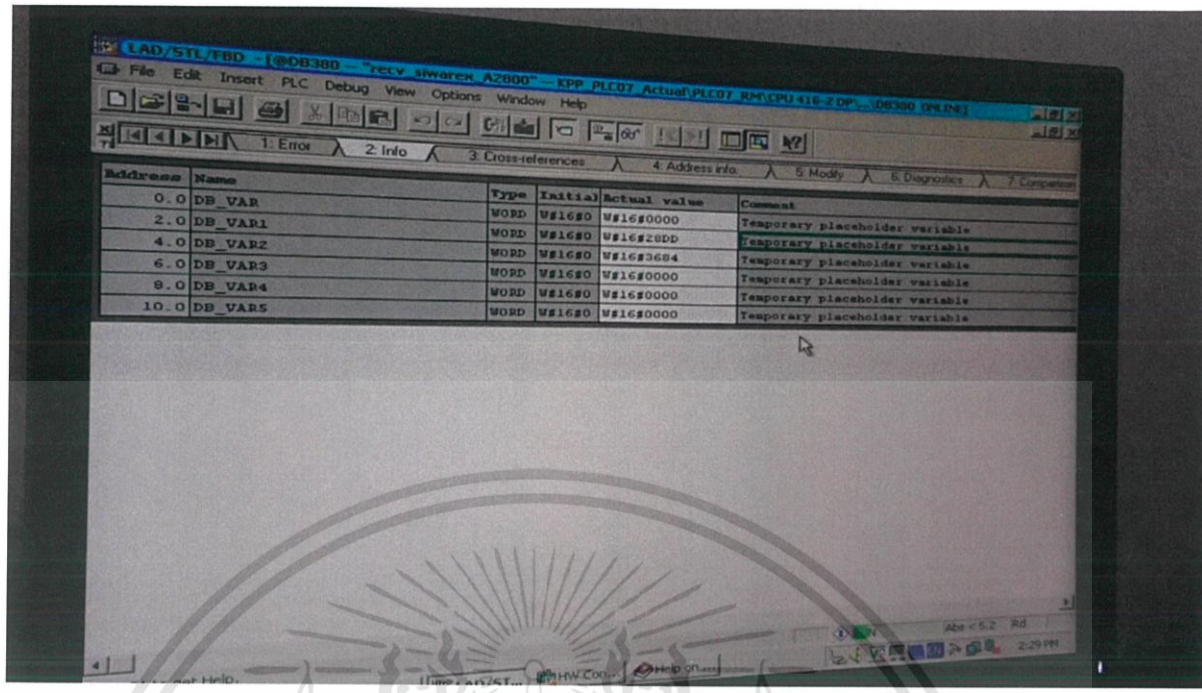


รูปที่ 3.36 Siwarex U รหัส 7MH4950-1AA01



รูปที่ 3.37 SFC 59 เมื่อ Monitor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.38 ค่าที่ Siwarex U ส่งกลับมาที่ DB380

จากรูปที่ 3.38 ค่าใน DB380.DW2 จะเป็นค่าน้ำหนักที่ยังไม่ได้ผ่านการ Calibrate เนื่องจากต้องการทดสอบการสื่อสารเบื้องต้น โดยจะเอามาใช้ในการโปรแกรมต่อไป สามารถรู้ได้จากการศึกษา Datasheet ของ Siwarex U 7MH4950-1AA01 ในตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 ค่า Parameter ที่ Siwarex U ส่งมาให้ PLC-S7

Byte	S7 output area	S7 input area
Channel 1		
0	Not used	BYTE cyclic counter
1	Not used	BYTE status
2	Not used	INT gross weight
3	Not used	
4	Not used	WORD digital value from the ADC
5	Not used	
6	Not used	WORD operating faults - asynchronous errors
7	Not used	
Channel 2		
8	Not used	BYTE cyclic counter
9	Not used	BYTE status
10	Not used	INT gross weight
11	Not used	
12	Not used	WORD digital value from the ADC
13	Not used	
14	Not used	WORD operating faults - asynchronous errors
15	Not used	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การแก้ไขตู้ไฟฟ้า

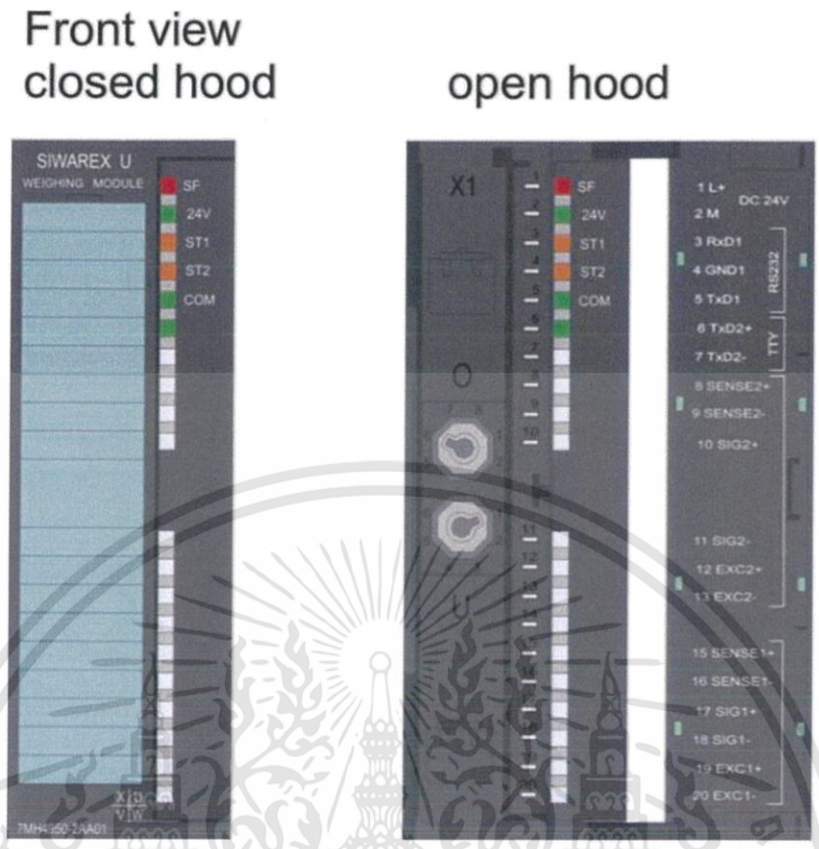
จากการศึกษาวงจรไฟฟ้าในตู้ควบคุมของ Chronos ตัวที่ยังทำงานอยู่ รวมกับการศึกษาเพิ่มจาก Manual ของตัว Chronos เอง ทำให้ทราบองค์ประกอบภายในตู้ควบคุมคร่าวๆ แต่ในการจะเชื่อมต่อสายสัญญาณเข้ากับ PLC จะต้องทำให้ถูกต้องแม่นยำ จึงต้องเริ่มจากการแกะ Mark สายสัญญาณก่อนดังรูปที่ 3.39

รูปที่ 3.39 Marker ของสายไฟ

3.6 การ Calibrate โหลดเซลล์

ในการ Calibrate โหลดเซลล์เนื่องจากอยู่สังกัดฝ่าย Automation จึงไม่มีตัวโปรแกรมและความรู้ในการ Calibrate โหลดเซลล์ จึงต้องประสานงานกับฝ่ายสอบเทียบของบริษัทและทำหน้าที่ศึกษากับเก็บข้อมูลในขั้นตอนนี้ เริ่มจากการเชื่อมต่อในการ Calibrate จะไม่สามารถใช้คอมพิวเตอร์คุยผ่าน PLC ได้ แต่จะต้องเชื่อมต่อด้วย RS-232 เข้าที่ตัว Siwarex โดยตรง พอร์ตที่ 3, 4, 5 ดังรูปที่ 3.40 และรูปที่ 3.41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.40 Connection ต่างๆ ของ Siwarex U

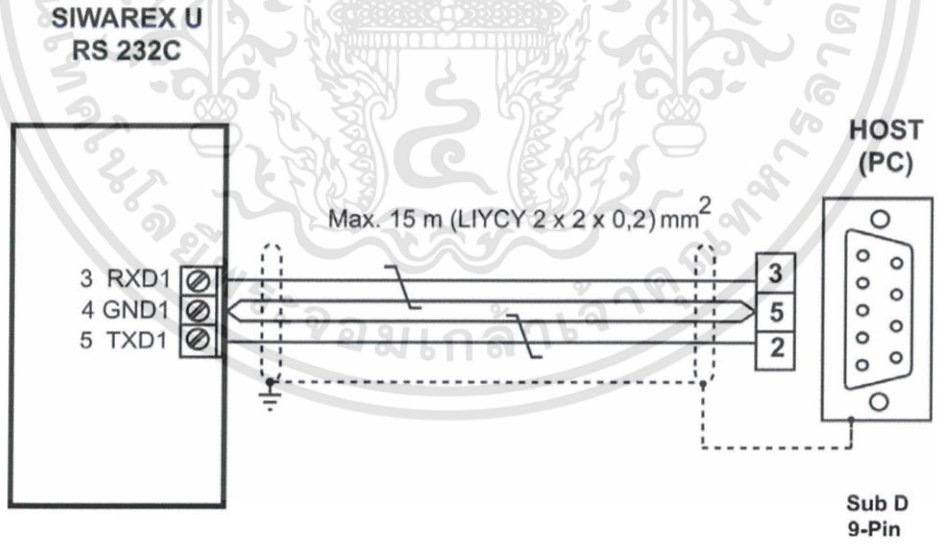
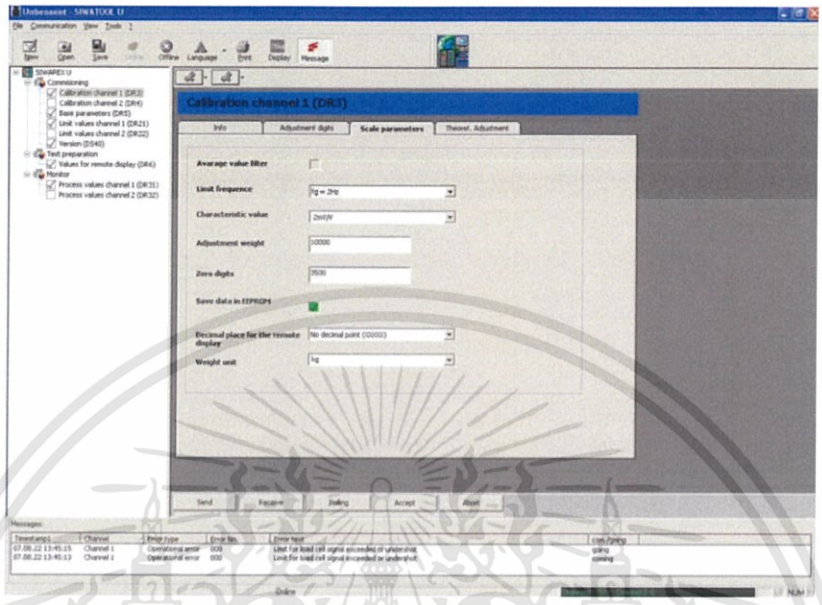


Figure 4-11 Connection of the PC

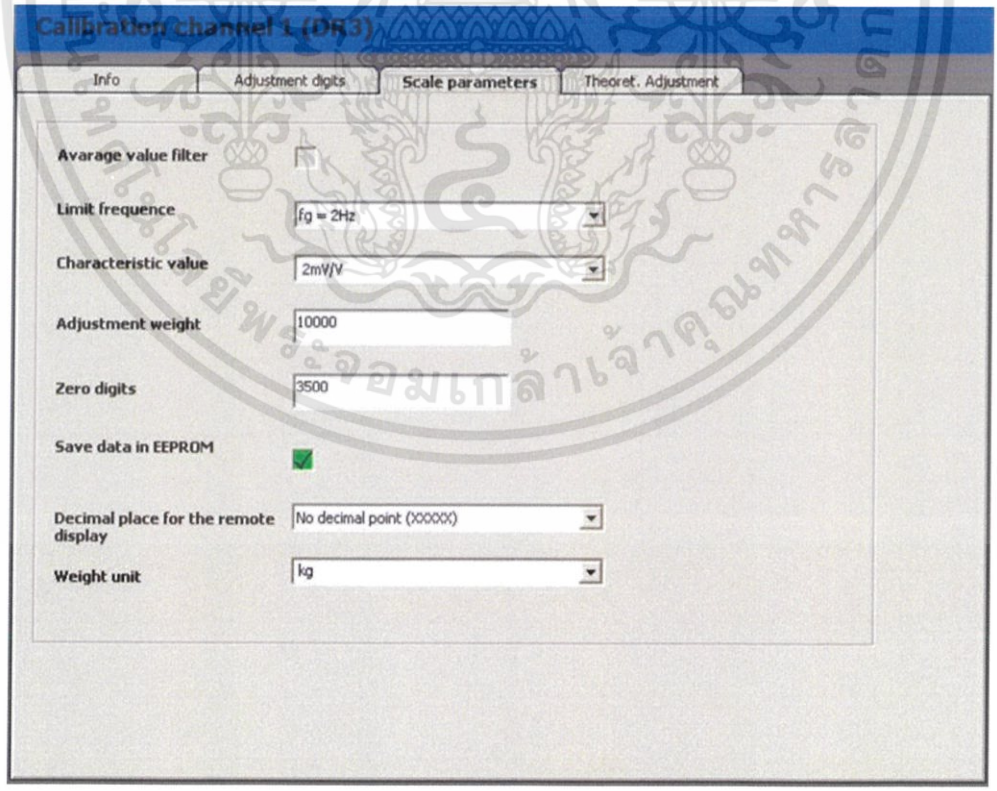
รูปที่ 3.41 การต่อพอร์ต RS-232 โดยการไขว้สาย DB9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อการเชื่อมต่อผ่าน RS-232 สมบูรณ์แล้ว จากนั้นต้องไปตั้งค่า Parameter ที่สำคัญๆใน โปรแกรม Siwatool ดังรูปที่ 3.42



รูปที่ 3.42 Interface ของโปรแกรม Siwatool



รูปที่ 3.43 หน้า Calibrate โหลดเซลล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.43 ส่วนที่ต้องตั้งค่า

- Limit Frequence เป็นการกำหนด Low-pass Filter เพื่อให้ค่าแรงดันที่โหลดเซลล์ส่งเข้า Siwarex มีค่าที่แม่นยำ

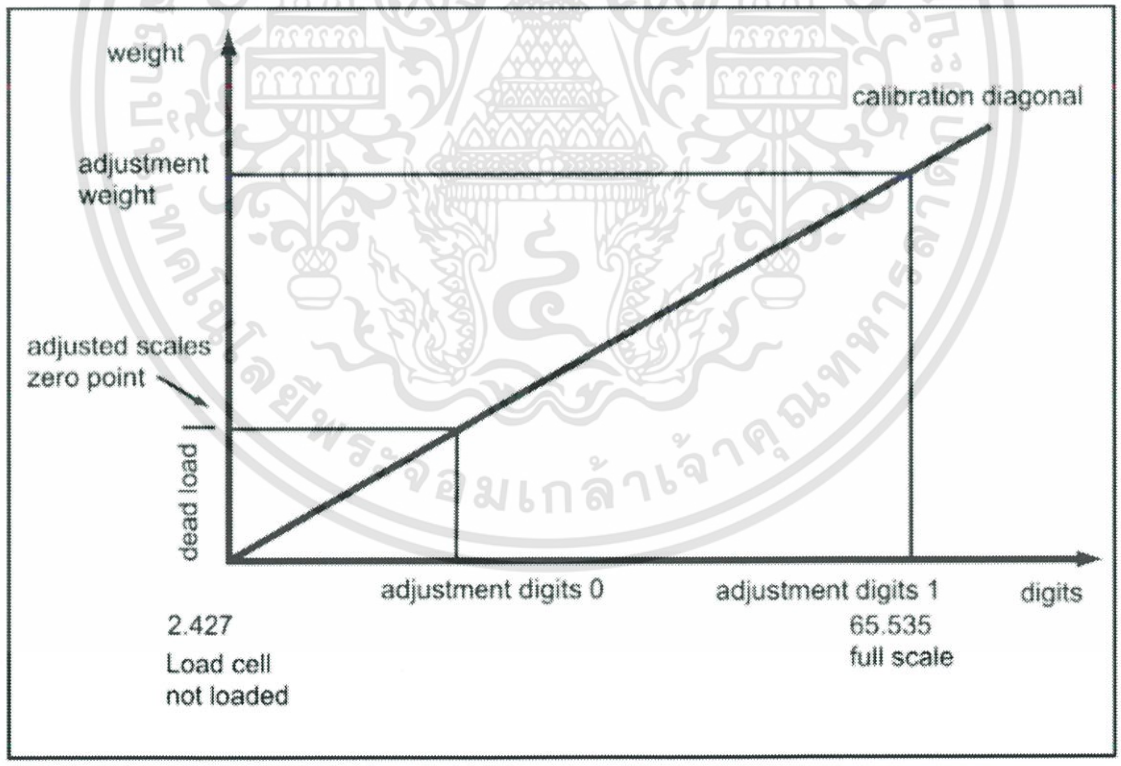
- Characteristic Value เป็นค่าสัญญาณแรงดันจากสเปคของโหลดเซลล์

- Adjustment Weight เป็นค่าน้ำหนักสูงสุดที่ตาชั่งวัดได้ ตรงนี้ต้องเซ็ต 200 กิโลกรัม

- Zero Digits เป็นค่า Digits ที่เห็นในโปรแกรมเมื่อไม่มีโหลดมากระทำกับโหลดเซลล์ ซึ่งจากการทดสอบหน้างานตัวเครื่องชั่งได้ทำงานในโหมด By Pass ทำให้โหลดเซลล์ไม่ได้รับโหลดจากมอลต์ แต่โหลดเซลล์ ส่งค่ามา W#16#28DD ดังรูปที่ 3.41 จึงต้องแปลงค่าจากเลขฐาน 16 ไปเป็นฐาน 10 จะได้ค่า 10461

- Decimal Place for The Remote Display ใช้ตั้งค่าแสดงผลทศนิยม

- Weight Unit ใช้เลือกหน่วยในการชั่ง



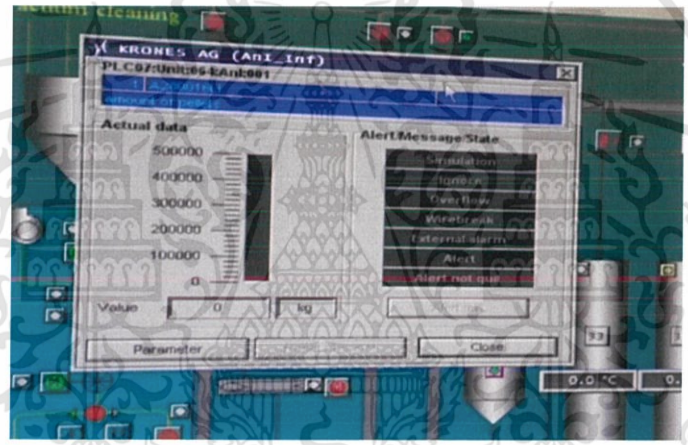
รูปที่ 3.44 กราฟอธิบายการ Scaling หลังจากการตั้งค่า Calibrate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

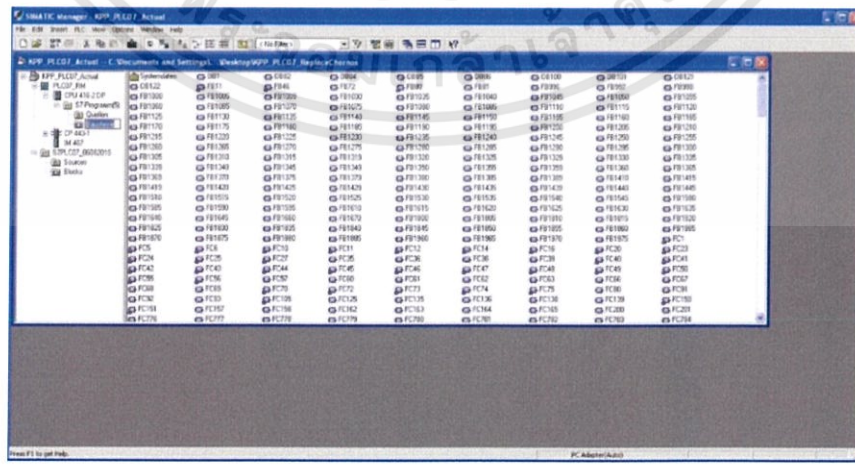
จากกราฟนั้นถ้าใส่ค่า 10461 ใน Zero Digits และใส่ 200 กิโลกรัม ใน Adjustment Weight ในทางโปรแกรม จะแสดงค่า 0-200 กิโลกรัม เป็น 10461-65535 เหตุที่ต้องเป็น 65535 เพราะข้อมูล Word มีขนาด 16 Bit

3.7 การออกแบบโปรแกรม

ต้องเริ่มจากการศึกษาตัวโปรแกรมควบคุมเดิมก่อน โดยข้อมูลที่หาได้จาก SCADA คือ โปรแกรมอยู่ใน PLC07 Unit ที่ 64 ชื่อ A2800 ดังนั้นต้องเข้าไปแก้โปรแกรมใน โปรแกรม PLC_07 FC1641/FB1640 โดยที่โปรแกรมที่ใช้งานอยู่ถูกเขียนโดย Supplier จะมีมาตรฐานในการเขียนคือ จะเขียน Step การทำงานไว้ที่ FC 1XX1 และประกาศบล็อค I/O ไว้ที่ FB 1XX0 โดย XX คือ รหัสยูนิต



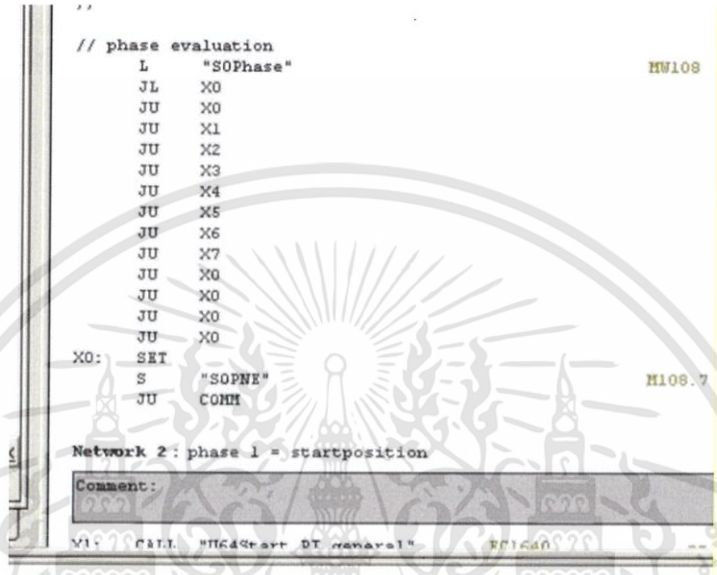
รูปที่ 3.45 การหารหัสเครื่องจักรจาก SCADA



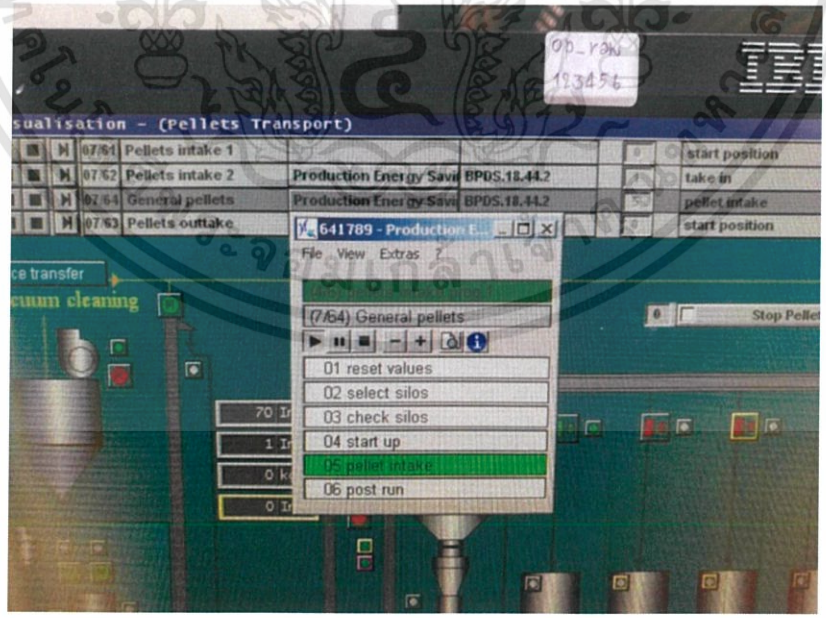
รูปที่ 3.46 ภายในโปรแกรมของ PLC07

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเชื่อมต่อแบบเดิมตัวเครื่องชั่ง Chronos จะทำงานตามคำสั่ง Start Batch/Stop Batch โดยตัวเครื่องชั่งจะทำงานตาม Recipe ที่ถูกเก็บอยู่ใน FC 1641 โดยโปรแกรมจะทำงานเป็นขั้นๆที่ละ Network ด้วยคำสั่ง JL (Jump Label) โดยคำสั่ง Start Batch จะอยู่ใน FC 1641/NW 7 Reception ดังนั้นจึงใส่โค้ดส่วนที่ควบคุมเครื่องชั่งไว้ในส่วนนี้ดังรูปที่ 3.47, 3.48, 3.49, 3.50 และรูปที่ 3.51

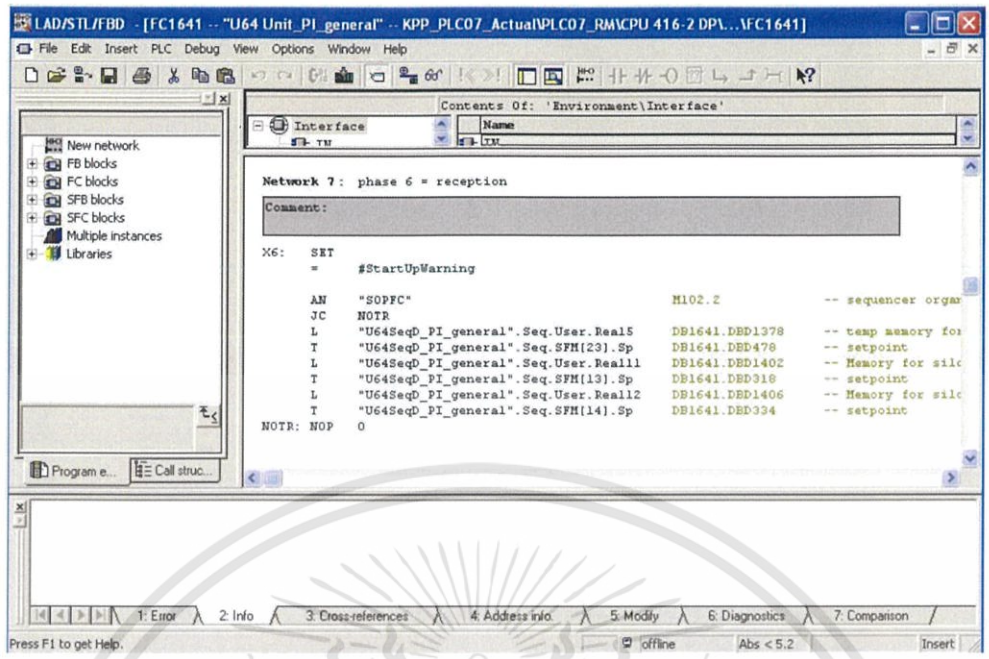


รูปที่ 3.47 การใช้คำสั่ง JL เพื่อให้โปรแกรมทำงานเป็นขั้นตอน

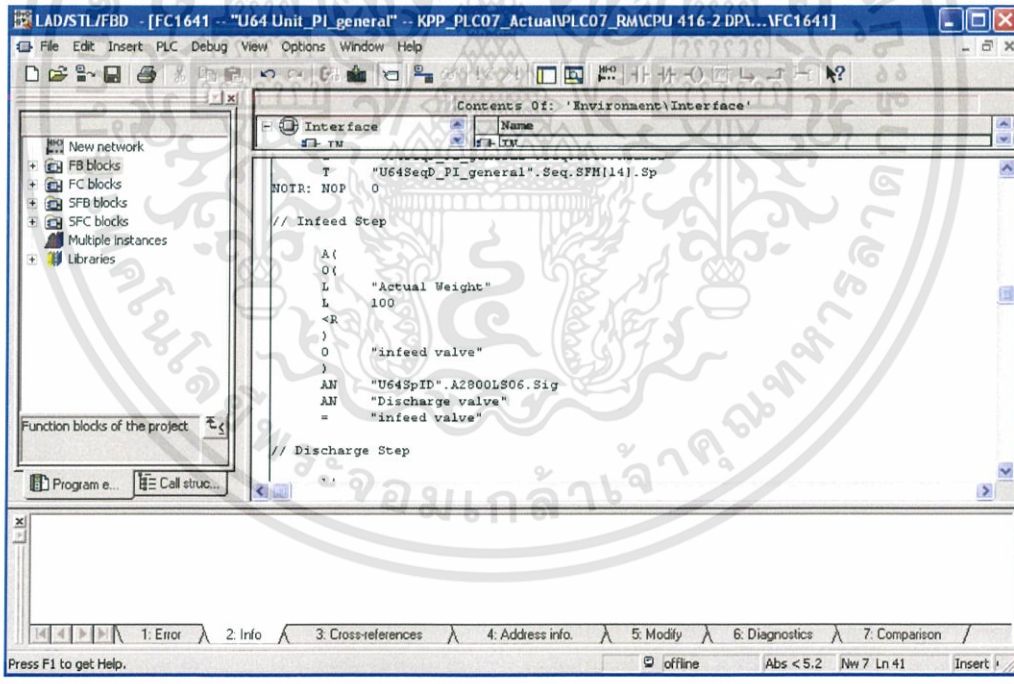


รูปที่ 3.48 ขั้นตอนการทำงานตาม Recipe ใน SCADA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

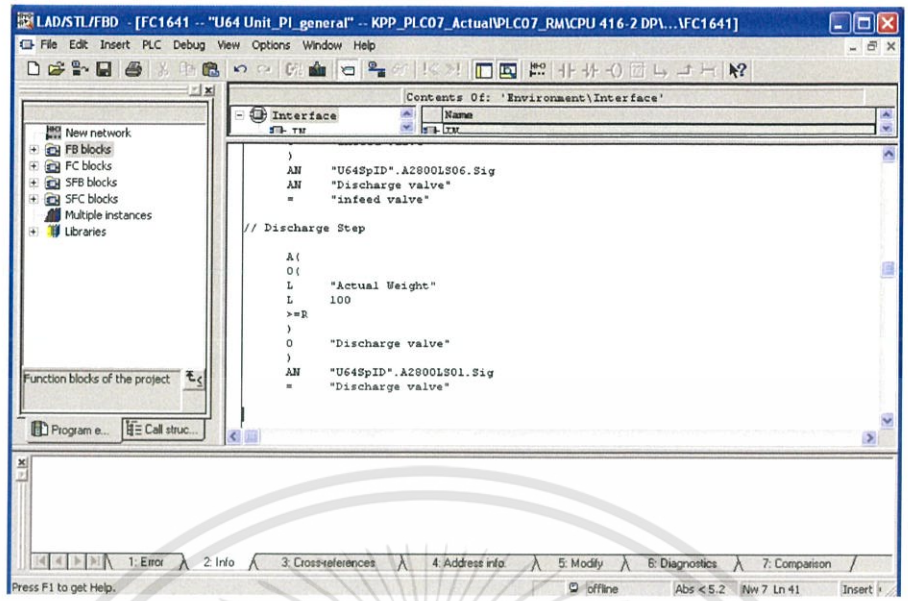


รูปที่ 3.49 Network ที่ 7 Phase 6 Reception



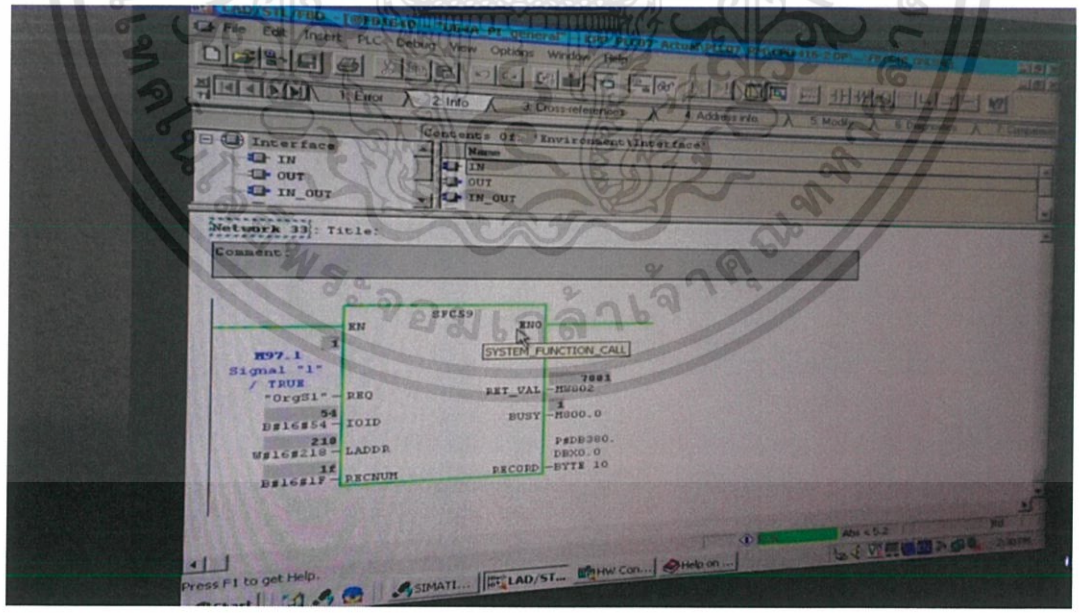
รูปที่ 3.50 ส่วนที่เพิ่มเติม Infeed Step

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.51 ส่วนที่เพิ่มเติม Discharge Step

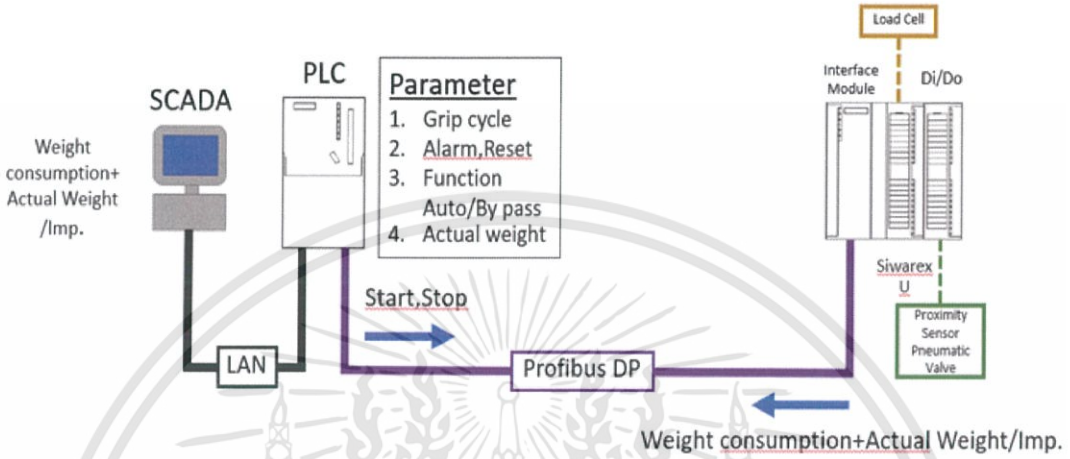
การเชื่อมต่อแบบใหม่เมื่อนำตัวระบบควบคุม Chronos ออก ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ จะถูกนำมาเก็บไว้ที่ PLC แทน และภาระในการอ่านค่าโหลดเซลล์ อ่านค่าเซนเซอร์ รวมถึงสั่งวาล์วเปิด/ปิด จะอยู่ที่วาล์วทั้งหมดโดยในส่วนการอ่านค่าโหลดเซลล์ได้เพิ่มไว้ใน FB 1640 ดังรูปที่ 3.52



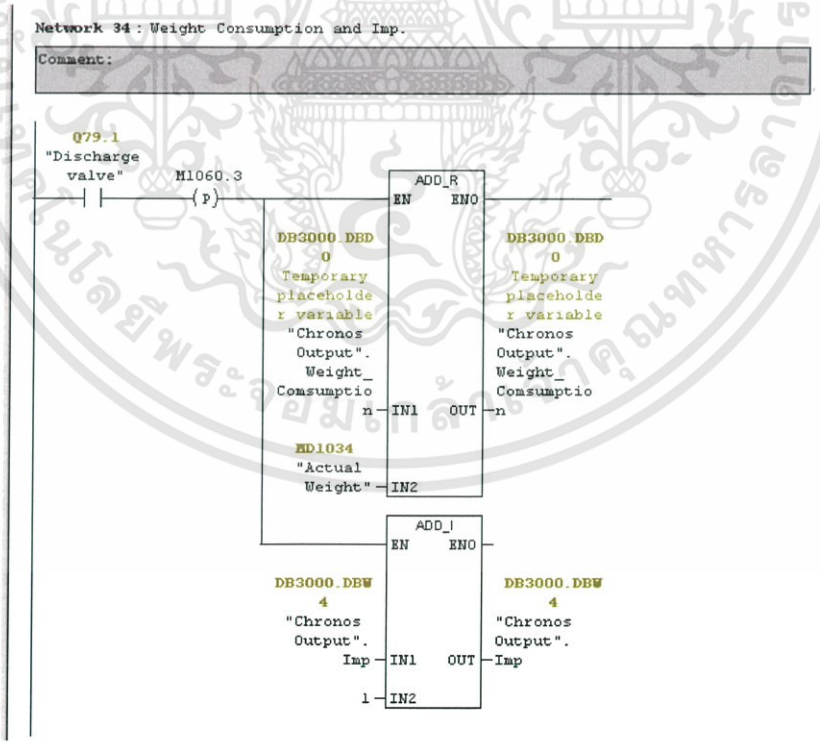
รูปที่ 3.52 การรับค่าจากโหลดเซลล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการปรับแต่งขั้นต้นทำให้สามารถเขียนไดอะแกรมใหม่ได้ดังรูปที่ 3.53 และผูกแท็กการแสดงผลค่า Analog ของ SCADA 2 Tag เข้ากับ MD1040 (Weight Consumption) และ MW1038 (Imp.) ดังรูปที่ 3.54 และรูปที่ 3.55

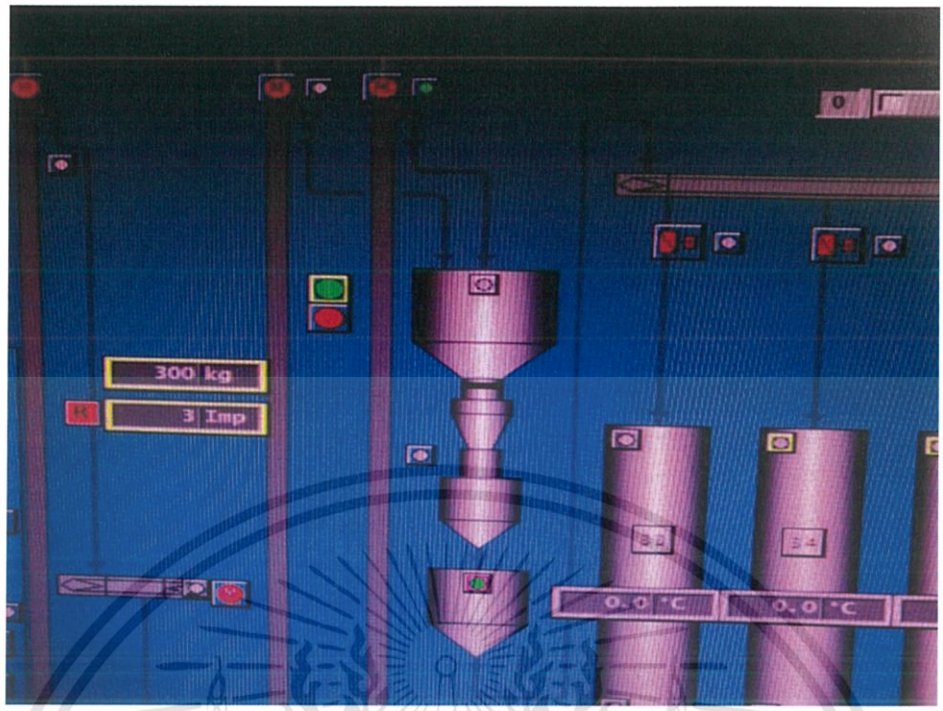


รูปที่ 3.53 ระบบควบคุมด้วย PLC



รูปที่ 3.54 DB3000.DBW4 (Imp) กับ DB3000.DBD0 (Weight Consumption)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.55 การแสดงผลใน SCADA Weight Consumptiom (บน) Imp (ล่าง)

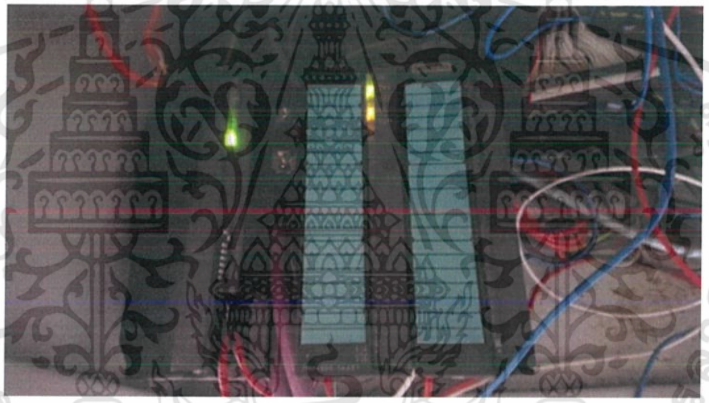
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

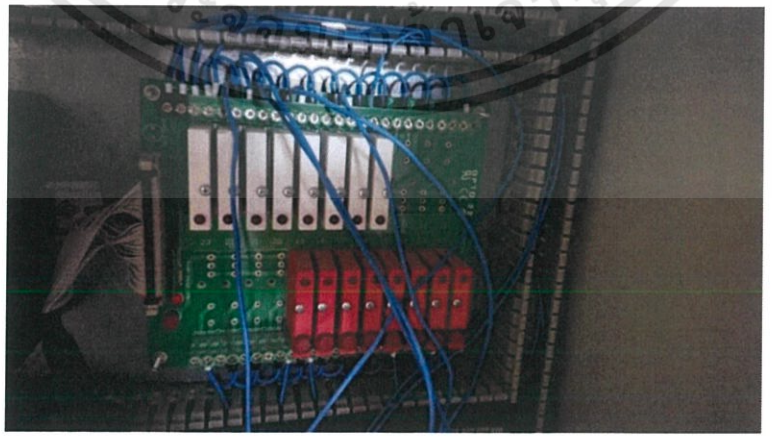
ผลการดำเนินโครงงาน

4.1 ส่วนประกอบทางไฟฟ้า

ผลการดำเนินงานในด้านส่วนประกอบทางไฟฟ้าสำเร็จไป 80 เปอร์เซ็นต์ แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ 1. การติดตั้ง Rack ของ PLC เข้ากับตู้ไฟฟ้าของตัวเครื่องชั่ง ซึ่งทางผู้ดูแลเครื่องต้องการเก็บตัวระบบควบคุมตัวเก่าไว้ จึงไม่มีเนื้อที่ในการติดตั้ง PLC อีกทั้งการที่เครื่องจักรต้องทำงานตลอดเวลา ทำให้ไม่สามารถถอดตู้ไฟฟ้ามาเดินสายใหม่ได้ จึงทำได้แค่เดินสายเข้ากับ PLC แสดงในรูปที่ 4.1 2. การ Mark สายสัญญาณและการทำ I/O Tast เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของการเชื่อมต่อสายสัญญาณกับ PLC แสดงในรูปที่ 4.3

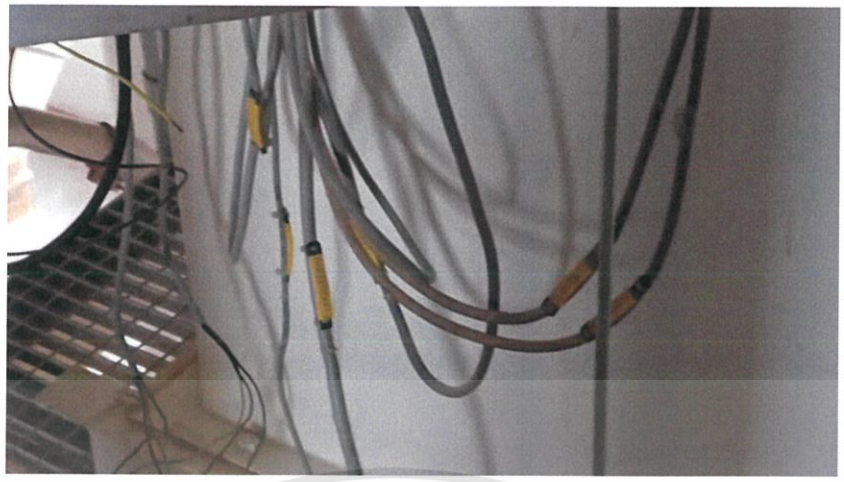


รูปที่ 4.1 การติดตั้ง PLC ในตู้ควบคุมไม่เสร็จสมบูรณ์



รูปที่ 4.2 ไม่ได้รับอนุญาตจากผู้ดูแลเครื่องจึงไม่สามารถถอดระบบควบคุมออกได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



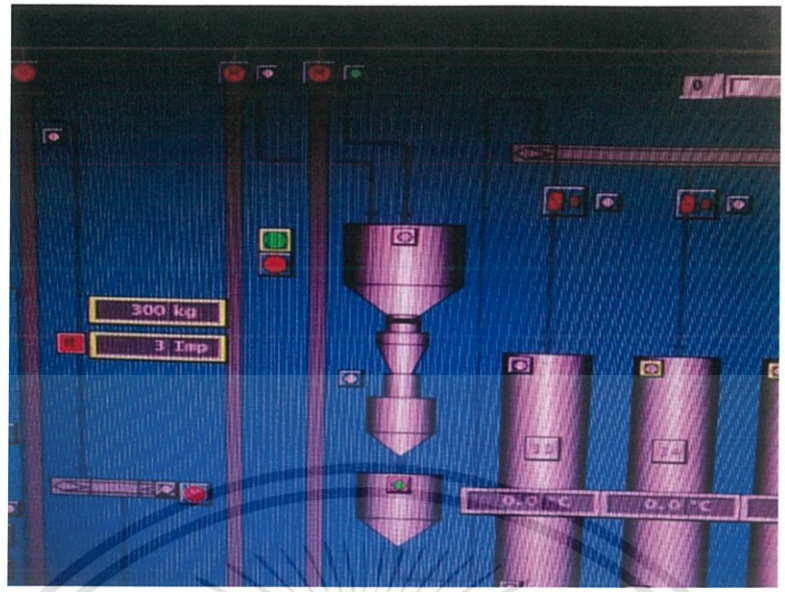
รูปที่ 4.3 Mark สายสัญญาณ (1)

รูปที่ 4.4 Mark สายสัญญาณ (2)

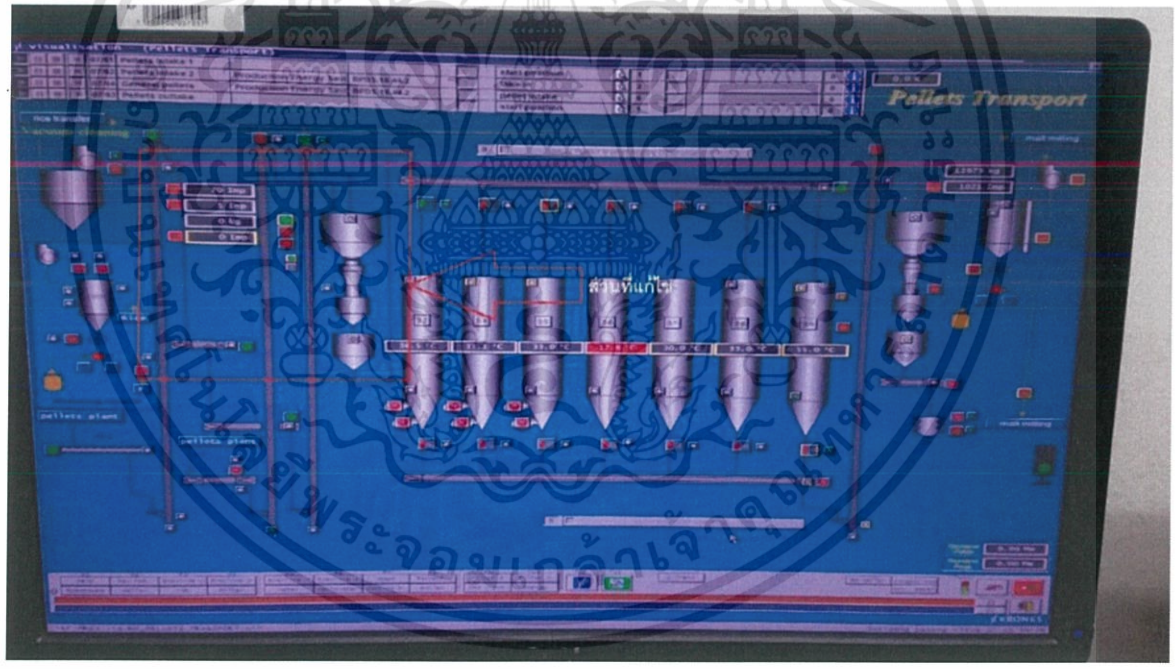
4.2 ผลการทดสอบโปรแกรม

จากผลการทดสอบโปรแกรม โดยสั่งงานผ่านหน้าจอ SCADA ส่งคำสั่งไปยังตัว PLC และสังเกตค่าน้ำหนักที่ทาง Siwarex U ส่งกลับมาขึ้นหน้า SCADA แสดงในรูปที่ 4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 การแสดงผลทาง SCADA ที่แก้ไขใหม่



รูปที่ 4.6 การแสดงผลทาง SCADA ของเดิม

จากรูปที่ 4.5 เทียบกับรูปที่ 4.6 ได้ปรับแต่งระบบ SCADA เดิม โดยได้จัดการเก็บ Tag แสดงผลที่ไม่ได้ใช้ และผูก Tag แสดงผลใหม่ เทียบค่าในโปรแกรม และทดสอบลำดับการทำงานของเครื่องชั่งวาล์วสามารถปิด-เปิดตามลำดับได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินโครงงาน

รายงานฉบับนี้ได้นำเสนอขั้นตอนในการรีโทรฟิตระบบควบคุมของเครื่องชั่ง ยี่ห้อ Chronos ประกอบด้วย ส่วนพร็อกซิมิตี้ เซนเซอร์ (Capacitive Proximity Sensors) วาล์ว (Valve) และโหลดเซลล์ (Load Cell) โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะยืดอายุการใช้งาน ลดค่าใช้จ่ายจากการบำรุงรักษา และสามารถขยายผลไปยังเครื่องจักรแบบเดียวกันในไลน์อื่น

จากการทำรายงานการรีโทรฟิตระบบควบคุมเครื่องชั่ง Chronos ด้วยระบบ PLC (Retrofit Controller on Weighing Machine Chronos) การเขียนโปรแกรมควบคุมของส่วนเครื่องชั่ง Chronos ได้รับการอนุมัติจากบริษัท เบียร์ไทย (1991) จำกัด (มหาชน) ให้ทำการติดตั้งระบบควบคุมใหม่ให้เสร็จ พร้อมทั้งให้ทำการทดสอบการทำงานของเครื่องจักร ความสมบูรณ์ของโปรแกรม การออกแบบวงจรไฟฟ้า ซึ่งได้ทำการทดสอบการทำงานเทียบกับ การทำงานด้วยระบบควบคุมแบบเก่าแล้ว สามารถทำงานทดแทนกันได้ เป็นไปตามที่ออกแบบไว้เป็นอย่างดี

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. การวางแผนการดำเนินงาน มีความสำคัญในการดำเนินโครงงานเป็นอย่างมาก ควรวางแผนเผื่อเวลาไว้ให้เหมาะสม สำหรับเหตุการณ์ที่ไม่คาดคิด

2. ควรเปิดใจเรียนรู้เรื่องใหม่ๆ เสมอเพราะเทคโนโลยีพัฒนาไปตามเวลา

3. การสื่อสารในการดำเนินงาน ควรสื่อสารให้เข้าใจถี่ถ้วนก่อนเริ่มดำเนินงาน เพื่อป้องกันความผิดพลาด ถ้าไม่เข้าใจต้องสอบถามให้ชัดเจน

4. ความใส่ใจ และเต็มที่ในงานที่ได้รับมอบหมายเป็นสิ่งสำคัญ เพื่อที่งานจะได้ออกมาสมบูรณ์มากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] **"หลักการการรีโทรฟิต(Retrofit)"** (Online).
Available : http://engineerknowledge.blogspot.com/2010/09/retrofit.html

[2] **"คาปาซิทีฟ พร็อกซิมิตี้เซนเซอร์ (Capacitive Proximity Sensors)"** (Online).
Available : https://www.supremelines.co.th/สาระน่ารู้/2089-คาปาซิทีฟ-พร็อกซิมิตี้-เซนเซอร์

[3] **"โหลดเซลล์ (หรือ loadcell)"** (Online).
Available : https://straightpoint.com/th/what-is-a-load-cell.html

[4] **"นิวแมติกส์ (pneumatic)"** (Online).
Available : http://mte.kmutt.ac.th/elearning/Bicycle_Air_Engine/lesson1_2.html

[5] **"การสื่อสารแบบ Profibus"** (Online).
Available : https://riverplusblog.com/2011/07/11/plc-protocal-การสื่อสารแบบ-profibus

[6] **"ระบบ SCADA"** (Online).
Available : http://mechatronnic2day.blogspot.com/2015/03/scada-1.html

[7] **"PLC (Programmable Logic Controller)"** (Online).
Available : https://www.amci.com/industrial-automation-resources/plc-automation-tutorials/what-plc/

[8] **"HMI Programmin"** (Online).
Available : http://www.energyscopethai.com/hmi-programming

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – ชื่อสกุล	พัทธนันท์ ตะสี
วัน เดือน ปี เกิด	10 มกราคม 2540
ที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 147/98 หมู่บ้านศิวภา ถนนสุขาประชาสรรค์2 ตำบล ปากเกร็ด อำเภอ ปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี

ประวัติการศึกษา

พ.ศ.2547-2552	สำเร็จการศึกษาระดับชั้นประถมจากโรงเรียนวัดบ่อ นันทวิทยา
พ.ศ.2553-2558	สำเร็จการศึกษาระดับชั้นมัธยมจากโรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย นนทบุรี
พ.ศ.2559-2561	หลักสูตรวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประวัติการฝึกงาน

พ.ศ.2561	บริษัท เบียร์ไทย (1991) จำกัด (มหาชน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้