ระบบการติดตามการใช้พลังงานด้วยสกาดา
SCADA-BASED ENERGY MONITORING SYSTEM

นายทสพร ศรีวิชัย
นายพงษ์ภัทร์ สุวรรณรังษี

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอัตโนมัติ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

ระบบการติดตามการใช้พลังงานด้วยสกาดา
SCADA-BASED ENERGY MONITORING SYSTEM

นายทสพร ศรีวิชัย
นายพงษ์ภัทร์ สุวรรณรังษี

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมอัตโนมัติ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

SCADA-BASED ENERGY MONITORING SYSTEM

MR. TASAPORN SRIVICHAI
MR. PONGPAT SUWANNARANGSRI

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN AUTOMATION ENGINEERRING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2017

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2560
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

.....

หัวข้อปริญญานิพนธ์ ระบบการติดตามการใช้พลังงานด้วยสกาดา
SCADA-Based Energy Monitoring System

นักศึกษาผู้จัดทำ นายทศพร ศรีวิชัย **รหัสนักศึกษา** 57010515
นายพงษ์ภัทร์ สุวรรณรังษี **รหัสนักศึกษา** 57010819

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมอัตโนมัติ

ปีการศึกษา 2560

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	ลายมือชื่อ
รศ.ดร.ไสว พงศ์สวัสดิ์	

หัวข้อปริญญานิพนธ์ ระบบการติดตามการใช้พลังงานด้วยสกาดา
SCADA-Based Energy Monitoring System

นักศึกษาผู้จัดทำ นายทสพร ศรีวิชัย **รหัสนักศึกษา** 57010515
นายพงษ์ภัทร์ สุวรรณรังษี **รหัสนักศึกษา** 57010819

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.ไสว พงศ์สวัสดิ์

ปีการศึกษา 2560

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์นี้เป็นการสร้างระบบการติดตามการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับระบบไฟฟ้า 3 เฟส โดยระบบที่สร้างขึ้นประกอบด้วยสามส่วนหลัก ได้แก่ เพาเวอร์มิเตอร์รุ่น Primus KM-07 ที่ใช้สำหรับการวัดค่าตัวแปรทางไฟฟ้าที่สนใจ ส่วนติดต่อกับผู้ใช้งานที่มีการติดตั้งซอฟต์แวร์ Wonderware InTouch สำหรับการแสดงผลค่าตัวแปรที่วัดได้ในรูปแบบตารางแบบ Real-time และข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าย้อนหลังในรูปแบบตารางและแผนภูมิแท่งในช่วงเวลารายวัน รายเดือน หรือรายปี และส่วน Microsoft SQL Server ที่ใช้ในการเก็บค่าตัวแปรที่วัดได้ในฐานข้อมูลที่สร้างขึ้นโดยมีโปรโตคอลในการสื่อสารและซอฟต์แวร์ในส่วนการรับ-ส่งข้อมูลระหว่างเพาเวอร์มิเตอร์และส่วนติดต่อกับผู้ใช้งานคือ Modbus-RTU และ KEP Server EX ตามลำดับ ในปริญญานิพนธ์นี้ได้กำหนดให้การติดตามการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบไฟฟ้า 1 เฟส ซึ่งประกอบด้วยวงจรขนานที่เหมือนกัน 3 วงจรเป็นกรณีศึกษาเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของระบบที่นำเสนอ โดยแต่ละวงจรใช้หลอดไฟ 6 หลอดที่มีพิกัดค่าวัตต์ต่างกันในการต่อขนาน ผลการทดลองยืนยันได้ว่า ระบบการติดตามการใช้พลังงานที่นำเสนอสามารถแสดงข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ตามข้อกำหนดที่ต้องการ

Thesis Title	SCADA-Based Energy Monitoring System
Authors	Mr. Tasaporn Srivichai
	Mr. Pongpat Suwannarangsri
Thesis Advisor	Assoc.Prof.Dr. Sawai Pongswatd
Year	2017

ABSTRACT

This thesis aims to implement a monitoring system based on supervisory control and data acquisition (SCADA) for tracking electricity consumption of 3-phase power systems. The implemented system consists of 3 main parts, which are 3-phase power meters modeled Primus KM-07 for measuring interested electrical parameters, the human machine interface (HMI) station running the Wonderware Intouch software for displaying the measured parameters with table format in real time as well as the historical data with table and bar graph formats in day, month, or year period, and the Microsoft SQL Server for collecting the measured parameters in the created database. The communication protocol and the software interface OPC between the power meters and the HMI station are Modbus-RTU and KEP Server EX, respectively. In order to verify the performance of the proposed system, only the electricity consumption of 1-phase system comprised of three identical parallel circuits is monitored as a case study. Each circuit has six lamps with different watt ratings in parallel connection. Experimental results confirm that the proposed energy monitoring system can provide the data of electricity usage as desired requirements.

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเนื่องจากความช่วยเหลือจากหลายๆท่าน ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.ไสว พงศ์สวัสดิ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานนี้และนายเทพฤทธิ์ ภิญโญฤทธิ์ซึ่งเป็นรุ่นพี่วิศวกรรมอัตโนมัติรุ่นที่ 5 ที่คอยให้คำปรึกษาให้คำแนะนำ ในด้านซอฟท์แวร์และฮาร์ดแวร์รวมทั้งเกร็ดความรู้ทั้งทางด้านทฤษฎีและปฏิบัติที่เป็นประโยชน์ต่อผู้จัดทำเป็นอย่างสูง ขอขอบพระคุณอาจารย์ประจำหลักสูตรวิศวกรรมอัตโนมัติทุกท่านที่ได้ถ่ายทอดวิชาความรู้ทั้งทางด้านทฤษฎีและทางด้านปฏิบัติมาตลอดการศึกษาในระดับปริญญาตรี ซึ่งเป็นความรู้พื้นฐานที่เป็นประโยชน์ในการนำมาประยุกต์ใช้ในการทำโครงงานเล่มนี้เป็นอย่างมาก

ขอขอบคุณ นายทสพร ศรีวิชัย เพื่อนผู้ร่วมริเริ่มดำเนินโครงงานนี้ครั้งแรกในรายวิชา Industrial Training ปีการศึกษา 2559 โดยในครั้งนี้เป็นการนำเอาโครงงานมาปรับปรุงและต่อยอดจากเดิม ขอขอบคุณพี่ๆทุกคนที่คอยให้คำปรึกษา สุดท้ายขอขอบพระคุณทุกท่านผู้มีส่วนเกี่ยวข้องและไม่ได้เอ่ยนามมา ณ ที่นี้ด้วย

คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II
กิตติกรรมประกาศ III
สารบัญ IV
สารบัญตาราง VIII
สารบัญรูป IX

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 2
1.3 ขอบเขตของโครงงาน 2
1.4 ขั้นตอนการศึกษา 2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 กล่าวนำ 5
2.2 พลังงานไฟฟ้า 5
2.3 MODBUS RTU 10
2.4 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับระบบ SCADA 13
2.5 ซอฟต์แวร์ที่เกี่ยวข้อง 17
2.5.1 โปรแกรม InTouch Wonderware 17
2.5.2 โปรแกรม KEP Server EX 17
2.5.3 โปรแกรม Microsoft SQL Server 2012 18
2.5.4 โปรแกรม Microsoft SQL Server 2008 18
2.6 ฮาร์ดแวร์ที่เกี่ยวข้อง 20
2.6.1 เพาเวอร์มิเตอร์ Primus KM-07 20
2.6.2 Converter RS-232 to RS-485 21

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน

3.1 กล่าวนำ 23
3.2 ระบบโดยรวม 23
3.2.1 โครงสร้างระบบโดยรวม (Overall system structure) 23
3.2.2 System Architecture 24
3.2.3 Data transfer concept 26
3.2.4 Flow Chart การทำงานของระบบติดตามการใช้พลังงาน 27
3.2.5 ระบบจำลองไฟฟ้าที่ใช้เป็นกรณีศึกษา 27
3.3 การกำหนดค่าเพาเวอร์มิเตอร์ 32
3.3.1 การกำหนดค่า MODBUS Address 33
3.3.2 การกำหนดค่า Baud Rate 34
3.3.3 การเชื่อมต่อกับ Converter RS 232 to RS 485 34
3.4 การสร้างและตั้งค่าการสื่อสาร MODBUS RTU 35
3.4.1 การสร้างและตั้งค่า Chanel 35
3.4.2 การสร้างและตั้งค่า Device 39
3.4.3 การสร้าง Tag Name 40
3.4.4 ตั้งค่าการรับ-ส่งข้อมูลระหว่าง Kepware และ Wonderware InTouch 42
3.4.5 การเปิดใช้งาน Runtime 45
3.5 การสร้างหน้า Monitoring ด้วยซอฟต์แวร์ Wonderware InTouch และการตั้งค่า 46
3.5.1 การสร้างและกำหนดค่า Window 46
3.5.2 การสร้างและกำหนดค่า Tag Name 47
3.5.3 การสร้างและกำหนดค่า Access Name 49
3.5.4 กราฟิก Monitoring 50
3.5.5 การสร้าง Blind List 57
3.6 การสร้างส่วนเก็บข้อมูลด้วยโปรแกรม SQL Server 2012 60
3.6.1 การเปิดการใช้งาน SQL Server 2012 60
3.6.2 การสร้าง Database 61
3.6.3 การสร้าง Table 62
3.6.4 การสร้าง Column 63
3.6.5 การตั้งค่า Primary Key 63
3.6.6 การเรียกดูข้อมูลที่ถูกบันทึก 64
3.6.7 การจัดการแก้ไขข้อมูล 64
3.6.8 การออกแบบ Table 65

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดลอง

4.1 กล่าวนำ 66
4.2 ผลการทดลองการแสดงข้อมูลแบบReal-Time 66
4.2.1 ผลการทดลองการแสดงข้อมูลแบบ Real-Time 66
4.3 ผลการทดลองการแสดงข้อมูลแบบตารางรายงานการใช้พลังงานย้อนหลัง 67
4.3.1 ผลการทดลองการแสดงข้อมูลแบบตารางรายงานการใช้พลังงานย้อนหลังของเพาเวอร์มิเตอร์ตัวที่ 1 67
4.3.2 ผลการทดลองการแสดงข้อมูลแบบตารางรายงานการใช้พลังงานย้อนหลังของเพาเวอร์มิเตอร์ตัวที่ 2 68
4.3.3 ผลการทดลองการแสดงข้อมูลแบบตารางรายงานการใช้พลังงานย้อนหลังของเพาเวอร์มิเตอร์ตัวที่ 3 69
4.4 ผลการทดลองการแสดงข้อมูลแบบแผนภูมิการใช้พลังงานย้อนหลังรายวัน 70
4.4.1 ผลการทดลองการแสดงข้อมูลแบบแผนภูมิการใช้พลังงานย้อนหลังรายวันของเพาเวอร์มิเตอร์ตัวที่ 1 70
4.4.2 ผลการทดลองการแสดงข้อมูลแบบแผนภูมิการใช้พลังงานย้อนหลังรายวันของเพาเวอร์มิเตอร์ตัวที่ 2 71
4.4.3 ผลการทดลองการแสดงข้อมูลแบบแผนภูมิการใช้พลังงานย้อนหลังรายวันของเพาเวอร์มิเตอร์ตัวที่ 3 72
4.5 ผลการทดลองการแสดงข้อมูลแบบแผนภูมิการใช้พลังงานย้อนหลังรายเดือน 73
4.5.1 ผลการทดลองการแสดงข้อมูลแบบแผนภูมิการใช้พลังงานย้อนหลังรายเดือนของเพาเวอร์มิเตอร์ตัวที่ 1 73
4.5.2 ผลการทดลองการแสดงข้อมูลแบบแผนภูมิการใช้พลังงานย้อนหลังรายเดือนของเพาเวอร์มิเตอร์ตัวที่ 2 74
4.5.3 ผลการทดลองการแสดงข้อมูลแบบแผนภูมิการใช้พลังงานย้อนหลังรายเดือนของเพาเวอร์มิเตอร์ตัวที่ 3 74
4.6 ผลการทดลองการแสดงข้อมูลแบบแผนภูมิการใช้พลังงานย้อนหลังรายปี 75
4.6.1 ผลการทดลองการแสดงข้อมูลแบบแผนภูมิการใช้พลังงานย้อนหลังรายปีของเพาเวอร์มิเตอร์ตัวที่ 1 75
4.6.2 ผลการทดลองการแสดงข้อมูลแบบแผนภูมิการใช้พลังงานย้อนหลังรายปีของเพาเวอร์มิเตอร์ตัวที่ 2 75
4.6.3 ผลการทดลองการแสดงข้อมูลแบบแผนภูมิการใช้พลังงานย้อนหลังรายปีของเพาเวอร์มิเตอร์ตัวที่ 3 76

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลและปัญหาในการดำเนินงาน

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน 77

5.2 ปัญหาในการดำเนินงาน 77

5.3 ข้อเสนอแนะ 77

เอกสารอ้างอิง **78**

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1.1 รายละเอียดแผนการดำเนินงาน 3
2.1 Layer ของ MODBUS RTU เทียบกับ OSI Model 10
3.1 ตัวแปรใน System Architecture ของเพาเวอร์มิเตอร์ 1 25
3.2 ตัวแปรใน System Architecture ของเพาเวอร์มิเตอร์ 2 25
3.3 ตัวแปรใน System Architecture ของเพาเวอร์มิเตอร์ 3 26
3.4 การกำหนดค่าการสื่อสารของเพาเวอร์มิเตอร์ 33
3.5 การกำหนดค่า Tag Name สำหรับMeter 1 48
3.6 การกำหนดค่า Tag Name สำหรับMeter 2 48
3.7 การกำหนดค่า Tag Name สำหรับMeter 3 49
4.1 พลังงานที่วัดได้จากเพาเวอร์มิเตอร์ตัวที่ 1 ในชั่วโมงที่เปิดใช้งาน 70
4.2 พลังงานที่วัดได้จากเพาเวอร์มิเตอร์ตัวที่ 2 ในชั่วโมงที่เปิดใช้งาน 71
4.3 พลังงานที่วัดได้จากเพาเวอร์มิเตอร์ตัวที่ 3 ในชั่วโมงที่เปิดใช้งาน 72

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2.1 หน่วยอนุพันธ์ทางไฟฟ้า 8
2.2 ลักษณะเฟรมข้อมูลของ MODBUS RTU 11
2.3 ลักษณะข้อมูลแต่ละ byte ของ MODBUS RTU 11
2.4 Frame format ของ MODBUS RTU 12
2.5 การเชื่อมต่อด้วย RS-485 แบบ 2-wire 13
2.6 โปรแกรม Simatic WinCC 15
2.7 โปรแกรม InTouch 15
2.8 โปรแกรม RSview32 16
2.9 โปรแกรม Wonderware InTouch 17
2.10 โปรแกรม Kepware 18
2.11 โปรแกรม Microsoft SQL Server 18
2.12 เพาเวอร์มิเตอร์ 20
2.13 ขนาดของเพาเวอร์มิเตอร์ 20
2.14 การต่อใช้งาน 20
2.15 การต่อวงจรสำหรับสื่อสาร RS-485 21
2.16 Converter RS-232 to RS-485 21
2.17 การเชื่อมต่อการทำงาน RS-485 22

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.1 โครงสร้างระบบโดยรวม (Overall system structure) 23
3.2 System Architecture 24
3.3 Data transfer concept ของระบบ 26
3.4 Flow Chart การทำงานของระบบติดตามการใช้พลังงาน 27
3.5 ส่วนประกอบของที่ชุดหลอดไฟแต่ละชุด 27
3.6 ชุดหลอดไฟที่สองที่วัดโดยเพาเวอร์มิเตอร์ตัวที่หนึ่ง 28
3.7 ส่วนหน้าจอแสดงผลของเพาเวอร์มิเตอร์ตัวที่หนึ่ง 28
3.8 ส่วนหน้าจอแสดงผลของเพาเวอร์มิเตอร์ตัวที่หนึ่ง 29
3.9 ส่วนหน้าจอแสดงผลของเพาเวอร์มิเตอร์ตัวที่หนึ่ง 29
3.10 ชุดหลอดไฟที่สองที่วัดโดยเพาเวอร์มิเตอร์ตัวที่สอง 30
3.11 ส่วนหน้าจอแสดงผลของเพาเวอร์มิเตอร์ตัวที่สอง 30
3.12 ชุดหลอดไฟที่สองที่วัดโดยเพาเวอร์มิเตอร์ตัวที่สาม 31
3.13 ส่วนหน้าจอแสดงผลของเพาเวอร์มิเตอร์ตัวที่สาม 31
3.14 ส่วนหน้าจอ HMI ที่แสดงผลแบบ real-time ของเพาเวอร์มิเตอร์ทั้งสามตัว 32
3.15 ส่วนประกอบ Input และ Output ของเพาเวอร์มิเตอร์ 32
3.16 การกำหนดค่า MODBUS Address 33
3.17 การกำหนดค่า Baud Rate 34
3.18 การเชื่อมต่อกับ Converter RS 232 to RS 485 34
3.19 หน้าต่างโปรแกรม Kepware 35
3.20 การสร้าง Channel 35
3.21 การตั้งค่า Channel 36
3.22 การตั้งค่า Network Mode 36
3.23 การตั้งค่า Port การสื่อสาร 37
3.24 กำหนดค่าการแจ้งเตือน Error 37
3.25 กำหนดรูปแบบการ Update ข้อมูล 38
3.26 แสดงรายละเอียดการกำหนดค่า Chanel ที่สร้างเสร็จ 38
3.27 การสร้างและตั้งค่า Device 39
3.28 การกำหนด Device Model 39
3.29 การกำหนด MODBUS Address ของอุปกรณ์ที่ต้องการเชื่อมต่อ 40
3.30 การกำหนดขนาดของข้อมูล 40
3.31 แสดงรายละเอียดการตั้งค่า Device ที่สร้างเสร็จ 41
3.32 การสร้าง Tag Name 41
3.33 การตั้งชื่อ Tag Name และกำหนด Item 42
3.34 การสร้าง Alias Map 42
3.35 การตั้งชื่อ Alias Map 43

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.36	หน้าต่างแสดง Alias Map ที่สร้างเสร็จ	43
3.37	การเปิดใช้งาน Fast DDE /Suite Link	44
3.38	หน้าต่าง Fast DDE /Suite Link	44
3.39	ตั้งค่าโหมดในการ Runtime	45
3.34	การเปิดใช้งาน Runtime	45
3.41	หน้าต่างแสดงการ Runtime	46
3.42	หน้าต่างโปรแกรม Wonderware InTouch	46
3.43	การสร้างและกำหนดค่า Window	47
3.44	การสร้างและกำหนดค่า Tag Name	47
3.45	การสร้าง Access Name	49
3.46	หน้าต่างการกำหนดค่า Access Name ของเพาเวอร์มิเตอร์	50
3.47	แบบการจำลองการเชื่อมต่อหน้าต่างการแสดงผลของ HMI	50
3.48	การออกแบบกราฟฟิกการติดตามค่าพลังงานพารามิเตอร์แบบ Real Time	51
3.49	หน้าติดตามค่าพลังงานพารามิเตอร์แบบ Real Time	51
3.50	การออกแบบกราฟฟิกแสดงการใช้พลังงานแต่ละวันของเพาเวอร์มิเตอร์	52
3.51	แผนภูมิแท่งแสดงการใช้พลังงานแต่ละวันของเพาเวอร์มิเตอร์	52
3.52	การออกแบบกราฟฟิกแสดงการใช้พลังงานแต่ละเดือนของเพาเวอร์มิเตอร์	53
3.53	แผนภูมิแท่งแสดงการใช้พลังงานแต่ละเดือนของเพาเวอร์มิเตอร์	53
3.54	การออกแบบกราฟฟิกแสดงการใช้พลังงานแต่ละปีของเพาเวอร์มิเตอร์	54
3.55	แผนภูมิแท่งแสดงการใช้พลังงานแต่ละปีของเพาเวอร์มิเตอร์	54
3.56	การออกแบบกราฟฟิกแสดงการใช้พลังงานย้อนหลัง	55
3.57	ตารางแสดงข้อมูลการใช้พลังงานย้อนหลัง	55
3.58	การเลือก Animation Links Object Size	56
3.59	การกำหนดค่า Animation Links Object Size Properties	56
3.60	แสดงการเก็บและเรียกใช้ข้อมูลจาก SQL Server	57
3.61	หน้าต่างแสดง Blind List	57
3.62	การสร้าง Blind List เพื่อเก็บข้อมูล	57
3.63	การสร้าง Blind List เพื่อเรียกใช้ข้อมูล	58
3.64	การสร้าง Script	58
3.65	ตัวอย่าง Script การเชื่อมต่อ SQL Server	59
3.66	ตัวอย่าง Script เก็บข้อมูลลง SQL Server	59
3.67	ตัวอย่าง Script เรียกดูข้อมูลจาก SQL Server	60
3.68	หน้าต่างโปรแกรม SQL Server Management Studio	60

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.69	การเปิดใช้งาน SQL Server	61
3.70	การสร้าง Database	61
3.71	การกำหนดค่า Database	62
3.72	การสร้าง Table	62
3.73	การสร้าง Column	63
3.74	การตั้งค่า Primary Key	63
3.75	การเรียกดูข้อมูลที่ถูกบันทึก	64
3.76	การจัดการแก้ไขข้อมูล	64
3.77	การออกแบบ Table	65

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.1 ผลการทดลองการแสดงข้อมูลแบบ Real-Time 66
4.2 ตารางรายงานการใช้พลังงานย้อนหลังของเพาเวอร์มิเตอร์ตัวที่ 1 67
4.3 ตารางรายงานการใช้พลังงานย้อนหลังของเพาเวอร์มิเตอร์ตัวที่ 2 68
4.4 ตารางรายงานการใช้พลังงานย้อนหลังของเพาเวอร์มิเตอร์ตัวที่ 3 69
4.5 แผนภูมิการใช้พลังงานย้อนหลังรายวันของเพาเวอร์มิเตอร์ตัวที่ 1 70
4.6 แผนภูมิการใช้พลังงานย้อนหลังรายวันของเพาเวอร์มิเตอร์ตัวที่ 2 71
4.7 แผนภูมิการใช้พลังงานย้อนหลังรายวันของเพาเวอร์มิเตอร์ตัวที่ 3 72
4.8 แผนภูมิการใช้พลังงานย้อนหลังรายเดือนของเพาเวอร์มิเตอร์ตัวที่ 1 73
4.9 แผนภูมิการใช้พลังงานย้อนหลังรายเดือนของเพาเวอร์มิเตอร์ตัวที่ 2 74
4.10 แผนภูมิการใช้พลังงานย้อนหลังรายเดือนของเพาเวอร์มิเตอร์ตัวที่ 3 74
4.11 แผนภูมิการใช้พลังงานย้อนหลังรายปีของเพาเวอร์มิเตอร์ตัวที่ 1 75
4.12 แผนภูมิการใช้พลังงานย้อนหลังรายปีของเพาเวอร์มิเตอร์ตัวที่ 2 75
4.13 แผนภูมิการใช้พลังงานย้อนหลังรายปีของเพาเวอร์มิเตอร์ตัวที่ 3 76

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์

จากการสำรวจปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าพบว่าการใช้พลังงานมีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น ซึ่งส่วนหนึ่งมาจากการใช้พลังงานอย่างสิ้นเปลืองจึงทำให้ต้องมีการผลิตพลังงานเพิ่มขึ้น รัฐต้องลงทุนในการสร้างโรงผลิตกระแสไฟฟ้าขึ้นมาใหม่ เพื่อรองรับความต้องการดังกล่าว อีกทั้งเจ้าของอาคารหรือกิจการที่ใช้พลังงานอย่างไม่มีประสิทธิภาพจะทำให้มีต้นทุนของธุรกิจสูงขึ้น โอกาสในการแข่งขันทางธุรกิจก็จะลดลงทางผู้จัดทำสนใจถึงพลังงานที่ใช้ภายในอาคารโดยจะต้องมีการศึกษาการใช้เพาเวอร์มิเตอร์รุ่น Primus KM-07 เพื่อวัดปริมาณการใช้พลังงาน และเก็บค่าพารามิเตอร์ เช่น ค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกำลังงานไฟฟ้าที่ใช้งานจริง โดยการเชื่อมต่อเพาเวอร์มิเตอร์รุ่น Primus KM-07 ใช้งานร่วมกับโปรแกรมซอฟต์แวร์ Wonderware InTouch ผ่านตัวกลาง OPC ที่เป็น KEP Server EX และส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน (Human Machine Interface : HMI) เพื่อแสดงค่าพารามิเตอร์แบบเวลาจริงและกราฟิกพร้อมค่ากำลังการใช้พลังงานแสดงผ่านซอฟต์แวร์ Wonderware InTouch และใช้ Microsoft SQL Server ในการสร้างฐานข้อมูลเพื่อแสดงและสามารถใช้เปรียบเทียบย้อนหลังเพื่อต่อยอดสู่การบริหารจัดการการใช้พลังงานให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดซึ่งจะสามารถลดการใช้พลังงานอย่างสิ้นเปลืองได้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. สร้างระบบติดตามการใช้พลังงานด้วยระบบ SCADA โดยใช้ซอฟต์แวร์ Wonderware Intouch ในการสร้างส่วนแสดงผลแบบเวลาจริงและส่วนแสดงผลแบบดูข้อมูลย้อนหลังได้ รายวัน รายเดือน และรายปี
2. สร้างฐานเก็บข้อมูลด้วย Microsoft SQL Server เพื่อเก็บข้อมูลย้อนหลังซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้จากการใช้เพาเวอร์มิเตอร์รุ่น Primus KM-07 ในการวัดค่าตัวแปรทางไฟฟ้าที่สนใจ

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1. ระบบติดตามการใช้พลังงานที่นำเสนอเป็นระบบที่สร้างขึ้นสำหรับการติดตามการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบ 3 เฟส โดยมีรูปแบบการแสดงผลข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของแต่ละเฟสเป็นรูปแบบเดียวกัน โดยกำหนดให้ การติดตามการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบไฟฟ้า 1 เฟส ซึ่งประกอบด้วยวงจรขนานที่เหมือนกัน 3 วงจรเป็นกรณีศึกษาเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของระบบที่นำเสนอ โดยแต่ละวงจรใช้หลอดไฟ 6 หลอดที่มีพิกัดค่าวัตต์ต่างกันในการต่อขนาน และใช้เพาเวอร์มิเตอร์รุ่น Primus KM-07 ในการวัดค่าตัวแปรทางไฟฟ้าที่สนใจ
2. มีการใช้ซอฟต์แวร์ KEP Server EX เป็น OPC สำหรับการติดตั้งเพาเวอร์มิเตอร์ที่มีการสื่อสารด้วยโปรโตคอล (Protocol) แบบ Modbus-RTU และการเดินสายด้วยมาตรฐาน RS-485 ให้สามารถทำงานร่วมกับส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน (HMI) ได้
3. ระบบ SCADA สามารถเก็บข้อมูลในหน่วย Volts, Amps, kWh, kW kVA, kW Max Demand, kVAR, Hertz และ Power Factor ในทุกช่วงเวลา 15 นาทีลงในฐานข้อมูลที่สร้างขึ้นมาด้วยซอฟต์แวร์ Microsoft SQL Server
4. สำหรับการแสดงผลค่าตัวแปรที่วัดได้ถูกแสดงในซอฟต์แวร์ Wonderware InTouch ในรูปแบบตารางแบบ Real-time และข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าย้อนหลังในรูปแบบตารางและแผนภูมิแท่งในช่วงเวลารายวัน รายเดือน หรือรายปี

1.4 ขั้นตอนการศึกษา

1. ศึกษาวิธีการใช้งานเพาเวอร์มิเตอร์รุ่น Primus KM-07
2. ศึกษาวิธีการสร้างส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน (HMI) เพื่อการแสดงผลด้วยซอฟต์แวร์Wonderware InTouch ซอฟต์แวร์ KEP Server EX และซอฟต์แวร์ Microsoft SQL Serverที่ใช้ในการดำเนินงานรวมทั้งหลักการสื่อสารข้อมูลของอุปกรณ์กับซอฟต์แวร์
3. ทดลองเชื่อมต่อเพาเวอร์มิเตอร์กับซอฟต์แวร์ Wonderware InTouch เพื่อแสดงค่าพลังงานไฟฟ้าโดยใช้โปรแกรม KEPServerEX เป็น OPC
4. สร้าง Database เพื่อเก็บข้อมูลการใช้พลังงานโดยใช้โปรแกรม Microsoft SQL Server
5. ทดลองทำการเชื่อมต่อทั้งระบบเข้าด้วยกันสำรวจค่าพารามิเตอร์แล้วทำการปรับแก้ไขค่าให้ถูกต้องตามวัตถุประสงค์การทดลองบันทึกผล
6. สรุปผลและเขียนรายงานฉบับสมบูรณ์

ตารางที่ 1.1 รายละเอียดแผนการดำเนินงาน

ตารางเวลาการดำเนินการ	ส.ค. 60			ก.ย. 60			ต.ค. 60			ธ.ค. 60		
	1	11	31	7	14	30	14	21	31	2	10	15
1. พบอาจารย์ที่ปรึกษาและกำหนดขอบเขตโครงงาน	■											
2. ส่งหัวข้อโครงงานที่มลายเซ็นของอาจารย์ที่ปรึกษา		■										
3. วางแผนวิธีการดำเนินงาน		■	■									
4. รายงานความคืบหน้าส่งปริญญานิพนธ์บทที่1			■									
5. ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและการนำไปประยุกต์ใช้				■								
6. ปฏิบัติงานตามขั้นตอน					■							
7. รายงานความคืบหน้าส่งปริญญานิพนธ์ บทที่2 และ3						■						
8. แก้ไขจุดบกพร่องของชิ้นงาน							■					
9. ทดลองและเก็บข้อมูล								■				
10. รายงานความคืบหน้าส่งปริญญานิพนธ์ บทที่4									■			
11. วิเคราะห์และสรุปผล									■	■		
12. ตรวจทานเล่มโครงงานและชิ้นงาน											■	
13. ส่งเล่มโครงร่างปริญญานิพนธ์												■

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถเก็บรวบรวมข้อมูลหน่วยทางไฟฟ้าที่สนใจ
2. เพื่อให้ผู้ใช้งานเข้าถึงข้อมูลได้สะดวกมากยิ่งขึ้นผ่านทางส่วนหน้าจอแสดงผล
3. สามารถแบ่งแยกข้อมูลเป็นรายวัน รายเดือน หรือรายปีเพื่อสะดวกต่อการเปรียบเทียบข้อมูล
4. มีฐานข้อมูลเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลและสามารถเรียกดูข้อมูลการใช้พลังงานย้อนหลังได้
5. ทำให้การใช้พลังงานเกิดประสิทธิภาพมากที่สุดและลดการสูญเสียการใช้พลังงานอย่างไม่จำเป็น

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 กล่าวนำ

ในบทที่ 2 จะกล่าวถึงทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้องรวมถึงซอฟต์แวร์กับฮาร์ดแวร์ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความจำเป็นในการติดตามการแสดงค่าพลังงานไฟฟ้า

2.2 พลังงานไฟฟ้า

ปัจจุบันไฟฟ้ามีบทบาทกับชีวิตประจำวันของมนุษย์มากขึ้น ประเทศที่จะพัฒนาได้นั้นต้องใช้พลังงานไฟฟ้ามาก เพราะว่าเครื่องมือหรือสิ่งประดิษฐ์ใหม่ ๆ ต้องใช้ไฟฟ้าถึงแม้ว่าไฟฟ้าจะมีประโยชน์แต่มีโทษแก่มนุษย์เหมือนกันถ้าใช้ไฟฟ้าอย่างประมาทไม่คำนึงถึงการประหยัดพลังงานอาจก่อให้เกิดค่าใช้จ่ายอันมหาสารที่สูญเสียไปอย่างสิ้นเปลือง

2.2.1 ไฟฟ้าในประเทศไทย

ไฟฟ้าในประเทศไทยเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ ความถี่ 50 เฮิร์ตซ์ มีทั้งระบบ 1 เฟส แรงดัน 220 โวลต์ ซึ่งใช้ในบ้านอยู่อาศัย และระบบ 3 เฟส แรงดัน 380 โวลต์ ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม และแรงดันขนาด 11, 22, 33, 69, 115, 230 และ 500 กิโลโวลต์ สำหรับการส่งจ่ายไฟฟ้าภายในประเทศความถี่ 50 เฮิร์ตซ์ คือ ใน 1 วินาที ขั้วแม่เหล็กเหนือและขั้วแม่เหล็กใต้ จะหมุนครบรอบตัดผ่านขดลวดตัวนำบนสเตเตอร์ครบ 50 ครั้ง ในกรณีที่โรเตอร์มีขั้วแม่เหล็ก 2 ขั้ว ความเร็วรอบของโรเตอร์จะหมุน 3,000 รอบต่อนาที แต่ถ้ามีขั้วแม่เหล็ก 4 ขั้ว ความเร็วรอบจะลดลงเหลือ 1,500 รอบต่อนาที โดยมีความถี่คงที่

2.2.2 ความหมายทางไฟฟ้า

แรงดันไฟฟ้าหรือแรงเคลื่อนไฟฟ้า หมายถึง แรงที่ดันให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านความต้านทานของวงจรไปได้ ใช้แทนด้วยตัว E มีหน่วยวัดเป็นโวลท์ (V) กระแสไฟฟ้า หมายถึง การเคลื่อนที่ของอิเลคตรอนอิสระจากอะตอมหนึ่งไปยังอะตอมหนึ่ง จะไหลมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความต้านทานของวงจร ใช้แทนด้วยตัว I มีหน่วยวัดเป็นแอมแปร์ (A) ความต้านทานไฟฟ้า หมายถึง ตัวที่ต้านการไหลของกระแสไฟฟ้าให้ไหลในจำนวนจำกัด ซึ่ง อยู่ในรูปของเครื่องใช้ไฟฟ้าทุกชนิด เช่น แผ่นลวดความร้อนของเตารีด หม้อหุงข้าว หลอดไฟฟ้า เป็นต้น เครื่องใช้ไฟฟ้าเหล่านี้ต้านการไหลของกระแสไฟฟ้าให้ไหลในจำนวนจำกัด ใช้แทนด้วยตัว R มีหน่วยวัดเป็นโอห์ม (W) กำลังงานไฟฟ้า หมายถึง อัตราการเปลี่ยนแปลงพลังงาน หรืออัตราการทำงาน ได้จากผลคูณของแรงดันไฟฟ้ากับกระแสไฟฟ้า ใช้แทนด้วยตัว P มีหน่วยวัดเป็นวัตต์ (W) พลังงานไฟฟ้า หมายถึง กำลังไฟฟ้าที่นำไปใช้ในระยะเวลาหนึ่ง มีหน่วยวัดเป็นวัตต์ชั่วโมง (Wh) หรือยูนิต ใช้แทนด้วยตัว W ไฟฟ้าลัดวงจรหรือไฟฟ้าช็อต หมายถึง การที่ไฟฟ้าไหลผ่านจากสายไฟฟ้าเส้นหนึ่งไปยังอีกเส้นหนึ่ง โดยไม่ผ่านเครื่องใช้ไฟฟ้าหรือโหลดใดๆ สาเหตุส่วนใหญ่เกิดจากฉนวนของสายไฟฟ้าชำรุดและมาสัมผัสกันจึงมีความร้อนสูง มีประกายไฟ ทำให้เกิดเพลิงไหม้ได้ถ้าบริเวณนั้นมีวัสดุไวไฟ ไฟฟ้าดูด หมายถึง การที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านร่างกาย ซึ่งจะทำให้เกิดอาการกล้ามเนื้อแข็งเกร็ง หัวใจทำงานผิดจังหวะ เต้นอ่อนลงจนหยุดเต้น และเสียชีวิตในที่สุด แต่อย่างไรก็ตามความรุนแรงของอันตรายจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณของกระแส เวลาและเส้นทางที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน ไฟฟ้ารั่ว หมายถึง สายไฟฟ้า

เส้นที่มีไฟจะไหลไปสู่ส่วนที่เป็นโลหะของเครื่องใช้ไฟฟ้า ถ้าไม่มีสายดินก็จะทำให้ได้รับอันตราย แต่ถ้ามีสายดินก็จะทำให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลอยู่นั้นไหลลงดินแทน ไฟฟ้าเกิน หมายถึง การใช้ไฟฟ้าเกินกว่าขนาดของอุปกรณ์ตัดตอนทางไฟฟ้า ทำให้มีการปลดวงจรไฟฟ้า อาการนี้สังเกตได้คือจะเกิดหลังจากที่ได้เปิดใช้ไฟฟ้าสักครู่หรืออาจนานหลายนาทีจึงจะตรวจสอบเจอ

2.2.3 ชนิดของไฟฟ้ามี 2 ชนิด ได้แก่

- ไฟฟ้าสถิต

ซึ่งเกิดจากการนำวัตถุ 2 ชนิด มาขัดถูหรือเสียดสีกัน วัตถุแต่ละชนิดจะมีประจุไฟฟ้าบวก (+) และประจุไฟฟ้าลบ (-) อยู่ในตัวเท่า ๆ กัน เรียกว่า เป็นกลาง เมื่อเกิดเสียดสีขึ้นประจุไฟฟ้าลบ (-) ที่เบากว่าประจุไฟฟ้าบวก (+) ก็จะเคลื่อนที่ระหว่างวัตถุทั้งสอง ทำให้แสดงอำนาจไฟ-ฟ้าขึ้นประจุไฟฟ้าในวัตถุทั้งสอบก็จะไม่เป็นกลางอีกต่อไป วัตถุชนิดหนึ่งแสดงประจุไฟฟ้าบวกและอีกชนิดหนึ่งแสดงประจุไฟฟ้าลบ พลังงานไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะทำให้เกิดแรงดูดหรือแรงผลัก ถ้านำวัตถุที่มีประจุไฟฟ้าชนิดเดียวกันมาใกล้กันจะเกิดแรงผลักแต่ถ้ามีประจุไฟฟ้าต่างชนิดกันจะเกิดแรงดูดซึ่งกันและกัน

- ไฟฟ้ากระแส

เกิดขึ้นจากการเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้าไหลผ่านตัวนำไฟฟ้าจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง แหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสมีหลายวิธี ได้แก่

ไฟฟ้าจากปฏิกิริยาถ้าเราจุ่มแผ่นทองแดงและแผ่นสังกะสีลงในกรดกำมะถันเจือจางโดยวางให้ห่างกัน ต่อหลอดไฟระหว่างแผ่นโลหะทั้งสองหลอดไฟจะติดสว่าง เซลล์ไฟฟ้านี้เรียกว่า เซลล์เปียก หรือเซลล์ไฟฟ้าของโวลตาซึ่งเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างแผ่นโลหะกับกรดกำมะถันจะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลในวงจรจากแผ่นทองแดงไปยังแผ่นสังกะสี เช่น การใช้ทำถ่านไฟฉายมีหลักการทำงานเช่นเดียวกับเซลล์ของโวลตา แต่เปลี่ยนสารละลายมาเป็นกาวที่ชุ่มด้วยปงถ่านแมงกานีสไดออกไซด์และแอมโมเนียมคลอไรด์บรรจุในภาชนะสังกะสีและใช้แท่งคาร์บอนแทนแผ่นทองแดง เราเรียกว่า เซลล์แห้ง

ไฟฟ้าที่ได้จากปฏิกิริยาเคมีมีทิศทางการไหลแน่นอนจากขั้วบวกไปยังขั้วลบ เช่น ไฟฟ้าจากถ่านไฟฉาย แบตเตอรี่รถยนต์ เราเรียกการไหลเช่นนี้ว่า ไฟฟ้ากระแสตรง เมื่อใช้ถ่านไฟฉายไปนานๆ กระแสไฟจะค่อยลดลงเรื่อย ๆ จนหมดไปแต่มีถ่านไฟฉายบางชนิดซึ่งทำมาจากนิเกิลกับแคดเมียมสามารถนำมาประจุไฟใหม่ได้

ไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ไฟฟ้าที่เราใช้ตามอาคารบ้านเรือนเป็นไฟฟ้าที่ เกิดจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหรือที่เรียกว่า ไดนาโมหรือเจเนอเรเตอร์ซึ่งภายในประกอบด้วยขดลวดทองแดงเคลื่อนที่ตัดเส้นแรงแม่เหล็กหรืออาจเคลื่อนที่แม่เหล็กตัดขวดลวดทองแดงที่อยู่กับที่ ก็จะเกิดกระแสไฟฟ้าในขดลวดไหลกลับไปกลับมาระหว่างขั้วบวกและขั้วลบ เรียกว่า ไฟฟ้ากระแส-สลับ

เซลล์สุริยะ เป็นการนำแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์ ดังได้กล่าวมาแล้ว แต่เนื่องจากเซลล์สุริยะผลิตไฟฟ้าได้เฉพาะในช่วงเวลาที่แสงว่างเท่านั้นจึงต้องเก็บสะสมพลังงานไฟฟ้าไว้ในแบตเตอรี่ก่อนแล้วจึงจ่ายกระแสไฟฟ้าเมื่อต้องการใช้ โดยทั่วไปการนำพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์สุริยะไปใช้กับเครื่องใช้ต่าง ๆ ตามครัวเรือนจะต้องแปลงกระแสไฟฟ้าที่เก็บสะสมไว้ในแบตเตอรี่ ซึ่งเป็นกระแสตรงให้เป็นกระแสไฟฟ้าที่ใช้ตามบ้านเรือน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นกระแสสลับเสียก่อน

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้กันตามบ้านเรือนส่วนใหญ่มาจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในโรงไฟฟ้า ซึ่งผลิตกระแสไฟฟ้าโดยอาศัยหลักการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า พบว่าเมื่อนำแท่งแม่เหล็กเคลื่อนที่เข้าใกล้ขดลวดที่ปลายทั้งสองต่อเข้ากับเครื่องกัลวานอมิเตอร์ เข็มกัลวานอมิเตอร์จะกระดิกได้ แสดงว่ามีกระแสไฟฟ้าผ่าน แต่เมื่อแท่งแม่เหล็กหยุดเข็มกัลวานอมิเตอร์จะกระดิกอีกแต่คนละทาง ถ้าเคลื่อนที่แท่งแม่เหล็กเข้าออกด้วยความเร็วที่ไม่เท่ากันปริมาณกระแสไฟฟ้าก็จะแตกต่างกันด้วย คือ ถ้าแม่เหล็กเคลื่อนที่เร็ว

กระแสไฟฟ้าที่เกิดในขดลวดก็จะมีปริมาณมากกว่าแท่งแม่เหล็กเคลื่อนที่ช้า ถ้ากลับขั้วแท่งแม่เหล็กที่เคลื่อนที่เข้าหาขดลวดทิศทางของกระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะตรงกันข้ามกับตอนแรก จากหลักการนี้นักวิทยาศาสตร์ใช้ประดิษฐ์เครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้ 2 ประเภท คือ

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดกระแสไฟฟ้าตรง (Direct current generators) ประกอบด้วยขดลวดทองแดงที่สามารถหมุนได้คล่องตัวในสนามแม่เหล็กโดยที่ปลายทั้งสองของขดลวดสัมผัสกับวงแหวนผ่าซีกซึ่งเป็นจุดที่จะนำกระแสไฟฟ้าไปใช้กับเครื่องใช้ต่าง ๆ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดนี้มักคุ้นเคย เพราะเป็นอุปกรณ์ที่ใช้เป็นแหล่งผลิตกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในรถยนต์ เรียกว่า D.C. generator แต่ในปัจจุบันไม่ค่อยใช้เพราะข้อเสียที่ต้องใช้เวลานานมากที่ให้ประจุไฟฟ้ากับหม้อแบตเตอรี่

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดกระแสไฟฟ้าสลับ (Alternating current generator) ใช้หลักการเดียวกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดกระแสไฟฟ้าตรง แตกต่างกันที่ใช้วงแหวนสองวงต่อเข้าที่ปลายลวดทั้งสองของขดลวดทองแดงแทนวงแหวนฝ่าซีก ถ้าต่อไฟฟ้าที่ได้จากเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้าชนิดนี้ให้กับหลอดไฟจะเห็นว่าหลอดไฟจะสว่างสลับกับมืดเป็นจังหวะ ทั้งนี้เนื่องจากกระแสไฟฟ้าที่ออกมามีปริมาณทั้งบวกและลบในช่วงเวลาหนึ่ง ถ้าหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเร็วการกระพริบของหลอดไฟจะเร็วตามไปด้วย ถ้าหมุนช้าหลอดไฟก็จะกระพริบช้า การเปลี่ยนกระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจาก ไฟฟ้ากระแสสลับเปลี่ยนมาเป็นกระแสไฟฟ้าตรงทำได้ง่ายกว่ากระแสไฟฟ้าตรงมาเป็นกระแสไฟฟ้าสลับ

2.2.5 วงจรไฟฟ้า

เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ ทำงานได้เพราะกระแสไฟฟ้าเดินทางจากแหล่งกำเนิดผ่านสายไฟหรือลวดตัวนำ มายังหลอดไฟหรือเครื่องใช้ไฟฟ้าก่อนย้อนกลับสู่แหล่งกำเนิดไฟฟ้าครบเป็นวงจร ดังนั้นวงจรไฟฟ้าจึงประกอบด้วยแหล่งกำเนิดไฟฟ้า ลวดตัวนำ และเครื่องใช้ไฟฟ้า

การต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบอนุกรมเป็นการต่อเซลล์ไฟฟ้าขั้วบวกกับขั้วลบเรียงกันไปตามลำดับเพื่อให้กระแสไฟฟ้าเดินทางเดียวทำให้หลอดไฟสว่างกว่า

การต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบขนานซึ่งเป็นการต่อเซลล์ไฟฟ้าขั้วบวกกับขั้วบวกขั้วลบกับขั้วลบทางเดินไฟฟ้าจะแยกออกเป็น 2 ทางทำให้หลอดไฟสว่างน้อยกว่าแบบอนุกรม

2.2.6 ตัวนำไฟฟ้าและฉนวนไฟฟ้า

ถ้าลองปอกสายไฟฟ้าดูข้างในจะเห็นสายเล็กๆ ข้างในทำด้วยลวดทองแดง วัตถุที่ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้เรียกว่า ตัวนำไฟฟ้า ตัวนำไฟฟ้าที่ดีที่สุด คือ เงิน รองลงมาคือ ทองแดง โลหะต่างๆ เป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดีส่วนวัตถุที่ไม่ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านเรียกว่า ฉนวนไฟฟ้า เช่น ยาง พลาสติก กระดาษ และไม้ ส่วนที่หุ้มสายไฟฟ้าไว้เป็นยางหรือพลาสติกเพื่อสะดวกในการใช้และป้องกันอันตรายจากการถูกไฟฟ้าดูด

2.2.7 อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ควรรู้จัก

การเดินทางของไฟฟ้าภายในบ้านเรือนนั้นต้องไหลผ่านอุปกรณ์ไฟฟ้าหลายชนิด ดังนี้

มิเตอร์ไฟฟ้า ไฟฟ้าที่ต่อจากเสาไฟฟ้าหน้าบ้านเราจะต้องเดินทางผ่านมิเตอร์ไฟฟ้า ซึ่งเป็นเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในบ้าน

แผงไฟ เป็นศูนย์รวมของสายไฟในบ้านและฟิวส์

สะพานไฟ หรือ สวิตช์ตัดตอน (Cut Out) เมื่อกระแสไฟฟ้าในบ้านมากเกินไป เครื่องจะตัดไฟโดยอัตโนมัติ

ฟิวส์เป็นลวดหรือแผ่นโลหะที่เป็นตัวนำไฟฟ้าแต่มีจุดหลอมเหลวต่ำ เช่น ดีบุกผสมตะกั่ว ต่อไว้ในวงจรไฟฟ้า ถ้ากระแสไฟฟ้า ถ้ากระแสไฟฟ้าเกินกำหนดหรือไฟฟ้าลัดวงจรฟิวส์จะขาดทำให้วงจรเปิดซึ่งเป็นการป้องกันอุบัติเหตุเพลิงไหม้

ปลั๊กไฟฟ้าเป็นส่วนเชื่อมจากสายไฟสู่เครื่องใช้ไฟฟ้าประเภทต่างๆ ประกอบด้วย เต้าเสียบหรือปลั๊กตัวผู้และเต้ารับหรือปลั๊กตัวเมีย

สวิตช์เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ปิดเปิดวงจรไฟฟ้า มีรูปร่างลักษณะหลายแบบ

หลอดไฟ เป็นอุปกรณ์ให้ความสว่างมีหลายชนิด เช่น หลอดไส้ หลอดฟลูออเรสเซนต์ (นีออน) หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ (หลอดชนิดนี้กันไฟน้อยกว่าหลอดไส้ อายุการใช้งานนานกว่าและมีความร้อนน้อยกว่าจึงไม่ถ่ายเทความร้อนให้สิ่งแวดล้อมเท่าหลอดไส้แต่มีราคาค่อนข้างแพง)

ปริมาณ	สัญลักษณ์	หน่วย	ตัวย่อ	การอนุพันธ์
ความถี่ (Frequency)	f	เฮิรตซ์ (Hertz)	Hz	$1\ Hz = 1s^{-1}$
แรง (Force)	F	นิวตัน (Newton)	N	$1\ N = \frac{1kg \cdot m}{s^2}$
พลังงาน (Energy) หรือ งาน	W	จูล (Joule)	J	$1\ J = 1Nm$
กำลังไฟฟ้า (Electric Power)	P	วัตต์ (Watt)	W	$1\ W = \frac{1J}{s}$
แรงดันไฟฟ้า (Potential)	E	โวลต์ (Volt)	V	$1\ V = \frac{1W}{A}$
ความต้านทาน (Resistance)	R	โอห์ม (Ohm)	Ω	$1\ \Omega = \frac{1V}{A}$
ความนำไฟฟ้า (Conductance)	G	ซีเมนส์ (Siemens)	S	$1\ S = \frac{1A}{V}$

รูปที่ 2.1 หน่วยอนุพันธ์ทางไฟฟ้า

2.2.8 วิธีการคิดค่าไฟฟ้าและแนวทางการจัดการค่าพลังไฟฟ้า

ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า คือ กำลังไฟฟ้าที่ใช้จริงเป็นกิโลวัตต์ เฉลี่ยทุก 15 นาที

ค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด คือ ความต้องการพลังไฟฟ้าเป็นกิโลวัตต์ ที่เฉลี่ยทุก 15 นาที โดยเลือกค่าที่สูงที่สุดในรอบเดือนนั้น เป็นค่า ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด (เศษของกิโลวัตต์ ถ้าไม่ถึง 0.5 กิโลวัตต์ตัดทิ้งตั้งแต่ 0.5 กิโลวัตต์ขึ้นไป คิดเป็น 1 กิโลวัตต์)

- ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์

สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีเพาเวอร์แฟคเตอร์ (Lagging) ถ้าในรอบเดือนใดผู้ใช้ไฟฟ้ามีความต้องการพลังไฟฟ้ารีแอคตีฟเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด เมื่อคิดเป็นกิโลวาร์ เกินกว่าร้อยละ 61.97 ของความต้องการพลังไฟฟ้าแอคตีฟเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดเมื่อคิดเป็นกิโลวัตต์แล้วเฉพาะส่วนที่เกินจะต้องเสียค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ในอัตรากิโลวาร์ละ 14.02 บาท(สำหรับการเรียกเก็บเงินค่าไฟฟ้าในรอบเดือนนั้น เศษของกิโลวาร์ ถ้าไม่ถึง 0.5 กิโลวาร์ตัดทิ้งตั้งแต่ 0.5 กิโลวาร์ขึ้นไปคิดเป็น 1 กิโลวาร์)

- อัตราค่าไฟฟ้า

1) อัตราปกติ (Two Part Tariff) ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เกิน 150 หน่วยต่อเดือน

2) อัตราตามช่วงเวลาของวัน(TOD Tariff) ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเกินกว่า 150 หน่วย/เดือน

3) อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (TOU Tariff)

ค่าไฟฟ้า = ค่าไฟฟ้าฐาน + ค่าไฟฟ้าผันแปร + ภาษีมูลค่าเพิ่ม

- ขั้นตอนในการดำเนินการควบคุมพลังไฟฟ้าสูงสุด

1) บันทึกข้อมูลการใช้ไฟฟ้ารายวัน (Daily Load Curve)

2) รวบรวมข้อมูลของอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ

3) วิเคราะห์ช่วงเวลาในการเปิด/ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ

4) แบ่งกลุ่มอุปกรณ์ไฟฟ้า

4.1) กลุ่มที่ไม่สามารถหยุดเดินได้

4.2) กลุ่มที่หยุดเดินได้บางช่วงเวลา

5) ดำเนินการควบคุมและติดตามผล

5.1) ย้ายเวลาเปิดอุปกรณ์บางตัวในช่วง On Peak

5.2) ปลดอุปกรณ์บางตัว เมื่อปริมาณการใช้เกินกำหนด (โดยการใช้อุปกรณ์ควบคุมอัตโนมัติ)

2.3 MODBUS RTU

MODBUS RTU เป็นการรับ-ส่งแบบอนุกรมชนิดหนึ่งของ MODBUS โดย RTU มาจากคำว่า Remote Terminal Unit ในส่วนของ RTU มาจากระบบ SCADA (Supervisor Control and Data Acquisition) และจะเรียก master ว่า Central Terminal Unit (CTU) โดย master 1 ตัวสามารถเชื่อมต่อกับ RTU จำนวนหลายตัว

2.3.1 Layer

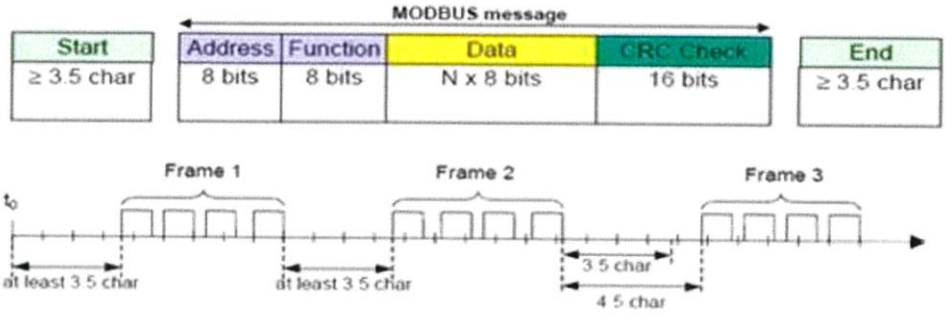
เมื่อนำ Layer ของ MODBUS RTU ไปเปรียบเทียบกับ Layer OSI Model(Open Systems Interconnection) พบว่ามี Layer ที่เหมือนกัน 3 Layer ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 Layer ของ MODBUS RTU เทียบกับ OSI Model

Layer	ISO/OSI Function	MODBUS Function
7	Application	MODBUS Application Protocol
3-6	Null	Null
2	Data Link	MODBUS Serial Line Protocol
1	Physical	RS-232/RS-485

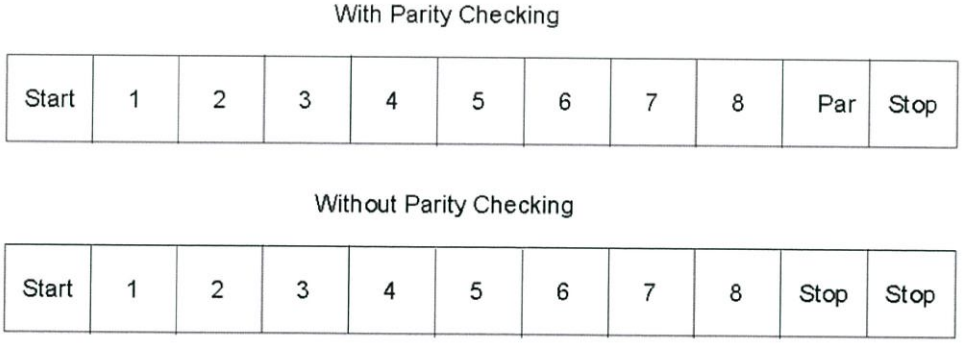
2.3.2 ลักษณะของเฟรมข้อมูล

เฟรมข้อมูลประกอบด้วยข้อมูลแสดงตำแหน่ง address 1 byte, Function Code1 Byte, ข้อมูลที่ทำการรับส่งจำนวนมากสุดไม่เกิน 252 Byte และรหัสตรวจสอบความถูกต้องข้อมูลแบบ CRC (Cyclical Redundancy Checking) ขนาด 2 Byte ค่า CRC นี้เป็นค่าที่คำนวณมาจากข้อมูลทุก byte ไม่รวมบิต Start, Stop และ Parity Check โดยตัว Master ที่ส่งข้อมูลออกมาจะสร้างรหัส CRC แล้วส่งตามท้าย byte ข้อมูลออกมา หลังจากนั้นเมื่อ Slave ได้รับเฟรมข้อมูลและถอดข้อมูลออกจากเฟรมแล้วทำการคำนวณค่า CRC ตามสูตรเดียวกับ Slave เพื่อทำการเปรียบเทียบค่า CRC ทั้ง2ค่าว่าตรงกันหรือไม่ หากไม่ตรงกันแสดงว่าเกิดความผิดพลาดในการส่งข้อมูล การรับส่งข้อมูล 1 byte ไม่ว่าจะเป็นข้อมูลส่วนใดภายในเฟรม จะต้องทำการส่งข้อมูลรวม 11 บิต คือบิตเริ่มต้น (Start bit) 1 บิต, บิตข้อมูล (Data bit) 8 บิต, บิตตรวจสอบ (Parity bit) 1 บิต, และบิตหยุด (Stop bit) 1 บิต หรือหากเลือกแบบไม่มีบิตตรวจสอบ Parity ก็จะเป็นแบบบิตหยุด 2 บิตแทน และบิตที่มีนัยสำคัญน้อยสุด (LSB) จะถูกส่งออกไปก่อน สำหรับการกำหนดให้มีบิต Parity นั้น สามารถเลือกแบบคู่ (Even Parity) หรือคี่ (Odd Parity) ก็ได้ และหากต้องการออกแบบให้สอดคล้องกับอุปกรณ์ที่มีใช้ทั่วไปมากที่สุด ควรเลือกแบบคู่โดยที่สามารถปรับเปลี่ยนเป็นแบบคี่หรือไม่มีการตรวจสอบ Parity (No Parity) ได้ด้วย

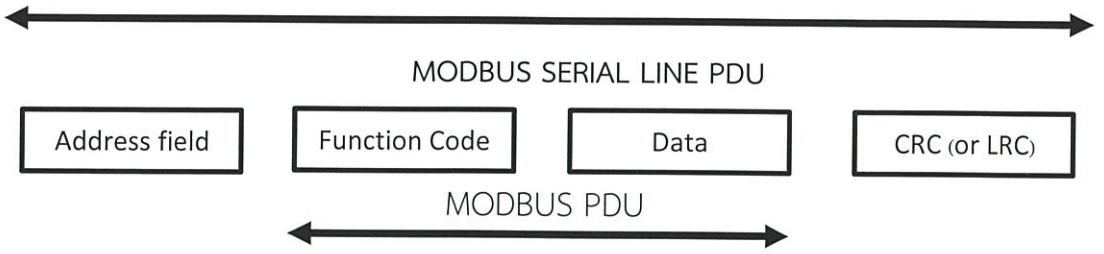


รูปที่ 2.2 ลักษณะเฟรมข้อมูลของ MODBUS RTU

จากรูปที่ 2.2 แสดงช่วงเวลาที่เหมาะสมในกระบวนการการส่งเฟรมข้อมูลออกมาใน bus ข้อมูลเพื่อส่งเฟรมข้อมูลออกไป 1 เฟรมแล้วจะต้องรออย่างน้อยเท่ากับเวลาที่ใช้ส่งข้อมูลจำนวน 3.5 ตัวอักษรจึงจะส่งข้อมูลเฟรมต้อไปได้และภายในเฟรมแต่ละเฟรม ซึ่งประกอบด้วยชุดบิตข้อมูลจำนวนหลายชุดก็จะอยู่ห่างกันไม่เกิน 1.5 บิต วัตถุประสงค์ในการกำหนดช่วงเวลาระหว่างเฟรมข้อมูล และชุดบิตข้อมูลภายในเฟรมก็เพื่อให้อุปกรณ์ต่างๆไม่ว่าจะเป็น Master หรือ Slave สามารถรับรู้ถึงจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของเฟรมข้อมูลแต่ละเฟรมได้และสามารถตรวจสอบว่าการรับส่งข้อมูลในขณะนั้น เกิดความผิดพลาดขึ้นมาหรือไม่โดยตรวจสอบกับช่วงระยะห่างของเวลาที่ควรจะเป็นกับค่าที่วัดได้จริง



รูปที่ 2.3 ลักษณะข้อมูลแต่ละ byte ของ MODBUS RTU



รูปที่ 2.4 Frame format ของ MODBUS RTU

จากรูปที่ 2.4 แสดงให้เห็นถึง Frame format ของ MODBUS RTU ซึ่งเรียกว่า MODBUS SERIAL LINE PDU (Protocol Data Unit) ประกอบไปด้วย Address field, Error Check และ MODBUS PDU ที่ประกอบไปด้วย Function code และ Data

2.3.3 ส่วนประกอบของเฟรมข้อมูล

ส่วนประกอบในเฟรมข้อมูล 1 เฟรมของ MODBUS RTU มีดังนี้

1. Address Field

Address ของ Slave ที่สามารถกำหนดได้จริงจะอยู่ในช่วง 0-247 แต่ Slave แต่ละตัวจะถูกกำหนด address ไว้ในช่วง 1-247 เนื่องจาก address 0 ถูกใช้สำหรับ broadcast query ตัว master สามารถระบุ address ของ Slave ที่ต้องการสื่อสารได้โยใส่ address ของ slaveตัวนั้นๆไปใน address field ของข้อความ เมื่อ slave ส่ง response กลับมาจะทำการใส่ address ของตัวมันเองลงใน address filed ของ response เพื่อให้ master รู้ว่า response ที่ได้รับนั้นเป็น slave ตัวไหน

2. Function Field

Function field สามารถกำหนดได้อยู่ในช่วง 1-255 เป็นตัวที่บอกให้ slave ทราบว่าคำสั่งที่ส่งมานั้นเป็นชนิดใดและต้องการให้ทำอะไร เมื่อ slave ทำการตอบสนองจากคำสั่งจาก master แล้วมันจะใช้ Function field code เป็นตัวบอกสถานะการทำงานว่ามันเป็นปกติหรือเกิดความผิดพลาดขึ้นให้ master ทราบโดยที่การทำงานปกติจะส่ง Function code ตัวเดิมกลับมา แต่ถ้าเกิดความผิดพลาดจะส่ง Function code ตัวเดิมพร้อมกับบิตนัยสำคัญสูงสุด (Most-significant bit) ที่ถูกกำหนดเป็นตรรกะ “1” กลับมา master ก็จะทราบว่าเกิดความผิดพลาดขึ้น

3. Data Field

Data Field คือข้อมูลที่จำเป็นสำหรับ slave ซึ่งต้องใช้ในการทำงานตามคำสั่งของ master ที่กำหนดมาใน Function code, data field นี้อาจมีความยาวมากหรืออาจไม่มีอะไรเลยก็ได้

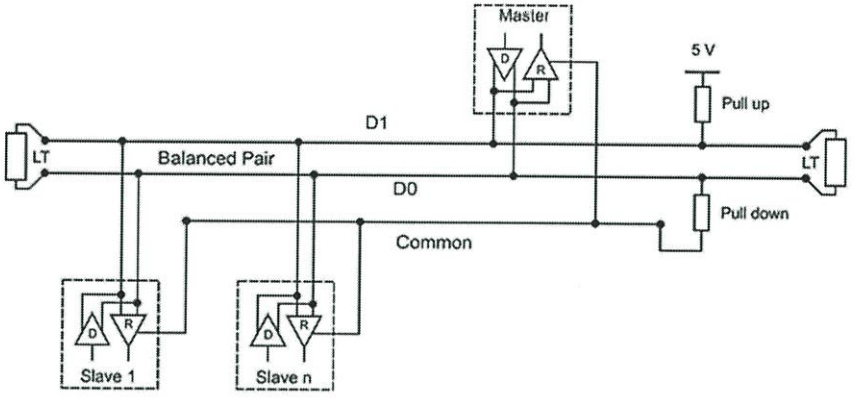
4. Error Checking

ใน MODBUS RTU มีการตรวจสอบความผิดพลาดของข้อมูลในลักษณะ CRC-16 (Cyclic Redundancy Check) ซึ่งเป็นอัลกอริทึมที่นำข้อมูลแต่ละ byte มาหาร $X^3 + X^2 + X + 1$ ในรูปสมการ Polynomial ของเลขฐานสอง

2.3.4 การเชื่อมต่อทางกายภาพ

MODBUS RTU มีการติดต่อสื่อสารผ่าน Serial Port ได้แก่ RS-232 และ RS-485 โดย RS-232 เป็นมาตรฐานการเชื่อมต่อในยุคแรกเริ่มของ MODBUS เป็นการเชื่อต่อแบบ Peer-To-Peer ระหว่าง master กับ slave ซึ่งสามารถมีได้อย่างละ 1 ตัวเท่านั้น และมีอัตราการส่งข้อมูลสูงสุดอยู่ที่ 19.2 kbps

RS-485 เป็นมาตรฐานการเชื่อมต่อที่ถูกใช้อย่างแพร่หลายในงานระบบวัดคุม ตัว master 1 ตัวสามารถเชื่อมต่อกับ slave หลายตัวได้ และสามารถมีตัวอุปกรณ์บนเครือข่ายเดียวกันได้สูงสุด 32 ตัว RS-485 สามารถใช้ระดับสัญญาณ TTL คือ 0-5 โวลต์ในการส่างสัญญาณได้ การส่งข้อมูลจะเป็นแบบ Half-Duplex สามารถส่งแบบ 2-Wire ดังรูป 2.4



รูปที่ 2.5 การเชื่อมต่อด้วย RS-485 แบบ 2-wire

2.4 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับระบบ SCADA

2.4.1 ความหมายของ SCADA

SCADA ย่อมาจากคำว่า Supervisory Control and Data Acquisition คือระบบการส่งข้อมูลในระยะไกล เพื่อใช้การการ ตรวจสอบ เก็บข้อมูล และควบคุมกระบวนการผลิตต่างๆ ที่มีหน่วยควบคุมอยู่ห่างไกลกับกระบวนการผลิต โดยจะมีการสื่อสารข้อมูลแบบดิจิตอลผ่านทางระบบเครือข่ายคมนาคม องค์ประกอบหลักของสกาดา ได้แก่ หน่วยติดต่อและปฏิบัติการของผู้ใช้ระดับบนหน่วยควบคุมระยะไกล หน่วยติดต่อระยะไกล และกระบวนการผลิตระบบ SCADA เป็นการรวมขบวนการ 2 ขบวนการเข้าด้วยกัน คือ1. Telemetry System เป็นเทคนิคที่ใช้ในการส่งและรับข้อมูลผ่านสื่อกลาง โดยข้อมูลนั้นสามารถวัดได้ ข้อมูลเหล่านี้จะถูกส่งไปอีกสถานที่หนึ่งโดยผ่านสื่อกลางต่าง ๆ เช่น เคเบิล สายโทรศัพท์ หรือคลื่นวิทยุ2. Data Acquisition เป็นวิธีการเข้าถึงและควบคุมข้อมูลจากอุปกรณ์ที่ถูกควบคุม หรือถูกตรวจสอบอยู่ โดยที่ข้อมูลที่ได้จะถูกส่งไปให้ระบบ Telemetry System เพื่อทำการส่งต่อไปSCADA แบ่งออกเป็นสองรูปแบบ คือ 1. Point-to-Point Configuration เป็นการควบคุมที่ใช้หน่วยควบคุมในการการควบคุมกระบวนการผลิตเพียงกระบวนการเดียว 2. Point-to-Multipoint Configuration เป็นการควบคุมใช้หน่วยควบคุมเดียวในการควบคุมกระบวนผลิตการหลายกระบวนการ

2.4.2 ส่วนประกอบของ SCADA

1 Field Instrumentation เป็นส่วนของเครื่องมือหรือเซนเซอร์ที่เชื่อมต่อกับเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่ถูกควบคุมหรือตรวจสอบ โดยจะเปลี่ยนค่าปริมาณทางฟิสิกส์ ให้เป็นปริมาณทางไฟฟ้า ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปของ Analog หรือ Digital

2 Remote Station เป็นส่วนที่ทำการรวบรวมข้อมูลจากเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ และส่งไปยังศูนย์กลางระบบ SCADA

3 Communication Network เป็นการส่งข้อมูลดิจิตอลระหว่างสถานที่หนึ่งไปยังสถานที่หนึ่ง โดยผ่านตัวกลางในการติดต่อสื่อสาร เช่น สายเคเบิล คลื่นวิทยุ

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

2.4.3 ฐานข้อมูลของ SCADA

1. Real-time Database Servers เป็นระบบฐานข้อมูลที่ใช้จัดการและเก็บค่าของกระบวนการ ณ เวลาปัจจุบันในขณะใด ๆ ค่า Real-time จะเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพของกระบวนการที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลา

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

มาตรฐาน Protocol ของ SCADA

ปัจจุบัน มี SCADA มาตรฐาน Protocols มากกว่า 200 โปรโตคอลทั่วโลก

2.4.4 มาตรฐานโปรโตคอลที่ใช้กันในปัจจุบัน ได้แก่

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

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

3. Modbus เป็น point-to-point PLC protocol ที่ใช้กันทุกแห่งทุกหน แต่มีข้อเสียคือ เป็นภาษาที่คนไม่สามรถอ่านเข้าใจได้

4. Modbus X พัฒนามาจาก Modbus ทำให้สามารถอ่านและสามารถสร้างจำนวนบวกและลบได้

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

2.4.5 องค์ประกอบ SCADA

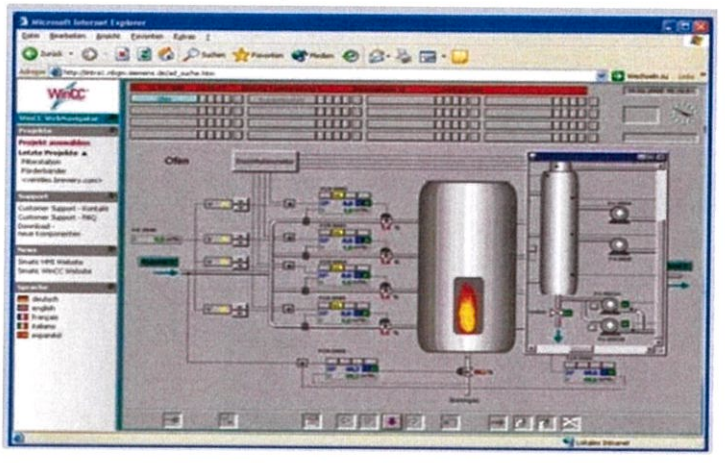
ผู้ใช้สามารถตรวจสอบและควบคุมกระบวนการผลิตภายในโรงงานอุตสาหกรรมเป็นระยะทางไกลได้โดย หน่วยติดต่อและปฏิบัติการของผู้ใช้ระดับบนเป็นเครื่องมือปฏิบัติการของผู้ใช้สำหรับตรวจสอบและควบคุม กระบวนการผลิตเชื่อมต่อกับหน่วยควบคุมระยะไกล หน่วยควบคุมระยะไกลติดต่อกับหน่วยติดต่อระยะไกลโดยการสื่อสารข้อมูลแบบดิจิตอลทางระบบเครือข่ายคมนาคม และหน่วยติดต่อระยะไกลเป็นเครื่องมือเชื่อมต่อกับกระบวนการผลิต ประกอบด้วย หน่วยรับสัญญาณ และส่งสัญญาณของสัญญาณชนิดแอนะล็อก และสัญญาณชนิดดิจิตอล

2.4.6 งานที่เหมาะสมกับ SCADA

งานการตรวจสอบ การเก็บรวบรวมข้อมูลของกระบวนการผลิต และการบริหารระบบควบคุมกลุ่มโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่บริเวณกระบวนการผลิตครอบคลุมพื้นที่กว้าง หรือโรงงานอุตสาหกรรมมีกระบวนการผลิตอิสระติดตั้งกระจัดกระจายทั่วบริเวณพื้นที่การผลิต รวมถึงระบบสาธารณูประโภคต่างๆ

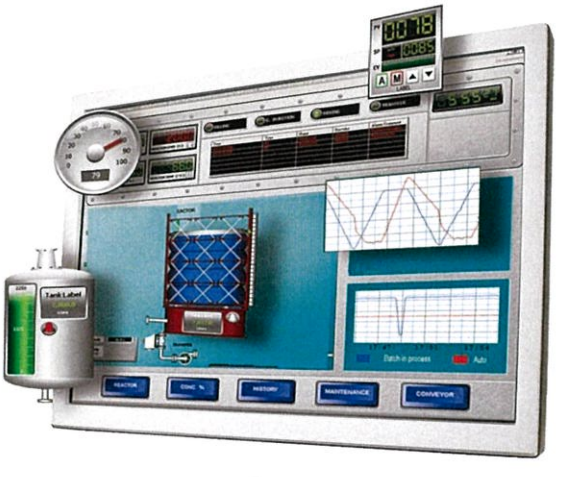
2.4.6.1 ตัวอย่างซอฟต์แวร์ระบบ SCADA ที่เป็นที่ใช้งานมากในอุตสาหกรรม

1 Simatic WinCC เป็นโปรแกรม SCADA ของบริษัท Siemens ประเทศเยอรมัน มักจะใช้งานในอุตสาหกรรมการผลิตต่างๆที่มาจากยุโรปที่ใช้อุปกรณ์ควบคุมยี่ห้อ Siemens เช่นอุตสาหกรรมยานยนต์ อุตสาหกรรมปิโตรเคมี อุตสาหกรรมอาหาร ปัจจุบันออกมาถึง Version 7 แล้ว



รูปที่ 2.6 Simatic WinCC

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



รูปที่ 2.7 InTouch

3 RSview32 ผลิตจากบริษัท Rockwell Automation ซึ่งเป็นบริษัททางด้าน Automation ที่ใหญ่แห่งหนึ่งของโลก โดยที่ RSview32 เป็นระบบ SCADA อีกระบบหนึ่งที่ใช้กันมากในอุตสาหกรรมที่ใช้ระบบ Automation ของ Rockwell

รูปที่ 2.8 RSview32

2.4.7 ประโยชน์ของการนำระบบ SCADA มาใช้

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

1.การควบคุมจะเป็นไปอย่างต่อเนื่องและครอบคลุมตลอดพื้นที่

2.เพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจสอบ และการบำรุงรักษาเครื่องจักรและอุปกรณ์

3.ก่อให้เกิดเสถียรภาพและความน่าเชื่อถือไว้วางใจ

4.การติดตามข้อมูล และการประเมินผลต่างๆ เป็นไปอย่างรวดเร็วและถูกต้อง

5.ประหยัดแรงงานและกำลังคน และทำให้ประหยัดค่าใช้จ่าย

2.5 ซอฟต์แวร์ที่เกี่ยวข้อง

2.5.1 โปรแกรม Wonderware InTouch นอกเหนือไปจากกราฟิกที่เรียบง่ายเพื่อให้ผู้สร้างแอพพลิเคชันสามารถมุ่งเน้นการสร้างเนื้อหาที่มีความหมายซึ่งจะเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานและประหยัดค่าใช้จ่ายของทั้งและยังสามารถเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการโต้ตอบกับมนุษย์ด้วยระบบอัตโนมัติในภาคอุตสาหกรรม ส่งผลให้การเพิ่มประสิทธิภาพเชิงปริมาณของผู้ประกอบการมีประสิทธิภาพมากขึ้น วิธีที่ไม่ซ้ำกันผ่านไลบรารีการรับรู้สถานการณ์จะให้ข้อมูลตามบริบทที่ผู้ปฏิบัติงานต้องการอย่างรวดเร็วและแม่นยำในการแก้ไขสถานการณ์ที่ผิดปกติก่อนที่จะมีผลกระทบต่อการปฏิบัติงานที่ใช้ในมากกว่าหนึ่งในสามของโรงงานอุตสาหกรรมของโลกในเกือบทุกประเทศและทุกอุตสาหกรรมซอฟท์แวร์ InTouch HMI ยังคงส่งมอบคุณค่าทางธุรกิจในด้านความเรียบง่ายด้านวิศวกรรมความคล่องตัวในการดำเนินงานและการควบคุมประสิทธิภาพในแบบเรียลไทม์

โปรแกรม Wonderware InTouch Version: 10.1.300 Wonderware InTouch โปรแกรมที่ใช้สร้างกราฟิก เพื่อให้ง่ายต่อการควบคุมและวิเคราะห์ข้อมูลในกระบวนการ สามารถแสดงค่าพารามิเตอร์ คำนวณผล แสดงผลผ่านภาพกราฟิก การแจ้งเตือน โดยอ้างอิงค่าพารามิเตอร์ทั้งหมดจากตัววัดค่าในที่นี้คือเพาเวอร์มิเตอร์

รูปที่ 2.9 โปรแกรม Wonderware InTouch

2.5.2 โปรแกรม KEP Server EX

เป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้สำหรับจัดการ OPC มีหลากหลายฟังก์ชันให้ใช้ในโปรแกรม ทั้งการกำหนดค่าการสื่อสาร การเปิดใช้โหมด Runtime การสร้างช่องทางในการรับ- ส่งข้อมูลกับซอฟต์แวร์อื่น การปรับเปลี่ยนชนิดของข้อมูล ปรับขนาดของข้อมูล ในที่นี้จะใช้โปรแกรม Kepware เป็นตัวกลางในการเชื่อมการสื่อสารข้อมูลระหว่าง Wonderware InTouch กับ เพาเวอร์มิเตอร์ เพื่อนำข้อมูลจากอุปกรณ์ไปแสดงผลบนหน้าจอควบคุมข้อมูลย้อนหลังมักถูกเรียกใช้งานโดยอุตสาหกรรมระบบออโตเมชั่น เพื่อใช้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการ ปริมาณงาน การบริหารจัดการสินทรัพย์ และการรายงานแก่เจ้าหน้าที่กำกับดูแล ดังนั้น การเข้าถึงข้อมูลเหล่านี้จึงเป็นสิ่งที่จำเป็น ทีมงานทั้งฝั่งปฏิบัติการและวิศวกรต่างต้องการโซลูชั่นที่สามารถติดตั้งใกล้กับแหล่งข้อมูล สามารถจัดเก็บข้อมูลด้วยความเร็วสูง และมีความยืดหยุ่นที่จำเป็นสำหรับทีมงาน เพื่อการตอบสนองข้อกำหนดต่างๆได้อย่างมีประสิทธิภาพ ไม่ว่าจะเป็นข้อกำหนดในด้านสายการผลิต แท่นขุดเจาะ ห้องปฏิบัติการทดลอง สถานีสูบน้ำ หรือในภาวะแวดล้อมอุตสาหกรรมอื่นๆ Local Historian Plug-In for KEPServerEX จาก Kepware เป็นโซลูชั่นที่มีความ

ยืดหยุ่น ใช้งานง่าย และคุ้มทุน และสามารถใช้เป็นเครื่องมือในการนำเสนอแนวโน้มที่สามารถชี้นำวงการรายงานผล ตลอดจนวิเคราะห์ข้อมูล ด้วยการเข้าถึงข้อมูลย้อนหลังด้วย OPC Historical Data Access (HDA) Local Historian Plug-In ของ Kepware ใช้แพลตฟอร์มการสื่อสาร KEPServerEX ในการถ่ายโอนข้อมูลไปสู่แหล่งจัดเก็บข้อมูลความเร็วสูง Local Historian มีข้อมูลย้อนหลังสำหรับการปรับแต่งหรือการใช้งานข้อมูลที่สอดคล้องกับOPC HDA เพื่อใช้สำหรับการสร้างภาพเสมือนของข้อมูล การรายงานผลและการวิเคราะห์ ผู้ใช้จึงสามารถเลือกใช้โซลูชั่นสร้างภาพเสมือนหรือการรายงานผล ที่ตรงกับความต้องการของส่วนบุคคลได้มากที่สุด Local Historian ของ Kepware คือเครื่องมือข้อมูลย้อนหลังที่มีความทนทาน ซึ่งผลักดันด้วยประสบการณ์อันยาวนานของ Kepware ในด้านระบบอัตโนมัติ" Local Historian Plug-In สามารถรองรับการบันทึกข้อมูลด้วยความเร็วสูงถึง 10 มิลลิวินาที

รูปที่ 2.10 โปรแกรม Kepware

2.5.3 โปรแกรม Microsoft SQL Server

Microsoft SQL Server คือระบบจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (relational database management system หรือ RDBMS) ผลิตโดยบริษัท Microsoft เป็นระบบฐานข้อมูลแบบ Client/Server และรันอยู่บน Window NT ซึ่งใช้ภาษา T-SQL ในการดึงเรียกข้อมูล ด้วยเหตุที่ข้อมูลส่วนใหญ่ทั่วโลกเก็บไว้ในเครื่องที่ใช้ Microsoft Windows เป็น Operating System จึงทำ ให้เป็นการง่ายต่อ Microsoft SQL ที่จะนำ ข้อมูลที่อยู่ในรูป Windows Based มาเก็บและประมวลผล และ ประกอบกับการที่ราคาถูกและหาง่าย จึงเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้ Microsoft SQL เป็นระบบฐานข้อมูลที่มักจะถูกเลือกใช้

รูปที่ 2.11 Microsoft SQL Server

- การจัดเก็บข้อมูล

การจัดเก็บข้อมูลเป็นฐานข้อมูลซึ่งเป็นชุดของตารางที่มีคอลัมน์ที่พิมพ์ SQL Server สนับสนุนชนิดข้อมูลที่แตกต่างกันรวมทั้งประเภทหลักเช่นInteger , Float , ทศนิยม , Char (รวมทั้งสตริงตัวอักษร), Varchar (ตัวแปรสตริงตัวอักษรความยาว), ไบนารี (สำหรับที่ไม่มีโครงสร้างblobsของข้อมูล) ข้อความ (ข้อมูลต้นฉบับเดิม) การปัดเศษทศนิยมเป็นจำนวนเต็มจะใช้การปัดเศษตามเลขคณิตสมมาตรหรือสมมุติ Round Down ขึ้นอยู่กับอาร์กิวเมนต์ Microsoft SQL Server ยังช่วยให้ผู้ใช้กำหนดชนิดคอมโพสิต (UDT) ที่กำหนดและใช้ นอกจากนี้ยังทำให้สถิติเซิร์ฟเวอร์พร้อมใช้งานเป็นตารางเสมือนและมุมมองเรียกว่า (Dynamic Management Views หรือ DMVs) นอกเหนือไปจากตารางฐานข้อมูลยังสามารถมีวัตถุอื่น ๆ รวมทั้งมุมมอง , วิธีการจัดเก็บ , การจัดทำดัชนีและข้อ จำกัดพร้อมกับจัดเก็บธุรกรรมฐานข้อมูล SQL

- การดึงข้อมูลและการเขียนโปรแกรม

โหมดหลักของการเรียกข้อมูลจากฐานข้อมูล SQL Server จะสอบถามจากแบบสอบถามจะถูกแสดงโดยใช้ตัวแปร SQL ที่เรียกว่า T-SQL ซึ่งเป็นภาษาถิ่นของ Microsoft SQL Server ที่ใช้ร่วมกับเซิร์ฟเวอร์ Sybase SQLเนื่องจาก แบบสอบถามdeclaratively ระบุสิ่งที่จะถูกดึงข้อมูล ประมวลผลโดย Query Processor ซึ่งคำนวณลำดับขั้นตอนที่จำเป็นเพื่อดึงข้อมูลที่ต้องการ ลำดับของการกระทำที่จำเป็นในการดำเนินการแบบสอบถามที่เรียกว่าแผนแบบสอบถาม อาจมีหลายวิธีในการประมวลผลคำค้นหาเดียวกัน ตัวอย่างเช่นสำหรับข้อความค้นหาที่มีคำสั่งjoinและselectดำเนินการเข้าร่วมในทั้งสองตารางและดำเนินการเลือกในผลลัพธ์จะให้ผลเช่นเดียวกับการเลือกจากแต่ละตารางแล้ว

ดำเนินการเข้าร่วมแต่ส่งผลให้แผนการดำเนินการที่แตกต่างกัน ในกรณีเช่นนี้ SQL Server จะเลือกแผนงานที่คาดว่าจะให้ผลลัพธ์ในเวลาที่สั้นที่สุด นี้เรียกว่าการเพิ่มประสิทธิภาพการค้นหาและดำเนินการโดยตัวประมวลผลแบบสอบถามตัวเอง SQL Server มีตัวเพิ่มประสิทธิภาพการค้นหาตามต้นทุนซึ่งพยายามเพิ่มประสิทธิภาพของค่าใช้จ่ายในแง่ของทรัพยากรที่จะใช้ในการดำเนินการสืบค้นข้อมูลค้นหาเครื่องมือเพิ่มประสิทธิภาพการสืบค้นข้อมูลจะดูที่ฐานข้อมูลสถิติฐานข้อมูลและการโหลดระบบในขณะนั้น จากนั้นจะตัดสินใจลำดับที่จะเข้าถึงตารางที่อ้างถึงในแบบสอบถามซึ่งลำดับเพื่อดำเนินการดำเนินการและวิธีการเข้าถึงข้อมูลที่จะใช้ในการเข้าถึงตาราง

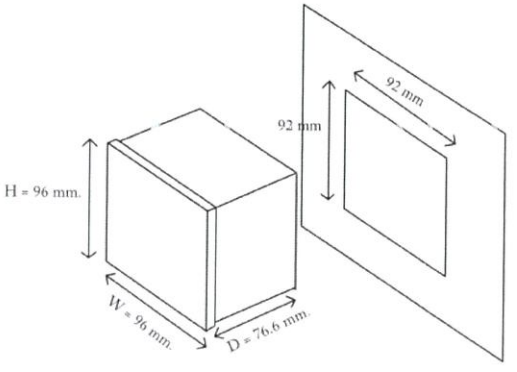
2.6 ฮาร์ดแวร์ที่เกี่ยวข้อง

2.6.1 เพาเวอร์มิเตอร์ Primus KM-07

- คุณสมบัติ

KM-07 เป็นมิเตอร์วัดค่าพลังงานไฟฟ้า สามารถวัดค่า V(Line), V(Phase), A(Phase), kW, kVA, kVar, kWh, kVAh, kVarh, PF, Hz, kW Demand Peak Demand สำหรับ 1 Phase และ 3 Phase หน้าจอแสดงผลแบบ LCD สามารถตั้งค่า (PT) Ratio และ (CT) Ratio ได้Output แบบ Pulse, Analog 4-20 mA สามารถสื่อสารผ่านพอร์ท RS-485, MODBUS RTU PROTOCOL

รูปที่ 2.12 เพาเวอร์มิเตอร์

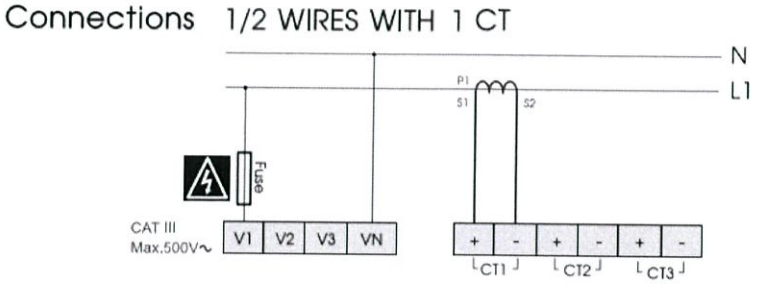


รูปที่ 2.13 ขนาด

KM-07 เป็นมิเตอร์ที่มีความสามารถวัดค่า Volt, Amp, Watt, Var VA, kWh, kvarh และ kVAh. นอกจากนี้สามารถวัดค่ามุม Phase ระหว่างกระแส กับแรงดันไฟฟ้าได้ และ ค่า % THD ของ Volt และ Amp ได้. อีกทั้งยังสามารถ สื่อสารผ่านระบบ RS-485 ด้วย MODBUS RTU PROTOCOL ได้

- การต่อใช้งาน

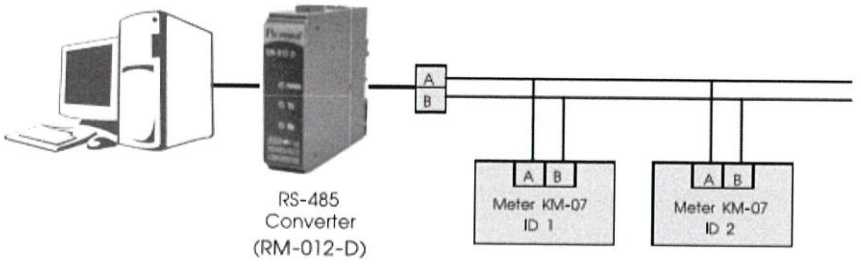
การต่อวงจรของ KM-07 สามารถต่อได้ตาม Diagram ด้านล่าง โดย เมื่อต้องมีการถอดชุดวัด Current Transformer (CT) ออกจากตัว KM-07 ควรต้องมีการ Short-Circuit ที่ด้าน Secondary ของ CT ทุก ตัวเพื่อป้องกันความเสียหาย ของ CT



รูปที่ 2.14 การต่อใช้งาน

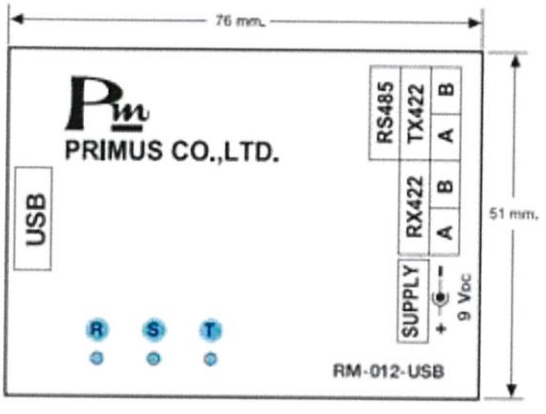
- การเชื่อมต่อสัญญาณการสื่อสาร

Meter KM-07 สามารถอ่านข้อมูลค่า Parameter ต่างๆ ที่วัด ได้แบบ Real Time ด้วยระบบ BUS RS-485 โดย PROTOCOL ที่ใช้ในการ สื่อสาร คือ MODBUS RTU



รูปที่ 2.15 การต่อวงจรสำหรับสื่อสาร RS-485

2.6.2 Converter RS-232 to RS-485

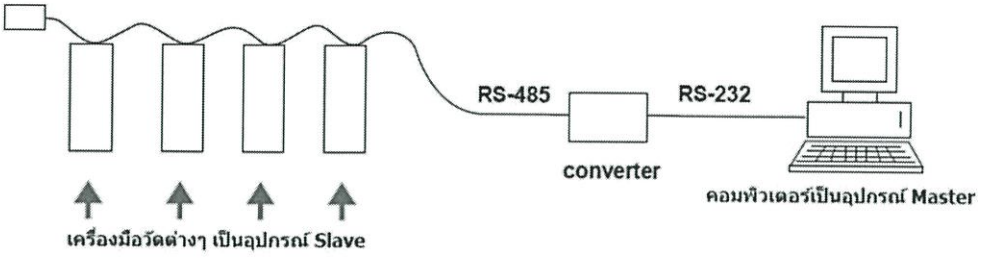


รูปที่ 2.16 Converter RS-232 to RS-485

- หลักการทำงานของ RS485มาตรฐาน RS485

เป็นมาตรฐานที่รับ/ส่งข้อมูลในแบบที่เรียกว่า Half duplex คือสามารถรับและส่งข้อมูลได้ทีละอย่างเท่านั้นไม่สามารถทำทั้งสองอย่างได้ในเวลาเดียวกัน ถ้าจะให้พูดแล้วเห็นภาพก็คงคล้ายๆลักษณะของวิทยุสื่อสารที่ต้องคอยสลับกันพูดทีละครั้งสำหรับการรับ/ส่งข้อมูลดิจิตอลแบบ RS485 นั้น จะส่งข้อมูลโดยใช้สายไฟเพียงแค่ 2 เส้นคือ A และ B เป็นตัวบอกค่ารหัสดิจิตอล(Digital code) โดยใช้ความแตกต่างของแรงดันไฟฟ้าระหว่างขั้ว A และ B เป็นตัวบอกดังนี้เมื่อ Va - Vb ได้แรงดันไฟฟ้าน้อยกว่า -200 mV คือสัญญาณดิจิตอลเป็น 1 เมื่อ Va - Vb ได้แรงดันไฟฟ้ามากกว่า +200 mV คือสัญญาณดิจิตอลเป็น 0

หลักการทำงานของ RS485มาตรฐาน 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 2.17 การเชื่อมต่อการทำงาน RS-485

- ข้อดีของสัญญาณ RS485

สามารถส่งสัญญาณได้ไกลRS485 สามารถส่งสัญญาณได้ไกลสูงสุดถึง 1,200 เมตร ซึ่งถือว่าเป็นระยะทางที่ไกลมาก เพียงพอต่อการใช้งานในโรงงานอุตสาหกรรมอย่างแน่นอนและจะเห็นได้ชัดว่าระยะการส่งสัญญาณได้ถูกพัฒนาขึ้นมากจนทิ้งห่างมาตรฐานรุ่นเก่าอย่าง RS232 ที่สามารถส่งสัญญาณได้เพียง 15 เมตร เท่านั้นสามารถเชื่อมต่อเป็นเครือข่ายได้นอกจากจะส่งสัญญาณได้ไกลแล้ว RS485 ยังสามารถเชื่อมต่อเป็นเครือข่าย (Network) แบบ Multipoint ได้ด้วย ซึ่งสามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์ในระบบได้สูงสุดถึง 32 ตัว ซึ่งสิ่งนี้ถือว่าเป็นอีกหนึ่งจุดเด่นของสัญญาณ RS485 เลยทีเดียวประหยัดงบประมาณในการเดินสายมาตรฐาน RS485 เป็นมาตรฐานที่ใช้สายไฟเพียง 2 เส้นในการรับส่งข้อมูล เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานรุ่นเก่าที่สามารถส่งสัญญาณในระยะเท่ากันอย่าง RS422 ที่ต้องใช้สายไฟถึง 4 เส้นในการรับส่งข้อมูล ซึ่งราคาสายเคเบิลแบบ 2 แกน จะถูกกว่าสายเคเบิลแบบ 4 แกน ถึงเกือบครึ่ง ในความเป็นจริงแล้วเรื่องงบประมาณถือเป็นเรื่องสำคัญมากๆ ซึ่งนี่ถือเป็นอีกหนึ่งจุดเด่นของ RS485 เลยทีเดียว

- ข้อเสียของสัญญาณ RS485

ถึงแม้ RS485 จะเป็นมาตรฐานที่ถูกพัฒนาขึ้นจนลบข้อด้อยที่มีอยู่ในมาตรฐานเก่าๆไปมากแล้วก็ตาม แต่ก็ไม่ใช่ว่าจะไม่มีข้อเสียอยู่เลย โดยข้อเสียหลักๆของ RS485 มีดังนี้ต้องใช้ตัวแปลงสัญญาณในการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์เนื่องจากปัจจุบันคอมพิวเตอร์ที่เราใช้กันอยู่นั้นไม่มี port เชื่อมต่อสัญญาณ RS485 โดยตรง จะมีก็แต่ USB หรือ RS232 เท่านั้น ฉนั้นหากเราจะเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่ใช้ RS485 กับคอมพิวเตอร์นั้น เราต้องเสียงบประมาณเพิ่มขึ้นในการซื้อตัวแปลงสัญญาณ (Converter) เพื่อแปลงสัญญาณจาก RS485 เป็น USB หรือ RS232 ในการเชื่อมต่อนั้นเอง ความเร็วในการรับส่งข้อมูลถึงแม้ RS485 จะถูกพัฒนาด้านความเร็วในการรับส่งข้อมูลขึ้นมากแล้วก็ตามเมื่อเทียบกับมาตรฐานเก่า แต่ก็ยังมีความล่าช้าอยู่เมื่อเชื่อมต่อเครือข่ายจำนวนมากๆ

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

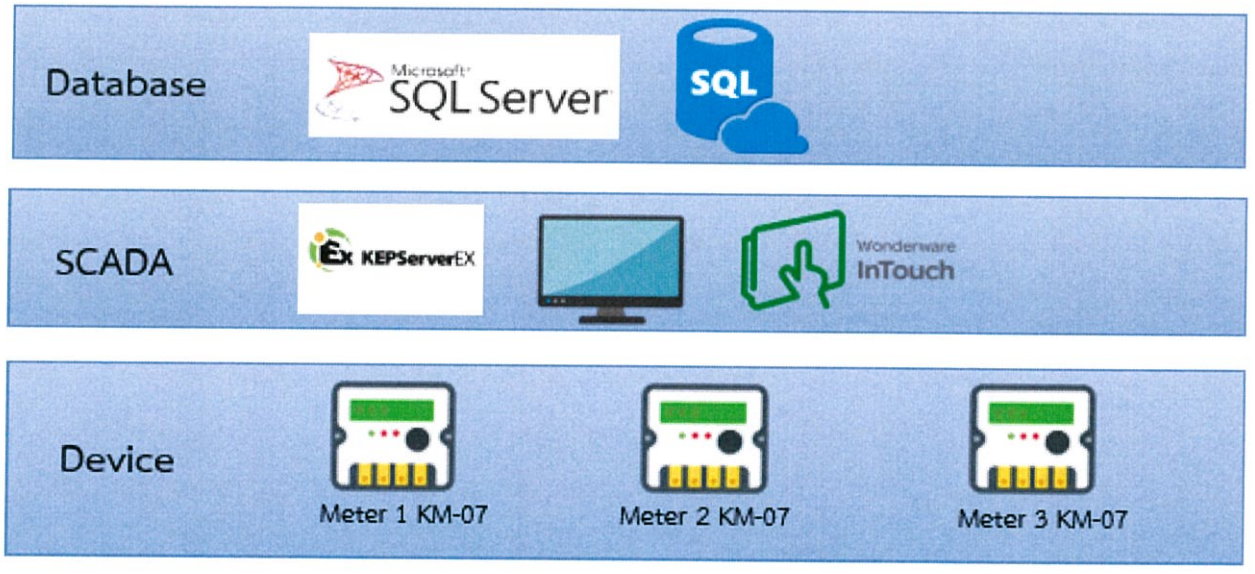
3.1 กล่าวนำ

จากบทที่2ได้กล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องทั้งหมดและอุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินงานรวมไปถึงซอฟต์แวร์ที่มีการใช้เชื่อมต่อกับอุปกรณ์หรือแสดงผล สิ่งที่กล่าวมา ณ ข้างต้นจำเป็นต้องศึกษาหาข้อมูลให้เข้าใจก่อนลงมือปฏิบัติงาน ในบทนี้จะเป็นการแสดงวิธีดำเนินงานอย่างเป็นขั้นตอนตามที่ได้ลงมือปฏิบัติงานเพื่อนำผลการทดลองที่ได้ไปสรุปไว้ในบทถัดไป

3.2 ระบบโดยรวม

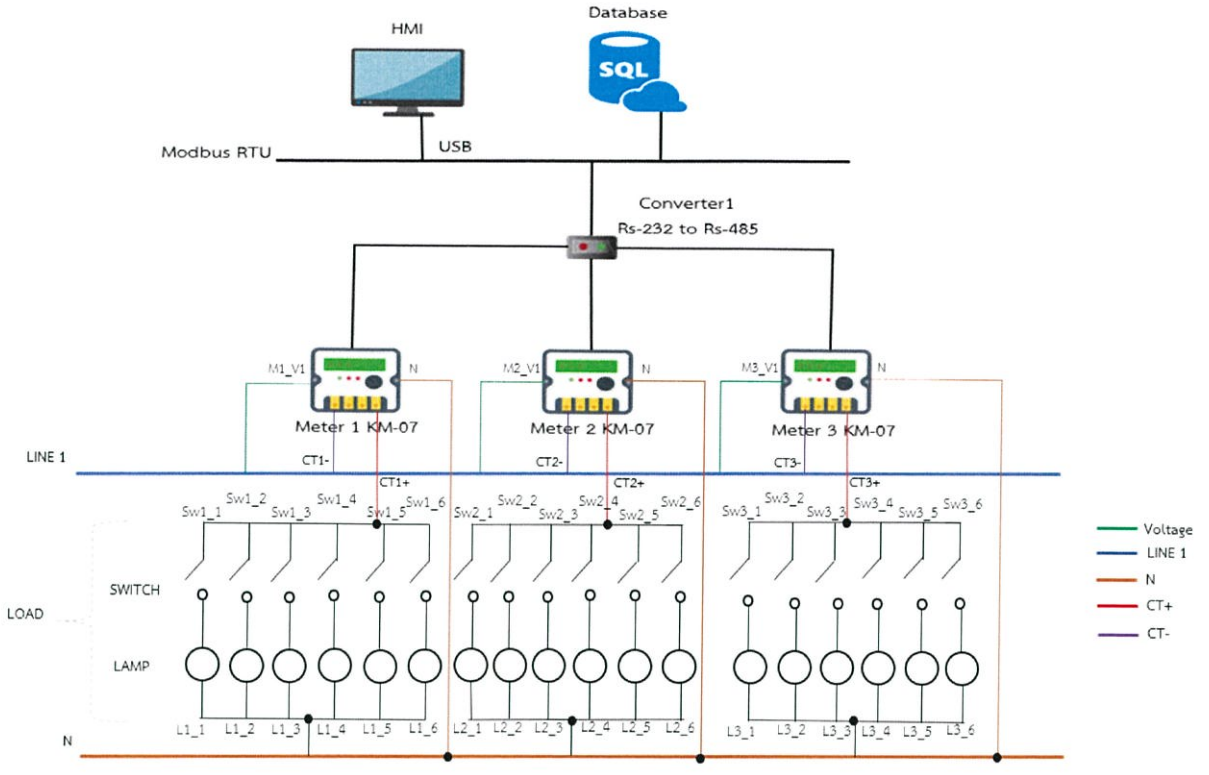
3.2.1 โครงสร้างระบบโดยรวม (Overall system structure)

การทำงานในส่วนของขั้นแรกเมื่อมีการใช้พลังงานระบบการติดตามจะตรวจวัดค่าพลังงานที่ใช้โดยมีเพาเวอมิเตอร์ 3 ตัวมีหน้าที่วัดค่าพลังงานไฟฟ้า kW(กำลังไฟฟ้าที่ใช้งานจริง) , kWh (ความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า), V (แรงดันไฟฟ้า) , kVAR (กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการสร้างสนามแม่เหล็ก) ,kVA (กำลังไฟฟ้าที่ปรากฏ) , PF (สัมประสิทธิ์พลังงาน) , Demand (ความต้องการใช้พลังงาน) ,Hz (ความถี่ของกระแส) เป็นต้นแล้วส่งค่าเหล่านี้ไปยังส่วนที่สอง SCADA มีหน้าที่แสดงข้อมูลเหล่านี้ผ่านหน้าจอแสดงผล (HMI) และสามรถแสดงข้อมูลในขั้น Database ที่มีหน้าที่เก็บข้อมูลส่วนย้อนหลังเพื่อเปรียบเทียบการใช้งานพลังงานไฟฟ้าตามวัตถุประสงค์ของการจัดทำ



รูปที่ 3.1 โครงสร้างระบบโดยรวม (Overall system structure)

3.2.2 System Architecture



รูปที่ 3.2 System Architecture

จากรูปที่ 3.2 อธิบายได้จากทฤษฎีส่วนประกอบของ SCADA ในหัวข้อ 2.4.2 (หน้า14) โดยประกอบไปด้วยเพาเวอร์มิเตอร์ 3 ตัวมิเตอร์แต่ละตัวมีการเก็บค่าจากระบบจำลองการใช้พลังโดยมีการกำหนดการเปิด/ปิดของหลอดไฟโดยหลอดไฟทั้ง 6 หลอดของแต่ละ Load มีการสูญเสียพลังงาน 14 W, 40 W, 40 W, 60 W, 60 W, 100 W ตามลำดับตามการใช้งานซึ่งหลอดไฟแต่ละชุดสูญเสียการพลังงานสูงสุด 300 W และสูญเสียพลังงานต่ำสุด 14 W ในส่วนของ Field Instrumentation อุปกรณ์ที่ถูกตรวจวัดในระบบนี้คือส่วนของ Load ประกอบด้วย หลอดไฟและสวิทช์ ถัดมาจะเป็นส่วนของ Remote Station คือการรวบรวมข้อมูลและส่งไปยังศูนย์กลาง SCADA โดยใช้ เพาเวอร์มิเตอร์ Primus KM-07 เป็นอุปกรณ์เก็บค่าข้อมูลโดยจะเก็บค่าข้อมูลทุกๆ 15 นาทีและส่งข้อมูลไปยังขั้น Communication Network ผ่าน Protocol Modbus-RTU ใช้ Converter Rm-012b เป็นตัวแปลงสัญญาณ Rs-485 จากเพาเวอร์มิเตอร์และแสดงผลในส่วนของ Central Monitoring Station (CMS) โดยส่วนติดต่อกับผู้ใช้งานแสดงผลผ่านซอฟต์แวร์ Wonderware InTouch

ตารางที่ 3.1 ตัวแปรใน System Architecture ของเพาเวอร์มิเตอร์

Device Name	Wiring Node	Load	Description
Power Meter 1	M1_V1		วัดค่าแรงดันรวมที่ตกคร่อมหลอดไฟทั้ง6หลอดที่ต่อกันแบบขนาน
	CT1+, CT1-		จุดวัดค่ากระแสรวมของหลอดไฟที่เปิดใช้งาน
L1_1	SW1_1	60 W	หลอดไส้
L1_2	SW1_2	60 W	หลอดไส้
L1_3	SW1_3	14 W	หลอดฟลูออเรสเซ้นต์
L1_4	SW1_4	40 W	หลอดไส้
L1_5	SW1_5	40 W	หลอดไส้
L1_6	SW1_6	100 W	หลอดไส้

ตารางที่ 3.2 ตัวแปรใน System Architecture ของเพาเวอร์มิเตอร์ 2

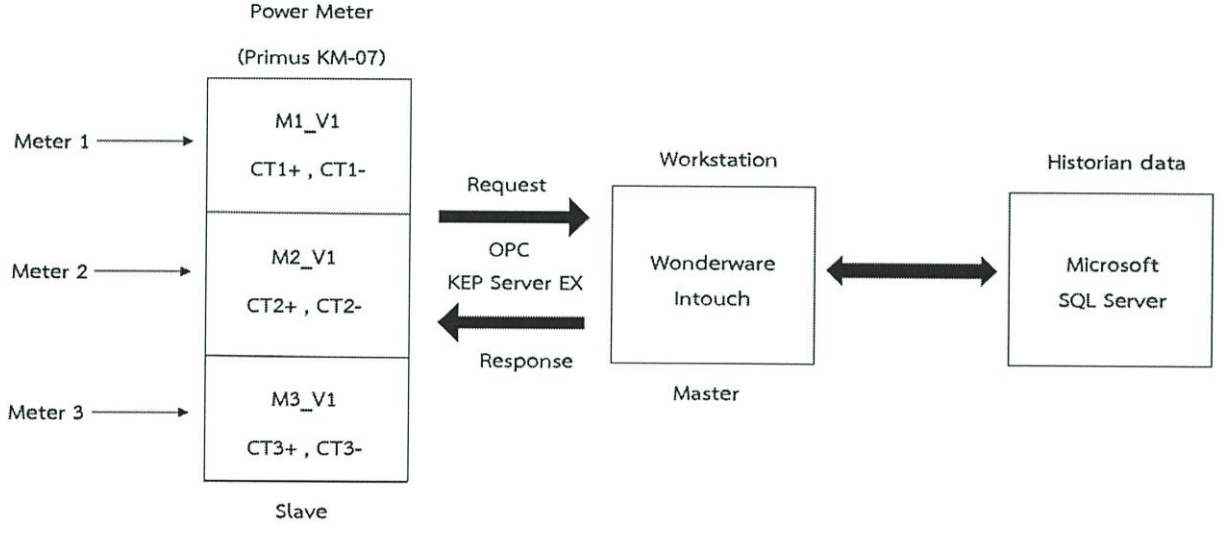
Device Name	Wiring Node	Load	Description
Power Meter 2	M2_V1		วัดค่าแรงดันรวมที่ตกคร่อมหลอดไฟทั้ง6หลอดที่ต่อกันแบบขนาน
	CT2+, CT2-		วัดค่ากระแสรวมของหลอดไฟที่เปิดใช้งาน
L2_1	SW2_1	60 W	หลอดไส้
L2_2	SW2_2	60 W	หลอดไส้
L2_3	SW2_3	14 W	หลอดฟลูออเรสเซ้นต์
L2_4	SW2_4	40 W	หลอดไส้
L2_5	SW2_5	40 W	หลอดไส้
L2_6	SW2_6	100 W	หลอดไส้

ตารางที่ 3.3 ตัวแปรใน System Architecture ของเพาเวอร์มิเตอร์ 3

Device Name	Wiring Node	Load	Description
Power Meter 3	M3_V1		จุดวัดค่าแรงดันรวมที่ตกคร่อมหลอดไฟทั้ง6หลอดที่ต่อกันแบบขนาน
	CT3+, CT3-		วัดค่ากระแสรวมของหลอดไฟที่เปิดใช้งาน
L3_1	SW3_1	60 W	หลอดไส้
L3_2	SW3_2	60 W	หลอดไส้
L3_3	SW3_3	14 W	หลอดฟลูออเรสเซ้นต์
L3_4	SW3_4	40 W	หลอดไส้
L3_5	SW3_5	40 W	หลอดไส้
L3_6	SW3_6	100 W	หลอดไส้

จากตารางที่ 3.1 -3.3 สรุปตัวแปรของระบบที่ต้องการติดตามการใช้พลังงาน

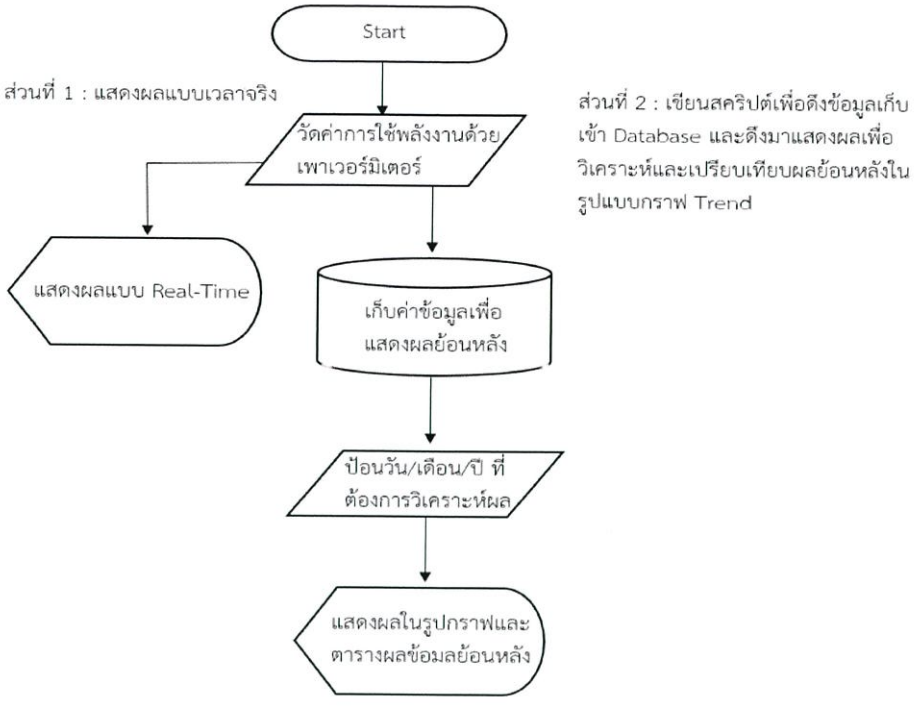
3.2.3 Data transfer concept



รูปที่ 3.3 Data transfer concept ของระบบ

จากรูปที่ 3.3 การส่งผ่านข้อมูลจะเริ่มที่เพาเวอร์มิเตอร์รับค่ามาจากส่วน Field Instrument จากนั้นส่งข้อมูลไปยัง Workstation ที่สร้างขึ้นจากซอฟต์แวร์ Wonderware Intouch ซึ่งสองส่วนนี้ทำหน้าที่เสมือนเป็น Slave และ Master กัน โดยสื่อสารผ่านตัวกลางที่เป็น OPC คือซอฟต์แวร์ KEP Server EX ข้อมูลที่ Workstation รับมาจะถูกเก็บไปยังส่วน Historian data ที่สร้างขึ้นมาจากซอฟต์แวร์ Microsoft SQL Server และจะถูก Workstation ดึงข้อมูลย้อนหลังมาแสดงเมื่อผู้ใช้ต้องการเข้าถึงข้อมูล

3.2.4 Flow Chart การทำงานของระบบติดตามการใช้พลังงาน



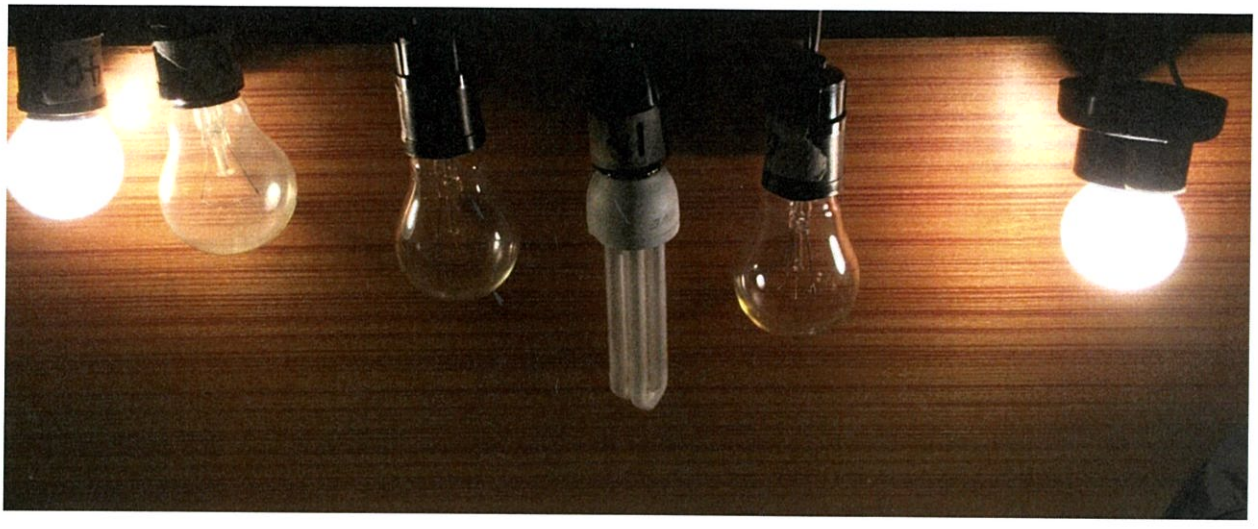
รูปที่ 3.4 Flow Chart การทำงานของระบบติดตามการใช้พลังงาน

3.2.5 ระบบจำลองไฟฟ้าที่ใช้เป็นกรณีศึกษา

ระบบในกรณีศึกษาที่จะนำไปวัดตัวแปรทางไฟฟ้าประกอบไปด้วย หลอดไฟทั้งหมดสามชุด โดยเพาเวอร์มิเตอร์หนึ่งตัวจะใช้หลอดไฟตัวละหนึ่งชุด ซึ่งหลอดไฟแต่ละชุด ประกอบด้วย หลอดไฟขนาด 60 วัตต์, 60 วัตต์, 14 วัตต์, 40 วัตต์, 40 วัตต์ และ 100 วัตต์ โดยเรียงจากซ้ายไปขวาตามลำดับ

รูปที่ 3.5 ส่วนประกอบของชุดหลอดไฟแต่ละชุด

ในกรณีศึกษาของมิเตอร์ตัวที่หนึ่ง จะทำการเปิดสวิตช์หลอดไฟชุดที่สอง ขนาด 40 วัตต์ และ 40 วัตต์

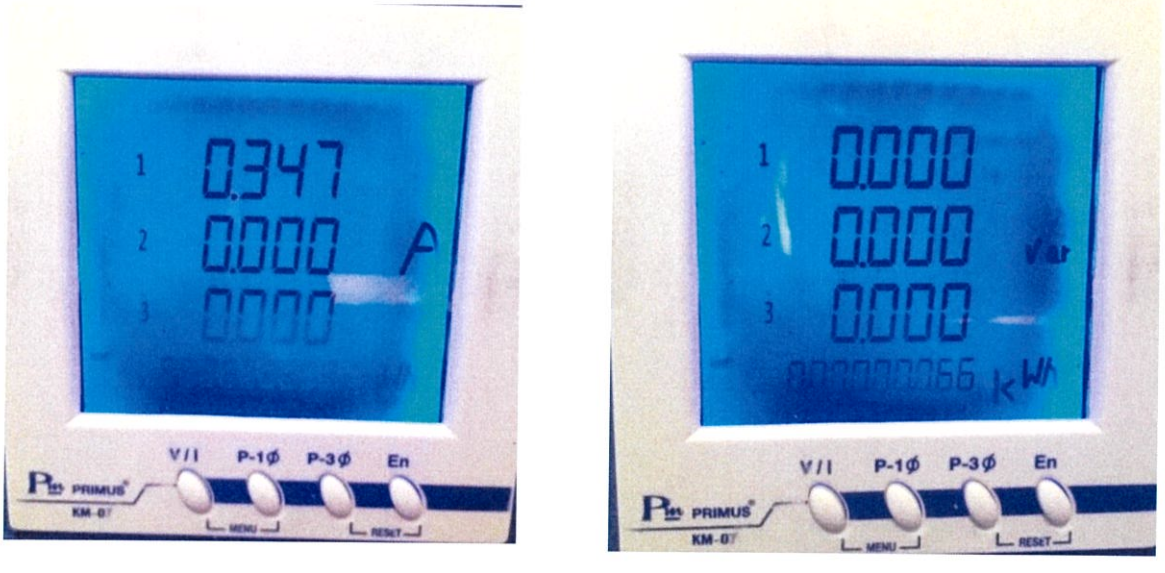


รูปที่ 3.6 ชุดหลอดไฟที่สองที่วัดโดยเพาเวอร์มิเตอร์ตัวที่หนึ่ง

ในหน้าจอของเพาเวอร์มิเตอร์ตัวที่สองจะบอกขนาดแรงดัน, กระแส, kVA, kWh, kW, kVAR, Hz, และ ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า ที่วัดได้จากหลอดไฟชุดที่หนึ่ง

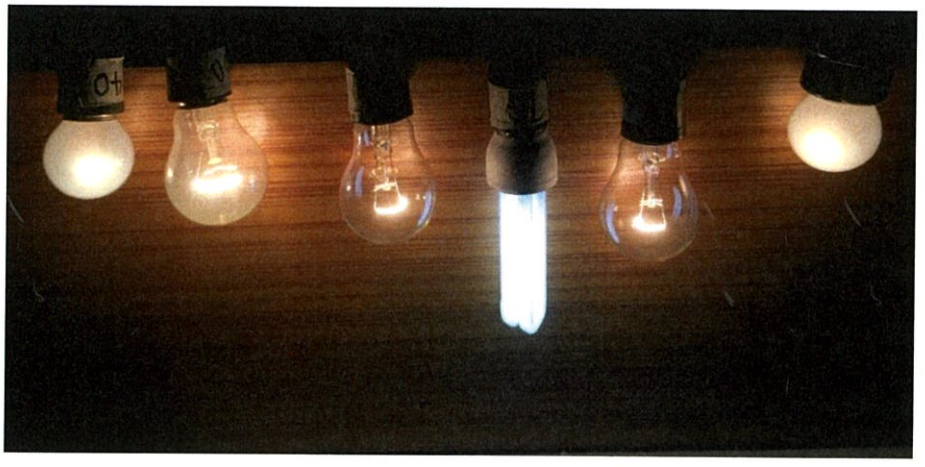
รูปที่ 3.7 ส่วนหน้าจอแสดงผลของเพาเวอร์มิเตอร์ตัวที่หนึ่ง

รูปที่ 3.8 ส่วนหน้าจอแสดงผลของเพาเวอร์มิเตอร์ตัวที่หนึ่ง



รูปที่ 3.9 ส่วนหน้าจอแสดงผลของเพาเวอร์มิเตอร์ตัวที่หนึ่ง

ในกรณีศึกษาของมิเตอร์ตัวที่สอง จะทำการเปิดสวิตช์หลอดไฟชุดที่สอง ขนาด 60 วัตต์, 60 วัตต์, 14 วัตต์, 40 วัตต์, 40 วัตต์ และ 100 วัตต์

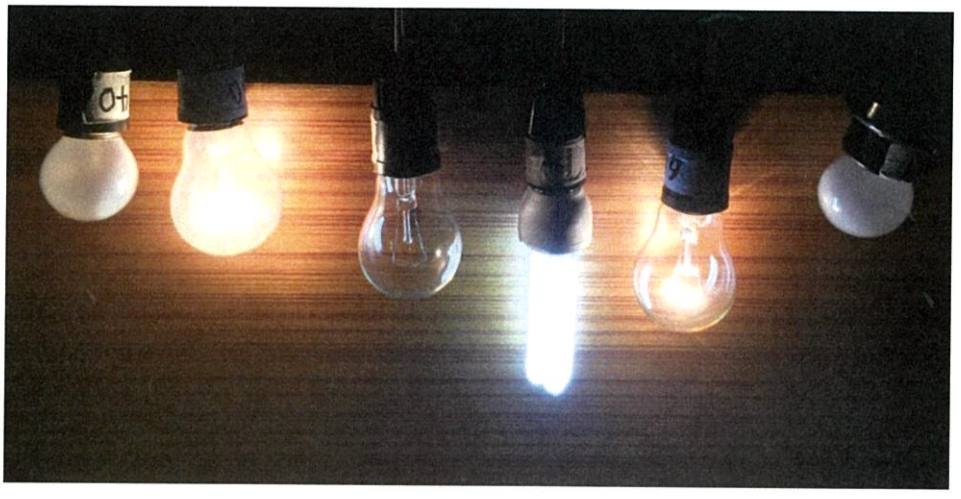


รูปที่ 3.10 ชุดหลอดไฟที่สองที่วัดโดยเพาเวอร์มิเตอร์ตัวที่สอง

ในหน้าจอของเพาเวอร์มิเตอร์ตัวที่สองจะบอกขนาดแรงดัน, กระแส, kVA, kWh, kW, kVAR, Hz, และ ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า ที่วัดได้จากหลอดไฟชุดที่สอง

รูปที่ 3.11 ส่วนหน้าจอแสดงผลของเพาเวอร์มิเตอร์ตัวที่สอง

ในกรณีศึกษาของมิเตอร์ตัวที่สามจะทำการเปิดสวิตช์หลอดไฟชุดที่สอง ขนาด 60 วัตต์, 14 วัตต์ และ 100 วัตต์

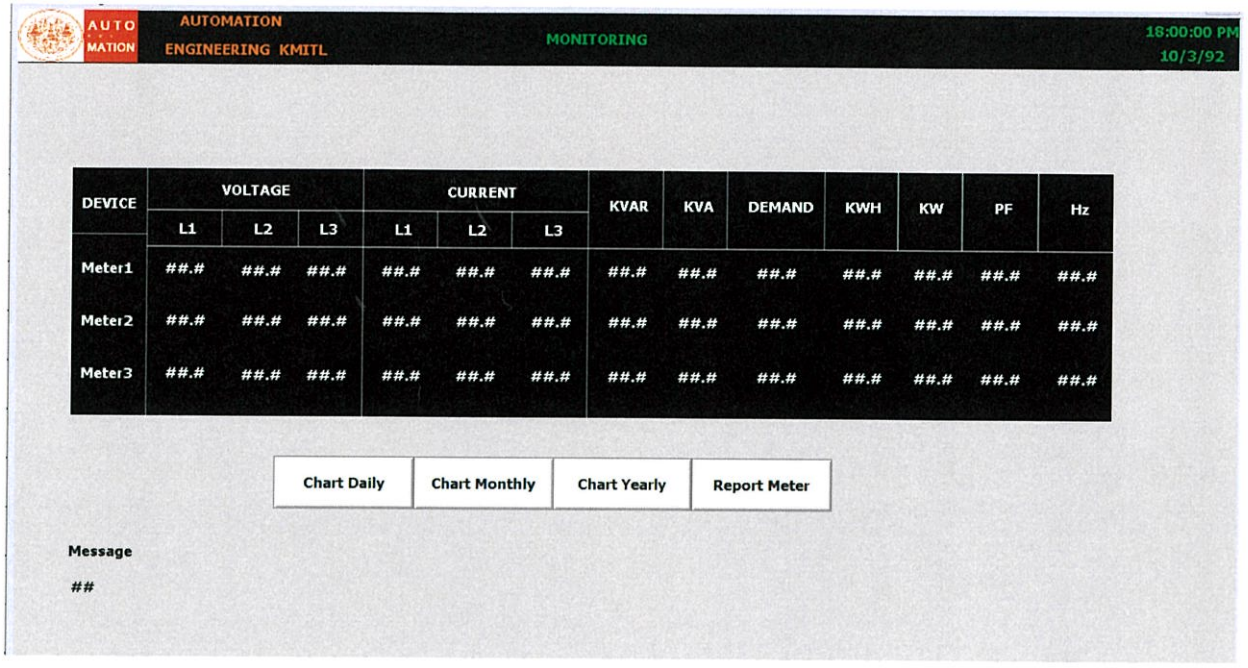


รูปที่ 3.12 ชุดหลอดไฟที่สองที่วัดโดยเพาเวอร์มิเตอร์ตัวที่สาม

ในหน้าจอของเพาเวอร์มิเตอร์ตัวที่สองจะบอกขนาดแรงดัน, กระแส, kVA, kWh, kW, kVAR, Hz, และ ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า ที่วัดได้จากหลอดไฟชุดที่สาม

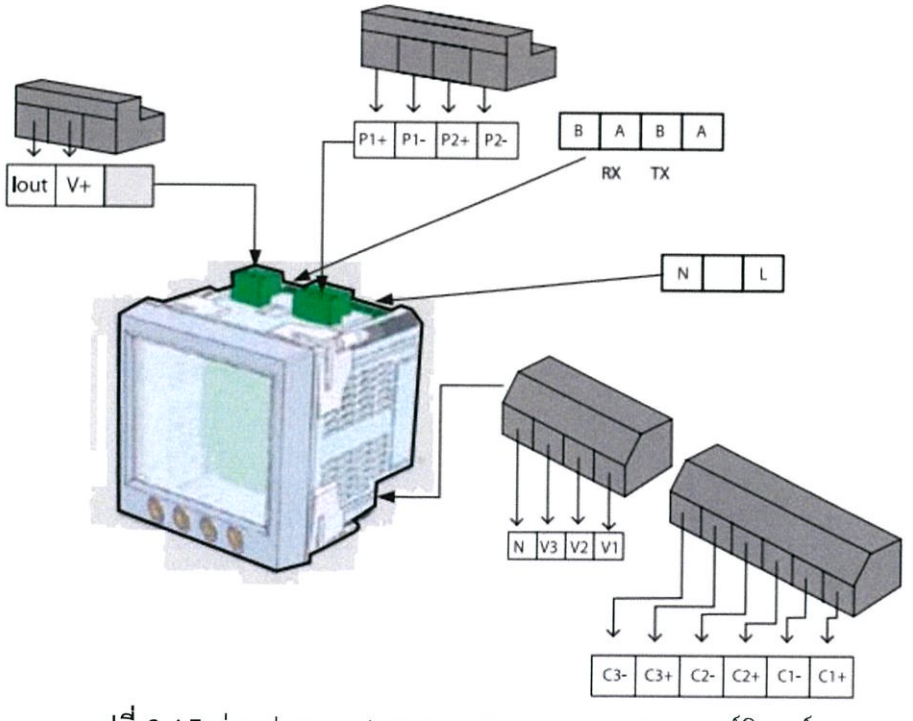
รูปที่ 3.13 ส่วนหน้าจอแสดงผลของเพาเวอร์มิเตอร์ตัวที่สาม

ส่วนแสดงผลบนหน้าจอ HMI ในโปรแกรม Wonderware InTouch แบบ real-time ของเพาเวอร์มิเตอร์ทั้งสามตัว



รูปที่ 3.14 ส่วนหน้าจอ HMI ที่แสดงผลแบบ real-time ของเพาเวอร์มิเตอร์ทั้งสามตัว

3.3 การกำหนดค่าเพาเวอร์มิเตอร์



รูปที่ 3.15 ส่วนประกอบ Input และ Output ของเพาเวอร์มิเตอร์

3.3.1 การกำหนดค่า MODBUS Address

ตารางที่ 3.4 การกำหนดค่าการสื่อสารของเพาเวอร์มิเตอร์

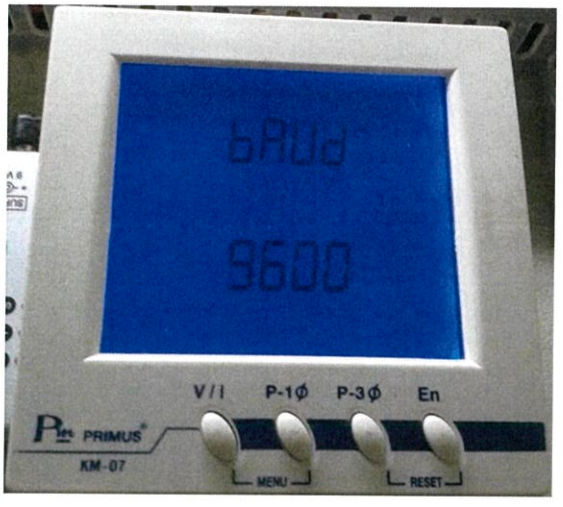
Data	METER 1	METER 2	METER 3
Data	8 bit	8 bit	8 bit
Parity bit	none	none	none
Start bit	1 bit	1 bit	1 bit
Stop bit	1 bit	1 bit	1 bit
Program Address	1 to 247	1 to 247	1 to 247
Baud Rate	9600	9600	9600
Address	0001	0002	0003

3.3.2.1 กดปุ่ม V/I และ P-1Ø > กด P-1Ø เพื่อ Next > Addr > กด V/I หรือ P-3Ø เพื่อปรับค่า > 0001 > กดปุ่ม V/I และ P-1Ø เพื่อบันทึกการตั้งค่า

รูปที่ 3.16 การกำหนดค่า MODBUS Address

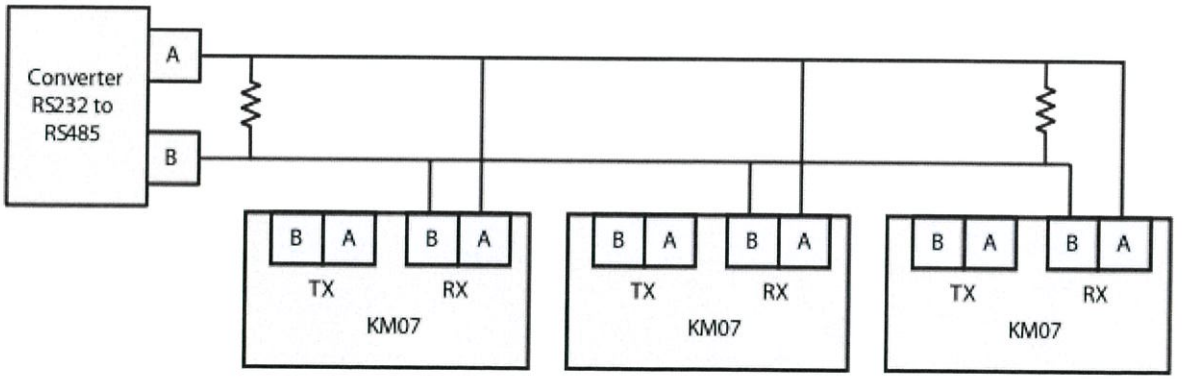
3.3.2 การกำหนดค่า Baud Rate

3.3.3.1 กดปุ่ม V/I และ P-1Ø > กด P-1Ø เพื่อ Next > bAUd > กด V/I หรือ P-3Ø เพื่อปรับค่า > 9600 > กดปุ่ม V/I และ P-1Ø เพื่อบันทึกการตั้งค่า



รูปที่ 3.17 การกำหนดค่า Baud Rate

3.3.3 การเชื่อมต่อกับ Converter RS 232 to RS 485

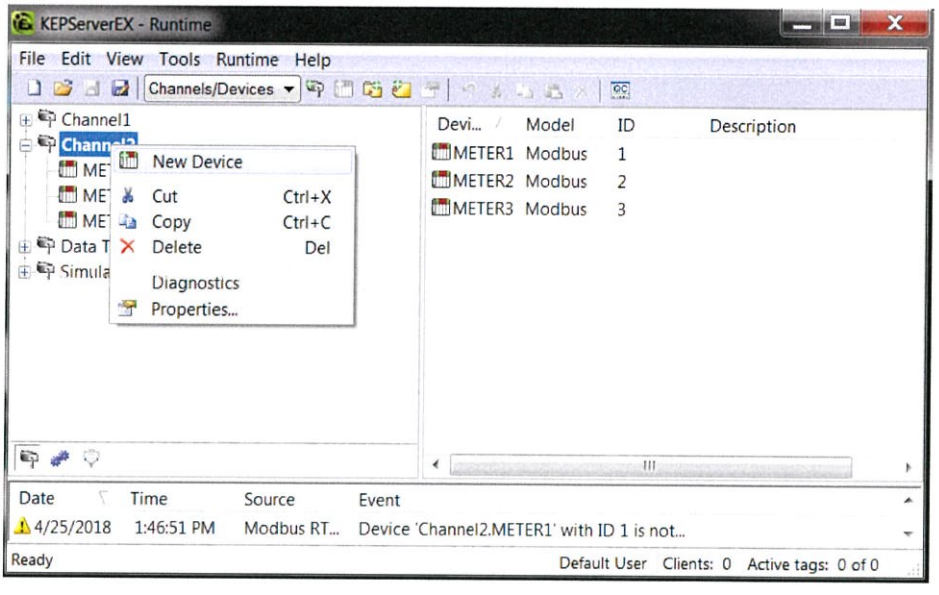


รูปที่ 3.18 การเชื่อมต่อกับ Converter RS 232 to RS 485

3.4 การสร้างและตั้งค่าการสื่อสาร Modbus RTU

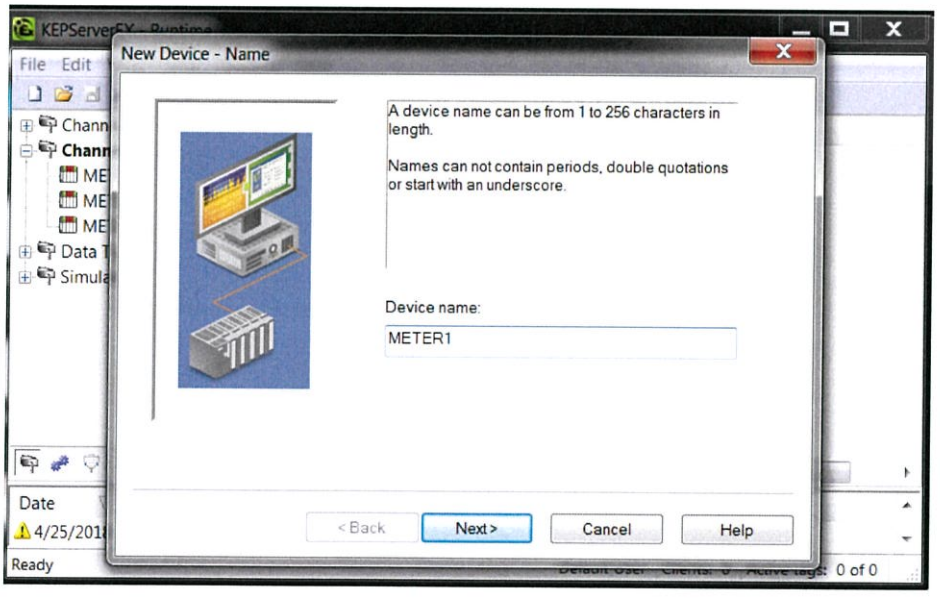
3.4.1 การสร้างและตั้งค่า Chanel

3.4.1.1 เปิดโปรแกรม Kepware > คลิกขวาที่ช่อง Chanel > New Chanel



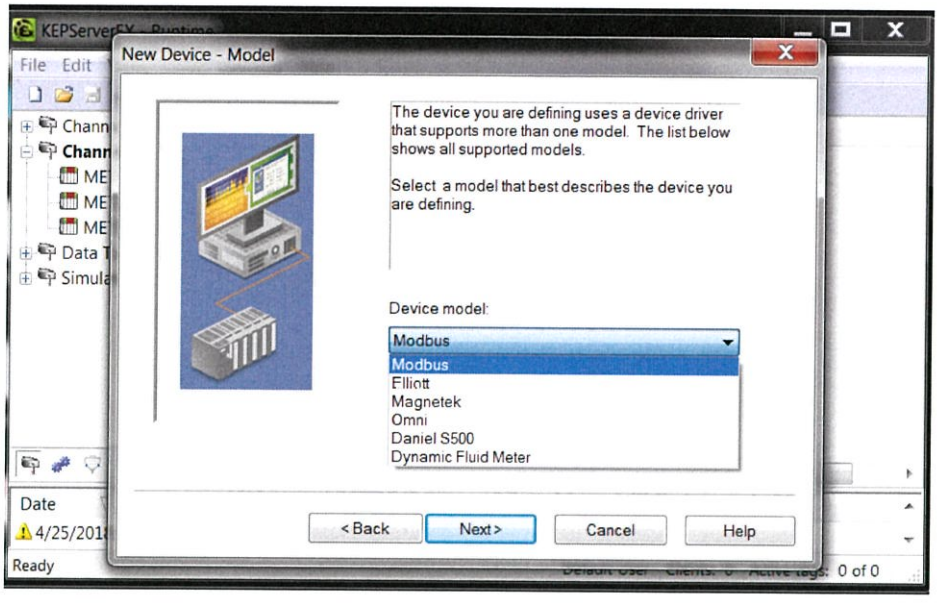
รูปที่ 3.19 หน้าต่างโปรแกรม Kepware

3.4.1.2 ตั้งชื่อ channel > Next



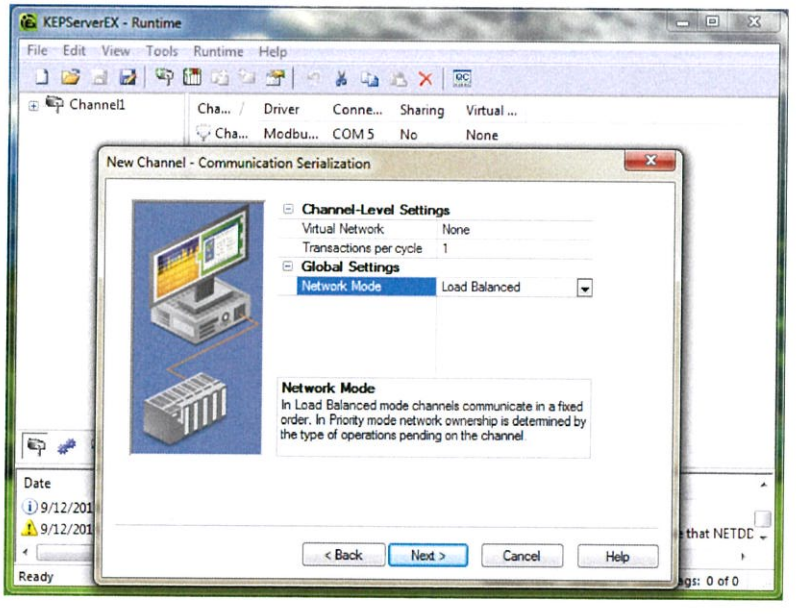
รูปที่ 3.20 การสร้าง channel

3.4.1.3 เลือกโปรโตคอลที่ใช้ในการสื่อสาร Modbus RTU Serial > Next



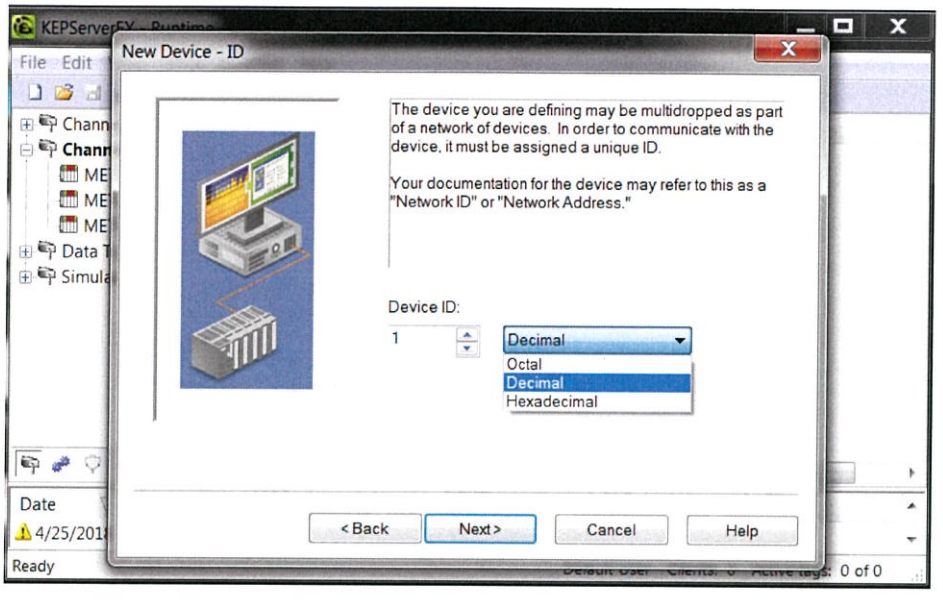
รูปที่ 3.21 การตั้งค่า channel

3.4.1.4 เลือก Network Mode เป็น Load Balanced > Next



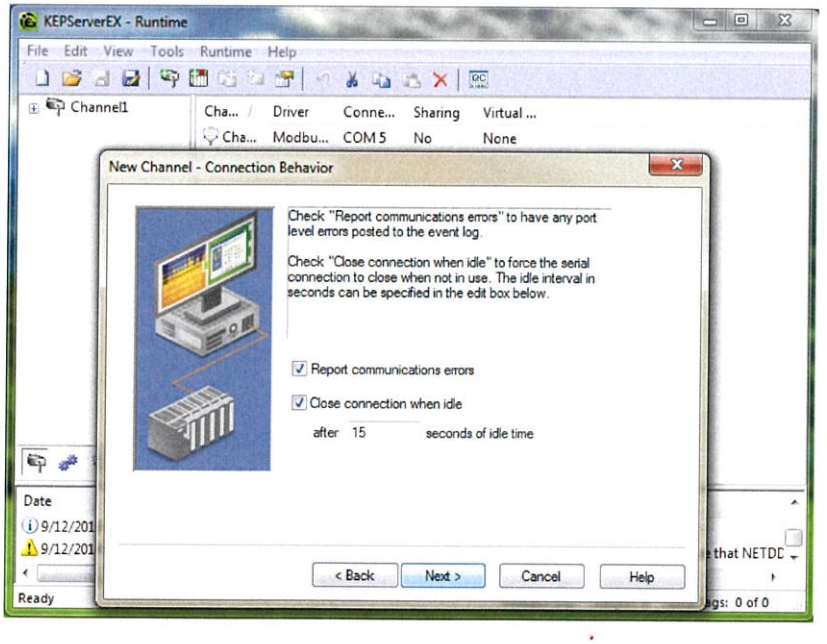
รูปที่ 3.22 การตั้งค่า Network Mode

3.4.1.5 Connection type เลือก COM Port > COM ID เลือก Port USB ที่กำลังใช้เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ > Baud rate = 9600 > Data bits = 8 > Parity = None > Stop bits = 1 > Next (ดูได้จากตารางที่ 3.6)



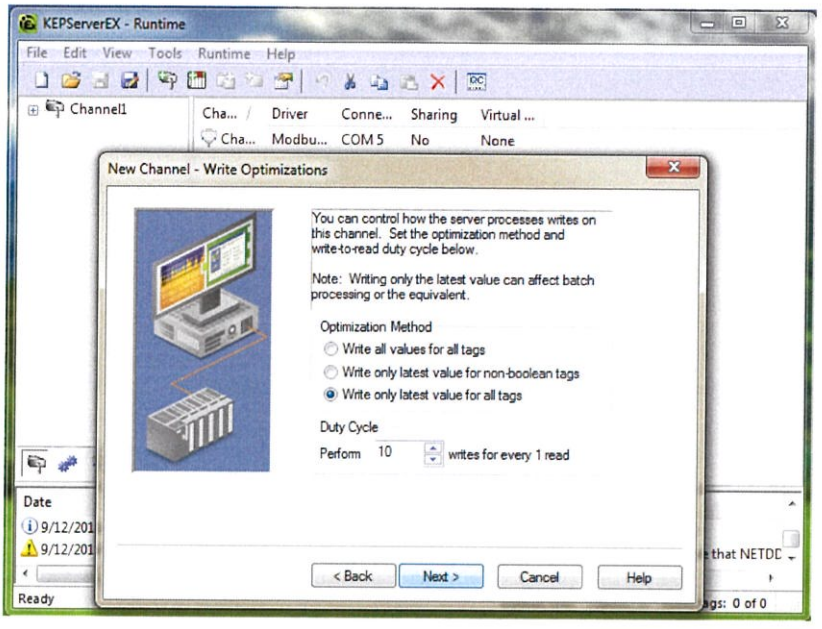
รูปที่ 3.23 การตั้งค่า Port การสื่อสาร

3.4.1.6 กำหนดการแจ้งเตือนเมื่อการสื่อสารเกิดมีข้อผิดพลาด > Next



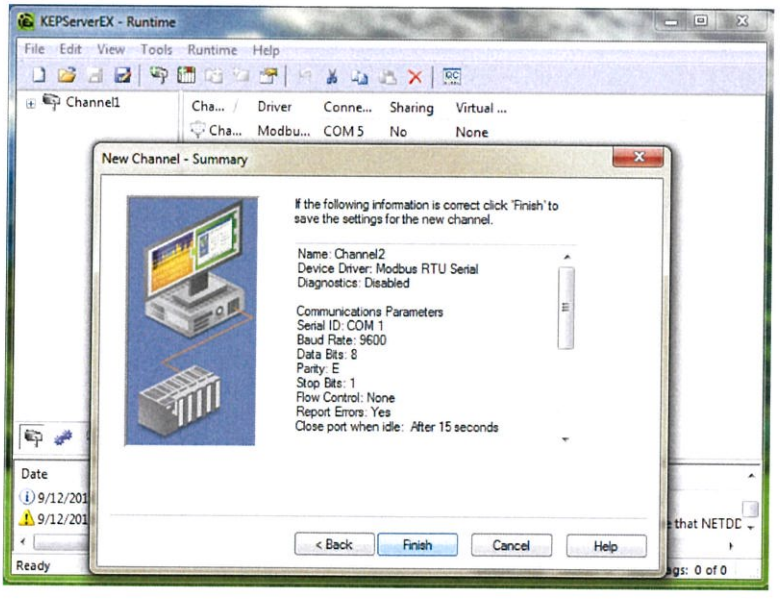
รูปที่ 3.24 กำหนดค่าการแจ้งเตือน Error

3.4.1.7 เลือก Write only latest value for all tags > Next



รูปที่ 3.25 กำหนดรูปแบบการ Update ข้อมูล

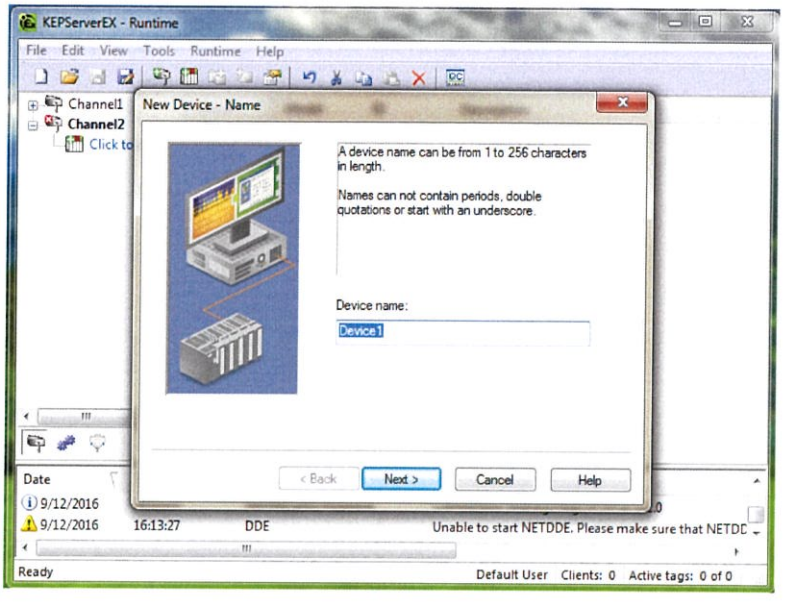
3.4.1.8 ตรวจสอบข้อมูลการตั้งค่า Chanel > Finish



รูปที่ 3.26 แสดงรายละเอียดการกำหนดค่า Chanel ที่สร้างเสร็จ

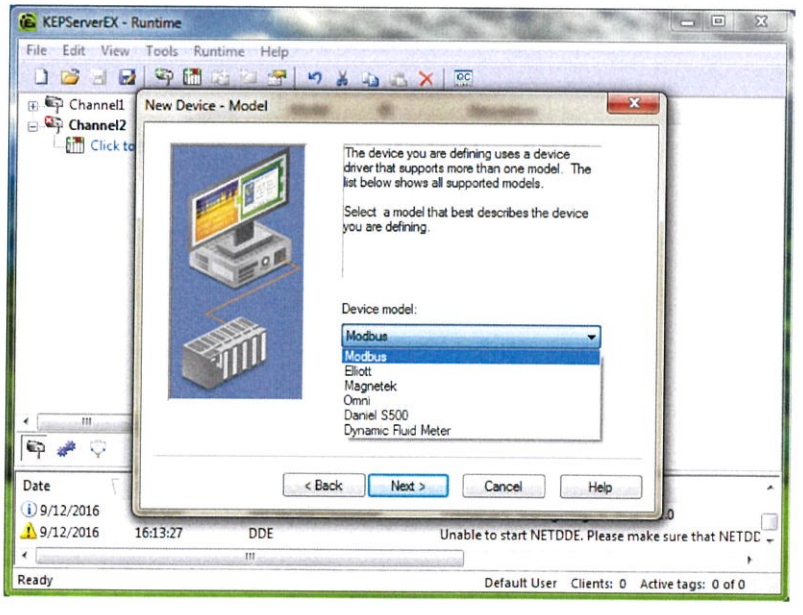
3.4.2 การสร้างและตั้งค่า Device

3.4.2.1 คลิกเลือก New Device ที่ Chanel ที่สร้างขึ้น > ตั้งชื่อ Device > Next



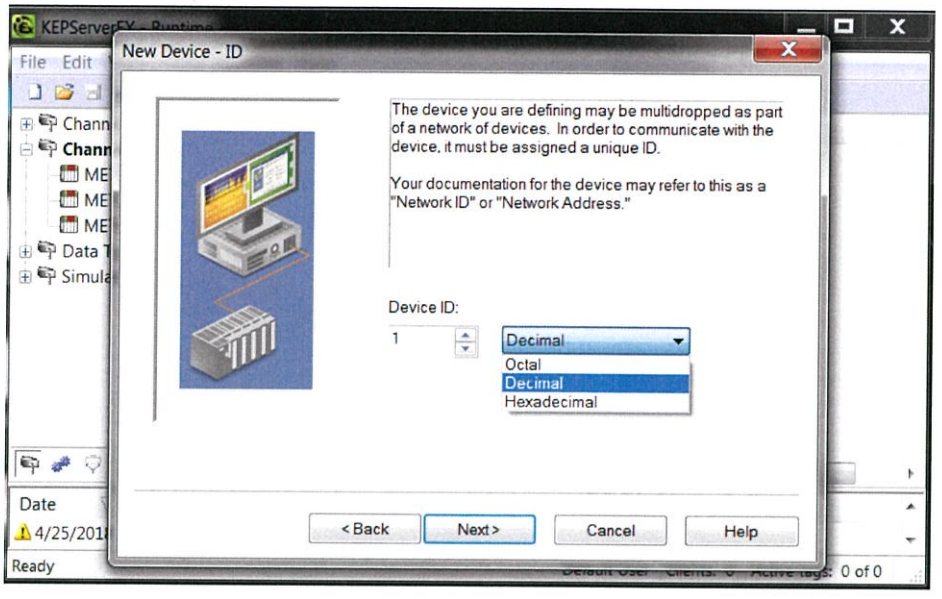
รูปที่ 3.27 การสร้างและตั้งค่า Device

3.4.2.2 Device model เลือก Modbus > Next



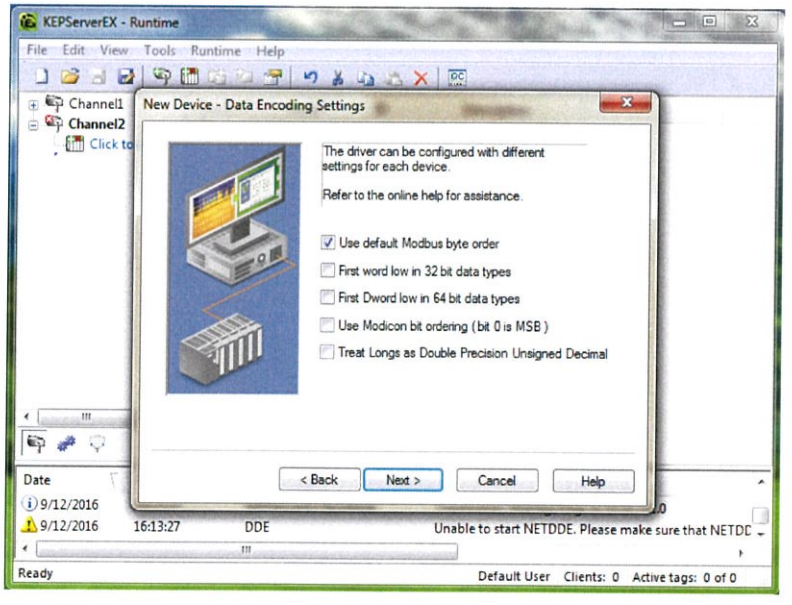
รูปที่ 3.28 การกำหนด Device Model

3.4.2.3 Device ID เลือก Modbus address ของเพาเวอร์มิเตอร์ > เลือก Decimal > Next



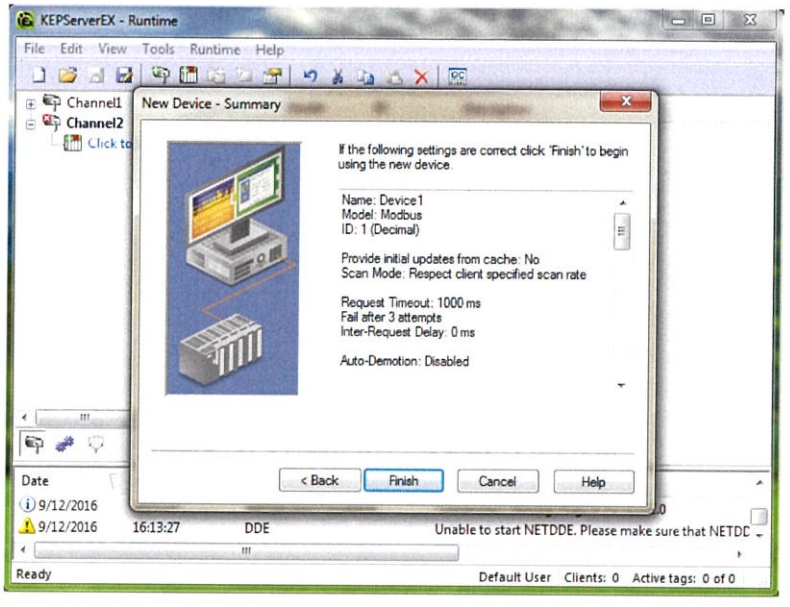
รูปที่ 3.29 การกำหนด MODBUS Address ของอุปกรณ์ที่ต้องการเชื่อมต่อ

3.10.2.4 คลิกเลือก Use default Modbus byte order > Next



รูปที่ 3.30 การกำหนดขนาดของข้อมูล

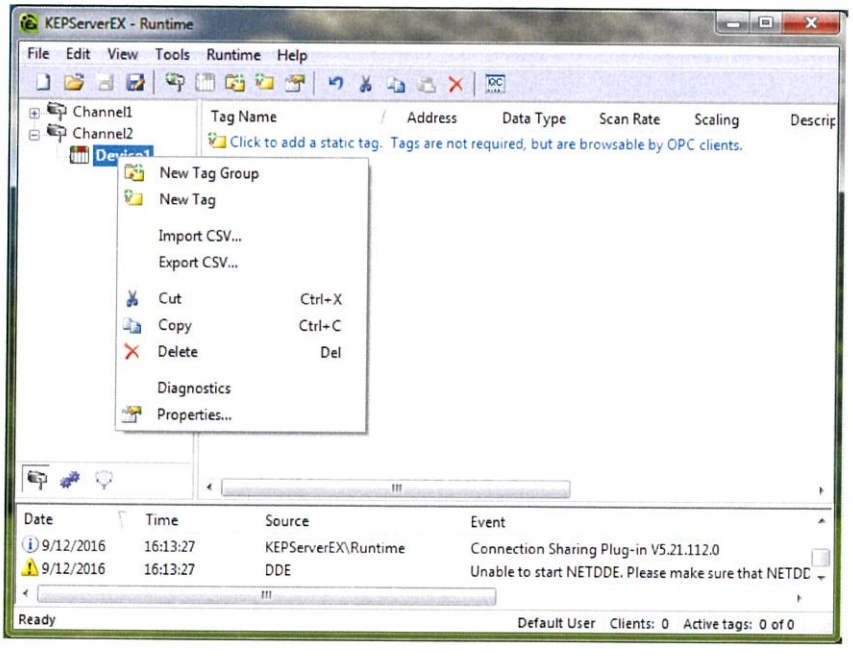
3.10.2.5 ตรวจสอบข้อมูลการตั้งค่า Device > Finish



รูปที่ 3.31 แสดงรายละเอียดการตั้งค่า Device ที่สร้างเสร็จ

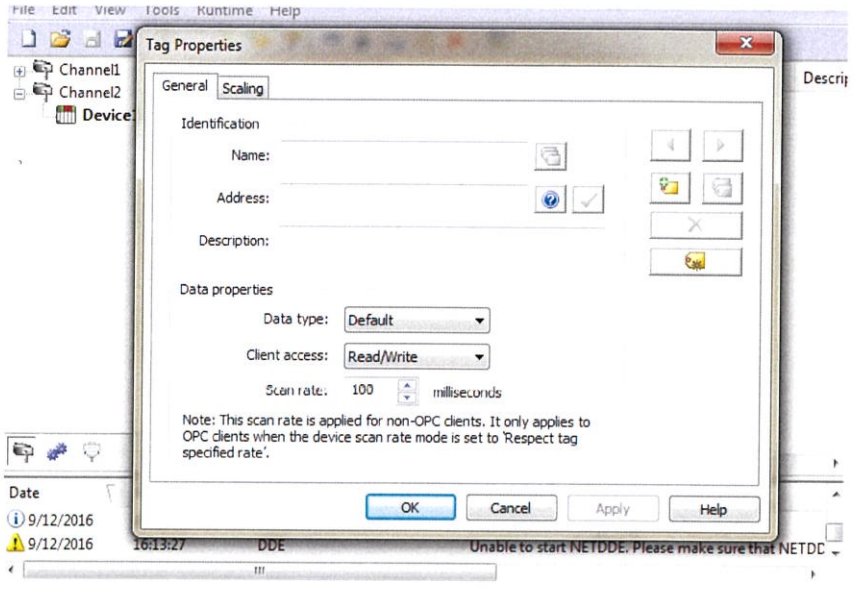
3.4.3 การสร้าง Tag Name

3.4.3.1 คลิกขวาที่ Device เลือก New Tag



รูปที่ 3.32 การสร้าง Tag Name

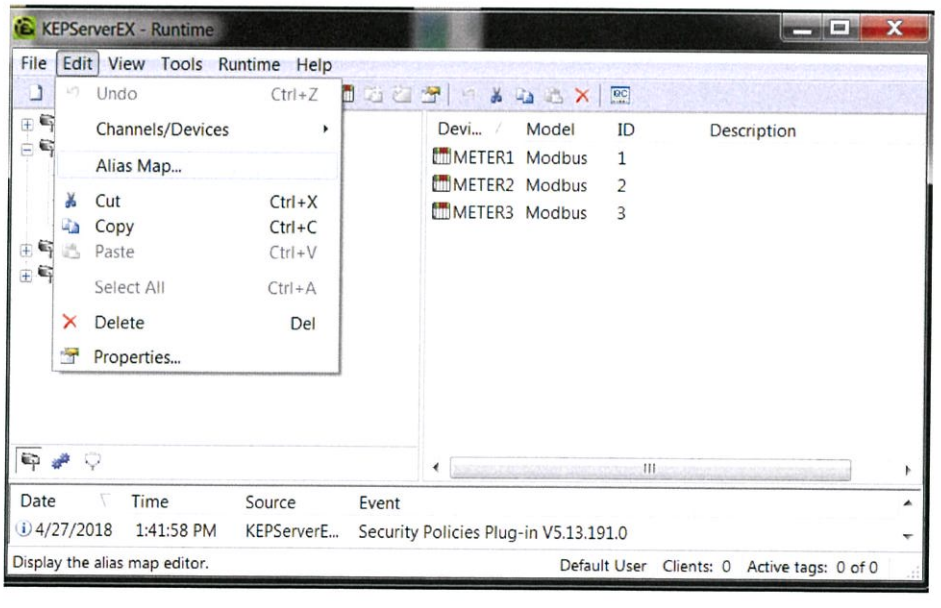
3.4.3.2 ตั้งชื่อ Tag Name > กำหนดค่า Modbus Item > OK



รูปที่ 3.33 การตั้งชื่อ Tag Name และกำหนด Item

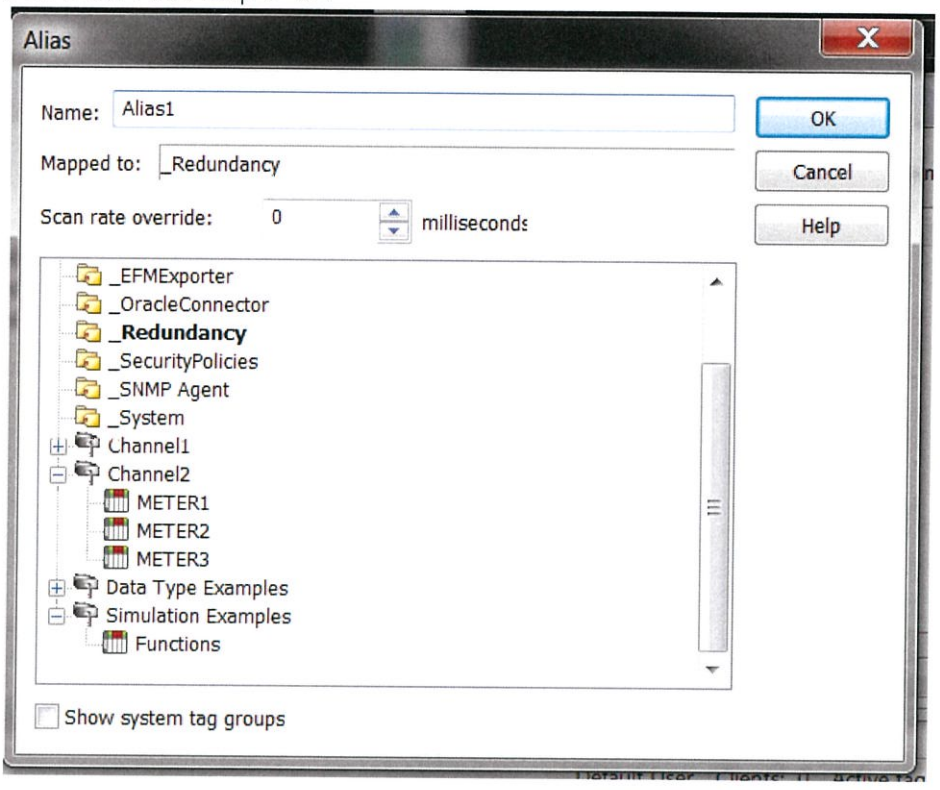
3.4.4 ตั้งค่าการรับ-ส่งข้อมูลระหว่าง Kepware และ Wonderware Intouch

3.4.4.1 การสร้าง Alias Map > คลิก Edit > เลือก Alias Map



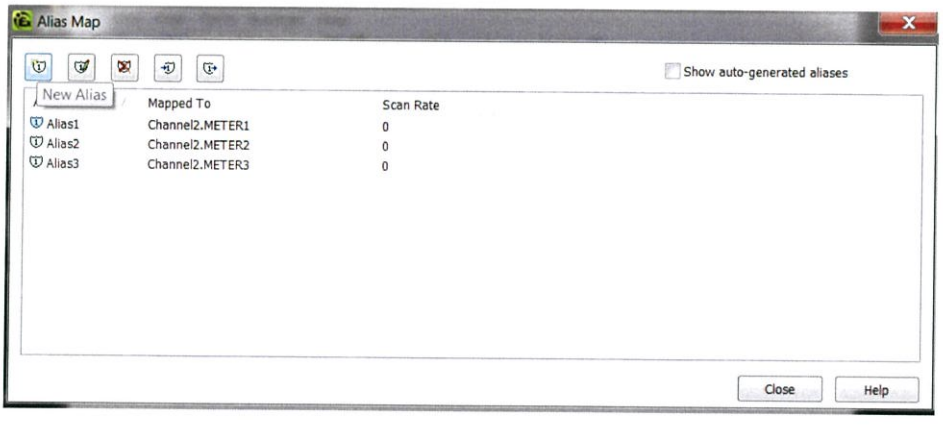
รูปที่ 3.34 การสร้าง Alias Map

3.4.4.2 ตั้งชื่อ Alias Map > OK



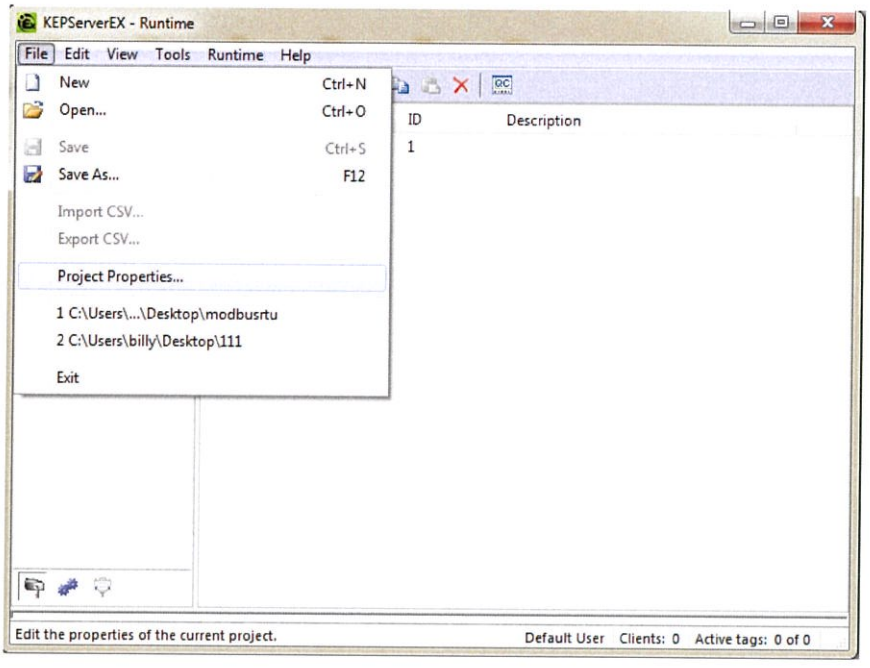
รูปที่ 3.35 การตั้งชื่อ Alias Map

3.4.4.3 หน้าแสดง Alias Map ที่เราสร้างขึ้น > Close



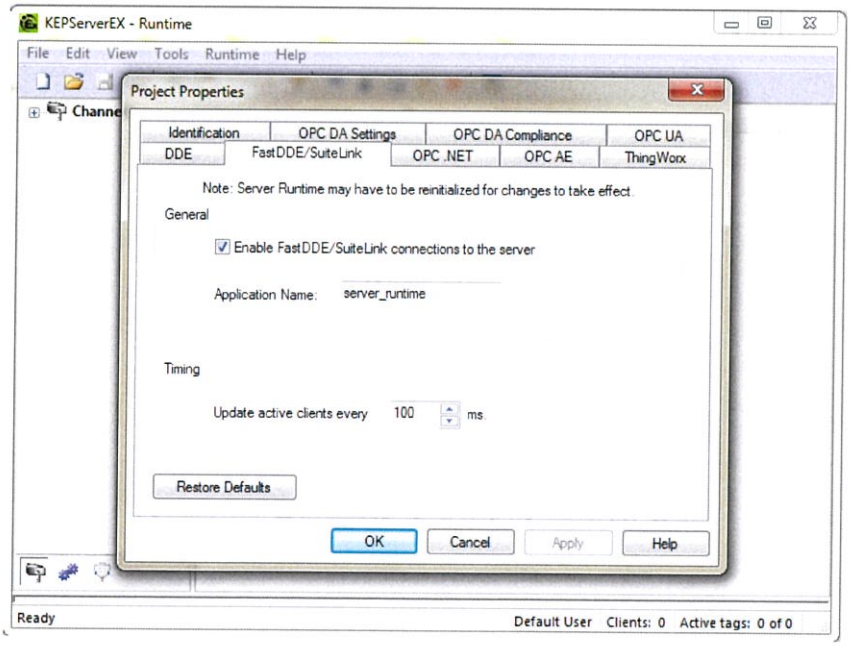
รูปที่ 3.36 หน้าต่างแสดง Alias Map ที่สร้างเสร็จ

3.4.4.4 เปิดใช้งาน Fast DDE /Suite Link > คลิก File > Project Properties



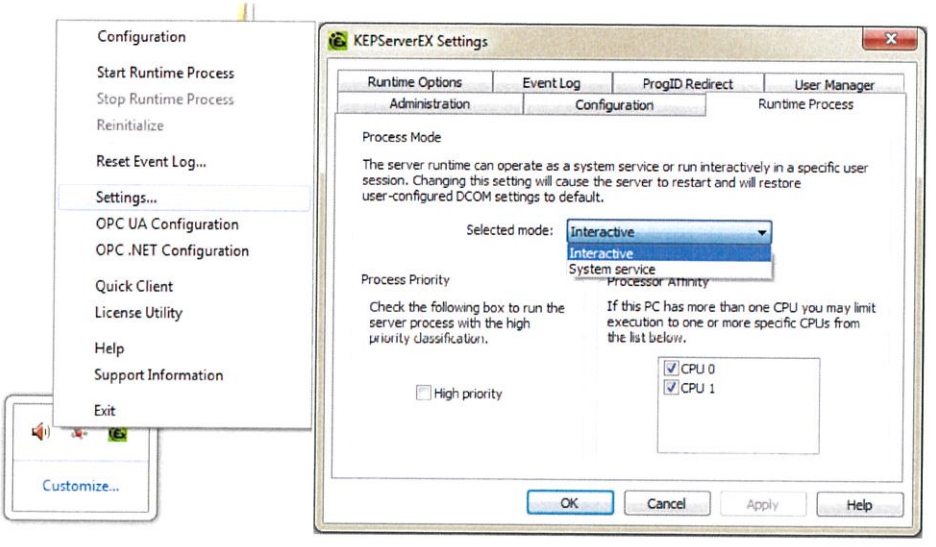
รูปที่ 3.37 การเปิดใช้งาน Fast DDE /Suite Link

3.4.4.5 คลิก Fast DDE /Suite Link > คลิกเลือก Enable Fast DDE /Suite Link connection to the server > ตั้งชื่อ Application Name > OK



รูปที่ 3.38 หน้าต่าง Fast DDE /Suite Link

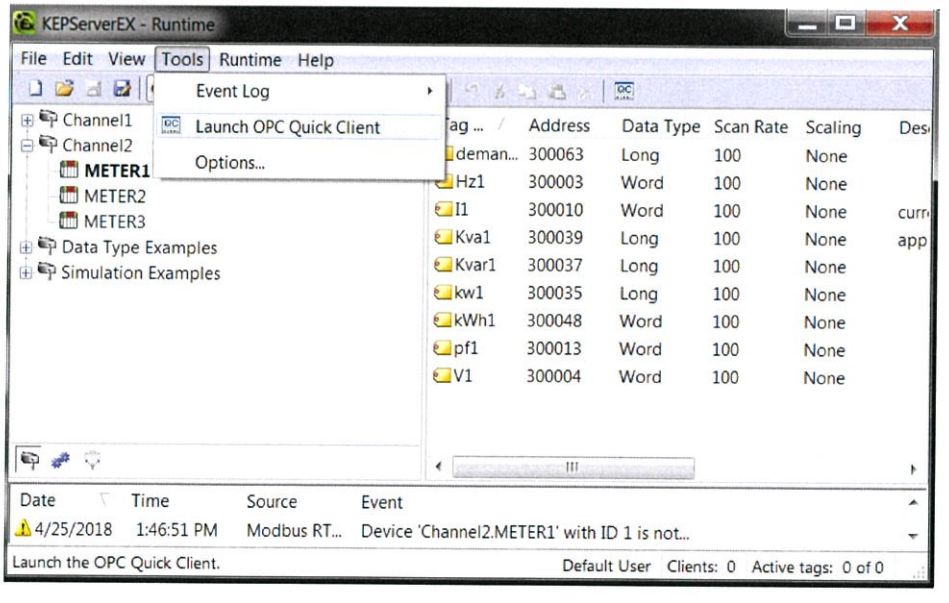
3.4.4.6 ตั้งค่าโหมดในการ Runtime > คลิกขวาที่ไอคอน Kepware หน้า Desktop Window > setting > Runtime Process > Selected mode เลือก Interactive > Apply > OK



รูปที่ 3.39 ตั้งค่าโหมดในการ Runtime

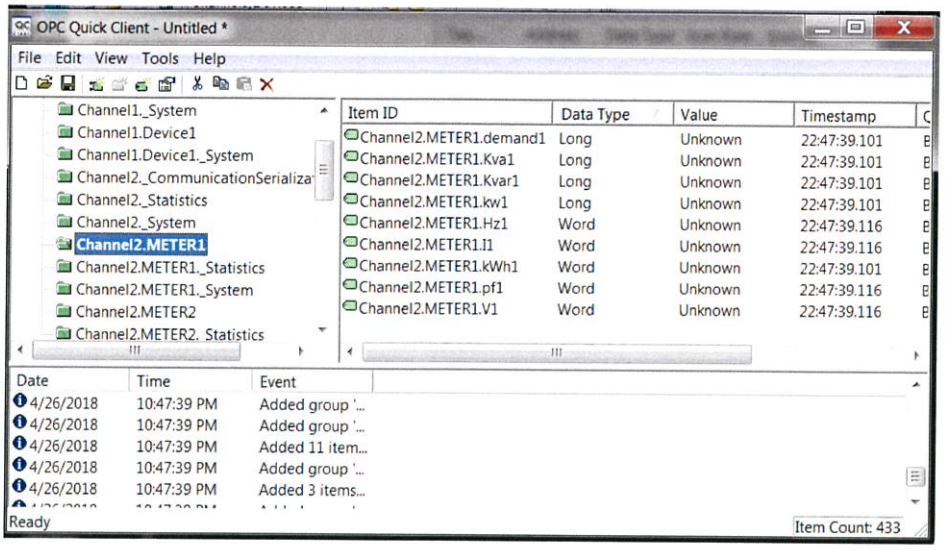
3.4.5 การเปิดใช้งาน Runtime

3.4.5.1 คลิกไอคอน Quick Client แถบเมนูด้านบน



รูปที่ 3.40 การเปิดใช้งาน Runtime

3.4.5.2 คลิกเลือก Chanel ที่ใช้งาน > คลิกเลือก Device ที่ใช้งาน

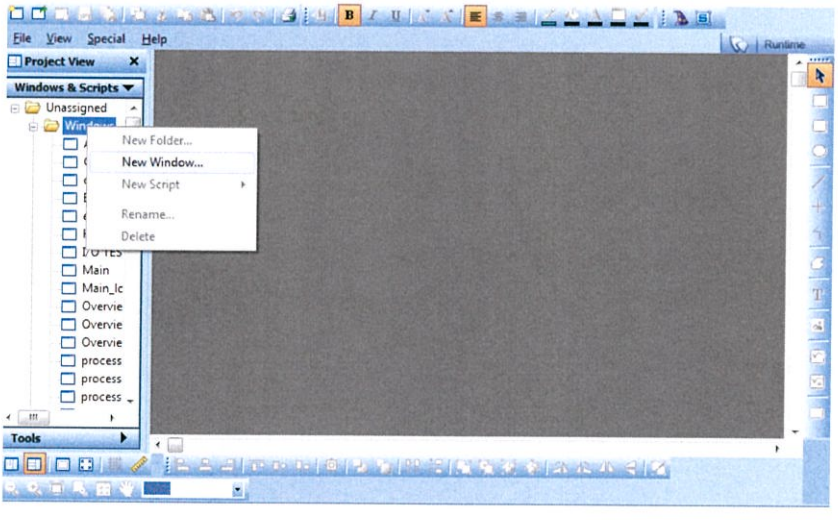


รูปที่ 3.41 หน้าต่างแสดงการ Runtime

3.5 การสร้างหน้า Monitoring ด้วยซอฟต์แวร์ Wonderware InTouch และการตั้งค่า

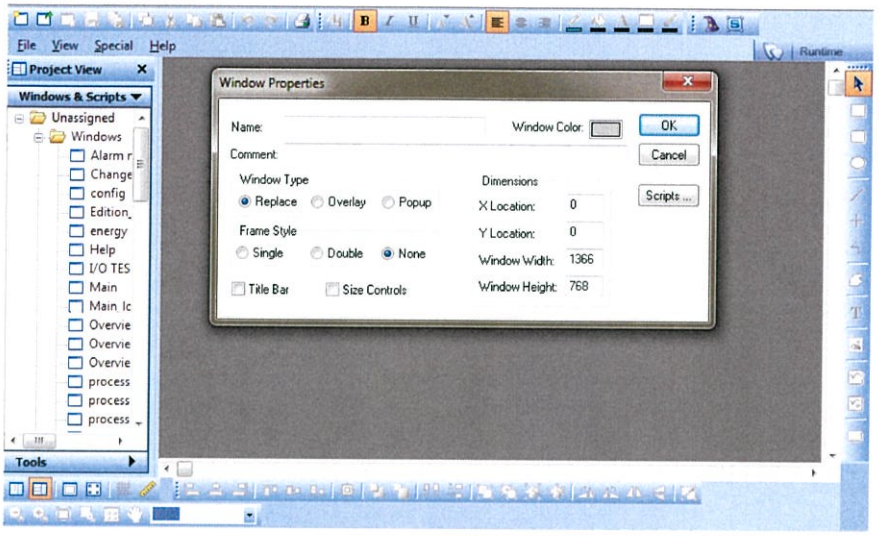
3.5.1 การสร้างและกำหนดค่า Window

3.5.1.1 เปิดโปรแกรม Wonder ware InTouch > คลิกขวาที่โฟลเดอร์ Window > New Window



รูปที่ 3.42 หน้าต่างโปรแกรม Wonderware InTouch

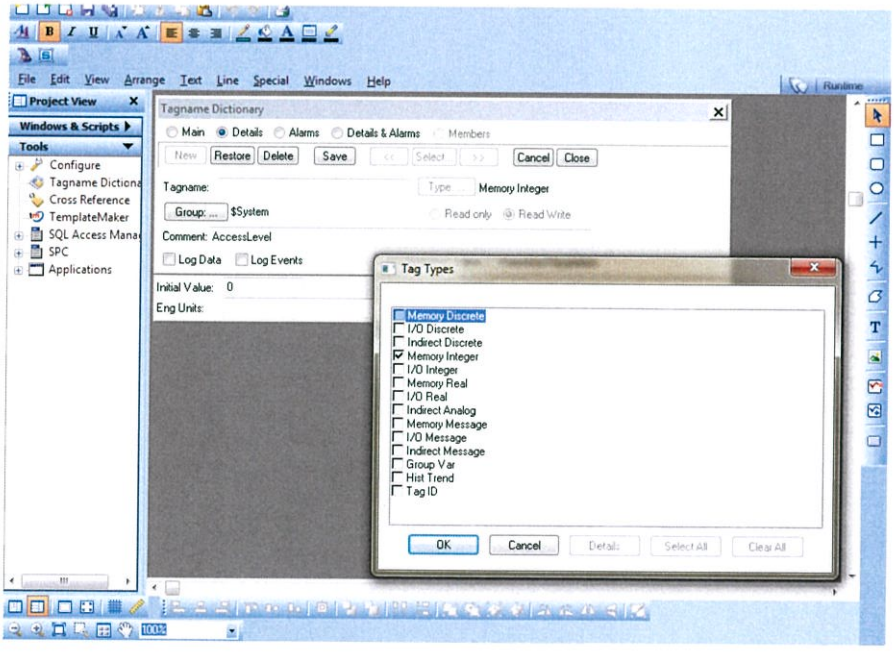
3.5.1.2 ตั้งค่า Window > Window Type: Replace > Frame Style: None > X Location: 0 > Y Location: 0 > Window Width: 1100 (ตามขนาดหน้าจอแสดงผล) > Window Height: 1000 (ตามขนาดหน้าจอแสดงผล)



รูปที่ 3.43 การสร้างและกำหนดค่า Window

3.5.2 การสร้างและกำหนดค่า Tag Name

3.5.2.1 คลิก Tagname Dictionary > New > ตั้งชื่อ Tagname > เลือก Type > กำหนดค่าสเกล EU และ Raw > เลือก Access Name > กำหนดค่า Item > Save > Close



รูปที่ 3.44 การสร้างและกำหนดค่า Tag Name

ตารางที่ 3.5 การกำหนดค่า Tag Name สำหรับMeter1

Intouch Tag Name	Type	Item	Access Name
M1v_L1	I/O Real	30269	Meter1
M1v_L2	I/O Real	PD90:SPS	Meter1
M1v_L3	I/O Real	PD9:0.CVP	Meter1
M1c_L1	I/O Real	30010	Meter1
M1c_L2	I/O Real	PD9:0.KC	Meter1
M1c_L3	I/O Real	PD9:0.Ti	Meter1
M1_KVAR	I/O Real	PD9:0.TD	Meter1
M1_KVA	I/O Real	PD9:0.MAXS	Meter1
M1_DEMAND	I/O Real	PD9:0.MINS	Meter1
M1_KWH	I/O Real	30048	Meter1
M1_KW	I/O Real	O:0/0	Meter1
M1_PF	I/O Real	30003	Meter1
M1_HZ	I/O Real	30004	Meter1

ตารางที่ 3.6 การกำหนดค่า Tag Name สำหรับMeter2

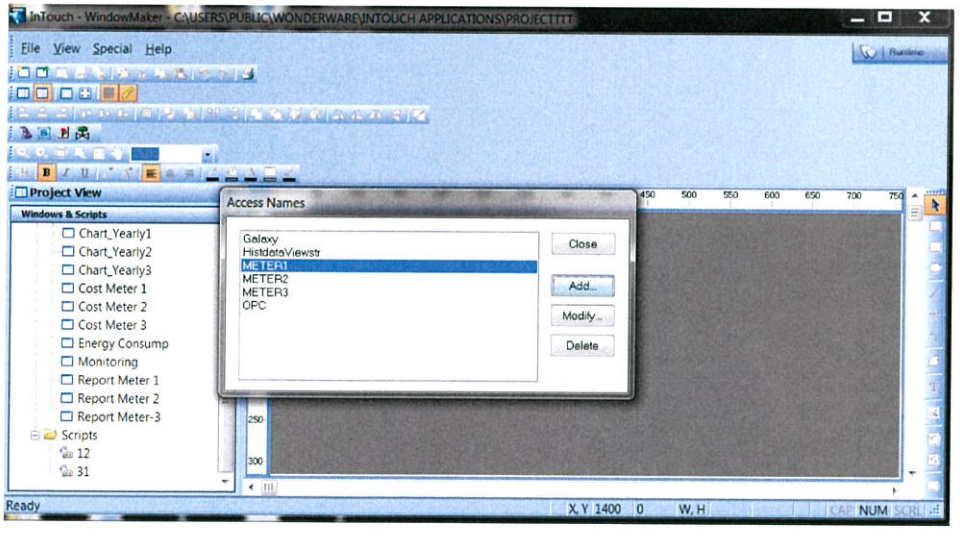
Intouch Tag Name	Type	Item	Access Name
M2v_L1	I/O Real	30257	Meter2
M2v_L2	I/O Real	PD90:SPS	Meter2
M2v_L3	I/O Real	PD9:0.CVP	Meter2
M2c_L1	I/O Real	30269	Meter2
M2c_L2	I/O Real	PD9:0.KC	Meter2
M2c_L3	I/O Real	PD9:0.Ti	Meter2
M2_KVAR	I/O Real	30289	Meter2
M2_KVA	I/O Real	30283	Meter2
M2_DEMAND	I/O Real	30519	Meter2
M2_KWH	I/O Real	30551	Meter2
M2_KW	I/O Real	30277	Meter2
M2_PF	I/O Real	30004	Meter2
M2_HZ	I/O Real	30005	Meter2

ตารางที่ 3.7 การกำหนดค่า Tag Name สำหรับMeter3

Intouch Tag Name	Type	Item	Access Name
M3v_L1	I/O Real	PD9:0.SPV	Meter3
M3v_L2	I/O Real	PD90:SPS	Meter3
M3v_L3	I/O Real	PD9.0.CVP	Meter3
M3c_L1	I/O Real	30016@long	Meter3
M3c_L2	I/O Real	PD9:0.KC	Meter3
M3c_L3	I/O Real	PD9:0.Ti	Meter3
M3_KVAR	I/O Real	PD9:0.TD	Meter3
M3_KVA	I/O Real	PD9:0.MAXS	Meter3
M3_DEMAND	I/O Real	PD9:0.MINS	Meter3
M3_KWH	I/O Real	PD9:0.LUT	Meter3
M3_KW	I/O Real	O:0/0	Meter3
M3_PF	I/O Real	B3:0/6	Meter3
M3_HZ	I/O Real	B3:0/1	Meter3

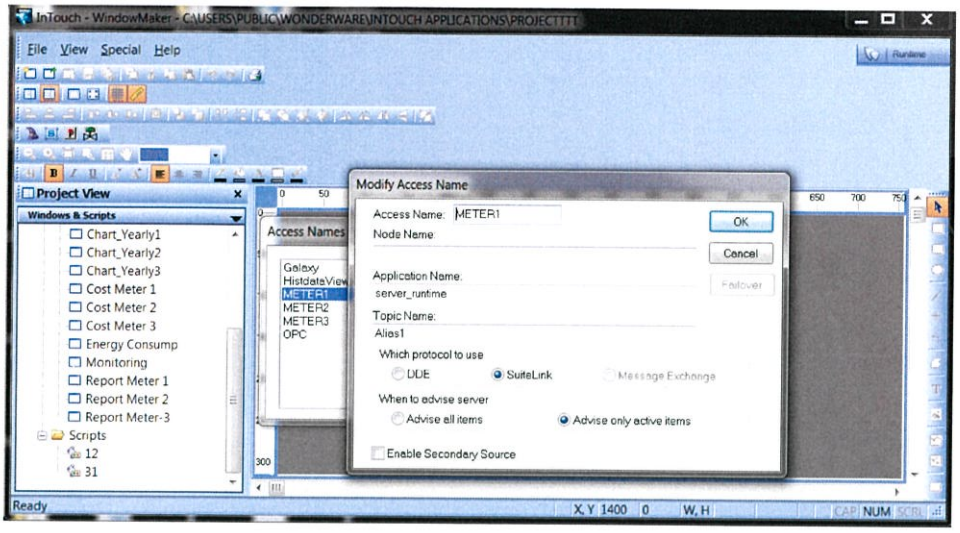
3.5.3 การสร้างและกำหนดค่า Access Name

3.5.3.1 คลิก Tools > Configure > Access Name > Add



รูปที่ 3.45 การสร้าง Access Name

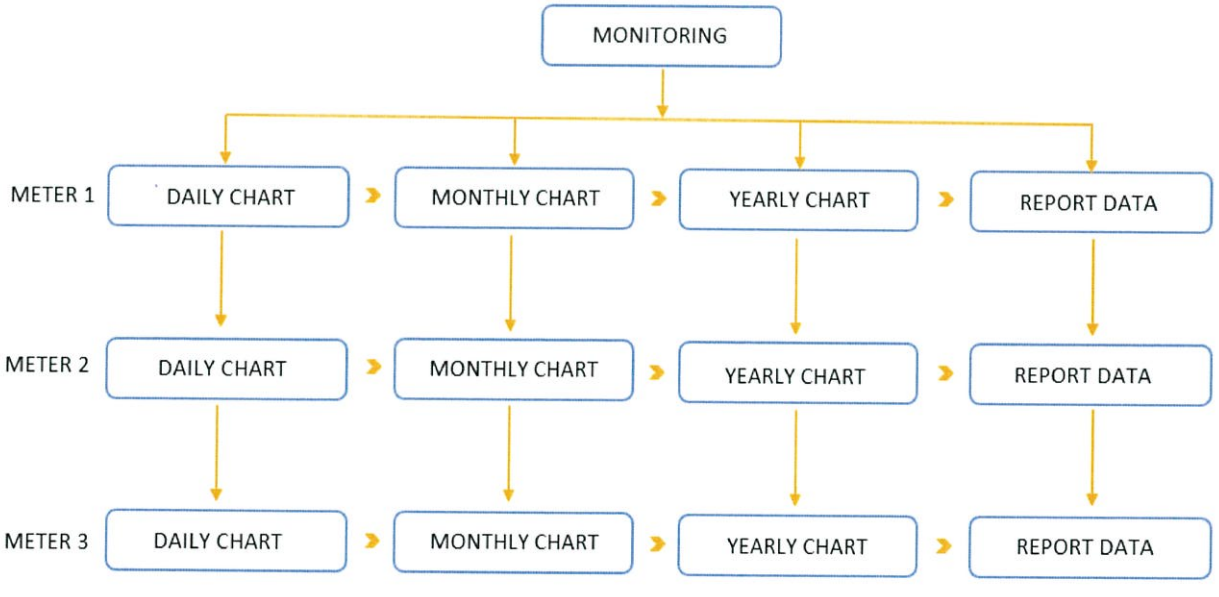
3.5.3.2 เพาเวอร์มิเตอร์ Access Name > ตั้งชื่อ Access > Application Name : > Topic Name: ชื่อ Alias map > DDE > OK



รูปที่ 3.46 หน้าต่างการกำหนดค่า Access Name ของเพาเวอร์มิเตอร์

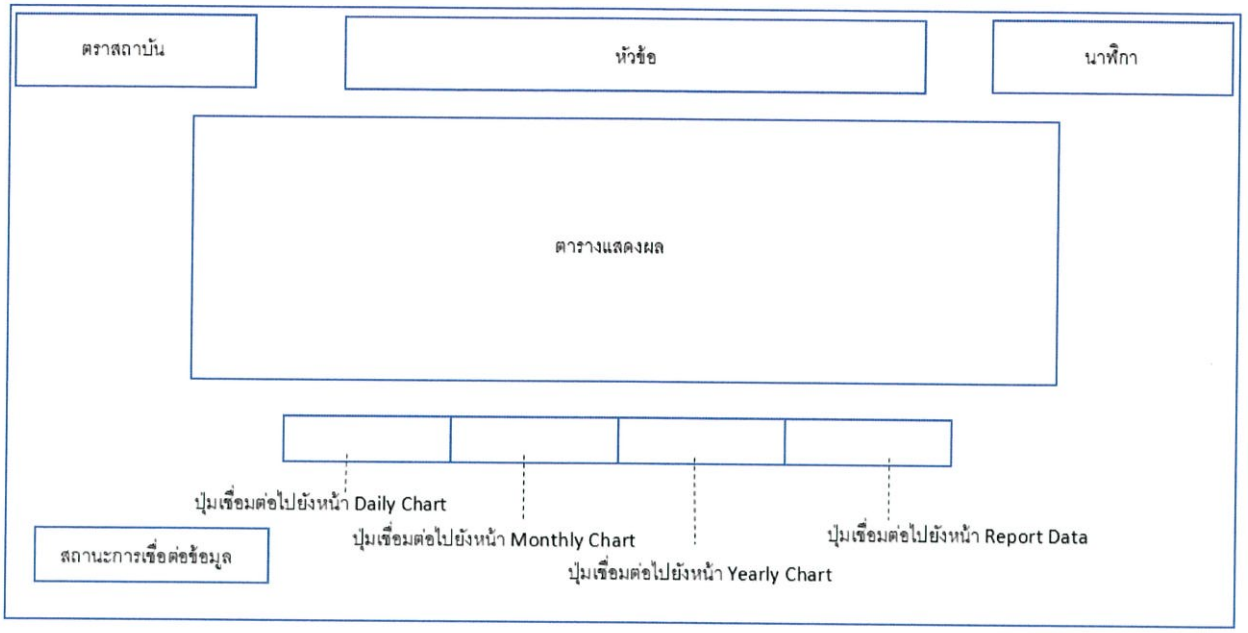
3.5.4 กราฟิก Monitoring

3.5.4.1 แบบการจำลองการเชื่อมต่อหน้าต่างการแสดงผลของ HMI



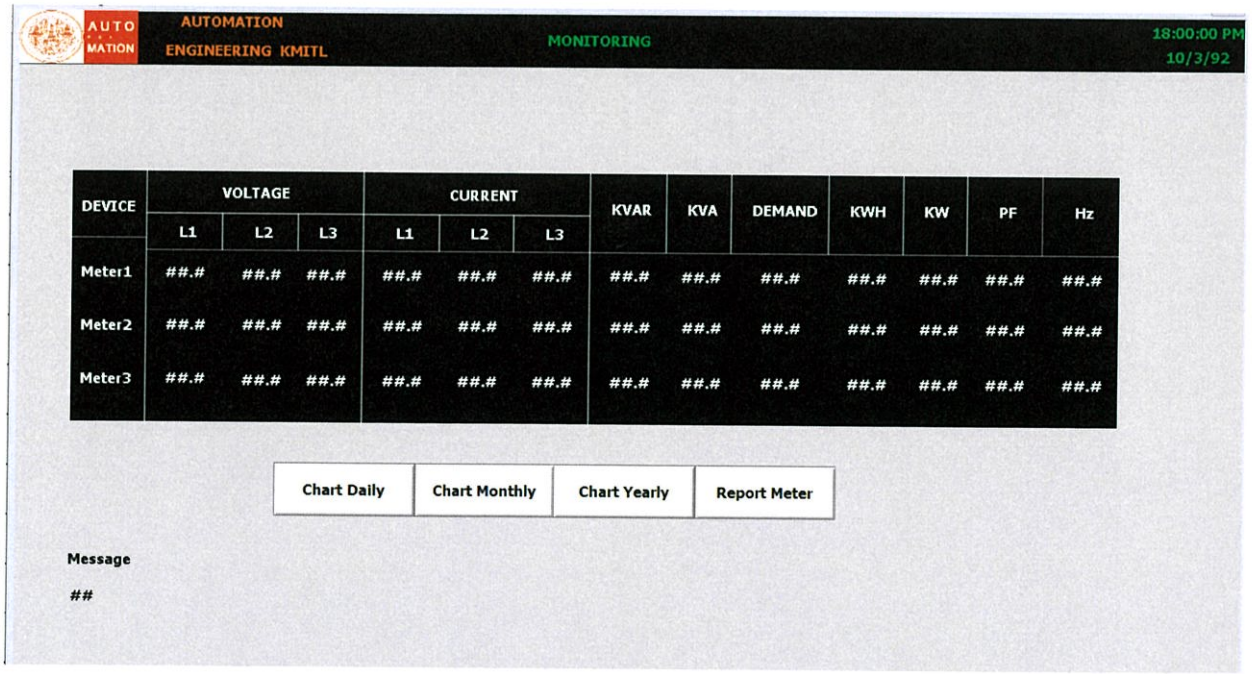
รูปที่ 3.47 แบบการจำลองการเชื่อมต่อหน้าต่างการแสดงผลของ HMI

3.5.4.2 การออกแบบหน้ากราฟิก Monitoring ค่าพารามิเตอร์แบบ Real Time



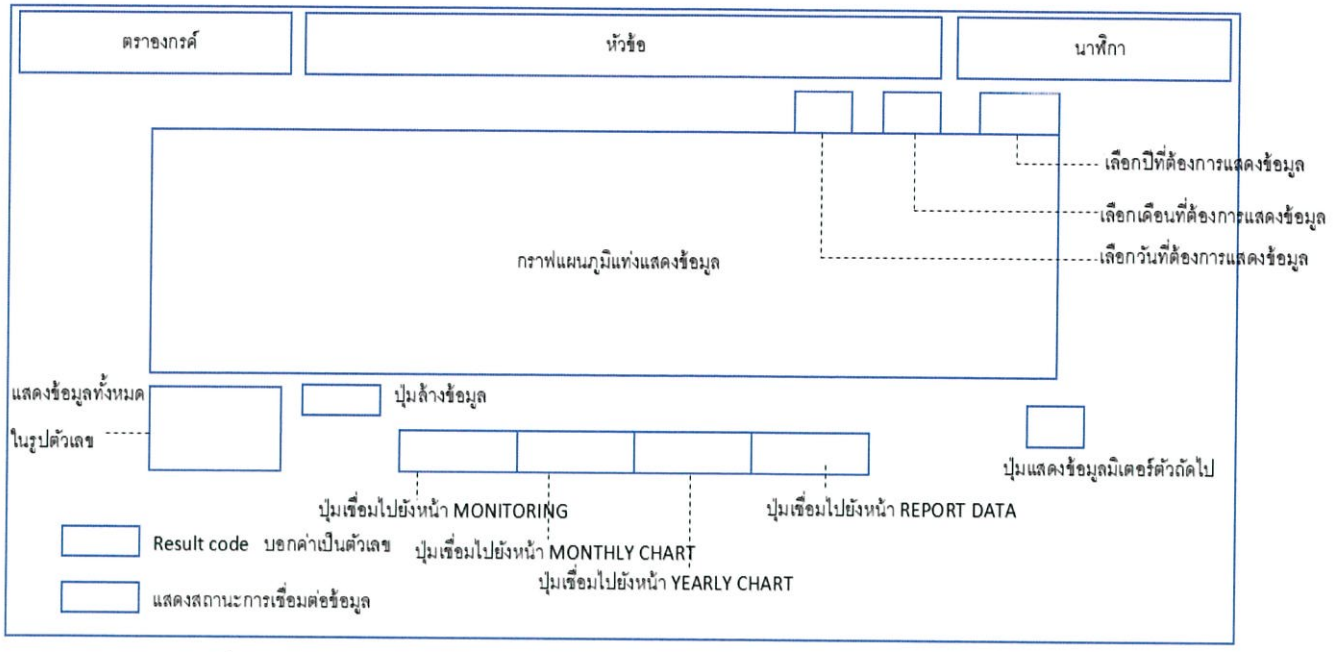
รูปที่ 3.48 การออกแบบกราฟฟิกการติดตามค่าพลังงานพารามิเตอร์แบบ Real Time

3.5.4.2.1 หน้ากราฟิก Monitoring ค่าพารามิเตอร์แบบ Real Time



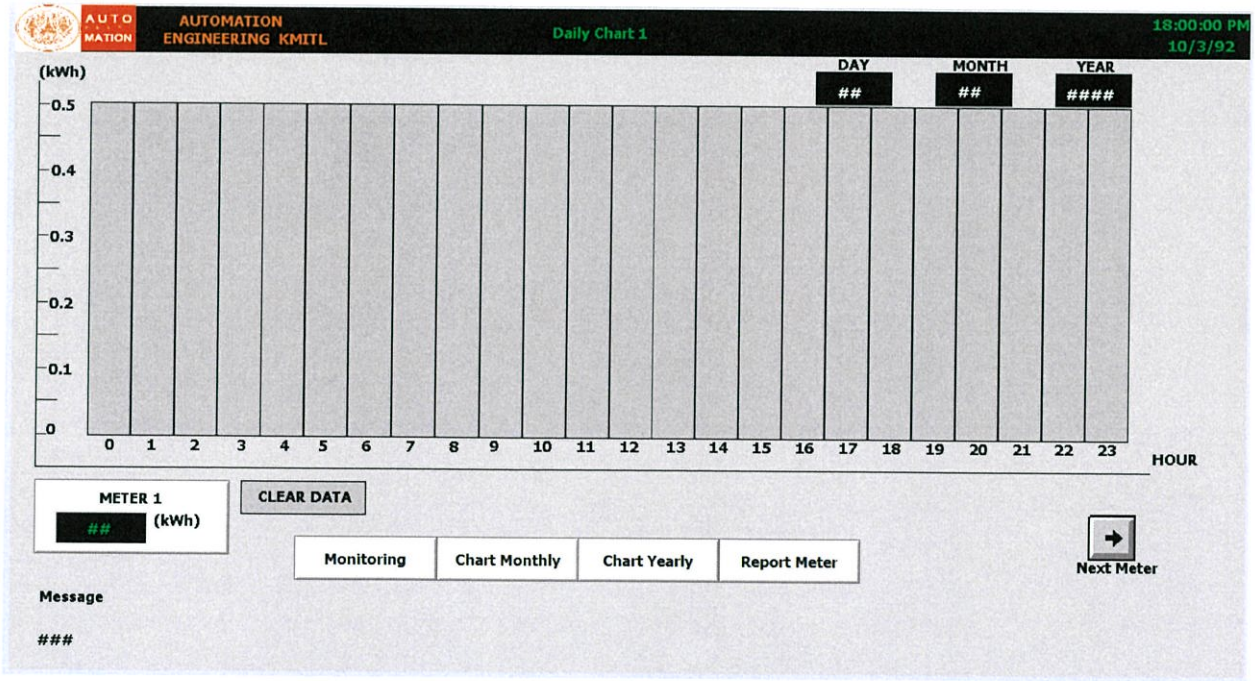
รูปที่ 3.49 หน้าติดตามค่าพลังงานพารามิเตอร์แบบ Real Time

3.5.4.3 การออกแบบกราฟฟิกแสดงการใช้พลังงานแต่ละวันโดยแสดงเป็นรายชั่วโมง



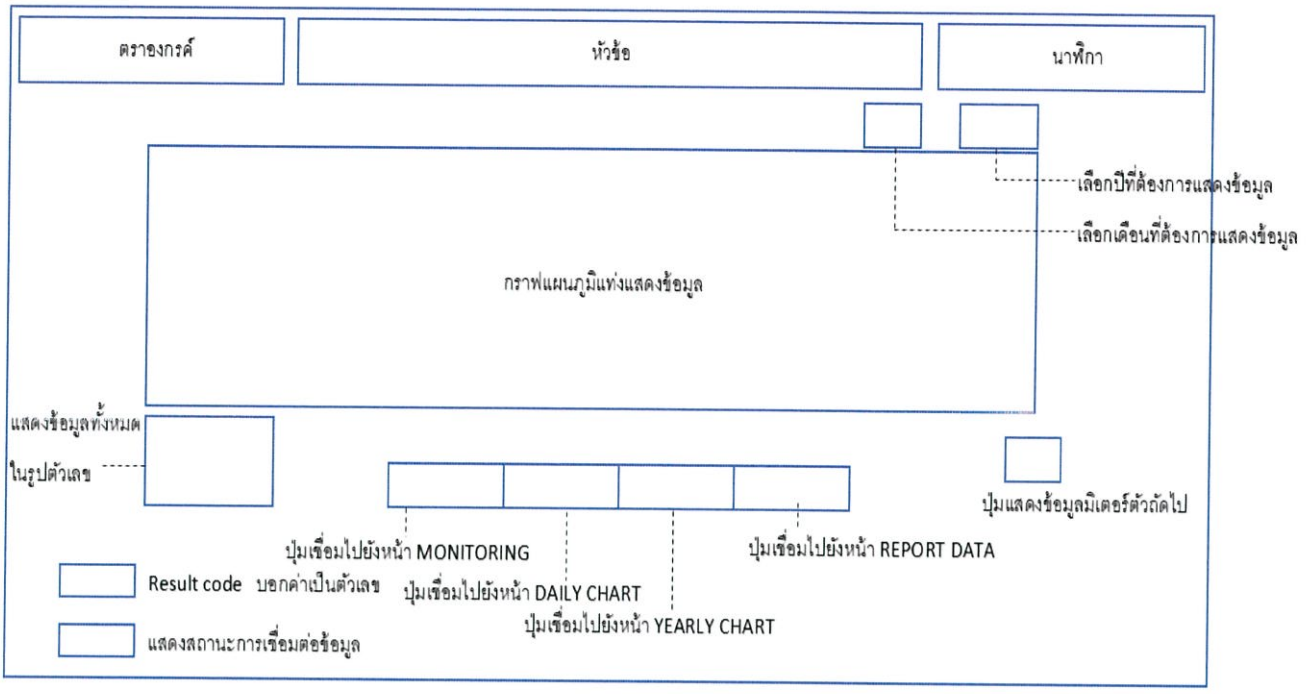
รูปที่ 3.50 การออกแบบกราฟฟิกแสดงการใช้พลังงานแต่ละวันของเพาเวอร์มิเตอร์

3.5.4.3.1 การสร้างกราฟแผนภูมิแท่งแสดงการใช้พลังงานแต่ละวันโดยแสดงเป็นรายชั่วโมง



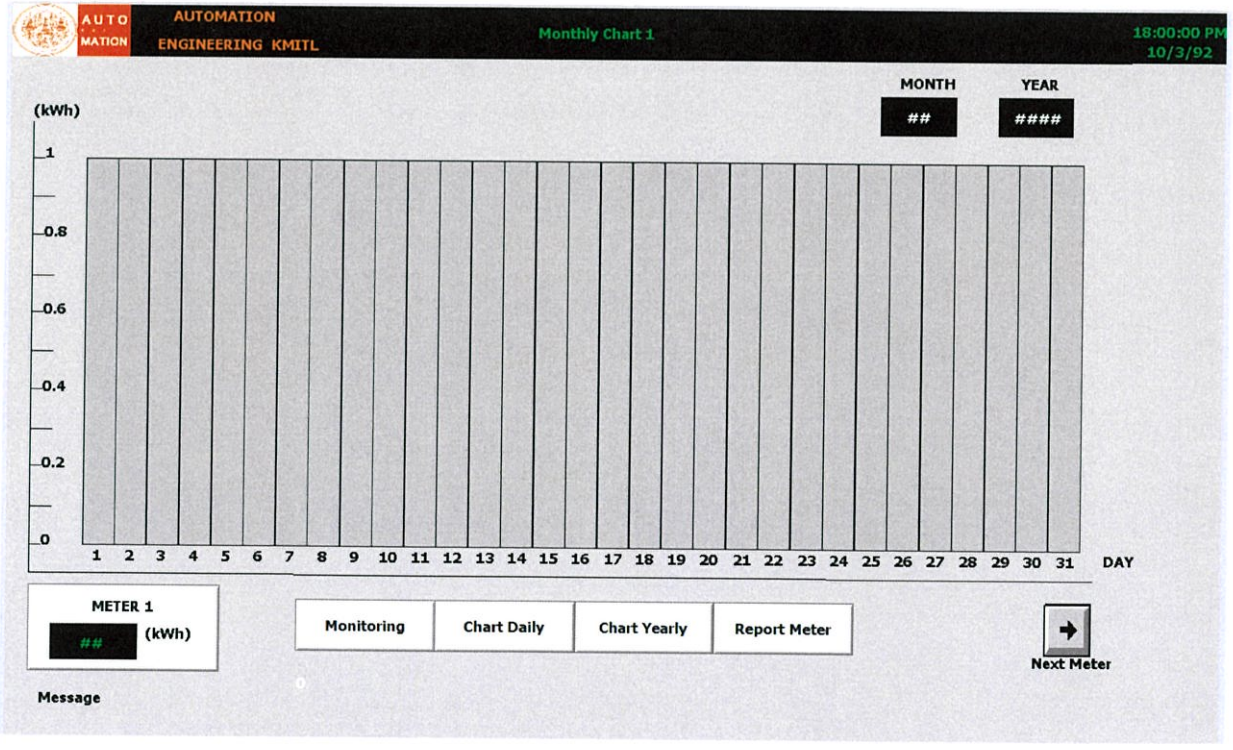
รูปที่ 3.51 แผนภูมิแท่งแสดงการใช้พลังงานแต่ละวันของเพาเวอร์มิเตอร์

3.5.4.2 การออกแบบกราฟฟิกแสดงการใช้พลังงานแต่ละเดือนโดยแสดงเป็นรายวัน



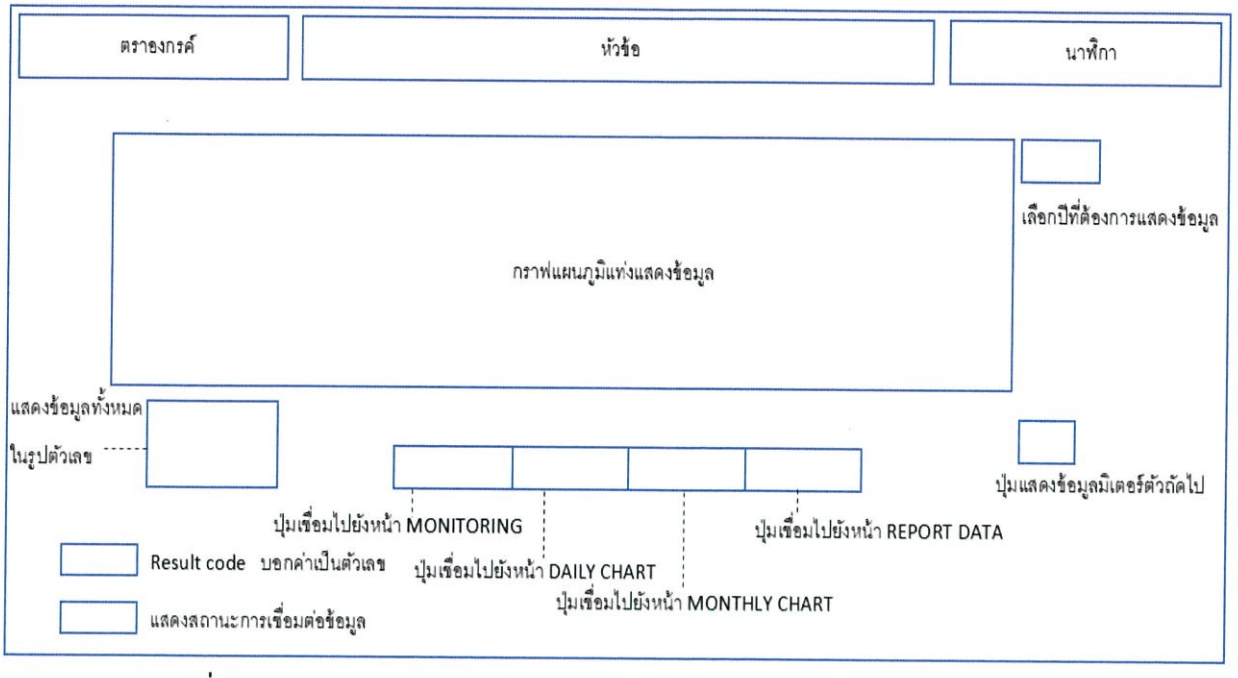
รูปที่ 3.52 การออกแบบกราฟฟิกแสดงการใช้พลังงานแต่ละเดือนของเพาเวอร์มิเตอร์

3.5.4.2 การสร้างกราฟแผนภูมิแท่งแสดงการใช้พลังงานแต่ละเดือนโดยแสดงเป็นรายวัน



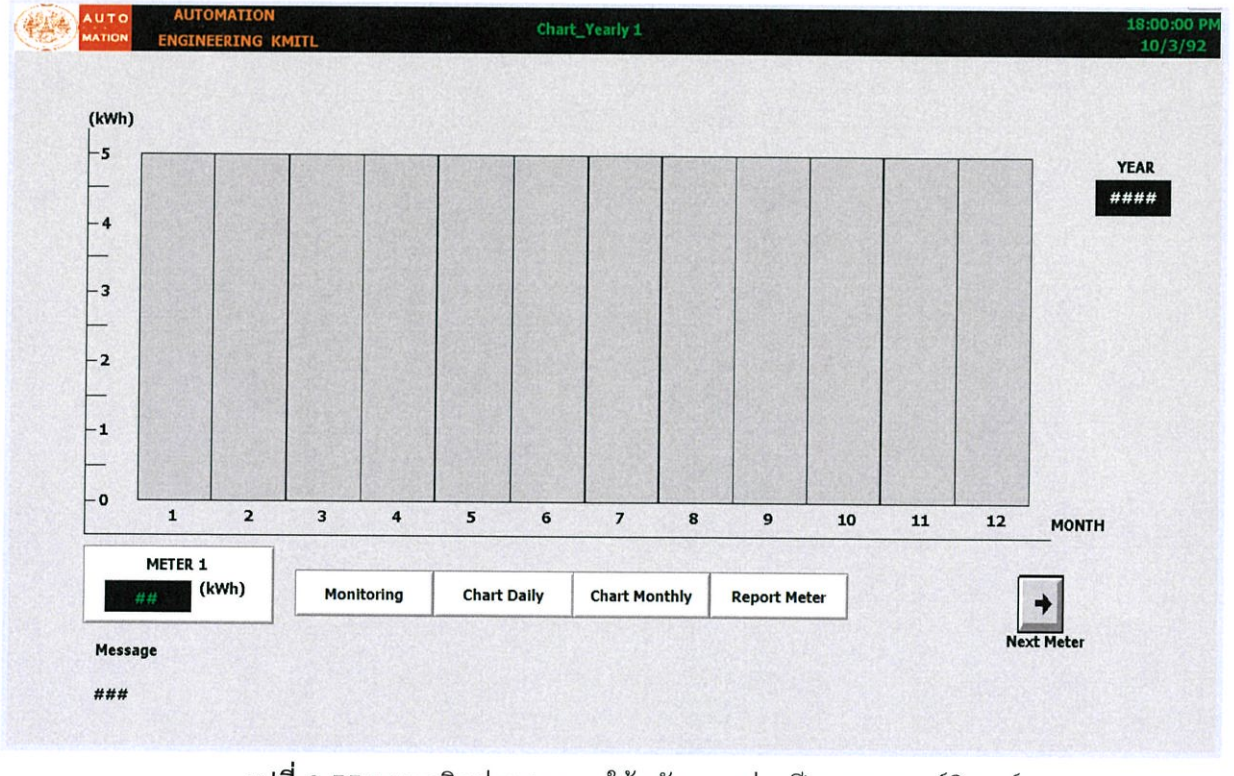
รูปที่ 3.53 แผนภูมิแท่งแสดงการใช้พลังงานแต่ละเดือนของเพาเวอร์มิเตอร์

3.5.4.3 การสร้างกราฟฟิกแสดงการใช้พลังงานแต่ละปีโดยแสดงเป็นรายเดือน



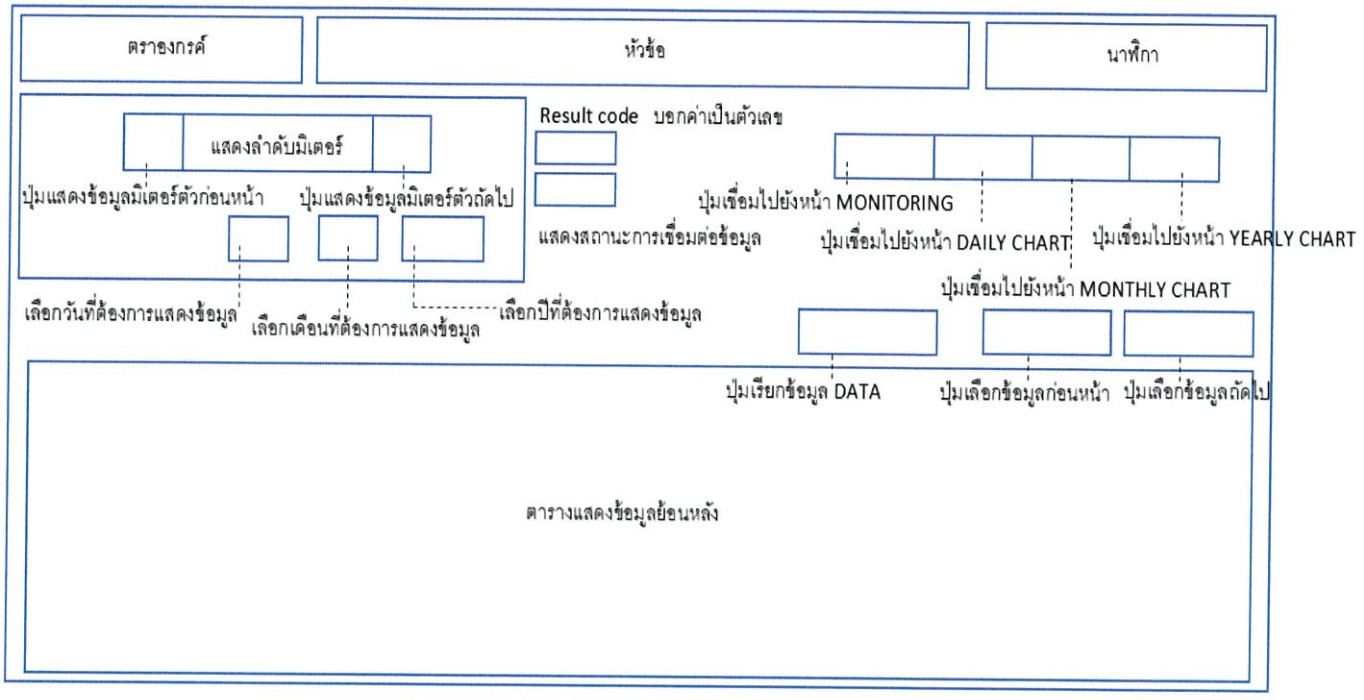
รูปที่ 3.54 การออกแบบกราฟฟิกแสดงการใช้พลังงานแต่ละปีของเพาเวอร์มิเตอร์

3.5.4.3 การสร้างกราฟแผนภูมิแท่งแสดงการใช้พลังงานแต่ละปีโดยแสดงเป็นรายเดือน



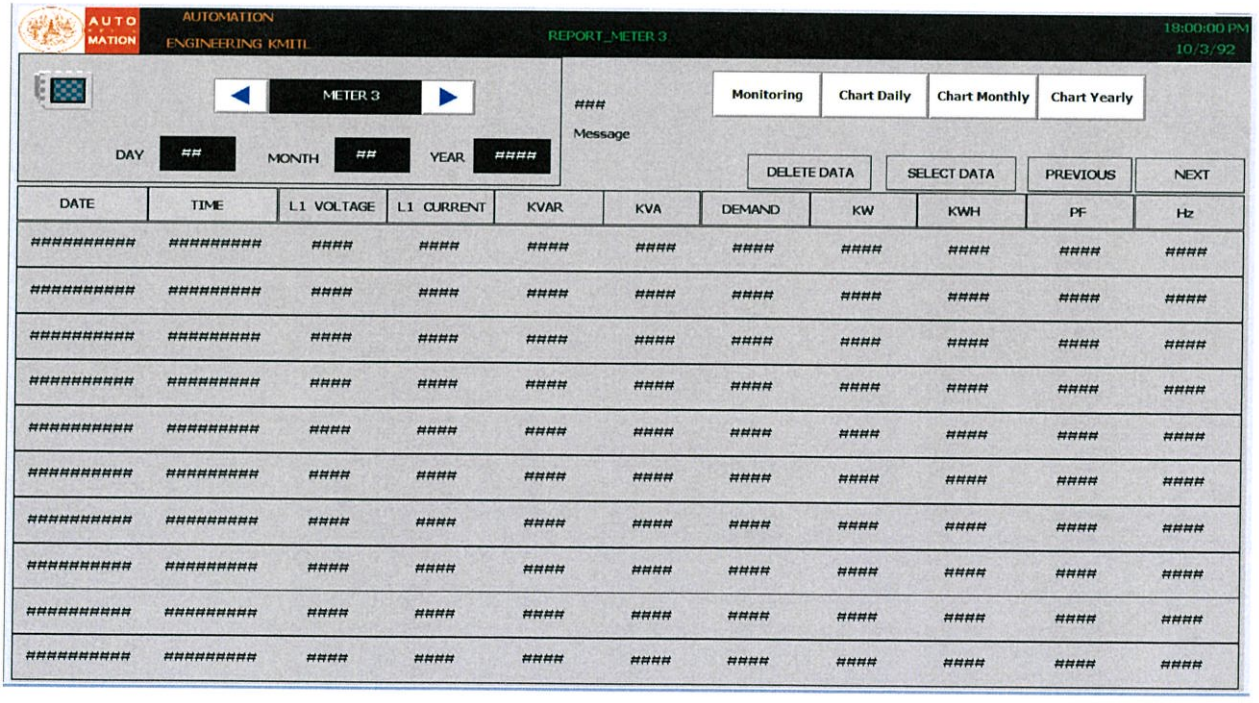
รูปที่ 3.55 แผนภูมิแท่งแสดงการใช้พลังงานแต่ละปีของเพาเวอร์มิเตอร์

3.5.4.4 การออกแบบกราฟฟิกหน้ารายงานผลข้อมูลการใช้พลังงานย้อนหลัง



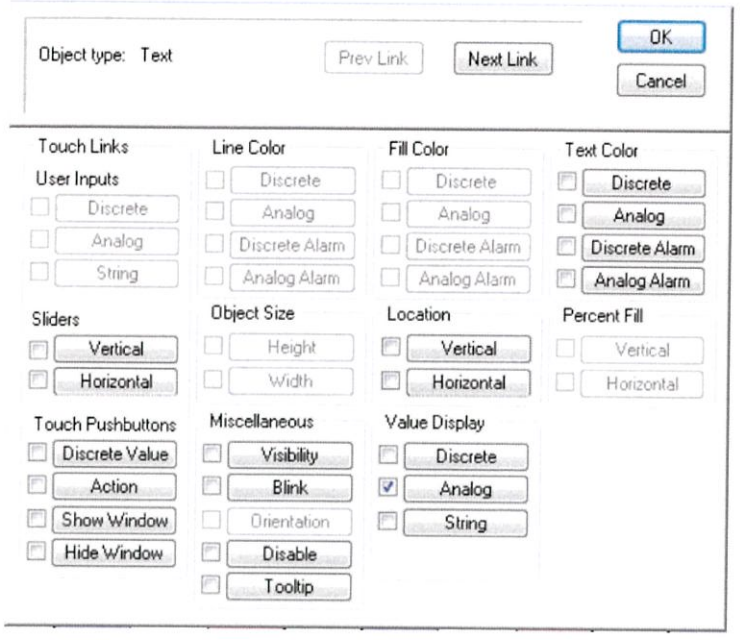
รูปที่ 3.56 การออกแบบกราฟฟิกแสดงการใช้พลังงานย้อนหลัง

3.5.4.4 หน้ารายงานผลข้อมูลการใช้พลังงานย้อนหลัง



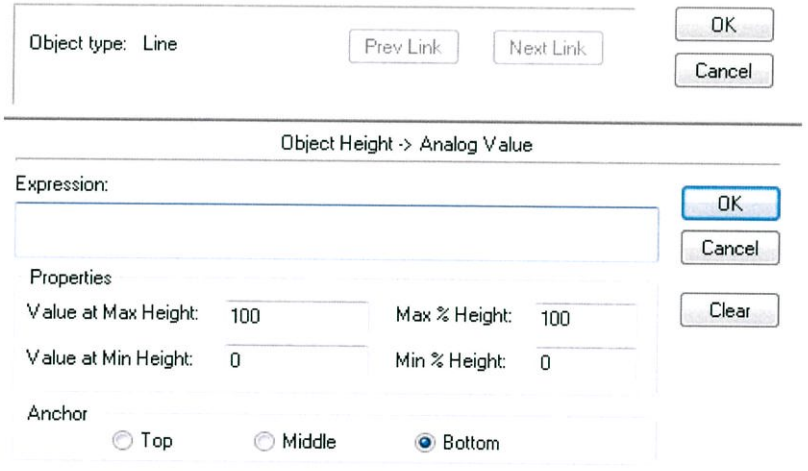
รูปที่ 3.57 ตารางแสดงข้อมูลการใช้พลังงานย้อนหลัง

3.5.4.4 คลิกเลือก Object Size > Analog



รูปที่ 3.58 การเลือก Animation Links Object Size

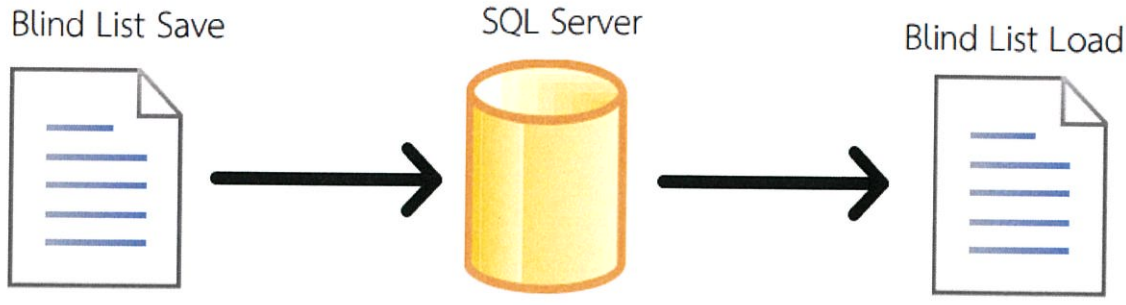
3.5.4.5 Expression: ชื่อ Tag Name > Properties: (กำหนดค่าตามตาราง) > OK



รูปที่ 3.59 การกำหนดค่า Animation Links Object Size Properties

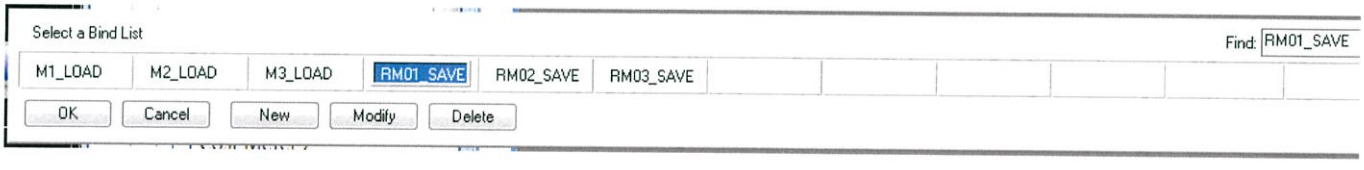
3.5.5 การสร้าง Blind List

Blind List จะเป็นการกำหนดรายชื่อ Tagname ในโปรแกรม Intouch ที่จะเก็บหรือเรียกดูข้อมูลจาก Column ในโปรแกรม SQL Server 2008



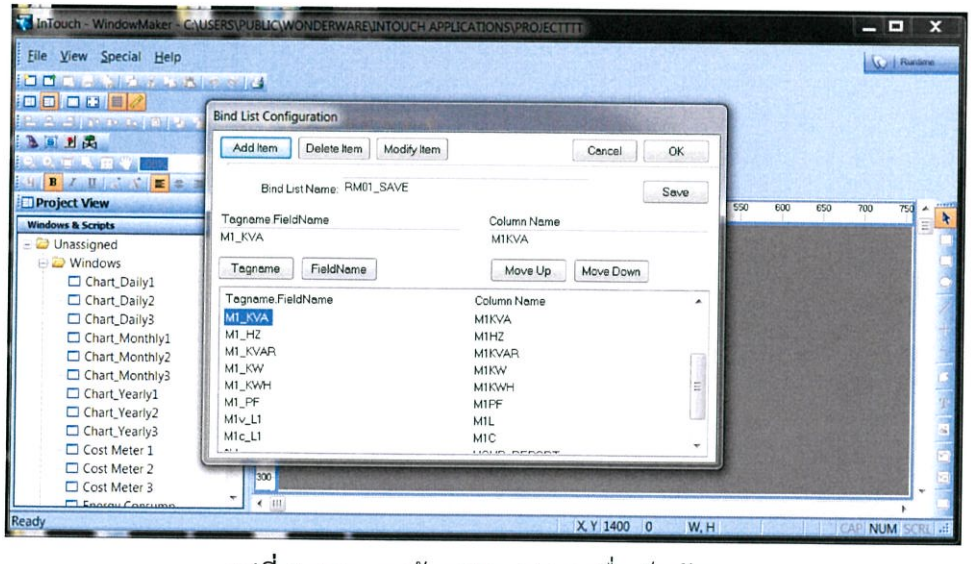
รูปที่ 3.60 แสดงการเก็บและเรียกใช้ข้อมูลจาก SQL Server

3.5.5.1 คลิก SQL Access Manager > Blind List > New



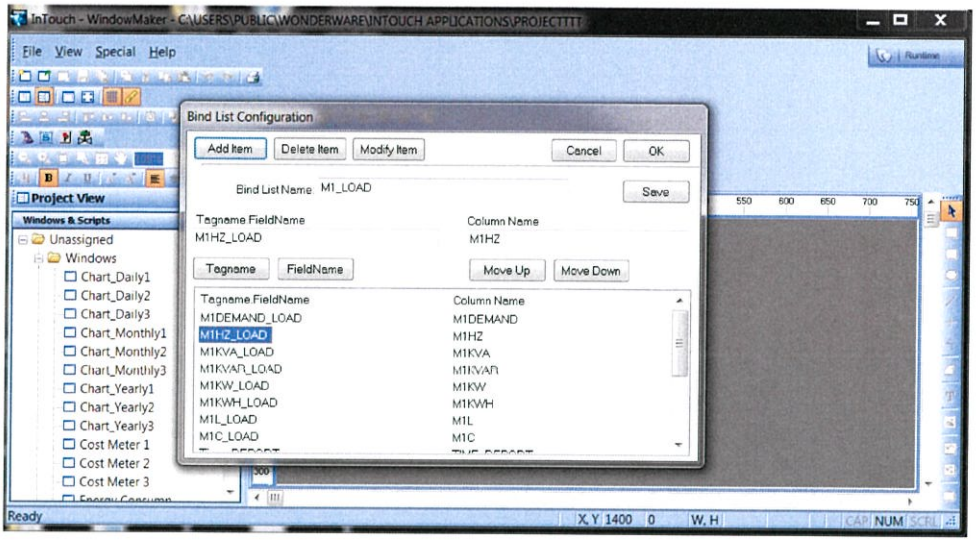
รูปที่ 3.61 หน้าต่างแสดง Blind List

3.5.5.2 การสร้าง Blind List เพื่อเก็บข้อมูล > ตั้งชื่อ Blind List > เลือก Tagname ที่ต้องการจะเก็บข้อมูล > เลือก Column ที่เก็บข้อมูล > Add Item > Save > OK



รูปที่ 3.62 การสร้าง Blind List เพื่อเก็บข้อมูล

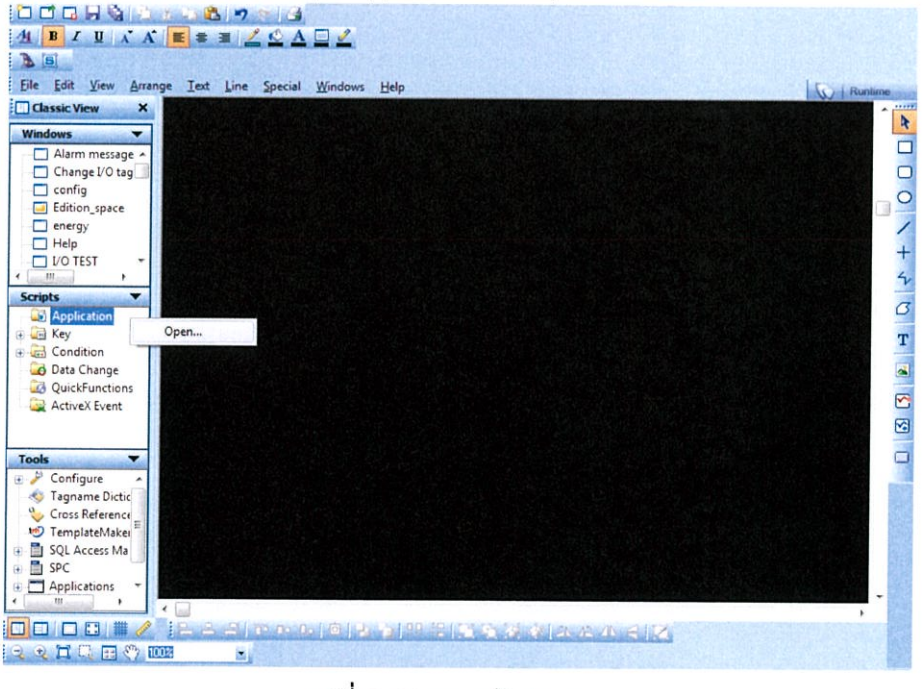
3.5.5.3 การสร้าง Blind List เพื่อเรียกใช้ข้อมูล > ตั้งชื่อ Blind List > เลือก Tagname ที่ต้องจะการแสดงข้อมูลจาก Column > เลือก Column ที่ต้องการดูข้อมูล > Add Item > Save > OK



รูปที่ 3.63 การสร้าง Blind List เพื่อเรียกใช้ข้อมูล

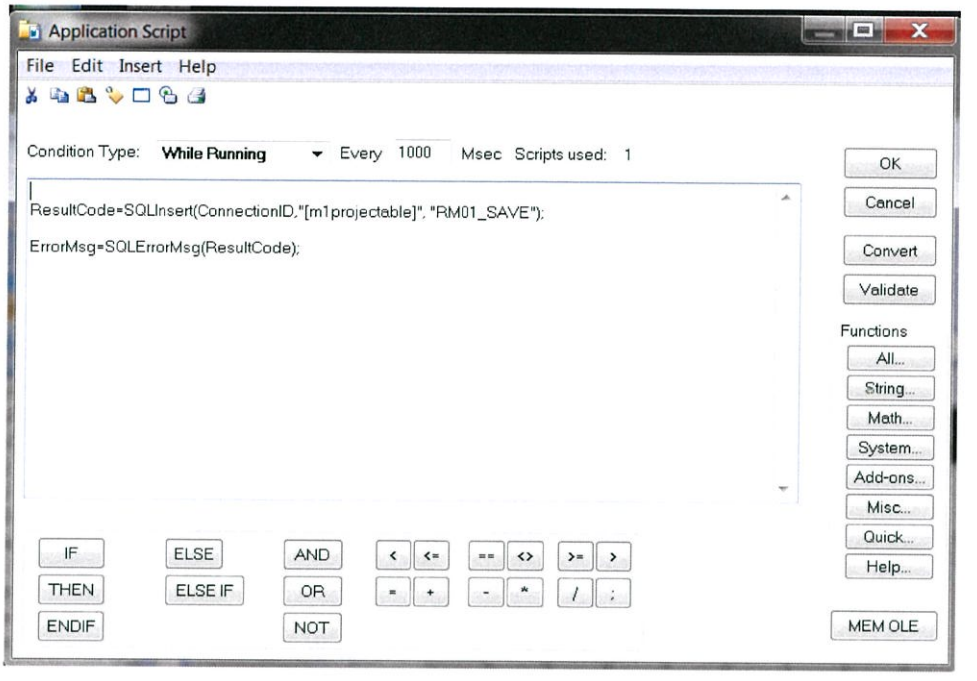
3.5.6 การสร้าง Script

3.5.6.1 คลิกขวาที่ Script Application > Open



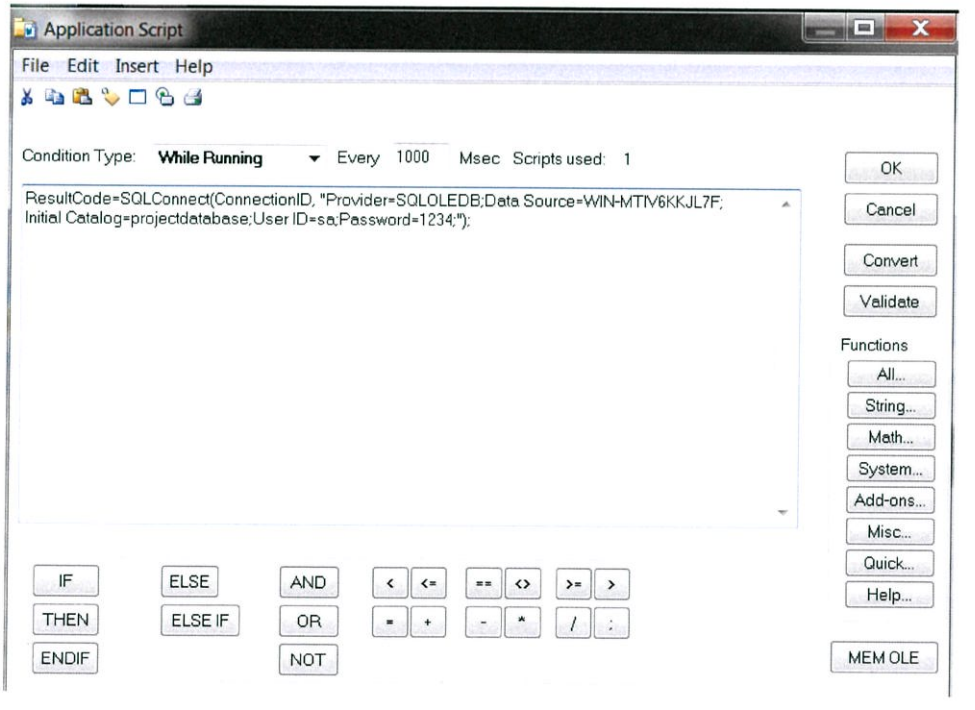
รูปที่ 3.64 การสร้าง Script

3.5.6.2 การเชื่อมต่อ SQL Server



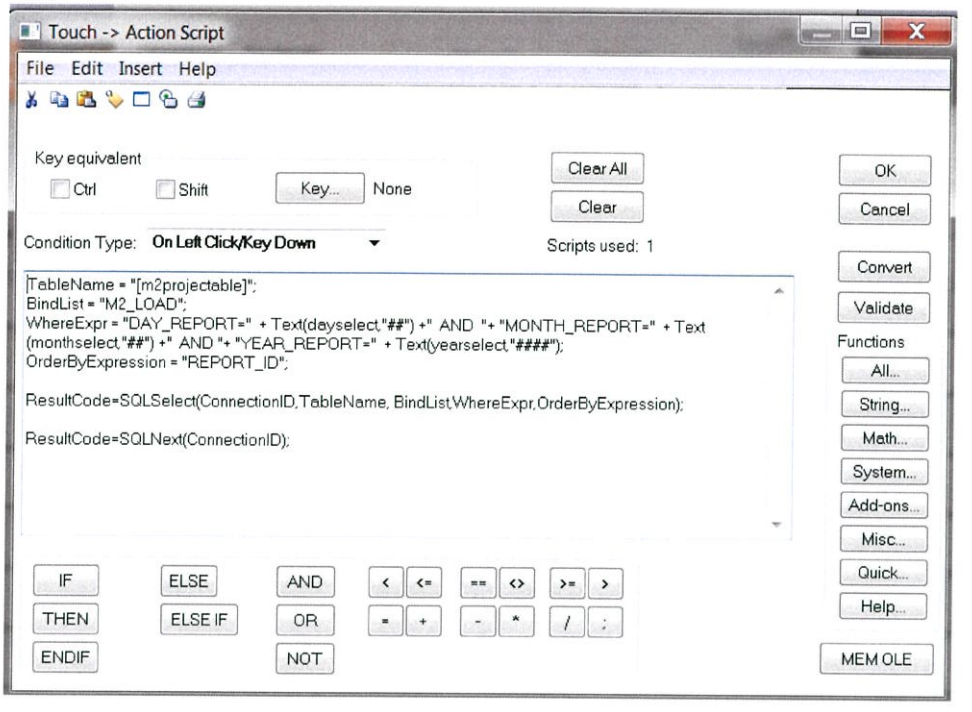
รูปที่ 3.65 ตัวอย่าง Script การเชื่อมต่อ SQL Server

3.5.6.3 เก็บข้อมูลลง SQL Server



รูปที่ 3.66 ตัวอย่าง Script เก็บข้อมูลลง SQL Server

3.5.6.4 เรียกดูข้อมูลจาก SQL Server

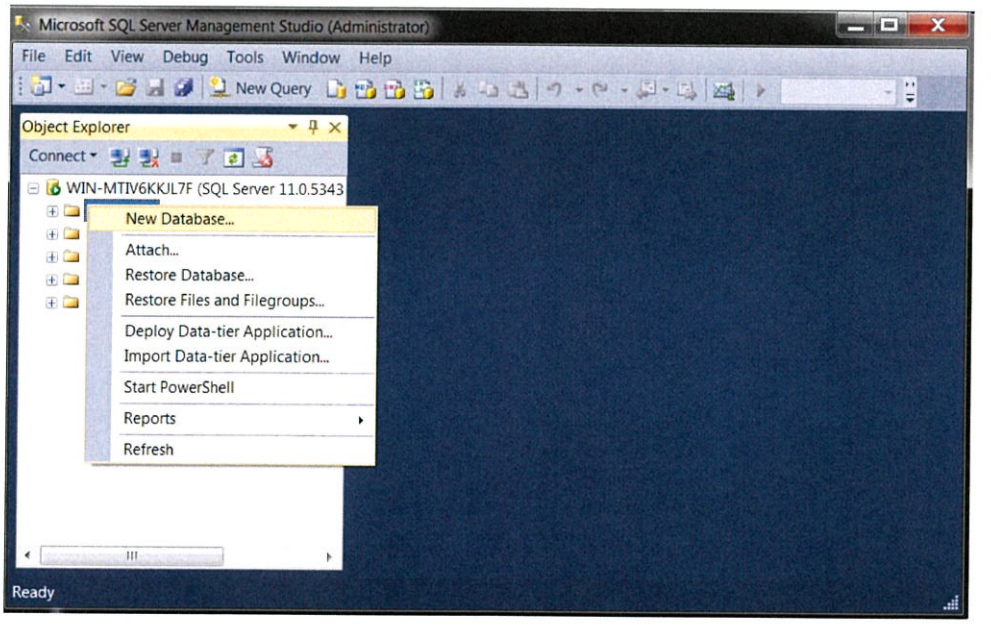


รูปที่ 3.67 ตัวอย่าง Script เรียกดูข้อมูลจาก SQL Server

3.6 การสร้างส่วนเก็บข้อมูลด้วยโปรแกรม SQL Server 2012

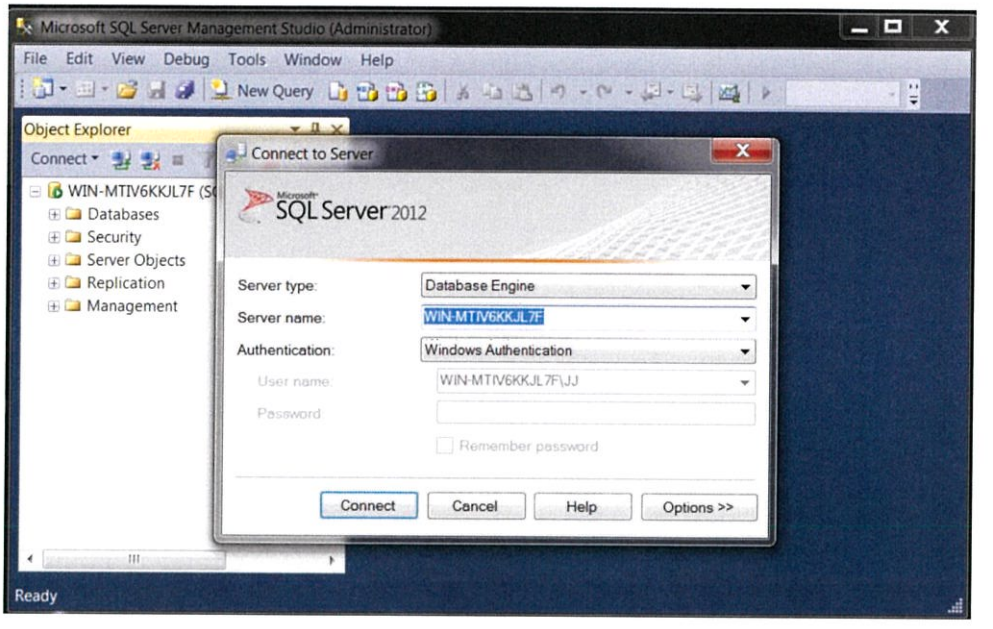
3.6.1 การเปิดการใช้งาน SQL Server 2012

3.6.1.1 เปิดโปรแกรม SQL Server Management Studio > Connect > Database Engine



รูปที่ 3.68 หน้าต่างโปรแกรม SQL Server Management Studio

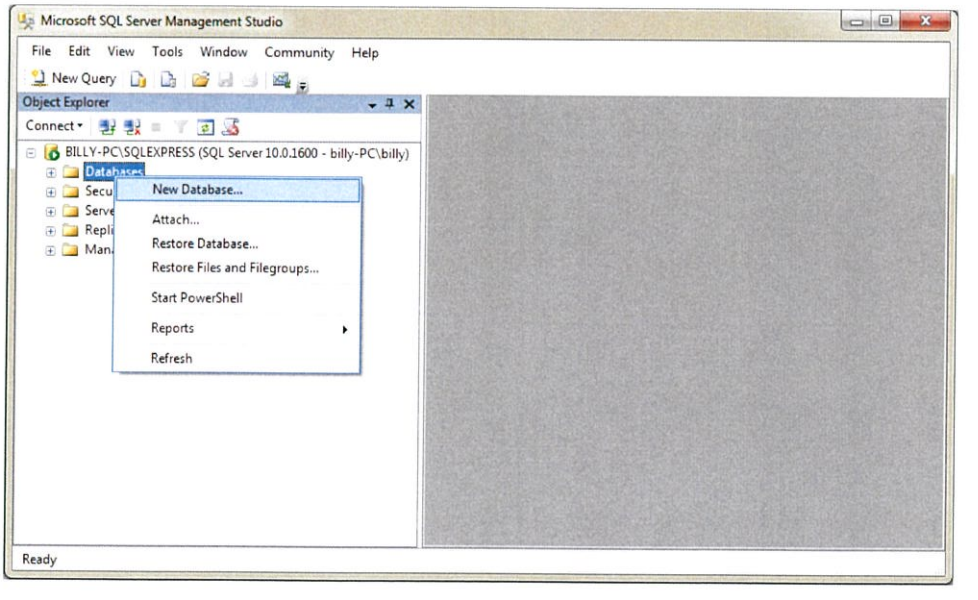
3.6.1.2 เลือก Server name ที่เราสร้างขึ้นตอนติดตั้งโปรแกรม > Authentication เลือก Window Authentication > Connect



รูปที่ 3.69 การเปิดใช้งาน SQL Server

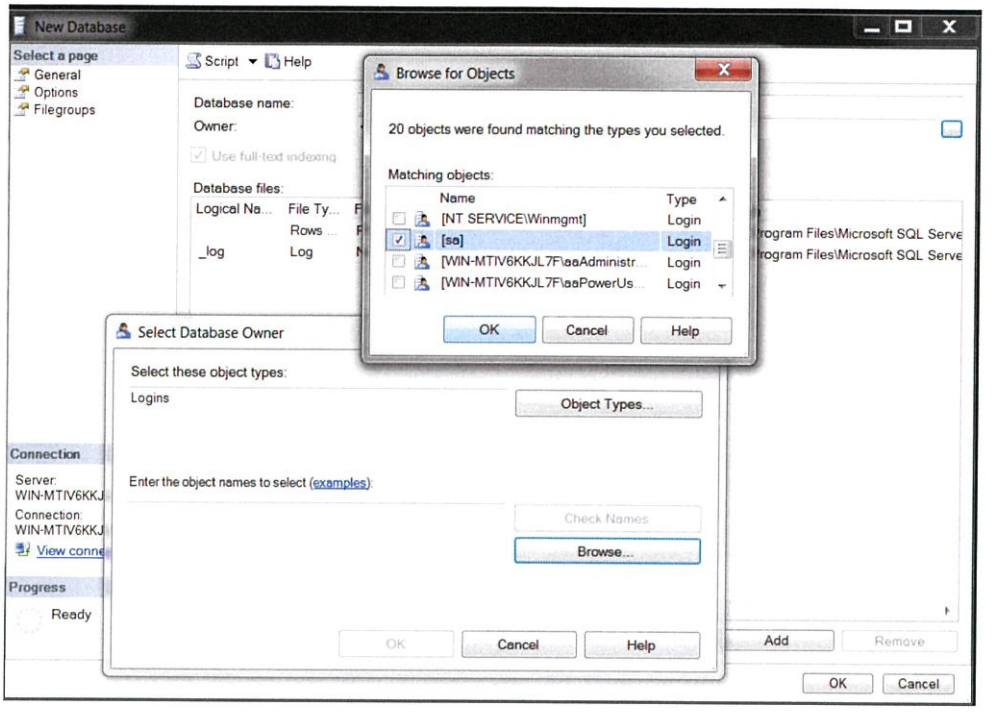
3.6.2 การสร้าง Database

3.6.2.1 คลิกชื่อ Server name ที่เราใช้งาน > Database > New Database



รูปที่ 3.70 การสร้าง Database

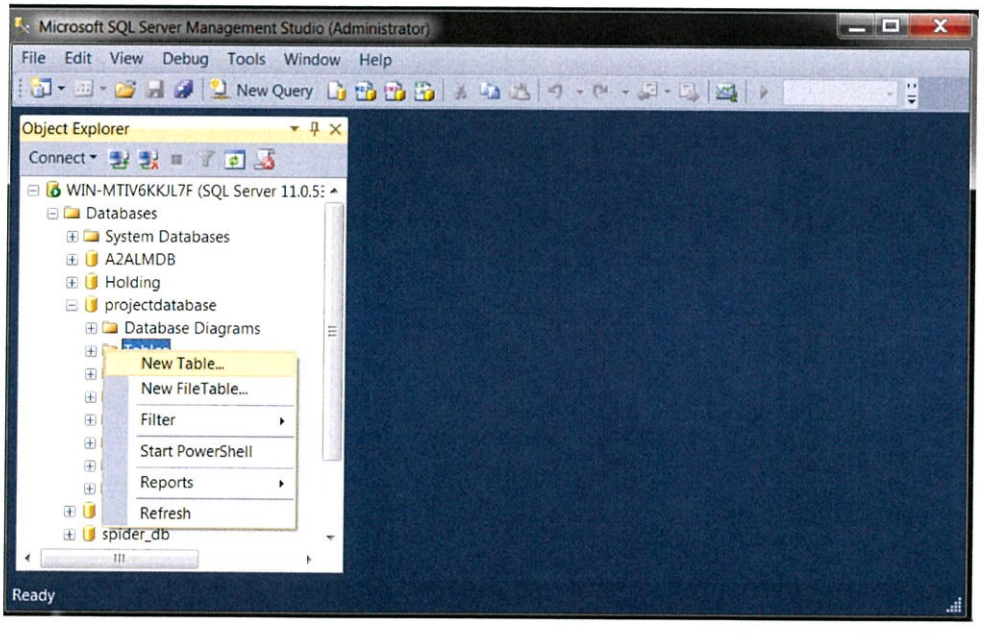
3.6.2.2 ตั้งชื่อฐานข้อมูล > Owner เลือกชื่อผู้ใช้งานที่เรากำหนดไว้ตอนติดตั้งโปรแกรม > New Database > OK



รูปที่ 3.71 การกำหนดค่า Database

3.6.3 การสร้าง Table

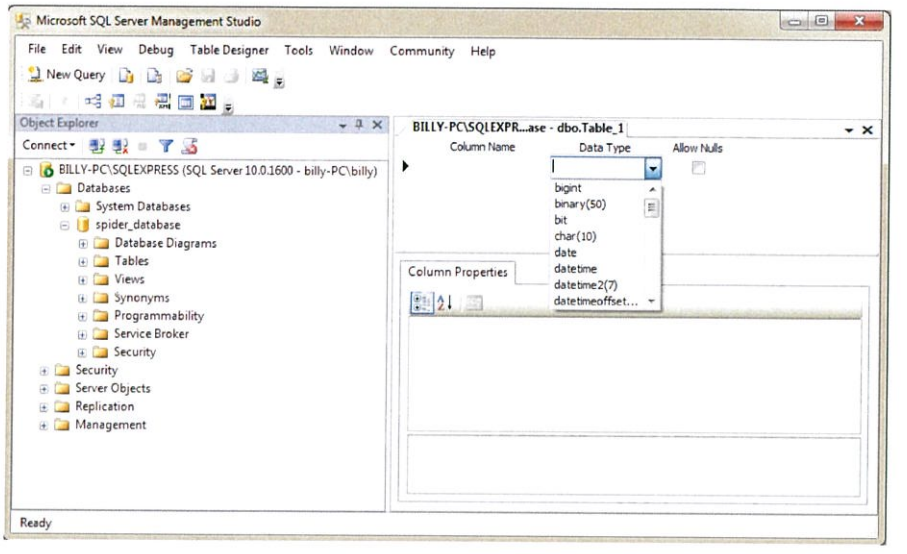
3.13.3.1 คลิก Database > คลิกเลือกชื่อ Database ที่เราสร้างขึ้น > คลิกขวาที่ Tables > New Table



รูปที่ 3.72 การสร้าง Table

3.6.4 การสร้าง Column

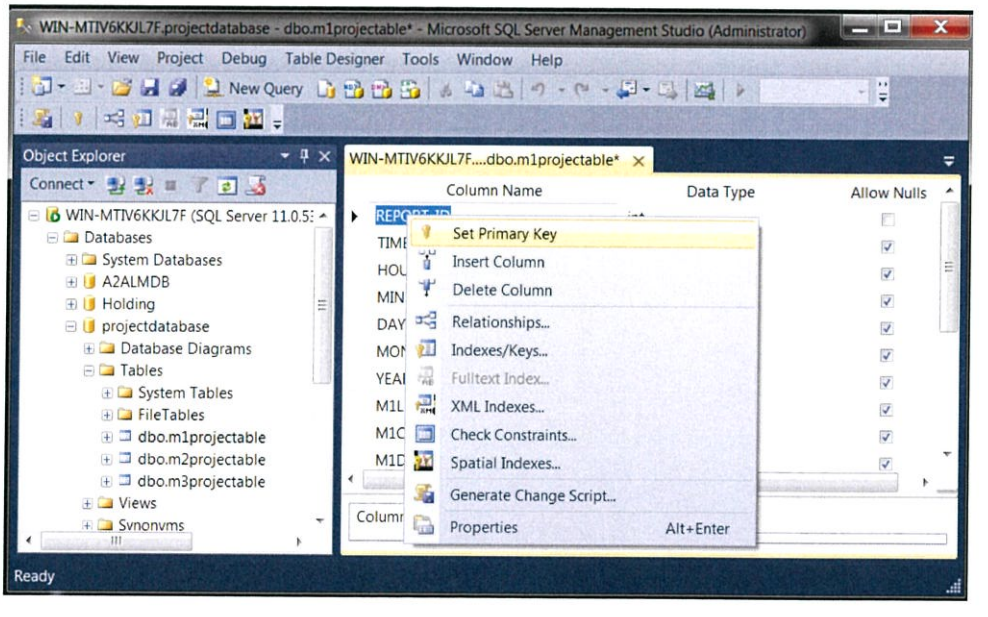
3.13.4.1 คลิก Table ที่เราสร้างขึ้น > คลิกตั้งชื่อ Column name > คลิกเลือก Data Type > คลิกเลือก Allow Nulls



รูปที่ 3.73 การสร้าง Column

3.6.5 การตั้งค่า Primary Key

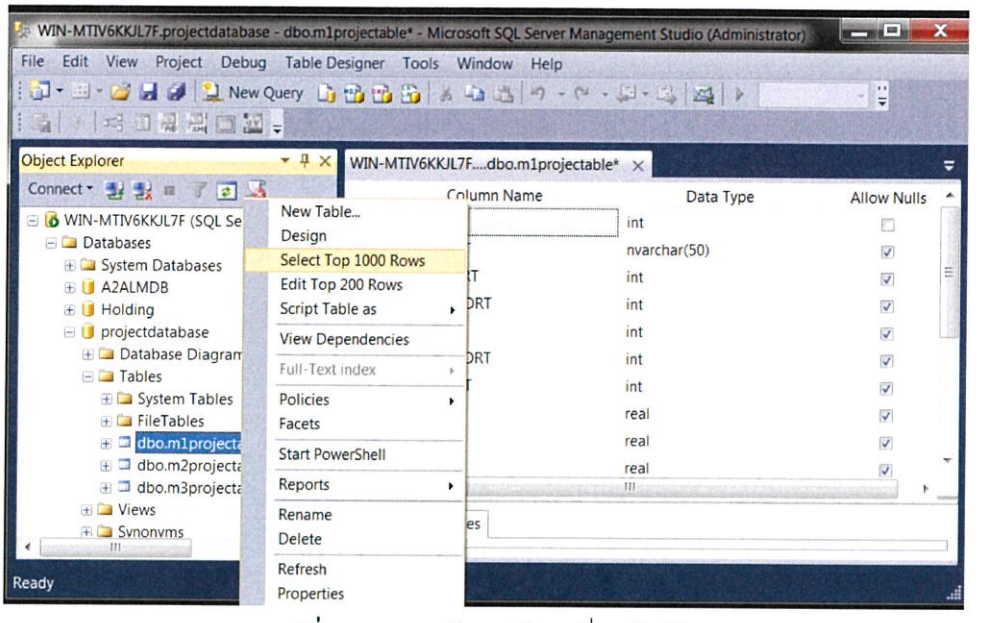
3.6.5.1 คลิกขวา Column ที่ต้องการ > เลือก Primary Key



รูปที่ 3.74 การตั้งค่า Primary Key

3.6.6 การเรียกดูข้อมูลที่ถูกบันทึก

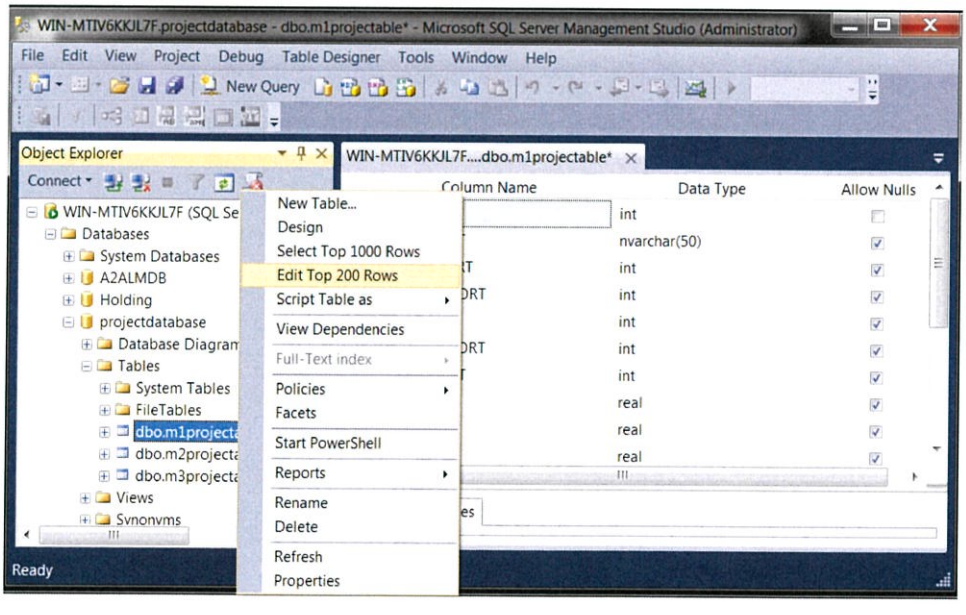
3.6.6.1 คลิกขวา Table ที่ต้องการ > Select Top 1000 Rows



รูปที่ 3.75 การเรียกดูข้อมูลที่ถูกบันทึก

3.6.7 การจัดการแก้ไขข้อมูล

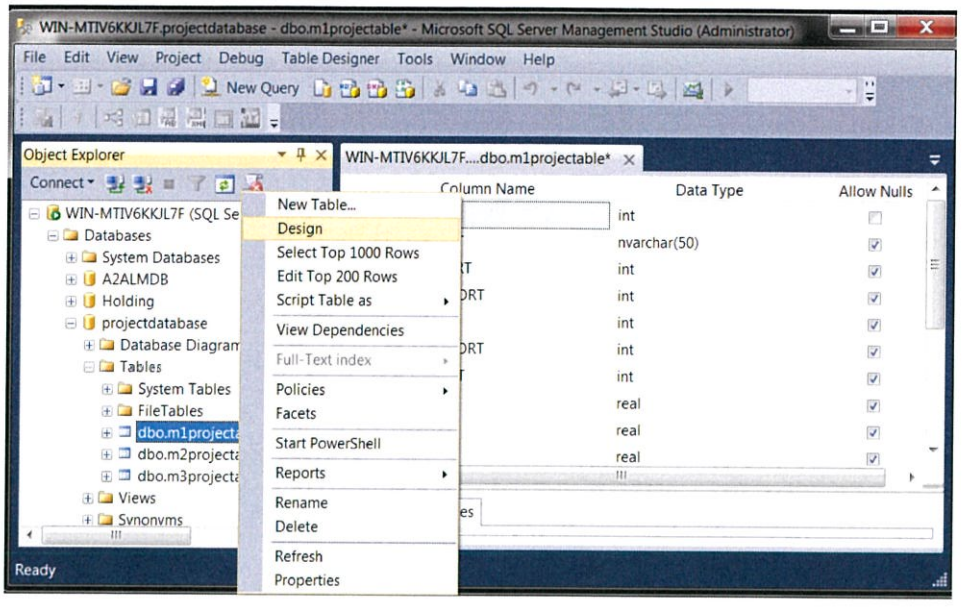
3.6.7.1 คลิกขวา Table ที่ต้องการ > Edit Top 200 Rows



3.76 การจัดการแก้ไขข้อมูล

3.6.8 การออกแบบ Table

3.13.8.1 คลิกขวา Table ที่ต้องการ > Design



รูปที่ 3.77 การออกแบบ Table

บทที่ 4
ผลการทดลอง

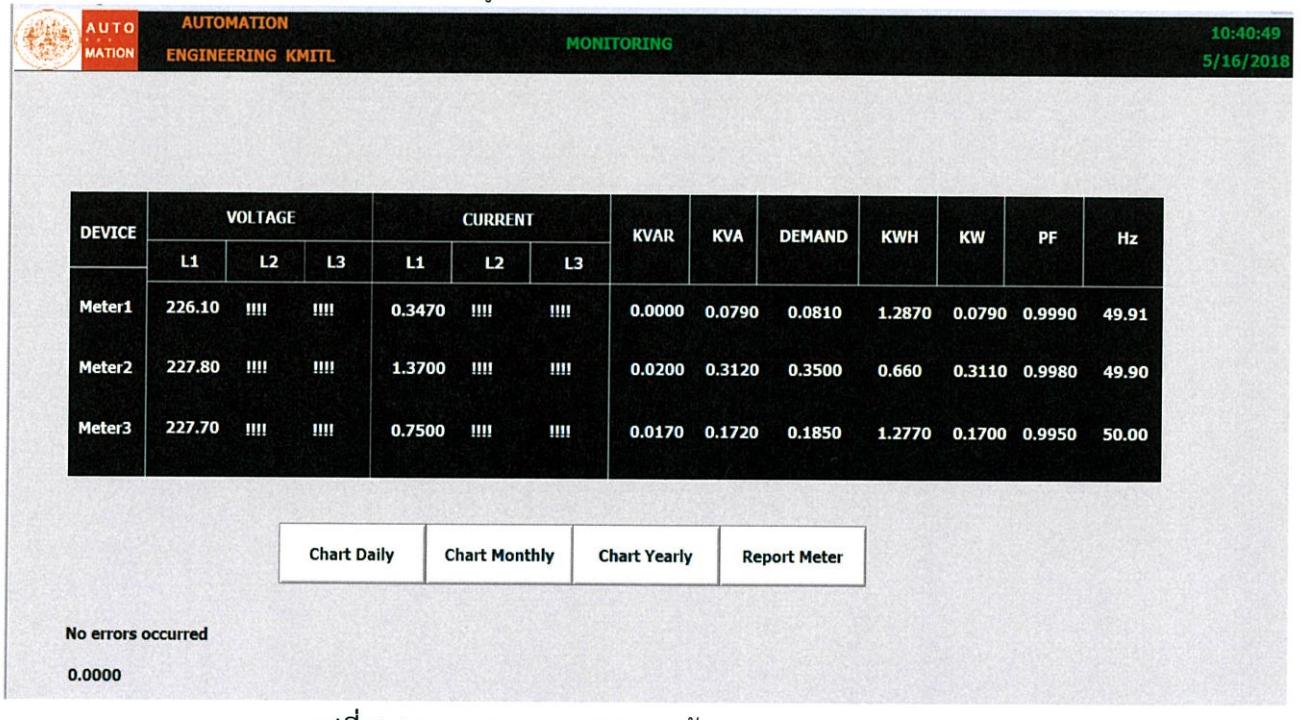
4.1 กล่าวนำ

จากบทที่ 3 ได้มีการกล่าวถึงวิธีการดำเนินโครงงานในขั้นตอนต่างๆ ทั้งการศึกษาหลักการทำงานของอุปกรณ์ และโปรแกรมที่ใช้ดำเนินงาน เพื่อที่จะสามารถนำไปปรับใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพและสมบูรณ์แบบ สำหรับเนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงผลการดำเนินงานและผลการทดลองซึ่งถือเป็นความสำเร็จจากการศึกษาจากทฤษฎีและการลงมือปฏิบัติอย่างเป็นขั้นตอน

4.2 ผลการทดลองการแสดงข้อมูลแบบReal-Time

การแสดงข้อมูลของระบบการติดตามพลังงานสามารถแสดงค่าพารามิเตอร์ของเพาเวอร์มิเตอร์ที่ต้องการทั้ง 3 มิเตอร์เป็นการติดตามการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบไฟฟ้า 1 เฟสที่อ้างอิงมาจากระบบที่ใช้เป็นกรณีศึกษาดังที่กล่าวไว้ในหัวข้อ 3.5.2 และปรับแก้การแสดงผลของข้อมูลให้มีค่าความผิดพลาดน้อยที่สุด ซึ่งได้ผลการปฏิบัติงานดังรูป

4.2.1 ผลการทดลองการแสดงข้อมูลแบบ Real-Time



รูปที่ 4.1 ผลการทดลองการแสดงข้อมูลแบบ Real-Time

จากข้อมูลข้างต้น สามารถแสดงค่าพารามิเตอร์ที่กำหนดไว้ตามวัตถุประสงค์และยังส่งต่อข้อมูลไปยังฐานเก็บข้อมูลสามารถเรียกดูประวัติการใช้งานย้อนหลังตามวันและเวลา

4.3 ผลการทดลองการแสดงข้อมูลแบบตารางรายงานการใช้พลังงานย้อนหลัง

ผลการทดลองในบทนี้จะแสดงหน่วยพารามิเตอร์ของการใช้พลังงานย้อนหลังสามารถเลือกวัน/เดือน/ปี ที่ผู้ใช้งานต้องการที่จะดูประวัติ

4.3.1 ผลการทดลองการแสดงข้อมูลแบบตารางรายงานการใช้พลังงานย้อนหลังของเพาเวอร์มิเตอร์ตัวที่ 1

ในการแสดงข้อมูลนี้จะแสดงค่าของการใช้พลังงานย้อนหลังที่มีการบันทึกค่าทุกๆ 15 นาทีในวันที่ 3 เดือน 5 ปี 2018 ตั้งแต่เวลา 15:00:00 - 17:15:00

Report Meter 1

AUTO MATION AUTOMATION ENGINEERING KMITL

REPORT_METER 1

10:40:08 5/16/2018

METER 1

Monitoring | Chart Daily | Chart Monthly | Chart Yearly

DAY 3 MONTH 5 YEAR 2018

0 No errors occurred

DELETE DATA | SELECT DATA | PREVIOUS | NEXT

DATE	TIME	L1 VOLTAGE	L1 CURRENT	KVAR	KVA	DEMAND	KW	KWH	PF	Hz
3-5-2018	15:00:00	223.50	1.29	0.0000	0.2892	0.0622	0.2891	0.1139	1.00	50.00
3-5-2018	15:15:00	223.50	1.29	0.0000	0.2892	0.0622	0.2891	0.1139	1.00	50.00
3-5-2018	15:30:00	223.50	1.29	0.0000	0.2892	0.0622	0.2891	0.1139	1.00	50.00
3-5-2018	15:45:00	223.50	1.29	0.0000	0.2892	0.0622	0.2891	0.1139	1.00	50.00
3-5-2018	16:00:00	223.50	1.29	0.0000	0.2892	0.0622	0.2891	0.1139	1.00	50.00
3-5-2018	16:15:00	223.50	1.29	0.0000	0.2892	0.0622	0.2891	0.1139	1.00	50.00
3-5-2018	16:30:00	223.80	1.12	0.0000	0.2511	0.0622	0.2512	0.1141	1.00	50.00
3-5-2018	16:45:00	224.10	1.12	0.0000	0.2516	0.0622	0.2516	0.1143	1.00	50.00
3-5-2018	17:00:00	224.10	1.12	0.0000	0.2516	0.0622	0.2516	0.1143	1.00	50.00
3-5-2018	17:15:00	224.70	0.8600	0.0000	0.1935	0.0622	0.1934	0.1145	0.9990	50.00

รูปที่ 4.2 ตารางรายงานการใช้พลังงานย้อนหลังของเพาเวอร์มิเตอร์ตัวที่ 1

4.3.2 ผลการทดลองการแสดงข้อมูลแบบตารางรายงานการใช้พลังงานย้อนหลังของเพาเวอร์มิเตอร์ตัวที่ 2

ในการแสดงข้อมูลนี้จะแสดงค่าของการใช้พลังงานย้อนหลังที่มีการบันทึกค่าทุกๆ 15 นาทีในวันที่ 3 เดือน 5 ปี 2018 ตั้งแต่เวลา 15:00:00 - 17:15:00

Report Meter 2

AUTOMATION ENGINEERING KMITL

REPORT_METER 2

10:34:46 5/16/2018

METER 2

0

No errors occurred

Monitoring | Chart Daily | Chart Monthly | Chart Yearly

DAY 3 MONTH 5 YEAR 2018

DELETE DATA | SELECT DATA | PREVIOUS | NEXT

DATE	TIME	L1 VOLTAGE	L1 CURRENT	KVAR	KVA	DEMAND	KW	KWH	PF	Hz
3-5-2018	15:0:00	225.10	0.4870	0.0162	0.1101	0.0622	0.1089	0.1154	0.9890	50.00
3-5-2018	15:15:00	225.10	0.6560	0.0174	0.1487	0.0622	0.1471	0.1155	0.9930	50.00
3-5-2018	15:30:00	225.10	0.6560	0.0174	0.1487	0.0622	0.1471	0.1155	0.9930	50.00
3-5-2018	15:45:00	225.10	0.6560	0.0174	0.1487	0.0622	0.1471	0.1155	0.9930	50.00
3-5-2018	16:00:00	225.60	0.3520	0.0035	0.0795	0.0622	0.0796	0.1156	0.9980	50.00
3-5-2018	16:15:00	225.60	0.3520	0.0035	0.0795	0.0622	0.0796	0.1156	0.9980	50.00
3-5-2018	16:30:00	225.60	0.3520	0.0035	0.0795	0.0622	0.0796	0.1157	1.00	50.00
3-5-2018	16:45:00	225.40	0.6140	0.0000	0.1388	0.0622	0.1388	0.1157	1.00	50.00
3-5-2018	17:00:00	225.40	0.6140	0.0000	0.1388	0.0622	0.1388	0.1157	1.00	50.00
3-5-2018	17:15:00	225.40	0.6140	0.0000	0.1388	0.0622	0.1388	0.1157	1.00	50.00

รูปที่ 4.3 ตารางรายงานการใช้พลังงานย้อนหลังของเพาเวอร์มิเตอร์ตัวที่ 2

4.3.3 ผลการทดลองการแสดงข้อมูลแบบตารางรายงานการใช้พลังงานย้อนหลังของเพาเวอร์มิเตอร์ตัวที่ 3

ในการแสดงข้อมูลนี้จะแสดงค่าของการใช้พลังงานย้อนหลังที่มีการบันทึกค่าทุกๆ 15 นาทีในวันที่ 3 เดือน 5 ปี 2018 ตั้งแต่เวลา 10:00:00 - 17:15:00

Report Meter-3

AUTOMATION ENGINEERING KMITL

REPORT_METER 3

10:34:15 5/16/2018

METER 3

0

No errors occurred

Monitoring | Chart Daily | Chart Monthly | Chart Yearly

DAY 3 MONTH 5 YEAR 2018

DELETE DATA | SELECT DATA | PREVIOUS | NEXT

DATE	TIME	L1 VOLTAGE	L1 CURRENT	KVAR	KVA	DEMAND	KW	KWH	PF	Hz
3-5-2018	15:00:00	224.10	1.12	0.0000	0.2513	0.0622	0.2512	0.1119	0.9990	50.00
3-5-2018	15:15:00	224.20	1.12	0.0000	0.2513	0.0622	0.2511	0.1121	0.9990	50.00
3-5-2018	15:30:00	224.20	1.12	0.0000	0.2513	0.0622	0.2511	0.1121	0.9990	50.00
3-5-2018	15:45:00	223.50	1.35	0.0190	0.3020	0.0622	0.3013	0.1123	0.9970	49.90
3-5-2018	16:00:00	224.10	1.35	0.0192	0.3041	0.0622	0.3033	0.1126	0.9970	50.00
3-5-2018	16:15:00	223.80	1.29	0.0000	0.2898	0.0622	0.2898	0.1131	1.00	49.90
3-5-2018	16:30:00	223.80	1.29	0.0000	0.2898	0.0622	0.2898	0.1131	1.00	49.90
3-5-2018	16:45:00	224.10	1.12	0.0000	0.2513	0.0622	0.2512	0.1119	0.9990	50.00
3-5-2018	17:00:00	224.10	1.12	0.0000	0.2513	0.0622	0.2512	0.1119	0.9990	50.00
3-5-2018	17:15:00	224.10	1.12	0.0000	0.2513	0.0622	0.2512	0.1119	0.9990	50.00

รูปที่ 4.4 ตารางรายงานการใช้พลังงานย้อนหลังของเพาเวอร์มิเตอร์ตัวที่ 3

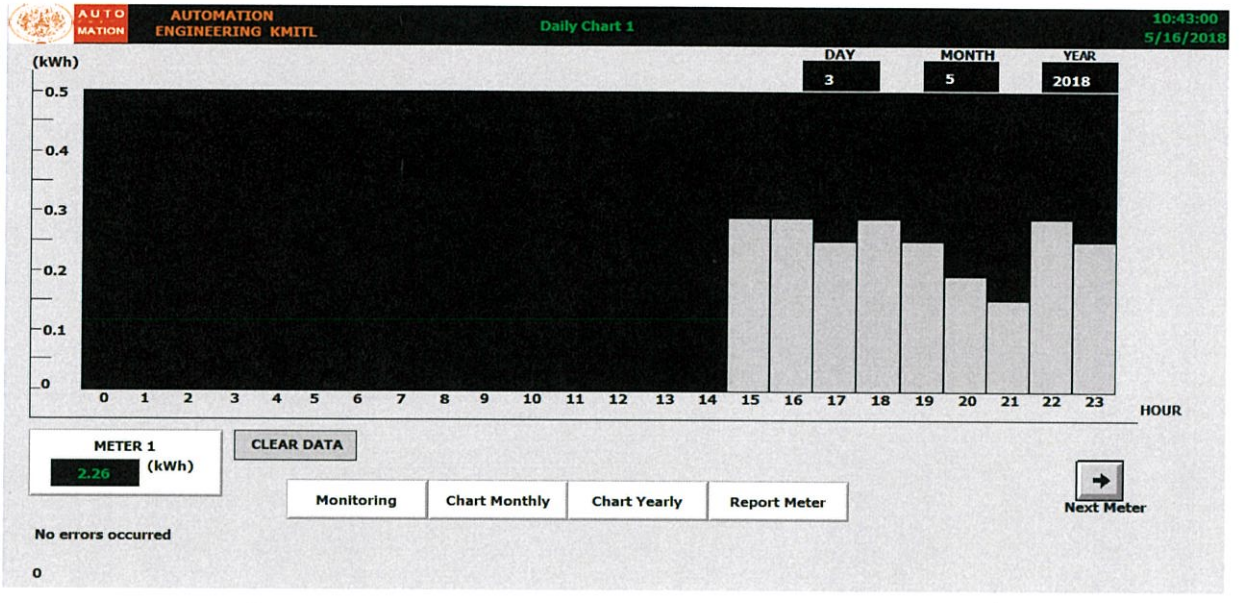
จากผลการทดลองที่แสดงเป็นตารางสามารถดูในรูปกราฟแผนภูมิแท่งเพื่อง่ายต่อการเปรียบเทียบพลังงานเพื่อนำไปสู่การประหยัดการใช้พลังงาน

4.4 ผลการทดลองการแสดงข้อมูลแบบแผนภูมิการใช้พลังงานย้อนหลังรายวัน

ผลการทดลองในบทนี้จะแสดงเป็นแผนภูมิแท่งของการใช้พลังงานย้อนหลังแบบรายวันโดยเทียบการใช้พลังงานในหน่วย(kWh)ต่อชั่วโมง

4.4.1 ผลการทดลองการแสดงข้อมูลแบบแผนภูมิการใช้พลังงานย้อนหลังรายวันของเพาเวอร์มิเตอร์ตัวที่1

การแสดงประวัติการใช้พลังงานของวันที่ 3 เดือน 5 ปี 2018 ในรูปแผนภูมิแท่งจะมีการเก็บประวัติการใช้จะเห็นว่ามีการแสดงการใช้พลังงานในชั่วโมงที่15เป็นต้นไปจนถึงชั่วโมงที่23ที่มีการใช้พลังงาน



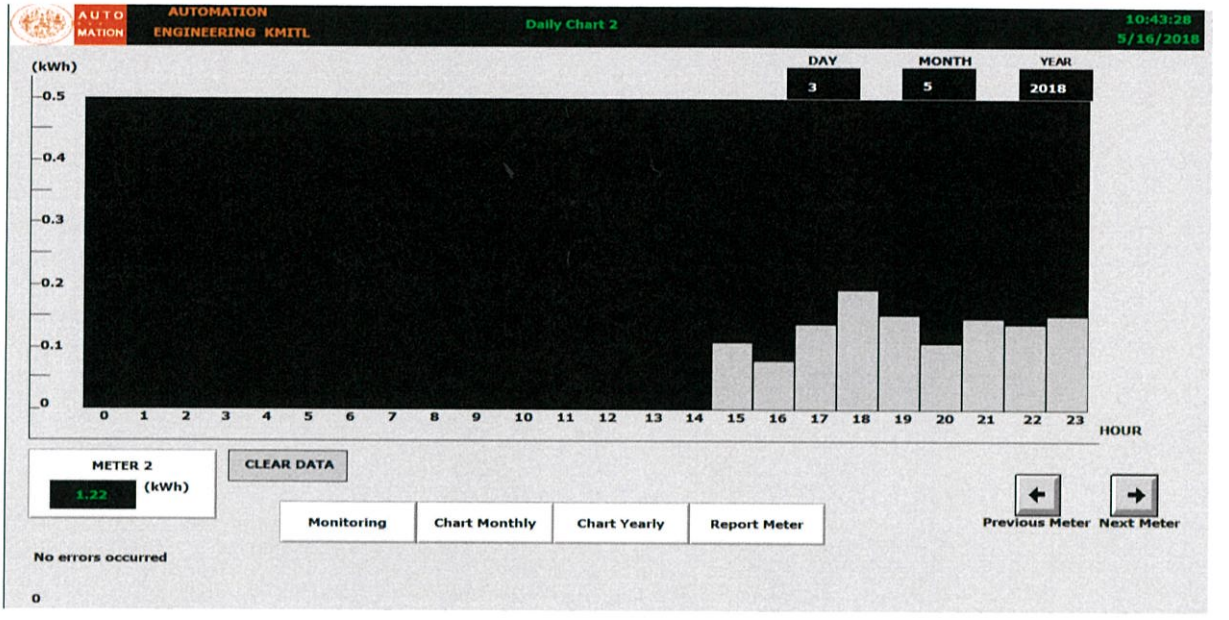
รูปที่ 4.5 แผนภูมิการใช้พลังงานย้อนหลังรายวันของเพาเวอร์มิเตอร์ตัวที่ 1

ตารางที่ 4.1 พลังงานที่วัดได้จากเพาเวอร์มิเตอร์ตัวที่ 1 ในชั่วโมงที่เปิดใช้งาน

ชั่วโมงที่เปิดใช้งาน	หลอดไฟที่เปิดใช้งาน	พลังงานรวมที่ใช้งาน
15	100 วัตต์+60 วัตต์+60 วัตต์+40 วัตต์+14 วัตต์	274 วัตต์
16	100 วัตต์+60 วัตต์+60 วัตต์+40 วัตต์+14 วัตต์	274 วัตต์
17	100 วัตต์+60 วัตต์+40 วัตต์+40 วัตต์+14 วัตต์	254 วัตต์
18	100 วัตต์+60 วัตต์+60 วัตต์+40 วัตต์+14 วัตต์	274 วัตต์
19	100 วัตต์+60 วัตต์+40 วัตต์+40 วัตต์+14 วัตต์	254 วัตต์
20	100 วัตต์+40 วัตต์+40 วัตต์+14 วัตต์	194 วัตต์
21	100 วัตต์+40 วัตต์+14 วัตต์	154 วัตต์
22	100 วัตต์+60 วัตต์+60 วัตต์+40 วัตต์+14 วัตต์	274 วัตต์
23	100 วัตต์+60 วัตต์+40 วัตต์+40 วัตต์+14 วัตต์	254 วัตต์

4.4.2 ผลการทดลองการแสดงข้อมูลแบบแผนภูมิการใช้พลังงานย้อนหลังรายวันของเพาเวอร์มิเตอร์ตัวที่2

การแสดงประวัติการใช้พลังงานของวันที่ 3 เดือน 5 ปี 2018 ในรูปแผนภูมิแท่งจะมีการเก็บประวัติการใช้จะเห็นว่ามีการแสดงการใช้พลังงานในชั่วโมงที่15เป็นต้นไปจนถึงชั่วโมงที่23ที่มีการใช้พลังงาน



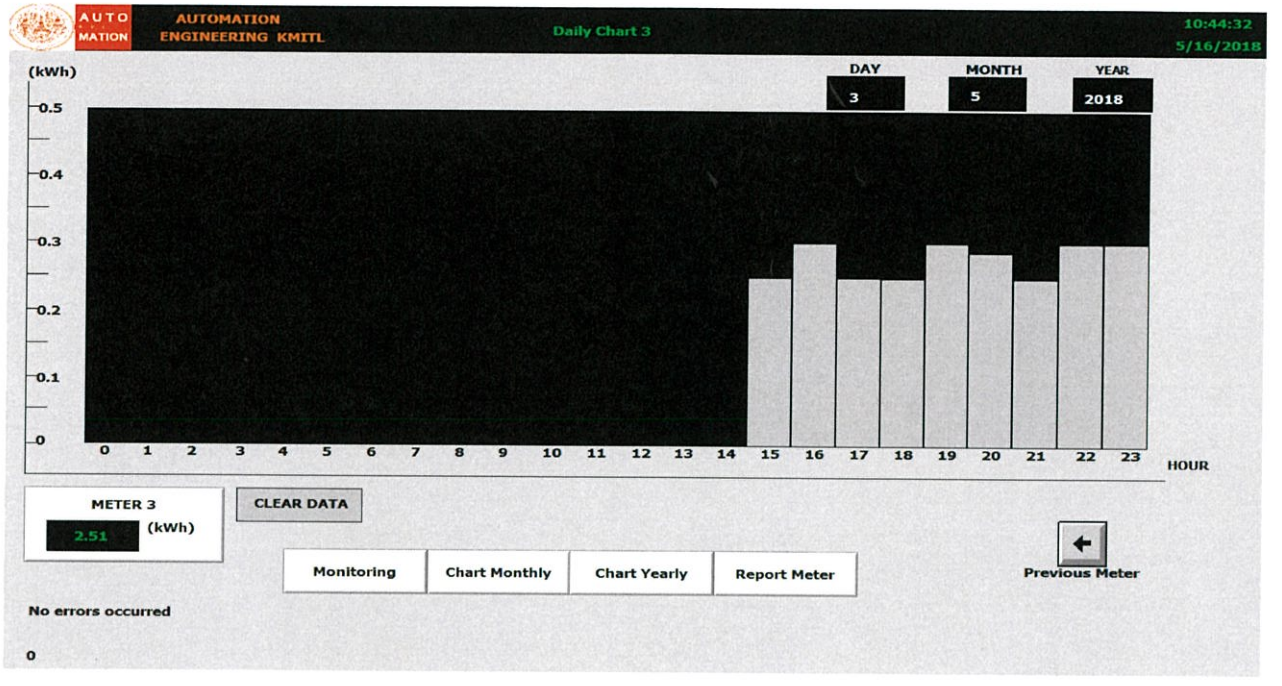
รูปที่ 4.6 แผนภูมิการใช้พลังงานย้อนหลังรายวันของเพาเวอร์มิเตอร์ตัวที่ 2

ตารางที่ 4.2 พลังงานที่วัดได้จากเพาเวอร์มิเตอร์ตัวที่ 2 ในชั่วโมงที่เปิดใช้งาน

ชั่วโมงที่เปิดใช้งาน	หลอดไฟที่เปิดใช้งาน	พลังงานรวมที่ใช้งาน
15	60 วัตต์+40 วัตต์	100 วัตต์
16	40 วัตต์+40 วัตต์	80 วัตต์
17	100 วัตต์+40 วัตต์	140 วัตต์
18	100 วัตต์+40 วัตต์+40 วัตต์+14 วัตต์	194 วัตต์
19	100 วัตต์+40 วัตต์+14 วัตต์	154 วัตต์
20	100 วัตต์+40 วัตต์+14 วัตต์	154 วัตต์
21	60 วัตต์+40 วัตต์+40 วัตต์	140 วัตต์
22	100 วัตต์+40 วัตต์	140 วัตต์
23	100 วัตต์+40 วัตต์+14 วัตต์	154 วัตต์

4.4.3 ผลการทดลองการแสดงข้อมูลแบบแผนภูมิการใช้พลังงานย้อนหลังรายวันของเพาเวอร์มิเตอร์ตัวที่3

การแสดงประวัติการใช้พลังงานของวันที่ 3 เดือน 5 ปี 2018 ในรูปแผนภูมิแท่งจะมีการเก็บประวัติการใช้จะเห็นว่ามีการแสดงการใช้พลังงานในชั่วโมงที่15เป็นต้นไปจนถึงชั่วโมงที่23ที่มีการใช้พลังงาน



รูปที่ 4.7 แผนภูมิการใช้พลังงานย้อนหลังรายวันของเพาเวอร์มิเตอร์ตัวที่ 3

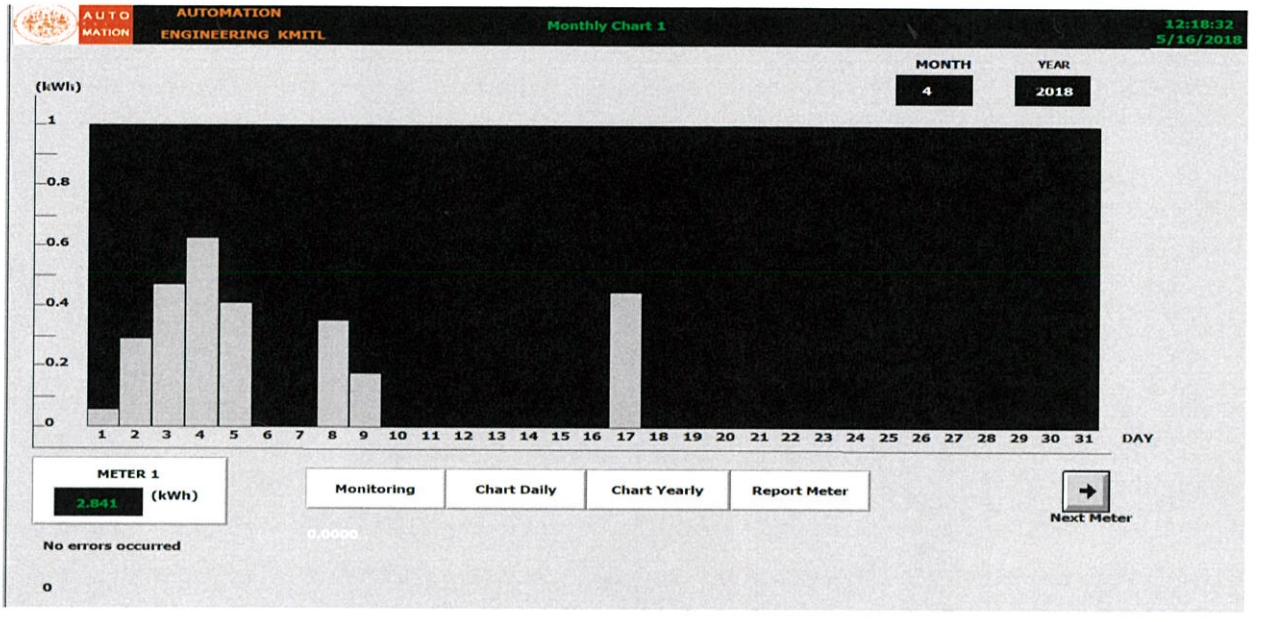
ตารางที่ 4.3 พลังงานที่วัดได้จากเพาเวอร์มิเตอร์ตัวที่ 3 ในชั่วโมงที่เปิดใช้งาน

ชั่วโมงที่ใช้งาน	หลอดไฟที่เปิดใช้งาน	พลังงานรวมที่ใช้งาน
15	100 วัตต์+60 วัตต์+40 วัตต์+40 วัตต์+14 วัตต์	254 วัตต์
16	100 วัตต์+60 วัตต์+60 วัตต์+40 วัตต์+40 วัตต์+14 วัตต์	314 วัตต์
17	100 วัตต์+60 วัตต์+40 วัตต์+40 วัตต์+14 วัตต์	254 วัตต์
18	100 วัตต์+60 วัตต์+40 วัตต์+40 วัตต์+14 วัตต์	254 วัตต์
19	100 วัตต์+60 วัตต์+60 วัตต์+40 วัตต์+40 วัตต์+14 วัตต์	314 วัตต์
20	100 วัตต์+60 วัตต์+60 วัตต์+40 วัตต์+14 วัตต์	274 วัตต์
21	100 วัตต์+60 วัตต์+40 วัตต์+40 วัตต์+14 วัตต์	254 วัตต์
22	100 วัตต์+60 วัตต์+60 วัตต์+40 วัตต์+40 วัตต์+14 วัตต์	314 วัตต์
23	100 วัตต์+60 วัตต์+60 วัตต์+40 วัตต์+40 วัตต์+14 วัตต์	314 วัตต์

4.5 ผลการทดลองการแสดงข้อมูลแบบแผนภูมิการใช้พลังงานย้อนหลังรายเดือน

ผลการทดลองในบทนี้จะแสดงเป็นแผนภูมิแท่งของการใช้พลังงานย้อนหลังแบบรายเดือนโดยเทียบการใช้พลังงานในหน่วย(kWh)แต่ละวัน

4.5.1 ผลการทดลองการแสดงข้อมูลแบบแผนภูมิการใช้พลังงานย้อนหลังรายเดือนของเพาเวอร์มิเตอร์ตัวที่ 1การแสดงประวัติการใช้พลังงานของ เดือน 4 ปี 2018 ในรูปแผนภูมิแท่งจากการเก็บประวัติการใช้จะเห็นว่ามีการใช้พลังงานในวันที่ 6 จนถึงวันที่ 7 จะไม่มีการใช้พลังงานจะเริ่มอีกในวันที่ 8 และวันที่ 10 ถึงวันที่ 16 ก็ไม่มีการใช้พลังงานเช่นกันและเริ่มใช้อีกทีในวันที่ 17

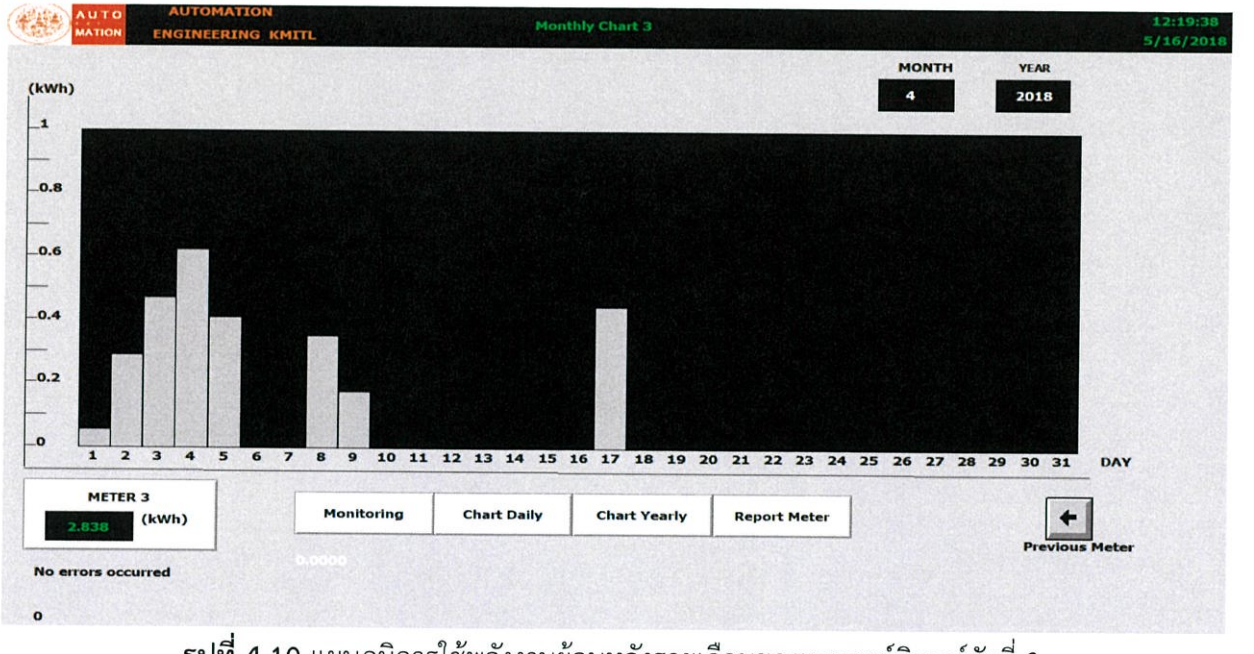


รูปที่ 4.8 แผนภูมิการใช้พลังงานย้อนหลังรายเดือนของเพาเวอร์มิเตอร์ตัวที่ 1

4.5.2 ผลการทดลองการแสดงข้อมูลแบบแผนภูมิการใช้พลังงานย้อนหลังรายเดือนของเพาเวอร์มิเตอร์ตัวที่ 2การแสดงประวัติการใช้พลังงานของ เดือน 4 ปี 2018 ในรูปแผนภูมิแท่งจากการเก็บประวัติการใช้จะเห็นว่ามีการใช้พลังงานในวันที่ 6 จนถึงวันที่ 7 จะไม่มีการใช้พลังงานจะเริ่มอีกในวันที่ 8 และวันที่ 10 ถึงวันที่ 16 ก็ไม่มีการใช้พลังงานเช่นกันและเริ่มใช้อีกทีในวันที่ 17

รูปที่ 4.9 แผนภูมิการใช้พลังงานย้อนหลังรายเดือนของเพาเวอร์มิเตอร์ตัวที่ 2

4.5.3 ผลการทดลองการแสดงข้อมูลแบบแผนภูมิการใช้พลังงานย้อนหลังรายเดือนของเพาเวอร์มิเตอร์ตัวที่ 3การแสดงประวัติการใช้พลังงานของ เดือน 4 ปี 2018 ในรูปแผนภูมิแท่งจากการเก็บประวัติการใช้จะเห็นว่ามีการใช้พลังงานในวันที่ 6 จนถึงวันที่ 7 จะไม่มีการใช้พลังงานจะเริ่มอีกในวันที่ 8 และวันที่ 10 ถึงวันที่ 16 ก็ไม่มีการใช้พลังงานเช่นกันและเริ่มใช้อีกทีในวันที่ 17



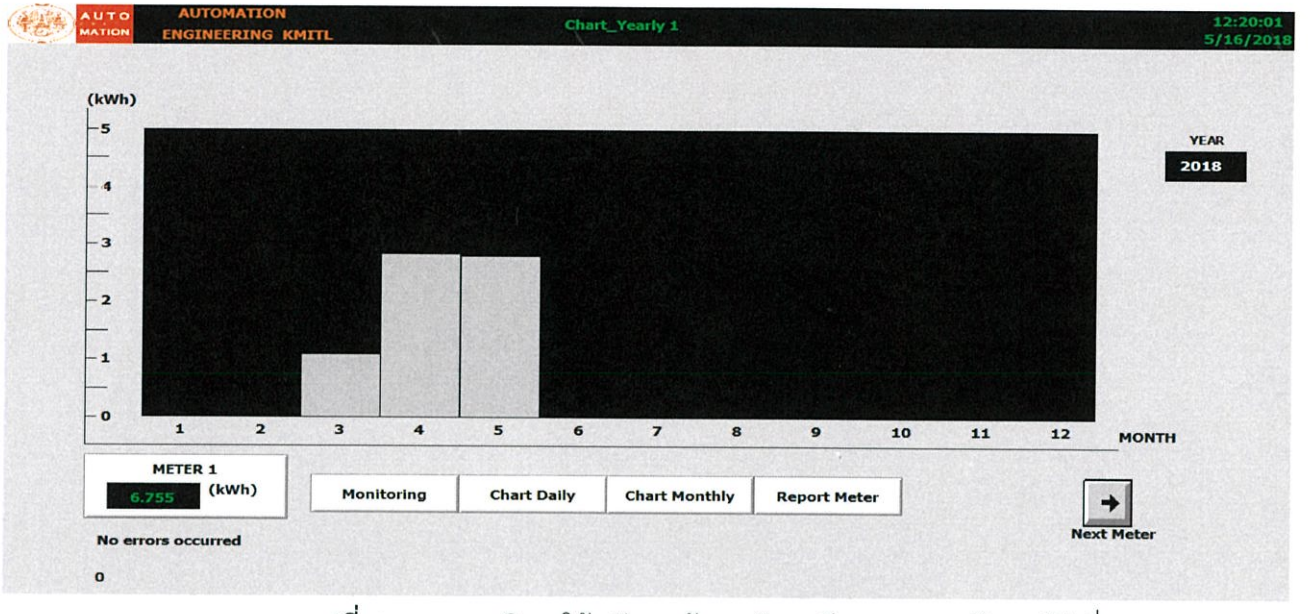
รูปที่ 4.10 แผนภูมิการใช้พลังงานย้อนหลังรายเดือนของเพาเวอร์มิเตอร์ตัวที่ 3

4.6 ผลการทดลองการแสดงข้อมูลแบบแผนภูมิการใช้พลังงานย้อนหลังรายปี

ผลการทดลองในบทนี้จะแสดงเป็นแผนภูมิแท่งของการใช้พลังงานย้อนหลังแบบรายปีโดยเทียบการใช้พลังงานในหน่วย(kWh)แต่ละเดือน

4.6.1 ผลการทดลองการแสดงข้อมูลแบบแผนภูมิการใช้พลังงานย้อนหลังรายปีของเพาเวอร์มิเตอร์ตัวที่ 1

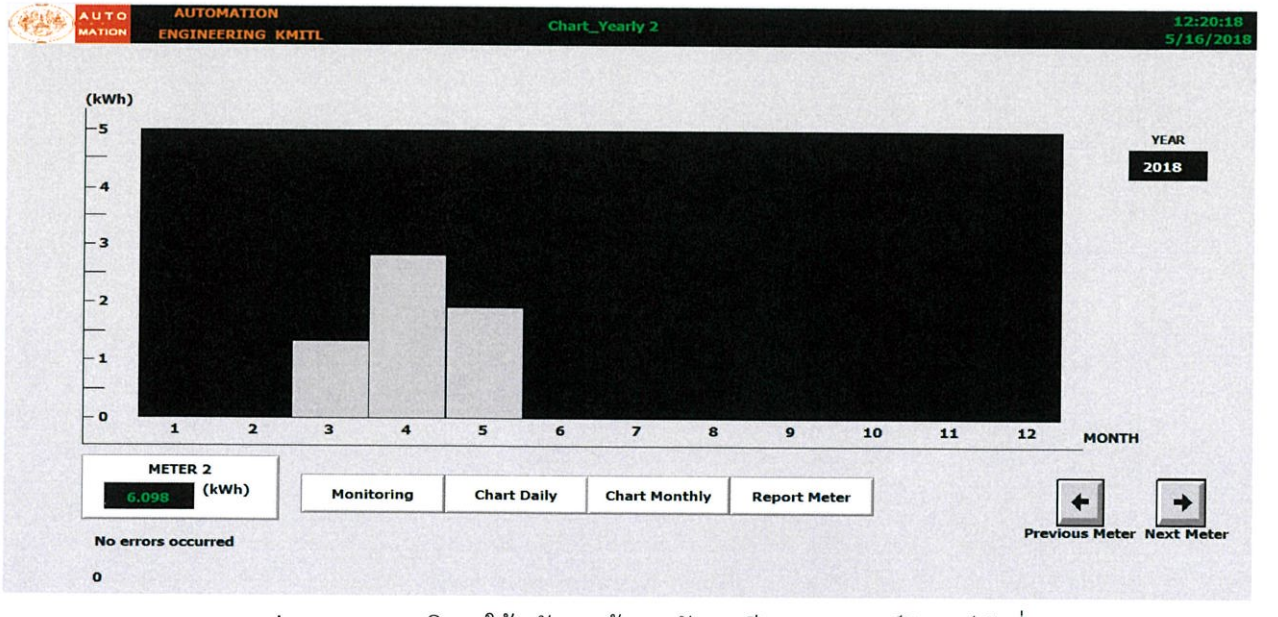
การแสดงประวัติการใช้พลังงานของปี 2018 ในรูปแผนภูมิแท่งจากการเก็บประวัติการใช้จะเห็นว่ามีการใช้พลังงานในเดือนที่ 3 น้อยกกว่าเดือนที่ 4 และเดือนที่ 5



รูปที่ 4.11 แผนภูมิการใช้พลังงานย้อนหลังรายปีของเพาเวอร์มิเตอร์ตัวที่ 1

4.6.2 ผลการทดลองการแสดงข้อมูลแบบแผนภูมิการใช้พลังงานย้อนหลังรายปีของเพาเวอร์มิเตอร์ตัวที่ 2

การแสดงประวัติการใช้พลังงานของปี 2018 ในรูปแผนภูมิแท่งจากการเก็บประวัติการใช้จะเห็นว่ามีการใช้พลังงานในเดือนที่ 3 น้อยกกว่าเดือนที่ 4 และเดือนที่ 5



รูป 4.12 แผนภูมิการใช้พลังงานย้อนหลังรายปีของเพาเวอร์มิเตอร์ตัวที่ 2

4.6.3 ผลการทดลองการแสดงข้อมูลแบบแผนภูมิการใช้พลังงานย้อนหลังรายปีของเพาเวอร์มิเตอร์ตัวที่ 3

การแสดงประวัติการใช้พลังงานของปี 2018 ในรูปแผนภูมิแท่งจากการเก็บประวัติการใช้จะเห็นว่ามีการใช้พลังงานในเดือนที่ 3 น้อยกกว่าเดือนที่ 4 และเดือนที่ 5

รูป 4.13 แผนภูมิการใช้พลังงานย้อนหลังรายปีของเพาเวอร์มิเตอร์ตัวที่ 3

บทที่ 5

สรุปผลและปัญหาในการดำเนินงาน

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

การดำเนินงานในระยะเวลาที่ผ่านมาได้มีในการปรับปรุงและพัฒนาโครงงานหลายอย่าง เช่น การบันทึกข้อมูลลงฐานข้อมูล กราฟฟิกแสดงผลง่ายต่อการเข้าถึงและเปรียบเทียบ ให้เกิดประโยชน์นำไปสู่การบริหารจัดการพลังงาน การพัฒนาฟังก์ชันการทำงานและสีของภาพในหลายๆส่วนเพื่อให้ Operator ใช้งานโปรแกรมได้อย่างมีประสิทธิภาพไม่กระทบต่อ สายตา หรือ การมองเห็น ขณะใช้งานเป็นเวลานาน เป็นต้น หลายสิ่งหลายที่เราได้ศึกษาจากทฤษฎี บางครั้งก็ไม่ได้ผลตามต้องการเราต้องใช้เทคนิคและวิธีการที่ได้จากประสบการณ์ในการเรียนมาตลอดระยะเวลา 4 ปีเพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น ทำให้เรารู้จักปรับตัวพร้อมที่จะเรียนรู้สิ่งใหม่และรู้จักการจัดการระบบความคิดอ่านให้เป็นระเบียบแบบแผนมากยิ่งขึ้น สำหรับตัวชิ้นงานที่ได้ทดลองและเก็บข้อปรากฏว่าได้ผลเป็นที่น่าพอใจ โปรแกรมทำงานได้ดีและการติดตามวัดค่าเป็นไปตามทฤษฎี ทำให้เกิดมิติใหม่ในการแสดงข้อมูลของกระบวนการแบบต่อเนื่องที่ควรนำไปประยุกต์ใช้กับการบริหารจัดการพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรม

5.2 ปัญหาในการดำเนินงาน

ในผลการทดลองมาจากการจำลองค่าพารามิเตอร์มาเป็นข้อมูลการแสดงผลในโปรแกรมในบางโปรแกรมที่เราใช้งานเป็นแบบตัวทดลองใช้ซึ่งจะกำหนดจำนวน Tagname ที่ใช้งานเมื่อหมดเวลาเราต้องถอนโปรแกรมแล้วติดตั้งเพื่อให้ใช้งานได้ต่อ ส่งผลให้การดำเนินงานเกิดความล่าช้าหลายครั้ง จากผลการทดลองวัดค่าพลังงานในกระบวนการยังคงขาดความต่อเนื่อง

5.3 ข้อเสนอแนะ

จากโครงงานที่นำเสนอมาอาจจะสามารถต่อยอดโดยระบบติดตามนี้สามารถติดตามและแสดงผลพลังงานเป็น Application ใน Smart phone เพื่อสะดวกและรวดเร็วต่อการใช้งาน

เอกสารอ้างอิง

1. file:///C:/Users/User/Desktop/Project%20Document/ข้อมูลโครงงาน/ข้อมูล%20Modbus/Modicon%20Modbus%20Protocol.pdf
2. file:///C:/Users/User/Desktop/Project%20Document/ข้อมูลโครงงาน/ข้อมูล%20Power%20Meter/Manual%20KM-07.pdf
3. file:///C:/Users/User/Desktop/Project%20Document/ข้อมูลโครงงาน/ข้อมูล%20Power%20Meter/Primus%20Powermeter.pdf
4. file:///C:/Users/User/Desktop/Project%20Document/ข้อมูลโครงงาน/ข้อมูล%20Kepware/kepserverex-manual.pdf
5. file:///C:/Users/User/Desktop/Project%20Document/ข้อมูลโครงงาน/ข้อมูล%20Kepware/wonderware-intouch%20with%20kepserver.pdf
6. file:///C:/Users/User/Desktop/Project%20Document/ข้อมูลโครงงาน/ข้อมูล%20SQL%20Server%202008/InTouchSQL.pdf
7. file:///C:/Users/User/Desktop/Project%20Document/ข้อมูลโครงงาน/ข้อมูล%20SQL%20Server%202008/install_SQL.pdf