ระบบเครือข่ายสื่อสารข้อมูลการใช้พลังงานผ่านสายไฟฟ้า

POWER LINE CARRIER COMMUNICATION NETWORK SYSTEM

วิชิต พิชัยชาญเลิศ

WICHIT PICHAICHANLERT

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2559

KMITL-2016-EN-M-020-125

ระบบเครือข่ายสื่อสารข้อมูลการใช้พลังงานผ่านสายไฟฟ้า

POWER LINE CARRIER COMMUNICATION NETWORK SYSTEM

วิชิต พิชัยชาญเลิศ

WICHIT PICHAICHANLERT

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2559

KMITL-2016-EN-M-020-125

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

POWER LINE CARRIER COMMUNICATION NETWORK SYSTEM

WICHIT PICHAICHANLERT

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF ENGINEERING IN ELECTRICAL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2016

KMITL-2016-EN-M-020-125

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2016

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ระบบเครือข่ายสื่อสารข้อมูลการใช้พลังงานผ่านสายไฟฟ้า
Thesis Title Power Line Carrier Communication Network System
นักศึกษา นายวิชิต พิชัยชาญเลิศ
รหัสประจำตัว 54610642
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.เชาว์ ชมภูอินไหว
หมายเลขวิทยานิพนธ์ KMITL-2016-EN-M-020-125

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
รศ.ดร.มณฑล	ลีลาจินดาไกรฤกษ์	
ผศ.ดร.ชาย	ชมภูอินไหว	
รศ.ดร.กีรติ	ชยะกุลคีรี	
ผศ.ดร.นิรุธ	จิรสุวรรณกุล	
ผศ.ดร.เชาว์	ชมภูอินไหว	

วัน / เดือน/ ปี ที่สอบ วันพฤหัสบดีที่ 14 กรกฎาคม พ.ศ. 2559 เวลา 16.00-18.00 น.
สถานที่สอบ ณ อาคาร A ชั้น 5 ห้องประชุม 3

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร. คมสัน มาลีสี)

คณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์

วันที่ 21 กรกฎาคม พ.ศ. 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ระบบเครือข่ายสื่อสารข้อมูลการใช้พลังงานผ่านสายไฟฟ้า
นักศึกษา	นายวิชิต พิชัยชาญเลิศ
รหัสประจำตัว	54610642
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
พ.ศ.	2559
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร.เชาว์ ชมภูอินไหว

บทคัดย่อ

โครงงานวิจัยนี้นำเสนอ ระบบเครือข่ายสื่อสารข้อมูลการใช้พลังงานผ่านสายไฟฟ้า (Power Line Carrier Communication Network System) เป็นงานวัดค่าพลังงานไฟฟ้าภายในอาคารของโรงอาหารในหน่วยงานการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยเหมืองแม่เมาะ อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง โดยวัดค่าพลังงานร้านค้าจำนวน 7 ร้านค้า 1 ร้านกาแฟ รวมจำนวน 8 ชุดวัด และส่งต่อข้อมูลที่วัดได้โดยอาศัย เทคนิคการส่งข้อมุลผ่านสายไฟฟ้า ในระบบไฟฟ้าแรงต่ำระหว่างมิเตอร์วัดพลังงานซึ่งจะมีระบบสื่อสารแบบ PLC กับอุปกรณ์รับสัญญาณ (Data Concentrate Unit, DCU) โดยส่งผ่านความถี่ในช่วง 2MHz – 30MHz เพื่อรับส่งสัญญาณบนสายไฟฟ้าและส่งต่อข้อมูลด้วยระบบ IP ข้อมูลวิ่งบนสาย LAN หรือ ส่งข้อมูลผ่านระบบสัญญาณอินเตอร์เน็ตผ่านเครือข่ายบริเวณกว้าง (Wide Area Network : WAN) ด้วยโมเด็มสื่อสาร (Modem GPRS) ไปยังหน่วยประมวลผลระยะไกลโดยจะรวบรวมข้อมูลด้วยโปรแกรมการจัดการข้อมูลพลังงาน (End Software) สุดท้ายได้แสดงผลของการสื่อสารและข้อมูลพลังงานต่างๆไว้เพื่อแสดงว่าระบบมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้งานเพื่อบริหารจัดการค่าใช้จ่ายได้อย่างรวดเร็วและถูกต้องโดยสามารถแสดงให้เห็นผลของระบบดังนี้ 1) ผลการเชื่อมต่อระบบการอ่านข้อมูลผ่านสายไฟฟ้า 2) ผลการออนไลน์เครื่องมือวัดของมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้า 3) ผลการออนไลน์ค่าพลังงานของมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้า และ 4) ผลการบันทึกข้อมูลพลังงานไฟฟ้า ดังนั้นจึงนำเสนอระบบเครือข่ายสื่อสารข้อมูลการใช้พลังงานผ่านสายไฟฟ้าเพราะป็นระบบที่ไม่ต้องเดินสายสัญญาณใหม่เพราะใช้สายไฟในระบบไฟฟ้าแรงต่ำเป็นเส้นทางของสัญญาณ ลดความยุ่งยากในการติดตั้งทำให้ประหยัดงบประมาณได้เป็นจำนวนมากและง่ายต่อการเคลื่อนย้ายอุปกรณ์ไปติดตั้งยังจุดอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Power Line Carrier Communication Network System
Student	Mr.Wichit Pichaichanlert
Student ID.	54610642
Degree	Master of Engineering
Program	Electrical Engineering
Year	2016
Thesis Advisor	Asst.Prof.Dr. Chow Choompoo-inwai

Abstract

This project presents The Power Line Carrier Communication Network System. This system can be measured power consumption in the building in the same unit as Electricity Generating Authority of Thailand. By measuring 8 shops and transmitting data using power line carrier communication in low voltage current between power meter and Data Concentrate Unit (DCU) in frequency range of 2MHz – 30MHz in order to receive signal and transmits data via internet system or General Packet Radio Service (GPRS) using Wide Area Network (WAN) to the Central Processing Unit (CPU) which collecting data by using effective data management program. Finally, the communication results and electric data herein represents in this article. The results shown in the article confirm that the system is fast and accurate costs management system as these following results. 1) Result at the connection of system. 2) Results monitoring online of measuring devices parameter. 3) Results monitoring online of energy consumption. And 4) Result of record data energy consumption. I hereby present this project because it is not required new installation, but can use current low voltage wire for the signal. As a result, budget can be saved and it is easy to maintenance.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ก็เพราะได้รับความอนุเคราะห์และความช่วยเหลือจากผู้มีอุปการะคุณทุกท่านจึงจะขอกล่าวขอบพระคุณสำหรับผู้มีอุปการะคุณทุกท่านเหล่านี้

กราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ พี่น้อง และ ผู้มีพระคุณทุกท่านที่มิได้กล่าวถึง เป็นอย่างมากที่ค่อยให้ความช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้ทั้งหมดโดยเฉพาะอย่างยิ่งการเลี้ยงดูสอนลูกให้เป็นคนดีและมอบโอกาสในการศึกษามาโดยตลอด

กราบขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.เชาว์ ชมภูอินไหว ที่ให้โอกาสจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้คอยให้ความรู้ แนะนำสั่งสอน ให้ความเอาใจใส่ระหว่างการจัดทำเสมอมาและช่วยวางระบบแบบแผนในการดำเนินงานมาโดยตลอด ขอบพระคุณอย่างสูง

กราบขอบพระคุณอาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่าน ที่ให้ความรู้ต่อผู้จัดทำโครงงานซึ่งมีประโยชน์ต่อการนำมาใช้ในการจัดทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

กราบขอบพระคุณ บริษัท อีดีเอ็มไอ (ประเทศไทย) จำกัด ที่สนับสนุนอุปกรณ์การทดลองและช่วยเหลือในเรื่องข้อมูลที่สำคัญทำให้สามารสรุปผลข้อมูลต่างๆได้ครบถ้วน

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณเพื่อนๆในระดับปริญญาโทและเพื่อนในระดับชั้นปริญญาเอก ที่ประจำอยู่ในห้องปฏิบัติการวิศวกรรมส่องสว่าง (ESIRC) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่คอยให้ความช่วยเหลือ คำแนะนำต่างๆ ขอให้สิ่งศักดิ์จงอวยพรให้ทุกท่านมีความสุขและจงมีสุขภาพแข็งแรงด้วยเทอญ

วิชิต พิชัยชาญเลิศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ I

Abstract II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VII

สารบัญรูป VIII

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา 2

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 2

1.4 ลำดับขั้นตอนการทำวิจัย 3

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีการสื่อสารข้อมูลผ่านสายไฟฟ้า 5

2.1.1 การควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้าน (Home control) 5

2.1.2 การใช้เป็นโครงข่ายภายในบ้าน (Home Networking) 6

2.1.3 ใช้ในบริการสาธารณูปโภคด้านไฟฟ้า (Utility application) 6

2.1.4 ใช้เป็นระบบกระจายเสียง (Radio Frequency) 7

2.1.5 ใช้เป็นระบบอินเตอร์เน็ต (Internet Access) 7

2.2 มาตรฐานการสื่อสารผ่านสายไฟฟ้า 7

2.2.1 มาตรฐานทางเทคนิคสำหรับการสื่อสารผ่านสายไฟฟ้าลักษณะการรับส่งข้อมูลความเร็วต่ำ (Narrowband PLC) 9

2.2.2 มาตรฐานทางเทคนิคสำหรับการสื่อสารผ่านสายไฟฟ้าลักษณะการรับส่งข้อมูลความเร็วสูงส่วนภายนอกอาคาร (Broadband PLC (In-building)) 10

2.2.3 มาตรฐานทางเทคนิคสำหรับการสื่อสารผ่านสายไฟฟ้าในลักษณะการรับส่งข้อมูลความเร็วสูงส่วนเข้าถึงภายนอกอาคาร (Broadband PLC (Access)) 11

2.2.4 การแสดงความสอดคล้องตามมาตรฐานทางเทคนิค 15

2.3 ทฤษฎีเทคโนโลยีการรวมสัญญาณ 16

2.3.1 การมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งช่วงความถี่ 17

2.3.2 การมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งช่วงเวลา 18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.3.3 การมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งรหัส 18
2.3.4 การมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งรหัส 19
2.3.5 พื้นฐานของระบบโอเอฟดีเอ็ม 20
2.4 การวัดกำลังไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้า 29
2.5 ทฤษฎีการสื่อสารข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ 31
บทที่ 3 การออกแบบระบบเครือข่ายสื่อสารข้อมูลการใช้พลังงานผ่านสายไฟฟ้า
3.1 แนวคิดและหลักการออกแบบระบบเครือข่ายสื่อสารข้อมูลพลังงานผ่านสายไฟฟ้า 33
3.1.1 หลักการของระบบสื่อสารข้อมูลพลังงานผ่านสายไฟฟ้า 34
3.1.2 การออกแบบระบบเครือข่ายสื่อสารข้อมูลพลังงานผ่านสายไฟฟ้า 39
3.2 การเลือกใช้อุปกรณ์ในระบบเครือข่ายสื่อสารข้อมูลพลังงานผ่านสายไฟฟ้า 41
3.2.1 อุปกรณ์มิเตอร์วัดค่าพลังงานไฟฟ้า 41
3.2.2 อุปกรณ์รวมสัญญาณข้อมูลพลังงานดีซียู 51
3.2.3 อุปกรณ์สื่อสารพีแอลซีโมดูลสำหรับมิเตอร์วัดพลังงาน 54
3.2.4 อุปกรณ์สื่อสารพีแอลซีโมดูลสำหรับเพิ่มระยะทาง 55
3.2.5 อุปกรณ์เซิร์ฟเวอร์ 56
3.3 การติดตั้งอุปกรณ์ภายในระบบเครือข่ายสื่อสารข้อมูลพลังงานผ่านสายไฟฟ้า 57
3.3.1 การติดตั้งอุปกรณ์มิเตอร์วัดค่าพลังงานไฟฟ้า 57
3.3.2 การติดตั้งอุปกรณ์รวมสัญญาณดีซียู 60
3.3.3 การติดตั้งอุปกรณ์ฝั่งเซิร์ฟเวอร์ 62
3.4 การใช้งานโปรแกรมของระบบเครือข่ายสื่อสารข้อมูลพลังงานผ่านสายไฟฟ้า 63
3.4.1 โปรแกรมจัดการข้อมูลพลังงาน (MultiDrive Software) 63
3.4.2 โปรแกรมการตั้งค่ามิเตอร์วัดค่าพลังงาน (EziView Software) 72
3.4.3 เว็บเบราเซอร์ในการตั้งค่าอุปกรณ์รวมสัญญาณ 86
3.5 การดาวน์โหลดข้อมูลพลังงานและการบันทึกผล 89
3.5.1 วิธีการดาวน์โหลดข้อมูลและการบันทึกผล 89
3.5.2 ตัวอย่างผลข้อมูลที่บันทึกได้ 94
บทที่ 4 ผลการทดสอบ
4.1 ผลการเชื่อมต่อระบบการอ่านข้อมูลผ่านสายไฟฟ้า 98
4.1.1 ผลการเชื่อมต่อสัญญาณของมิเตอร์วัดค่าพลังงานในระบบ 98
4.1.2 ผลการเชื่อมต่อมิเตอร์วัดค่าพลังงานจำนวน 8 เครื่อง 100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2 ผลการออนไลน์เครื่องมือวัดของมิเตอร์วัดค่าพลังงานไฟฟ้า 105

4.2.1 ผลการออนไลน์ค่าพารามิเตอร์ของมิเตอร์วัดค่าพลังงาน 106

4.2.2 ผลการออนไลน์การแจ้งเตือนความผิดปกติของมิเตอร์วัดค่าพลังงาน 114

4.2.3 ผลการออนไลน์ตรวจเช็คค่าเวลาของมิเตอร์วัดค่าพลังงาน 119

4.3 ผลการออนไลน์ค่าพลังงานของมิเตอร์วัดค่าพลังงานไฟฟ้า 124

4.3.1 ผลการออนไลน์ค่าพลังงานรวมของมิเตอร์วัดค่าพลังงาน 124

4.3.2 ผลการออนไลน์ค่าพลังงานรายเดือน 133

4.3.3 ผลการออนไลน์ค่าพลังงานโปรไฟล์ 15 นาที 138

4.3.4 ผลการออนไลน์การเก็บค่าการแจ้งเตือนและการเข้าใช้งาน 142

4.4 ผลกการบันทึกข้อมูลพลังงานพลังงานไฟฟ้า 150

4.4.1 ผลการบันทึกค่าพลังงานรวมของมิเตอร์วัดค่าพลังงาน 151

4.4.2 ผลการบันทึกค่าพลังงานรายเดือน 152

4.4.3 ผลการบันทึกค่าพลังงานโปรไฟล์ทุกๆ 15 นาที 153

4.4.4 ผลการบันทึกการเก็บค่าการแจ้งเตือนและการเข้าใช้งาน 155

บทที่ 5 สรุปผล

5.1 สรุปผลการทดสอบ 158

5.2 ข้อเสนอแนะแนวทางพัฒนา 159

เอกสารอ้างอิง 160

ภาคผนวก ก 161

ภาคผนวก ข 166

ภาคผนวก ค 170

ประวัติผู้แต่ง 178

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

ตารางที่ 1.4 ลำดับขั้นตอนการทำวิจัย 3
ตารางที่ 2.1 ขีดจำกัด Class B Limits 10
ตารางที่ 2.2 ขีดจำกัด Radiated Disturbance limits มาตรฐาน CISPR 22 11
ตารางที่ 2.3 ขีดจำกัด Radiated Disturbance limits กำหนด FCC Part 15 11
ตารางที่ 2.4 ช่วงความถี่ที่ห้ามมิให้มีการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า 13
ตารางที่ 2.5 ความสามารถในการกรองสัญญาณ 14
ตารางที่ 3.1 รายละเอียดคุณสมบัติของมิเตอร์ 49
ตารางที่ 3.1 (ต่อ) รายละเอียดคุณสมบัติของมิเตอร์ 50
ตารางที่ 3.1 (ต่อ) รายละเอียดคุณสมบัติของมิเตอร์ 51
ตารางที่ 3.2 แสดงคุณลักษณะของอุปกรณ์รวมสัญญาณดีซียู 53
ตารางที่ 3.3 แสดงคุณลักษณะของอุปกรณ์สื่อสารพีแอลซี 54
ตารางที่ 3.4 แสดงคุณลักษณะของอุปกรณ์เพิ่มระยะทาง 55
ตารางที่ 3.5 แสดงคุณลักษณะของอุปกรณ์เซิร์ฟเวอร์ 56
ตารางที่ 3.6 ตารางค่าความผิดปกติของมิเตอร์วัดพลังงาน 76
ตารางที่ 3.7 โค๊ดหน้าจอแสดงผลของมิเตอร์วัดค่าพลังงาน 79
ตารางที่ 4.1 ผลรายละเอียดผลข้อมูลการเชื่อมต่อสัญญาณมิเตอร์ในระบบ 99
ตารางที่ 4.2 ผลการเชื่อมต่อมิเตอร์วัดค่าพลังงานจำนวน 8 ร้านค้า 104
ตารางที่ 4.3 ผลการออนไลน์ค่าพารามิเตอร์ของร้านค้าที่ 1 106
ตารางที่ 4.4 ผลการออนไลน์ค่าพารามิเตอร์ของร้านค้าที่ 2 107
ตารางที่ 4.5 ผลการออนไลน์ค่าพารามิเตอร์ของร้านค้าที่ 3 108
ตารางที่ 4.6 ผลการออนไลน์ค่าพารามิเตอร์ของร้านค้าที่ 4 109
ตารางที่ 4.7 ผลการออนไลน์ค่าพารามิเตอร์ของร้านค้าที่ 5 110
ตารางที่ 4.8 ผลการออนไลน์ค่าพารามิเตอร์ของร้านค้าที่ 6 111
ตารางที่ 4.9 ผลการออนไลน์ค่าพารามิเตอร์ของร้านค้าที่ 7 112
ตารางที่ 4.10 ผลการออนไลน์ค่าพารามิเตอร์ของร้านค้าที่ 8 113
ตารางที่ 4.11 ค่าความผิดปกติของเครื่องมือวัดพลังงาน 114
ตารางที่ 4.12 ผลวันเวลาของมิเตอร์วัดพลังงานและเซิร์ฟเวอร์ 123
ตารางที่ 4.13 ตารางแสดงพลังงานรวมและข้อมูลพื้นฐาน 132
ตารางที่ 4.14 ผลการออนไลน์ค่าพลังงานรายเดือนทั้ง 8 ร้านค้า 137
ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบประสิทธิภาพและข้อกำหนดเทคนิคของเทคโนโลยีการสื่อสาร 159

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

รูปที่ 2.1 ลักษณะโครงข่ายและขอบข่ายการสื่อสารผ่านสายไฟฟ้า 9

รูปที่ 2.2 การมัลติเพล็กแบบแบ่งย่านความถี่ 18

รูปที่ 2.3 การมัลติเพล็กแบบแบ่งช่วงเวลา 18

รูปที่ 2.4 การมัลติเพล็กแบบแบ่งรหัส 19

รูปที่ 2.5 การมัลติเพล็กแบบแบ่งรหัส 21

รูปที่ 2.6 โครงสร้างของสัญญาณโอเอฟดีเอ็มในแกนเวลา 22

รูปที่ 2.7 สัญญาณในแกนความถี่ของคลื่นพาห์ย่อยแต่ละสัญญาณ 24

รูปที่ 2.8 การตอบสนองความถี่ของสัญญาณโอเอฟดีเอ็มในแต่ละคลื่นพาห์ย่อย 25

รูปที่ 2.9 บล็อกไดอะแกรมของเครื่องรับส่งโอเอฟดีเอ็ม 26

รูปที่ 2.10 ตัวอย่างการมอดูเลตคลื่นพาห์ย่อยแบบ 16-QAM 26

รูปที่ 2.11 สัญญาณ 16-QAM เมื่อเกิดมีสัญญาณรบกวนเข้ามา 27

รูปที่ 2.12 บล็อกไดอะแกรมในส่วนของกระบวนการ IFFT 28

รูปที่ 2.13 การมอดูเลตสัญญาณอาร์เอฟแบบอนาล็อก 28

รูปที่ 2.14 การมอดูเลตสัญญาณอาร์เอฟแบบดิจิตอล Direct Digital Synthesis 28

รูปที่ 2.15 การสร้างเวลาป้องกัน 29

รูปที่ 3.1 ส่วนประกอบหลักของระบบสื่อสารข้อมูลผ่านสายไฟฟ้า 34

รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการทำงานของระบบสื่อสารข้อมูลพลังงานผ่านสายไฟฟ้า 35

รูปที่ 3.3 หลักการส่งข้อมูลผ่านสายไฟฟ้า 36

รูปที่ 3.4 การรวมสัญญาณของ PLC Module 36

รูปที่ 3.5 การแยกสัญญาณของ DCU 37

รูปที่ 3.6 ตัวอย่างรหัส MAC Address ของ Meter PLC Module 37

รูปที่ 3.7 การออกแบบระบบสื่อสารของอุปกรณ์รับสัญญาณดีซียู 38

รูปที่ 3.8 ระบบสื่อสารของอุปกรณ์รวมสัญญาณดีซียู 38

รูปที่ 3.9 การออกแบบระบบเครือข่ายสื่อสารข้อมูลพลังงานผ่านสายไฟฟ้า 40

รูปที่ 3.10 แสดงขนาดของมิเตอร์ค่าวัดพลังงาน 41

รูปที่ 3.11 ขนาดและรูยึดของมิเตอร์วัดค่าพลังงาน 42

รูปที่ 3.12 อุปกรณ์ยึดมิเตอร์วัดค่าพลังงานติดฝาผนัง 43

รูปที่ 3.13 ส่วนประกอบภายนอกของมิเตอร์วัดค่าพลังงาน 43

รูปที่ 3.14 ชุดเทอร์มินอลเข้าสายของมิเตอร์วัดค่าพลังงาน 44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

รูปที่ 3.15 ชุดตรวจจับฝาครอบของมิเตอร์วัดค่าพลังงาน 44
รูปที่ 3.16 ช่องเข้าสายไฟฟ้าของมิเตอร์วัดค่าพลังงาน 45
รูปที่ 3.17 หัวอ่านแบบแสงมาตรฐาน IEC 62056-21 45
รูปที่ 3.18 หัวอ่านแบบแสงมาตรฐาน ANSI C12.18-1996 46
รูปที่ 3.19 ช่องต่อสัญญาณ TB2Output 46
รูปที่ 3.20 ช่องต่อแบตเตอรี่ PL3 47
รูปที่ 3.21 ปุ่มกดเลื่อนหน้าจอแสดงผล 47
รูปที่ 3.22 ปุ่มกด Connect และ Select 48
รูปที่ 3.23 พอร์ทโมดูลสื่อสารสำหรับมิเตอร์รุ่น Mk7B 48
รูปที่ 3.24 อุปกรณ์รวมสัญญาณดีซียู 51
รูปที่ 3.25 ไฟแสดงสถานะของอุปกรณ์รวมสัญญาณดีซียู 52
รูปที่ 3.26 สายพาวเวอร์ ช่องต่อสายแลน ปุ่มรีเซ็ต 52
รูปที่ 3.27 ช่องต่อเสาสัญญาณ GPRS 53
รูปที่ 3.28 โมดูลสื่อสารแบบ PLC 54
รูปที่ 3.29 อุปกรณ์เพิ่มระยะทาง Rang Extender 55
รูปที่ 3.30 อุปกรณ์เซิร์ฟเวอร์ 56
รูปที่ 3.31 อุปกรณ์มิเตอร์วัดค่าพลังงานไฟฟ้า รุ่น Mk7B 57
รูปที่ 3.32 ช่องต่อสายต่างๆของอุปกรณ์มิเตอร์วัดค่าพลังงาน 58
รูปที่ 3.33 ช่องต่อสายไฟฟ้าขาเข้าและขาออก TB1 58
รูปที่ 3.34 ช่องการต่อสาย Line และ Neutral 59
รูปที่ 3.35 ตัวอย่างลักษณะการติดตั้งมิเตอร์ ร้านค้าที่ 4 59
รูปที่ 3.36 ตัวอย่างร้านค้าที่ 4 ที่ติดตั้งอุปกรณ์มิเตอร์วัดค่าพลังงาน 60
รูปที่ 3.37 การติดตั้งดีซียู 60
รูปที่ 3.38 การต่อสายไฟของอุปกรณ์รวมสัญญาณดีซียู 61
รูปที่ 3.39 ห้องควบคุมเซิร์ฟเวอร์ 62
รูปที่ 3.40 การสร้างช่องทางการสื่อสารให้กับมิเตอร์ 63
รูปที่ 3.41 การตั้งชื่อ Site 64
รูปที่ 3.42 การตั้งค่าการเชื่อต่อ 64
รูปที่ 3.43 แจ้งสถานะของการตั้งค่าระบบสื่อสาร 65
รูปที่ 3.44 การสร้าง Device 65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

รูปที่ 3.45 การตั้งชื่อของ Device 66
รูปที่ 3.46 แจ้งสถานะของการตั้งค่า Device 66
รูปที่ 3.47 หน้าจอการเข้าใช้โปรแกรมมัลติไดร์ 67
รูปที่ 3.48 หน้าต่างโปรแกรมมัลติไดร์ 67
รูปที่ 3.49 การเชื่อมต่อมิเตอร์ 68
รูปที่ 3.50 หน้าต่างเมนู Device Login 68
รูปที่ 3.51 ออนไลน์เครื่องมือวัดพลังงาน 69
รูปที่ 3.52 ออนไลน์ค่าพลังงาน TOU 70
รูปที่ 3.53 ออนไลน์ค่า Surveys 71
รูปที่ 3.54 การเข้าใช้งาน 72
รูปที่ 3.55 การเข้า Login โปรแกรมอิซี่วิว 72
รูปที่ 3.56 หน้าต่างโปรแกรม อิซี่วิว ซอร์ฟแวร์ 73
รูปที่ 3.57 การเข้าฟังชั่น Setup 73
รูปที่ 3.58 อ่านข้อมูลจากมิเตอร์ 74
รูปที่ 3.59 การตั้งค่า ALARM EFA 74
รูปที่ 3.60 การตั้งค่า Alarm Sag Swell 75
รูปที่ 3.61 การตั้งค่า Alarm Setting 75
รูปที่ 3.62 การตั้งค่า Communication 77
รูปที่ 3.63 การตั้งค่า Enunciator 77
รูปที่ 3.64 การตั้งค่า Event Log 78
รูปที่ 3.65 การตั้งค่า LCD 78
รูปที่ 3.66 การตั้งค่าการเก็บ Load Profile 80
รูปที่ 3.67 การตั้งค่าเครื่องมือวัดของมิเตอร์ 80
รูปที่ 3.68 การตรวจเช็คสถานะความจำ 81
รูปที่ 3.69 การตั้งค่าไฟ Pulsing LED 81
รูปที่ 3.70 การตั้งค่า Relay ตัดโหลด 82
รูปที่ 3.71 การตั้งค่า Relay Day Type 82
รูปที่ 3.72 การตั้งค่าความปลอดภัย 83
รูปที่ 3.73 การตั้งค่าข้อมูลทั่วไป 83
รูปที่ 3.74 การตั้งค่าการตัดหน่วย 84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
รูปที่ 3.75 การตั้งค่า Rate การคิดค่าไฟ	84
รูปที่ 3.76 การตั้งค่าการเก็บผล TOU	85
รูปที่ 3.77 การตั้งค่าอัตรา Ratio ของมิเตอร์	85
รูปที่ 3.78 เบราเซอร์การตั้งค่าอุปกรณ์รวมสัญญาณดีซียู	86
รูปที่ 3.79 การตั้งค่าระบบ 3G	86
รูปที่ 3.80 การตั้งค่าระบบ LAN	87
รูปที่ 3.81 การตั้งค่าเพิ่มลดจำนวนมิเตอร์	87
รูปที่ 3.82 การตั้งค่าเวลา	88
รูปที่ 3.83 การตั้งค่ารหัสผ่านการเข้าใช้	88
รูปที่ 3.84 การเชื่อมต่อมิเตอร์ในระบบ	89
รูปที่ 3.85 การ Save As ข้อมูล Time of Use	90
รูปที่ 3.86 การตั้งชื่อไฟล์Time Of Use	90
รูปที่ 3.87 การ Save As ข้อมูล Billing History	91
รูปที่ 3.88 การตั้งชื่อไฟล์ Billing History	91
รูปที่ 3.89 การ Save as ข้อมูล Load Profile	92
รูปที่ 3.90 การตั้งชื่อไฟล์ Load Profile	92
รูปที่ 3.91 การ Save as ข้อมูล Event Log	93
รูปที่ 3.92 การตั้งชื่อไฟล์ Event Log	93
รูปที่ 3.93 ข้อมูล Load Profile ไฟล์ Text	94
รูปที่ 3.94 ข้อมูล Billing History ไฟล์ Text	94
รูปที่ 3.95 ข้อมูล Load Profile ไฟล์ Excel	95
รูปที่ 3.96 ข้อมูล Billing History ไฟล์ Excel	95
รูปที่ 3.97 ขั้นตอนการดำเนินงานของระบบ	96
รูปที่ 4.1 แผนภาพการแสดงผลของระบบการอ่านข้อมูลพลังงานผ่านสายไฟฟ้า	97
รูปที่ 4.2 ผลการเชื่อมต่อสัญญาณของมิเตอร์วัดค่าพลังงาน	98
รูปที่ 4.3 ผลการเชื่อมต่อมิเตอร์วัดค่าพลังงาน ร้านค้าที่ 1	100
รูปที่ 4.4 ผลการเชื่อมต่อมิเตอร์วัดค่าพลังงาน ร้านค้าที่ 2	100
รูปที่ 4.5 ผลการเชื่อมต่อมิเตอร์วัดค่าพลังงาน ร้านค้าที่ 3	101
รูปที่ 4.6 ผลการเชื่อมต่อมิเตอร์วัดค่าพลังงาน ร้านค้าที่ 4	101
รูปที่ 4.7 ผลการเชื่อมต่อมิเตอร์วัดค่าพลังงาน ร้านค้าที่ 5	102

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
รูปที่ 4.8 ผลการเชื่อมต่อมิเตอร์วัดค่าพลังงาน ร้านค้าที่ 6	102
รูปที่ 4.9 ผลการเชื่อมต่อมิเตอร์วัดค่าพลังงาน ร้านค้าที่ 7	103
รูปที่ 4.10 ผลการเชื่อมต่อมิเตอร์วัดค่าพลังงาน ร้านค้าที่ 8	103
รูปที่ 4.11 ผลการออนไลน์ค่าพารามิเตอร์ ร้านค้าที่ 1	106
รูปที่ 4.12 ผลการออนไลน์ค่าพารามิเตอร์ ร้านค้าที่ 2	107
รูปที่ 4.13 ผลการออนไลน์ค่าพารามิเตอร์ ร้านค้าที่ 3	108
รูปที่ 4.14 ผลการออนไลน์ค่าพารามิเตอร์ ร้านค้าที่ 4	109
รูปที่ 4.15 ผลการออนไลน์ค่าพารามิเตอร์ ร้านค้าที่ 5	110
รูปที่ 4.16 ผลการออนไลน์ค่าพารามิเตอร์ ร้านค้าที่ 6	111
รูปที่ 4.17 ผลการออนไลน์ค่าพารามิเตอร์ ร้านค้าที่ 7	112
รูปที่ 4.18 ผลการออนไลน์ค่าพารามิเตอร์ ร้านค้าที่ 8	113
รูปที่ 4.19 ผลการออนไลน์การแจ้งเตือนความผิดปกติของ ร้านค้าที่ 1	115
รูปที่ 4.20 ผลการออนไลน์การแจ้งเตือนความผิดปกติของ ร้านค้าที่ 2	115
รูปที่ 4.21 ผลการออนไลน์การแจ้งเตือนความผิดปกติของ ร้านค้าที่ 3	116
รูปที่ 4.22 ผลการออนไลน์การแจ้งเตือนความผิดปกติของ ร้านค้าที่ 4	116
รูปที่ 4.23 ผลการออนไลน์การแจ้งเตือนความผิดปกติของ ร้านค้าที่ 5	117
รูปที่ 4.24 ผลการออนไลน์การแจ้งเตือนความผิดปกติของ ร้านค้าที่ 6	117
รูปที่ 4.25 ผลการออนไลน์การแจ้งเตือนความผิดปกติของ ร้านค้าที่ 7	118
รูปที่ 4.26 ผลการออนไลน์การแจ้งเตือนความผิดปกติของ ร้านค้าที่ 8	118
รูปที่ 4.27 ผลการออนไลน์ค่าวันเวลาของ ร้านค้าที่ 1	119
รูปที่ 4.28 ผลการออนไลน์ค่าวันเวลาของ ร้านค้าที่ 2	119
รูปที่ 4.29 ผลการออนไลน์ค่าวันเวลาของ ร้านค้าที่ 3	120
รูปที่ 4.30 ผลการออนไลน์ค่าวันเวลาของ ร้านค้าที่ 4	120
รูปที่ 4.31 ผลการออนไลน์ค่าวันเวลาของ ร้านค้าที่ 5	121
รูปที่ 4.32 ผลการออนไลน์ค่าวันเวลาของ ร้านค้าที่ 6	121
รูปที่ 4.33 ผลการออนไลน์ค่าวันเวลาของ ร้านค้าที่ 7	122
รูปที่ 4.34 ผลการออนไลน์ค่าวันเวลาของ ร้านค้าที่ 8	122
รูปที่ 4.35 ผลการออนไลน์พลังงานรวม ร้านค้าที่ 1	124
รูปที่ 4.36 ข้อมูลพื้นฐานพลังงาน ร้านค้าที่ 1	125
รูปที่ 4.37 ผลการออนไลน์พลังงานรวม ร้านค้าที่ 2	125

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

รูปที่ 4.38 ข้อมูลพื้นฐานพลังงาน ร้านค้าที่ 2 126
รูปที่ 4.39 ผลการออนไลน์พลังงานรวม ร้านค้าที่ 3 126
รูปที่ 4.40 ข้อมูลพื้นฐานพลังงาน ร้านค้าที่ 3 127
รูปที่ 4.41 ผลการออนไลน์พลังงานรวม ร้านค้าที่ 4 127
รูปที่ 4.42 ข้อมูลพื้นฐานพลังงาน ร้านค้าที่ 4 128
รูปที่ 4.43 ผลการออนไลน์พลังงานรวม ร้านค้าที่ 5 128
รูปที่ 4.44 ข้อมูลพื้นฐานพลังงาน ร้านค้าที่ 5 129
รูปที่ 4.45 ผลการออนไลน์พลังงานรวม ร้านค้าที่ 6 129
รูปที่ 4.46 ข้อมูลพื้นฐานพลังงาน ร้านค้าที่ 6 130
รูปที่ 4.47 ผลการออนไลน์พลังงานรวม ร้านค้าที่ 7 130
รูปที่ 4.48 ข้อมูลพื้นฐานพลังงาน ร้านค้าที่ 7 131
รูปที่ 4.49 ผลการออนไลน์พลังงานรวม ร้านค้าที่ 8 131
รูปที่ 4.50 ข้อมูลพื้นฐานพลังงาน ร้านค้าที่ 8 132
รูปที่ 4.51 ผลการออนไลน์ค่าพลังงานรายเดือน ร้านค้าที่ 1 133
รูปที่ 4.52 ผลการออนไลน์ค่าพลังงานรายเดือน ร้านค้าที่ 2 133
รูปที่ 4.53 ผลการออนไลน์ค่าพลังงานรายเดือน ร้านค้าที่ 3 134
รูปที่ 4.54 ผลการออนไลน์ค่าพลังงานรายเดือน ร้านค้าที่ 4 134
รูปที่ 4.55 ผลการออนไลน์ค่าพลังงานรายเดือน ร้านค้าที่ 5 135
รูปที่ 4.56 ผลการออนไลน์ค่าพลังงานรายเดือน ร้านค้าที่ 6 135
รูปที่ 4.57 ผลการออนไลน์ค่าพลังงานรายเดือน ร้านค้าที่ 7 136
รูปที่ 4.58 ผลการออนไลน์ค่าพลังงานรายเดือน ร้านค้าที่ 8 136
รูปที่ 4.59 ผลการออนไลน์ค่าพลังงานทุกๆ 15 นาที ร้านค้าที่ 1 138
รูปที่ 4.60 ผลการออนไลน์ค่าพลังงานทุกๆ 15 นาที ร้านค้าที่ 2 138
รูปที่ 4.61 ผลการออนไลน์ค่าพลังงานทุกๆ 15 นาที ร้านค้าที่ 3 139
รูปที่ 4.62 ผลการออนไลน์ค่าพลังงานทุกๆ 15 นาที ร้านค้าที่ 4 139
รูปที่ 4.63 ผลการออนไลน์ค่าพลังงานทุกๆ 15 นาที ร้านค้าที่ 5 140
รูปที่ 4.64 ผลการออนไลน์ค่าพลังงานทุกๆ 15 นาที ร้านค้าที่ 6 140
รูปที่ 4.65 ผลการออนไลน์ค่าพลังงานทุกๆ 15 นาที ร้านค้าที่ 7 141
รูปที่ 4.66 ผลการออนไลน์ค่าพลังงานทุกๆ 15 นาที ร้านค้าที่ 8 141
รูปที่ 4.67 ผลการออนไลน์บันทึกการแจ้งเตือน ร้านค้าที่ 1 142

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
รูปที่ 4.68 ผลการออนไลน์บันทึกการเข้าใช้งาน ร้านค้าที่ 1	142
รูปที่ 4.69 ผลการออนไลน์บันทึกการแจ้งเตือน ร้านค้าที่ 2	143
รูปที่ 4.70 ผลการออนไลน์บันทึกการเข้าใช้งาน ร้านค้าที่ 2	143
รูปที่ 4.71 ผลการออนไลน์บันทึกการแจ้งเตือน ร้านค้าที่ 3	144
รูปที่ 4.72 ผลการออนไลน์บันทึกการเข้าใช้งาน ร้านค้าที่ 3	144
รูปที่ 4.73 ผลการออนไลน์บันทึกการแจ้งเตือน ร้านค้าที่ 4	145
รูปที่ 4.74 ผลการออนไลน์บันทึกการเข้าใช้งาน ร้านค้าที่ 4	145
รูปที่ 4.75 ผลการออนไลน์บันทึกการแจ้งเตือน ร้านค้าที่ 5	146
รูปที่ 4.76 ผลการออนไลน์บันทึกการเข้าใช้งาน ร้านค้าที่ 5	146
รูปที่ 4.77 ผลการออนไลน์บันทึกการแจ้งเตือน ร้านค้าที่ 6	147
รูปที่ 4.78 ผลการออนไลน์บันทึกการเข้าใช้งาน ร้านค้าที่ 6	147
รูปที่ 4.79 ผลการออนไลน์บันทึกการแจ้งเตือน ร้านค้าที่ 7	148
รูปที่ 4.80 ผลการออนไลน์บันทึกการเข้าใช้งาน ร้านค้าที่ 7	148
รูปที่ 4.81 ผลการออนไลน์บันทึกการแจ้งเตือน ร้านค้าที่ 8	149
รูปที่ 4.82 ผลการออนไลน์บันทึกการเข้าใช้งาน ร้านค้าที่ 8	149
รูปที่ 4.83 ผลการบันทึกค่าพลังงานรวม แบบไฟล์ Text	151
รูปที่ 4.84 ผลการบันทึกค่าพลังงานรวม แบบไฟล์ Excel	151
รูปที่ 4.85 ผลการบันทึกค่าพลังงานรายเดือน แบบไฟล์ Text	152
รูปที่ 4.86 ผลการบันทึกค่าพลังงานรายเดือน แบบไฟล์ Excel	152
รูปที่ 4.87 ผลการบันทึกค่าพลังงานโปรไฟล์ทุก 15 นาที แบบไฟล์ Text	153
รูปที่ 4.88 ผลการบันทึกค่าพลังงานโปรไฟล์ทุก 15 นาที แบบไฟล์ Excel	154
รูปที่ 4.89 ผลการบันทึกการเก็บค่าแจ้งเตือน แบบไฟล์ Text	155
รูปที่ 4.90 ผลการบันทึกการเข้าใช้งาน แบบไฟล์ Text	155
รูปที่ 4.91 ผลการบันทึกการเก็บค่าแจ้งเตือน แบบไฟล์ Excel	156
รูปที่ 4.92 ผลการบันทึกการเข้าใช้งาน แบบไฟล์ Excel	157

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ในปัจจุบันการใช้พลังงานไฟฟ้าในชีวิตประจำวันถือเป็นเรื่องที่สำคัญต่อมนุษย์เป็นอย่างยิ่งสิ่งที่ตามมาคือการจัดการพลังงานที่มีคุณภาพ เช่น การวัดค่าพลังงานไฟฟ้า การวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าที่เกินความจำเป็น การคิดค่าใช้ไฟฟ้า หรือ การเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า เป็นต้น การสื่อสารข้อมูลพลังงานไฟฟ้าในปัจจุบันมีหลากหลายช่องทาง ได้แก่ การสื่อสารผ่านสายสัญญาณ การสื่อสารผ่านคลื่นวิทยุ ทั้งสองวิธีดังกล่าวอาจก่อให้เกิดปัญหาในการเดินสายสัญญาณที่ยุ่งยาก และการติดตั้งคลื่นวิทยุก็ยังใช้งบประมาณจำนวนมาก กระบวนการในการจัดการพลังงานถ้าไม่มีระบบการจัดการที่ดีพอก็อาจก่อให้เกิดผลกระทบตามมาได้ เช่น การจดหน่วยจากเครื่องมือวัดอาจเกิดข้อผิดพลาดได้ สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการว่าจ้างคนจดหน่วย ค่าเดินทางที่ใช้ ความล่าช้าในการทำงาน เป็นต้น จากที่กล่าวมาจึงต้องหาเทคโนโลยีที่สามารถควบคุมการทำงานของระบบวัดค่าพลังงานไฟฟ้าที่สามารถรวบรวมข้อมูลพลังงานที่มีประสิทธิภาพเทียบเท่าหรือหรือดีกว่าเดิมโดยสามารถส่งข้อมูลพลังงานไฟไปบันทึกผลที่ระบบซุร์ฟเวอร์ได้สามารถนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์การใช้พลังงานรวมถึงจัดการเรื่องค่าใช้จ่ายได้อย่างถูกต้องแม่นยำ

โครงงานนี้ได้นำ เสนอ ระบบสื่อสารข้อมูลผ่านสายไฟฟ้า (Power Line Communication) ระบบสื่อสารข้อมูลผ่านสายไฟฟ้าเป็นระบบที่สามารถประยุกษ์ใช้งานได้หลากหลายรูปแบบ เช่น ระบบอินเตอร์เน็ตความเร็วสูง ระบบเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในอาคาร และ ระบบเครือข่ายสื่อสารข้อมูลการใช้พลังงานผ่านสายไฟฟ้าเป็นต้น โครงงานนี้จะทำการศึกษา ระบบเครือข่ายสื่อสารการใช้พลังงานผ่านสายไฟฟ้า (Power Line Carrier Communication System) ข้อดีของระบบนี้คือเป็นระบบที่ไม่ต้องเดินสายเคเบิลใหม่ ทำให้ไม่ต้องกังวลเรื่องของการเดินสายที่ยุ่งยากไม่ต้องตรวจเช็คสายสัญญาณที่อาจเกิดการชำรุดเสียหาย เพื่อลดค่าใช้จ่ายและเพิ่มความสะดวกในการใช้งานสามารถรวบรวมข้อมูลระยะไกลได้รวดเร็ว ง่ายต่อการเคลื่อนย้ายอุปกรณ์ไปติดตั้งยังจุดอื่น เทคโนโลยีนี้จึงสามารถช่วยแก้ปัญหาได้ตรงความต้องการส่งผลให้ได้รับข้อมูลพลังงานที่ถูกต้องแม่นยำอีกทั้งยังนำข้อมูลที่ถูกต้องนี้ไปบริหารจัดการหรือวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเกิดประโยชน์ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. ศึกษาความเป็นมาของเทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูลพลังงานผ่านสายไฟฟ้า
2. ศึกษาทฤษฎีและหลักการสื่อสารข้อมูลพลังงานผ่านสายไฟฟ้า
3. ออกแบบระบบสื่อสารข้อมูลการใช้พลังงานผ่านสายไฟฟ้าที่นำไปใช้งานได้จริง
4. สามารถเลือกอุปกรณ์ติดตั้งใช้งานในระบบสื่อสารข้อมูลการใช้พลังงานผ่านสายไฟฟ้าได้
5. สามารถทดสอบและแสดงผลข้อมูลพลังงานเพื่อนำผลที่ได้มาใช้งานได้จริง

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษามาตรฐานและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยโดยทำการสืบค้นจากมาตรฐานและวิทยานิพนธ์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องรวมถึงรายละเอียดด้านเทคนิคข้อมูลของอุปกรณ์ที่นำมาใช้
2. ศึกษาทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับการสื่อสารข้อมูลพลังงานผ่านสายไฟฟ้า
3. ศึกษาอุปกรณ์เครื่องมือวัดพลังงานทางไฟฟ้าในระบบ 1 เฟส
4. ศึกษาอุปกรณ์ส่งข้อมูลระบบเครือข่ายสื่อสารข้อมูลการใช้พลังงานผ่านสายไฟฟ้า
5. ศึกษาการใช้งานโปรแกรมจัดการพลังงานข้อมูลและบันทึกค่าพลังงาน
6. ศึกษาการใช้งานโปรแกรมการตั้งค่าเครื่องมือวัดพลังงานไฟฟ้า
7. ออกแบบติดตั้งระบบเครือข่ายสื่อสารข้อมูลการใช้พลังงานผ่านสายไฟฟ้า
7. ติดตั้งอุปกรณ์เครื่องมือวัดพลังงานและอุปกรณ์สื่อสารของระบบ
9. ทำการทดสอบระบบเครือข่ายสื่อสารข้อมูลการใช้พลังงานผ่านสายไฟฟ้าและบันทึกผลข้อมูลพลังงานเพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปสรุปผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ลำดับขั้นตอนการทำวิจัย

ตารางที่ 1.1 ลำดับขั้นตอนการทำวิจัย

การทำงาน	ปีการศึกษา							
	2555		2556		2557		2558	
	ภาคเรียน		ภาคเรียน		ภาคเรียน		ภาคเรียน	
	1	2	1	2	1	2	1	2
1. ค้นคว้ามาตรฐานและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง								
2. ศึกษาอุปกรณ์ในระบบทั้งหมด								
3. ศึกษาโปรแกรมที่ใช้งานของระบบ								
4. ออกแบบระบบเครือข่ายสื่อสารข้อมูลพลังงานผ่านสายไฟฟ้า								
5. จัดเตรียมอุปกรณ์สถานที่ในการทดสอบ								
6. ทดสอบและบันทึกผลการทดสอบ								
7. รวบรวมข้อมูลที่ได้จากการทดสอบ								
8. วิเคราะห์ผลที่ได้จากการทดสอบ								
9. สรุปผลการทดสอบ								
10. จัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์								

วางแผน ——— การปฏิบัติงานจริง - - - -

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

จากการวิจัยนี้เป็นการวิจัยเกี่ยวกับการออกแบบระบบเครือข่ายสื่อสารข้อมูลการใช้พลังงานผ่านสายไฟฟ้าการวัดพลังงานไฟฟ้า เพื่อประโยชน์ดังต่อไปนี้

1. ได้นำเสนอเทคโนโลยีที่ยังไม่ได้ถูกใช้งานกันอย่างแพร่หลายมากนักในระบบสื่อสารข้อมูลพลังงานไฟฟ้าซึ่งสามารถใช้งานได้จริงเป็นอีกทางเลือกในการเลือกใช้ระบบอ่านหน่วยพลังงาน
2. เทคโนโลยีนี้สามารถลดค่าใช้จ่ายในการเดินสายเคเบิลนำสัญญาณจากเครื่องมือวัดพลังงานไปยังอุปกรณ์รวมสัญญาณซึ่งเป็นระยะทางไกลเพราะติดตั้งหลายจุดโดยการใช้สายไฟฟ้าแทน
3. ลดการเกิดปัญหาของการชำรุดเสียหายของสายเคเบิลนำสัญญาณ
4. ลดปัญหาการจดหน่วยผิดพลาดซึ่งจะใช้การดาวน์โหลดข้อมูลเป็นเอกสารแทน
5. สามารถเปลี่ยนย้ายเครื่องมือวัดพลังงานไฟฟ้าได้สะดวกมากขึ้นเพราะไม่ต้องรื้อถอนสายสัญญาณและเดินสายสัญญาณใหม่
6. สามารถนำผลข้อมูลพลังงานไฟฟ้าที่ได้รับไปวิเคราะห์และจัดสรรเวลาในการใช้พลังงานให้เหมาะสมเพื่อลดค่าใช้จ่ายที่ไม่จำเป็นต้องเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในบทที่ 2 จะเป็นทฤษฎีที่เกี่ยวข้องของระบบเครือข่ายสื่อสารข้อมูลพลังงานผ่านสายไฟฟ้า จะมีการอ้างอิงเกี่ยวกับ มาตรฐานที่ใช้ ทฤษฎีการสื่อสารผ่านสายไฟฟ้า การออกแบบและหลักการทำงาน โดยจะแสดงให้เห็นเนื้อหาภาพรวมในบทที่ 2 ดังนี้

2.1 ทฤษฎีการสื่อสารผ่านสายไฟฟ้า

2.2 มาตรฐานการสื่อสารผ่านสายไฟฟ้า

2.3 ทฤษฎีเทคโนโลยีการรวมสัญญาณ

2.4 ทฤษฎีเครื่องวัดพลังงาน

2.5 ทฤษฎีการสื่อสารข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์

2.1 ทฤษฎีการสื่อสารข้อมูลผ่านสายไฟฟ้า [1]

การสื่อสารข้อมูลผ่านสายไฟฟ้า (Power Line Communication) หรือเรียกว่า “PLC” เป็นเทคโนโลยีการติดต่อสื่อสารที่ทำให้สามารถส่งสัญญาณเสียง ข้อมูล และมัลติมีเดีย โดยผ่านระบบไฟฟ้าหรือสายไฟฟ้าตามอาคารบ้านเรือนทั่วไปได้ระบบไฟฟ้าดังกล่าวเป็นระบบไฟฟ้าแรงต่ำ (LV Distribution cable) หรือระบบจ่ายไฟฟ้าแรงปานกลาง (MV Distribution cable) โดยเทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูลผ่านสายอาจมีชื่อเรียกต่างกันออกไปเช่น เทคโนโลยี BLP (Broadband over Power line), เทคโนโลยี PLT (Power line Telecommunication) หรือเทคโนโลยี Ethernet over Power line เป็นต้น อาจมีคำนิยามหรือชื่อเรียกอีกมากมายแต่ในที่นี้จะเรียกเทคโนโลยีทั้งหมดนี้ว่า “เทคโนโลยีการสื่อสารผ่านสายไฟฟ้า” เทคโนโลยี PLC สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้หลากหลายรูปแบบเช่น หน่วยงานให้บริการสาธารณูปโภคด้านไฟฟ้าและประชาชนทั่วไปดังตัวอย่างต่อไปนี้

2.1.1 การควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้าน

เป็นควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์หรืออุปกรณ์เทคโนโลยีสารสนเทศภายในบ้าน เช่น เครื่องเสียงโทรทัศน์ ระบบไฟฟ้าแสงสว่างภายในบ้าน การรักษาความปลอดภัยภายในบ้านโดยใช้กล้องวิดีโอ(surveillance video camera) ตลอดจนระบบที่เรียกว่า Home Automation สามารถใช้เทคโนโลยี PLC ได้โดยไม่ต้องเดินสายควบคุมใหม่ในการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมนี้จะส่งสัญญาณคลื่นพาห์ (carrier wave) ที่มีความถี่ระหว่าง 20–200 kHz เข้าไปในสายไฟฟ้าผ่านเครื่องส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และจะผสมสัญญาณดิจิตอลไปด้วยส่วนที่เครื่องรับแต่ละเครื่องในระบบจะมีฟังก์ชันบอกตำแหน่งสามารถควบคุมได้โดยสัญญาณที่ส่งมาและถูกถอดรหัสที่เครื่องรับอุปกรณ์นี้ใช้เสียบกับเต้าเสียบไฟฟ้าที่บ้านได้เลยซึ่งปัจจุบันมีการกำหนดมาตรฐานโดยบรรดาบริษัทผู้ผลิตอุปกรณ์อย่างหลากหลายซึ่งบางครั้งอาจทำงานร่วมกันไม่ได้เพราะข้อจำกัดต่างๆของทางเทคนิค

2.1.2 การใช้เป็นโครงข่ายภายในบ้าน

เป็นการนำเทคโนโลยี PLC มาประยุกต์ใช้งานในลักษณะเช่นเดียวกับโครงข่ายคอมพิวเตอร์ภายในบ้านอาคารชุดหรือในอาคารสำนักงานขนาดเล็ก เป็นต้น มาตรฐานของการใช้สายไฟฟ้าเป็นโครงข่ายภายในอาคารดังกล่าวนี้มีการพัฒนาโดยผู้ผลิตอุปกรณ์ที่รวมตัวกันเป็นกลุ่มอย่างหลากหลายซึ่งโครงข่ายดังกล่าวสามารถใช้งานได้ในระยะทางใกล้ไม่เกิน 100 เมตรและเพียงแต่เสียบอุปกรณ์ PLC ในเต้าเสียบไฟฟ้าที่มีอยู่โดยไม่ต้องเดินสายเคเบิลใหม่

2.1.3 ใช้งานกิจการหน่วยงานให้บริการสาธารณูปโภคด้านไฟฟ้า

หน่วยงานให้บริการสาธารณูปโภคด้านไฟฟ้าได้ใช้เทคโนโลยีนี้ในธุรกิจหรือการปฏิบัติงานของหน่วยงานเองมาเป็นระยะเวลานานแล้วซึ่งส่วนใหญ่ต้องการความกว้างแถบคลื่นที่ไม่มากนักโดยจะใช้ตัวเก็บประจุ (Coupling Capacitors) ชนิดพิเศษต่อกับเครื่องส่งวิทยุความถี่ต่ำที่ต่อกับสายไฟฟ้าความถี่ที่ใช้อยู่ระหว่าง 30–300kHz และเครื่องส่งมีกำลังไม่เกิน 100 วัตต์ เครื่องส่งจะส่งสัญญาณไปตามสายไฟฟ้าแรงสูงโดยที่สถานีจ่ายไฟย่อยจะติดตั้งอุปกรณ์กรองสัญญาณเพื่อป้องกันกระแสของความถี่ที่มากับคลื่นพาห์ (carrier frequency) ไม่ให้เข้าไปสู่อุปกรณ์ในสถานีจ่ายไฟย่อยนั้นๆ และเพื่อให้เกิดความมั่นใจในกรณีเกิดกระแสไฟฟ้าขัดข้องว่าจะไม่มีผลต่อระบบ PLC วงจรนี้จะใช้ในการควบคุมการทำงานของ Switch Gear และป้องกันสายส่ง ตัวอย่างเช่น สามารถใช้ช่องสัญญาณ PLC เพื่อสั่งการให้ Protection Relay ทำงานเมื่อเกิดเหตุขัดข้องในระบบจ่ายไฟฟ้าแต่จะให้ระบบทำงานปกติเมื่อเกิดเหตุขัดข้องที่จุดอื่นในระบบปัจจุบันหน่วยงานให้บริการสาธารณูปโภคด้านไฟฟ้ามักใช้ระบบไมโครเวฟและสายเคเบิลใยแก้วเพื่อการสื่อสารในองค์กรและใช้ในการสั่งการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าแต่การนำ PLC มาใช้ในระบบสื่อสารก็ยังมีความจำเป็นเพื่อใช้ในการสำรองช่องสัญญาณและเป็นการติดตั้งที่ลงทุนต่ำนอกจากนี้ยังมีการนำ PLC ที่มีอัตราการรับส่งข้อมูลความเร็วต่ำ มาใช้ในการอ่านหน่วยของมาตรวัดไฟฟ้าที่เรียกว่า (Automatic Meter Reading, AMR)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4 ใช้ในการส่งกระจายเสียง

ได้มีการนำเทคโนโลยี PLC มาใช้ในกิจการกระจายเสียงผ่านสายไฟฟ้าเช่นในประเทศเยอรมันและสวิตเซอร์แลนด์มีการส่งกระจายเสียงวิทยุโดยใช้สายโทรศัพท์และในประเทศสหรัฐอเมริกาและรัสเซียมีการส่งกระจายเสียงโดยใช้เทคโนโลยี PLC ผ่านสายไฟฟ้ามาเป็นเวลานาน เทคนิคการกระจายเสียงโดยใช้เทคโนโลยี PLC เรียกกันว่า “wire broadcasting” ใช้ความถี่ดังนี้

- 175 kHz สำหรับ Swiss Radio International
- 241 kHz สำหรับ Classical music
- 274 kHz สำหรับ RSI 1 rete UN (Italian)
- 340 kHz สำหรับ Easy music

2.1.5 ใช้เป็นระบบอินเตอร์เน็ต

เป็นการนำมาใช้งานเพื่อเข้าถึงโครงข่ายอินเตอร์เน็ตความเร็วสูงหรือที่เรียกกันโดยทั่วไปว่าเทคโนโลยี BPL ที่ให้บริการด้านโทรคมนาคม เช่น วอยซ์โอเวอร์ไอพี (Voice over Internet Protocol, VoIP) และการรับส่งข้อมูลมัลติมีเดียเพื่อความบันเทิง เช่น ดูหนัง ฟังเพลง เล่นเกม รวมถึงการเชื่อมต่อกับกล้องวีดีโอเพื่อเฝ้าระวังความปลอดภัยในบ้านเรือน หรือสำนักงาน เป็นต้น โดยใช้อุปกรณ์เสริม BPL เสียบที่เต้าเสียบไฟฟ้าแล้วนำอุปกรณ์คอมพิวเตอร์มาต่อผ่านอุปกรณ์เสริม BPL ก็สามารถใช้งานติดต่อสื่อสารกันได้เช่นกัน

2.2 มาตรฐานการสื่อสารผ่านสายไฟฟ้า [2]

สำหรับประเทศไทยคณะกรรมการกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติหรือกทช. ได้ประกาศกำหนดมาตรฐานทางเทคนิคสำหรับการสื่อสารผ่านสายไฟฟ้า (Power Line Communications) โดยมีรายละเอียดตามมาตรฐานเลขที่ กทช.มท. 2002 – 2551 ประกาศในราชกิจจานุเบกษาเล่ม 125 ตอนพิเศษ 165-ง ลงวันที่ 13 ตุลาคม 2551 เพื่อที่จะกำหนดมาตรฐานทางเทคนิคของเครื่องโทรคมนาคมและอุปกรณ์ ให้เหมาะสมต่อสภาพการณ์ทางเทคโนโลยีเพื่อให้เครื่องโทรคมนาคมและอุปกรณ์มีมาตรฐานทางเทคนิคที่ชัดเจน สามารถนำมาใช้งานได้โดยไม่เกิดการรบกวนซึ่งกันและกัน ไม่เกิดผลกระทบอันไม่พึงประสงค์ต่อกิจการวิทยุคมนาคมโครงข่ายโทรคมนาคมหรือการให้บริการโทรคมนาคมรวมทั้งเพื่อปกป้องคุ้มครองผู้บริโภคทั้งนี้ขอบข่ายในประกาศดังกล่าวได้ระบุลักษณะทางเทคนิคขั้นต่ำของเครื่องโทรคมนาคมและอุปกรณ์ที่ใช้เทคโนโลยีการสื่อสารผ่านสายไฟฟ้าซึ่งใช้งานโดยมีความมุ่งหมายในทางโทรคมนาคม แบ่งได้เป็น 3 ลักษณะ ดังนี้ [2]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การสื่อสารผ่านสายไฟฟ้าในลักษณะการรับส่งข้อมูลความเร็วต่ำ (Narrowband PLC) หมายถึง ระบบหรือส่วนหนึ่งของระบบสื่อสารผ่านสายไฟฟ้าที่ส่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าผ่านสายไฟฟ้าแรงดันต่ำไปยังอุปกรณ์ซึ่งรับสัญญาณโดยตรงจากสายไฟฟ้านั้น โดยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่อนุญาตให้ใช้งานจะมีความถี่อยู่ในช่วง 9 kHz – 525 kHz

2. การสื่อสารผ่านสายไฟฟ้าในลักษณะการรับส่งข้อมูลความเร็วสูง (ส่วนภายในอาคาร)(Broadband PLC (In Building)) หมายถึง ระบบหรือส่วนหนึ่งของระบบสื่อสายผ่านสายไฟฟ้าแรงดันต่ำไปยังอุปกรณ์ซึ่งรับสัญญาณโดยตรงจากสายไฟฟ้านั้น ทั้งนี้สายไฟฟ้าแรงดันต่ำดังกล่าวจะอยู่ในอาคารหรือที่พักอาศัยและไม่ได้ อยู่ในความรับผิดชอบของหน่วยงานให้บริการสาธารณูปโภคด้านไฟฟ้า

3. การสื่อสารผ่านสายไฟฟ้าในลักษณะการรับส่งข้อมูลความเร็วสูง (ส่วนภายนอกอาคาร) (Broadband PLC (Access) หมายถึง ระบบหรือส่วนหนึ่งของระบบสื่อสารผ่านสายไฟฟ้าที่ส่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าผ่านสายไฟฟ้าแรงดันต่ำ หรือแรงดันปานกลางก่อนถึงจุดต่อเพื่อเข้าอาคารหรือที่พักอาศัยไปยังอุปกรณ์ซึ่งรับสัญญาณโดยตรงจากสายไฟฟ้านั้น เพื่อให้บริการรับส่งข้อมูลความเร็วสูง ทั้งนี้ สายไฟฟ้าแรงดันต่ำหรือแรงดันปานกลางดังกล่าวอยู่ในความรับผิดชอบของหน่วยงานให้บริการสาธารณูปโภคด้านไฟฟ้า

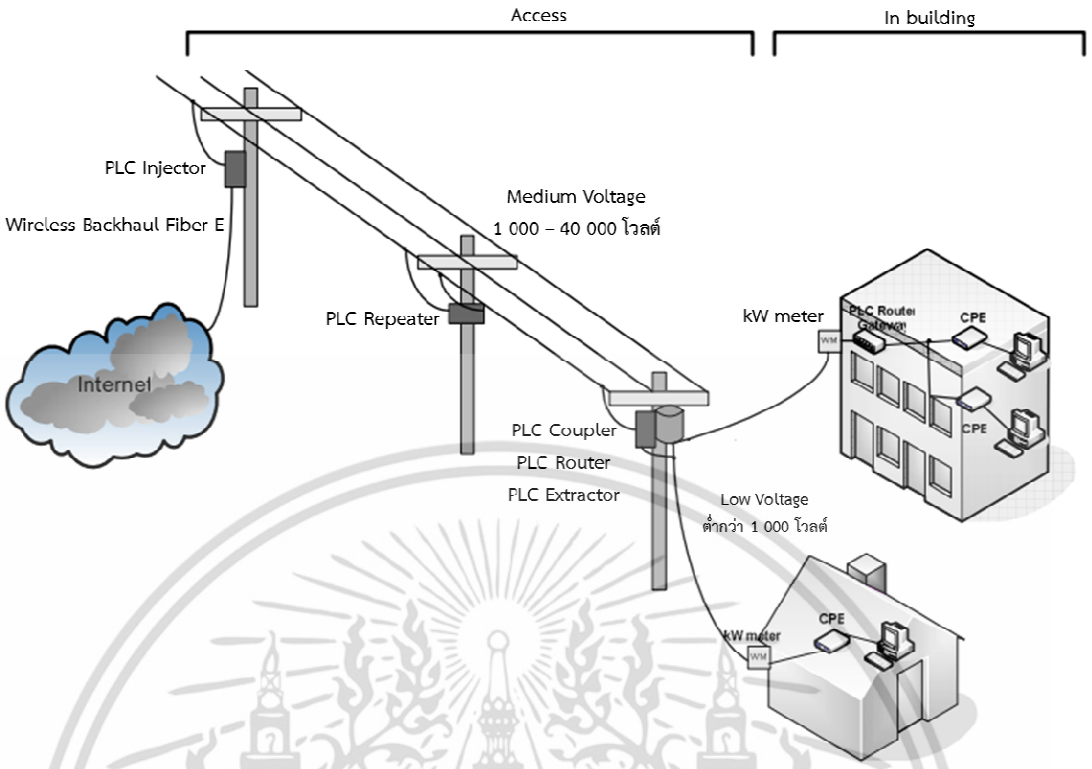
สายไฟฟ้าแรงดันปานกลาง(Medium Voltage : MV) หมายถึง สายไฟฟ้าที่รองรับการส่งที่แรงดันไฟฟ้า 1000 ถึง 40000 โวลต์ จากสถานีจ่ายไฟฟ้า (Substation) ซึ่งอาจเป็นสายไฟฟ้าใต้ดินหรือพาดเสาเหนือศีรษะก็ได้

สายไฟฟ้าแรงดันต่ำ (Low Voltage : LV) หมายถึง สายไฟฟ้าที่รองรับการส่งที่แรงดันไฟฟ้าต่ำกว่า 1000 โวลต์ จากหม้อแปลงนำจ่าย (Distribution Transformer) ไปยังอาคารหรือที่พักอาศัยของผู้ใช้ปลายทาง

มาตรฐานทางเทคนิคนี้ไม่ใช้บังคับสำหรับเครื่องโทรคมนาคมและอุปกรณ์ที่ใช้เทคโนโลยีการสื่อสารผ่านสายไฟฟ้าสำหรับการติดต่อสื่อสารการควบคุมโทรมาตรหรือการปฏิบัติงานภายในหรือระหว่างให้บริการสาธารณูปโภคด้านไฟฟ้าด้วยกันเอง

รูปแบบลักษณะโครงข่ายและขอบข่ายของการสื่อสารผ่านสายไฟฟ้าในลักษณะการรับส่งข้อมูลความเร็วสูงมีรายละเอียดดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 ลักษณะโครงข่ายและขอบข่ายการสื่อสารผ่านสายไฟฟ้า [2]

2.2.1 มาตรฐานทางเทคนิคสำหรับการสื่อสารผ่านสายไฟฟ้าลักษณะการรับส่งข้อมูลความเร็วต่ำ (Narrowband PLC)

1. มาตรฐานทางเทคนิคด้านความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า/การรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Compatibility / Disturbance Requirements) สำหรับเครื่องโทรคมนาคมและอุปกรณ์ที่ใช้เทคโนโลยีการสื่อสารผ่านสายไฟฟ้าในลักษณะ Narrowband PLC ให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐานใดมาตรฐานหนึ่งดังต่อไปนี้

- IEC 61000-3-8 (1997) Electromagnetic Compatibility (EMC) –Part3: Limits-Section8: Signaling on low-voltage electrical installations Emissions levels, frequency bands and electromagnetic disturbance levels
- EN 50065-1 (2001) Signaling on low-voltage electrical installations in the frequency range 3 kHz to 148.5 kHz—Part 1: General requirement, frequency bands and electromagnetic disturbances

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- FCC Part 15 applicable) Code of Federal Regulations (USA); Title 47(as Telecommunications; Chapter 1 Federal Communications Commission; Part 15 Radio Frequency Devices; Subpart B – Unintentional Radiators
  § 15.107 Conducted limits: (c)
  § 15.109 Radiated emission limits: (a), (b), (e) & (g)

2. มาตรฐานทางเทคนิคด้านความปลอดภัยทางไฟฟ้า (Electrical Safety Requirements) มาตรฐานทางเทคนิคด้านความปลอดภัยทางไฟฟ้าสำหรับเครื่องโทรคมนาคมและอุปกรณ์ที่ใช้เทคโนโลยีการสื่อสารผ่านสายไฟฟ้าในลักษณะ Narrowband PLC ให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐานใดมาตรฐานหนึ่งดังต่อไปนี้

- IEC 60950-1 (2001) Information technology equipment – Safety – 1: General requirements
- มอก. 156-2548 บริภัณฑ์เทคโนโลยีสารสนเทศเฉพาะด้านความปลอดภัย : ข้อกำหนดทั่วไป

2.2.2 มาตรฐานทางเทคนิคสำหรับการสื่อสารผ่านสายไฟฟ้าลักษณะการรับส่งข้อมูลความเร็วสูงส่วนภายนอกอาคาร (Broadband PLC (In-building))

1. มาตรฐานทางเทคนิคด้านความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า / การรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Compatibility / Disturbance Requirements)

- ขีดจำกัด (Conducted disturbance limits) สำหรับเครื่องโทรคมนาคมและอุปกรณ์ที่ใช้เทคโนโลยีการสื่อสารผ่านสายไฟฟ้าในลักษณะ Broadband PLC (In-building) ให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน CISPR 22 (Information technology equipment – Radio disturbance characteristics – Limits and methods of measurement) (Edition 5:0: 2005) ในส่วนของ Class B limits ดังนี้

ตารางที่ 2.1 ขีดจำกัด Class B Limits

FREQUENCY RANGE (MHz)	LIMITS (dBμV)	
	QUASI-PEAK	AVERAGE
0.15 to 0.50	66≈56	56≈46
0.50 to 5	56	46
5 to 30	60	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ขีดจำกัด (Radiated Disturbance limits) สำหรับเครื่องโทรคมนาคมและอุปกรณ์ที่ใช้เทคโนโลยีการสื่อสารผ่านสายไฟฟ้าในลักษณะ Broadband PLC (In-building) ให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน CISPR 22 (Edition 5.0: 2005) ในส่วนของ Class B limits ดังนี้

ตารางที่ 2.2 ขีดจำกัด Radiated Disturbance limits มาตรฐาน CISPR 22

FREQUENCY RANGE (MHz)	LIMITS [dBμV/m] QUASI-PEAK	Standard Measurement distance (m)
30 to 230	30	10
230 to 1000	37	10

- ขีดจำกัด (Radiated Disturbance limits) สำหรับเครื่องโทรคมนาคมและอุปกรณ์ที่ใช้เทคโนโลยีการสื่อสารผ่านสายไฟฟ้าในลักษณะ Broadband PLC (In-building) อาจใช้ขีดจำกัดตามที่กำหนดไว้ใน FCC Part 15 § 15.109 (a) (b) (e) (g) แทนที่กำหนดไว้ใน 1) ได้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2.3 ขีดจำกัด Radiated Disturbance limits กำหนด FCC Part 15

FREQUENCY RANGE (MHz)	LIMITS [μV/m] QUASI-PEAK	Standard measurement distance (m)
0.009-0.490	2400/F	300
0.490-1.705	2400/F	30
1.705-30.0	30	30
30-88	100	3
88-216	150	3
216-960	200	3
960-1000	500	3

เมื่อ F คือความถี่ มีหน่วยเป็น kHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการวัดหรือวิธีการทดสอบให้ใช้วิธีการวัดหรือวิธีการทดสอบตามที่ระบุไว้ในเอกสารมาตรฐานที่กำหนด คือ วิธีการวัดหรือวิธีการทดสอบ Conducted disturbance ให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน CIRR 22 (Edition 5.0: 2005) ข้อ 9 และ วิธีการวัดหรือวิธีการทดสอบ Radiated disturbance ในกรณีที่อ้างอิงขีดจำกัดตามมาตรฐาน CISPR 22 วิธีการวัดหรือวิธีการทดสอบให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้ใน CIPR (Edition 5.0: 2005) ข้อ 10

ในกรณีที่อ้างอิงขีดจำกัดตาม FCC Part 15 § 15.109 (a) (b) (e) (g) วิธีการวัดหรือวิธีการทดสอบให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้ใน ANSI C63.4-2003 (American National Standard for Methods of Measurement of Radio Noise Emissions from Low-Voltage Electrical and Electronic Equipment in the Range of 9 kHz to 40 GHz) ข้อ 8

ในกรณีที่เลือกใช้วิธีการวัดหรือวิธีการทดสอบที่ไม่เป็นไปตามที่กำหนดไว้ดังกล่าวข้างต้นต้องได้รับความเห็นชอบจากสำนักงานคณะกรรมการกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติก่อน

2. มาตรฐานทางเทคนิคด้านความปลอดภัยทางไฟฟ้า (Electrical Safety Requirements) มาตรฐานทางเทคนิคด้านความปลอดภัยทางไฟฟ้าสำหรับเครื่องโทรคมนาคมและอุปกรณ์ที่ใช้เทคโนโลยีการสื่อสารผ่านสายไฟฟ้าในลักษณะ Narrowband PLC (In-building) ให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐานใดมาตรฐานหนึ่งดังต่อไปนี้

- IEC 60950-1 (2001) Information technology equipment – Safety – 1: General requirements
- มอก. 156-2548 บริภัณฑ์เทคโนโลยีสารสนเทศเฉพาะด้านความปลอดภัย : ข้อกำหนดทั่วไป

3. ข้อกำหนดทางเทคนิคของเครื่องโทรคมนาคมและอุปกรณ์ช่วงความถี่ของคลื่นแม่เห ล็กไฟฟ้าที่อนุญาตให้ใช้งาน

- ระบบสื่อสารผ่านสายไฟฟ้าในลักษณะ Broadband PLC (In-building) ให้มีช่วงความถี่ใช้งาน 2-40 MHz เท่านั้น
- ความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังระบบสื่อสารผ่านสายไฟฟ้าในลักษณะ Broadband PLC (In-building) ต้องมีความสามารถในการจำกัดความหนาแน่นสเปกตรัมกำลัง (Power Spectral density) ของระบบที่จุดใดจุดหนึ่งไม่ให้เกิน -50dBm/Hz
- เทคนิคการลดหรือบรรเทาการรบกวน (Interference mitigation technique) ช่วงความถี่ที่ห้ามมิให้มีการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในระบบสื่อสารไฟฟ้าในลักษณะ Broadband PLC (In-building) ห้ามมิให้มีการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงความถี่ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 ช่วงความถี่ที่ห้ามมิให้มีการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

ช่วงความถี่สำหรับกิจการทางการบิน	ความถี่สำหรับหารติดต่อสื่อสารเพื่อเหตุฉุกเฉินทางทะเล
2.850-3.155 MHz	2174.5 kHz
3.400-3.500 MHz	2182 kHz
4.650-4.750 MHz	2187.5 kHz
5.480-5.730 MHz	4125 kHz
6.525-6.765 MHz	4177.5 kHz
8.815-9.040 MHz	4207.5 kHz
10.005-10.100 MHz	4209.5 kHz
11.175-11.400 MHz	4210 kHz
13.200-13.360 MHz	6215 kHz
15.010-15.100 MHz	6268 kHz
17.900-18.030 MHz	6321 kHz
21.924-22.000 MHz	6314 kHz
23.200-23.350 MHz	8291 kHz
	8376.5 kHz
	8414.5 kHz
	8416.5 kHz
	12290kHz
	12520 kHz
	12577 kHz
	12579 kHz
	16420 kHz
	16695 kHz
	16804.5 kHz
	16806.5 kHz
	19680.5 kHz
	22376 kHz
	26100.5

-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การกรองขจัดสัญญาณระบบสื่อสารผ่านสายไฟฟ้าในลักษณะลักษณะ Broadband PLC (In-building)ต้องมีความสามารถในการกรองสัญญาณ (frequency notching) เพื่อหลีกเลี่ยงช่วงความถี่ที่อาจก่อให้เกิดการรบกวนโดยเฉพาะช่วงความถี่สำหรับกิจการวิทยุสมัครเล่นและกิจการวิทยุกระจายเสียงซึ่งต้องมีอัตราการกรองขจัดสัญญาณเทียบกับค่าขีดจำกัดการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่กำหนดไว้ในหัวข้อที่ 1 ไม่ต่ำกว่า 20 dB

ตารางที่ 2.5 ความสามารถในการกรองสัญญาณ

ช่วงความถี่สำหรับกิจการวิทยุสมัครเล่น	ความถี่สำหรับกิจการวิทยุกระจายเสียง
3.200-3.540 MHz	2.300-2.495 MHz
7.000-7.100 MHz	3.200-3.400 MHz
10.100-10.150 MHz	3.900-4.000 MHz
14.000-14.350 MHz	4.750-4.995 MHz
18.086-18.168 MHz	5.005-5.060 MHz
21.000-21.450 MHz	5.900-6.200 MHz
24.890-24.990 MHz	7.200-7.450 MHz
28.000-29.700 MHz	9.400-9.900 MHz
	11.600-12.100 MHz
	13.570-13.870 MHz
	15.100-15.800 MHz
	17.480-17.900 MHz
	18.900-19.020 MHz
	21.450-21.850 MHz
	25.670-26.100 MHz

- การปรับเปลี่ยนกำลังส่งหรือความหนาแน่นสเปกตรัมกำลัง ระบบสื่อสารผ่านสายไฟฟ้าในลักษณะลักษณะ Broadband PLC (In-building) ต้องมีความสามารถในการปรับลดกำลังส่ง (Power reduction) หรือปรับเปลี่ยนความหนาแน่นสเปกตรัมกำลัง (Power spectral density (PSD) mask)

- การปรับเปลี่ยนความถี่ ระบบสื่อสารผ่านสายไฟฟ้าในลักษณะลักษณะ Broadband PLC (In-building) ต้องมีความสามารถในการปรับเปลี่ยนความถี่ (Frequency shift) เพื่อหลีกเลี่ยงช่วงความถี่ที่อาจก่อให้เกิดการรบกวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ข้อกำหนดการใช้งาน

- ระบบสื่อสารผ่านสายไฟฟ้าในลักษณะลักษณะ Broadband PLC (In-building) ที่ติดตั้งในพื้นที่ของสถานพยาบาลต้องไม่ก่อให้เกิดการรบกวนต่อเครื่องมือและอุปกรณ์ทางการแพทย์ และระบบที่ติดตั้งในพื้นที่ของท่าอากาศยานหรือสนามบินต้องไม่ก่อให้เกิดการรบกวนต่อกิจการทางการบิน

- ระบบสื่อสารผ่านสายไฟฟ้าในลักษณะลักษณะ Broadband PLC (In-building) ต้องไม่รบกวนอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในที่พักอาศัยหรือลดความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายไฟฟ้าของหน่วยงานให้บริการสาธารณูปโภคด้านไฟฟ้า

- ระบบสื่อสารผ่านสายไฟฟ้าในลักษณะลักษณะ Broadband PLC (In-building) ต้องรับผิดชอบต่อการให้บริการลูกค้าและข้อร้องเรียนต่างๆที่เกิดขึ้นซึ่งรวมทั้งการแก้ปัญหาการรบกวนที่เกิดจากระบบสื่อสารดังกล่าว

2.2.3 มาตรฐานทางเทคนิคสำหรับการสื่อสารผ่านสายไฟฟ้าในลักษณะการรับส่งข้อมูลความเร็วสูงส่วนเข้าถึงภายนอกอาคาร (Broadband PLC (Access))

มาตรฐานยังไม่มีการกำหนดในขณะนี้

2.2.4 การแสดงความสอดคล้องตามมาตรฐานทางเทคนิค

1. เครื่องโทรคมนาคมและอุปกรณ์ที่ใช้เทคโนโลยีการสื่อสารผ่านสายไฟฟ้าในลักษณะ Narrowband PLC ให้แสดงความสอดคล้องตามข้อ 2.2.1 ของมาตรฐานนี้โดยใช้หลักการรับรองตนเองของผู้ประกอบการ (SDoC) ตามที่กำหนดไว้ในประกาศคณะกรรมการกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติเรื่องการตรวจสอบและรับรองมาตรฐานของเครื่องโทรคมนาคมและอุปกรณ์

2. เครื่องโทรคมนาคมและอุปกรณ์ที่ใช้เทคโนโลยีการสื่อสารผ่านสายไฟฟ้าในลักษณะ Broadband PLC (In-building) ให้แสดงความสอดคล้องตามข้อ 2.2.2 ของมาตรฐานนี้โดยถือเป็นเครื่องโทรคมนาคมและอุปกรณ์ประเภท ก ตามที่กำหนดไว้ในประกาศคณะกรรมการกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติเรื่องการตรวจสอบและรับรองมาตรฐานของเครื่องโทรคมนาคมและอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ทฤษฎีเทคโนโลยีการรวมสัญญาณ [3]

ในระบบโทรคมนาคมทั้งผ่านสายหรือไร้สายการมอดูเลชั่นเป็นการย้ายย่านความถี่เพื่อให้ข่าวสารที่เราต้องการทำการส่งผ่านมีความเหมาะสมสามารถส่งผ่านไปในย่านความถี่ต่างๆได้และสิ่งที่เราใช้ในการนำพาข่าวสารเราไปเรียกว่า คลื่นพาห์ (carrier) ซึ่งเป็นสัญญาณรูปคลื่นไซน์(sinusoid signal) และการที่เราจะนำข่าวสารของเราฝากไปกับคลื่นพาห์วิธีการที่เป็นพื้นฐานที่ดีสำหรับทำความเข้าใจและทั้งยังเป็นเทคนิควิธีแรกคือการมอดูเลชั่นแบบแอมพริจูด (amplitude modulation, AM) ซึ่งเป็นการฝากข้อมูลข่าวสารไปกลับคลื่นพาห์ด้วยการแปลงข้อมูลข่าวสารในรูปของแอมพริจูดอันเป็นที่รู้จักกันทั่วไปในนามของวิทยุเอเอ็มและการมอดูเลตอีกวิธีหนึ่งที่ให้คุณภาพเสียงที่คมชัดดียิ่งขึ้นคือการมอดูเลชั่นแบบเฟส (Frequency modulation, FM) เป็นการฝากข้อมูลข่าวสารไปกลับคลื่นพาห์ด้วยการแปลงข้อมูลในรูปของมุมซึ่งจะมีความอ่อนไหวต่อสภาวะแวดล้อมและคุณภาพของเครื่องรับมากกว่าการมอดูเลชั่นแบบเอเอ็ม การมอดูเลชั่นทั้งสองวิธีนี้เป็นจุดเริ่มของการโทรคมนาคมและเมื่อผู้บริโภคต้องการที่จะส่งข้อมูลข่าวสารที่มากขึ้นและช่องสัญญาณที่เป็นเส้นทางในการส่งผ่านข่าวสารนั้นเป็นทรัพยากรที่จำกัดจึงต้องมีการพัฒนาการจัดส่งข่าวสารให้ได้ประสิทธิภาพในการส่งผ่านอย่างคุ้มค่าที่สุดเทคนิคต่างๆก็ได้มีการพัฒนาเป็นลำดับดังนี้

1. การมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งช่วงความถี่ (Frequency division multiplexing) เป็นเทคนิควิธีการย้ายสเปกตรัมของสัญญาณไม่ให้ซ้อนทับกันทางความถี่ วัตถุประสงค์ นั้นเพื่อรวมสัญญาณหลายๆสัญญาณไปในช่องสัญญาณเดียวกัน

2. การมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งช่วงเวลา (Time division multiplexing) เป็นเทคนิคการส่งสัญญาณหลายๆสัญญาณไปในช่องสัญญาณเดียวด้วยวิธีการแบ่งช่วงเวลากันส่งจึงทำให้ใช้ช่องสัญญาณเดียวกันส่งสัญญาณได้หลายสัญญาณ

3. การมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งรหัส (Code division multiplexing) เป็นเทคนิคการส่งสัญญาณโดยการกำหนดรหัสและเป็นการรวมหลายๆผู้ใช้ที่ใช้ตัวกลางเดียวกันในแถบความถี่เดียวกันแนวคิดคือสัญญาณของแต่ละผู้ใช้จะตั้งฉากกันและข้อมูลจะกู้คืนได้โดยไม่มีการแทรกซ้อนกันในแต่ละผู้ใช้ซึ่งเทคนิควิธีนี้มีแนวคิดอยู่บนพื้นฐานการแพร่กระจายสเปกตรัม(Spread spectrum)ซึ่งนำมาใช้ครั้งแรกในสงครามโลกครั้งที่สองในกองทัพทหารเป้าหมายเพื่อหลบการตรวจจับคลื่นเพื่อดักฟังของฝ่ายตรงข้าม

4. การมัลติเพล็กซ์แบบโอเอฟดีเอ็ม (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) เป็นเทคนิคที่ใช้หลายคลื่นพาห์แบบดิจิตอลโดยจะกระจายสัญลักษณ์ที่เข้ารหัสเป็นแบบดิจิตอลในความถี่หลายๆ คลื่นพาห์ย่อย เพื่อที่จะลดอัตราการใช้เวลาของแต่ละสัญลักษณ์ (Symbol clock rate) และยังผลให้ทนทานต่อช่องสัญญาณที่มีการจางหายแบบหลายเส้นทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

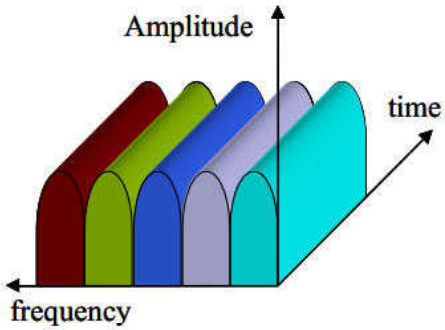
ถึงแม้ว่าสเปกตรัมของแต่ละคลื่นพาห์ย่อยจะมีการเลื่อมทับกันแต่ข้อมูลข่าวสารจะกู้คืนได้อย่างสมบูรณ์โดยไม่มีการแทรกสอด (Interference) จากคลื่นพาห์ย่อยที่อยู่ข้างเคียง

เทคนิคการมัลติเพล็กซ์ในระบบการสื่อสารนั้นมักจะมีความจำเป็นที่จะต้องทำการจัดส่งสัญญาณต่างๆหลายสัญญาณรวมกันไปในตัวกลางหรือสายส่งสัญญาณเดียวกันโดยที่จะต้องสามารถที่จะทำการแยกสัญญาณแต่ละสัญญาณที่ส่งรวมกันมานั้นออกจากกันได้ทางด้านเครื่องรับวิธีการรวมสัญญาณเข้าด้วยกันดังกล่าวมีชื่อเรียกว่าการมัลติเพล็กซ์ (Multiplexing) สัญญาณและวิธีการจัดแยกสัญญาณเหล่านั้นมีชื่อว่า การดีมัลติเพล็กซ์ (Demultiplexing) สัญญาณ ในยุคที่ผ่านมาการมัลติเพล็กซ์สัญญาณที่รู้จักกันทั่วไปมีอยู่ 3 แบบ คือ การมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งย่านความถี่ (Frequency Division Multiplexing) การมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งช่วงเวลา (Time Division Multiplexing) และการมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งรหัส (Code Division Multiplexing) ในปัจจุบันการมัลติเพล็กซ์สัญญาณอีกแบบหนึ่งที่กำลังเป็นที่สนใจของกลุ่มนักวิจัยคือการมัลติเพล็กซ์แบบโอเอฟดีเอ็ม (OrthogonalFrequency Division Multiplexing) ซึ่งเป็นการมัลติเพล็กซ์ที่ทำให้สามารถใช้ย่าน ความถี่ได้อย่างมีประสิทธิภาพและรองรับการส่งข้อมูลด้วยความเร็วสูงพื้นฐานของการมัลติเพล็กซ์แบบต่างๆ มีรายละเอียดดังหัวข้อต่อไปนี้

2.3.1 การมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งช่วงความถี่

การมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งช่วงความถี่แบบเอฟดีเอ็ม (Frequency Division Multiplexing, FDM) วิธีการนี้จะอาศัยการมอดูเลตสัญญาณมาช่วยในการย้ายสเปคตรัมของสัญญาณที่ต้องการจะส่งแต่ละสัญญาณรวมกันไปนั้นให้เลื่อนไปอยู่ในย่านความถี่ที่ไม่ซ้อนทับกันดังแสดงใน รูปที่ 2.2 ทั้งนี้เพื่อมิให้การใช้สเปคตรัมของแต่ละสัญญาณนั้นเกิดการรบกวนซึ่งกันและกันในแกนความถี่โดยสามารถเลือกใช้คลื่นพาหะที่มีความถี่เหมาะสมมาทำการมอดูเลตสัญญาณต่างๆที่ต้องการจะส่งรวมกันแต่ละสัญญาณเพื่อทำให้สเปคตรัมของสัญญาณที่เกิดขึ้นจากการมอดูเลตนั้นแยกเป็นอิสระต่อกันและกันในแกนความถี่ทำให้สามารถส่งสัญญาณเหล่านี้รวมกันไปในช่องสัญญาณเดียวกันได้และเมื่อเราใช้วงจรกรองแถบความถี่ ผ่านมาแยกสัญญาณที่รับได้ทางด้านเครื่องรับอย่างเหมาะสมแล้วจะสามารถแยกสัญญาณเหล่านั้นออกจากกันได้และเมื่อนำสัญญาณที่แยกออกมานี้ไปทำการดีมอดูเลตก็จะได้ข้อมูลหรือข่าวสารกลับคืนมาส่วนมากการมัลติเพล็กซ์แบบเอฟดีเอ็มจะนิยมใช้กับการส่งสัญญาณข้อมูลแบบอนาลอกเช่นระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่

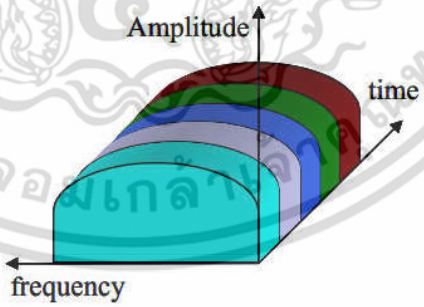
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 การมัลติเพล็กแบบแบ่งย่านความถี่

2.3.2 การมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งช่วงเวลา

การมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งช่วงเวลาหรือทีดีเอ็ม (TDM: Time Division Multiplexing) เป็นเทคนิคการมัลติเพล็กซ์แบบหนึ่งที่ทำให้สามารถส่งสัญญาณข้อมูลจำนวนมากกว่าหนึ่งสัญญาณไปในช่องการสื่อสารช่องเดียวโดยอาศัยการแบ่งช่วงเวลา (time slot) ในการส่งสัญญาณซึ่งสัญญาณข้อมูลแต่ละสัญญาณจะทำการมอดูเลตที่ความถี่เดียวกันแต่ส่งคนละช่วงเวลาจึงทำให้สามารถใช้ช่องสัญญาณช่องเดียวสื่อสารกันได้ดังแสดงในรูปที่ 2.3 ระบบการมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งช่วงเวลานี้นิยมใช้กับการส่งสัญญาณข้อมูลแบบดิจิตอลแต่บางครั้งก็พบได้ในระบบอนาลอกเนื่องจากว่าขั้นตอนการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล (A/D) และดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาลอก (D/A) นั้นมีกระบวนที่ไม่ยุ่งยากนัก



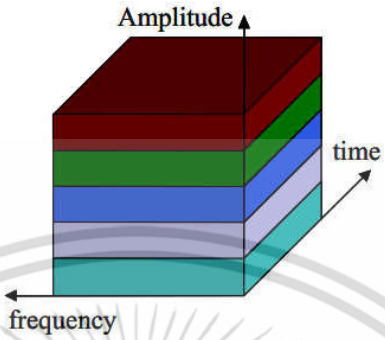
รูปที่ 2.3 การมัลติเพล็กแบบแบ่งช่วงเวลา

2.3.3 การมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งรหัส CMD

การมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งรหัสหรือซีดีเอ็ม (Code Division Multiplexing, CDM) เป็นเทคนิคการมัลติเพล็กซ์ที่อาศัยการแบ่งช่องสัญญาณโดยการกำหนดรหัสดังแสดงในรูปที่ 2.4 ทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

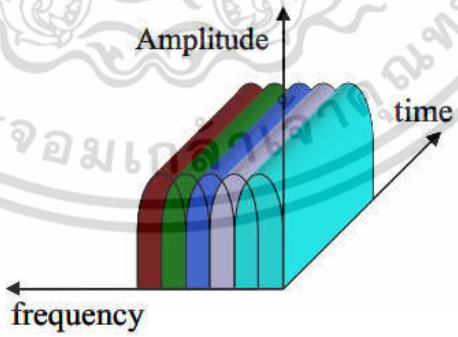
สามารถสื่อสารกันได้โดยใช้ความถี่เดียวกันพร้อมๆกันหลายช่องสัญญาณเป็นเทคนิคที่ททำให้มีความจุของช่องสัญญาณสูงแต่เมื่อมีการสื่อสารกันมากๆจะทำให้คุณภาพของสัญญาณต่ำลงอันเนื่องมาจากเกิดการแทรกสอด (Interference) ระหว่างผู้ใช้ด้วยกันเอง



รูปที่ 2.4 การมัลติเพล็กแบบแบ่งรหัส

2.3.4 การมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งรหัส OFDM

การมัลติเพล็กซ์แบบโอเอฟดีเอ็ม (Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM) เป็นเทคนิคที่ทำให้สามารถส่งผ่านข้อมูลด้วยความเร็วสูงโดยอาศัยหลักการการส่งผ่านแบบหลายคลื่นพาหะ (multi-carrier) อีกทั้งยังใช้ย่านความถี่ได้อย่างมีประสิทธิภาพเพราะแต่ละคลื่นพาหะย่อยที่ใช้ในการส่งสัญญาณจะมีสเปคตรัมเลื่อมกันโดยมีคุณสมบัติของการตั้งฉาก (Orthogonal properties) ซึ่งกันและกันระหว่างคลื่นพาหะย่อยดังแสดงในรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 การมัลติเพล็กแบบแบ่งรหัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

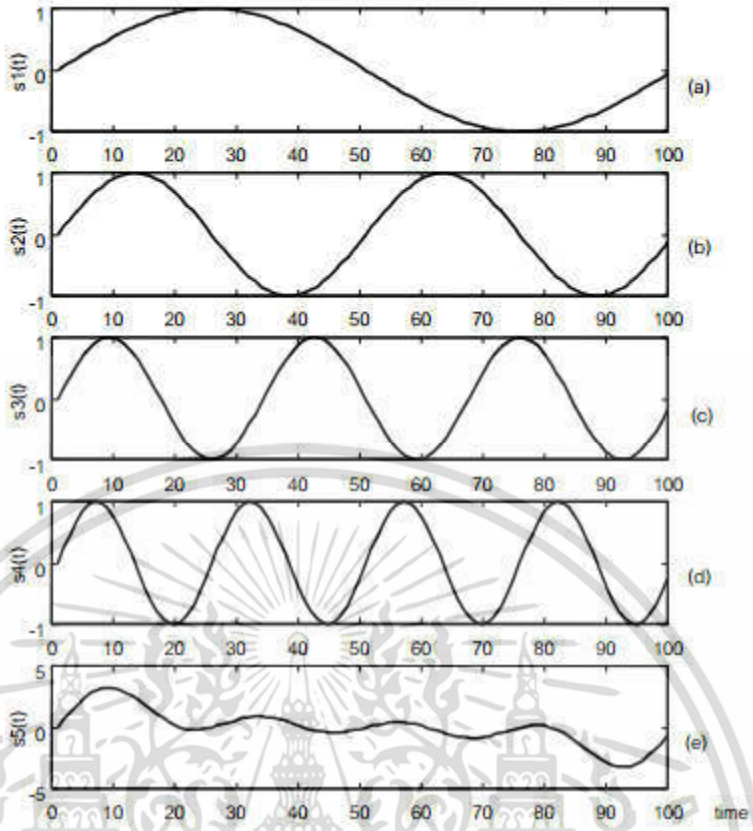
2.3.5 พื้นฐานของระบบโอเอฟดีเอ็ม

การมัลติเพล็กซ์แบบโอเอฟดีเอ็ม (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) เป็นเทคนิคการมัลติเพล็กซ์ที่คล้ายกับการมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งช่วงความถี่ (Frequency Division Multiplexing) โดยที่ระบบโอเอฟดีเอ็มนั้นจะใช้พื้นฐานของการมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งช่วงความถี่ที่ทำให้สามารถที่จะส่งข่าวสารได้หลายข่าวสารไปในช่องสัญญาณช่องเดียวกันซึ่งเป็นการใช้ย่านความถี่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตัวอย่างของระบบการมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งช่วงความถี่ที่ใช้กันเช่น การส่งสัญญาณของสถานีวิทยุเอฟเอ็ม (Frequency Modulation) โดยที่แต่ละสถานีจะใช้ความถี่ที่ต่างกันทำให้แต่ละสถานีนั้นสามารถที่ส่งสัญญาณได้พร้อมๆกันโดยไม่มีการรบกวนซึ่งกันและกันโดยในการส่งสัญญาณนั้นแต่ละสถานีจะใช้แถบความถี่ที่จำกัดและไม่เลื่อมทับกันในแกนความถี่ทางด้านเครื่องรับเมื่อรับสัญญาณได้ก็จะเลือกแถบความถี่หรือสถานีที่ต้องการโดยใช้วงจรกรองแบบแถบความถี่ผ่าน (Band-pass filter) ซึ่งจะสามารถทำการดีมอดูเลต (Demodulate) สัญญาณข่าวสารที่ต้องการกลับมาได้

การมัลติเพล็กซ์แบบโอเอฟดีเอ็มจะแตกต่างกับการมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งช่วงความถี่ในหลายๆด้านคือในการส่งสัญญาณแบบแบ่งช่วงความถี่จะส่งที่แถบความถี่ต่างกันโดยผลที่ได้จากการมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งช่วงความถี่คือจะสูญเสียแถบความถี่ระหว่างสถานีที่มีไว้เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการรบกวนกันระหว่างสถานีข้างเคียงด้วยการมัลติเพล็กซ์แบบโอเอฟดีเอ็มเช่น ระบบการกระจายเสียงแบบดิจิตอล (Digital Audio Broadcasting) สัญญาณข่าวสารของแต่ละสถานีจะถูกมัลติเพล็กซ์รวมกันเป็นสัญญาณข่าวสารสัญญาณเดียวโดยสัญญาณข่าวสารทั้งหมดนี้จะทำการส่งโดยใช้ระบบโอเอฟดีเอ็มผ่านคลื่นพาห์ย่อยๆจำนวนมากโดยคลื่นพาห์ย่อยๆจำนวนมากโดยคลื่นพาห์ย่อยๆเหล่านี้จะมีคุณสมบัติของการออโธโกนอล (Orthogonal)

1. คุณสมบัติของการออโธโกนอล การมัลติเพล็กซ์แบบโอเอฟดีเอ็มนั้นจะมีคุณสมบัติของการออโธโกนอลในแกนความถี่โดยสามารถที่จะส่งสัญญาณข่าวสารไปในคลื่นพาห์ย่อยที่ต่างกันโดยไม่เกิดการบกวนกันสัญญาณโอเอฟดีเอ็มสามารถสร้างจากผลรวมของสัญญาณไซนูซอยด์ (Sinusoid signal) หลายๆสัญญาณซึ่งแต่ละสัญญาณก็คือคลื่นพาห์ย่อยแต่ละตัวนั่นเองความถี่เบสแบนด์ (Baseband frequency) ของแต่คลื่นพาห์ย่อยจะกำหนดให้เป็นจำนวนเต็มของส่วนกลับของช่วงเวลาของสัญลักษณ์หนึ่งสัญลักษณ์ (Symbol time) โดยผลที่ได้จะทำให้แต่ละคลื่นพาห์ย่อยนั้นมีจำนวนของไซเคิล (Cycle) เป็นจำนวนเต็มในหนึ่งสัญลักษณ์และผลที่ตามมาก็จะทำให้แต่ละคลื่นพาห์ย่อยๆนั้นตั้งฉากกันใน รูปที่ 2.6 แสดงรูปแบบของสัญญาณโอเอฟดีเอ็มที่มีคลื่นพาห์ย่อยจำนวน 4 คลื่นพาห์

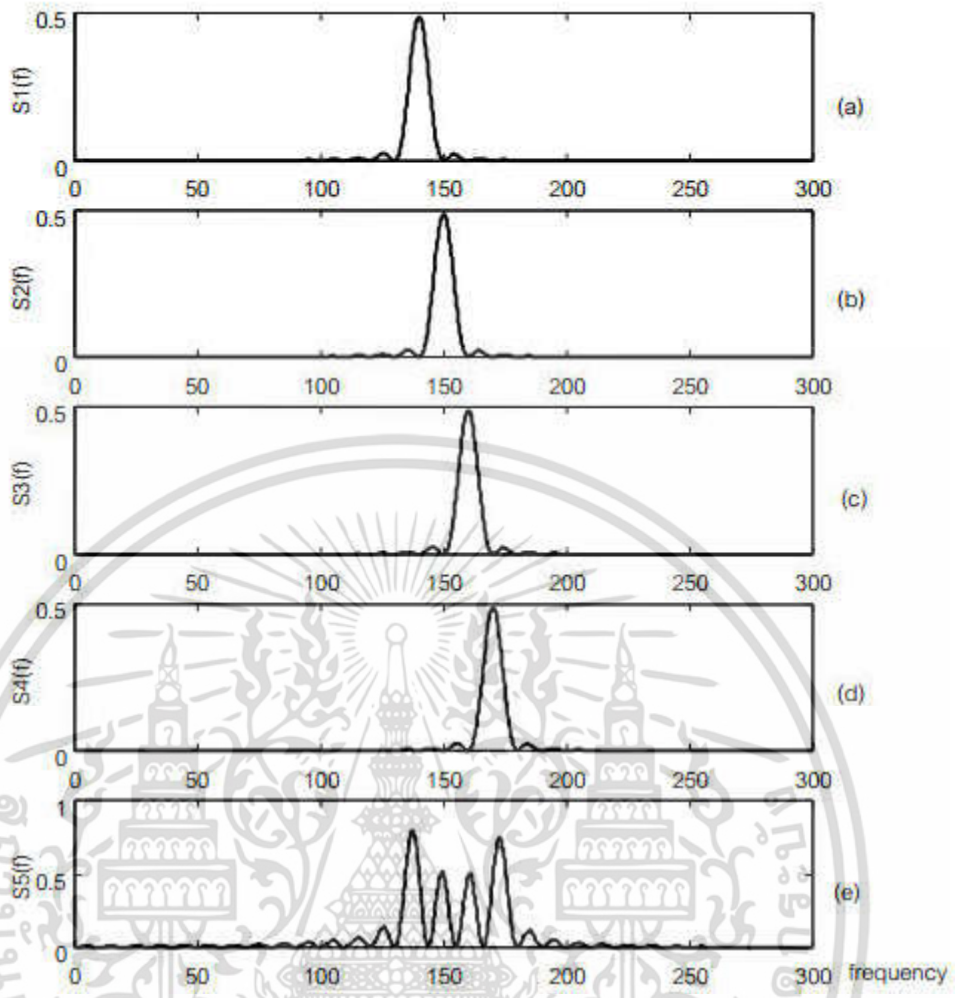
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 โครงสร้างของสัญญาณโอเอฟดีเอ็มในแกนเวลา

รูปที่ 2.6 (a), (b), (c) และ (d) แสดงคลื่นพาห์ย่อยแต่ละสัญญาณซึ่งประกอบด้วยลูกคลื่นจำนวน 1, 2, 3 และ 4 ลูกคลื่นในช่วงเวลาหนึ่งสัญลักษณ์ตามลำดับโดยที่คลื่นพาห์ย่อยแต่ละสัญญาณนั้นจะมีเฟสเป็นศูนย์และจะสังเกตได้ว่าแต่ละคลื่นพาห์ย่อยจะมีจำนวนลูกคลื่นเป็นจำนวนเต็มในช่วงเวลาของหนึ่งสัญลักษณ์ในส่วนของรูปที่ 2.6(e) เป็นสัญญาณเมื่อทำการรวมคลื่นพาห์ย่อยทั้ง 4 สัญญาณเข้าด้วยกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 สัญญาณในแกนความถี่ของคลื่นพาห์ย่อยแต่ละสัญญาณ

รูปที่ 2.7 (a), (b), (c) และ (d) จะแสดงสัญญาณในแกนความถี่ของคลื่นพาห์ย่อยแต่ละสัญญาณในรูปที่ 2.6 (a), (b), (c) และ (d) ตามลำดับและในรูปที่ 2.7(e) นั้นจะแสดงสัญญาณเมื่อทำการรวมคลื่นพาห์ย่อยทั้ง 4 สัญญาณเข้าด้วยกันในแกนความถี่เซตของฟังก์ชั่นแต่ละฟังก์ชั่นนั้นจะออโธโกนอลกันก็ต่อเมื่อมีสภาวะที่เข้ากับสภาวะใน สมการที่ 2.1 ถ้าฟังก์ชั่นใดๆ 2 ฟังก์ชั่นที่แตกต่างกันเมื่อนำมาคูณกันแล้วทำการอินทิเกรทในช่วงเวลาของหนึ่งสัญลักษณ์ผลที่ได้จะมีค่าเป็นศูนย์ซึ่งแสดงว่า 2 ฟังก์ชั่น นั้นออโธโกนอลกันและอีกทางหนึ่งเมื่อเรามองเครื่องรับสัญญาณที่ตรงกับฟังก์ชั่นใดฟังก์ชั่นหนึ่งเครื่องรับก็จะรับได้เฉพาะฟังก์ชั่นนั้นส่วนฟังก์ชั่นอื่นเมื่อทำการอินทิเกรทแล้วจะได้ผลลัพธ์เป็นศูนย์

$$\int_0^T S_i(t) S_j(t) dt = \begin{cases} C & i = j \\ 0 & i \neq j \end{cases} \quad (2.1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการที่ (2) แสดงเซตของสัญญาณไซนูซอยด์ (Sinusoid signal) ที่ออโธโกนอลกันซึ่งแสดงให้เห็นถึงคลื่นพาห์ย่อยของสัญญาณโอเอฟดีเอ็มที่ยังไม่ได้มีการมอดูเลต

$$S_k(t) = \begin{cases} \sin(2\Pi k f_0 t) & 0 < t < T \quad k = 1,2,\dots,M \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \tag{2.2}$$

เมื่อ f_0 คือ ระยะห่างระหว่างคลื่นพาห์ย่อย

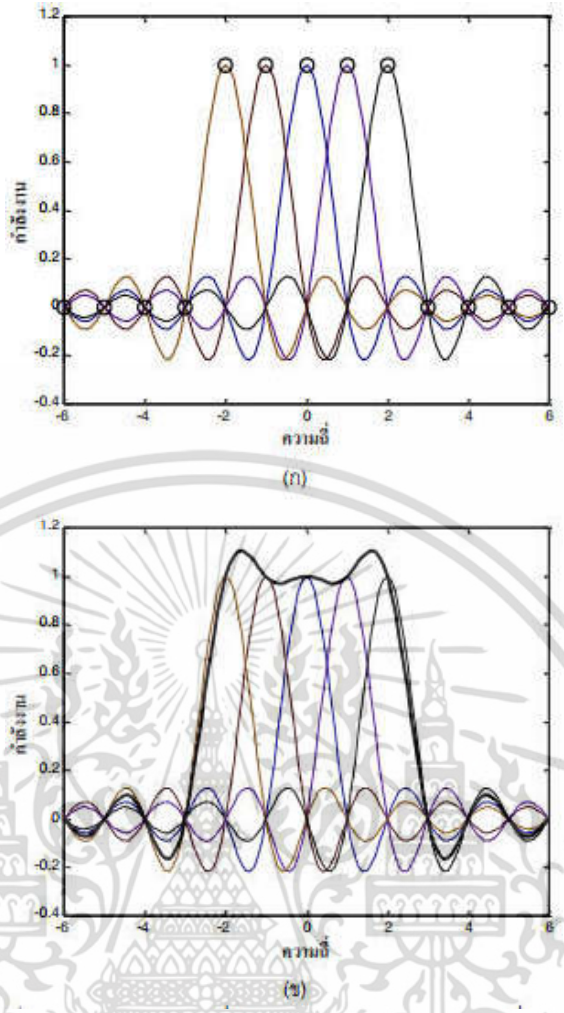
M คือ จำนวนของคลื่นพาห์ย่อย

T คือ ช่วงเวลาของสัญลักษณ์หนึ่งสัญลักษณ์

จากสมการที่ 2.2 จะเห็นได้ว่าความถี่สูงสุดของคลื่นพาห์ย่อยนั้นจะมีค่าเท่ากับ Mf_0 และความกว้างของแถบความถี่ที่ใช้ในการส่งผ่านจะมีค่าเท่ากับ Mf_0 เช่นกัน

2. คุณสมบัติของการออโธโกนอลในแกนความถี่ ทางหนึ่งที่สามารถเห็นคุณสมบัติของการออโธโกนอลของสัญญาณโอเอฟดีเอ็มก็คือการมองที่สเปคตรัมของสัญญาณในแกนความถี่นั้น แต่ละคลื่นพาห์ย่อยของสัญญาณโอเอฟดีเอ็มจะมีการตอบสนองความถี่ของสัญญาณลักษณะเป็นสัญญาณซิงก์ (Sinc signal) แสดงใน รูปที่ 2.8 (ก) รูปร่างของสัญญาณซิงก์จะมีโลบหลัก (Main lobe) ที่แคบและมีโลบด้านข้าง (Side lobe) จำนวนมากที่มีขนาดลดลงอย่างช้าๆจากจุดกึ่งกลางของสัญญาณแต่ละคลื่นพาห์จะมีจุดยอดที่กึ่งกลางความถี่และมีจุดที่สัญญาณเป็นศูนย์ (Null) ทุกๆจุดที่เป็นช่องว่างของความถี่ซึ่งเท่ากับระยะห่างระหว่างคลื่นพาห์เมื่อสัญญาณแต่ละสัญญาณตั้งฉากกันผลที่ได้ก็คือจุดยอดสัญญาณจะมีตำแหน่งตรงกับจุดที่สัญญาณของคลื่นพาห์อื่นเป็นศูนย์เมื่อทำการดีเทคสัญญาณโอเอฟดีเอ็มโดยใช้กระบวนการ DFT (Discrete Fourier Transform) จะได้สเปคตรัมของสัญญาณที่ไม่ต่อเนื่องดังแสดงใน รูป 2.8 (ก) โดยแซมเปิลของสเปคตรัมสัญญาณที่จุด O แต่ละจุดในรูปจะตรงพอดีกับจุดยอดของคลื่นพาห์ย่อยถ้ากระบวนการ DFT สามารถที่จะซิงโครไนซ์ (synchronize) กับสัญญาณที่รับได้ในแกนเวลาด้วยเหตุนี้แถบความถี่ที่ซ้อนทับกันของแต่ละคลื่นพาห์ย่อยจะไม่มีผลกระทบที่เครื่องรับเพราะจุดยอดของแต่ละคลื่นพาห์ย่อยนั้นตรงกับจุดที่คลื่นพาห์ย่อยอื่นเป็นศูนย์ซึ่งเป็นผลมาจากคุณสมบัติของการออโธโกนอลกันของแต่ละคลื่นพาห์ย่อยนี้เอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



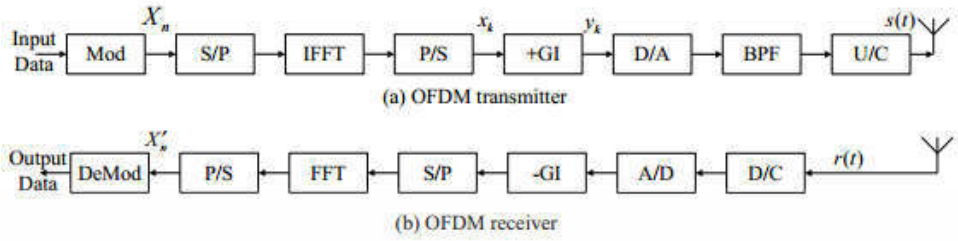
รูปที่ 2.8 การตอบสนองความถี่ของสัญญาณโอเอฟดีเอ็มในแต่ละคลื่นพาห์ย่อย

ในรูปที่ 2.8 (ก) แสดงสเปคตรัมของแต่ละคลื่นพาห์ย่อยและแซมเปิลสัญญาณที่เครื่องรับโอเอฟดีเอ็มจะเห็นว่าสเปคตรัมของสัญญาณจะมีรูปร่างเป็นสัญญาณซิงก์ (Sinc signal) รูปที่ 2.8 (ข) จะแสดงผลรวมของการตอบสนองความถี่ของคลื่นพาห์ย่อยทั้ง5 สัญญาณ

3. เครื่องรับส่งโอเอฟดีเอ็ม สัญญาณโอเอฟดีเอ็มโดยปกติแล้วจะสร้างเป็นสัญญาณดิจิตอล (Digital signal) เนื่องจากในกรณีของสัญญาณอนาล็อก (Analog signal) เป็นเรื่องที่ยากมากที่จะสร้างเครื่องรับหรือเครื่องส่งที่มีออสซิลเลเตอร์ (Oscillator) จำนวนมากได้เพราะจะต้องใช้ออสซิลเลเตอร์จำนวนเท่ากับจำนวนของคลื่นพาห์ย่อยรูปที่ 2.9 แสดงบล็อกไดอะแกรมของเครื่องรับส่งโอเอฟดีเอ็มในส่วนของเครื่องส่งจะแปลงข้อมูลดิจิตอลไปเป็นคลื่นพาห์ที่มีทั้งขนาดและเฟส จากนั้นก็จะแปลงสัญญาณให้อยู่ในแกนเวลาโดยใช้กระบวนการ IFFT (Inverse Fast Fourier Transform) ซึ่ง IFFT เป็นกระบวนการที่เหมือนกับกระบวนการ IDFT (Inverse Discrete Fourier Transform) โดยที่ IFFT จะเป็นรูปแบบที่ทำให้สามารถที่จะใช้คอมพิวเตอร์ในการคำนวณได้อย่างมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประสิทธิภาพมากขึ้นหลังจากได้สัญญาณที่อยู่ในแกนเวลาแล้วจะทำการแปลงสัญญาณให้มีความถี่สูงขึ้นตามต้องการและเหมาะสมกับช่องสัญญาณที่ใช้ในการส่งผ่านสัญญาณ



รูปที่ 2.9 บล็อกไดอะแกรมของเครื่องรับส่งโอเอฟดีเอ็ม

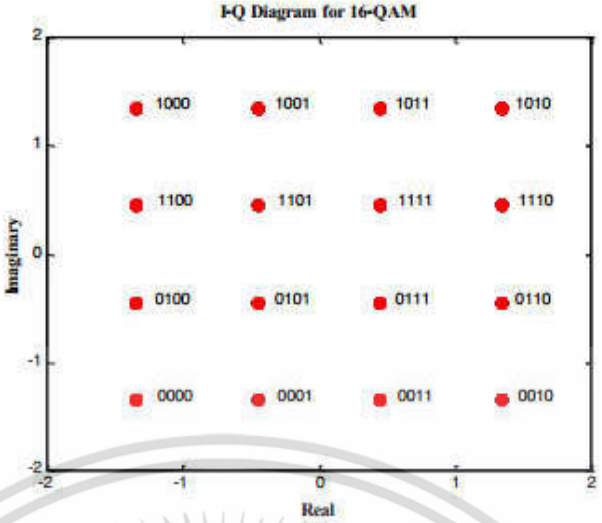
ในส่วนของเครื่องรับจะเป็นกระบวนการที่กลับกันกับทางด้านเครื่องส่งโดยสัญญาณที่รับเข้ามาจะถูกแปลงให้มีความถี่ต่ำลงอยู่ในช่วงความถี่เบสแบนด์ (Baseband frequency) จากนั้นนำสัญญาณที่ได้ผ่านกระบวนการ FFT (Fast Fourier Transform) จะได้สัญญาณที่อยู่ในแกนความถี่ (Frequency domain signal) โดยขนาดและเฟสของสัญญาณในแต่ละคลื่นพาห์จะถูกแปลงกลับออกมาเป็นข้อมูลดิจิตอล

4. การแปลงข้อมูลจากอนุกรมเป็นขนาน ข้อมูลที่ส่งโดยปกติจะเป็นข้อมูลแบบอนุกรมในระบบโอเอฟดีเอ็มแต่ละสัญลักษณ์นั้นจะสามารถส่งข้อมูลได้ 40 ถึง 400 บิตต่อหนึ่งสัญลักษณ์ดังนั้นการแปลงข้อมูลจากอนุกรมเป็นขนานนั้นเป็นสิ่งที่จำเป็นมากเพื่อที่จะแปลงข้อมูลที่เข้ามา แบบอนุกรมไปเป็นข้อมูลแบบขนานสำหรับส่งในแต่ละสัญลักษณ์โอเอฟดีเอ็ม (OFDM symbol) ขนาดของข้อมูลใน แต่ละสัญลักษณ์จะขึ้นอยู่กับรูปแบบการมอดูเลตและจำนวนของคลื่นพาห์ย่อย ตัวอย่างเช่น แต่ละคลื่นพาห์ย่อยใช้การมอดูเลตแบบ 16-QAM (16-Quadrature Amplitude Modulation) ซึ่งแต่ละสัญลักษณ์จะส่งข้อมูลได้ทีละ 4 บิตและถ้าส่งด้วยคลื่นพาห์ย่อยจำนวน 100 คลื่นพาห์จำนวนบิตข้อมูลที่สามารถส่งได้ในแต่ละสัญลักษณ์โอเอฟดีเอ็ม (OFDM symbol) จะเท่ากับ 400 บิตต่อสัญลักษณ์

5. การมอดูเลตคลื่นพาห์ย่อย

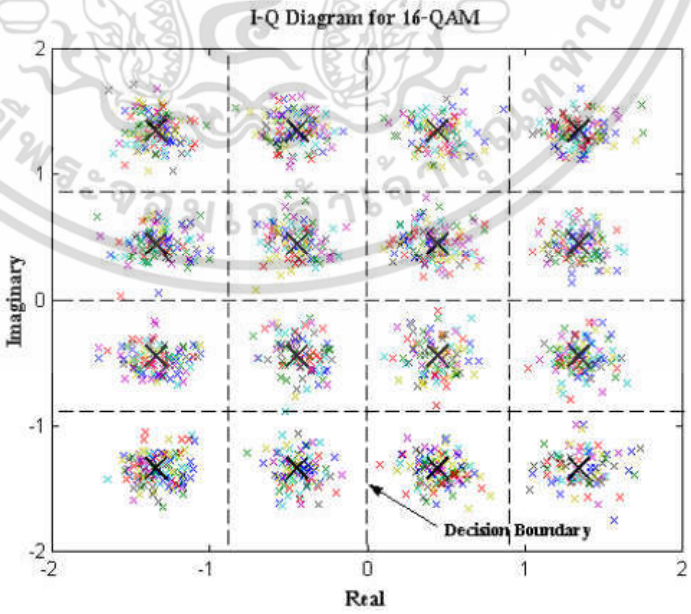
ในแต่ละคลื่นพาห์ย่อยที่ใช้ในการส่งข้อมูลจะใช้การมอดูเลตในแต่ละคลื่นพาห์ย่อยเป็นแบบขนาดและเฟสซึ่งสามารถแสดงได้เป็นเวคเตอร์ I-Q ใน รูปที่ 2.10 แสดงตัวอย่างของการมอดูเลตคลื่นพาห์แบบ 16-QAM ซึ่งแต่ละสัญลักษณ์ของการมอดูเลตแบบ 16-QAM นั้นจะสามารถส่งข้อมูลได้ 4 บิตและมีจำนวนสัญลักษณ์ 16 สัญลักษณ์ซึ่งแต่ละสัญลักษณ์ก็จะแทนด้วยเวคเตอร์ I-Q

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 ตัวอย่างการมอดูเลตคลื่นพาห์ย่อยแบบ 16-QAM

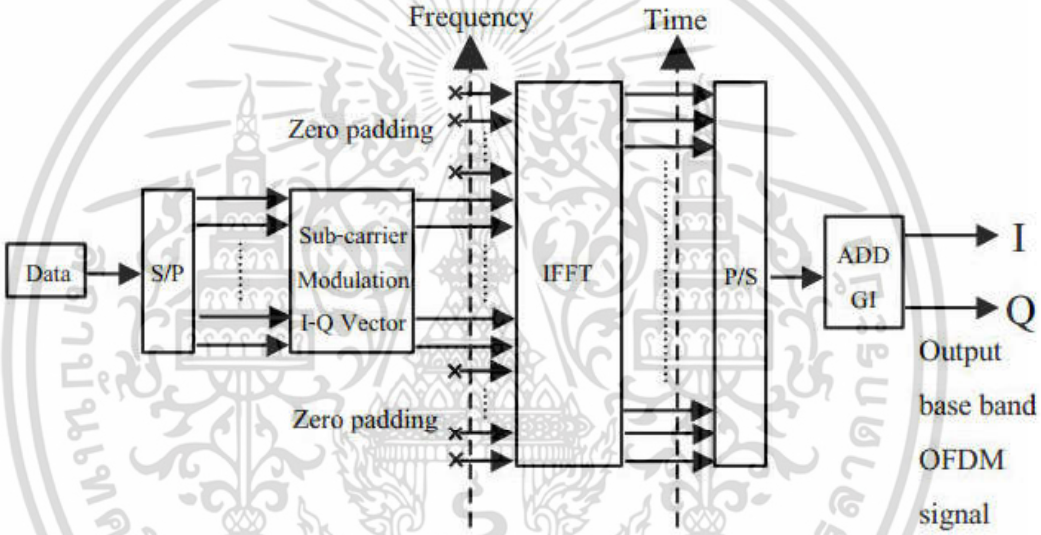
ในด้านเครื่องรับเมื่อรับสัญญาณได้ก็จะทำการดีเทคข้อมูลได้จากตำแหน่งของเวคเตอร์ I-Q ที่แตกต่างกันออกไปในระหว่างการส่งผ่านสัญญาณไปในสภาพแวดล้อมที่มีสัญญาณรบกวนและเกิดความผิดเพี้ยนของสัญญาณจะทำให้ตำแหน่งของเวคเตอร์ I-Q เกิดการแปลงเปลี่ยนไปดังแสดงในรูปที่ 2.10 จากรูปจะแสดงสัญญาณ 16-QAM ที่ C/N เท่ากับ 18 dB สังเกตว่าตำแหน่งของเวคเตอร์ I-Q จะมีการกระจายที่เป็นผลมาจาก สัญญาณรบกวน และสภาพแวดล้อมซึ่งทำให้ความผิดพลาดในการดีเทคข้อมูล



รูปที่ 2.11 สัญญาณ 16-QAM เมื่อเกิดมีสัญญาณรบกวนเข้ามา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

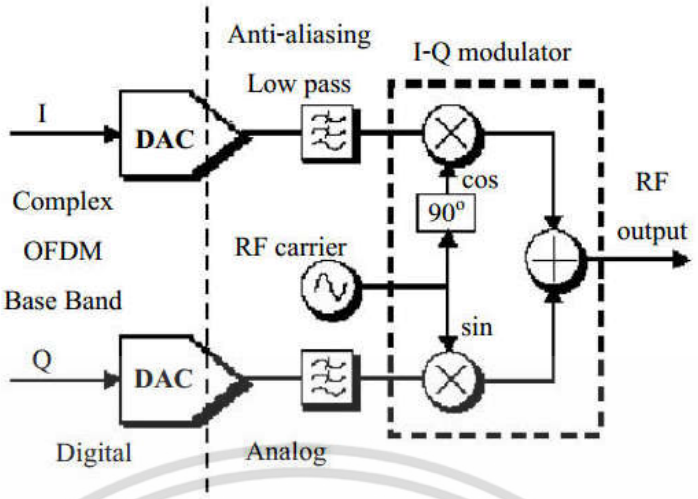
6. การแปลงสัญญาณในแกนความถี่ให้อยู่ในแกนเวลาหลังจากที่ทำการมอดูเลตคลื่นพาห์ย่อยโดยกำหนดขนาดและเฟสของคลื่นพาห์ย่อยตามข้อมูลที่ส่งโดยที่คลื่นพาห์ย่อยทั้งหมดที่ไม่ได้ทำการมอดูเลตจะถูกกำหนดให้เป็นศูนย์จากนั้นจะทำการแปลงสัญญาณให้อยู่ในแกนเวลาโดยกระบวนการ IFFT เพื่อที่จะใช้ในการส่งสัญญาณ รูปที่2.12 แสดงส่วนของกระบวนการ IFFT ของเครื่องส่งโอเอฟดีเอ็มในแกนความถี่สัญญาณก่อนที่ผ่านกระบวนการ IFFT แต่ละแซมเปิลของ IFFT จะต้องมีค่าตรงกันกับสัญญาณของคลื่นพาห์ย่อยโดยมากคลื่นพาห์จะมอดูเลตด้วยข้อมูลส่วนคลื่นพาห์ย่อยด้านข้างจะไม่มีการมอดูเลตและถูกกำหนดขนาดให้เป็นศูนย์คลื่นพาห์ย่อยที่ถูกกำหนดขนาดเป็นศูนย์นี้จะใช้เป็นแถบความถี่ป้องกัน (Frequency guard band) เพื่อป้องกันการรบกวนจากแถบความถี่ข้างเคียงและการเกิดเอเลียสซิง (Aliasing) ของสัญญาณ



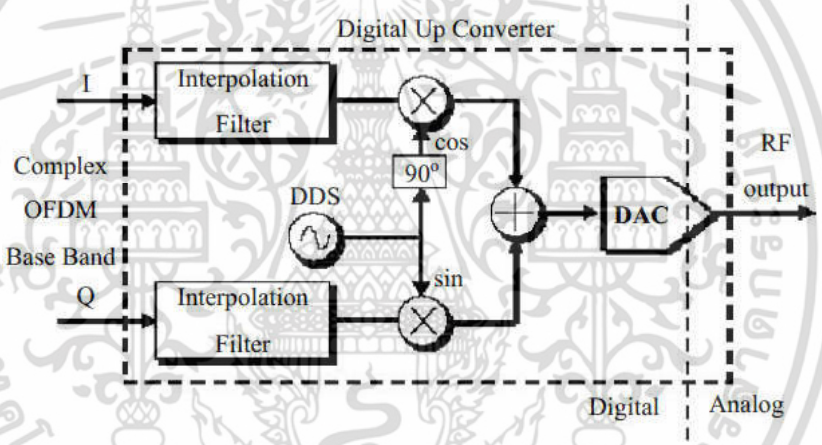
รูปที่ 2.12 บล็อกไดอะแกรมในส่วนของกระบวนการ IFFT

7. การมอดูเลตสัญญาณอาร์เอฟสัญญาณโอเอฟดีเอ็มที่ได้นั้นจะอยู่รูปของสัญญาณเบสแบนด์ (baseband signal) ในการส่งสัญญาณผ่านช่องสัญญาณวิทยุนั้นเราจะต้องทำการผสมความถี่ให้สูงขึ้นเพื่อที่จะทำให้สามารถส่งสัญญาณผ่านช่องสัญญาณไปได้โดยสามารถใช้เทคนิคแบบอนาล็อกดังแสดงใน รูปที่ 2.13 หรือเทคนิคการแปลงความถี่ให้สูงขึ้นแบบดิจิตอลดังแสดงใน รูปที่ 2.14 ซึ่งทั้งสองวิธีจะให้ผลการทำงานที่คล้ายกันแต่อย่างไรก็ตามสมรรถนะ ของการมอดูเลตแบบดิจิตอลนั้นจะมีความแม่นยำมากกว่าแบบอนาล็อก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



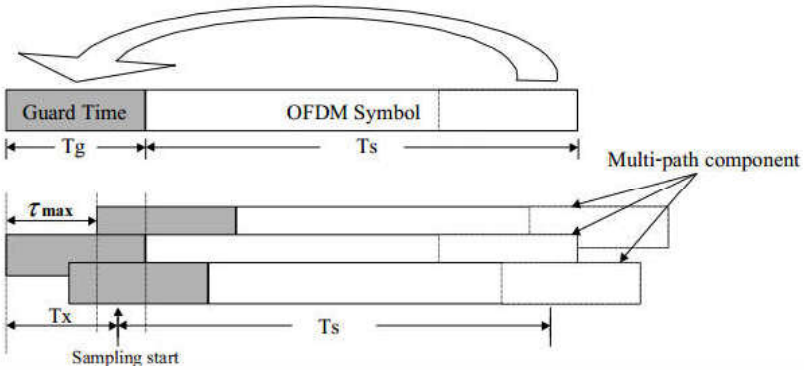
รูปที่ 2.13 การมอดูเลตสัญญาณอาร์เอฟแบบอนาล็อก



รูปที่ 2.14 การมอดูเลตสัญญาณอาร์เอฟแบบดิจิตอล Direct Digital Synthesis

8. ช่วงเวลาป้องกัน (Guard Time) ช่วงเวลาป้องกันเป็นสิ่งที่สำคัญมากในการต่อต้านการเกิดการแทรกสอดระหว่างสัญลักษณ์ (Inter-Symbol Interference) และการแทรกสอดระหว่างช่องสัญญาณ (InterChannel Interference) ที่มีสาเหตุมาจากการส่งสัญญาณผ่านช่องสัญญาณแบบมัลติพาธเฟดดิ้ง (Multi-path fading channel) โดยการคัดลอกสัญญาณส่วนท้ายของแต่ละสัญลักษณ์มาวางไว้ที่ส่วนหน้าของสัญลักษณ์เพื่อเป็นช่วงเวลาป้องกันโดยที่ช่วงเวลาป้องกันนี้จะต้องมีค่ามากกว่าค่าสูงสุดของดีเลย์สเปรดของช่องสัญญาณแบบมัลติพาธ (Multi-path delay spread) ดังแสดงในรูปที่ 2.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.15 การสร้างเวลาป้องกัน

จากรูปที่ 2.15 ค่าT_{max} คือค่าเวลาสูงสุดของดีเลย์สเปรดของช่องสัญญาณมัลติพาธ (Multipath delay spread), Ts คือช่วงเวลาของสัญลักษณ์ (Symbol dulation), T_g คือค่าของช่วงเวลาป้องกันและ T_x คือเวลาเริ่มต้นของการสุ่ม (Sampling start) โดยที่ค่าของ T_x จะต้องมีค่าอยู่ในช่วง $T_{max} < T_x < T_g$

2.4 การวัดกำลังไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้า [4]

การวัดกำลังไฟฟ้า (Electric Power) เป็นการวัดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปในเวลา 1 วินาที มีหน่วยเป็นวัตต์ (W.) หรือ จูลต่อวินาที (J./s.) โดยสามารถวัดได้ทั้งวงจรไฟฟ้ากระแสตรงและวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ [3]

$$\text{กำลังไฟฟ้า}(P) = \frac{\text{งาน}}{\text{เวลา}} = \frac{W(\text{จูลน์})}{t(\text{วินาที})} \tag{2.3}$$

ในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงกำลังไฟฟ้า P ที่ใช้ไปในความต้านทานโหลด R จะมีค่าเป็นดังนี้

$$P = VI = I^2 R = \frac{V^2}{R} \tag{2.4}$$

โดย V เป็นแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมโหลดและ I เป็นกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านโหลดในวงจรไฟฟ้ากระสลับกำลังไฟฟ้า P ที่ใช้ไปในโหลดขณะที่แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมโหลดเท่ากับ V และกระแสไฟฟ้าในโหลดเท่ากับ I กำลังไฟฟ้านี้จะเป็นกำลังไฟฟ้าชั่วขณะ (instantaneous power) ซึ่งมีค่าเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$P = vi \tag{2.5}$$

โดย V เป็นแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมโหลดและ I เป็นกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านโหลดเนื่องจากในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับค่ากำลังไฟฟ้าขณะใดๆจะมีการแปรเปลี่ยนไปตามเวลาดังนั้นกำลังไฟฟ้าของวงจรไฟฟ้ากระแสสลับจึงต้องใช้ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยกำลังไฟฟ้าเฉลี่ย (Average power) คือค่าเฉลี่ยของกำลังไฟฟ้าชั่วขณะในหนึ่งคาบเวลาซึ่งหาได้โดย P_{avg}

$$P_{avg} = \frac{1}{T}\int_{t}^{t+T} P(t)dt \tag{2.6}$$

โดย T คือคาบเวลา และ $P_{(t)}$ คือกำลังไฟฟ้าที่เวลาใดๆ

โดยทั่วไปอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆในอาคารหรือโรงงานนั้นต้องอาศัยทั้งกำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟเพื่อใช้ในการทำงานค่าสัดส่วนของกำลังไฟฟ้าทั้งสองชนิดดังกล่าวบ่งบอกถึงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (Power Factor, PF) ของอุปกรณ์ไฟฟ้าแต่ละชนิดหรือของอาคารหรือโรงงานโดยรวมตามปกติหากค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (Power Factor) มีค่าต่ำย่อมมีความต้องการใช้กำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟสูงเมื่อเทียบกับกำลังไฟฟ้าจริงซึ่งจะก่อเกิดกำลังสูญเสียในอุปกรณ์หรือระบบจ่ายไฟฟ้าสูงด้วยเช่นกัน ดังนั้นหากมีการปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมก็ย่อมที่จะสามารถลดกำลังสูญเสียลงได้หมายถึงว่าจะสามารถลดค่าไฟฟ้าในส่วนที่ไม่จำเป็นลงได้

การจ่ายกำลังไฟฟ้าตามปกติประกอบด้วย 2 ส่วนหลักคือ

- กำลังไฟฟ้าจริง (กิโลวัตต์) เป็นกำลังไฟฟ้าหรือพลังไฟฟ้าใช้งานเป็นกำลังไฟฟ้าที่ใช้ประโยชน์ในการทำงานของเครื่องจักรเช่น งานที่ได้จากมอเตอร์หรือจากแสงสว่าง เป็นต้น
- กำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ (กิโลวาร์) เป็นกำลังไฟฟ้าที่จ่ายเพื่อสร้างสนามแม่เหล็กให้แก่อุปกรณ์และเครื่องใช้ทางไฟฟ้าเช่น สนามแม่เหล็กในมอเตอร์ บัลลาสต์ของหลอดไฟแสงสว่าง เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ทฤษฎีการสื่อสารข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์

ระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์คือระบบ ภายในองค์กร บริษัท หน่วยงานหรือสถาบันการศึกษา ซึ่งระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์หมายถึงการนำเครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งแต่ 2 เครื่องขึ้นไปมาทำการเชื่อมต่อกันเป็นระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์สามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภทดังนี้

1. ระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ระยะใกล้ (Local Area Network หรือ LAN) เป็นระบบเครือข่ายระดับท้องถิ่นมีขนาดเล็กครอบคุมพื้นที่จำกัดเชื่อมโยงกันในรัศมีใกล้ๆในเขตพื้นที่เดียวกัน เช่น ในอาคารเดียวกัน ห้องเดียวกัน ภายในตึกเดียวกันหรือหลายๆตึกใกล้ๆกัน เป็นต้น โดยไม่ต้องเชื่อมการติดต่อกับองค์การโทรศัพท์หรือองค์การสื่อสารแหงประเทศไทย ระบบแลนมีประโยชน์สามารถเชื่อมโยงคอมพิวเตอร์หลายๆเครื่องเพื่อส่งข้อมูลแลกเปลี่ยนกันได้อย่างสะดวกรวดเร็วและยังสามารถใช้ทรัพยากรร่วมกันได้อีกด้วยแต่เทคโนโลยีที่ได้รับความนิยมมากที่สุดในปัจจุบันก็คือ Ethernet และ โดยทั่วไปที่ใช้กันอยู่นี้จะเป็นการนำเครือข่ายระบบแลนมาประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับระบบงาน

2. ระบบเครือข่ายเน็ตเวิร์คระยะกลาง (Metropolitan Area Network หรือ MAN) เป็นระบบเครือข่ายระดับเมืองที่มีการเชื่อมโยงกันในพื้นที่กว้างไกลกว่าระบบ LAN เช่น เชื่อมโยงกันภายในจังหวัดโดยจะต้องมีการใช้ระบบเครือข่ายขององค์การโทรศัพท์หรือองค์การสื่อสารแหงประเทศไทย

3. ระบบเครือข่ายระยะไกล (Wide Area Network หรือ WAN) เป็นระบบเครือข่ายระดับไกลเป็นเครือข่ายที่เชื่อมต่อคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์ที่อยู่ห่างไกลกันเข้าด้วยกันจะเป็นการติดต่อสื่อสารกันในระดับประเทศ ข้ามทวีป หรือ ทั่วโลก ในการเชื่อมการติดต่อสื่อสารระยะไกลนี้จะต้องมีการต่อเข้ากับระบบสื่อสารขององค์การโทรศัพท์หรือการสื่อสารแหงประเทศไทยเพราะจะเป็นการส่งข้อมูลผ่านทางสายโทรศัพท์หรือใช้ระบบอินเตอเน็ตในการเชื่อมต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบระบบเครือข่าย
สื่อสารข้อมูลการใช้พลังงานผ่านสายไฟฟ้า

ในบทที่ 3 จะกล่าวถึงการออกแบบระบบเครือข่ายสื่อสารข้อมูลพลังงานผ่านสายไฟฟ้าโดยจะแบ่งหัวข้อออกเป็น 5 หัวข้อ โดยจะอธิบายถึงแนวคิดและหลักการออกแบบระบบเครือข่ายสื่อสารข้อมูลพลังงานผ่านสายไฟฟ้า การเลือกใช้อุปกรณ์ในระบบเครือข่ายสื่อสารข้อมูลพลังงานผ่านสายไฟฟ้า การติดตั้งอุปกรณ์ภายในระบบเครือข่ายสื่อสารข้อมูลผ่านสายไฟฟ้า วิธีการใช้งานโปรแกรมจัดการข้อมูลพลังงานและการตั้งค่าโปรแกรม ในส่วนสุดท้ายคือ ขั้นตอนการทดสอบการอ่านค่าพลังงานและบันทึกผล โดยติดตั้งใช้งานจริงที่อาคารโรงอาหาร ณ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตเหมืองแม่เมาะแห่งประเทศไทย อ.แม่เมาะ จังหวัด ลำปาง จะแสดงให้เห็นเป็นขั้นตอนดังนี้

1. แนวคิดและหลักการออกแบบระบบเครือข่ายสื่อสารข้อมูลพลังงานผ่านสายไฟฟ้า
2. การเลือกใช้อุปกรณ์ในระบบเครือข่ายสื่อสารข้อมูลพลังงานผ่านสายไฟฟ้า
3. การติดตั้งอุปกรณ์ภายในระบบเครือข่ายสื่อสารข้อมูลพลังงานผ่านสายไฟฟ้า
4. การใช้งานโปรแกรมของระบบเครือข่ายสื่อสารข้อมูลพลังงานผ่านสายไฟฟ้า
5. ขั้นตอนกาดาวน์โหลดข้อมูลพลังงานและบันทึกผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 แนวคิดและหลักการออกแบบ

การสื่อสารข้อมูลพลังงานไฟฟ้าในปัจจุบันมีหลากหลายช่องทางได้แก่ การสื่อสารผ่านสายสัญญาณ การสื่อสารผ่านคลื่นวิทยุ หรือการสื่อสารข้อมูลพลังงานผ่านระบบจีพีอาร์เอสวิธีที่กล่าวมานั้นอาจก่อให้เกิดปัญหาหลายประการ เช่น การเดินสายสัญญาณที่ยุ่งยาก การติดตั้งคลื่นวิทยุก็ยังใช้งบประมาณจำนวนมาก หรือ การใช้ระบบจีพีอาร์เอสก็ยังมีค่าใช้จ่ายอย่างต่อเนื่อง จึงมีแนวคิดที่จะใช้การสื่อสารข้อมูลพลังงานผ่านสายไฟฟ้า แนวคิดนี้เริ่มต้นมาจากการสื่อสารข้อมูลต่างๆผ่านระบบสายไฟฟ้าเช่น การส่งสัญญาณเสียง การส่งสัญญาณภาพ การส่งข้อมูลต่างๆ หรือ มัลติมีเดียผ่านสายไฟฟ้า เป็นต้นซึ่งถือว่าเป็นเรื่องที่สำคัญต่อมนุษย์เป็นอย่างยิ่งสิ่งที่ตามมาคือการจัดการพลังงานที่มีคุณภาพ เช่น การวัดค่าพลังงานไฟฟ้า การวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าที่เกินความจำเป็น การคิดค่าใช้ไฟฟ้า หรือ การเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า เป็นต้นถ้าไม่มีระบบที่สามารถจัดการพลังงานที่ดีพอก็อาจก่อให้เกิดผลกระทบตามมาได้ เช่น การจดหน่วยจากเครื่องมือวัดอาจเกิดข้อผิดพลาดได้ สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการว่าจ้างคนจดหน่วย ค่าเดินทางที่ใช้ ความล่าช้าในการทำงาน

จากที่กล่าวมาจึงต้องหาเทคโนโลยีที่สามารถควบคุมการทำงานของระบบวัดค่าพลังงานที่สามารถรวบรวมข้อมูลพลังงานและส่งข้อมูลไปแสดงผลที่หน้าจอระยะไกลได้สามารถนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์การใช้พลังงานรวมถึงจัดการเรื่องค่าใช้จ่ายได้อย่างถูกต้องแม่นยำ ประหยัดเวลาในการจดหน่วย ลดค่าใช้จ่ายในกระบวนการต่างๆที่นำมาซึ่งผลของข้อมูลพลังงานไฟฟ้าซึ่งการสื่อสารข้อมูลผ่านสายไฟฟ้าเป็นกระบวนการหนึ่งที่กำลังได้รับความนิยมเป็นอย่างมากเพราะมีกระบวนการในการจัดการพลังงานที่มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับวิธีอื่นๆเช่นกัน

โครงงานนี้จึงได้นำเสนอ ระบบเครือข่ายสื่อสารข้อมูลการใช้พลังงานผ่านสายไฟฟ้า (Power Line Carrier Communication Network System) ระบบสื่อสารข้อมูลผ่านสายไฟฟ้า เป็นระบบที่สามารถประยุกต์ใช้งานได้หลากหลายรูปแบบ เช่น ระบบอินเตอร์เน็ตความเร็วสูง ระบบเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในอาคาร และ ระบบเครือข่ายสื่อสารข้อมูลการใช้พลังงานผ่านสายไฟฟ้าเป็นต้น โครงงานนี้จะทำการศึกษา ระบบเครือข่ายสื่อสารข้อมูลการใช้พลังงานผ่านสายไฟฟ้า ข้อดีของระบบนี้คือเป็นระบบที่ไม่ต้องเดินสายเคเบิลใหม่ ทำให้ไม่ต้องกังวลเรื่องของการเดินสายที่ยุ่งยากไม่ต้องตรวจเช็คสายสัญญาณที่อาจเกิดการชำรุดเสียหาย เพื่อลดค่าใช้จ่ายและเพิ่มความสะดวกในการใช้งาน สามารถรวบรวมข้อมูลระยะไกลได้รวดเร็ว ง่ายต่อการเคลื่อนย้ายอุปกรณ์ไปติดตั้งยังจุดอื่น เทคโนโลยีนี้จึงสามารถช่วยแก้ปัญหาได้ตรงความต้องการส่งผลให้ได้รับข้อมูลพลังงานที่ถูกต้องแม่นยำอีกทั้งยังนำข้อมูลที่ถูกต้องนี้ไปบริหารจัดการหรือวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเกิดประโยชน์ต่อไป

หลักการออกแบบระบบเครือข่ายสื่อสารข้อมูลพลังงานผ่านสายไฟฟ้าเป็นการสื่อสารข้อมูลพลังงานผ่านสายไฟฟ้าโดยเริ่มจากการตรวจเช็คบริเวณสถานที่ติดตั้งตรวจสอบสภาพแวดล้อมตรวจเช็คสายส่งเพื่อหาวิธีการสื่อสารที่มีเหมาะสมมากที่สุดเพื่อลดปัญหาในการทำงานแบ่งการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกแบบการติดตั้งได้ดังนี้ อุปกรณ์รวมสัญญาณมิเตอร์วัดพลังงานพีแอลซีโมดูล และ อุปกรณ์คอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์ ทำงานโดยการส่งข้อมูลกันเป็นลำดับดังแสดงใน รูปที่ 3.1

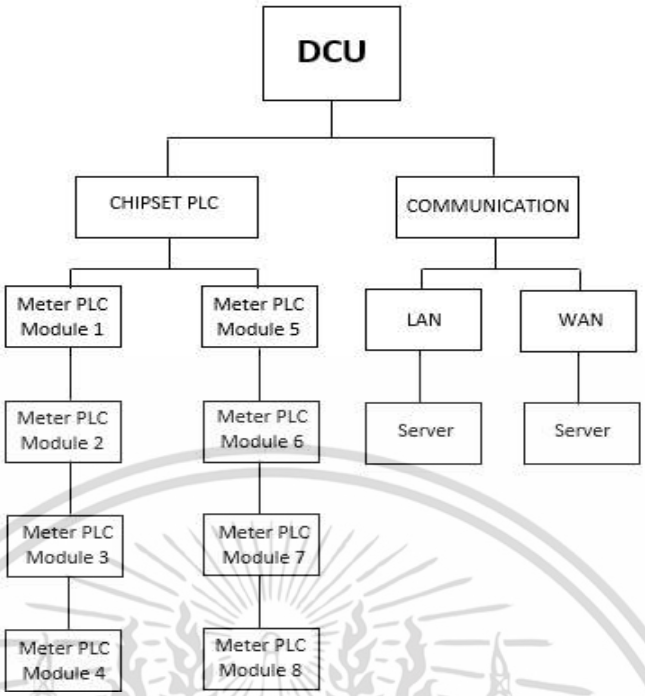
รูปที่ 3.1 ส่วนประกอบหลักของระบบสื่อสารข้อมูลผ่านสายไฟฟ้า

3.1.1 หลักการของระบบสื่อสารข้อมูลพลังงานผ่านสายไฟฟ้า

ระบบเครือข่ายสื่อสารข้อมูลผ่านสายไฟฟ้าเริ่มต้นจากการวัดปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ไปด้วยมิเตอร์วัดพลังงานพีแอลซีโมดูลหลังจากที่วัดค่าแล้วระบบสื่อสารที่อยู่ภายในมิเตอร์วัดพลังงานพีแอลซีโมดูลจะทำการส่งสัญญาณไปยังอุปกรณ์รวมสัญญาณดีซียูเพื่อเชื่อมต่อกับอุปกรณ์รวมสัญญาณเมื่อมิเตอร์วัดพลังงานพีแอลซีกับอุปกรณ์รวมสัญญาณดีซียูสามารถเชื่อมสัญญาณกันได้แล้วอุปกรณ์ดีซียูจะรอรับคำสั่งจากระบบเซิร์ฟเวอร์ในการเรียกอ่านค่าหรือบันทึกมูลพลังงานต่างๆลงในระบบต่อไป

การสื่อสารข้อมูลพลังงานผ่านสายไฟฟ้าในโครงงานนี้จะอาศัยเทคโนโลยีการมอดูเลตแบบ OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) เป็นการมอดูเลตสัญญาณแบบหลายคลื่นพาหะ เราเรียกเทคโนโลยีนี้ว่า MCM (Multiplex Carrier Modulation) ซึ่งจะนำสัญญาณพัลล์มาทำเป็นสัญญาณพาหะที่มีความถี่สูงและนำไปผสมกับสัญญาณข้อมูลที่มีความถี่ต่ำโดยการแบ่งช่องสัญญาณในการส่งออกเป็นหลายๆช่องสัญญาณซึ่งแต่ละสัญญาณจะไม่รบกวนกันหรือมีความอิสระต่อกันโดยมีมุมของสัญญาณหรือตั้งฉากกันของสัญญาณเนื่องจาก OFDM มีความทนต่อสัญญาณแทรกสอดได้เป็นอย่างดีปัจจุบันการสื่อสารข้อมูลพลังงานส่วนใหญ่จะใช้วิธีการเดินสายสัญญาณจากตัวมิเตอร์วัดพลังงานไปยังหน่วยประมวลผลโดยตรงจะพบปัญญาค่อนข้างมาก ปัญหาที่พบบ่อย คือ การชำรุดของสายสัญญาณ การต่อสายสัญญาณไม่ถูกต้อง และ อายุการใช้งานของสายสัญญาณเสื่อมสภาพไวจึงทำให้เกิดปัญหาการสื่อสารข้อมูลพลังงานอยู่บ่อยครั้งดังนั้นระบบเครือข่ายการสื่อสารข้อมูลพลังงานผ่านสายไฟฟ้าสามารถแก้ปัญหาที่ได้กล่าวมาข้างต้นได้เป็นอย่างดี ซึ่งระบบที่นำเสนอนี้มีขั้นตอนการทำงาน ดังรูปที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

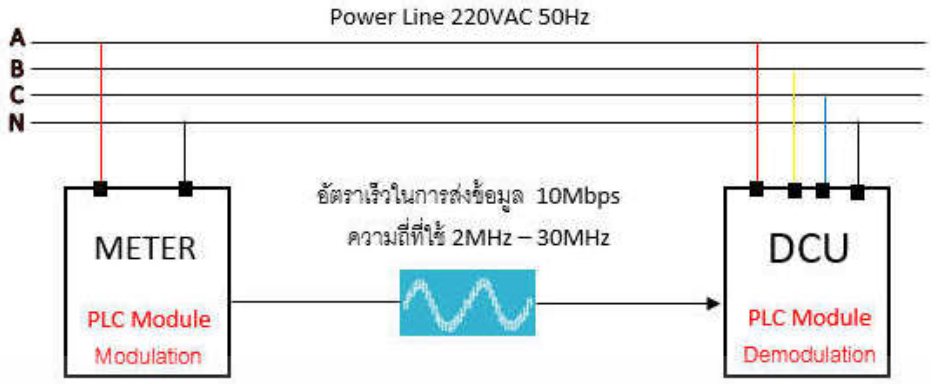


รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการทำงานของระบบสื่อสารข้อมูลพลังงานผ่านสายไฟฟ้า

จากรูปที่ 3.2 แสดงขั้นตอนการทำงานของระบบสื่อสารข้อมูลพลังงานผ่านสายไฟฟ้าเริ่มต้นจากมิเตอร์วัดพลังงานที่สามารถทำการสื่อสารบนสายไฟฟ้าได้เรียกอุปกรณ์นี้ว่า มิเตอร์วัดพลังงานพีแอลซีโมดู (Meter PLC Module) ติดตั้งอยู่ใต้อาคารเอนกประสงค์ซึ่งเป็นร้านขายอาหารจำนวน 8 ร้านค้าโดยถูกควบคุมการทำงานผ่านสายไฟฟ้าจากอุปกรณ์ที่มีชื่อเรียกว่า ชิปเซ็ต (Chip Set PLC) จากมิเตอร์วัดพลังงานตัวแรกไปถึงอุปกรณ์รวมสัญญาณดีซียู (Data Concentrator Unit, DCU) มีระยะทางประมาณ 80 เมตร หลังจากที่อุปกรณ์รับสัญญาณดีซียูสามารถเชื่อต่อกับอุปกรณ์ในระบบได้แล้วก็จะรอรับคำสั่งจากเซิร์ฟเวอร์ซึ่งถูกติดตั้งอยู่ภายในอาคารใกล้เคียงโดยมีการสื่อสารได้ 2 แบบคือ ผ่านระบบเครือข่ายบริเวณกว้าง (Wide Area Network, WAN) หรือผ่านระบบเครือข่ายบริเวณจำกัด (Local Area Network, LAN) ทำหน้าที่เป็นระบบสื่อสารจากอุปกรณ์รวมสัญญาณดีซียูไปยังหน่วยประมวลผลหรือระบบเซิร์ฟเวอร์

หลักการสื่อสารข้อมูลพลังงานผ่านสายไฟฟ้าอาศัยการรวมสัญญาณระหว่างสัญญาณข้อมูลจากมิเตอร์วัดพลังงานพีแอลซีโมดูลโดยการสร้างความถี่เพิ่มให้กับสัญญาณความถี่ของข้อมูลพลังงานให้มีความถี่ในระดับ 2MHz - 30MHz โดยจะสามารถนำสัญญาณที่ได้วิ่งไปบนสัญญาณของสายไฟฟ้าซึ่งมีชื่อเรียกว่าสัญญาณพาหะ (Carrier) ที่มีความถี่ 50Hz ขนาด 220VAC ได้ดังแสดงในรูปที่ 3.3

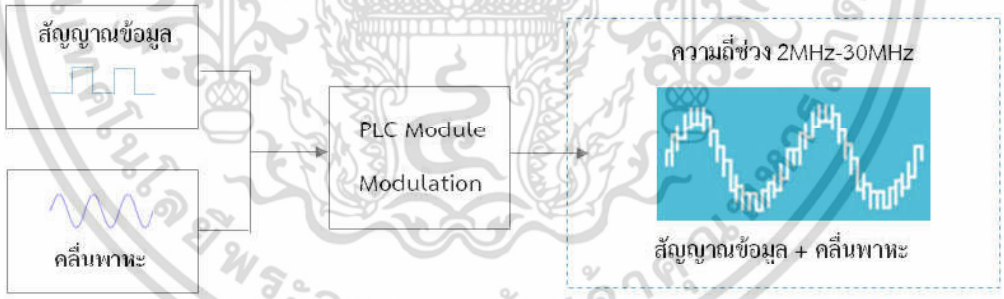
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 หลักการส่งข้อมูลผ่านสายไฟฟ้า

ระบบจะส่งข้อมูลด้วยความเร็ว 10 เมกะบิต ด้วยกำลังส่งสัญญาณ 4 วัตต์โดยจะทำการวัดพลังงานและส่งข้อมูลเป็นสัญญาณพัลส์โดยผ่านกระบวนการมอดูเลตแบบ OFDM เมื่อ DCU ได้รับสัญญาณข้อมูลจากมิเตอร์วัดพลังงานพีแอลซีโมดูลแล้วก็จะทำการแยกสัญญาณโดยการดีมอดูเลตสัญญาณความถี่สูงออกจากสัญญาณข้อมูลที่มีความถี่ต่ำกว่าก็จะได้รับสัญญาณข้อมูลที่มีความถี่ต่ำเพียงอย่างเดียวซึ่งเป็นสัญญาณข้อมูล

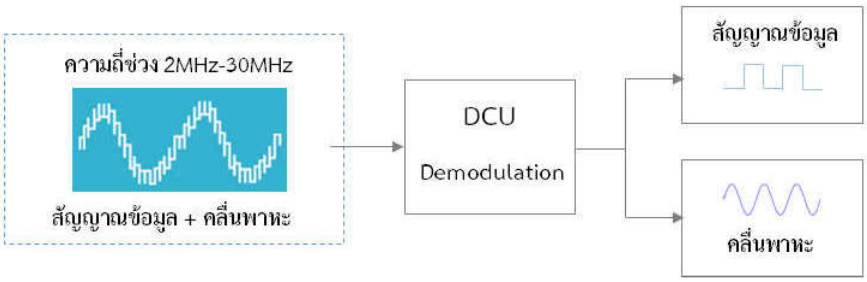
แสดงลักษณะการมอดูเลต (Modulation) และ การดีมอดูเลต (Demodulation) ดังรูปที่ 3.4 และ รูปที่ 3.5 ตามลำดับ



รูปที่ 3.4 การรวมสัญญาณของ PLC Module

เมื่อ PLC Module ทำการผสมสัญญาณระหว่างคลื่นพาหะและสัญญาณข้อมูลโดยการขบวนการ OFDM ความถี่เกิดขึ้นมาใหม่จะอยู่ในช่วง 2MHz – 30MHz ดังแสดงในรูปที่ 3.4 แล้วความถี่ที่ได้เป็นความถี่ที่สูงพอที่จะส่งสัญญาณผ่านสายไฟฟ้าที่มีความถี่เพียง 50Hz ได้ ขนาด 220VAC ทำให้สามารถส่งสัญญาณไปยังอุปกรณ์รวมสัญญาณ DCU หลังจากได้รับสัญญาณแล้ว DCU จะทำการประมวลผลสัญญาณที่ได้รับซึ่งจะทำการแยกเอาคลื่นพาหะที่มีความถี่สูงออกเหลือเพียงแต่สัญญาณข้อมูล เรียกวิธีการนี้ว่าการดีมอดูเลตดังแสดงใน รูปที่ 3.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 การแยกสัญญาณของ DCU

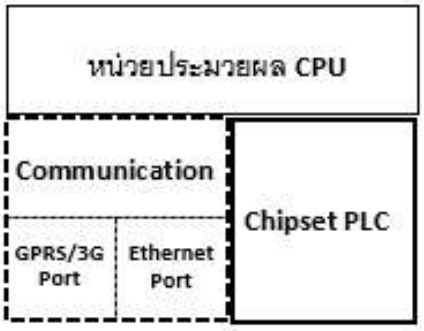
ในขณะการสื่อสารระหว่าง Meter PLC Module และ DCU นั้นการสื่อสารการเข้าถึงกันได้จำเป็นต้องระบุรหัสที่มีชื่อเรียกว่า MAC Addressโดยจะใช้การส่งรหัส MAC Address เพื่อเข้าถึงและรับข้อมูลต่างๆซึ่ง MAC Address และ Meter Serial Number จะระบุไว้ที่ตัวอุปกรณ์ทุกตัวในระบบยกตัวอย่างรหัส MAC Address ดังรูปที่ 3.6

MAC Address	Meter Serial Number
13a230000468	214190059
13a230000481	214190062
13a230000504	214190058
13a230000849	214190064
13a230001025	214190065
13a230001116	214190060
13a230001130	214190063
13a230001910	214190061

รูปที่ 3.6 ตัวอย่างรหัส MAC Address ของ Meter PLC Module

เมื่อข้อมูลพลังงานผ่านกระบวนการมอดูเลตชันและกระบวนการดีมอดูเลตชันจนมาถึงอุปกรณ์รวมสัญญาณดีซียูเป็นที่เรียบร้อยแล้วเซิร์ฟเวอร์จะทำการเรียกข้อมูลโดยอาศัยวิธีการสื่อสาร 2 ช่องทางได้แก่ผ่านระบบเครือข่ายบริเวณกว้าง หรือ ผ่านระบบเครือข่ายบริเวณจำกัด ทำหน้าที่เป็นระบบสื่อสารจากอุปกรณ์รวมสัญญาณดีซียูไปยังหน่วยประมวลผลหรือระบบเซิร์ฟเวอร์โดยจะแสดงให้เห็นถึงการออกแบบระบบสื่อสารของอุปกรณ์รวมสัญญาณดีซียู ดังรูปที่ 3.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

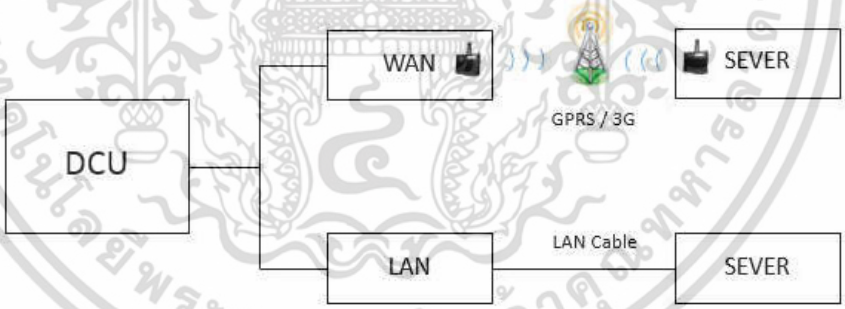


รูปที่ 3.7 การออกแบบระบบสื่อสารของอุปกรณ์รับสัญญาณดีซียู

แสดงระบบสื่อสาร 2 วิธีที่สามารถเลือกใช้งาน ดังรูปที่ 3.8

1. ระบบ WAN (Wide Area Network) เป็นระบบสื่อสารบริเวณกว้างผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ตสื่อสารโดยใช้ระบบGPRS/3G เป็นการสื่อสารข้อมูลระยะไกลเช่น การส่งอีเมล์ หรือการควบคุมอุปกรณ์ในระยะไกลมากๆ เป็นต้น

2. ระบบ LAN (Local Area Network) เป็นระบบสื่อสารข้อมูลผ่านสายเคเบิลภายในขอบเขตที่กำหนดสื่อสารโดยใช้ระบบ LAN เช่น เป็นการสื่อสารข้อมูลระยะใกล้ๆ เช่น การสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ส่งสัญญาณกับคอมพิวเตอร์ หรือ การเชื่อมต่อข้อมูลกันภายในหน่วยงานเป็นต้น



รูปที่ 3.8 ระบบสื่อสารของอุปกรณ์รวมสัญญาณดีซียู

อุปกรณ์รวมสัญญาณดีซียูจะถูกเรียกจากเซิร์ฟเวอร์ผ่านโปรแกรมที่มีชื่อเรียกว่า มัลติไดร์ซอร์ฟแวร์ (MultDdrive Software) ซึ่งถูกออกแบบมาเพื่อ จัดเก็บค่าพลังงานในรูปแบบต่างๆเช่น การเก็บค่าพลังงานทุกๆ 15 นาที (Load Profile) การเก็บค่าพลังงานประจำเดือน (Billing History) และ การเก็บค่าเหตุการณ์ต่างๆที่เกิดขึ้นกับมิเตอร์ (Even Log) เช่น ไฟดับมีการเข้าออกโปรแกรมผ่านเซิร์ฟเวอร์หรือเกิดค่าความผิดปกติขึ้นในมิเตอร์วัดพลังงาน เป็นต้นโดยมีรายละเอียดดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ค่าพลังงานทุก 15 นาที คือ การเก็บค่าพลังงาน วัตต์ต่อชั่วโมง ความถี่ในการเก็บข้อมูลจะเก็บทุกๆ 15 นาที โดยใน 1 วันจะเก็บค่าพลังงานได้ทั้งหมดทั้งหมด 96 ค่าต่อ 1 มิเตอร์วัดพลังงาน

2. ค่าพลังงานประจำเดือน คือ การเก็บค่าพลังงาน วัตต์ต่อชั่วโมง โดยจะเก็บทุกๆวันสิ้นเดือนของทุกๆเดือน ใน 1 ปีจะเก็บค่าพลังงานทั้งหมด 12 ค่าต่อ 1 มิเตอร์วัดพลังงาน

3. ค่าเหตุการณ์ต่างๆที่เกิดในระบบวัดพลังงาน คือการเก็บค่าต่างๆที่เกิดขึ้นกับมิเตอร์วัดพลังงาน เช่น แบตเตอรี่หมด เวลาในการล๊อกอินเข้าใช้งานระบบ ฝาครอบมิเตอร์ถูกเปิด หรือ แรงดันตกแรงดันเกิน เป็นต้นโดยสามารถตรวจสอบค่าความผิดปกติได้คู่มือการใช้งานในหัวข้อ การใช้โปรแกรมตั้งค่ามิเตอร์ไฟฟ้า

ค่าพลังงานทั้ง 3 รูปแบบจะถูกบันทึกเมื่อได้รับคำสั่งหรือทำการตั้งค่าให้เรียกข้อมูลอัตโนมัติจากเซิร์ฟเวอร์ หรือทำการเรียกข้อมูลโดยตรงจากตัวมิเตอร์วัดพลังงานแต่อาจต้องใช้เวลานานในการดาวน์โหลดข้อมูลบนมิเตอร์วัดพลังงานจึงนิยมตั้งค่าอัตโนมัติในการเรียกข้อมูล โดยความสามารถของโปรแกรมมัลติไดร์ ซอร์ฟแวร์ มีดังนี้

1. การเตือนของมิเตอร์ไฟฟ้าโปรแกรมสามารถเตือนขึ้นที่หน้าจอในกรณีที่เกิดความผิดปกติขึ้นกับมิเตอร์สามารถตรวจสอบถึงสาเหตุที่เกิดขึ้นและแก้ไขได้อย่างรวดเร็ว

2. การจัดการข้อมูลพลังงาน สามารถดาวน์โหลดข้อมูลออกมาและบันทึกข้อมูลพลังเป็นรูปแบบของเอกสารได้ เช่น ไฟล์ .Doc, ไฟล์ .Excel เป็นต้น

3. สามารถดาวน์โหลดข้อมูลย้อนหลังหรือเลือกช่วงเวลาในการดาวน์โหลดข้อมูลได้

4. เพิ่มความสามารถของระบบสามารถบริหารจัดการมิเตอร์จำนวนมากด้วยระบบควบคุมอัตโนมัติ เช่น การอ่านข้อมูลมิเตอร์ทีละหลายเครื่องในเวลาจำกัด

5. การตรวจสอบแก้ไขข้อมูลมิเตอร์สามารถควบคุมการทำงานหรือตรวจสอบข้อมูลของมิเตอร์ได้ เช่น การตั้งค่าของมิเตอร์หรือการออนไลน์ดูค่าความผิดปกติของมิเตอร์ เป็นต้น

3.1.2 การออกแบบระบบเครือข่ายสื่อสารข้อมูลพลังงานผ่านสายไฟฟ้า

การออกแบบระบบเครือข่ายสื่อสารข้อมูลพลังงานผ่านสายไฟฟ้ามาเพื่อรองรับการส่งสัญญาณได้ 2 แบบ ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมอาคารสถานที่บริเวณนั้นนำมาประกอบการพิจารณาเพื่อเลือกระบบสื่อสารที่มีประสิทธิภาพที่สุดโดยการออกแบบระบบเครือข่ายสื่อสารข้อมูลพลังงานผ่านสายไฟฟ้าแสดงให้เห็นส่วนประกอบต่างๆ ดังนี้

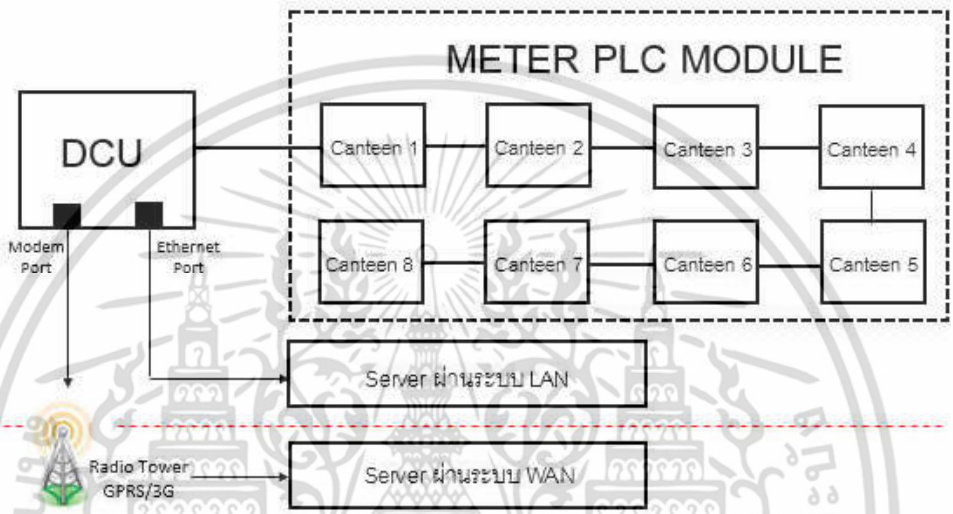
1. อุปกรณ์รวมสัญญาณดีซียูทำหน้าที่ รับ-ส่ง สัญญาณหรือเป็นตัวกลางการสื่อสารระหว่างมิเตอร์วัดพลังงานกับระบบเซิร์ฟเวอร์

2. มิเตอร์วัดพลังงานแบบพีแอลซีทำหน้าที่วัดพลังงานและส่งสัญญาณไปยังอุปกรณ์รวมสัญญาณดีซียู

3. ระบบเซิร์ฟเวอร์ทำหน้าที่เรียกเก็บข้อมูลจากอุปกรณ์รวมสัญญาณดีซียู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากหลักการข้างต้นระบบมีความสามารถเพียงพอต่อการสื่อสารข้อมูลไปยังเซิร์ฟเวอร์ได้ในเวลาอันรวดเร็วโดยระบบถูกติดตั้งภายในอาคารโรงอาหาร ณ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตเหมืองแม่เมาะแห่งประเทศไทย อ.แม่เมาะ จังหวัด ลำปาง โดยอาศัยการสื่อสารผ่านสายไฟฟ้าจากมิเตอร์วัดพลังงานพี่แอลซีไปยังอุปกรณ์รวมสัญญาณดีซียูและส่งต่อข้อมูลไปยังเซิร์ฟเวอร์โดยผ่านระบบแลนผ่านนำสัญญาณไปยังอาคารใกล้เคียงและสามารถควบคุมระบบหรือทำการตรวจสอบระยะไกลด้วยการรีโมทสัญญาณผ่านระบบอินเตอร์เน็ตได้



รูปที่ 3.9 การออกแบบระบบเครือข่ายสื่อสารข้อมูลพลังงานผ่านสายไฟฟ้า

จากการออกแบบระบบเครือข่ายสื่อสารข้อมูลพลังงานผ่านสายไฟฟ้ามีหลักการคือใช้เทคนิคการมอดูเลตแบบ OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) ซึ่งทำให้สัญญาณที่ได้มีความอิสระต่อกันในรูปแบบของการตั้งฉากของสัญญาณที่นำมามอดูเลตกันและสามารถทนการแทรกสอดของสัญญาณรบกวนได้ดีโดยใช้ความถี่ในย่าน 2MHz-30MHz บนสายไฟฟ้าที่มีความถี่ 50Hz ที่ขนาดแรงดัน 220V ระบบมีการรองรับเรื่องการส่งข้อมูลไปยังเซิร์ฟเวอร์ได้ 2 ช่องทางได้แก่ ระบบ LAN หรือระบบ WAN สุดท้ายการเก็บค่าพลังงานสามารถบันทึกผลได้หลากหลายรูปแบบ เช่น การเก็บค่าพลังงานทุกๆ 15 นาที การเก็บค่าพลังงานรายเดือนและการเก็บค่าความผิดปกติของระบบวัดพลังงานโดยผ่านโปรแกรมมัลติไดร์บันทึกลงในเซิร์ฟเวอร์ข้อดีของระบบคือสามารถสื่อสารได้รวดเร็ว ลดค่าใช้จ่ายของสายสัญญาณจำนวนมากได้รับข้อมูลที่ถูกต้องแม่นยำและช่วยในการวิเคราะห์ช่วงเวลาในการจัดการพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การเลือกใช้อุปกรณ์ในระบบ

ในหัวข้อนี้จะอธิบายเกี่ยวกับการเลือกใช้อุปกรณ์ใน ระบบเครือข่ายสื่อสารข้อมูลพลังงานผ่านสายไฟฟ้า โดยมีอุปกรณ์สำคัญที่เกี่ยวข้องกับระบบดังนี้

1. อุปกรณ์มิเตอร์วัดค่าพลังงานไฟฟ้า
2. อุปกรณ์รวมสัญญาณดีซียู
3. อุปกรณ์สื่อสารพีแอลซีโมดูล
4. อุปกรณ์เพิ่มระยะทางของสัญญาณ
5. อุปกรณ์เซิร์ฟเวอร์บันทึกผล

3.2.1 อุปกรณ์มิเตอร์วัดค่าพลังงานไฟฟ้า

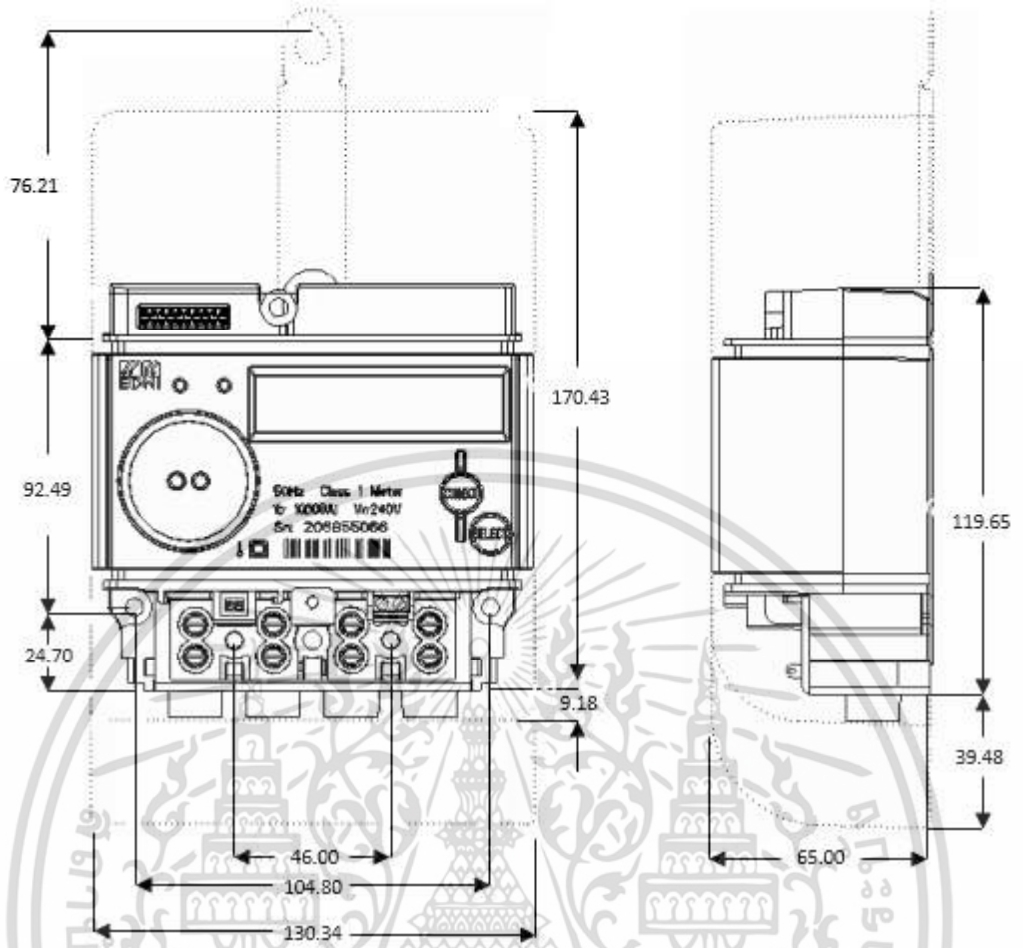
โครงงานนี้เลือกใช้อุปกรณ์มิเตอร์วัดค่าพลังงานไฟฟ้าผลิตภัณฑ์ของบริษัท EDMI (THAILAND) จำกัด รุ่น Mk7B ใช้วัดพลังงานไฟฟ้าในระบบ 1 เฟส ตัวอย่างเครื่องมือวัดพลังงานไฟฟ้าดังรูปที่ 3.10 โดยมีส่วนประกอบของมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้า รุ่น Mk7B มีดังนี้

1. ขนาดมิเตอร์วัดค่าพลังงาน (Dimension and Mounting)

รูปที่ 3.10 แสดงขนาดของมิเตอร์ค่าวัดพลังงาน

ขนาดของมิเตอร์วัดค่าพลังงาน คือ ความสูง 210 มิลลิเมตร ความหนา 65 มิลลิเมตร และความกว้าง 130 มิลลิเมตรน้ำหนัก 0.75 - 0.95 กิโลกรัม ดังแสดงรูปมิเตอร์ ดังรูปที่ 3.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

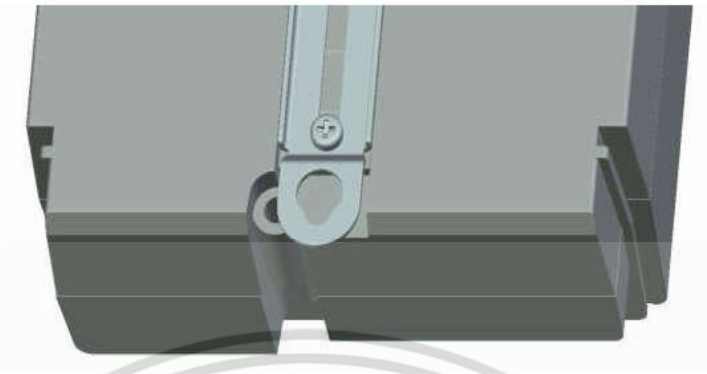


รูปที่ 3.11 ขนาดและรูยึดของมิเตอร์วัดค่าพลังงาน

แสดงขนาดและรูยึดมิเตอร์วัดค่าพลังงานเพื่อใช้ออกแบบในงานติดตั้งการใช้งานแสดงภาพด้านหน้าและด้านข้างโดยรูยึดมิเตอร์มีทั้งหมด 4 รู ดังแสดงในรูปที่ 3.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

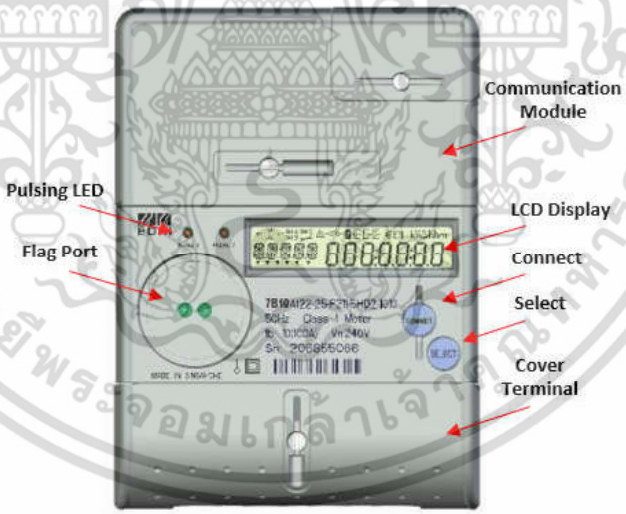
2. อุปกรณ์ยึดมิเตอร์วัดค่าพลังงานติดฝาผนัง (Hanging extension)



รูปที่ 3.12 อุปกรณ์ยึดมิเตอร์วัดค่าพลังงานติดฝาผนัง

อุปกรณ์ยึดมิเตอร์วัดค่าพลังงานกับฝาผนังมีไว้เพื่อเสริมการติดตั้งในแบบแขวนสามารถคลายเกลียวของสกูลด้านหลังเพื่อปรับระดับได้ตามที่ต้องการ ดังรูปที่ 3.12

3. รายละเอียดภายนอกของมิเตอร์วัดค่าพลังงาน (External features)



รูปที่ 3.13 ส่วนประกอบภายนอกของมิเตอร์วัดค่าพลังงาน

ส่วนประกอบภายนอกของมิเตอร์วัดค่าพลังงานได้แก่ ไฟแสดงผลพัลส์ของพลังงาน (Pulsing LED), ช่องต่อหัวอ่านนำแสง (Flag Port), ระบบสื่อสาร (Communication Module), หน้าจอแสดงผล (LCD Display), ปุ่มตัดหน่วยหรือปุ่มเชื่อมต่อโหลด (Connect / Billing), ปุ่มเลื่อนค่าแสดงผลหน้าจอ (Select), และฝาครอบกันชุดต่อสายต่างๆ (Cover Terminal) ดังรูปที่ 3.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เทอร์มินอลเข้าสายของมิเตอร์วัดค่าพลังงาน (Under the terminal cover)

รูปที่ 3.14 ชุดเทอร์มินอลเข้าสายของมิเตอร์วัดค่าพลังงาน

ชุดเข้าสายต่างๆประกอบไปด้วยทั้งหมด 3 ส่วน ได้แก่ PL3, TB1, TB2 ดังรูปที่ 3.14โดยส่วนประกอบต่างๆมีความหมายดังนี้

- PL3 ช่องเสียบแบตเตอรี่สำรองมีไว้เพื่อเชื่อมต่อแบตเตอรี่สำรองภายนอก
- TB1 ช่องต่อสายไฟฟ้า มีเพื่อใช้ในการต่อสายไฟ 220VAC Line และ Neutral
- TB2 ช่อง Pulsing Input และ Pulsing output มีไว้เพื่อใช้งานที่เกี่ยวข้องกับการสั่งงานอุปกรณ์ภายนอกโดย output จะมีพิกัดคือ 27VDC และ 27mA.

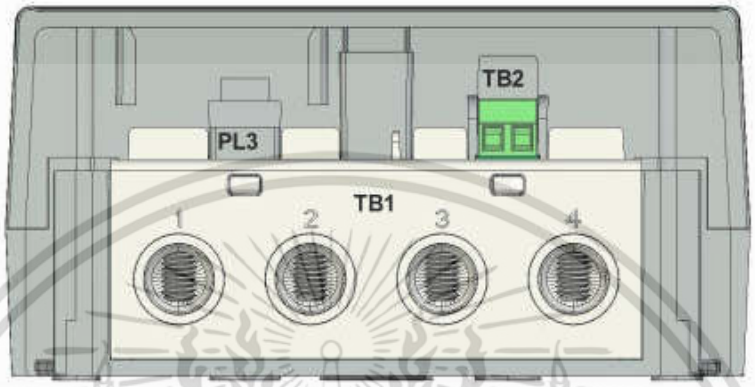
5. ชุดตรวจจับการเปิดปิดฝาครอบของมิเตอร์ (Terminal cover tamper detect)

รูปที่ 3.15 ชุดตรวจจับฝาครอบของมิเตอร์วัดค่าพลังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจจับการเปิดฝาครอบเทอร์มินอลของมิเตอร์สามารถทำการตรวจจับได้โดยที่เทอร์มินอลของมิเตอร์จะมีอุปกรณ์เซ็นเซอร์ซึ่งถ้าทำการปิดฝาครอบจะถูกกดอยู่ตลอดเวลาเมื่อมีการเปิดฝาครอบเซ็นเซอร์จะทำงานและทำการส่งสัญญาณไปบันทึกที่เซิร์ฟเวอร์

6. วงจรการเข้าสายไฟฟ้า (Connection in detail)



รูปที่ 3.16 ช่องเข้าสายไฟฟ้าของมิเตอร์วัดค่าพลังงาน

แสดงช่องการเข้าสายไฟฟ้าของมิเตอร์วัดค่าพลังงานโดยจะเข้าสายในแถบเทอร์มินอล TB1 โดยช่อง 1, 2 เป็นฝั่งขาเข้าหรือฝั่งแหล่งจ่าย และ 3, 4 เป็นขาออกหรือฝั่งโหลด

7. อุปกรณ์หัวอ่านแสงข้อมูลมิเตอร์แบบ IEC (Flag port)

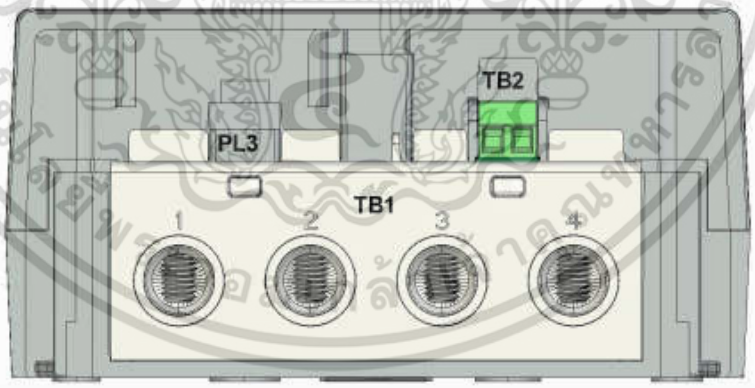
รูปที่ 3.17 หัวอ่านแบบแสงมาตรฐาน IEC 62056-21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.18 หัวอ่านแบบแสงมาตรฐาน ANSI C12.18-1996

อุปกรณ์หัวอ่านแบบแสงตามมาตรฐานมี 2 มาตรฐานได้แก่ IEC (International Electro technique Commission, IEC) 62056-21 และ ANSI (American National Standards Institute, ANSI) C12.18-1996 ทั้ง 2 มีเหมือนกันคือทำหน้าที่ในการเชื่อต่อมิเตอร์กับอุปกรณ์คอมพิวเตอร์เพื่อทำการตั้งค่าหรืออ่านข้อมูลระยะใกล้ๆโดยการใช้งานของทั้ง 2 มาตรฐานนี้ขึ้นอยู่กับมิเตอร์วัดค่าพลังงานที่ใช้ว่ารองรับมาตรฐานใด โดยแสดงรูปตัวอย่างทั้ง 2 มาตรฐาน ดังรูปที่ 3.17 และ รูปที่ 3.18 ตามลำดับ

8. สัญญาณควบคุมดีเลย์ (Outputs)

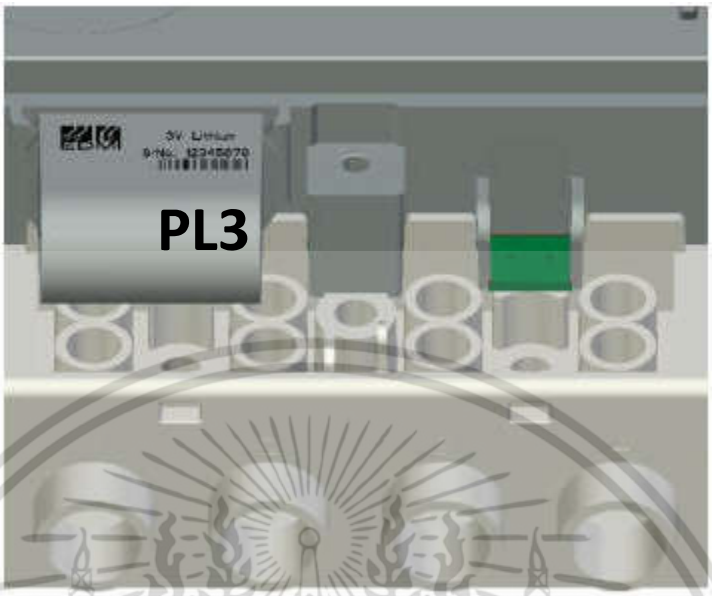


รูปที่ 3.19 ช่องต่อสัญญาณTB2Output

ช่องสื่อสารหมายเลข TB2 ทำหน้าที่เป็น Output ของสัญญาณขนาด 27VDC / 27mA ใช้งานอุปกรณ์ที่อาจต่อภายนอกได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. แบตเตอรี่ ภายในภายนอก (Battery External)



รูปที่ 3.20 ช่องต่อแบตเตอรี่ PL3

ช่องสื่อสารหมายเลข PL3 ทำหน้าที่ต่อเชื่อแบตเตอรี่สำรองภายนอก โดยมีความจุของการใช้อยู่ที่ 950 mAh โดยการใช้งานที่ 25 องศา ระยะการใช้งานมาตรฐาน 10 ปี ซึ่งภายในของมิเตอร์วัดค่าพลังงานไฟฟ้าจะมีชุดแบตเตอรี่หลักอยู่อีก 1 ชุด

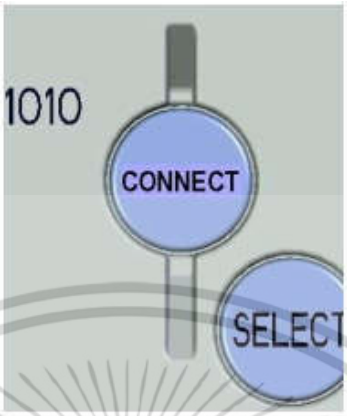
10. หน้าจอแสดงผล (LCD Screen)

รูปที่ 3.21 ปุ่มกดเลื่อนหน้าจอแสดงผล

หน้าจอแสดงผลของมิเตอร์รุ่น Mk7B จะเป็นหน้าจอแสดงผลแบบ Seven Segment โดยมีการแสดงผลที่ชัดเจนมีแสงพื้นหลังสีขาวตัวอีกษรสีดำมีการแจ้งเตือนต่างๆที่หน้าจอแสดงผล เช่น หน่วยของพลังงาน เวลาของอุปกรณ์ และ พลังงานของแบตเตอร์รี่ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11. ปุ่มเปิดปิดกระแสไฟฟ้าสู่โหลด / ปุ่มตัดหน่วยประจำเดือน / ปุ่มเลื่อนดูค่าต่างๆของหน้าจอมิเตอร์ (Connect / Billing Reset / Select)



รูปที่ 3.22 ปุ่มกด Connect และ Select

การใช้งานปุ่มกดหน้าเครื่องมิเตอร์วัดพลังงานจะเห็น 2 ปุ่มดังนี้

- Connect สามารถตั้งค่าการใช้งานได้ 2 แบบ ตามความต้องการของผู้ใช้งาน

แบบที่ 1 ทำหน้าที่เป็น ปุ่มเชื่อมต่อโหลด หรือ ตัดโหลด

แบบที่ 2 ทำหน้าที่เป็น ปุ่มกดตัดหน่วยรายเดือน

- Select ทำหน้าที่ในการเลื่อนค่าต่างๆของหน้าจอแสดงผลของมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้า

12. โมดูลสื่อสารสำหรับใช้งานมิเตอร์ในระบบพีแอลซี (Fitting a Pod)

รูปที่ 3.23 พอร์ทโมดูลสื่อสารสำหรับมิเตอร์รุ่น Mk7B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โมดูลสื่อสารของมิเตอร์วัดค่าพลังงานไฟฟ้ารุ่น Mk7B เป็นระบบ POD ในการต่อเสียบเพิ่มระบบสื่อสารของมิเตอร์โดยมีเกลียวป้องกันการหลุดออกจากมิเตอร์วัดค่าพลังงานไฟฟ้า

13. รายละเอียดคุณสมบัติของมิเตอร์ (Specification) มีรายละเอียดคุณสมบัติของมิเตอร์ไฟฟ้ารุ่น Mk7B ยี่ห้อ EDMI ดังนี้

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดคุณสมบัติของมิเตอร์

คุณสมบัติ	รายละเอียด
คุณสมบัติการวัด	ความแม่นยำในการวัด (Accuracy Class) Class 1 ค่าความถูกต้องในการวัด 100 เปอร์เซ็นต์ จะมีความคลาดเคลื่อน 1 เปอร์เซ็นต์
	มาตรฐานรองรับIEC 62052-11, IEC 62053-21 และ IEC 62053-23
	มาตรฐานรองรับ AS62052.11, AS62053.21 และ AS62053.23
	ระบบการวัด 1 เฟส 2 สาย
พิกัดแรงดัน	แรงดันพื้นฐาน 220-240 โวลต์
	แรงดันที่ใช้งานจริง 176-276โวลต์
	แรงดันที่สามารถทนได้ 0-288 โวลต์
	ความถี่ที่ใช้ 45-65 เฮิรตซ์
พิกัดกระแส	พิกัดกระแส5/100A หรือ 10/100A
	พิกัดการทนกระแส 30time Imax, 0.5cycles, 7000A for three cycles
การวัดพารามิเตอร์	ทำการวัดในระบบ1 Element
	ค่าประกอบกำลังไฟฟ้า(PF), ความถี่(Frequency), มุมทางไฟฟ้า (Phasor Angles), โวลต์(V), กระแส (A)
	กำลังไฟฟ้าจริง (Watt), กำลังไฟฟ้าปรากฏ (VA), กำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟ(var)
	กำลังไฟฟ้าต่อชั่วโมง (Wh, VAh, varh)
อินพุด / เอ้าพุด	27 โวลต์/ 27มิลิแอมป์ หรือ ดีเลย์240โวลต์/ 2แอมป์
	มีไฟแสดงสถานะ LED ในการแสดงผล
	Output สัญญาณ 1ms ถึง 100ms
	สามารถเพิ่มขยาย input หรือ output ได้
	Ripple Receiver
สภาพแวดล้อม	อุณหภูมิขณะทำงาน -25 องศา ถึง 60 องศา
	อุณหภูมิการเก็บรักษา -40 องศา 80ถึงองศา
	อุณหภูมิที่สามารถทนได้ขณะทำงาน -40 องศา ถึง 70 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

คุณสมบัติ	รายละเอียด
สภาพแวดล้อม	ความชื้นสัมผัส 75%, 95% ต้องลดลงภายใน 30วัน
	ผ่านการป้องกัน IP54
เวลา และ ปฏิทิน	ความคลาดเคลื่อน 15วินาทีต่อเดือน
	แบตเตอรี่สำรอง 10 ปี
	รองรับปฏิทินเกเรียน และ ปฏิทินเปอร์เซีย
แบตเตอรี่	แบตเตอรี่ภายใน
	แบตเตอรี่ภายนอกสำรอง
หน้าจอแสดงผล	แสดงผลตัวเลขแบบ seven segment
	ขนาดหน้าจอแสดงผล 9.3 มิลลิเมตร
ซอร์ฟแวร์	EzView Software รองรับ Windows 7, Vista, XP, 2000
	MultiDrive Software รองรับ Windows 7, Vista, XP, 2000
การเก็บข้อมูล	รองรับระบบ AMI
	รองรับระบบความจำที่ 2.1 เมกะไบต์
	เก็บข้อมูลได้ 2 ช่องสัญญาณ จำนวน 7200 วัน
	สามารถบันทึกข้อมูลในช่วงเวลา 1 นาที ถึง 60 นาที
	สามารถแสดงกำลังงานขณะนั้นได้
	แสดงค่า เฉลี่ย ค่าสูงสุด และ ค่าน้อยสุด ในช่วงเวลาที่กำหนดได้
การแจ้งเตือน	สามารถแจ้งเตือนการเปิดฝาครอบมิเตอร์
	สามารถตั้งค่าการเตือนที่ไฟแสดงผล LED
	สามารถตรวจจับคลื่นแม่เหล็กรบกวน
	สามารถแจ้งเตือนกระแสไฟไหลย้อนกลับ
	บันทึกการตรวจจับไว้ในหน่วยความจำ
ระบบ POD	รองรับระบบ RS232 และ RS485
	รองรับระบบ GPRS เสาสัญญาณเสริม
	รองรับระบบ Zigbee
การเก็บข้อมูล TOU	สามารถเพิ่มอัตราก้าวหน้าได้ 8 อัตรา
	สามารถเก็บข้อมูล เป็นวัน อาทิตย์ เดือน หรือ ปี ได้
	สามารถเพิ่มวันหยุดลงปฏิทิน 200 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

คุณสมบัติ	รายละเอียด
การเก็บข้อมูล TOU	สามารถเก็บพลังงานรายเดือนก่อนหน้าได้ 61 บันทึก
	สามารถเก็บเวลาและค่าสูงสุดของการใช้กำลังไฟฟ้า (Max Demand)
ระบบสื่อสาร	มีพอร์ทสื่อสารนำแสง FLAG มาตรฐาน IEC 62056-21 หรือ ANSI Type2 ANSI C12.18
	รองรับระบบสื่อสารแบบ POD ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงระบบภายในได้
ระบบความปลอดภัย	สามารถตั้งรหัสพาสเวิร์ดได้หลายระดับ
	สามารถตั้งได้ 7 ระดับการเข้าใช้งาน
ขนาดภายนอก	ขนาดมิเตอร์แบบที่ 1) 180mm(สูง) x 131mm (กว้าง) x 65mm (หนา)
	ขนาดมิเตอร์แบบที่ 2) 210mm(สูง) x 131mm (กว้าง) x 65mm (หนา)
	น้ำหนักประมาณ 0.75 kg และ รวมอุปกรณ์สื่อสาร 0.95 kg

3.2.2 อุปกรณ์รวมสัญญาณข้อมูลพลังงานดีซียู

โครงงานนี้เลือกใช้อุปกรณ์รวมสัญญาณข้อมูลพลังงานผลิตภัณฑ์ของบริษัท EDMI (THAILAND) จำกัด รุ่น EDC100

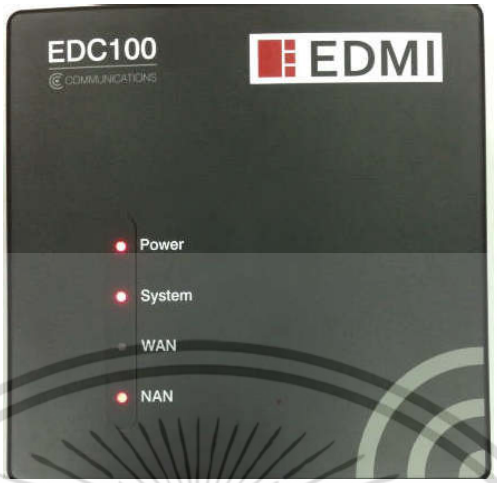
1. ขนาดของอุปกรณ์สื่อสารดีซียูรุ่น EDC100

รูปที่ 3.24 อุปกรณ์รวมสัญญาณดีซียู

ขนาดของอุปกรณ์รวมสัญญาณ คือ ความสูง 225 มิลลิเมตร ความหนา 122 มิลลิเมตร และความกว้าง 225 มิลลิเมตรน้ำหนัก 2.5 กิโลกรัม ดังรูปที่ 3.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ไฟแสดงสถานะของอุปกรณ์รวมสัญญาณดีซียู



รูปที่ 3.25 ไฟแสดงสถานะของอุปกรณ์รวมสัญญาณดีซียู

ไฟแสดงสถานะการทำงานของอุปกรณ์รวมสัญญาณดีซียูได้แก่ ไฟแสดงการเปิดปิดระบบ ไฟแสดงสถานะขณะทำงาน และ แสดงไฟของระบบสื่อสาร

3. สายพาวเวอร์ ช่องต่อสายแลน และ ปุ่มรีเซ็ตดีซียู

รูปที่ 3.26 สายพาวเวอร์ ช่องต่อสายแลน และ ปุ่มรีเซ็ต

แสดงส่วนประกอบของอุปกรณ์รวมสัญญาณดีซียู ได้แก่ หมายเลข 1 คือ สายพาวเวอร์ หมายเลข 2 คือ ช่องต่อสายแลน หมายเลข 3 คือ ปุ่มรีเซ็ตอุปกรณ์รวมสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ช่องต่อเสาสัญญาณ GPRS

รูปที่ 3.27 ช่องต่อเสาสัญญาณ GPRS

แสดงส่วนประกอบของอุปกรณ์รวมสัญญาณดีซียู ได้แก่ ช่องต่อเสาสัญญาณในระบบ GPRS โดยมีช่องสำรองในการต่อเสาอากาศให้ 2 ช่อง

คุณลักษณะรายละเอียดของอุปกรณ์รวมสัญญาณดีซียู (Specification)

ตารางที่ 3.2 แสดงคุณลักษณะของอุปกรณ์รวมสัญญาณดีซียู

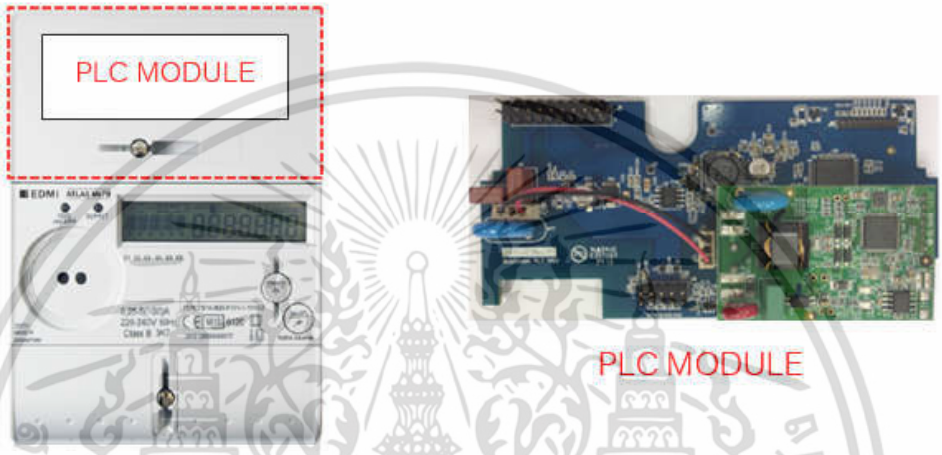
DCU	Discription
CPU	600MHz Cortex-AB Core 32kB L1 Cache 256kB L2 Cache
Memory	256MB NAND Flash with Hardware ECC 256MB DDR2 SDRAM, 266MHz
WAN Interface	1000 Base-T Gigabit Ethernet 2G/3G (Option)
NAN Protocol	HomePlug Green PHY
Max. Nodes Supported	759
Supply Voltage	60V to 290V AC, 50Hz to 60Hz, 3-Phase L-N
Power Consumption	7W (typ.)
Enclosure	Polycarbonate (cover) & Aluminum (base)
IP Rating	IP67
Mounting	Pole / Wall Mount
Operating Temperature	-25 องศา ถึง + 60องศา
Storage Temperature	-40 องศา ถึง + 80 องศา
Dimensions (L x W x D)	255mm x 255mm x 122mm
Weight	2.5kg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 3.2 เป็นการแสดงรายละเอียดทางเทคนิคของอุปกรณ์รวมสัญญาณดีซียูโดยสามารถนำไปประกอบการพิจารณาในการเลือกใช้อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องหรือคำณวนการติดตั้งได้

3.2.3 อุปกรณ์สื่อสารพีแอลซีโมดูล

โครงงานนี้เลือกใช้อุปกรณ์สื่อสารพีแอลซีโมดูลผลิตภัณฑ์ของบริษัท EDMI (THAILAND) จำกัดอุปกรณ์สื่อสารพีแอลซีโมดูล (PLC Module) แบบ PODรุ่น LQC100-P



รูปที่ 3.28 โมดูลสื่อสารแบบ PLC

ตารางที่ 3.3 แสดงคุณลักษณะของอุปกรณ์สื่อสารพีแอลซี

PLC MODULE	Discription
Meter Support	Mk7B
Protocol	HomePlug Green PHY
Network Topology	Mesh
Max PHY Rate	10Mbps
Frequency Band	2MHz to 30MHz
Supply Voltage	20V to 24V DC
Power Consumption	2W (Max)
Enclosure	Polycarbonate
Mounting	POD
Interface	20-pin header
Operating Temperature	-25 C ถึง + 60 C
Storage Temperature	-40 C ถึง + 80 C
Dimensions (L x W x D), Weight	130mm x 65mm x 70mm and 80kg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 อุปกรณ์สื่อสารพีแอลซีโมดูล

โครงงานนี้เลือกใช้อุปกรณ์สื่อสารพีแอลซีโมดูลผลิตภัณฑ์ของบริษัท EDMI (THAILAND) จำกัดอุปกรณ์เพิ่มระยะทาง (Rang Extender) รุ่น LQC 100-R

รูปที่ 3.29 อุปกรณ์เพิ่มระยะทาง Rang Extender

ตารางที่ 3.4 แสดงคุณลักษณะของอุปกรณ์เพิ่มระยะทาง

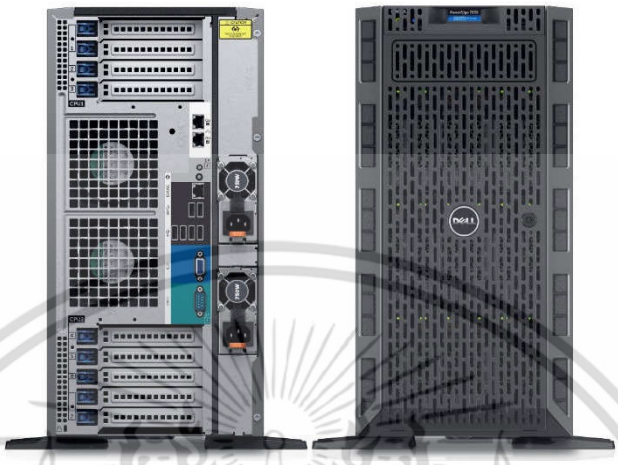
Rang Extender	Discription
Supply Voltage	180V to 290V AC, 50Hz to 60Hz, 3-Phase L-N
Power Consumption	4W (typ)
IP Rating	IP66
Mounting	Wall Mount
Operating Temperature	-25 องศา ถึง + 60 องศา
Storage Temperature	-40 องศา ถึง + 80 องศา
Dimensions (L x W x D)	130mm x 65mm x 70mm
Weight	120g

จากตารางที่ 3.4 เป็นการแสดงรายละเอียดทางเทคนิคของอุปกรณ์เพิ่มระยะทางโดยอุปกรณ์นี้จะใช้ต่อเมื่อมีมิเตอร์วัดค่าพลังงานไฟฟ้าตัวใดไม่สามารถส่งสัญญาณมาถึงอุปกรณ์รวมสัญญาณได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.5 อุปกรณ์เซิร์ฟเวอร์

โครงงานนี้เลือกใช้อุปกรณ์เซิร์ฟเวอร์ (Sever) ยี่ห้อ DELL รุ่น Power Edge T630 โดยประกอบไปด้วยอุปกรณ์ดังนี้



รูปที่ 3.30 อุปกรณ์เซิร์ฟเวอร์

ตารางที่ 3.5 แสดงคุณลักษณะของอุปกรณ์เซิร์ฟเวอร์

Option Sever	Description
Band	Dell รุ่น Power Edge T630
Processor	Intel Xeon E5-2620 v3 2.4GHz,15M Cache,8.00GT/s QPI,Turbo,HT,6C/16T (85W) Max Memory 1866MHz
Memory	16GB RDIMM, 2133MT/s, Dual Rank, x4 Data Width Up to 768GB (24 DIMM slots)
RAID Controller	PERC H730 RAID Controller, 1GB NV Cache (0,1,5,6,10,50,60)
Hard disk	3 x 600GB 10K RPM NLSAS 6Gbps 2.5in Hot-plug Hard Drive
Optical drive	SATA 16X DVD + /-RW Drive
Power Supply	3Yr ProSupport: (7x24) 4-hour Onsite Service
OS	No Operating Systems
Monitor	59”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การติดตั้งอุปกรณ์ภายในระบบ

ในหัวข้อนี้จะอธิบายเกี่ยวกับการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆในระบบได้แก่ อุปกรณ์มิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้าอุปกรณ์สื่อสารในระบบ และ อุปกรณ์เซิร์ฟเวอร์ โดยจะแสดงรายละเอียดดังนี้

1. การติดตั้งอุปกรณ์มิเตอร์วัดค่าพลังงานไฟฟ้า
2. การติดตั้งอุปกรณ์รวมสัญญาณดีซียู
3. การติดตั้งอุปกรณ์ฝั่งเซิร์ฟเวอร์

3.3.1 การติดตั้งอุปกรณ์มิเตอร์วัดค่าพลังงานไฟฟ้า

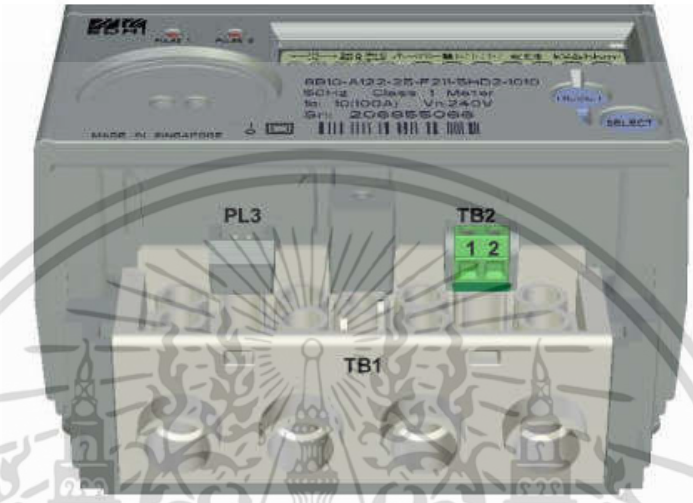
การติดตั้งอุปกรณ์มิเตอร์วัดค่าพลังงานไฟฟ้าจะถูกติดตั้งในบริเวณสถานที่ที่ต้องการวัดค่าพลังงาน โดยในโครงงานนี้จะติดตั้งอุปกรณ์มิเตอร์วัดค่าพลังงานที่อาคารโรงอาหารโดยจะติดภายในร้านค้าจำนวน 8 ร้านค้า ณ อาคารโรงอาหาร การไฟฟ้าฝ่ายผลิตเหมืองแม่เมาะแห่งประเทศไทย อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง โดยการเตรียมอุปกรณ์และวิธีการติดตั้งมีดังต่อไปนี้

1. ตรวจเช็คสภาพภายนอกของอุปกรณ์มิเตอร์วัดค่าพลังงานไฟฟ้าว่าอุปกรณ์สมบูรณ์ไม่ได้รับความเสียหายหรือชำรุดแต่อย่างใด อาจจะนำไปทดลองต่อกับเครื่องใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าก่อนนำมาติดตั้งจริง ดังแสดงในรูปที่ 3.31

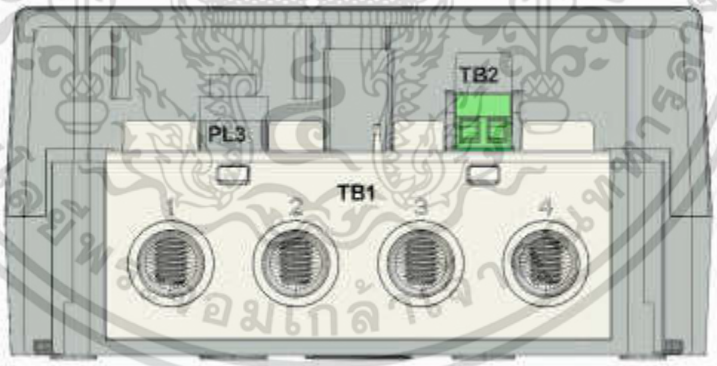
รูปที่ 3.31 อุปกรณ์มิเตอร์วัดค่าพลังงานไฟฟ้า รุ่น Mk7B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การเข้าสายไฟฟ้า 220V ของอุปกรณ์มิเตอร์วัดค่าพลังงาน EDMI รุ่น Mk7Bการติดตั้งสายไฟฟ้าที่อุปกรณ์มิเตอร์สามารถทำได้โดยตรวจสอบว่าระบบมีกระแสไฟหรือไม่โดยต้องแน่ใจว่าได้ถูกตัดกระแสไฟฟ้าเป็นที่เรียบร้อยแล้ว เมื่อทำการเช็คสายไฟฟ้าเรียบร้อยแล้วให้ทำการเปิดฝาครอบอุปกรณ์มิเตอร์วัดค่าพลังงานออกเพื่อตรวจเช็คสภาพด้านใน ดังรูปที่ 3.32 และ รูปที่ 3.33



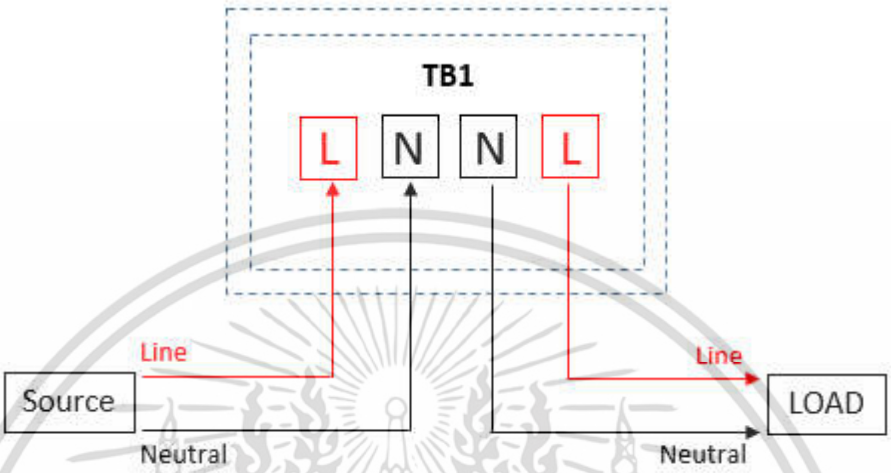
รูปที่ 3.32 ช่องต่อสายต่างๆของอุปกรณ์มิเตอร์วัดค่าพลังงาน



รูปที่ 3.33 ช่องต่อสายไฟฟ้าขาเข้าและขาออก TB1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ทำการตรวจเช็คเบรกเกอรของร้านค้าที่ต้องการติดตั้งว่าสายเส้นใดเป็น Line (L) หรือ Neutral (N) และฝั่งใดเป็น แหล่งจ่าย (Source) หรือ ฝั่งใดเป็น โหลด (Load) แสดงการต่อสายไฟฟ้าของอุปกรณ์มิเตอร์วัดค่าพลังงานไฟฟ้า ดังรูปที่ 3.34



รูปที่ 3.34 ช่องการต่อสาย Line และ Neutral

4. ทำการต่อสายและติดมิเตอร์เข้ากับตู้เก็บอุปกรณ์มิเตอร์วัดค่าพลังงานไฟฟ้าดังรูปที่ 3.35 และ รูปที่ 3.36

รูปที่ 3.35 ตัวอย่างลักษณะการติดตั้งมิเตอร์ ร้านค้าที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.36 ตัวอย่าง ร้านค้าที่ 4 ที่ติดตั้งอุปกรณ์มิเตอร์วัดค่าพลังงาน

3.3.2 การติดตั้งอุปกรณ์รวมสัญญาณดีซียู

การติดตั้งอุปกรณ์รวมสัญญาณดีซียูในระบบจะทำการติดตั้งบริเวณใต้โรงอาหารที่ตู้ควบคุมไฟฟ้าของอาคารโดยจะแสดงการติดตั้ง ดังรูปที่ 3.37

รูปที่ 3.37 การติดตั้งดีซียู

การติดตั้งอุปกรณ์รวมสัญญาณดีซียูจะทำการติดตั้งเข้ากับตู้ควบคุมไฟฟ้าของอาคารโรงอาหารโดยจะแสดงบริเวณที่ติดตั้ง ดังรูปที่ 3.37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.38 การต่อสายไฟของอุปกรณ์รวมสัญญาณดีซียู

การติดตั้งอุปกรณ์รวมสัญญาณดีซียูจะติดตั้งอุปกรณ์ไว้ภายในตู้ควบคุมไฟฟ้าหรือสถานที่ใกล้เคียงพิจารณาตามสถานที่ปฏิบัติงานจริงโดยใน รูปที่ 3.38 โดยจะแสดงขั้นตอนดังนี้

1. เข้าสายระหว่างอุปกรณ์รวมสัญญาณดีซียูและเซอร์กิตเบรกเกอร์ควบคุมการใช้ไฟฟ้าของอาคารร้านค้าโดยจะมีการเข้าสายทั้งหมดจำนวน 4 เส้นได้แก่ เฟส A เฟส B เฟส C และนิวตรอน

2. ทำการต่อแหล่งจ่ายไฟให้กับตัวอุปกรณ์รวมสัญญาณ 200VAC

3. ทำการเชื่อมต่อระบบสื่อสารไปยังอาคารควบคุมโดยผ่าน พอร์ท LAN ระบบ Local Area Network โดยการตั้งค่า IPของอุปกรณ์รวมสัญญาณให้ตรงกับระบบ Network ที่เปิดให้ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 การติดตั้งอุปกรณ์ฝั่งเซิร์ฟเวอร์

การติดตั้งอุปกรณ์ฝั่งเซิร์ฟเวอร์จะทำการติดตั้งที่ห้องควบคุมการทำงานของเจ้าหน้าที่การไฟฟ้าในอาคารใกล้เคียงโดยจะแสดงการติดตั้งดังนี้

รูปที่ 3.39 ห้องควบคุมเซิร์ฟเวอร์

การติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆภายในห้องควบคุมระบบเซิร์ฟเวอร์สามารถอธิบายได้ ดังรูปที่ 3.39 โดยเริ่มจากการเชื่อมต่อระบบเน็ตเวิร์คภายในโดยต้องใช้ 1 IP ที่ว่างอยู่เชื่อมต่อมาที่ Network Bok โดยเป็นเน็ทเวิร์คที่ใช้ IP ชุดเดียวกับอุปกรณ์รวมสัญญาณดีซียู โดยจะกำหนดชุด IP ดังนี้

1. IP Address 11.11.11.71
2. Subnet Mask 255.255.255.0
3. Default Gateway 11.11.11.1

หลังจากกำหนดค่า IP ต่างๆเรียบร้อยแล้วให้ดำเนินการทดสอบการเชื่อมต่อสัญญาณต่างๆ โดยจะแสดงการใช้โปรแกรมในหัวข้อถัดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การใช้งานโปรแกรมของระบบ

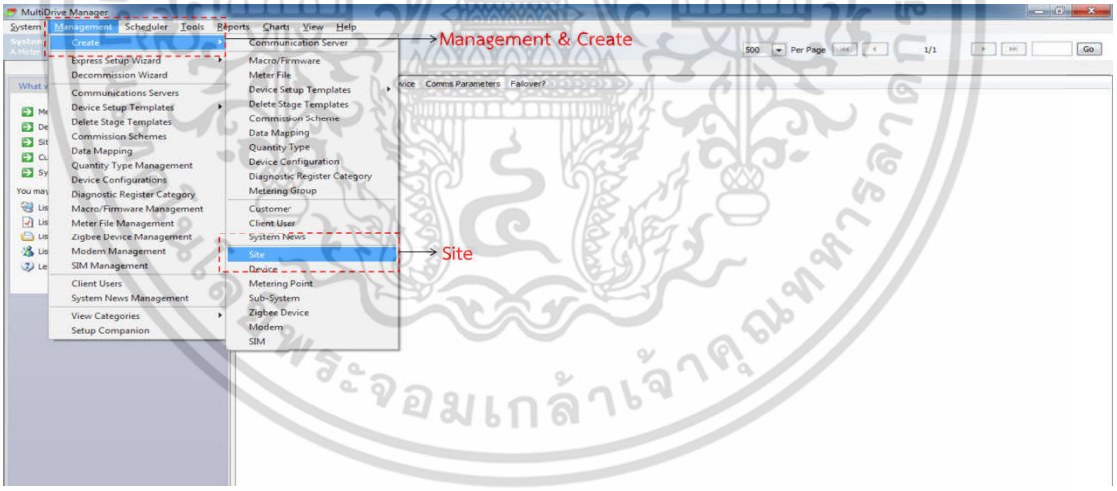
ในหัวข้อนี้จะอธิบายเกี่ยวกับการใช้โปรแกรมที่เกี่ยวข้องกับระบบซึ่งจะอธิบายถึงวิธีการใช้โปรแกรมจัดการพลังงานและโปรแกรมการตั้งค่ามิเตอร์วัดค่าพลังงาน และ เว็บเบราเซอร์ในการตั้งค่าอุปกรณ์รวมสัญญาณดีซียูโดยจะแสดงรายละเอียดดังนี้

1. โปรแกรมจัดการข้อมูลพลังงาน
2. โปรแกรมการตั้งค่ามิเตอร์วัดค่าพลังงาน
3. เว็บเบราเซอร์ในการตั้งค่าอุปกรณ์รวมสัญญาณดีซียู

3.4.1 โปรแกรมจัดการข้อมูลพลังงาน (MultiDrive Software)

โปรแกรมจัดการข้อมูลพลังงานมีชื่อเรียกว่าโปรแกรมมัลติไดร์ซอร์ฟแวร์ (Multi drive Software) โปรแกรมทำหน้าที่ในการเรียกข้อมูลพลังงานในระบบมาเก็บยังเซิร์ฟเวอร์เพื่อบันทึกผลและสามารถตรวจดูค่าออนไลน์ข้อมูลพลังงานต่างๆได้โดยจะอธิบายการการตั้งค่าโปรแกรมโดยมีขั้นขั้นตอนดังนี้

1. การสร้างที่ตั้งของช่องทางการสื่อสารให้กับมิเตอร์ (Site)

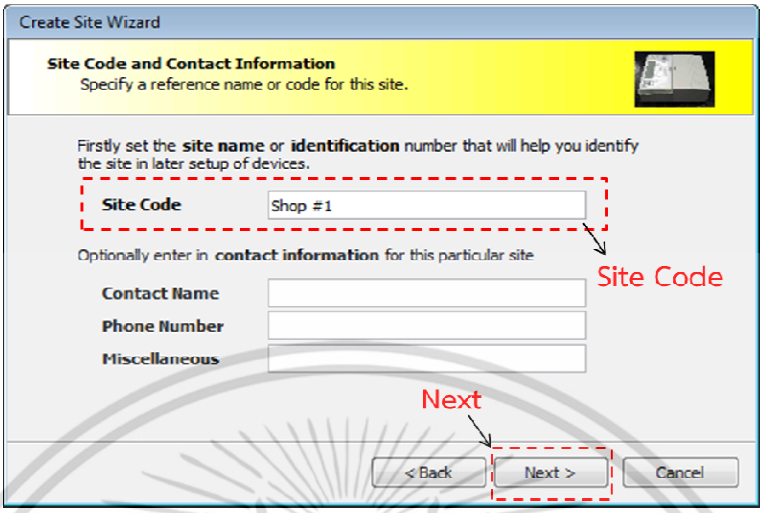


รูปที่ 4.40 การสร้างช่องทางการสื่อสารให้กับมิเตอร์

เริ่มต้นการสร้าง Site โดยคลิกที่ “Management” แล้วเลือกคำสั่ง “Create” หลังจากให้ให้เลือกเมนู “Site”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

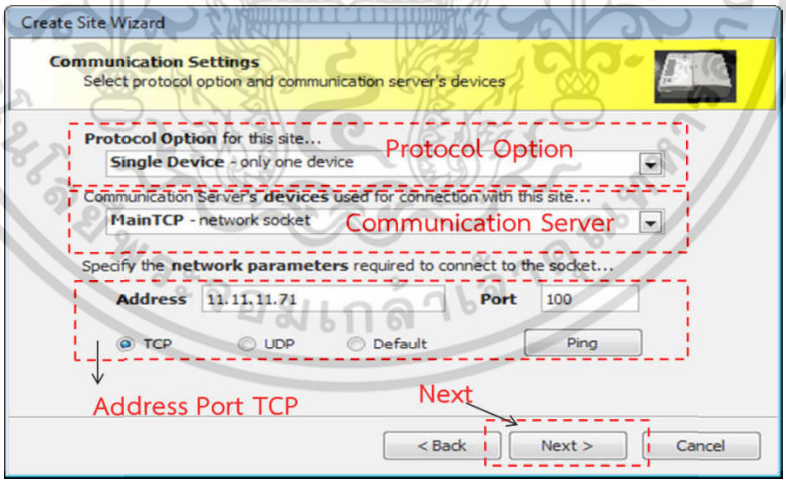
2. หน้าต่างการตั้งค่า Site



รูปที่ 3.41 การตั้งชื่อ Site

หลังจากเลือกเมนู “Site” แล้ว โปรแกรมจะแสดงหน้าต่างการตั้งค่าให้เราทำการตั้งชื่อในการเรียกแทนมิเตอร์ที่ใช้งานในช่อง “Site Code” หลังจากนั้นให้ทำการเลือกเมนู “Next”

3. การตั้งค่าการเชื่อต่อ

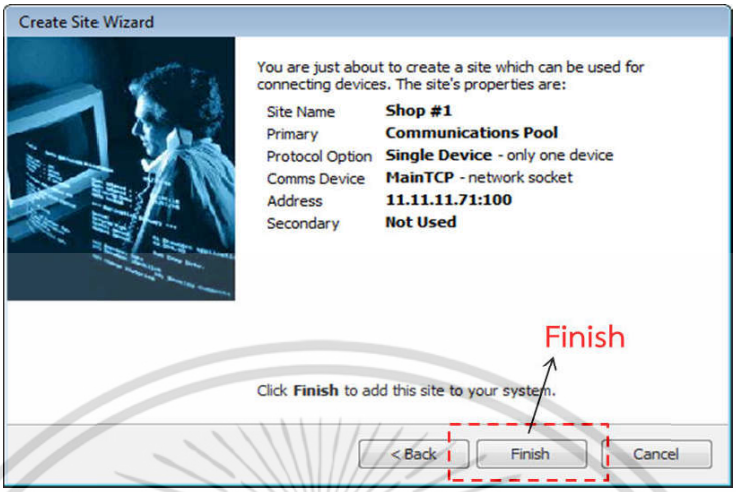


รูปที่ 4.42 การตั้งค่าการเชื่อต่อ

การตั้งค่าการเชื่อมต่อให้ทำการเลือก “Protocol Option” หลังจากนั้นให้เลือก “Communication Server” แล้วทำการตั้งค่า “Address Port TCP” โดยให้ตั้งค่า IP 11.11.11.71 Port 100 และเลือก TCP หลังจากนั้นให้ทำการคลิก “Next”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

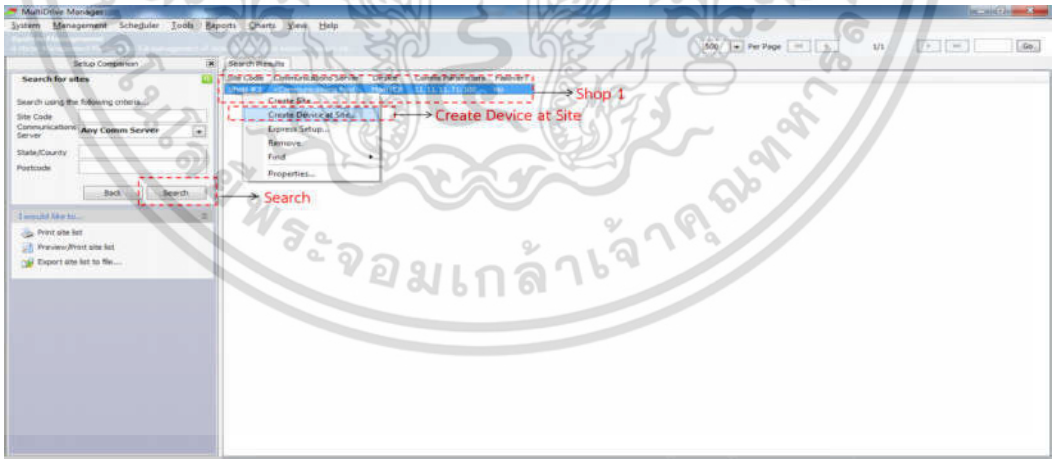
4. แจ้งสถานะช่องทางการสื่อสาร



รูปที่ 4.43 แจ้งสถานะของการตั้งค่าระบบสื่อสาร

ขั้นตอนสุดท้ายเมื่อทำการสร้างช่องทางการสื่อสารเสร็จเรียบร้อยแล้วระบบจะทำการแจ้งรายละเอียดต่างๆที่ได้ทำการตั้งค่าไว้เมื่อตรวจสอบความถูกต้องเรียบร้อยแล้วให้คลิก “Finish” หลังจากนั้นให้ทำการสร้าง Device ในหัวข้อถัดไป

5. การสร้าง Device

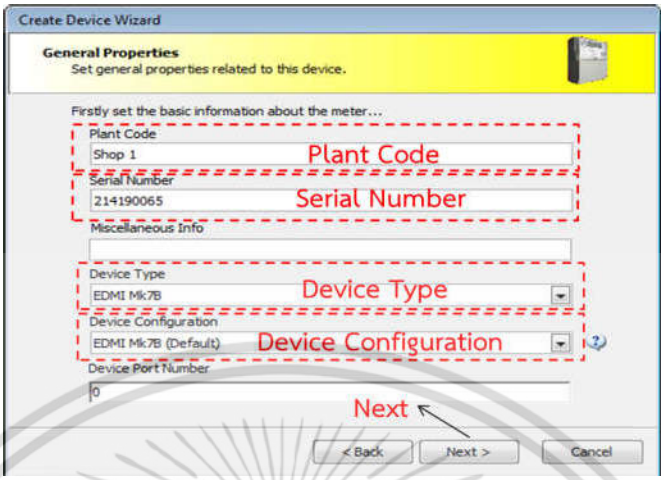


รูปที่ 4.44 การสร้าง Device

การสร้าง Device ขั้นแรกให้ทำการคลิกที่คำว่า “Search” หลังจากนั้นโปรแกรมจะแสดงแถบ site ที่ชื่อว่า “Shop 1” ตามที่ได้ทำการตั้งค่าไว้ ให้ทำการคลิกขวาที่แถบ Site ดังกล่าวจะปรากฏแถบเมนูให้ทำการเลือกเมนู “Create Device at Site”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

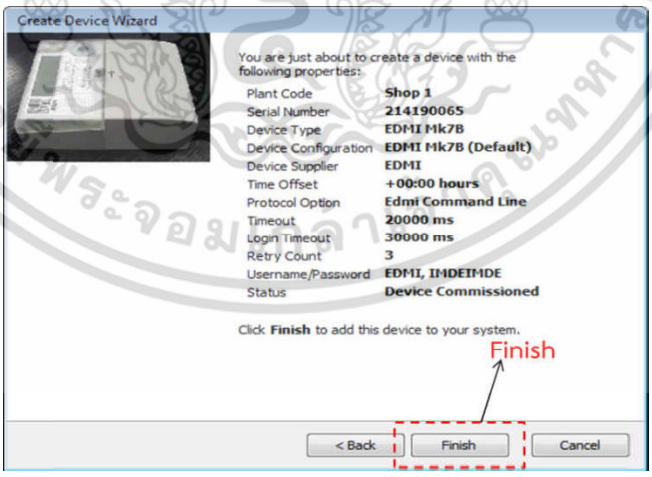
6. การตั้งชื่อและการเลือกคุณสมบัติของ Device



รูปที่ 4.45 การตั้งชื่อของ Device

ระบบจะให้ทำการตั้งชื่อและหมายเลขมิเตอร์โดยเลือกที่ “Plant Code” และ “Serial Number” ใส่รายละเอียดต่างๆของมิเตอร์วัดค่าพลังงานให้ครบ หลังจากนั้นให้เลือกที่เมนู “Device Type” เพื่อทำการเลือกรุ่นของมิเตอร์วัดค่าพลังงานและเลือกเมนู “Device Configuration” เพื่อทำการเลือกคุณสมบัติของมิเตอร์วัดพลังงาน เมื่อทำการตั้งค่าเรียบร้อยแล้วให้คลิก “Next”

7. แจ้งสถานการณ์ตั้งค่า Device



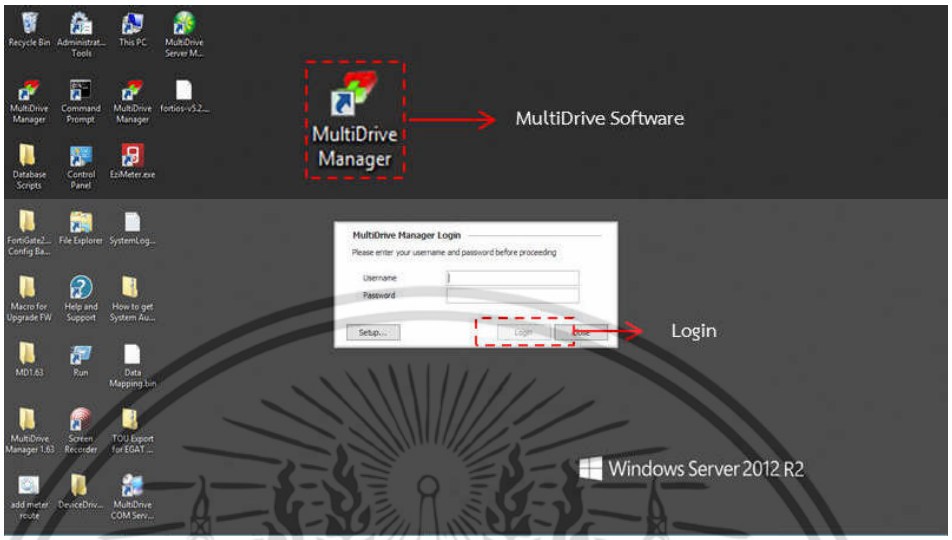
รูปที่ 4.46 แจ้งสถานะของการตั้งค่า Device

ขั้นตอนสุดท้ายเมื่อทำการสร้าง Device เรียบร้อยแล้วระบบจะทำการแจ้งรายละเอียดต่างๆ ที่ได้ทำการตั้งค่าไว้เมื่อตรวจสอบความถูกต้องเรียบร้อยแล้วให้คลิก “Finish”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการการใช้งานโปรแกรม MultiDrive Software มีขั้นขั้นตอนดังนี้

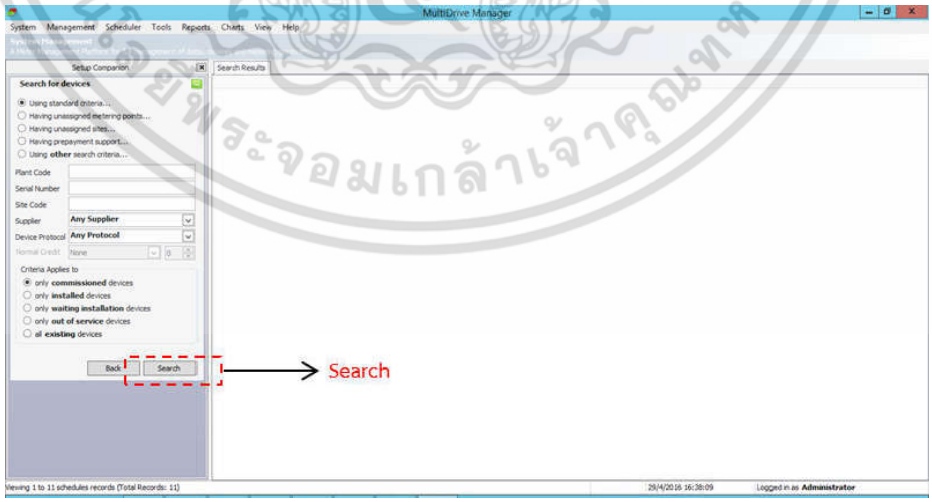
1. การเข้าใช้งาน (Login)



รูปที่ 3.47 หน้าจอการเข้าใช้โปรแกรมมัลติไดร์

การเข้าใช้งานโปรแกรม“มัลติไดร์ ซอร์ฟแวร์” เริ่มต้นการใช้งานโดยเข้าไปที่ไอคอนที่มีชื่อว่า MultiDrive Manager หลังจากนั้นจะแสดงหน้าต่างเข้าสู่ระบบการใช้งานให้ใส่ชื่อและรหัสผ่านเพื่อเข้าใช้งานเมื่อใส่เสร็จแล้วให้คลิกที่ “Login”

2. หน้าต่างโปรแกรมมัลติไดร์ซอฟแวร์

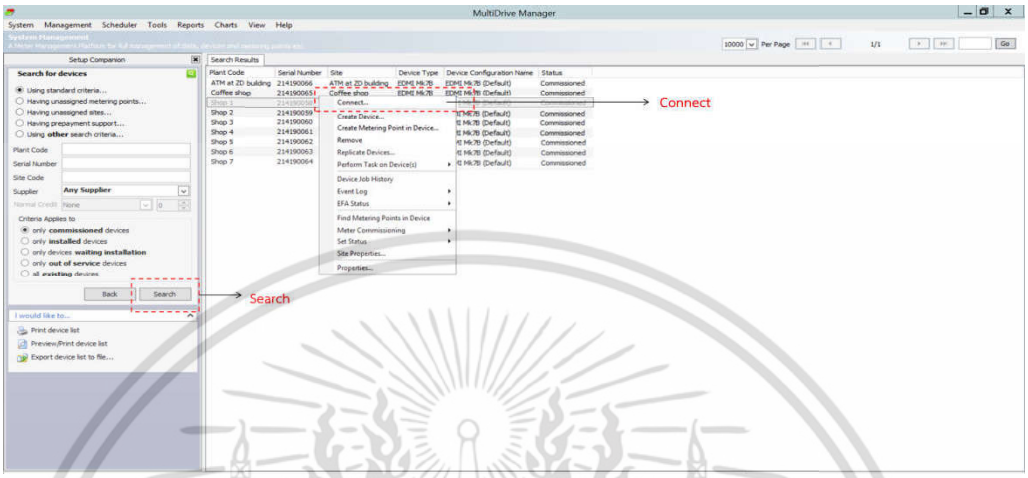


รูปที่ 3.48 หน้าต่างโปรแกรมมัลติไดร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเข้าใช้งานโปรแกรมโดยให้คลิกที่คำว่า “Search” เพื่อทำการค้นหามิเตอร์วัดค่าพลังงานในระบบที่ทำการตั้งค่าไว้

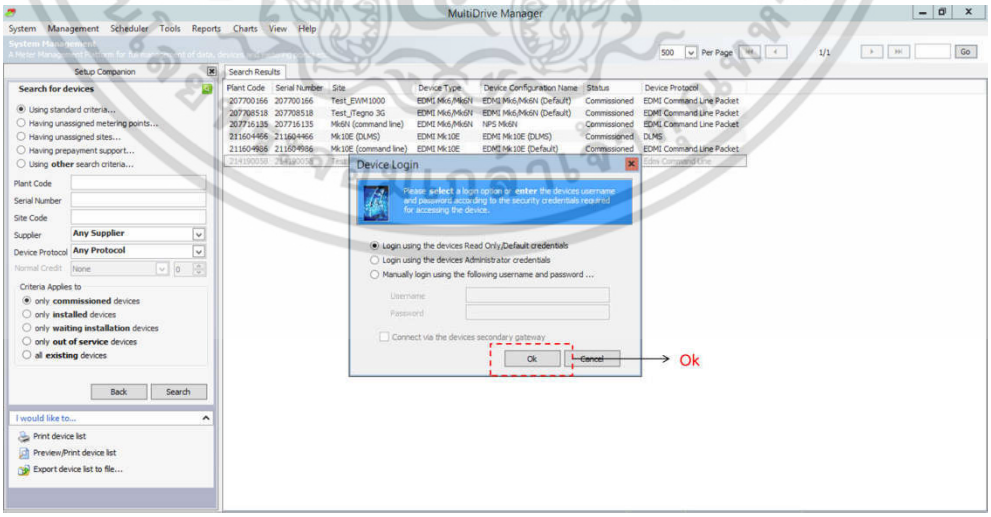
3. การเชื่อมต่อมิเตอร์ “Connect Meter”



รูปที่ 3.49 การเชื่อมต่อมิเตอร์

หลังจากทำการตั้งค่า Site Properties โดยให้ทำการคลิกที่ “Search” อีกครั้งจะพบมิเตอร์วัดค่าพลังงานในเน็ตเวิร์คที่เราทำการตั้งค่าไว้ให้คลิกขวาที่มิเตอร์วัดค่าพลังงานและคลิกคำว่า “Connect”

4. เข้าสู่การใช้งานมิเตอร์วัดค่าพลังงาน “Device Login”

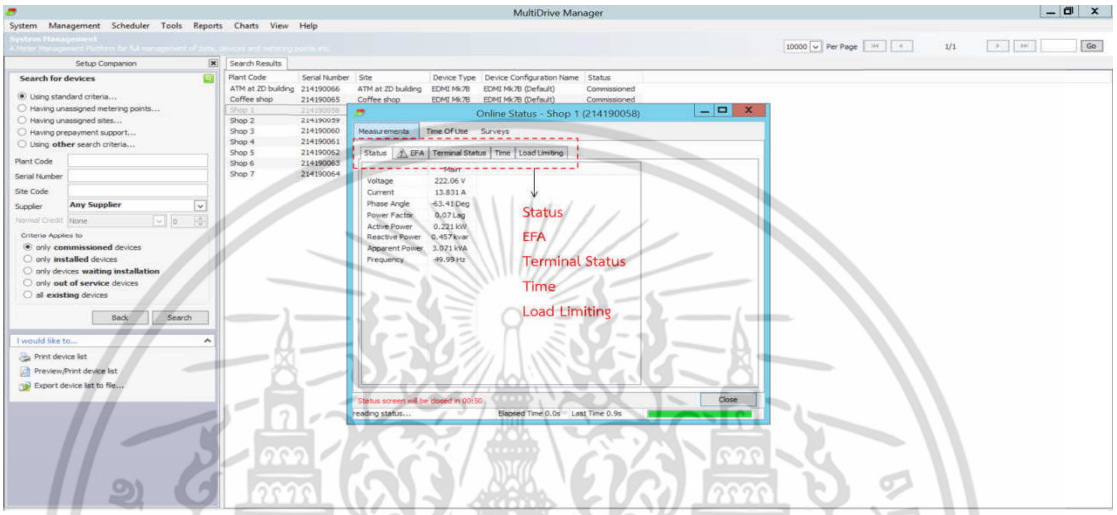


รูปที่ 3.50 หน้าต่างเมนู Device Login

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อทำการเชื่อมต่อแล้วระบบจะทำการถามว่าจะเข้าสู่ระบบแบบใดโดยจะแสดงการเข้าระบบเพื่ออ่านข้อมูลพลังงานเพียงอย่างเดียว และให้คลิกคำว่า “Ok” เมื่อทำการเชื่อมต่อสัญญาณโปรแกรมจะทำการโหลดข้อมูลออนไลน์ของมิเตอร์ในระบบตามหมายเลขที่เลือกเชื่อมต่อโดยจะปรากฏหน้าจอดังนี้

5. การออนไลน์ผลเครื่องมือวัดพลังงาน “Measurement”



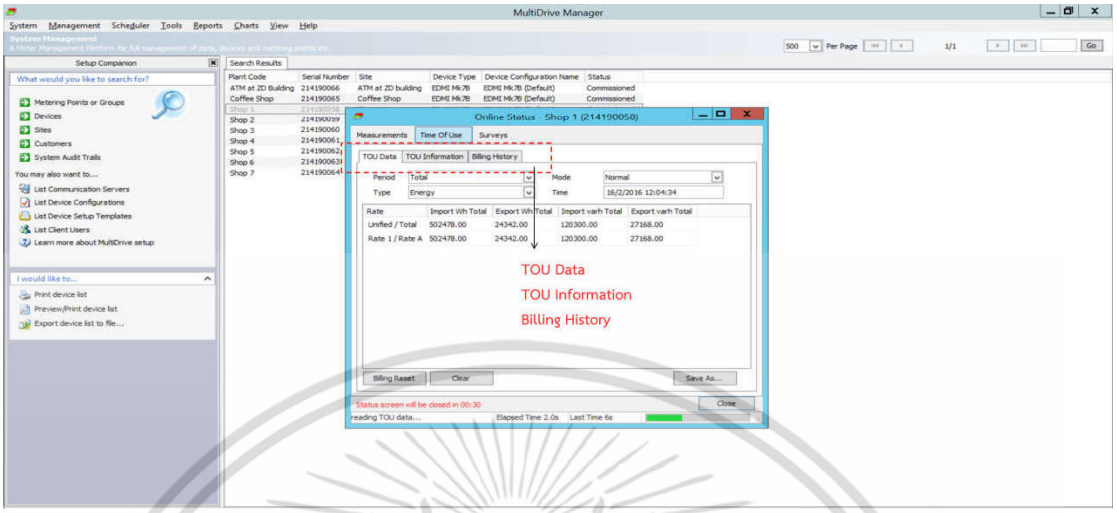
รูปที่ 3.51 ออนไลน์เครื่องมือวัดพลังงาน

การออนไลน์เครื่องมือวัดของมิเตอร์วัดค่าพลังงานเป็นการออนไลน์เพื่อตรวจเช็คค่าพารามิเตอร์ต่างๆของมิเตอร์วัดค่าพลังงานไฟฟ้าโดยจะปรากฏแถบเมนูทั้งหมด 5 หัวข้อดังนี้

- Status หมายถึง การออนไลน์ผลการวัดค่าพื้นฐาน เช่น โวลต์ (V) กระแส (A) มุมทางไฟฟ้า (Phase Angle) ค่าประกอบกำลัง (Power factor) ค่ากำลังงาน (Watt) และความถี่ (Hz)
- Equipment Fault Alarm (EFA) หมายถึง การแจ้งเตือนค่าความผิดปกติที่เกิดขึ้น
- Terminal Status หมายถึง สถานะการใช้งานของพอร์ท Output /Input ของมิเตอร์
- Time หมายถึง การเช็คค่าเวลาของมิเตอร์วัดค่าพลังงานและเวลาของเซิร์ฟเวอร์
- Load Limiting หมายถึง การตั้งค่าช่วงเวลาในการตัดการใช้งาน Terminal Output Input

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. การออนไลน์ค่าพลังงาน “Time Of Use (TOU)”



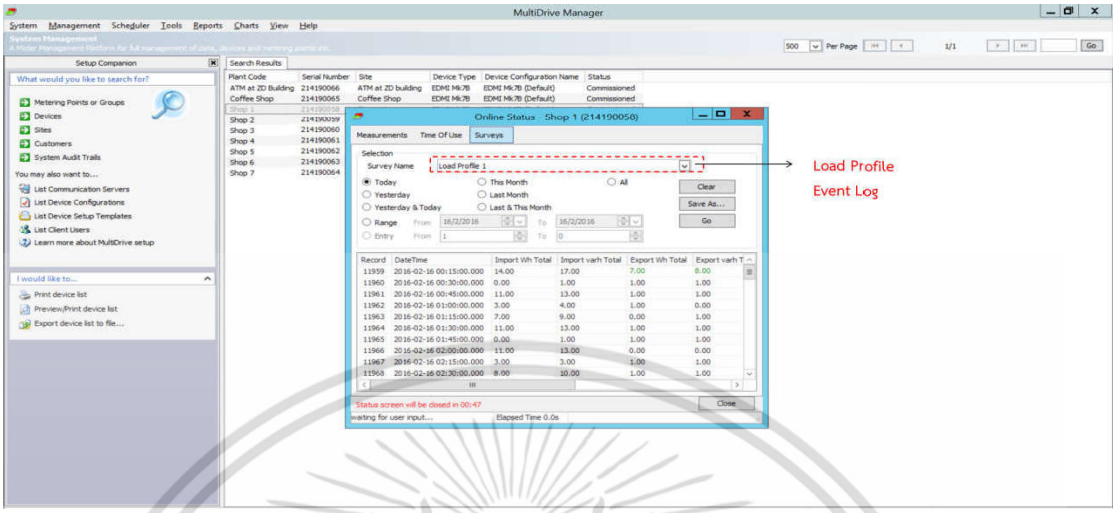
รูปที่ 3.52 ออนไลน์ค่าพลังงาน TOU

การออนไลน์ค่าพลังงาน TOU เป็นการออนไลน์เพื่อตรวจเช็คผลของมิเตอร์วัดค่าพลังงานไฟฟ้าโดยจะปรากฏแถบเมนูทั้งหมด 3 หัวข้อดังนี้

- TOU Data หมายถึง หน้าจอแสดงผลออนไลน์ในการเก็บหน่วยพลังงานของมิเตอร์วัดค่าพลังงานตั้งแต่มิเตอร์ถูกใช้งานครั้งแรกจะเก็บรวมผลพลังงานมาเรื่อยๆจนปัจจุบันจนกว่าจะถูกลบค่าหน่วยพลังงานด้วยโปรแกรมการตั้งค่า
- TOU Information หมายถึง หน้าจอแสดงผลออนไลน์รายละเอียดข้อมูลจำนวนการตัดหน่วยรายเดือนว่าทำการตัดหน่วยไปแล้วทั้งหมดกี่ครั้งและแสดงวันเวลาในการตัดหน่วยครั้งล่าสุด
- Billing History หมายถึง หน้าจอแสดงผลออนไลน์รายละเอียดข้อมูลพลังงานของมิเตอร์วัดค่าพลังงานไฟฟ้าแบบรายเดือน ซึ่งสามารถตั้งค่าให้ทำงานอัตโนมัติได้โดยจะทำการเก็บค่าโดยอัตโนมัติทุกๆ วันที่ 1 เวลา 00:00 นาที ของทุกเดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. การออนไลน์ค่า Surveys



รูปที่ 3.53 ออนไลน์ค่า Surveys

การออนไลน์ค่า Surveys เป็นการออนไลน์เพื่อตรวจเช็คผลต่างๆของมิเตอร์วัดค่าพลังงานไฟฟ้าโดยจะแบ่งออกเป็น 2 หัวข้อดังนี้

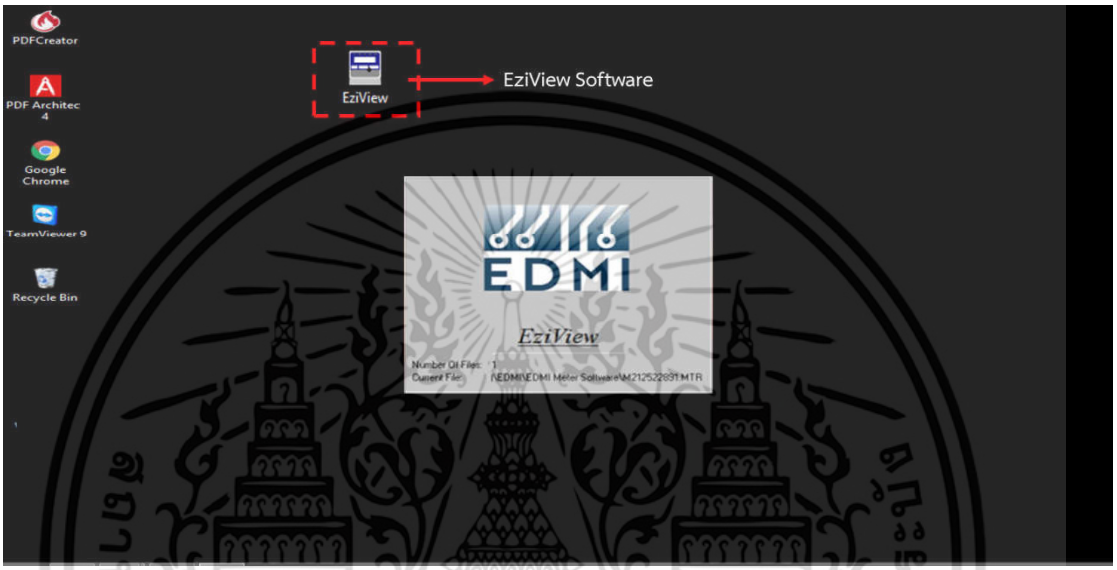
- Load Profile 15 นาทีหมายถึง หน้าจอแสดงผลรายละเอียดการออนไลน์ข้อมูลพลังงานทุกๆ 15 นาที ซึ่งระบบสามารถทำการเก็บข้อมูลทุกๆ 15 นาทีแล้วส่งไปบันทึกยังระบบเซิร์ฟเวอร์โดยค่าที่สามารถเก็บได้คือ ค่าพลังงานต่อชั่วโมง (kW hour)
- Event Log หมายถึง หน้าจอแสดงผลรายละเอียดการออนไลน์ข้อมูลการแจ้งเตือนเหตุการณ์ต่างๆที่เกิดขึ้นกับมิเตอร์วัดค่าพลังงานไฟฟ้า เช่นการเปิดฝาครอบมิเตอร์ การเข้าใช้งานโปรแกรมในการเข้ามาใช้งานมิเตอร์ แบตเตอรี่หมด แรงดันตักแรงดันเกิด เป็นต้น โดยเหตุการณ์ต่างๆจะถูกบันทึกและส่งผลการบันทึกต่างๆไปเก็บยังระบบเซิร์ฟเวอร์ทำให้สามารถตรวจสอบข้อมูลต่างๆได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 โปรแกรมการตั้งค่ามิเตอร์วัดค่าพลังงาน

โปรแกรมการตั้งค่ามิเตอร์วัดพลังงานมีชื่อเรียกว่าโปรแกรมอีซี่วิวซอร์ฟแวร์ (EziView Software) โปรแกรมทำหน้าที่ในการตั้งค่าให้กับมิเตอร์วัดค่าพลังงานโดยจะอธิบายการใช้โปรแกรมตามลำดับดังนี้

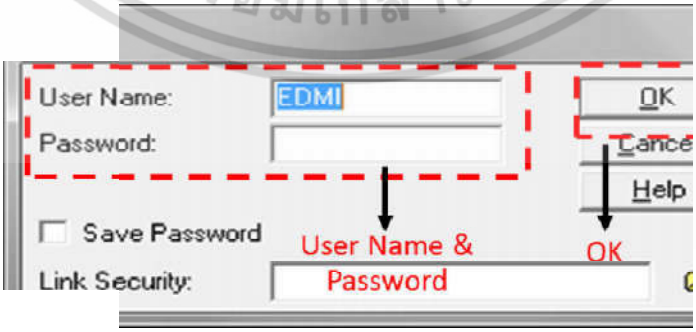
1. การเข้าใช้งาน



รูปที่ 3.54 การเข้าใช้งาน

การเข้าใช้งานโปรแกรม อีซี่วิว ซอร์ฟแวร์ เริ่มต้นการใช้งานโดยเข้าไปที่ไอคอนที่มีชื่อว่า “EziView” หลังจากนั้นโปรแกรมจะทำการโหลดซอร์ฟแวร์ให้รอสักครู่

2. การ Login



รูปที่ 3.55 การเข้า Login โปรแกรมอีซี่วิว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

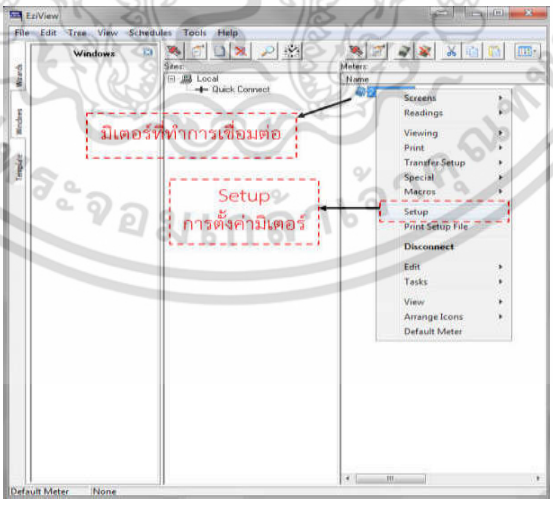
ให้ทำการ Login โดยการใส่ ชื่อ และ รหัวผ่าน เพื่อเข้าใช้งานเมื่อใส่เสร็จแล้วให้คลิกที่ “Ok”

3. แสดงหน้าต่างโปรแกรม อีซี่วิว ซอร์ฟแวร์

รูปที่ 3.56 หน้าต่างโปรแกรม อีซี่วิว ซอร์ฟแวร์

แสดงหน้าต่างโปรแกรม อีซี่วิว ซอร์ฟแวร์ เริ่มต้นให้ทำการคลิกที่รูป “แว่นขยาย” ระบบจะทำการค้นหามิเตอร์ในโปรแกรมที่เชื่อมต่อด้วยสายอ่านข้อมูลเมื่อทำการเชื่อมต่อแล้วระบบจะแสดงเครื่องหมาย + ที่คำว่า Quick Connect แสดงว่ามิเตอร์ได้ถูกเชื่อมต่อแล้ว

4. การเข้าเมนู Setup

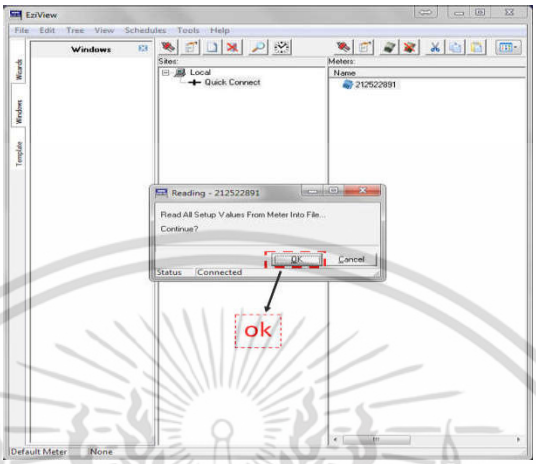


รูปที่ 3.57 การเข้าฟังชั่น Setup

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากที่ทำการเชื่อมต่อแล้วให้ทำการคลิกขวาที่ มิเตอร์ที่ทำการเชื่อมต่อ แล้วจะปรากฏเมนูต่างๆ โดยให้เลือกเมนู “Setup”

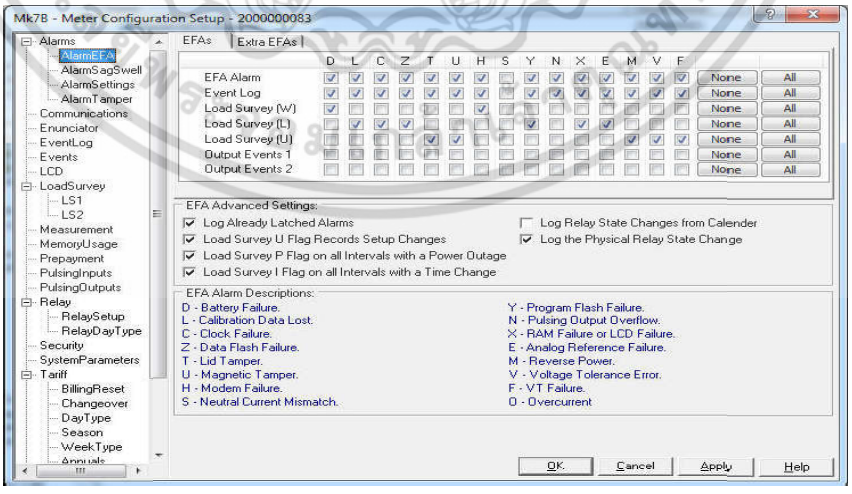
5. การอ่านค่ามิเตอร์ Read Meter



รูปที่ 3.58 อ่านข้อมูลจากมิเตอร์

หลังจากเลือกเมนู Setup แล้วโปรแกรมจะทำการถามว่าจะให้ดาวน์โหลดข้อมูลในมิเตอร์หรือไม่ให้คลิกคำว่า “Ok” เพราะเป็นการเรียกข้อมูลล่าสุดของมิเตอร์ออกมาเพื่อตรวจสอบและแก้ไขข้อมูล

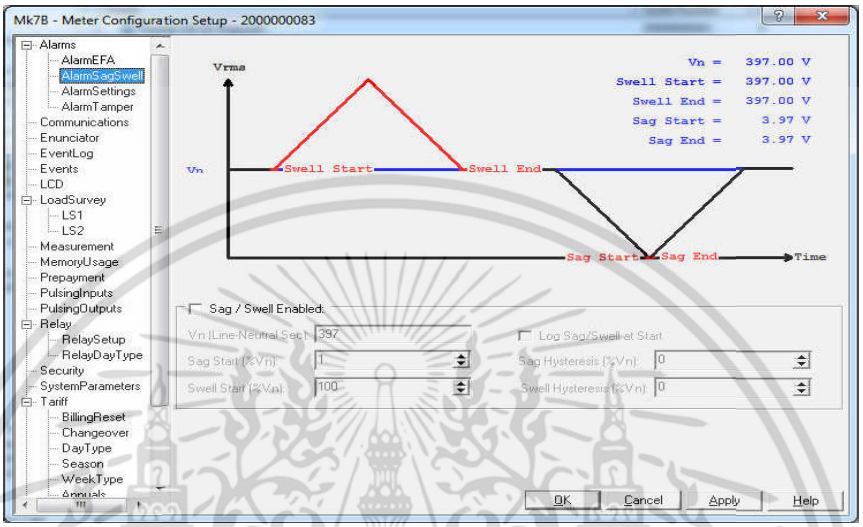
6. การตั้งค่ามิเตอร์



รูปที่ 3.59 การตั้งค่า ALARM EFA

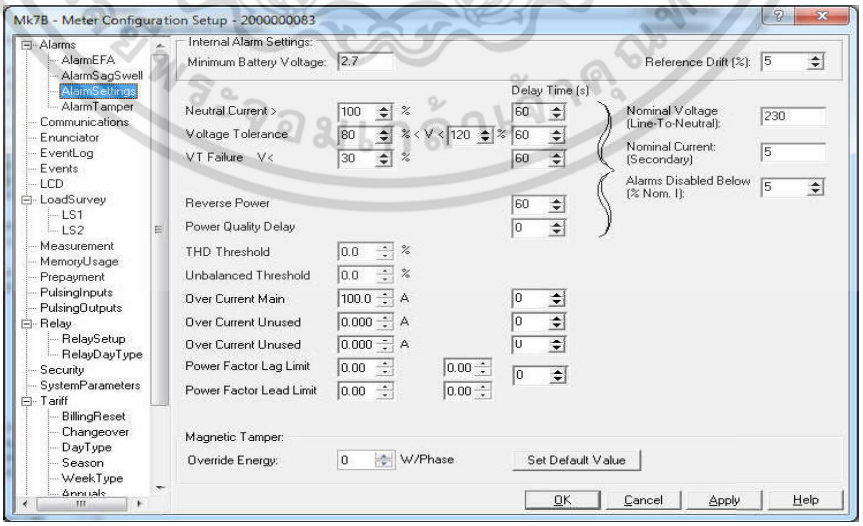
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากที่ทำการโหลดข้อมูลจากมิเตอร์เรียบร้อยแล้วโปรแกรมจะแสดงหน้าต่างการตั้งค่าของมิเตอร์ออกมาดังรูปที่ 3.59 โดยจะกล่าวถึงการตั้งค่าในส่วนของการแจ้งเตือนความผิดปกติที่เกิดกับมิเตอร์วัดค่าพลังงานไฟฟ้าโดยสามารถทำการเลือกเครื่องหมายถูกในช่องต่างๆที่ต้องการให้โปรแกรมแจ้งเตือน



รูปที่ 3.60 การตั้งค่า Alarm Sag Swell

สามารถทำการตั้งค่าให้ระบบแจ้งเตือนได้ว่าเมื่อแรงดันตกในระดับต่ำสุดและแรงดันกระชากในระดับสูงสุดระบบสามารถทำการเตือนและบันทึกค่าได้โดยจะทราบขนาดของแรงดันในการเกิดเหตุการณ์นั้นๆ



รูปที่ 3.61 การตั้งค่า Alarm Setting

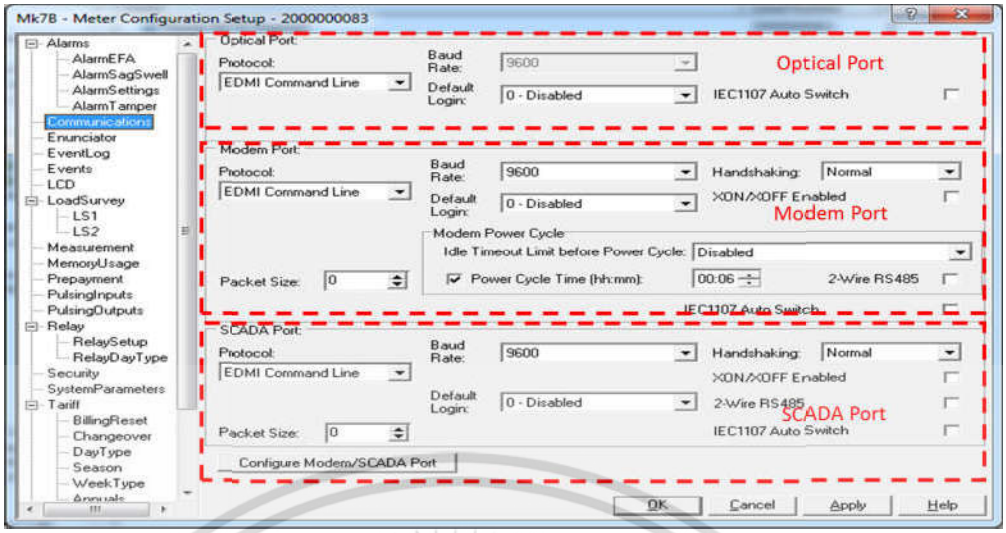
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถทำการตั้งเงื่อนไขของการแจ้งเตือนค่าผิดปกติได้ เช่น การตั้งค่าเตือนอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ การตั้งค่าแรงดันตกแรงดันเกิน กระแสไฟไหลย้อนกลับ ค่ากระแสเกิน และ คลื่นแม่เหล็กรบกวน เป็นต้น โดยค่าความผิดปกติของมิเตอร์วัดพลังงานมีรายละเอียดและความหมายดังตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 ตารางค่าความผิดปกติของมิเตอร์วัดพลังงาน

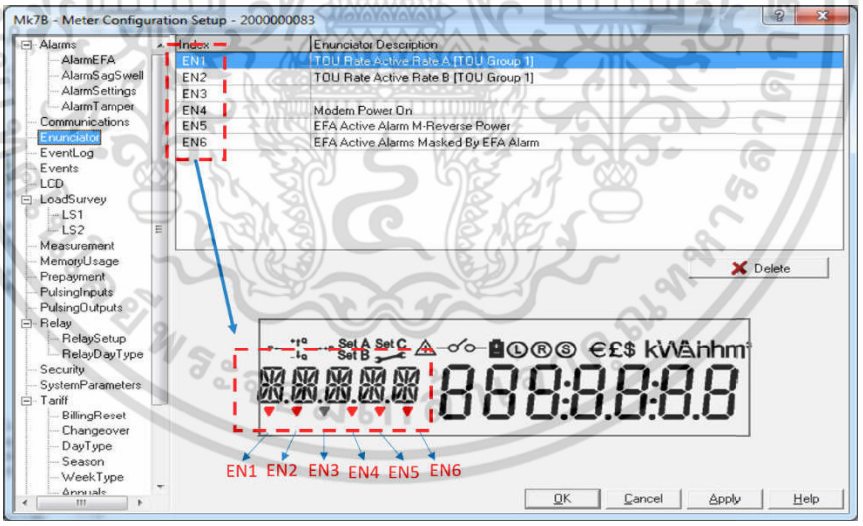
การแจ้งเตือนความผิดปกติ	ความหมาย	โค๊ดหน้าจอมิเตอร์
Battery Failure	แบตเตอรี่หมด	D
Calibration Data Lost	ข้อมูลการ Calibrate บนมิเตอร์สูญหาย	L
Clock Failure	สัญญาณนาฬิกาเสียหรือหยุดเดิน	C
Data Flash Failure	หน่วยความจำถาวรที่ใช้เก็บข้อมูลเสีย	Z
Lid Tamper	ฝาครอบมิเตอรถูกเปิด	T
Magnetic Tamper	คลื่นแม่เหล็กรบกวน	U
Modem Failure	โมเด็มไม่มีสัญญาณตอบรับ	H
Neutral Current Mismatch	ต่อสายนิวตรอนผิด	S
Program Flash Failure	หน่วยความจำถาวรเสีย	Y
Pulsing Output Overflow	สัญญาณพัลล์ขาออกมากเกินกำหนด	N
RAM Failure or LCD Failure	หน่วยความจำชั่วคราว หรือ LCD เสีย	X
Analog Reference Failure	ค่าการวัดอ้างอิงของมิเตอร์คลาดเคลื่อน	E
Reverse Power	พลังงานไฟฟ้าไหลย้อนกลับหรือเป็นลบ	M
Voltage Tolerance Error	แรงดันตก แรงดันเกิน	V
VT Failure	แรงดันมาไม่ครบเฟส	F
Overcurrent	กระแสไฟฟ้าเกิน	O

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.62 การตั้งค่า Communication

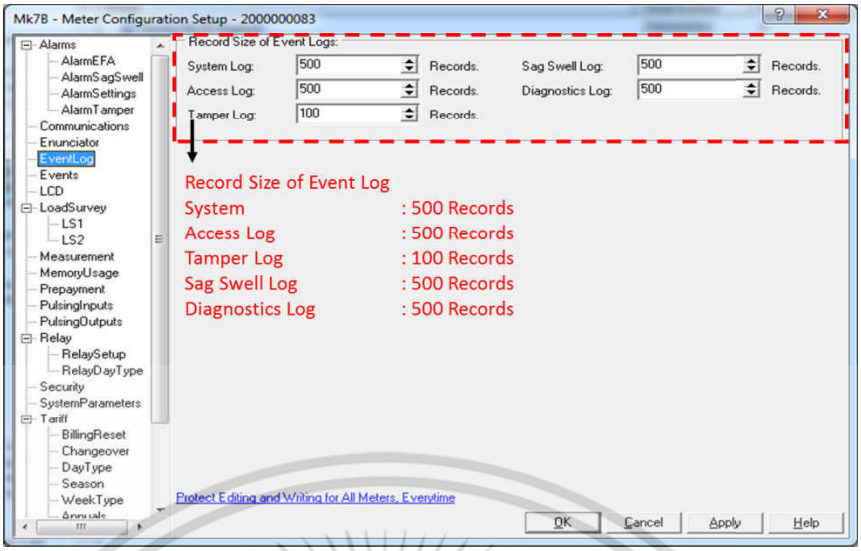
โดยปกติแล้วในการเชื่อมต่อมิเตอร์จะมีวิธีในการเชื่อมต่อได้หลายแบบ เช่น เชื่อมต่อผ่านหัวอ่านนำแสง เชื่อมต่อผ่านระบบโมเด็ม หรือ เชื่อมต่อผ่านระบบสกาดา โดยจะขึ้นอยู่กับมิเตอร์ที่เลือกมาใช้งานว่ารองรับการสื่อสารแบบใด หรือมิเตอร์มีอุปกรณ์สื่อสารภายนอกเพิ่มเติม



รูปที่ 3.63 การตั้งค่า Enunciator

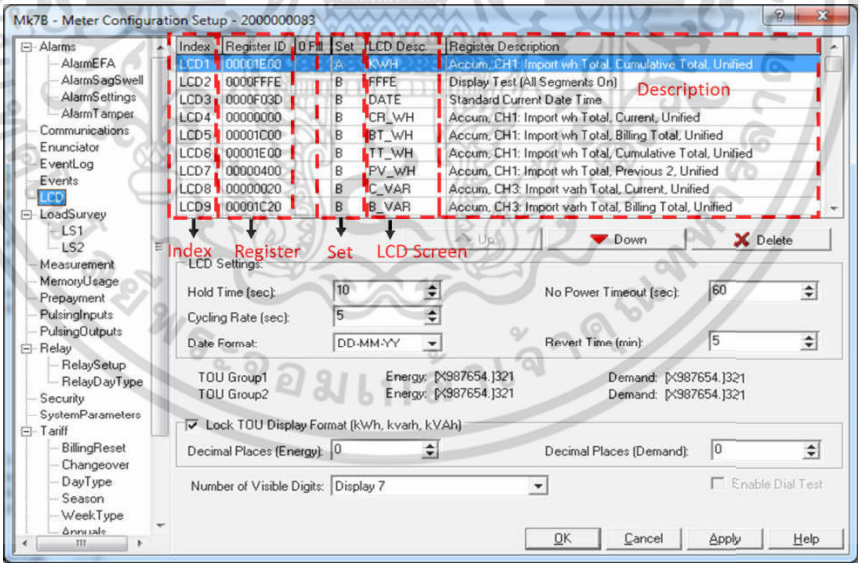
การตั้งค่าการแสดงไฟลูกศรสีแดงที่หน้าจอแสดงผลมิเตอร์โดยถ้าไฟช่องใดติดให้ไปเปรียบเทียบกับช่องในตารางว่าสถานะการทำงานของมิเตอร์ในขณะนี้เข้าขอบเขตใดซึ่งสามารถทำการตั้งค่าในแต่ละรายการได้ เช่น Rate การคิดค่าใช้จ่ายและประเภทการใช้ไฟ หรือ การแจ้งเตือนเหตุการณ์ต่างๆ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.64 การตั้งค่า Event Log

การตั้งค่าจำนวนการบันทึกการเกิดเหตุการณ์ต่างๆโดยจะแบ่งออกเป็น 5 เหตุการณ์ ได้แก่ System Log จำนวน 500 Records, Access Log จำนวน 500 Records, Tamper Log จำนวน 100 Records, Sag Swell จำนวน 500 Records และ Diagnostics จำนวน 500 Records.



รูปที่ 3.65 การตั้งค่า LCD

การตั้งค่าหน้าจอแสดงผลของมิเตอร์วัดค่าพลังงานคือการแสดงค่าต่างๆที่ระบบสามารถทำการวัดค่าได้โดยการตั้งค่าหน้าเจอแสดงผลจะแสดงใน ตารางที่ 3.7 สามารถตังค่าในการโชว์ที่หน้าจอแสดงผลได้ว่าให้หยุดอยู่ที่ค่าใดค่าหนึ่งหรือให้แสดงค่าวนไปเรื่อ

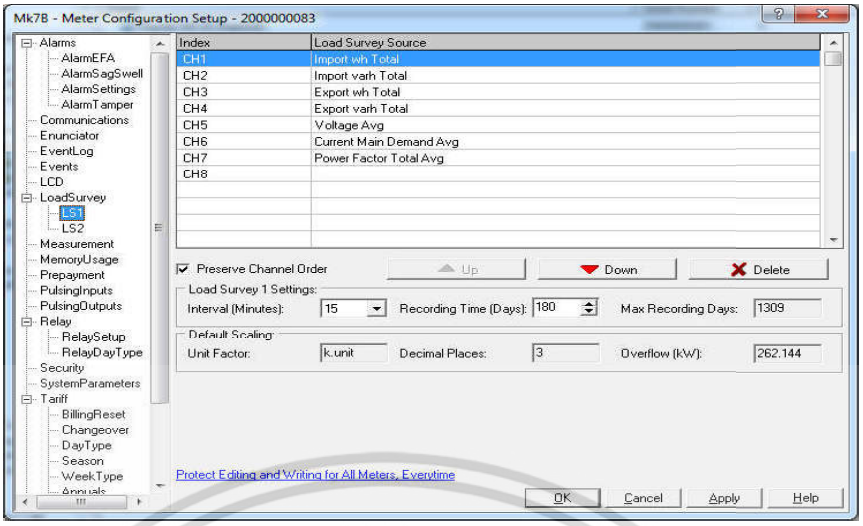
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.7 โค๊ดหน้าจอแสดงผลของมิเตอร์วัดค่าพลังงาน

Index	Register	Set	LCD	Register Description
LCD 1	00001E00	A	KWH	Accum, CH1: Import wh Total, Cumulative Total, Unified
LCD 2	0000FFFE	B	FFFE	Display Test (ALL Segment On)
LCD 3	0000F03D	B	DATE	Standard Current Date Time
LCD 4	00000000	B	CR_WH	Accum, CH1: Import wh Total, Current, Unified
LCD 5	00001C00	B	BT_WH	Accum, CH1: Import wh Total, Billing Total, Unified
LCD 6	00001E00	B	TT_WH	Accum, CH1: Import wh Total, Cumulative Total, Unified
LCD 7	00000400	B	PV_WH	Accum, CH1: Import wh Total, Previous 2, Unified
LCD 8	00000020	B	C_VAR	Accum, CH3: Import varh Total, Current, Unified
LCD 9	00001C20	B	B_VAR	Accum, CH3: Import varh Total, Billing Total, Unified
LCD 10	00000420	B	P_VAR	Accum, CH3: Import varh Total, Previous 2, Unified
LCD 11	00001E20	B	T_VAR	Accum, CH3: Import varh Total, Cumulative Total, Unified
LCD 12	00007C01	B	NO.BIL	Information, Billing Total, Reset Count
LCD 13	0000FFFE	C	FFFE	Display Test (ALL Segment On)
LCD 14	0000E061	C	BATT	Battery Voltage
LCD 15	0000E000	C	V.	Voltage
LCD 16	0000E010	C	I.	Main Current
LCD 17	0000F016	C	C.EFA	Current Alarm
LCD 18	0000F017	C	L.EFA	Latch Alarms

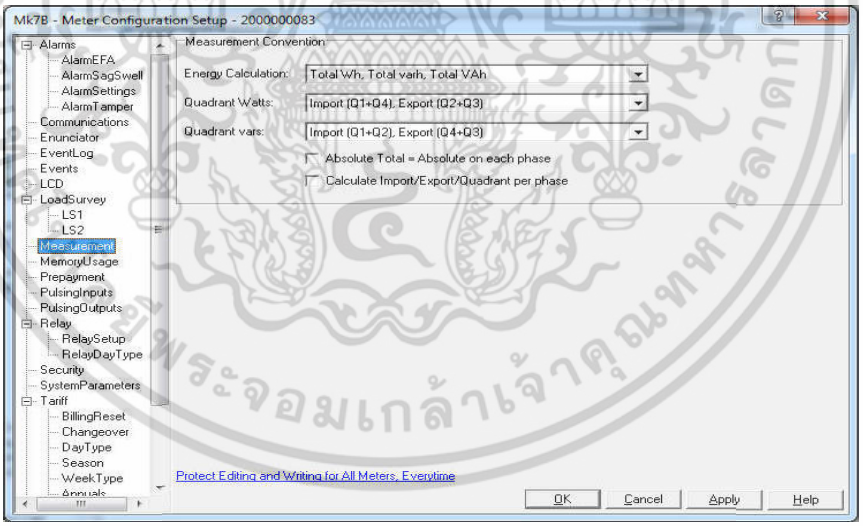
จากตารางที่ 3.7 แสดงรายละเอียดของหน้าจอแสดงผลของมิเตอร์รุ่น Mk7B โดยแสดงค่าส่วนประกอบต่างๆ 18 ค่าพร้อมคำอธิบายและโค๊ดการอ่านหน้าจอแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.66 การตั้งค่าการเก็บ Load Profile

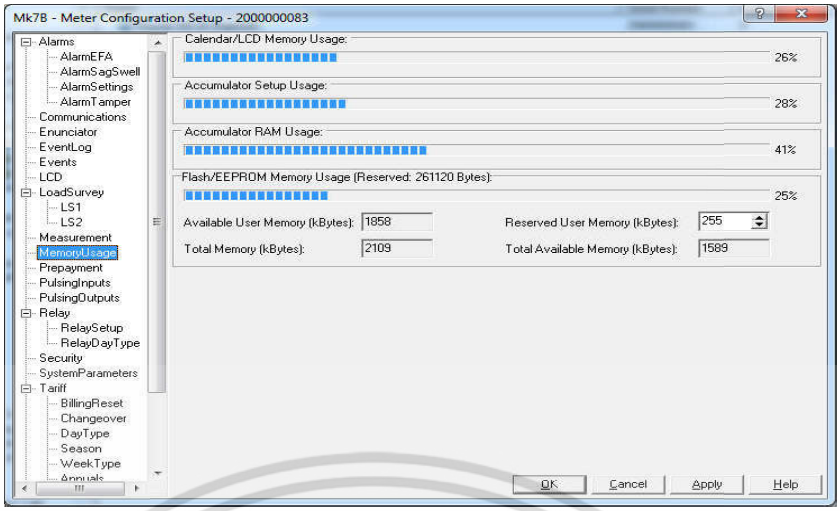
การตั้งค่าช่องทางการเก็บพลังงานโดยจะสามารถตั้งได้ทั้งขาเข้าและขาออกเพื่อเช็คสถานะการไหลเวียนของกระแสไฟ หรือ ตั้งช่องการเก็บพารามิเตอร์ เช่น แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และ ค่าประกอบกำลังไฟฟ้า เป็นต้น



รูปที่ 3.67 การตั้งค่าเครื่องมือวัดของมิเตอร์

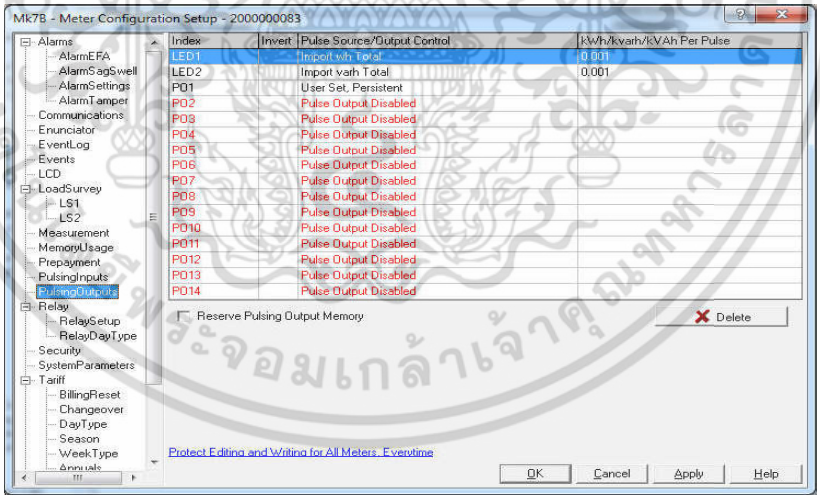
การตั้งค่าเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า เป็นการแสดงการตั้งค่าพลังงานต่างๆว่าให้วัดอยู่ใน Quadrant ใดของทางไฟฟ้าโดยจะมีผลในเรื่องเครื่องหมายหรือทิศทางในการไฟล์ของกระแสไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.68 การตรวจเช็คสถานะความจำ

การตั้งค่าหรือการตรวจสอบหน่วยความจำของมิเตอร์วัดค่าพลังงานจะแสดงการใช้หน่วยความจำทั้งหมด ได้แก่ หน่วยความจำของหน้าจอแสดงผล หน่วยความจำของการตั้งค่ามิเตอร์ไฟฟ้า หน่วยความจำของแรมของมิเตอร์วัดค่าพลังงานไฟฟ้า และ หน่วยความจำแฟลตของมิเตอร์วัดค่าพลังงานไฟฟ้า

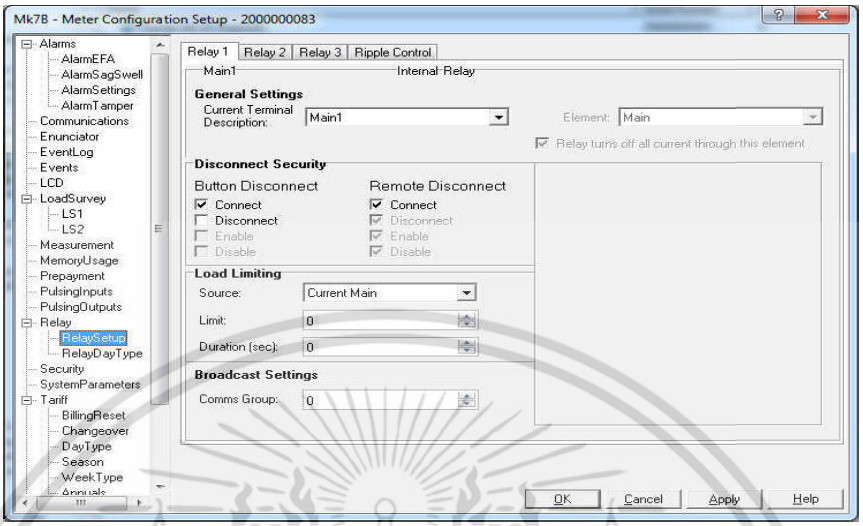


รูปที่ 3.69 การตั้งค่าไฟ Pulsing LED

การตั้งค่าการแสดงไฟ Pulsing LED ของมิเตอร์วัดค่าพลังงานไฟฟ้าสามารถทำการตั้งค่าการแสดงได้หลายรูปแบบ เช่น การตั้งค่าพลังงานไฟฟ้ากระพริบผ่าน LED เมื่อการใช้ไฟถูกใช้จนถึงค่าที่กำหนดจะสั่งให้ไฟ LED กระพริบ 1 ครั้ง หรือ สามารถตั้งค่าให้ไฟ LED กระพริบได้เมื่อมีเหตุการณ์

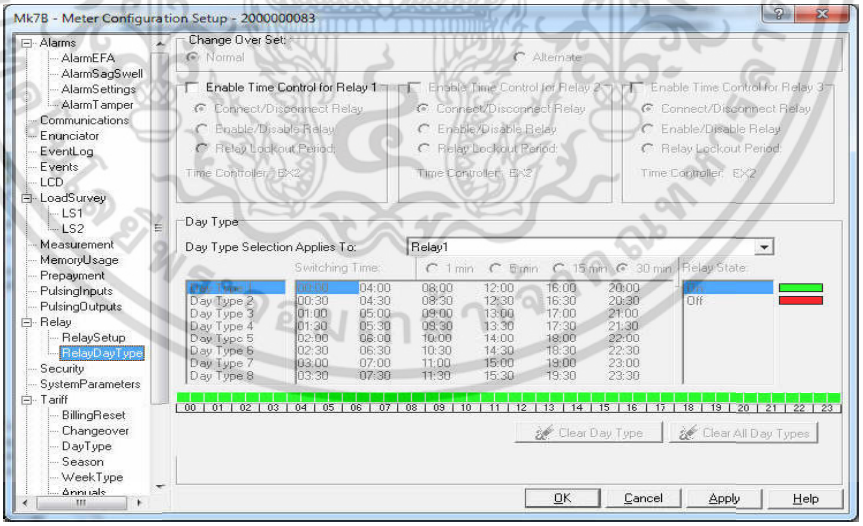
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผิดปกติเกิดขึ้นได้ เป็นต้น ซึ่งอีกประโยชน์หนึ่งที่สำคัญคือการทดสอบความเที่ยงตรงของมิเตอร์ไฟฟ้า โดยจะเทียบระยะเวลาการกระพริบไฟของ LED ว่าเกิดขึ้นในระยะเวลาที่ใกล้เคียงกันมากน้อยแค่ไหน



รูปที่ 3.70 การตั้งค่า Relay ตัดโหลด

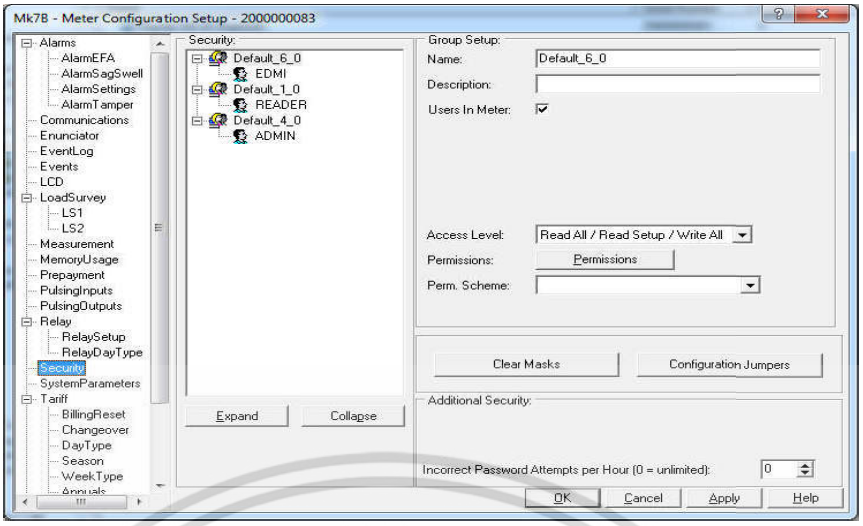
สามารถทำการตั้งค่า Relay เพื่อการตัดโหลดของมิเตอร์วัดค่าพลังงานไฟฟ้าได้ โดยในปัจจุบันยังไม่เป็นที่นิยมกันในเมืองไทยโดยจะใช้กันมากในต่างประเทศ



รูปที่ 3.71 การตั้งค่า Relay DayType

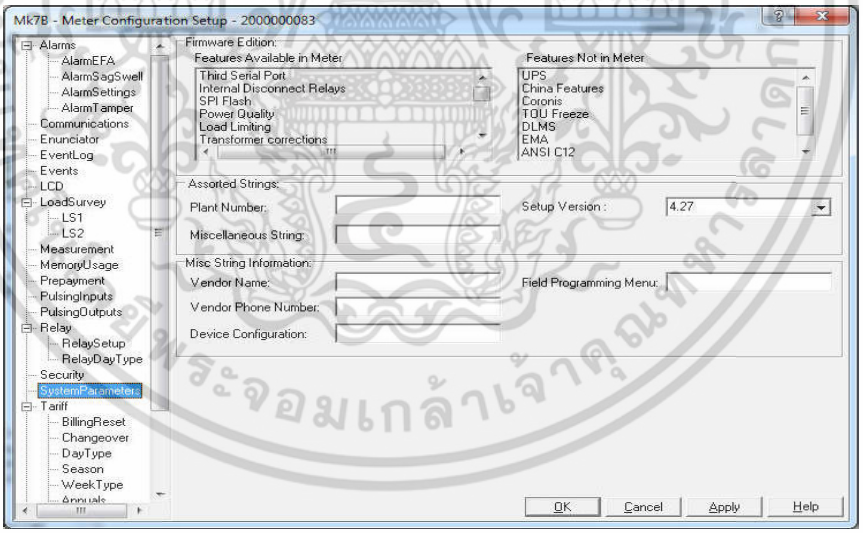
การตั้งค่า Relay DayType ในช่วงวันสามารถทำการตั้งค่าได้ว่าจะให้มิเตอร์วัดค่าพลังงานไฟฟ้าตัดโหลดในช่วงเวลาใดของวันซึ่งปัจจุบันการคิดค่าไฟสำหรับการขายไฟฟ้าระบบ 1 เฟส ยังเป็นการคิดค่าไฟในรูปแบบเดียวหรืออัตราเดียวตลอดวัน และยังไม่ค่อยใช้ระบบการตัดโหลดการใช้ไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.72 การตั้งค่าความปลอดภัย

การตั้งค่าความปลอดภัยของการเข้าใช้งานมิเตอร์วัดค่าพลังงานไฟฟ้าโดยสามารถกำหนดชื่อและรหัสผ่านในการเข้าใช้งานได้หลายระดับโดยในแต่ละระดับจะมีความสามารถในการเข้าใช้ที่แตกต่างกันซึ่งสามารถกำหนดได้ทั้งหมด 8 ระดับ



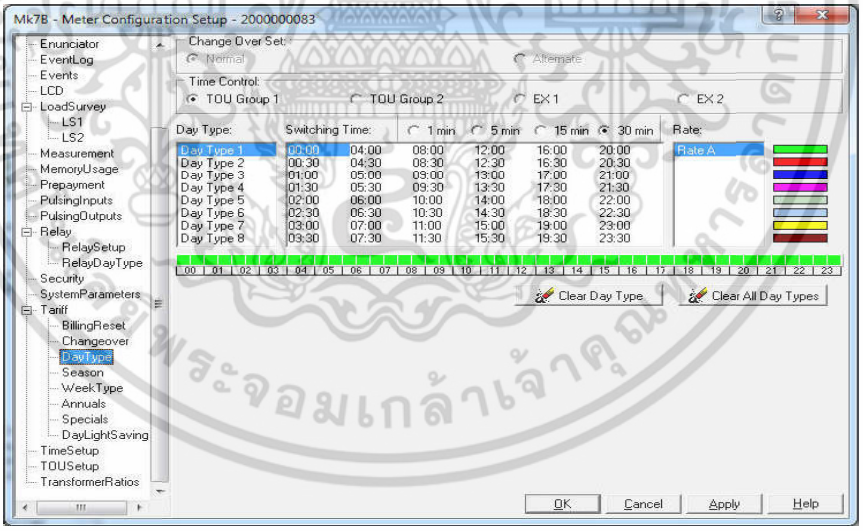
รูปที่ 3.73 การตั้งค่าข้อมูลทั่วไป

การตั้งค่าชื่อและสถานะต่างๆของมิเตอร์วัดค่าพลังงานไฟฟ้าเป็นการแสดงรายละเอียดของมิเตอร์วัดค่าพลังงาน เช่น สถานที่ติดตั้ง รุ่นของโปรแกรม หรือ ข้อมูลส่วนตัวต่างๆ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.74 การตั้งค่าการตัดหน่วย

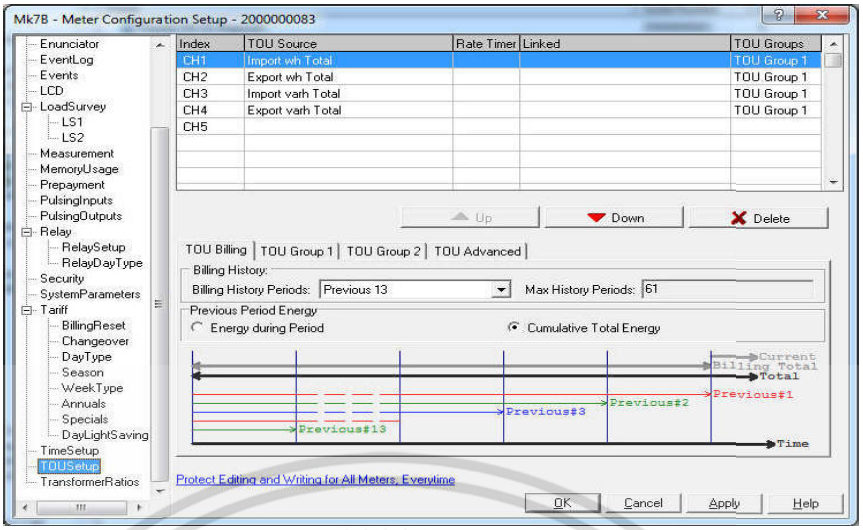
การตั้งค่าการตัดหน่วยระบบสามารถทำการตั้งค่าการตัดหน่วยอัตโนมัติ โดยทั่วไปจะนิยมตั้งค่าในวันที่ 1 ของทุกๆเดือน เวลา 00:00 นาที เพื่อช่วยให้สะดวกและง่ายต่อการจัดการและได้รับข้อมูลที่ถูกต้องแม่นยำ



รูปที่ 3.75 การตั้งค่า Rate การคิดค่าไฟ

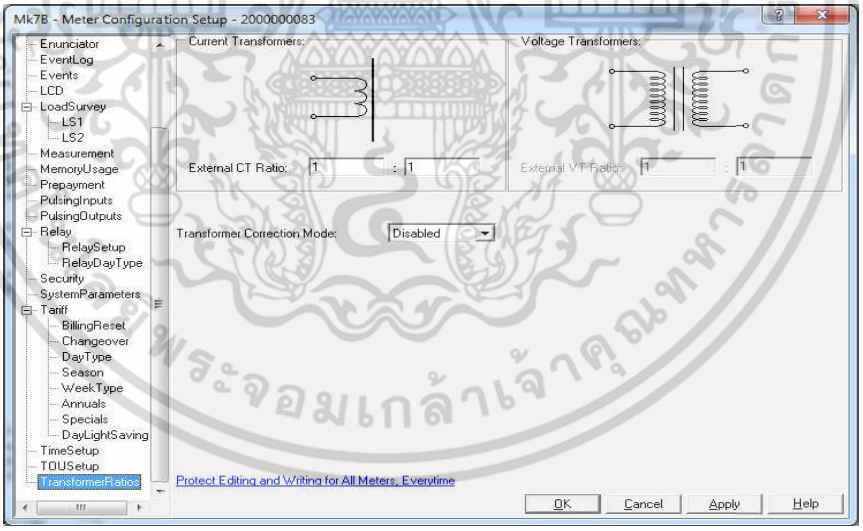
การตั้งค่าอัตราการคิดค่าไฟของทางการไฟฟ้าในระบบ 1 เฟส ยังเป็นการคิดค่าไฟในอัตราเดียวจึงทำการตั้งค่าให้เป็นอัตราเดียวทั้งวัน การตั้งค่าในอัตราต่างๆจะใช้กันในระบบ 3 เฟสในใช้ผู้ใช้ไฟขนากลางและผู้ใช้ไฟขนาดใหญ่ ซึ่งจะมีการตั้งค่าแบ่งออกเป็น 3 อัตรา ได้แก่ On peak, Off peak และ Special Day

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.76 การตั้งค่าการเก็บผล TOU

การตั้งค่าช่องการเก็บค่าพลังงานรวม TOU จะเป็นการตั้งค่าว่าจะให้ช่องใดเก็บค่าอะไรโดยหลักๆ จะเก็บค่าพลังงานรวม TOU ทั้งหมด 4 ช่องทาง ซึ่งจะแบ่งเป็นค่าพลังงานขาเข้า 2 ช่องทาง ค่าพลังงานขาออก 2 ช่องทาง



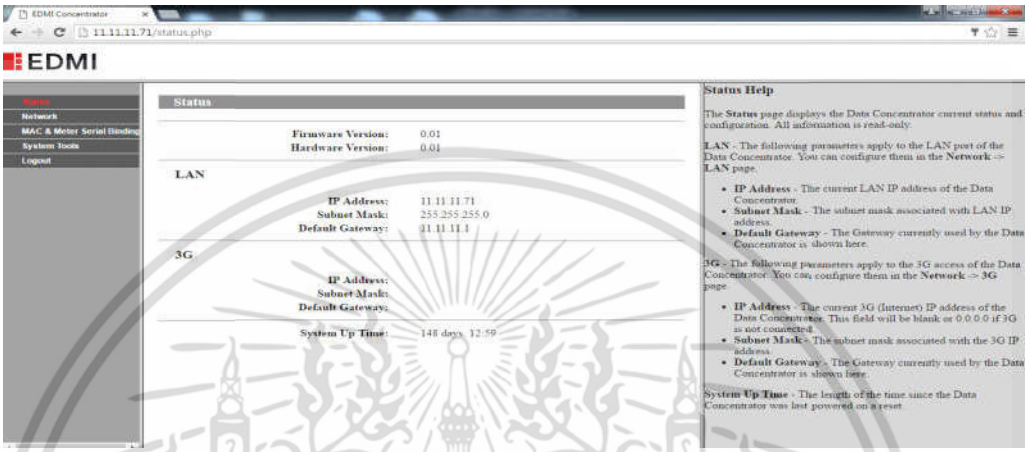
รูปที่ 3.77 การตั้งค่าอัตรา Ratio ของมิเตอร์

การตั้งค่า Ratio ของเครื่องมือวัดหมายถึงการใส่อัตราการคูณหรือที่เรียกว่าตัวคูณหม้อแปลงเข้าไปในโปรแกรมจะสามารถทำให้มิเตอร์คำนวณค่าที่ต้องการออกมาได้แต่ปัจจุบันมิเตอร์ได้แบ่งขนาดต่างๆตามที่การไฟฟ้ากำหนดจึงระบุตัวคูณเป็น 1:1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

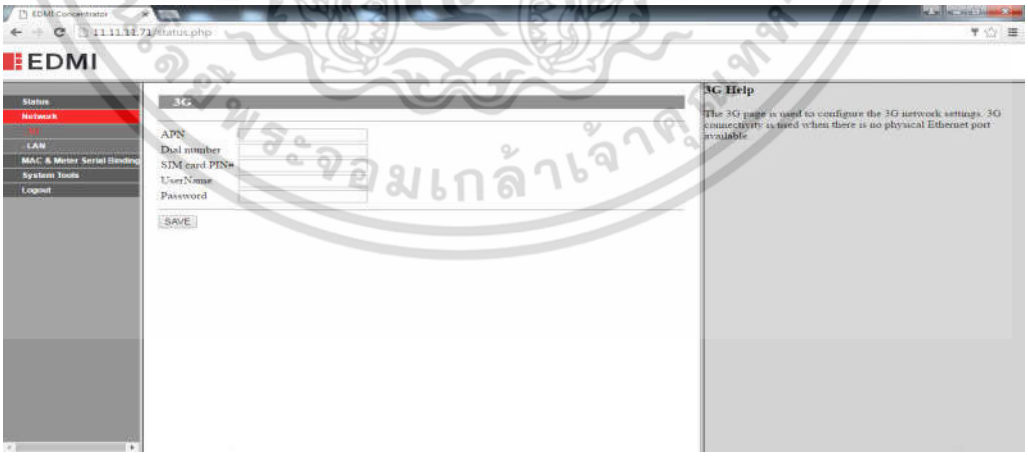
3.4.3 เว็บเบราเซอร์ในการตั้งค่าอุปกรณ์รวมสัญญาณ

เว็บเบราเซอร์ในการตั้งค่าอุปกรณ์รวมสัญญาณ (Web Browser Configuration) ทำหน้าที่ในการตั้งค่าการรับข้อมูลจากมิเตอร์วัดพลังงานซึ่งถูกส่งข้อมูลมาทางสายไฟฟ้าเพื่อส่งต่อข้อมูลไปยังเซิร์ฟเวอร์โดยจะอธิบายการใช้โปรแกรมตามลำดับดังนี้



รูปที่ 3.78 เบราเซอร์การตั้งค่าอุปกรณ์รวมสัญญาณดีซียู

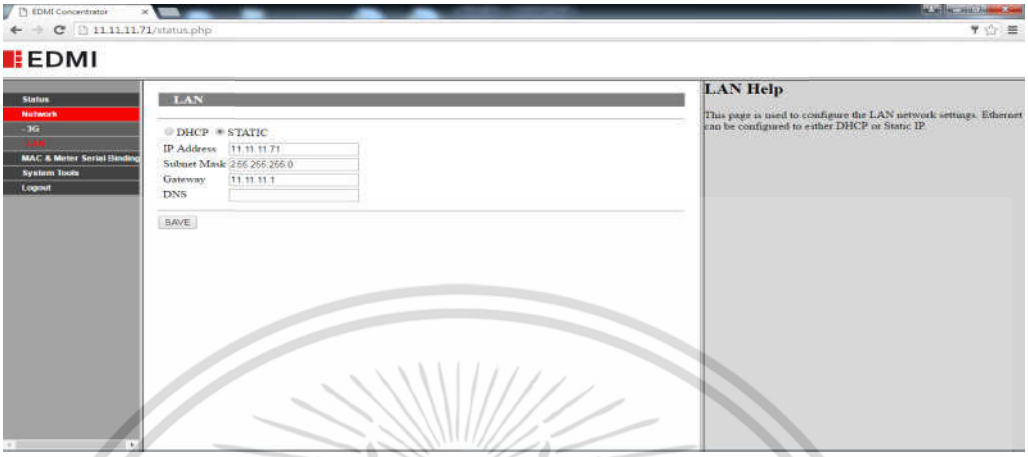
หน้าจอ Status แสดงข้อมูลพื้นฐานการเชื่อมต่อของระบบเบราเซอร์การตั้งค่า เช่น เวอร์ชันของโปรแกรม ระบบการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์สื่อสารดีซียูกับระบบเซิร์ฟเวอร์และเวลาในการเข้าใช้ล่าสุด



รูปที่ 3.79 การตั้งค่าระบบ 3G

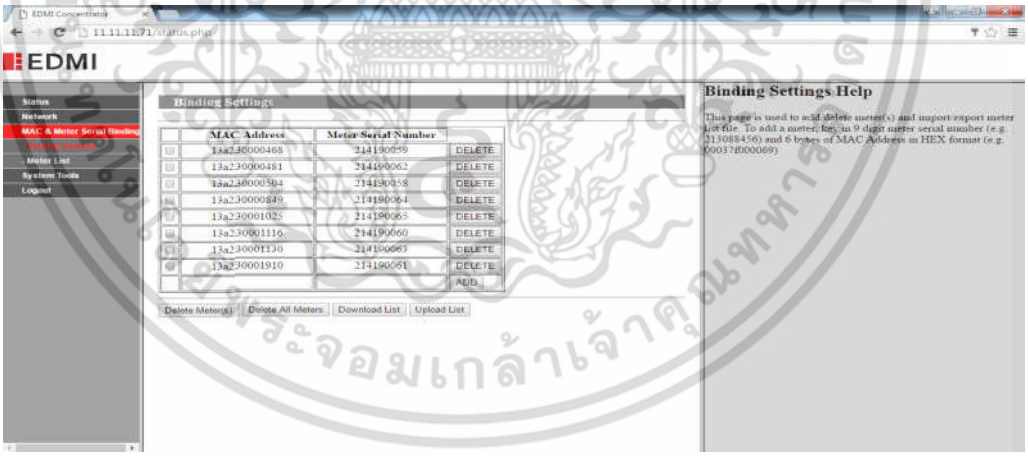
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตั้งค่าระบบสื่อสารแบบ 3G โดยเป็นการสื่อสารที่ต้องอาศัยการใส่ Card ระบบเครือข่าย GPRS ใดเครือข่ายหนึ่งแบบ Fix IP และมีค่าแพ็คเกจรายเดือนโดยสามารใช้ช่องทางนี้ได้ในระยะไกล



รูปที่ 3.80 การตั้งค่าระบบ LAN

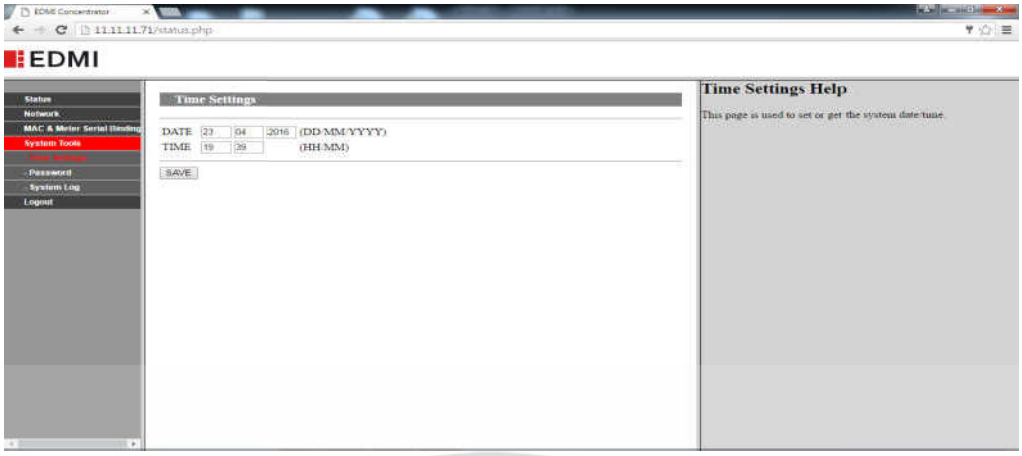
การตั้งค่าการสื่อสารแบบ LAN สามารถตั้งค่าโดยการเลือกที่ “Static” ให้ระบุ IP Address ของช่องสื่อสารที่กำหนดให้ซึ่งเป็นการสื่อสารในระบบเน็ตเวิร์คภายในของหน่วยงานที่ทำการติดตั้ง



รูปที่ 3.81 การตั้งค่าเพิ่มลดจำนวนมิเตอร์

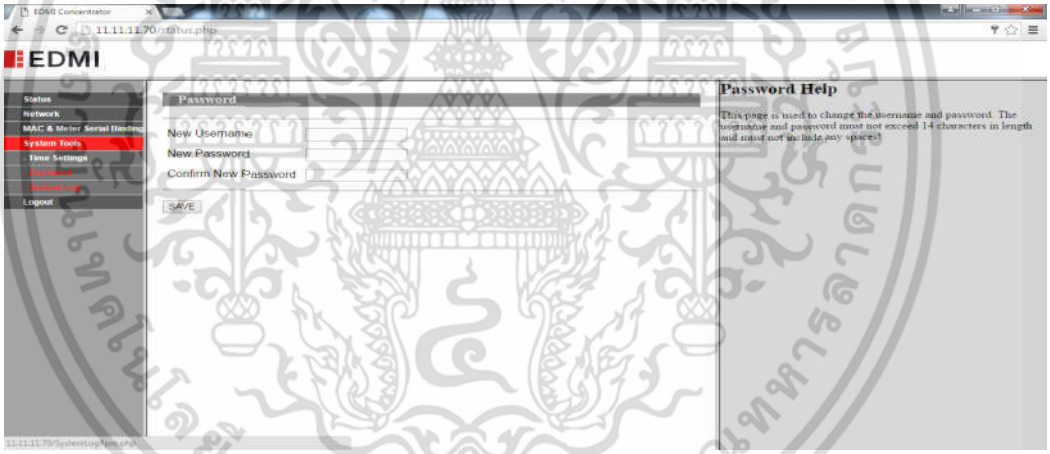
การตั้งค่าการเพิ่มลดจำนวนมิเตอร์วัดค่าพลังงานไฟฟ้าในระบบสามารถทำได้โดยการกรอกหมายเลขมิเตอร์วัดค่าพลังงานให้ตรงกับหมายเลข Mac Address แล้วเลือกคลิกที่คำสั่ง Add หรือทำการเลือกเมนู Upload List เพื่อทำการเพิ่มจำนวนมิเตอร์ทีละหลายๆเครื่อง และคำสั่ง Download List มีไว้เพื่อบันทึกข้อมูลออกไปเก็บโดยข้อมูลจะเก็บเป็นไฟล์ CSV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.82 การตั้งค่าเวลา

สามารถทำการตั้งค่าเวลาโดยเข้าที่เมนู Time Setting โดยทำการตั้งเวลาและวันที่ให้ตรงกับระบบเซิร์ฟเวอร์และมิเตอร์วัดค่าพลังงานของระบบ



รูปที่ 3.83 การตั้งค่ารหัสผ่านการเข้าใช้

สามารถทำการตั้งค่า ชื่อผู้ใช้งาน และ รหัสผ่านในการเข้าใช้งาน เบราเซอร์ ในการตั้งค่าได้โดยเข้าไปที่เมนู Password หลังจากที่ตั้งค่าเรียบร้อยแล้วให้คลิกที่ Save

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

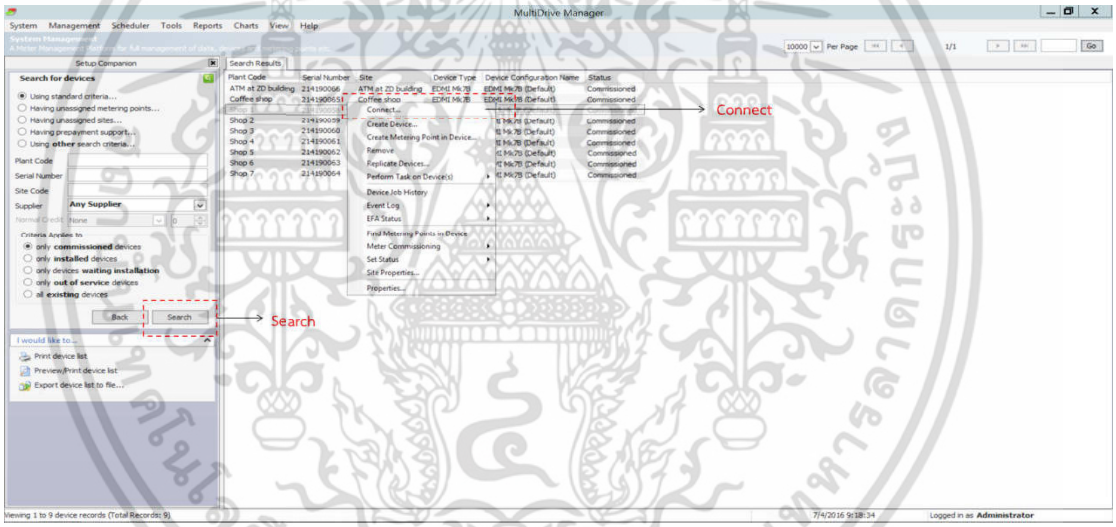
3.5 การดาวน์โหลดข้อมูลพลังงานและการบันทึกผล

ในหัวข้อนี้จะอธิบายเกี่ยวกับขั้นตอน การดาวน์โหลดข้อมูลพลังงานและการบันทึกผล รวมถึงแสดงตัวอย่างผลที่ได้จากการบันทึกข้อมูล โดยจะแสดงรายละเอียดดังนี้

1. วิธีการดาวน์โหลดข้อมูลและการบันทึกผล
2. ตัวอย่างผลข้อมูลที่บันทึกได้

3.5.1 วิธีการดาวน์โหลดข้อมูลและการบันทึกผล

การดาวน์โหลดข้อมูลหน่วยความจำสำรองในมิเตอร์วัดค่าพลังงานทำได้โดยการใช้โปรแกรมมัลติไดร์ซอร์ฟแวร์ (Multi drive Software) และ โปแกรมอีซี่วิว ซอร์ฟแวร์ (EziView Software) โดยมีลำดับขั้นตอนต่างๆดังนี้



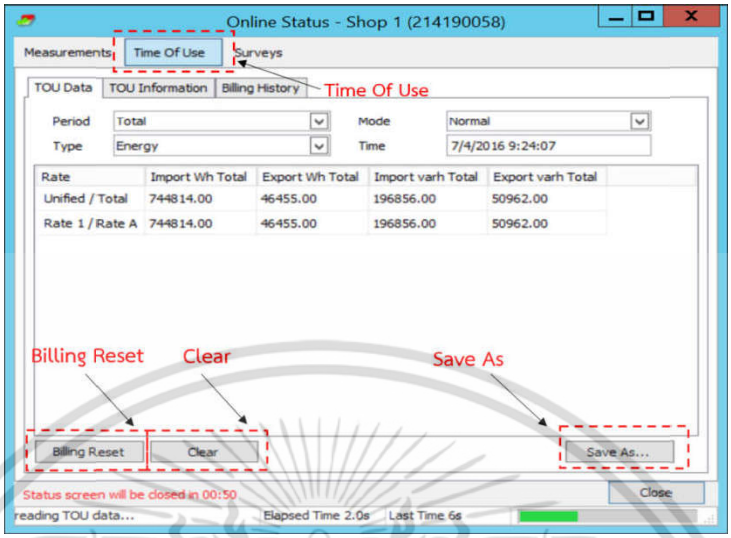
รูปที่ 3.84 การเชื่อมต่อมิเตอร์ในระบบ

ขั้นตอนแรกให้ทำการเข้าโปรแกรมเพื่อทำการเชื่อมต่อมิเตอร์โดยให้คลิกที่ “Search” เมื่อระบบแสดงมิเตอร์ที่ทำการตั้งค่าไว้ให้เลือกมิเตอร์ที่จะเชื่อมต่อแล้วคลิกขวาที่ “Connect” จะปรากฏหน้าต่างการออนไลน์โดยค่าที่สามารถบันทึกได้มีดังนี้

- ค่าพลังงานรวม (Time Of Use) คือ ค่าพลังงานรวมทั้งหมดของมิเตอร์ตั้งแต่ถูกใช้งาน
- ค่าพลังงานรายเดือน (Billing History) คือ ค่าพลังงานที่แสดงผลในแต่ละเดือน
- ค่าโปไฟล์ทุกๆ 15 นาที (Load Surveys) คือ ค่าพลังงานไฟฟ้า 15 นาที และ ค่าเหตุการณ์ต่างๆ

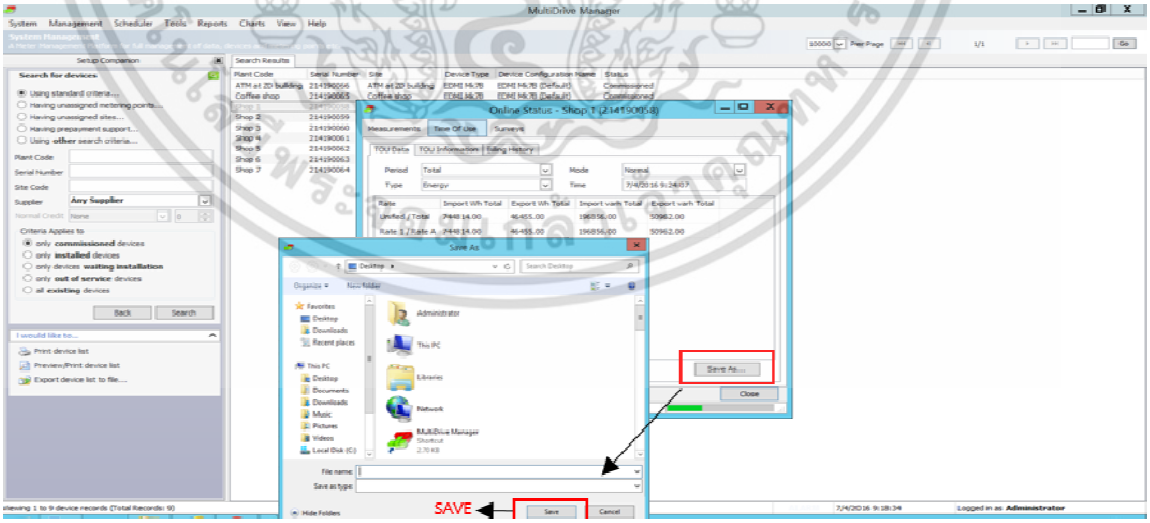
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. วิธีการดาวน์โหลดค่าพลังงานรวม (Time Of Use, TOU)



รูปที่ 3.85 การ Save As ข้อมูล Time Of Use

เมื่อทำการออนไลน์ผลได้แล้วให้คลิกที่แถบเมนู “Time Of Use” โปรแกรมจะแสดงค่าพลังงานรวมของมิเตอร์วัดค่าพลังงานตั้งแต่ทำการติดตั้ง โดยเราสามารถกดตัดหน่วยได้ที่เมนู “Billing Reset” หรือทำการเคลียค่าต่างๆบนหน้าจอได้ที่เมนู “Clear” และสามารถทำการบันทึกผลได้ที่เมนู “Save As” โดยการบันทึกผลเมื่อทำการบันทึกระบบจะทำการให้ตั้งชื่อไฟล์

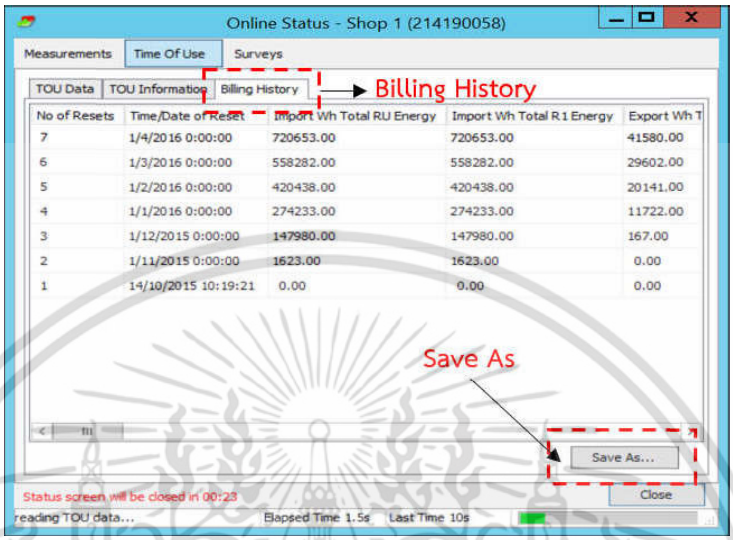


รูปที่ 3.86 การตั้งชื่อไฟล์ Time Of Use

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

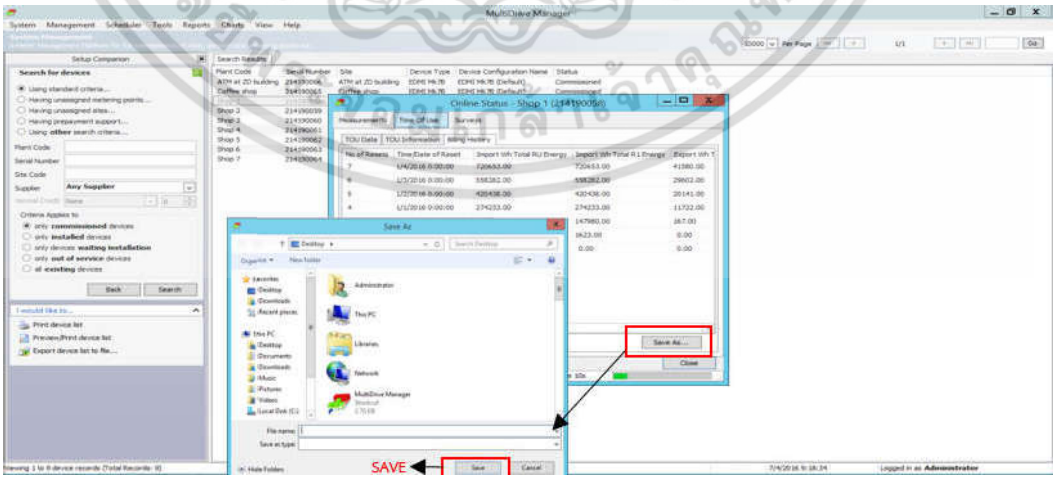
ให้ทำการตั้งชื่อไฟล์ที่ต้องการ หลังจากทำการคลิกที่ “Save As” แล้วจะมีหน้าต่างในการบันทึกข้อมูลเมื่อทำการตั้งชื่อไฟล์แล้วให้คลิกที่ “Save”

2. วิธีการดาวน์โหลด ค่าพลังงานรายเดือน (Billing History)



รูปที่ 3.87 การ Save As ข้อมูล Billing History

เมื่อทำการออนไลน์ผลได้แล้วให้คลิกที่แถบเมนู “Time Of Use” และเลือกแถบเมนู “Billing History” โปรแกรมจะแสดงค่าพลังงานรวมของมิเตอร์วัดค่าพลังงานซึ่งค่าที่โปรแกรมบันทึกจะบันทึกทุกๆวันที่ 1 ของเดือน เวลา 00:00 นาที สามารถทำการบันทึกผลได้ที่เมนู “Save As” โดยการบันทึกผลเมื่อทำการบันทึกระบบจะทำการให้ตั้งชื่อไฟล์

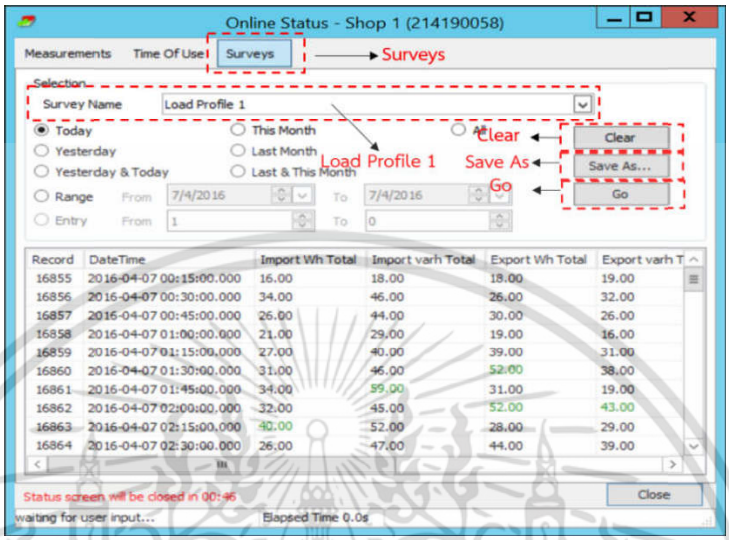


รูปที่ 3.88 การตั้งชื่อไฟล์ Billing History

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

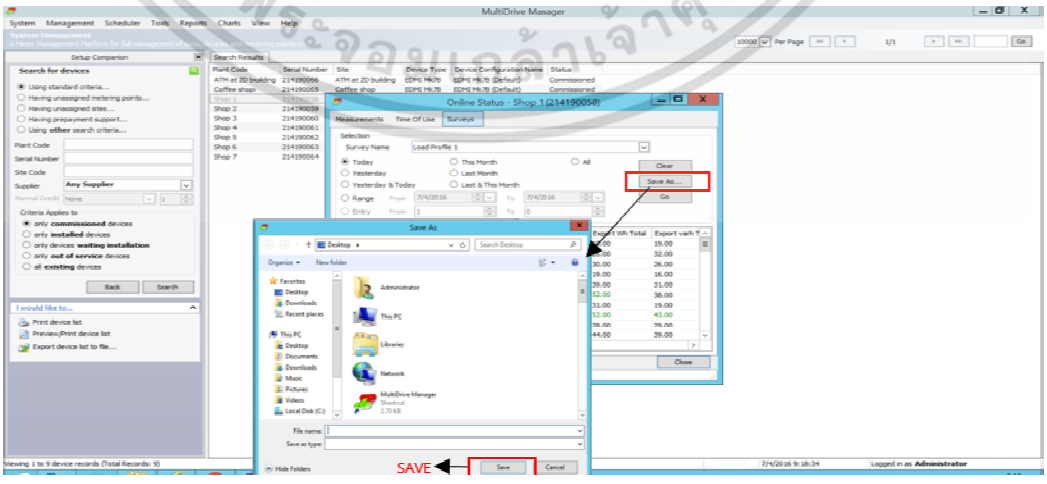
ให้ทำการตั้งชื่อไฟล์ที่ต้องการ หลังจากทำการคลิกที่ “Save As” แล้วจะมีหน้าต่างในการบันทึกข้อมูลเมื่อทำการตั้งชื่อไฟล์แล้วให้คลิกที่ “Save”

3. วิธีการบันทึกค่าโปไฟล์ทุก 15 นาที (Load Surveys)



รูปที่ 3.89 การ Save as ข้อมูล Load Profile

เมื่อทำการออนไลน์ผลได้แล้วให้คลิกที่แถบเมนู “Surveys” และเลือกแถบเมนูSurveys Name เพื่อทำการเลือกค่าพลังงาน“Load Profile 1” และให้ทำการเลือกระยะเวลาที่ต้องการแสดงค่าหลังจากนั้นให้ทำการคลิก “Go” รอสักครู่ค่าพลังงานทุก 15 นาทีจะปรากฏขึ้น หรือหากต้องการลบค่าพลังงานให้คลิก “Clear” เมื่อค่าพลังงานทุก 15 นาทีแสดงผลแล้วให้ทำการบันทึกผลโดยคลิก “Save As”

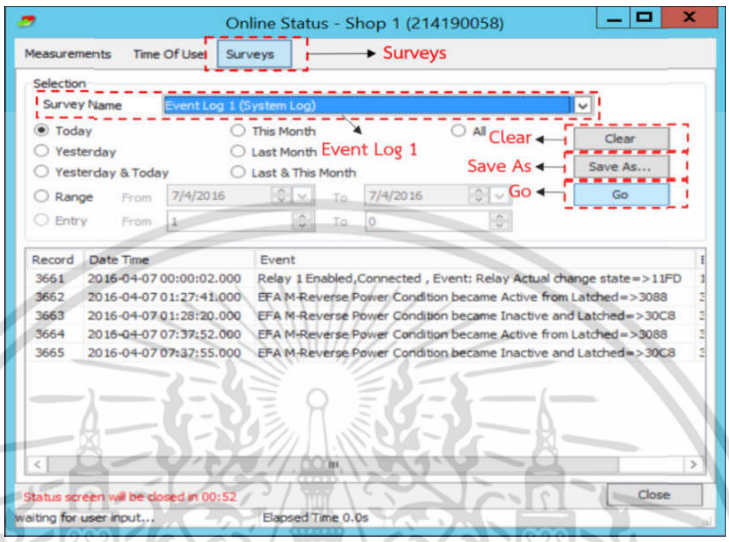


รูปที่ 3.90 การตั้งชื่อไฟล์ Load Profile

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

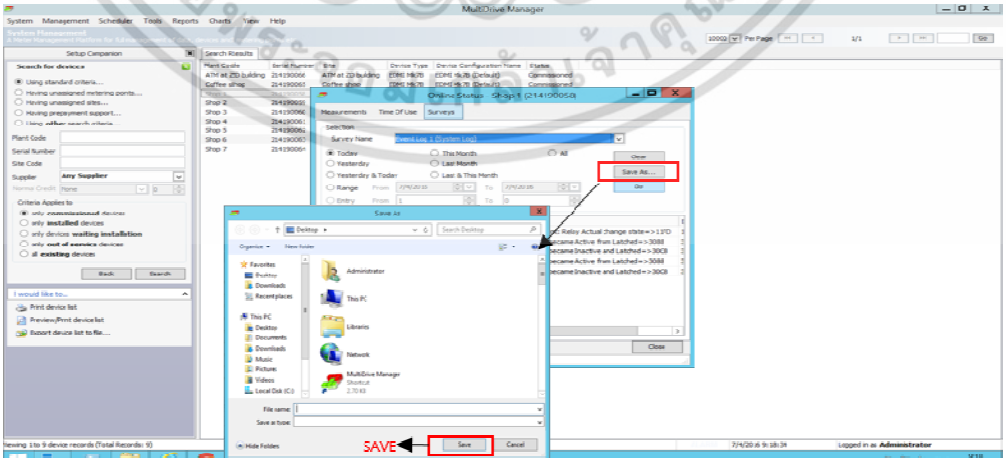
ให้ทำการตั้งชื่อไฟล์ที่ต้องการ หลังจากทำการคลิกที่ “Save As” แล้วจะมีหน้าต่างในการบันทึกข้อมูลเมื่อทำการตั้งชื่อไฟล์แล้วให้คลิกที่ “Save”

4. วิธีการบันทึกค่าโปไฟล์ทุก (Event Log)



รูปที่ 3.91 การ Save as ข้อมูล Event Log 1

เมื่อทำการออนไลน์ผลได้แล้วให้คลิกที่แถบเมนู “Surveys” และเลือกแถบเมนู Surveys Name เพื่อทำการเลือกค่าพลังงาน “Event Log 1” และให้ทำการเลือกระยะเวลาที่ต้องการแสดงค่าหลังจากนั้นให้ทำการคลิก “Go” รอสักครู่ค่าที่บันทึกจะปรากฏขึ้น หรือหากต้องการลบการบันทึกที่แสดงให้คลิก “Clear” เมื่อผลบันทึกเหตุการณ์ปรากฏให้บันทึกผลโดยการคลิกที่เมนู “Save As”



รูปที่ 3.92 การตั้งชื่อไฟล์ Event Log

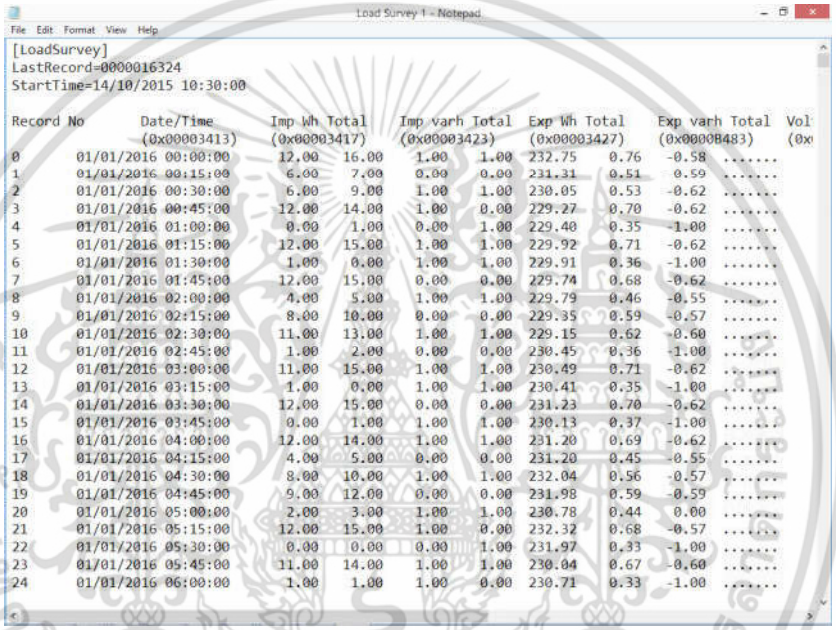
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้ทำการตั้งชื่อไฟล์ที่ต้องการ หลังจากทำการคลิกที่ “Save As” แล้วจะมีหน้าต่างในการบันทึกข้อมูลเมื่อทำการตั้งชื่อไฟล์แล้วให้คลิกที่ “Save”

3.5.2 ตัวอย่างผลข้อมูลที่บันทึกได้

หลังจากการบันทึกผลแล้วข้อมูลที่สามารถบันทึกได้คือไฟล์นามสกุล Text Document หรือ Excel โดยจะแสดงตัวอย่างผลข้อมูลที่สามารถบันทึกได้ดังนี้

1. ตัวอย่างผลข้อมูล Load Profile 1 ค่าพลังงานทุกๆ 15 นาที ไฟล์ Text

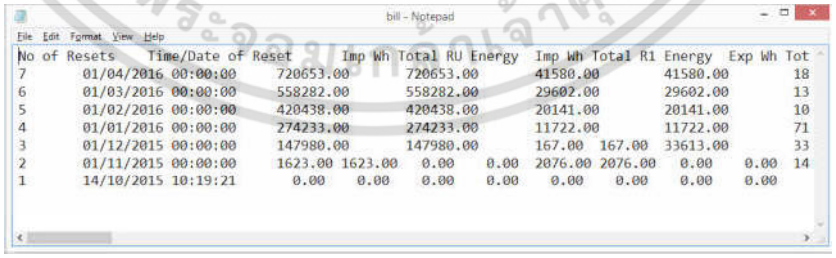

Load Survey 1 - Notepad

File Edit Format View Help

[LoadSurvey]
LastRecord=0000016324
StartTime=14/10/2015 10:30:00

Record No	Date/Time	Imp Wh Total (0x00003413)		Imp varh Total (0x00003417)		Exp Wh Total (0x00003423)		Exp varh Total (0x00003427)		Vol (0x0000B483)	
0	01/01/2016 00:00:00	12.00	16.00	1.00	1.00	232.75	0.76	-0.58	.....		
1	01/01/2016 00:15:00	6.00	7.00	0.00	0.00	231.31	0.51	0.59	.....		
2	01/01/2016 00:30:00	6.00	9.00	1.00	1.00	230.05	0.53	-0.62	.....		
3	01/01/2016 00:45:00	12.00	14.00	1.00	0.00	229.27	0.70	-0.62	.....		
4	01/01/2016 01:00:00	0.00	1.00	0.00	1.00	229.40	0.35	-1.00	.....		
5	01/01/2016 01:15:00	12.00	15.00	1.00	1.00	229.92	0.71	-0.62	.....		
6	01/01/2016 01:30:00	1.00	0.00	1.00	1.00	229.91	0.36	-1.00	.....		
7	01/01/2016 01:45:00	12.00	15.00	0.00	0.00	229.74	0.68	-0.62	.....		
8	01/01/2016 02:00:00	4.00	5.00	1.00	1.00	229.79	0.46	-0.55	.....		
9	01/01/2016 02:15:00	8.00	10.00	0.00	0.00	229.35	0.59	-0.57	.....		
10	01/01/2016 02:30:00	11.00	13.00	1.00	1.00	229.15	0.62	-0.60	.....		
11	01/01/2016 02:45:00	1.00	2.00	0.00	0.00	230.45	0.36	-1.00	.....		
12	01/01/2016 03:00:00	11.00	15.00	1.00	1.00	230.49	0.71	-0.62	.....		
13	01/01/2016 03:15:00	1.00	0.00	1.00	1.00	230.41	0.35	-1.00	.....		
14	01/01/2016 03:30:00	12.00	15.00	0.00	0.00	231.23	0.70	-0.62	.....		
15	01/01/2016 03:45:00	0.00	1.00	1.00	1.00	230.13	0.37	-1.00	.....		
16	01/01/2016 04:00:00	12.00	14.00	1.00	1.00	231.20	0.69	-0.62	.....		
17	01/01/2016 04:15:00	4.00	5.00	0.00	0.00	231.20	0.45	-0.55	.....		
18	01/01/2016 04:30:00	8.00	10.00	1.00	1.00	232.04	0.56	-0.57	.....		
19	01/01/2016 04:45:00	9.00	12.00	0.00	0.00	231.98	0.59	-0.59	.....		
20	01/01/2016 05:00:00	2.00	3.00	1.00	1.00	230.78	0.44	0.00	.....		
21	01/01/2016 05:15:00	12.00	15.00	1.00	0.00	232.32	0.68	-0.57	.....		
22	01/01/2016 05:30:00	0.00	0.00	0.00	1.00	231.97	0.33	-1.00	.....		
23	01/01/2016 05:45:00	11.00	14.00	1.00	1.00	230.04	0.67	-0.60	.....		
24	01/01/2016 06:00:00	1.00	1.00	1.00	0.00	230.71	0.33	-1.00	.....		

รูปที่ 3.93 ข้อมูล Load Profile ไฟล์ Text


bill - Notepad

File Edit Format View Help

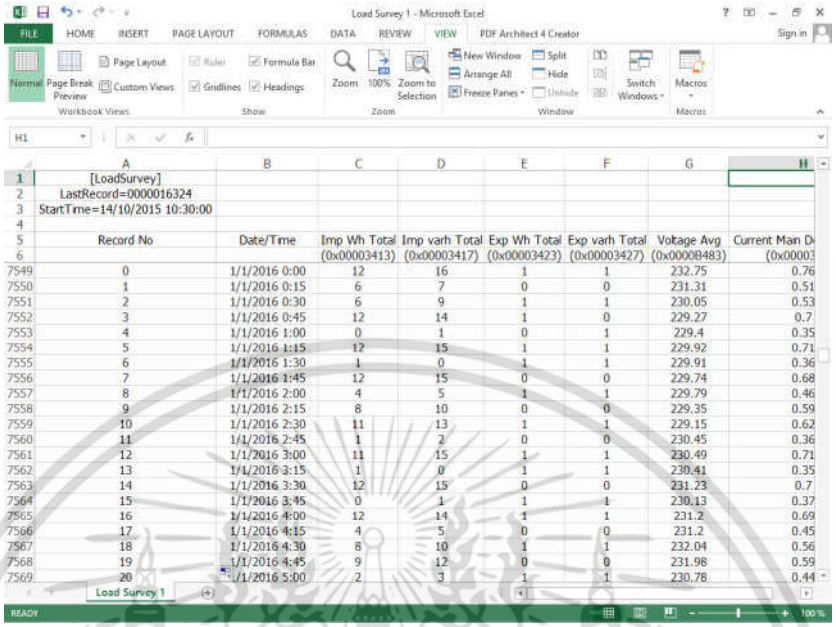
No of Resets	Time/Date of Reset	Imp Wh Total	RU Energy		Imp Wh Total	R1 Energy	Exp Wh Tot	
7	01/04/2016 00:00:00	720653.00	720653.00		41580.00	41580.00	18	
6	01/03/2016 00:00:00	558282.00	558282.00		29602.00	29602.00	13	
5	01/02/2016 00:00:00	420438.00	420438.00		20141.00	20141.00	10	
4	01/01/2016 00:00:00	274233.00	274233.00		11722.00	11722.00	71	
3	01/12/2015 00:00:00	147980.00	147980.00		167.00	167.00	33613.00	33
2	01/11/2015 00:00:00	1623.00	1623.00	0.00	0.00	2076.00	2076.00	0.00	0.00	14
1	14/10/2015 10:19:21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

รูปที่ 3.94 ข้อมูล Billing History ไฟล์ Text

จากรูปที่ 3.93 และ รูปที่ 3.94 แสดงตัวอย่างผลข้อมูลที่ทำการดาวน์โหลดและบันทึกผลโดยข้อมูลที่ได้เป็น ไฟล์ Text แสดงผลของค่าพลังงานทุกๆ 15 นาที และ แสดงผลของค่าพลังงานรายเดือน ตามลำดับ

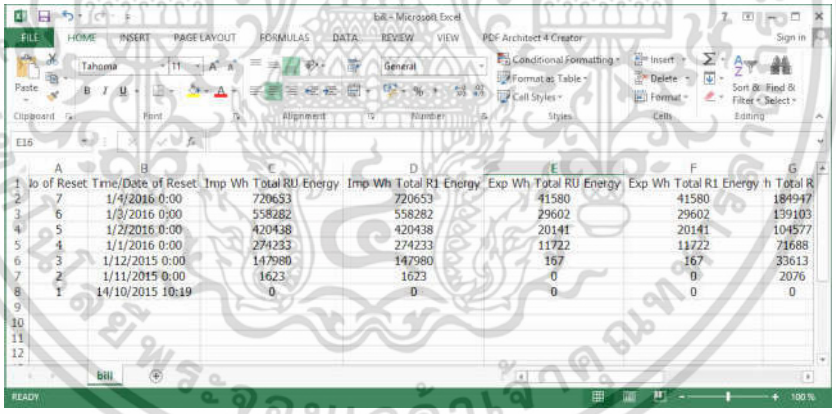
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ตัวอย่างผลข้อมูล Load Profile 1 ค่าพลังงานทุกๆ 15 นาที ไฟล์ Excel



	A	B	C	D	E	F	G	H
1	[LoadSurvey]							
2	LastRecord=0000016324							
3	StartTime=14/10/2015 10:30:00							
4								
5	Record No	Date/Time	Imp Wh Total	Imp varh Total	Exp Wh Total	Exp varh Total	Voltage Avg	Current Main D
6			(0x00003413)	(0x00003417)	(0x00003423)	(0x00003427)	(0x0000B483)	(0x0000
7549	0	1/1/2016 0:00	12	16	1	1	232.75	0.76
7550	1	1/1/2016 0:15	6	7	0	0	231.31	0.51
7551	2	1/1/2016 0:30	6	9	1	1	230.05	0.53
7552	3	1/1/2016 0:45	12	14	1	0	229.27	0.7
7553	4	1/1/2016 1:00	0	1	0	1	229.4	0.35
7554	5	1/1/2016 1:15	12	15	1	1	229.92	0.71
7555	6	1/1/2016 1:30	1	0	1	1	229.91	0.36
7556	7	1/1/2016 1:45	12	15	0	0	229.74	0.68
7557	8	1/1/2016 2:00	4	5	1	1	229.79	0.46
7558	9	1/1/2016 2:15	8	10	0	0	229.35	0.59
7559	10	1/1/2016 2:30	11	13	1	1	229.15	0.62
7560	11	1/1/2016 2:45	1	2	0	0	230.45	0.36
7561	12	1/1/2016 3:00	11	15	1	1	230.49	0.71
7562	13	1/1/2016 3:15	1	0	1	1	230.41	0.35
7563	14	1/1/2016 3:30	12	15	0	0	231.23	0.7
7564	15	1/1/2016 3:45	0	1	1	1	230.13	0.37
7565	16	1/1/2016 4:00	12	14	1	1	231.2	0.69
7566	17	1/1/2016 4:15	4	5	0	0	231.2	0.45
7567	18	1/1/2016 4:30	8	10	1	1	232.04	0.56
7568	19	1/1/2016 4:45	9	12	0	0	231.98	0.59
7569	20	1/1/2016 5:00	2	3	1	1	230.78	0.44

รูปที่ 3.95 ข้อมูล Load Profile ไฟล์Excel



	A	B	C	D	E	F	G
1	lo of Reset	Time/Date of Reset	Imp Wh Total RU Energy	Imp Wh Total R1 Energy	Exp Wh Total RU Energy	Exp Wh Total R1 Energy	h Total R
2	7	1/4/2016 0:00	720653	720653	41580	41580	184947
3	6	1/3/2016 0:00	558282	558282	29602	29602	139103
4	5	1/2/2016 0:00	420438	420438	20141	20141	104577
5	4	1/1/2016 0:00	274233	274233	11722	11722	71688
6	3	1/12/2015 0:00	147980	147980	167	167	33613
7	2	1/11/2015 0:00	1623	1623	0	0	2076
8	1	14/10/2015 10:19	0	0	0	0	0

รูปที่ 3.96 ข้อมูล Billing History ไฟล์ Excel

จากรูปที่ 3.95และ รูปที่ 3.96 แสดงตัวอย่างผลข้อมูลที่ทำการดาวน์โหลดและบันทึกผลโดยข้อมูลที่ได้เป็น ไฟล์ Excel แสดงผลของค่าพลังงานทุกๆ 15 นาที และ แสดงผลของค่าพลังงานรายเดือน ตามลำดับ ดังนั้นเราจึงสามารถสรุปขั้นตอนการทำงานการติดตั้งระบบทั้งหมดรวมถึงวิธีการบันทึกผลต่างๆได้จากการใช้งานโปรแกรมจัดการพลังงานเพื่อบันทึกผล โปรแกรมการตั้งค่ามิเตอร์วัดค่าพลังงาน และ เบราเซอร์ในการเชื่อมต่อข้อมูลกับมิเตอร์วัดค่าพลังงาน จนได้มาซึ่งผลข้อมูลต่างๆ ซึ่งการบันทึกผลสามารถบันทึกผลได้ 2 แบบ คือไฟล์ Text และ Excel ดังตัวอย่างที่แสดงไว้สามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำไปประยุกต์เพื่อใช้ในงานกิจการที่เกี่ยวข้องได้ทำให้ประหยัดเวลาและเพิ่มความถูกต้องแม่นยำในการรวมค่าต่างๆได้โดยจะแสดงขั้นตอนการทำงานทั้งหมดไว้ในรูปที่ 3.97

รูปที่ 3.97 ขั้นตอนการดำเนินงานของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดสอบและวิเคราะห์ผลการทดสอบ

ในส่วนของผลการทดสอบและการวิเคราะห์ผลการทดสอบการวัดพลังงานไฟฟ้าด้วยระบบเครือข่ายการสื่อสารข้อมูลพลังงานผ่านสายไฟฟ้าโดยมีพีแอลซีโมดูลเป็นอุปกรณ์สื่อสารจากมิเตอร์วัดพลังงานจำนวน 8 เครื่องไปยังอุปกรณ์รวมสัญญาณ (Data Concentrator Unit, DCU) ที่ติดตั้งอยู่ภายในอาคารโรงอาหารและส่งต่อข้อมูลไปบันทึกยังเซิร์ฟเวอร์ที่ติดตั้งอยู่ภายในอาคารสำนักงาน ณ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตเหมืองแม่เมาะแห่งประเทศไทย อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปางในบทที่ 4 นี้จะแสดงผลการทดสอบไว้ 4 หัวข้อ โดยจะแสดงให้เห็นในแผนภาพรูปที่ 4.1

รูปที่ 4.1 แผนภาพการแสดงผลของระบบการอ่านข้อมูลพลังงานผ่านสายไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

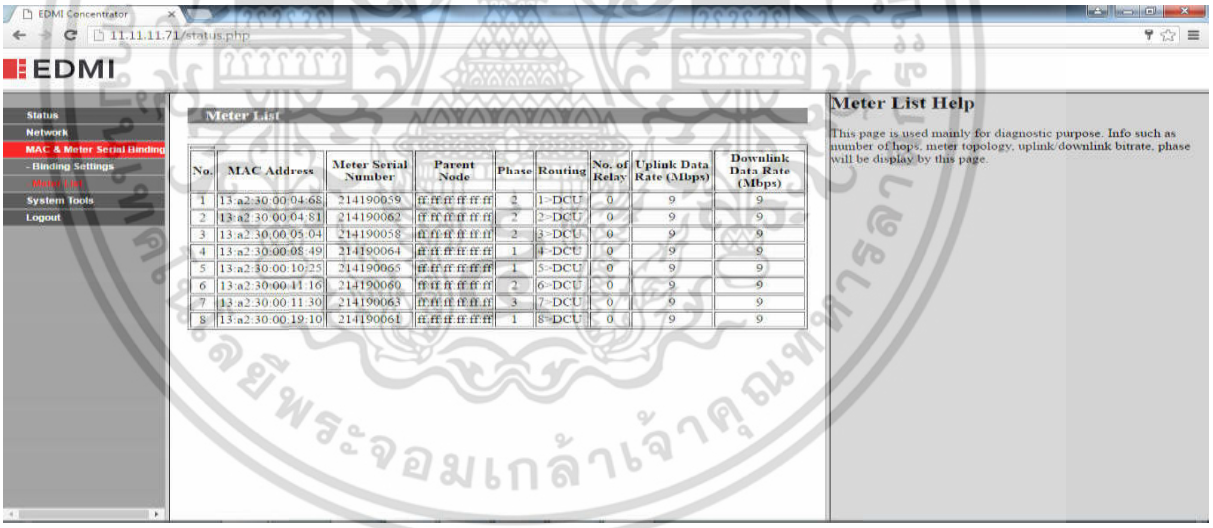
4.1 ผลการเชื่อมต่อระบบการอ่านข้อมูลผ่านสายไฟฟ้า

ในหัวข้อนี้จะอธิบายถึงผลการทดสอบเพื่อแสดงให้เห็นถึง ผลการเชื่อมต่อสัญญาณข้อมูลของมิเตอร์วัดค่าพลังงานไฟฟ้าในระบบและ ผลการเชื่อมต่อมิเตอร์วัดค่าพลังงานไฟฟ้าของทั้ง 8 ร้านค้า ตามลำดับ โดยจะแบ่งเนื้อหาออกเป็นดังนี้

1. ผลการเชื่อมต่อสัญญาณของมิเตอร์วัดค่าพลังงานในระบบ
2. ผลการเชื่อมต่อมิเตอร์วัดค่าพลังงานจำนวน 8 เครื่อง

4.1.1 ผลการเชื่อมต่อสัญญาณของมิเตอร์วัดค่าพลังงานในระบบ

ผลการเชื่อมต่อสัญญาณของมิเตอร์วัดค่าพลังงานทำได้โดยการเข้าตรวจสอบผ่านเว็บภายในขององค์กรอุปกรณ์รวมสัญญาณมีชื่อเรียกว่า Web Browser Configuration โดยจะแสดงผลการเชื่อมสัญญาณของมิเตอร์วัดค่าพลังงานไฟฟ้าในระบบนั้นให้ทำการเข้าไปที่แถบเมนู MAC & Meter Serial Binding>>> Meter List โปรแกรมจะแสดงรายละเอียดของมิเตอร์วัดค่าพลังงานที่สามารถตรวจสอบได้จะแถบเมนูใช้งาน



รูปที่ 4.2 ผลการเชื่อมต่อสัญญาณของมิเตอร์วัดค่าพลังงาน

ผลการเชื่อมต่อสัญญาณของมิเตอร์วัดค่าพลังงานไฟฟ้าที่ติดตั้งอยู่ภายในโรงอาหาร ทั้ง 8 ร้านค้า โดยแสดงในรูปที่ 4.2 และได้อธิบายรายละเอียดต่างๆดัง ตารางที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ผลรายละเอียดผลข้อมูลการเชื่อมต่อสัญญาณมิเตอร์ในระบบ

ลำดับ	Mac Address	Meter Serial Number	Phase	Routing	Upload (Mbps)	Download (Mbps)
1	13:a2:30:00:04:68	214190059	2	1>DCU	9	9
2	13:a2:30:00:04:81	214190062	3	2>DCU	9	9
3	13:a2:30:00:05:04	214190058	2	3>DCU	9	9
4	13:a2:30:00:08:49	214190064	2	4>DCU	9	9
5	13:a2:30:00:10:25	214190065	1	5>DCU	9	9
6	13:a2:30:00:11:16	214190060	2	6>DCU	9	9
7	13:a2:30:00:11:30	214190063	2	7>DCU	9	9
8	13:a2:30:00:19:10	214190061	2	8>DCU	9	9

แสดงความหมายในตารางที่ 4.1

1. MAC Addressคือ รหัสทางคอมพิวเตอร์ที่มีไว้เพื่อตอบรับการเข้าถึงข้อมูลของตัวอุปกรณ์ โดยระบุรหัส MAC Address ของอุปกรณ์สื่อสารไว้ที่อุปกรณ์รวมสัญญาณที่ต้องการสื่อสาร

2. Meter Serial Number เป็นหมายเลขของมิเตอร์วัดค่าพลังงานซึ่งจะทำการจับคู่ไว้กับรหัส MAC Address ของอุปกรณ์สื่อสารเพื่อให้ทราบถึงการเข้าถึงระบบว่าเป็นเครื่องวัดหมายเลขใด

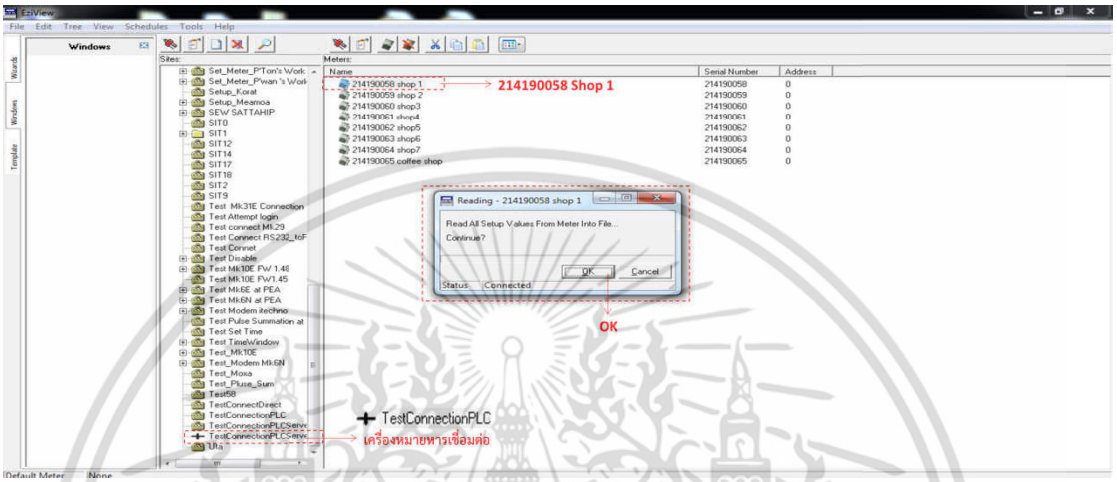
3. Phase เป็นการแสดงผลว่าเครื่องวัดพลังงานแต่ละเครื่องต่อเชื่อมต่ออยู่ในระบบไฟฟ้าเฟสใด เช่น เฟส A มีมิเตอร์วัดค่าพลังงานอยู่จำนวน 1 เครื่องเฟส B มีมิเตอร์วัดค่าพลังงานอยู่จำนวน 6 เครื่องและเฟส C มีมิเตอร์วัดค่าพลังงานอยู่จำนวน 1 เครื่อง Routing เป็นการแสดงลำดับการค้นหาและเข้าถึงอุปกรณ์รวมสัญญาณ

4. Upload และ Download เป็นการแสดงค่าความเร็วในการรับส่งข้อมูลในระบบระหว่างอุปกรณ์รวมสัญญาณและมิเตอร์วัดค่าพลังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

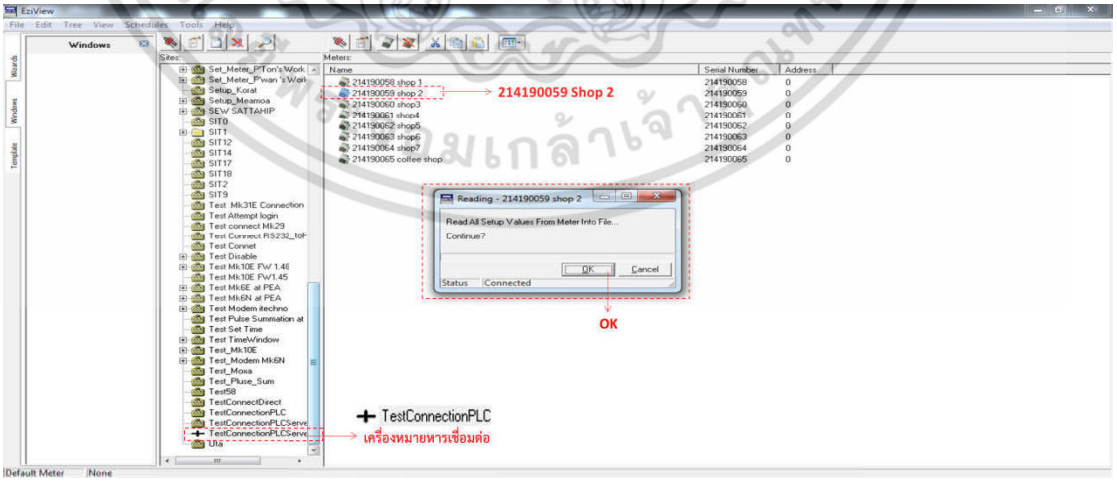
4.1.2 ผลการเชื่อมต่อมิเตอร์วัดค่าพลังงานจำนวน 8 เครื่อง

ผลการเชื่อมต่อมิเตอร์วัดค่าพลังงานสามารถทำได้โดยการเข้าใช้งานโปรแกรมที่มีชื่อเรียกว่า EziView Software โปรแกรมนี้ทำหน้าที่ แก้ไขข้อมูลเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า และ เชื่อมต่อเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า จะแสดงผลการเชื่อมต่อและหน้าต่างโปรแกรม ของทั้ง 8 ร้านค้า ตามลำดับดังนี้



รูปที่ 4.3 ผลการเชื่อมต่อมิเตอร์วัดค่าพลังงาน ร้านค้าที่ 1

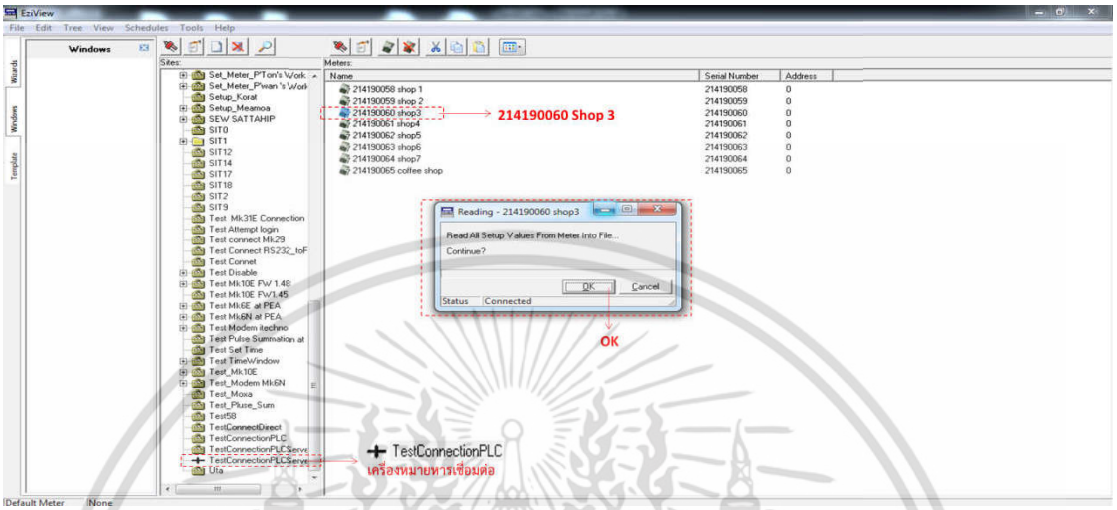
ผลการเชื่อมต่อมิเตอร์วัดค่าพลังงานของร้านค้าที่ 1 คือหมายเลข 214190058 โดยจะมีแถบสีที่รูปมิเตอร์วัดค่าพลังงานไฟฟ้าและมีเครื่องหมายบวกหน้า Site ที่ทำการเชื่อมต่อโดยระบบจะทำการถามว่าจะให้อ่านค่าของมิเตอร์ดังกล่าวหรือไม่ให้คลิกที่คำว่า “OK” ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.4 ผลการเชื่อมต่อมิเตอร์วัดค่าพลังงาน ร้านค้าที่ 2

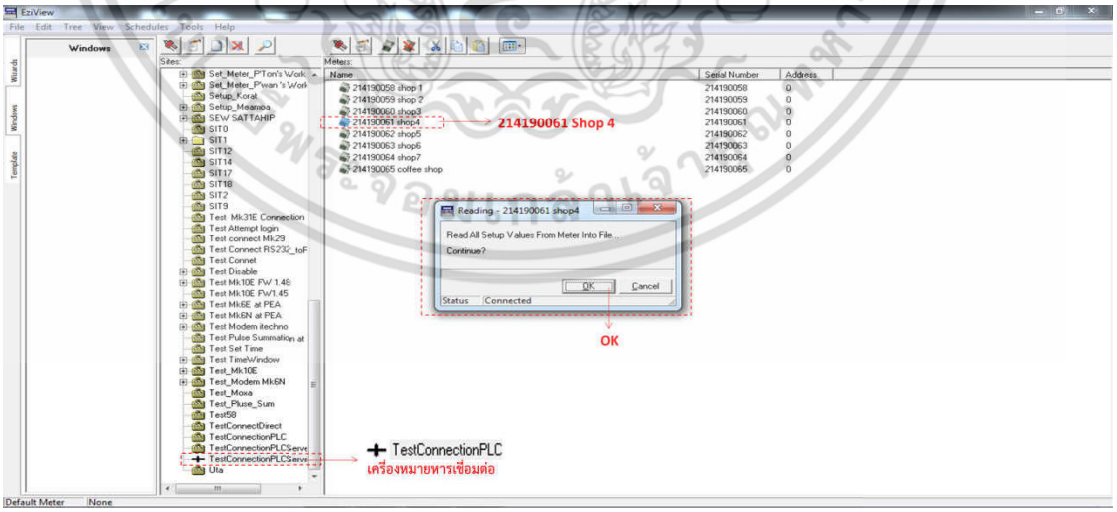
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการเชื่อมต่อมิเตอร์วัดค่าพลังงานของร้านค้าที่ 2 คือหมายเลข 214190059โดยจะมีแถบสีที่รูปมิเตอร์วัดค่าพลังงานไฟฟ้าและมีเครื่องหมายบวกหน้า Site ที่ทำการเชื่อมต่อโดยระบบจะทำการถามว่าจะให้อ่านค่าของมิเตอร์ดังกล่าวหรือไม่ให้คลิกที่คำว่า “OK” ดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.5 ผลการเชื่อมต่อมิเตอร์วัดค่าพลังงาน ร้านค้าที่ 3

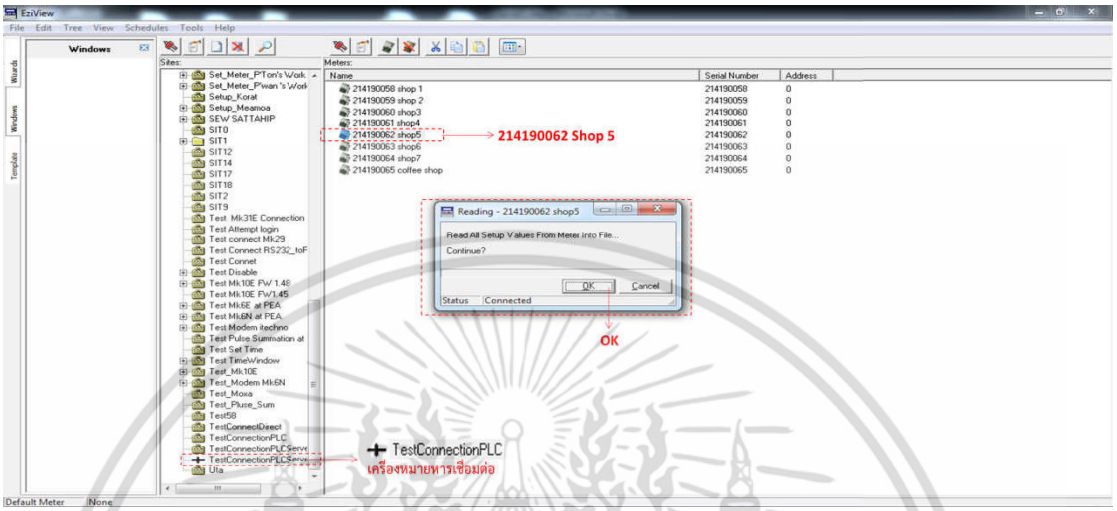
ผลการเชื่อมต่อมิเตอร์วัดค่าพลังงานของร้านค้าที่ 3 คือหมายเลข 214190060 โดยจะมีแถบสีที่รูปมิเตอร์วัดค่าพลังงานไฟฟ้าและมีเครื่องหมายบวกหน้า Site ที่ทำการเชื่อมต่อโดยระบบจะทำการถามว่าจะให้อ่านค่าของมิเตอร์ดังกล่าวหรือไม่ให้คลิกที่คำว่า “OK” ดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.6 ผลการเชื่อมต่อมิเตอร์วัดค่าพลังงาน ร้านค้าที่ 4

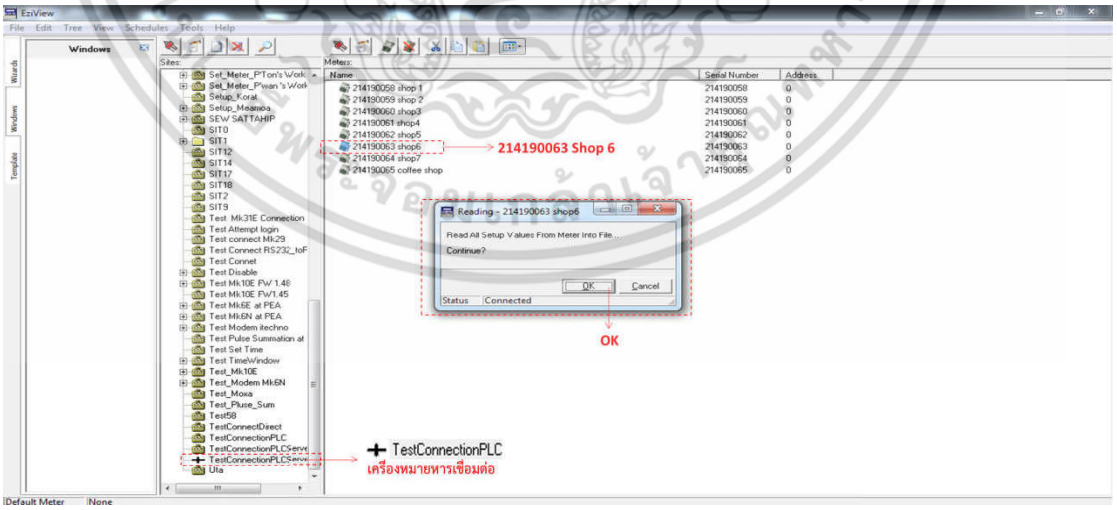
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการเชื่อมต่อมิเตอร์วัดค่าพลังงานของร้านค้าที่ 4 คือหมายเลข 214190061 โดยจะมีแถบสีที่รูปมิเตอร์วัดค่าพลังงานไฟฟ้าและมีเครื่องหมายบวกหน้า Site ที่ทำการเชื่อมต่อโดยระบบจะทำการถามว่าจะให้อ่านค่าของมิเตอร์ดังกล่าวหรือไม่ให้คลิกที่คำว่า “OK” ดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.7 ผลการเชื่อมต่อมิเตอร์วัดค่าพลังงาน ร้านค้าที่ 5

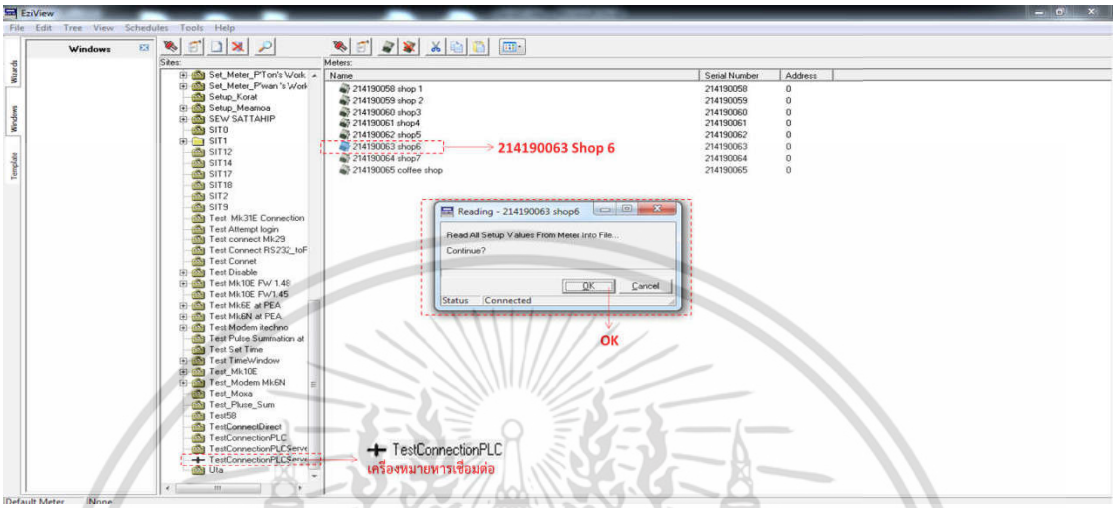
ผลการเชื่อมต่อมิเตอร์วัดค่าพลังงานของร้านค้าที่ 5 คือหมายเลข 214190062 โดยจะมีแถบสีที่รูปมิเตอร์วัดค่าพลังงานไฟฟ้าและมีเครื่องหมายบวกหน้า Site ที่ทำการเชื่อมต่อโดยระบบจะทำการถามว่าจะให้อ่านค่าของมิเตอร์ดังกล่าวหรือไม่ให้คลิกที่คำว่า “OK” ดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.8 ผลการเชื่อมต่อมิเตอร์วัดค่าพลังงาน ร้านค้าที่ 6

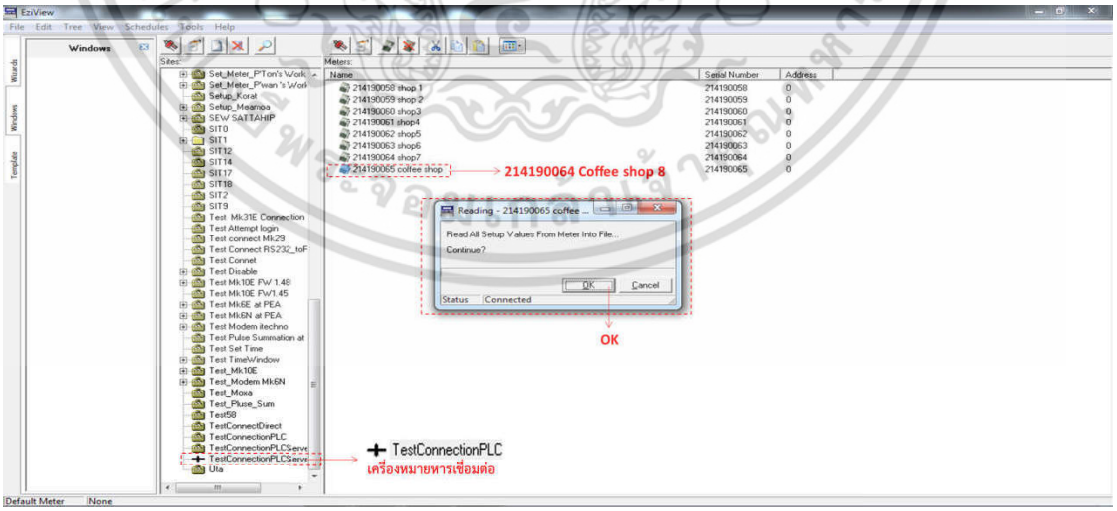
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการเชื่อมต่อมิเตอร์วัดค่าพลังงานของร้านค้าที่ 6 คือหมายเลข 214190063 โดยจะมีแถบสีที่รูปมิเตอร์วัดค่าพลังงานไฟฟ้าและมีเครื่องหมายบวกหน้า Site ที่ทำการเชื่อมต่อโดยระบบจะทำการถามว่าจะให้อ่านค่าของมิเตอร์ดังกล่าวหรือไม่ให้คลิกที่คำว่า “OK” ดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.9 ผลการเชื่อมต่อมิเตอร์วัดค่าพลังงาน ร้านค้าที่ 7

ผลการเชื่อมต่อมิเตอร์วัดค่าพลังงานของร้านค้าที่ 7 คือหมายเลข 214190063 โดยจะมีแถบสีที่รูปมิเตอร์วัดค่าพลังงานไฟฟ้าและมีเครื่องหมายบวกหน้า Site ที่ทำการเชื่อมต่อโดยระบบจะทำการถามว่าจะให้อ่านค่าของมิเตอร์ดังกล่าวหรือไม่ให้คลิกที่คำว่า “OK” ดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.10 ผลการเชื่อมต่อมิเตอร์วัดค่าพลังงาน ร้านค้าที่ 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการเชื่อมต่อมิเตอร์วัดค่าพลังงานของร้านค้าที่ 8 คือหมายเลข 214190064 โดยจะมีแถบสีที่รูปมิเตอร์วัดค่าพลังงานไฟฟ้าและมีเครื่องหมายบวกหน้า Site ที่ทำการเชื่อมต่อโดยระบบจะทำการถามว่าจะให้อ่านค่าของมิเตอร์ดังกล่าวหรือไม่ให้คลิกที่คำว่า “OK” ดังรูปที่ 4.10

ตารางที่ 4.2 ผลการเชื่อมต่อมิเตอร์วัดค่าพลังงานจำนวน 8 ร้านค้า

ลำดับ	Meter Serial Number
ร้านค้า 1	214190058
ร้านค้า 2	214190059
ร้านค้า 3	214190060
ร้านค้า 4	214190061
ร้านค้า 5	214190062
ร้านค้า 6	214190063
ร้านค้า 7	214190064
ร้านค้า 8	214190065

สรุปได้ว่าระบบสามารถทำการเชื่อมต่อมิเตอร์วัดค่าพลังงานผ่านสายไฟฟ้าได้โดยใช้โปรแกรม EziView Software ในการเชื่อมต่อมิเตอร์วัดค่าพลังงานที่ติดตั้งอยู่ภายในโรงอาหาร ทั้ง 8 ร้านค้าโดยแสดงผลไว้ดังตารางที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการออนไลน์เครื่องมือวัดของมิเตอร์วัดค่าพลังงานไฟฟ้า

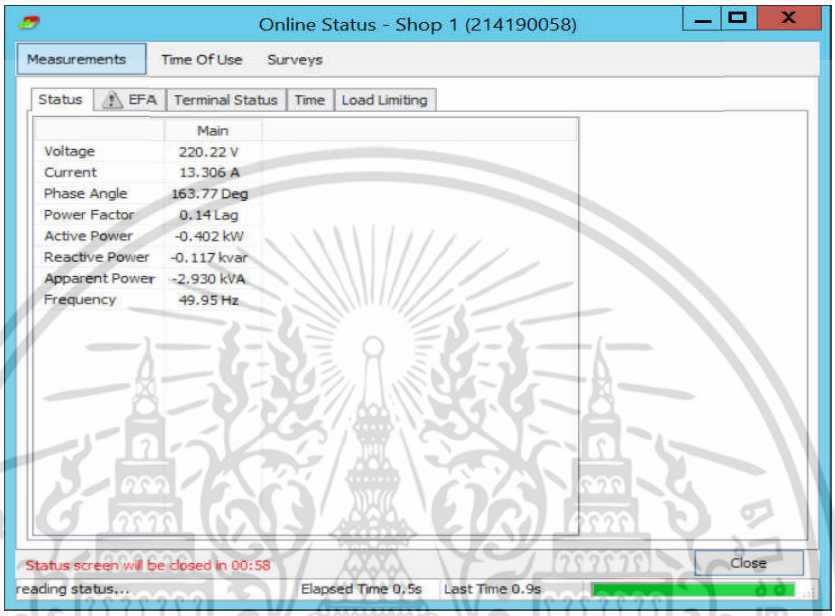
ในหัวข้อนี้จะอธิบายถึงผลการทดสอบเพื่อแสดงให้เห็นถึง ผลการออนไลน์ค่าพารามิเตอร์ของมิเตอร์วัดค่าพลังงานไฟฟ้า ผลการออนไลน์การแจ้งเตือนความผิดปกติของมิเตอร์วัดค่าพลังงานไฟฟ้า และผลการออนไลน์ตรวจเช็คค่าเวลาของมิเตอร์วัดค่าพลังงานไฟฟ้า ของทั้ง 8 ร้านค้า โดยจะแบ่งเนื้อหาออกเป็นดังนี้

1. ผลการออนไลน์ค่าพารามิเตอร์ของมิเตอร์วัดค่าพลังงาน
2. ผลการออนไลน์การแจ้งเตือนความผิดปกติของมิเตอร์วัดค่าพลังงาน
3. ผลการออนไลน์ตรวจเช็คค่าเวลาของมิเตอร์วัดค่าพลังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1 ผลการออนไลน์ค่าพารามิเตอร์ของมิเตอร์วัดค่าพลังงาน

ผลการออนไลน์ค่าพารามิเตอร์ของมิเตอร์วัดค่าพลังงานไฟฟ้าสามารถทำได้โดยการเข้าใช้งานผ่านโปรแกรมมัลติไดร์ ซอร์ฟแวร์ สามารถออนไลน์ตรวจสอบค่าพารามิเตอร์ของมิเตอร์วัดค่าพลังงานได้ โดยจะแสดงผลการออนไลน์และหน้าต่างโปรแกรม ของทั้ง 8 ร้านค้า ตามลำดับดังนี้



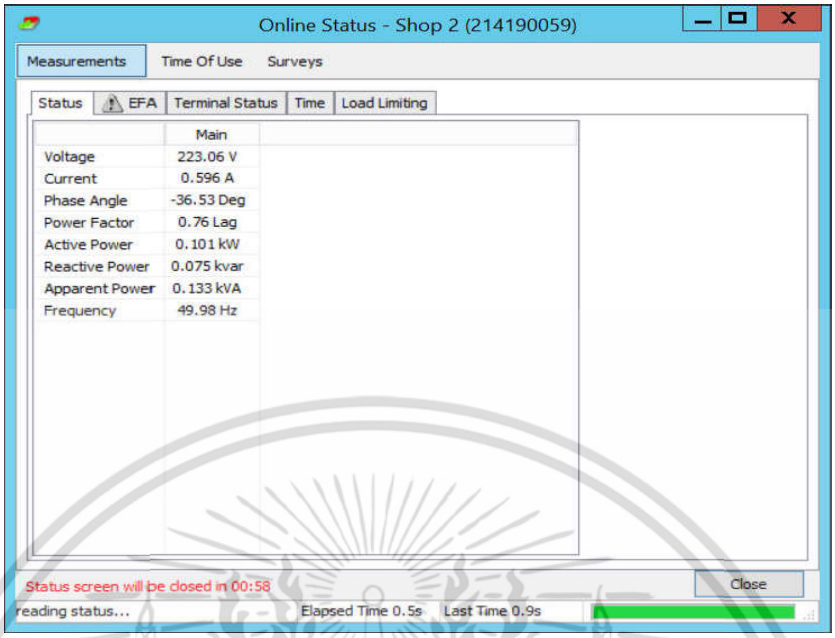
รูปที่ 4.11 ผลการออนไลน์ค่าพารามิเตอร์ร้านค้าที่ 1

สรุปผลออนไลน์ค่าพารามิเตอร์ของร้านค้าที่ 1 โดยแสดงผลดังรูปที่ 4.11 และ ตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการออนไลน์ค่าพารามิเตอร์ของร้านค้าที่ 1

พารามิเตอร์	ค่าพารามิเตอร์
Voltage	220.22 V
Current	13.306 A
Phase Angle	163.77 Degree
Power Factor	0.14 Lag
Active Power	-0.402 kW
Reactive Power	-0.117 kvar
Apparent Power	-2.930 KVA
Frequency	49.95 Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



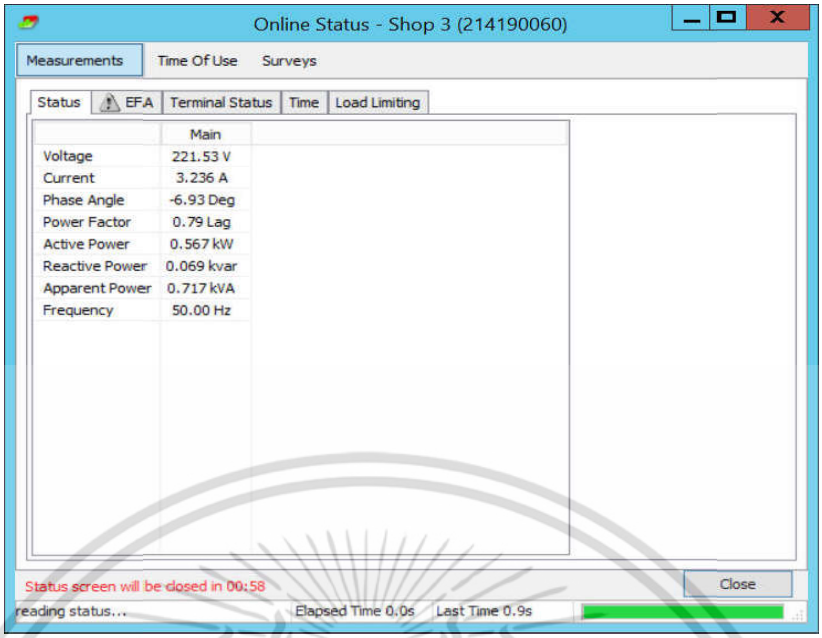
รูปที่ 4.12 ผลการออนไลน์ค่าพารามิเตอร์ร้านค้าที่ 2

สรุปผลออนไลน์ค่าพารามิเตอร์ของร้านค้าที่ 2 โดยแสดงผลดังรูปที่ 4.12 และ ตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลการออนไลน์ค่าพารามิเตอร์ของร้านค้าที่ 2

พารามิเตอร์	ค่าพารามิเตอร์
Voltage	223.06 V
Current	0.596 A
Phase Angle	-36.53 Degree
Power Factor	0.76 Lag
Active Power	0.101 kW
Reactive Power	0.075 kvar
Apparent Power	0.113 KVA
Frequency	49.98 Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



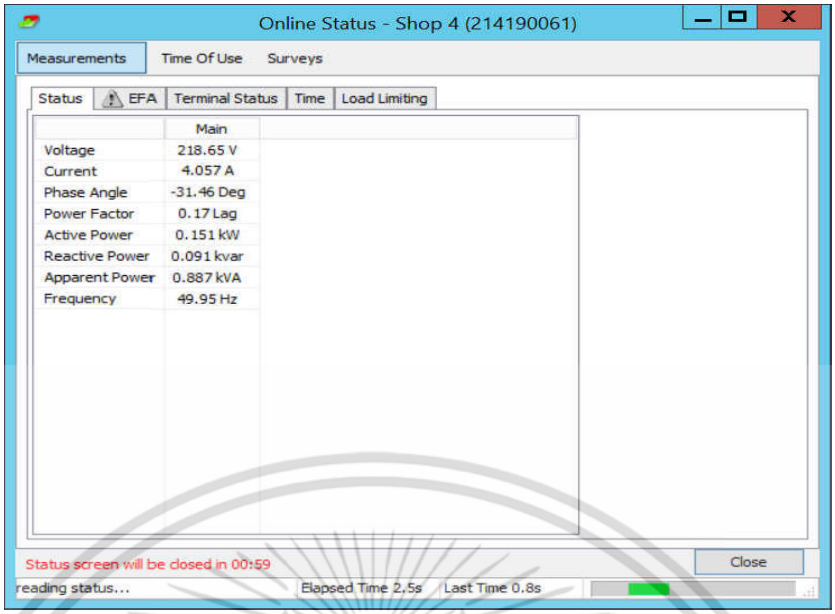
รูปที่ 4.13 ผลการออนไลน์ค่าพารามิเตอร์ร้านค้าที่ 3

สรุปผลออนไลน์ค่าพารามิเตอร์ของร้านค้าที่ 3 โดยแสดงผลดังรูปที่ 4.13 และ ตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ผลการออนไลน์ค่าพารามิเตอร์ของร้านค้าที่ 3

พารามิเตอร์	ค่าพารามิเตอร์
Voltage	221.53 V
Current	3.236 A
Phase Angle	-6.93 Degree
Power Factor	0.79 Lag
Active Power	0.567 kW
Reactive Power	0.069kvar
Apparent Power	0.717 KVA
Frequency	50.00 Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



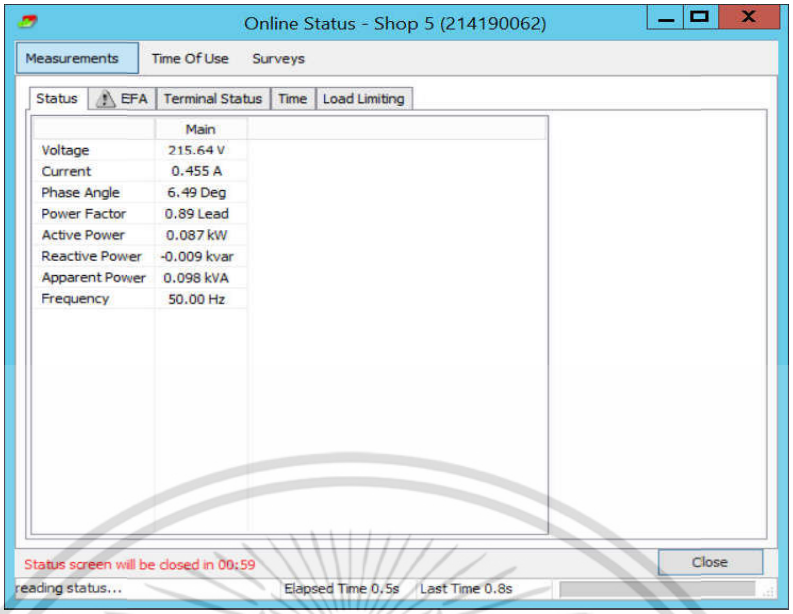
รูปที่ 4.14 ผลการออนไลน์ค่าพารามิเตอร์ ร้านค้าที่ 4

สรุปผลออนไลน์ค่าพารามิเตอร์ของร้านค้าที่ 4 โดยแสดงผลดังรูปที่ 4.14 และ ตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ผลการออนไลน์ค่าพารามิเตอร์ของร้านค้าที่ 4

พารามิเตอร์	ค่าพารามิเตอร์
Voltage	218.65 V
Current	4.057 A
Phase Angle	-31.46 Degree
Power Factor	0.17 Lag
Active Power	0.151 kW
Reactive Power	0.091kvar
Apparent Power	0.887 KVA
Frequency	49.95 Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



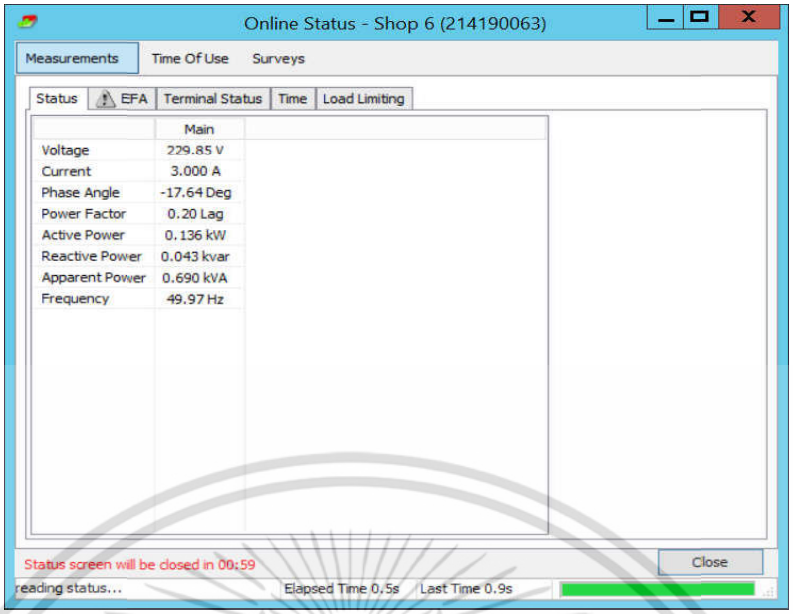
รูปที่ 4.15 ผลการออนไลน์ค่าพารามิเตอร์ร้านค้าที่ 5

สรุปผลออนไลน์ค่าพารามิเตอร์ของร้านค้าที่ 5 โดยแสดงผลดังรูปที่ 4.15 และ ตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ผลการออนไลน์ค่าพารามิเตอร์ของร้านค้าที่ 5

พารามิเตอร์	ค่าพารามิเตอร์
Voltage	215.64 V
Current	0.455 A
Phase Angle	6.49 Degree
Power Factor	0.89 Lag
Active Power	0.087 kW
Reactive Power	-0.099 kvar
Apparent Power	0.098 KVA
Frequency	50.00 Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



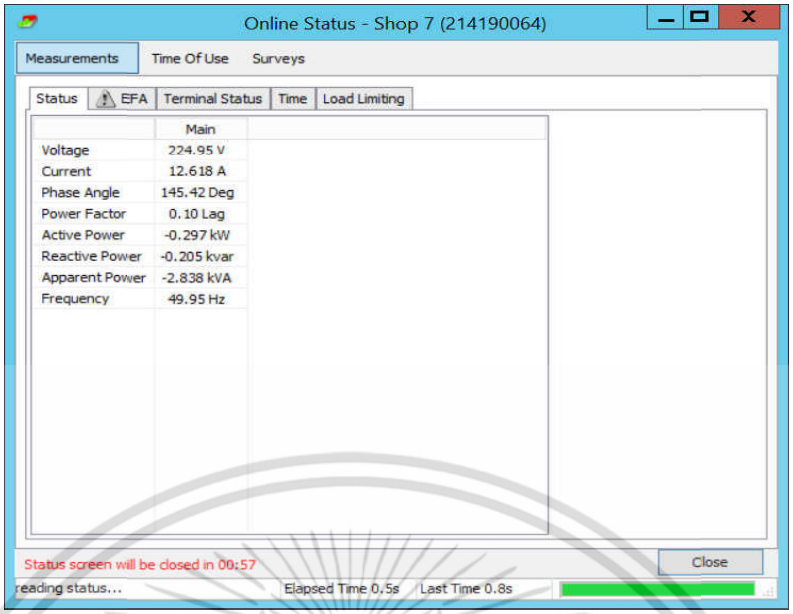
รูปที่ 4.16 ผลการออนไลน์ค่าพารามิเตอร์ร้านค้าที่ 6

สรุปผลออนไลน์ค่าพารามิเตอร์ของร้านค้าที่ 6 โดยแสดงผลดังรูปที่ 4.16 และ ตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ผลการออนไลน์ค่าพารามิเตอร์ของร้านค้าที่ 6

พารามิเตอร์	ค่าพารามิเตอร์
Voltage	229.85 V
Current	3.000 A
Phase Angle	-17.64 Degree
Power Factor	0.20 Lag
Active Power	0.136 kW
Reactive Power	0.043 kvar
Apparent Power	0.690 KVA
Frequency	49.97 Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



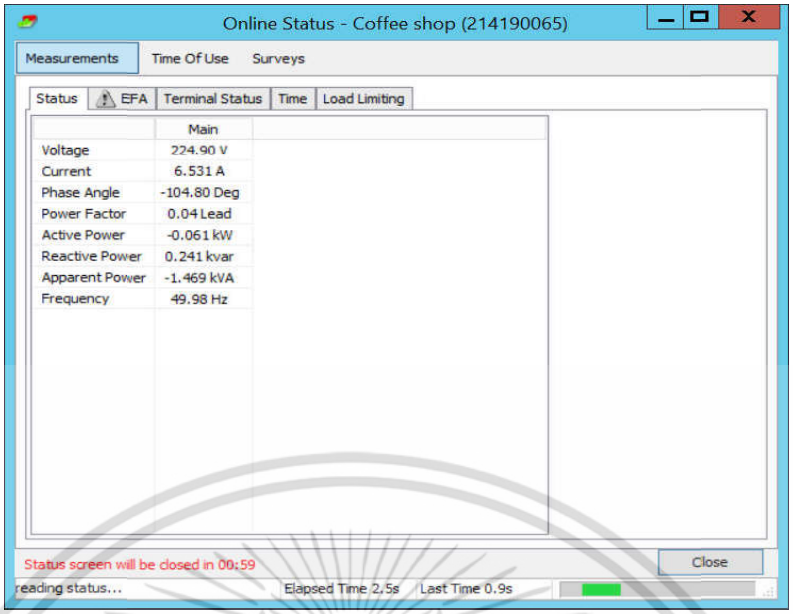
รูปที่ 4.17 ผลการออนไลน์ค่าพารามิเตอร์ร้านค้าที่ 7

สรุปผลออนไลน์ค่าพารามิเตอร์ของร้านค้าที่ 7 โดยแสดงผลดังรูปที่ 4.17 และ ตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ผลการออนไลน์ค่าพารามิเตอร์ของร้านค้าที่ 7

พารามิเตอร์	ค่าพารามิเตอร์
Voltage	224.95 V
Current	12.618A
Phase Angle	145.12 Degree
Power Factor	0.10 Lag
Active Power	-0.297 kW
Reactive Power	-0.205kvar
Apparent Power	-2.838 KVA
Frequency	49.95 Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.18 ผลการออนไลน์ค่าพารามิเตอร์ร้านค้าที่ 8

สรุปผลออนไลน์ค่าพารามิเตอร์ของร้านค้าที่ 8 โดยแสดงผลดังรูปที่ 4.18 และ ตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ผลการออนไลน์ค่าพารามิเตอร์ของร้านค้าที่ 8

พารามิเตอร์	ค่าพารามิเตอร์
Voltage	224.90 V
Current	6.531 A
Phase Angle	-104.80 Degree
Power Factor	0.04 Lag
Active Power	-0.061 kW
Reactive Power	0.241 kvar
Apparent Power	-1.469 KVA
Frequency	49.98z

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ผลการออนไลน์การแจ้งเตือนความผิดปกติของมิเตอร์วัดค่าพลังงาน

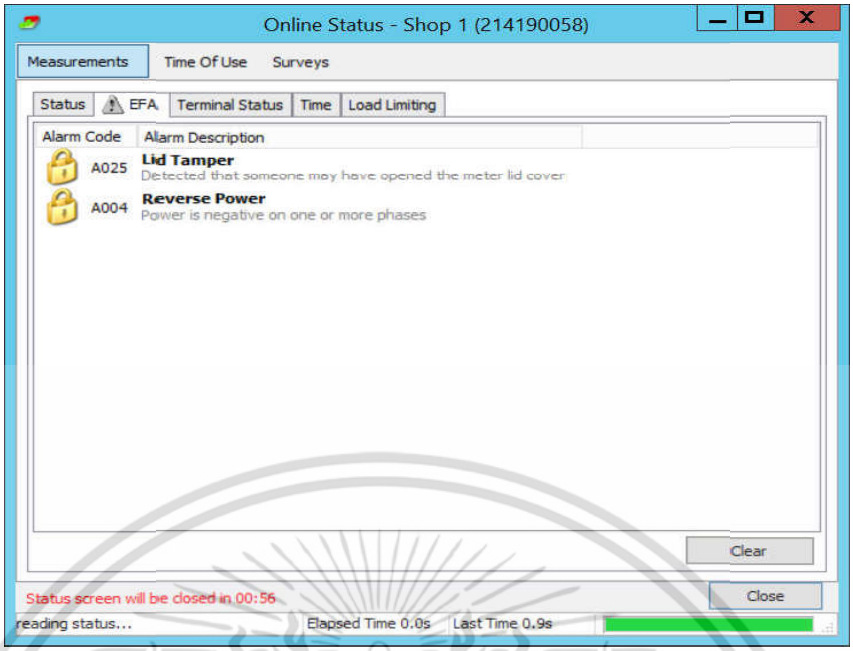
ผลการออนไลน์การแจ้งเตือนความผิดปกติของมิเตอร์วัดค่าพลังงานทั้ง 8 ร้านค้าสามารถทำได้ 2 วิธีคือ การออนไลน์ดูความผิดปกติผ่านโปรแกรมมัลติไดร์และการตรวจสอบผ่านหน้าจอแสดงผลของมิเตอร์ค่าพลังงานโดยค่าความผิดปกติต่างๆสามารถตรวจสอบสัญลักษณ์และความหมายของเหตุการณ์ต่างๆได้จากตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ค่าความผิดปกติของเครื่องมือวัดพลังงาน

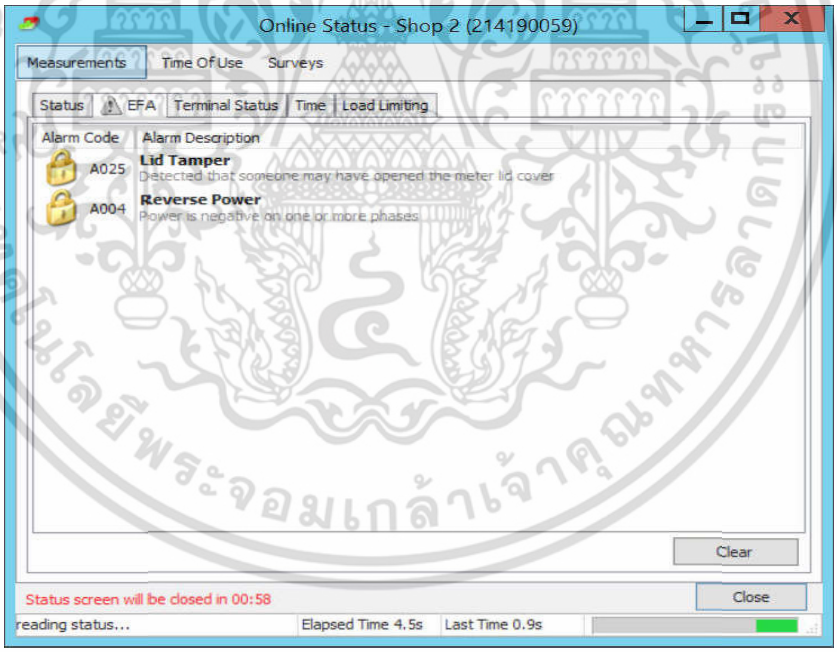
การแจ้งเตือนความผิดปกติ	ความหมาย	โค๊ดหน้าจอมิเตอร์
Battery Failure	แบตเตอรี่หมด	D
Calibration Data Lost	ข้อมูลการ Calibrate บนมิเตอร์สูญหาย	L
Clock Failure	สัญญาณนาฬิกาเสียหรือหยุดเดิน	C
Data Flash Failure	หน่วยความจำถาวรที่ใช้เก็บข้อมูลเสีย	Z
Lid Tamper	ฝาครอบมิเตอร์ถูกเปิด	T
Magnetic Tamper	คลื่นแม่เหล็กรบกวน	U
Modem Failure	โมเด็มไม่มีสัญญาณตอบรับ	H
Neutral Current Mismatch	ต่อสายนิวตรอนผิด	S
Program Flash Failure	หน่วยความจำถาวรเสีย	Y
Pulsing Output Overflow	สัญญาณพัลล์ขาออกมากเกินกำหนด	N
RAM Failure or LCD Failure	หน่วยความจำชั่วคราว หรือ LCD เสีย	X
Analog Reference Failure	ค่าการวัดอ้างอิงของมิเตอร์คลาดเคลื่อน	E
Reverse Power	พลังงานไฟฟ้าไหลย้อนกลับหรือเป็นลบ	M
Voltage Tolerance Error	แรงดันตก แรงดันเกิน	V
VT Failure	แรงดันมาไม่ครบเฟส	F
Overcurrent	แรงดันกระแสเกิน	O

แสดงผลการออนไลน์ค่าการแจ้งเตือนความผิดปกติของมิเตอร์ของ 8 ร้านค้า โดยจะแสดงผลตามลำดับดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



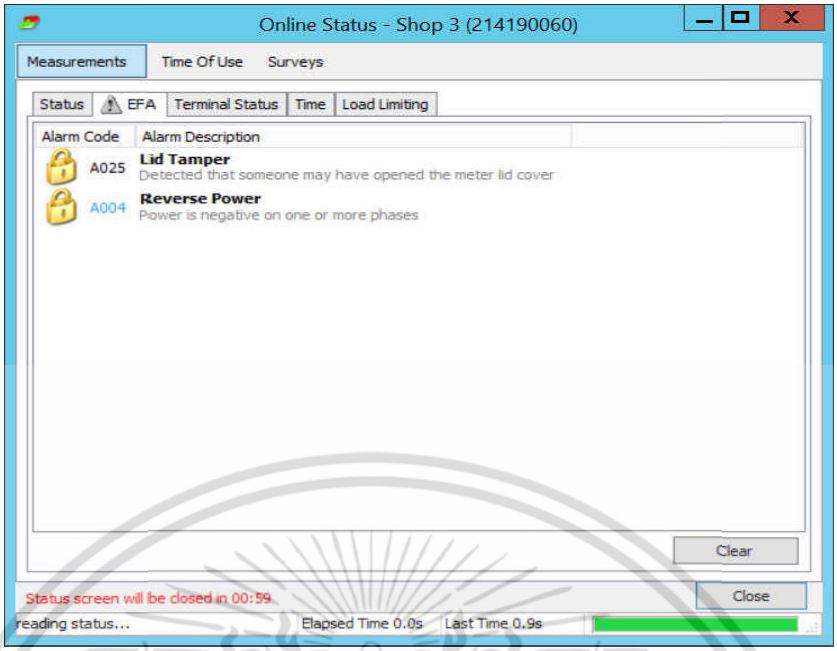
รูปที่ 4.19 ผลการออนไลน์การแจ้งเตือนความผิดปกติของ ร้านค้าที่ 1



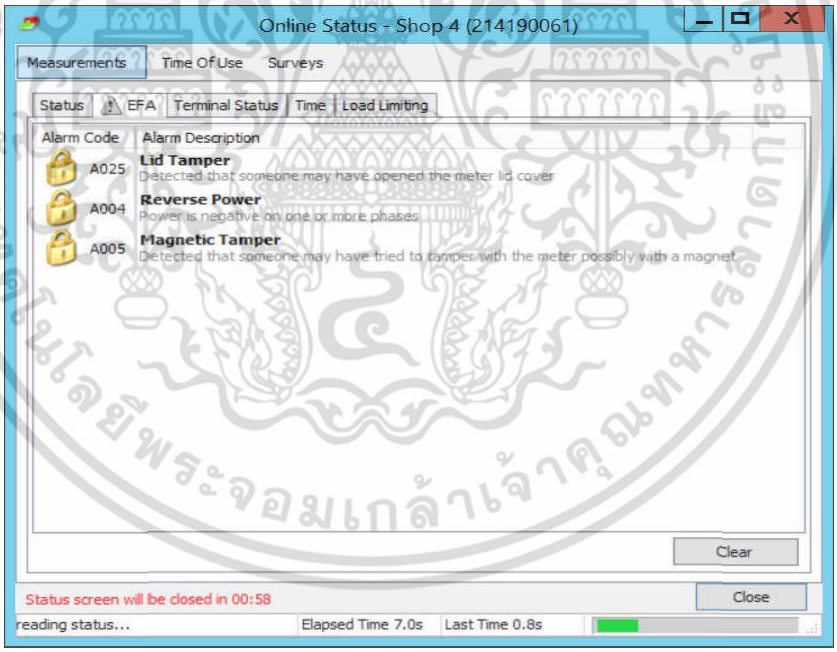
รูปที่ 4.20 ผลการออนไลน์การแจ้งเตือนความผิดปกติของ ร้านค้าที่ 2

ร้านค้าที่ 1 ค่าความผิดปกติคือ Lid Tamper และ Reverse Power แสดงในรูปที่ 4.19
ร้านค้าที่ 2 ค่าความผิดปกติคือ Lid Tamper และ Reverse Power แสดงในรูปที่ 4.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.21 ผลการออนไลน์การแจ้งเตือนความผิดปกติของ ร้านค้าที่ 3

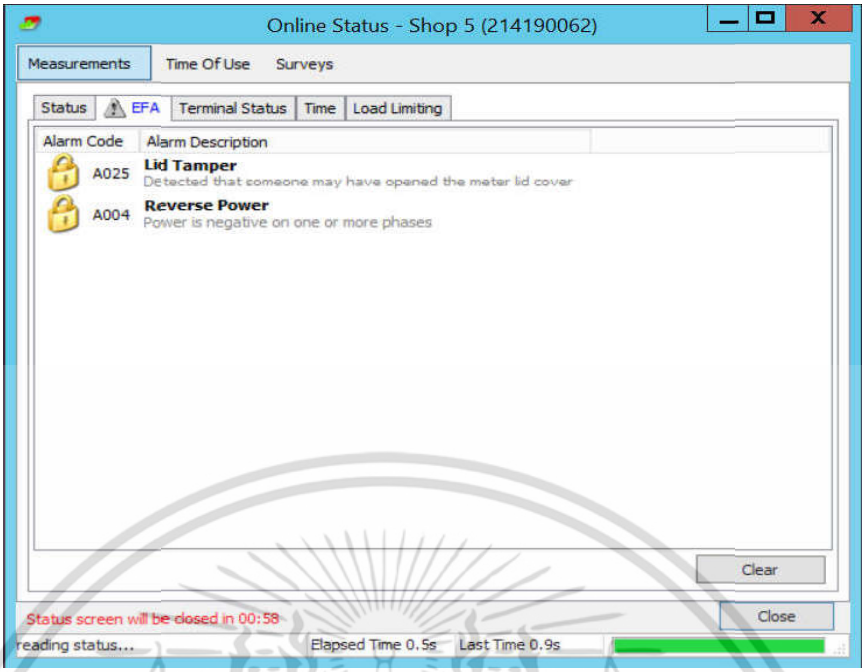


รูปที่ 4.22 ผลการออนไลน์การแจ้งเตือนความผิดปกติของ ร้านค้าที่ 4

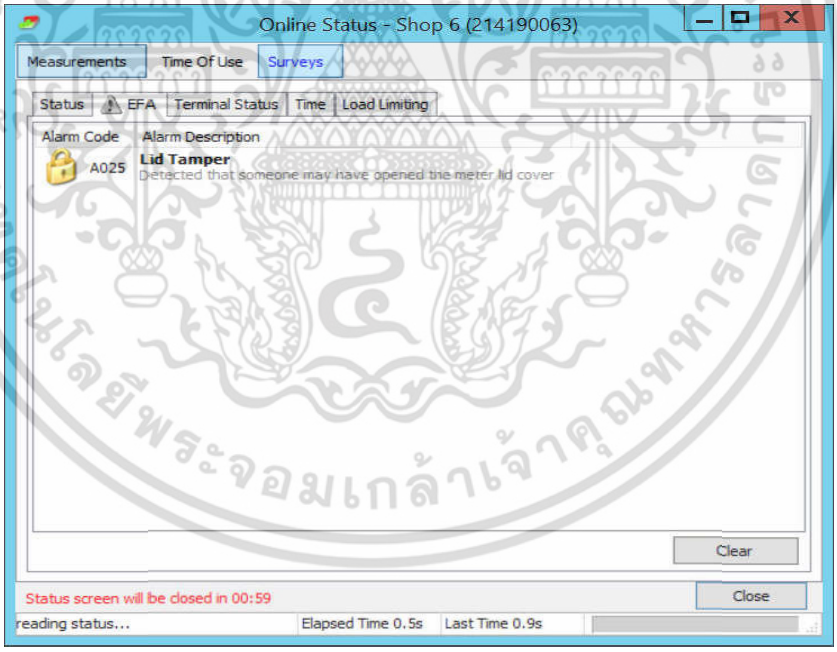
ร้านค้าที่ 3 ค่าความผิดปกติคือ Lid Tamper และ Reverse Power แสดงใน รูปที่ 4.21

ร้านค้าที่ 4 ค่าความผิดปกติคือ Lid TamperReverse Power และ Magnetic Tamper แสดงใน รูปที่ 4.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



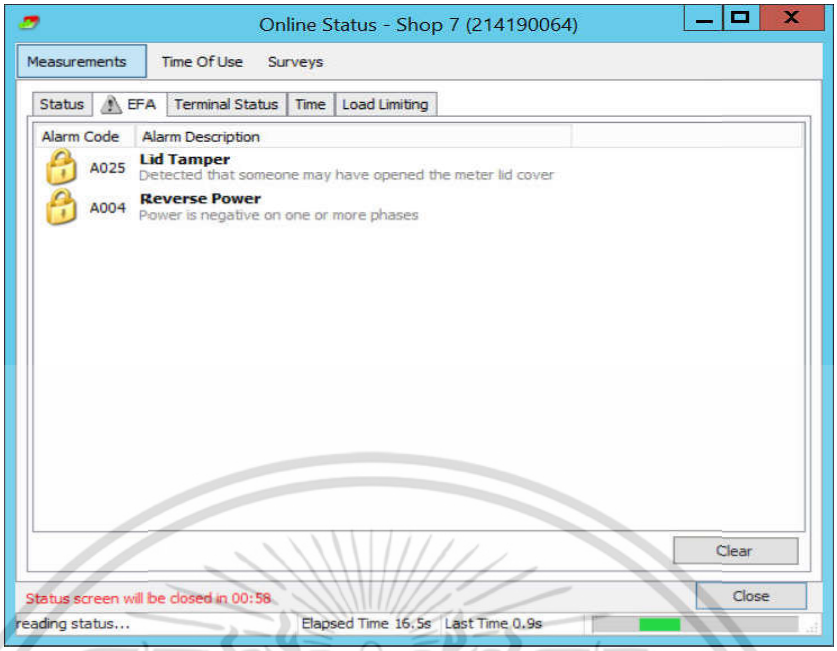
รูปที่ 4.23 ผลการออนไลน์การแจ้งเตือนความผิดปกติของ ร้านค้าที่ 5



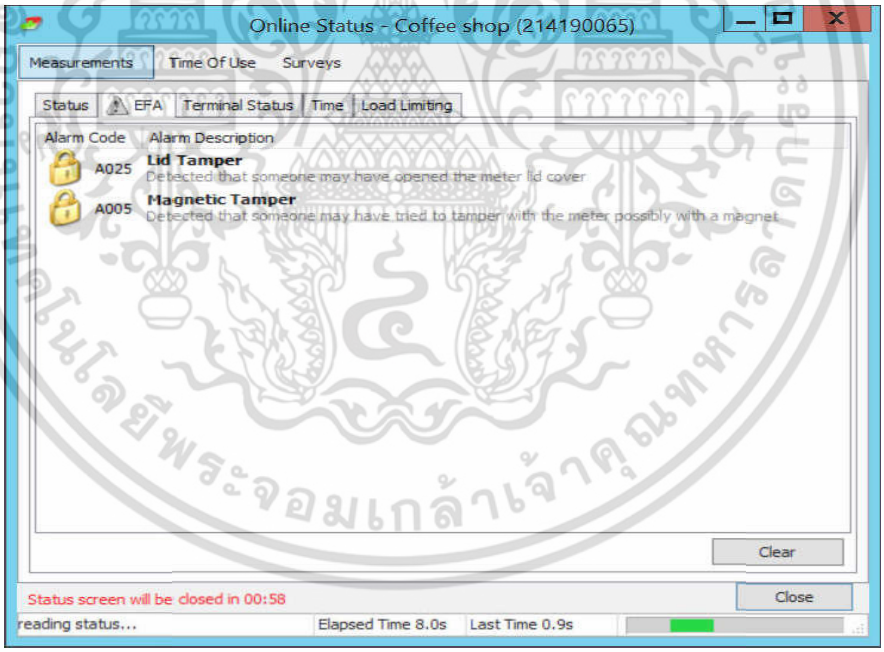
รูปที่ 4.24 ผลการออนไลน์การแจ้งเตือนความผิดปกติของ ร้านค้าที่ 6

ร้านค้าที่ 5 ค่าความผิดปกติคือ Lid Tamper และ Reverse Power แสดงใน รูปที่ 4.23
ร้านค้าที่ 6 ค่าความผิดปกติคือ Lid Tamper แสดงใน รูปที่ 4.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.25 ผลการออนไลน์การแจ้งเตือนความผิดปกติของ ร้านค้าที่ 7



รูปที่ 4.26 ผลการออนไลน์การแจ้งเตือนความผิดปกติของ ร้านค้าที่ 8

ร้านค้าที่ 7 ค่าความผิดปกติคือ Lid Tamper และ Reverse Power แสดงใน รูปที่ 4.25

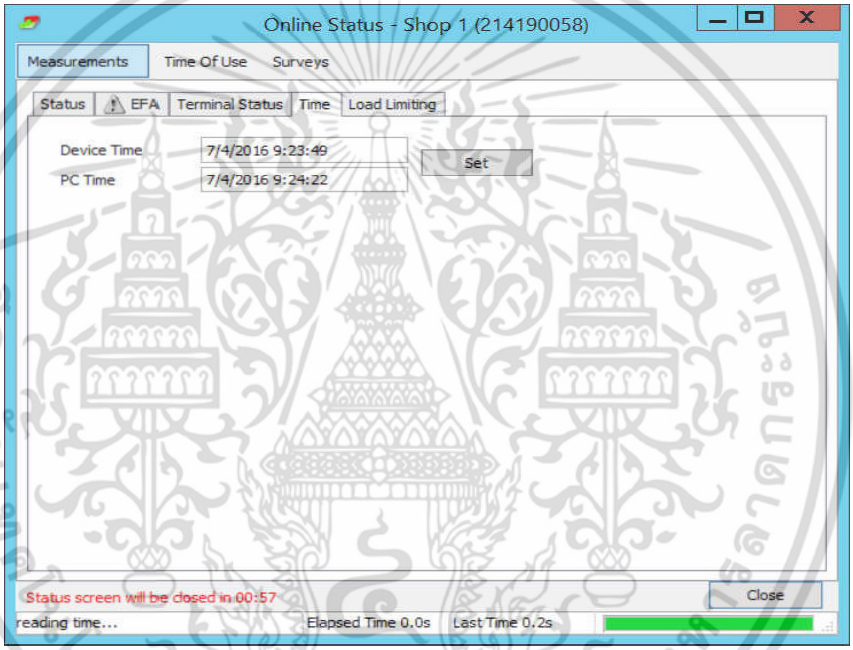
ร้านค้าที่ 8 ค่าความผิดปกติคือ Lid Tamper และ Magnetic Tamper แสดงใน รูปที่ 4.26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการออนไลน์ค่าความผิดปกติของมิเตอร์วัดค่าพลังงานสามารถออนไลน์ผลการทดสอบได้ครบทั้ง 8 ร้านค้าและตรวจสอบความหายของผลได้จากตารางที่ 4.11 โดยได้แสดงผลการออนไลน์ไว้ดังรูปที่ 4.19 ถึง รูปที่ 4.26

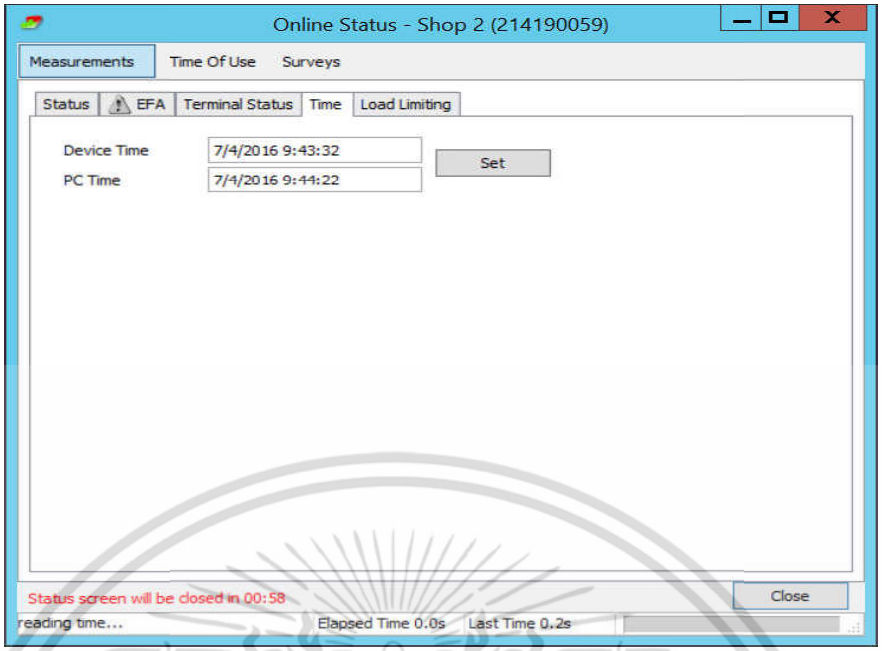
4.2.3 ผลการออนไลน์ตรวจเช็คค่าเวลาของมิเตอร์วัดค่าพลังงาน

ผลการออนไลน์ตรวจเช็คค่าวันเวลาสามารถเข้าใช้งานผ่านโปรแกรมมัลติไดร์ซอร์ฟแวร์ สามารถออนไลน์เช็คค่าวันเวลาของมิเตอร์วัดพลังงานและวันเวลาของเซิร์ฟเวอร์ของทั้ง 8 ร้านค้าโดยจะแสดงผลการออนไลน์และหน้าต่างโปรแกรมตามลำดับดังนี้

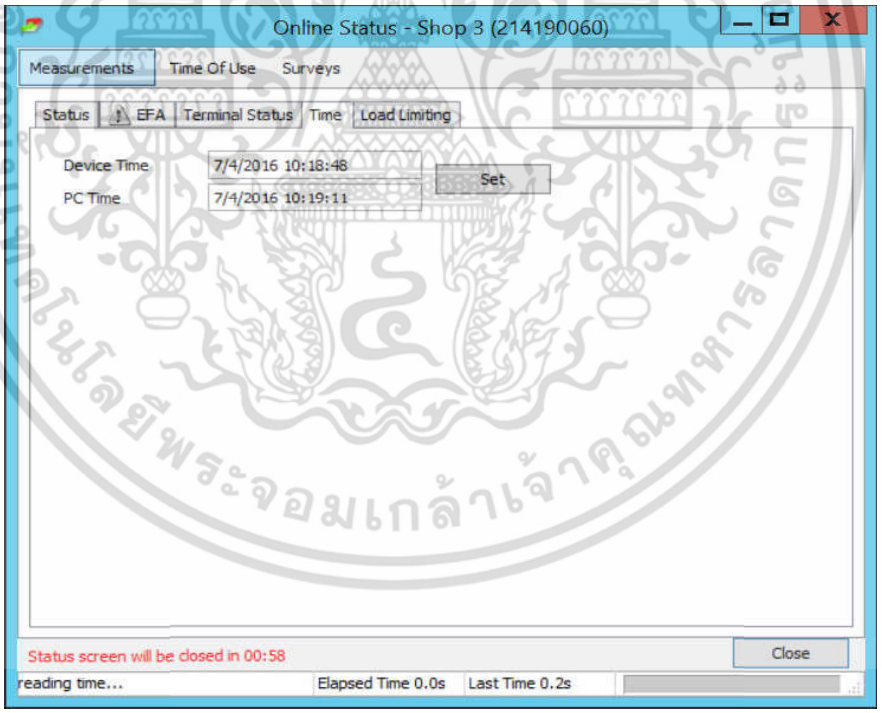


รูปที่ 4.27 ผลการออนไลน์ค่าวันเวลาของ ร้านค้าที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

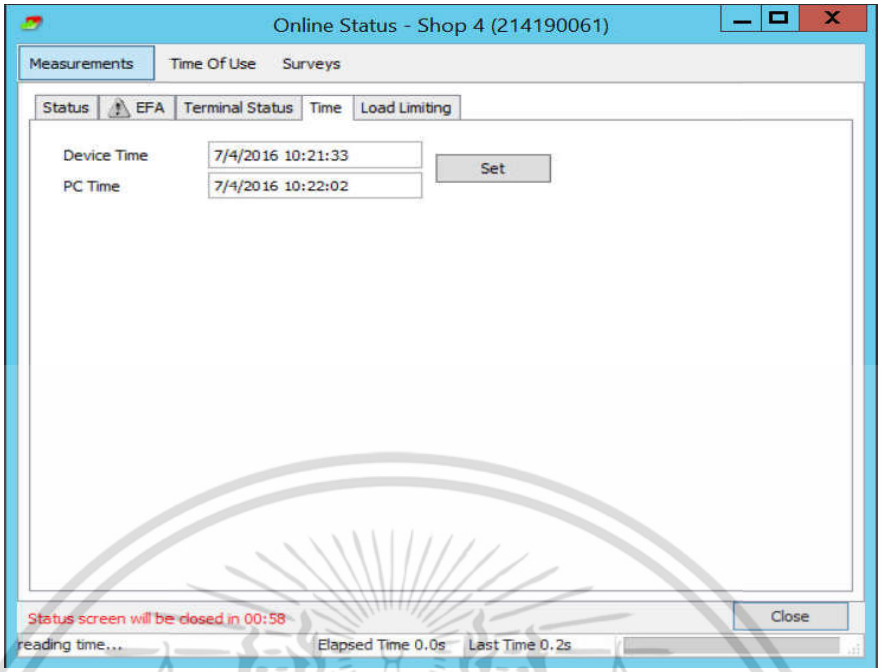


รูปที่ 4.28 ผลการออนไลน์ค่าวันเวลาของ ร้านค้าที่ 2

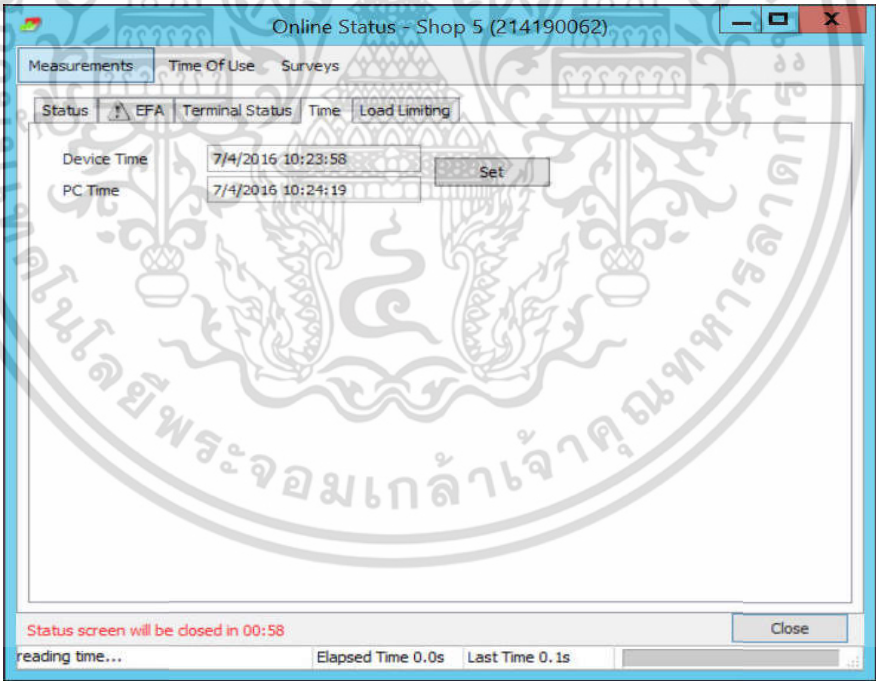


รูปที่ 4.29 ผลการออนไลน์ค่าวันเวลาของ ร้านค้าที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

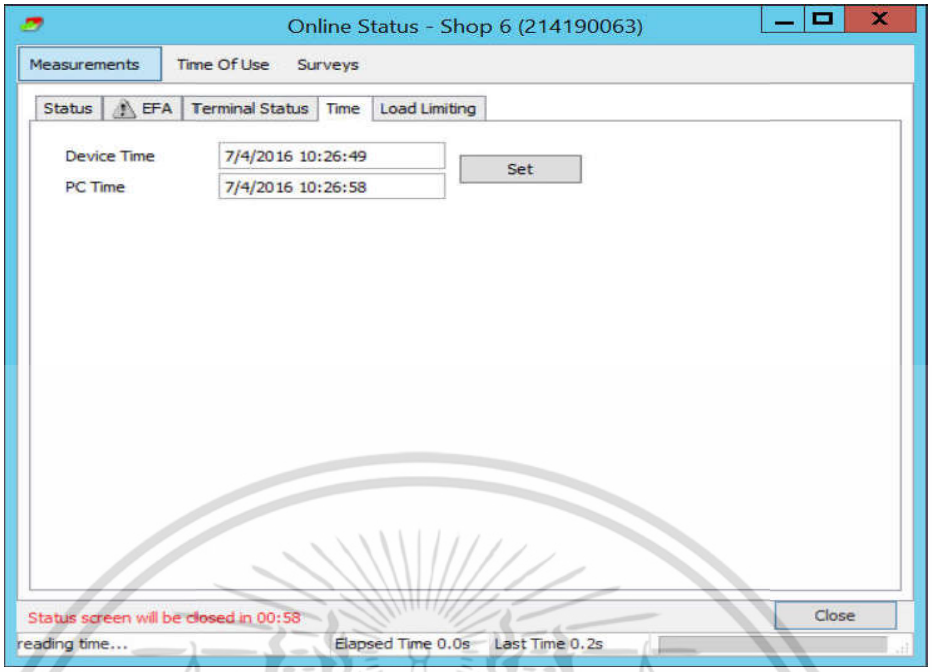


รูปที่ 4.30 ผลการออนไลน์ค่าวันเวลาของ ร้านค้าที่ 4

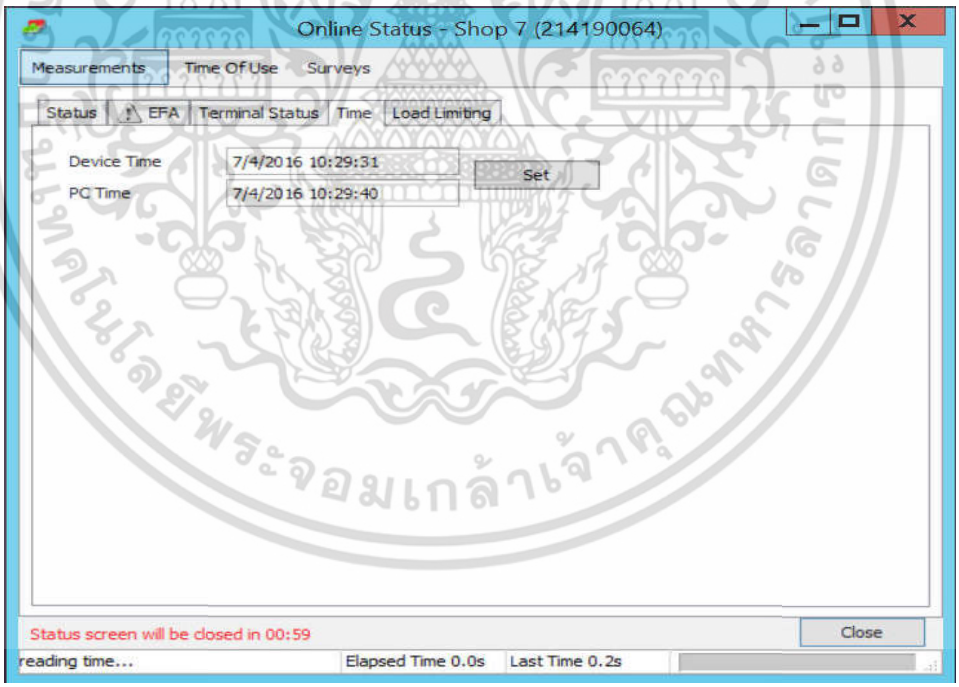


รูปที่ 4.31 ผลการออนไลน์ค่าวันเวลาของ ร้านค้าที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

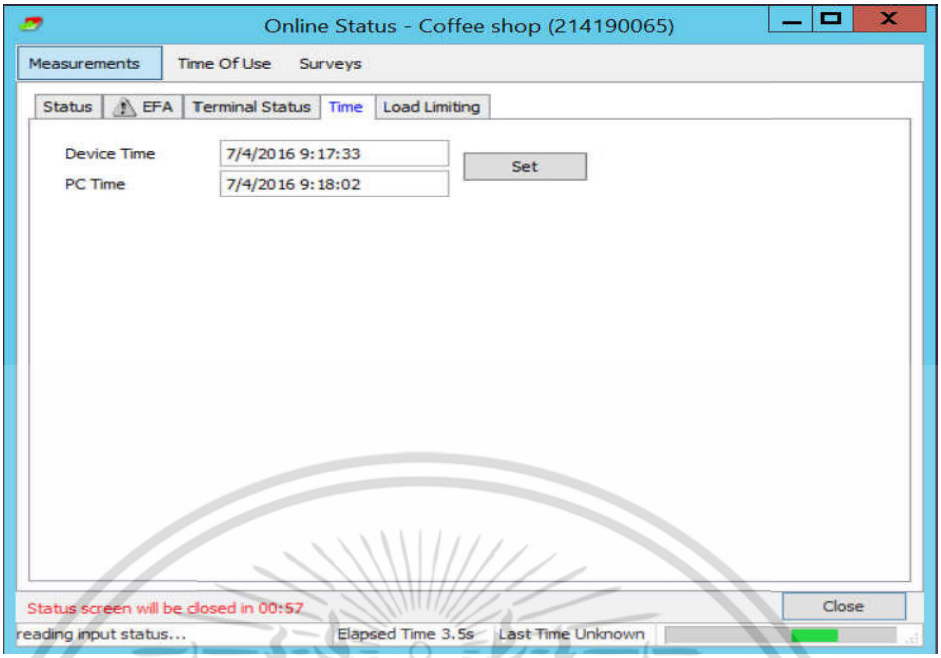


รูปที่ 4.32 ผลการออนไลน์ค่าวันเวลาของ ร้านค้าที่ 6



รูปที่ 4.33 ผลการออนไลน์ค่าวันเวลาของ ร้านค้าที่ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.34 ผลการออนไลน์ค่าวันเวลาของ ร้านค้าที่ 8

ตารางที่ 4.12 ผลวันเวลาของมิเตอร์วัดพลังงานและเซิร์ฟเวอร์

ลำดับ	วัน (วัน / เดือน / ปี)	เวลา (ชั่วโมง : นาที : วินาที)	
		มิเตอร์วัดพลังงาน	เซิร์ฟเวอร์
ร้านค้าที่ 1	7/4/2016	9 : 23 : 49	9 : 24 : 22
ร้านค้าที่ 2	7/4/2016	9 : 43 : 32	9 : 44 : 22
ร้านค้าที่ 3	7/4/2016	10 : 18 : 48	10 : 19 : 11
ร้านค้าที่ 4	7/4/2016	10 : 21 : 31	10 : 22 : 02
ร้านค้าที่ 5	7/4/2016	10 : 23 : 58	10 : 24 : 19
ร้านค้าที่ 6	7/4/2016	10 : 26 : 49	10 : 26 : 58
ร้านค้าที่ 7	7/4/2016	10 : 29 : 31	10 : 29 : 40
ร้านค้าที่ 8	7/4/2016	10 : 17 : 33	10 : 18 : 02

สรุปผลการออนไลน์ค่าวันเวลาของมิเตอร์วัดพลังงานกับเซิร์ฟเวอร์สามารถออนไลน์ผลวันเวลาได้ครบทั้ง 8 ร้านค้าและสามารถทำการตั้งค่าวันเวลาได้โดยตั้งเวลาของเซิร์ฟเวอร์ให้ตรงกับเวลาที่ถูกต้องแล้วให้ทำการคลิกที่ Set เพื่อทำการตั้งเวลาให้ตรงกันดังรูปที่ 4.27 ถึง รูปที่ 4.34 โดยจะสรุปผลการของวันเวลาดังกล่าวใน ตารางที่ 4.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

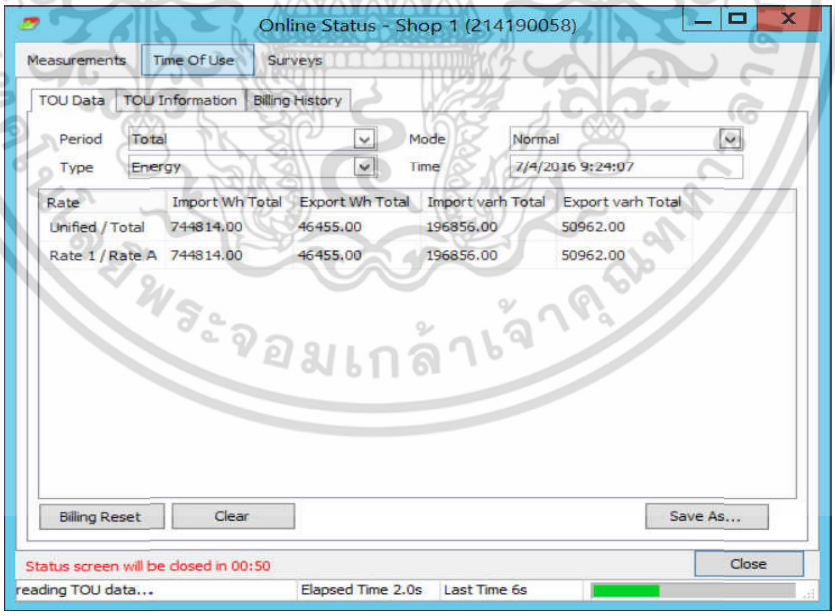
4.3 ผลการออนไลน์ค่าพลังงานของมิเตอร์วัดค่าพลังงานไฟฟ้า

ในหัวข้อนี้จะอธิบายถึงผลการออนไลน์ค่าพลังงานของมิเตอร์วัดค่าพลังงานไฟฟ้าเพื่อแสดงให้เห็นถึง ผลการออนไลน์ค่าพลังงานรวมของมิเตอร์วัดค่าพลังงานไฟฟ้า (Time Of Use, TOU) ผลการออนไลน์ค่าพลังงานโปรไฟล์ 15 นาที (Load Profile) ผลการออนไลน์ค่าพลังงานรายเดือน (Billing History) และ ผลการออนไลน์การเก็บค่าการแจ้งเตือนและการเข้าใช้งาน (Even Log) จำนวน 8 ร้านค้า โดยจะแบ่งเนื้อหาออกเป็นดังนี้

1. ผลการออนไลน์ค่าพลังงานรวมของมิเตอร์วัดค่าพลังงาน
2. ผลการออนไลน์ค่าพลังงานรายเดือน
3. ผลการออนไลน์ค่าพลังงานโปรไฟล์ 15 นาที
4. ผลการออนไลน์การเก็บค่าการแจ้งเตือนและการเข้าใช้งาน

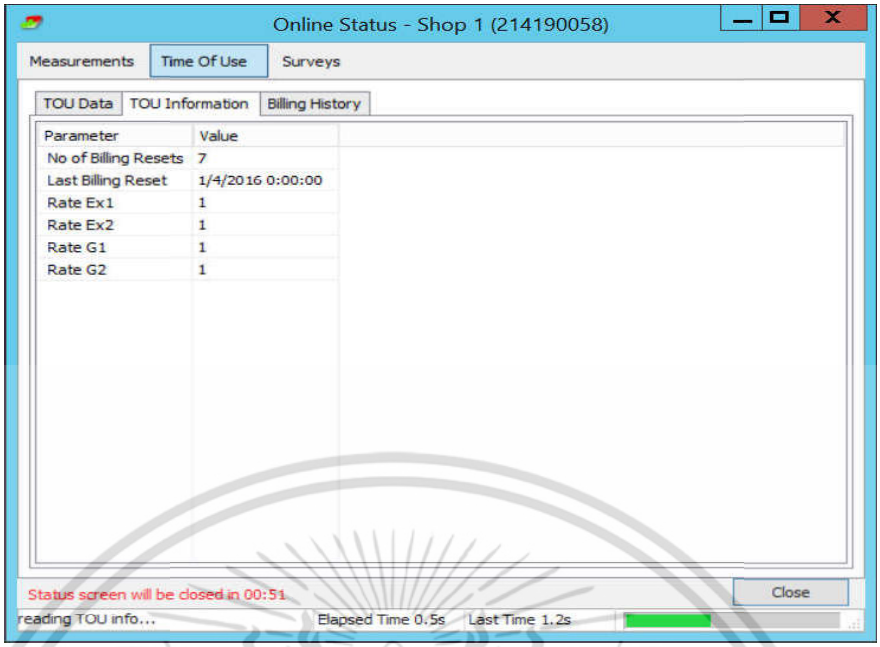
4.3.1 ผลการออนไลน์ค่าพลังงานรวมของมิเตอร์วัดค่าพลังงาน

ผลการออนไลน์ค่าพลังงานรวมของมิเตอร์วัดค่าพลังงานสามารถเข้าใช้งานผ่านโปรแกรมมัลติไดร์ซอร์ฟแวร์สามารถแสดงผลการออนไลน์ค่าพลังงานรวมของมิเตอร์วัดค่าพลังงาน (Time Of Use) และผลการออนไลน์ข้อมูลพื้นฐานพลังงาน (Information TOU) ทั้ง 8 ร้านค้าตามลำดับดังนี้



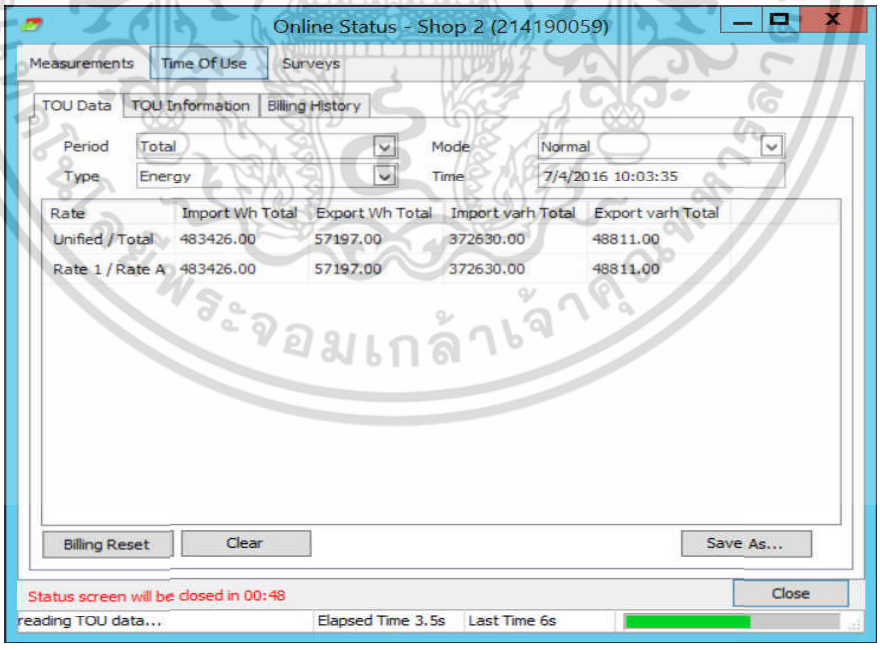
รูปที่ 4.35 ผลการออนไลน์พลังงานรวม ร้านค้าที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



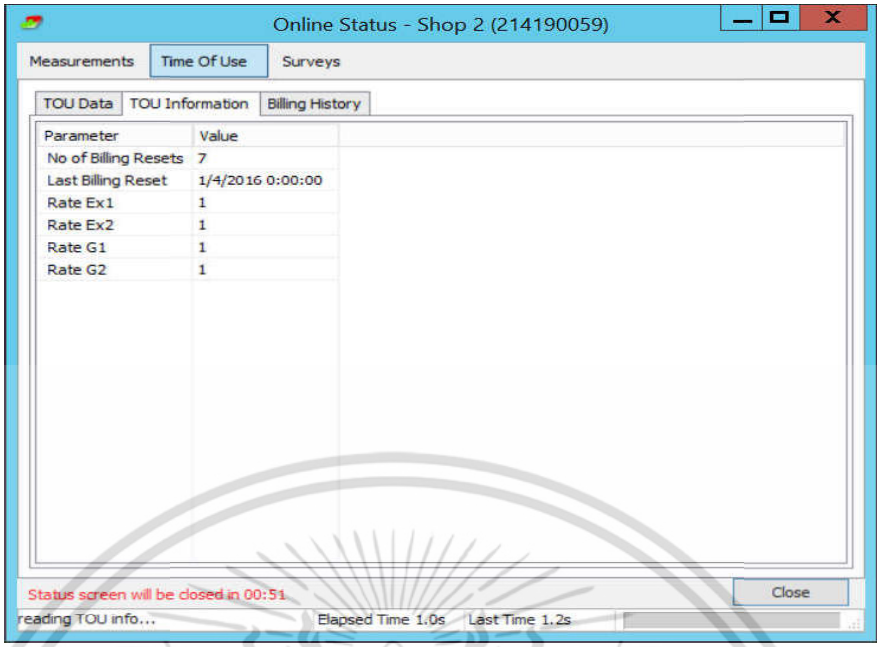
รูปที่ 4.36 ข้อมูลพื้นฐานพลังงาน ร้านค้าที่ 1

แสดงผลการออนไลน์ค่าพลังงานรวมของมิเตอร์ตั้งแต่ทำการติดตั้งและข้อมูลการตัดหน่วย ร้านค้าที่ 1 ดังรูปที่ 4.35 และรูปที่ 4.36 ตามลำดับ



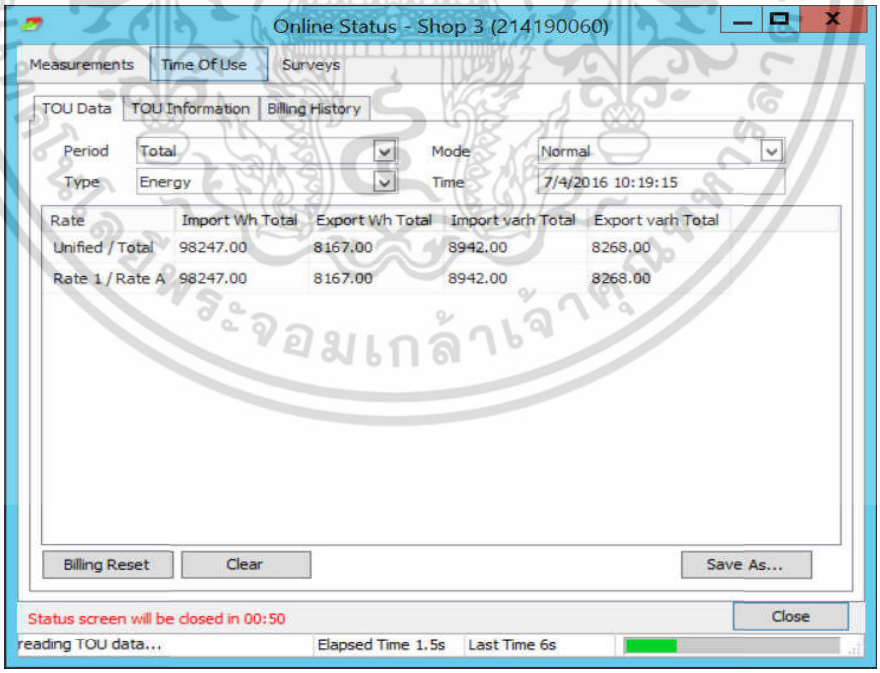
รูปที่ 4.37 ผลการออนไลน์พลังงานรวม ร้านค้าที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



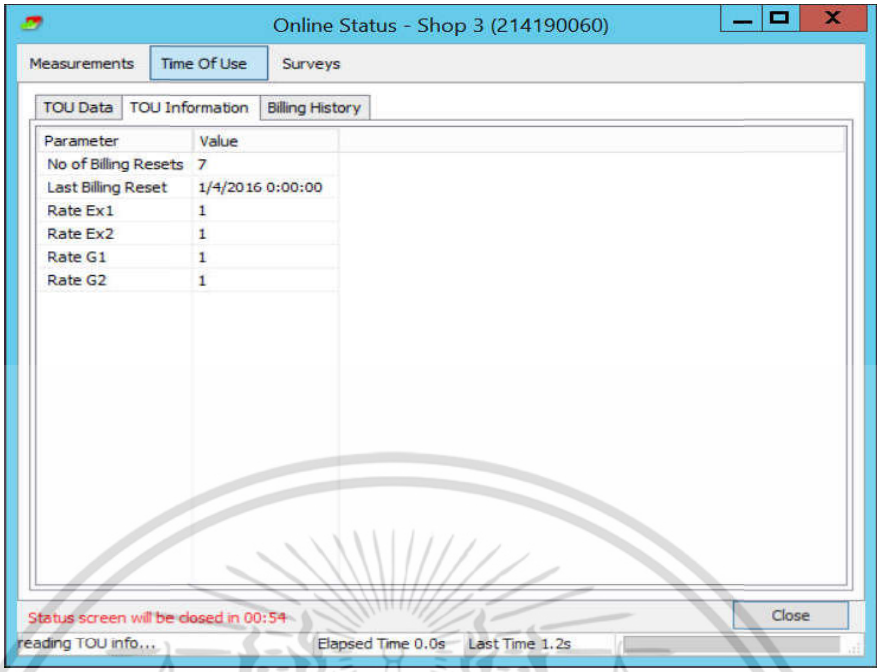
รูปที่ 4.38 ข้อมูลพื้นฐานพลังงาน ร้านค้าที่ 2

แสดงผลการออนไลน์ค่าพลังงานรวมของมิเตอร์ตั้งแต่ทำการติดตั้งและข้อมูลการตัดหน่วย ร้านค้าที่ 2 ดังรูปที่ 4.37 และ รูปที่ 4.38 ตามลำดับ



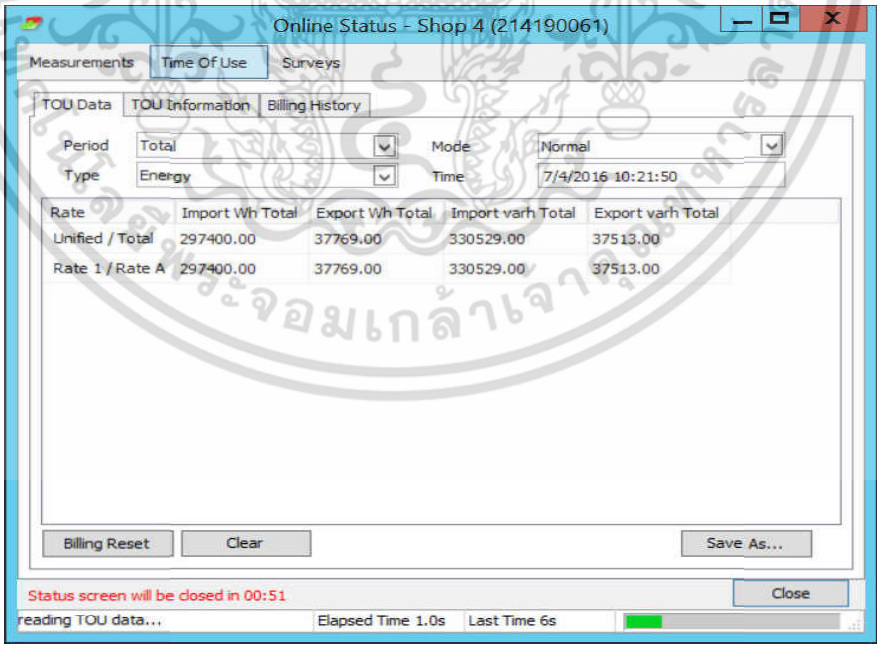
รูปที่ 4.39 ผลการออนไลน์พลังงานรวม ร้านค้าที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



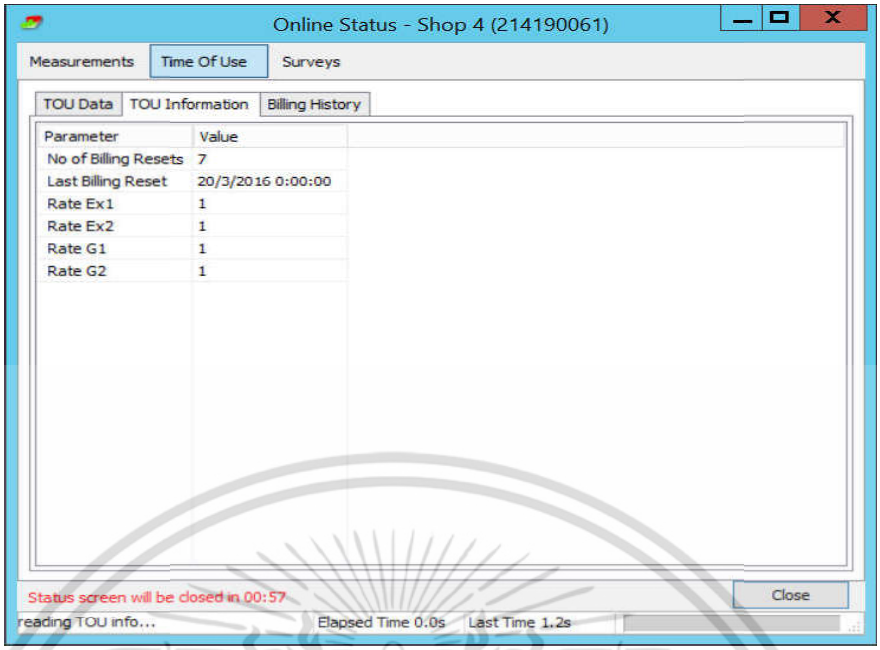
รูปที่ 4.40 ข้อมูลพื้นฐานพลังงาน ร้านค้าที่ 3

แสดงผลการออนไลน์ค่าพลังงานรวมของมิเตอร์ตั้งแต่ทำการติดตั้งและข้อมูลการตัดหน่วย ร้านค้าที่ 3 ดังรูปที่ 4.39 และ รูปที่ 4.40 ตามลำดับ



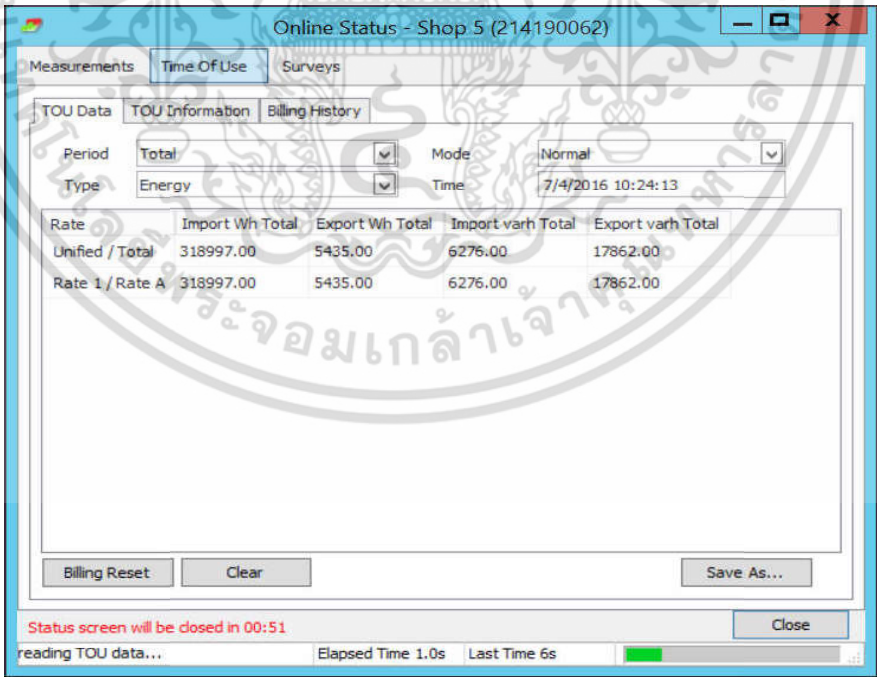
รูปที่ 4.41 ผลการออนไลน์พลังงานรวม ร้านค้าที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



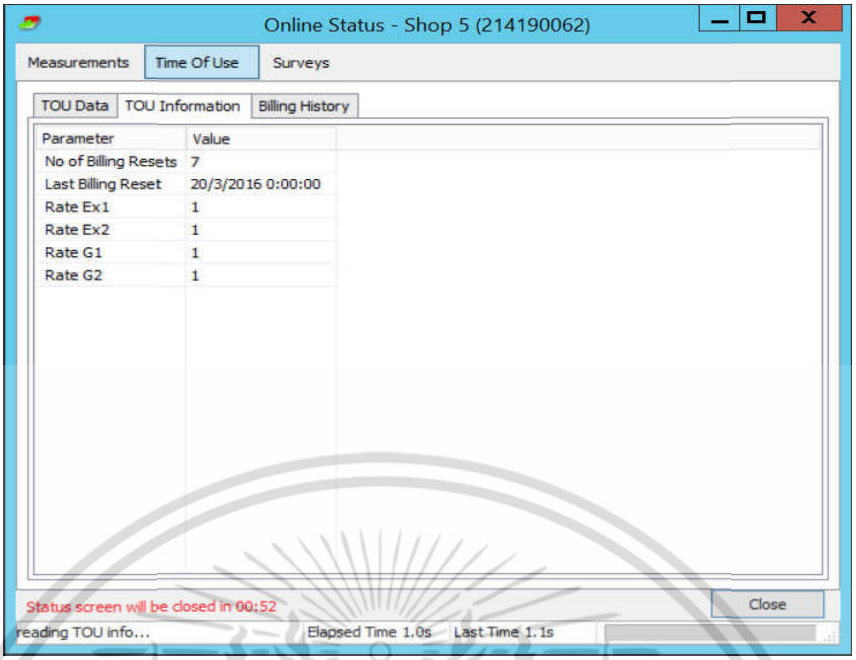
รูปที่ 4.42 ข้อมูลพื้นฐานพลังงาน ร้านค้าที่ 4

แสดงผลการออนไลน์ค่าพลังงานรวมของมิเตอร์ตั้งแต่ทำการติดตั้งและข้อมูลการตัดหน่วย ร้านค้าที่ 4 ดังรูปที่ 4.41 และ รูปที่ 4.42 ตามลำดับ



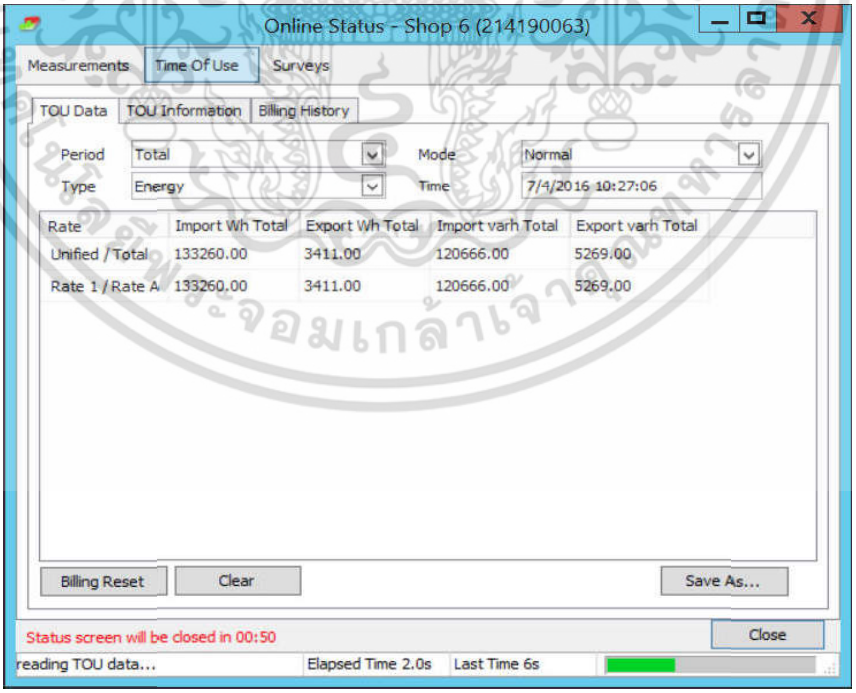
รูปที่ 4.43 ผลการออนไลน์พลังงานรวม ร้านค้าที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



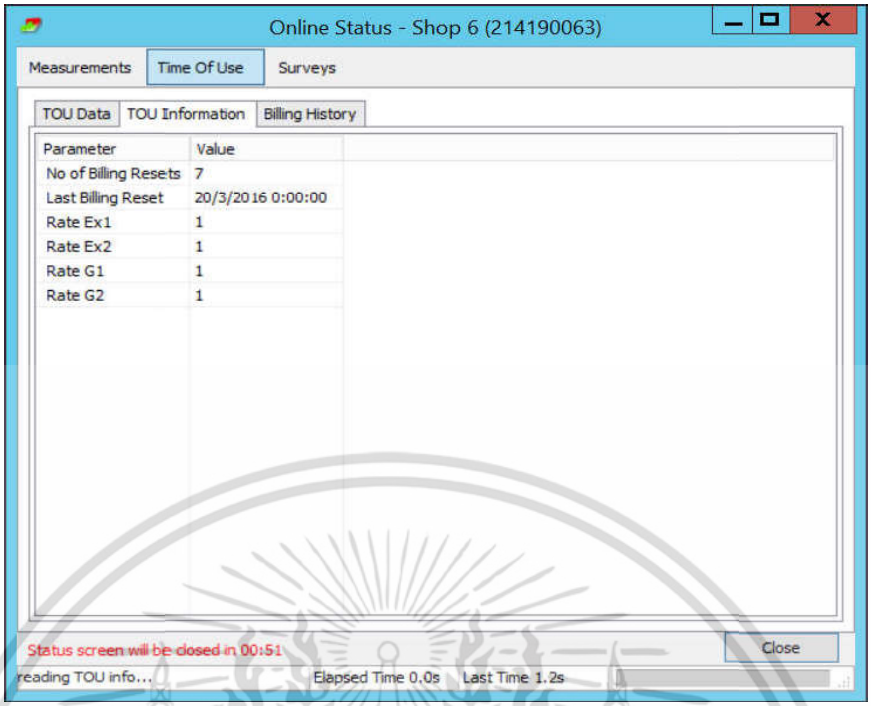
รูปที่ 4.44 ข้อมูลพื้นฐานพลังงาน ร้านค้าที่ 5

แสดงผลการออนไลน์ค่าพลังงานรวมของมิเตอร์ตั้งแต่ทำการติดตั้งและข้อมูลการตัดหน่วย ร้านค้าที่ 5 ดังรูปที่ 4.43 และ รูปที่ 4.44 ตามลำดับ



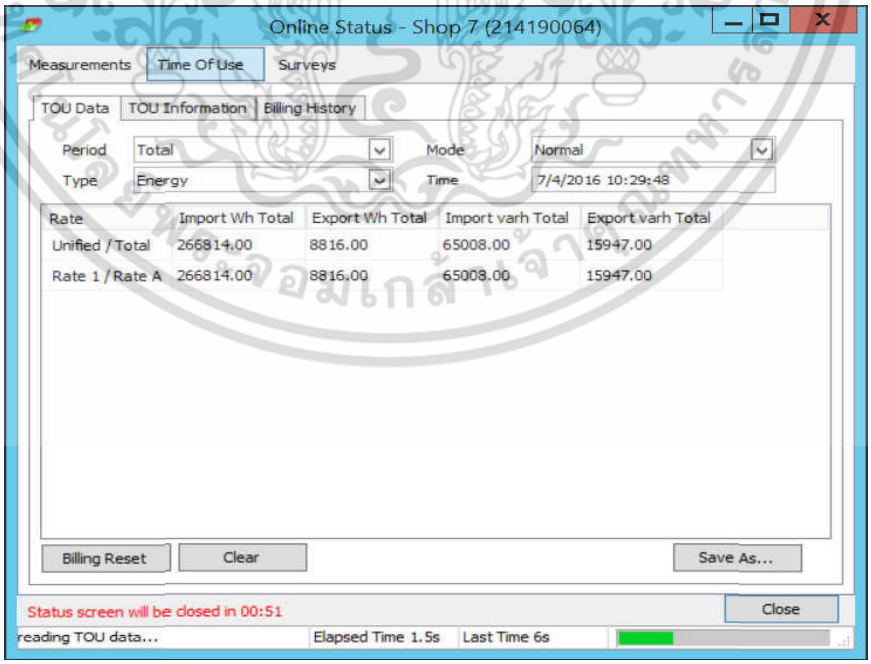
รูปที่ 4.45 ผลการออนไลน์พลังงานรวม ร้านค้าที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



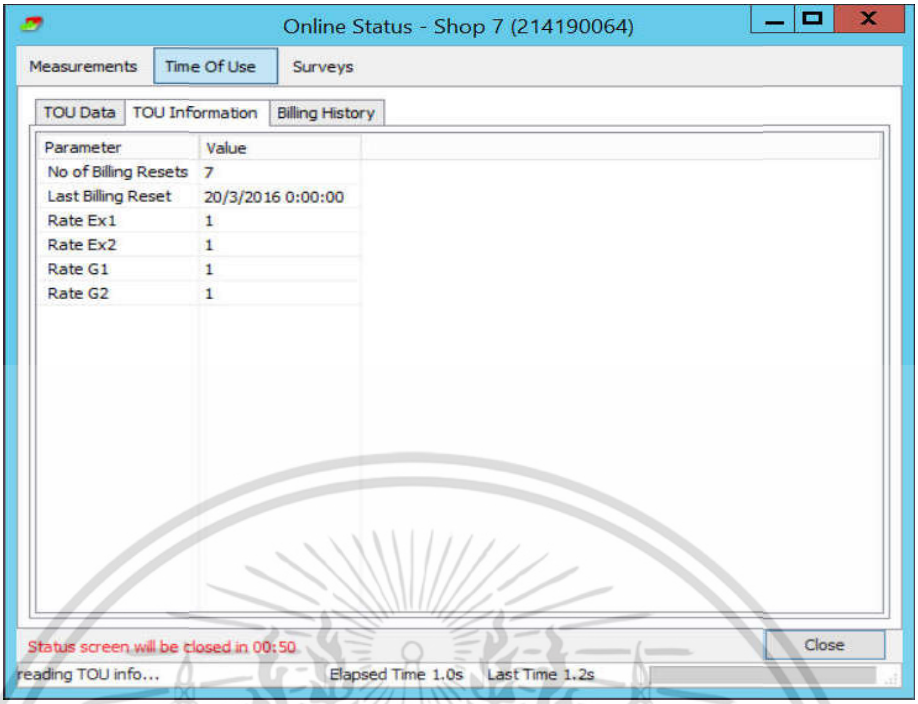
รูปที่ 4.46 ข้อมูลพื้นฐานพลังงาน ร้านค้าที่ 6

แสดงผลการออนไลน์ค่าพลังงานรวมของมิเตอร์ตั้งแต่ทำการติดตั้งและข้อมูลการตัดหน่วย ร้านค้าที่ 6 ดังรูปที่ 4.45 และ รูปที่ 4.46 ตามลำดับ



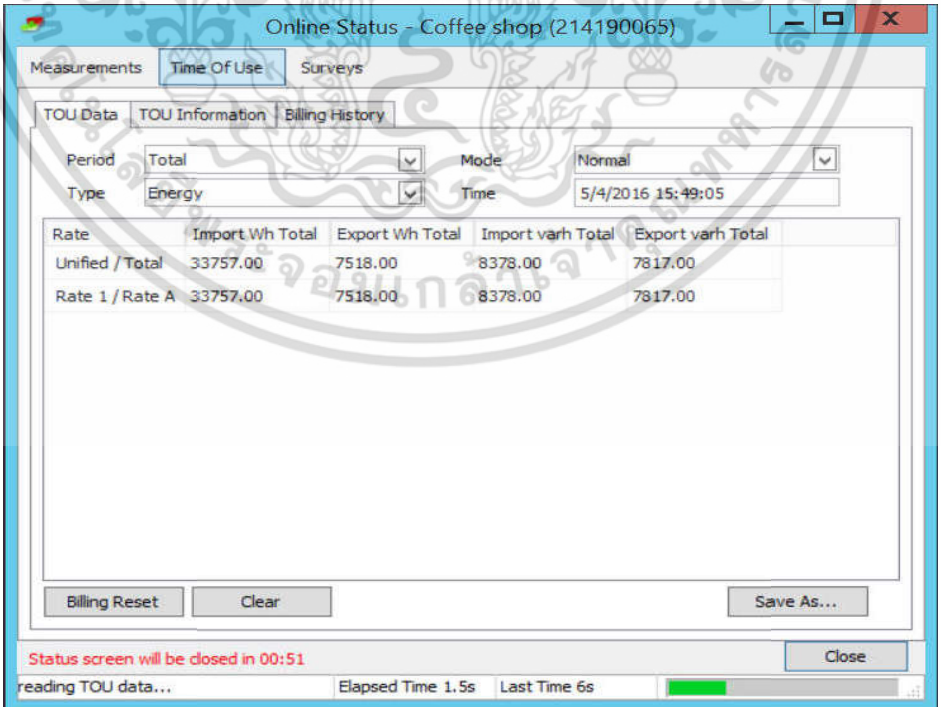
รูปที่ 4.47 ผลการออนไลน์พลังงานรวม ร้านค้าที่ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



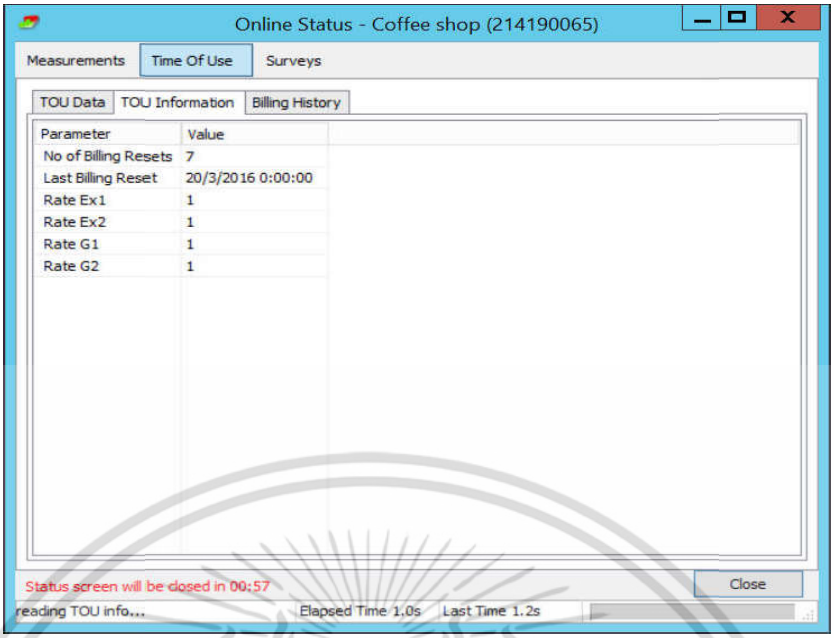
รูปที่ 4.48 ข้อมูลพื้นฐานพลังงาน ร้านค้าที่ 7

แสดงผลการออนไลน์ค่าพลังงานรวมของมิเตอร์ตั้งแต่ทำการติดตั้งและข้อมูลการตัดหน่วย ร้านค้าที่ 7 ดังรูปที่ 4.47 และ รูปที่ 4.48 ตามลำดับ



รูปที่ 4.49 ผลการออนไลน์พลังงานรวม ร้านค้าที่ 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.50 ข้อมูลพื้นฐานพลังงาน ร้านค้าที่ 8

แสดงผลการออนไลน์ค่าพลังงานรวมของมิเตอร์ตั้งแต่ทำการติดตั้งและข้อมูลการตัดหน่วยร้านค้าที่ 8 ดังรูปที่ 4.49 ถึง รูปที่ 4.50 ตามลำดับโดยสรุปผลการออนไลน์ค่าพลังงานรวมและข้อมูลพื้นฐานของทั้ง 8 ร้านค้า ไว้ดัง ตารางที่ 4.13

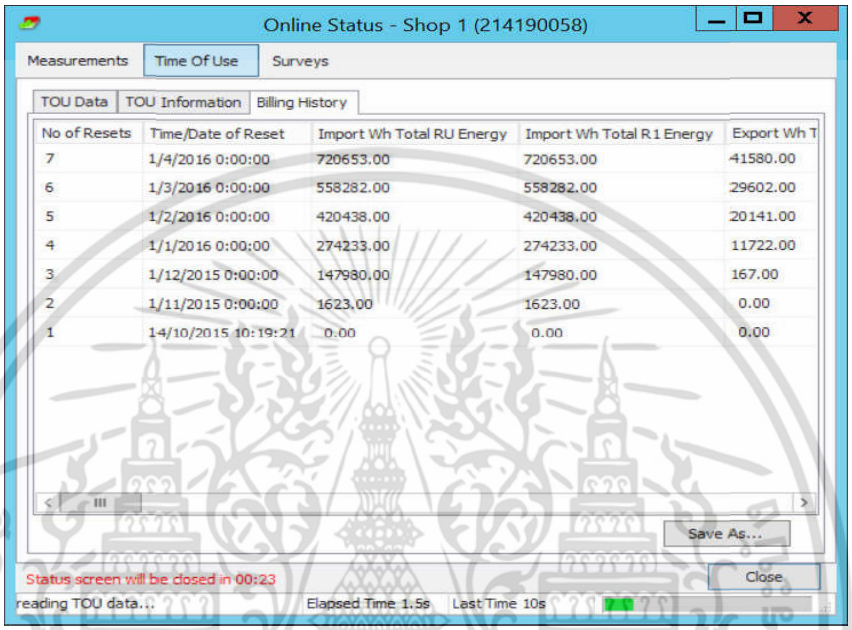
ตารางที่ 4.13 ตารางแสดงพลังงานรวมและข้อมูลพื้นฐาน

ลำดับ	ค่าพลังงานรวม	จำนวนครั้งในการตัดหน่วย	เวลาตัดหน่วยล่าสุด
ร้านค้าที่ 1	744,814	7	1/4/2016 เวลา 0:00:00
ร้านค้าที่ 2	483,426	7	1/4/2016 เวลา 0:00:00
ร้านค้าที่ 3	98,247	7	1/4/2016 เวลา 0:00:00
ร้านค้าที่ 4	297,400	7	20/3/2016 เวลา 0:00:00
ร้านค้าที่ 5	318,997	7	20/3/2016 เวลา 0:00:00
ร้านค้าที่ 6	133,260	7	20/3/2016 เวลา 0:00:00
ร้านค้าที่ 7	266,814	7	20/3/2016 เวลา 0:00:00
ร้านค้าที่ 8	33,757	7	20/3/2016 เวลา 0:00:00

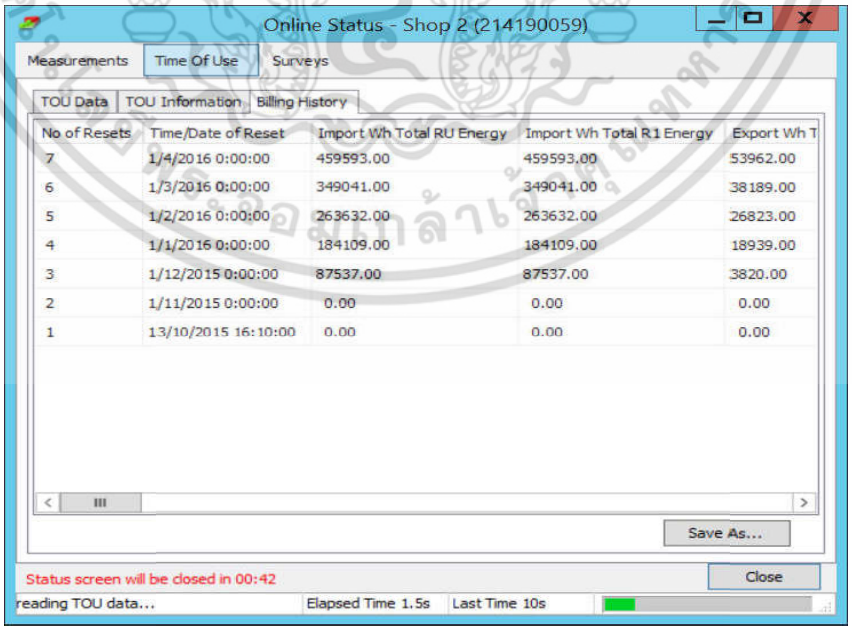
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 ผลการออนไลน์ค่าพลังงานรายเดือน

ผลการออนไลน์ค่าพลังงานรายเดือน (Billing History) ของมิเตอร์วัดค่าพลังงานสามารถเข้าใช้งานผ่านโปรแกรมมัลติไดร์ซอร์ฟแวร์สามารถแสดงผลการออนไลน์ค่าพลังงานรายเดือนของมิเตอร์วัดค่าพลังงานทั้ง 8 ร้านค้า โดยแสดงผลตามลำดับดังนี้

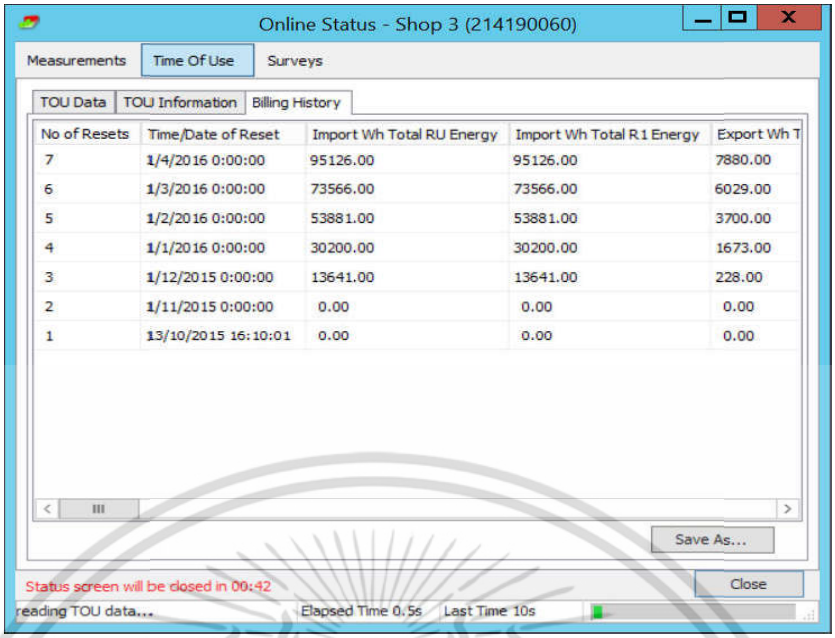


รูปที่ 4.51 ผลการออนไลน์ค่าพลังงานรายเดือน ร้านค้าที่ 1

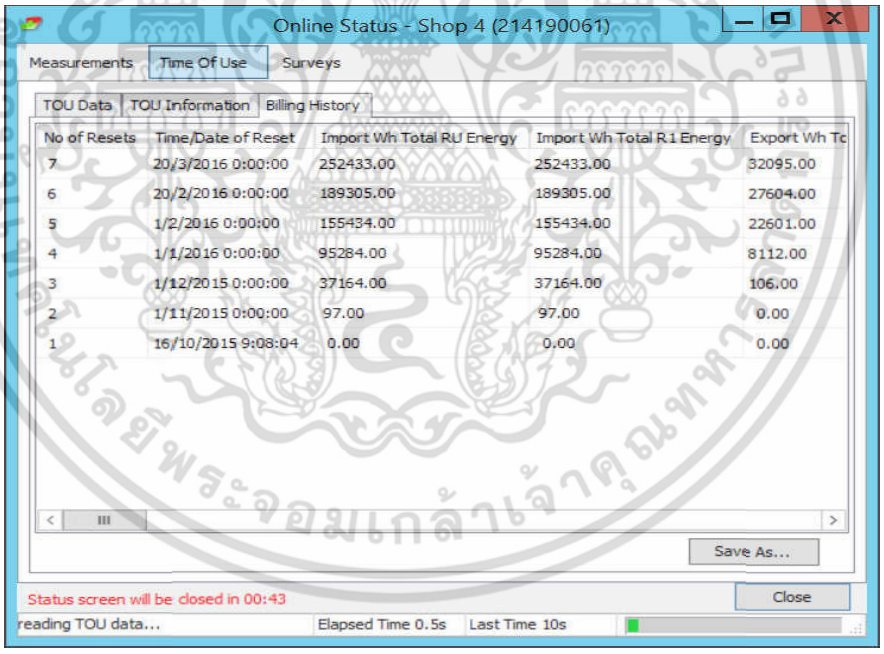


รูปที่ 4.52 ผลการออนไลน์ค่าพลังงานรายเดือน ร้านค้าที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

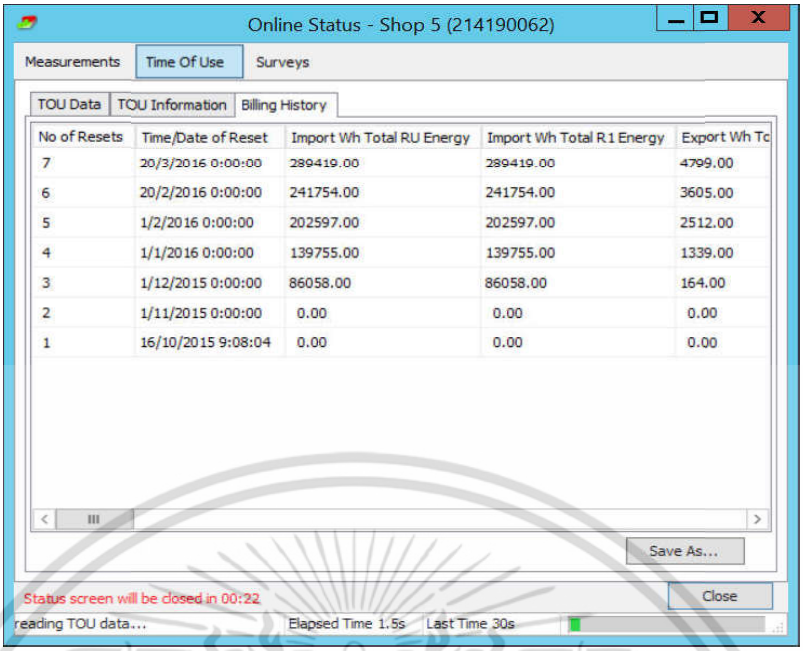


รูปที่ 4.53 ผลการออนไลน์ค่าพลังงานรายเดือน ร้านค้าที่ 3

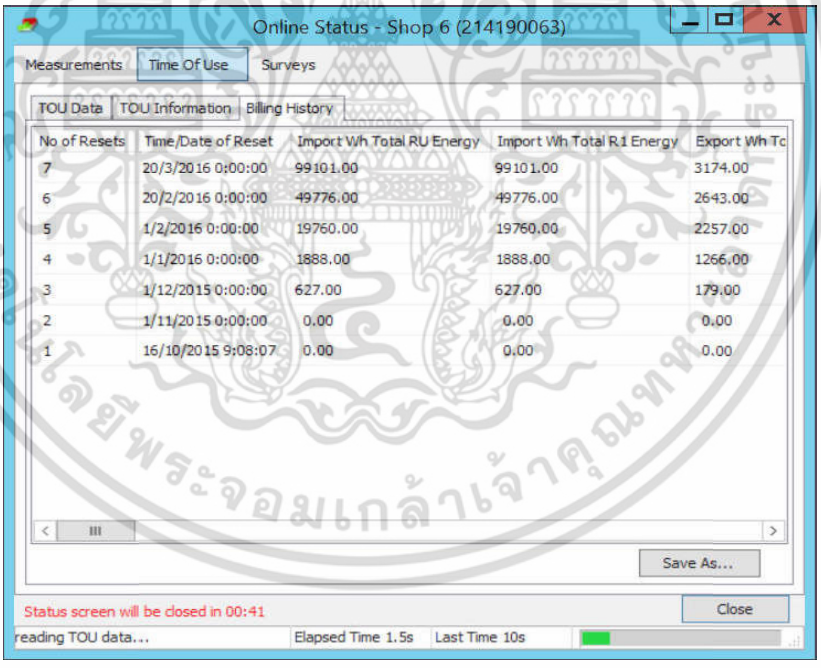


รูปที่ 4.54 ผลการออนไลน์ค่าพลังงานรายเดือน ร้านค้าที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

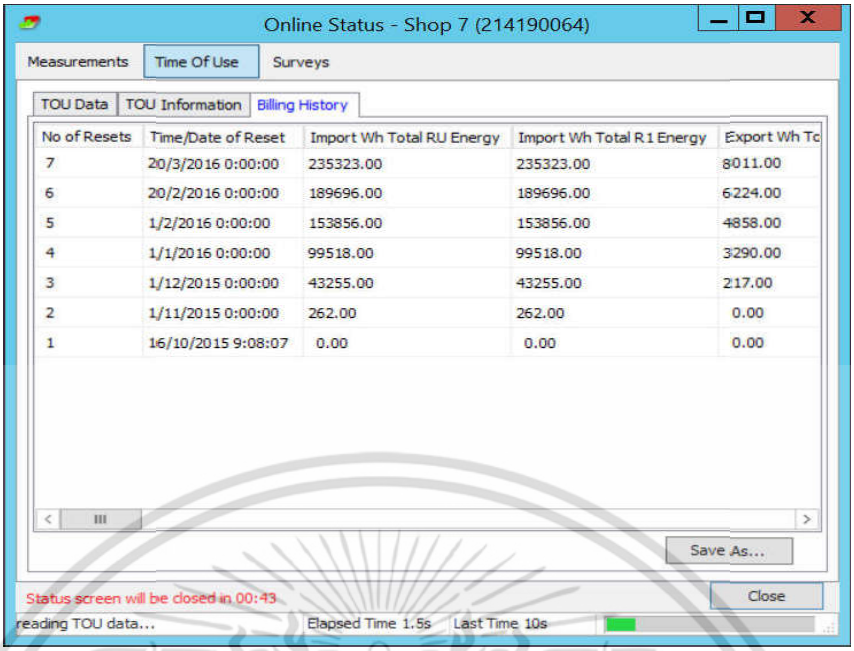


รูปที่ 4.55 ผลการออนไลน์ค่าพลังงานรายเดือน ร้านค้าที่ 5

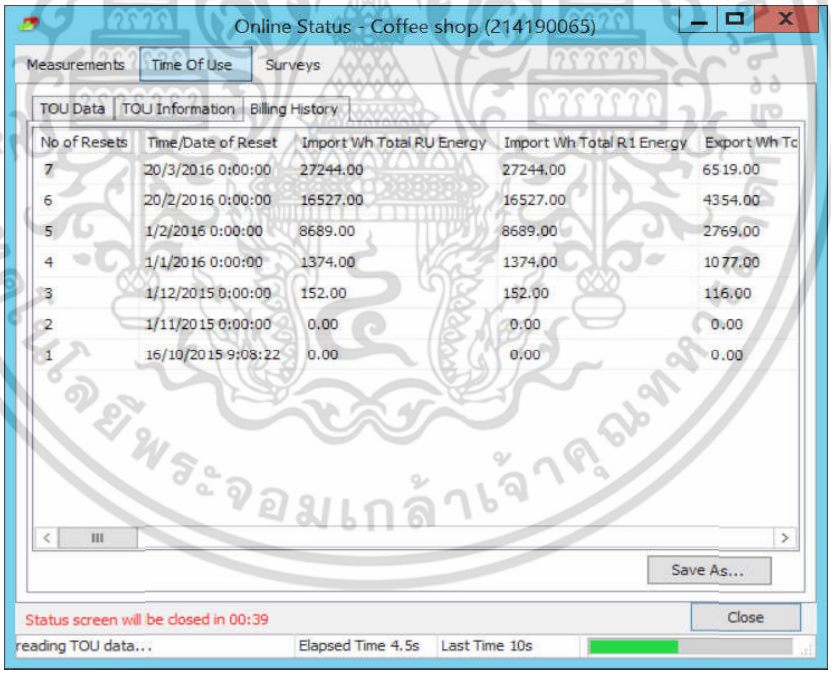


รูปที่ 4.56 ผลการออนไลน์ค่าพลังงานรายเดือน ร้านค้าที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.57 ผลการออนไลน์ค่าพลังงานรายเดือน ร้านค้าที่ 7



รูปที่ 4.58 ผลการออนไลน์ค่าพลังงานรายเดือน ร้านค้าที่ 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเก็บค่าพลังงานรายเดือนของมิเตอร์วัดค่าพลังงานจะทำการเก็บค่าอัตโนมัติทุกๆวันที่ 1 เวลา 00:00 นาที แต่สามารถสั่งให้ตัดหน่วยในช่วงเดือนได้หากมีการเปลี่ยนย้ายการติดตั้งมิเตอร์หรือมีการดับไฟเพื่อกระทำการใดๆก็จะสามารถทำการตัดหน่วยได้โดยการกดปุ่ม Billing ที่หน้าจอแสดงผลของมิเตอร์หรือการตัดหน่วยผ่านโปรแกรมโดยจะสามารถสรุปหน่วยของมิเตอร์ทั้ง 8 ร้านค้าได้โดยจะแสดงให้เห็นค่าพลังงานใน 3 เดือน คือ มกราคม กุมภาพันธ์ มีนาคม โดยสรุปได้ดังตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 ผลการออนไลน์ค่าพลังงานรายเดือนทั้ง 8 ร้านค้า

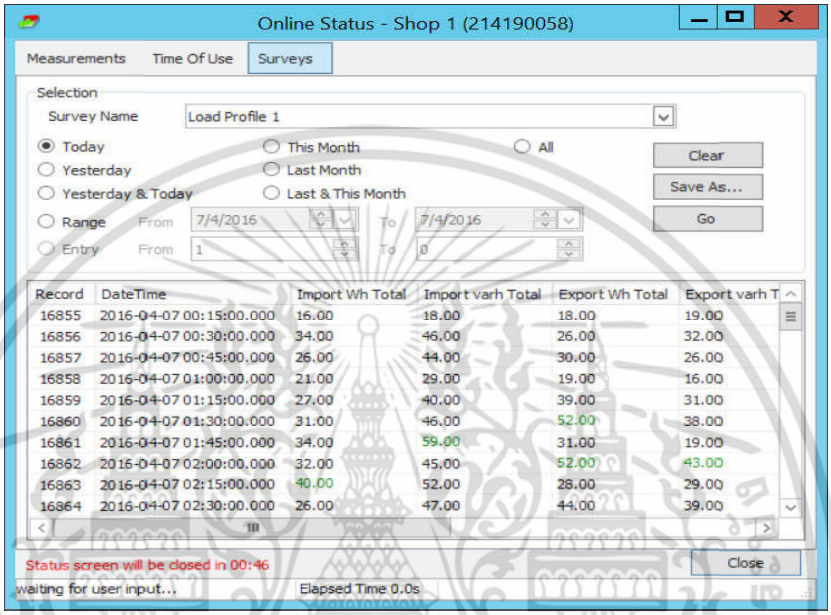
ลำดับ	หมายเลขมิเตอร์	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม
ร้านค้า 1	214190058	146,205	137,844	162,371
ร้านค้า 2	214190059	79,523	85,409	110,552
ร้านค้า 3	214190060	23,681	19,685	21,560
ร้านค้า 4	214190061	60,150	56,496	74,097
ร้านค้า 5	214190062	62,842	51,161	56,432
ร้านค้า 6	214190063	17,872	44,931	57,099
ร้านค้า 7	214190064	54,338	49,335	53,916
ร้านค้า 8	214190065	7,315	11,083	12,923

สรุปผลจากตารางที่ 4.14 เป็นการแสดงผลค่าพลังงานในเดือน มกราคม กุมภาพันธ์ และมีนาคม โดยในแต่ละเดือนค่าพลังงานที่วัดได้มีความใกล้เคียงกันซึ่งจะเห็นว่าค่าพลังงานเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในทุกๆเดือน

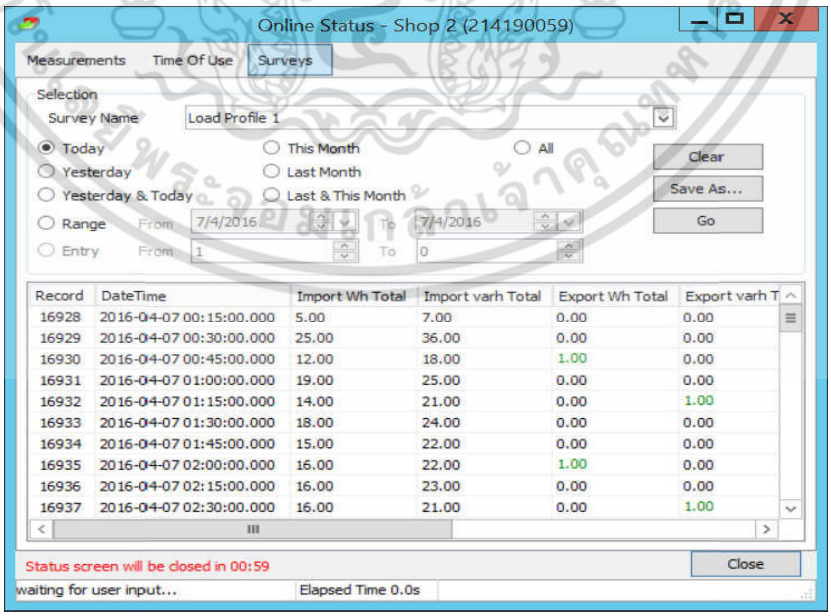
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3 ผลการออนไลน์ค่าพลังงานโปรไฟล์ 15 นาที

ผลการออนไลน์ค่าพลังงานโปรไฟล์ 15 นาที สามารถทำได้โดยการเข้าใช้งานผ่านโปรแกรมมัลติไดร์ ซอร์ฟแวร์โดยสามารถ แสดงผลการออนไลน์ค่าพลังงานโปรไฟล์ทุกๆ 15 นาที ของมิเตอร์วัดค่าพลังงานไฟฟ้า โดยจะแสดงผลตามลำดับดังนี้

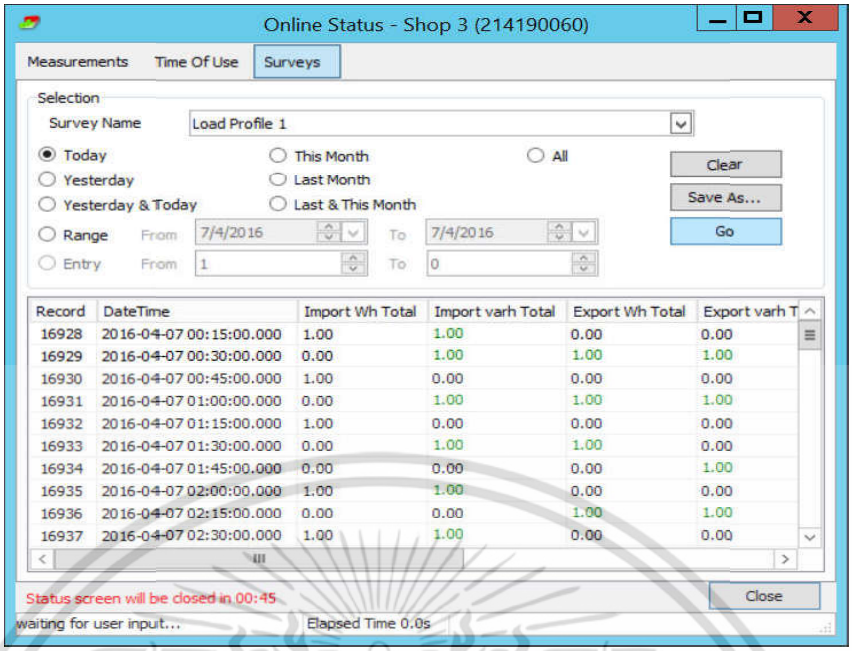


รูปที่ 4.59 ผลการออนไลน์ค่าพลังงานทุกๆ15 นาที ร้านค้าที่ 1

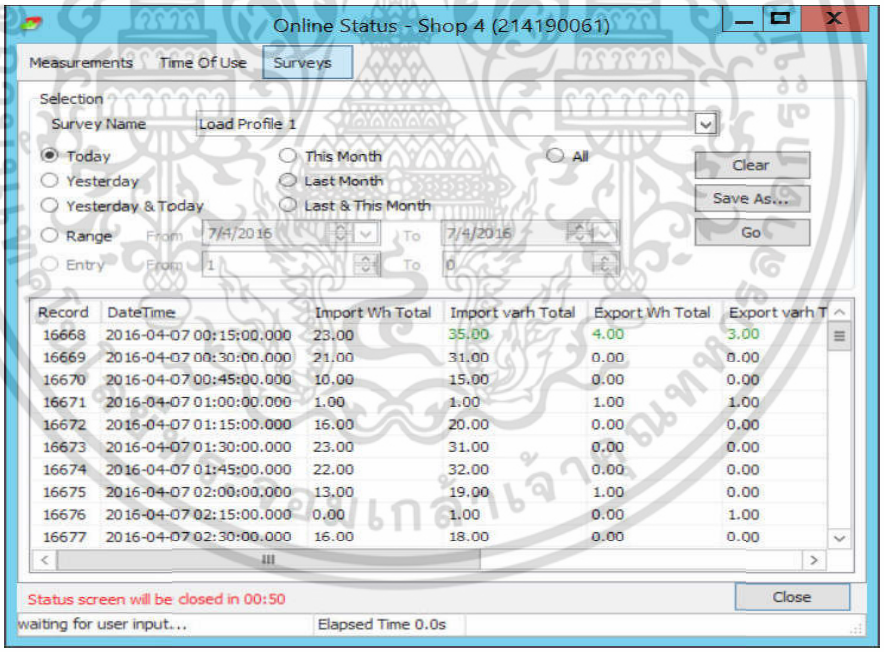


รูปที่ 4.60 ผลการออนไลน์ค่าพลังงานทุกๆ 15 นาที ร้านค้าที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

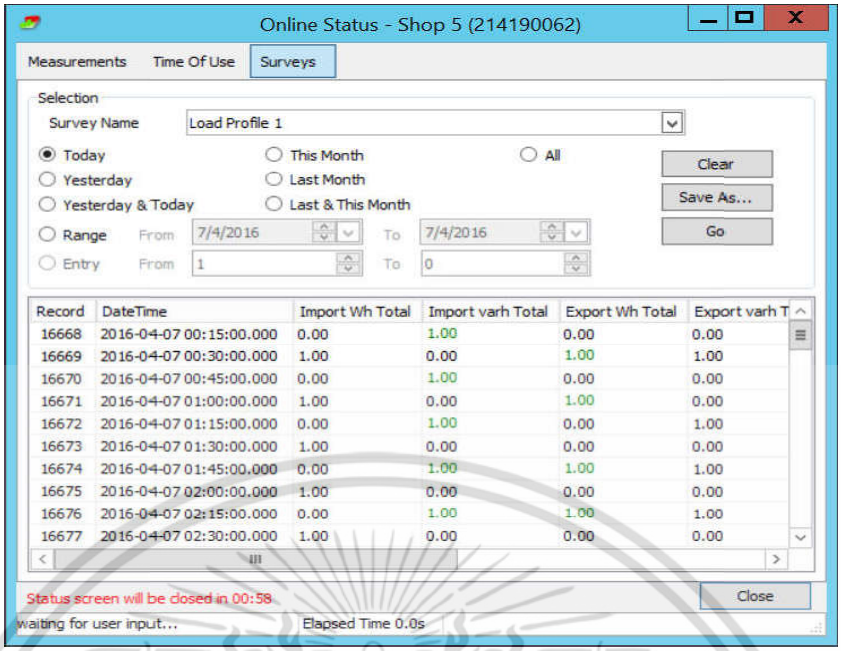


รูปที่ 4.61 ผลการออนไลน์ค่าพลังงานทุกๆ 15 นาที ร้านค้าที่ 3

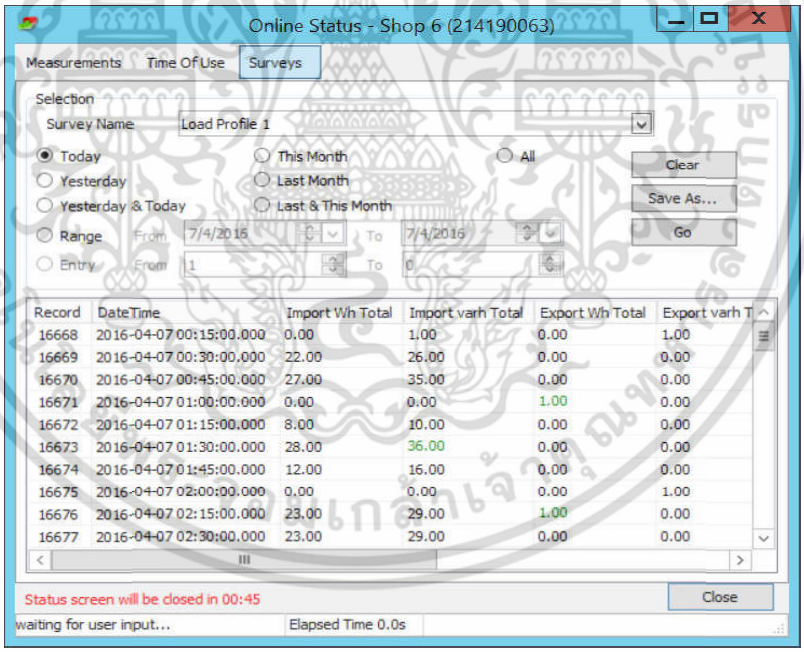


รูปที่ 4.62 ผลการออนไลน์ค่าพลังงานทุกๆ 15 นาที ร้านค้าที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

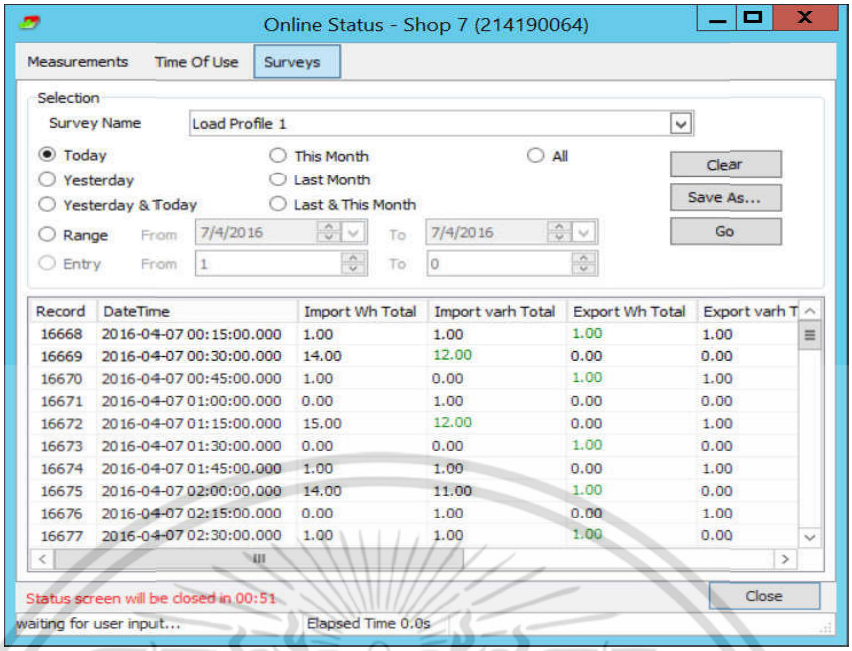


รูปที่ 4.63 ผลการออนไลน์ค่าพลังงานทุกๆ 15 นาที ร้านค้าที่ 5

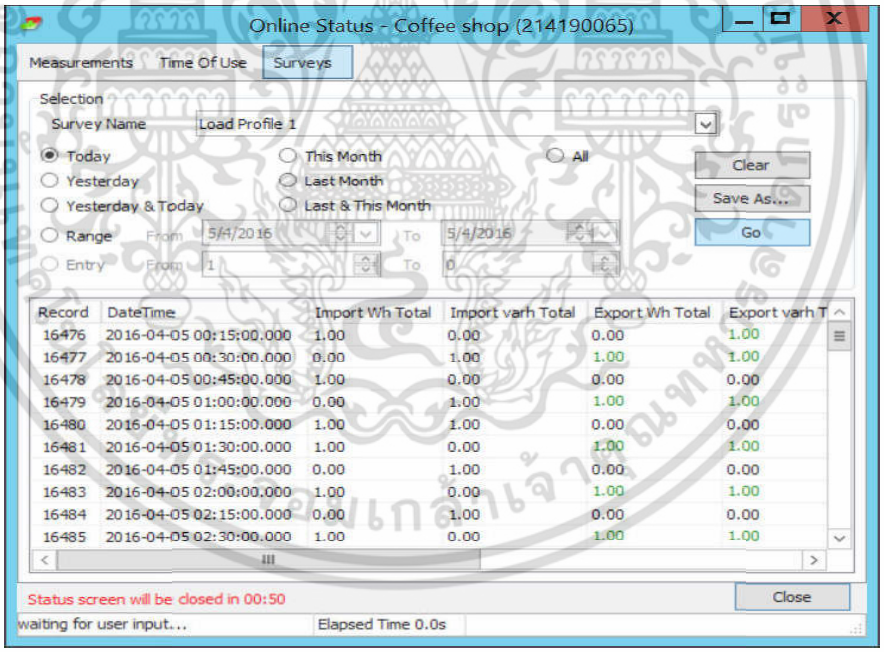


รูปที่ 4.64 ผลการออนไลน์ค่าพลังงานทุกๆ 15 นาที ร้านค้าที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.65 ผลการออนไลน์ค่าพลังงานทุกๆ 15 นาที ร้านค้าที่ 7



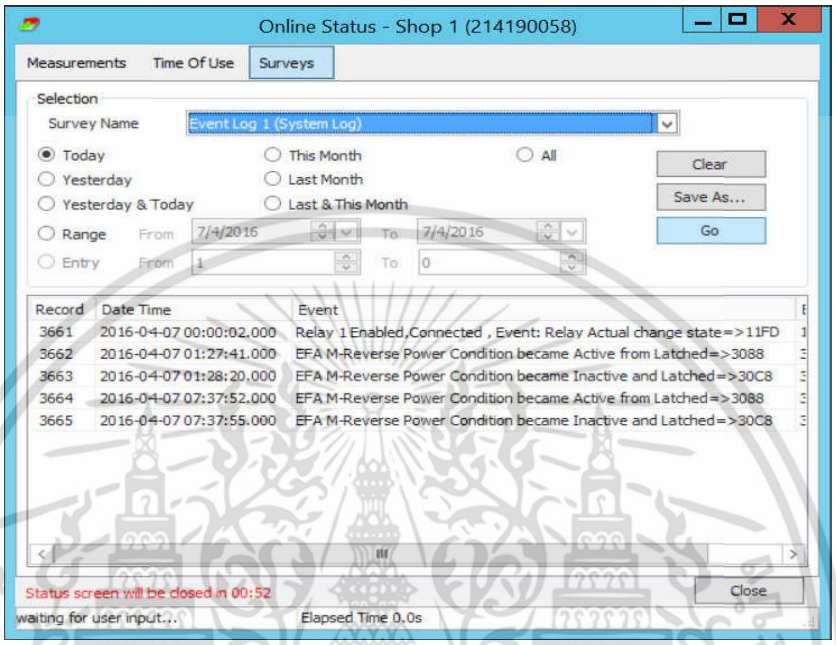
รูปที่ 4.66 ผลการออนไลน์ค่าพลังงานทุกๆ 15 นาที ร้านค้าที่ 8

สรุปผลการออนไลน์ผลพลังงานทุกๆ 15 นาทีแสดงดังรูปที่ 4.59 ถึง รูปที่ 4.66 สามารถทำการออนไลน์ได้ครบทั้ง 8 ร้านค้า การแสดงผลค่าพลังงานสามารถทำการเลือกช่วงเวลาในการแสดงผลของพลังงานได้และสามารถทำการบันทึกข้อมูลเป็นเอกสารได้ การเก็บค่าพลังงานใน 1 วัน เก็บผลทั้งหมด 96 Record จึงไม่สามารถแสดงผลได้ทั้งหมดโดยจะแสดงผลไว้ใน หัวข้อที่ 4.4

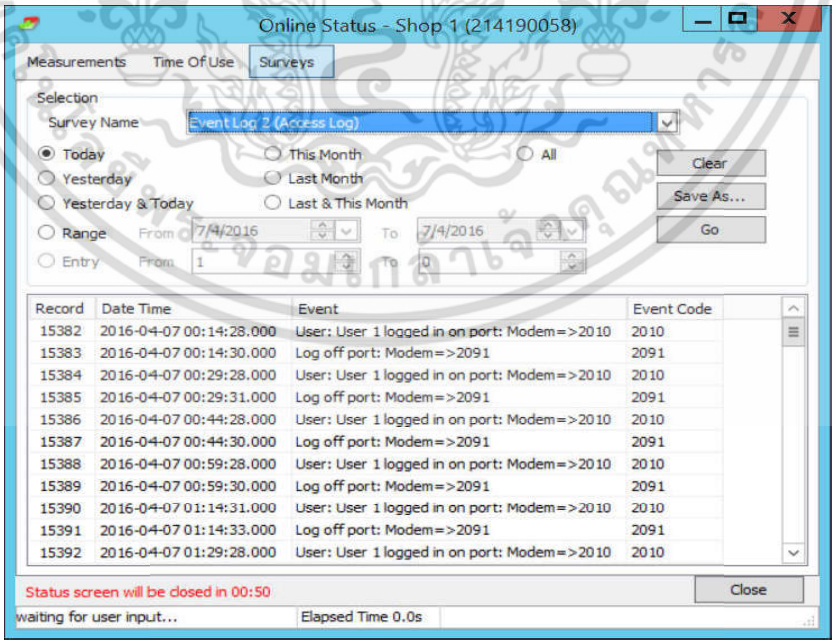
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.4 ผลการออนไลน์การเก็บค่าการแจ้งเตือนและการเข้าใช้งาน

ผลการออนไลน์การเก็บค่าการแจ้งเตือนและการเข้าใช้งานสามารถทำได้โดยการเข้าใช้งานผ่านโปรแกรมมัลติไดร์ซอร์ฟแวร์สามารถแสดงผลออนไลน์ตามลำดับดังนี้

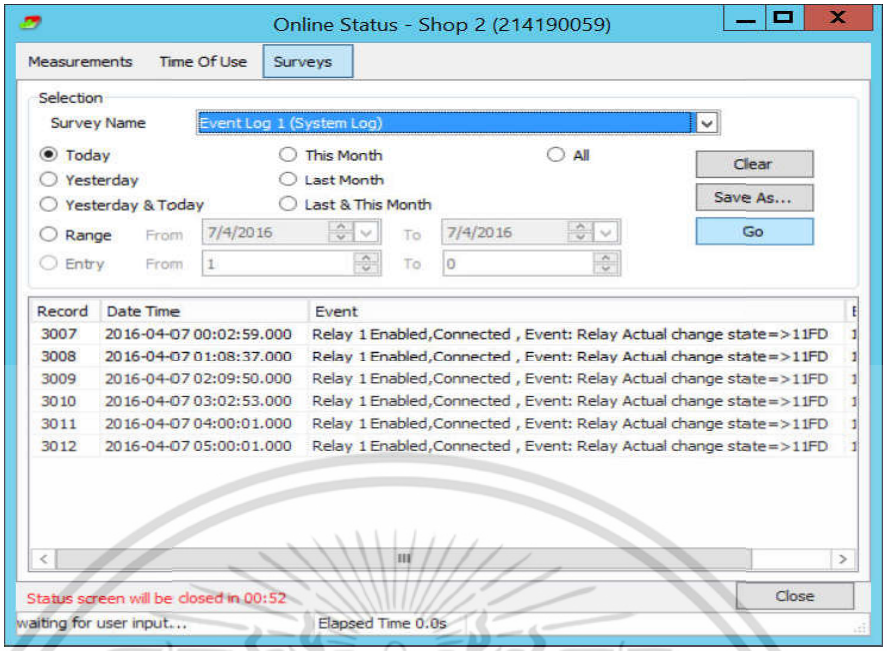


รูปที่ 4.67 ผลการออนไลน์บันทึกการแจ้งเตือน ร้านค้าที่ 1

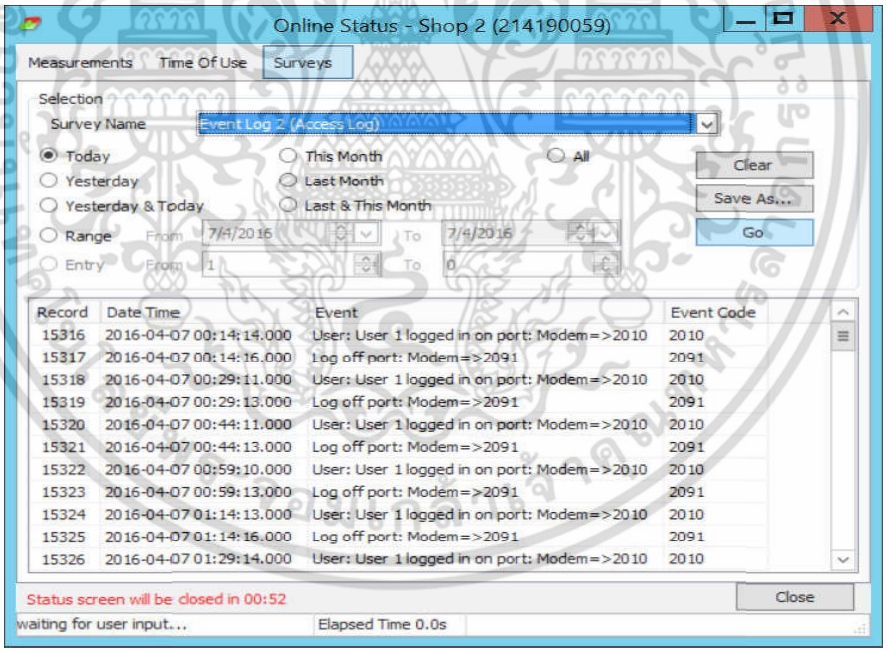


รูปที่ 4.68 ผลการออนไลน์บันทึกการเข้าใช้งาน ร้านค้าที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

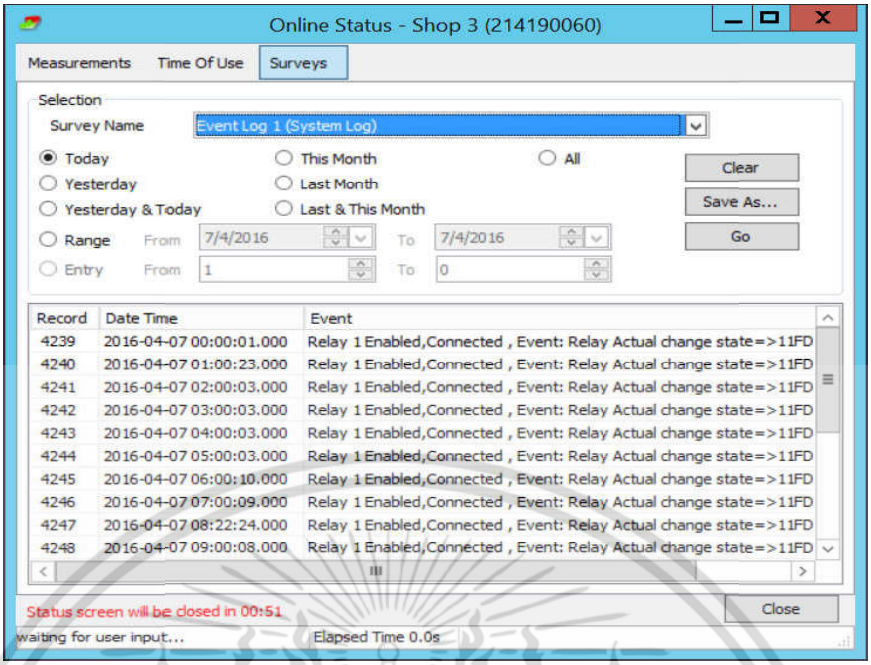


รูปที่ 4.69 ผลการออนไลน์บันทึกการแจ้งเตือน ร้านค้าที่ 2

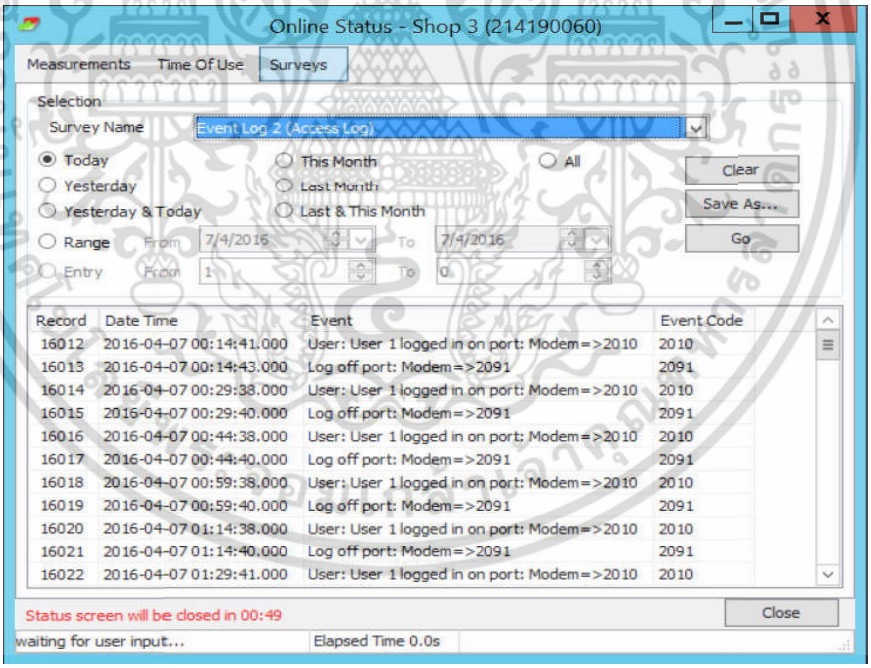


รูปที่ 4.70 ผลการออนไลน์บันทึกการเข้าใช้งาน ร้านค้าที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

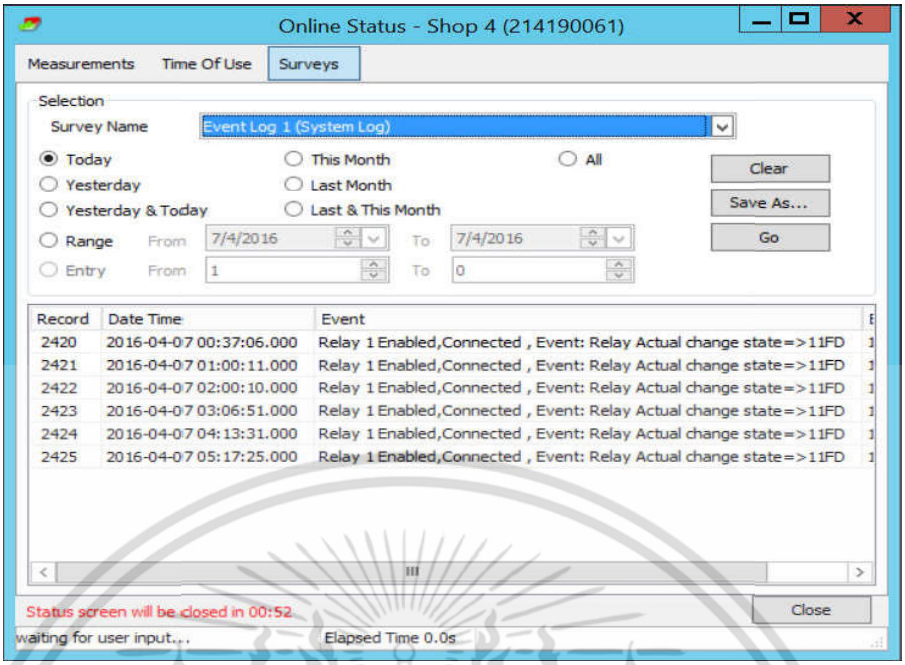


รูปที่ 4.71 ผลการออนไลน์บันทึกการแจ้งเตือน ร้านค้าที่ 3

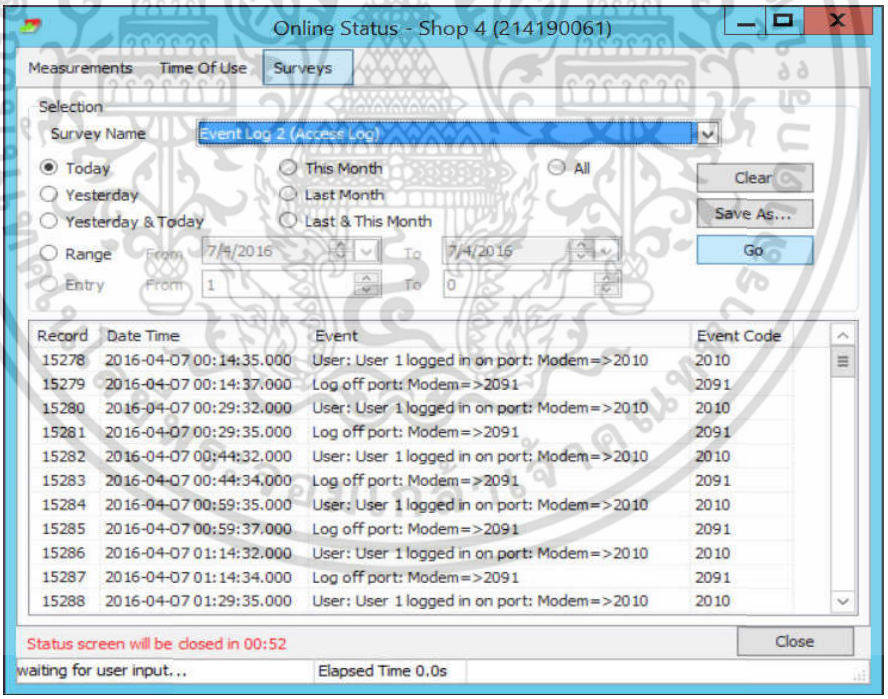


รูปที่ 4.72 ผลการออนไลน์บันทึกการเข้าใช้งาน ร้านค้าที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

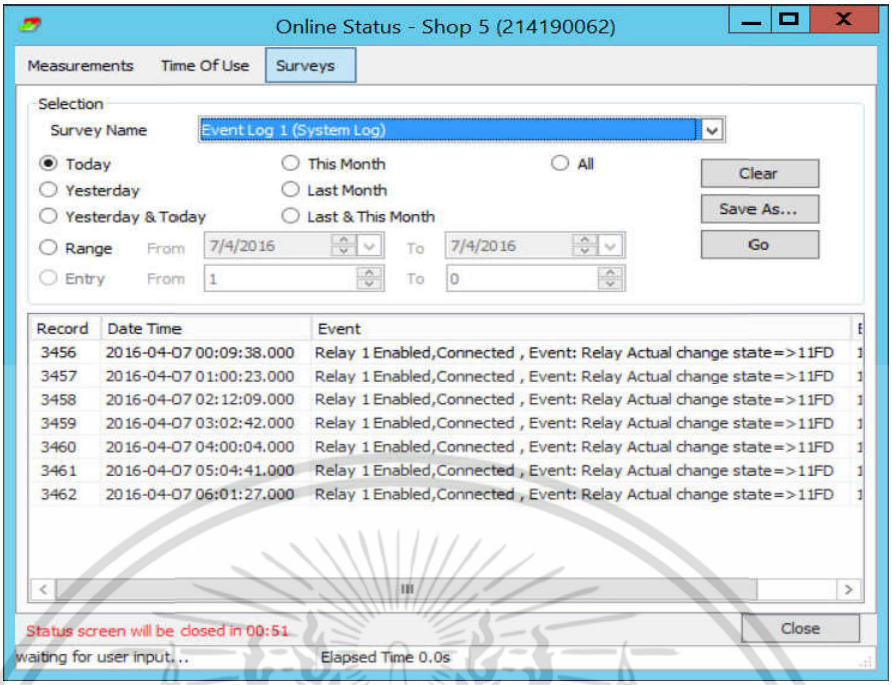


รูปที่ 4.73 ผลการออนไลน์บันทึกการแจ้งเตือน ร้านค้าที่ 4

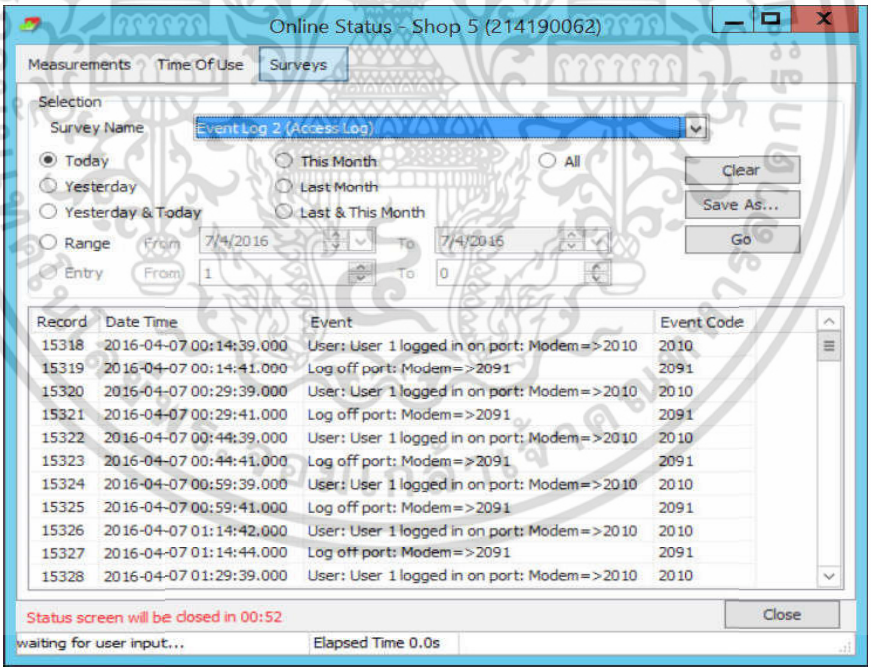


รูปที่ 4.74 ผลการออนไลน์บันทึกการเข้าใช้งาน ร้านค้าที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

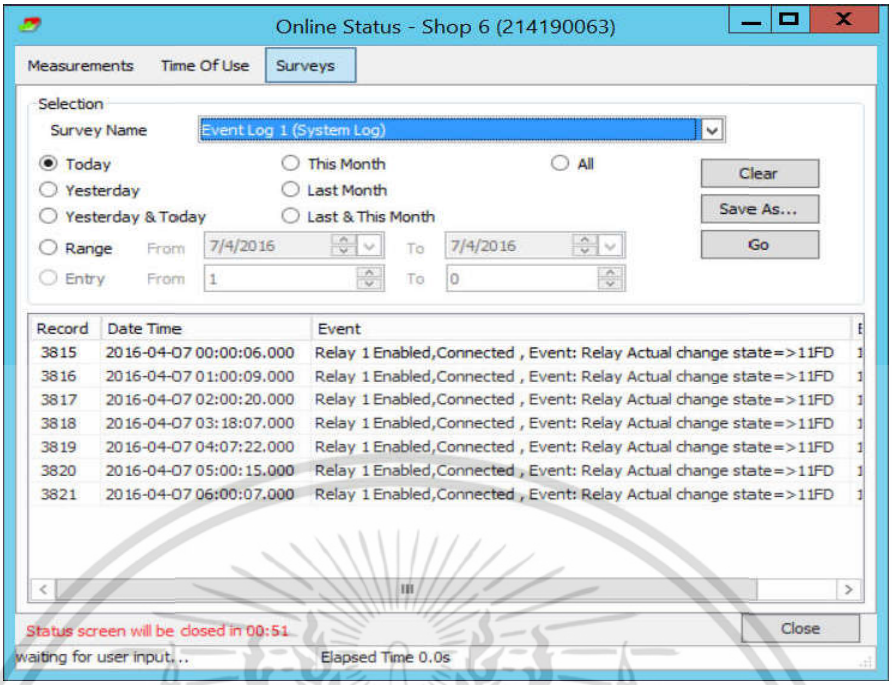


รูปที่ 4.75 ผลการออนไลน์บันทึกการแจ้งเตือน ร้านค้าที่ 5

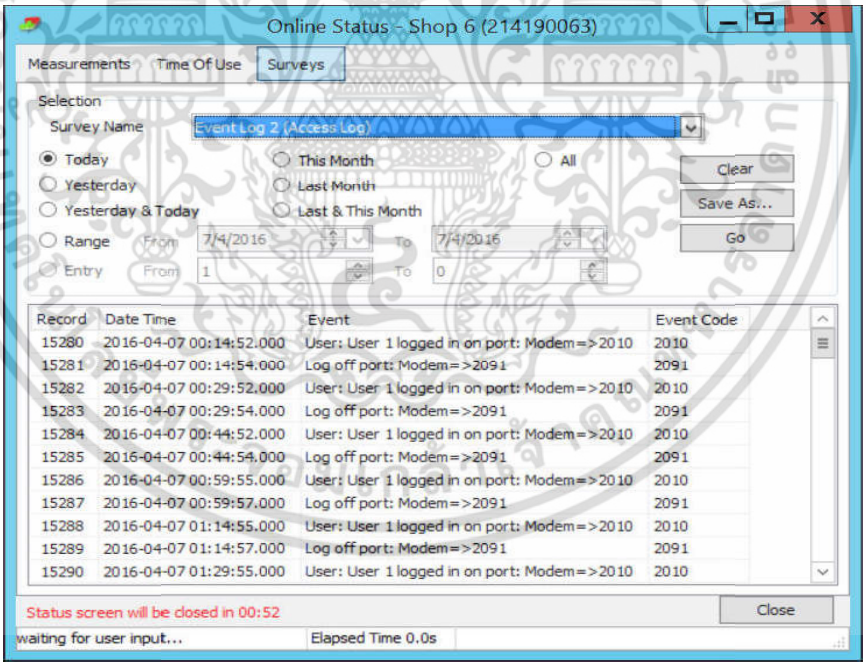


รูปที่ 4.76 ผลการออนไลน์บันทึกการเข้าใช้งาน ร้านค้าที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

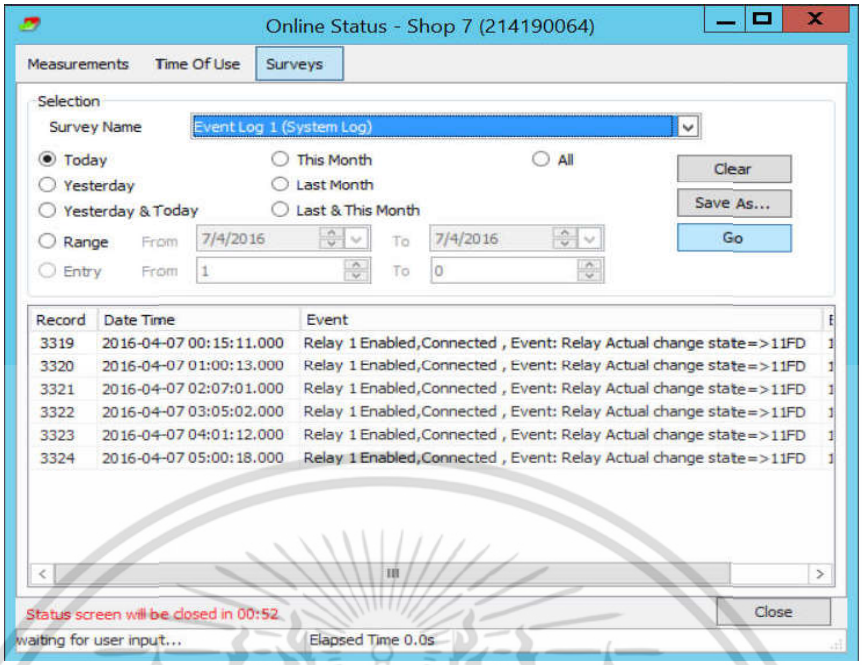


รูปที่ 4.77 ผลการออนไลน์บันทึกการแจ้งเตือน ร้านค้าที่ 6

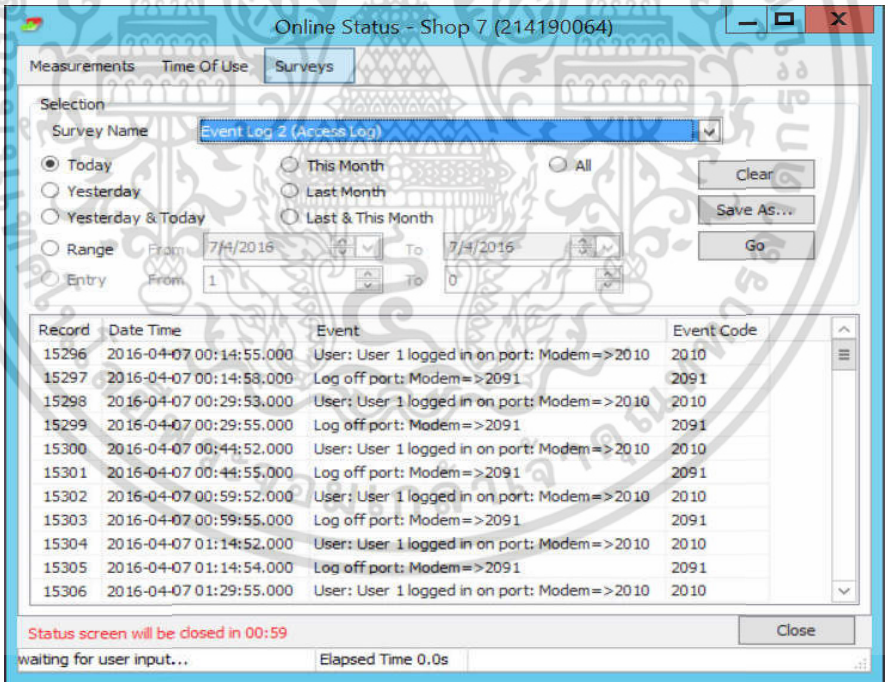


รูปที่ 4.78 ผลการออนไลน์บันทึกการเข้าใช้งาน ร้านค้าที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

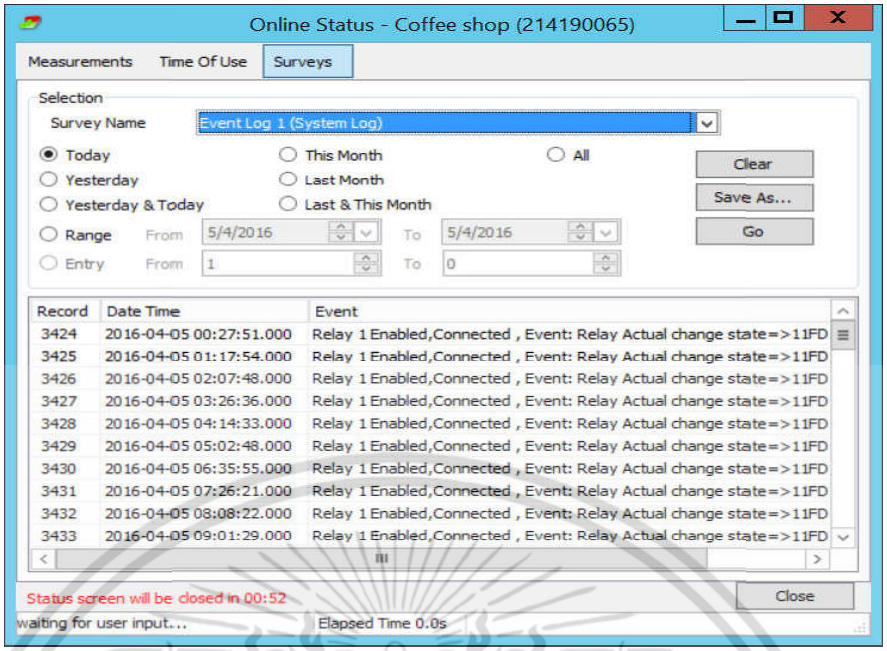


รูปที่ 4.79 ผลการออนไลน์บันทึกการแจ้งเตือน ร้านค้าที่ 7

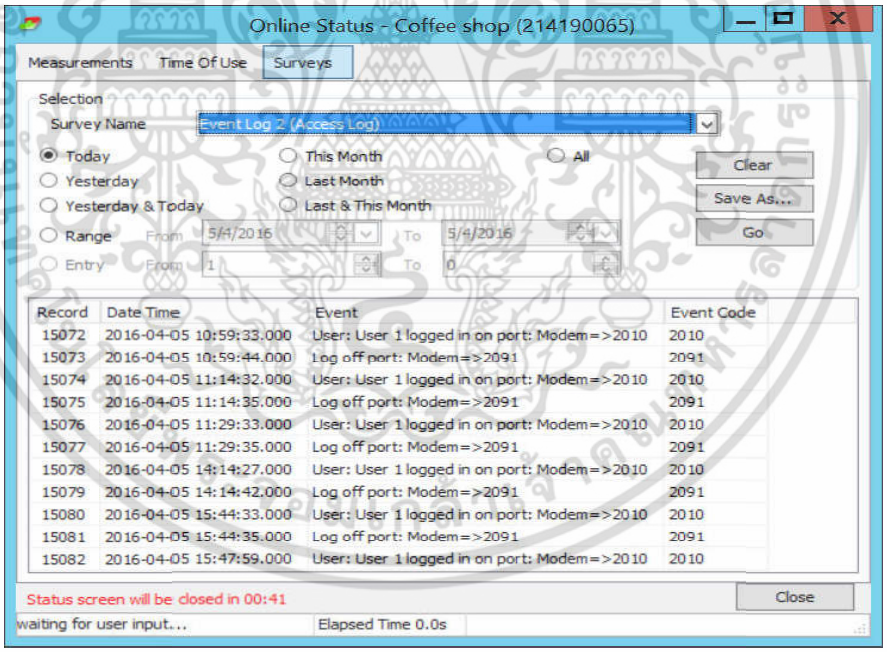


รูปที่ 4.80 ผลการออนไลน์บันทึกการเข้าใช้งาน ร้านค้าที่ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.81 ผลการออนไลน์บันทึกการแจ้งเตือน ร้านค้าที่ 8



รูปที่ 4.82 ผลการออนไลน์บันทึกการเข้าใช้งาน ร้านค้าที่ 8

สรุปผลการออนไลน์การแจ้งเตือนค่าความผิดปกติและการบันทึกการเข้าใช้งานมิเตอร์ผ่านโปรแกรมสามารถแสดงผลออนไลน์ได้ทั้ง 8 ร้านค้าผลที่ได้จะระบุถึงเหตุการณ์ต่างๆที่เกิดขึ้นรวมถึงระบุชื่อผู้ที่เข้าใช้งานในวันเวลาใดโดยแสดงผลดังรูปที่ 4.67 ถึง รูปที่ 4.82

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ผลการบันทึกข้อมูลพลังงานไฟฟ้า

ในหัวข้อนี้จะอธิบายถึงผลข้อมูลต่างๆที่สามารถบันทึกออกมาในรูปแบบของเอกสารได้ โดยจะแสดงการบันทึกข้อมูลพลังงานได้2 รูปแบบ ได้แก่ ไฟล์ Text และ ไฟล์ Excel โดยค่าที่สามารถบันทึกได้ คือ ผลการบันทึกค่าพลังงานรวมของมิเตอร์วัดค่าพลังงานไฟฟ้า (Time Of Use, TOU) ผลผลการบันทึกค่าพลังงานรายเดือน (Billing History) การบันทึกค่าพลังงานโปรไฟล์ 15 นาที (Load Profile) และ ผลการบันทึกการเก็บค่าการแจ้งเตือนและการเข้าใช้งาน (Even Log) โดยจะแบ่งเนื้อหาออกเป็นดังนี้

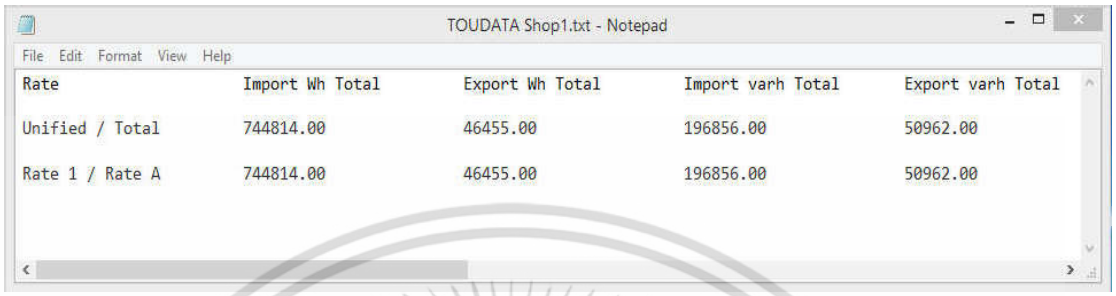
1. ผลการบันทึกค่าพลังงานรวมของมิเตอร์วัดค่าพลังงาน
2. ผลการบันทึกค่าพลังงานรายเดือน
3. ผลการบันทึกค่าพลังงานโปรไฟล์ 15 นาที
4. ผลการบันทึกการเก็บค่าการแจ้งเตือนและการเข้าใช้งาน

ผลการบันทึกที่สามารถบันทึกได้มีจำนวนมากจึงจะทำการแสดงผลไว้เพียง 1 ร้านค้าโดยจะยกตัวอย่างผลการบันทึกของร้านขายอาหารร้านค้าที่ 1 จะแสดงทั้งหมด 4 หัวข้อตามที่กล่าวมาข้างต้น

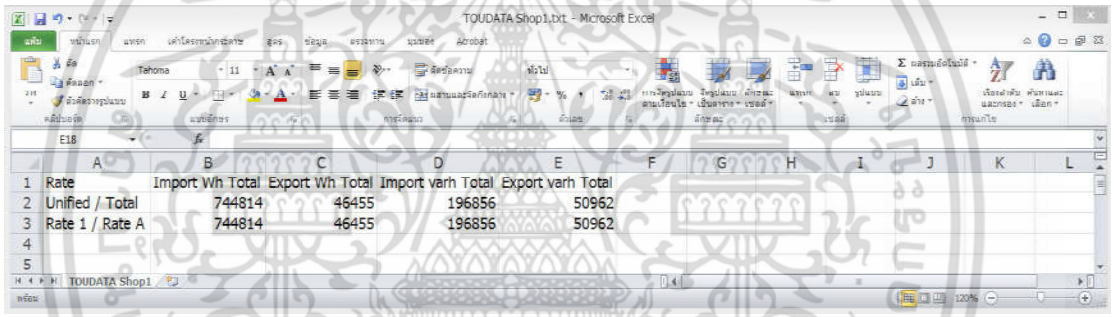
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.1 ผลการบันทึกค่าพลังงานรวมของมิเตอร์วัดค่าพลังงาน

ผลการบันทึกค่าพลังงานรวมระบบจะทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่มิเตอร์เริ่มใช้งานจนถึงปัจจุบัน โดยในหัวข้อนี้จะแสดงการบันทึกข้อมูลของร้านค้าที่ 1 ดังนี้



รูปที่ 4.83 ผลการบันทึกค่าพลังงานรวมแบบไฟล์ Text



รูปที่ 4.84 ผลการบันทึกค่าพลังงานรวม แบบไฟล์ Excel

สรุปผลการบันทึกข้อมูลพลังงานรวมสามารถบันทึกข้อมูลได้ทั้ง 2 แบบ คือ ไฟล์ Text และไฟล์ Excel โดยแสดงผลข้อมูลไว้ดังรูปที่ 4.83 และ รูปที่ 4.84

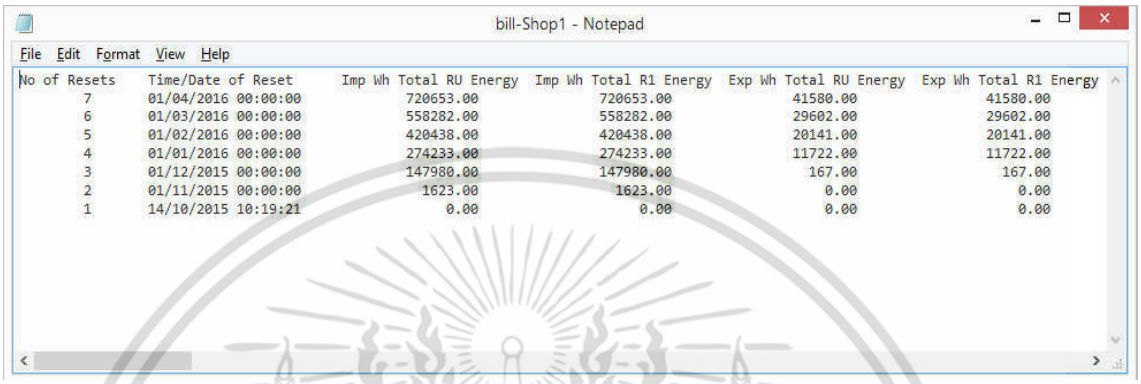
Unified / Total คือ ค่ารวมพลังงานของทุกอัตราการคิดค่าใช้จ่าย

Rate 1 / Rate A คือ ค่าพลังงานแยกอัตราซึ่งในระบบไฟฟ้า 1 เฟสจะมีอัตราเดียว

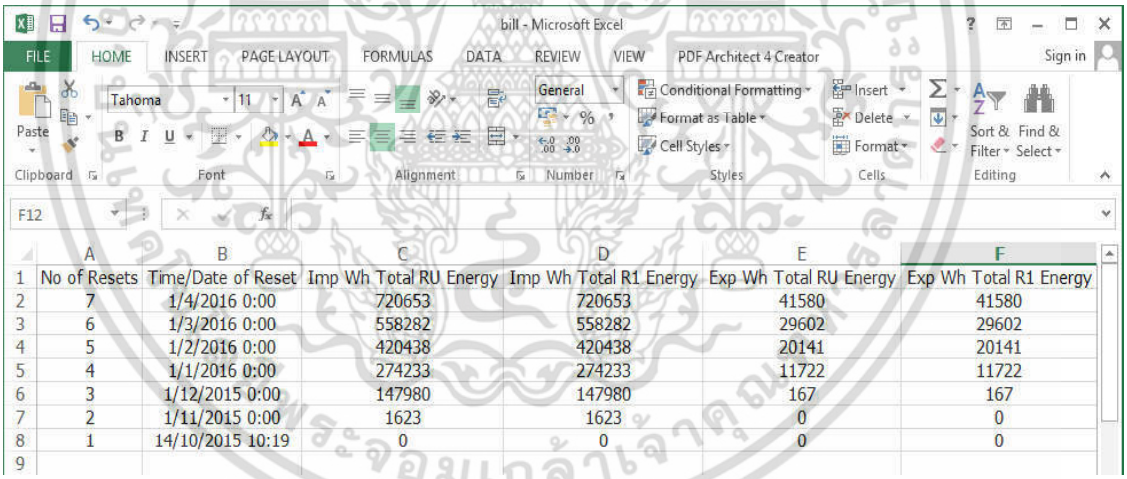
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2 ผลการบันทึกค่าพลังงานรายเดือน

การบันทึกค่าพลังงานรายเดือน ระบบจะทำการเก็บข้อมูลทุกเดือนเดือนละ 1 บรรทัดโดยจะเก็บข้อมูลทุกๆวันที่ 1 ของทุกเดือน เวลา 00:00 นาที โดยใน 1 เดือนจะเก็บ 1 บรรทัด และใน 1 ปี ระบบจะเก็บข้อมูล 12 บรรทัด โดยในหัวข้อนี้จะขอแสดงผลของร้านค้าที่ 1 ดังนี้



รูปที่ 4.85 ผลการบันทึกค่าพลังงานรายเดือน แบบไฟล์ Text



รูปที่ 4.86 ผลการบันทึกค่าพลังงานรายเดือน แบบไฟล์ Excel

สรุปผลการบันทึกข้อมูลพลังงานรายเดือนสามารถบันทึกข้อมูลได้ทั้ง 2 แบบ คือ ไฟล์ Text และ ไฟล์ Excel สามารถตัดหน่วยแบบรายเดือนได้ในเวลาที่ตรงกันในทุกๆเดือน มีข้อดีคือได้รับข้อมูลพลังงานที่ถูกต้องตรงเวลาทำให้ลดความผิดพลาดในการนำไปใช้ประโยชน์โดยแสดงผลไว้ดังรูปที่ 4.85 และ รูปที่ 4.86

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.3 ผลการบันทึกค่าพลังงานโปรไฟล์ทุกๆ 15 นาที

การบันทึกค่าพลังงานโปรไฟล์ทุกๆ 15 นาทีระบบจะทำการเก็บข้อมูลทุกๆ 15 นาทีใน 1 วัน ระบบจะเก็บข้อมูลทั้งหมด 96 บรรทัด และใน 1 เดือนระบบจะเก็บข้อมูล 2,880 บรรทัดโดยแสดงตัวอย่างผลการบันทึกพลังงานโปรไฟล์ทุกๆ 15 นาทีในวันที่ 1 มกราคม 2559 เวลา 08:00-17:00 น. โดยในหัวข้อนี้จะขอแสดงผลของร้านค้าที่ 1 ดังนี้

SHOP1 - Notepad

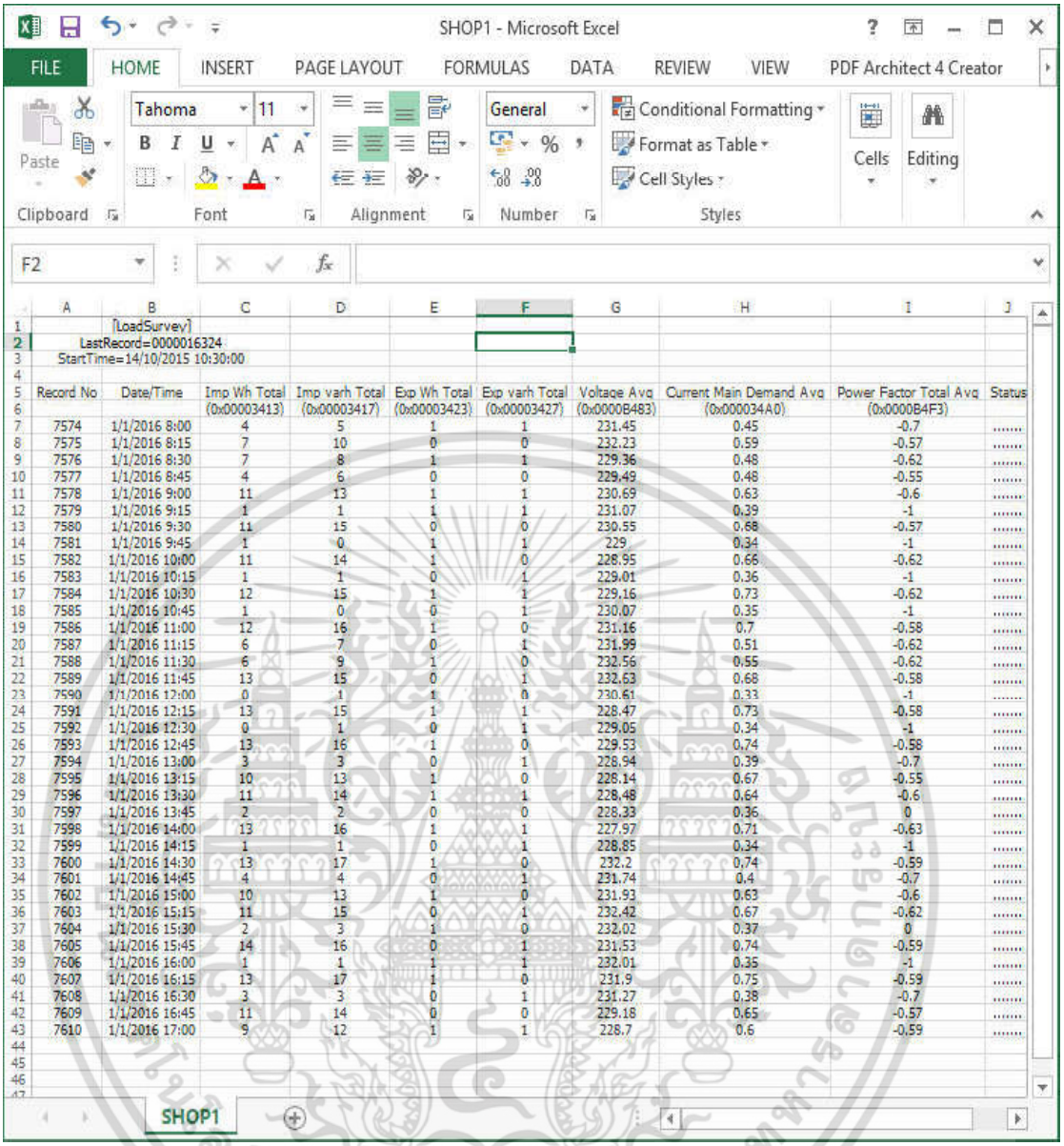
File Edit Format View Help

```
[LoadSurvey]
LastRecord=0000016324
StartTime=14/10/2015 10:30:00
```

Record No	Date/Time (0x00003413)	Imp Wh Total (0x00003417)	Imp varh Total (0x00003423)	Exp Wh Total (0x00003427)	Exp varh Total (0x0000B483)	Voltage Avg (0x000034A0)	Current Main Demand Avg (0x0000B4F3)	Power
7574	01/01/2016 08:00:00	4.00	5.00	1.00	1.00	231.45	0.45	-0.70
7575	01/01/2016 08:15:00	7.00	10.00	0.00	0.00	232.23	0.59	-0.57
7576	01/01/2016 08:30:00	7.00	8.00	1.00	1.00	229.36	0.48	-0.62
7577	01/01/2016 08:45:00	4.00	6.00	0.00	0.00	229.49	0.48	-0.55
7578	01/01/2016 09:00:00	11.00	13.00	1.00	1.00	230.69	0.63	-0.60
7579	01/01/2016 09:15:00	1.00	1.00	1.00	1.00	231.07	0.39	-1.00
7580	01/01/2016 09:30:00	11.00	15.00	0.00	0.00	230.55	0.68	-0.57
7581	01/01/2016 09:45:00	1.00	0.00	1.00	1.00	229.00	0.34	-1.00
7582	01/01/2016 10:00:00	11.00	14.00	1.00	0.00	228.95	0.66	-0.62
7583	01/01/2016 10:15:00	1.00	1.00	0.00	1.00	229.01	0.36	-1.00
7584	01/01/2016 10:30:00	12.00	15.00	1.00	1.00	229.16	0.73	-0.62
7585	01/01/2016 10:45:00	1.00	0.00	0.00	1.00	230.07	0.35	-1.00
7586	01/01/2016 11:00:00	12.00	16.00	1.00	0.00	231.16	0.70	-0.58
7587	01/01/2016 11:15:00	6.00	7.00	0.00	1.00	231.99	0.51	-0.62
7588	01/01/2016 11:30:00	6.00	9.00	1.00	0.00	232.56	0.55	-0.62
7589	01/01/2016 11:45:00	13.00	15.00	0.00	1.00	232.63	0.68	-0.58
7590	01/01/2016 12:00:00	0.00	1.00	1.00	0.00	230.61	0.33	-1.00
7591	01/01/2016 12:15:00	13.00	15.00	1.00	1.00	228.47	0.73	-0.58
7592	01/01/2016 12:30:00	0.00	1.00	0.00	1.00	229.05	0.34	-1.00
7593	01/01/2016 12:45:00	13.00	16.00	1.00	0.00	229.53	0.74	-0.58
7594	01/01/2016 13:00:00	3.00	3.00	0.00	1.00	228.94	0.39	-0.70
7595	01/01/2016 13:15:00	10.00	13.00	1.00	0.00	228.14	0.67	-0.55
7596	01/01/2016 13:30:00	11.00	14.00	1.00	1.00	228.48	0.64	-0.60
7597	01/01/2016 13:45:00	2.00	2.00	0.00	0.00	228.33	0.36	0.00
7598	01/01/2016 14:00:00	13.00	16.00	1.00	1.00	227.97	0.71	-0.63
7599	01/01/2016 14:15:00	1.00	1.00	0.00	1.00	228.85	0.34	-1.00
7600	01/01/2016 14:30:00	13.00	17.00	1.00	0.00	232.20	0.74	-0.59
7601	01/01/2016 14:45:00	4.00	4.00	0.00	1.00	231.74	0.40	-0.70
7602	01/01/2016 15:00:00	10.00	13.00	1.00	0.00	231.93	0.63	-0.60
7603	01/01/2016 15:15:00	11.00	15.00	0.00	1.00	232.42	0.67	-0.62
7604	01/01/2016 15:30:00	2.00	3.00	1.00	0.00	232.02	0.37	0.00
7605	01/01/2016 15:45:00	14.00	16.00	0.00	1.00	231.53	0.74	-0.59
7606	01/01/2016 16:00:00	1.00	1.00	1.00	1.00	232.01	0.35	-1.00
7607	01/01/2016 16:15:00	13.00	17.00	1.00	0.00	231.90	0.75	-0.59
7608	01/01/2016 16:30:00	3.00	3.00	0.00	1.00	231.27	0.38	-0.70
7609	01/01/2016 16:45:00	11.00	14.00	0.00	0.00	229.18	0.65	-0.57
7610	01/01/2016 17:00:00	9.00	12.00	1.00	1.00	228.70	0.60	-0.59

รูปที่ 4.87 ผลการบันทึกค่าพลังงานโปรไฟล์ทุก 15 นาที แบบไฟล์ Text

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



SHOP1 - Microsoft Excel

[LoadSurvey]
LastRecord=0000016324
StartTime=14/10/2015 10:30:00

Record No	Date/Time	Imp Wh Total (0x00003413)	Imp varh Total (0x00003417)	Exp Wh Total (0x00003423)	Exp varh Total (0x00003427)	Voltage Avg (0x0000B483)	Current Main Demand Avg (0x000034A0)	Power Factor Total Avg (0x0000B4F3)	Status
7574	1/1/2016 8:00	4	5	1	1	231.45	0.45	-0.7	.....
7575	1/1/2016 8:15	7	10	0	0	232.23	0.59	-0.57	.....
7576	1/1/2016 8:30	7	8	1	1	229.36	0.48	-0.62	.....
7577	1/1/2016 8:45	4	6	0	0	229.49	0.48	-0.55	.....
7578	1/1/2016 9:00	11	13	1	1	230.69	0.63	-0.6	.....
7579	1/1/2016 9:15	1	1	1	1	231.07	0.39	-1	.....
7580	1/1/2016 9:30	11	15	0	0	230.55	0.68	-0.57	.....
7581	1/1/2016 9:45	1	0	1	1	229	0.34	-1	.....
7582	1/1/2016 10:00	11	14	1	0	228.95	0.66	-0.62	.....
7583	1/1/2016 10:15	1	1	0	1	229.01	0.36	-1	.....
7584	1/1/2016 10:30	12	15	1	1	229.16	0.73	-0.62	.....
7585	1/1/2016 10:45	1	0	0	1	230.07	0.35	-1	.....
7586	1/1/2016 11:00	12	16	1	0	231.16	0.7	-0.58	.....
7587	1/1/2016 11:15	6	7	0	1	231.99	0.51	-0.62	.....
7588	1/1/2016 11:30	6	9	1	0	232.56	0.55	-0.62	.....
7589	1/1/2016 11:45	13	15	0	1	232.63	0.68	-0.58	.....
7590	1/1/2016 12:00	0	1	1	0	230.61	0.33	-1	.....
7591	1/1/2016 12:15	13	15	1	1	228.47	0.73	-0.58	.....
7592	1/1/2016 12:30	0	1	0	1	229.05	0.34	-1	.....
7593	1/1/2016 12:45	13	16	1	0	229.53	0.74	-0.58	.....
7594	1/1/2016 13:00	3	3	0	1	228.94	0.39	-0.7	.....
7595	1/1/2016 13:15	10	13	1	0	228.14	0.67	-0.55	.....
7596	1/1/2016 13:30	11	14	1	1	228.48	0.64	-0.6	.....
7597	1/1/2016 13:45	2	2	0	0	228.33	0.36	0	.....
7598	1/1/2016 14:00	13	16	1	1	227.97	0.71	-0.63	.....
7599	1/1/2016 14:15	1	1	0	1	228.85	0.34	-1	.....
7600	1/1/2016 14:30	13	17	1	0	232.2	0.74	-0.59	.....
7601	1/1/2016 14:45	4	4	0	1	231.74	0.4	-0.7	.....
7602	1/1/2016 15:00	10	13	1	0	231.93	0.63	-0.6	.....
7603	1/1/2016 15:15	11	15	0	1	232.42	0.67	-0.62	.....
7604	1/1/2016 15:30	2	3	1	0	232.02	0.37	0	.....
7605	1/1/2016 15:45	14	16	0	1	231.53	0.74	-0.59	.....
7606	1/1/2016 16:00	1	1	1	1	232.01	0.35	-1	.....
7607	1/1/2016 16:15	13	17	1	0	231.9	0.75	-0.59	.....
7608	1/1/2016 16:30	3	3	0	1	231.27	0.38	-0.7	.....
7609	1/1/2016 16:45	11	14	0	0	229.18	0.65	-0.57	.....
7610	1/1/2016 17:00	9	12	1	1	228.7	0.6	-0.59	.....

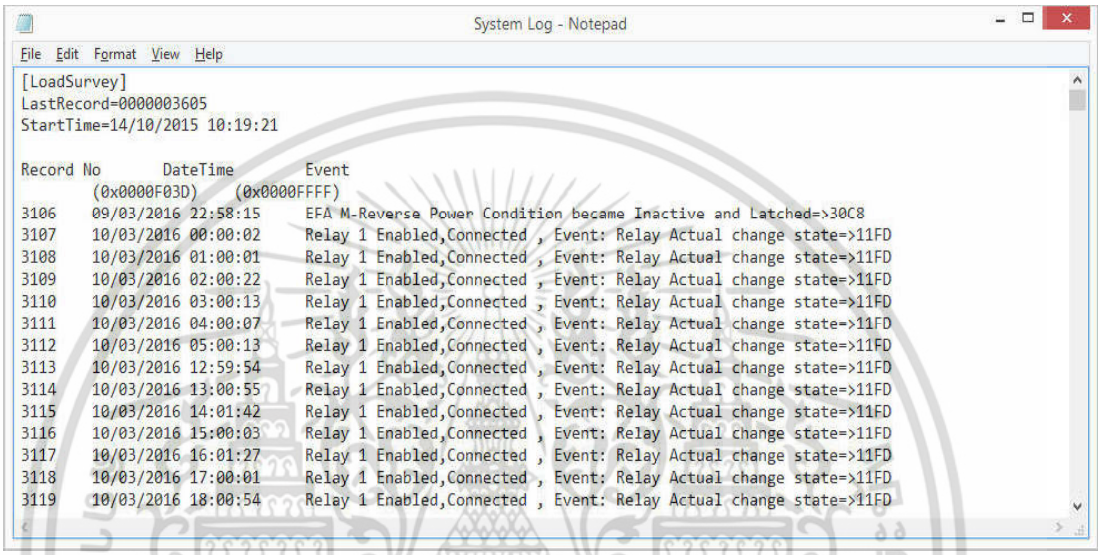
รูปที่ 4.88 ผลการบันทึกค่าพลังงานโปรไฟล์ทุก 15 นาที แบบไฟล์ Excel

สรุปผลข้อมูลพลังงานโปรไฟล์ทุก 15 นาที ที่บันทึกได้สามารถทำการบันทึกในรูปแบบของไฟล์ Text และ Excel ได้จริง ข้อดีคือทำให้เกิดความสะดวกในการนำผลข้อมูลไปใช้งานเพื่อประโยชน์ต่อไปได้อย่างรวดเร็วประหยัดเวลาในการจัดเรียงและผลที่ได้ถูกต้องแม่นยำทำให้ง่ายต่อการวิเคราะห์ข้อมูลเพราะสามารถตรวจสอบช่วงเวลาต่างๆได้ว่าช่วงเวลาใดวันใดใช้พลังงานสูงสุด ทำให้ง่ายต่อการนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่างๆโดยแสดงผลไว้ดังรูปที่ 4.87 และ รูปที่ 4.88

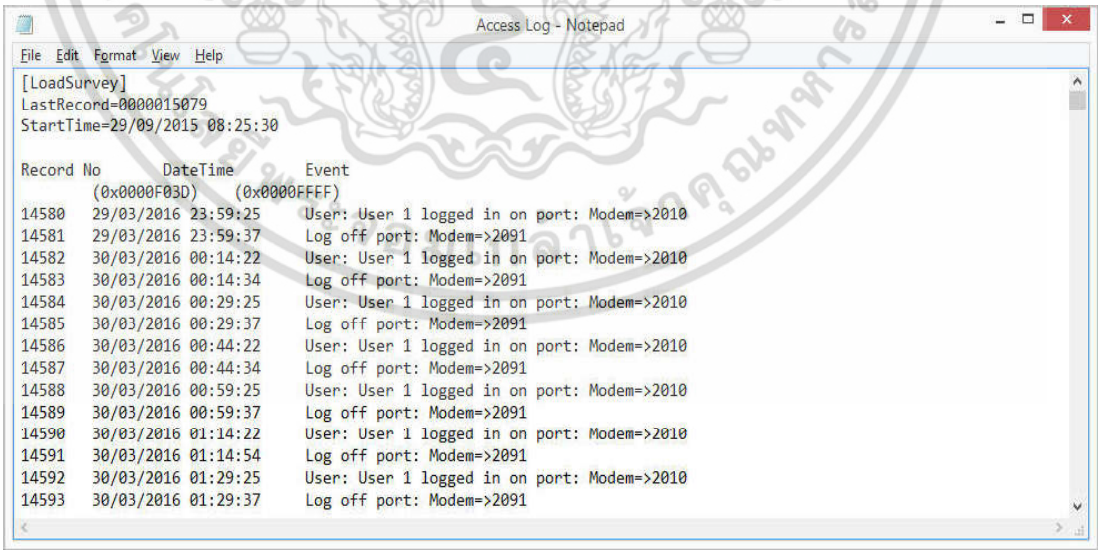
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.4 ผลการบันทึกการเก็บค่าการแจ้งเตือนและการเข้าใช้งาน

การบันทึกการเก็บค่าการแจ้งเตือนและการเข้าใช้งาน ระบบจะทำการเก็บข้อมูลทุกๆครั้งที่มีกำหนดเงื่อนไขไว้ เช่น มีการเข้าโดยการ Login ผ่านโปรแกรม หรือ เกิดเหตุผิดปกติของมิเตอร์วัดค่าพลังงาน โดยจะเก็บค่าทุกๆ 1 บรรทัดต่อ 1 เหตุการณ์ หรือขึ้นอยู่กับทางผู้ใช้งานว่าจะตั้งค่าให้ระบบบันทึกค่าใดบ้าง ในหัวข้อนี้จะขอแสดงผลของร้านค้าที่ 1 ดังนี้

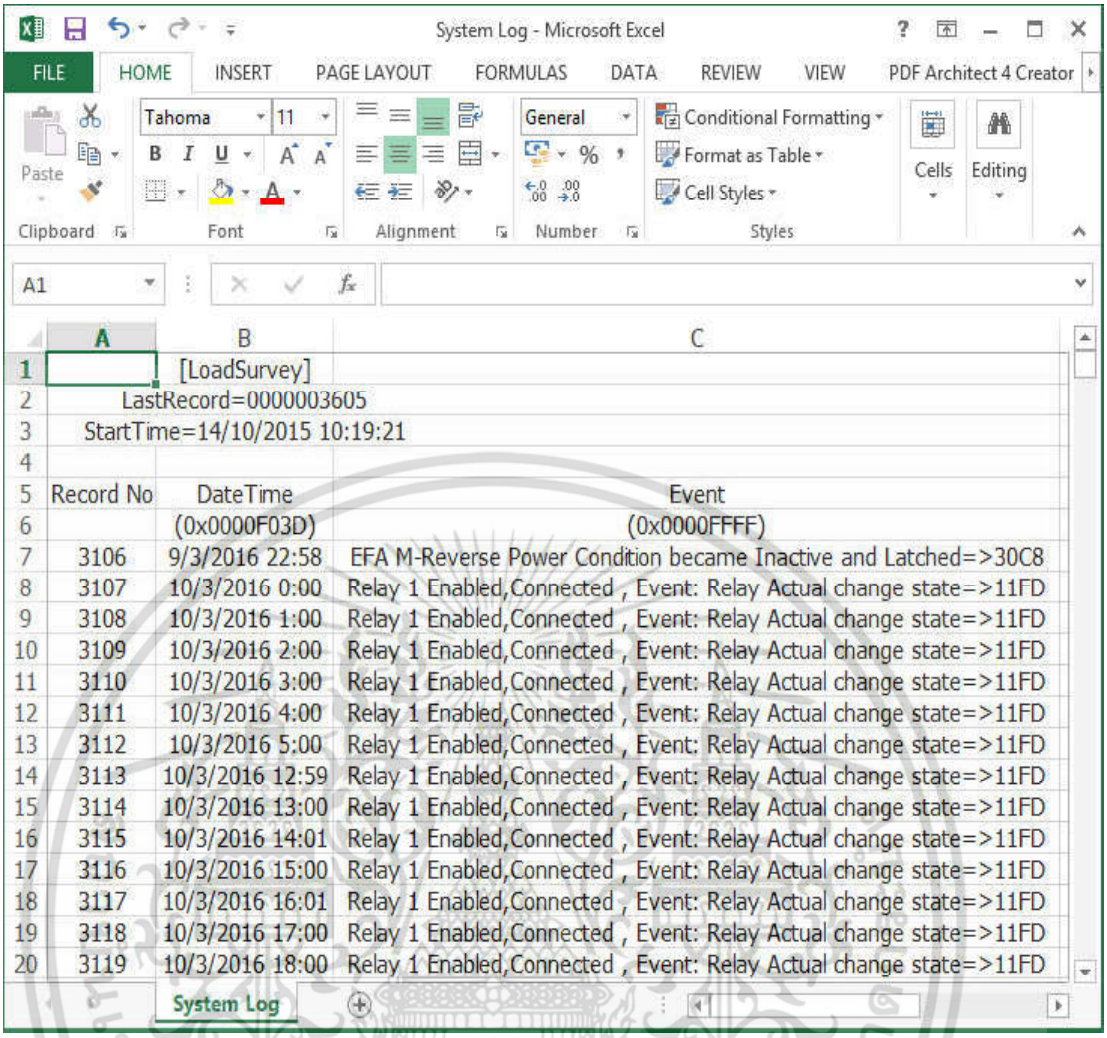


รูปที่ 4.89 ผลการบันทึกการเก็บค่าแจ้งเตือน แบบไฟล์ Text



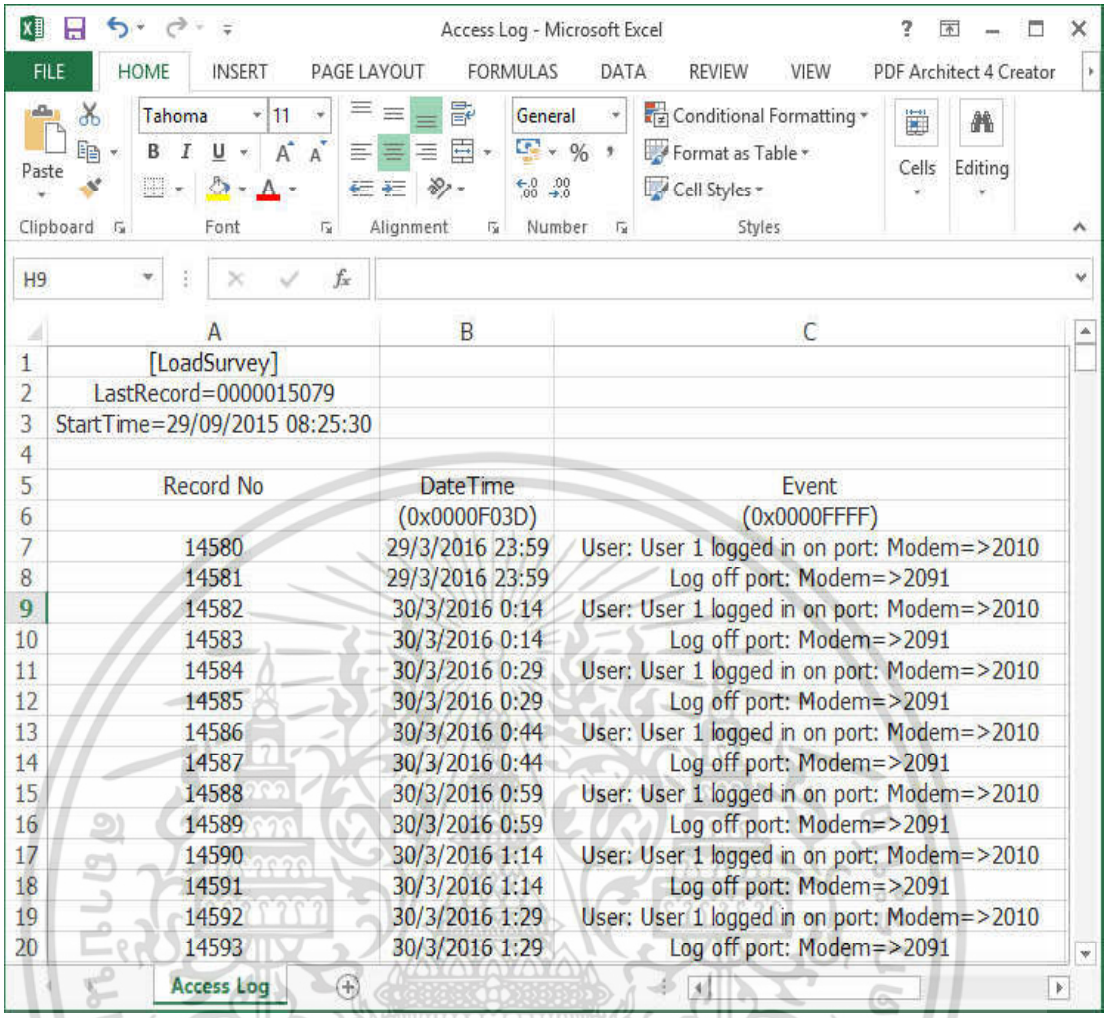
รูปที่ 4.90 ผลการบันทึกการเข้าใช้งาน แบบไฟล์ Text

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.91 ผลการบันทึกการเก็บค่าแจ้งเตือน แบบไฟล์ Excel

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



	A	B	C
1	[LoadSurvey]		
2	LastRecord=0000015079		
3	StartTime=29/09/2015 08:25:30		
4			
5	Record No	DateTime	Event
6		(0x0000F03D)	(0x0000FFFF)
7	14580	29/3/2016 23:59	User: User 1 logged in on port: Modem=>2010
8	14581	29/3/2016 23:59	Log off port: Modem=>2091
9	14582	30/3/2016 0:14	User: User 1 logged in on port: Modem=>2010
10	14583	30/3/2016 0:14	Log off port: Modem=>2091
11	14584	30/3/2016 0:29	User: User 1 logged in on port: Modem=>2010
12	14585	30/3/2016 0:29	Log off port: Modem=>2091
13	14586	30/3/2016 0:44	User: User 1 logged in on port: Modem=>2010
14	14587	30/3/2016 0:44	Log off port: Modem=>2091
15	14588	30/3/2016 0:59	User: User 1 logged in on port: Modem=>2010
16	14589	30/3/2016 0:59	Log off port: Modem=>2091
17	14590	30/3/2016 1:14	User: User 1 logged in on port: Modem=>2010
18	14591	30/3/2016 1:14	Log off port: Modem=>2091
19	14592	30/3/2016 1:29	User: User 1 logged in on port: Modem=>2010
20	14593	30/3/2016 1:29	Log off port: Modem=>2091

รูปที่ 4.92 ผลการบันทึกการเข้าใช้งาน แบบไฟล์ Excel

สรุปผลข้อมูลการแจ้งเตือนเหตุการณ์ผิดปกติ และ การเข้าใช้งานของมิเตอร์วัดค่าพลังงาน สามารถทำการบันทึกได้ในรูปแบบของไฟล์ Text และ Excel ข้อดีคือทำให้เกิดความสะดวกในการตรวจสอบถึงการใช้งานหรือหากเกิดเหตุขัดข้องจะทำให้ทราบถึงที่มาของปัญหาที่เกิดขึ้นได้ทำให้ประหยัดเวลาในการรวบรวมข้อมูล โดยแสดงผลไว้ดังรูปที่ 4.89 และ รูปที่ 4.92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผล

5.1 สรุปผลการทดสอบ

จากการออกแบบระบบเครือข่ายสื่อสารข้อมูลพลังงานผ่านสายไฟฟ้าเพื่อทำการวัดค่าพลังงานที่ใช้ไปของร้านค้าจำนวน 8 ร้านค้า ณ อาคารโรงอาหาร การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย เหมืองแม่เมาะ อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง โดยส่งสัญญาณข้อมูลพลังงานผ่านสายไฟฟ้าในย่านความถี่ 2MHz-30MHz ไปยังอุปกรณ์รวมสัญญาณเพื่อกรองสัญญาณข้อมูลพลังงานและส่งต่อข้อมูลพลังงานไปยังระบบเซิร์ฟเวอร์เพื่อบันทึกผลได้จริง

การติดตั้งอุปกรณ์ในระบบเครือข่ายสื่อสารข้อมูลพลังงานผ่านสายไฟฟ้าเริ่มจากการติดตั้งมิเตอร์วัดพลังงานซึ่งมีการสื่อสารผ่านสายไฟฟ้าเป็นโมดูลสื่อสารในระบบระบบจ่ายไฟฟ้า 1 เฟสเข้ากับร้านค้าจำนวน 8 ร้านค้าเพื่อวัดค้าพลังงานและทำการติดตั้งอุปกรณ์รวมสัญญาณเข้ากับตู้ควบคุมไฟฟ้าของอาคารจำนวนทั้งหมด 4 สาย คือ Line1 Line2 Line3 และ Neutral สุดท้ายคือการติดตั้งระบบเซิร์ฟเวอร์ที่อาคารสำนักงานระยะห่างจากอาคารโรงอาหารประมาณ 500 เมตรโดยใช้ระบบเน็ตเวิร์คคอมพิวเตอร์ผ่านสายเคเบิล ไปยังระบบเซิร์ฟเวอร์เพื่อทำการเรียกข้อมูลต่างๆของระบบ

จากผลการทดสอบของระบบเครือข่ายสื่อสารข้อมูลพลังงานผ่านสายไฟฟ้า สามารถแสดงผลข้อมูลได้แก่ ผลการเชื่อมต่อสัญญาณระหว่างมิเตอร์กับอุปกรณ์รวมสัญญาณ ผลค่าพลังงานออนไลน์ เครื่องมือวัดของมิเตอร์วัดค่าพลังงานไฟฟ้า ผลออนไลน์ค่าพลังงานต่างๆ และ ผลการบันทึกข้อมูลพลังงาน โดยผลการบันทึกสามารถบันทึกสามารถบันทึกออกมาในรูปแบบเอกสารได้ คือ Text file

ข้อดีของระบบเครือข่ายสื่อสารผ่านสายไฟฟ้าสามารถติดตั้งใช้งานได้ง่ายโดยไม่ต้องเดินสายสัญญาณใหม่จึงไม่ทำให้เกิดความยุ่งยากและซับซ้อนในการทำงานเพราะสายสัญญาณที่ใช้ในแบบเก่าๆนั้นยากต่อการดูแลรักษา ลดค่าใช้จ่ายในการซื้อสายสัญญาณใหม่ มีระบบแจ้งเตือนเหตุการณ์ผิดปกติต่างๆ ง่ายต่อการเปลี่ยนย้ายมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้า สามารถดาวโหลดเอกสารข้อมูลพลังงานเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในสาธนูปโภคทางไฟฟ้าได้อย่างสะดวกและลดความผิดพลาดในการเก็บข้อมูล

สุดท้ายได้สรุปบทวิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพและข้อกำหนดทางเทคนิคของเทคโนโลยีการสื่อสารผ่านสายไฟฟ้าและเทคโนโลยีอื่นๆไว้ดัง ตารางที่ 5.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบประสิทธิภาพและข้อกำหนดเทคนิคของเทคโนโลยีการสื่อสาร

	LAN	LAN ไร้สาย	HomeRF	Bluetooth	PLC
หลักการทำงาน	Cate5, Hub	Access point	คลื่นความถี่ 4.2GHz	คลื่นความถี่ 4.2GHz	สื่อสารผ่านสายไฟฟ้า
มาตรฐานที่รองรับ	IEEE802.3 IEEE802.5	IEEE 802.11 HR IEEE 802.11	HomeRF Working Group SWAP proto	Bluetooth Special interest Group (SIG)	มาตรฐานเฉพาะ
ความเร็วสื่อสาร	10-100Mbps	2-11MBPS	10Mbps	1Mbps	1-10Mbps
ระยะทางใช้งาน	500 ฟุต	100-300 ฟุต	ไม่เกิน 100 ฟุต	ไม่เกิน 35 ฟุต	ประมาณ 500 เมตร
ซอฟต์แวร์ ฮาร์แวร์	มาตรฐานอุปกรณ์	มาตรฐานอุปกรณ์	มาตรฐานอุปกรณ์	ชิบ Bluetooth	มาตรฐานอุปกรณ์
เสถียรภาพ	สูง	ปานกลางถึงสูง	ปานกลางถึงสูง	ปานกลางถึงสูง	ปานกลาง
ต้นทุน	สูง	แล้วแต่การออกแบบ	ปานกลาง	ปานกลาง	ต่ำ
ความเป็นส่วนตัวเครือข่าย	เป็นส่วนตัว	เป็นส่วนตัว	เป็นส่วนตัว	เป็นส่วนตัว	เป็นส่วนตัว
การประยุกต์ใช้งาน	RS, C, HC	RS, HC, C, EI	HS, EI, RS, C, HC	RS, C, HC, HS, EI	HS, EI

5.2 ข้อเสนอแนะแนวทางพัฒนา

1. อุปกรณ์รวมสัญญาณในระบบเครื่อข่ายสื่อสารข้อมูลพลังงานผ่านสายไฟฟ้านี้รองรับระบบสื่อสาร 2 แบบคือ ระบบ LAN และ ระบบ WAN โดยการสื่อสารในระบบสัญญาณ GPRS/3G ต้องพัฒนาในเรื่องของเสาส่งสัญญาณที่มีคุณภาพมากขึ้นเพื่อสามารถทำการติดตั้ง Sever ในระยะไกลมากๆได้

2. สามารถนำผลข้อมูลพลังงานที่ได้ไปวิเคราะห์หาทางจัดการพลังงานอย่างในช่วงเวลาต่างๆได้อย่างเกิดประโยชน์สูงสุดเพื่อลดภาวะขาดแคลนพลังงานและประหยัดค่าใช้จ่าย

3. สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานในการแจ้งเตือนเหตุการณ์ต่างๆที่อาจเกิดขึ้นกับระบบไฟฟ้าโดยอาจต่อเอ้าพุดสัญญาณที่แจ้งเตือนออกมาให้เกิดระบบเสียง เช่น การเปิดฝาครอบมิเตอร์โดยไม่ได้รับอนุญาติ การเกิดคลื่นแม่เหล็กรบกวน หรือ แรงดันไฟฟ้าตก เป็นต้น

4. สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับระบบอื่นๆในการส่งข้อมูลผ่านสายไฟฟ้า เช่น การใช้เป็นโครงข่ายท้องถิ่นแททนคู่สายทุรศัพท์เพื่อรองรับการสื่อสารในรูปแบบ เสียง ข้อมูล มัลติมีเดีย และการใช้บริการอินเตอร์เน็ตความเร็วสูง

5. สามารถนำผลข้อมูลพลังงานที่ได้ไปพัฒนาต่อยอดในเรื่องของการทำใบแจ้งหนี้ค่าใช้จ่ายทางไฟฟ้าเพื่ออำนวยความสะดวกในระบบชำระเงิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] สุเมธ อักษรกิตติ์, Power Line Communications (PLC) ทางเลือกหนึ่งของการให้บริการโทรคมนาคมเพื่อลดช่องว่าง Digital Divide, เทเลคอมไดเจสท์ นิตยสารรายเดือนของสำนักงานคณะกรรมการกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ, ปีที่ 1 ฉบับที่ 3, กันยายน 2550

[2] มาตรฐานทางเทคนิคของเครื่องโทรคมนาคมและอุปกรณ์ที่ใช้เทคโนโลยีการสื่อสารผ่านสายไฟฟ้า_ราชกิจนุเบกษา มาตรฐานเลขที่ กทช. มท. ๒๐๐๒ – ๒๕๕๑ เล่มที่ ๑๒๕ ตอนพิเศษ ๑๖๕ ง วันที่ ๑๓ ตุลาคม ๒๕๕๑ หน้าที่ ประกาศ ณ วันที่ ๕ กันยายน พ.ศ. ๒๕๕๑

[3] OFDM ดร.พรภวิษย์ บุญศรีเมือง พื้นฐานโอเอฟดีเอ็ม

[4] อาภรณ์ เก่งพล และ ดร.โอซามุ นิชิโนะ, เครื่องวัดและการวัดทางไฟฟ้า, หนังสือ เครื่องวัดและการวัดทางไฟฟ้า, พิมพ์ครั้งที่ 2, กรุงเทพ 2527

[5] [1] J. Armstrong, “OFDM for Optical Communications," *IEEE Journal of Light wave Technology*, vol.27, no.3, pp.189,204,Feb.1, 2009.

[6] Jack R. Smith, *Modern Communication Circuits*, Second Edition, McGraw-Hill, 1998

[7] *Atlas Series Energy Meter Mk7 Hardware& Software Reference Manual*, EDMI Limited. Yishun, Jan.18, 2013.

[8] สุเมธ อักษรกิตติ์, “Power Line Communications (PLC)” *หนังสือพิมพ์ผู้จัดการออนไลน์* ฉบับวันที่ 13 กรกฎาคม พ.ศ.2550

[9] กมลพรรณ จารุวาระกูล, *“Modulation and Demodulation” Computer and Data Communicationมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร*, หน้า 115-128, พ.ศ.2555

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

คุณลักษณะเฉพาะของอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

มิเตอร์วัดค่าพลังงาน

อุปกรณ์รวมสัญญาณ

โปรแกรมจัดการพลังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Mk7B

Atlas Series - Class 1 and Class 2

Smart Single Phase Electronic Revenue Meter

SPECIFICATIONS

Measurement
- Class 1 and Class 2 (MID Class B and Class A)
- Compliance with IEC 62052-11, 62053-21, 62053-23
- Compliance with AS 62052.11, 62053.21, 62053.23
- One Phase Two Wire with 120ADisconnect Switch

Voltage and Power Supply
- Nominal voltage: 220V – 240V
- Operating range: 176V – 276V
- Withstand: 0 – 288V
- Frequency range: 45Hz – 65Hz

Current
- WC Range: 5/100A, 10/100A
- WC Limit: 30 times Imax for 0.5 cycles, 7000A for three cycles

Measured Values
- One element four quadrant
- Import/Export/Absolute/Per Quadrant: Wh, varh and VAh
- W, var, VA, VRMS, IRMS, Fundamental V, I
- Power Factor, Frequency, Phasor Angles

Power Quality Indication
- Total Harmonic Distortion (THD)
- Waveform Download

Sag / Swell
- Five Cycle Resolution
- Records time/date/phase duration/average and worst excursion
- Programmable trigger levels

Inputs / Outputs Configuration
- Built-in S0 (27V, 27mA max) or Relay (240V, 2A) Output
- Two LED Indicators
- Output Pulse Width: 1ms to 100ms
- Ripple Receiver
- Further I/O Expansion via PODs

Environmental
- Operating Range: -25˚C to 60˚C
- Limit range: -40˚C to 70˚C
- Storage range: -40˚C to 80˚C
- Relative humidity: Up to 75% mean, 95% non-condensing for 30 days
- Ingress Protection: IP54 (without suction)

Time Clock and Calendar
- Accuracy (internal) within 15 seconds per month
- Backup time of 10 years without power (Lithium Battery)
- Supports Daylight Saving Time and Gregorian or Persian calendars

Battery Options
- Internal battery
- External battery, under terminal cover or inside POD

Large LCD Display
- Large seven segment display
- Display digit size: 9.3mm (H)
- Up to 60 user-defined screens of any meter parameter
- Display available even without mains power
- Screen ID is full alphanumeric, five digits
- Option for backlight

Load Survey / Profile
- AMI Ready
- Up to 2.1 megabytes of Non-Volatile Memory
- Over 7200 days (20 years) storage (two channels, 30 minute intervals)
- Up to 32 channels and two independent surveys
- Intervals programmable from one to 60 minutes
- Energy, instantaneous readings, pulsing inputs as channel sources
- Ability to store average/ minimum/maximum values for interval duration

Tamper Detection and Alarms
- Provision for sealing with conventional wire or plastic seals, meter is sealed for life
- Reverse current sense
- Option for magnetic tamper detection
- Advanced tamper detection and logging
- Pre-programmed alarms for meter self-check
- Alarms trigger LEDs, enunciators, relay outputs or communications event
- Alarms are stored in event logs

POD System
- Interchangeable PODs for I/O and communications
- Hot pluggable, automated configuration
- Sealable separately
- Robust TCP/UDP/IP/PPP GPRS

Standard POD options include:

- GPRS modem with internal antenna + ZigBee SEP
- GPRS modem with external antenna + ZigBee SEP + 3I/O
- Other combinations including RS232 and RS485
- Ethernet + ZigBee SEP

Software
- EDMI EziView software available for meter programming and reading (Windows 7/Vista/XP/2000)
- EDMI MultiDrive software available for large scale AMI and AMR solutions (Windows 7/Vista/XP/2000)
- Supported by many popular third-party multi-vendor AMR systems

Prepayment
- Credit or debit operation
- Energy or currency based
- STS token compatible (IEC 62055-31)
- Multiple energy sources
- Eight rates per source
- External debt repayment x2
- Minimum charges, standing charges and emergency credit
- Configurable warnings and indicators

Time of Use
- Up to eight rates plus unified rate
- Up to 32 separate import and export registers
- Daily, weekly, monthly, yearly and special
- Up to 200 special days and eight seasons
- Up to 61 previous billing periods plus billing totals
- Block or rolling maximum demand
- Energy, pulsing inputs
- Time of maximum demand

Security
- Multi-level security (Username and password including encrypted log-in)
- Up to seven independent security levels
- Up to six individual users

Communications
- Up to three independently working communication ports
- Optical port: FLAG (IEC 62056-21) or ANSI Type 2 (ANSI C12.18)
- Option for DLMS COSEM (IEC 62056)
- POD interface for easy field upgrade or replacement

Physical Dimensions
- Short cover: 180mm (H) x 131mm (W) x 65mm (D)
- Long cover: 210mm (H) x131mm (W) x 65mm (D)
- Weight: approx. 0.75 kg (0.95 kg with modem)

EDMI

EDMI Limited

47 Yishun Industrial Park A, Singapore 768724
Tel: +65 6756 2938 | Fax: +65 6756 0125
Email: sgmarketing@edmi-meters.com | sgtechsupport@edmi-meters.com

www.edmi-meters.com

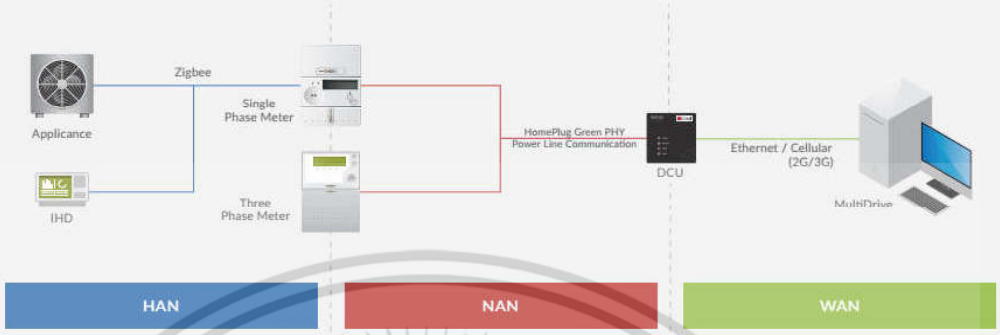
Copyright © 2014 EDMI Limited. All Rights Reserved. EDMI's Policy is one of continuous product development and the right is reserved to modify specifications contained herein without notice.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EDMI SOLUTION - HOMEPLUG GREEN PHY POWER LINE COMMUNICATION

SOLUTIONS SERIES

ARCHITECTURAL ILLUSTRATION



COMMUNICATIONS MODULE

	LQC100	LQC100-P
Meters Supported	All Atlas & Genius models except Mk7B	Mk7B
Protocol	HomePlug Green PHY	HomePlug Green PHY
Network Topology	Mesh	Mesh
Max PHY Rate	10Mbps	10Mbps
Frequency Band	2MHz to 30MHz	2MHz to 30MHz
Supply Voltage	7V to 22V DC	20V to 24V DC
Power Consumption	2W (Max)	2W (Max)
Enclosure	Polycarbonate	Polycarbonate
Mounting	Within Terminal Cover	POD
Interface	8 pin Micro-Fit™	20-pin header
Operating Temperature	-25°C to +60°C	-25°C to +60°C
Storage Temperature	-40°C to +80°C	-40°C to +80°C
Dimensions (L x W x D)	71mm x 52mm x 24mm	130mm x 65mm x 70mm
Weight	70g	80g

RANGE EXTENDER

	LQC100-R
Supply Voltage	180V to 290V AC, 50Hz to 60Hz, 3-Phase L - N
Power Consumption	4W (typ.)
Enclosure	Polycarbonate
IP Rating	IP66
Mounting	Wall Mount
Operating Temperature	-25°C to +60°C
Storage Temperature	-40°C to +80°C
Dimensions (L x W x D)	171mm x 121mm x 55mm
Weight	120g

DATA CONCENTRATOR UNIT

	EDC100
CPU	600MHz Cortex-A8 Core 32kB L1 Cache 256kB L2 Cache
Memory	256MB NAND Flash with Hardware ECC 256MB DDR2 SDRAM, 266MHz
WAN Interface	1000 Base-T Gigabit Ethernet 2G/3G (Option)
NAN Protocol	HomePlug Green PHY
Max. Nodes Supported	759
Supply Voltage	60V to 290V AC, 50Hz to 60Hz, 3-Phase L - N
Power Consumption	7W (typ.)
Enclosure	Polycarbonate (cover) & Aluminum (base)
IP Rating	IP67
Mounting	Pole / Wall Mount
Operating Temperature	-25°C to +60°C
Storage Temperature	-40°C to +80°C
Dimensions (L x W x D)	255mm x 255mm x 122mm
Weight	2.5kg

EDMI Limited
47 Yishun Industrial Park A, Singapore 768724
Tel: +65 6756 2938 Fax: +65 6756 0125
Email: sgmarketing@edmi-meters.com | sgtechsupport@edmi-meters.com
www.edmi-meters.com

Copyright © 2014 EDMI Limited. All Rights Reserved. All trademarks are the property of their respective holders. EDMI's Policy is one of continuous product development and the right is reserved to modify specifications contained herein without notice.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MultiDrive

SOFTWARE SERIES

Head End Software for Smart Meter and AMI Deployments

SPECIFICATIONS

Network Management

- Management of the communication connections
- Support multiple meter protocols (Native EDMI Protocol, DLMS, ANSI, DLT and etc.)
- Connections to meters across multiple bearers
- Retrieval of signal strength information
- Automatic linking of metering devices to correct communication address or pathway
- Simplifies the deployment process via automatic commissioning

Fleet Management

- Management of meter setup/configuration including provisioning, reading and writing configuration to the meters
- Management of meter firmware including upgrading or downgrading firmware in the meters
- Retrieval, storage and management of events received from smart meters
- Fast and easy to use commissioning system.
- Reduces installation time and guarantees quality meter installation and communications link

Measured Data Management

- Storage and recovery of measured data
- Basic data verification validation and validation
- Retrieval of time of use data. The system supports multi-register billing requirements, daily, monthly and three monthly billing cycles and snapshots and interval values
- Retrieval of interval data including energy, water and gas consumption data
- Retrieval of power quality event data including Sag/Swell, Total Harmonic Distortion, Unbalance, over current exceedance
- Retrieval of maximum, minimum and average voltage, current and other electrical quantities

Scheduling

- Robust scheduling engine to trigger functions via timed schedules, on an adhoc basis or based on events received from meters
- Supports server or meter initiated connections

B2B Interface

- Includes file/database export and Application Programming Interface (API) to support communicating with utility back office systems

Non-Measurement Functionality

- Load control functionality on demand side response, load shedding and load limiting business processes
- Supporting retrieval of site diagnostic information
- Send messages to In Home Displays via HAN technologies
- Unlocks all the functionality of the feature rich EDMI Atlas smart meters

Architecture and Performance

- Supports multiple communications servers load balancing to allow scalability and availability
- Tested for reading up to 500,000 devices using typical GPRS communications on a daily basis
- Thick and thin clients for supporting multiple concurrent users
- Ability to export data to other systems via File/DB and other standard interfaces.
- API's to allow full control of functionality from back office systems
- Can be tailored to match operational constraints
- Supports both Oracle or MS SQL
- Designed to operate in a utility environment with 24/7 up time
- Designed to resume upon restoration of communications or other infrastructure failures
- Support virtual machine, clustering and other HA technology so it can be integrated with the latest DR and business continuity planning

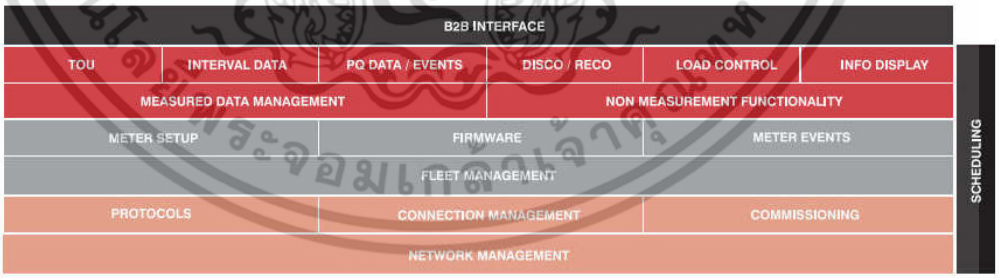
Operating System

- Windows Server 2003 and above (Standard/Enterprise Edition supported)

Hardware

- Physical/Virtual Server 3.0 GHz or equivalent dual Core CPU (minimum)
- 4GB DDR, 500 GB Hard Disk

Function Overview



EDMI Limited
47 Yishun Industrial Park A, Singapore 768724
Tel: +65 6756 2938 | Fax: +65 6756 0125
Email: sgmarketing@edmi-meters.com | sgtechsupport@edmi-meters.com
www.edmi-meters.com

Copyright © 2014 EDMI Limited. All Rights Reserved. All trademarks are the property of their respective holders. EDMI's Policy is one of continuous product development and the right is reserved to modify specifications contained herein without notice.

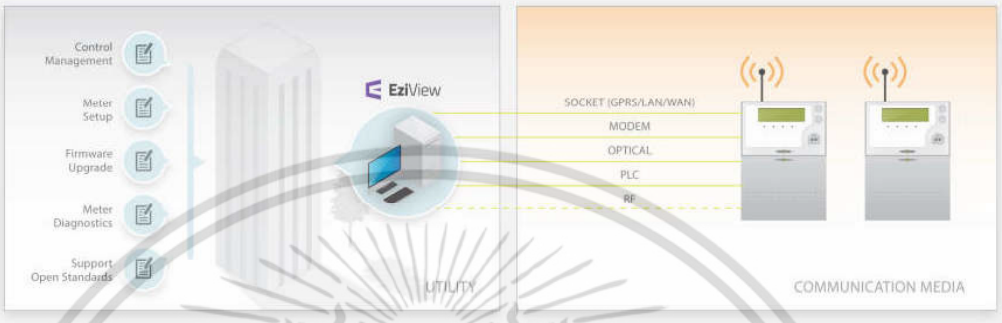
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EziView

SOFTWARE SERIES

Windows Based Software Application for Meter Configuration

ARCHITECTURAL ILLUSTRATION



SPECIFICATIONS

Console Management
- Supports multiple languages
- Meter Configuration
- Meter Diagnostics

Control Management
- Manual/Automatic data retrieval (event logs, alarm logs, sag/swell logs, tamper logs) to generate reports on a daily, weekly, fortnightly, monthly or reverse monthly basis
- Manual/Automatic data export to OLEDB / ODBC databases for storage and Network Management

Network Management
- Management of communication modes
- Large array of device/meter communication options
- Wizards enable easy setup of common operational functions like adding and changing sites/meters, reading files, task files and schedules

Fleet Management
- Management of the configuration, operation and general maintenance of up to 3400 fleet of meters
- Management of meters and sites

Real Time Reading
- Real time display of measured quantities like voltage, current, power factor, alarms and Time of Use
- Real time display of power quality data such as waveform and harmonics

Communications
- TCP/IP
- UDP/IP
- RS485/232
- PLC
- GSM/GPRS

Diagnostics
- Equipment Failure alarms display
- Power quality reporting
- Instantaneous display (including phasor diagram)

Security
- Provides user authenticity with multi-users
- Copy protected through a controlled key with additional security to enable/disable various tasks
- Three access levels that can be tailored to specific customer needs
  - Read Only access
  - Read & Write access
  - Read, Write & Modify access

Software Compatibility
- Supports Windows OS

Supported Protocol
- EDMI Command Line
- DLMS
- ANSI C.12
- IEC 1107
- DLT645

EDMI

EDMI Limited
47 Yishun Industrial Park A, Singapore 768724
Tel: +65 6756 2938 Fax: +65 6756 0125
Email: sgmarketing@edmi-meters.com | sgtechsupport@edmi-meters.com

www.edmi-meters.com

Copyright © 2014 EDMI Limited. All Rights Reserved. All trademarks are the property of their respective holders. EDMI's Policy is one of continuous product development and the right is reserved to modify specifications contained herein without notice.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

มาตรฐานทางเทคนิคสำหรับการสื่อสารผ่านสายไฟฟ้า

ราชกิจนุเบกษา มาตรฐานเลขที่ กทช. มท. ๒๐๐๒ – ๒๕๕๑ เล่มที่ ๑๒๕ ตอนพิเศษ ๑๖๕ ง วันที่ ๑๓ ตุลาคม ๒๕๕๑ หน้าที่ ประกาศ ณ วันที่ ๕ กันยายน พ.ศ. ๒๕๕๑

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรฐานทางเทคนิคสำหรับการสื่อสารผ่านสายไฟฟ้า
(Power Line Communications – PLC)

กทช. มท. 2002 – 2551

เครื่องโทรคมนาคมและอุปกรณ์ที่ใช้เทคโนโลยี
การสื่อสารผ่านสายไฟฟ้า

สำนักงานคณะกรรมการกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ
87 ถนนพหลโยธิน ซอย 8 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กรุงเทพมหานคร 10400
โทร. 0 2271 0151-60 เว็บไซต์: www.ntc.or.th

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า ๔๕
เล่ม ๑๒๕ ตอนพิเศษ ๑๖๕ ง ราชกิจจานุเบกษา ๑๓ ตุลาคม ๒๕๕๑

ประกาศคณะกรรมการกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ

เรื่อง มาตรฐานทางเทคนิคสำหรับการสื่อสารผ่านสายไฟฟ้า

(Power Line Communications - PLC)

โดยที่คณะกรรมการกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติมีนโยบายที่จะกำหนดมาตรฐานทางเทคนิคของเครื่องโทรคมนาคมและอุปกรณ์ ให้เหมาะสมต่อสภาพการณ์ทางเทคโนโลยี เพื่อให้เครื่องโทรคมนาคมและอุปกรณ์มีมาตรฐานทางเทคนิคที่ชัดเจน สามารถนำมาใช้งานได้โดยไม่เกิดการรบกวนซึ่งกันและกัน ไม่เกิดผลกระทบอันไม่พึงประสงค์ต่อกิจการวิทยุคมนาคม โครงข่ายโทรคมนาคม หรือการให้บริการโทรคมนาคม รวมทั้งเพื่อปกป้องคุ้มครองผู้บริโภคอีกทางหนึ่งด้วย อันจะเป็นประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมโทรคมนาคมในภาพรวม และเพื่อให้มาตรฐานทางเทคนิคของประเทศมีความสอดคล้องกับข้อกำหนดของสากลมากขึ้น

อาศัยอำนาจตามมาตรา ๕๑ (๖) แห่งพระราชบัญญัติองค์กรจัดสรรคลื่นความถี่และกำกับกิจการวิทยุกระจายเสียง วิทยุโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคม พ.ศ. ๒๕๔๓ อันเป็นพระราชบัญญัติที่มีบทบัญญัติบางประการเกี่ยวกับการจำกัดสิทธิและเสรีภาพของบุคคล ซึ่งมาตรา ๒๙ ประกอบกับมาตรา ๓๕ มาตรา ๓๖ มาตรา ๔๓ มาตรา ๔๕ มาตรา ๔๖ มาตรา ๔๗ มาตรา ๖๑ และมาตรา ๖๔ ของรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย บัญญัติให้กระทำได้โดยอาศัยอำนาจตามบทบัญญัติแห่งกฎหมาย ประกอบกับมาตรา ๓๒ แห่งพระราชบัญญัติการประกอบกิจการโทรคมนาคม พ.ศ. ๒๕๔๔ อันเป็นพระราชบัญญัติที่มีบทบัญญัติบางประการเกี่ยวกับการจำกัดสิทธิและเสรีภาพของบุคคล ซึ่งมาตรา ๒๙ ประกอบกับมาตรา ๓๕ มาตรา ๓๖ มาตรา ๔๑ มาตรา ๔๓ และมาตรา ๔๕ ของรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย บัญญัติให้กระทำได้โดยอาศัยอำนาจตามบทบัญญัติแห่งกฎหมาย คณะกรรมการกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติจึงประกาศกำหนดมาตรฐานทางเทคนิคสำหรับการสื่อสารผ่านสายไฟฟ้า (Power Line Communications - PLC) ไว้ ดังมีรายละเอียดตามมาตรฐานเลขที่ กทช. มท. ๒๐๐๒ - ๒๕๕๑ แนบท้ายประกาศนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรฐานทางเทคนิคของเครื่องโทรคมนาคมและอุปกรณ์ที่ใช้เทคโนโลยีการสื่อสารผ่านสายไฟฟ้า
กทช. มท. 2002 – 2551

1. ขอบข่าย

มาตรฐานทางเทคนิคนี้ ระบุลักษณะทางเทคนิคขั้นต่ำของเครื่องโทรคมนาคมและอุปกรณ์ที่ใช้เทคโนโลยีการสื่อสารผ่านสายไฟฟ้า (Power Line Communications – PLC) ซึ่งใช้งานโดยมีความมุ่งหมายในทางโทรคมนาคม แบ่งได้เป็น 3 ลักษณะ ดังนี้

1.1 การสื่อสารผ่านสายไฟฟ้าในลักษณะการรับส่งข้อมูลความเร็วต่ำ (Narrowband PLC) หมายถึง ระบบหรือส่วนหนึ่งของระบบสื่อสารผ่านสายไฟฟ้าที่ส่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าผ่านสายไฟฟ้าแรงดันต่ำไปยังอุปกรณ์ซึ่งรับสัญญาณโดยตรงจากสายไฟฟ้านั้น โดยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่อนุญาตให้ใช้งานจะมีความถี่อยู่ในช่วง 9 kHz – 525 kHz

1.2 การสื่อสารผ่านสายไฟฟ้าในลักษณะการรับส่งข้อมูลความเร็วสูง (ส่วนภายในอาคาร) (Broadband PLC (In-building)) หมายถึง ระบบหรือส่วนหนึ่งของระบบสื่อสารผ่านสายไฟฟ้าที่ส่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าผ่านสายไฟฟ้าแรงดันต่ำไปยังอุปกรณ์ซึ่งรับสัญญาณโดยตรงจากสายไฟฟ้านั้น ทั้งนี้ สายไฟฟ้าแรงดันต่ำดังกล่าวจะอยู่ในอาคารหรือที่พักอาศัย และไม่ได้อยู่ในความรับผิดชอบของหน่วยงานให้บริการสาธารณูปโภคด้านไฟฟ้า

1.3 การสื่อสารผ่านสายไฟฟ้าในลักษณะการรับส่งข้อมูลความเร็วสูง (ส่วนเข้าถึงภายนอกอาคาร) (Broadband PLC (Access)) หมายถึง ระบบหรือส่วนหนึ่งของระบบสื่อสารผ่านสายไฟฟ้าที่ส่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าผ่านสายไฟฟ้าแรงดันต่ำ หรือแรงดันปานกลางก่อนถึงจุดต่อเพื่อเข้าอาคารหรือที่พักอาศัย ไปยังอุปกรณ์ซึ่งรับสัญญาณโดยตรงจากสายไฟฟ้านั้น เพื่อให้บริการรับส่งข้อมูลความเร็วสูง ทั้งนี้ สายไฟฟ้าแรงดันต่ำหรือแรงดันปานกลางดังกล่าวอยู่ในความรับผิดชอบของหน่วยงานให้บริการสาธารณูปโภคด้านไฟฟ้า

สายไฟฟ้าแรงดันปานกลาง (medium voltage : MV) หมายถึง สายไฟฟ้าที่รองรับการส่งที่แรงดันไฟฟ้า 1 000 ถึง 40 000 โวลต์ จากสถานีจ่ายไฟฟ้า (substation) ซึ่งอาจเป็นสายไฟฟ้าใต้ดิน หรือพาดเสาเหนือศีรษะก็ได้

สายไฟฟ้าแรงดันต่ำ (low voltage : LV) หมายถึง สายไฟฟ้าที่รองรับการส่งที่แรงดันไฟฟ้าต่ำกว่า 1 000 โวลต์ จากหม้อแปลงนำจ่าย (distribution transformer) ไปยังอาคารหรือที่พักอาศัยของผู้ใช้ปลายทาง

มาตรฐานทางเทคนิคนี้ ไม่ใช้บังคับสำหรับเครื่องโทรคมนาคมและอุปกรณ์ที่ใช้เทคโนโลยีการสื่อสารผ่านสายไฟฟ้า สำหรับการติดต่อสื่อสาร การควบคุม โทรมาตร หรือการปฏิบัติงานภายในหรือระหว่างหน่วยงานให้บริการสาธารณูปโภคด้านไฟฟ้าด้วยกันเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

บทความทางวิชาการ

1. วิชิต พิชัยชาญเลิศ และ เชาว์ ชมภูอินไหว “ระบบเครือข่ายสื่อสารข้อมูลพลังงานผ่านสายไฟฟ้า” *การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลครั้งที่ 8 (EENET 2016)*, P. 45-48, 25-27 พฤษภาคม 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The 8th Conference of Electrical Engineering Network of Rajamangala University of Technology

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 8

The 8th Conference of Electrical Engineering Network of Rajamangala University of Technology (EENET2016)

ขอมอบเกียรติบัตรฉบับนี้ให้เพื่อแสดงว่า

"ระบบเครือข่ายสื่อสารข้อมูลการใช้พลังงานผ่านสายไฟฟ้า"

โดย

วิจิต พิจัยชามยูเลิศ และ เชาว์ ชมภูอินโท

ได้เข้าร่วมนำเสนอบทความในการประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 8

ระหว่างวันที่ 25-27 พฤษภาคม พ.ศ. 2559 ณ โรงแรมดวงจิตต์ รีสอร์ท แอนด์ สปา จังหวัดภูเก็ต

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุดมวิทย์ ไชยสกุลเกียรติ)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

ประธานการดำเนินงานประชุมวิชาการ EENET2016

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

บทความวิจัยสาขาไฟฟ้ากำลัง (PW) ต่อ		หน้า
PW09	การศึกษาคุณลักษณะการเป็นฉนวนทางไฟฟ้าของเอสเตอร์เปรียบเทียบกับน้ำมันหม้อแปลง *นรเศรษฐ พัฒนเดช และ กิตติพศ จริยานุรักษ์* *สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง*	33
PW10	การจำลองสนามไฟฟ้าบริเวณผิวลูกถ้วยไฟฟ้าแรงสูงพอร์ซเลน 22 กิโลโวลต์ ในสภาวะเปรอะเปื้อน *วิเชษฐ ทิพย์ประเสริฐ กิตติกุณ เหล่าสูง และ ทักษ์ดนัย ขวดแก้ว* *มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย*	37
PW11	ระบบสกาด้าแบบชาญฉลาดสำหรับอุโมงค์ทางลอด *ชัยชนะ นิมให้ผล และ เชาว์ ชมภูอินไหว* *สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง*	41
PW12	ระบบเครือข่ายสื่อสารข้อมูลการใช้พลังงานผ่านสายไฟฟ้า *วิชิต พิชัยชาญศิลป์ และ เชาว์ ชมภูอินไหว* *สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง*	45
PW13	ผลของน้ำมันที่มีต่อค่าอิมพีแดนซ์หม้อแปลงไฟฟ้า *ภูชิต กังสุข* *มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ตาคลี*	49
PW14	ผลกระทบของกระแสฟ้าผ่าและรูปคลื่นต่ออัตราการวาบไฟตามผิวย้อนกลับของระบบสายส่งย่อย 69 kV บนเสาไมโนโพลในระบบจำหน่ายของการไฟฟ้านครหลวง *ภาธร ศิริจันทร์สว่าง[1] สมพร ศิริทำราญนุกูล[1] และ อรรถ พยอมหอม[2]* *[1]มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ [2]การไฟฟ้านครหลวง*	53
PW15	การป้องกันเสิร์จฟ้าผ่าของระบบแรงดันต่ำสำหรับตู้รวมส่งสัญญาณเพื่อเข้าถึงสายผู้เช่าดิจิทัล *วินุส มณีนันท์ กรัณย์ ศิริจันทร์ขึ้น และ ประมุข คุณพิเสษกะ* *มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ*	57
PW16	ผลกระทบจากระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าและระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค *บดุพล แก้วทรัพย์ และ พิทักษ์ บุญนุ่น* *มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย*	61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 8

Proceedings of the 8th Conference of Electrical Engineering Network of Rajamangala University of Technology 2016 (EENET 2016)

PW12

ระบบเครือข่ายสื่อสารข้อมูลการใช้พลังงานผ่านสายไฟฟ้า

Power Line Carrier Communication Network System

วิชิต พิชัยชาญเลิศ[1] และ เชาว์ ชมภูอินไหว[2]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520 โทรศัพท์ 02-2326-9902 E-mail: naytao@gmail.com

[2]สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520 โทรศัพท์ 02-2326-9902 E-mail: chompooc@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอระบบเครือข่ายสื่อสารข้อมูลการใช้พลังงานผ่านสายไฟฟ้า (Power Line Carrier Communication Network System) ในระบบไฟฟ้าแรงต่ำระหว่างมิเตอร์วัดพลังงานกับอุปกรณ์รับสัญญาณดีซียู (Data Concentrator Unit, DCU) โดยส่งความถี่ในช่วง 2MHz – 30MHz เพื่อรับส่งสัญญาณผ่านสายไฟฟ้าและส่งต่อข้อมูลผ่านเครือข่ายแวน (Wide Area Network, WAN) หรือผ่านเครือข่ายแลน (Local Area Network, LAN) ไปยังหน่วยประมวลผลโดยรวบรวมข้อมูลด้วยโปรแกรมจัดการข้อมูลพลังงาน สุดท้ายได้แสดงผลการสื่อสารข้อมูลพลังงานไว้และแสดงว่าระบบมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้งานเพื่อบริหารจัดการค่าใช้จ่ายได้อย่างรวดเร็วและถูกต้อง

คำสำคัญ: สื่อสารข้อมูลผ่านสายไฟฟ้า, คลื่นพาหะ, อ่านหน่วยอัตโนมัติ

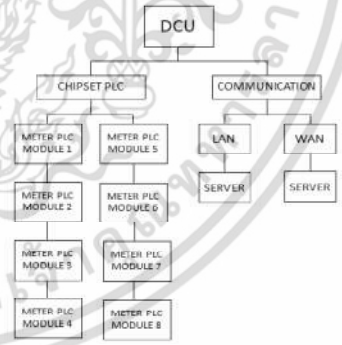
Abstract

This article presents power line carrier communication network system in the low voltage current between power meter and DCU (Data Concentrate Unit) in frequency range of 2MHz – 30MHz in order to receive signal and transmits data via internet system using WAN (Wide Area Network) or LAN (Local Area Network) to the CPU (Central Processing Unit) which collecting data by using effective data management program. Finally, the communication results and electric data herein represents in this article. The results shown in the article confirm that the system is fast and accurate costs management system.

Keywords: Power Line Communication, Power Line Carrier, PLC, AMR

1. บทนำ

การสื่อสารข้อมูลผ่านสายไฟฟ้า (Power Line Carrier Communication, PLC) โดยอาศัยเทคโนโลยี Orthogonal Frequency Division Multiplexing หรือ OFDM [1] ซึ่งการมอดูเลต OFDM เป็นการสื่อสารโดยอาศัยคลื่นพาหะเนื่องจาก OFDM มีความทนต่อสัญญาณเทรดสอดได้เป็นอย่างดี เนื่องจากปัจจุบันการสื่อสารข้อมูลพลังงานใช้วิธีการเดินสายสัญญาณพบปัญหาเกิดขึ้นคือ อาจเกิดการชำรุดของสายสัญญาณ การต่อสายสัญญาณไม่ถูกต้องทำให้เกิดความล่าช้าและผิดพลาดในการทำงาน ดังนั้นจึงเสนอระบบสื่อสารข้อมูลผ่านสายไฟฟ้าเพราะสามารถแก้ปัญหาที่ได้กล่าวมาข้างต้นได้โดยมิเตอร์พีแอลซีโมดูล (Meter PLC Module) ติดตั้งอยู่ได้อาคารเอนกประสงค์ซึ่งเป็นร้านขายอาหารจำนวน 8 ร้านค้า ผ่านสายไฟฟ้าระยะทาง 80 เมตรจากมิเตอร์ตัวแรกไปถึงดีซียู ส่งข้อมูลความเร็ว 10 เมกะบิต ด้วยกำลังส่งสัญญาณ 4 วัตต์โดยจะทำการวัดพลังงานและส่งข้อมูลเป็นสัญญาณความถี่โดยผ่านกระบวนการมอดูเลต แบบ OFDM เมื่อ ดีซียู ได้รับสัญญาณจากมิเตอร์แล้วระบบจะทำการส่งต่อสัญญาณ GPRS/3G ด้วยระบบแวน ไปยังหน่วยประมวลผลหรือผ่านระบบแลน ไปยังอาคารใกล้เคียงและสามารถรีโมทระยะไกลเพื่อควบคุมระบบได้ ระบบนี้สามารถลดค่าใช้จ่ายในการติดตั้งสายสัญญาณได้ สามารถตรวจสอบข้อมูลพารามิเตอร์ออนไลน์ได้ช่วยลดปัญหาต่างๆในการเดินสายสัญญาณ และได้รับข้อมูลที่ถูกต้องรวดเร็ว



รูปที่ 1 ระบบสื่อสารข้อมูลพลังงานผ่านสายไฟฟ้า

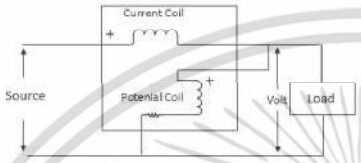
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทความวิจัย
การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 8
Proceedings of the 8th Conference of Electrical Engineering Network of Rajamangala University of Technology 2016 (EENET 2016)

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 วัตต์มิเตอร์

วัตต์มิเตอร์เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับวัดค่ากำลังไฟฟ้าเขียนแทนด้วย ตัว P มีหน่วยเป็น วัตต์ ซึ่งค่ากำลังไฟฟ้านี้ได้มาจากการวัดค่าแรงดัน และค่ากระแสไฟฟ้า โดยนำค่าทั้งสองมาคำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้าได้ การต่อวงจรวัตต์มิเตอร์ต้องตรวจสอบพิกัดของกระแสและแรงดันก่อนเพื่อไม่ก่อให้เกิดความเสียหาย

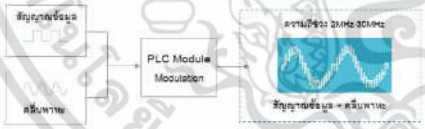


รูปที่ 2 วงจรการวัดวัตต์มิเตอร์

การต่อวงจรวัตต์มิเตอร์เข้ากับโหลดโดยจะให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลเข้าโหลดต่อจากขดลวดกระแสและแรงดันไฟฟ้าที่โหลดจะตกคร่อมขดลวดแรงดัน ดังแสดงในรูปที่ 2

2.2 พีแอลซีโมดูล

พีแอลซีโมดูลเป็นอุปกรณ์สร้างสัญญาณความถี่และควบคุมการทำงานของระบบสื่อสารข้อมูลผ่านสายไฟฟ้าเพื่อส่งข้อมูลจากมิเตอร์วัดพลังงานผ่านสายไฟฟ้าไปยังดีซียูในช่วงความถี่ 2MHz-30MHz โดยอาศัยคลื่นพาหะเป็นสื่อสัญญาณผสมโดยผ่านกระบวนการที่เรียกว่าการมอดูเลชั่น[2] แบบ OFDM ซึ่งความถี่ที่ผ่านกระบวนการมอดูเลตแบบ OFDM เป็นความถี่ที่ทนต่อสัญญาณแทรกสอดได้ดีซึ่งมีความถี่ที่สูงกว่าสัญญาณข้อมูลทำให้สามารถส่งข้อมูลได้ในระยะทางไกลมากขึ้น

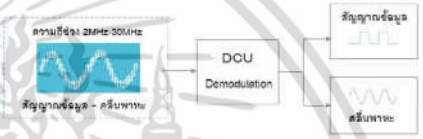


รูปที่ 3 การรวมสัญญาณของพีแอลซีโมดูล

จากรูปที่ 3 เมื่อ พีแอลซีโมดูลทำการผสมสัญญาณระหว่าง คลื่นพาหะและสัญญาณข้อมูลโดยการบวนการ OFDM ความถี่ที่ได้จะเพิ่มมากขึ้นจึงทำให้สามารถส่งสัญญาณความถี่ที่ได้ไปยังดีซียูได้ตามระยะที่ต้องการ โดยพีแอลซีโมดูลจะมีรหัสแมคแอดเดรส (Media Access Conirol Address, MAC Address) เพื่อเข้าถึงและรับข้อมูลต่างๆซึ่งรหัสแมคแอดเดรส และ หมายเลขมิเตอร์ จะระบุไว้ที่ตัวอุปกรณ์ทุกตัวในระบบเช่นกัน ตัวอย่าง รหัสแมคแอดเดรส 13:a2:30:00:04:68 จับคู่กับ หมายเลขมิเตอร์ 214190059 เป็นต้น

2.3 ดีซียู

ดีซียูคืออุปกรณ์ที่สามารถตรวจรับสัญญาณข้อมูลในระบบสื่อสารข้อมูลผ่านสายไฟฟ้าโดยจะตรวจรับรหัสแมคแอดเดรส ที่ถูกส่งมาจากพีแอลซีโมดูลบนย่านความถี่ 2MHz-30MHz โดยมีส่วนควบคุมที่สำคัญได้แก่ ชิปเซ็ต ที่ควบคุมการทำงานแบบพีแอลซี



รูปที่ 4 การแยกสัญญาณของดีซียู

เมื่อดีซียูตรวจพบรหัสแมคแอดเดรสจากพีแอลซีโมดูลจะทำให้ทราบถึง หมายเลขมิเตอร์ของอุปกรณ์วัดพลังงานที่อยู่ในระบบหลังจากได้รับสัญญาณแล้วดีซียูจะทำการประมวลผลสัญญาณที่ได้รับซึ่งจะทำการแยกเอาคลื่นพาหะที่มีความถี่สูงออกเหลือเพียงแต่สัญญาณข้อมูล เรียกวิธีการนี้ว่าการ ดีมอดูเลชั่น[2] ดังแสดงในรูปที่ 4 หลังจากที่ดีซียูทำการประมวลผลของสัญญาณแล้วจะทำการส่งข้อมูลที่ได้รับไปยังระบบสื่อสาร ได้ 2 วิธีดังนี้

1. สื่อสารผ่านระบบ GPRS/3G เป็นการสื่อสารระยะไกลเรียกว่าระบบสื่อสารบริเวณกว้าง (Wide Area Network)

2. สื่อสารผ่านระบบ Ethernet เป็นการสื่อสารระยะใกล้เรียกว่าระบบเครือข่ายบริเวณจำกัด (Local Area Network)

2.4 โปรแกรมประมวลผล

โปรแกรมประมวลผลทำหน้าที่เรียกข้อมูลพลังงานมาบันทึกผลโดยจัดเก็บข้อมูลด้วยโปรแกรมจัดการฐานข้อมูลแอสคิวแอล (Structured Query Language, SQL) โดยจะเก็บข้อมูลพลังงานดังนี้

1. การเก็บข้อมูลของมิเตอร์ โปรแกรมสามารถเก็บข้อมูลพารามิเตอร์และเหตุการต่างๆได้ เช่น ค่ากำลังไฟฟ้า ค่าพลังงานไฟฟ้า ค่าประกอบกำลังไฟฟ้า แรงดันตกแรงดันเกิน หรือ แบตเตอรี่หมด เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การเตือนของมิเตอร์ไฟฟ้า โปรแกรมสามารถเตือนขึ้นที่หน้าจอในกรณีที่เกิดความผิดปกติขึ้นกับมิเตอร์สามารถตรวจสอบถึงสาเหตุที่เกิดขึ้นและแก้ไขได้อย่างรวดเร็ว

3. การจัดการข้อมูลพลังงาน สามารถดาวน์โหลดและบันทึกข้อมูลพลังในเวลาต่างๆได้ตามที่ต้องการ

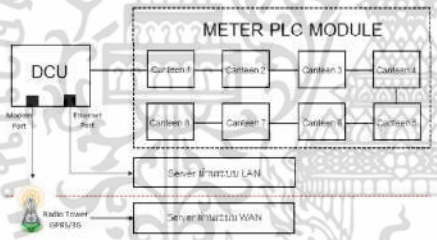
4. เพิ่มความสามารถของระบบ สามารถบริหารจัดการมิเตอร์จำนวนมากด้วยระบบควบคุมอัตโนมัติ เช่น การอ่านข้อมูลมิเตอร์ที่ละหลายเครื่องในเวลาจำกัด

5. การตรวจสอบแก้ไขข้อมูลมิเตอร์ สามารถควบคุมการทำงานหรือตรวจสอบข้อมูลของมิเตอร์ได้ เช่น การตั้งค่าของมิเตอร์หรือการออนไลน์ดูค่าความผิดปกติของมิเตอร์ เป็นต้น

3. ออกแบบการทดลอง

3.1 ออกแบบระบบเครือข่ายสื่อสารข้อมูลผ่านสายไฟฟ้า

การออกแบบระบบเริ่มจากการตรวจเช็คบริเวณสถานที่ติดตั้ง ตรวจสอบสภาพแวดล้อม ตรวจเช็คสายส่งเพื่อหาวิธีการสื่อสารที่มีเหมาะสมมากที่สุด เพื่อลดปัญหาในการทำงานโดยออกแบบการติดตั้งได้ดังนี้ ชุดรวมสัญญาณดิจิตอลวัดค่าพลังงาน มิเตอร์พีแอลซีโมดูลและระบบควบคุมแชร์ฟแวร์



รูปที่ 5 ออกแบบระบบเครือข่ายสื่อสารข้อมูลผ่านสายไฟฟ้า

ระบบสื่อสารในรูปที่ 5 เริ่มทำงานจากการวัดค่าพลังงานด้วยมิเตอร์ไฟฟ้าที่ติดตั้งอยู่ภายในร้านอาหารจำนวน 8 ร้าน โดยมีพีแอลซีโมดูลเป็นอุปกรณ์สื่อสารไปยังดีซียูซึ่งโปรแกรมจะทำการเรียกข้อมูลทุกๆ 15 นาทีไปเก็บยังเซิร์ฟเวอร์ โดยเรียกข้อมูลตัวที่ใกล้สุดก่อน การเรียกข้อมูลจะบูทควบคุมโดยซอฟแวร์ที่เรียกว่า ซิปเซ็ด มีหน้าที่ควบคุมการทำงานแบบพีแอลซี ซึ่งจะระบุรหัสแมคแอดเดรสที่ดีซียูให้ตรงกับมิเตอร์ทำให้ดีซียูสามารถตรวจพบรหัสแมคแอดเดรสของมิเตอร์ได้ การติดตั้งแบ่งออกเป็น 2 ส่วนได้แก่ มิเตอร์ และ ดีซียู แสดงตัวอย่างการติดตั้งมิเตอร์ และ ดีซียู ดังรูปที่ 6

รูปที่ 6 การติดตั้งมิเตอร์ และ ดีซียู

3.2 การออกแบบโปรแกรม

โปรแกรมที่ใช้เรียกข้อมูลพลังงานจากมิเตอร์มีชื่อเรียกว่า Multi Drive Software [3] ถูกออกแบบโปรแกรมโดยผู้ผลิตมิเตอร์ซึ่งหลักการของการโปรแกรมการเก็บค่าพลังงานไฟฟ้าจะเก็บทุกๆ 15 นาที และทุกๆเดือน สามารถตรวจดูค่าพารามิเตอร์ออนไลน์ได้ สามารถดาวน์โหลดข้อมูลต่างๆจากมิเตอร์ได้เพื่อนำมาจัดการพลังงานในรูปแบบต่างๆ

4. ผลการทดสอบ

4.1 ผลการการเชื่อมต่อมิเตอร์กับดีซียู

ผลการเชื่อมต่อจะแสดงผลรหัสแมคแอดเดรส หมายเลขมิเตอร์ เฟสการเชื่อมต่อ ลำดับในการตรวจพบของดีซียู และความเร็วในการส่งข้อมูล ของมิเตอร์ในระบบทั้ง 8 ร้านค้า แสดงผลดังตารางที่ 1

ลำดับ	Mac Address	Meter Serial Number	Phase	Routing	Upload (Mbps)	Download (Mbps)
1	13:a2:30:00:06:68	2141900059	2	1>DCU	9	9
2	13:a2:30:00:08:81	2141900062	1	2>DCU	9	9
3	13:a2:30:00:05:08	2141900058	2	3>DCU	9	9
4	13:a2:30:00:08:89	2141900064	2	4>DCU	9	9
5	13:a2:30:00:15:25	2141900065	1	5>DCU	9	9
6	13:a2:30:00:11:14	2141900060	2	6>DCU	9	9
7	13:a2:30:00:11:30	2141900063	2	7>DCU	9	9
8	13:a2:30:00:19:19	2141900061	2	8>DCU	9	9

ตารางที่ 1 ผลการเชื่อมต่อมิเตอร์ในระบบ

4.2 ผลออนไลน์ข้อมูลพลังงานทุก 15นาที และ ค่าพารามิเตอร์

ผลข้อมูลพลังงานทุกๆ15 นาทีสามารถเลือกดูค่าในช่วงเวลาต่างๆได้โดยการออนไลน์ผล หรือการบันทึกเป็นเอกสารอีกเซลแสดงข้อมูลวันที่16-2-2016 เวลา 00:15 ใช้พลังงาน10หน่วย แสดงผลในรูปที่ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 7 ผลการออนไลน์ค่าพลังงาน

ผลการดูค่าออนไลน์มิเตอร์จะแสดงพารามิเตอร์ดังนี้ ค่าแรงดันไฟฟ้า 224.34V, ค่ากระแสไฟฟ้า 10.177A, ค่าประกอบกำลังไฟฟ้า 0.1 และค่าความถี่ของระบบ 50.02Hz เป็นต้น ดังรูปที่ 8

รูปที่ 8 ผลการออนไลน์ค่าพารามิเตอร์

4.3 ผลเปรียบเทียบข้อมูลพลังงาน

แสดงผลเปรียบข้อมูลพลังงานรวมในเดือน มกราคม กุมภาพันธ์ และ มีนาคม โดยค่าพลังงานมีหน่วยเป็น วัตต์ต่อชั่วโมง

ลำดับ	Meter Serial/Time	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม
Coffee	214190065	7,315	11,083	12,923
Canteen 1	214190058	146,205	137,844	162,371
Canteen 2	214190059	79,523	85,409	110,552
Canteen 3	214190060	23,681	19,685	21,960
Canteen 4	214190061	60,150	56,496	74,097
Canteen 5	214190062	62,842	51,161	56,432
Canteen 6	214190063	17,872	44,951	57,099
Canteen 7	214190064	54,338	49,335	53,916

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบข้อมูลพลังงาน

5. สรุปผล

ระบบสามารถเชื่อมต่อมิเตอร์ได้ครบทั้ง 8 เครื่องโดยระบบมีข้อดีคือช่วยลดเวลาในการรวบรวมข้อมูลพลังงานลดค่าใช้จ่ายในการเดินสายเหมาะสมกับงานที่เน้นข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์และใช้งานได้อย่างถูกต้องแม่นยำ และ ข้อเสียคืออาจพบปัญหาของสายไฟฟ้าชำรุดเสียหาย ปัญหาสภาพแวดล้อมในการเชื่อมต่อระบบ GPRS ทำให้การเชื่อมต่อช้าลง

แนวทางการแก้ปัญหาให้ทำการทดสอบระยะทางการส่งข้อมูลก่อนว่าส่งได้ไกลที่ระยะใด ใช้ Ethernet Port สื่อสารภายในไปยังเซิร์ฟเวอร์ และใช้รีโมทระยะไกลแทนระบบ GPRS ที่ยังไม่เสถียรมากพอ

6. กิตติกรรมประกาศ

บทความฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความช่วยเหลือจากหลายฝ่าย คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณเอาจารย์ที่ปรึกษาที่ช่วยให้คำปรึกษาที่เป็นประโยชน์ต่อและแก้ไขบทความจนเสร็จสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

[1] J. Armstrong, "OFDM for Optical Communications," *IEEE Journal of Light wave Technology*, vol.27, no.3, pp.189.204, Feb.1, 2009.

[2] Jack R. Smith, *Modern Communication Circuits*, Second Edition, McGraw-Hill, 1998

[3] *Atlas Series Energy Meter Mk7 Hardware & Software Reference Manual*, EDMI Limited. Yishun, Jan,18, 2013.

[4] สุเมธ อักษรกิตติ, "Power Line Communications (PLC)" *หนังสือพิมพ์อิเล็กทรอนิกส์* ฉบับรันที่ 13 กรกฎาคม พ.ศ.2550

[5] คมสรรณ จารุวาระกุล, "Modulation *and Demodulation" Computer and Data Communication* มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, หน้า 115-128, พ.ศ. 2555

ประวัติผู้เขียนบทความ
นาย วิชิต พิชัยชาญเดิศ
ปัจจุบันศึกษาระดับชั้นปริญญาโท
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง สาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์ไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ไฟฟ้า
งานวิจัยที่สนใจ
การสื่อสารข้อมูลพลังงานอัตโนมัติ AMR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายวิชิต พิชัยชาญเลิศ
วัน เดือน ปีเกิด	19 มีนาคม 2531
ที่อยู่	103 หมู่ 12 ตำบลศาลเจ้าโรงทอง อำเภอวิเศษชัยชาญ จังหวัดอ่างทอง
ประวัติการศึกษา	2553 วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ประวัติการทำงาน	2553 – 2555 Field Engineer, Thai Nondestructive Testing Co.,Ltd 2555 – 2558 Sales Engineer, EDMI (THAILAND)

ผลงานทางวิชาการ

1. วิชิต พิชัยชาญเลิศ และ เชาว์ ชมภูอินไหว "ระบบเครือข่ายสื่อสารข้อมูลพลังงานผ่านสายไฟฟ้า" *การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 8 (EENET 2016)*, P. 45-48, 25-27 พฤษภาคม 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้