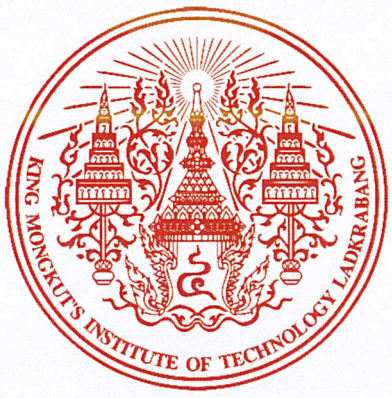


รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

ระบบการตรวจสอบและวิเคราะห์ข้อมูลพลังงานระยะไกลแบบ Real time

SCADA System for Monitor and Energy Management

นายสิทธ์ฐิพงษ์ โชติพฤกษ์สกุล

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงงานสหกิจศึกษา: ระบบการตรวจสอบและวิเคราะห์ข้อมูลพลังงานระยะไกลแบบ Real Time
ชื่อ-สกุล นักศึกษา: นายสิทธ์ฐิพงษ์ โชติพฤกษ์สกุล
คณะ: วิศวกรรมศาสตร์ **ภาควิชา:** วิศวกรรมการวัดและควบคุม
ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ: อาจารย์ รศ.ทรงชัย วีระทวีมาศ
ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน: คุณเด่น จันทร์ทองอ่อน
ชื่อสถานประกอบการ: บริษัท เอสซีลอร์ แมนูแฟ็คเจอริ่ง (ประเทศไทย) จำกัด

บทคัดย่อ

เนื่องจากปัจจุบันระบบการจัดการพลังงานภายในอุตสาหกรรมขนาดใหญ่นั้นมีความซับซ้อนมากในหลายๆเรื่อง เพราะมีปัจจัยต่าง ๆ เข้ามาเกี่ยวข้องไม่ว่าจะเป็น การวางโครงข่ายของสายไฟฟ้า, จุดติดตั้งเครื่องจักรหรือเครื่องมือวัดพลังงานไฟฟ้า, ทรัพยากรบุคคลากรที่มีความสามารถในการดูแล เป็นต้น วิธีที่จะเข้ามามีบทบาทและสามารถแก้ไขปัญหาได้ดีวิธีหนึ่งก็คือ ระบบการควบคุมและสังเกตการณ์ระยะไกลหรือ SCADA System เพราะเป็นหนึ่งในระบบที่ออกแบบมาสำหรับการตรวจสอบและควบคุมระบบต่าง ๆได้ในระยะไกล โดยขอบเขตของการทำระบบการจัดการพลังงานหรือ SCADA System ในที่นี้จะเป็นการมุ่งเน้นไปในส่วนของการวัดค่าพลังงานกำลังไฟฟ้ารวมที่เกิดจากการใช้งานเครื่องจักรต่างๆ ภายในอุตสาห-กรรมหรือแม้แต่อุปกรณ์ที่ใช้งานทั่วไปเช่น พัดลม หลอดไฟ เครื่องทำน้ำอุ่น เป็นต้น สาเหตุที่มุ่งเน้นไปเจาะจงเฉพาะเครื่องจักร เพราะเนื่องจากเครื่องจักรภายในอุตสาหกรรมต่างๆนั้น มีขนาดของการใช้กำลัง ไฟฟ้าที่สูงมากและมักจะมีปัญหาในเรื่องของการใช้งานพลังงานเกินความสามารถของเครื่องจักร ทำให้ค่าใช้ จ่ายในส่วนต่างของค่าไฟฟ้าที่เกิดขึ้นก็จะสูงขึ้นตามมาเช่นกัน ดังนั้นถ้าหากมีวิธีการควบคุมจัดการการใช้พลังงานในส่วนนี้ได้ก็จะเป็นผลดีกับอุตสาหกรรมนั้นๆต่อไปในอนาคต ดังนั้นผู้จัดทำจึงนำปัญหาที่เกิดขึ้นภายในอุตสาหกรรมมาแก้ปัญหา โดยการใช้ระบบการควบคุมและสังเกตการณ์ระยะไกล หรือที่เรียกกันว่า SCADA System เพราะเป็นวิธีการที่ผู้จัดทำสามารถออกแบบรูปแบบในการควบคุม สังเกตการณ์ หรือการแจ้งเตือนต่าง ๆได้เอง โดยมีวิธีการเชื่อมต่อข้อมูลกับเครื่องจักรนั้นด้วยวิธีการสื่อสารแบบโปรโตคอล (Protocol Connection) ผ่านสายสัญญาณ RS485 เพื่อเชื่อมต่อข้อมูลทั้งหมดเข้า OPC Server แล้วจึงนำระบบ SCADA System ที่ได้ออกแบบไว้ไปดึงข้อมูลที่จำเป็นต่อการควบคุมและสังเหตการณ์ไปใช้งาน

โครงงานฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อแสดงให้เห็นถึงขั้นตอนของการออกแบบระบบการควบคุมระยะไกลหรือ SCADA System รวมไปถึงวิธีการใช้งานซอฟต์แวร์ต่าง ๆที่มีความเกี่ยวข้องทั้งทางตรงและทางอ้อมกับระบบ SCADA System เพราะซอฟต์แวร์ที่ใช้เป็นซอฟต์แวร์ที่มีไว้สำหรับผู้ที่ต้องการออกแบบระบบ SCADA System ขึ้นมาเองตามความต้องการของผู้ใช้งานได้

คำสำคัญ: SCADA System, Protocol, RS-485, OPC Server

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Cooperative Title: SCADA System for Monitor and Energy Management
Student Intern Name: Sittipong Chotpruksakun
Faculty: Engineering **Department:** Instrumentation and Control Engineering
Advisor Name: Assoc.Prof. Songchai Wirathawemat
Mentor Name: Dan Janthong-orn
Company: Essilor Manufacturing (Thailand) Co.,Ltd.

Abstract

Due to the energy management system within a large industry, it is very complex in many ways. Because there are various factors involved, whether Network laying of electrical cables, installation point of machinery or electrical power measuring instruments, human resources capable of supervision, etc. One way to play a role and be able to solve problems is the remote control and observation system, or SCADA system because it is a choice system designed for remote monitoring and control of various systems. The scope of energy management or SCADA systems in this section get will focus on the Machine majority of energy use. Causes that focus on machine specifics Because Machinery in various industries have a very high power consumption and often have problems with the use of power beyond the capabilities of the machine. Causing the cost of the difference in electricity fees to occur will also increase accordingly, Therefore, if there is a way to control energy usage in this area, it will be good for the industry in the future. Therefore, the producer has brought the problems in the industry to solve the problem by using the remote control and observation system. Also known as the SCADA System because it is a method that the creator can design a form for controlling, observing or warning by itself. There is a method to connect the data with that machine by using the protocol connection method (RS485) to connect all data to the OPC Server and use the SCADA System that has been designed to retrieve the information necessary for control. And the observation to the workstation

This project is designed to show the process of designing a remote control system or SCADA System, including how to use software that is, directly and indirectly, related to the SCADA system. because the software used is software intended for those who want to design their SCADA System according to the needs of users.

Keywords: SCADA System, Protocol, RS-485, OPC Server

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานสหกิจศึกษาฉบับนี้สามารถกระทำได้สำเร็จลุล่วงด้วยความกรุณาช่วยเหลือ แนะนำให้คำปรึกษา ตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆด้วยความเอาใจใส่อย่างดียิ่งจาก รศ.ทรงชัย วีระทวีมาศ และ รศ. ดร.เกษตร์ ศิริสันติสัมฤทธิ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ในหลักสูตรวิศวกรรมการวัดคุม ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอบคุณ คุณเด่น จันทร์ทองอ่อน Project Manager บริษัท เอสซิลอร์ แมนูแฟคเจอริ่ง จำกัด และกลุ่มพี่เลี้ยงฝึกงานแผนก Maintenance ทุกท่านที่คอยให้ความรู้และคำปรึกษาที่ดีตลอดมา

ขอขอบคุณบิดาและมารดาผู้ที่คอยสนับสนุนการทำงานในทุกๆเรื่อง ทั้งกำลังทรัพย์และกำลังใจ ตลอดจนถึงการดูแลเอาใจใส่เป็นอย่างดีเยี่ยม นอกจากนี้ยังมีผู้ที่ให้ความร่วมมือช่วยเหลืออีกหลายท่าน ซึ่งผู้เขียนไม่สามารถกล่าวนามในที่นี้ได้หมด จึงขอขอบคุณทุกท่านเหล่านั้นไว้ ณ ที่โอกาสนี้ด้วย

คุณค่าทั้งหลายที่ได้รับจากรายการศึกษาโปรเจ็คสหกิจศึกษาฉบับนี้ ผู้เขียนขอมอบเป็นกตัญญูกตเวทีแด่บิดามารดาบูรพาจารย์ที่เคยอบรสั่งสอน รวมทั้งผู้มีพระคุณทุกท่าน

สิทธ์ฐิพงษ์ โชติพฤกษสกุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II
กิตติกรรมประกาศ.....III
สารบัญ.....IV
สารบัญรูปภาพ.....VI
สารบัญตาราง.....X
บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ.....1
1.2 วัตถุประสงค์โครงงาน.....1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน.....2
1.4 วิธีการดำเนินงานของโครงงาน.....2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....3
1.6 นิยามศัพท์.....3
บทที่ 2 องค์ประกอบของระบบ SCADA และข้อมูลที่เกี่ยวข้อง.....4
2.1 SCADA System.....4
2.1.1 โครงสร้างของ SCADA (Architecture).....5
2.1.2 หน้าที่การทำงาน (Functionality).....7
2.1.3 การสร้างและพัฒนา (Application Development).....8
2.1.4 โปรแกรมที่เกี่ยวข้อง.....9
2.2 OPC Server.....10
2.2.1 OPC คืออะไร.....10
2.2.2 OPC Background and evolution.....11
2.2.3 OPC Protocols or types.....12
2.3 การติดต่อสื่อสารด้วย Modbus Protocol Register.....15
2.3.1 Modbus Protocol.....15
2.3.2 มาตรฐานการสื่อสารของข้อมูล.....22
2.4 Power Meter.....28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 ศึกษาและออกแบบระบบ SCADA ภายในโรงงาน.....37
3.1 ตรวจสอบระบบการทำงานของเครื่องจักรภายในโรงงาน.....37
3.1.1 กระบวนการทำงานของระบบเครื่องจักรภายในบริษัท เอสซีลอร์ จำกัด.....37
3.1.2 ตรวจสอบความถูกต้องของไดอะแกรมเส้นเดียว (Single Line Diagram).....39
ของตู้ MDB ภายในโรงงาน เอสซีลอร์ จำกัด.....39
3.2 ขั้นตอนการเชื่อมต่อและเข้าถึงข้อมูลของมิเตอร์ทั้งติดตั้งกับเครื่องจักร.....46
OPC Server (Software: Kepware OPC).....46
3.3 การสร้างกราฟิกเพื่อแสดงผลการทำงานด้วยโปรแกรม GENESIS64.....61
3.3.1 การสร้างหน้าจอ Graphic เพื่อใช้ในการทำระบบ SCADA.....61
3.3.2 วิธีการใช้งานเครื่องมือ (Tool) ที่เกี่ยวข้อง.....62
บทที่ 4 ผลการดำเนินการสร้างระบบ SCADA.....68
4.1 ผลการศึกษาระบบการทำงานของอุปกรณ์และซอฟต์แวร์ที่เกี่ยวข้อง.....68
4.2 ผลการศึกษาระบบการทำงานของเครื่องจักรภายในโรงงาน.....69
และการสร้างระบบ SCADA.....69
4.2.1 หน้าจอหลักเพื่อใช้ในการแสดงผลโดยรวมของระบบ.....69
4.2.2 ผลการศึกษาและจัดทำหน้าจอแสดงกระบวนการ.....70
ทำงานจากไดอะแกรมเส้นเดียว(Single Line Diagram).....70
4.2.3 ผลการศึกษาระบบทำความเย็นภายในโรงงาน (Chiller System Display).....81
บทที่ 5 สรุป ปัญหา ข้อเสนอแนะ.....90
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน.....90
5.2 ปัญหา.....91
5.3 ข้อเสนอแนะ.....91
เอกสารอ้างอิง.....92
ประวัติผู้เขียน.....93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ **หน้า**

2.1 แสดงโครงสร้างแบบฮาร์ดแวร์ของระบบ SCADA....5
2.2 โครงสร้างด้านซอฟต์แวร์ของ SCADA....6
2.3 ตัวอย่าง Diagram ที่ใช้ในการเชื่อมต่อระบบผ่าน OPC Server....10
2.4 การสื่อสารระหว่าง Client กับ Server....11
2.5 OPC Client/Server Architecture....11
2.6 การสื่อสารของ OPC Classic....12
2.7 การทำงานของ SCADA เพื่อติดต่อกับ OPC DA และ OPC AE ทำแยกกันเป็น 2 Service....12
2.8 การสื่อสารของ OPC Classic และ OPC UA....13
2.9 การให้บริการข้อมูลของ OPC Server....14
2.10 การเชื่อมต่อกันของระบบโดยมี OPC Server เป็นตัวกลางในการเชื่อมต่อ....14
2.11 IoT (Internet of Thing)....15
2.12 ตัวอย่างการเชื่อมต่อกันด้วย Ethernet/Modbus Protocol....15
2.13 แสดงวิธีการสื่อสารระหว่าง Master กับ Slave....16
2.14 ลักษณะเฟรมข้อมูลของ Modbus RTU....17
2.15 ลักษณะเฟรมข้อมูลของ Modbus ASCII....18
2.16 การใช้ Modbus TCP/IP กับอุปกรณ์จำพวก Ethernet Device....19
2.17 การแปลง Modbus Serial เป็น Modbus Ethernet....19
2.18 การเชื่อมต่อ RS-485 ระหว่างเครื่องมือวัดกับตัวแปลงสัญญาณ....22
2.19 ตัวอย่างการทำงานของ RS485 แบบ Network....23
2.20 ตัวอย่างการเชื่อมต่อ RS232 ระหว่าง Computer กับ เครื่องมือวัด....25
2.21 ความสัมพันธ์ระหว่าง Active Power, Reactive Power และ Apparent Power....28
2.22 Gateway : Socomec DIRIS G30....29
2.23 ตัวอย่าง Display ของซอฟต์แวร์ Easy Config....30
2.24 Gateway : Wisco RC32....30
2.25 Power Meter : Socomec B10....31
2.26 Power Meter : E-Power ECM700....33
2.27 Power Meter : Schneider Power Logic PM500....34
2.28 Power Meter : Schneider Power Logic PM710....35
3.1 Layout ระบบทำความเย็นของ EMTC1....38
3.2 Layout ระบบทำความเย็นของ EMTC2....38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

3.3 Layout ระบบทำความเย็นของ EMTC3....39
3.4 Single Line Diagram ของตู้ MDB1 โรง EMTC1....40
3.5 Single Line Diagram ของตู้ MDB2 โรง EMTC1....40
3.6 Single Line Diagram ของตู้ MDB3 โรง EMTC1....41
3.7 Single Line Diagram ของตู้ MDB4 โรง EMTC1....41
3.8 Single Line Diagram ของตู้ MDB1 โรง EMTC2....43
3.9 Single Line Diagram ของตู้ MDB2 โรง EMTC2....43
3.10 Single Line Diagram ของตู้ MDB3 โรง EMTC2....44
3.11 Single Line Diagram ของตู้ MDB4 โรง EMTC2....44
3.12 Single Line Diagram ของตู้ MDB1 โรง EMTC3....45
3.13 สร้าง Project ขึ้นมาเพื่อเริ่มการทำงาน....47
3.14 สร้าง Channel ขึ้นมาใหม่....47
3.15 วิธีการเลือกชนิดของสัญญาณหรืออุปกรณ์ที่ใช้งาน....48
3.16 หน้าต่างที่ใช้ในการตั้งชื่ออุปกรณ์หรือชื่อ Channel ที่ต้องการ....48
3.17 เลือก Port VLAN/WLAN ที่ต้องการ....49
3.18 เลือก Default ของโปรแกรม....49
3.19 ตรวจสอบความเรียบร้อยของการตั้งค่า....50
3.20 ตั้งชื่อตามความเหมาะสม....50
3.21 เลือกชนิดของการติดต่อสื่อสาร....51
3.22 กำหนด Modbus Address....51
3.23 กำหนดหมายเลข Port และ IP Protocol....52
3.24 แสดงรายละเอียดของการตั้งค่า....52
3.25 สร้าง Tag รับข้อมูลจากมิเตอร์....53
3.26 การเข้าถึงข้อมูลด้วย Register Number....53
3.27 การเข้าถึงข้อมูลต่าง ๆด้วย Register Number....54
3.28 หน้าต่างแสดงพารามิเตอร์ต่าง ๆ....54
3.29 สร้าง Tag รับข้อมูลจากมิเตอร์....55
3.30 การเข้าถึงข้อมูลด้วย Register Number....55
3.31 การเข้าถึงข้อมูลต่าง ๆด้วย Register Number....56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

3.32 หน้าต่างแสดงพารามิเตอร์ต่าง ๆ....56
3.33 สร้าง Tag รับข้อมูลจากมิเตอร์....57
3.34 การเข้าถึงข้อมูลด้วย Register Number....57
3.35 การเข้าถึงข้อมูลต่าง ๆด้วย Register Number....58
3.36 หน้าต่างแสดงพารามิเตอร์ต่าง ๆ....58
3.37 สร้าง Tag รับข้อมูลจากมิเตอร์....59
3.38 การเข้าถึงข้อมูลด้วย Register Number....59
3.39 การเข้าถึงข้อมูลต่าง ๆด้วย Register Number....60
3.40 หน้าต่างแสดงพารามิเตอร์ต่าง ๆ....60
3.41 ICON ของโปรแกรม Genesis64....61
3.42 สร้างไฟล์ขึ้นมาใหม่....61
3.43 หน้าจอสำหรับใช้ออกแบบระบบต่าง ๆ....62
3.44 Tool Control ภายในโปรแกรม Genesis64....62
3.45 Browse ค่าสัญญาณที่ต้องการแสดง....63
3.46 แสดงค่าพารามิเตอร์ที่ต้องการ....63
3.47 สร้าง Process Point ที่ต้องการ Alarm....64
3.48 รายละเอียดของการสร้าง Alarm ทั่วไป....64
3.49 รายละเอียดของการสร้าง Alarm ด้วยเสียง....65
3.50 เปิดหน้าต่าง Symbols....65
3.51 หน้าต่าง Symbols....66
3.52 Symbols แบบ 3D....66
3.53 ตำแหน่งของ ICON ของการสร้าง Button....67
3.54 การตั้งค่าการทำงานของ Button....67
4.1 Block Diagram SCADA System....68
4.2 หน้าจอหลักของระบบ (Home Display) 69
4.3 Single Line Diagram EMTC1 – MDB1....71
4.4 Single Line Diagram EMTC1 – MDB2....71
4.5 Single Line Diagram EMTC1 – MDB3....72
4.6 Single Line Diagram EMTC1 – MDB4....72
4.7 Single Line Diagram EMTC2 – MDB1....75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.8 Single Line Diagram EMTC2 – MDB2....75
4.9 Single Line Diagram EMTC2 – MDB2 part2....76
4.10 Single Line Diagram EMTC2 – MDB3....76
4.11 Single Line Diagram EMTC2 – MDB4....77
4.12 Single Line Diagram EMTC3 – MDB1....79
4.13 หน้าจอแสดงผลของ Chiller System EMTC1....82
4.14 หน้าจอแสดงผลของ Chiller System EMTC2....84
4.15 หน้าจอแสดงผลของ Chiller System EMTC3....87
5.1 บรรยากาศการใช้งานระบบ SCADA ภายในแผนก Maintenance....90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1.1 แผนการดำเนินการ....2
2.1 Function Code Description....20
2.2 Modbus RTU Commands....20
2.3 เป็นตารางการเปรียบเทียบคุณสมบัติต่าง ๆ ของ RS485, RS232, RS423 และ RS422....24
2.4 ความยาวสายเคเบิล RS232 ตาม Texas Instruments....27
2.5 Register Number ของ Power Meter : Socomec B10....32
2.6 Register Number ของ Power Meter : E-power ECM700....33
2.7 Register Number ของ Power Meter : Schneider Power Logic PM500....35
2.8 Register Number ของ Power Meter : Schneider Power Logic PM710....36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ในปัจจุบันโลกได้มีเทคโนโลยีที่สามารถควบคุมและสั่งการระยะไกลได้ โดยสามารถกระทำได้ผ่านระบบการออนไลน์ (IoT) หรือสั่งการผ่านอุปกรณ์อิเล็กโทรนิคส์ แทนการจัดการด้วยมนุษย์เพื่อเป็นการลดทรัพยากรในส่วนนี้ลง โดยระบบการควบคุมสั่งการออนไลน์ (IoT) ในปัจจุบันนั้นมีด้วยกันหลายรูปแบบและที่เป็นที่นิยมหนึ่งในนั้นก็คือ ระบบการควบคุมและสั่งงานระยะไกล หรือ SCADA system

บริษัท เอสซีลอร์ แมนูแฟ็คเจอริ่ง จำกัด ถือกำเนิดในปี ค.ศ.1849 เริ่มจากร้านผลิตแว่นตาฝีมือประณีตในปารีส เรื่องราวของเอสซีลอร์ต่อยอดจากประวัติอันยาวนานของความเป็นเลิศ ซึ่งยังคงเป็นส่วนหนึ่งของวัฒนธรรมองค์กรจนถึงปัจจุบัน คือ นวัตกรรม, พันธมิตร, เปิดกว้างสู่ความเป็นสากล, จิตวิญญาณนักธุรกิจ และคุณค่าของมนุษย์ โดยปัจจุบันอัตราการผลิตเลนส์แว่นตาอยู่ในจุดที่สูงมาก ทำให้มีกำลังการผลิตที่เยอะและการใช้พลังงานที่มากขึ้นเช่นกัน ดังนั้นหากสามารถที่จะจัดการพลังงานที่ใช้งานให้อยู่ในจุดที่เป็นมาตรฐานได้ก็จะเป็นประโยชน์ที่ดีต่อบริษัทในอนาคตต่อไป

ในบทความนี้จึงเป็นการนำระบบ SCADA มาประยุกต์ใช้กับการจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอุตสาหกรรมการผลิต โดยปัจจุบันพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอุตสาหกรรมการผลิตต่าง ๆ มีปริมาณที่สูงขึ้นอย่างมากและยังจะสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง เมื่อเทียบกับกำลังการผลิตที่ทำได้ซึ่งถือว่ายังไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควรและหากยังเป็นพฤติกรรมแบบนี้ต่อไป อาจจะส่งผลโดยตรงกับอุตสาหกรรมการผลิตนั้น ๆ

และจากการที่ได้ทราบถึงกระบวนการการทำงานของอุตสาหกรรมการผลิตเลนส์ (Lens) ระบบการทำความเย็นภายในอาคาร (Heating Ventilation and Air Conditioning) รวมไปถึงพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เกิดขึ้นภายในบริษัท เอสซีลอร์ แมนูแฟ็คเจอริ่ง ทำให้ทราบว่าค่าใช้จ่ายในส่วนของค่าไฟกับกำลังการผลิตที่เกิดขึ้นยังมีประสิทธิภาพที่ไม่ดีพอ และทางบริษัทได้เล็งเห็นในส่วนนี้ จึงเกิดแนวคิดที่จะสร้างระบบการควบคุมจัดการพลังงานไฟฟ้า โดยใช้ระบบการจัดการ SCADA System เพื่อใช้ในการสังเกตการณ์ (Monitor) พฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องจักรที่มีทั้งหมดภายในโรงงานและหากพบปัญหาก็จะสามารถตรวจสอบแก้ไขปัญหานั้นได้ทันการ ก่อนที่เครื่องจักรหรืออุปกรณ์นั้นจะส่งผลต่อกระบวนการการทำงานหรือส่งผลต่อปริมาณการใช้กำลังไฟฟ้าภายในอุตสาหกรรมได้

1.2 วัตถุประสงค์โครงงาน

1.2.1 เพื่อใช้ผู้ใช้สามารถนำระบบ SCADA เข้ามาจัดการกับการใช้พลังงานไฟฟ้าได้

1.2.2 เพื่อให้ผู้ใช้เข้าใจระบบการทำงานของเครื่องจักรมากยิ่งขึ้น

1.2.3 เพื่อให้ง่ายต่อการสังเกตการณ์และจัดการกับปัญหาของเครื่องจักรได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1.3.1 ศึกษาการใช้งานซอฟต์แวร์ (Software) ที่เกี่ยวข้องในการทำระบบ SCADA

1.3.2 ศึกษากระบวนการทำงานของระบบทำความเย็น (Chiller Plant Optimization) ซึ่งเป็นเครื่องจักรที่สนใจ

1.3.3 ศึกษาการติดต่อสื่อสารระหว่าง SCADA System และมิเตอร์วัดกำลังไฟฟ้า (Power Meter) ผ่านระบบ Protocol

1.3.4 ศึกษาวิธีการออกแบบหน้าจอ SCADA System

1.4 แผนการดำเนินการ

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินการ

แผนการดำเนินงาน	เดือน	สิงหาคม				กันยายน				ตุลาคม				พฤศจิกายน			
	สัปดาห์ที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ศึกษาโปรเจคที่ได้รับและวางแผนการทำงาน																	
ศึกษาระบบการทำงานของ Protocol																	
ศึกษาการทำงานของอุปกรณ์วัด																	
ศึกษาวิธีการใช้งานโปรแกรมและซอฟต์แวร์																	
เชื่อมต่อสัญญาณกับอุปกรณ์ทั้งหมด																	
ออกแบบระบบ SCADA																	
จัดทำฐานข้อมูลสำหรับ SCADA System																	
ตรวจสอบระบบ รายงานปัญหาและแก้ไข																	
Online SCADA System for Management																	

1.4.1 ศึกษาระบบการติดต่อสื่อสารด้วย Modbus Protocol

1.4.2 ศึกษาวิธีการใช้งานซอฟต์แวร์ต่าง ๆที่เกี่ยวข้องกับการสร้างระบบ SCADA เช่น Genesis64, Kepware, Microsoft SQL Server เป็นต้น

1.4.3 ศึกษาการติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์วัดกำลังไฟฟ้า (Power Meter) แต่ละยี่ห้อด้วย Protocol Register

1.4.4 ศึกษา Layout ของระบบทำความเย็น (Chiller System) เพื่อใช้เป็นแบบอ้างอิงในการสร้างระบบ SCADA

1.4.5 ศึกษา Single Line Diagram ของระบบโรงงาน เพื่อใช้เป็นแบบอ้างอิงในการสร้างระบบ SCADA

1.4.6 ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่มีอยู่ในปัจจุบันของมิเตอร์ที่ติดตั้งในระบบต่าง ๆ

1.4.7 ศึกษาระบบการทำงานและติดตั้งมิเตอร์ในระบบต่าง ๆ

1.4.8 เริ่มติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์วัดหรือมิเตอร์ (Power Meter) ด้วยโปรแกรม Kepware OPC เพื่อนำ Tag OPC มาใช้งานควบคู่กับระบบ SCADA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4.9 ออกแบบหน้าจอปฏิบัติการของระบบ SCADA โดยมีเป้าหมายที่ระบบทำความเย็น (Chiller System)และแบบไดอะแกรมเส้นเดียว (Single Line Diagram) ของระบบต่าง ๆ ภายในโรงงาน

1.4.10 ศึกษารายละเอียดของอุปกรณ์เพื่อใช้เป็นมาตรฐานในการแจ้งเตือน (Alarm) ในระแบบ SCADA

1.4.11 นำค่าต่างๆ ที่วัดได้จากอุปกรณ์วัด (Power Meter) มาทำการจัดทำเป็นฐานข้อมูล (Data Bases) ด้วยโปรแกรม Microsoft SQL Server

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ได้รับความรู้ในด้านของการติดต่อสื่อสารกับผ่าน Protocol

1.5.2 เข้าใจการทำงานของระบบเครือข่าย Network/Ethernet ได้

1.5.3 เข้าใจลักษณะการทำงานของ OPC Server ได้

1.5.4 ได้รับความรู้และสามารถใช้งานซอฟต์แวร์ (Software) ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบ SCADA ได้

1.5.5 สามารถออกแบบหน้าจอ SCADA ได้ด้วยตัวเอง

1.6 นิยามศัพท์

1.6.1 Protocol คือการสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์ที่มีข้อตกลงกันระหว่างอุปกรณ์ด้วยกันเอง หรือภาษาสื่อสารที่ใช้เป็นภาษากลางในการสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์ด้วยกัน การที่เครื่องคอม-พิวเตอร์หรืออุปกรณ์อิเล็กโทรนิคส์ที่ถูกเชื่อมโยงกันไว้ในระบบจะสามารถติดต่อสื่อสารกันได้นั้น จำเป็นจะต้องมีการสื่อสารที่เรียกว่า โปรโตคอล (Protocol)

1.6.2 SCADA System หมายถึง ระบบตรวจสอบและวิเคราะห์ข้อมูลแบบ Real-time ที่มีสามารถในการตรวจสอบสถานะของอุปกรณ์อิเล็กโทรนิคส์ ตลอดจนถึงควบคุมการทำงานของระบบการควบคุมในอุตสาหกรรมและงานวิศวกรรมต่าง ๆ เช่น งานด้านโทรคมนาคมสื่อสาร การประปา การบำบัดน้ำเสีย โทรมาตร การจัดการด้านพลังงาน เป็นต้น

1.6.3 Internet of Things หรือ IoT หมายถึง การติดต่อสื่อสารกันระหว่างอุปกรณ์อิเล็กโทรนิคส์ต่าง ๆ โดยมีสัญญาณอินเทอร์เน็ตเป็นสื่อกลางในการสื่อสาร เชื่องโยงทุกอย่างเพื่อให้สามารถเข้าถึงกันได้ทำรวมไปถึงการควบคุมการใช้งานอุปกรณ์ต่าง ๆ ผ่านทางเครือข่ายอินเตอร์เน็ต เช่น การเปิด-ปิด อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
องค์ประกอบของระบบ SCADA และข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

บทบาทที่สำคัญบทบาทหนึ่งสำหรับผู้บริหาร วิศวกร และวิศวกรผู้แลทางด้านการควบคุมระบบอัตโนมัติ คือ การควบคุมโครงสร้างการผลิต การควบคุมโครงการอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องและเชื่อมโยงกับการผลิต รวมไปถึงการตรวจสอบว่าเป้าหมายและแผนงานต่าง ๆได้มีการดำเนินการตามที่คาดหวังไว้หรือไม่ เพื่อประกอบการตัดสินใจ และแก้ไขปัญหาได้ถูกต้อง ทันท่วงที

SCADA จึงได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในการช่วยตรวจสอบและควบคุมระบบการผลิต ระบบการควบคุมอัตโนมัติ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ผู้จัดทำได้ศึกษาเอกสารต่าง ๆ รวมไปถึงรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องสำหรับการใช้งานโปรแกรม รวมไปถึงโปรแกรมและเอกสารอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสร้าง SCADA System ดังต่อไปนี้

2.1 SCADA System

2.2 OPC Server

2.3 การติดต่อสื่อสารกันด้วย Modbus Protocol Register และมาตรฐานการสื่อสารข้อมูล

2.4 Power Meter

2.1 SCADA System

SCADA เป็นคำที่ย่อมาจากคำว่า Supervisory Control and Data Acquisition เป็นระบบการตรวจสอบและวิเคราะห์ข้อมูลแบบ Real-time ใช้ในการตรวจสอบสถานะตลอดจนถึงการควบคุมการทำงานของระบบควบคุมต่างๆในอุตสาหกรรมและงานวิศวกรรมตัวอย่างเช่นงานด้านการโทรคมนาคม สื่อสาร การประปา การบำบัดน้ำเสีย การจัดการในด้านของพลังงาน อุตสาหกรรมเคมี อุตสาหกรรมประกอบรถยนต์ หรือแม้แต่ กระบวนการนิวเคลียร์ในโรงไฟฟ้า เป็นต้น โดยตัวอย่างของการใช้งาน เช่น ใช้ระบบ SCADA ในการตรวจสอบข้อมูลการรั่วไหลของของเหลวที่เกิดขึ้นในท่อขนส่งจากตัวตรวจวัดและส่งสัญญาณแจ้งเตือนให้พนักงานทราบ โดยส่งข้อมูลสู่ส่วนกลางของ SCADA System เป็นต้น

นอกจากนั้น SCADA อาจทำหน้าในการคำนวณและประมวลผลข้อมูลที่ได้จากฮาร์ดแวร์ต่าง ๆ เช่น PLC, Controller, DCS หรือ RTU แล้วแสดงข้อมูลบนหน้าจอ หรือสัญญาณเพื่อใช้ในการควบคุมฮาร์ดแวร์ดังกล่าว ตัวอย่างเช่น หากอุณหภูมิของอุปกรณ์มีอุณหภูมิที่สูงเกินพิกัด ให้ทำการปิดอุปกรณ์นั้นทันทีหรือตามความเหมาะสม เป็นต้น โดยการสั่งงานผ่านระบบการควบคุม PLC หรือ Controller ที่ติดต่ออยู่ ณ จุดนั้น ทั้งนี้ SCADA ยังสามารถเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้จากระบบการควบคุมทั้งหมดไว้ภายในฐานข้อมูลเพื่อให้พนักงาน ผู้ใช้งานหรือโปรแกรมอื่น ๆ สามารถนำข้อมูลในฐานข้อมูลไปใช้งานได้

ระบบ SCADA นั้นสามารถเข้าไปมีส่วนในส่วนของงานควบคุมทั้งเล็กและใหญ่ที่มีความต้องการแสดงผล แลกเปลี่ยนข้อมูล หรือแม้กระทั่งควบคุมระบบต่าง ๆ จากส่วนกลาง เพื่อการทำงานของระบบรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

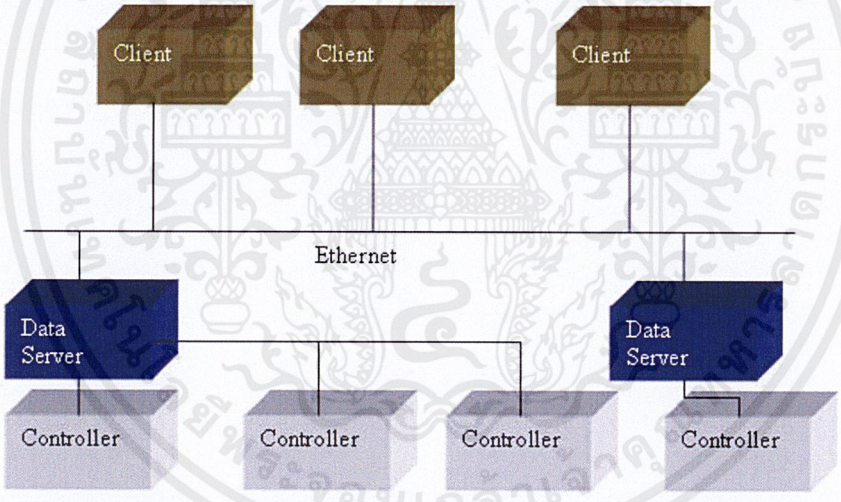
ที่สัมพันธ์กัน ทำให้มองเห็นภาพรวมได้อย่างชัดเจนและมีความสะดวกรวดเร็วต่อเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นภายในระบบ

2.1.1 โครงสร้างของ SCADA (Architecture)

โครงสร้างด้านฮาร์ดแวร์ (Hardware Architecture)

SCADA แบ่งตามโครงสร้างฮาร์ดแวร์ได้สองระดับคือ Client และ Data Server หรือที่ เรียกสั้นๆว่า Server โดยที่ Client คือ คอมพิวเตอร์ที่รับส่งข้อมูลไปยัง Data Server โดยฝั่ง Client นี้จะแสดงผลการทำงานของระบบควบคุม ตัวอย่างเช่น แสดงเป็นกราฟฟิก แสดงกราฟแบบต่อเนื่อง แสดงระบบแจ้งเตือนเมื่อเกิดเหตุการณ์ฉุกเฉิน หรือเมื่อมีความต้องการที่จะแจ้งเตือน เป็นต้น ฝั่ง Client สามารถสั่งงานควบคุมไปยัง Data Server เพื่อส่งสัญญาณการควบคุมไปยังระบบ DCS, PLC หรือ อุปกรณ์ Controller ต่าง ๆได้

ในส่วนของ Data Sever มีหน้าที่ติดต่อกับระบบ PLC, DCS หรืออุปกรณ์ Controller ต่าง ๆ เพื่อรับสัญญาณและส่งสัญญาณไปยัง Client และรับการร้องขอความต้องการจาก Client เพื่อใช้ในการควบคุมอุปกรณ์ PLC หรือ Controller ต่าง ๆ ส่วนใหญ่ติดต่อกันผ่านระบบเครือข่าย Ethernet ดังรูปที่ 1.1



รูปที่ 2.1 แสดงโครงสร้างแบบฮาร์ดแวร์ของระบบ SCADA

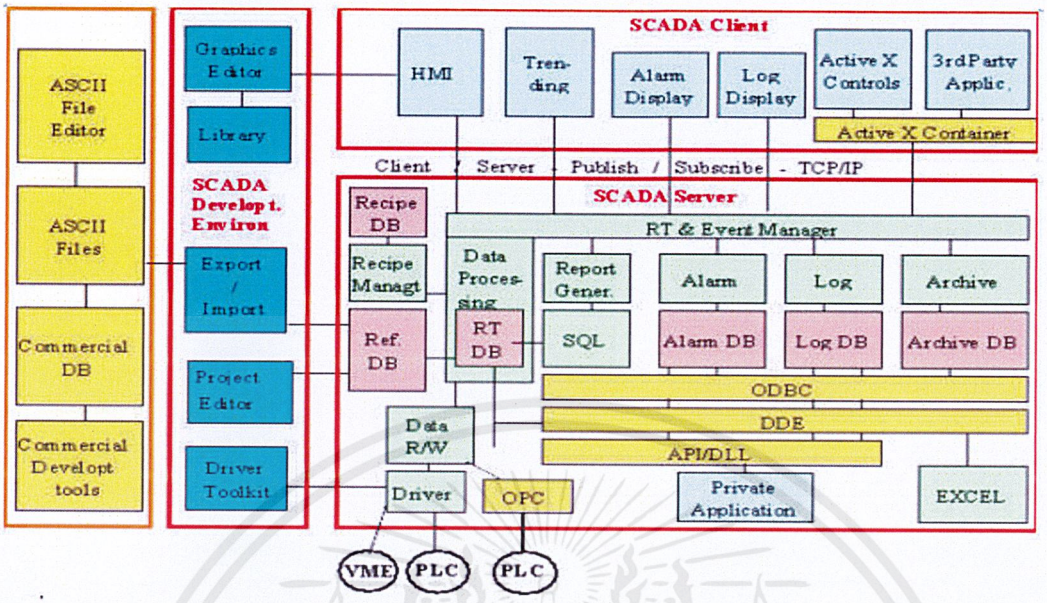
จากรูปที่ 2.1 นั้น Controller จะติดต่อกับอุปกรณ์ Field Instrument ต่าง ๆ เช่นเซ็นเซอร์ รีเลย์ เป็นต้นเพื่อนำสัญญาณมาให้กับ Data Server

โครงสร้างด้านซอฟต์แวร์ (Software Architecture)

โครงสร้างด้านซอฟต์แวร์ของระบบ SCADA นั้นมีข้อที่ต้องทราบคือ SCADA ใช้เทคโนโลยีในการสื่อสารกับฮาร์ดแวร์ (เช่น PLC, DCS) ต่าง ๆกันไปตามผู้ผลิต เช่น การใช้ Driver เฉพาะของผู้ผลิต SCADA เพื่อสื่อสารกับ PLC, DCS เป็นต้น ซึ่งในปัจจุบันมีการกำหนดมาตรฐานกลางคือ OPC ขึ้นมาเพื่อยุติปัญหาการใช้เทคโนโลยีเฉพาะด้านในการสื่อสาร นอกจากนั้นยังมีความสามารถในการ ให้บริการข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กับ Client ได้โดยตรงที่มีทั้งความรวดเร็วและความเสถียรภาพ



รูปที่ 2.2 โครงสร้างด้านซอฟต์แวร์ของ SCADA

จากรูปที่ 2.2 จะพบว่าในส่วนของ SCADA Server มีการติดต่อ PLC หรือ Controller นั้นทำได้ทั้งผ่าน Driver หรือ OPC โดยที่ OPC และ Driver สามารถรับคำสั่งแบบ Read / Write เพื่ออ่านข้อมูลจาก PLC หรือ เขียนข้อมูลเพื่อสั่งงานไปยัง PLC ได้ และ SCADA Server จะทำหน้าที่จัดการข้อมูล RTDB (Real Time Data Base) ที่ได้จาก PLC แล้วส่งให้กับ SCADA Client โดยที่ SCADA Server บางประเภทจะติดต่อกับ SCADA Client ผ่าน DDE Server ซึ่งทำให้สามารถนำเข้าข้อมูลจาก PLC เข้าสู่โปรแกรม เช่น MS Excel หรือ โปแกรม Clientอื่น ๆ ที่ติดต่อกับ DDE Server ได้

SCADA บางตัวจะออกแบบให้ SCADA Server ทำหน้าที่ตรวจจับ Alarm และเก็บไว้ใน Alarm DB หรือเก็บข้อมูลที่เป็น Historian ไว้ใน Log DB เป็นต้น เพื่อส่งให้ Alarm Display และ Log Display ทางฝั่ง SCADA Client ต่อไป สำหรับในส่วน Development Environment นั้นจะขึ้นอยู่กับการออกแบบของ SCADA ซอฟต์แวร์นั้น ๆ ซึ่งโดยทั่วไปก็จะมีเครื่องมือในการสร้างและจัดการกราฟิก (Graphic Editor) เครื่องมือในการจัดการโปรเจ็คที่สร้างขึ้นมา (Project Editor) มีเครื่องมือในการนำเข้าและส่งออก Text File ที่เก็บค่าคอนฟิกูเรชั่นของการติดต่อกับ Driver หรือ OPC Server ไว้

โครงสร้างด้านการสื่อสาร (Communications)

การสื่อสารระหว่าง Client-Server จะสื่อสารผ่านโปรโตคอลโดยทั่วไปเช่น TCP/IP โดย Client จะติดต่อกับพารามิเตอร์หรือ Tag ภายใน Server ที่บริการข้อมูลด้วยรูปแบบที่แตกต่างกันไปตามผู้ผลิต เช่นมีการส่งค่าจาก Server เมื่อค่าของ I/O ของ PLC มีการเปลี่ยนแปลง เป็นต้น

การสื่อสารกับอุปกรณ์นั้น Server จะมีหน้าที่ในการตรวจสอบค่าหรือข้อมูล จากอุปกรณ์ตามช่วงเวลาที่ผู้ใช้งานได้มีการกำหนดไว้ (Defined Polling Rate) โดยอาจจะต่างกันไปตามพารามิเตอร์ที่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเภทต่าง ๆ โดยตัว Controller จะส่งค่าพารามิเตอร์ตามที่ถูกร้องขอจาก Client ให้กับ Data Server พร้อมกับค่าเวลาที่ทำการส่งข้อมูลขณะนั้น (Time Stamp) การสื่อสารกับอุปกรณ์ของ Data Server นั้น อาจจะเป็นการสื่อสารแบบ Modbus, Profibus, CAN Bus เป็นต้น ขึ้นอยู่กับมาตรฐานการสื่อสารของอุปกรณ์แต่ละชนิดว่าเป็นแบบใด และในปัจจุบันยังมีการสร้าง OPC Server ที่สามารถสนับสนุนการติดต่อสื่อสารกันด้วยมาตรฐานต่าง ๆ เพิ่มขึ้นมากมายมากขึ้นจนครอบคลุมอุปกรณ์เกือบทุกประเภท และมีการพัฒนาให้สามารถใช้งานได้ทั่วถึงไปยังอุปกรณ์ใหม่ ๆ อย่างต่อเนื่อง

2.1.2 หน้าที่การทำงาน (Functionality)

1. การเข้าถึงพารามิเตอร์ของอุปกรณ์

หมายถึงความสามารถในการเข้าถึงกลุ่มของพารามิเตอร์ในอุปกรณ์ เช่น I/O ของ PLC เป็นต้น ความสามารถของ Data Server ในการกำหนดว่าพารามิเตอร์ใด อ่านได้อย่างเดียว เขียนได้อย่างเดียว หรือทั้งอ่านทั้งเขียน เป็นต้น

2. ระบบแสดงผลแบบ MMI (Man Machine Interface)

คือความสามารถในการแสดงผลการทำงานของอุปกรณ์ในรูปแบบของกราฟิก ข้อความ สัญลักษณ์ หรือแผนภาพ เป็นต้น โดยสามารถที่จะเชื่อมโยงลักษณะของการเปลี่ยนแปลงของกราฟิกเหล่านี้ให้เข้ากับพารามิเตอร์จาก Data Server ได้อีกด้วย และมีความสามารถในการสั่งใช้งานผ่านระบบของการแสดงกราฟิกเช่น การปิด/เปิด สวิทช์บนจอมอนิเตอร์และสามารถส่งผลไปยัง I/O ของ PLC เป็นต้น

ความสามารถในการจัดการกราฟิกเช่น การย่อ ขยาย การกำหนดการเคลื่อนไหวแบบต่าง ๆ เช่น การหมุน การเคลื่อนที่แบบซิกแซกตามสัญญาณของ Data Server การแสดงผลสัญญาณในรูปแบบมิเตอร์และเกจวัดแบบต่าง ๆ การนำเข้ากราฟิกประเภทต่าง ๆ การจัดแบ่งชั้นของสีของกราฟิก เป็นต้น

3. ระบบแสดงกราฟสัญญาณแบบต่อเนื่อง (Trending)

Trending เป็นความสามารถอย่างหนึ่ง ที่ใช้ในการพล็อตกราฟข้อมูลต่อเนื่องกันไปบนจอภาพเพื่อแสดงค่าสัญญาณจาก Data Server โดยอาจจะสามารถพล็อตสัญญาณได้หลากหลายสัญญาณ ตัวอย่างเช่น 8 – 24 สัญญาณ พร้อมกันในหน้าต่างเดียว เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบสัญญาณที่พล็อตได้ และไม่จำกัดว่าจะทำการสร้างหน้าต่างพล็อตจำนวนเท่าใด

ระบบ Trending อาจมีความสามารถในการซูมกราฟสัญญาณที่ได้ทำการพล็อต และหยุดการพล็อตเพื่อเลื่อนดูค่าที่พล็อตได้ในแต่ละช่วงเวลาด้วยตัวของผู้ ใช้งานเอง นอกจากนั้นการพล็อตอาจสามารถเลือกได้ว่าจะให้เป็นการพล็อตแบบใด ตัวอย่างเช่น Time Plot, Logarithmic Plot, X-Y Plot, Circular, Bar Chart, Strip Chart เป็นต้น นอกจากนั้นบางผู้ผลิตยังสามารถนำค่า Historian หรือข้อมูลสัญญาณที่เก็บไว้ในฐานข้อมูลออกมาพล็อต ได้อีกด้วย

4. ระบบแจ้งเตือน (Alarm)

SCADA Software ส่วนใหญ่มีระบบแจ้งเตือนโดยการสร้าง Alarm Display เพื่อทำการรับสัญญาณที่ต้องการมาจาก Alarm DB จากฝั่ง SCADA Server โดย Alarm DB สามารถที่จะทำการกำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าคอนฟิคกูเรชันว่าจะนำสัญญาณตัวใดมาเป็นตัวพารามิเตอร์ในการแจ้งเตือนบ้างและมีการแบ่งระดับของ Priority, Limit ว่าจะให้มีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร เป็นต้น

ระบบแจ้งเตือนยังสามารถที่จะเก็บข้อมูลการแจ้งเตือนไว้ในฐานข้อมูลประเภทต่าง ๆ ได้เช่น Oracle, MS Excel, MS SQL Server, MS Access เป็นต้น และซอฟต์แวร์บางยี่ห้อสามารถแสดงออกมาเป็นรายงานในรูปแบบตารางหรือ แผนภูมิได้อีกด้วย

5. การทำงานแบบ Automation

เป็นความสามารถที่ SCADA ทำหน้าที่ต่างๆตามที่กำหนด เช่น ส่งอีเมล์ แสดงข้อความแบบ Instance Message บนหน้าจอ เปิดไปยังหน้าจออื่น ๆ เก็บข้อมูลลงฐานข้อมูล เปิดโปรแกรม หรือรันคำสั่งสคริปต์ เป็นต้น ตามสัญญาณที่ได้รับจาก Data Server และข้อกำหนดที่สร้างขึ้น

2.1.3 การสร้างและพัฒนา (Application Development)

การกำหนดคอนฟิกูเรชัน (Configuration)

การกำหนดคอนฟิกูเรชัน ขั้นแรกต้องมีการกำหนดว่าจะติดต่อกับพารามิเตอร์ หรือ Tag ใดบ้างจาก Data Server ดังนั้นจะต้องทำการ Define หรือสร้าง Tag ที่ Data Server ก่อนว่า Tag แต่ละตัวหมายถึง Address ที่เท่าใดของอุปกรณ์ (PLC, DCS, RTU, Controller ต่าง ๆ โดยทั่วไปสามารถทำการนำเข้าคอนฟิกูเรชันไฟล์ที่สร้างไว้ก่อนเข้ามาได้ และสามารถ Export ไปยัง Data Server อื่น ๆ ได้ จากนั้นโปรแกรมย่อยอื่น ๆ ของ SCADA Software ฝั่ง ไคลเอนท์ จึงทำคอนฟิกูเรชันตามหน้าที่การทำงานของตนเอง เช่น โมดูลที่มีหน้าที่แสดงผลกราฟิกก็ต้องกำหนดว่ากราฟิกนั้น ๆ จะเชื่อมโยงกับ Tag ใดจาก Data Server ส่วนโมดูลที่ทำหน้าที่แจ้งเตือนก็ต้องทำคอนฟิกูเรชันว่าจะนำ Tag ใด มาเป็นสัญญาณแจ้งเตือนและกำหนดระดับสัญญาณ Limit เป็นต้น

เครื่องมือในการพัฒนา (Development Tool)

เครื่องมือในการสร้างและพัฒนาระบบ SCADA โดยทั่วไปจะประกอบด้วย

- เครื่องมือในการสร้างระบบกราฟิกที่ประกอบด้วยเครื่องมือวาดภาพ เครื่องมือกำหนดเอฟเฟคพิเศษต่าง ๆ ไลบรารี่ของกราฟิกสำเร็จรูปในอุตสาหกรรมด้านต่าง ๆ
- เครื่องมือในการสร้าง Trending
- เครื่องมือในการสร้างระบบAlarm
- เครื่องมือในการกำหนดการติดต่อกับฐานข้อมูลเพื่อทำการเก็บรวบรวมข้อมูลของ Trending และ Alarm ลงไว้ในฐานข้อมูล
- เครื่องมือในการช่วยสร้าง Script เช่น Java Script, VB Script
- เครื่องมือจัดการด้านความปลอดภัย การแบ่งระดับ User และขอบเขตการใช้งานของ User
- เครื่องมือในการสร้าง Web Application เพื่อให้สามารถควบคุมและตรวจสอบระบบควบคุมผ่าน Web Browser ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากที่กล่าวมาทั้งหมดนี้เป็นลักษณะของ SCADA และ SCADA Software ส่วนใหญ่ ทั้งนี้คุณผู้อ่านก็คงจะพอเห็นภาพว่า SCADA นั้น สามารถเป็นศูนย์กลางของระบบควบคุมทั้งหมดขององค์กร และมีส่วนช่วยในการตรวจสอบการทำงานของระบบให้เป็นไปตามปกติได้อย่างมี ประสิทธิภาพและทั่วถึง ภายในเวลาอันรวดเร็วมีส่วนช่วยในการตัดสินใจในการดำเนินงานจากข้อมูลต่างๆ ที่ได้รับจากระบบ SCADA นอกจากนี้เรายังสามารถเชื่อมโยงข้อมูลที่ได้จาก SCADA เข้ากับข้อมูลทางธุรกิจอื่น ๆ เพื่อประมวลผลร่วมกัน เช่น ข้อมูลจำนวนของเสียเป็นกิโลกรัมที่ตรวจสอบได้จาก SCADA ถูกนำมาคำนวณร่วมกับค่าใช้จ่ายอื่นๆแบบ Real time เพื่อสรุปเป็นรายงานค่าใช้จ่ายประจำวันเป็นต้นได้อย่างรวดเร็ว

2.1.4 โปรแกรมที่เกี่ยวข้อง

วิธีการเลือกใช้งานโปรแกรมที่เกี่ยวข้อง

ในการวางแผนที่จะทำระบบ SCADA System จำเป็นที่จะต้องตรวจสอบและเตรียมโปรแกรมหรือ Software ที่เกี่ยวข้องให้มีความพร้อมที่สุดก่อนจะเริ่มงานเพื่อความราบรื่นของงานที่ทำ โดยโปรแกรมที่มีความเกี่ยวข้องกับงานของ SCADA System ที่สำคัญมีดังนี้

1. Genesis64

เป็นโปรแกรม Software หลักที่ใช้ในการสร้างหน้าจอแสดงผล (Display) ของระบบที่เราจะสร้างขึ้นโดยมีโมดูลการใช้งาน Software ค่อนข้างครอบคลุมและหลากหลายสำหรับสายงานการสร้าง SCADA System ตัวอย่างเช่น

- GraphWorX64 – เป็นโมดูลหลักสำหรับสร้างระบบกราฟิก
- TrendWorX64 – โมดูลหลักสำหรับสร้างระบบ Data Collection / Trending
- AlarmWorX64 – โมดูลหลักสำหรับสร้างระบบแจ้งเตือน

โดยฟังก์ชันการทำงานของแต่ละโมดูลนั้นจำทำงานในลักษณะ Active Container สามารถใช้งานบนระบบเครือข่ายแบบ Online ได้ และยังรองรับภาษาโปรแกรมอย่าง Visual Basic for Application (VBA) นอกจากนั้น Genesis64 ยังมีชุดเครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับการสร้าง SCADA System ที่รวมอยู่ในโปรแกรมแล้ว ดังนี้

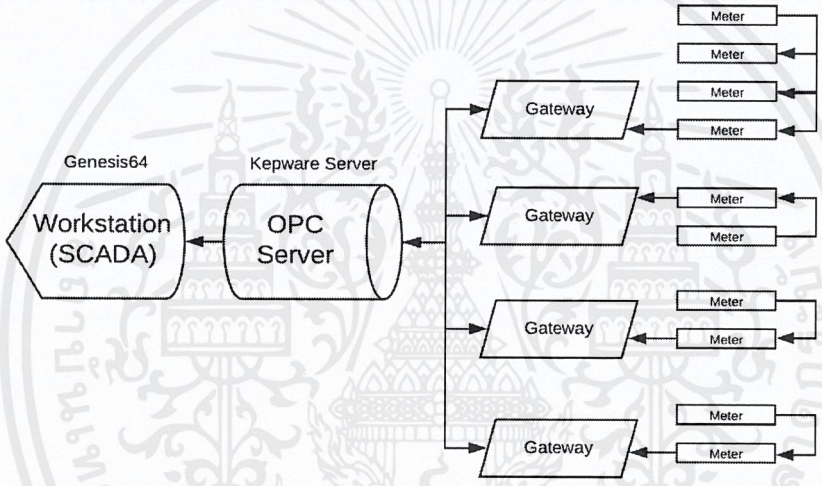
- ScriptWorX64 – เครื่องมือช่วยในการสร้าง Script VBA
- ProjectWorX64 – เครื่องมือรวบรวม Souse File ที่สร้างขึ้นจากโมดูลต่าง ๆเพื่อรวมเป็นโปรเจคเดียว
- VCRWorX64 – เครื่องมือในการบันทึกการทำงานของ Application SCADA ไว้ในรูปแบบของ Media หรือภาพเคลื่อนไหว
- Data Mining – มีความสามารถในการจัดการกับฐานข้อมูลประเภทต่าง ๆ
- Hyper Historical – มีความสามารถในการบันทึกข้อมูลต่าง ๆได้อย่างด้วยเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟังก์ชันหลักจาก Software Genesis64 ที่เกี่ยวข้องในการสร้างระบบ SCADA System ภายในโปรเจคฉบับนี้คือ GraphWorX64, TrendWorX64 และ ScriptWorX64 โดยเป็นฟังก์ชันที่ติดตั้งมาพร้อมกับโปรแกรม Genesis64 โดยเป็นโมดูลฟังก์ชันหลักที่ใช้งาน แต่ก็สามารถนำฟังก์ชันอื่น ๆเข้ามาใช้งานได้หากมีงานหรือความต้องการที่เกี่ยวข้องกับงานนั้นๆ โดยฟังก์ชันการทำงานแต่ละฟังก์ชันจะมีคุณสมบัติเฉพาะตัวให้เลือกใช้ได้ตามความต้องการของตัวผู้ใช้ ผู้ออกแบบเอง

2. Kepware OPC Server

ในเรื่องของการติดต่อสื่อสารระหว่าง Client กับ Server จำเป็นต้องมีตัวกลางที่คอยช่วยในเรื่องของการติดต่อสื่อสารกันในที่นี้เราจะนำ Software ที่ชื่อว่า Kepware OPC Server หรือ KEPServerEX ใช้เป็น OPC server ของระบบการจัดการพลังงานที่นำมาพัฒนาต่อเป็น SCADA System



รูปที่ 2.3 ตัวอย่าง Diagram ที่ใช้ในการเชื่อมต่อระบบผ่าน OPC Server

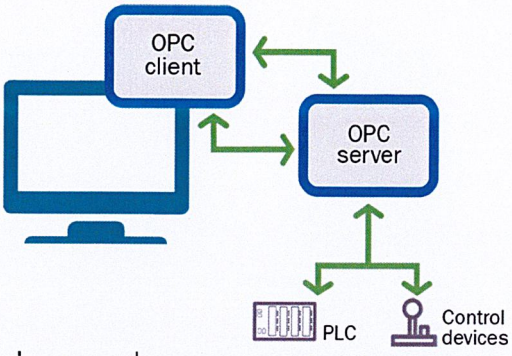
จากรูปที่ 2.3 แสดงถึงขั้นตอนการติดต่อสื่อสารของอุปกรณ์กับผู้ใช้งานหรือ Workstation (SCADA) โดยมีการส่งข้อมูลมากจากมิเตอร์ อุปกรณ์ควบคุม หรือ PLC เป็นต้น ข้อมูลทั้งหมดจะเก็บรวมเข้าที่ Gateways เพื่อรอส่งข้อมูลทั้งหมดที่เก็บรวบรมได้ผ่านตัวกลางที่เชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์วัดกับผู้ใช้งาน (Workstation)

2.2 OPC Server

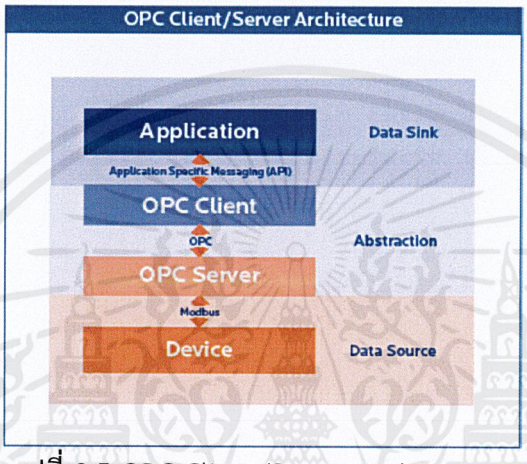
2.2.1 OPC คืออะไร

OPC เป็นการสื่อสารขั้นพื้นฐานของ Client/Server โดย Server จะรอรับคำสั่งจาก Client และตอบกลับจากนั้นจะกลับสู่สถานการณ์รอ เพื่อรอรับคำสั่งต่อไป นอกจากนั้น Client ยังสามารถดูผลการอัพเดตจาก Sever ได้ด้วย โดยที่สามารถดึงข้อมูลอัพเดตมาจาก Server ได้ตลอดเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 การสื่อสารระหว่าง Client กับ Server



รูปที่ 2.5 OPC Client/Server Architecture

2.2.2 OPC Background and evolution

เริ่มตั้งแต่ มกราคม ปี ค.ศ. 2004 OPC Foundation ได้มีการเริ่มต้นพัฒนาโครงสร้างใหม่สำหรับ OPC ที่ทำให้ OPC เป็นตัวกลางการสื่อสารชั้นนำต่อไปแม้อีก 10 ปีข้างหน้าหรือมากกว่านั้น จะเห็นว่า OPC Foundation มุ่งพัฒนาขีดความสามารถของมาตรฐาน OPC ให้ดียิ่ง ๆ ขึ้นไปอีก และแล้วโครงสร้างใหม่ของ OPC ที่เรียกว่า Unified Architecture ก็ถูกประกาศออกมาในปี ค.ศ. 2006

จากการที่ OPC COM ที่เป็นคุณลักษณะที่ใช้งานอยู่ตั้งแต่เมื่อ 10 ปีที่ผ่านมา (ค.ศ. 1996) โดยมีการปรับปรุงและพัฒนามาตรฐานต่าง ๆ ให้มีประสิทธิภาพตลอดช่วงระยะเวลาที่ผ่านมา พบว่ามีนัยสำคัญที่สามารถนำมาพิจารณาในการคิดค้นโครงสร้างของระบบใหม่ ๆ ได้ดังนี้

1. เทคโนโลยีแบบ COM ไม่ค่อยให้ความสำคัญในการทำงานบน Web Service และ SOA ระหว่าง Platform กับ Platform ที่แตกต่าง

2. ผู้ผลิตและจัดจำหน่ายระบบ OPC ต้องการให้มีการรับส่งข้อมูลเป็นลักษณะแบบส่ง Service โดยมีการเชื่อมต่อกันเพียงครั้งเดียวเพื่อให้สามารถติดต่อกับ OPC Data Model ทั้งหมดได้ (ปัจจุบันแยก Service กันเป็น DA, AE และ HDA)

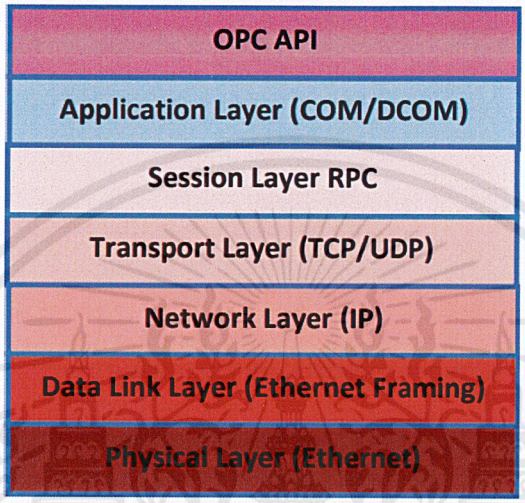
3. ผู้ผลิตและจำหน่าย OPC ต้องการพัฒนาระบบ OPC บนระบบปฏิบัติอื่นการนอกเหนือจาก Microsoft ซึ่งรวมไปถึงต้องการพัฒนา OPC ให้ทำงานบนอุปกรณ์แบบ Embedded ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

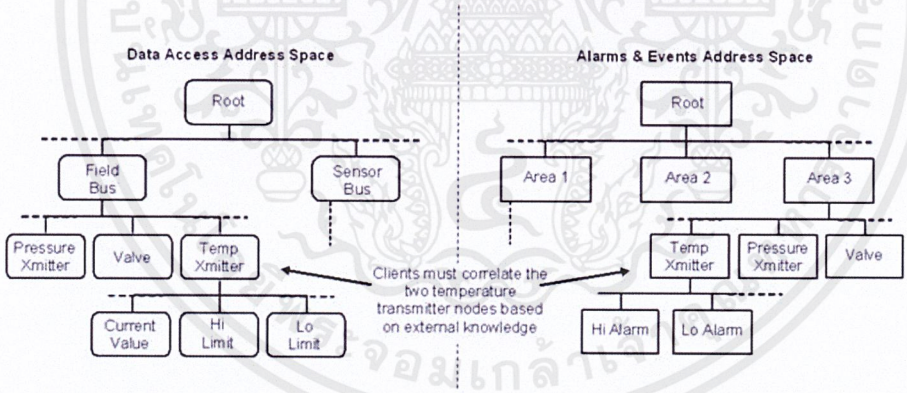
4. ต้องการ Reliable, Efficiency เพื่อให้โครงสร้างของข้อมูลดีขึ้นและคุณสมบัติของ OPC ปัจจุบันจะต้องตั้งอยู่บนพื้นฐานของเทคโนโลยี COM/DCOM ของ Microsoft และเมื่อ Microsoft ประกาศและใช้งาน .Net Framework เมื่อ 2-3 ปีที่ผ่านมา COM/DCOM ก็ยังสืบทอดมาด้วย

2.2.3 OPC Protocols or types

Classic OPC เป็น OPC ที่ต้องใช้การสื่อสารแบบ DCOM โดยใช้ TCP/IP, HTTPS and SOAP (Web Services) ได้แก่ DA (Data access), AE (Alarm & Events), HDA (Historical Data Access)



รูปที่ 2.6 การสื่อสารของ OPC Classic



รูปที่ 2.7 การทำงานของ SCADA เพื่อติดต่อกับ OPC DA และ OPC AE ทำแยกกันเป็น 2 Service

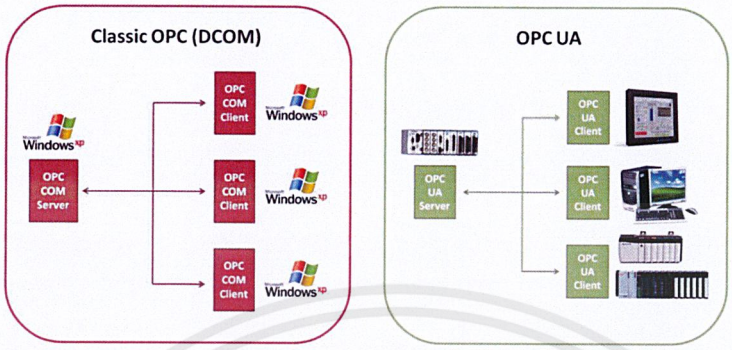
OPC UA (Unified Architecture) พัฒนาจาก OPC Classic ความพิเศษคือไม่ขึ้นอยู่กับ Platform OLE หรือ DCOM จึงทำให้สามารถใช้งานได้อย่างหลากหลายกับ Platform และง่ายต่อการใช้งานและการซ่อมบำรุง นอกจากนั้น Client ยังสามารถดึงข้อมูลจาก Server ได้ตลอดเวลาโดยส่งคำสั่งไปร้องขอ สามารถสรุปความสำคัญได้ ดังนี้

1) กำจัดข้อบกพร่องของ COM/DCOM ด้านเสถียรภาพ ความปลอดภัย และ Scalability ในการติดต่อสื่อสารที่มีประสิทธิภาพขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) การติดต่อกับ OPC UA ทำได้ด้วย Single Service แต่สามารถ Read / Write และตรวจสอบข้อกำหนดต่าง ๆ ของ DA และ AE ได้

3) นอกจากนั้นยังมีความสามารถพิเศษอื่น ๆ เช่น Redundancy ทั้ง Client และ Server ที่ดีและง่ายกว่าเดิม



รูปที่ 2.8 การสื่อสารของ OPC Classic และ OPC UA

ข้อดีและข้อเสียของ OPC UA

ข้อดีของ OPC UA

1. มีความเปิดกว้าง: OPC Server เป็นซอฟต์แวร์ที่มีองค์กรกลางควบคุมเพื่อตรวจสอบและรับรอง ให้กับการใช้งานบนระบบ SCADA โดยทั่วไปที่มีคุณสมบัติของระบบ OPC Client ได้ รวมไปถึงไม่ยึดติดกับยี่ห้อและค่าย ด้วยความที่เปิดกว้างเช่นนี้ทำให้สามารถข้ามขีดจำกัดของซอฟต์แวร์ได้ เมื่อซอฟต์แวร์ไม่สามารถตอบสนองความต้องการในอนาคตก็สามารถใช้ซอฟต์แวร์อื่นเพิ่มเติมเข้ามาได้

2. ลดต้นทุนระยะยาว: หากมีการปรับปรุงและขยายระบบในอนาคตที่เป็นซอฟต์แวร์ระบบใหม่ OPC Server เดิมยังสามารถเปิดกว้างสำหรับซอฟต์แวร์ทั่วไปได้ แต่หากเป็น Driver แบบยึดติดกับค่ายก็จะไม่สามารถใช้งานกับระบบใหม่ได้ ทำให้จำเป็นต้องซื้อ Driver หรือ OPC Server ใหม่ ทำให้มีค่าใช้จ่ายเพิ่มด้านซอฟต์แวร์ นอกจากนั้นยังต้องมีการสร้างคอนฟิกูเรชั่นใหม่ก็จะเป็นการเพิ่มต้นทุนด้าน Software Engineering เพิ่มขึ้นอีกด้วย ในขณะที่ OPC Server ไม่ต้องคอนฟิกสัญญาณอีก ทำให้เป็นการลดต้นทุนระยะยาว

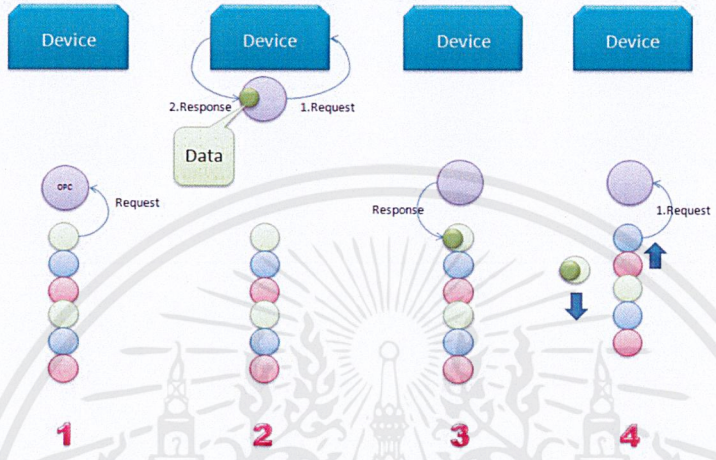
3. มาตรฐานกลาง Vs มาตรฐานส่วนตัว : OPC Server ไม่ว่ายี่ห้อใดถ้าขอการรับรองจาก OPC Foundation จะต้องใช้องค์ประกอบทางด้านซอฟต์แวร์ที่เป็นส่วนติดต่อกับ SCADA เป็นมาตรฐานเดียวกัน ดังนั้นวิธีการนำไปใช้งานและประยุกต์ใช้ รวมทั้งการตั้งค่า Hardware ต่างๆ จึงมีความเหมือนหรือคล้ายคลึงกันทำให้ผู้ใช้มีความมั่นใจ

4. สามารถพัฒนาต่อยอด Client ไร้กังวลเรื่อง Server: การที่ OPC Server มีมาตรฐานกลาง ทำให้ซอฟต์แวร์ SCADA แบบ OPC client สามารถพัฒนาต่อยอดฟีเจอร์ต่าง ๆได้อย่างราบรื่น โดยไม่ต้องกังวลเรื่องการติดต่อกับ Hardware

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

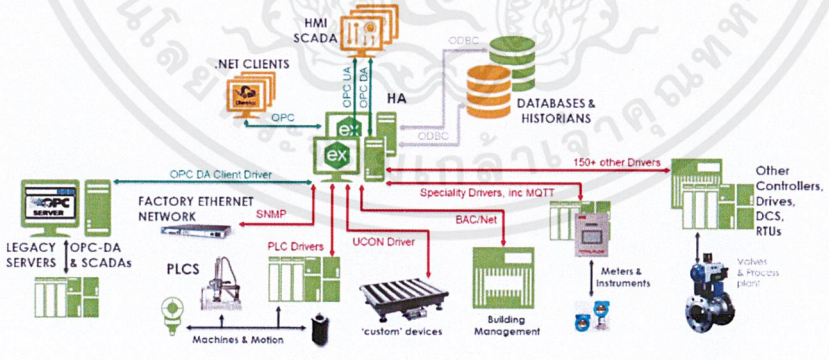
ข้อเสียของ OPC UA

1. จราจรข้อมูลติดขัดหรือปัญหาคอขวดเมื่อ OPC Server ให้บริการรับส่งข้อมูลให้กับ Client หลายๆ Client ด้วยข้อมูลที่เป็นชุดเดียวกันซ้ำ ๆกัน อาจจะเกิดปัญหาคอขวดเกิดขึ้นได้ ยกตัวอย่างมี Client จำนวน 3 แห่ง ติดต่อมายัง OPC Server โดยตรงดังรูป วงกลมแต่ละสีแทนคำสั่งในการติดต่อกับ OPC Server จากแต่ละ Client



รูปที่ 2.9 การให้บริการข้อมูลของ OPC Server

จากรูปที่ 2.9 OPC Server จะรับการร้องขอ (คำสั่ง) จาก Client แรก (สีเขียว) แล้วติดต่อไปยัง Device ผ่าน Serial หรือ Ethernet Communication เมื่อรับข้อมูลจาก Device แล้วจึงนำข้อมูลมาส่งให้ Client (สีเขียว) ถัดจากนั้นก็รับการร้องขอจาก Client ตัวถัดไป เป็นเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ



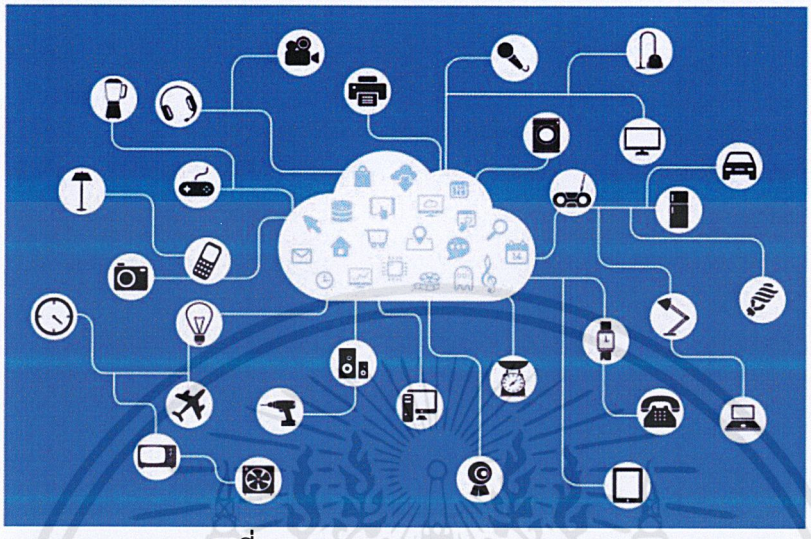
รูปที่ 2.10 การเชื่อมต่อกันของระบบโดยมี OPC server เป็นตัวกลางในการเชื่อมต่อ

จากรูปที่ 2.10 แสดงถึงตัวอย่างของความสามารถที่ OPC UA สามารถทำงานได้ โดยการเชื่อมต่อเข้ากับอุปกรณ์ชนิดต่าง ๆได้หลายอย่างไม่ว่าจะเป็นมิเตอร์ อุปกรณ์ควบคุม PLC หรือแม้กระทั่งจะเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์ OPC Server จากที่อื่นก็ตาม ทั้งที่ทั้งนั้นก็ขึ้นอยู่กับความสามารถของโปรแกรมและผู้พัฒนาด้วยว่าจะมีความสามารถในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ในลักษณะไหนได้บ้าง

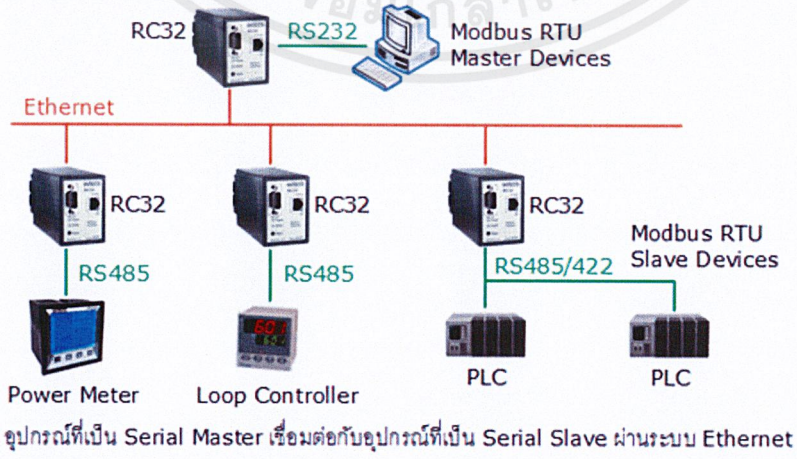
2.3 การติดต่อสื่อสารกันด้วย Modbus Protocol Register



รูปที่ 2.11 IoT (Internet of Thing)

2.3.1 Modbus Protocol

โปรโตคอลเป็นรูปแบบการสื่อสารข้อมูลดิจิตอลแบบอนุกรมรูปแบบหนึ่ง ซึ่งถูกเผยแพร่ครั้งแรกในปี ค.ศ. 1979 โดย Modicon ซึ่งปัจจุบันก็คือบริษัท Schneider Electric เพื่อนำมาใช้กับอุปกรณ์ PLC (Programmable Logic Controllers) ซึ่งทางบริษัทได้เปิดให้ MODBUS เป็น Open Protocol หรือก็คือผู้สนใจสามารถนำโปรโตคอลนี้ไปใช้หรือพัฒนาได้โดยไม่มีค่าใช้จ่ายใด ๆ และตั้งแต่นั้นเป็นต้นมา MODBUS Protocol จึงกลายเป็นโปรโตคอลที่ได้รับความนิยม และถูกใช้เป็นโปรโตคอลมาตรฐานในระบบอิเล็กโทรนิคส์อุตสาหกรรมต่าง ๆจนถึงปัจจุบัน

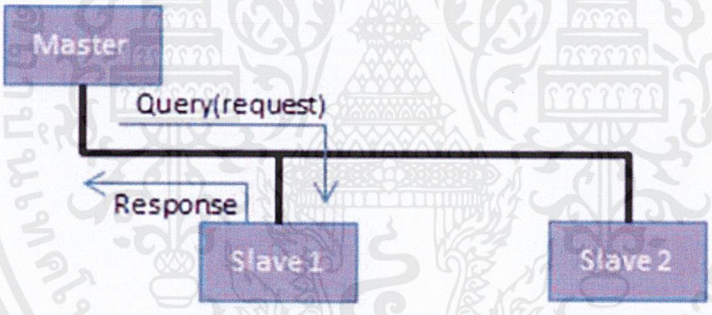


รูปที่ 2.12 ตัวอย่างการเชื่อมต่อกันด้วย Ethernet/Modbus Protocol

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัจจุบันหากพูดถึง MODBUS หลายๆคนคงนึกถึง RS485 เพราะเครื่องมือวัดอุตสาหกรรมส่วนใหญ่จะใช้ RS485 แบบ MODBUS Protocol ในการส่งสัญญาณ ซึ่งความจริงแล้ว MODBUS เป็นแค่เพียงโปรโตคอลหรือภาษาที่ใช้สื่อสารในคอมพิวเตอร์เท่านั้น ส่วน RS485 จะเป็นวิธีการส่งข้อมูลซึ่งจะพูดถึงลักษณะของ Hardware ลักษณะการเดินสายไฟ รูปแบบการเชื่อมต่อเครือข่าย เป็นต้น และอีกหนึ่งความจริงที่หลายๆคนยังไม่ทราบคือ MODBUS สามารถประยุกต์ใช้กับการสื่อสารแบบอนุกรมลักษณะอื่นได้ ไม่ว่าจะเป็น RS232 RS422 หรือ RS423 เป็นต้น ไม่ได้ถูกจำกัดการใช้งานเฉพาะ RS485 อย่างเดียว โปรโตคอล Modbus ได้รับการพัฒนาขึ้นในปี พ.ศ. 2522 โดย Modicon Incorporated เพื่อใช้กับระบบอัตโนมัติอุตสาหกรรมและคอนโทรลเลอร์ มันได้กลายเป็นวิธีการมาตรฐานในอุตสาหกรรมสำหรับการถ่ายโอนข้อมูลแบบ on/off และ I/O แบบอนาล็อก

อุปกรณ์ที่สื่อสารด้วย Modbus โดยใช้วิธีการ Master-Slave (Client-Server) ซึ่งมีอุปกรณ์เพียงตัวเดียว (Master/Client) ที่จะสามารถเริ่มการสื่อสารได้เท่านั้น (Queries) ส่วนอุปกรณ์ตัวอื่น ๆ (Slaves/servers) จะตอบสนองได้โดยการส่งข้อมูลที่ร้องขอไปยัง Master หรือโดยการดำเนินการบางอย่างตามที่ร้องขอจาก Slave และ Slave อาจเป็นอุปกรณ์ต่อพ่วงใด ๆก็ได้ (I/O Transducer, วาล์ว, ไดรฟ์ เครือข่ายหรืออุปกรณ์วัดอื่น ๆ) ซึ่งประมวลผลและส่งข้อมูลไปยัง Master



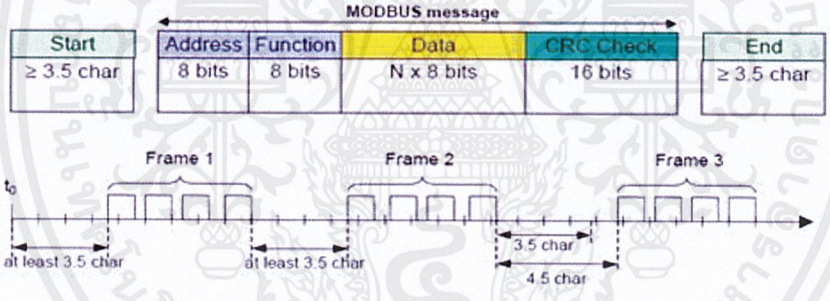
รูปที่ 2.13 แสดงวิธีการสื่อสารระหว่าง Master กับ Slave

โดย Master สามารถติดต่อกับ Slave แต่ละตัวได้และสามารถส่งเป็น Message ถึง Slave ทุกตัวได้ในลักษณะของการ Broadcast และ Slave จะตอบสนองเฉพาะสิ่งที่ Master ต้องการเท่านั้น สิ่งที่ Master ส่งให้จะประกอบด้วย Slave Address, Function Code (คำสั่งหรือสิ่งที่ต้องการให้ทำ), Data และ Checksum ส่วนข้อมูลที่ Slave ส่งกลับมานั้นจะประกอบด้วยคำสั่งที่สั่งให้กระทำ ข้อมูลต่าง ๆ และ Checksum และ การรับส่งข้อมูลด้วยโปรโตคอล MODBUS สามารถเลือกได้ 2 Mode คือ ASCII Mode และ RTU Mode ซึ่งทั้ง 2 โหมดนี้มีความแตกต่างกันที่การกำหนดรูปแบบของชุดข้อมูลภายในเฟรม จะเลือกโหมดใดก็ได้แต่มีเงื่อนไขว่า อุปกรณ์ทุกตัวที่ต่อร่วมกันอยู่ในบัสหรือเครือข่ายเดียวกัน จะต้องตั้งให้เลือกใช้โหมดเดียวกันทั้งหมด ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- MODBUS RTU

เฟรมข้อมูลใน RTU Mode ประกอบด้วยข้อมูลแสดงตำแหน่งแอดเดรส 1 Byte, หมายเลขฟังก์ชัน 1 Byte, ข้อมูลที่ทำการรับส่งจำนวนมากสุดไม่เกิน 252 Byte และรหัสตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลแบบ CRC (Cyclical Redundancy Checking) ขนาด 2 Byte ค่า CRC นี้เป็นค่าที่คำนวณมาจากข้อมูลทุกไบต์ ไม่รวมบิต Start, Stop และ Parity Check โดยที่ตัวของ Slave ตัวที่ทำการส่งข้อมูลออกมาจะมีการสร้างรหัส CRC แล้วส่งตามท้ายไบต์ข้อมูลที่ออกมา หลังจากนั้นเมื่อ Master ได้มีการรับเฟรมข้อมูลและถอดข้อมูลออกจากเฟรมแล้วจะทำการคำนวณค่า CRC ตามสูตรเดียวกับ Slave เพื่อทำการเปรียบเทียบค่า CRC ทั้ง 2 ค่าว่ามีค่าที่ตรงกันหรือไม่ หากว่าไม่ตรงกันแสดงว่าได้เกิดความผิดพลาดขึ้นในการรับส่งข้อมูลในโหมดของ RTU การรับส่งข้อมูล 1 Byte ไม่ว่าจะเป็นข้อมูลส่วนใดภายในเฟรมจะต้องทำการส่งบิตข้อมูลรวม 11 Bit คือ บิตเริ่มต้น (Start) 1 Bit, บิตข้อมูล 8 Bit, บิตตรวจสอบ Parity ของข้อมูล 1 Bit และบิตหยุด 1 Bit (Stop) 1 Bit หรือหากเลือกแบบไม่มีบิต Parity ก็จะเป็นแบบ Stop แทน 2 Bit สำหรับการกำหนดให้มีบิต Parity นั้น สามารถเลือกเป็นแบบคู่ (Even Parity) หรือคี่ (Odd Parity) ก็ได้ และหากต้องการออกแบบให้สอดคล้องกับอุปกรณ์ที่มีใช้กันทั่วไปมากที่สุด ควรเลือกแบบคู่โดยที่สามารถปรับเปลี่ยนเป็นแบบคี่หรือไม่มีการตรวจสอบ Parity (No Parity) ได้ด้วย



รูปที่ 2.14 ลักษณะเฟรมข้อมูล ของ Modbus RTU

ข้อจำกัดของ Modbus RTU

1. จำนวนของอุปกรณ์ที่นำมาเชื่อมต่อกับ Master จะมีจำนวนการเชื่อมต่อได้สูงสุดที่ 32 Devices
2. มีระยะทางการเชื่อมต่อจำกัด
   - สาย RS 232 มีระยะทางจำกัดที่ 25 ft (7.5 m)
   - สาย RS 485 มีระยะทางจำกัดที่ 4000 ft (1.2 km)
3. มีข้อจำกัดในเรื่องของการเข้าถึงข้อมูล อุปกรณ์ Master จะสนับสนุนแค่อุปกรณ์ที่มีความซับซ้อนของสัญญาณที่น้อย หากอุปกรณ์ Slave มีสัญญาณที่ซับซ้อน จะทำให้การเข้าถึงข้อมูลเป็นไปได้ยากขึ้น

- MODBUS ASCII

การรับส่งข้อมูลในโหมด ASCII นั้นมีความแตกต่างจากโหมด RTU ตรงที่ในโหมด RTU ข้อมูลที่จะส่งขนาด 1 Byte นำมารวมกับบิตประกอบต่าง ๆ ก็สามารถส่งออกไปได้เลย แต่สำหรับโหมด ASCII จะมอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูล 1 Byte นั้นออกมาเป็นตัวอักษร 2 ตัว เช่น ค่า 0x5B ซึ่งเป็นเลขฐานสิบหก ก็จะถูกมองเป็นตัวอักษร '5' และตัวอักษร 'B' จากนั้นก็จะทำการค้นหารหัส ASCII ของตัวอักษรทั้ง 2 ตัวนั้น ซึ่งได้แก่ 0x35 สำหรับ '5' และ 0x42 สำหรับ 'B' แล้วทำการส่งรหัส ASCII ทั้ง 2 ค่านี้ออกไป ซึ่งจะได้ผลเท่ากับการส่งค่า 0x5B ซึ่งเป็นข้อมูลขนาด 1 ไบต์ ในโหมด RTU

จะเห็นได้ว่าการส่งข้อมูลในโหมด ASCII จะต้องทำงานมากกว่าการส่งข้อมูลในโหมด RTU ซึ่งทำให้อัตราเร็วในการสื่อสารมีค่าต่ำกว่า สาเหตุที่เป็นแบบนี้ก็เพราะว่า โหมด ASCII ได้ถูกออกแบบมาสำหรับอุปกรณ์ที่ไม่มีความสามารถในการกำหนดช่วงระยะห่างของเวลาในการส่งเฟรมข้อมูล อย่างเช่นในโหมด RTU ที่อุปกรณ์สามารถกำหนดได้ว่าจะส่งเฟรมข้อมูลแต่ละเฟรมออกมาด้วยเวลาห่างกันเท่าใด และอุปกรณ์ที่รอรับข้อมูลก็ต้องสามารถตรวจจับและแยกแยะได้ว่าเฟรมข้อมูลแต่ละเฟรมที่รับเข้ามานั้นมีระยะเวลาห่างกันภายในช่วงเวลาที่กำหนดหรือไม่ เพื่อทำให้สามารถตรวจสอบหาจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของเฟรมข้อมูลแต่ละเฟรมได้ แต่ในความเป็นจริงยังมีอุปกรณ์อีกหลายชนิดที่ไม่มีความสามารถพิเศษนี้ จึงต้องใช้วิธีอื่นที่จะช่วยให้สามารถรับรู้จุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของเฟรมข้อมูลได้ นั่นได้แก่โหมด ASCII ซึ่งในโหมดนี้จะเริ่มต้นเฟรมข้อมูลด้วยการส่งรหัส ASCII ที่กำหนดให้หมายถึงจุดเริ่มต้น คือ 0x3A ซึ่งตรงกับตัวอักษร ':' ตามด้วยแอดเดรสของ Slave, หมายเลขฟังก์ชัน, ข้อมูล, รหัสตรวจสอบ RLC และรหัส ASCII 2 ตัว ที่กำหนดให้นั้นหมายถึงจุดสิ้นสุด คือ รหัส 0x0D และ 0x0A คือรหัส CR (Carriage Return) และ LF (Line Feed) ตามลำดับ โดยในขณะที่บัสข้อมูลว่างจากการรับส่งข้อมูล อุปกรณ์ทุกตัวจะคอยตรวจสอบข้อมูลในบัสว่ามีการส่งรหัส ASCII ของ ':' ออกมาหรือไม่ ถ้ามีก็จะรับรู้ว่าขณะนี้ได้มีการเริ่มต้นส่งเฟรมข้อมูลออกมาแล้ว ก็จะเข้ากระบวนการรับข้อมูลต่อไป

Start	Address	Function	Data	LRC	End
1 char :	2 chars	2 chars	0 up to 2x252 char(s)	2 chars	2 chars CR LF

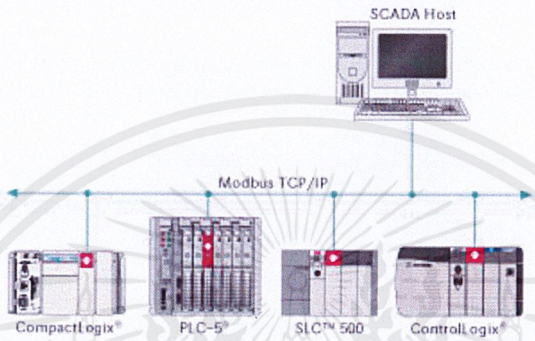
รูปที่ 2.15 ลักษณะเฟรมข้อมูลของ MODBUS ASCII

MODBUS จะบริการให้อุปกรณ์ติดต่อสื่อสารกันผ่าน Serial Port (RS-232/422/485) แต่ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาให้อุปกรณ์สามารถติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์ที่อยู่บนเครือข่าย Ethernet ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้การสื่อสารแบบ MODBUS Protocol ส่วนใหญ่จะเป็น PLCs, DCSs, HMIs, Instruments อย่างไรก็ตาม MODBUS จำเป็นต้องมีอุปกรณ์จำพวก Gateway และ Bridge ในการติดต่อสื่อสารระหว่าง Serial Line กับ Ethernet

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

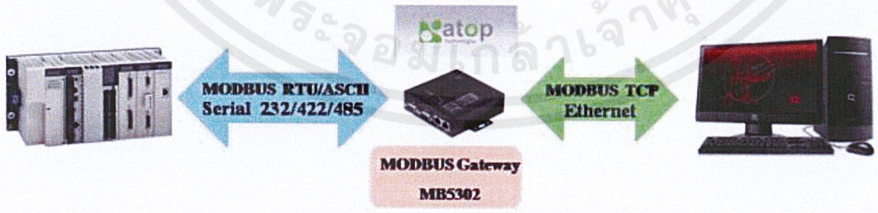
- MODBUS TCP/IP

MODBUS TCP/IP ถูกพัฒนาขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อจะนำการสื่อสารแบบ Internet มาใช้กับอุปกรณ์จำพวก Ethernet Device ระยะในการใช้งานสำหรับการเดินสาย (สาย LAN) คือ 100 เมตร โดยสามารถขยายระยะในการสื่อสารได้โดยการใช้อุปกรณ์ Repeater หรือในระบบ LAN จะเรียกอุปกรณ์นี้ว่า Hub หรือ Switch ก็จะสามารถลากสายได้อีก 100 เมตร และยังสามารถต่อ Repeater ขยายระยะทางได้โดยไม่จำกัด ในการสื่อสารโดยทั่วไปมีความเร็ว 100,000,000 บิตต่อวินาที (100 Mbps) และเชื่อมต่ออุปกรณ์ได้ไม่จำกัดจำนวน



รูปที่ 2.16 การใช้ Modbus TCP/IP กับอุปกรณ์จาพวก Ethernet Device

MODBUS ASCII/RTU ที่สามารถติดต่อสื่อสารกับ MODBUS TCP เพื่อให้ใช้งานได้ในเครือข่าย Ethernet โดยจะใช้ Gateways ติดต่อและแปลงรูปแบบการสื่อสารข้อมูล ด้วยการสื่อสารของ MODBUS RTU/ASCII เป็นการสื่อสารผ่านทาง RS-232/422/485 นั้นจะถูก Gateways แปลงให้เป็น MODBUS TCP เพื่อใช้ในการติดต่อสื่อสารในเครือข่าย Ethernet ต่อไป



รูปที่ 2.17 การแปลง MODBUS Serial เป็น MODBUS Ethernet

- Modbus Function Code

เมื่อกล่าวถึง Modbus protocol และ การระบุ Addresses ตำแหน่งของข้อมูลต่าง ๆ (หรือจะเป็นรูปแบบของหน่วยความจำ) โดยปกติทั่วไปแล้วจะมีรูปแบบของ Modbus Addresses อยู่ 4 ประเภท ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. Holding Registers — 16-bit (Analog) addresses with read/write access (4xxxxx)
2. Internal Registers — 16-bit (Analog) addresses with read only access (3xxxxx)
3. Input Coils — 1-bit (Boolean) addresses with read only access (1xxxxx)
4. Output Coils — 1-bit (Boolean) addresses with read/write access (0xxxxx)

ตารางที่ 2.1 Function Code Description

Function Codes Description

Modbus Addressing Model

Decimal	Hexadecimal	Description
01	0x01	Read Coil Status
02	0x02	Read Input Status
03	0x03	Read Holding Registers
04	0x04	Read Internal Registers
05	0x05	Force Single Coil
06	0x06	Preset Single Register
15	0x0F	Force Multiple Coils
16	0x10	Preset Multiple Registers
22	0x16	Masked Write Register

ตารางที่ 2.2 Modbus RTU Commands

FUNCTION CODE	WHAT THE FUNCTION DOES		VALUE TYPE	ACCESS TYPE
01 (0x01)	Read DO	Read Coil Status	Discrete	Read
02 (0x02)	Read DI	Read Input Status	Discrete	Read
03 (0x03)	Read AO	Read Holding Registers	16 bit	Read
04 (0x04)	Read AI	Read Input Registers	16 bit	Read
05 (0x05)	Write one DO	Force Single Coil	Discrete	Write
06 (0x06)	Write one AO	Preset Single Register	16 bit	Write
15 (0x0F)	Multiple DO recording	Force Multiple Coils	Discrete	Write
16 (0x10)	Multiple AO recording	Preset Multiple Registers	16 bit	Write

1. Read Coil หรือ Digital Output Status (Function Code 01)

หมายเลขฟังก์ชันนี้จะอนุญาตให้ Master สามารถดึงสถานะ ON/OFF ของคอยล์ในตัว Slaves ซึ่งปกติแล้วจะใช้บอกสถานะการควบคุมของ Slave ว่าควบคุมอะไรอย่างไรในขณะนั้น ฟิลด์ข้อมูลของเฟรมจะมีความเกี่ยวข้องกับหมายเลขแอดเดรสของคอยล์ตัวแรกตามด้วยจำนวนของคอยล์ที่ถูกต้องการ ฟิลด์ข้อมูลของเฟรมตอบสนองจะประกอบจำนวนคอยล์นับเป็นจำนวนไบต์ซึ่งอาจจะมีหลายไบต์ แต่ละไบต์จะแสดงค่าคอยล์ได้จำนวนแปดคอยล์ นั้นหมายความว่าคอยล์จะถูกจัดทีละ 8 คอยล์ให้เป็นหน่วยไบต์ โดยมีหมายเลขแอดเดรสที่เรียงต่อเนื่องกันตามลำดับบิต (1=ON, 0=OFF) บิตตำแหน่ง LSB (Least Significant Bit) จะแสดงถึงคอยล์ตัวแรกตามสัญญาณคำร้องขอ และถ้าจำนวนของคอยล์ที่ร้องขอไม่เป็นจำนวนเท่าของเลขแปด ข้อมูลในไบต์สุดท้ายที่เหลือจะถูกเติมด้วยค่าศูนย์จนเต็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Read Digital Input Status (Function Code 02)

เป็นฟังก์ชันที่ทำให้ Master สามารถอ่านค่าอินพุตแบบดิสครีต (Discrete Input) หรือดิจิตอลอินพุตในอุปกรณ์ Slaves ฟิลด์ข้อมูลของเฟรมจะประกอบด้วยหมายเลขแอดเดรสของอินพุตแรกตามด้วยจำนวนดิจิตอลอินพุตที่ต้องการอ่าน ฟิลด์ข้อมูลของเฟรมตอบสนองจะประกอบจำนวนข้อมูลนับเป็นหน่วยไบต์เช่นกัน ซึ่งอาจจะมีจำนวนหลายไบต์ ข้อมูลที่ได้หน่วยย่อยจะเป็นบิตโดยการอ้างอิงค่าของดิจิตอลอินพุตที่ต้องการอ่านตามตำแหน่ง ข้อมูลดิสครีตอินพุตจะถูกจัดในรูปแบบหนึ่งบิตเรียงกันไป (1 = ON, 0=OFF) บิตตำแหน่ง LSB จะเป็นค่าแรกของดิสครีตอินพุตในไบต์แรก ถ้าจำนวนของดิสครีตอินพุตไม่ลงตัวเป็นหน่วยไบต์ บิตที่เหลือจะถูกเติมด้วยบิตศูนย์ให้เต็มไบต์สุดท้าย

3. Read Holding Register (Function Code 03)

เป็นฟังก์ชันที่ทำให้ Master สามารถดึงค่าในรีจิสเตอร์ของ Slaves ได้ โดยทั่วไปคือค่า Setting หรือพารามิเตอร์ของอุปกรณ์นั้น ๆ ฟิลด์ดาต้าของเฟรมร้องขอจะประกอบด้วยที่อยู่ของแอดเดรสที่อ้างอิงถึงตำแหน่งรีจิสเตอร์ตัวแรกตามด้วยจำนวนรีจิสเตอร์ที่ต้องการอ่าน ฟิลด์ดาต้าของเฟรมตอบสนองจะประกอบด้วย จำนวนไบต์ของข้อมูลของรีจิสเตอร์ที่ถูกอ่านตามด้วยค่าที่อ่านได้เป็นจำนวนหลาย ๆ ไบต์ เนื้อหาข้อมูลของแต่ละรีจิสเตอร์ที่ร้องขอ (ขนาด 16 บิต) จะถูกตอบกลับในรูปของสองไบต์ติดต่อกัน

4. Reading Input Register (Function Code 4)

เป็นฟังก์ชันที่อนุญาตให้ Master สามารถอ่านค่าอินพุตรีจิสเตอร์จากหลายๆ รีจิสเตอร์ในอุปกรณ์ Slaves โดยทั่วไปอินพุตรีจิสเตอร์จะมีไว้เก็บค่า Analog ฟิลด์ข้อมูลของเฟรมจะประกอบด้วยแอดเดรสของอินพุตรีจิสเตอร์ตัวแรกตามด้วยจำนวนรีจิสเตอร์ที่ต้องการอ่าน ฟิลด์ข้อมูลของเฟรมตอบสนองจะประกอบด้วยจำนวนไบต์ของข้อมูลรีจิสเตอร์ที่ถูกอ่านประกอบด้วยกันหลายๆ ไบต์ที่เป็นค่าภายในรีจิสเตอร์ ข้อมูลในแต่ละรีจิสเตอร์จะถูกส่งในรูปแบบสองไบต์ติดต่อกัน (ไบต์บนจะถูกส่งก่อน) ช่วงค่าตำแหน่งของรีจิสเตอร์ที่เป็นไปได้จะอยู่ระหว่าง 0-4095

5. Force Single Coil (Function Code 5)

เป็นฟังก์ชันที่อนุญาตให้ Master สามารถทำการเปลี่ยนสถานะของคอยล์ภายในตัวอุปกรณ์ Slaves ฟิลด์ดาต้าของเฟรมร้องขอจะประกอบด้วยแอดเดรสของคอยล์และสถานะที่ต้องการจะเปลี่ยนสำหรับคอยล์นั้น ๆ ค่าฐานสิบหก 0xFF00 นั้นจะทำการแอกติฟหรือจ่ายไฟให้คอยล์ ในขณะที่ค่า 0x0000 จะทำการดีแอกติฟหรือยกเลิกจ่ายไฟคอยล์ ส่วนค่าอื่น ๆนอกจากที่กล่าวจะไม่มีความหมายใด ๆ ถ้าตัวอุปกรณ์ Slaves สามารถกระทำการบนคอยล์ที่ถูกร้องขอได้ มันจะตอบกลับด้วยเฟรมที่เหมือนเฟรมร้องขอจากมาสเตอร์ทุกประการ มิฉะนั้นมันจะส่งเฟรมที่บ่งบอกข้อผิดพลาดไปแทน

6. Preset Single Register (Function Code 06)

เป็นฟังก์ชันที่ทำให้ Master สามารถเปลี่ยนแปลงข้อมูลภายในของ Holding Registers ในตัวอุปกรณ์ Slaves ฟิลด์ดาต้าของเฟรมร้องขอจะประกอบด้วยแอดเดรสของ Holding Registers ตามด้วยค่าใหม่ที่ต้องการเขียนลงบนตัวรีจิสเตอร์นั้น(เขียนไบต์บนก่อน) ถ้า Slaves สามารถเขียนค่าใหม่ลงบนรีจิส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เตอร์ที่ต้องการได้ เฟรมตอบกลับจะเหมือนกับเฟรมร้องขอทุกประการ มิฉะนั้นการตอบสนองจะส่งเฟรมที่มีตัวบ่งบอกความผิดพลาดกลับมา

7. Read Exception Status (Function Code 7)

เป็นเฟรมขนาดสั้น ๆ ที่ร้องขอสถานะภายในอุปกรณ์ Slaves จำนวนแปดค่า สถานะจำนวนแปดสถานะนั้นได้ถูกกำหนดความหมายเป็นที่เรียบร้อยโดยมาตรฐาน ในกรณีพิเศษผู้ใช้หรือผู้ผลิตสามารถกำหนดความหมายของสถานะได้ สำหรับตัวอย่างนี้ควรเป็นสถานะระบบ เช่น สถานะของแบตเตอรี่ หรือแม้กระทั่งหน่วยความจำถูกป้องกันหรือไม่ หรือสถานะของระบบออนไลน์หรือไม่

8. Force Multiple Coil หรือ Digital Output (Function Code 16)

เป็นฟังก์ชันที่จะบังคับกลุ่มของคอยล์ที่เรียงติดกันไปตามสถานะ ON หรือ OFF ตามที่ Master ต้องการ ดังตัวอย่างต่อไปนี้มีการบังคับตั้งค่า 10 คอยล์ เริ่มที่คอยล์ 20 แอดเดรส 19 หรือ 0x13 (ที่ Slaves 17) ให้มีสถานะ ดังค่า 0xCD01 โดยตำแหน่งบิตที่ไม่ใช้จะถูกเติมด้วยค่าศูนย์ ส่วนข้อความที่ตอบกลับนั้นจะตอบกลับคล้ายกับข้อความร้องขอแต่ไม่มีส่วนของจำนวนไบต์ของข้อมูลตำแหน่งบิต

2.3.2 มาตรฐานการสื่อสารของข้อมูล

- **RS-485 System**

RS485 (ย่อมาจาก: Recommended Standard No. 485) คือมาตรฐานการสื่อสารข้อมูลดิจิตอลแบบอนุกรม (serial communication) ซึ่งถูกกำหนดขึ้นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1998 โดยความร่วมมือของ TIA (Telecommunications Industry Association) และ EIA (Electronic Industries Association) มาตรฐาน RS485 ถูกใช้อย่างแพร่หลายในโรงงานอุตสาหกรรม เนื่องจากสามารถส่งสัญญาณได้ไกลและยังสามารถส่งพร้อม ๆกันได้หลายจุด

- **หลักการทำงานของ RS485**

มาตรฐาน RS485 เป็นมาตรฐานที่รับ/ส่งข้อมูลในแบบที่เรียกว่า **Half duplex** คือสามารถรับและส่งข้อมูลได้ทีละอย่างเท่านั้นไม่สามารถทำทั้งสองอย่างได้ในเวลาเดียวกัน ถ้าจะให้พูดแล้วเห็นภาพก็คงคล้ายๆลักษณะของวิทยุสื่อสารที่ต้องคอยสลับกันพูดทีละครั้ง

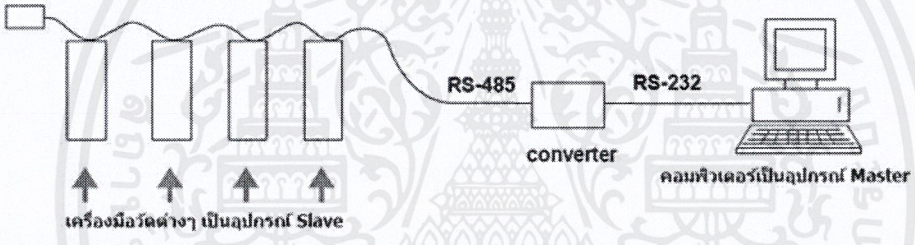
รูปที่ 2.18 การเชื่อมต่อ RS485 ระหว่างเครื่องมือวัดกับตัวแปลงสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการรับ/ส่งข้อมูลดิจิตอลแบบ RS485 นั้น จะส่งข้อมูลโดยใช้สายไฟเพียงแค่ 2 เส้นคือ A และ B เป็นตัวบอกค่ารหัสดิจิตอล (Digital Code) โดยใช้ความแตกต่างของแรงดันไฟฟ้าระหว่างขั้ว A และ B เป็นตัวบอกได้ เมื่อ Va — Vb ได้แรงดันไฟฟ้าน้อยกว่า -200 mV คือสัญญาณดิจิตอลเป็น 1 และ แรงดันไฟฟ้ามากกว่า +200 mV คือสัญญาณดิจิตอลเป็น 0

- **หลักการทำงานของ RS485 แบบ NETWORK**

มาตรฐาน RS485 สามารถเชื่อมต่อการรับส่งข้อมูลแบบเครือข่าย (Network) โดยมีอุปกรณ์ในเครือข่ายได้สูงสุดถึง 32 ตัว ซึ่งในเครือข่ายนั้น จะต้องมีอุปกรณ์อยู่ 1 ตัว ทำหน้าที่คอยจัดคิวการสื่อสารในเครือข่าย ซึ่งเราจะเรียกอุปกรณ์ตัวนี้ว่า “Master” และอุปกรณ์ส่วนที่เหลือเราจะเรียกว่า “Slave” โดยที่ Slave แต่ละตัวจะมีหมายเลข Address ของตัวเอง และเมื่อตัว Master ต้องการสั่งการตัว Slave ตัว Master จะส่งชุดคำสั่งพร้อมระบุหมายเลข Address ไปยังอุปกรณ์ Slave ทุกตัว เมื่ออุปกรณ์ Slave ได้รับคำสั่งและคำสั่งนั้นมีหมายเลข Address ตรงกับตัวเอง อุปกรณ์ Slave ถึงจะทำตามคำสั่งของ Master เป็นลำดับไป



รูปที่ 2.19 ตัวอย่างการทำงานของ RS485 แบบ Network

- **จำนวนอุปกรณ์สูงสุดในเครือข่าย RS485**

นี่เป็นอีกหนึ่งคำถามที่ผู้ใช้หน้าใหม่สงสัยมากที่สุดในโลก หากตามมาตรฐานแล้ว เครือข่าย RS485 สามารถมีอุปกรณ์ในระบบได้สูงสุด 32 ตัว เมื่ออุปกรณ์เหล่านั้นมีความต้านทานไฟฟ้าภายใน 12 kΩ แต่ปัจจุบันการออกแบบอุปกรณ์อิเล็กโทรนิคส์ได้พัฒนาจนมีความต้านทานไฟฟ้าภายในที่สูงมาก (ในหลัก MΩ) ซึ่งทำให้เครือข่าย RS485 สามารถมีอุปกรณ์ในระบบได้สูงสุดถึง 256 ตัว นอกจากนี้เครือข่าย RS485 ยังสามารถใช้ตัวขยายสัญญาณ (Repeater) สำหรับเพิ่มอุปกรณ์ในเครือข่ายได้ถึงหลายพันตัวและครอบคุมระยะหลายกิโลเมตรกันเลยทีเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 เป็นตารางการเปรียบเทียบคุณสมบัติต่าง ๆ ของ RS485, RS232 , RS423 และ RS422

	RS232	RS423	RS422	RS485
Differential	no	no	yes	yes
Max number of drivers Max number of receivers	1 1	1 10	1 10	32 32
Modes of operation	half duplex full duplex	half duplex	half duplex	half duplex
Network topology	point-to-point	multidrop	multidrop	multipoint
Max distance (acc. standard)	15 m	1200 m	1200 m	1200 m
Max speed at 12 m Max speed at 1200 m	20 kbs (1 kbs)	100 kbs 1 kbs	10 Mbs 100 kbs	35 Mbs 100 kbs
Max slew rate	30 V/µs	adjustable	n/a	n/a
Receiver input resistance	3..7 kΩ	≧ 4 kΩ	≧ 4 kΩ	≧ 12 kΩ
Driver load impedance	3..7 kΩ	≧ 450 Ω	100 Ω	54 Ω
Receiver input sensitivity	±3 V	±200 mV	±200 mV	±200 mV
Receiver input range	±15 V	±12 V	±10 V	-7..12 V
Max driver output voltage	±25 V	±6 V	±6 V	-7..12 V
Min driver output voltage (with load)	±5 V	±3.6 V	±2.0 V	±1.5 V

- **ข้อดีของสัญญาณ RS485**

เป็นที่ทราบกันดีว่า RS485 เป็นมาตรฐานที่ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อลบจุดด้อยของมาตรฐานรุ่นเก่าๆ อย่าง RS232 RS422 RS423 เป็นต้น ซึ่งข้อดีหลักๆของมาตรฐาน RS485 มีดังนี้

1. สามารถส่งสัญญาณได้ไกล

RS485 สามารถส่งสัญญาณได้ไกลสูงสุดถึง 1,200 เมตร ซึ่งถือว่าเป็นระยะทางที่ไกลมาก เพียงพอต่อการใช้งานในโรงงานอุตสาหกรรมอย่างแน่นอนและจะเห็นได้ชัดว่าระยะการส่งสัญญาณได้ถูกพัฒนาขึ้นมากจนทิ้งห่างมาตรฐานรุ่นเก่าอย่าง RS232 ที่สามารถส่งสัญญาณได้เพียง 15 เมตร เท่านั้น

2. สามารถเชื่อมต่อเป็นเครือข่ายได้

นอกจากจะส่งสัญญาณได้ไกลแล้ว RS485 ยังสามารถเชื่อมต่อเป็นเครือข่าย (Network) แบบ Multipoint ได้ด้วย ซึ่งสามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์ในระบบได้สูงสุดถึง 32 ตัว ซึ่งสิ่งนี้ถือว่าเป็นอีกหนึ่งจุดเด่นของสัญญาณ RS485 เลยทีเดียว

3. ประหยัดงบประมาณในการเดินสาย

มาตรฐาน RS485 เป็นมาตรฐานที่ใช้สายไฟเพียง 2 เส้นในการรับส่งข้อมูล เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานรุ่นเก่าที่สามารถส่งสัญญาณในระยะเท่ากันอย่าง RS422 ที่ต้องใช้สายไฟถึง 4 เส้นในการรับส่งข้อมูล ซึ่งราคาสายเคเบิลแบบ 2 แกน จะถูกกว่าสายเคเบิลแบบ 4 แกน ถึงเกือบครึ่ง ในความเป็นจริงแล้วเรื่องงบประมาณถือเป็นเรื่องสำคัญมาก ๆ ซึ่งนี่ถือเป็นอีกหนึ่งจุดเด่นของ RS485 เลยทีเดียว

- **ข้อเสียของสัญญาณ RS485**

ถึงแม้ RS485 จะเป็นมาตรฐานที่ถูกพัฒนาขึ้นจนลบข้อด้อยที่มีอยู่ในมาตรฐานเก่าๆไปมากแล้วก็ตาม แต่ก็ไม่ใช่ว่าจะไม่มีข้อเสียอยู่เลย โดยข้อเสียหลักๆของ RS485 มีดังนี้

1. ต้องใช้ตัวแปลงสัญญาณในการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์

เนื่องจากปัจจุบันคอมพิวเตอร์ที่เราใช้กันอยู่นั้นไม่มี Port เชื่อมต่อสัญญาณ RS485 โดยตรง จะมีก็แต่ USB หรือ RS232 เท่านั้น ฉะนั้นหากเราจะเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่ใช้ RS485 กับคอมพิวเตอร์นั้นเราต้องเสียงบประมาณเพิ่มขึ้นในการซื้อตัวแปลงสัญญาณ (Converter) เพื่อแปลงสัญญาณจาก RS485 เป็น USB หรือ RS232 ในการเชื่อมต่อนั้นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ความเร็วในการรับส่งข้อมูล

ถึงแม้ RS485 จะถูกพัฒนาด้านความเร็วในการรับส่งข้อมูลขึ้นมากแล้วก็ตามเมื่อเทียบกับมาตรฐานเก่า แต่ก็ยังมีความล่าช้าอยู่เมื่อเชื่อมต่อในลักษณะเครือข่ายจำนวนมาก

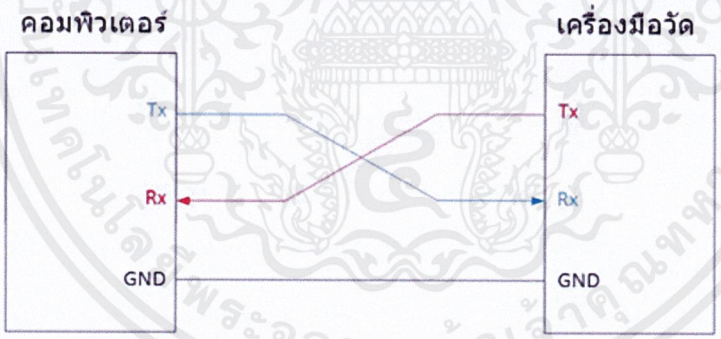
- **RS-232 System**

RS232 (ย่อมาจาก: Recommended Standard No. 232) คือมาตรฐานการสื่อสารข้อมูลดิจิตอลแบบอนุกรม (Serial Communication) ซึ่งถูกกำหนดขึ้นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1960 โดย EIA (Electronic Industries Association) หรือ สมาคมอุตสาหกรรม อิเล็กโทรนิคส์ของอเมริกา ซึ่งในยุคแรก RS232 เป็นที่นิยมมากขนาดที่คอมพิวเตอร์ทุกเครื่องจะต้องมี Serial port สำหรับการสื่อสารมาตรฐานนี้และเชื่อว่าคอมพิวเตอร์ของผู้ใช้หลายๆท่านก็ยังมี Port เชื่อมต่อนี้อยู่ แต่ในปัจจุบันได้มี USB ซึ่งเป็นมาตรฐานสื่อสารที่รับ/ส่งข้อมูลได้เร็วกว่าเข้ามาแทนที่ ทำให้มาตรฐานการสื่อสารอย่าง RS232 ก็ค่อยๆมีอุปกรณ์ที่รองรับน้อยลงเรื่อย ๆตามการเวลา

- **หลักการทำงานของ RS232**

มาตรฐาน RS232 เป็นมาตรฐานที่รับ/ส่งข้อมูลแบบ Full duplex หรือจะให้พูดง่ายๆคือสามารถรับและส่งข้อมูลได้พร้อมกันทั้งคู่ในเวลาเดียวกัน โดยการรับ/ส่งข้อมูลนั้นจะใช้สายไฟทั้งหมด 3 เส้น ได้แก่

1. Tx (Transmit data) คือ สายส่งข้อมูล ซึ่งสายเส้นนี้จะมีหน้าที่ในการส่งข้อมูลเท่านั้น
2. Rx (Receive data) คือ สายรับข้อมูล ซึ่งสายเส้นนี้จะมีหน้าที่ในการรับข้อมูลเท่านั้น
3. GND (Signal ground) คือ สายกราวด์ เป็นสายเทียบหรืออ้างอิงแรงดันไฟฟ้า 0V



รูปที่ 2.20 ตัวอย่างการเชื่อมต่อ RS232 ระหว่าง Computer กับ เครื่องมือวัด

จากรูปที่ 2.20 เป็นตัวอย่างการเชื่อมต่อแบบ RS232 ของเครื่องมือวัดอุตสาหกรรมกับคอมพิวเตอร์เพื่อตั้งค่าเครื่องมือวัดผ่าน Software โดย

1. Tx (เครื่องวัด) จะถูกต่อเข้าที่ Rx (คอม) เพื่อส่งข้อมูลจากเครื่องวัดไปยังตัวรับของคอมพิวเตอร์
2. Rx (เครื่องวัด) จะถูกต่อเข้าที่ Tx (คอม) เพื่อรับข้อมูลที่ถูกส่งมาจากคอมพิวเตอร์
3. GND (เครื่องวัด) จะถูกต่อเข้าที่ GND (คอม) เพื่อเทียบสัญญาณแรงดัน 0V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **ข้อดีของสัญญาณ RS232**

จากที่กล่าวมาข้างต้นการสื่อสารแบบ RS232 ถูกคิดค้นมาตั้งแต่ปี 1960 ซึ่งถือว่านานมาก จากการถือกำเนิดมาอย่างยาวนานนั้นก็ทำให้ข้อดีเหลือน้อยลงไปทุกทีเพราะมีการสื่อสารรูปแบบใหม่ที่ถูกพัฒนาให้ดีกว่าเกิดขึ้นอยู่ทุกวัน แต่ถึงกระนั้น RS232 ก็ยังพอมีข้อดีหลงเหลืออยู่ ซึ่งจะขออธิบายเป็นข้อๆดังนี้

1. ความคุ้นเคยของผู้ใช้

ปัจจุบันรูปแบบการสื่อสารได้ถูกพัฒนามาอย่างยาวไกลจนทิ้ง RS232 แบบไม่เห็นฝุ่นและการคงอยู่ของ RS232 จะเป็นไปได้ก็เพราะตัวผู้ใช้ยังคงใช้งานมันอยู่นั่นเองและสาเหตุหลักที่ยังมีการใช้อยู่ก็คงหนีไม่พ้นสิ่งที่เรียกว่า “ความคุ้นเคย” เนื่องจากการใช้งานสัญญาณดิจิตอลต้องมีการเขียนโปรแกรม (ยกเว้นซื้อสำเร็จรูป) และการเขียนโปรแกรมนั้นต้องมีความรู้เรื่องสัญญาณนั้น ๆด้วยถึงจะเขียนโปรแกรมได้ ซึ่งหากผู้ใช้มีความรู้เกี่ยวกับ RS232 แล้ว จึงไม่ใช่เรื่องแปลกที่จะเลือกใช้สัญญาณนี้

2. มีอุปกรณ์รองรับการใช้งาน

RS232 เป็นระบบที่ถูกคิดค้นมาตั้งแต่ปี 1960 และเป็นที่นิยมในยุคแรกซึ่งมีข้อดีคือ มีอุปกรณ์ที่รองรับเยอะ การสื่อสารแบบ RS232 เป็นการสื่อสารที่มีอยู่ในเมนบอร์ดคอมพิวเตอร์แทบทุกรุ่น ซึ่งคนทั่วไปจะรู้จักกันในชื่อ Serial Port ซึ่งทำให้การสื่อสารแบบ RS232 ไม่จำเป็นต้องใช้ Converter (ตัวแปลงสัญญาณ) ในการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ ซึ่งต่างจากมาตรฐานใหม่อย่าง RS422, RS485 ที่ถึงแม้จะมีข้อดีที่มากกว่าแต่ก็ต้องใช้ Converter ในการแปลงสัญญาณอยู่ดี แต่ข้อดีข้อนี้อาจอยู่ได้อีกไม่นาน เพราะปัจจุบันเมนบอร์ดรุ่นใหม่ๆ ได้นำ Serial port ออกจากเมนบอร์ดและเพิ่ม Port การสื่อสารน้องใหม่ที่กำลังเป็นที่นิยมเข้าไปแทนนั้นคือการสื่อสารแบบ USB ซึ่งทำให้การสื่อสารรุ่นเก่าอย่าง RS232 ค่อยๆ เลือนหายไปตามการเวลา

- **ข้อเสียของสัญญาณ RS232**

ปัจจุบันได้มีการพัฒนาการสื่อสารข้อมูลรูปแบบใหม่ขึ้นมามากมาย RS232 ซึ่งเป็นการสื่อสารรุ่นเก่าก็ย่อมมีข้อเสียอยู่เช่นกัน ซึ่งจะขออธิบายเป็นข้อๆดังนี้

1. ปัญหาการส่งสัญญาณในระยะไกล

RS232 สามารถรับรับ/ส่งข้อมูลที่ความเร็วสูงสุด 19.2 kb/s ได้ที่ระยะ 15 เมตร ซึ่งแตกต่างกันมากเมื่อเทียบกับการสื่อสารมาตรฐานใหม่อย่าง RS485 ซึ่งสามารถรับ/ส่งข้อมูลได้ไกลถึง 1,200 เมตร ที่ความเร็ว 100 kb/s เนื่องจากการสื่อสารแบบ RS232 นั้นเป็นระบบที่ง่ายต่อการถูกสัญญาณรบกวน (Noise) เข้าแทรกแซง ทำให้ระยะการสื่อสารของ RS232 ไม่สามารถส่งในระยะไกลได้ แต่หากมองดูผิวเผินแล้ว 15 เมตร อาจจะถือว่าไกลมากสำหรับการใช้งานทั่ว ๆไป แต่ในโรงงานอุตสาหกรรมแล้ว การส่งข้อมูลในเครื่องมือวัดอุตสาหกรรมหรือเครื่องมือทางวิศวกรรมมายังห้องควบคุมด้วยระยะ 15 เมตรนั้นถือว่าสั้นมาก ๆ เมื่อเทียบกับขนาดของโรงงาน

2. รับ/ส่งข้อมูลได้เฉพาะแบบ 1 ต่อ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อีกหนึ่งปัญหาของ RS232 คือไม่สามารถส่งข้อมูลจากอุปกรณ์พร้อมกันหลายๆตัวมายังคอมพิวเตอร์ได้ โดยทำได้เพียงแค่ส่งข้อมูลมาที่คอมพิวเตอร์ทีละตัวแบบ 1 ต่อ 1 ซึ่งแตกต่างกันมากเมื่อเทียบกับการสื่อสารมาตรฐานใหม่อย่าง RS485 ซึ่งสามารถส่งข้อมูลจากอุปกรณ์พร้อมกันได้ถึง 32 ตัว

3. ความเร็วที่ล่าช้าในการรับ/ส่งข้อมูล

อีกจุดเปลี่ยนของการสื่อสารแบบ RS232 คือ ความล่าช้าในการรับ/ส่งข้อมูล นี่คือสาเหตุหลักที่ Microsoft เคยประกาศยกเลิกการสนับสนุน RS232 และถูกแทนที่ด้วยการสื่อสารแบบใหม่นั้นคือการสื่อสารแบบ USB ซึ่งเชื่อมต่อง่ายและรวดเร็วกว่า RS232 ถึงเกือบ 100 เท่าในยุคแรกๆ ซึ่งปัจจุบันอาจเร็วกว่านี้มาก แต่อย่างไรก็ตาม ระบบการรับ/ส่งข้อมูลใน เครื่องมือวัดอุตสาหกรรมหรือเครื่องมือทางวิศวกรรมก็ยังใช้การสื่อสารแบบ RS232 อยู่ เพราะผู้ใช้จำนวนมากยังคงคุ้นชินและยังมีอุปกรณ์จำนวนมากในโรงงานอุตสาหกรรมที่ยังรองรับมาตรฐานนี้อยู่ บวกกับงานบางประเภทเป็นการสื่อสารแบบ 1 ต่อ 1 ในระยะสั้นเช่น การตั้งค่าเครื่องมือวัดอุตสาหกรรมโดยใช้ Note book ในการตั้งค่าตามจุดต่าง ๆที่เป็นปัญหา เป็นต้น

4. ความยาวสายเคเบิลสูงสุดของ RS232

ความยาวของสายเคเบิล RS232 เป็นอีกหนึ่งสิ่งที่ถูกกล่าวถึงมากที่สุดในโลก ซึ่งตัวมาตรฐานได้พูดไว้อย่างชัดเจนว่าความยาวสูงสุดของสายเคเบิล RS232 คือ 50 ฟุต (15 เมตร) หรือสายเคเบิลต้องมีค่า capacitance สูงสุดเท่ากับ 2,500 pF ซึ่งกฎข้อหลังนี้มักจะถูกลืม นั่นหมายความว่าการใช้สายเคเบิลที่มีค่า capacitance ต่ำ ๆ จะช่วยขยายระยะสายเคเบิลให้ไกลขึ้นได้ ยกตัวอย่าง หากใช้สายเคเบิลแบบ UTP CAT-5 ที่มีค่า capacitance อยู่ที่ 17 pF/ft ก็จะทำให้สามารถใช้สายเคเบิลได้ที่ความยาวสูงสุด 147 ฟุต (44 เมตร) นั้นเอง

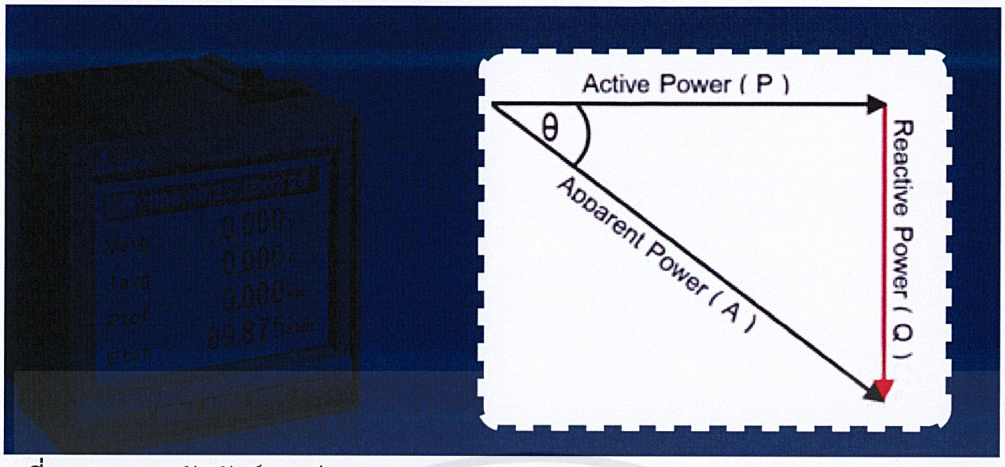
ความยาวสูงสุดของสายเคเบิล RS232 ที่ระบุในมาตรฐานเป็นความยาวที่จะช่วยให้สามารถรับ/ส่งข้อมูลได้ที่ความเร็วสูงสุด ถ้าความเร็วในการรับ/ส่งข้อมูลลดลง นั่นก็หมายความว่าความยาวสูงสุดของสายเคเบิลก็จะเพิ่มขึ้น ซึ่งทาง Texas Instruments ได้ทดลองในทางปฏิบัติเมื่อหลายปีก่อน โดยใช้ความเร็วในการส่งข้อมูลที่แตกต่างกันเพื่อหาความยาวสูงสุดของสายเคเบิล โปรดจำไว้ว่ามาตรฐาน RS232 เดิมได้รับการพัฒนาขึ้นสำหรับความเร็ว 20,000 bit/s ซึ่งหากลดความเร็วลงครึ่งนึงจะทำให้ความยาวสายเคเบิลเพิ่มขึ้นได้อีกถึง 10 เท่า เลยทีเดียว

ตารางที่ 2.4 ความยาวสายเคเบิล RS232 ตาม Texas Instruments

อัตราการถ่ายโอนข้อมูล	ความยาวสายเคเบิลสูงสุด (ฟุต)
19200	50
9600	500
4800	1000
2400	3000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 Power Meter



รูปที่ 2.21 ความสัมพันธ์ระหว่าง Active Power, Reactive Power และ Apparent Power

เป็นอุปกรณ์แสดง "ค่าพารามิเตอร์และปริมาณพลังงานไฟฟ้า" เช่น แรงดัน , กระแส , กำลังงานไฟฟ้าจริง , กำลังงานไฟฟ้ารีแอคทีฟ และ Harmonic เป็นต้น เพื่อให้ทราบถึงค่าทางไฟฟ้าในกระบวนการผลิตและการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ โดยส่วนใหญ่แล้วในภาคอุตสาหกรรม จะนำ Power Meter ไปใช้ในการควบคุมหรือปรับปรุงการใช้พลังงานไฟฟ้า เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการทำงานได้อย่างเต็มที่ อีกทั้งยังเป็นการช่วยจัดการพลังงาน Power Meter นับว่าเป็นอุปกรณ์หนึ่ง ที่มีส่วนช่วยในภาคอุตสาหกรรมได้อย่างมาก โดยจะช่วยบอกค่าทางไฟฟ้าในการใช้พลังงานได้อย่างถูกต้อง เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการควบคุม หรือ ปรับปรุงการใช้พลังงานไฟฟ้าได้อย่างมีคุณภาพต่อไป Power meter คืออุปกรณ์ที่รวม มัลติมิเตอร์ แคล้มป์มิเตอร์ เข้าด้วยกันจึงสามารถวัดแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า ความต้านทาน และฟังก์ชันอื่น ๆ ได้เทียบเท่ากับ มัลติมิเตอร์ และ แคล้มป์มิเตอร์ ซึ่งนอกจากจะวัดฟังก์ชันต่าง ๆได้แล้ว ยังสามารถวิเคราะห์ข้อมูลกำลังงานได้ง่ายและเต็มประสิทธิภาพ

การวิเคราะห์กำลังไฟฟ้า จะต้องวิเคราะห์ค่า 3 ประเภทหลักๆดังนี้

1. Active Power (P)
2. Reactive Power (Q)
3. Apparent Power (A)

Active Power , Reactive Power , Apparent Power คืออะไร Active Power (P) คือ กำลังไฟฟ้าที่ใช้จริง เกิดจากโหลดความต้านทาน มีหน่วยเป็น วัตต์ (W)หรือกิโลวัตต์ (KW) คำนวณได้จากสมการ P = V x I x Cos (zeta) Reactive Power (Q) คือ กำลังไฟฟ้าที่ศูนย์เสีย เกิดจากโหลดตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุมีหน่วยเป็น วาร์ (VAR) หรือกิโลวาร์ (kVAR) คำนวณได้จากสามการ Q = V x A x Sin (zeta) Apparent Power (A) คือ กำลังไฟฟ้าที่ปรากฏ (Input) หรือ ผลรวมทางเวกเตอร์ของไฟฟ้าที่ ใช้จริง และกำลังไฟฟ้าที่ศูนย์เสียมีหน่วยเป็นโวลต์ แอมแปร์ (VA) หรือกิโลโวลต์ แอมแปร์ (kVA) คำนวณได้จากสามการ Q = V x A x Sin (zeta)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติและชนิดของอุปกรณ์ที่ใช้งาน

ชนิดของอุปกรณ์ที่ใช้งานจริงภายในอุตสาหกรรมเนื่องจาก มิเตอร์ที่ใช้งานหรือแม้กระทั่ง Gateways ที่ใช้งานในแต่ละจุดนั้นไม่ได้เป็นลักษณะเดียวกันหรือยี่ห้อเดียวกัน ดังนั้นวิธีการใช้งานในการติดต่อสื่อสารของอุปกรณ์แต่ชนิดก็จะต่างกันไปด้วย ในที่นี้จะเป็นอุปกรณ์ที่ใช้งานจริงที่มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรม โดยจะแบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ

1. Gateways Protocol

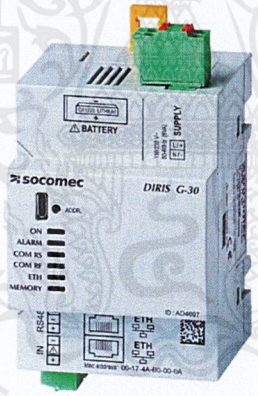
ลักษณะของ Gateways Protocol จะมีความคล้ายกับมิเตอร์ทั่วไปแต่มีหน้าที่ในการรวบรวมข้อมูลต่าง ๆจาก Slaves ที่ได้ทำการเชื่อมต่ออยู่ เปรียบเหมือนประตู(Gateway) ที่คอยเปิดรับส่งข้อมูลที่ Master ต้องการ

2. Power Meter

หน้าที่การทำงานของ Power Meter ก็คือการวัดค่ากำลังทางไฟฟ้าที่เครื่องจักรทำงานได้ในขณะนั้น ทำให้สามารถทราบค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆที่จำเป็นสำหรับเครื่องจักรนั้น ๆได้ และมีรายละเอียดของอุปกรณ์ทั้งหมด ดังนี้

Gateways Protocol

1. Socomec: DIRIS G30



รูปที่ 2.22 Gateway: Socomec DIRIS G30

โดยมีฟังก์ชันการทำงาน ดังนี้

- สามารถติดต่อสื่อสารผ่าน Ethernet ด้วย Modbus TCP protocol ได้
- สามารถรับส่งข้อมูลจากอุปกรณ์วัด มิเตอร์หรือ PLC ผ่านทาง Modbus RTU (RS-485) ได้
- สามารถรับส่งข้อมูลผ่านทางอุปกรณ์ที่ส่งสัญญาณระยะไกลได้ ผ่าน TCP Modbus protocol
- สามารถกำหนดที่อยู่ของอุปกรณ์แต่ละตัวผ่าน Address ได้
- สามารถนับเวลาการใช้งานได้ภายในตัวเอง
- สามารถตั้งค่าการส่งข้อมูลผ่าน Email ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เชื่อมต่อกับอุปกรณ์วัด มิเตอร์หรือPLC ได้สูงสุดที่ 32 อุปกรณ์ (Devices Slaves) และหากต้องการเพิ่มการเชื่อมต่อ สามารถใช้อุปกรณ์ขยายสัญญาณ (Repeater) ได้

โดยวิธีการตั้งค่าหรือกำหนดที่อยู่ (Address) ต่าง ๆนั้นสามารถทำทุกอย่างได้ผ่านโปรแกรมที่มีชื่อว่า Easy Config ซึ่งเป็น Software ที่ติดคู่มากับอุปกรณ์ของ Gateway ยี่ห้อ Socomec

รูปที่ 2.23 ตัวอย่าง Display ของซอฟต์แวร์ Easy Config

จากรูปที่ 2.23 แสดงถึงหน้าจอการทำงานของ Software ที่ชื่อว่า Easy Config โดยผู้ใช้สามารถตั้งค่าต่าง ๆตามที่ต้องการได้จากฟังก์ชันการทำงานที่มี ผ่านโปรแกรมที่มาพร้อมกับ Gateways ได้โดยตรง

2. Wisco: RC32

รูปที่ 2.24 Gateway : Wisco RC32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Modbus Gateway RC32 เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับเชื่อมต่อการสื่อสารระหว่าง Modbus TCP และ Modbus RTU/ASCll ให้สามารถสื่อสารกันได้ โดย RC32 สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ทางด้าน Serial ได้ทั้งแบบ Master และ Slave ส่วนทางด้าน Ethernet ก็สามารถเชื่อมต่อได้ทั้งแบบ Server และ Client (Modbus TCP Master, Modbus TCP Slave) โดยรองรับการเชื่อมต่อจาก Client (Modbus TCP Master) ได้พร้อมกัน 8 ตัว สามารถ เลือกโหมดและตั้งค่าการทำงานให้กับ RC32 ผ่านทางโปรแกรม RC32 Utility

คุณสมบัติ

ความเร็วการติดต่อสื่อสาร: 10/100 Mbps, Full-duplex or half-duplex, Auto MDI/MDIX

อุปกรณ์สื่อสาร: RJ45 (10 Base-T) Ethernet

Protocols: MODBUS TCP

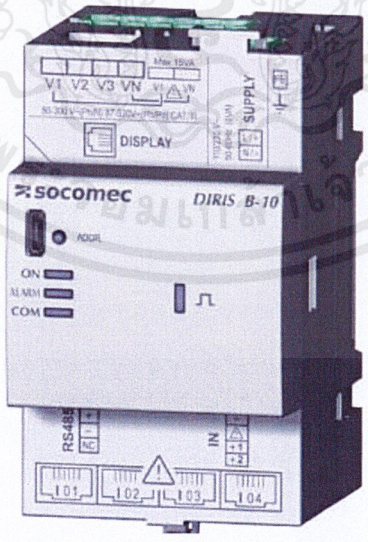
Baud Rate: 4800, 9600, 19200, 38400, 57600, 115200

Parity: None, Even, Odd

จากคุณสมบัติของอุปกรณ์ ทำให้เราทราบว่า Gateways: Wisgo RC32 สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์วัดอื่น ๆ หรือ PLC ได้ผ่านทาง RS485, RS232 และ RS422 ยังมีการเชื่อมต่อ Protocol ด้วย Modbus RTU และ Modbus ASCII อีกด้วย รวมไปถึงคุณสมบัติต่าง ๆที่มาพร้อมกับอุปกรณ์ที่ได้แสดงรายละเอียดไว้แล้ว

Power Meter

1. Socomec: B10



รูปที่ 2.25 Power Meter : Socomec B10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นมิเตอร์ชนิดหนึ่งที่มีความสามารถในการวัดค่าสัญญาณต่างๆที่เกี่ยวข้องกับไฟฟ้าได้ (Electrical Power Meter) ด้วยวิธีการอ่านค่าจากเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่ต้องการวัดด้วย CT (Current Transformer) โดยจะนำ CT ไปคล้องกับสายของอุปกรณ์หรือเครื่องจักรนั้น ๆ และจะสามารถอ่านค่าสัญญาณทางไฟฟ้าได้ผ่าน Register Number ซึ่ง Meter แต่ละแบบแต่ละชนิดจะมี Register Number ที่ต่างกัน โดย Register Number ที่จำเป็นสำหรับการใช้งานของ Meter: Socomec B10 มีดังตารางที่ 2.5

จากตารางที่ 2.5 จะแสดงให้เห็นถึง Register Number ของ Power Meter ยี่ห้อ Socomec B10 เราจะนำ Register number ของค่าที่เราต้องการดูหรือแสดง มาใช้งานได้ตามที่ตารางได้ระบุไว้ ตัวอย่าง เช่น ต้องการทราบค่าความถี่ (Frequency) ของระบบ ต้องระบุเลข 18422 เพื่อใช้ในการเช็คค่าความถี่ของระบบที่ต้องการและระบุชนิดของข้อมูลหรือ Data Type ให้ถูกต้องตามตาราง จากตัวอย่างต้องระบุชนิดของข้อมูลเป็น U32 หรือ Unsigned 32 Bit Data เป็นต้น

ตารางที่ 2.5 Register Number ของ Power Meter: Socomec B10

Inst. measurement - Load #1

Dec start address	Hex start address	Type	Size	Lock level	Locked fcts	Unlocked fcts
18432	0x4800	Info	92	NONE	READ	READ

Dec address	Hex address	Words count	Description	Unit	Data type
18432	0x4800	1	Load status 0 : Disabled 1 : Enabled	-	U8
18433	0x4801	2	Date of last instance	s	DATETIME
18435	0x4803	1	Integration time	s / 5	U16
18436	0x4804	2	System Ph-N Voltage	V 10^{-3}	U32
18438	0x4806	2	System Ph-Ph Voltage	V 10^{-3}	U32
18440	0x4808	2	System Current	mA	U32
18442	0x480A	2	Frequency	mHz	U32
18444	0x480C	2	Ph-N Voltage : V1	V 10^{-3}	U32
18446	0x480E	2	Ph-N Voltage : V2	V 10^{-3}	U32
18448	0x4810	2	Ph-N Voltage : V3	V 10^{-3}	U32
18450	0x4812	2	Ph-N Voltage : Vn	V 10^{-3}	U32
18452	0x4814	2	Ph-Ph Voltage : U12	V 10^{-3}	U32
18454	0x4816	2	Ph-Ph Voltage : U23	V 10^{-3}	U32
18456	0x4818	2	Ph-Ph Voltage : U31	V 10^{-3}	U32
18458	0x481A	2	Current : I1	mA	U32
18460	0x481C	2	Current : I2	mA	U32
18462	0x481E	2	Current : I3	mA	U32
18464	0x4820	2	Current : In	mA	U32
18466	0x4822	1	Inba	% / 100	U16
18467	0x4823	2	Idir	mA	U32
18469	0x4825	2	Iinv	mA	U32
18471	0x4827	2	Ihom	mA	U32
18473	0x4829	1	Inb	% / 100	U16
18474	0x482A	2	Snom	VA	U32
18476	0x482C	2	Total active power	W	S32
18478	0x482E	2	Total reactive power	var	S32
18480	0x4830	2	Total lagging reactive power	var	S32
18482	0x4832	2	Total leading reactive power	var	S32
18484	0x4834	2	Total apparent power	VA	U32
18486	0x4836	1	Total power factor	- / 1000	S16
18487	0x4837	1	Total Power factor type : 0 : undefined 1 : leading 2 : lagging	-	U8
18488	0x4838	2	Active power : P1	W	S32
18490	0x483A	2	Active power : P2	W	S32
18492	0x483C	2	Active power : P3	W	S32
18494	0x483E	2	Reactive power : Q1	var	S32
18496	0x4840	2	Reactive power : Q2	var	S32
18498	0x4842	2	Reactive power : Q3	var	S32
18500	0x4844	2	Lagging reactive power : Q1_lagg	var	S32
18502	0x4846	2	Lagging reactive power : Q2_lagg	var	S32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. E-Power: ECM700

รูปที่ 2.26 Power Meter : E-Power ECM700

ECM700 เป็นมัลติฟังชั่นของเพาเวอร์มิเตอร์ 3 เฟสภายใต้แบรนด์ E-POWER ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ออกแบบมาในขนาดกะทัดรัดเหมาะสำหรับการวัดผลและการแสดงพารามิเตอร์ไฟฟ้าวัดค่า Voltage, Current, Active Power, Reactive Power, Apparent Power, Power Factor, Frequency เป็นต้น และยังมีความสามารถที่จะเชื่อมต่อผ่านผ่านสายสัญญาณ RS485 เพื่อใช้ในการดึงค่าพลังงานที่ใช้ในเชิงวิเคราะห์ และเก็บรวบรวมสถิติได้โดยง่ายดายอีกด้วย แต่จำเป็นต้องมีการระบุเลข Register Number ของค่าสัญญาณทางไฟฟ้าของกำลังไฟที่เราต้องการนำมาวิเคราะห์ โดยมีค่าที่จำเป็นสำหรับการวิเคราะห์ดังนี้

ตารางที่ 2.6 Register Number ของ Power Meter: E-power ECM700

Equipment	Description	Unit	Coefficient	Frame name	Address	Word ordering	Type	Function
ECM-700	CT			FRAME A	3005	No swap words	Unsigned Short 16bits	Read Holding Register
ECM-700	PT			FRAME A	3004	No swap words	Unsigned Short 16bits	Read Holding Register
ECM-700	V1	V	0.01	EP700	0	No swap words	Unsigned Short 16bits	Read Holding Register
ECM-700	U1	V	0.01	EP700	4	No swap words	Unsigned Short 16bits	Read Holding Register
ECM-700	Frequence	Hz	0.01	EP700	42	No swap words	Unsigned Short 16bits	Read Holding Register
ECM-700	I1	A	0.1* CT	EP700	9	No swap words	Unsigned Short 16bits	Read Holding Register
ECM-700	I2	A	0.1* CT	EP700	10	No swap words	Unsigned Short 16bits	Read Holding Register
ECM-700	I3	A	0.1* CT	EP700	11	No swap words	Unsigned Short 16bits	Read Holding Register
ECM-700	Isys	A	1			No swap words	Signed Byte 8bits	Read Holding Register
ECM-700	P tot	W	10* CT * PT	EP700	20	No swap words	Unsigned Short 16bits(word)	Read Holding Register
ECM-700	Q tot	var	10* CT * PT	EP700	28	No swap words	Unsigned Short 32bits	Read Holding Register
ECM-700	S tot	VA	10* CT * PT	EP700	36	No swap words	Unsigned Short 32bits	Read Holding Register
ECM-700	PF tot	-	0.001	EP700	41	No swap words	Unsigned Short 16bits	Read Holding Register
ECM-700	Energie active totale	kWh	0.1	EP700	46	No swap words	Unsigned Short 32bits	Read Holding Register

จากตารางที่ 2.6 จะแสดงให้เห็นถึง Register Number ของ Power Meter ยี่ห้อ E-power ECM700 เราจะนำ Register Number ของค่าที่เราต้องการดูหรือแสดง มาใช้งานได้ตามที่ตารางได้ระบุไว้ ตัวอย่างเช่น ต้องการทราบค่าความถี่ (Frequency) ของระบบ ต้องระบุเลข 42 หรือ 40042 เพราะฟังก์ชันการใช้งานของ Read Holding Register มีค่าตั้งแต่ 40001-49999 เพื่อใช้ในการเช็คค่าความถี่ของระบบที่ต้องการและระบุชนิดของข้อมูลหรือ Data Type ให้ถูกต้องตามตาราง จากตัวอย่างต้องระบุชนิดของข้อมูลเป็น U16 หรือ Unsigned 16 bit data เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Schneider Power Logic: PM500

รูปที่ 2.27 Power Meter : Schneider Power Logic PM500

จากรูปที่ 2.27 คือ PM500 เป็นมิเตอร์ (ภายใต้ตราสินค้า Schneider Electric) สามารถวัดค่าทางไฟฟ้าได้มากมาย ตัวอย่างเช่น

- I - กระแสเฟส และกระแสนิวตรอน
- V - แรงดันไฟฟ้า เฟส-เฟส, เฟส-นิวตรอน
- F – ความถี่ (Hz)
- P (Watt) Q (VAR), S(VA) กำลังไฟฟ้า
- PF-เพาเวอร์แฟคเตอร์

ค่าพลังงาน (Energy)

- 110 to 400 VAC / 120 to 350 VDC
- 24 to 48 VDC

ค่าความต้องการทางไฟฟ้า (Demand)

- ค่าความต้องการทางไฟฟ้า (“Demand”และ“Peak Demand”)
- ค่าความต้องการกระแส (Current Demand)

วัดคุณภาพไฟฟ้า

- Total Harmonic Distortion ของกระแส และแรงดันไฟฟ้า (THD)

คุณสมบัติเพิ่มเติม

- PM500 ฟังก์ชันเหมือน PM700 และมี Pulse Output เพิ่ม
- PM500 มี Communication Modbus RS485

แต่จำเป็นต้องมีการระบุเลข Register Number ของค่าสัญญาณทางไฟฟ้าของกำลังไฟที่เราต้องการนำมาวิเคราะห์ โดยมีค่าที่จำเป็นสำหรับการวิเคราะห์มีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7 Register Number ของ Power Meter: Schneider Power Logic PM500

Equipment	Description	Unit	Coefficient	Frame name	Address	Word ordering	Type	Function
PM-500	Frequency	Hz	0.01	PM500	788	SWAP WORDS	Unsigned Int 32bits	Read Holding Register
PM-500	I1	A	0.001	PM500	768	SWAP WORDS	Unsigned Int 32bits	Read Holding Register
PM-500	I2	A	0.001	PM500	770	SWAP WORDS	Unsigned Int 32bits	Read Holding Register
PM-500	I3	A	0.001	PM500	772	SWAP WORDS	Unsigned Int 32bits	Read Holding Register
PM-500	Isys	A	1			SWAP WORDS	Signed Byte 8bits	Read Holding Register
PM-500	P tot	W	10	PM500	790	SWAP WORDS	Unsigned Int 32bits	Read Holding Register
PM-500	Q tot	var	10	PM500	792	SWAP WORDS	Unsigned Int 32bits	Read Holding Register
PM-500	S tot	VA	10	PM500	794	SWAP WORDS	Unsigned Int 32bits	Read Holding Register
PM-500	PF tot	-	0.001	PM500b	870	SWAP WORDS	Signed Int 32bits	Read Holding Register
PM-500	Energie active totale	Wh	1000	PM500b	856	SWAP WORDS	Unsigned Int 32bits	Read Holding Register

จากตารางที่ 2.7 จะแสดงให้เห็นถึง Register Number ของ Power Meter ยี่ห้อ Schneider Power Logic PM500 เราจะนำ Register Number ของค่าที่เราต้องการดูหรือแสดง มาใช้งานได้ตามที่ตารางได้ระบุไว้ ตัวอย่างเช่น ต้องการทราบค่าความถี่ (Frequency) ของระบบ ก็ต้องระบุเลข 788 หรือ 400788 เพราะฟังก์ชันการใช้งานของ Read Holding Register มีค่าตั้งแต่ 40001-49999 เพื่อใช้ในการเช็คค่าความถี่ของระบบที่ต้องการและระบุชนิดของข้อมูลหรือ Data Type ให้ถูกต้องตามตาราง จากตัวอย่างต้องระบุชนิดของข้อมูลเป็น U32 หรือ Unsigned 32 bit data เป็นต้น

4. Schneider Power Logic: PM710

รูปที่ 2.28 Power Meter: Schneider Power Logic PM710

Power Logic Power Meter Series 700 มีความสามารถในการวัดค่าทางไฟฟ้าทั้งหมดที่จำเป็นสำหรับการตรวจสอบการติดตั้งระบบไฟฟ้า ด้วยหน้าจอที่มีขนาดใหญ่สามารถตรวจสอบกระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้าทั้งสามเฟสและเฟสนิวตรอนได้ในเวลาเดียวกัน ในส่วนของจอแสดงผลมีการป้องกันแสงสะท้อนที่จะเกิดขึ้น และขนาดตัวอักษรที่มีตัวอักษรสูง 11 ม.ม. รวมไปถึงไฟแบล็คไลท์เพื่อให้สามารถอ่านค่าต่าง ๆได้แม้ในสภาพที่แสงไม่ปกติ

จุดเด่นของ Schneider Power Logic PM710 คือ

- ช่วยลดต้นทุนในการใช้พลังงานได้ หากมีการจัดการที่ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สามารถปรับปรุงคุณภาพการใช้ไฟฟ้าได้
- สามารถนำไปพัฒนาได้เพื่อการใช้งานที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ค่าความแม่นยำของการวัด

- Power 1 %
- Current 0.5 % 1 - 6 A
- Voltage 0.5 % 50 - 27 V
- Frequency 0.02 Hz 45 - 65 Hz
- Power factor 0.0034 1A to 6A and from -0.5 to +0.5

Communication port protocol: Modbus 19200 bauds

Communication port support: RS485

Supply voltage: 125 - 250 V, DC 115 - 415 V, AC 45 - 65 Hz

ตารางที่ 2.8 Register Number ของ Power Meter : Schneider Power Logic PM710

Equipment	Description	Unit	Coefficient	Frame name	Address	Word ordering	Type	Function
PM-710	CT		1	PM710	4119		Unsigned Short 16bits	Read Holding Register
PM-710	PT		1	PM710	4121		Unsigned Short 16bits	Read Holding Register
PM-710	V1	V	1 / scale	PM710	4032		Unsigned Short 16bits	Read Holding Register
PM-710	U1	V	1 / scale	PM710	4029		Unsigned Short 16bits	Read Holding Register
PM-710	Frequency	Hz	0.01	PM710	4012		Unsigned Short 16bits	Read Holding Register
PM-710	P tot	W	1000	PM710	1005		Float 32 bits	Read Holding Register
PM-710	Q tot	var	1000	PM710	1007		Float 32 bits	Read Holding Register
PM-710	S tot	VA	1000	PM710	1009		Float 32 bits	Read Holding Register
PM-710	PF tot	-	1	PM710	1011		Float 32 bits	Read Holding Register
PM-710	Energie active totale	Wh	1000	PM710	999		Float 32 bits	Read Holding Register

จากตารางที่ 2.8 จะแสดงให้เห็นถึง Register Number ของ Power Meter ยี่ห้อ Schneider Power Logic PM710 เราจะนำ Register Number ของค่าที่เราต้องการดูหรือแสดง มาใช้งานได้ตามที่ตารางได้ระบุไว้ ตัวอย่างเช่น ต้องการทราบค่าความถี่ (Frequency) ของระบบ ก็ต้องระบุเลข 4012 หรือ 404012 เพราะฟังก์ชันการใช้งานของ Read Holding Register มีค่าตั้งแต่ 40001-49999 เพื่อใช้ในการเช็คค่าความถี่ของระบบที่ต้องการและระบุชนิดของข้อมูลหรือ Data Type ให้ถูกต้องตามตาราง จากตัวอย่างต้องระบุชนิดของข้อมูลเป็น U32 หรือ Unsigned 32 Bit Data เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการเชื่อมต่อสัญญาณกับอุปกรณ์และ SCADA Software

ขั้นตอนแรกจะเริ่มจากกระบวนติดต่อสื่อสารด้วย Modbus TCP/IP หรือ Modbus Protocol ผ่านสายสัญญาณ RS485 เข้ากับ Software และวิธีการใช้งาน Software สำหรับการสร้าง SCADA System เมื่อศึกษาแล้วจึงจะเริ่มการออกแบบ SCADA System และนำสัญญาณจากอุปกรณ์หรือเครื่องจักรจริงมาใช้งานผ่าน Protocol ได้

3.1 ตรวจสอบระบบการทำงานของเครื่องจักรภายในโรงงาน

3.1.1 กระบวนการทำงานของระบบเครื่องจักรภายในบริษัท เอสซิลอร์ แมนูแฟคเจอร์ริ่ง จำกัด

ในที่นี้กระบวนการทำงานของเครื่องจักรที่สนใจก็คือระบบทำความเย็นภายในอุตสาหกรรม (Chiller System) บริษัท เอสซิลอร์ แมนูแฟคเจอร์ริ่ง จำกัด เพราะเป็นอุสาหกรรมการผลิตเลนส์ (Lens) ขนาดใหญ่จำเป็นต้องมีการควบคุมอุณหภูมิภายในโรงงานให้อยู่ในเกณฑ์ที่เป็นมาตรฐาน เพื่อส่งผลต่อการทำงานพนักงาน รวมไปถึงระบบการทำงานอื่นๆโดยตรงอีกด้วย และระบบการทำความเย็นของบริษัท เอสซิลอร์ แมนูแฟคเจอร์ริ่ง จำกัด ยังเป็นระบบที่ใช้กำลังไฟที่สูงมากคิดเป็น 30% ของค่าใช้จ่ายของค่าไฟทั้งหมด โดยที่โครงสร้างของโรงงานการผลิตจะแบ่งเป็น 3 โรงงานเรียกว่า EMTC1, EMTC2 และ EMTC3 และแต่ละ EMTC จะมีระบบ Chiller System ของตัวเองโดยเครื่องจักรที่เกี่ยวข้องกับระบบ Chiller System ก็คือ หอทำน้ำเย็น (Cooling Tower), ปั๊มน้ำเย็น (Condenser Pump), ปั๊มน้ำ (Chiller Pump) และเครื่องทำความเย็น (Chiller)

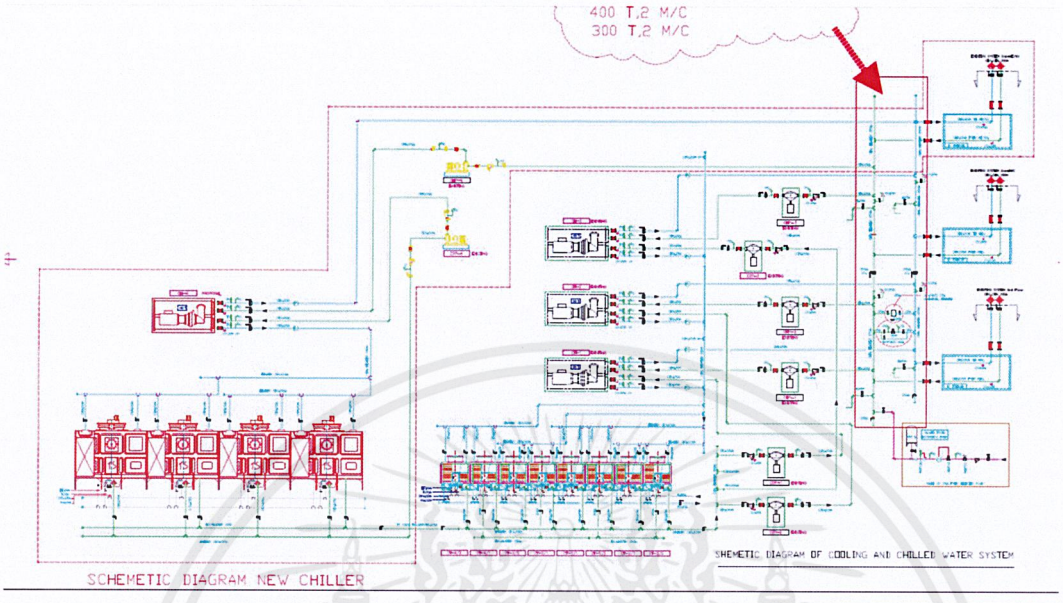
จากรูปที่ 3.1 แสดงถึง Layout ของระบบทำความเย็น (Chiller System) ซึ่งเป็นระบบทำความเย็นของโรงงานผลิตที่1 (EMTC Plant1) แสดงให้เห็นถึงส่วนประกอบต่างๆของกระบวนการทำความเย็นในระบบ โดยที่แสดงให้เห็นถึง จำนวนของชิลเลอร์ (Chiller) ทั้งหมด 4 ตัว, หอทำความเย็น (Cooling Tower) ทั้งหมด 10 เซลล์, ปั๊มน้ำเย็น (Condenser Pump) 4 ตัว และปั๊มน้ำชิลเลอร์ (Chiller Pump) 4 ตัว รวมไปถึงระบบการติดตั้งท่อที่เกี่ยวข้องกับระบบ ซึ่งจะนำข้อมูลทั้งหมดนี้ไปสร้างเป็นระบบ SCADA ต่อไป

จากรูปที่ 3.2 แสดงถึง Layout ของระบบทำความเย็น (Chiller System) ซึ่งเป็นระบบทำความเย็นของโรงงานผลิตที่1 (EMTC Plant1) แสดงให้เห็นถึงส่วนประกอบต่างๆของกระบวนการทำความเย็นในระบบ โดยที่แสดงให้เห็นถึง จำนวนของชิลเลอร์ (Chiller) ทั้งหมด 5 ตัว, หอทำความเย็น (Cooling Tower) ทั้งหมด 13 เซลล์, ปั๊มน้ำเย็น (Condenser Pump) 5 ตัว และปั๊มน้ำชิลเลอร์ (Chiller Pump) 5 ตัว รวมไปถึงระบบการติดตั้งท่อที่เกี่ยวข้องกับระบบ ซึ่งจะนำข้อมูลทั้งหมดนี้ไปสร้างเป็นระบบ SCADA ต่อไป

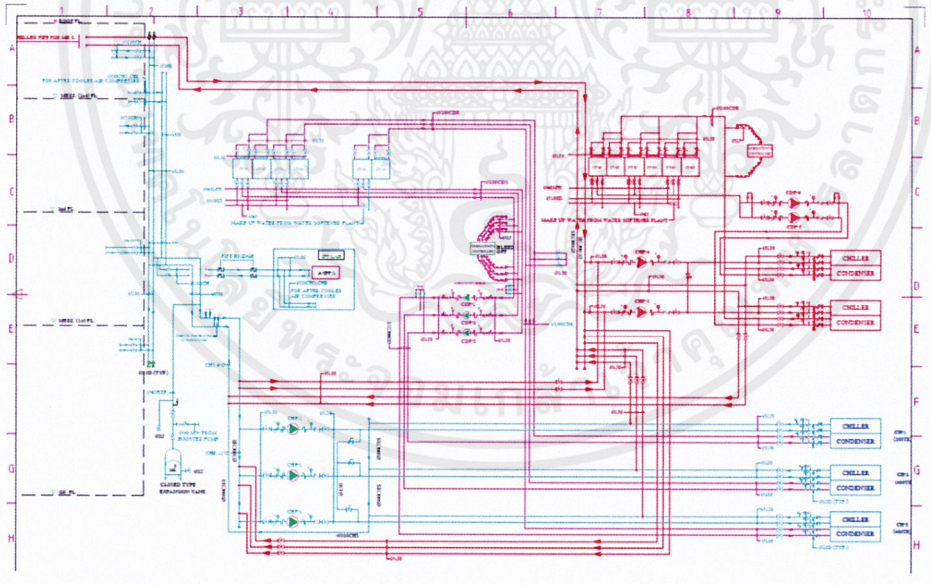
จากรูปที่ 3.3 แสดงถึง Layout ของระบบทำความเย็น (Chiller System) ซึ่งเป็นระบบทำความเย็นของโรงงานผลิตที่1 (EMTC Plant1) แสดงให้เห็นถึงส่วนประกอบต่างๆของกระบวนการทำความเย็นในระบบ โดยที่แสดงให้เห็นถึง จำนวนของชิลเลอร์ (Chiller) ทั้งหมด 5 ตัว, หอทำความเย็น (Cooling Tower)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งหมด 13 เซลล์, ปั๊มน้ำเย็น (Condenser Pump) 5 ตัว และปั๊มน้ำชิลเลอร์ (Chiller Pump) 5 ตัว รวมไปถึงระบบการติดตั้งท่อที่เกี่ยวข้องกับระบบ ซึ่งจะนำข้อมูลทั้งหมดนี้ไปสร้างเป็นระบบ SCADA ต่อไป

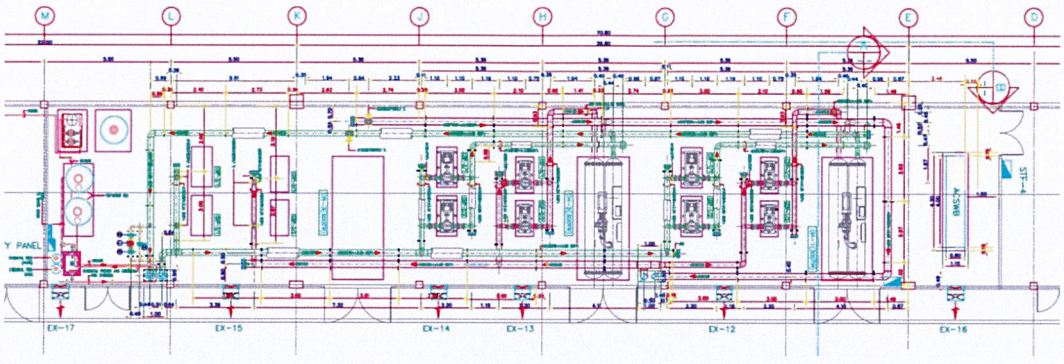


รูปที่ 3.1 Layout ระบบทำความเย็นของ EMTC1



รูปที่ 3.2 Layout ระบบทำความเย็นของ EMTC2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 Layout ระบบทำความเย็นของ EMTC3

3.1.2 ตรวจสอบความถูกต้องไดอะแกรมเส้นเดียว Single Line Diagram ของตู้ MDB ภายในโรงงาน เอสซิลอร์ แมนูแฟคเจอร์ริ่ง จำกัด

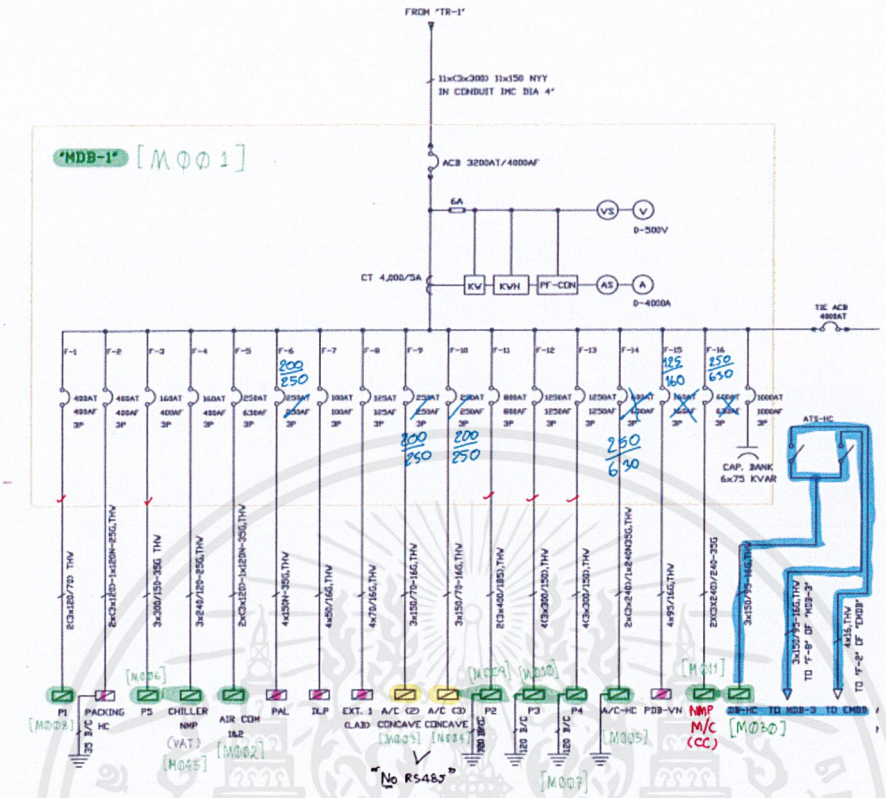
Single Line Diagram เป็นไดอะแกรมที่ใช้เส้นเพียงเส้นเดียวแทนสายทุกเส้นในวงจรนั้น ๆ และใช้สัญลักษณ์ทางไฟฟ้าเป็นตัวแสดงการต่ออุปกรณ์ไฟฟ้า ซึ่งข้อดีของไดอะแกรมเส้นเดียวคือ จะช่วยให้วงจรไฟฟ้าที่มีการต่อวงจรอย่างสลับซับซ้อน สามารถเข้าใจและนึกภาพได้ง่ายยิ่งขึ้น โดยในไดอะแกรมจะแสดงถึงประเภทของเซอร์กิจเบรกเกอร์มอเตอร์เครื่องจักรแต่ละตัว กระแสของเครื่องจักรแต่ละตัว ขนาดสายไฟ ประเภทการทำงานของมอเตอร์ของเครื่องจักร ขนาดเมนเบรกเกอร์ที่ใช้จ่ายไฟภายในตู้ MDB และจากการศึกษาก็สามารถนำข้อมูลของ Single Line Diagram ที่มีไปจัดทำเป็นระบบ SCADA ของโรงงานได้ จากการศึกษาระบบการจ่ายไฟของ บริษัท เอสซิลอร์ แมนูแฟคเจอร์ริ่ง จำกัด ทำให้ทราบว่า ระบบการเดินสายไฟของโรงงานจะแบ่งเป็น 3 จุดหลักๆคือ EMTC1, EMTC2 และ EMTC3 หรือก็คือ แบ่งตามจำนวนของโรงงานการผลิตที่มี โดยมีรายละเอียดของ Single Line Diagram มีดังนี้

1. โรงงานผลิตที่1 (EMTC1)

มีการแบ่งตู้ไฟ MDB (Main Distribution Board) เป็น 4 ตู้ ดังรูปที่ 3.4, 3.5, 3.6 และ 3.7

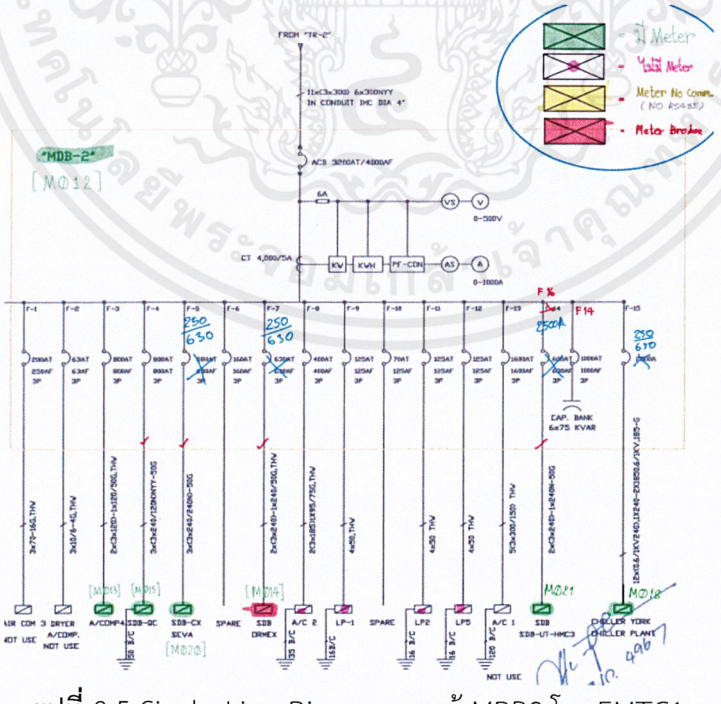
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EMTC1 – ตู้ MDB (Main Distribution Board) ที่ 1



รูปที่ 3.4 Single Line Diagram ของตู้ MDB1 โรง EMTC1

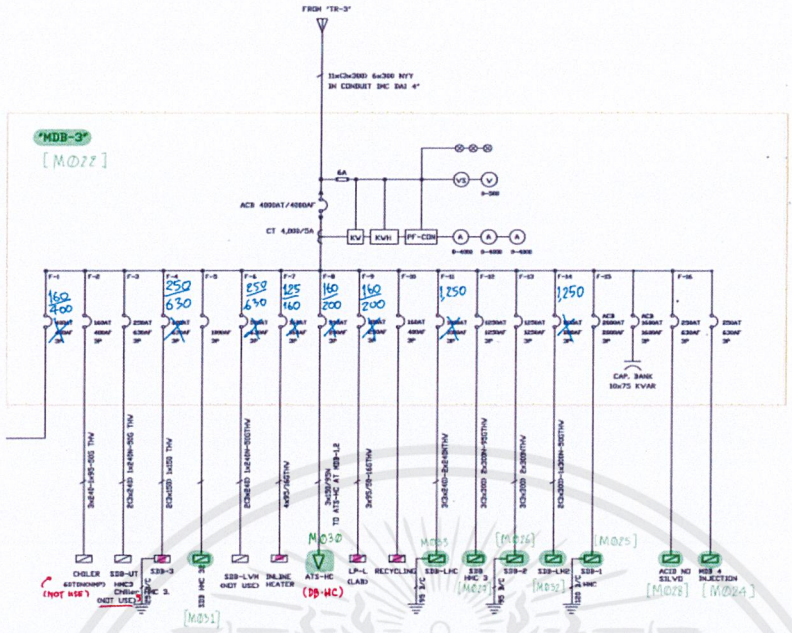
EMTC1 – ตู้ MDB (Main Distribution Board) ที่ 2



รูปที่ 3.5 Single Line Diagram ของตู้ MDB2 โรง EMTC1

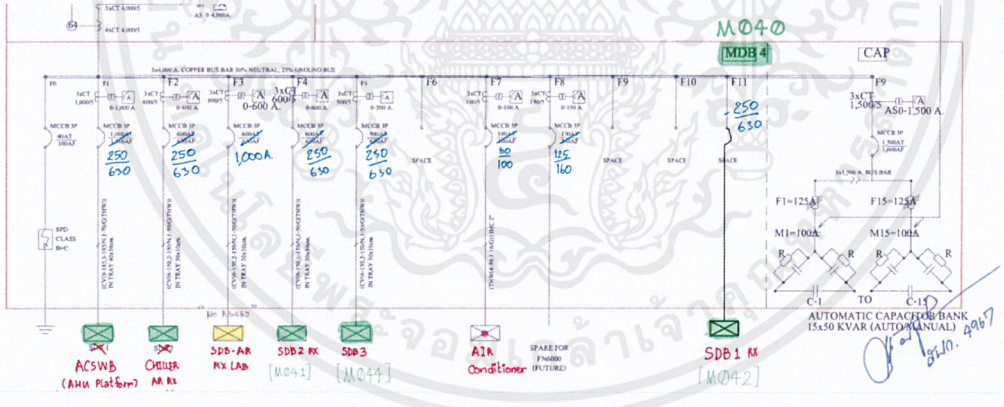
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EMTC1 – ตู้ MDB (Main Distribution Board) ที่ 3



รูปที่ 3.6 Single Line Diagram ของตู้ MDB3 โรง EMTC1

EMTC1 – ตู้ MDB (Main Distribution Board) ที่ 4



รูปที่ 3.7 Single Line Diagram ของตู้ MDB4 โรง EMTC1

จากรูปที่ 3.4, 3.5, 3.6 และ 3.7 ได้แสดงให้เห็นถึงรายละเอียดของอุปกรณ์ เครื่องจักรและมิเตอร์ที่ได้ติดตั้งกับตัวเครื่องจักรโดยตรง โดยรายละเอียดที่ได้แสดงอยู่ใน Single Line Diagram นี้เป็นข้อมูลที่มีการอัพเดตเมื่อวันที่ 1 ตุลาคม 2562 ด้วยวิธีการ Survey กับทางผู้เชี่ยวชาญโดยตรง

โดยรายละเอียดที่มีการตรวจสอบจะเป็นการเจาะจงตรวจสอบไปที่รายละเอียดของมิเตอร์ที่ใช้ในการวัดค่ากำลังไฟฟ้าของเครื่องจักรในระบบการผลิต เพราะมีความสำคัญต่อการนำไปใช้งานในการออกแบบ SCADA System โดยมีรายละเอียดดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

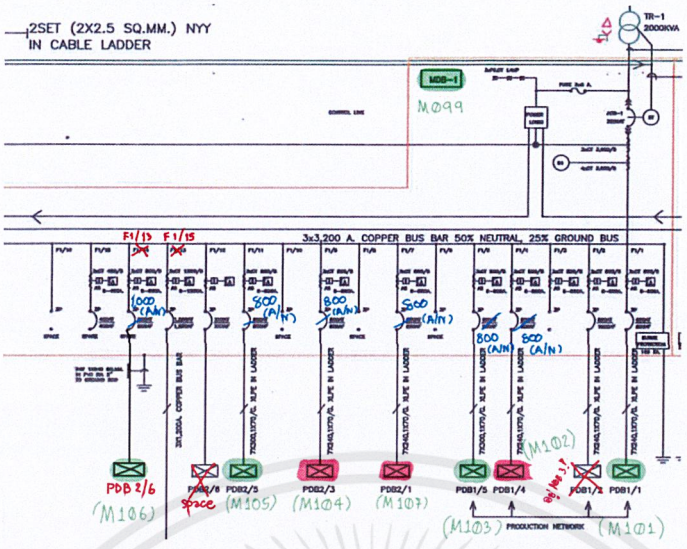
1. จุดสีเขียว หมายถึง มีมิเตอร์วัดไฟฟ้า (Power Meter) ติดตั้งอยู่
2. จุดที่เหลือง หมายถึง มิเตอร์ (Power Meter) ติดตั้งอยู่ แต่ไม่สามารถเชื่อมต่อกับฐานข้อมูลได้ เพราะไม่มีสาย RS-485 ที่เป็นมาตรฐานในการเชื่อมต่อสัญญาณ
3. จุดสีแดง หมายถึง มิเตอร์ (Power Meter) ที่ติดตั้งอยู่ได้รับความเสียหาย หรือไม่สามารถใช้งานได้
4. จุดว่างเปล่า หมายถึง ไม่มีการติดตั้งมิเตอร์ (Power Meter) ที่บริเวณเครื่องจักรนั้น
5. รายชื่อของอุปกรณ์ที่มีมิเตอร์ไปวัด โดยจะใช้เป็นตัวย่อสั้นๆเพื่อความสะดวกในการทำงานของผู้ดูแล
6. ลำดับตัวเลขของมิเตอร์ โดยจะใช้ตัวย่อคือ M ตัวอย่างเช่น มิเตอร์ตัวที่5 คือ M005 เป็นต้น เพราะเนื่องจากในโรงงานมีมิเตอร์ที่ติดตั้งกว่า 150 ตัว ทั้งที่สามารถตรวจสอบได้และไม่ได้
7. จุดที่เป็นพื้นที่ว่าง หรือ Space เพื่อในอนาคตเพื่อที่จะได้สามารถนำอุปกรณ์หรือเครื่องจักรมาติดตั้งและใช้งานใน Line ของ MDB นั้น ๆได้

2. โรงงานผลิตที่2 (EMTC2)

มีการแบ่งตู้ไฟ MDB (Main Distribution Board) เป็น 4 ตู้ ดังรูปที่ 3.8, 3.9, 3.10 และ 3.11

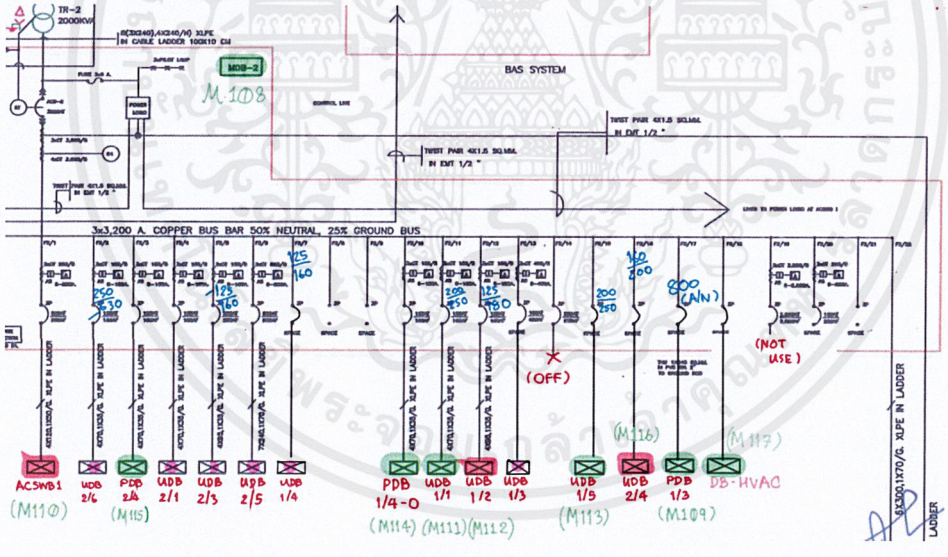
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EMTC2 – ตู้ MDB (Main Distribution Board) ที่ 1



รูปที่ 3.8 Single Line Diagram ของตู้ MDB1 โรง EMTC2

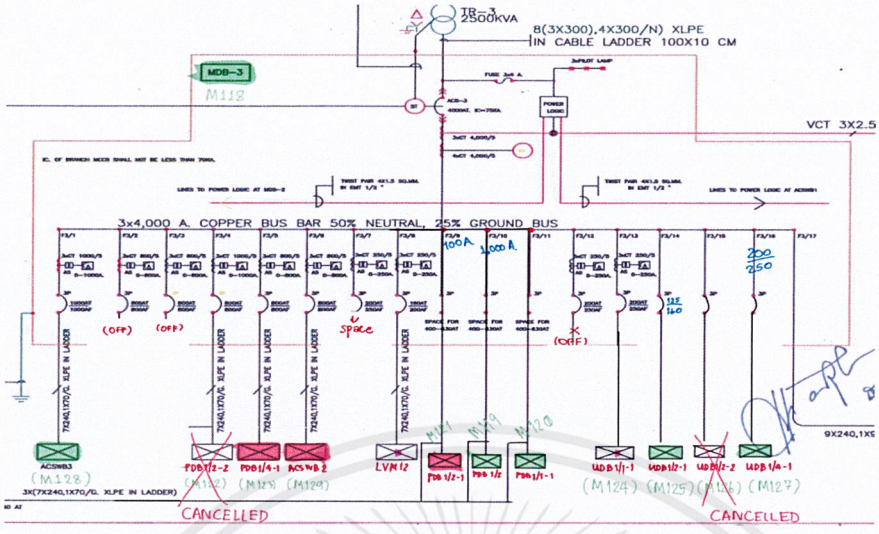
EMTC2 – ตู้ MDB (Main Distribution Board) ที่ 2



รูปที่ 3.9 Single Line Diagram ของตู้ MDB2 โรง EMTC2

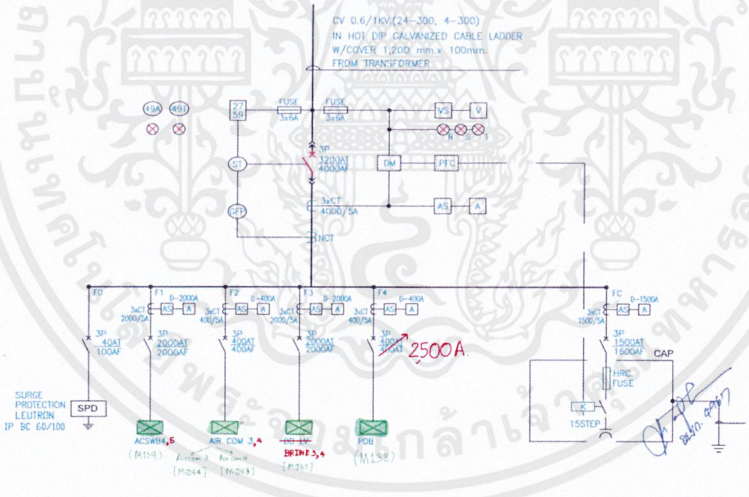
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EMTC2 – ตู้ MDB (Main Distribution Board) ที่ 3



รูปที่ 3.10 Single Line Diagram ของตู้ MDB3 โรง EMTC2

EMTC2 – ตู้ MDB (Main Distribution Board) ที่ 4



รูปที่ 3.11 Single Line Diagram ของตู้ MDB4 โรง EMTC2

จากรูปที่ 3.8, 3.9, 3.10 และ 3.11 ได้แสดงให้เห็นถึงรายละเอียดของอุปกรณ์ เครื่องจักรและมิเตอร์ที่ได้ติดตั้งกับตัวเครื่องจักรโดยตรง โดยรายละเอียดที่ได้แสดงอยู่ใน Single Line Diagram นี้เป็นข้อมูลที่มีการอัพเดตเมื่อวันที่ 1 ตุลาคม 2562 ด้วยวิธีการ Survey กับทางผู้เชี่ยวชาญโดยตรง

โดยรายละเอียดที่มีการตรวจสอบจะเป็นการเจาะจงตรวจสอบไปที่รายละเอียดของมิเตอร์ที่ใช้ในการวัดค่ากำลังไฟฟ้าของเครื่องจักรในระบบการผลิต เพราะมีความสำคัญต่อการนำไปใช้งานในการออกแบบ SCADA System โดยมีรายละเอียดดังนี้

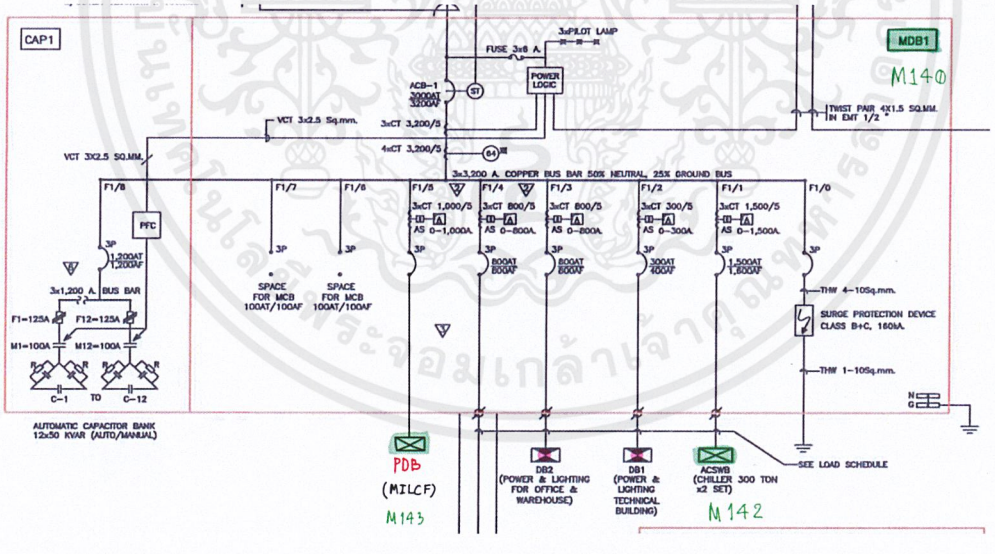
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. จุดสีเขียว หมายถึง มีมิเตอร์วัดไฟฟ้า (Power Meter) ติดตั้งอยู่
2. จุดที่เหลือง หมายถึง มิเตอร์ (Power Meter) ติดตั้งอยู่ แต่ไม่สามารถเชื่อมต่อกับฐานข้อมูลได้ เพราะไม่มีสาย RS-485 ที่เป็นมาตรฐานในการเชื่อมต่อสัญญาณ
3. จุดสีแดง หมายถึง มิเตอร์ (Power Meter) ที่ติดตั้งอยู่ได้รับความเสียหาย หรือไม่สามารถใช้งานได้
4. จุดว่างเปล่า หมายถึง ไม่มีการติดตั้งมิเตอร์ (Power Meter) ที่บริเวณเครื่องจักรนั้น
5. รายชื่อของอุปกรณ์ที่มีมิเตอร์ไปวัด โดยจะใช้เป็นตัวย่อสั้นๆเพื่อความสะดวกในการทำงานของผู้ดูแล
6. ลำดับตัวเลขของมิเตอร์ โดยจะใช้ตัวย่อคือ M ตัวอย่างเช่น มิเตอร์ตัวที่5 คือ M005 เป็นต้น เพราะเนื่องจากในโรงงานมีมิเตอร์ที่ติดตั้งกว่า 150 ตัว ทั้งที่สามารถตรวจสอบได้และไม่ได้
7. จุดที่เป็นพื้นที่ว่าง หรือ Space เพื่อในอนาคตเพื่อที่จะได้สามารถนำอุปกรณ์หรือเครื่องจักรมาติดตั้งและใช้งานใน Line ของ MDB นั้น ๆได้

3. โรงงานผลิตที่3 (EMTC3)

มีการแบ่งตู้ไฟ MDB (Main Distribution Board) เป็น 1 ตู้ ดังรูปที่ 3.12

EMTC3 – ตู้ MDB (Main Distribution Board) ที่ 1



รูปที่ 3.12 Single Line Diagram ของตู้ MDB4 โรง EMTC2

จากรูปที่ 3.12 ได้แสดงให้เห็นถึงรายละเอียดของอุปกรณ์ เครื่องจักรและมิเตอร์ที่ได้ติดตั้งกับตัวเครื่องจักรโดยตรง โดยรายละเอียดที่ได้แสดงอยู่ใน Single Line Diagram นี้เป็นข้อมูลที่มีการอัพเดตเมื่อวันที่ 1 ตุลาคม 2562 ด้วยวิธีการ Survey กับทางผู้เชี่ยวชาญโดยตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยรายละเอียดที่มีการตรวจสอบจะเป็นการเจาะจงตรวจสอบไปที่รายละเอียดของมิเตอร์ที่ใช้ในการวัดค่ากำลังไฟฟ้าของเครื่องจักรในระบบการผลิต เพราะมีความสำคัญต่อการนำไปใช้งานในการออกแบบ SCADA System โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. จุดสีเขียว หมายถึง มีมิเตอร์วัดไฟฟ้า (Power Meter) ติดตั้งอยู่
2. จุดที่เหลือง หมายถึง มิเตอร์ (Power Meter) ติดตั้งอยู่ แต่ไม่สามารถเชื่อมต่อกับฐานข้อมูลได้ เพราะไม่มีสาย RS-485 ที่เป็นมาตรฐานในการเชื่อมต่อสัญญาณ
3. จุดสีแดง หมายถึง มิเตอร์ (Power Meter) ที่ติดตั้งอยู่ได้รับความเสียหาย หรือไม่สามารถใช้งานได้
4. จุดว่างเปล่า หมายถึง ไม่มีการติดตั้งมิเตอร์ (Power Meter) ที่บริเวณเครื่องจักรนั้น
5. รายชื่อของอุปกรณ์ที่มีมิเตอร์ไปวัด โดยจะใช้เป็นตัวย่อสั้นๆเพื่อความสะดวกในการทำงานของผู้ดูแล
6. ลำดับตัวเลขของมิเตอร์ โดยจะใช้ตัวย่อคือ M ตัวอย่างเช่น มิเตอร์ตัวที่5 คือ M005 เป็นต้น เพราะเนื่องจากในโรงงานมีมิเตอร์ที่ติดตั้งกว่า 150 ตัว ทั้งที่สามารถตรวจสอบได้และไม่ได้
7. จุดที่เป็นพื้นที่ว่าง หรือ Space เพื่อในอนาคตจะได้สามารถนำอุปกรณ์หรือเครื่องจักรมาติดตั้งและใช้งานใน Line ของ MDB นั้น ๆได้

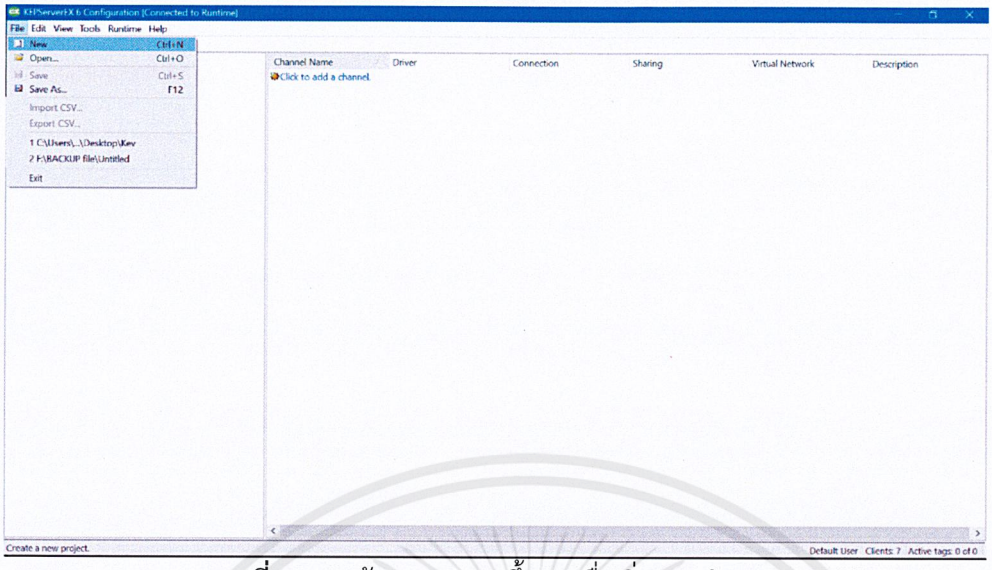
3.2 ขั้นตอนการเชื่อมต่อและเข้าถึงข้อมูลของมิเตอร์ที่ติดตั้งกับเครื่องจักร ด้วยโปรแกรม OPC server (Software: Kepware OPC)

จากข้อมูลที่ได้รับในการศึกษาไดอะแกรมเส้นเดียว (Single Line Diagram) และข้อมูลจากชนิดของมิเตอร์วัดกำลังไฟฟ้า (Power Meter) ที่ติดตั้งอยู่ภายในบริษัท เอสซิลอ แมนูแฟคเจอร์ริ่ง จำกัด ทำให้ทราบถึงสถานะของมิเตอร์ในปัจจุบัน ชนิดของมิเตอร์ที่ใช้งานในแต่ละเครื่องจักร และวิธีการเข้าถึงข้อมูลในมิเตอร์นั้น ๆได้ โดยมี Software ที่ใช้ในการเข้าถึงข้อมูลของมิเตอร์ที่ติดตั้งอยู่ในเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ต่าง ๆภายในโรงงาน ที่มีชื่อว่า KepserverX หรือ Kepware เป็น Software ที่ใช้ในการจัดการกับข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับ Protocol Connection

และมีขั้นตอนในการใช้งานโปรแกรม Kepware OPC ดังนี้

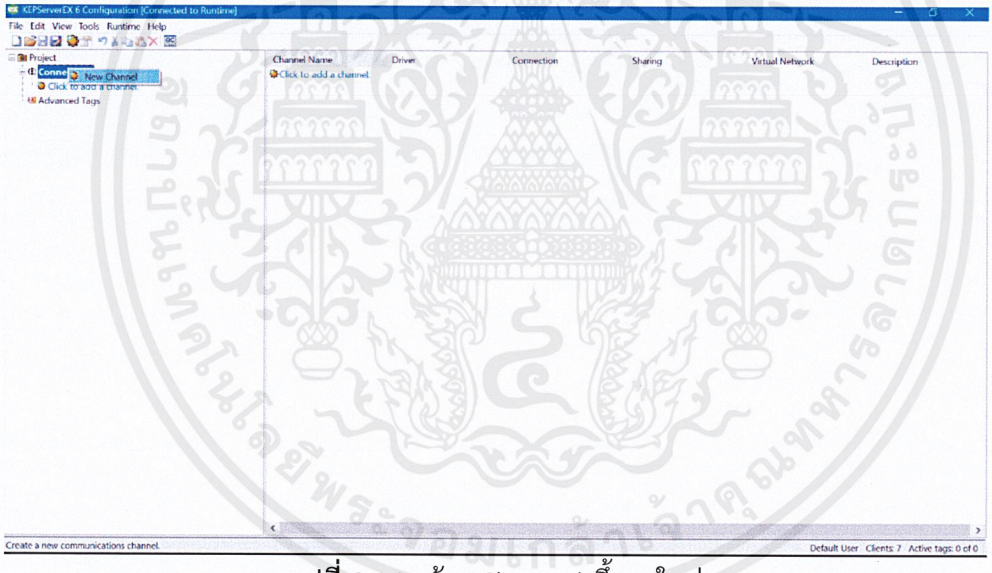
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. เปิดโปรแกรมขึ้นมา และคลิ๊กเลือกไปที่ File เพื่อทำการสร้าง Project ขึ้นมาใหม่ดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 สร้าง Project ขึ้นมาเพื่อเริ่มการทำงาน

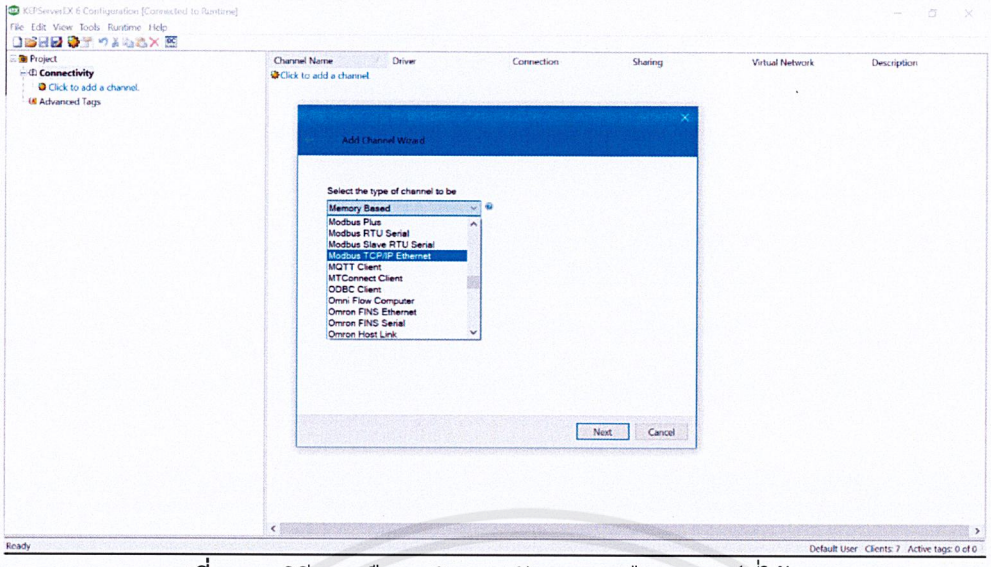
2. คลิ๊กขวาที่ Connectivity เพื่อทำการสร้าง Channel ขึ้นมาสำหรับ Group ข้อมูล ดังรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 สร้าง Channel ขึ้นมาใหม่

3. เมื่อมีหน้าต่างของการ Add Channel ขึ้นมา ให้เลือกชนิดของสัญญาณ Protocol ที่เราต้องการใช้งาน ในที่นี้ให้เลือก Modbus TCP/IP Ethernet แล้วคลิ๊ก Next ดังรูปที่ 3.15

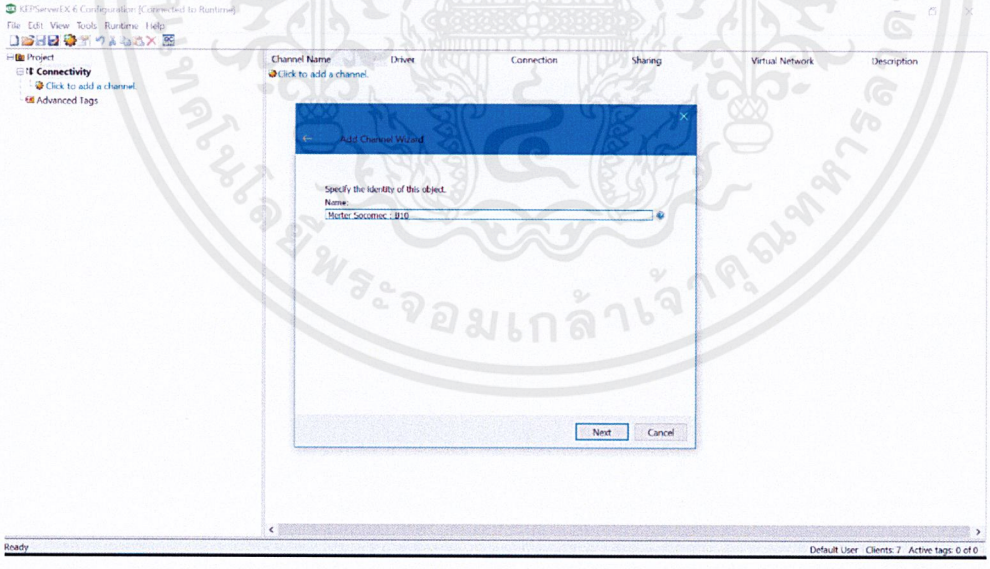
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.15 วิธีการเลือกชนิดของสัญญาณหรืออุปกรณ์ที่ใช้งาน

เมื่อเริ่มการสร้าง Channel และมีการกำหนดลักษณะการติดต่อสื่อสารด้วย Modbus TCP/IP Ethernet แล้ว ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการเข้าถึงข้อมูลจะมีวิธีการเข้าถึงข้อมูลของมิเตอร์ตามชนิดของมิเตอร์ โดยมีขั้นตอน ดังนี้

4. หลังจากคลิ๊กที่ปุ่ม Next จากรูปที่ 3.15 จะมีหน้าต่างใหม่เด้งขึ้นมา เพื่อใช้ในการตั้งชื่ออุปกรณ์ที่ใช้งาน แล้วคลิ๊ก Next ตามรูปที่ 3.16

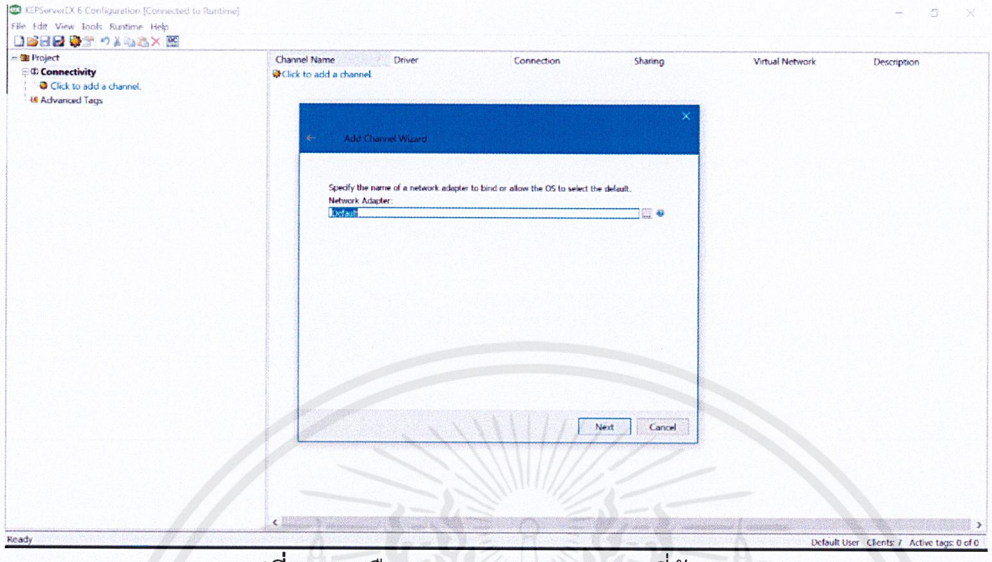


รูปที่ 3.16 หน้าต่างที่ใช้ในการตั้งชื่ออุปกรณ์หรือชื่อ Channel ที่ต้องการ

5. แสดงหน้าต่างที่ให้เลือกว่าจะทำการ Connection กับ Network Adapterไหน โดยเราจะมี Address ของ Network Adapter มากกว่า 1 ได้ก็ต่อเมื่อมีการต่อ Port VLAN/WLAN มากกว่า1 แต่หากเลือกที่เป็น

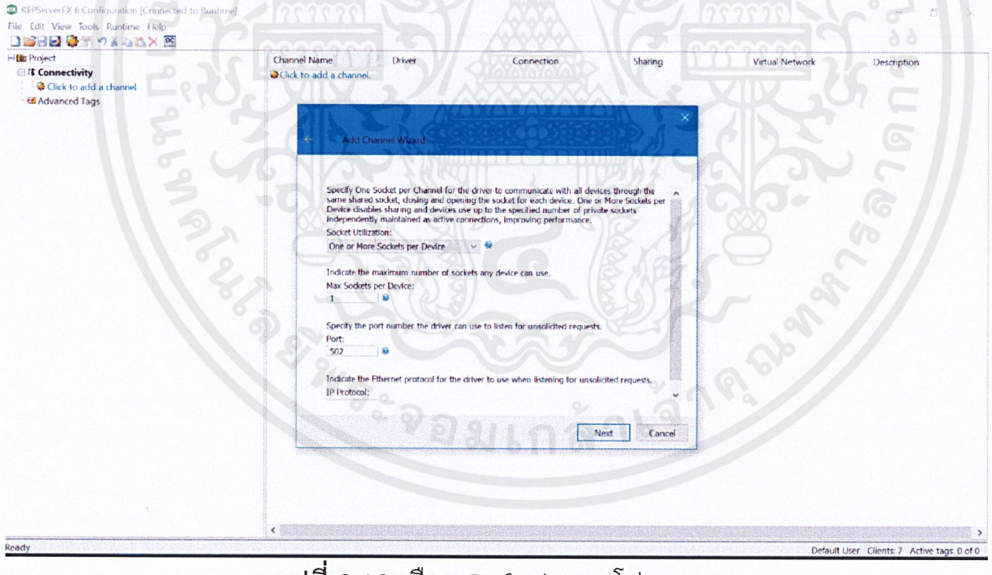
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Default โปรแกรมจะทำการหา Network Adapter ที่เหมาะสมมากที่สุดให้ใช้งาน และทำการคลิ๊ก Next ดังรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.17 เลือก Port VLAN/WLAN ที่ต้องการ

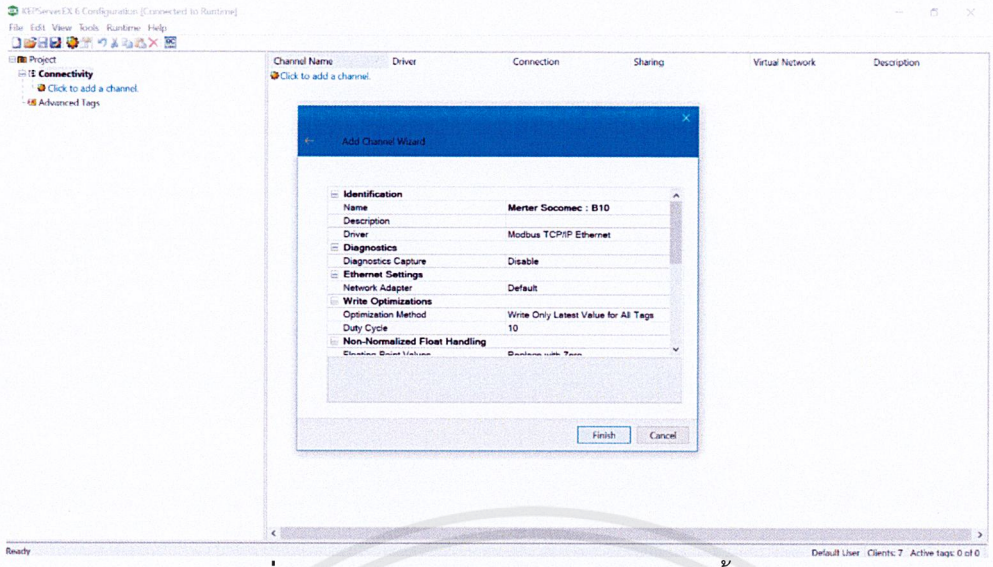
6. คลิ๊ก Next ดังรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.18 เลือก Default ของโปรแกรม

7. เป็นหน้าต่างที่แสดงรายละเอียดของการตั้งค่าตั้งแต่ขั้นตอนแรก เมื่อตรวจสอบแล้วไม่มีความผิดพลาด คลิ๊ก Finish เพื่อจบขั้นตอนการตั้งค่า ดังรูปที่ 3.19

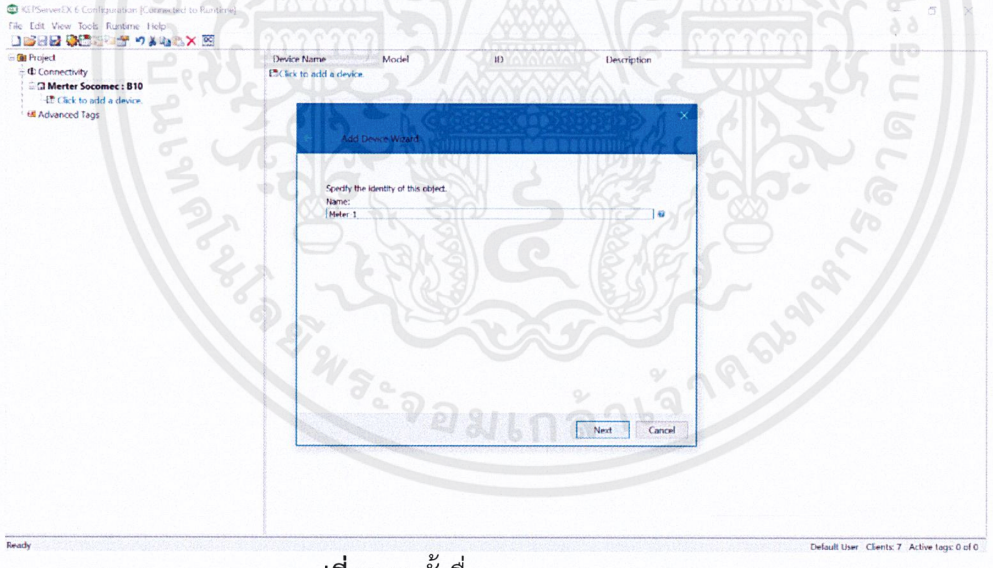
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.19 ตรวจสอบความเรียบร้อยของการตั้งค่า

เมื่อทำการตั้งค่า Channel เรียบร้อยตามที่ต้องการแล้ว ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการระบุสัญญาณของข้อมูลจากมิเตอร์ที่ต้องการจะทราบ โดยมีขั้นตอนดังนี้

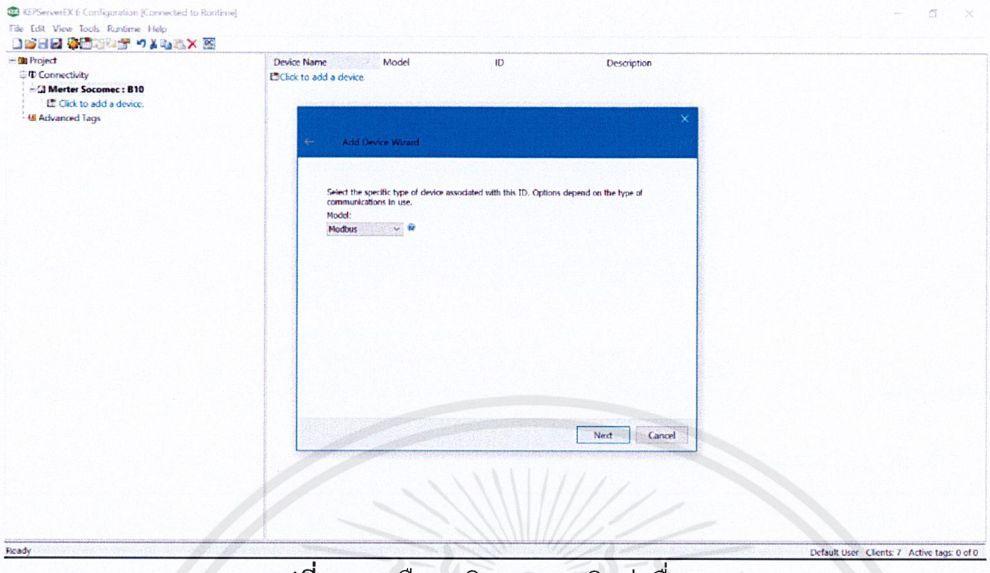
8. ตั้งชื่อตามความเหมาะสม คลิ๊ก Next ดังรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.20 ตั้งชื่อตามความเหมาะสม

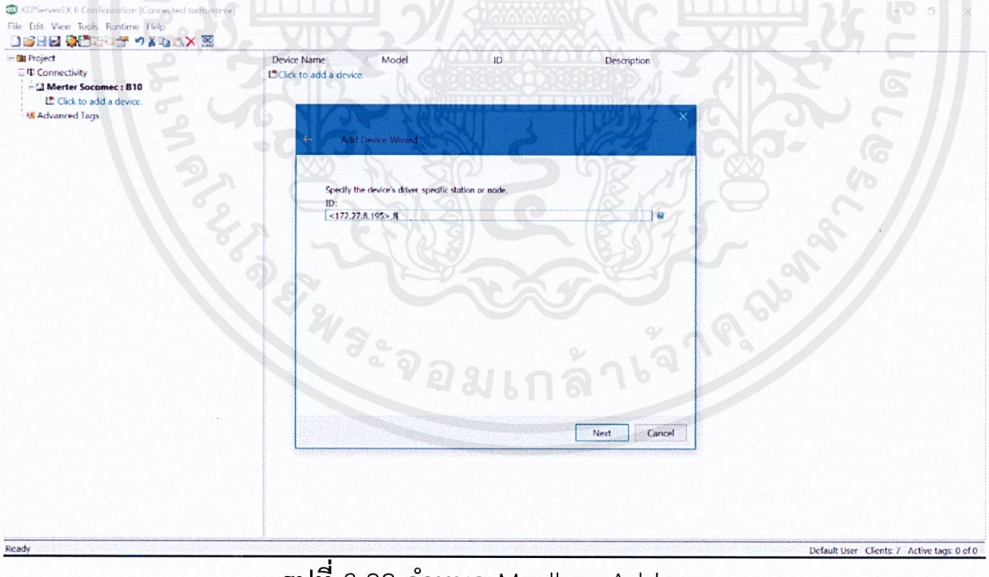
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. เลือกชนิด Protocol ของอุปกรณ์ ในที่นี้เลือก Modbus Protocol คลิ๊ก Next ดังรูปที่ 3.21



รูปที่ 3.21 เลือกชนิดของการติดต่อสื่อสาร

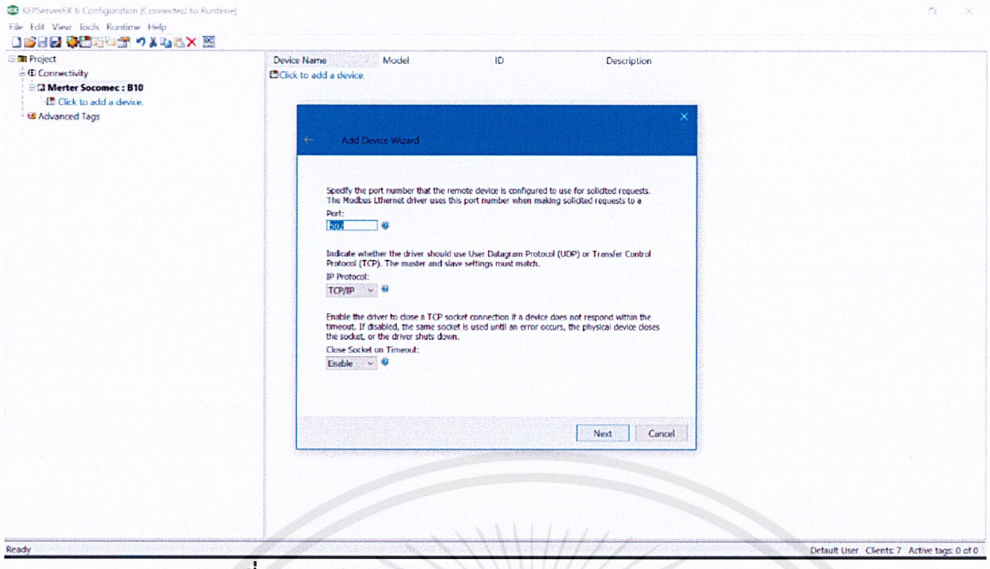
10. ใส่ Modbus Address ของอุปกรณ์ตามที่ได้ตั้งค่าไว้ที่อุปกรณ์ เพื่อสื่อว่าต้องการติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์ตัวไหน โดยการใส่ <Gateway Address>.Modbus Address เช่น <172.27.8.195>.10 เป็นต้น



รูปที่ 3.22 กำหนด Modbus Address

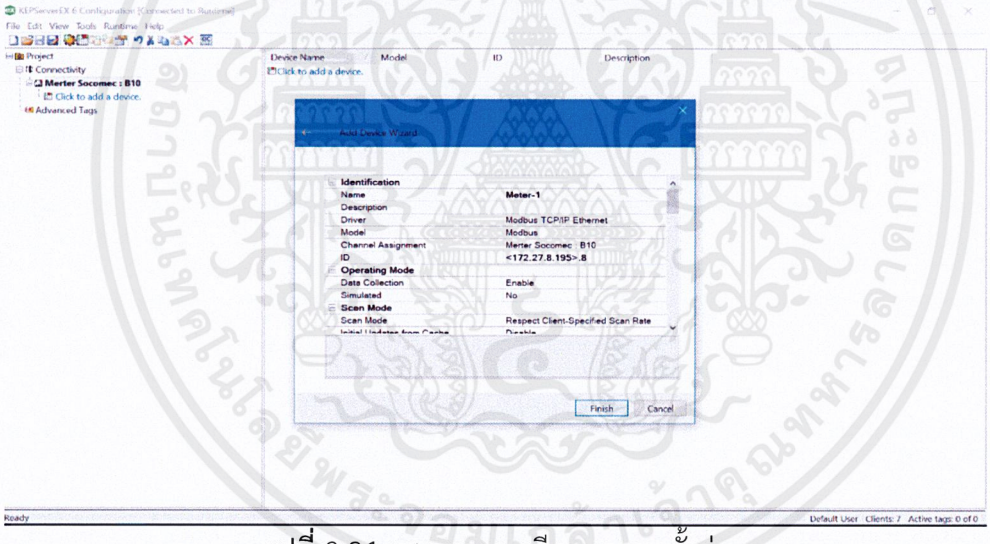
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11. ตั้งค่า Port การติดต่อสื่อสารเป็น Port : 502 และ IP Protocol: TCP/IP แล้วคลิ๊ก Next ดังรูปที่ 3.23



รูปที่ 3.23 กำหนดหมายเลข Port และ IP Protocol

12. แสดงรายละเอียดของการตั้งค่าทั้งหมด แล้วคลิ๊ก Finish เพื่อจบการตั้งค่า ดังรูปที่ 3.24



รูปที่ 3.24 แสดงรายละเอียดของการตั้งค่า

เมื่อทำการตั้งค่า Channel ตามที่อุปกรณ์ต้องการ ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการเชื่อมต่อข้อมูลระหว่างผู้ใช้แล้วมิเตอร์วัดพลังงานที่ติดตั้งอยู่ ผ่านการอ้างอิงข้อมูลด้วย Register Number โดยแบ่งไปตามชนิดของมิเตอร์ ดังนี้

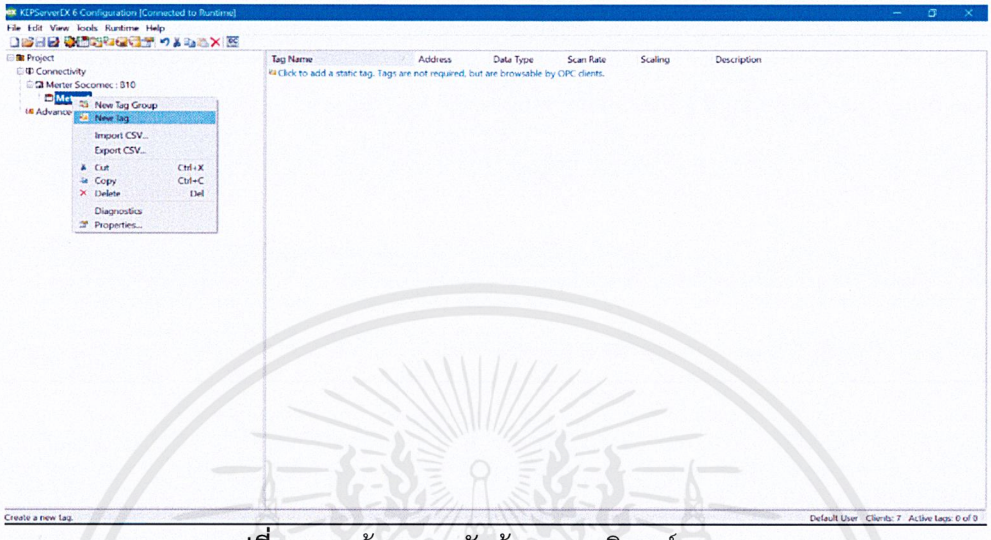
1. Power Meter: Socomec B10

ในการเข้าถึงข้อมูลของมิเตอร์ Socomec: B10 ผ่าน Modbus TCP/IP จะใช้วิธีการเข้าถึงข้อมูลด้วย Register Number ของค่าสัญญาณที่ต้องการ ผ่านโปรแกรม Kepware OPC โดยจะอ้างอิง Register

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Number ของมิเตอร์ Socomec: B10 จากตารางที่ 2.5 ที่ได้กล่าวไว้ในข้างต้น และมีวิธีการใช้งานควบคู่กับโปรแกรม Kepware OPC มีขั้นตอนดังนี้

1.1 คลิ๊กขวา เลือก New Tag เพื่อเพิ่ม Register Number ที่ต้องการ ดังรูปที่ 3.25



รูปที่ 3.25 สร้าง Tag รับข้อมูลจากมิเตอร์

1.2 กำหนดชื่อของค่าสัญญาณที่ต้องการ และกำหนด Register Number ในช่องของ Address เพื่อเป็นการระบุค่าสัญญาณที่ต้องการดู ในที่นี้ต้องการทราบค่าความถี่ และเมื่ออ้างอิงจากตารางที่ 2.5 จะเป็นไปดังนี้

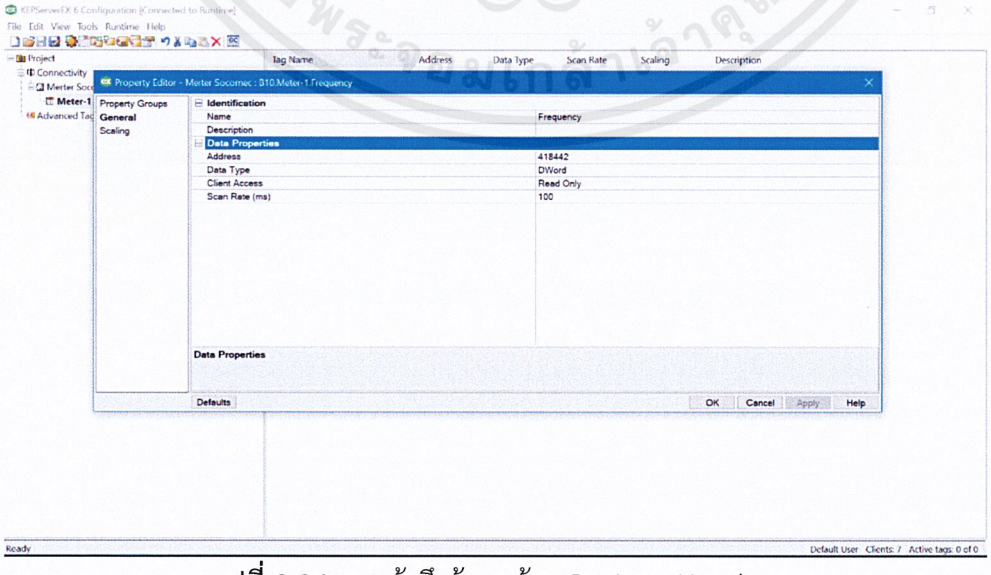
Address: 418442

Data type: DWord (Double Word) แสดงถึงข้อมูลแบบ Unsigned 32Bit Data

Client Access: Read Only หมายถึง ฟังก์ชัน 3 ที่แสดงถึงการอ่านข้อมูลทางเดียว

SCAN Rate (ms): 100 หมายถึงอัตราเร็วของการสื่อสารข้อมูล สามารถปรับได้ตามความเหมาะสม

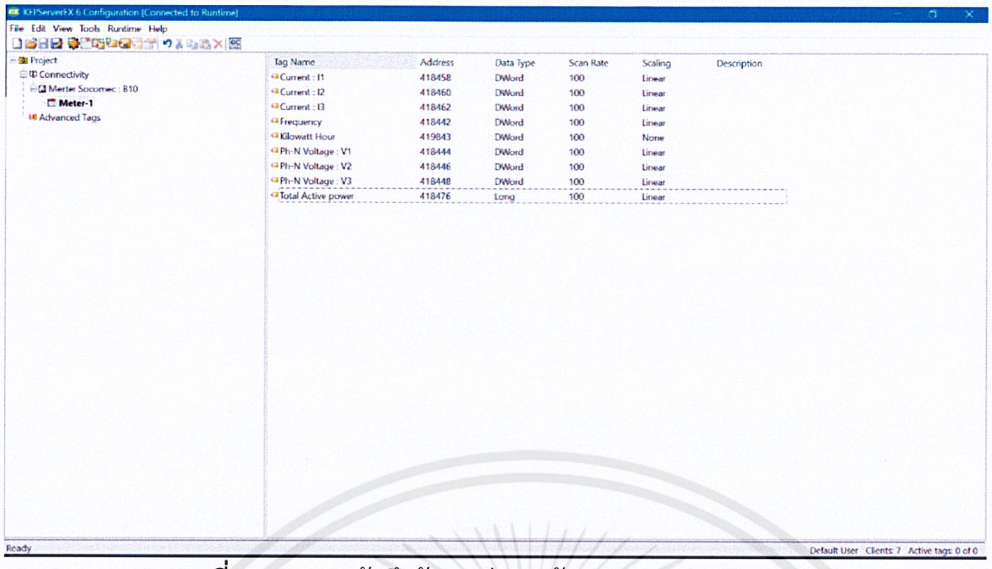
ดังรูปที่ 3.26



รูปที่ 3.26 การเข้าถึงข้อมูลด้วย Register Number

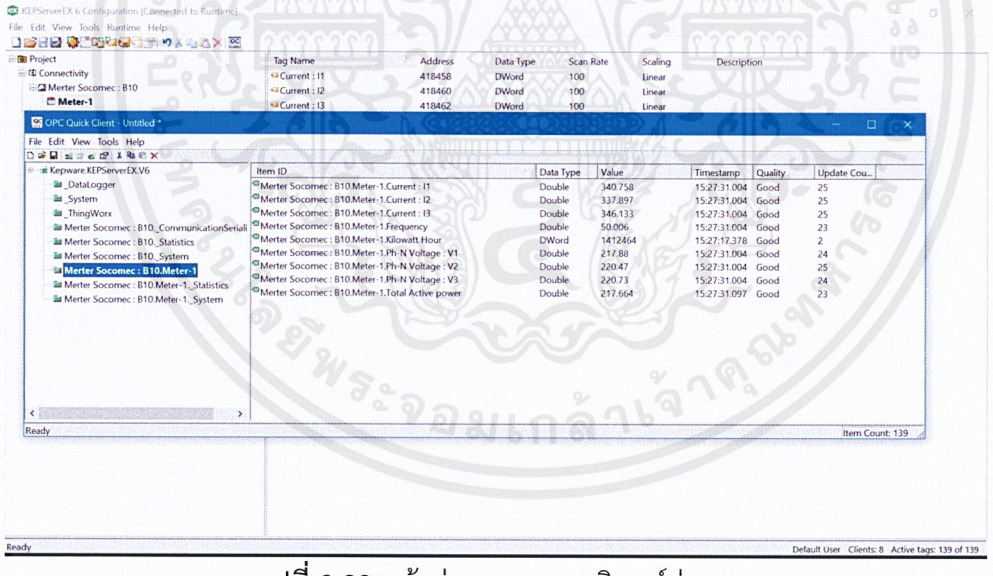
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 สร้าง Tag รับข้อมูล และใส่ Register Number ของค่าสัญญาณที่สนใจ ดังรูปที่ 3.27



รูปที่ 3.27 การเข้าถึงข้อมูลต่าง ๆด้วย Register Number

1.4 เมื่อตั้งค่าทุกอย่างเรียบร้อย สามารถตรวจสอบค่าของพารามิเตอร์ได้โดยการใช้ Quick Client ที่อยู่ในโปรแกรม Kepware โดยจะมีหน้าต่างเด้งขึ้นมาเพื่อแสดงค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆที่ต้องการ สามารถตรวจสอบความถูกและนำไปใช้งานต่อได้ในระบบ SCADA ดังรูปที่ 3.28



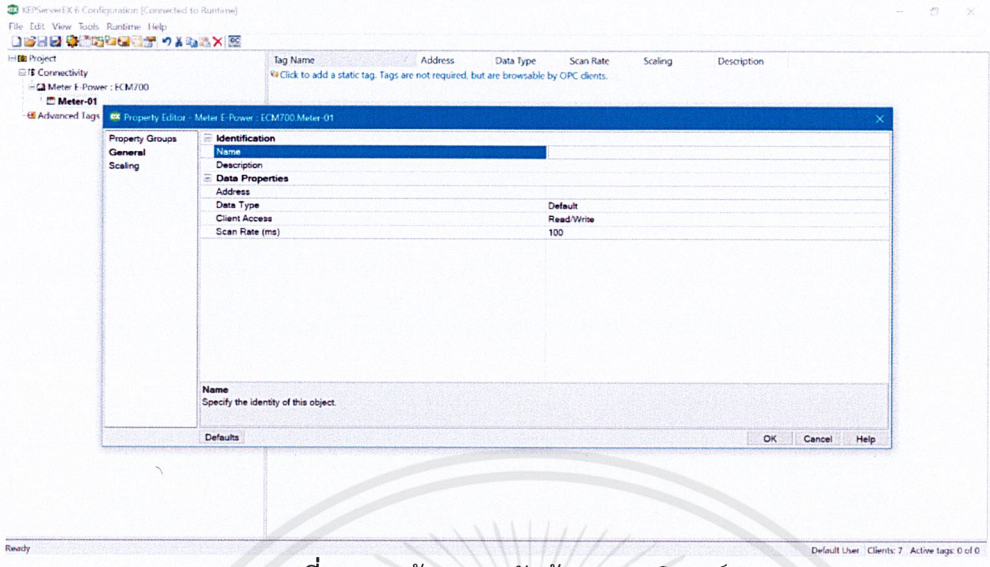
รูปที่ 3.28 หน้าต่างแสดงพารามิเตอร์ต่าง ๆ

2. Power Meter: E-Power ECM700

ในการเข้าถึงข้อมูลของมิเตอร์ E-Power: ECM700 ผ่าน Modbus TCP/IP จะใช้วิธีการเข้าถึงข้อมูลด้วย Register Number ของค่าสัญญาณที่ต้องการ ผ่านโปรแกรม Kepware OPC โดยจะอ้างอิง Register Number ของมิเตอร์ E-Power: ECM700 จากตารางที่ 2.6 ที่ได้กล่าวไว้ในข้างต้น และมีวิธีการใช้งานควบคู่กับโปรแกรม Kepware OPC มีขั้นตอนดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1 คลิ๊กขวา เลือก New Tag เพื่อเพิ่ม Register Number ที่ต้องการ ดังรูปที่ 3.29



รูปที่ 3.29 สร้าง Tag รับข้อมูลจากมิเตอร์

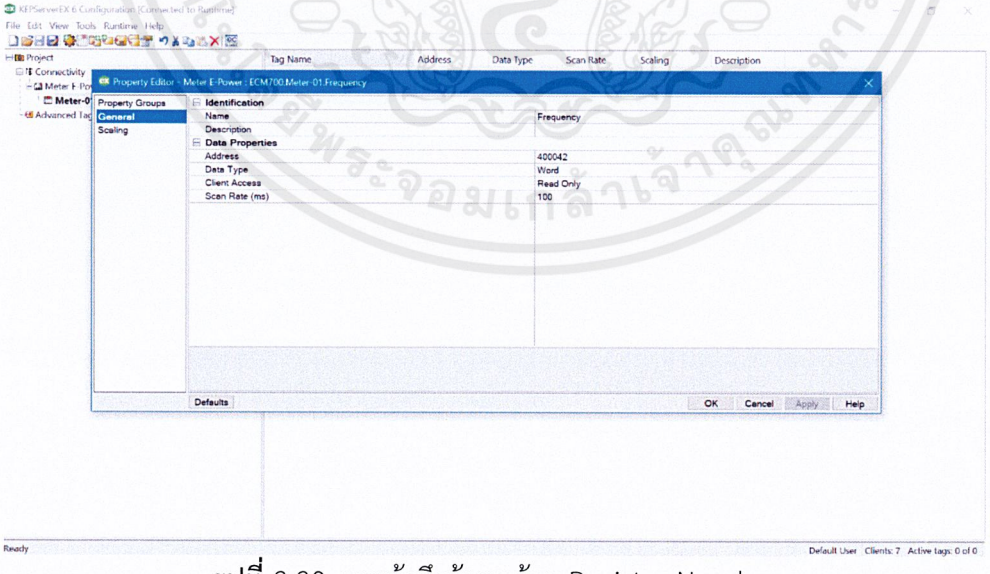
2.2 ชื่อของค่าสัญญาณที่ต้องการ และกำหนด Register Number ในช่องของ Address เพื่อเป็นการระบุค่าสัญญาณที่ต้องการดู ในที่นี้ต้องการทราบค่าความถี่ และเมื่ออ้างอิงจากตารางที่ 2.6 ดังนี้

Address: 400042

Data type: Word แสดงถึงข้อมูลแบบ Unsigned 16bit data

Client Access: Read Only หมายถึง ฟังก์ชัน 3 ที่แสดงถึงการอ่านข้อมูลทางเดียว

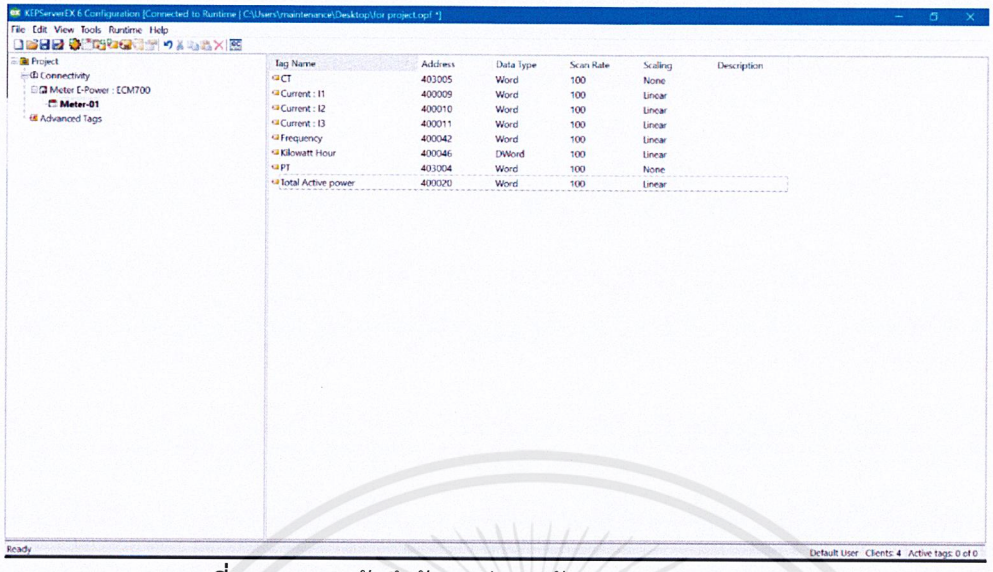
SCAN Rate (ms): 100 หมายถึงอัตราเร็วของการสื่อสารข้อมูล สามารถปรับได้ตามความเหมาะสม ดังรูปที่ 3.30



รูปที่ 3.30 การเข้าถึงข้อมูลด้วย Register Number

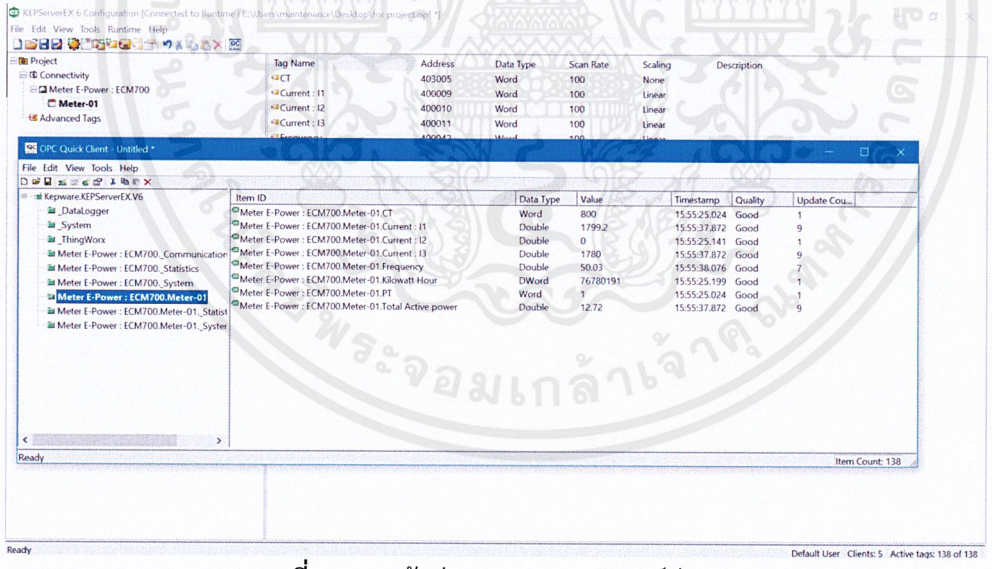
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 สร้าง Tag รับข้อมูล และใส่ Register Number ของค่าสัญญาณที่สนใจ ดังรูปที่ 3.31



รูปที่ 3.31 การเข้าถึงข้อมูลต่าง ๆด้วย Register Number

2.4 เมื่อตั้งค่าทุกอย่างเรียบร้อย สามารถตรวจสอบค่าของพารามิเตอร์ได้โดยการใช้ Quick Client ที่อยู่ในโปรแกรม Kepware โดยจะมีหน้าต่างเด้งขึ้นมาเพื่อแสดงค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆที่ต้องการ สามารถตรวจสอบความถูกและนำไปใช้งานต่อได้ในระบบ SCADA ดังรูปที่ 3.32



รูปที่ 3.32 หน้าต่างแสดงพารามิเตอร์ต่าง ๆ

3. Power Meter: Schneider Power Logic PM500

ในการเข้าถึงข้อมูลของมิเตอร์ Schneider Power Logic: PM500 ผ่าน Modbus TCP/IP จะใช้วิธีการเข้าถึงข้อมูลด้วย Register Number ของค่าสัญญาณที่ต้องการ ผ่านโปรแกรม Kepware OPC โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะอ้างอิง Register Number ของมิเตอร์ Schneider Power Logic: PM500 จากตารางที่ 2.7 ที่ได้กล่าวไว้ในข้างต้น และมีวิธีการใช้งานควบคู่กับโปรแกรม Kepware OPC มีขั้นตอนดังนี้

3.1 คลิ๊กขวา เลือก New Tag เพื่อเพิ่ม Register Number ที่ต้องการ ดังรูปที่ 3.33

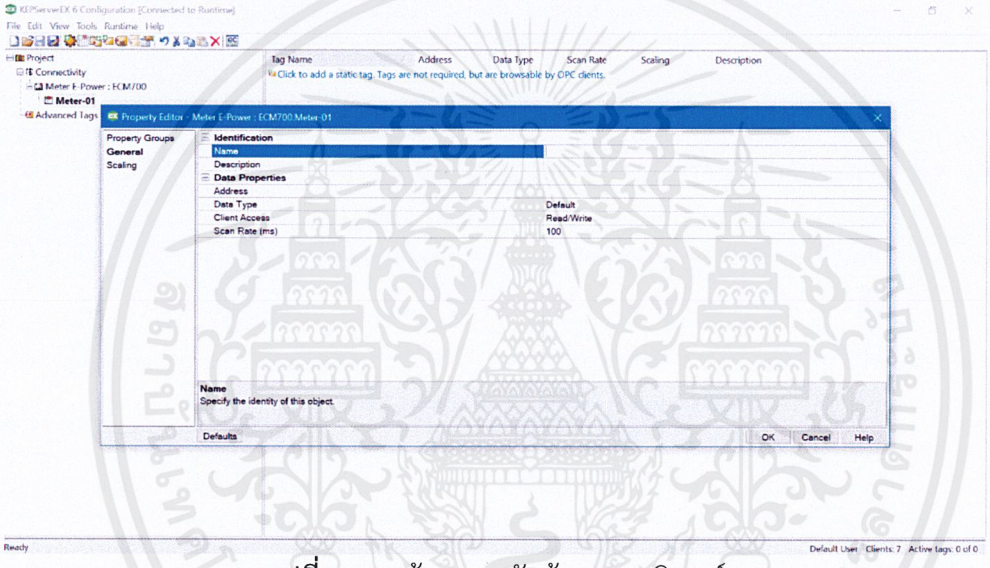
3.2 ชื่อของค่าสัญญาณที่ต้องการ และกำหนด Register Number ในช่องของ Address เพื่อเป็นการระบุค่าสัญญาณที่ต้องการดู ในที่นี้ต้องการทราบค่าความถี่ และเมื่ออ้างอิงจากตารางที่ 2.7 ดังนี้

Address: 400788

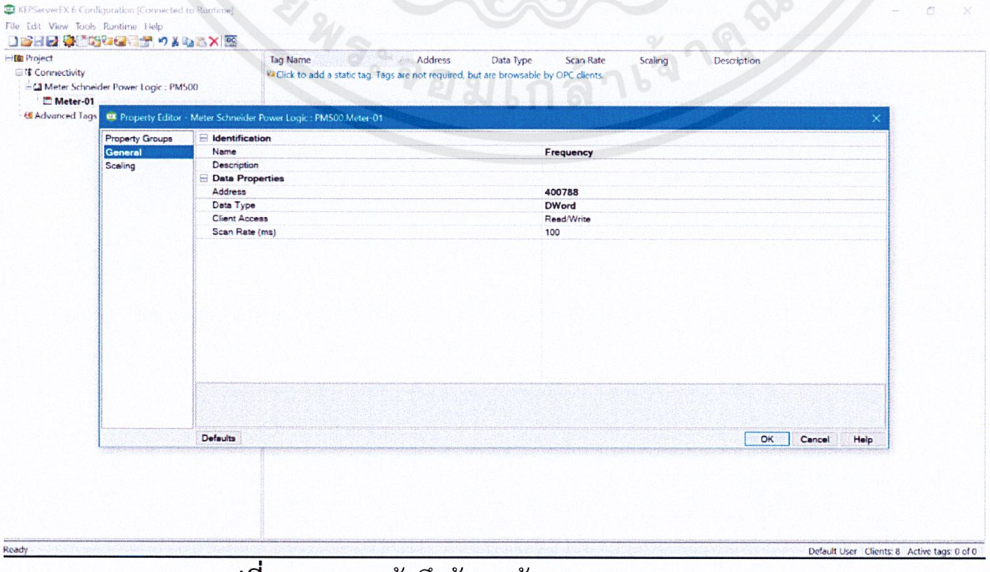
Data type: DWord (Double Word) แสดงถึงข้อมูลแบบ Unsigned 32bit data

Client Access: Read Only หมายถึง ฟังก์ชัน 3 ที่แสดงถึงการอ่านข้อมูลทางเดียว

SCAN Rate (ms): 100 หมายถึงอัตราเร็วของการสื่อสารข้อมูล สามารถปรับได้ตามความเหมาะสม ดังรูปที่ 3.34



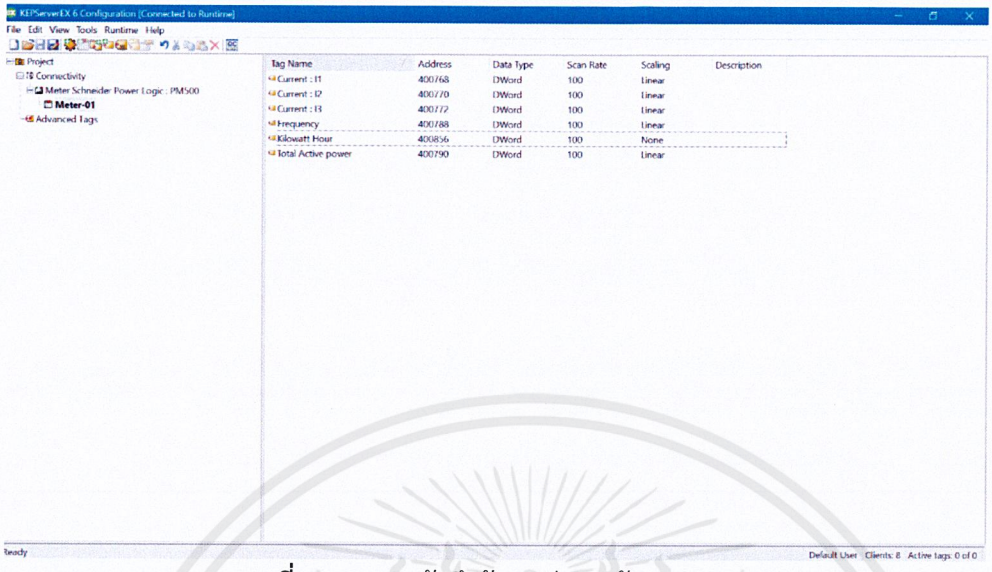
รูปที่ 3.33 สร้าง Tag รับข้อมูลจากมิเตอร์



รูปที่ 3.34 การเข้าถึงข้อมูลด้วย Register Number

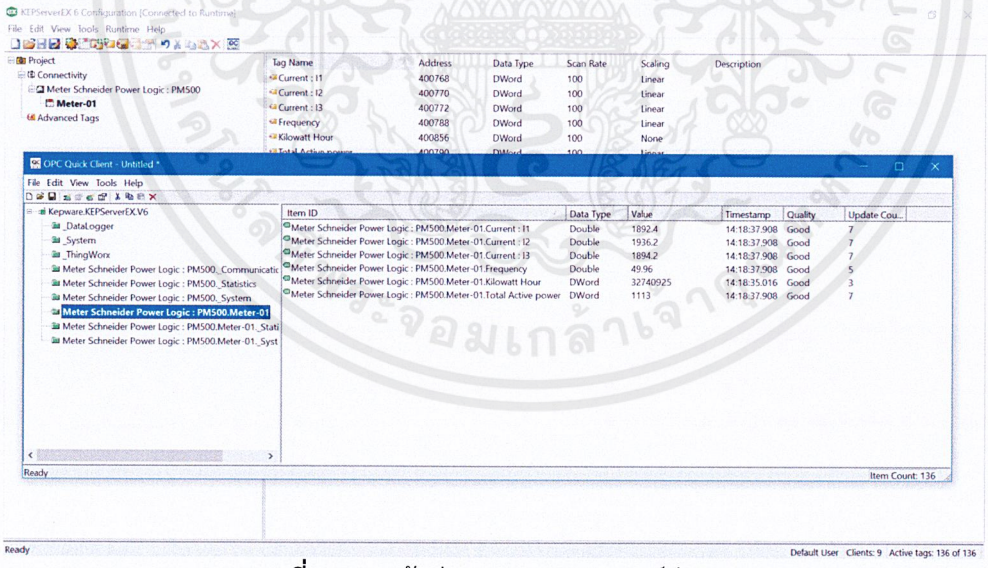
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 สร้าง Tag รับข้อมูล และใส่ Register Number ของค่าสัญญาณที่สนใจ ดังรูปที่ 3.35



รูปที่ 3.35 การเข้าถึงข้อมูลต่าง ๆด้วย Register Number

3.4 เมื่อตั้งค่าทุกอย่างเรียบร้อย สามารถตรวจสอบค่าของพารามิเตอร์ได้โดยการใช้ Quick Client ที่อยู่ในโปรแกรม Kepware โดยจะมีหน้าต่างเด้งขึ้นมาเพื่อแสดงค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆที่ต้องการ สามารถตรวจสอบความถูกและนำไปใช้งานต่อได้ในระบบ SCADA ดังรูปที่ 3.36



รูปที่ 3.36 หน้าต่างแสดงพารามิเตอร์ต่าง ๆ

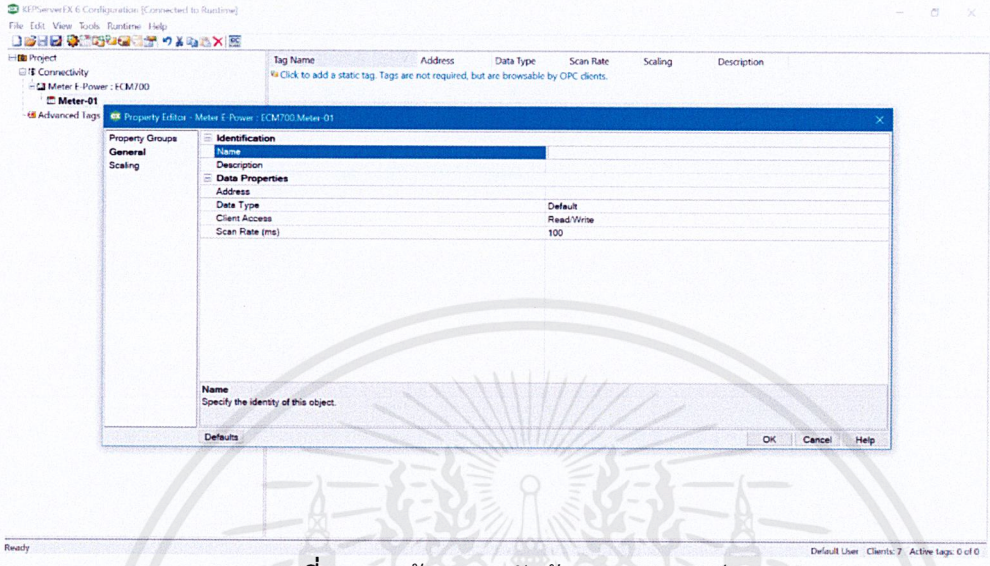
4. Power Meter: Schneider Power Logic PM710

ในการเข้าถึงข้อมูลของมิเตอร์ Schneider Power Logic: PM500 ผ่าน Modbus TCP/IP จะใช้วิธีการเข้าถึงข้อมูลด้วย Register Number ของค่าสัญญาณที่ต้องการ ผ่านโปรแกรม Kepware OPC โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะอ้างอิง Register Number ของมิเตอร์ Schneider Power Logic: PM500 จากตารางที่ 2.8 ที่ได้กล่าวไว้ในข้างต้น และมีวิธีการใช้งานควบคู่กับโปรแกรม Kepware OPC มีขั้นตอนดังนี้

4.1 คลิ๊กขวา เลือก New Tag เพื่อเพิ่ม Register Number ที่ต้องการ ดังรูปที่ 3.37



รูปที่ 3.37 สร้าง Tag รับข้อมูลจากมิเตอร์

4.2 ชื่อของค่าสัญญาณที่ต้องการ และกำหนด Register Number ในช่องของ Address เพื่อเป็นการระบุค่าสัญญาณที่ต้องการดู ในที่นี้ต้องการทราบค่าความถี่ และเมื่ออ้างอิงจากตารางที่ 2.8 ดังนี้

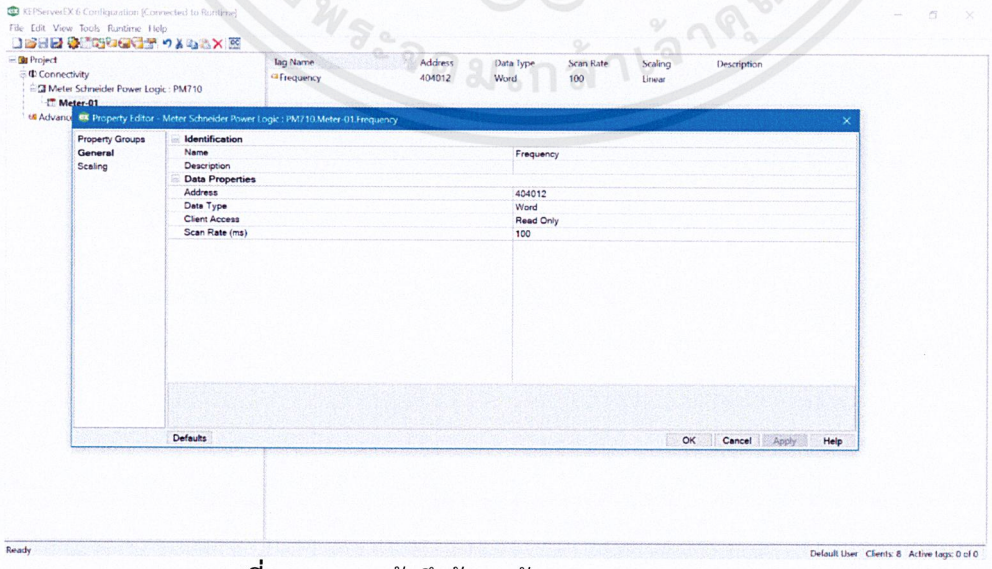
Address: 404012

Data type: Word (Double Word) แสดงถึงข้อมูลแบบ Unsigned 16bit data

Client Access: Read Only หมายถึง ฟังก์ชัน 3 ที่แสดงถึงการอ่านข้อมูลทางเดียว

SCAN Rate (ms): 100 หมายถึงอัตราเร็วของการสื่อสารข้อมูล สามารถปรับได้ตามความเหมาะสม

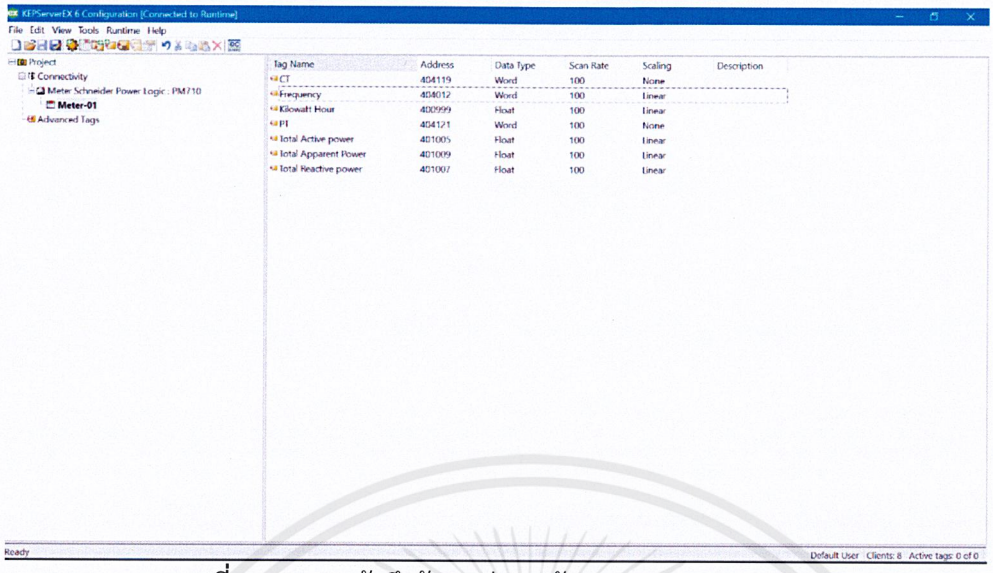
ดังรูปที่ 3.38



รูปที่ 3.38 การเข้าถึงข้อมูลด้วย Register Number

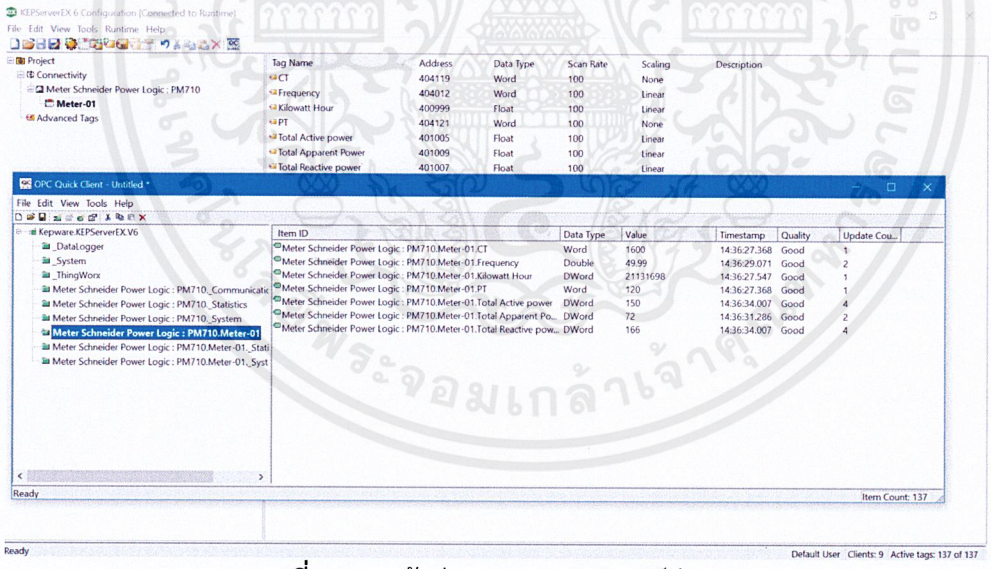
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 สร้าง Tag รับข้อมูล และใส่ Register Number ของค่าสัญญาณที่สนใจ ดังรูปที่ 3.39



รูปที่ 3.39 การเข้าถึงข้อมูลต่าง ๆด้วย Register Number

4.4 เมื่อตั้งค่าทุกอย่างเรียบร้อย สามารถตรวจสอบค่าของพารามิเตอร์ได้โดยการใช้ Quick Client ที่อยู่ในโปรแกรม Kepware โดยจะมีหน้าต่างเด้งขึ้นมาเพื่อแสดงค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆที่ต้องการ สามารถตรวจสอบความถูกและนำไปใช้งานต่อได้ในระบบ SCADA



รูปที่ 3.40 หน้าต่างแสดงพารามิเตอร์ต่าง ๆ

เมื่อทำการเชื่อมต่อสื่อสารระหว่างอุปกรณ์และ Software ในค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆที่ต้องการแล้ว ก็สามารถที่จะนำค่าพารามิเตอร์ไปใช้งานได้โดยตรง ผ่านโปรแกรม Genesis64 เพื่อใช้ในการออกแบบระบบ SCADA ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การสร้างกราฟิกเพื่อแสดงผลการทำงานด้วยโปรแกรม GENESIS64

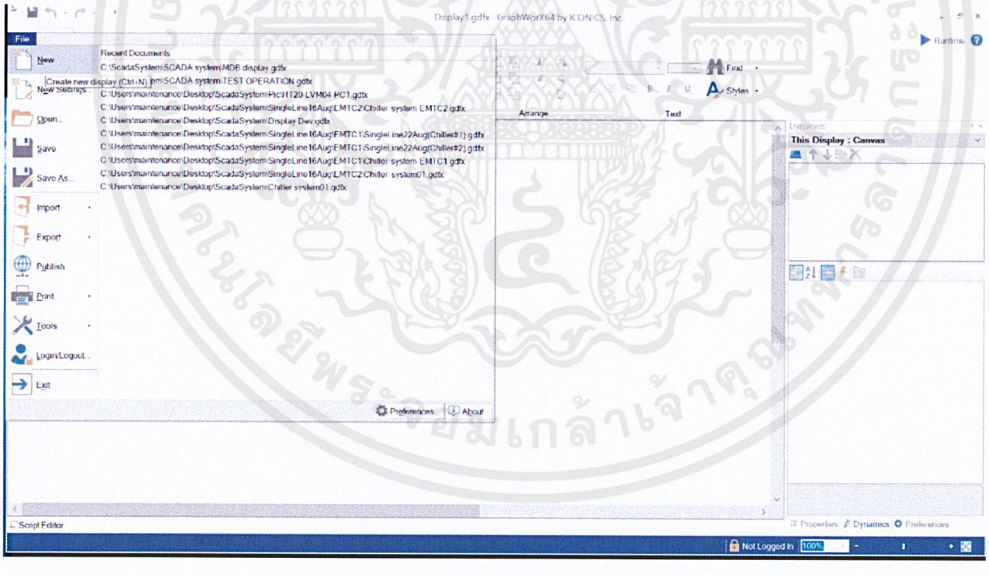
3.3.1 การสร้างหน้าจอ Graphic เพื่อใช้ในการทำระบบ SCADA

การจะเริ่มทำงานด้านการออกแบบระบบต่าง ๆ จำเป็นที่ต้องทำการสร้างไฟล์ในการทำงานขึ้นมา โดยมีวิธีการดังต่อไปนี้

1. Double Click ที่ Icon เพื่อเปิดโปรแกรม ดังรูปที่ 3.41

รูปที่ 3.41 ICON ของโปรแกรม Genesis64

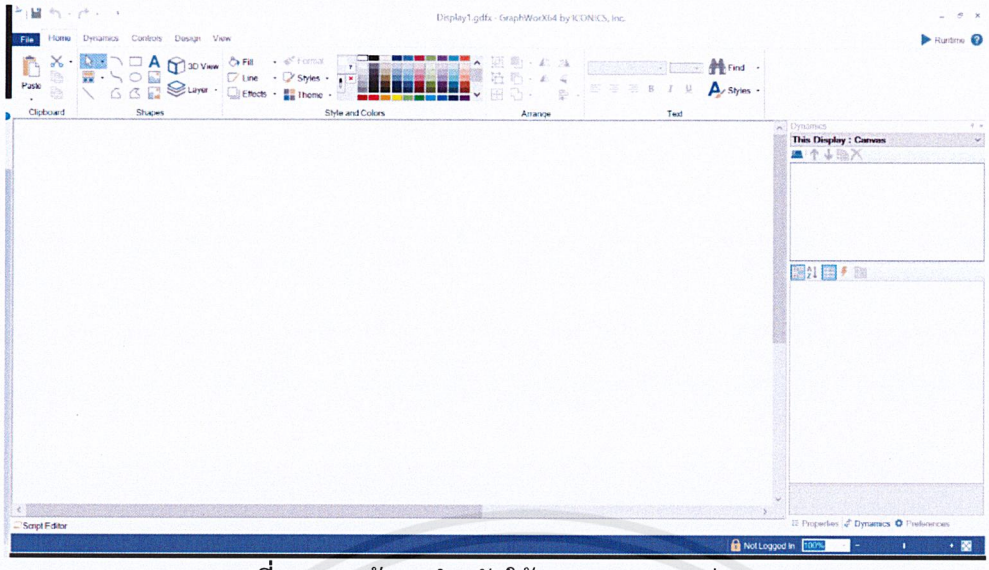
2. เมื่อเปิดโปรแกรมขึ้นมาทำการ New File ขึ้นมาใหม่เพื่อใช้ในการออกแบบ ดังรูปที่ 3.42



รูปที่ 3.42 สร้างไฟล์ขึ้นมาใหม่

3. หน้าจอที่ใช้สำหรับการออกแบบระบบ SCADA ดังรูปที่ 3.43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.43 หน้าจอสำหรับใช้ออกแบบระบบต่าง ๆ

3.3.2 วิธีการใช้งานเครื่องมือ (Tool) ที่เกี่ยวข้อง

จากบทที่ 2 หัวข้อที่ 2.2.4 จะอธิบายถึงเครื่องมือหลักๆที่ใช้งานภายในโปรแกรม Genesis64 โดยในหัวข้อนี้จะพูดถึงวิธีการใช้งานเครื่องมือทั่วไปที่เกี่ยวข้องกับงานด้านการออกแบบระบบ SCADA ดังนี้

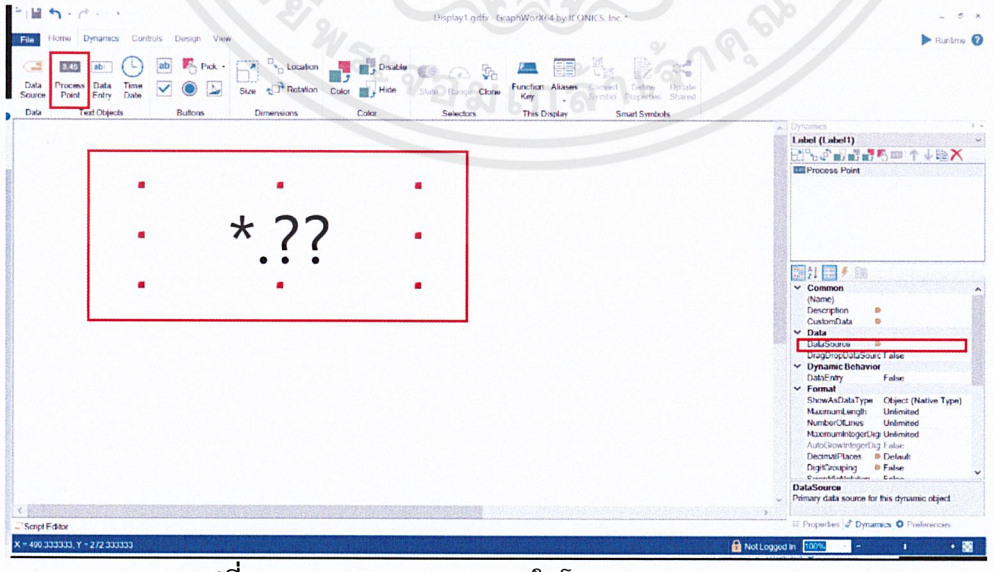
1. วิธีการใช้งาน Process Point

Process Point คือเครื่องมือใช้ในการแสดงค่าพารามิเตอร์ ตัวแปร หรือค่าที่วัดได้ต่าง ๆจากอุปกรณ์วัด อุปกรณ์ควบคุม เป็นต้น โดยเป็นเครื่องมือที่อยู่ในแถบของ Dynamics Bar โดยมีวิธีการคือ

1.1 คลิ๊ก ICON ที่มีชื่อว่า Process Point

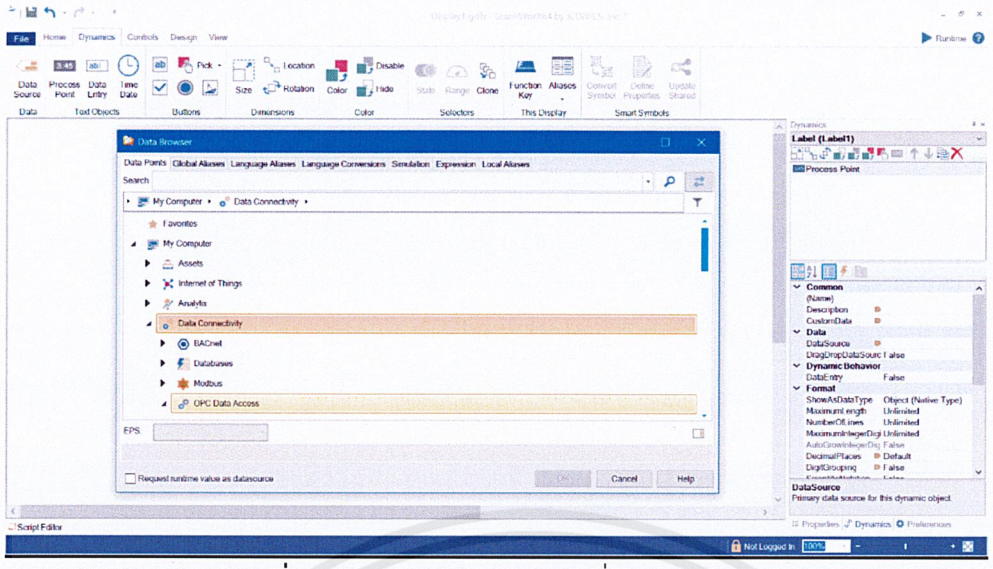
1.2 สร้าง Process Point ภายในหน้าจอว่างเปล่า

1.3 ให้เลือกสัญญาณที่ต้องการนำมาแสดงภายในหน้าจอ จากแถบด้านขวาที่มีชื่อว่า Data Source ดังรูปที่ 3.44



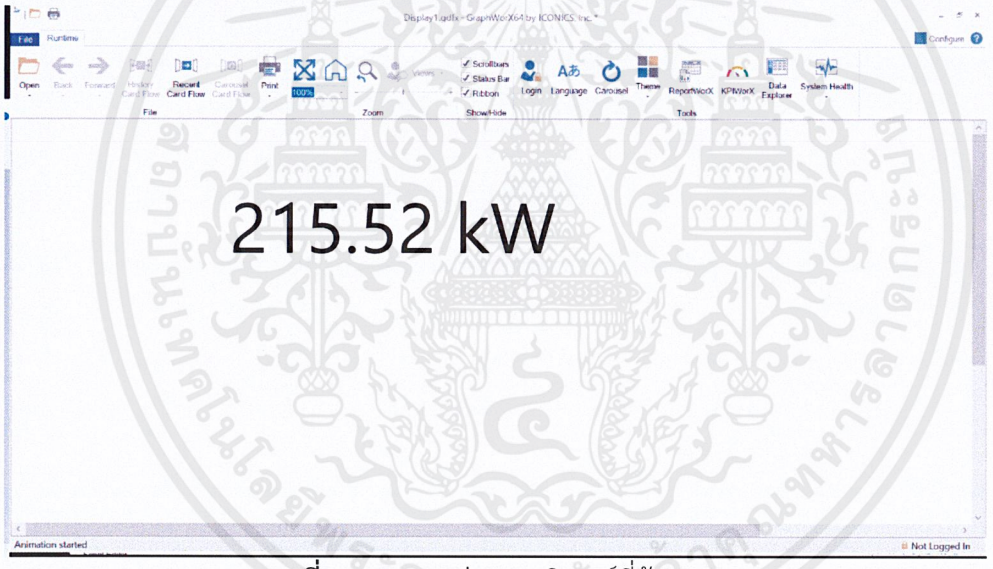
รูปที่ 3.44 Tool Control ภายในโปรแกรม Genesis64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.45 Browse ค่าสัญญาณที่ต้องการแสดง

1.4 ทดสอบผลด้วยการ Run Time โปรแกรม ดังรูปที่ 3.46



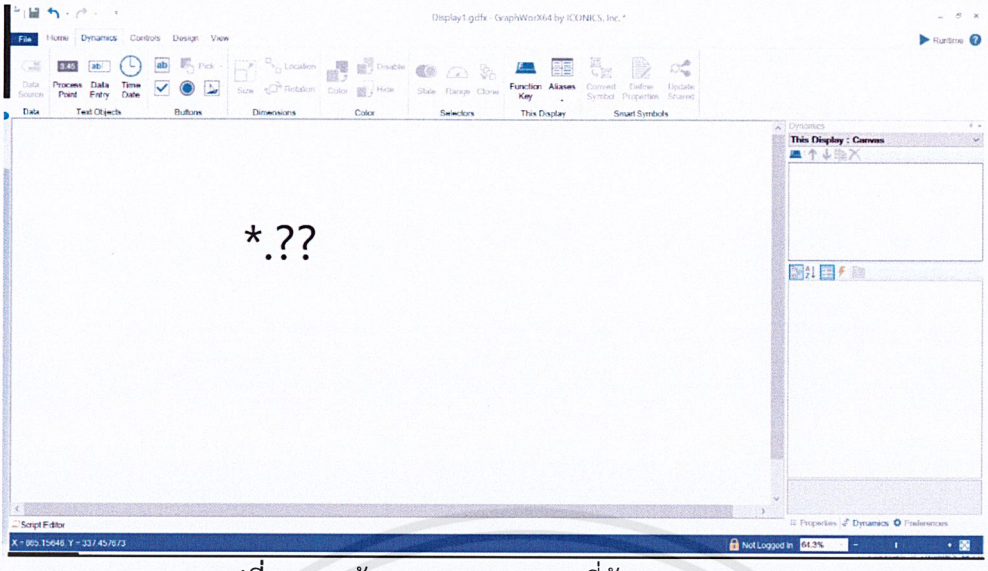
รูปที่ 3.46 แสดงค่าพารามิเตอร์ที่ต้องการ

2. วิธีการใช้งาน Alarm

ในระบบการทำงานด้านอุตสาหกรรมหรือระบบการควบคุมต่าง ๆ การแจ้งเตือนคือสิ่งจำเป็นอันดับต้นๆที่ต้องมี ด้วยเหตุผลหลายๆอย่าง เช่น เพื่อลดความเสียหายของระบบการทำงาน, เพื่อทราบถึงปัญญาที่เกิดขึ้นกับระบบ เป็นต้น โดยวิธีการสร้างการ Alarm แบบง่ายๆทำได้ดังนี้

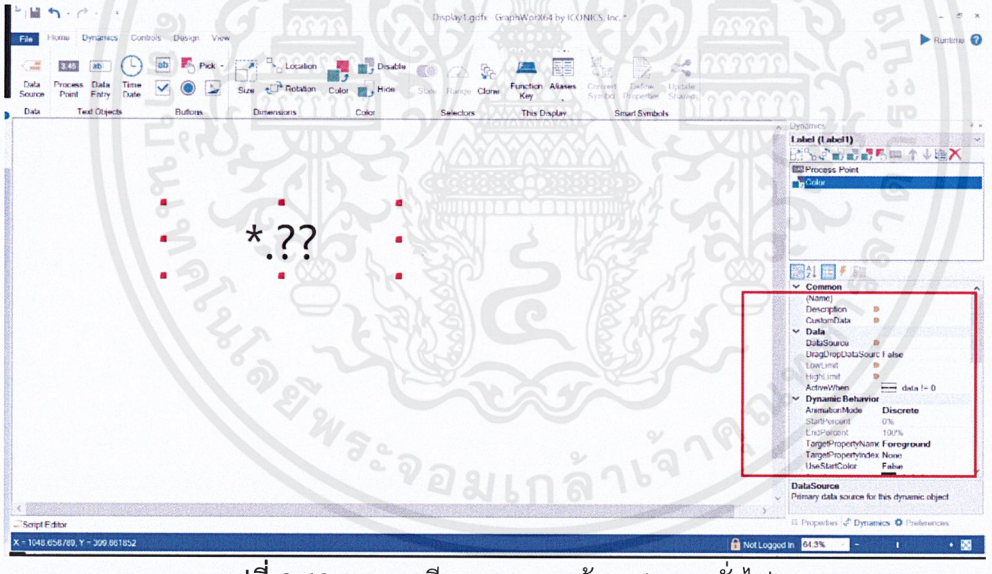
3.1 ทำการสร้าง Process Point ที่ต้องการและทำการเชื่อมต่อสัญญาณที่ต้องการสร้าง Alarm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



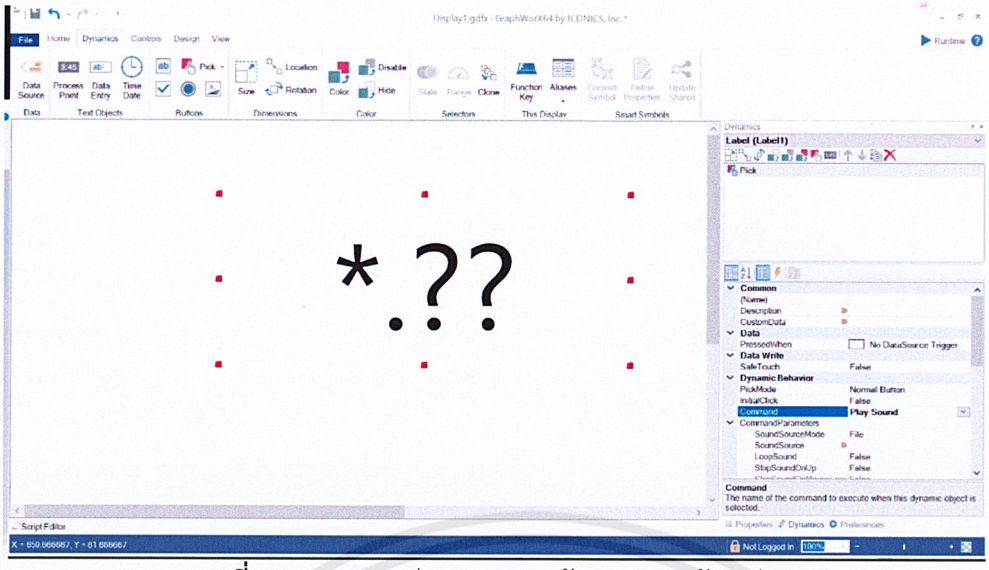
รูปที่ 3.47 สร้าง Process Point ที่ต้องการ Alarm

2.2 สังเกตแถบด้านขวาจะเป็นรายละเอียดในส่วนของ Dynamic Bar ที่เราสามารถสร้างเงื่อนไขของการ Alarm ขึ้นได้ตามความต้องการ ทั้งในรูปแบบของสีดังรูปที่ 3.55 และรูปแบบของเสียงดังรูปที่ 3.48



รูปที่ 3.48 รายละเอียดของการสร้าง Alarm ทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.49 รายละเอียดของการสร้าง Alarm ด้วยเสียง

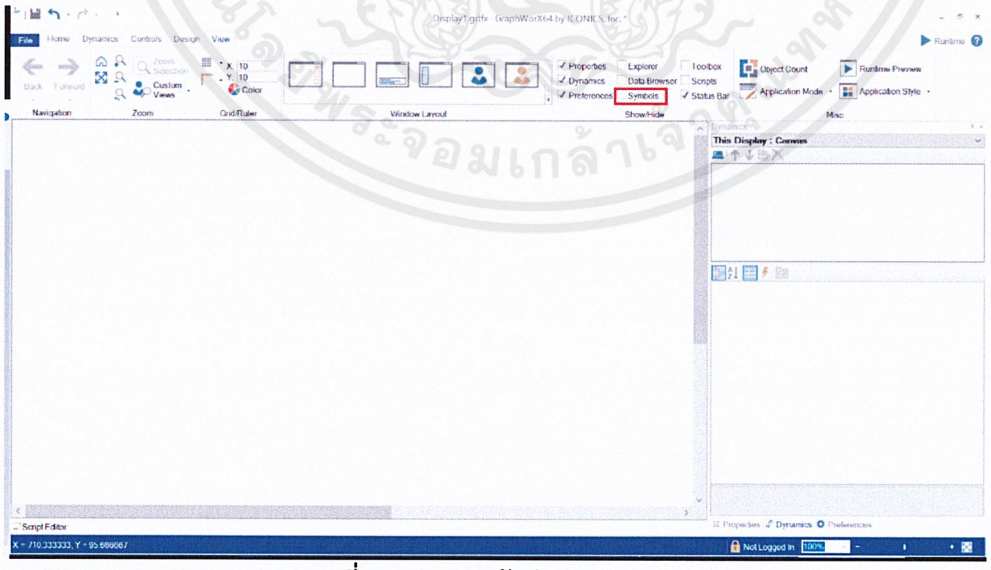
3. วิธีการสร้าง Symbol ต่าง ๆที่เกี่ยวข้อง

การสร้างสัญลักษณ์หรือสิ่งในระบบการทำงานนั้นถือเป็นอีกหนึ่งสิ่งที่จำเป็นต้องมี เพื่อที่จะสามารถให้ผู้ใช้งานสามารถทราบได้ว่าเป็นระบบของอุปกรณ์หรือเครื่องจักรอะไร และจากโปรแกรม Genesis64 สามารถทำได้ดังนี้

3.1 เปิดหน้าต่างของ Symbols ขึ้นมาด้วยการเลือกที่ช่องของ Symbols ดังรูปที่ 3.50

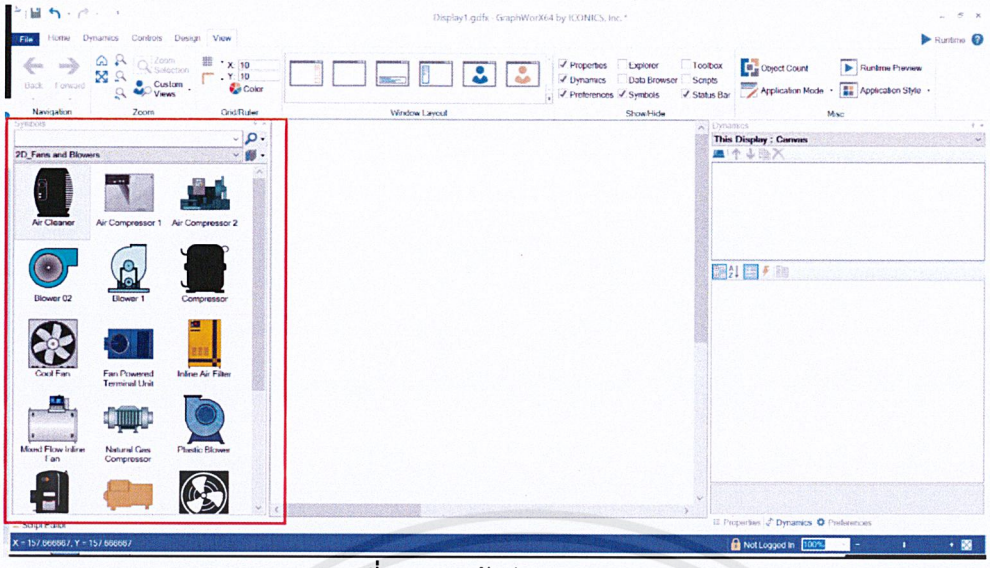
3.2 แสดงหน้าต่างของ Symbols ต่าง ๆที่มาพร้อมกับโปรแกรม แต่สามารถนำ Symbols ที่ต้องการเพิ่มเข้ามาได้ตามที่ต้องการ โดยมีทั้งแบบ 2D และ 3D ดังรูปที่ 3.51

3.3 ตัวอย่างการเลือก Symbols แบบ 3D มาใช้งาน ดังรูปที่ 3.52

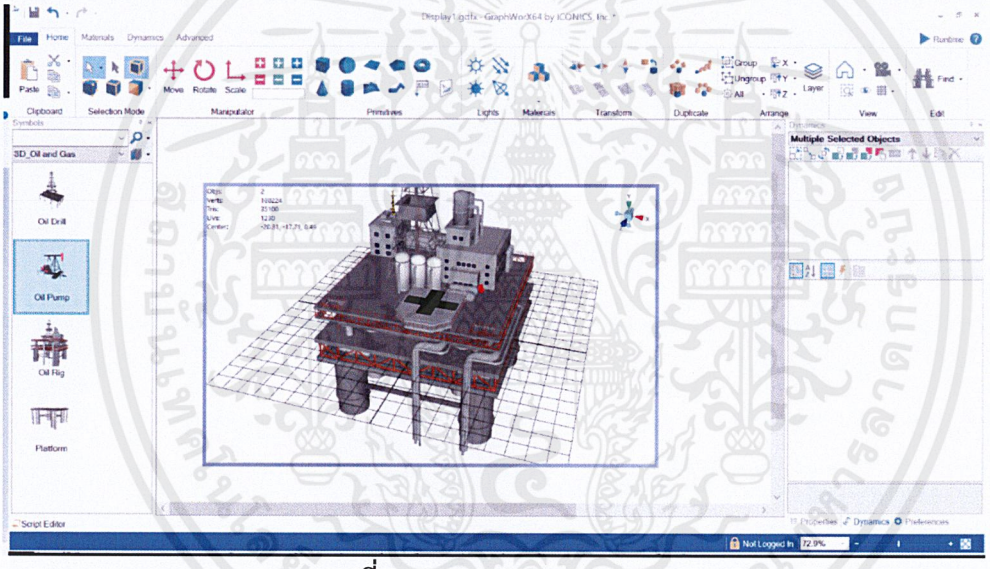


รูปที่ 3.50 เปิดหน้าต่าง Symbols

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.51 หน้าต่าง Symbols



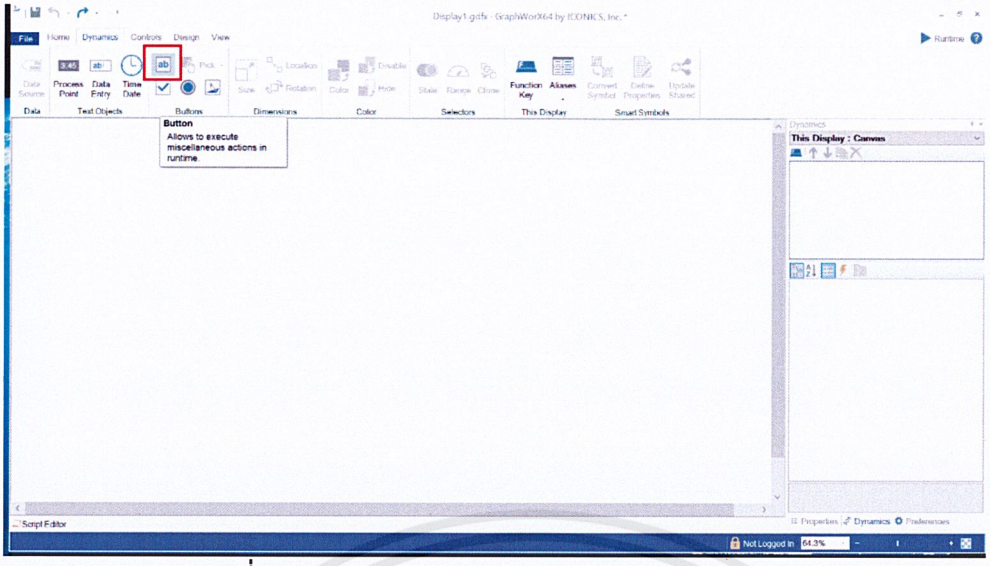
รูปที่ 3.52 Symbols แบบ 3D

4. วิธีการสร้างปุ่ม Button

ในการทำงานของระบบการควบคุม การที่มีปุ่มเพื่อใช้งานถือเป็นเรื่องปกติที่ระบบควบคุมควรจะมี ตัวอย่างเช่น ปุ่มที่ใช้ในการ เปิด-ปิด, ปุ่มที่ใช้ในการเปิดหน้าจอต่าง ๆ เป็นต้น โดยมีวิธีการสร้างปุ่มดังนี้

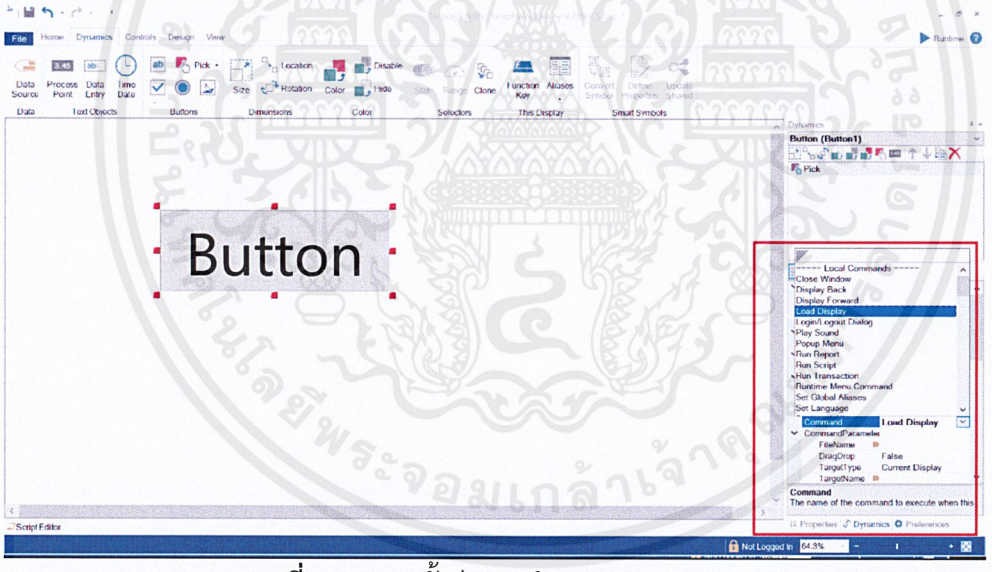
4.1 คลิ๊กที่ ICON ดังรูปที่ 3.53 เพื่อทำการสร้างปุ่มที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.53 ตำแหน่งของ ICON ของการสร้าง Button

4.2 ใบแถบด้านขวาจะเป็นรายละเอียดของการตั้งค่าปุ่มกดที่สร้างขึ้น ว่าจะให้มีการทำงานแบบไหน ตามที่ต้องการ ดังรูปที่ 3.54



รูปที่ 3.54 การตั้งค่าการทำงานของ Button

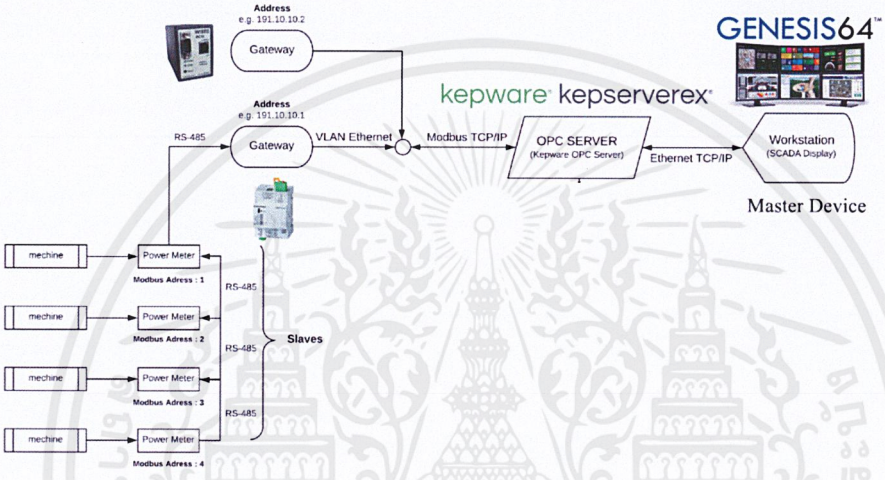
จากการแสดงขั้นตอนการสร้างกราฟิกเพื่อแสดงผลการทำงานและค่าสัญญาณทางไฟฟ้าของเครื่องจักรต่าง ๆภายในโรงงานด้วยโปรแกรม GENESIS64 ทำให้สามารถนำไปต่อยอดเพื่อใช้ในการออกแบบงานระบบควบคุม หรือระบบการทำงานต่าง ๆได้ตามที่ผู้ใช้ต้องการได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการดำเนินงานการสร้างระบบ SCADA

4.1 ผลการศึกษาระบบการทำงานของอุปกรณ์และซอฟต์แวร์ที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษารูปแบบการทำงานของ Software และ Protocol ของระบบการติดต่อสื่อสารเพื่อสร้างระบบ SCADA ทำให้ทราบถึงความสัมพันธ์ของการทำงานของระบบ SCADA ที่มีต่อ OPC Server, Gateways Protocol และรวมไปถึง Power Meter ที่เป็นอุปกรณ์หลักในการวัดค่าประสิทธิภาพทางไฟฟ้าที่วัดได้ภายในโรงงาน จึงสามารถสรุปภาพรวมการทำงานของระบบ SCADA ได้ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 Block Diagram SCADA System

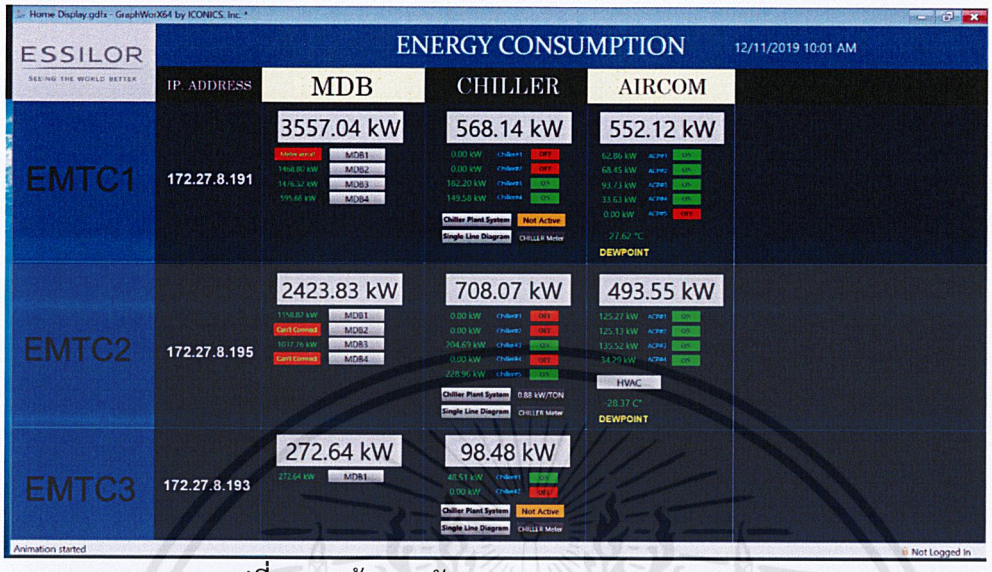
จากรูปที่ 4.1 คือ Block Diagram ของระบบ SCADA ที่บ่งบอกถึงภาพรวมการทำงานของระบบ โดยการทำงานของระบบจะเริ่มต้นจากการที่ WorkStation (SCADA Display) ที่ส่งสัญญาณความต้องการค่าสัญญาณของอุปกรณ์วัดที่อ่านค่า โดยการส่งสัญญาณเพื่อขอรับค่าข้อมูลผ่าน Ethernet TCP/IP และมีตัวกลางคือ OPC Server (Kepware OPC) ที่คอยเชื่อมต่อข้อมูลระหว่าง Gateways และ Workstation ผ่าน Protocol ที่มีชื่อว่า Modbus TCP/IP โดยที่ Gateway แต่ละตัวจะมีเลข Address ระบุตำแหน่งของ Gateway ตัวนั้น ๆไป เมื่อคำขอถูกส่งไปถึง Gateways อุปกรณ์ที่เป็น Gateways จะได้รับการระบุว่าต้องการข้อมูลของมิเตอร์ตัวไหนภายใน Loop ของ Gateways นั้น และเมื่อคำขอถูกส่งไปถึงอุปกรณ์ อุปกรณ์ก็จะส่งค่าสัญญาณที่ Workstation ต้องการกลับไปผ่านเส้นทางการสื่อสารเดิม เรียกได้ว่าเป็นการติดต่อสื่อสารแบบ 2 ทาง หรือ 2 Ways Communication ทำให้มีความเร็วในการสื่อสารที่สูงถึง 100 ms หรือสามารถปรับความเร็วในการติดต่อสื่อสารได้ตามความเหมาะสมของระบบได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการศึกษาระบบการทำของอุปกรณ์ภายในโรงงานและการสร้างระบบ SCADA

4.2.1 หน้าจอหลักเพื่อใช้ในการแสดงผลโดยรวมของระบบ

1. Home Display



รูปที่ 4.2 หน้าจอหลักของระบบ (Home Display)

จากรูปที่ 4.2 แสดงถึงภาพรวมของการทำงานของเครื่องจักรที่เกี่ยวข้องและมีความสำคัญ โดยภายในหน้าจอหลักนี้จะแสดงถึงค่ากำลังทางไฟฟ้าที่วัดได้จากเครื่องจักรที่มีการใช้กำลังไฟฟ้าสูง แบ่งเป็น MDB(Main Distribution Board), Chiller Plant และ Air Compressor โดย 3 ส่วนหลักในที่นี้จะเป็นส่วนประกอบย่อยภายในโรงงานแต่ละโรง นั่นก็คือ โรงงานผลิตที่ 1 (EMTC1), โรงงานผลิตที่ 2 (EMTC2) และ โรงงานผลิตที่ 3 (EMTC3) แต่ละส่วนก็จะมีฟังก์ชันและรายละเอียดย่อยดังนี้

1. MDB (Main Distribution Board)

แสดงรายละเอียดของค่ากำลังไฟฟ้าที่วัดได้จากตู้ MDB หม้อแปลงไฟฟ้าที่ติดตั้งอยู่ภายในโรงงาน ในส่วนของโรงงานผลิตที่ 1 แสดงให้เห็นว่ามิเตอร์ที่ติดตั้งอยู่กับ ตู้ MDB1 ของโรงงานผลิตที่ 1 ชำรุดมีปัญหาทำให้มีการ alarm แจ้งเตือนให้ทราบ ในส่วนของโรงงานผลิตที่ 2 ก็แสดงการแจ้งเตือนจากมิเตอร์ที่ติดตั้งอยู่ ณ ตู้ MDB2 และ MDB4 ว่ามีปัญหาในด้านของการเชื่อมต่อข้อมูล

โดยมีฟังก์ชันการทำงานเสริมคือ สามารถดูรายละเอียดย่อยภายในตู้ MDB แต่ละตู้ได้ ว่ามีการแจกจ่ายกำลังกระแสไฟฟ้าจากหม้อแปลงให้กับเครื่องจักรย่อยตัวใดบ้าง จะแสดงในรูปของไดอะแกรมเส้นเดียว ด้วยการคลิ๊กเพื่อเข้าสู่หน้าต่อไปเพื่อแสดงไดอะแกรมเส้นเดียวผ่านการคลิ๊กที่ Layer ของ MDB1 , MDB2 เป็นต้น โดยรายละเอียดของไดอะแกรมเส้นเดียวจะแสดงในหัวข้อที่ 4.2.2

2. Chiller System (ระบบทำความเย็น)

ในส่วนของ Chiller plant จะแสดงถึงค่ากำลังการใช้ไฟฟ้ารวมทั้งหมดของระบบ Chiller ในที่นี้จะมีเครื่องจักรอื่นที่มีความเกี่ยวข้องภายในระบบ Chiller ด้วยนั่นก็คือ Cooling Tower, Chiller Pump และ Condenser Pump ภายในหน้าจอหลักนี้ยังแสดงถึงค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้งานในส่วนของเครื่องจักร Chiller

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เท่านั้นด้วย เพราะเป็นเครื่องจักรที่ใช้พลังงานเยอะที่สุดเมื่อเทียบกับเครื่องจักรตัวอื่น ๆในระบบ ฉะนั้นจึงต้องได้รับความสนใจเป็นพิเศษรวมไปถึงแสดงสถานะของการเปิดปิดของเครื่องจักร Chiller อีกด้วย และยังสามารถเข้าไปดูรายละเอียดการทำงาน ประสิทธิภาพโดยรวมของระบบ ด้วยการคลิ๊กเลือกในส่วนของ Layer ที่ชื่อว่า Chiller Plant System โดยรายละเอียดของ Chiller Plant System จะแสดงในหัวข้อที่ 4.2.3

ในส่วนของ Air Compressor จะเป็นกลุ่มของเครื่องจักรที่ใช้พลังงานไฟฟ้าสูงรองลงมาจากระบบทำความเย็น เพราะเป็นเครื่องจักรที่ใช้ในการสร้างลม เป่าลม อัดลม และในอุสาหกรรมการผลิตเลนส์ (Lens) จำเป็นต้องใช้งานเครื่องจักรในส่วนนี้อยู่แล้ว แต่ด้วยความที่เป็นเครื่องจักรใหญ่จึงไม่มีรายละเอียดย่อยเหมือนระบบทำความเย็น ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เกิดขึ้นก็จะแสดงอยู่ภายในหน้าจอหลัก โดยจะแบ่งตามจำนวนของเครื่องจักร Air Compressor ที่มีอยู่ในแต่ละโรงงานการผลิต ในที่นี้จะมีเฉพาะในโรงงานผลิตที่ 1และ2 เท่านั้น

และมีรายละเอียดเสริมต่าง ๆ คือ IP Address โดยเป็น IP Address ของอุปกรณ์ Gateways ที่ติดตั้งอยู่ภายในโรงงาน เนื่องจากมีการติดตั้ง Gateways อยู่หลายจุดอาจทำให้เกิดความสับสนได้จึงมีการระบุ IP Address เพื่อความเข้าใจของผู้ใช้งานและผู้พัฒนามากขึ้น

4.2.2 ผลการศึกษาและจัดทำหน้าจอแสดงกระบวนการทำงานจากไดอะแกรมเส้นเดียว (Single Line Diagram MDB)

จากการศึกษากระบวนการทำงานจากไดอะแกรมเส้นเดียว (Single Line Diagram) ของหม้อแปลง (Transformer) ที่ติดตั้งภายในบริษัท ทำให้สามารถเข้าใจภาพรวมของระบบการแบ่งจ่ายกระแสไฟฟ้าภายในบริษัทได้ จึงได้นำไดอะแกรมเส้นเดียว (Single Line Diagram) ภายในบริษัทมาจัดทำเป็น SCADA Display เพื่อใช้ผู้ใช้งานสามารถรับรู้ถึงสถานการณ์การทำงานของอุปกรณ์สำคัญที่ติดตั้งอยู่ในระบบการจ่ายกระแสไฟของหม้อแปลงได้ รวมไปถึงรายละเอียดสำคัญต่าง ๆที่จำเป็นต่อผู้ใช้งาน เช่น กระแสไฟ 3 เฟสของเครื่องจักรที่ทำงาน, ตำแหน่งของพื้นที่ว่างภายในระบบการจ่ายกระแส, Alarm จากมิเตอร์วัดหากอุปกรณ์วัดหรือเครื่องจักรมีปัญหา, เลขระบุมิเตอร์ที่ใช้ในการวัด เป็นต้น

โดยจะแบ่งรายละเอียดของตู้หม้อแปลงตามโรงงานการผลิตทั้งหมด 3 โรงงาน คือ

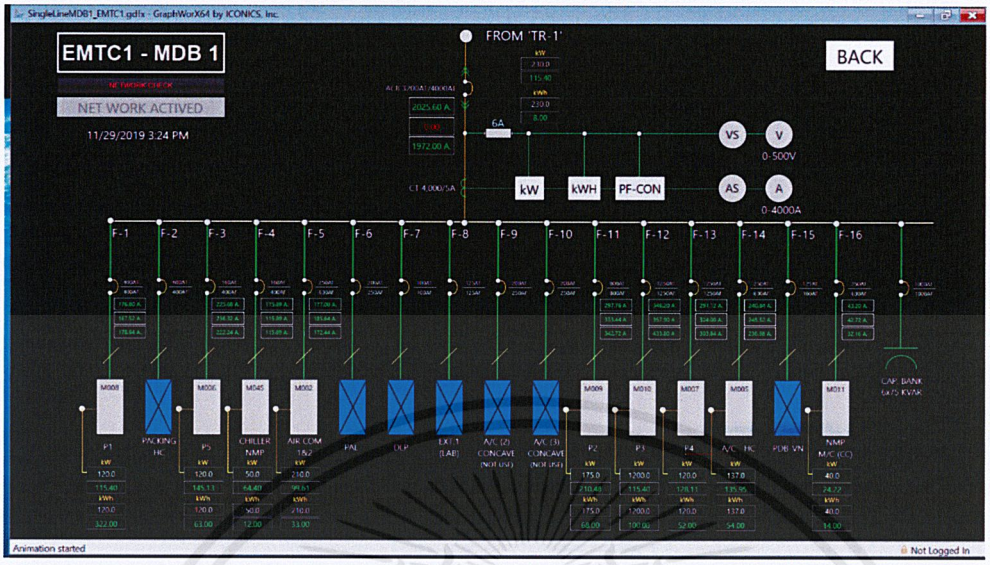
1. โรงงานผลิตที่1 (EMTC1) มีตู้หม้อแปลง MDB ทั้งหมด 4 ตู้
2. โรงงานผลิตที่2 (EMTC2) มีตู้หม้อแปลง MDB ทั้งหมด 4 ตู้
3. โรงงานผลิตที่2 (EMTC2) มีตู้หม้อแปลง MDB ทั้งหมด 1 ตู้

และแสดงรายละเอียดผ่าน SCADA Display ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

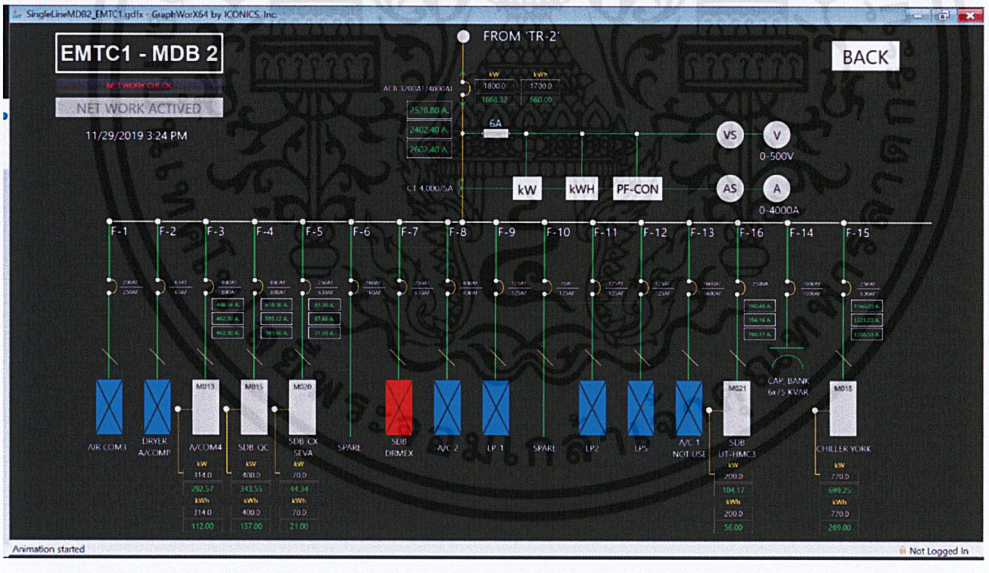
1. โรงงานผลิตที่ 1

EMTC1 – Single Line Diagram ตู้ MDB1



รูปที่ 4.3 Single Line Diagram EMTC1 – MDB1

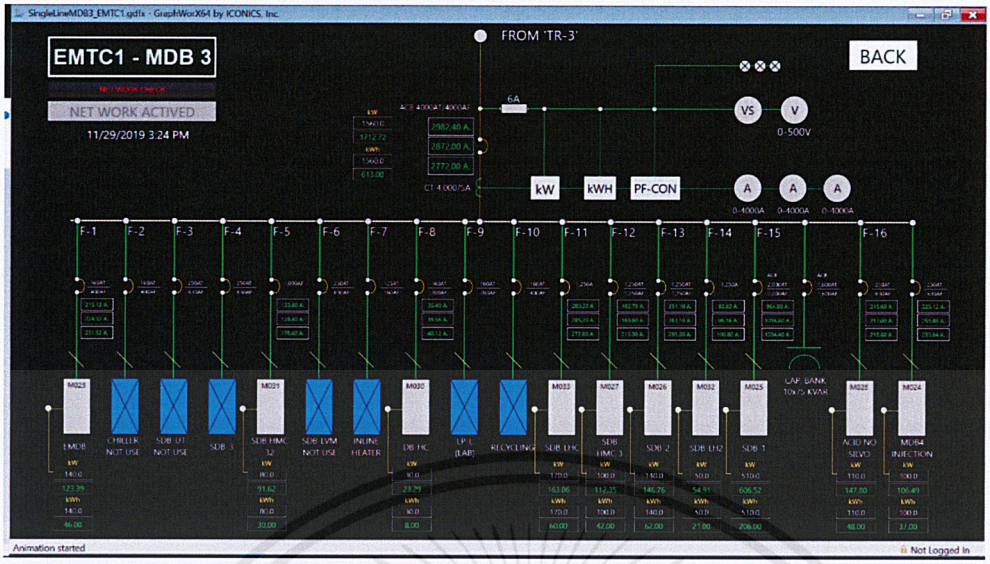
EMTC1 – Single Line Diagram ตู้ MDB2



รูปที่ 4.4 Single Line Diagram EMTC1 – MDB2

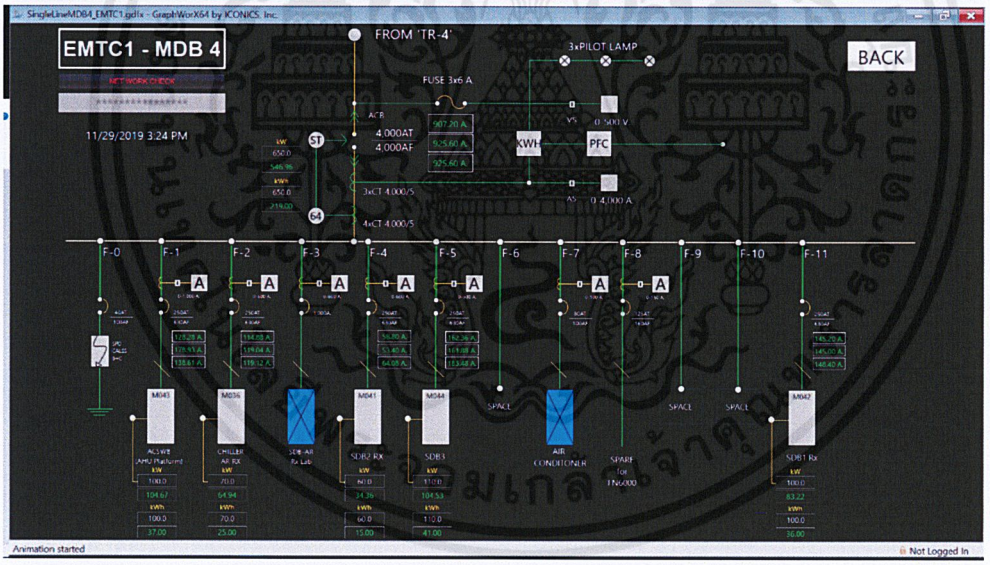
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EMTC1 – Single Line Diagram ตู้ MDB3



รูปที่ 4.5 Single Line Diagram EMTC1 – MDB3

EMTC1 – Single Line Diagram ตู้ MDB4



รูปที่ 4.6 Single Line Diagram EMTC1 – MDB4

จากรูปที่ 4.3, 4.4, 4.5 และ 4.6 คือไดอะแกรมเส้นเดียวของตู้ MDB (Main Distribution Board) ของหม้อแปลงลูกที่ 1, 2, 3 และ 4 จากโรงงานผลิตที่ 1 โดยมีการอ้างอิงรายละเอียดภายในหน้าจอไดอะแกรมเส้นเดียวมาจากหัวข้อที่ 3.1.2 โดยมีการติดตั้งมิเตอร์วัดกำลังไฟฟ้าไว้ในจุดของ MDB (Main Distribution Board) และ SDB (Sub Distribution Board) ซึ่งเป็นหัวข้อการศึกษามิเตอร์ที่ติดตั้งอยู่ภายในโรงงานการผลิต และมีรายละเอียดภายในหน้าจอ (SCADA Display) ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. Layer ที่ระบุถึงตำแหน่งของโรงงานการผลิต และตู้ MDB จากรูปที่ 4.3, 4.4, 4.5 และ 4.6 คือ EMTC1 – MDB1, MDB2, MDB3 และ MDB4 ตามลำดับ
2. แสดงเวลาที่มิเตอร์สามารถอ่านค่าได้จากเครื่องจักร ณ ขณะนั้น
3. สถานะของการติดต่อสื่อสาร Protocol และ Network หากสามารถติดต่อสื่อสารกันได้จะแสดงคำว่า **NETWORK ACTIVED** และหากมีปัญหาด้านการติดต่อสื่อสาร จะแสดงคำว่า **NETWORK FAIL**
4. Text ที่ระบุว่าเป็นไดอะแกรมเส้นเดียวที่มาจากหม้อแปลงตัวไหน มีตำแหน่งอยู่ด้านบนสุดของหน้าจอ จากรูปที่ 4.3, 4.4, 4.5 และ 4.6 คือ TR1, TR2, TR3 และ TR4 ตามลำดับ
5. มี Button ที่แสดงคำว่า BACK เพื่อใช้ในการย้อนหน้าจอกลับไปยังหน้า Home Display
6. แสดงรายละเอียดของพารามิเตอร์ที่อ่านได้จากมิเตอร์ที่ได้ทำการเชื่อมต่ออยู่กับเครื่องจักรโดยค่าพารามิเตอร์ที่อ่านได้จากมิเตอร์จะแสดงเป็นตัวเลขหรือตัวอักษร **สีเขียว** หากเป็นค่ามาตรฐานของมิเตอร์หรือรายละเอียดทั่วไปจะแสดงเป็น **สีขาว**
   - กระแสไฟฟ้า 3 เฟส จากเครื่องจักร มีหน่วยเป็น A
   - กำลังที่ใช้งานของเครื่องจักร มีหน่วยเป็น kW
   - พลังงานที่เครื่องจักรได้ใช้งานไปใน 1 ชม. มีหน่วยเป็น kWh
7. แสดงค่า AT/AF ของหม้อแปลง ตู้MDB (Main Distribution Board) และ SDB (Sub Distribution Board) ย่อยภายในหม้อแปลงนั้น ๆ
   - Amp Trip (AT) คือ ขนาดกระแสที่ใช้งาน เป็นตัวบอกให้รู้ว่าเบรกเกอร์ (Breaker) ตัวนั้นสามารถทนต่อกระแสในภาวะปกติได้สูงสุดเท่าใด
   - Amp Frame (AF) คือ พิกัดกระแสโครง หมายถึงขนาดการทนกระแสของเปลือกหุ้มเป็นพิกัดการทนกระแสสูงสุดของเบรกเกอร์ (Breaker) นั้นๆเซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker) ที่มีขนาด AF เดียวกันจะมีขนาดมิติ (กว้างXยาวXสูง) เท่ากัน สามารถเปลี่ยนพิกัด Amp Trip ได้โดยที่ขนาด (มิติ) ของเบรกเกอร์ยังคงเท่าเดิม
8. แสดงตำแหน่งของตู้ควบคุมไฟฟ้าย่อย SBD (Sub Distribution Board) ที่ได้รับการจ่ายกระแสไฟฟ้ามาจากตู้ MDB (Main Distribution Board) โดยตรงและมีการติดตั้งมิเตอร์เอาไว้
   8.1 จากรูปที่ 4.3 MDB1 มี SDB หรือเครื่องจักรที่ติดตั้งอยู่ทั้งหมดและมีค่า AT/AF ไม่เกินจากที่ระบุไว้
   8.2 จากรูปที่ 4.4 MDB2 แสดงพื้นที่ว่าง(Space) 2 จุด เพื่อให้ทราบว่าเป็นพื้นที่ที่สามารถติดตั้ง SDB(Sub Distribution Board) เพิ่มได้อีก 2 ตำแหน่งและมีค่า AT/AF ระบุไว้ โดยเมื่อมีการติดตั้งเครื่องจักรเพิ่มในพื้นที่ว่างนี้จำเป็นต้องมีค่า AT/AF ไม่เกินจากที่ระบุไว้ เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาของการใช้งานกระแสไฟฟ้าเกินขีดจำกัด
   8.3 จากรูปที่ 4.5 MDB3 มี SDB หรือเครื่องจักรที่ติดตั้งอยู่ทั้งหมดและมีค่า AT/AF ไม่เกินจากที่ระบุไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.4 จากรูปที่ 4.6 MDB4 แสดงพื้นที่ว่าง(Space) 4 จุด เพื่อให้ทราบว่าเป็นพื้นที่ที่สามารถติดตั้ง SDB(Sub Distribution Board) เพิ่มได้อีก 4 ตำแหน่งและมีค่า AT/AF ระบุไว้ โดยเมื่อมีการติดตั้งเครื่องจักรเพิ่มในพื้นที่ว่างนี้จำเป็นต้องมีค่า AT/AF ไม่เกินจากที่ระบุไว้ เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาของการใช้งานกระแสไฟฟ้าเกินขีดจำกัด

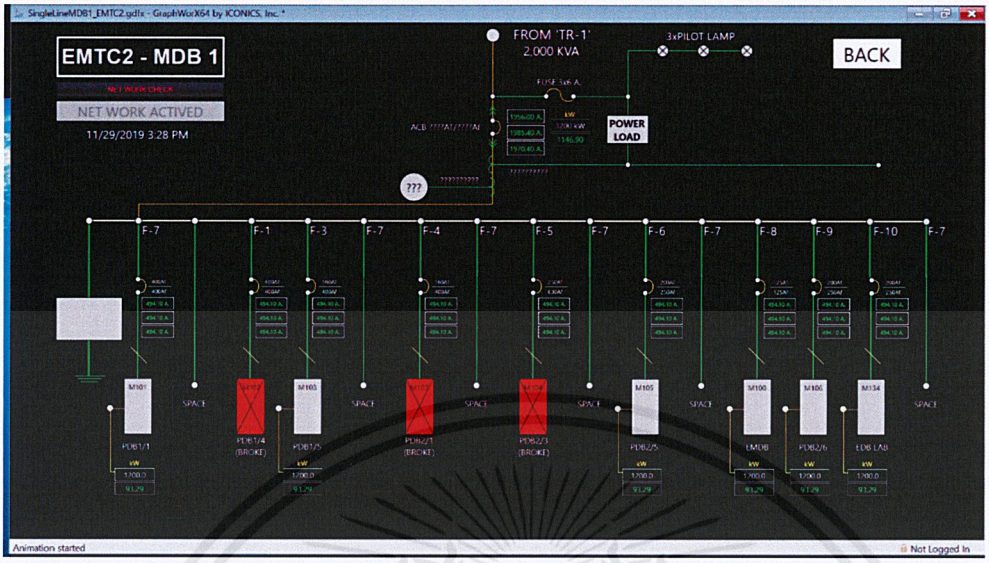
9. แสดงเลขของมิเตอร์วัด (Meter Number) รวมไปถึงชนิดของเครื่องจักรที่ติดตั้งอยู่ภายใต้การจ่ายกระแสไฟฟ้าย่อยของตู้ SDB (Sub Distribution Board) ที่ได้รับการจ่ายกระแสไฟฟ้าหลักมาจากตู้ MDB (Main Distribution Board) โดยจะมีชื่อบ่งบอกใน Box ที่เป็นตำแหน่งของตู้ SDB (อยู่ในส่วนด้านล่างของหน้าจอ) และชื่อของเครื่องจักรที่อยู่ภายใน Box ส่วนใหญ่จะเป็นตัวย่อเพื่อให้ง่ายต่อผู้ใช้งานภายในโรงงานที่มีความคุ้นเคยกับชื่อในลักษณะนี้
10. แสดงการแจ้งเตือน (Alarm) โดยในที่นี้จะแสดงการแจ้งเตือนในรูปแบบของ สี(Color) โดยมีรายละเอียดของสี ดังนี้
    - สีแดง สีเหลือง หมายถึง ค่าพารามิเตอร์ หรือมิเตอร์ที่ติดตั้งอยู่ภายในจุดต่าง ๆ เกิดข้อผิดพลาดขึ้นมา ด้วยสาเหตุใดสาเหตุหนึ่ง ตัวอย่างเช่น มิเตอร์ได้รับความเสียหาย ไม่สามารถอ่านค่าที่วัดได้, ค่าที่วัดและอ่านมีค่าเกินกว่าค่ามาตรฐานที่ตั้งไว้ เป็นต้น เพื่อให้ผู้ที่เกี่ยวข้องสามารถเข้าไปดูแล และหาสาเหตุได้ทันท่วงทีก่อนที่จะเกิดความเสียหาย
    - สีฟ้า สีน้ำเงิน หมายถึง การที่เครื่องจักรภายใน SDB ในตำแหน่งนั้น ๆ ไม่ได้มีการติดตั้งมิเตอร์เอาไว้ แต่เครื่องจักรยังคงมีการทำงานตามปกติ เพื่อแสดงให้เห็นว่ายังมีเครื่องจักรที่จำเป็นต้องได้รับการติดตั้งมิเตอร์เพิ่มเติม เพราะเป็นสิ่งสำคัญในการจัดการกับปัญหาต่าง ๆที่จะเกิดขึ้นกับเครื่องจักร

<u>หมายเหตุ</u> รายละเอียดทั้งหมดภายในหน้าจอของไดอะแกรมเส้นเดียว (Single Line Diagram) เป็นรายละเอียดที่ได้อ้างอิงมาจากไดอะแกรมเส้นเดียวที่มีอยู่ภายในบริษัท จากหัวข้อที่ 3.1.5 ซึ่งได้มีการ Survey สถานะของมิเตอร์วัดกับทางผู้เกี่ยวข้องเรียบร้อยแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

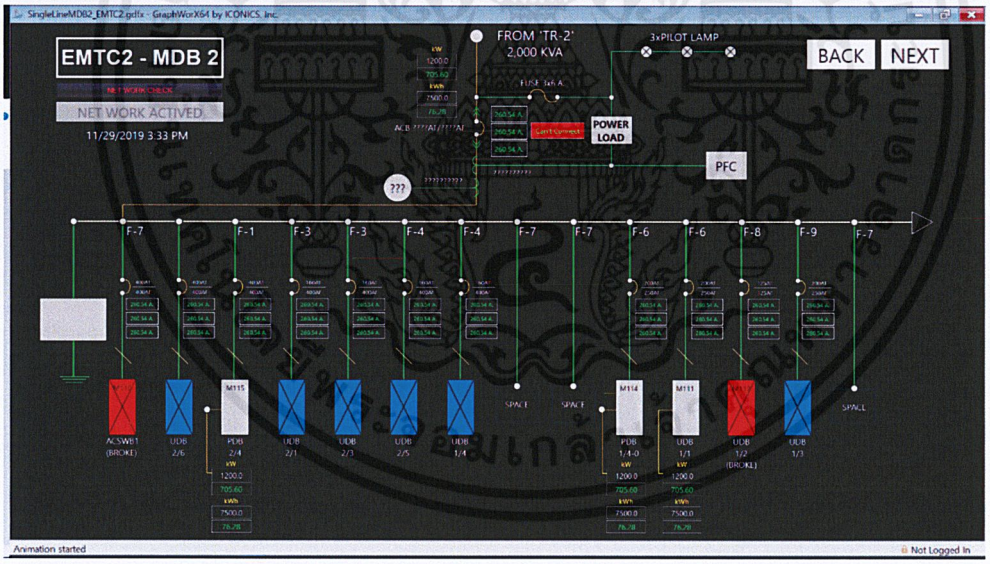
2. โรงงานผลิตที่ 2

EMTC2 – Single Line Diagram ตู้ MDB1



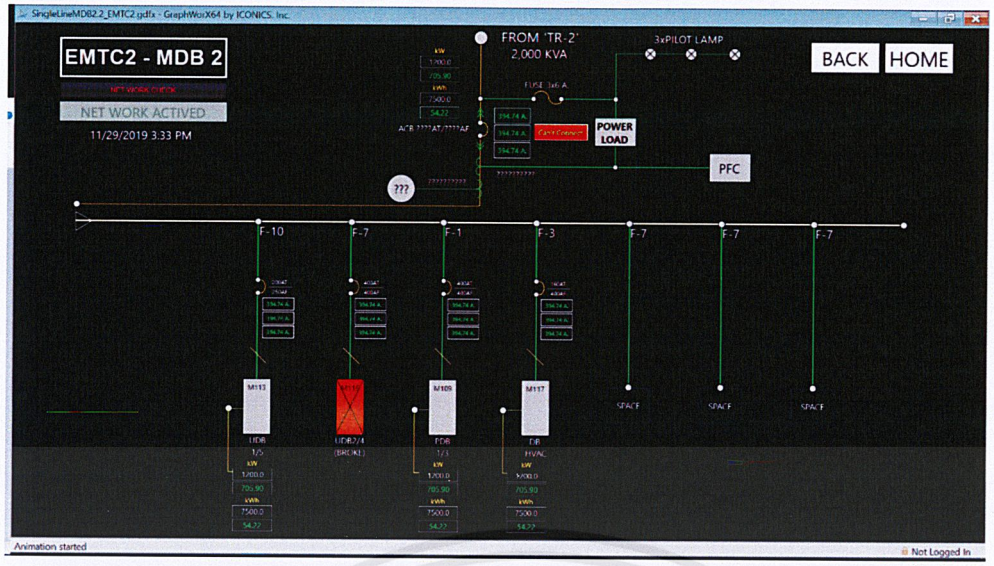
รูปที่ 4.7 Single Line Diagram EMTC2 – MDB1

EMTC2 – Single Line Diagram ตู้ MDB2



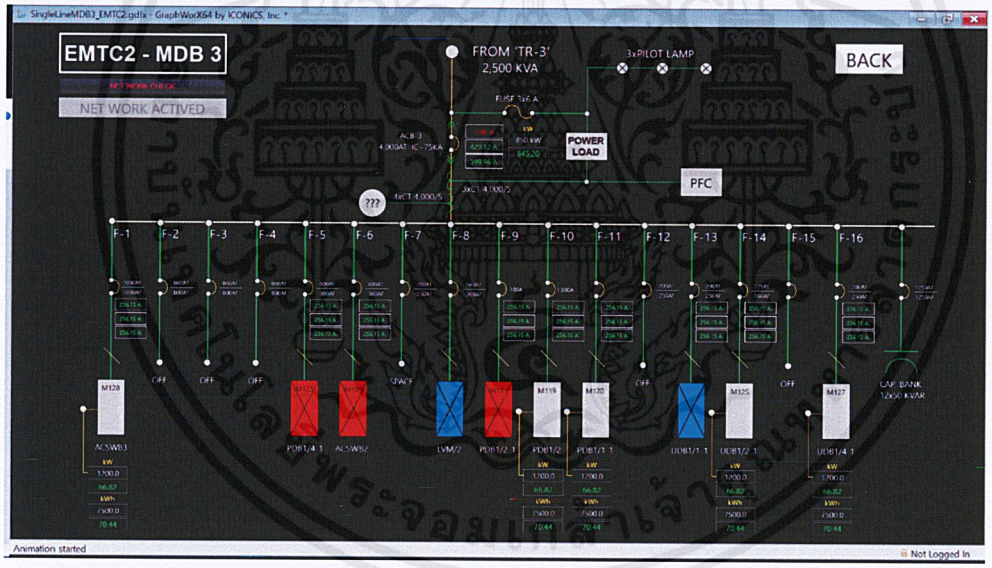
รูปที่ 4.8 Single Line Diagram EMTC2 – MDB2 part1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 Single Line Diagram EMTC2 – MDB2 part2

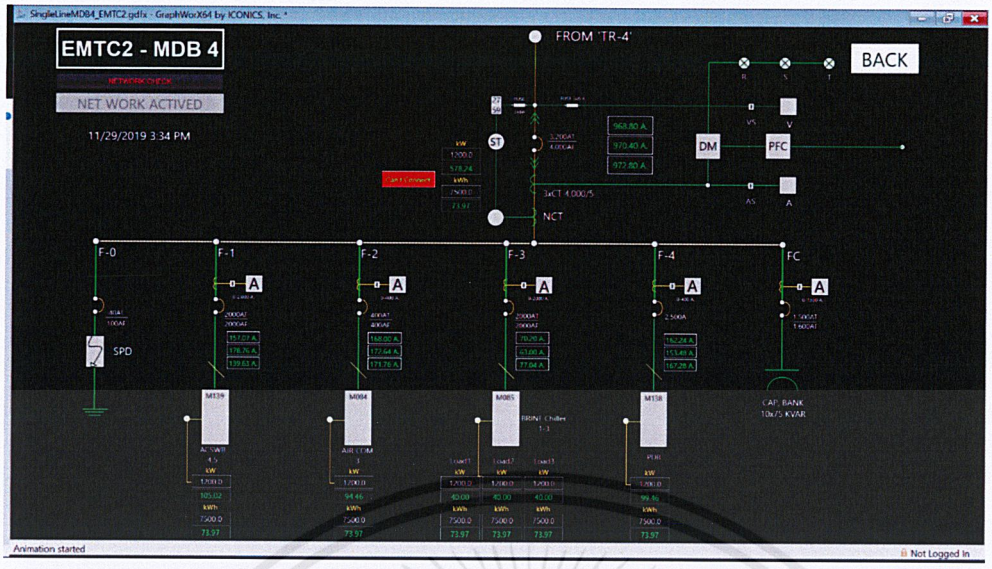
EMTC2 – Single Line Diagram ตู้ MDB3



รูปที่ 4.10 Single Line Diagram EMTC2 – MDB3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EMTC2 – Single Line Diagram ตู้ MDB4



รูปที่ 4.11 Single Line Diagram EMTC2 – MDB4

จากรูปที่ 4.7, 4.8, 4.9, 4.10 และ 4.11 คือไดอะแกรมเส้นเดียวของตู้ MDB (Main Distribution Board) ของหม้อแปลงลูกที่ 1, 2, 3 และ 4 จากโรงงานผลิตที่ 2 โดยมีการอ้างอิงรายละเอียดภายในหน้าจอไดอะแกรมเส้นเดียวมาจากหัวข้อที่ 3.1.2 โดยมีการติดตั้งมิเตอร์วัดกำลังไฟฟ้าไว้ในจุดของ MDB (Main Distribution Board) และ SDB (Sub Distribution Board) ซึ่งเป็นหัวข้อการศึกษามิเตอร์ที่ติดตั้งอยู่ภายในโรงงานการผลิต และมีรายละเอียดภายในหน้าจอ (SCADA Display) ดังนี้

1. Layer ที่ระบุถึงตำแหน่งของโรงงานการผลิต และตู้ MDB จากรูปที่ 4.7, 4.8, 4.9, 4.10 และ 4.11 คือ EMTC2 – MDB1, MDB2, MDB3 และ MDB4 ตามลำดับ
2. แสดงเวลาที่มิเตอร์สามารถอ่านค่าได้จากเครื่องจักร ณ ขณะนั้น
3. สถานะของการติดต่อสื่อสาร Protocol และ Network หากสามารถติดต่อสื่อสารกันได้จะแสดงคำว่า **NETWORK ACTIVED** และหากมีปัญหาด้านการติดต่อสื่อสาร จะแสดงคำว่า **NETWORK FAIL**
4. Text ที่ระบุว่าเป็นไดอะแกรมเส้นเดียวที่มาจากหม้อแปลงตัวไหน มีตำแหน่งอยู่ด้านบนสุดของหน้าจอ จากรูปที่ 4.7, 4.8, 4.9, 4.10 และ 4.11 คือ TR1, TR2, TR3 และ TR4 ตามลำดับ
5. มี Button ที่แสดงคำว่า BACK เพื่อใช้ในการย้อนหน้าจอกลับไปยังหน้าจอหลัก (Home Display)
   - แต่จากรูปที่ 4.8 มีปุ่มที่แสดงคำว่า NEXT เนื่องจากรายละเอียดของไดอะแกรมเส้นเดียวภายใน EMTC2 – MDB2 มีเยอะเกินไปจึงจำเป็นต้องจัดทำแยกไว้ 2 หน้าจอ เพื่อให้ง่ายต่อการเข้าใจ และในรูปที่ 4.9 จะแสดงปุ่มของคำว่า HOME ที่จะใช้ย้อนกลับไปในหน้าจอหลัก ส่วนคำว่า BACK จะย้อนกลับไปในไดอะแกรมเส้นเดียวของรูปที่ 4.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. แสดงรายละเอียดของพารามิเตอร์ที่อ่านได้จากมิเตอร์ที่ได้ทำการเชื่อมต่ออยู่กับเครื่องจักร โดยค่า พารามิเตอร์ที่อ่านได้จากมิเตอร์จะแสดงเป็นตัวเลขหรือตัวอักษร **สีเขียว** หากเป็นค่ามาตรฐานของมิเตอร์หรือรายละเอียดทั่วไปจะแสดงเป็น **สีขาว**
   - กระแสไฟฟ้า 3 เฟส จากเครื่องจักร มีหน่วยเป็น A
   - กำลังที่ใช้งานของเครื่องจักร มีหน่วยเป็น kW
   - พลังงานที่เครื่องจักรได้ใช้งานไปใน 1 ชม. มีหน่วยเป็น kWh
7. แสดงค่า AT/AF ของหม้อแปลง ตู้MDB (Main Distribution Board) และ SDB (Sub Distribution Board) ย่อยภายในหม้อแปลงนั้น ๆ
   - Amp Trip (AT) คือ ขนาดกระแสที่ใช้งาน เป็นตัวบอกให้รู้ว่าเบรกเกอร์ (Breaker) ตัวนั้นสามารถทนต่อกระแสในภาวะปกติได้สูงสุดเท่าใด
   - Amp Frame (AF) คือ พิกัดกระแสโครง หมายถึงขนาดการทนกระแสของเปลือกหุ้มเป็นพิกัดการทนกระแสสูงสุดของเบรกเกอร์ (Breaker) นั้น ๆ เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker) ที่มีขนาด AF เดียวกันจะมีขนาดมิติ (กว้างXยาวXสูง) เท่ากัน สามารถเปลี่ยนพิกัด Amp Trip ได้โดยที่ขนาด (มิติ) ของเบรกเกอร์ยังคงเท่าเดิม
8. แสดงตำแหน่งของตู้ควบคุมไฟฟ้าย่อย SBD (Sub Distribution Board) ที่ได้รับการจ่ายกระแสไฟฟ้ามาจากตู้ MDB (Main Distribution Board) โดยตรงและมีการติดตั้งมิเตอร์เอาไว้
   8.1 จากรูปที่ 4.7 MDB1 แสดงพื้นที่ว่าง (Space) 4 จุด เพื่อให้ทราบว่าเป็นพื้นที่ที่สามารถติดตั้ง SDB(Sub Distribution Board) เพิ่มได้อีก 4 ตำแหน่งและมีค่า AT/AF ระบุไว้ โดยเมื่อมีการติดตั้งเครื่องจักรเพิ่มในพื้นที่ว่างนี้จำเป็นต้องมีค่า AT/AF ไม่เกินจากที่ระบุไว้เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาของการใช้งานกระแสไฟฟ้าเกินขีดจำกัด
   8.2 จากรูปที่ 4.8 และ 4.9 แสดงพื้นที่ว่าง (Space) 6 จุด เพื่อให้ทราบว่าเป็นพื้นที่ที่สามารถติดตั้ง SDB(Sub Distribution Board) เพิ่มได้อีก 6 ตำแหน่งและมีค่า AT/AF ระบุไว้ โดยเมื่อมีการติดตั้งเครื่องจักรเพิ่มในพื้นที่ว่างนี้จำเป็นต้องมีค่า AT/AF ไม่เกินจากที่ระบุไว้เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาของการใช้งานกระแสไฟฟ้าเกินขีดจำกัด
   8.3 จากรูปที่ 4.10 MDB3 แสดงพื้นที่ว่าง (Space) 6 จุด เพื่อให้ทราบว่าเป็นพื้นที่ที่สามารถติดตั้ง SDB(Sub Distribution Board) เพิ่มได้อีก 6 ตำแหน่งและมีค่า AT/AF ระบุไว้ โดยเมื่อมีการติดตั้งเครื่องจักรเพิ่มในพื้นที่ว่างนี้จำเป็นต้องมีค่า AT/AF ไม่เกินจากที่ระบุไว้เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาของการใช้งานกระแสไฟฟ้าเกินขีดจำกัด
   8.4 จากรูปที่ 4.11 MDB4 มี SDB หรือเครื่องจักรที่ติดตั้งอยู่ทั้งหมดและมีค่า AT/AF ไม่เกินจากที่ระบุไว้
9. แสดงเลขของมิเตอร์วัด (Meter Number) รวมไปถึงชนิดของเครื่องจักรที่ติดตั้งอยู่ภายใต้การจ่ายกระแสไฟฟ้าย่อยของตู้ SDB (Sub Distribution Board) ที่ได้รับการจ่ายกระแสไฟฟ้าหลักมาจากตู้ MDB (Main Distribution Board) โดยจะมีชื่อบ่งบอกใน Box ที่เป็นตำแหน่งของตู้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

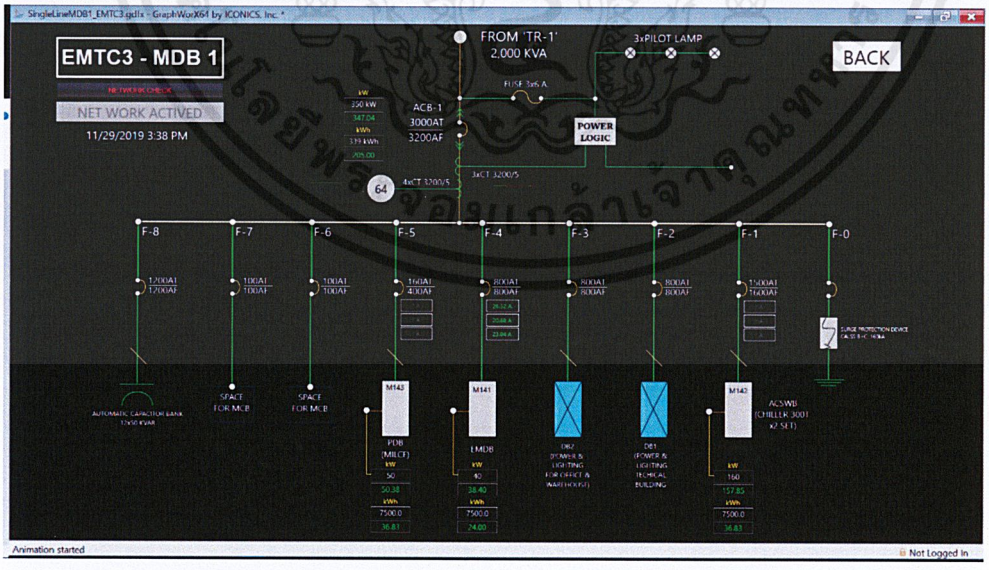
SDB (อยู่ในส่วนด้านล่างของหน้าจอ) และชื่อของเครื่องจักรที่อยู่ภายใน Box ส่วนใหญ่จะเป็นตัวย่อเพื่อให้ง่ายต่อผู้ใช้งานภายในโรงงานที่มีความคุ้นเคยกับชื่อในลักษณะนี้

10. แสดงการแจ้งเตือน (Alarm) โดยในที่นี้จะแสดงการแจ้งเตือนในรูปแบบของ สี (Color) โดยมีรายละเอียดของสี ดังนี้
    - สีแดง สีเหลือง หมายถึง ค่าพารามิเตอร์ หรือมิเตอร์ที่ติดตั้งอยู่ภายในจุดต่าง ๆ เกิดข้อผิดพลาดขึ้นมา ด้วยสาเหตุใดสาเหตุหนึ่ง ตัวอย่างเช่น มิเตอร์ได้รับความเสียหาย ไม่สามารถอ่านค่าที่วัดได้, ค่าที่วัดและอ่านมีค่าเกินกว่าค่ามาตรฐานที่ตั้งไว้ เป็นต้น เพื่อให้ผู้ที่เกี่ยวข้องสามารถเข้าไปดูแล และหาสาเหตุได้ทันท่วงทีก่อนที่จะเกิดความเสียหาย
    - สีฟ้า สีน้ำเงิน หมายถึง การที่เครื่องจักรภายใน SDB ในตำแหน่งนั้น ๆ ไม่ได้มีการติดตั้งมิเตอร์เอาไว้ แต่เครื่องจักรยังคงมีการทำงานตามปกติ เพื่อแสดงให้เห็นว่ายังมีเครื่องจักรที่จำเป็นต้องได้รับการติดตั้งมิเตอร์เพิ่มเติม เพราะเป็นสิ่งสำคัญในการจัดการกับปัญหาต่าง ๆที่จะเกิดขึ้นกับเครื่องจักร

<u>หมายเหตุ</u> รายละเอียดทั้งหมดภายในหน้าจอของไดอะแกรมเส้นเดียว (Single Line Diagram) เป็นรายละเอียดที่ได้อ้างอิงมาจากไดอะแกรมเส้นเดียวที่มีอยู่ภายในบริษัท จากหัวข้อที่ 3.1.5 ซึ่งได้มีการ Survey สถานะของมิเตอร์วัดกับทางผู้เกี่ยวข้องเรียบร้อยแล้ว

3. โรงงานผลิตที่ 3

EMTC3 – Single Line Diagram ตู้ MDB1



รูปที่ 4.12 Single Line Diagram EMTC3 – MDB1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.12 คือไดอะแกรมเส้นเดียวของตู้ MDB (Main Distribution Board) ของหม้อแปลงลูกที่ 1 จากโรงงานผลิตที่ 3 โดยมีการอ้างอิงรายละเอียดภายในหน้าจอไดอะแกรมเส้นเดียวมาจากหัวข้อที่ 3.1.2 โดยมีการติดตั้งมิเตอร์วัดกำลังไฟฟ้าไว้ในจุดของ MDB (Main Distribution Board) และ SDB (Sub Distribution Board) ซึ่งเป็นหัวข้อการศึกษามิเตอร์ที่ติดตั้งอยู่ภายในโรงงานการผลิต และมีรายละเอียดภายในหน้าจอ (SCADA Display) ดังนี้

1. Layer ที่ระบุถึงตำแหน่งของโรงงานการผลิต และตู้ MDB จากรูปที่ 4.12 คือ EMTC3 – MDB1 ตามลำดับ
2. แสดงเวลาที่มิเตอร์สามารถอ่านค่าได้จากเครื่องจักร ณ ขณะนั้น
3. สถานะของการติดต่อสื่อสาร Protocol และ Network หากสามารถติดต่อสื่อสารกันได้จะแสดงคำว่า **NETWORK ACTIVED** และหากมีปัญหาด้านการติดต่อสื่อสาร จะแสดงคำว่า **NETWORK FAIL**
4. Text ที่ระบุว่าเป็นไดอะแกรมเส้นเดียวที่มาจากหม้อแปลงตัวไหน มีตำแหน่งอยู่ด้านบนสุดของหน้าจอ จากรูปที่ 4.12 คือ TR1 ตามลำดับ
5. มี Button ที่แสดงคำว่า BACK เพื่อใช้ในการย้อนหน้าจอกลับไปยังหน้าจอหลัก (Home Display)
6. แสดงรายละเอียดของพารามิเตอร์ที่อ่านได้จากมิเตอร์ที่ได้ทำการเชื่อมต่ออยู่กับเครื่องจักร โดยค่าพารามิเตอร์ที่อ่านได้จากมิเตอร์จะแสดงเป็นตัวเลขหรือตัวอักษร **สีเขียว** หากเป็นค่ามาตรฐานของมิเตอร์หรือรายละเอียดทั่วไปจะแสดงเป็น **สีขาว**
   - กระแสไฟฟ้า 3 เฟส จากเครื่องจักร มีหน่วยเป็น A
   - กำลังที่ใช้งานของเครื่องจักร มีหน่วยเป็น kW
   - พลังงานที่เครื่องจักรได้ใช้งานไปใน 1 ชม. มีหน่วยเป็น kWh
7. แสดงค่า AT/AF ของหม้อแปลง ตู้MDB (Main Distribution Board) และ SDB (Sub Distribution Board) ย่อยภายในหม้อแปลงนั้น ๆ
   - **Amp Trip (AT)** คือ ขนาดกระแสที่ใช้งาน เป็นตัวบอกให้รู้ว่าเบรกเกอร์ (Breaker) ตัวนั้นสามารถทนต่อกระแสในภาวะปกติได้สูงสุดเท่าใด
   - **Amp Frame (AF)** คือ พิกัดกระแสโครง หมายถึงขนาดการทนกระแสของเปลือกหุ้มเป็นพิกัดการทนกระแสสูงสุดของเบรกเกอร์ (Breaker) นั้น ๆ เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker) ที่มีขนาด AF เดียวกันจะมีขนาดมิติ (กว้างXยาวXสูง) เท่ากัน สามารถเปลี่ยนพิกัด Amp Trip ได้โดยที่ขนาด (มิติ) ของเบรกเกอร์ยังคงเท่าเดิม
8. แสดงตำแหน่งของตู้ควบคุมไฟฟ้าย่อย SBD (Sub Distribution Board) ที่ได้รับการจ่ายกระแสไฟฟ้ามาจากตู้ MDB (Main Distribution Board) โดยตรงและมีการติดตั้งมิเตอร์เอาไว้
   8.1 จากรูปที่ 4.12 MDB1 แสดงพื้นที่ว่าง (Space) 2 จุด เพื่อให้ทราบว่าเป็นพื้นที่ที่สามารถติดตั้ง SDB(Sub Distribution Board) เพิ่มได้อีก 2 ตำแหน่งและมีค่า AT/AF ระบุไว้ โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อมีการติดตั้งเครื่องจักรเพิ่มในพื้นที่ว่างนี้จำเป็นต้องมีค่า AT/AF ไม่เกินจากที่ระบุไว้ เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาของการใช้งานกระแสไฟฟ้าเกินขีดจำกัด

9. แสดงเลขของมิเตอร์วัด (Meter Number) รวมไปถึงชนิดของเครื่องจักรที่ติดตั้งอยู่ภายใต้การจ่ายกระแสไฟฟ้าย่อยของตู้ SDB (Sub Distribution Board) ที่ได้รับการจ่ายกระแสไฟฟ้าหลักมาจากตู้ MDB (Main Distribution Board) โดยจะมีชื่อบ่งบอกใน Box ที่เป็นตำแหน่งของตู้ SDB (อยู่ในส่วนด้านล่างของหน้าจอ) และชื่อของเครื่องจักรที่อยู่ภายใน Box ส่วนใหญ่จะเป็นตัวย่อเพื่อให้ง่ายต่อผู้ใช้งานภายในโรงงานที่มีความคุ้นเคยกับชื่อในลักษณะนี้
10. แสดงการแจ้งเตือน (Alarm) โดยในที่นี้จะแสดงการแจ้งเตือนในรูปแบบของ สี (Color) โดยมีรายละเอียดของสี ดังนี้
    - สีแดง สีเหลือง หมายถึง ค่าพารามิเตอร์ หรือมิเตอร์ที่ติดตั้งอยู่ภายในจุดต่าง ๆ เกิดข้อผิดพลาดขึ้นมา ด้วยสาเหตุใดสาเหตุหนึ่ง ตัวอย่างเช่น มิเตอร์ได้รับความเสียหาย ไม่สามารถอ่านค่าที่วัดได้, ค่าที่วัดและอ่านมีค่าเกินกว่าค่ามาตรฐานที่ตั้งไว้ เป็นต้น เพื่อให้ผู้ที่เกี่ยวข้องสามารถเข้าไปดูแล และหาสาเหตุได้ทันท่วงทีก่อนที่จะเกิดความเสียหาย
    - สีฟ้า สีน้ำเงิน หมายถึง การที่เครื่องจักรภายใน SDB ในตำแหน่งนั้น ๆ ไม่ได้มีการติดตั้งมิเตอร์เอาไว้ แต่เครื่องจักรยังคงมีการทำงานตามปกติ เพื่อแสดงให้เห็นว่ายังมีเครื่องจักรที่จำเป็นต้องได้รับการติดตั้งมิเตอร์เพิ่มเติมเพราะเป็นสิ่งสำคัญในการจัดการกับปัญหาต่างๆ ที่จะเกิดขึ้นกับเครื่องจักร

หมายเหตุ รายละเอียดทั้งหมดภายในหน้าจอของไดอะแกรมเส้นเดียว (Single Line Diagram) เป็นรายละเอียดที่ได้อ้างอิงมาจากไดอะแกรมเส้นเดียวที่มีอยู่ภายในบริษัท จากหัวข้อที่ 3.1.5 ซึ่งได้มีการ Survey สถานะของมิเตอร์วัดกับทางผู้เกี่ยวข้องเรียบร้อยแล้ว

4.2.3 ผลการศึกษาระบบทำความเย็นภายในโรงงาน (Chiller System display)

1. ระบบทำความเย็นโรงงานผลิตที่ 1 (Chiller System EMTC1)

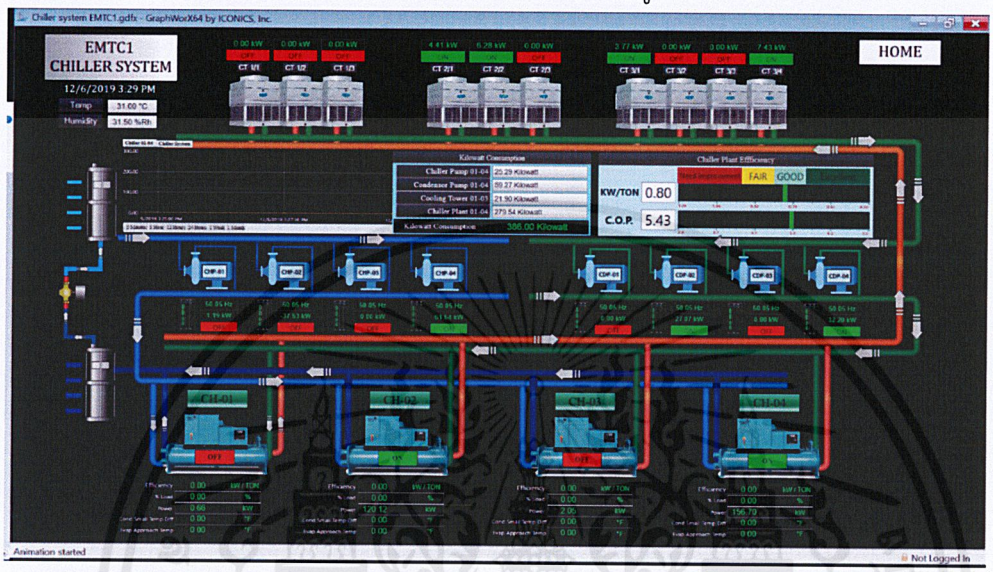
จากการศึกษาระบบการทำงานและส่วนประกอบหลักของระบบทำความเย็น (Chiller System) จากหัวข้อที่ 3.1.4 ทำให้สามารถเข้าใจถึงส่วนประกอบหลักของระบบการทำความเย็นภายในโรงงานได้ โดยระบบทำความเย็น (Chiller System) เป็นระบบการทำความเย็นด้วยวิธีการแลกเปลี่ยนความร้อนผ่านของเหลว โดยมีปั๊มน้ำเป็นเครื่องจักรในการควบคุมอัตราการไหล มีหอพักน้ำเย็น (Cooling Tower) เป็นเครื่องจักรที่คอยแลกเปลี่ยนความร้อนและมีเครื่องทำความเย็น (Chiller) ขนาดใหญ่ เพื่อสร้างอุณหภูมิให้ได้ตามที่ต้องการ จากกระบวนการทั้งหมดนี้จึงส่งผลให้เป็นระบบการทำงานหนึ่งภายในโรงงานที่ใช้พลังงานไฟฟ้าสูงมาก คิดเป็น 30% ของพลังงานไฟฟ้าทั้งหมดในโรงงาน จึงเป็นระบบที่ควรให้ความสำคัญในเรื่องของการจัดการพลังงานเป็นอันดับแรกๆ จากเหตุผลทั้งหมดนี้จึงได้นำระบบทำความเย็นมาออกแบบให้อยู่ในรูปแบบของ SCADA Display เพื่อให้ง่ายต่อการควบคุมประสิทธิภาพโดยรวมของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยภายในบริษัท เอสซีลอร์ แมนูแฟคเจอริ่ง จำกัด มีโรงงานการผลิตอยู่ 3 โรงงาน จึงได้จัดทำหน้าจอของระบบ SCADA ดังนี้

1. Chiller System EMTC1 – ระบบทำความเย็นของโรงงานผลิตที่ 1
2. Chiller System EMTC2 – ระบบทำความเย็นของโรงงานผลิตที่ 2
3. Chiller System EMTC3 – ระบบทำความเย็นของโรงงานผลิตที่ 3

และมีรายละเอียดหน้าจอ SCADA ของระบบทำความเย็นดังรูปที่ 4.13, 4.14 และ 4.15



รูปที่ 4.13 หน้าจอแสดงผลของ Chiller System EMTC1

จากรูปที่ 4.13 คือระบบทำความเย็น (Chiller System) ของโรงงานผลิตที่ 1 โดยจุดประสงค์หลักของการออกแบบ SCADA Display ของระบบทำความทำเย็น คือ เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบประสิทธิภาพ (Performance) โดยรวมของระบบได้ โดยมีรายละเอียดต่าง ๆภายในหน้าจอดังนี้

1. Text Box ที่บอกถึงตำแหน่งของโรงงานการผลิต จากรูปที่ 4.13 คือ EMTC1 CHILLER SYSTEM หมายถึง ระบบทำความเย็นของโรงงานผลิตที่1
2. แสดงเวลาที่มิเตอร์สามารถอ่านค่าได้จากเครื่องจักร ณ ขณะนั้น
3. แสดงอุณหภูมิและความชื้นโดยรอบของโรงงานเพราะเป็นหนึ่งในปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของระบบ
4. กราฟแสดง Trend ของการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในระบบ โดยมีการนำข้อมูลที่เก็บจากการฐานข้อมูลมาแสดงรูปของกราฟเส้นและมีช่วงเวลาในการดู Trend แบ่งออกเป็น 5 นาที, 1 ชั่วโมง, 12 ชั่วโมง, 24 ชั่วโมง, 1 สัปดาห์ และ 1 อาทิตย์
5. แสดงส่วนประกอบหลักของระบบการทำงาน และบอกถึงหมายเลขของเครื่องจักรแต่ละตัว ซึ่งเป็นชื่อที่ใช้งานกันภายในโรงงาน เพื่อให้ง่ายต่อการเข้าใจ โดยมีรายละเอียดดังนี้
   - CH คือ เครื่องทำความเย็น (Chiller) จำนวน 4 ตัว
   - CT คือ หอทำความเย็น (Cooling Tower) จำนวน 10 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- CDP คือ ปั๊มน้ำเย็น (Condenser Pump) จำนวน 4 ตัว
- CHP คือ ปั๊มน้ำ (Chiller Pump) จำนวน 4 ตัว

6. แสดงสถานการณ์การทำงานของเครื่องจักร โดยจะแบ่งเป็น 2 สถานะคือ เปิด (On)และปิด (Off) พร้อมแสดงสี (Color) แบ่งเป็น 2 สี คือ เขียวและแดง ตามลำดับสถานะ
7. ในส่วนของเครื่องทำความเย็น (Chiller) จะแสดงค่าพารามิเตอร์ที่บ่งบอกถึงประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรทำความเย็น โดยมีพารามิเตอร์ที่สำคัญดังนี้
   7.1 ค่า Efficiency ของเครื่องทำความเย็น (Chiller) แต่ละตัว ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงประสิทธิภาพของเครื่องจักร มีหน่วยวัดคือ KW/TON ซึ่งหมายถึง กำลังไฟฟ้าที่ใช้งานต่อตันทำความเย็นที่ทำได้
   7.2 ค่า %Load ของเครื่องทำความเย็น (Chiller) เพื่อใช้บอกถึง % ที่เครื่องจักรทำได้ ณ ตอนนั้น
   7.3 Power คือกำลังที่ใช้งาน มีหน่วยเป็น KW
   7.4 Cond Small Temp Diff หรือ Condenser small temperature different (Condenser Approach Temp) คือ ผลต่างของสารทำความเย็นกับอุณหภูมิของน้ำ
   7.5 Evap Approach Temp หรือ Evaporator Approach Temp คือ ผลต่างของการแลกเปลี่ยนอุณหภูมิกับบรรยากาศโดยรอบ
8. ในส่วนของ Kilowatt Consumption จะแสดงค่าการใช้กำลังไฟฟ้าโดยรวมของเครื่องจักรโดยค่าการใช้กำลังไฟฟ้าจะแยกตามชนิดของเครื่องจักรที่มี และแสดงค่ากำลังไฟฟ้ารวมของระบบ
9. ในส่วนของ Chiller Plant Efficiency คือค่าที่แสดงถึงประสิทธิภาพ(Performance) การทำงานโดยรวมของระบบทำความเย็น (Chiller System) อ้างอิงมาตรฐานมาจากกระทรวงพลังงาน ประเทศไทย โดยมีรายละเอียดดังนี้
   - Need Improvement หมายถึง ช่วงที่ระบบมีประสิทธิภาพที่แย่ ควรรีบแก้ไขปรับปรุงโดยเร็ว
   - Fair หมายถึง ช่วงที่ระบบมีประสิทธิภาพที่เริ่มไม่ปกติควรปรับปรุงแก้ไข้
   - Good หมายถึง ช่วงที่ระบบมีประสิทธิภาพที่ดี
   - Excellent หมายถึง ช่วงที่ระบบมีประสิทธิภาพดีที่สุดเครื่องจักรทุกชนิดสามารถทำงานได้ตามมาตรฐาน
10. ท่อแสดงการไหลของน้ำภายในระบบ โดยมีรายละเอียดของสีท่อ ดังนี้
    - สีเขียว หมายถึง น้ำเย็นที่ทำการแลกเปลี่ยนความร้อนแล้ว อยู่ในอุณหภูมิปกติ และนำกลับเข้าไปในเครื่องทำความเย็น
    - สีส้ม หมายถึง น้ำที่มีอุณหภูมิสูงกำลังนำกลับเข้าไปในหอทำความเย็นเพื่อแลกเปลี่ยนความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

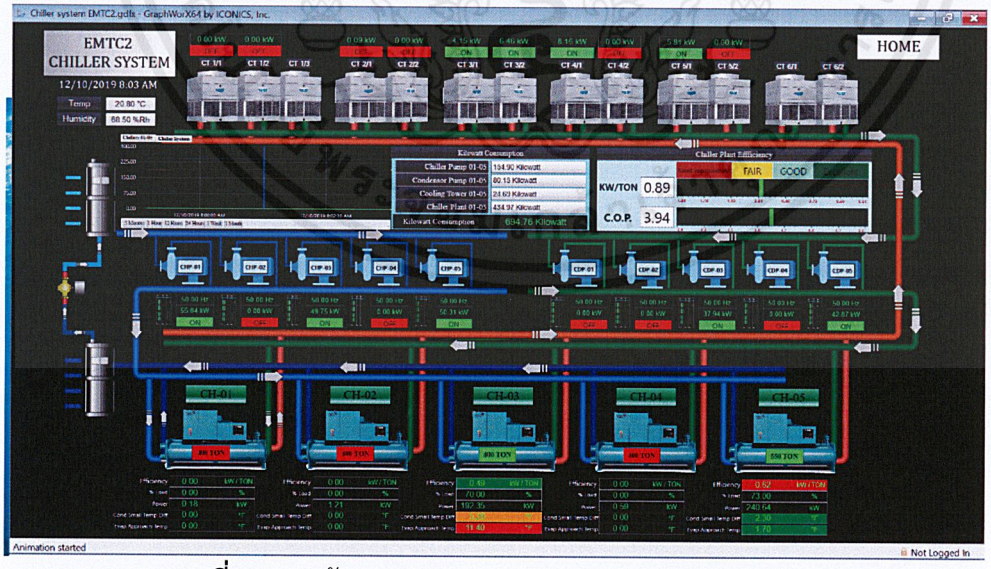
- สีฟ้า หมายถึง น้ำเย็นที่มีอุณหภูมิที่ประมาณ 7 °C สามารถนำไปใช้งานภายในอาคารโรงงานได้
- สีน้ำเงิน หมายถึง น้ำที่มีการแลกเปลี่ยนความร้อนกับอุณหภูมิภายในอาคาร โรงงาน

11. ปุ่ม HOME สามารถใช้ในการกลับเข้าสู่หน้าจอหลักได้
12. ค่าพารามิเตอร์ที่แสดงเป็นค่าที่วัดได้จากมิเตอร์โดยตรง จะใช้ตัวอักษร**สีเขียว**เป็นตัวแสดงค่า
13. การแจ้งเตือน(Alarm) โดยจะมีการแจ้งเตือนในส่วนของพารามิเตอร์ที่บ่งบอกถึงประสิทธิภาพของเครื่องทำความเย็น (Chiller) โดยมีรายละเอียดของสีดังนี้
    - สีแดง หมายถึง เกิดปัญหาขึ้นกับเครื่องจักร ควรรีบปรับปรุงแก้ไขเพื่อลดค่าความเสียหายและลดการสูญเสียการใช้พลังงานไฟฟ้า
    - สีเหลือง หมายถึง มีประสิทธิภาพที่ค่อนข้างแย่ หากปรับปรุงได้ก็ควรรีบปรับปรุง
    - สีเขียว หมายถึง มีประสิทธิภาพที่ดี

โดยจำนวนของเครื่องจักรและระบบการทำงานโดยรวมได้อ้างอิงมาจากหัวข้อที่ 3.1.4 ซึ่งเป็นการศึกษา layout ของระบบการทำความเย็นภายในโรงงานที่ทางบริษัทได้จัดทำขึ้นมาเอง เพื่อนำมาต่อยอดในการสร้างหน้าจอ SCADA System เพื่อใช้ในการตรวจสอบประสิทธิภาพโดยรวมของระบบต่อไป

<u>หมายเหตุ</u> ค่าประสิทธิภาพโดยรวมของระบบภายในโรงงานการผลิตที่ 1 ยังไม่สามารถแสดงให้เห็นได้ เนื่องจากมิเตอร์ที่ติดตั้งกับตัวเครื่องจักรมีปัญหาและยังไม่ได้รับการแก้ โดยค่าที่แสดงอยู่ภายในหน้าจอ SCADA Display ของโรงงานผลิตที่ 1 ค่าพารามิเตอร์ส่วนใหญ่ยังเป็นค่าที่ทำการจำลองขึ้นมา เพื่อรอการนำค่าจริงจากอุปกรณ์วัดมาใช้งาน

2. ระบบทำความเย็นโรงงานผลิตที่ 2 (Chiller System EMTC2)



รูปที่ 4.14 หน้าจอแสดงผลของ Chiller System EMTC2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.14 คือระบบทำความเย็น (Chiller System) ของโรงงานผลิตที่2 โดยจุดประสงค์หลักของการออกแบบ SCADA Display ของระบบทำความทำเย็น คือ เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบประสิทธิภาพ(Performance) โดยรวมของระบบได้ โดยมีรายละเอียดต่าง ๆภายในหน้าจอดังนี้

1. Text Box ที่บอกถึงตำแหน่งของโรงงานการผลิต จากรูปที่ 4.14 คือ EMTC2 CHILLER SYSTEM หมายถึง ระบบทำความเย็นของโรงงานผลิตที่2
2. แสดงเวลาที่มิเตอร์สามารถอ่านค่าได้จากเครื่องจักร ณ ขณะนั้น
3. แสดงอุณหภูมิและความชื้นโดยรอบของโรงงานเพราะเป็นหนึ่งในปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของระบบ
4. กราฟแสดง Trend ของการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในระบบ โดยมีการนำข้อมูลที่เก็บจากการฐานข้อมูลมาแสดงรูปของกราฟเส้นและมีช่วงเวลาในการดู Trend แบ่งออกเป็น 5 นาที, 1 ชั่วโมง, 12 ชั่วโมง, 24 ชั่วโมง, 1 สัปดาห์ และ 1 อาทิตย์
5. แสดงส่วนประกอบหลักของระบบการทำงาน และบอกถึงหมายเลขของเครื่องจักรแต่ละตัว ซึ่งเป็นชื่อที่ใช้งานกันภายในโรงงาน เพื่อให้ง่ายต่อการเข้าใจ โดยมีรายละเอียดดังนี้
   - CH คือ เครื่องทำความเย็น (Chiller) จำนวน 5 ตัว
   - CT คือ หอทำความเย็น (Cooling Tower) จำนวน 13 ตัว
   - CDP คือ ปั๊มน้ำเย็น (Condenser Pump) จำนวน 5 ตัว
   - CHP คือ ปั๊มน้ำ (Chiller Pump) จำนวน 5 ตัว
6. แสดงสถานการณ์การทำงานของเครื่องจักร โดยจะแบ่งเป็น 2 สถานะคือ เปิด (On)และปิด (Off) พร้อมแสดงสี (Color) แบ่งเป็น 2 สี คือ เขียวและแดง ตามลำดับสถานะ
7. ในส่วนของเครื่องทำความเย็น (Chiller) จะแสดงค่าพารามิเตอร์ที่บ่งบอกถึงประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรทำความเย็น โดยมีพารามิเตอร์ที่สำคัญดังนี้

   7.1 ค่า Efficiency ของเครื่องทำความเย็น (Chiller) แต่ละตัว ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงประสิทธิภาพของเครื่องจักร มีหน่วยวัดคือ KW/TON ซึ่งหมายถึง กำลังไฟฟ้าที่ใช้งานต่อตันทำความเย็นที่ทำได้

   7.2 ค่า %Load ของเครื่องทำความเย็น(Chiller) เพื่อใช้บอกถึง % ที่เครื่องจักรทำได้ ณ ตอนนั้น

   7.3 Power คือกำลังที่ใช้งาน มีหน่วยเป็น KW

   7.4 Cond Small Temp Diff หรือ Condenser small temperature different (Condenser Approach Temp) คือ ผลต่างของสารทำความเย็นกับอุณหภูมิของน้ำ

   7.5 Evap Approach Temp หรือ Evaporator Approach Temp คือ ผลต่างของการแลกเปลี่ยนอุณหภูมิกับบรรยากาศโดยรอบ

8 ในส่วนของ Kilowatt Consumption จะแสดงค่าการใช้กำลังไฟฟ้าโดยรวมของเครื่องจักรโดยค่าการใช้กำลังไฟฟ้าจะแยกตามชนิดของเครื่องจักรที่มี และแสดงค่ากำลังไฟฟ้ารวมของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9 ในส่วนของ Chiller Plant Efficiency คือค่าที่แสดงถึงประสิทธิภาพ (Performance) การทำงานโดยรวมของระบบทำความเย็น(Chiller System) อ้างอิงมาตรฐานมาจากกระทรวงพลังงาน ประเทศไทย โดยมีรายละเอียดดังนี้

- Need Improvement หมายถึง ช่วงที่ระบบมีประสิทธิภาพที่แย่ ควรรีบแก้ไขปรับปรุงโดยเร็ว
- Fair หมายถึง ช่วงที่ระบบมีประสิทธิภาพที่เริ่มไม่ปกติควรปรับปรุงแก้ไข้
- Good หมายถึง ช่วงที่ระบบมีประสิทธิภาพที่ดี
- Excellent หมายถึง ช่วงที่ระบบมีประสิทธิภาพดีที่สุดเครื่องจักรทุกชนิดสามารถทำงานได้ตามมาตรฐาน

10 ท่อแสดงการไหลของน้ำภายในระบบ โดยมีรายละเอียดของสีท่อ ดังนี้

- สีเขียว หมายถึง น้ำเย็นที่ทำการแลกเปลี่ยนความร้อนแล้ว อยู่ในอุณหภูมิปกติ และนำกลับเข้าไปในเครื่องทำความเย็น
- สีส้ม หมายถึง น้ำที่มีอุณหภูมิสูงกำลังนำกลับเข้าไปในหอทำความเย็นเพื่อแลกเปลี่ยนความร้อน
- สีฟ้า หมายถึง น้ำเย็นที่มีอุณหภูมิที่ประมาณ 7 °C สามารถนำไปใช้งานภายในอาคารโรงงานได้
- สีน้ำเงิน หมายถึง น้ำที่มีการแลกเปลี่ยนความร้อนกับอุณหภูมิภายในอาคารโรงงาน

11 ปุ่ม HOME สามารถใช้ในการกลับเข้าสู่หน้าจอหลักได้

12 ค่าพารามิเตอร์ที่แสดงเป็นค่าที่วัดได้จากมิเตอร์โดยตรง จะใช้ตัวอักษร**สีเขียว**เป็นตัวแสดงค่า

13 การแจ้งเตือน (Alarm) โดยจะมีการแจ้งเตือนในส่วนของพารามิเตอร์ที่บ่งบอกถึงประสิทธิภาพของเครื่องทำความเย็น (Chiller) โดยมีรายละเอียดของสีดังนี้

- สีแดง หมายถึง เกิดปัญหาขึ้นกับเครื่องจักร ควรรีบปรับปรุงแก้ไขเพื่อลดค่าความเสียหายและลดการสูญเสียการใช้พลังงานไฟฟ้า
- สีเหลือง หมายถึง มีประสิทธิภาพที่ค่อนข้างแย่ หากปรับปรุงได้ก็ควรรีบปรับปรุง
- สีเขียว หมายถึง มีประสิทธิภาพที่ดี

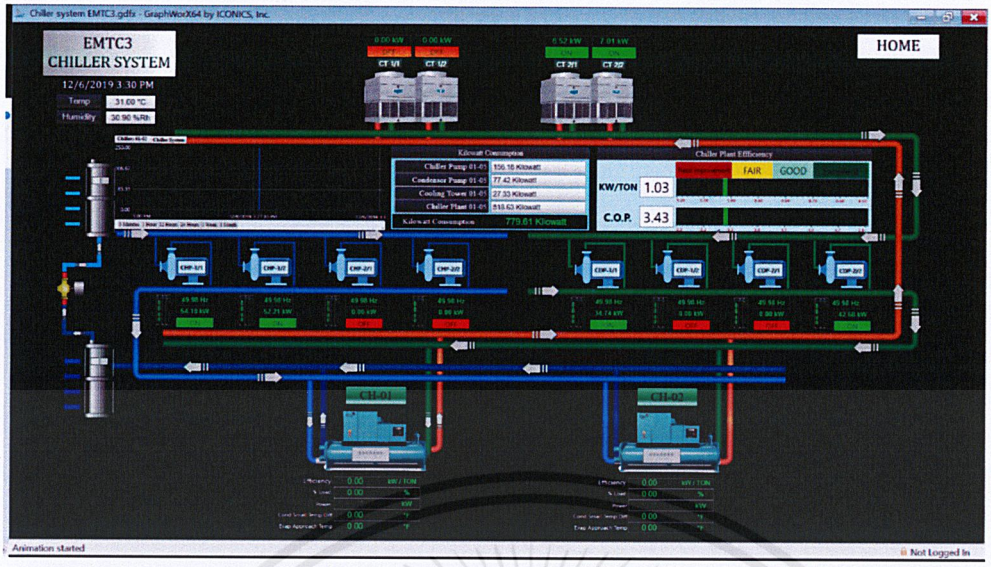
โดยจำนวนของเครื่องจักรและระบบการทำงานโดยรวมได้อ้างอิงมาจากหัวข้อที่ 3.1.5 ซึ่งเป็นการศึกษา Layout ของระบบการทำความเย็นภายในโรงงานที่ทางบริษัทได้จัดทำขึ้นมาเอง เพื่อนำมาต่อยอดในการสร้างหน้าจอ SCADA System เพื่อใช้ในการตรวจสอบประสิทธิภาพโดยรวมของระบบต่อไป

<u>หมายเหตุ</u> ค่าประสิทธิภาพโดยรวมของระบบภายในโรงงานการผลิตที่ 2 สามารถแสดงค่าได้ตามปกติไม่มีปัญหาในเรื่องของมิเตอร์วัด รวมไปถึงประสิทธิภาพของเครื่องทำความเย็น (Chiller)

เครื่องจักรตัวไหนที่ไม่มีสถานะของเครื่องจักร รวมไปถึงพารามิเตอร์แสดง หมายความว่า ยังไม่ได้รับการติดมิเตอร์วัดที่ตัวเครื่องจักรนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ระบบทำความเย็นโรงงานผลิตที่ 3 (Chiller System EMTC3)



รูปที่ 4.15 หน้าจอแสดงผลของ Chiller System EMTC3

จากรูปที่ 4.15 คือระบบทำความเย็น (Chiller System) ของโรงงานผลิตที่3 โดยจุดประสงค์หลักของการออกแบบ SCADA Display ของระบบทำความทำเย็น คือ เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบประสิทธิภาพ (Performance) โดยรวมของระบบได้ โดยมีรายละเอียดต่าง ๆภายในหน้าจอดังนี้

1. Text Box ที่บอกถึงตำแหน่งของโรงงานการผลิต จากรูปที่ 4.15 คือ EMTC3 CHILLER SYSTEM หมายถึง ระบบทำความเย็นของโรงงานผลิตที่3
2. แสดงเวลาที่มิเตอร์สามารถอ่านค่าได้จากเครื่องจักร ณ ขณะนั้น
3. แสดงอุณหภูมิและความชื้นโดยรอบของโรงงาน เพราะเป็นหนึ่งในปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของระบบ
4. กราฟแสดง Trend ของการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในระบบ โดยมีการนำข้อมูลที่เก็บจากการฐานข้อมูลมาแสดงรูปของกราฟเส้นและมีช่วงเวลาในการดู Trend แบ่งออกเป็น 5 นาที, 1 ชั่วโมง, 12 ชั่วโมง, 24 ชั่วโมง, 1 สัปดาห์ และ 1 อาทิตย์
5. แสดงส่วนประกอบหลักของระบบการทำงาน และบอกถึงหมายเลขของเครื่องจักรแต่ละตัว ซึ่งเป็นชื่อที่ใช้งานกันภายในโรงงาน เพื่อให้ง่ายต่อการเข้าใจ โดยมีรายละเอียดดังนี้
   - CH คือ เครื่องทำความเย็น (Chiller) จำนวน 2 ตัว
   - CT คือ หอทำความเย็น (Cooling Tower) จำนวน 4 ตัว
   - CDP คือ ปั๊มน้ำเย็น (Condenser Pump) จำนวน 4 ตัว
   - CHP คือ ปั๊มน้ำ (Chiller Pump) จำนวน 4 ตัว
6. แสดงสถานการณ์การทำงานของเครื่องจักร โดยจะแบ่งเป็น 2 สถานะคือ เปิด (On)และปิด (Off) พร้อมแสดงสี (Color) แบ่งเป็น 2 สี คือ เขียวและแดง ตามลำดับสถานะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ในส่วนของเครื่องทำความเย็น (Chiller) จะแสดงค่าพารามิเตอร์ที่บ่งบอกถึงประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรทำความเย็น โดยมีพารามิเตอร์ที่สำคัญดังนี้

   7.1 ค่า Efficiency ของเครื่องทำความเย็น (Chiller) แต่ละตัว ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงประสิทธิภาพของเครื่องจักร มีหน่วยวัดคือ KW/TON ซึ่งหมายถึง กำลังไฟฟ้าที่ใช้งานต่อตันทำความเย็นที่ทำได้

   7.2 ค่า %Load ของเครื่องทำความเย็น (Chiller) เพื่อใช้บอกถึง % ที่เครื่องจักรทำได้ ณ ตอนนั้น

   7.3 Power คือกำลังที่ใช้งาน มีหน่วยเป็น KW

   7.4 Cond Small Temp Diff หรือ Condenser small temperature different (Condenser Approach Temp) คือ ผลต่างของสารทำความเย็นกับอุณหภูมิของน้ำ

   7.5 Evap Approach Temp หรือ Evaporator Approach Temp คือ ผลต่างของการแลกเปลี่ยนอุณหภูมิกับบรรยากาศโดยรอบ

8 ในส่วนของ Kilowatt Consumption จะแสดงค่าการใช้กำลังไฟฟ้าโดยรวมของเครื่องจักรโดยค่าการใช้กำลังไฟฟ้าจะแยกตามชนิดของเครื่องจักรที่มี และแสดงค่ากำลังไฟฟ้ารวมของระบบ

9 ในส่วนของ Chiller Plant Efficiency คือค่าที่แสดงถึงประสิทธิภาพ(Performance) การทำงานโดยรวมของระบบทำความเย็น(Chiller System) อ้างอิงมาตรฐานมาจากกระทรวงพลังงาน ประเทศไทย โดยมีรายละเอียดดังนี้

- Need Improvement หมายถึง ช่วงที่ระบบมีประสิทธิภาพที่แย่ ควรรีบแก้ไขปรับปรุงโดยเร็ว
- Fair หมายถึง ช่วงที่ระบบมีประสิทธิภาพที่เริ่มไม่ปกติควรปรับปรุงแก้ไข้
- Good หมายถึง ช่วงที่ระบบมีประสิทธิภาพที่ดี
- Excellent หมายถึง ช่วงที่ระบบมีประสิทธิภาพดีที่สุดเครื่องจักรทุกชนิดสามารถทำงานได้ตามมาตรฐาน

10 ท่อแสดงการไหลของน้ำภายในระบบ โดยมีรายละเอียดของสีท่อ ดังนี้

- สีเขียว หมายถึง น้ำเย็นที่ทำการแลกเปลี่ยนความร้อนแล้ว อยู่ในอุณหภูมิปกติ และนำกลับเข้าไปในเครื่องทำความเย็น
- สีส้ม หมายถึง น้ำที่มีอุณหภูมิสูงกำลังนำกลับเข้าไปในหอทำความเย็นเพื่อแลกเปลี่ยนความร้อน
- สีฟ้า หมายถึง น้ำเย็นที่มีอุณหภูมิที่ประมาณ 7 °C สามารถนำไปใช้งานภายในอาคารโรงงานได้
- สีน้ำเงิน หมายถึง น้ำที่มีการแลกเปลี่ยนความร้อนกับอุณหภูมิภายในอาคาร โรงงาน

11 ปุ่ม HOME สามารถใช้ในการกลับเข้าสู่หน้าจอหลักได้

12 ค่าพารามิเตอร์ที่แสดงเป็นค่าที่วัดได้จากมิเตอร์โดยตรง จะใช้ตัวอักษร**สีเขียว**เป็นตัวแสดงค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13 การแจ้งเตือน(Alarm) โดยจะมีการแจ้งเตือนในส่วนของพารามิเตอร์ที่บ่งบอกถึงประสิทธิภาพของเครื่องทำความเย็น(Chiller) โดยมีรายละเอียดของสีดังนี้

- สีแดง หมายถึง เกิดปัญหาขึ้นกับเครื่องจักร ควรรีบปรับปรุงแก้ไขเพื่อลดค่าความเสียหายและลดการสูญเสียการใช้พลังงานไฟฟ้า
- สีเหลือง หมายถึง มีประสิทธิภาพที่ค่อนข้างแย่ หากปรับปรุงได้ก็ควรรีบปรับปรุง
- สีเขียว หมายถึง มีประสิทธิภาพที่ดี

โดยจำนวนของเครื่องจักรและระบบการทำงานโดยรวมได้อ้างอิงมาจากหัวข้อที่ 3.1.5 ซึ่งเป็นการศึกษา layout ของระบบการทำความเย็นภายในโรงงานที่ทางบริษัทได้จัดทำขึ้นมาเอง เพื่อนำมาต่อยอดในการสร้างหน้าจอ SCADA System เพื่อใช้ในการตรวจสอบประสิทธิภาพโดยรวมของระบบต่อไป

หมายเหตุ ค่าประสิทธิภาพโดยรวมของระบบภายในโรงงานการผลิตที่ 3 ยังไม่สามารถแสดงให้เห็นได้ เนื่องจากมิเตอร์ที่ติดตั้งกับตัวเครื่องจักรมีปัญหาและยังไม่ได้รับการแก้ โดยค่าที่แสดงอยู่ภายในหน้าจอ SCADA Display ของโรงงานผลิตที่ 3 ค่าพารามิเตอร์ส่วนใหญ่ยังเป็นค่าที่ทำการจำลองขึ้นมา เพื่อรอการนำค่าจริงจากอุปกรณ์วัดมาใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

จากผลการดำเนินงานที่ผ่านมาทำให้สามารถออกแบบระบบการควบคุม และตรวจสอบระยะไกลหรือ SCADA System for Monitoring and Energy Management ได้ โดยมีจุดประสงค์หลักคือ สามารถนำระบบ SCADA ที่ออกแบบ เข้ามามีส่วนร่วมในด้านการจัดการปัญหาด้านการใช้งานพลังงานไฟฟ้าที่เกินได้ รวมไปถึงเพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถใช้ระบบ SCADA ในการสังเกตการณ์และจัดการกับปัญหาของเครื่องจักรได้

รูปที่ 5.1 บรรยากาศการใช้งานระบบ SCADA ภายในแผนก Maintenance

จากรูปที่ 5.1 แสดงให้เห็นว่าระบบการควบคุมและสังเกตการณ์ระยะไกลหรือ SCADA System ที่ได้มีการสร้างและออกแบบให้กับ บริษัท เอสซิลอร์ แมนูแฟคเจอริ่ง ประเทศไทย จำกัด สามารถนำมาใช้งานได้ภายในแผนกซ่อมบำรุง (Maintenance) และในส่วนของระบบทำความเย็น (Chiller System) ที่มีการนำมาสร้างเป็นระบบ SCADA ทำให้ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในเรื่องของการจัดการดูแลระบบทำความเย็นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตระหนักถึงปัญหาที่เกิดขึ้นในด้านของประสิทธิภาพการทำงานของระบบ จึงได้มีการจัดการปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบทำความเย็นในเวลาต่อมา

ดังนั้นเมื่อผู้ที่เกี่ยวข้องกับระบบการทำงานของเครื่องจักรภายในโรงงานสามารถเล็งเห็นและตระหนักถึงปัญหาที่เกิดขึ้นและสามารถจัดการแก้ไขได้อย่างทันท่วงที ทำให้ปัญหาในเรื่องของการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมไปถึงความเสียหายในด้านต่าง ๆ เช่น เครื่องจักรชำรุด, มิเตอร์วัดกำลังไฟฟ้าเสียหาย ลดลดอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งจะเป็นผลดีต่อยอดต่อไปในอนาคต

5.2 ปัญหา

1. มีการวางแผนงานที่ไม่ค่อยเป็นระบบระเบียบเท่าที่ควร
2. ไม่มีความรู้ในส่วนของงานที่เกี่ยวข้องเพียงพอทั้งหัวหน้างานและนักศึกษาฝึกงาน
3. บุคลากรในทีมมีจำนวนน้อยเกินไปเมื่อเทียบกับขนาดของงาน
4. ไม่มีพื้นฐานและประสบการณ์ในด้านการสร้างระบบ SCADA
5. ระบบ SCADA ยังไม่สามารถใช้งานนอกบริษัทหรือโรงงานได้เนื่องจากปัญญาด้าน Internet Network

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการจัดการวางแผนระบบทุกอย่างให้เรียบร้อยก่อนที่จะเริ่มทำงาน เพราะเมื่อเกิดปัญหาขึ้นจะสามารถรู้จุดที่จำเป็นต้องแก้ไขได้
2. ควรมีที่ปรึกษาด้าน IT หรือผู้ที่เกี่ยวข้องในเรื่องของ IT เพราะเนื่องจากมีซอฟต์แวร์และระบบการติดต่อสื่อสารด้าน network ที่ค่อนข้างซับซ้อน สำหรับผู้ที่ไม่มีพื้นฐาน
3. ควรเพิ่มนักพัฒนาระบบ SCADA ให้มากขึ้น เพราะเนื่องจากเป็นระบบขนาดใหญ่ที่สามารถใช้งานได้ทั่วทั้งโรงงานและบริษัท การที่มีนักพัฒนาหลายคนย่อมทำให้งานออกมามีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น
4. ควรมีพื้นฐานในเรื่องของระบบ SCADA เพื่อที่จะสามารถใช้ในการต่อยอดพัฒนาระบบได้ง่ายยิ่งขึ้น
5. จัดการระบบ SCADA ให้สามารถเข้าถึงได้จากทั่วทุกที่ผ่านระบบของ Cloud Server เพื่อให้ระบบสามารถ Online ใช้งานได้สะดวกยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] สุทธิพงษ์ เสนาถี. (2549).เรียนรู้การสร้างระบบ SCADA ด้วย GENESIS32. (พิมพ์ครั้งที่1) กรุงเทพมหานคร: บริษัท อีดีเอ อินสทรูเมนส์ แอนด์ ซิสเต็ม จำกัด.

[2] Sonic automation. (2562). “การสื่อสารผ่าน Modbus TCP/IP”. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: https://sonicautomation.co.th/2019/การสื่อสารผ่าน-Modbus-tcp-ip ค้นหาเมื่อวันที่ 25 ธันวาคม พ.ศ.2562

[3] Automation Review. (2556). “Modbus คืออะไร?”. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://automationreview.blogspot.com/2013/10/modbus-protocol.html ค้นหาเมื่อวันที่ 25 ธันวาคม พ.ศ.2562

[4] Automation Review. (2556). “OLE for process control OPC”. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://automationreview.blogspot.com/2013/10/ole-for-process-control- opc.html ค้นหาเมื่อวันที่ 25 ธันวาคม พ.ศ.2562

[5] Socomec. (2558). “Modbus tables of DIRIS B10”. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: https://www.socomec.com/files/live/sites/systemsite/files/SCP/15_nouvellemesure/DIRIS-B-30/DIRIS-B10-HTML-CLIENT_COMMUNICATION-TABLE_CMT_201.pdf ค้นหาเมื่อวันที่ 27 ธันวาคม พ.ศ.2562

[6] E-Power. (2562). “ECP700 Series”. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: https://kfr.co.th/wp-content/uploads/2019/04/ECM700-multifunction-power-meter-brochure.pdf ค้นหาเมื่อวันที่ 27 ธันวาคม พ.ศ.2562

[7] Schneider. (2558). “Power Meter PM500”. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://azzo.com.au/wp-content/uploads/2015/05/PM500-datasheet.pdf ค้นหาเมื่อวันที่ 27 ธันวาคม พ.ศ.2562

[8] Schneider. (2551). “Power Meter PM710”. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.testline.ro/custom_images/produse/instruction_manual_pm710_en ค้นหาเมื่อวันที่ 27 ธันวาคม พ.ศ.2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล : นายสิทธ์ฐิพงษ์ โชติพฤกษ์สกุล

วัน/เดือน/ปีเกิด : 25 กรกฎาคม พ.ศ. 2540

ภูมิลำเนา : 18 หมู่ที่ 1 ถนน เทศบาล 31 ตำบล พะตง อำเภอ หาดใหญ่ จังหวัด สงขลา 90230

อีเมล(Email) : Sittipong.cho@gmail.com

ประวัติการศึกษา : ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น
โรงเรียนหาดใหญ่วิทยาลัย 2
: ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
โรงเรียนหาดใหญ่วิทยาลัย 2
: ระดับปริญญาตรี
ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประวัติการทำงาน : มิถุนายน - สิงหาคม พ.ศ. 2562 (2 เดือน)
นักศึกษาฝึกงาน
บริษัท โยโกกาวา (ประเทศไทย) จำกัด
: สิงหาคม - ธันวาคม พ.ศ. 2562 (4 เดือน)
นักศึกษาสหกิจศึกษา แผนก วิศวกรรมซ่อมบำรุงและโครงการ
บริษัท เอสซีลอร์ แมนูแฟ็คเจอริ่ง (ประเทศไทย) จำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้