ระบบสกาดาสำหรับแสดงผลข้อมูลจากระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติ: กรณีศึกษาจากท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ

SCADA System from AMR: A case study at Suvarnabhumi Airport

ชัญญานุช ศรีงาม

ณัฏฐินันท์ วันเลิศ

ปวีณา เขื่อนแก้ว

รุ่งไพลิน ทินบุตร

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบสกาดาสำหรับแสดงผลข้อมูลจากระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติ: กรณีศึกษาจากท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ

SCADA System from AMR: A case study at Suvarnabhumi Airport

ชัญญานุช ศรีงาม

ณัฏฐินันท์ วันเลิศ

ปวีณา เขื่อนแก้ว

รุ่งไพลิน ทินบุตร

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SCADA System from AMR: A case study at Suvarnabhumi Airport

Chanyanut Sringam

Natthinan Wanloet

Paweena Khueankaew

Rungpailin Tinnabudh

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN INSTRUMENTATION ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUE OF TECHNOLOGY LARDKRABANG

ACADEMIC YEAR 2020

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2563

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

.....

หัวข้อปริญญานิพนธ์ ระบบสกาดาสำหรับแสดงผลข้อมูลจากระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติ : กรณีศึกษาจากท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ

SCADA System from AMR: A case study at Suvarnabhumi Airport

นักศึกษาผู้จัดทำ	นางสาวชัญญานุช	ศรีงาม	**รหัสนักศึกษา**	60010220
	นางสาวณัฏฐินันท์	วันเลิศ	**รหัสนักศึกษา**	60010291
	นางสาวปวีณา	เขื่อนแก้ว	**รหัสนักศึกษา**	60010598
	นางสาวรุ่งไพลิน	ทินบุตร	**รหัสนักศึกษา**	60010871

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมการวัดคุม

ปีการศึกษา 2563

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	ลายมือชื่อ
รศ.ดร. ทวีพล ซื่อสัตย์	
ผศ.ดร. นรินทร์ ธรรมรักษ์วัฒนะ	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ระบบสกาดาสำหรับแสดงผลข้อมูลจากระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติ: กรณีศึกษาจากท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ SCADA System from AMR: A case study at Suvarnabhumi Airport			
นักศึกษา	นางสาวชัญญานุช	ศรีงาม	รหัสนักศึกษา	60010220
	นางสาวณัฏฐินันท์	วันเลิศ	รหัสนักศึกษา	60010291
	นางสาวปวีณา	เขื่อนแก้ว	รหัสนักศึกษา	60010598
	นางสาวรุ่งไพลิน	ทินบุตร	รหัสนักศึกษา	60010871
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร.ทวีพล ซื่อสัตย์			
	ผศ.ดร.นรินทร์ ธรรมรักษ์วัฒนะ			

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จัดสร้างขึ้นเพื่อศึกษาระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติ (Automatic Meter Reading: AMR) ภายในอาคารวิศวกรรมการวัดและควบคุม ซึ่งมีกรณีศึกษาจากท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ โดยเป็นระบบที่พัฒนาขึ้นเพื่อปรับปรุงการอ่านค่าพลังงานไฟฟ้า เพราะในอดีตวิธีปฏิบัติโดยทั่วไปจะเป็นการจดค่ามิเตอร์ไฟฟ้าจากมิเตอร์ไฟฟ้าแบบอนาล็อก ซึ่งใช้เวลานานในการจดค่ามิเตอร์ เนื่องจากสถานที่ขนาดใหญ่มักจะมีการติดตั้งมิเตอร์เป็นจำนวนมาก และอาจจะทำให้เกิดปัญหาความผิดพลาดจากความผิดพลาดของมนุษย์ (Human Error) หรือทุจริตในการจดค่ายูนิตมิเตอร์ อีกทั้งค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นสำหรับงานในส่วนนี้โดยเฉพาะ ดังนั้นระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติ (Automatic Meter Reading: AMR) จะช่วยแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นได้ โดยจะทำการเก็บค่าพลังงานไฟฟ้า (kWh) ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า (kW) และความต้องการพลังงานไฟฟ้ารีแอ็กทีฟ (kVar) ผ่านระบบโครงข่ายสายสัญญาณโปรโตคอลทุก ๆ 15 นาที รวมอีกทั้งยังส่งข้อมูลเพื่อแสดงผลผ่านซอฟต์แวร์ในระบบสกาดา โดยมีดิจิตอลเพาเวอร์มิเตอร์เป็นอุปกรณ์สำหรับวัดค่าพลังงานไฟฟ้า ซึ่งต่อกับคอนเวอร์เตอร์เพื่อแปลงสัญญาณแบบอนุกรมจากสายสัญญาณ RS-485 เป็นสัญญาณอีเทอร์เน็ต เพื่อส่งค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าเข้าสู่เครื่องคอมพิวเตอร์หลักเพื่อทำการเก็บและแสดงค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าแบบเรียลไทม์ และเพื่อคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้าให้อยู่ในรูปใบเสร็จค่าไฟฟ้าประจำเดือน พร้อมทั้งพยากรณ์การใช้ค่าพลังงานไฟฟ้าด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติและแจ้งเตือนแก่ผู้ใช้งานเมื่อแนวโน้มค่าพลังงานไฟฟ้ามีค่าเพิ่มมากกว่าปกติ ซึ่งจะทำให้สามารถวางแผนการทำงานและการจัดการค่าพลังงานไฟฟ้าให้เกิดความคุ้มค่าและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	SCADA System from AMR: A case study at Suvarnabhumi Airport	
Authors	Miss Chanyanut	Sringam
	Miss Natthinan	Wanloet
	Miss Paweena	Khueankaew
	Miss Rungpailin	Tinnabudh
Thesis Advisors	Assoc.Prof.Dr.Taweepol	Suesut
	Asst.Prof.Dr.Narin	Tammarugwattana
Year	2020	

ABSTRACT

This thesis was conducted to study Automatic Meter Reading (AMR) at Instrumentation engineering building by having a case study of a developed system from Suvarnabhumi Airport. The case study aimed to improve meter reading. Because In the past, it was a common practice to take the meter from an analog electricity meter which takes several days to collect the data because there are a lot of meters that are installed in the building, and conventional meter reading systems causing many problems such as human error, human resource requirements, efficiency, accuracy, delayed work, customer unavailability during employee measurements, etc. Therefore, Automatic Meter Reading (AMR) will handle any problems that arise, It collects electric energy (kWh), demand charge (kW), and Reactive Power (kVar) through the network protocol cabling every 15 minutes and also sends data to be displayed through the software in the SCADA system. With a digital power meter as a device for measuring electrical energy. Which is connected to the converter to convert the serial signal from the RS-485 cable to the Ethernet signal to send the cost of electricity consumption to the main computer to store and display the real-time electric energy consumption and calculate electricity consumption in the form of monthly electricity bill, It will also predict electricity usage by analyzing statistical data and alert users when electricity cost tendency is higher than normal. So, will enable planning and managing electricity bills to be more cost-effective and efficient.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เรื่องระบบสกาดาสำหรับแสดงผลข้อมูลจากระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติ กรณีศึกษาจากท่าอากาศยานสุวรรณภูมิสำเร็จลุล่วงไปได้ ด้วยการสนับสนุนจากหลายฝ่ายที่เกี่ยวข้องที่ให้คำปรึกษาและชี้แนะแนวทางทำให้โครงการฉบับนี้บรรลุวัตถุประสงค์ไปได้ด้วยดี คณะผู้จัดทำจึงขอกราบขอบพระคุณไว้ ณ โอกาสนี้

คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณ รศ.ดร. ทวีพล ซื่อสัตย์ และ ผศ.ดร. นรินทร์ ธรรมารักษ์วัฒนะ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการที่คอยให้คำปรึกษาชี้แนะและดูแลตลอดระยะเวลาในภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2563 รวมถึงช่วยตรวจทานรายงานและแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ทำให้โครงการเรื่องระบบสกาดาสำหรับแสดงผลข้อมูลจากระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติ กรณีศึกษาจากท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ ในภาคการศึกษาที่ 1 เสร็จสิ้นสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ บริษัท แอมโปล เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด ที่มอบโอกาสให้คณะผู้จัดทำได้เข้าไปร่วมปฏิบัติงานร่วมกับทางบริษัทที่ท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ รวมถึงคุณวชิรศักดิ์ รักสงบ (วิศวกรโครงการอาวุโสบริษัท แอมโปล เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด) ซึ่งเป็นผู้ดูแลที่คอยให้คำปรึกษาและชี้แนะแนวทางตลอดการทำโครงการฉบับนี้

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II
กิตติกรรมประกาศ.....III
สารบัญ.....IV
สารบัญตาราง.....IX
สารบัญรูป.....X

บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ.....1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....2
1.3 เป้าหมายและขอบเขตของโครงการ.....2
1.4 ขั้นตอนการศึกษา.....2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....3
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง.....4
2.1 กล่าวนำ.....4
2.2 คำจำกัดความ.....4
2.2.1 โครงการ.....4
2.2.2 ระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติ (Automatic Meter Reading) 4
2.2.3 เครื่องมือวัดเดิมของท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ.....4
2.2.4 ศูนย์ข้อมูล AMR (Computer Server) 4
2.2.5 ค่าพลังงานไฟฟ้า (Energy Charge) 5
2.2.6 ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า (Demand Charge) 5
2.2.7 ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ (PF) 5
2.2.8 ค่าไฟฟ้าผันแปร (Fuel Adjustment Charge: Ft) 5
2.3 Supervisory Control and Data Acquisition.....5
2.4 ระบบการอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติ (Automatic Meter Reading: AMR) 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.5 อุปกรณ์ในระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติ (Automatic Meter Reading: AMR) 7
2.5.1 ดิจิตอลมิเตอร์ (Digital Meter) 8
2.5.1.1 ดิจิตอลเพาเวอร์มิเตอร์ (Digital Power Meter) 8
2.5.1.2 ดิจิตอลกิโลวัตต์ฮาวน์มิเตอร์ (Digital Energy Meter) 9
2.5.2 เกตเวย์ (Gateway) 9
2.5.3 คอนเวอร์เตอร์ (Converter) 10
2.5.4 หม้อแปลงกระแสไฟฟ้า (Current Transformer) 11
2.6 การรับ-ส่งข้อมูลของ Modbus TCP ผ่านโปรแกรม ModScan32.....12
2.7 หน้าต่าง Monitoring โดยใช้โปรแกรม Power Monitoring Expert Software.....14
2.8 การคิดค่าไฟฟ้าประเภทที่ 3 กิจการขนาดกลาง.....15
2.8.1 อัตราปกติ (Progressive rate) 16
2.8.2 อัตราค่าไฟฟ้า TOU (Time of Use Rate: TOU Rate) 16
2.9 การพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลา (Time Series).....17
2.9.1 การพยากรณ์ (Forecasting) 18
2.9.2 การพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาด้วย FBProphet.....19
2.10 ไลน์แอปพลิเคชัน (Line Application) 21
2.11 แชทบอท (Chatbot) 21
2.12 การนำค่าจาก Microsoft Excel ไปยัง Google Sheets ด้วย Sheetgo.....22
2.13 Dialogflow.....23
2.14 การเชื่อมต่อ Dialogflow กับไลน์แชทบอท (Line Chatbot) 23
2.15 Integromat.....24
2.16 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 24
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน.....25
3.1 การจัดทำระบบสกาดาสำหรับแสดงผลข้อมูลจากระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติ กรณีศึกษาจากท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ ร่วมกับบริษัท แอมโปล เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด.....25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.1.1 ภาพรวมองค์ประกอบหลักของระบบ.....25
3.1.2 การติดตั้งชุดจำลองของระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติ.....26
3.1.3 การทดสอบชุดจำลองของระบบการอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติ.....30
3.1.3.1 การทดสอบการ Simulation สัญญาณอินพุตหรือเอาต์พุตจากอุปกรณ์ต่างๆ.....30
3.1.3.2 การทดสอบฟังก์ชันการทำงานผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์หลักที่อาคาร AMF1 ชั้น 2 (เครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าที่ติดตั้งใหม่ทั้งหมด).....30
3.1.4 การสำรวจพื้นที่ที่หน้างานจริงก่อนการติดตั้งชุดอุปกรณ์ของระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติใหม่.....30
3.1.5 การรื้อถอนชุดเพาเวอร์มิเตอร์แบบอนาล็อกเพื่อทำการติดตั้งชุดเพาเวอร์มิเตอร์แบบดิจิตอลของระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติใหม่.....34
3.1.6 การออกแบบหน้าต่างแสดงผลจากซอฟต์แวร์ Power Monitoring ในส่วนของ Vista.....35
3.1.7 การนำข้อมูลมาคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้าให้อยู่ในรูปใบเสร็จค่าไฟฟ้าประจำเดือน (Billing) ผ่านโปรแกรม Microsoft excel.....35
3.2 การจัดทำระบบสกาดาสำหรับแสดงผลข้อมูลจากระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติภายในอาคารวิศวกรรมการวัดและควบคุม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.....36
3.2.1 ภาพรวมองค์ประกอบหลักของระบบ.....36
3.2.2 ส่วนประกอบของชุดจำลองของระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติ.....37
3.2.3 หน้าต่างแสดงผลสกาดาผ่านซอฟต์แวร์ EcoStruxure Power Monitoring Expert.....40
3.2.3.1 Power Monitoring Expert Software ส่วน Management Consolse.....40
3.2.3.2 Power Monitoring Expert Software ส่วน Designer.....44
3.2.3.3 Power Monitoring Expert Software ส่วน Vista.....46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2.3.4 Power Monitoring Expert Software ส่วน Web Applicants 49

3.2.4 การเก็บบันทึกค่าผ่านโปรแกรม Microsoft SQL Server Management Studio 18.....55

3.2.5 การคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้าให้อยู่ในรูปใบเสร็จค่าไฟฟ้าประจำเดือน (Billing) ผ่านโปรแกรม Microsoft excel.....58

3.2.6 การพยากรณ์การใช้ค่าพลังงานไฟฟ้าด้วยวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโปรแกรมภาษา Python.....68

3.2.7 การแจ้งเตือนแก่ผู้ใช้งาน เมื่อแนวโน้มค่าพลังงานไฟฟ้ามีค่าเพิ่มมากกว่าปกติ ผ่านไลน์แชทบอท (Line Chatbot) 74

บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน.....94

4.1 การจัดทำระบบสกาดาสำหรับแสดงผลข้อมูลจากระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติกรณีศึกษาจากท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ ร่วมกับบริษัท แอมโปล เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด.....94

4.1.1 ทดสอบการทำงานของระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติ (Automatic Meter Reading).....94

4.1.2 หน้าต่างแสดงผลสกาดาผ่านซอฟต์แวร์ EcoStruxure Power Monitoring Expert เพื่อแสดงค่าพารามิเตอร์แบบเรียลไทม์.....96

4.1.3 การนำข้อมูลมาคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้าให้อยู่ในรูปใบเสร็จค่าไฟฟ้าประจำเดือน (Billing).....98

4.2 การจัดทำระบบสกาดาสำหรับแสดงผลข้อมูลจากระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติภายในตึกภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.....100

4.2.1 ทดสอบการทำงานของระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติ (Automatic Meter Reading) 100

4.2.2 หน้าต่างแสดงผลสกาดาผ่านซอฟต์แวร์ EcoStruxure Power Monitoring Expert ส่วน Vista เพื่อแสดงค่าพารามิเตอร์แบบเรียลไทม์ ตามการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร.....102

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2.3 หน้าต่างแสดงผลสกาดาและ Dashboard ผ่านเว็บไซต์ https://ins-pme/Web/ เพื่อแสดงค่าพารามิเตอร์แบบเรียลไทม์ตามที่กำหนดไว้.....106

4.2.4 การนำข้อมูลมาคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้าให้อยู่ในรูปใบเสร็จค่าไฟฟ้าประจำเดือน (Billing) 107

4.2.5 ทดสอบการพยากรณ์การใช้ค่าพลังงานไฟฟ้าด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ผ่านโปรแกรมภาษา Python.....110

4.2.6 ทดสอบการแจ้งเตือนแก่ผู้ใช้งานเมื่อแนวโน้มค่าพลังงานไฟฟ้ามีค่าเพิ่มมากกว่าปกติ ผ่านไลน์แชทบอท (Line Chatbot) 115

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ.....117

5.1 สรุปผล.....117

5.2 ปัญหาและอุปสรรค.....118

5.3 ข้อเสนอแนะ.....118

บรรณานุกรม.....119

ภาคผนวก โปรแกรมสำหรับการพยากรณ์.....123

ก.1 โปรแกรมสำหรับพยากรณ์ผ่านโปรแกรมภาษา Python.....123

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1.1 การคิดค่าไฟฟ้าประเภทที่ 3 กิจการขนาดกลาง อัตราปกติ....16
1.2 การคิดค่าไฟฟ้าประเภทที่ 3 กิจการขนาดกลาง อัตรา TOU....17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2.1 องค์ประกอบหลักของสกาดา....6
2.2 ระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติ....7
2.3 ดิจิตอลเพาเวอร์มิเตอร์....8
2.4 ดิจิตอลกิโลวัตต์ฮาวน์มิเตอร์....9
2.5 การทำงานของเกตเวย์....10
2.6 ตัวแปลงแปลงสัญญาณสัญญาณเป็นอีเทอร์เน็ต....11
2.7 การใช้ Modbus TCP/IP กับอุปกรณ์อีเทอร์เน็ต....12
2.8 การแปลง MODBUS Serial เป็น MODBUS Ethernet....12
2.9 ลักษณะเฟรมข้อมูลของ MODBUS TCP/IP....13
2.10 การอ่านค่าจากโปรโตคอล MODBUS ผ่านโปรแกรม....13
2.11 ตัวอย่างหน้าต่างแสดงผลจากโปรแกรม EcoStruxure™ Power....14
2.12 องค์ประกอบของอนุกรมเวลา....18
2.13 การเชื่อมต่อ Dialogflow กับไลน์แชทบอท....23
3.3 (ก) ประกอบชุดจำลองระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติ....26
3.3 (ข) ชุดจำลองของระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติที่ประกอบเสร็จสมบูรณ์....26
3.4 หน้าจอแสดงผลผ่านโปรแกรม ModScan32....27
3.5 (ก) ติดตั้งชุดมิเตอร์เข้ากับเกตเวย์ของทางท่าอากาศยาน ที่อาคาร AMF1....27
3.5 (ข) ติดตั้งชุดมิเตอร์เข้ากับเกตเวย์ของทางท่าอากาศยาน ที่อาคาร AMF1....27
3.6 (ก) อ่านหมายเลข IP Address ของ Gateway ของทอท....28
3.6 (ข) หมายเลข IP Address ของ Gateway ของทอท....28
3.7 หมายเลข IP Address ของ Weidmuller Converter Serial/Ethernet....28
3.8 ทำการแก้ไข IP Address ของคอนเวอร์เตอร์ให้ตรงกับ IP Address ของทอท....29
3.9 การ Com Port Configuration ในโปรแกรม FL Com Port Redirector....29
3.10 (ก) การใช้คำสั่ง Ping ในการตรวจสอบการเชื่อมต่อ....30
3.10 (ข) หน้าต่างแสดงผลการตอบรับผ่านโปรแกรม CMD....30
3.11 การสร้าง Group ด้วยโปรแกรม Power Monitoring Expert....31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

3.12 (ก) ค่าแรงดันไฟฟ้า (L-L avg) ระหว่างค่าที่แสดงผ่านซอฟต์แวร์จากเครื่อง Server.....31
3.12 (ข) ค่าที่แสดงผ่านมิเตอร์ ยี่ห้อ Schneider รุ่น IEM3255 (Serial Number: 1016233169).....31
3.13 (ก) ค่าแรงดันไฟฟ้า (L-L avg) ระหว่างค่าที่แสดงผ่านซอฟต์แวร์จากเครื่อง Server.....32
3.13 (ข) ค่าที่แสดงผ่านมิเตอร์ ยี่ห้อ Schneider รุ่น IEM3355 (Serial Number: 2519114056).....32
3.14 (ก) ค่าแรงดันไฟฟ้า (L-L avg) ระหว่างค่าที่แสดงผ่านซอฟต์แวร์จากเครื่อง Server.....32
3.14 (ข) ค่าที่แสดงผ่านมิเตอร์ ยี่ห้อ Socomec รุ่น DIRIS A-10 (Serial Number: 20110210147).32
3.15 (ก) ค่าแรงดันไฟฟ้า (L-L avg) ระหว่างค่าที่แสดงผ่านซอฟต์แวร์จากเครื่อง Server.....33
3.15 (ข) ค่าที่แสดงผ่านมิเตอร์ ยี่ห้อ Socomec รุ่น Countis E13 (Serial Number: ASAU500007).....33
3.16 (ก) การสำรวจหน้างานจริง เพื่ออัพเดทฐานข้อมูลก่อนการเข้าติดตั้งมิเตอร์.....33
3.16 (ข) ตู้มิเตอร์แบบอนาล็อก.....33
3.17 ตัวอย่างการอัพเดทฐานข้อมูล ในอาคารที่ถูกสำรวจเรียบร้อยแล้ว.....34
3.18 (ก) การรื้อถอนชุดเพาเวอร์มิเตอร์แบบอนาล็อกเพื่อทำการติดตั้งชุดเพาเวอร์มิเตอร์แบบดิจิตอล ของระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติ.....34
3.18 (ข) การรื้อถอนชุดเพาเวอร์มิเตอร์แบบอนาล็อกเพื่อทำการติดตั้งชุดเพาเวอร์มิเตอร์แบบดิจิตอล ของระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติ.....34
3.19 หน้าต่าง SCADA สำหรับการ Monitoring ค่าพลังงานไฟฟ้าภายใน 21 อาคาร ของท่าอากาศยาน สุวรรณภูมิ.....35
3.19 หน้าโปรแกรมแสดงผลการคำนวณ.....36
3.20 ชุดจำลองของระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติ.....37
3.21 การกำหนด IP Address คอมพิวเตอร์หลัก.....38
3.22 การเชื่อมต่อระหว่างชุดจำลองระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติกับคอมพิวเตอร์ (Master) โดย ใช้โปรแกรม Modscan32 ผ่าน Remote Modbus TCP Server.....38
3.23 หน้าต่างแสดงค่าโวลต์ที่อ่านได้จากมิเตอร์ 10 ตัว ผ่านโปรแกรม ModScan32.....39
3.24 ติดตั้งตู้ระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติบริเวณตู้ไฟฟ้าที่ชั้น 2 ตึกภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม.....39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

3.25 การเชื่อมต่อกับตู้ไฟฟ้าชั้น 2 ตึกภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม เพื่อเก็บค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า....40
3.26 สร้าง Server ชื่อ INS-PME....41
3.27 สร้าง Sites ชื่อ PME....41
3.28 สร้าง Device Type ชื่อ PM-3133 โดยตั้งค่าเลข Modbus Address ตามค่าพารามิเตอร์ที่ต้องการอ่าน....42
3.29 สร้าง Device เพื่อรับค่าจากมิเตอร์ทั้ง 10 ตัว....43
3.30 ทำการเก็บค่าพารามิเตอร์ V, I, kW, kWh, kVar ทุกๆ 15 นาที....43
3.31 สร้างฟังก์ชันการคำนวณผ่าน Arithmetic ION Module....44
3.32 การใช้ Data Rec ION Module การเก็บบันทึกค่าจากฟังก์ชันการคำนวณ....44
3.33 การใช้ Periodic Tmr ION Module ในการตั้งเวลาเพื่อส่งออกข้อมูล....45
3.34 การดึงข้อมูลจาการเก็บค่าพารามิเตอร์จากส่วน Management Console....45
3.35 การใช้เชื่อมต่อระหว่าง 3 โมดูลในการหาจำนวนพลังงานไฟฟ้า (kWh) และเงินราคาค่าไฟฟ้า (บาท)....46
3.36 การใช้โมดูลในการหาจำนวนพลังงานไฟฟ้า (kWh) และเงินราคาค่าไฟฟ้า (บาท) ของแต่ละห้องที่ทำการเก็บข้อมูลจากตู้ไฟฟ้า....46
3.37 การใช้คำสั่ง Numeric Object ในการลิงค์ไปยังค่าที่ต้องการแสดง....47
3.38 การใช้คำสั่ง Numeric Object ในการลิงค์ไปยังค่าที่ต้องการแสดง....47
3.39 การใช้คำสั่ง Action > Open User Diagram ในการลิงค์ไปยังไดอะแกรมอื่น....48
3.40 ตัวอย่างหน้าต่างสกาดาในซอฟต์แวร์ส่วน Vista หน้า Overview....48
3.41 การใช้คำสั่ง Configuration Data Log Viewer....49
3.42 การใช้คำสั่ง Data Log Viewer ในการดูข้อมูลทุกค่าที่เก็บบันทึก....49
3.43 การเปลี่ยนชื่อของคอมพิวเตอร์หลัก....50
3.44 หน้าแรกของเว็บไซต์ https://ins-pme/Web/....50
3.45 การเชื่อมต่อหน้าต่างสกาดาจาก Vista เพื่อแสดงใน Web Applicants....51
3.46 การสร้างกราฟ ผ่านคำสั่ง Trend โดยใช้ชื่อ ENERGY-MAIN....52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.47	การเลือกค่า kWh-tot ในการพล็อตกราฟ สำหรับไฟฟ้า 3 เฟส	52
3.48	กราฟที่ได้จากการพล็อต kWh-tot แบบเรียลไทม์	53
3.49	การเลือกค่า kWh-a ในการพล็อตกราฟ สำหรับไฟฟ้า 1 เฟส	53
3.50	กราฟที่ได้จากการพล็อต kWh-a แบบเรียลไทม์	53
3.51	กราฟดึงข้อมูลของกราฟผ่านฟังก์ชัน Web Viewer	54
3.52	กราฟดึงกราฟเข้ามาแสดงในหน้าต่าง Dashboards ผ่านลิงค์เว็บไซต์	54
3.53	การแสดงกราฟผ่านหน้าต่าง Dashboards	55
3.54	ไฟล์ Install SQL Management Studio	55
3.55	การเข้า SQL Server ผ่าน Server Name ION	55
3.56	การสำรองที่มีการเก็บบันทึก	56
3.57	การสำรองข้อมูลลงไว้ใน Drive D	56
3.58	เลข ID ของพารามิเตอร์ที่กำลังบันทึกค่า	57
3.59	การแสดงสถานะ PC-Log 1 ของ Power Meter	57
3.60	การแสดงค่าที่อ่านได้จากดิจิตอลเพาเวอร์มิเตอร์ รุ่น PM-3133	58
3.61	การสร้างฐานข้อมูลใหม่	58
3.62	เลือกชื่อและชนิดของฐานข้อมูลของชุดข้อมูลที่ต้องการดึงค่าผ่านโปรแกรม Microsoft Excel	59
3.63	การเลือกข้อมูลที่ต้องการดึงข้อมูลมาใช้งานใน Microsoft Excelในการใช้	59
3.64	กระบวนการการคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้าให้อยู่ในรูปใบเสร็จค่าไฟฟ้าประจำเดือนผ่านโปรแกรม Microsoft excel	60
3.65	ตัวอย่างการคำนวณค่าพลังงานไฟฟ้าประเภทที่ 3.2 กิจการขนาดกลาง อัตราค่าไฟฟ้า TOU	62
3.66	ตัวอย่างการใช้ฟังก์ชัน LOOKUP	62
3.67	ตัวอย่างการใช้ฟังก์ชัน INDEX	63
3.68	ตัวอย่างการใช้ฟังก์ชัน EOMONTH	63
3.69	ตัวอย่างการใช้ฟังก์ชัน MOD	64
3.70	ตัวอย่างการใช้ฟังก์ชัน TEXT	64
3.71	ตัวอย่างการใช้ฟังก์ชัน INT	65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

3.72 ตัวอย่างการใช้ฟังก์ชัน MONTH....65
3.73 ตัวอย่างการใช้ฟังก์ชัน OFFSET....66
3.74 ตัวอย่างการใช้ฟังก์ชัน MATCH....66
3.75 ตัวอย่างการใช้ฟังก์ชัน IF....67
3.76 ตัวอย่างการใช้ฟังก์ชัน TIME....67
3.77 ตัวอย่างการใช้ฟังก์ชัน ROWS....68
3.78 แผนผังการดำเนินงานโปรแกรมสำหรับการพยากรณ์....69
3.79 แผนผังการดำเนินงานโปรแกรมสำหรับการพยากรณ์(ต่อ)....70
3.80 ยกตัวอย่างการแสดงข้อมูลที่อ่าน....72
3.81 ประเภทของข้อมูลในคอลัมน์ Value และ TimestampUTC....72
3.82 แสดงข้อมูลค่าพลังงานไฟฟ้า และวันเวลาในคอลัมน์ y และ ds....73
3.83 การสมัครเป็น LINE official account ผ่าน Line Account....74
3.84 การ Create Provider....74
3.85 หน้าต่างเมื่อสร้าง Line Provider เรียบร้อยแล้ว....75
3.86 การสร้าง Account Line Chatbot เรียบร้อยแล้ว....75
3.87 หน้าต่าง Messaging Settings....76
3.88 (ก) เทมเพลต Rich Menu แบบ Compact....77
3.88 (ข) เทมเพลต Rich Menu แบบ Large....77
3.89 หน้าต่างการสร้าง Line Rich Menu....77
3.90 การใส่รูปภาในเทมเพลตของ Rich Menu....78
3.91 การกำหนด Action เมื่อมีการกดที่แต่ละ Rich Menu....79
3.92 การกำหนดวัน และเวลาที่มีผลใช้งาน Rich Menu....79
3.93 หน้าต่างการเข้าสู่ระบบผ่านอีเมมล์ที่ใช้เก็บไฟล์ใน OneDrive....80
3.94 การเลือกแหล่งข้อมูล (Source data) จาก Excel file....81
3.95 เลือกไฟล์ Excel ที่เก็บใน OneDrive....81
3.96 การเลือก Destination เป็น Tab ใน Google Sheets....82

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

3.97 การเชื่อม Tabs จากไฟล์ Excel ไปยัง Google Sheets ทั้งหมด 10 Tabs....82
3.98 การตั้งค่าเวลาในการอัพเดทข้อมูลอัตโนมัติ....83
3.99 Google Sheets ที่รับข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าจาก Excel....83
3.100 การสร้าง Agent ในซอฟต์แวร์ DialogFlow....84
3.101 การสร้าง Training Phase....84
3.102 การเผยแพร่ Code ในรูปแบบ web app....85
3.103 การสร้าง URL webhook จาก Google Sheets....85
3.104 นำ URL web hook มาเชื่อมต่อในส่วน Fulfillment ของ Dialogflow....86
3.105 ซอฟต์แวร์ Diagramflow ส่วน Integrations เลือก Application LINE....86
3.106 ใส่ข้อมูลของ AMR LINE official ลงซอฟต์แวร์ Diagramflow....87
3.107 เปิดใช้งาน webhook ใน LINE official account โดยการใช้ URL จากซอฟต์แวร์ Diagramflow....87
3.108 หน้าต่างการเข้าสู่ระบบซอฟต์แวร์ Integromat....88
3.109 ทำการสร้าง a new scenario....88
3.110 ทำการสร้าง a new scenario....89
3.111 Webhook ของ Google Sheets Module....89
3.112 การเพิ่มส่วนขยายของ Google Sheets....90
3.113 ติดตั้ง Integromat เป็นส่วนขยายของ Google Sheets....90
3.114 การเชื่อมต่อ Google Sheet กับ Integromat Extension โดยใช้ Webhook URL ของ Integromat....91
3.115 สร้าง LINE Module แบบ Send a Broadcast Message....91
3.116 การตั้งค่าเพื่อเชื่อมต่อกับ Line official account....92
3.117 การกำหนด Broadcast Message....92
3.118 การกำหนดเงื่อนไขในการแจ้งเตือน....93
3.119 การตั้งค่า scenario ให้ทำงานตลอดเวลา....93
4.1 (ก) การใช้คำสั่ง Ping ในการตรวจสอบการเชื่อมต่อ....94

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.1 (ข) หน้าต่างแสดงผลการตอบรับจากคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์ของทอท....94
4.2 (ก) หน้าต่างแสดงค่าแรงดันไฟฟ้าผ่านโปรแกรม Power Monitoring Expert ส่วน Vista....95
4.2 (ข) การอ่านค่าแรงดันไฟฟ้าจากดิจิตอลมิเตอร์ ยี่ห้อ Schneider รุ่น IEM3255....95
4.3 (ก) หน้าต่างแสดงค่าแรงดันไฟฟ้าผ่านโปรแกรม Power Monitoring Expert ส่วน Vista 95
4.3 (ข) การอ่านค่าแรงดันไฟฟ้าจากดิจิตอลมิเตอร์ ยี่ห้อ Socomec รุ่น DIRIS A-10....95
4.4 Overview....96
4.5 หน้าต่างแสดงอาคารในโซน METER FREEZONE....97
4.6 หน้าต่างแสดงตำแหน่งดิจิตอลมิเตอร์ภายในอาคาร METER MTB....97
4.7 หน้าแสดงค่า Energy (kWh) และ Power (kW) ของมิเตอร์ที่ตำแหน่ง T1-086....98
4.8 ส่วนการแสดงข้อมูลค่าพลังงานไฟฟ้า....99
4.9 ส่วนการแสดงผลการคำนวณแบบอัตราปกติ....99
4.10 ส่วนการแสดงผลการคำนวณอัตรา TOU....100
4.11 (ก) การใช้คำสั่ง Ping ในการตรวจสอบการเชื่อมต่อ....101
4.11 (ข) หน้าต่างแสดงผลการตอบกลับจากคอนเวอร์เตอร์รุ่น DR-302....101
4.12 แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้า (kWh)....101
4.13 แสดงค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า (kW) 102
4.14 การแสดงผลในหน้า Overview....102
4.15 การแสดงผลในหน้า Equipment....103
4.16 การแสดงผลในหน้า Network....103
4.17 แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้า และค่าใช้จ่ายโดยประมาณของ 2nd Floor....103
4.18 แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในห้อง Electrical Measurement Laboratory room....104
4.19 แสดงค่าใช้จ่ายโดยประมาณภายในห้อง Electrical Measurement Laboratory room....104
4.20 แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในห้อง Network room....104
4.21 แสดงค่าใช้จ่ายโดยประมาณภายในห้อง Network room....105
4.22 แสดงสถานการณ์ทำงานของแต่ละมิเตอร์....105

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.23 Dashboard แสดงค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า, ค่าใช้จ่ายโดยประมาณ และกราฟการใช้พลังงานไฟฟ้าของทั้งอาคารโดยรวม และของแต่ละห้องในอาคาร 106

4.24 Dashboard แสดงกราฟเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าแต่ละห้องภายในอาคาร.....106

4.25 Dashboard แสดงค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า, ค่าใช้จ่ายโดยประมาณ และกราฟการใช้พลังงานไฟฟ้าของแต่ละห้องในอาคาร 107

4.26 หน้าโปรแกรมแสดงข้อมูลค่าพลังงานไฟฟ้าทุก ๆ 15 นาที.....108

4.27 หน้าโปรแกรมแสดงข้อมูลค่าพลังงานไฟฟ้ารายเดือน.....108

4.28 หน้าโปรแกรมแสดงผลสำหรับการแสดงผลการคำนวณ 109

4.29 หน้าโปรแกรมแสดงผลการคำนวณ.....109

4.30 ข้อมูลค่าพลังงานไฟฟ้าและผลของการพยากรณ์หลังวันที่ 8 เมษายน 2564 ของ Main electrical.....110

4.31 ข้อมูลค่าพลังงานไฟฟ้าและผลของการพยากรณ์หลังวันที่ 8 เมษายน 2564 ของ Air Network room.....111

4.32 ข้อมูลค่าพลังงานไฟฟ้าและผลของการพยากรณ์หลังวันที่ 8 เมษายน 2564 ของ 2nd Pathway (nightlight) 111

4.33 ข้อมูลค่าพลังงานไฟฟ้าและผลของการพยากรณ์หลังวันที่ 8 เมษายน 2564 ของ 2nd Hall.....112

4.34 ข้อมูลค่าพลังงานไฟฟ้าและผลของการพยากรณ์หลังวันที่ 8 เมษายน 2564 ของ Air Co-Woriking space.....112

4.35 ข้อมูลค่าพลังงานไฟฟ้าและผลของการพยากรณ์หลังวันที่ 8 เมษายน 2564 ของ Air Calibration room.....113

4.36 ข้อมูลค่าพลังงานไฟฟ้าและผลของการพยากรณ์หลังวันที่ 8 เมษายน 2564 ของ 2nd Hall(plug)+Calibration room.....113

4.37 ข้อมูลค่าพลังงานไฟฟ้าและผลของการพยากรณ์หลังวันที่ 8 เมษายน 2564 ของ True WIFI.....114

4.38 ข้อมูลค่าพลังงานไฟฟ้าและผลของการพยากรณ์หลังวันที่ 8 เมษายน 2564 ของ Electrical Measurement Laboratory.....114

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.37 (ก) แสดงหน่วย(units) การใช้พลังงานไฟฟ้าภายในชั้น 2 ของอาคารเมื่อมีการกด Rich Menu อันที่ 1 115
4.37 (ข) แสดงหน่วย(units) การใช้พลังงานไฟฟ้าภายในห้อง Network room เมื่อมีการกด Rich Menu อันที่ 4.....115
4.39 การเซ็ตค่าคาดการณ์การใช้ไฟฟ้าต่อเดือน ผ่าน Microsoft Excel 116
4.40 การแจ้งเตือนผ่าน Line official account เมื่อแนวโน้มการใช้ค่าพลังงานไฟฟ้ามีค่าเพิ่มมากกว่าปกติ 116

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ

ในปัจจุบันการจดหน่วยไฟฟ้าในสถานที่ขนาดใหญ่ที่มีการใช้ไฟเป็นจำนวนมาก เช่น ห้างสรรพสินค้า หอพัก หรือสนามบิน ยังคงใช้พนักงานในการอ่านหน่วยไฟฟ้า ทำให้ข้อมูลที่จดได้ไม่มีความน่าเชื่อถือมากพอ ซึ่งอาจจะเกิดขึ้นได้จากความผิดพลาดของมนุษย์ (Human Error) ไม่ว่าจะเป็นการอ่านค่าที่คลาดเคลื่อน รวมถึงการจดหน่วยไฟฟ้าผิดไปจากเดิม ซึ่งมิเตอร์แบบเก่านั้นเป็นชนิดอนาล็อกหรือจานหมุน ทำให้ไม่สามารถกลับมาดูค่าก่อนหน้าได้ ดังนั้นความแม่นยำและความเชื่อมั่นสำหรับการให้พนักงานอ่านหน่วยมิเตอร์จึงไม่มากพอ นอกจากนี้ในการจดหน่วยไฟฟ้าจากมิเตอร์ยังใช้เวลานาน เนื่องจากสถานที่ขนาดใหญ่มักจะมีการติดตั้งมิเตอร์เป็นจำนวนมาก ทำให้อาจเกิดการทุจริตในการจดยูนิตมิเตอร์ และยังมีค่าใช้จ่ายในการจ้างพนักงานจดหน่วยไฟฟ้า

ด้วยเหตุนี้จึงเกิดการพัฒนาระบบสำหรับอ่านหน่วยไฟฟ้าแบบอัตโนมัติขึ้น ซึ่งระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติ (Automatic Meter Reading: AMR) สามารถอ่านค่าพลังงานไฟฟ้าและเก็บค่าแบบเรียลไทม์ของอาคารวิศวกรรมการวัดและควบคุมคุมและระบบโซล่าเซลล์ ผ่านระบบการสื่อสารแบบสายสัญญาณโปรโตคอลแบบ RS-485 แล้วแปลงไปเป็นอีเทอร์เน็ต โดยนำข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าไปต่อยอดเพื่อการวิเคราะห์การใช้งาน คำนวณใบเสร็จค่าไฟฟ้าประจำเดือนและการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า แล้วแสดงผลผ่านซอฟต์แวร์ของบริษัท Schneider (Power Monitoring Expert: PME) เพื่อการควบคุมแบบรวมศูนย์สำหรับการจัดการทางไกล อีกทั้งสามารถพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการตรวจสอบสถานะสำหรับการติดต่อระหว่างส่วนควบคุมกับพื้นที่ภายในระบบ ซึ่งสามารถแก้ไขปัญหาความผิดพลาดของบุคคลและใช้ข้อมูลที่ได้มาจัดการค่าพลังงานไฟฟ้าให้เกิดความคุ้มค่าและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

การจัดทำโครงการครั้งนี้ทางผู้จัดทำแบ่งโครงการออกเป็น 2 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1: ระบบสกาดาสำหรับแสดงผลข้อมูลจากระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติ: กรณีศึกษาจากท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ ซึ่งทางผู้จัดทำโครงการได้ประสานงานกับบริษัท แอมโปล เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด ในการจัดทำโครงการเกี่ยวกับการทำงานของระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติ (Automatic Meter Reading: AMR) โดยได้เข้าปฏิบัติงานในเขตท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ กลุ่มอาคารภายในพื้นที่เขตปลอดอากรและกลุ่มอาคารทั่วไป ซึ่งจะทำงานเกี่ยวกับกับติดตั้งเพาเวอร์มิเตอร์ เพื่อจัดทำระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติ (Automatic Meter Reading: AMR) โดยทำให้สามารถเก็บข้อมูลการใช้ไฟฟ้า แล้วนำมาวิเคราะห์และตรวจสอบความถูกต้องของค่าพลังงานไฟฟ้าภายในอาคารดังกล่าวได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่ 2: แบบจำลองระบบสกาดาสำหรับการแสดงผลข้อมูลจากระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติ (Automatic Meter Reading: AMR) ภายในอาคารวิศวกรรมการวัดและควบคุม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในการใช้ Power Meter สำหรับระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติ (Automatic Meter Reading: AMR) โดยทำการเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า แล้วนำค่าพลังงานไฟฟ้ามาวิเคราะห์และตรวจสอบความถูกต้องของระบบไฟฟ้าภายในอาคารได้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อนำระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติ (Automatic Meter Reading: AMR) ใช้ในการเรียกดูค่าพลังงานไฟฟ้าภายในอาคารวิศวกรรมการวัดและควบคุมและค่าพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากแผงโซล่าเซลล์
2. เพื่อบันทึกและแสดงค่าพลังงานไฟฟ้าบนซอฟต์แวร์แบบเรียลไทม์
3. เพื่อคำนวณใบเสร็จค่าไฟฟ้าและพยากรณ์การใช้ค่าพลังงานไฟฟ้าด้วยวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พร้อมแจ้งเตือนแก่ผู้ใช้งานเมื่อแนวโน้มค่าพลังงานไฟฟ้ามีค่าเพิ่มมากกว่าปกติ

1.3 เป้าหมายและขอบเขตของโครงการ

โครงการนี้เป็นการศึกษาและนำระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติ (Automatic Meter Reading: AMR) เรียกดูค่าพลังงานไฟฟ้าภายในอาคารวิศวกรรมการวัดและควบคุมและค่าพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากแผงโซล่าเซลล์ พร้อมบันทึกและแสดงค่าพลังงานไฟฟ้าบนซอฟต์แวร์แบบเรียลไทม์ ซึ่งจะทำการคำนวณใบเสร็จค่าไฟฟ้าและพยากรณ์การใช้ค่าพลังงานไฟฟ้าด้วยวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ อีกทั้งยังแจ้งเตือนแก่ผู้ใช้งานเมื่อแนวโน้มค่าพลังงานไฟฟ้ามีค่าเพิ่มมากกว่าปกติ เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถวางแผนการทำงานและการจัดการค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น นอกจากนี้ได้มีการนำความรู้พื้นฐานที่ได้จากการเรียนรู้จากภาควิชานำมาใช้ และต่อยอดกับการทำงานให้สำเร็จไปด้วยดี

1.4 ขั้นตอนการศึกษา

1. ศึกษาหลักการทำงานของระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติ (Automatic Meter Reading: AMR) และระบบโซล่าเซลล์
2. ศึกษาเครื่องมือต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ ดิจิตอลเพาเวอร์มิเตอร์ (Digital Power Meter), ดิจิตอลกิโลวัตต์ฮาวน์มิเตอร์ (Digital Energy Meter) และคอนเวอร์เตอร์ (Converter) เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ศึกษาโปรแกรม Power Monitoring Expert Software 9.1, Modscan32 และ Microsoft SQL Server Management Studio 18 เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ค่าพลังงานไฟฟ้า
4. นำระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติ (Automatic Meter Reading: AMR) มาใช้ในการเรียกดูค่าพลังงานไฟฟ้าภายในอาคารวิศวกรรมการวัดและควบคุมและค่าพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากแผงโซล่าเซลล์
5. นำค่าพารามิเตอร์จากการเรียกดูข้อมูลมาแสดงผลบนซอฟต์แวร์ พร้อมบันทึกค่าแบบเรียลไทม์
6. นำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติมาคำนวณใบเสร็จค่าไฟฟ้า และพยากรณ์การใช้ค่าพลังงานไฟฟ้า พร้อมทั้งแจ้งเตือนแก่ผู้ใช้งานเมื่อแนวโน้มค่าพลังงานไฟฟ้ามีค่าเพิ่มมากกว่าปกติ
7. สรุปผลและเขียนรูปเล่มรายงาน

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติ (Automatic Meter Reading: AMR) สามารถเรียกดูและบันทึกค่าพลังงานไฟฟ้าภายในอาคารวิศวกรรมการวัดและควบคุมและแผงโซล่าเซลล์ พร้อมแสดงค่าพลังงานไฟฟ้าบนหน้าต่างแสดงผลของซอฟต์แวร์แบบเรียลไทม์
2. สามารถนำค่าพลังงานไฟฟ้าที่ได้มาคำนวณใบเสร็จค่าไฟฟ้ารายเดือน และพยากรณ์ด้วยวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ทั้งยังสามารถแจ้งเตือนแก่ผู้ใช้งานเมื่อแนวโน้มค่าพลังงานไฟฟ้ามีค่าเพิ่มมากกว่าปกติ
3. สามารถนำผลการพยากรณ์มาใช้ในการจัดการพลังงานไฟฟ้าภายในอาคารวิศวกรรมการวัดและควบคุมให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เพื่อให้ค่าพลังงานการใช้ไฟฟ้าต่อหน่วยมีแนวโน้มลดลง
4. สามารถนำทักษะความรู้ที่ได้ไปพัฒนาต่อยอดหรือพัฒนาให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เช่น การนำระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติ (Automatic Meter Reading: AMR) ไปประยุกต์ใช้ในการทำบล็อกเชน (Blockchain) เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 กล่าวนำ

ในบทนี้จะเป็นการกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการทำปริญญานิพนธ์นี้ เพื่อใช้เป็นแนวทางและการศึกษาทำความเข้าใจ ซึ่งจะมีเนื้อหาเกี่ยวกับระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติ (Automatic Meter Reading: AMR), การแสดงผลผ่านโปรแกรม Power Monitoring Expert Software, การคำนวณใบเสร็จค่าไฟฟ้า, การพยากรณ์การใช้ค่าพลังงานไฟฟ้าด้วยวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ และการแจ้งเตือนแก่ผู้ใช้งาน

2.2 คำจำกัดความ

2.2.1 โครงการ

โครงการ หมายถึง โครงการอ่านข้อมูลจากเครื่องมือวัดโดยอัตโนมัติ หรือนำข้อมูลดังกล่าวมาแสดงที่หน้าต่างแสดงผล (Monitoring Window) เพื่อการเก็บค่าพลังงานไฟฟ้าสำหรับการวางแผนในการใช้พลังงานไฟฟ้า และการจัดทำระบบแสดงค่าไฟฟ้าในรูปแบบใบเสร็จค่าไฟฟ้า

2.2.2 ระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติ (Automatic Meter Reading)

AMR (Automatic Meter Reading) หมายถึง การดัดแปลงหรือปรับปรุง (Retrofit) เครื่องวัดเดิมของท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ และติดตั้งแทนเครื่องมือวัดของเดิมของท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ โดยหน้าต่างแสดงผล (Monitoring Window) จะถูกแสดงที่เครื่องคอมพิวเตอร์หลัก (Server) ของท่าอากาศยานสุวรรณภูมิภายใต้ระบบสื่อสารของทอท.

2.2.3 เครื่องมือวัดเดิมของท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ

เครื่องมือวัดเดิมของท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ หมายถึง เครื่องมือวัดพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าแบบ Analog ชนิด 1 เฟสหรือ 3 เฟส ที่ใช้ติดตั้งอยู่ภายในท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ

2.2.4 ศูนย์ข้อมูล AMR (Computer Server)

สถานที่ติดตั้งระบบคอมพิวเตอร์และซอฟต์แวร์ของโครงการ โดยจะติดตั้งระบบดังกล่าวไว้ ณ อาคาร AMF1 (อาคารซ่อมบำรุงอากาศยาน1) ท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.5 ค่าพลังงานไฟฟ้า (Energy Charge)

ค่าพลังงานไฟฟ้า หมายถึง ปริมาณการใช้ไฟฟ้า (ตามหน่วย หรือ kWh) ที่ใช้ในแต่ละเดือน ตามประเภทของอัตราค่าไฟฟ้าที่ใช้

2.2.6 ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า (Demand Charge)

ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า หมายถึง ความต้องการพลังไฟฟ้าแต่ละเดือน หรือความต้องการพลังงานไฟฟ้า (Kw) เฉลี่ยใน 15นาทีที่สูงสุดของช่วงเวลาในแต่ละเดือน ตามประเภทของอัตราค่าไฟฟ้าที่ใช้

2.2.7 ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ (PF)

ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ หมายถึง ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า ของผู้ใช้ไฟที่มีค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ล้าหลัง (Laging) ในแต่ละเดือนหากมีความต้องการพลังงานไฟฟ้ารีแอ็กทีฟเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุด เมื่อคิดเป็นค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าแอ็กทีฟ (Kvar) เกิน ร้อยละ 61.97 ของค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (kW) ส่วนที่เกินจะต้องเสียค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ในอัตรา kVar ละ 56.07 บาท

2.2.8 ค่าไฟฟ้าผันแปร (Fuel Adjustment Charge: Ft)

ค่าไฟฟ้าผันแปร หมายถึง ค่าไฟฟ้าที่ปรับเปลี่ยนเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามต้นทุนการผลิต เช่น ค่าเชื้อเพลิง ค่าจัดส่ง ค่าซื้อไฟจากเอกชนหรือประเทศเพื่อนบ้าน ที่อยู่นอกเหนือการควบคุมของการไฟฟ้า

2.3 Supervisory Control and Data Acquisition

Supervisory Control and Data Acquisition หรือ SCADA คือ ระบบการส่งข้อมูลระยะไกลที่ใช้ในการตรวจสอบและวิเคราะห์ข้อมูล รวมถึงควบคุมกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมหลายประเภท โดยมีการติดต่อสื่อสารข้อมูลในรูปแบบดิจิตอลผ่านระบบเครือข่ายคมนาคม นอกจากนี้ระบบสกาดายังสามารถประมวลผลข้อมูลจากอุปกรณ์ประเภทต่าง ๆ เช่น DCS, RTU, PLC และส่งสัญญาณเพื่อควบคุมได้ ทำให้ผู้ควบคุมเห็นภาพรวมของระบบได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น องค์ประกอบหลักของสกาดาประกอบด้วย

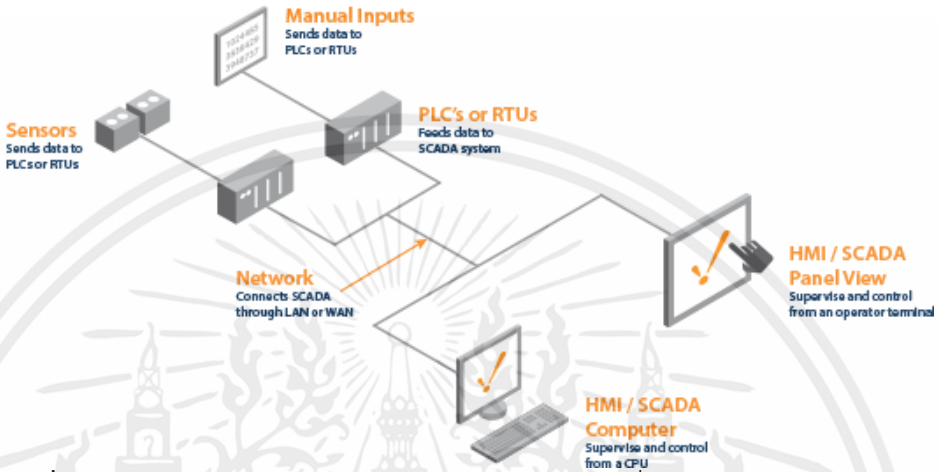
Central Monitoring Station (CMS): หน่วยติดต่อและปฏิบัติการของผู้ใช้งาน เป็นเครื่องมือสำหรับตรวจสอบและควบคุมระบบโดยผู้ควบคุม

Remote Station: หน่วยควบคุมระยะไกล ทำหน้าที่รวบรวมข้อมูลของอุปกรณ์ในระบบ และเชื่อมต่อไปยังผู้ปฏิบัติการ เช่น PLC, RTU เป็นต้น

Communication Network: ส่วนของการส่งข้อมูลในระบบดิจิตอลผ่านตัวกลางในการสื่อสาร เช่น แลน (LAN), WAN เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ Field Instrumentation: หน่วยติดต่อระยะไกล เป็นส่วนของเครื่องมือที่ใช้ในการเชื่อมต่อกับส่วนของกระบวนการผลิต ซึ่งสามารถเปลี่ยนสมบัติทางกายภาพให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าในรูปแบบอนาล็อกหรือดิจิตอล (Riverplus Co.,Ltd, 2011)



รูปที่ 2.1 องค์ประกอบหลักของสกาดา (บริษัทเอ็นเนอร์ยี่ สโคป จำกัด, ม.ป.ป.)

2.4 ระบบการอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติ (Automatic Meter Reading: AMR)

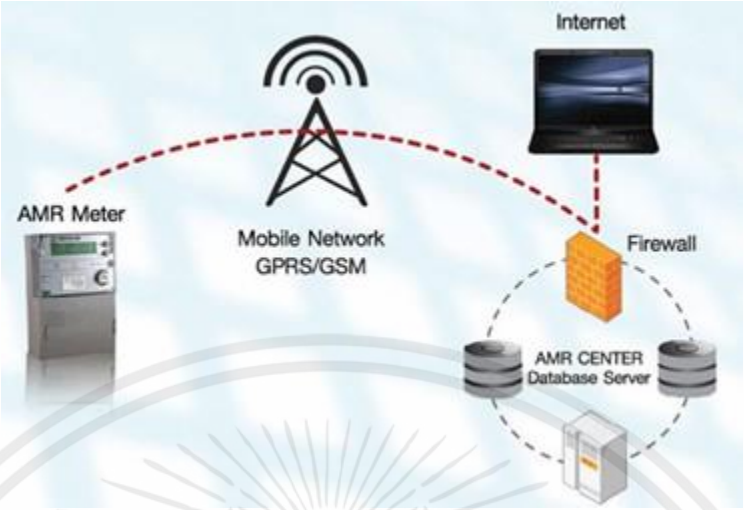
ระบบอ่านข้อมูลจากมิเตอร์ไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ คือ ระบบที่สามารถอ่านค่าข้อมูลจากมิเตอร์ไฟฟ้าโดยอัตโนมัติผ่านระบบสื่อสารประเภทต่าง ๆ ซึ่งจะถูกติดตั้งให้ผู้ใช้ไฟฟ้ารายใหญ่ที่มีการติดตั้งหม้อแปลงขนาด 100kVA หรือมีการใช้ไฟฟ้าตั้งแต่ 30kW ขึ้นไป หรือสถานที่ที่มีการติดตั้งมิเตอร์ไฟฟ้าจำนวนมากในพื้นที่ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (PEA) โดยให้ผู้ใช้สามารถเรียกดูข้อมูลการใช้ไฟฟ้าผ่านอินเตอร์เน็ตได้ โดยจะมีส่วนประกอบ 3 ส่วน คือ

1) ดิจิตอลเพาเวอร์ (Digital Power) หรือมิเตอร์วัดค่าทางไฟฟ้า (Electronic Meter)

2) ระบบและอุปกรณ์สื่อสาร ได้แก่ GPRS/GSM/3G Modem และ เครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Mobile Network)

3) เซิร์ฟเวอร์และซอฟต์แวร์ของ AMR (Kulit Suprija, 2015)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 ระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติ (บริษัท เอสอีดับเบิลยู ยูโรไดรฟ (ประเทศไทย) จำกัด, 2557)

การทำงานของระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติมีลักษณะดังนี้ (ธนัชพร สุพรรณศรี, 2553)

- ระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติจะทำหน้าที่ในการอ่านข้อมูลจากมิเตอร์ผ่านโครงข่ายของระบบที่ใช้สื่อสาร โดยส่งข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของแต่ละรายทุก ๆ 15 นาที หรือแบบเรียลไทม์ และจะถูกจัดเก็บไว้ในฐานข้อมูลที่ตั้งศูนย์ระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติ โดยที่ซอฟต์แวร์ของระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติจะต้องทำการประมวลผลแฟ้มข้อมูล (File processing) ของมิเตอร์แต่ละเครื่อง เพื่อส่งข้อมูลการใช้ไฟฟ้าให้หน่วยงานที่รับผิดชอบในการพิมพ์บิลค่าไฟฟ้าต่อไป
- กรณีเกิดปัญหาระหว่างการใช้งาน เช่น มิเตอร์ชำรุดหรือมีการละเมิดการใช้ไฟฟ้า ระบบจะมีการแจ้งเตือนให้ผู้ใช้งานทราบทันที เพื่อตรวจสอบการทำงานของระบบ
- กรณีฝาตู้มิเตอร์ถูกเปิดระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติจะแจ้งสถานะการเปิดฝาตู้มิเตอร์กลับเข้ามาที่ยังศูนย์ระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติ เพื่อให้ผู้รับผิดชอบได้ทราบปัญหาในทันที ซึ่งจะช่วยป้องกันการละเมิดการใช้ไฟฟ้าได้
- ลักษณะของข้อมูลที่ได้จากการอ่านค่าผ่านระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติ สามารถดูได้ทั้งแบบเป็นรายวัน รายเดือน รายปี และสามารถเปรียบเทียบการใช้ไฟฟ้าตามระยะเวลาที่กำหนดได้ (บริษัท เอสอีดับเบิลยู ยูโรไดรฟ (ประเทศไทย) จำกัด, 2557)

2.5 อุปกรณ์ในระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติ (Automatic Meter Reading: AMR)

อุปกรณ์ในระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติประกอบไปด้วยอุปกรณ์หลัก ดังนี้คือ ดิจิตอลเพาเวอร์มิเตอร์ (Digital Power Mwter), เกตเวย์(Gateway), คอนเวอร์เตอร์ (Converter RS485-to-Ethernet) และหม้อแปลงกระแสไฟฟ้า (Current Transformer)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1 ดิจิตอลมิเตอร์ (Digital Meter)

ดิจิตอลมิเตอร์ คือ อุปกรณ์ที่ใช้วัดค่าปริมาณทางไฟฟ้า เช่น แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า กำลังงานไฟฟ้าจริง กำลังงานไฟฟ้ารีแอคทีฟ กำลังไฟฟ้าปรากฏตัวประกอบกำลังฮาร์โมนิคและค่าพลังงานไฟฟ้า เป็นต้น ดิจิตอลมิเตอร์สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลัก ๆ คือ ดิจิตอลเพาเวอร์มิเตอร์ (Digital Power Meter) และดิจิตอลกิโลวัตต์ฮาวน์มิเตอร์ (Digital Energy Meter) (บริษัท แฟ็คโตมาร์ท จำกัด, ม.ป.ป.)

2.5.1.1 ดิจิตอลเพาเวอร์มิเตอร์ (Digital Power Meter)

ดิจิตอลเพาเวอร์มิเตอร์จะใช้ทำการติดตั้งตามตู้แบบ MDB หรือสวิตช์บอร์ด (Main Distribution Board) และตู้แผงควบคุมไฟฟ้ารอง หรือ SDB (Sub Distribution Board) โดยใช้วัดค่าพื้นฐานทางไฟฟ้าได้ครบทุกพารามิเตอร์ ซึ่งรูปแบบการติดต่อสื่อสารเป็นแบบ Option Module สามารถเลือกได้ เช่น RS232, RS485 USB หรืออีเทอร์เน็ต เป็นต้น

รูปที่ 2.3 ดิจิตอลเพาเวอร์มิเตอร์ (บริษัท แฟ็คโตมาร์ท จำกัด, ม.ป.ป.)

Digital Power Meter สามารถวัดค่าพื้นฐานทางไฟฟ้าได้ครบทุกค่า เช่น

1) แรงดันไฟฟ้าหรือความต่างศักย์ไฟฟ้า (Voltage): แรงดันไฟฟ้าระหว่างจุดสองจุดที่ทำให้อิเล็กตรอนหลุดเป็นอิสระจนเกิดกระแสไหล หน่วยเป็น โวลต์ (V)
2) กระแสไฟฟ้า (Current): เป็นการไหลของอิเล็คตรอน โดยอิเล็คตรอนจะไหลจากขั้วลบไปหาขั้วบวกเสมอจนกว่าประจุไฟฟ้าจะกลับเข้าสู่สภาวะความเป็นกลาง หน่วยเป็น แอมป์แปร์ (A)
3) ความถี่ (Frequency): คือจำนวนรอบคลื่นต่อวินาที หน่วย เฮิร์ต (Hz)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) ค่าประกอบกำลังไฟฟ้า (Power factor): ดัชนีที่แสดงการใช้กำลังไฟฟ้าจริงเปรียบเทียบกับกำลังไฟฟ้าเสมือน
5) ค่ากำลังไฟฟ้าจริง (Active Power): กำลังไฟฟ้าที่ใช้ได้งานจริง หน่วย วัตต์ (W)
6) ค่ากำลังไฟฟ้าเสมือน (Reactive Power): เป็นกำลังไฟฟ้าที่ต้องการสร้างสนามแม่เหล็ก หน่วย วาร์ (Var)
7) ค่าฮาร์มอนิกส์ในระบบ: ส่วนประกอบในรูปสัญญาณคลื่นไซน์ (Sine wave) ของสัญญาณหรือปริมาณเป็นคาบ ใด ๆ ซึ่งมีความถี่เป็นจำนวนเต็มเท่าของความถี่หลักมูลเช่น ฮาร์มอนิกลำดับที่ 3 มีค่าความถี่เป็น 150 Hz และฮาร์มอนิกลำดับที่ 5 มีค่าความถี่เป็น 250 Hz เป็นต้น (บริษัท แฟ็คโตมาร์ท จำกัด, ม.ป.ป.)

2.5.1.2 ดิจิตอลกิโลวัตต์ฮาวน์มิเตอร์ (Digital Energy Meter)

ดิจิตอลกิโลวัตต์ฮาวน์มิเตอร์ จะใช้ติดตั้งตามตู้โหลดเซ็นเตอร์ (Load Center) หรือตามร้านค้า ซึ่งจะใช้วัดค่า kWh เป็นหลัก โดยรูปแบบการติดต่อสื่อสารเป็นชนิดสัญญาณพัลส์ โดยสามารถใช้ Data Concentrator แปลงสัญญาณพัลส์เป็น RS-485 เพื่อเชื่อมต่อเข้าสู่ซอฟต์แวร์ (บริษัท แฟ็คโตมาร์ท จำกัด, ม.ป.ป.)

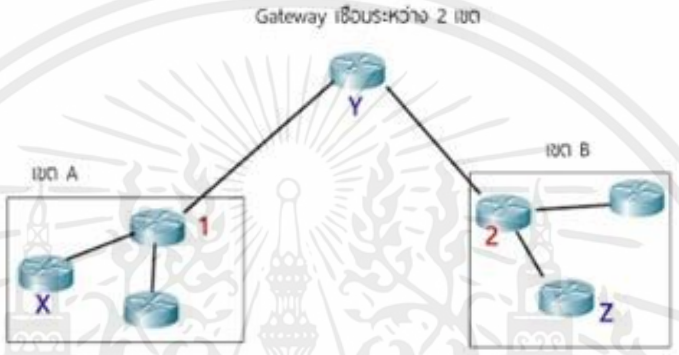
รูปที่ 2.4 ดิจิตอลกิโลวัตต์ฮาวน์มิเตอร์ (บริษัท แฟ็คโตมาร์ท จำกัด, ม.ป.ป.)

2.5.2 เกตเวย์ (Gateway)

เกตเวย์เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ช่วยในการสื่อสารข้อมูลระหว่างเครือข่ายคอมพิวเตอร์ตั้งแต่ 2 เครือข่ายขึ้นไปที่มีลักษณะของการเชื่อมต่อ (Connectivity) ของเครือข่ายที่แตกต่างกัน และมีโปรโตคอลสำหรับการส่ง-รับข้อมูลไม่เหมือนกัน เช่น แลน (LAN) เครือข่ายหนึ่งเป็นชนิดอีเทอร์เน็ตและใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรโตคอลแบบอะซิงโครนัส ส่วนแลน (LAN) อีกเครือข่ายหนึ่งเป็นชนิด Token Ring และใช้โปรโตคอลแบบซิงโครนัส เพื่อให้สามารถติดต่อกันได้เสมือนเป็นเครือข่ายเดียวกันและเพื่อจำกัดวงให้แคบลงมา เกตเวย์โดยทั่วไปจะใช้เป็นเครื่องมือส่ง–รับข้อมูลระหว่างแลน (LAN) 2 เครือข่ายหรือแลน (LAN) กับเครื่องคอมพิวเตอร์เมนเฟรม หรือระหว่างแลน (LAN) กับ WAN โดยผ่านเครือข่ายโทรศัพท์สาธารณะเช่น X.25 แพ็คเกจสวิตซ์ เครือข่าย ISDN เทเล็กซ์ หรือเครือข่ายทางไกลอื่น ๆ



รูปที่ 2.5 การทำงานของเกตเวย์ (อัจจิมา สิงห์แก้ว, ม.ป.ป.)

ในการที่เกตเวย์จะสามารถส่งข้อมูลจากเครือข่ายหนึ่งไปยังอีกเครือข่ายหนึ่งได้อย่างถูกต้องนั้น ตัวของเกตเวย์เองจะต้องสร้างตารางการส่งข้อมูล หรือที่เรียกว่า Routing Table ขึ้นมา ซึ่งตารางนี้จะบอกว่าเซิร์ฟเวอร์ที่ต้องการเชื่อมต่ออยู่เครือข่ายใด และอยู่ภายใต้เกตเวย์อะไร ตารางนี้จะมีการปรับปรุงข้อมูลทุกระยะ สำหรับเครือข่ายขนาดใหญ่ (Anonymous, 2016)

2.5.3 คอนเวอร์เตอร์ (Converter)

คอนเวอร์เตอร์ (Converter) คือ อุปกรณ์แปลงสัญญาณหรือตัวแปลงสัญญาณ หรือที่รู้จักในชื่อเรียกอื่น ๆ เช่น Transmitter, Signal Transmitter, Pulse isolator เป็นต้น โดยอุปกรณ์เหล่านี้มีหน้าที่แปลงสัญญาณต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็น อุณหภูมิ ไฟกระแสตรง หรือไฟกระแสสลับ ให้เป็นสัญญาณมาตรฐาน ตัวอย่างเช่น 4...20mA, 0...10VDC เป็นต้น สัญญาณมาตรฐานเป็นสัญญาณที่ถูกกำหนดขึ้นเพื่อให้ผู้ผลิตอุปกรณ์ควบคุมได้ยึดถือเป็นมาตรฐานในการออกแบบอุปกรณ์ทำให้อุปกรณ์ต่าง ๆ สามารถใช้งานร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Super User, 2019)

ซึ่งในระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติ (Automatic Meter Reading: AMR) จะใช้คอนเวอร์เตอร์ ที่แปลงสัญญาณสัญญาณ (RS-485) เป็นอีเทอร์เน็ต (ระบบแลน (LAN)) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ช่วยแปลงช่องทางการสื่อสารแบบ RS-232 หรือ RS-485/RS-422 ให้สามารถรับส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายอีเทอร์เน็ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรืออินเทอร์เน็ต ได้ ทำให้ข้อจำกัดในการเชื่อมต่อพอร์ตอนุกรมไม่เป็นอุปสรรคอีกต่อไป โดยทำให้อุปกรณ์สามารถประยุกต์ใช้กับงานได้หลากหลาย เช่น การขยายระยะการเชื่อมต่อสายสัญญาณ การทดแทนช่องสื่อสารอนุกรม และการเพิ่มช่องสื่อสารอนุกรม เป็นต้น

อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่มีช่องทางการสื่อสารอนุกรม เช่น เครื่องชั่งดิจิตอล, เครื่องสแกนลายนิ้วมือ, เครื่องสแกนบาร์โค้ด, เพาเวอร์มิเตอร์, PLC, Data Logger ฯลฯ (Electroquip, ม.ป.ป.)

รูปที่ 2.6 ตัวแปลงแปลงสัญญาณสัญญาณเป็นอีเทอร์เน็ต (Electroquip, ม.ป.ป.)

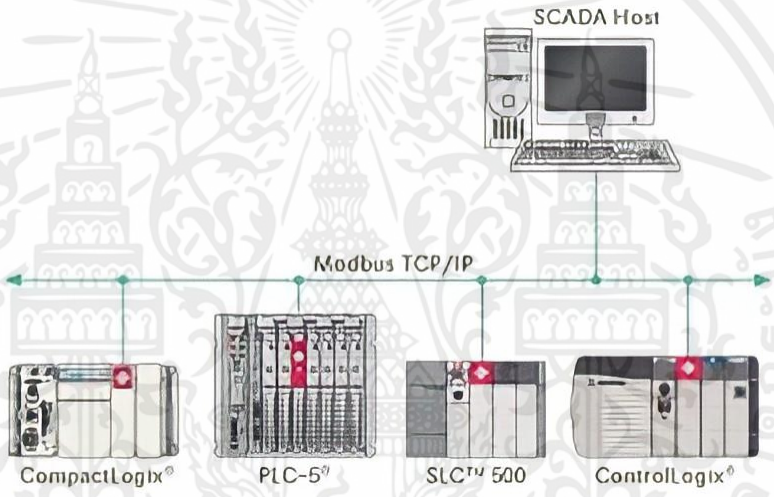
2.5.4 หม้อแปลงกระแสไฟฟ้า (Current Transformer)

หม้อแปลงกระแสไฟฟ้า (Current Transformer) อุปกรณ์ที่ใช้ในการลดทอนกระแสไฟฟ้าที่มีค่าสูงให้เป็นกระแสไฟฟ้าที่มีค่าต่ำ เพื่อให้เหมาะสมกับเครื่องวัดกระแสไฟฟ้า เมื่อต้องการวัดกระแสไฟฟ้าที่มีค่าสูงกว่าพิสัย (Range) ของเครื่องวัดกระแสไฟฟ้านั้น เช่น แอมป์มิเตอร์ (Ammeter) ที่ใช้งานทั่วไปจะสามารถวัดกระแสไฟฟ้าได้โดยตรงที่ 5A เท่านั้น หากในกรณีที่ต้องการวัดกระแสไฟฟ้าที่มากกว่า 5A จำเป็นจะต้องต่อผ่านหม้อแปลงกระแสไฟฟ้า โดยหม้อแปลงกระแสไฟฟ้าจะทำหน้าที่วัดกระแสไฟฟ้าทางด้านอินพุต (Input Current) และลดทอนกระแสไฟฟ้าตามอัตราส่วน (Ratio) ของหม้อแปลงกระแสไฟฟ้าแต่ละรุ่นโดยให้เหลือกระแสไฟฟ้าสูงสุดที่ 5A เช่น กระแสไฟฟ้าทางด้านอินพุตหรือทางด้านปฐมภูมิ (Primary) 100A เมื่อต่อผ่านหม้อแปลงกระแสไฟฟ้า แล้วกระแสไฟฟ้าทางด้านเอาต์พุตหรือทางด้านทุติยภูมิ (Secondary) จะลดลงเหลือเพียง 5A ตามอัตราส่วนของหม้อแปลงกระแสไฟฟ้า แล้วนำไปต่อร่วมกับแอมป์มิเตอร์แอมป์มิเตอร์ เพื่อวัดและแสดงค่ากระแสไฟฟ้า (ปัญญา พละกลาง, ม.ป.ป.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 การรับ-ส่งข้อมูลของ Modbus TCP ผ่านโปรแกรม ModScan32

MODBUS TCP/IP ถูกพัฒนาขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อจะนำการสื่อสารแบบอินเทอร์เน็ตมาใช้กับอุปกรณ์จำพวก Ethernet Device ระยะในการใช้งานสำหรับการเดินสายแลน คือ 100 เมตร โดยสามารถขยายระยะในการสื่อสารได้โดยการใช้อุปกรณ์อุปกรณ์ทวนสัญญาณ (Repeater) หรือในระบบ แลน (LAN) จะเรียกอุปกรณ์นี้ว่าฮับ (Hub) หรือ สวิทช์ (Switch) โดยจะสามารถลากสายได้อีก 100 เมตร และยังสามารถต่ออุปกรณ์ทวนสัญญาณ (Repeater) ขยายระยะทางได้โดยไม่จำกัด ในการสื่อสารโดยทั่วไปมีความเร็วอยู่ที่ 100,000,000 บิตต่อวินาที (100 Mbps) และเชื่อมต่ออุปกรณ์ได้ไม่จำกัดจำนวน (Riverplus Co.,Ltd, 2011)



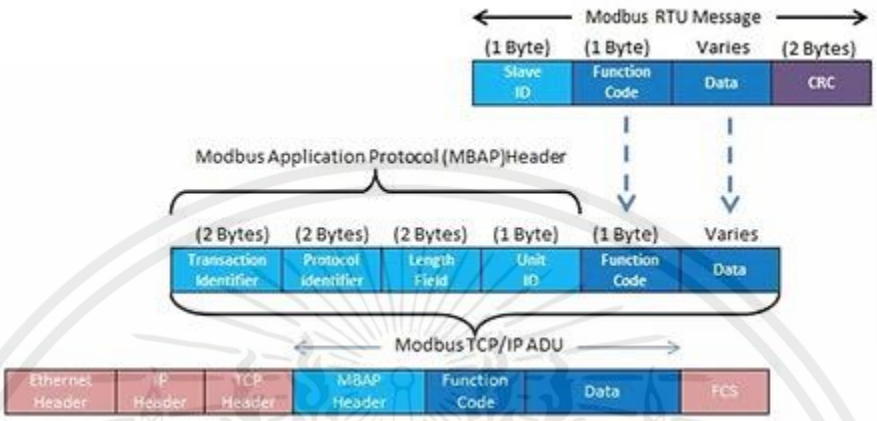
รูปที่ 2.7 การใช้ Modbus TCP/IP กับอุปกรณ์อีเทอร์เน็ต (Keerati Rounghirun, 2662)

MODBUS ASCII/RTU ที่จะติดต่อสื่อสารกับ MODBUS TCP เพื่อให้ใช้งานในเครือข่ายอีเทอร์เน็ตจะใช้เกตเวย์ติดต่อและแปลงรูปแบบการสื่อสารข้อมูล โดยการสื่อสารของ MODBUS RTU/ASCII จะเป็นการสื่อสารผ่านทาง RS-232/422/485 ซึ่งจะถูกเกตเวย์แปลงให้เป็น MODBUS TCP เพื่อใช้ในการติดต่อสื่อสารในเครือข่ายอีเทอร์เน็ตต่อไป

รูปที่ 2.8 การแปลง MODBUS Serial เป็น MODBUS Ethernet (Keerati Rounghirun, 2662)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

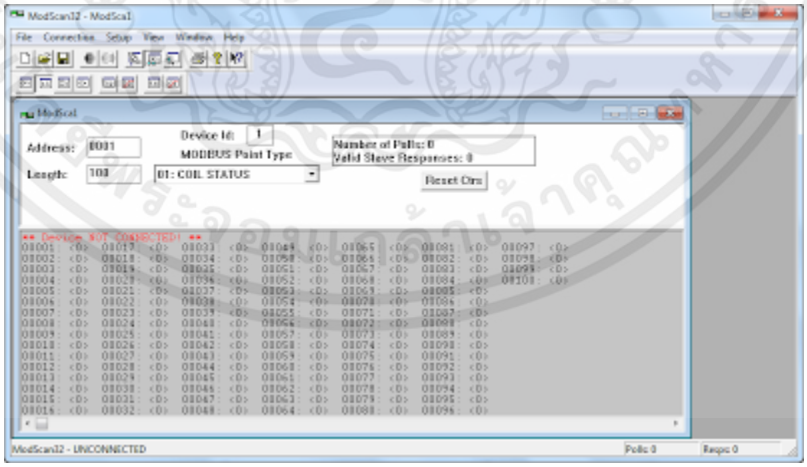
Modbus Application Protocol (MBAP) ประกอบด้วยข้อมูล 7 ไบต์ ซึ่งจะวางหน้า Modbus RTU message โดยมีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 2.9 ลักษณะเฟรมข้อมูลของ MODBUS TCP/IP (Keerati Rounghirun, 2662)

ดังนั้นเพื่อให้เห็นภาพการรับ-ส่งของ Modbus TCP ที่มี MBAP Header + Function + Data จึงใช้โปรแกรม ModScan32 เพื่อให้เห็นรูปแบบการส่ง–รับข้อมูลของ Modbus TCP

ModScan32 เป็นเครื่องมือที่ช่วยใช้ในการ Mapping Address ของ SCADA MODBUS TCP RTU ซึ่งสามารถอ่านและเขียนข้อมูลได้ อีกทั้งยังสามารถใช้ในการอ่านค่าจากอุปกรณ์วัด หรือ PLC เพื่อดูค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ โดยระบบนั้นต้องมีการใช้งานโปรโตคอล MODBUS (keerati rounghirun, 2662)



รูปที่ 2.10 การอ่านค่าจากโปรโตคอล MODBUS ผ่านโปรแกรม (Keerati Rounghirun, 2662)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 หน้าต่าง Monitoring โดยใช้โปรแกรม Power Monitoring Expert Software

EcoStruxure™ Power Monitoring Expert เป็นซอฟต์แวร์กำกับดูแลระดับปฏิบัติการที่ใช้ในการจัดการพลังงานที่สมบูรณ์แบบสำหรับอุตสาหกรรมอาคารพาณิชย์ และสถานประกอบการขนาดใหญ่ รวมถึงการใช้ประโยชน์ด้านวิศวกรรมและการจัดการ โดยสามารถลดต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับพลังงาน เนื่องจากการหยุดทำงานของระบบอัตโนมัติ เพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์โดยใช้ข้อมูลที่จัดเตรียมโดยซอฟต์แวร์ StruxureWare Power Monitoring

นอกจากนี้ StruxureWare Power Monitoring ยังช่วยให้สามารถติดตามสภาพพลังงานแบบเรียลไทม์ผ่านการวิเคราะห์คุณภาพไฟฟ้าที่มีความน่าเชื่อถือและมีการตอบสนองอย่างรวดเร็ว เพื่อหลีกเลี่ยงสถานการณ์ฉุกเฉิน โดยซอฟต์แวร์สามารถสร้างชั้นของสัญญาณเตือนไปยังเขตหรือพื้นที่บริการ โดยทำหน้าที่เป็นหนึ่งเดียวกับอุปกรณ์ไฟฟ้าและท่อสัญญาณทั้งหมด อีกทั้งสามารถนำเสนอเป็นข้อมูลที่เข้าใจง่ายและนำไปใช้ได้จริงผ่านทางเว็บอินเทอร์เฟซ เพื่อแบ่งปันข้อมูลกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียหลัก หรือตลอดการดำเนินการทั้งหมด ซึ่งจะมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมที่สามารถช่วยให้ประหยัดเงินและประหยัดพลังงานได้

รูปที่ 2.11 ตัวอย่างหน้าต่างแสดงผลจากโปรแกรม EcoStruxure™ Power (บริษัท ชไนเดอร์ (ไทยแลนด์) จำกัด, ม.ป.ป.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถาปัตยกรรมของโปรแกรม EcoStruxure™ Power Monitoring Expert เป็นระบบในด้านการตรวจสอบพลังงาน ซึ่งรองรับโปรโตคอลมาตรฐานอุตสาหกรรมและอุปกรณ์ Schneider Electric รวมถึงอุปกรณ์อื่น ๆ อย่างกว้างขวาง เพื่อให้สามารถใช้ประโยชน์และเพิ่มประสิทธิภาพโครงสร้างพื้นฐานที่มีอยู่ผสานรวมกับการจัดการพลังงานและระบบอัตโนมัติอื่น ๆ (เช่น SCADA, BAC, DCS, ERP) หรือบริการบนเว็บไซต์

คุณสมบัติ

- หน้าเว็บอินเทอร์เฟซใช้งานง่ายปรับแต่งได้พร้อมการสนับสนุนหลายภาษา
- การตรวจสอบตามเวลาจริงแบบเรียลไทม์
- รายงานมาตรฐานและพลังงานขั้นสูงสำหรับการวิเคราะห์ และการจัดการต้นทุน
- การบันทึกฐานข้อมูลอัตโนมัติ

จุดเด่น

- ช่วยลดต้นทุนที่เกี่ยวข้องด้านพลังงาน
- สามารถตรวจสอบความน่าเชื่อถือของเครือข่ายไฟฟ้าและลดเวลาหยุดทำงาน
- เพิ่มประสิทธิภาพการใช้อุปกรณ์และต้นทุนการดำเนินงาน

การใช้งาน

- การปฏิบัติตามข้อกำหนด การวิเคราะห์การเตือนภัย และการรายงานคุณภาพไฟฟ้า
- การตรวจสอบและรายงานพลังงานแบบเรียลไทม์
- การบำรุงรักษาอุปกรณ์ไฟฟ้าเชิงรุก
- การจัดสรรต้นทุนพลังงานและการเรียกเก็บเงิน
- การวัดและการตรวจสอบพลังงานไฟฟ้า
- การเปรียบเทียบและการรายงานค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่สามารถวัดได้ (บริษัท ชไนเดอร์ (ไทยแลนด์) จำกัด, ม.ป.ป.)

2.8 การคิดค่าไฟฟ้าประเภทที่ 3 กิจการขนาดกลาง

กิจการขนาดกลาง คือ ธุรกิจ อุตสาหกรรม หรือส่วนงานราชการที่มีความต้องการค่าพลังงานไฟฟ้าภายใน 15 นาทีโดยเฉลี่ยในช่วงใดช่วงหนึ่งตั้งแต่ 30 kW ขึ้นไป แต่ไม่ถึง 1,000 kW และมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า 3 เดือนก่อนหน้าโดยเฉลี่ยไม่เกิน 250,000 หน่วยต่อเดือน ซึ่งค่าพลังงานไฟฟ้าดังกล่าวจำเป็นต้องวัดผ่านเครื่องวัดไฟฟ้าเครื่องเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.1 อัตราปกติ (Progressive rate)

อัตราปกติ หรือ อัตราก้าวหน้า คือ ค่าไฟฟ้าซึ่งขึ้นอยู่กับหน่วยไฟฟ้าที่ใช้ หากใช้ไฟฟ้ามาก หน่วยของไฟฟ้าก็จะมากขึ้น ซึ่งส่งผลต่อโดยตรงต่อปริมาณเงินที่ต้องชำระค่าไฟ

ตารางที่ 1 การคิดค่าไฟฟ้าประเภทที่ 3 กิจการขนาดกลาง อัตราปกติ

อัตราปกติ	ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (บาท/kW)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)	ค่าบริการ (บาท/เดือน)
2.8.1.1 แรงดันตั้งแต่ 69 kVolt ขึ้นไป	175.70	3.1097	312.24
2.8.1.2 แรงดัน 22-33 kVolt	196.26	3.1471	312.24
2.8.1.3 แรงดันต่ำกว่า 22 kVolt	221.50	3.1751	312.24

(การไฟฟ้านครหลวง, 2561)

2.8.2 อัตราค่าไฟฟ้า TOU (Time of Use Rate: TOU Rate)

อัตราค่าไฟฟ้า TOU หรืออัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาการใช้งาน เป็นอัตราค่าไฟฟ้าที่คำนวณจากต้นทุนในการผลิตกระแสไฟฟ้าในช่วงเวลาที่แตกต่างกันซึ่งแบ่งเป็น 2 ช่วงเวลา

ช่วงความต้องการไฟฟ้าสูง (On Peak) คือ ช่วงที่ราคาต่อหน่วยของไฟฟ้ามีราคาสูง เนื่องจากความต้องการใช้ไฟฟ้าภายในประเภท ส่งผลให้การไฟฟ้าฯ จำเป็นต้องจัดหาเชื้อเพลิงทุกชนิดในการผลิตเพื่อให้พลังงานไฟฟ้าเพียงพอต่อความต้องการ โดยจะอยู่ระหว่างช่วงเวลา 09.00-22.00 น. ของวันจันทร์-ศุกร์ และวันพืชมงคล

ช่วงความต้องการไฟฟ้าต่ำ (Off Peak) คือ ช่วงที่ราคาต่อหน่วยของไฟฟ้ามีราคาต่ำ การไฟฟ้าฯ จึงสามารถเลือกใช้เชื้อเพลิงในราคาต่ำมาใช้ในการผลิตไฟฟ้าได้ ส่งผลให้ต้นทุนค่าไฟฟ้าของช่วง Off Peak ต่ำกว่าต้นทุนของช่วง On Peak ที่การไฟฟ้าต้องใช้เชื้อเพลิงทั้งราคาสูงและราคาต่ำในการผลิต โดยช่วง Off Peak จะอยู่ระหว่างช่วงเวลา 22.00-09.00 น. ของวันจันทร์-ศุกร์ รวมถึงช่วงเวลาระหว่าง 00.00-24.00 ของวันเสาร์-อาทิตย์ วันพืชมงคล วันแรงงานแห่งชาติ และวันหยุดราชการตามปกติ (ไม่รวมวันหยุดชดเชย) (การไฟฟ้านครหลวง, 2561)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 การคิดค่าไฟฟ้าประเภทที่ 3 กิจการขนาดกลาง อัตรา TOU

อัตราตามช่วงเวลาการใช้งาน (Time of Use Rate : TOU Rate)	**ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า** (บาท/kW)	**ค่าพลังงานไฟฟ้า** (บาท/หน่วย)		**ค่าบริการ** (บาท/เดือน)
	Peak	Peak	Off Peak	
2.8.2.1 แรงดันตั้งแต่ 69 kVoltขึ้นไป	74.14	4.1025	2.5849	312.24
2.8.2.2 แรงดัน 22-33 kVolt	132.93	4.1839	2.6037	312.24
2.8.2.3 แรงดันต่ำกว่า 22 kVolt	210.00	4.3297	2.6369	312.24

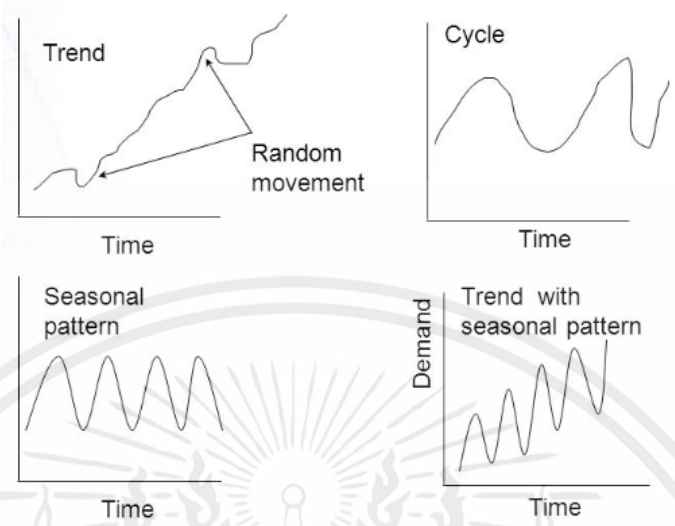
(การไฟฟ้านครหลวง, 2561)

2.9 การพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลา (Time Series)

ข้อมูลอนุกรมเวลา (Time Series) คือ ลำดับของจุดข้อมูลที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องในช่วงเวลาหนึ่ง เช่น ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุมตั้งแต่วันที่ 8 มีนาคม 2564 – 8 เมษายน 2564 หรือข้อมูลอัตรานักศึกษาจบใหม่ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังตั้งแต่ปี 2560 – 2564 เป็นต้น ซึ่งตัวอย่างข้างต้นนี้แสดงข้อมูลของตัวแปรที่เปลี่ยนแปลงในรูปแบบสุ่ม หมายความว่าข้อมูลสามารถเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามช่วงเวลาอย่างไม่สามารถทราบล่วงหน้าได้ โดยองค์ประกอบของอนุกรมเวลามี 3 รูปแบบ ดังนี้

1) แนวโน้ม (Trend) คือ ทิศทางของข้อมูลที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงในระยะยาว โดยไม่จำเป็นต้องเป็นเส้นตรง ในบางกรณีเมื่อแนวโน้มมีทิศทางที่เปลี่ยนไปจากเดิม เช่น จากแนวโน้มข้อมูลที่เพิ่มขึ้นสู่แนวโน้มที่ลดลง หรือแนวโน้มข้อมูลที่เพิ่มขึ้นเริ่มคงที่ อาจเรียกรูปแบบของแนวโน้มนี้ได้ว่าทิศทางของข้อมูลที่เปลี่ยนไป
2) ฤดูกาล (Season) เป็นรูปแบบที่เกิดขึ้นจากผลกระทบหรือปัจจัยตามช่วงเวลา ความถี่ที่แน่นอนและสามารถรู้ได้ เช่น ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในภาควิชาวิศวกรรมในช่วงเดือนเมษายนจะมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าเดือนอื่นในทุก ๆ ปี เป็นต้น
3) วัฏจักร (Cycle) เกิดขึ้นจากความผันผวนของข้อมูลที่เพิ่มขึ้นและลดลงตามเส้นของแนวโน้ม โดยรูปแบบของวัฏจักรจะไม่มีความถี่ที่แน่นอน แต่สามารถสังเกตุระยะเวลาได้จากการนับจำนวนของจุดยอดถึงจุดยอด หรือจุดล่างถึงจุดล่าง ซึ่งระยะเวลาโดยปกติของวัฏจักรแบบเดิมจะอยู่ที่ 2 ปีขึ้นไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 องค์ประกอบของอนุกรมเวลา

2.9.1 การพยากรณ์ (Forecasting)

การพยากรณ์ คือ เทคนิคคาดการณ์อนาคตโดยการนำชุดข้อมูลในอดีตมาประมาณการเพื่อกำหนดทิศทาง และแนวโน้มที่จะเกิดขึ้น เพื่อวางแผนหรือจัดสรรการดำเนินการอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมจะขึ้นกับข้อมูลที่มีอยู่ โดยสามารถแบ่งวิธีในการพยากรณ์ได้ 2 วิธี ดังนี้

1) วิธีพยากรณ์เชิงคุณภาพ (Qualitative Forecasting Methods) เป็นวิธีการประมาณค่าที่ใช้วิจารณญาณของผู้เชี่ยวชาญมากกว่าการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การพยากรณ์ประเภทนี้อาศัยความรู้ของผู้มีประสบการณ์เพื่อที่จะสามารถให้ข้อมูลในเชิงลึกสำหรับผลลัพธ์ที่อาจเกิดขึ้นได้ในอนาคต โดยการพยากรณ์เชิงคุณภาพจะมีประโยชน์มากที่สุดในสถานการณ์ที่มีความสงสัยว่าผลลัพธ์อาจคลาดเคลื่อนไปจากในช่วงเวลาก่อนหน้าอย่างเห็นได้ชัด อีกทั้งยังสามารถใช้ได้ดีเมื่อข้อมูลที่ได้มาจากการดำเนินงานไม่เพียงพอ ซึ่งการพยากรณ์เชิงคุณภาพจะพยายามเชื่อมโยงข้อมูลที่แตกต่างกันเพื่อสร้างภาพรวมที่กว้างขึ้น โดยบางกรณีอาจใช้สัญชาตญาณในการสร้างมุมมองนี้

2) วิธีการพยากรณ์เชิงปริมาณ (Quantitative Forecasting Methods) เป็นเทคนิคทางสถิติในการทำนายอนาคต โดยใช้ชุดข้อมูลที่มีอยู่ร่วมกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ซึ่งวิธีนี้เหมาะสมกับแบบจำลอง 2 ประเภท

- แบบจำลองอนุกรมเวลา (Time Series Models) ซึ่งจะใช้ข้อมูลในอดีตร่วมกับการคาดการณ์อนาคตบนพื้นฐานของข้อมูลที่มี โดยตัวแปรอื่น ๆ ไม่ถูกนำมาพิจารณา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้แก่ วิธีการพยากรณ์อย่างง่าย (naïve Forecast) วิธีการหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average) และวิธีการปรับเรียบแบบเอ็กซ์โปแนนเชียล (Exponential Smoothing) เป็นต้น

- แบบจำลองรูปแบบปัจจัยสาเหตุ (Associative Models) จากการพิจารณาข้อมูลในอดีตร่วมกับตัวแปรอื่น ๆ ที่อาจส่งผลกระทบต่อการพยากรณ์ข้อมูล ในรูปแบบของการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression Analysis) เพื่อหาความสัมพันธ์ของตัวแปรตาม และตัวแปรอิสระ

2.9.2 การพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาด้วย FBProphet

FBProphet คือ เครื่องมือในการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาจาก Facebook ที่มีอยู่ในโปรแกรมภาษา Python และ R ซึ่งสามารถปรับความเหมาะสมของแบบจำลองให้เข้ากับข้อมูลได้ อีกทั้งไม่มีผลกระทบแม้มีค่าที่สูญหาย มีแนวคิดมาจากปัญหาของการพยากรณ์ซึ่งเป็นศูนย์กลางของกิจกรรมต่าง ๆ ในองค์กรสำหรับการวางแผนงาน ดังนั้นการคาดการณ์ให้ได้ผลลัพธ์ที่มีความเชื่อมั่นสูงจึงไม่ใช่เรื่องง่ายแม้สำหรับนักวิเคราะห์ เนื่องจากประเด็นปัญหาส่วนใหญ่ในการพยากรณ์ข้อมูลคือ เทคนิคในการทำนายอย่างอัตโนมัติโดยสมบูรณ์ไม่ยืดหยุ่นมากพอสำหรับข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลง และเป็นเรื่องยากที่จะปรับแต่ง ดังนั้น FBProphet จึงถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อให้มีความเหมาะสมกับผู้ใช้งานที่ไม่เชี่ยวชาญในเรื่องอนุกรมเวลา และปัจจัยที่อาจส่งผลให้เกิดปัญหาต่อการคาดการณ์

แบบจำลองการพยากรณ์ของ FBProphet ถูกออกแบบมาเพื่อรับรองคุณสมบัติทั่วไปของอนุกรมเวลา และมีรูปแบบของพารามิเตอร์ที่สามารถปรับเปลี่ยนได้โดยไม่ต้องทราบรายละเอียดแบบจำลองเริ่มต้นของข้อมูล ดังนี้

$$y(t) = g(t) + s(t) + h(t) + \varepsilon_t \quad (1)$$

เมื่อ $g(t)$ คือ แนวโน้มข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงเป็นระยะในค่าของอนุกรมเวลา

$s(t)$ คือ การเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา เช่น ฤดูกาล สัปดาห์ หรือปี

$h(t)$ คือ ผลกระทบของวันหยุดต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นอย่างไม่สม่ำเสมอ

ε_t คือ ค่าความผิดพลาด

แบบจำลองนี้มีความคล้ายคลึงกับแบบจำลองเพิ่มทั่วไป (Generalized Additive Model; GAM) (Hastie & Tibshirani, 1987) ที่วิเคราะห์การถดถอยแบบไม่เป็นเชิงเส้น และอนุญาตให้สามารถเพิ่มฟังก์ชันที่ไม่ใช่เชิงเส้นได้ในแบบจำลองเชิงเส้นทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อดีคือสามารถจัดการกับค่าคลาดเคลื่อนของตัวแปรตาม(Y) ได้ โดยจะให้ตัวแปรอิสระ (X) เป็นพารามิเตอร์ที่กำหนดให้แบบจำลองมีความเหมาะสม

$$\mathrm{gi}(\mu Y) = \sum_{i} (f_i(X_i)) \tag{2}$$

ซึ่งแบบจำลอง FBProphet จะนำเวลามาใช้เป็นตัวควบคุม แต่ในบางกรณีอาจใช้ฟังก์ชันเชิงเส้นหรือไม่ใช่เชิงเส้นของเวลาเป็นส่วนประกอบ

สำหรับแบบจำลองของฤดูกาล (Seasonal Model) ที่เป็นส่วนประกอบเสริมของแบบจำลองหลักนั้นมีหลักการเดียวกันกับวิธีการปรับเรียบแบบเอ็กซ์โปแนนเชียล (Exponential Smoothing) (Gardner, 1985) ซึ่งมีการพัฒนามาจากแบบจำลองของโฮลท์ ด้วยการปรับเลขชี้กำลังให้เรียบขึ้น และเพิ่มความสามารถในการตรวจสอบแนวโน้มที่เกิดซ้ำ ๆ (Damped Additive Trend)

$$\begin{aligned} S_t &= S_{t-1} + \phi T_{t-1} + \alpha e_t \\ T_t &= \phi T_{t-1} + \alpha\gamma e_t \\ I_t &= I_{t-p} + \delta(1-\alpha) e_t \\ \hat{X}_t(m) &= S_t + \sum_{i=1}^{m} \phi^i T_t + I_{t-p+m} \end{aligned} \tag{3}$$

เมื่อ α คือ พารามิเตอร์ปรับเรียบสำหรับระดับของข้อมูล(Series)

γ คือ พารามิเตอร์ปรับเรียบสำหรับแนวโน้มของข้อมูล

δ คือ พารามิเตอร์ปรับเรียบตามฤดูกาล

Φ คือ ข้อมูลย้อนหลัง

S_t คือ ระดับของข้อมูลที่ปรับเรียบ

T_t คือ แนวโน้มปรับเรียบเพิ่มเติมเมื่อสิ้นสุดช่วงเวลา t

I_t คือ ค่าปรับเรียบตามฤดูกาลเมื่อสิ้นสุดช่วงเวลา t

m คือ จำนวนของช่วงเวลาในช่วงของการพยากรณ์

p คือ จำนวนของช่วงเวลาในรอบของฤดูกาล

$\hat{X}_t(m)$ คือ การพยากรณ์เป็นระยะเวลา m จากช่วงเวลาเริ่มต้น t

e_t คือ ค่าผิดพลาดในการพยากรณ์ล่วงหน้าที่ $e_t = X_t - \hat{X}_{t-1}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการทั้ง 2 ที่กล่าวถึงจึงทำให้จุดเด่นของแบบจำลอง FBProphet นี้คือความยืดหยุ่นที่สามารถปรับเปลี่ยนได้ตามการตั้งสมมติฐานที่แตกต่างกัน โดยไม่จำเป็นต้องแก้ไขค่าของข้อมูลที่ขาดหายแตกต่างกับการพยากรณ์ด้วยแบบจำลอง ARIMA และอ้างอิงผลของการพยากรณ์ตามฤดูกาลได้เมื่อมีข้อมูลย้อนหลังที่มากเพียงพอ

2.10 ไลน์แอปพลิเคชัน (Line Application)

ไลน์ (LINE) เป็นโปรแกรมที่ถูกสร้างขึ้นในช่วงกลางปี 2010 ภายหลังธุรกิจวงการสมาร์ทโฟนเติบโตอย่างรวดเร็วทั่วโลก โดยการร่วมมือของ NAVER Japan Corporation และLivedoor ทั้ง 2 บริษัทนี้มี NHN Japan เป็นบริษัทชั้นนำด้านอินเทอร์เน็ต เว็บไซต์ เซิร์ฟเวอร์ และเกม เป็นบริษัทบุกเบิกและคอยพัฒนาปรับปรุงฟีเจอร์ต่างๆของไลน์ โดย NHN Japan Corporation ได้มีการเปิดตัวไลน์แอปพลิเคชัน (Line Application) ครั้งแรกในปี 2011 (ต้นกำเนิดไลน์, 2014) ซึ่งไลน์แอปพลิเคชันเป็นโปรแกรมที่สามารถดาวน์โหลดได้ฟรีและสามารถใช้ได้ในทุกระบบปฏิบัติการของสมาร์ทโฟน อันได้แก่ Android, iOS, Windows Phone และพีซี (PC) ด้วยคุณสมบัติที่มากมายและหลากหลายที่รวมไว้ในแอปพลิเคชันเดียว เช่น การติดต่อสื่อสารในรูปแบบวิดีโอและเสียง (Video & Voice Message), การส่งไฟล์รูป ไฟล์วิดีโอ, ไฟล์เสียง, การส่งพิกัดสถานที่, การสร้างกลุ่มและเข้าร่วมกลุ่มสำหรับสื่อสารระหว่างกลุ่ม และส่วนที่เป็นจุดเด่นของไลน์แอปพลิเคชัน นั่นคือสติกเกอร์ (Sticker) ซึ่งเป็นรูปภาพตัวการ์ตูนที่ใช้เป็นตัวแทนในการสื่อสารได้แทนคำพูดโดยที่ไม่ต้องพิมพ์เป็นประโยค จึงเป็นผลทำให้ไลน์แอปพลิเคชันได้เข้ามาเป็นส่วนหนึ่งในการสื่อสารในชีวิตประจำวันไปโดยปริยาย (Line Corporation, 2557)

2.11 แชทบอท (Chatbot)

แชทบอท (Chatbot) เป็นระบบตอบกลับอัตโนมัติ (Auto-reply) ที่มีหน้าที่และความสามารถในการตอบกลับบทสนทนาผ่านตัวอักษรแบบอัตโนมัติในช่องทางต่างๆ เช่น Mobile Application, Web Application และSocial platform (Facebook messenger, Line) โดยแชทบอทจะถูกนำมาใช้เพื่อลดงานตอบคำถามซ้ำเดิม หรือที่เรียกว่าช่วยบริการผ่านแชท (In-chat service) (Kuljira Tancharoenrat, 2564) แชทบอทจึงเป็นหนึ่งในเทคโนโลยีที่ได้รับความนิยมอย่างมากและถือเป็นเครื่องมือสำคัญในธุรกิจดิจิทัล เพราะแชทบอทจะช่วยคัดกรองลูกค้าให้ได้ข้อมูลที่ต้องการก่อนจะถึงมือเจ้าหน้าที่ เพื่อเป็นการแบ่งเบาการทำงานของเจ้าหน้าที่ (kankann, 2563)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

STEPS Academy (2561) ได้กล่าวถึงเหตุผลสำคัญที่ควรเริ่มต้นใช้แชทบอท บนช่องทางแพลตฟอร์มออนไลน์ เพื่อเป็นเครื่องมือพัฒนาการตลาดสำหรับธุรกิจ ไม่ได้เป็นเพียงตัวช่วยที่สำคัญในการตอบลูกค้าตลอด 24 ชั่วโมงเท่านั้น แต่แชทบอทยังเป็นผู้ช่วยที่ดีในด้านต่างๆ เช่น

- เพิ่มความพึงพอใจให้แก่การบริการลูกค้า
- ช่วยเหลือในเรื่องการเก็บข้อมูลลูกค้าอัตโนมัติ
- ค่าดำเนินการที่ถูกลง (สามารถลดจำนวนปริมาณพนักงานสำหรับตอบคำถามเบื้องต้นได้ เนื่องจากร้านค้ามีแชทบอทที่คอยช่วยตอบคำถาม)
- เพิ่มประสิทธิภาพการทำการตลาดอย่างมาก ผลสำรวจของ Manychat (2562) เปิดเผยว่า อัตราการเปิดอ่านข้อความของลูกค้าบนแชทบอทสูงกว่าช่องทางอีเมลถึง 4 เท่า และอัตราการคลิกเปิดอ่านหรือคลิกลิงก์เข้าถึงข้อมูลเพิ่ม เพิ่มมากขึ้นถึง 10 เท่าเลยทีเดียว

2.12 การนำค่าจาก Microsoft Excel ไปยัง Google Sheets ด้วย Sheetgo

Sheetgo คือซอฟต์แวร์ที่สามารถสร้างกระแสงาน (workflow) จาก Spreadsheet ได้โดยไม่ต้องซื้อซอฟต์แวร์เพิ่มในการใช้งานขั้นตอนอื่นๆ อีกทั้งยังสามารถอัพโหลดข้อมูลแบบอัตโนมัติระหว่าง Sheetgo และ Spreadsheet ได้กว่า 15 ฟีเจอร์ โดย Sheetgo ได้ดำเนินธุรกิจโดยมี Van der Vaart และ Gomes da Silva เป็นผู้พัฒนาระบบนี้ขึ้นมาเป็นระบบแรกในการบริหารทรัพยากรขององค์กรหรือ ERP บนแพลตฟอร์มของ Google Sheets โดยนำฟีเจอร์หลักของ Google Sheets มาใช้ นั่นคือความสามารถในการเชื่อมต่อ Spreadsheet บนระบบออนไลน์และแปลงกลับเข้ามาในระบบอีกครั้งเพื่อถ่ายโอนข้อมูลแบบอัตโนมัติและสร้าง workflows ซึ่งข้อมูลที่อยู่บนระบบคลาวด์สามารถตรวจสอบย้อยหลังและอัปเดตแบบอัตโนมัติได้ตลอดเวลา อีกทั้งยังสามารถอัปโหลดข้อมูลการบัญชี การขาย การตลาด การบริหารทรัพยากรส่วนบุคคล การจัดการ และข้อมูลอื่นๆ ได้แบบอัตโนมัติโดยใช้แค่ spreadsheet และ Sheetgo ซึ่งคุณลักษณะที่โดดเด่นของ Sheetgo คือเป็นการให้บริการด้านซอฟต์แวร์อย่างหนึ่งที่ทำงานร่วมกับเว็บเบราว์เซอร์ โดยสามารถใช้งานได้ทั้งระบบปฏิบัติการ Windows Mac และ Linux ตัวแอปพลิเคชันจะเชื่อมต่อและซิงค์ข้อมูลโดยอัตโนมัติ ซึ่งจะช่วยลดปัญหาในการจัดการ workflows และข้อมูลสำคัญขององค์กรได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Sheetgo Co.,Ltd, 2562)

ประโยชน์ของ Sheetgo (Angélique Toque, 2559) มีดังนี้

- ประหยัดเวลาในการอัพเดตข้อมูล
- สามารถรวบรวมข้อมูลจากหลายๆ ชีทเข้าด้วยกัน
- สามารถสรุปข้อมูลจากหลายๆ ชีทเป็นหนึ่งmaster sheet
- สามารถคัดกรองและถ่ายโอนข้อมูลที่ต้องการได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.13 Dialogflow

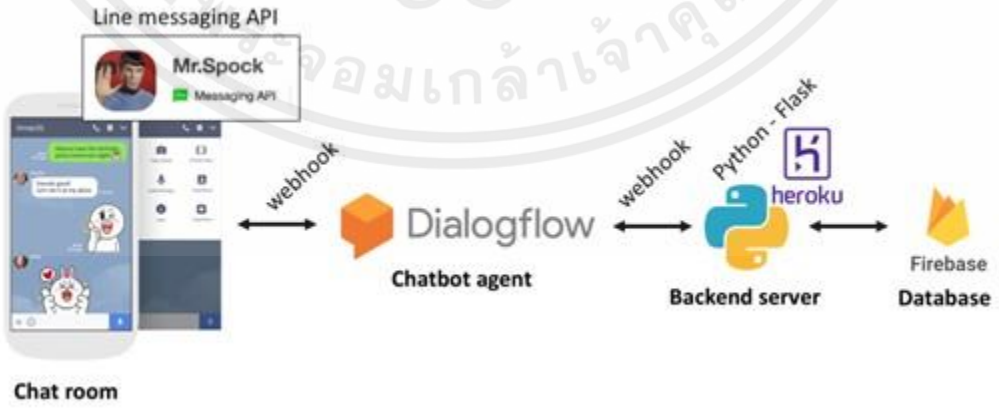
Dialogflow เดิมใช้ชื่อว่า Api.ai ที่ถูกพัฒนาขึ้นโดย Speaktoit และต่อมาถูกบริษัท Google ซื้อเพื่อไปพัฒนาต่อยอด และจึงได้เปลี่ยนชื่อเป็น "Dialogflow" โดย Dialogflow เป็นหนึ่งในแพลตฟอร์มที่ช่วยสร้างแชทบอทได้ง่ายๆ ไม่ต้องเขียนโปรแกรมใดๆ (Thiti Yamsung, 2564) เมื่อนำ Dialogflow มาใช้สร้างแชทบอทจะช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นของประโยคที่แชทบอทรับมา โดยไม่จำเป็นต้องเป็นประโยคที่สมบูรณ์แบบตามเงื่อนไขที่วางไว้ และตอบคำถามตามความต้องการของผู้ใช้งานตามกฎหรือflowที่ผู้พัฒนาวางเอาไว้ได้

จุดเด่นของ Dialogflow (Admin AI, 2564) มีดังนี้

- นำไปใช้ได้หลาย Platform ไม่ว่าจะเป็น Line, Facebook messenger, Website ฯลฯ
- รองรับการทำ Natural Language understanding
- ไม่จำเป็นที่จะต้องเขียนโปรแกรม
- รองรับจำนวนข้อความได้ 600 ข้อความต่อนาที

2.14 การเชื่อมต่อ Dialogflow กับไลน์แชทบอท (Line Chatbot)

ไลน์แชทบอท (Line Chatbot) ที่สามารถอ่านข้อมูลจากฐานข้อมูลและนำข้อมูลมาแสดงผล โดยใช้ Dialogflow มาช่วยในเรื่องการทำความเข้าใจ โดยการสร้างไลน์แชทบอท (Line Chatbot) โดยใช้ Dialogflow ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ Line Official Account เป็นส่วนที่ต้องสร้างขึ้นเพื่อใช้ในการทำไลน์แชทบอท (Line Chatbot) ที่ไว้ใช้ในการโต้ตอบกับ Dialogflow สามารถกำหนดได้ทั้งสติกเกอร์, รูปภาพ, วิดีโอ และข้อความ และ Dialogflow เป็นแพลตฟอร์มที่สามารถช่วยในการพัฒนาไลน์แชทบอท (Line Chatbot) (บริษัท วีนัส ซัพพลาย จำกัด, 2551)



รูปที่ 2.13 การเชื่อมต่อ Dialogflow กับไลน์แชทบอท (Witchapong Daroontham, 2561)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการทำงานของไลน์แชทบอท (Line Chatbot) ที่ทำการสร้างจะเป็นไปตามรูปที่ 2.13 คือ เริ่มต้นจากห้องแชทของไลน์แชทบอท (Line Chatbot) รับข้อความผ่าน Messaging API และส่งข้อความที่ได้รับไปยัง Dialogflow ผ่าน Wehbook จากนั้น Dialogflow จะมีหน้าที่ทำความเข้าใจความต้องการที่อยู่ในข้อความที่ได้รับมา และตัดสินใจว่าความต้องการในข้อความนั้นคืออะไร โดยใช้ Machine learning (Classification model) และส่งต่อไปยัง Backend server ซึ่งเชื่อมต่อกับฐานข้อมูล โดย Backend server มีหน้าที่ตัดสินใจว่าจะดึงข้อมูลอะไรจากฐานข้อมูลมาแสดงเมื่อได้รับความต้องการที่แตกต่างกันเข้ามา (Witchapong Daroontham, 2561)

2.15 Integromat

Integromat เป็นระบบ Cloud Service ที่ให้บริการใช้ในการเชื่อต่อระหว่าง Service to Service โดยที่ไม่ต้องมีการเขียนโค้ด เพียงแค่ค่าพารามิเตอร์ที่ต้องการ ซึ่งสามารถสั่งให้ทำงานตามเวลาที่ต้องการได้หรือไม่ก็สามารถทำงานในลักษณะของการทริกเกอร์ (Trigger) ได้อีกด้วย ซึ่งเครื่องมือนี้เป็นที่นิยมในต่างประเทศอย่างมากสามารถนำไปใช้ในการพัฒนาเป็นไลน์แชทบอท (Line Chatbot) หรือ ระบบอัตโนมัติต่าง ๆ ได้ค่อนข้างดี (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติพงษ์ สุวรรณราช, 2563)

2.16 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติ (Automatic Meter Reading: AMR) เพื่อทำการจัดการค่าพลังงานไฟฟ้าให้เกิดความคุ้มค่าและมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยมีการเก็บค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้า หรือค่าพลังงานไฟฟ้าแบบเรียลไทม์ รวมถึงมีการตรวจสอบความผิดพลาดของระบบอยู่ตลอดเวลา ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ค้นคว้าและรวบรวมบทความที่มีการศึกษาและการออกแบบที่เกี่ยวข้องกับระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติ โดยมีรายละเอียดดังนี้

TANVIR AHMED และคณะ (2010) ศึกษาระบบอ่านมิเตอร์ไฟฟ้าอัตโนมัติ: ค่าใช้จ่ายที่เป็นไปได้แนวทางทางเลือกในการอ่านมิเตอร์ในประเทศงบังคลาเทศ โดยการใช้ WATTMETER แบบดิจิตอลที่มีต้นทุนต่ำและมีเทคโนโลยีแบบ WIMAX

Satish Palaniappan และคณะ (2015) ศึกษาระบบการอ่านมิเตอร์อัตโนมัติ ซึ่งเป็นความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีอันล้ำค่าที่สามารถนำไปสู่มาตรฐานการครองชีพที่ดีขึ้น เนื่องจากช่วยแก้ปัญหาต่าง ๆ ของระบบการอ่านมิเตอร์แบบเดิม ทั้งยังสามารถใช้ในการทำนายความต้องการพลังงานในอนาคตโดยเริ่มจากทุกครัวเรือนไปจนถึงทั่วโลก มีการนำระบบการอ่านมิเตอร์อัตโนมัติมาใช้โดยใช้เทคโนโลยีต่าง ๆ เช่น GSM, ZigBee, PLC, D-SCADA, WiMAX และ Hybrid Technologies

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

ในการจัดทำโครงการระบบสกาดาสำหรับแสดงผลข้อมูลจากระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติ ได้แบ่งการดำเนินการเป็น 2 ส่วน คือ

- การจัดทำระบบสกาดาสำหรับแสดงผลข้อมูลจากระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติ กรณีศึกษาจากท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ ร่วมกับบริษัท แอมโปล เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด
- การแบบจำลองระบบสกาดาสำหรับแสดงผลข้อมูลจากระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติ ภายในอาคารวิศวกรรมการวัดและควบคุม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.1 การจัดทำระบบสกาดาสำหรับแสดงผลข้อมูลจากระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติ กรณีศึกษาจากท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ ร่วมกับบริษัท แอมโปล เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด

3.1.1 ภาพรวมองค์ประกอบหลักของระบบ

ในการจัดทำโครงการระบบสกาดาสำหรับแสดงผลข้อมูลจากระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติ กรณีศึกษาจากท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ ได้แบ่งการดำเนินโครงการเป็น 3 ส่วน ดังนี้

1) ระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติ (Automatic Meter Reading) เป็นส่วนที่ทำการวัดค่าทางไฟฟ้าโดยใช้ดิจิตอลเพาเวอร์มิเตอร์ในการวัดค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้า โดยเชื่อมต่อกับคอนเวอร์เตอร์ (RS-485 to Ethernet) เพื่อแปลงสัญญาณ RS-485 เป็นระบบอีเทอร์เน็ต เพื่อส่งค่าพารามิเตอร์ไปยังเซิร์ฟเวอร์
2) หน้าต่างแสดงผลสกาดาผ่านซอฟต์แวร์ EcoStruxure Power Monitoring Exper เพื่อแสดงค่าพารามิเตอร์แบบเรียลไทม์
3) การนำข้อมูลมาคำนวณการใช้ค่าพลังงานไฟฟ้าให้ อยู่ในรูปใบเสร็จค่าไฟฟ้าประจำเดือน (Billing) ผ่านโปรแกรม Microsoft excel

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 การติดตั้งชุดจำลองของระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติ

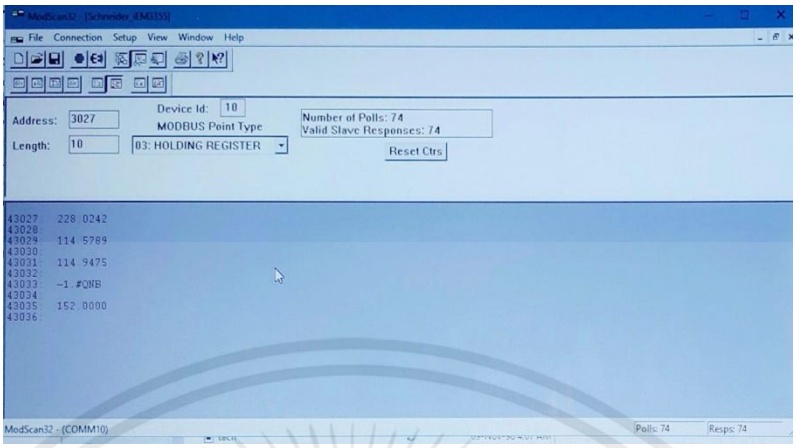
ขั้นแรกประกอบชุดจำลองของระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติ ซึ่งประกอบไปด้วยดิจิตอลเพาเวอร์มิเตอร์ยี่ห้อ Schneider จำนวน 2 เครื่อง และยี่ห้อ Socomec จำนวน 3 เครื่อง, เกตเวย์, คอนเวอร์เตอร์ และหม้อแปลงกระแสไฟฟ้า โดยที่ดิจิตอลเพาเวอร์มิเตอร์แต่ละตัวถูกกำหนดด้วยค่าแอดเดรสที่แตกต่างกัน

(ก) (ข)

รูปที่ 3.3 (ก) ประกอบชุดจำลองระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติ
(ข) ชุดจำลองของระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติที่ประกอบเสร็จสมบูรณ์

หลังจากนั้นเชื่อมต่อระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติเข้ากับคอมพิวเตอร์ด้วยสายแลนผ่านคอนเวอร์เตอร์ แล้วอ่านค่าแรงดันไฟฟ้าและประเภทแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากดิจิตอลเพาเวอร์มิเตอร์ของแต่ละเครื่อง เพื่อหาหมายเลขรีจิสเตอร์ของดิจิตอลเพาเวอร์มิเตอร์จากเอกสารคู่มือ จากนั้นใส่ค่า Device ID, หมายเลขแอดเดรสของรีจิสเตอร์และความยาว (Length) ของข้อมูลที่จะอ่านในโปรแกรม ModScan32 แล้วตรวจสอบว่าค่าที่ได้ในโปรแกรมตรงกับค่าที่แสดงบนดิจิตอลเพาเวอร์มิเตอร์จหรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 หน้าจอแสดงผลผ่านโปรแกรม ModScan32

ติดตั้งมิเตอร์เข้ากับเกตเวย์ที่อาคาร AMF1 เพื่อทดสอบการสื่อสารของระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์หลัก (Server) ที่อาคาร AMF1 ชั้น2 โดยใช้สายแลนเชื่อมต่อระหว่างเครือข่ายของอุปกรณ์ที่ติดตั้งใหม่กับเครือข่ายของระบบซอฟต์แวร์ปลายทางของทอท. ผ่านคอนเวอร์เตอร์

(ก) (ข)

รูปที่ 3.5 (ก) ติดตั้งชุดมิเตอร์เข้ากับเกตเวย์ของทางท่าอากาศยาน ที่อาคาร AMF1
(ข) ติดตั้งชุดมิเตอร์เข้ากับเกตเวย์ของทางท่าอากาศยาน ที่อาคาร AMF1

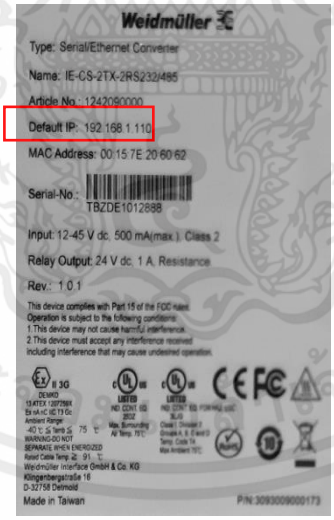
เมื่อติดตั้งระบบเสร็จ ขั้นตอนถัดมาทำการอ่านหมายเลข IP Address ของเกตเวย์ของทอท. คือ 10.94.80.31 เพื่อทำการเชื่อมต่อระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติกับเครือข่ายของระบบซอฟต์แวร์ปลายทางของทอท.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ก) (ข)

รูปที่ 3.6 (ก) อ่านหมายเลข IP Address ของ Gateway ของทอท.
(ข) หมายเลข IP Address ของ Gateway ของทอท.

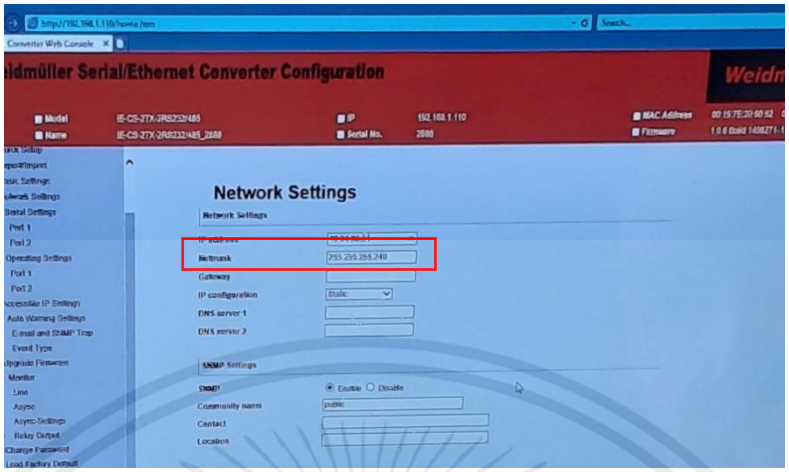
ทำการ Configuration ที่คอนเวอร์เตอร์ เนื่องจากคอนเวอร์เตอร์เป็นตัวกลางที่ทำการเชื่อมต่อกับเกตเวย์ของทางทอท. โดยคอนเวอร์เตอร์เดิมมี IP Address คือ 192.168.1.110



รูปที่ 3.7 หมายเลข IP Address ของ Weidmuller Converter Serial/Ethernet

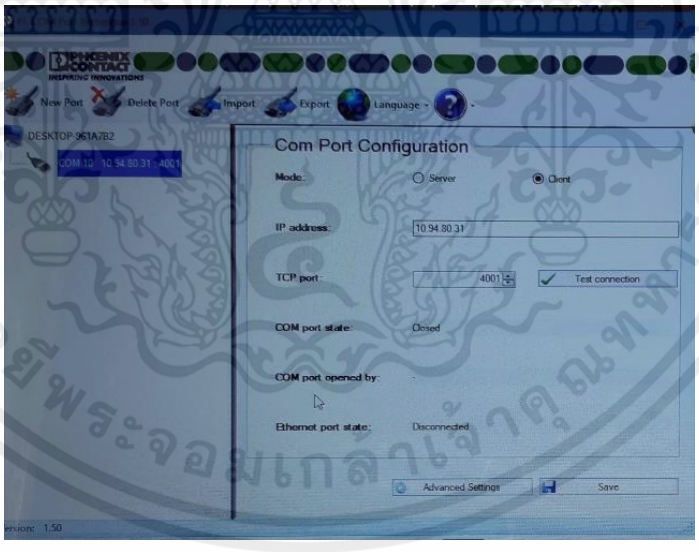
ทำการ Configuration ที่คอนเวอร์เตอร์โดยใช้ http:// ตามด้วย IP Address ของคอนเวอร์เตอร์โดยเข้าไปที่เว็บไซต์ http://192.168.1.110/ ที่บราวเซอร์ เพื่อทำการแก้ไขเลข IP Address ให้ตรงกับเกตเวย์ของทางทอท. (IP Address: 10.94.80.31)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 ทำการแก้ไข IP Address ของคอนเวอร์เตอร์ให้ตรงกับ IP Address ของทอท.

จากนั้นทำการ Com Port Configuration ในโปรแกรม FL Com Port Redirector โดยโปรแกรมสร้างพอร์ต COM เสมือนและเปลี่ยนเส้นทางข้อมูลหรือสัญญาณทั้งหมดที่เขียน ไปยังพอร์ตและโฮสต์ระยะไกลด้วยที่อยู่ IP และพอร์ต TCP ที่ระบุ



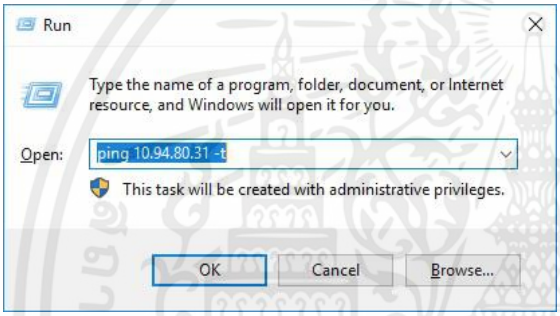
รูปที่ 3.9 การ Com Port Configuration ในโปรแกรม FL Com Port Redirector

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

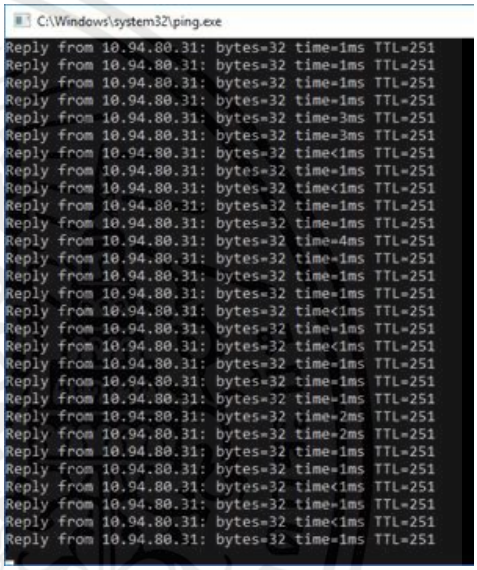
3.1.3 การทดสอบชุดจำลองของระบบการอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติ

3.1.3.1 การทดสอบการ Simulation สัญญาณอินพุตหรือเอาต์พุตจากอุปกรณ์ต่าง ๆ

เพื่อตรวจสอบว่าซอฟต์แวร์สามารถติดต่อกับอุปกรณ์ที่ติดตั้งใหม่ได้ โดยใช้คำสั่ง Ping ในการตรวจสอบว่ามีการเชื่อมต่อระหว่างเครือข่ายของอุปกรณ์ที่ติดตั้งใหม่กับเครือข่ายของระบบซอฟต์แวร์ปลายทางของทอท. ที่ต้องการตรวจสอบการเชื่อมต่อ



(ก)



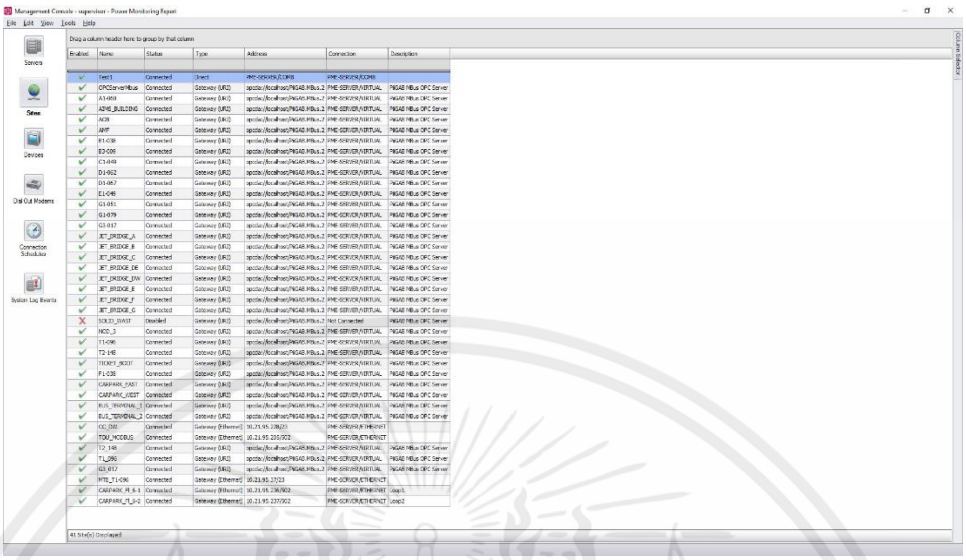
(ข)

รูปที่ 3.10 (ก) การใช้คำสั่ง Ping ในการตรวจสอบการเชื่อมต่อ
(ข) หน้าต่างแสดงผลการตอบรับผ่านโปรแกรม CMD

3.1.3.2 การทดสอบฟังก์ชันการทำงานผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์หลักที่อาคาร AMF1 ชั้น 2 (เครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าที่ติดตั้งใหม่ทั้งหมด)

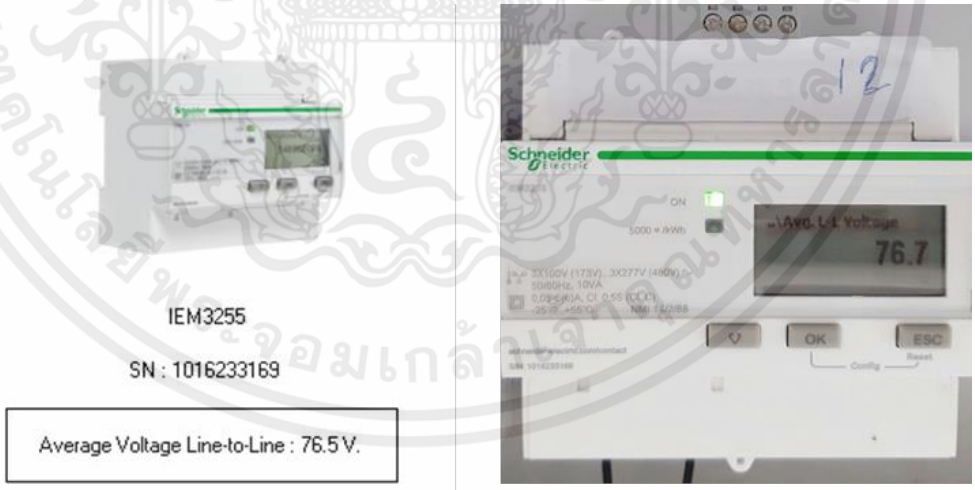
สร้าง Group ชื่อ test ที่ประกอบด้วยมิเตอร์ที่ใช้งานทั้งหมด ในซอฟต์แวร์ส่วน Management เพื่อใช้สำหรับการสร้างหน้าต่างแสดงผลผ่านโปรแกรม Power Monitoring Expert โดยเลือก Serial Port (Com8) ของคอนเวอร์เตอร์ในระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติที่ติดตั้งใหม่ผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์ Server ที่อาคาร AMF1 ชั้น 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 การสร้าง Group ด้วยโปรแกรม Power Monitoring Expert

สร้างหน้าต่างแสดงผลผ่านซอฟต์แวร์ Power Monitoring Expert ในส่วน Vista โดยแสดงชื่อรุ่น, Serial Number และค่าแรงดันไฟฟ้าของดิจิตอลเพาเวอร์ของระบบระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติที่ถูกติดตั้งใหม่ เพื่อทำการเทียบค่าที่อ่านได้จากซอฟต์แวร์และค่าที่อ่านได้จากมิเตอร์



(ก) (ข)

รูปที่ 3.12 (ก) ค่าแรงดันไฟฟ้า (L-L avg) ระหว่างค่าที่แสดงผ่านซอฟต์แวร์จากเครื่อง Server
(ข) ค่าที่แสดงผ่านมิเตอร์ ยี่ห้อ Schneider รุ่น IEM3255 (Serial Number: 1016233169)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ก) (ข)

รูปที่ 3.13 (ก) ค่าแรงดันไฟฟ้า (L-L avg) ระหว่างค่าที่แสดงผ่านซอฟต์แวร์จากเครื่อง Server (ข) ค่าที่แสดงผ่านมิเตอร์ ยี่ห้อ Schneider รุ่น IEM3355 (Serial Number: 2519114056)

(ก) (ข)

รูปที่ 3.14 (ก) ค่าแรงดันไฟฟ้า (L-L avg) ระหว่างค่าที่แสดงผ่านซอฟต์แวร์จากเครื่อง Server (ข) ค่าที่แสดงผ่านมิเตอร์ ยี่ห้อ Socomec รุ่น DIRIS A-10 (Serial Number: 20110210147)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ก) (ข)

รูปที่ 3.15 (ก) ค่าแรงดันไฟฟ้า (L-L avg) ระหว่างค่าที่แสดงผ่านซอฟต์แวร์จากเครื่อง Server
(ข) ค่าที่แสดงผ่านมิเตอร์ ยี่ห้อ Socomec รุ่น Countis E13 (Serial Number: ASAU500007)

3.1.4 การสำรวจพื้นที่ที่หน้างานจริงก่อนการติดตั้งชุดอุปกรณ์ของระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติใหม่

(ก) (ข)

รูปที่ 3.16 (ก) การสำรวจหน้างานจริง เพื่ออัพเดทฐานข้อมูลก่อนการเข้าติดตั้งมิเตอร์
(ข) ตู้มิเตอร์แบบอนาล็อก

ในการสำรวจหน้างานจริงทำทั้งหมด 21 อาคาร เพื่อเก็บข้อมูลระบบวัดค่าพลังงานไฟฟ้าแบบเดิม และเพื่ออัพเดทฐานข้อมูลประเภทของมิเตอร์แบบเดิมก่อนการเข้าติดตั้งมิเตอร์ใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	A	E	F	R	S	T	U	V	W	X	Z
81	79	E1 050	SS6 3C MP/3Px2/64A/1P/32A/1P/20A/	SS6 3C ULP1/1P/16A/19,21,23	TCE1 050AS01	Gi1/0/6	10.31.95.61	255.255.255.240	10.31.95.49	32A(M1) , 25A(M2) , 32A(M3)	
82	80	E1 060	SS6 3D MP/3Px2/64A/1P/32A/1P/25A/	SS6 3D ULP1/1P/16A/19,21,23	TCE1 060AS01	Gi1/0/3	10.31.92.100	255.255.255.240	10.31.92.97	32A(M1) , 25A(M2)	
83	81	E1 070	SS6 3E MP/3P/32A/1P/32A/	SS6 3E ULP1/1P/16A/	TCE1 070AS01	Gi0/3	10.31.92.116	255.255.255.240	10.31.92.113	32A(M1)	
84	82	E2 016	SS6 4E 2MP1/3Px2/64A/1P/32A/1P/25A/19,21,23	SS6 4E 2ULP A/1P/16A/27,29,31	TCE2 019AS01	Gi0/1	10.31.92.20	255.255.255.240	10.31.92.17	1	
85	83	E2 019	SS6 4E 2MP2/3P/32A/1P/20A/19,21,23	SS6 4E 2ULP B/1P/16A/29,31,33	TCE2 019AS01	Gi0/2	10.31.92.21	255.255.255.240	10.31.92.17	1	
86	84	E3 009	SS6 4E 3MP2/3P/32A/1P/20A/19,21,23	SS6 4E 3ULP B/1P/16A/27,29,31	TCE3 009AS01	Gi0/1	10.31.92.180	255.255.255.240	10.31.92.177	1	
87	85	E3 018	SS6 4E 3LPA/3P/32A/1P/40A/27,29,31	SS6 4E 3ULP A/1P/16A/27,29,31	TCE3 009AS01	Gi0/2	10.31.92.181	255.255.255.240	10.31.92.177	1	
88	86	F1 024	SS6 4F RP/3Px3/96A/1Px2/4/1P/25A/	SS6 4F ULP/1P/16A/26,28,30	TCF2 008AS01	Gi1/0/4	10.31.92.53	255.255.255.240	10.31.92.49		
89	87	F1 024	SS6 2A MP/3Px2/64A/1P/32A/1P/25A/20,22/	SS6 2A ULP1/1P/16A/7,9,11	TCF1 024AS01	Gi1/0/3	10.31.92.132	255.255.255.240	10.31.92.129	32A(M1) , 25A(M2)	
90	88	F1 039	SS6 2B MP/3Px2/64A/1P/32A/1P/25A/1,3,5	SS6 2B ULP1/1P/16A/17,19,21	TCF1 039AS01	Gi1/0/1	10.31.95.45	255.255.255.240	10.31.95.33	32A(M1) , 25A(M2) , 20A(M3)	port 2 มีการใช้งาน
91	89	F1 049	SS6 2C MP/3Px2/64A/1P/32A/1P/25A/19,21,23	SS6 2C ULP1/19,21,23	TCF1 049AS01	Gi1/0/2	10.31.92.164	255.255.255.240	10.31.92.161	32A(M1) , 25A(M2)	
92	90	F2 008	SS6 4F 2MP1/3Px3/96A/1P/32A/1P/25A/1P/20A/	SS6 4F 2ULP A/1P/16A/27,29,31	TCF2 008AS01	Gi0/2	10.31.92.52	255.255.255.240	10.31.92.49	1	
93	91	F3 018	SS6 4F 3ULP A/3P/32A/1P/40A/15,17,19	SS6 4F 3LPA/1P/16A/25,27,29	TCF3 008AS01	Gi0/2	10.31.92.196	255.255.255.240	10.31.92.193	1	
94	92	G1 028	SS6 4G LPA/3Px2/64A/1P/32A/1P/25A/21,23	SS6 4G ULP/1P/16A/17,19,21	TCG2 009AS01	Gi0/2	10.31.92.69	255.255.255.240	10.31.92.65	1	
95	93	G1 028	SS6 1A MP/3Px3/96A/1P/32A/1P/25A/1P/20A/	SS6 1A ULP1/1P/16A/5,7,9	TCG1 028AS01	Gi0/3	10.31.92.148	255.255.255.240	10.31.92.145	32A(M1) , 25A(M2) , 20A(M3)	
96	94	G1 041	SS6 1B MP/3Px2/96A/1P/32A/1P/25A/1P/20A	SS6 1B ULP1/1P/16A/7,9,11	TCG1 041AS01	Gi1/0/5	10.31.92.212	255.255.255.240	10.31.92.209	32A(M1) , 25A(M2) , 20A(M3)	
97	95	G1 045	SS6 1I RP1/3P/32A/1P/32A/1,3,5	SS6 1I ELP 1P/16A/15,17,19	TCG1 045AS01	Gi1/0/2	10.31.92.228	255.255.255.240	10.31.92.225		
98	96	G1 050	SS6 1H RP1/3P/32A/1P/32A/25,27,29	SS6 1H LP1x1P/16A/25,27,29	TCG1 050AS01	Gi1/0/3	10.31.95.21	255.255.255.240	10.31.95.17		
99	97	G1 057	SS6 1C MP/3Px2/64A/1P/32A/1P/25A/	SS6 1C ULP1/1P/16A/5,7,9	TCG1 057AS01	Gi1/0/2	10.31.92.244	255.255.255.240	10.31.92.241	32A(m1) , 25A(m2)	

AMR MOBILE | T1-036 | T1-059 | T1-086 | T1-096 | T1-108 | T1-124 | T1-139 | T1-150 | T2 ...

รูปที่ 3.17 ตัวอย่างการอัพเดทฐานข้อมูล ในอาคารที่ถูกสำรวจเรียบร้อยแล้ว

3.1.5 การรื้อถอนชุดเพาเวอร์มิเตอร์แบบอนาล็อกเพื่อทำการติดตั้งชุดเพาเวอร์มิเตอร์แบบดิจิตอลของระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติใหม่

ทำการรื้อถอนเพาเวอร์มิเตอร์แบบอนาล็อก ทั้งหมด 21 อาคาร และทำการติดตั้งเพาเวอร์มิเตอร์แบบดิจิตอลสำหรับระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติ ภายใต้การตรวจสอบระบบไฟฟ้าของเจ้าหน้าที่จากเจ้าของโครงการ

(ก) (ข)

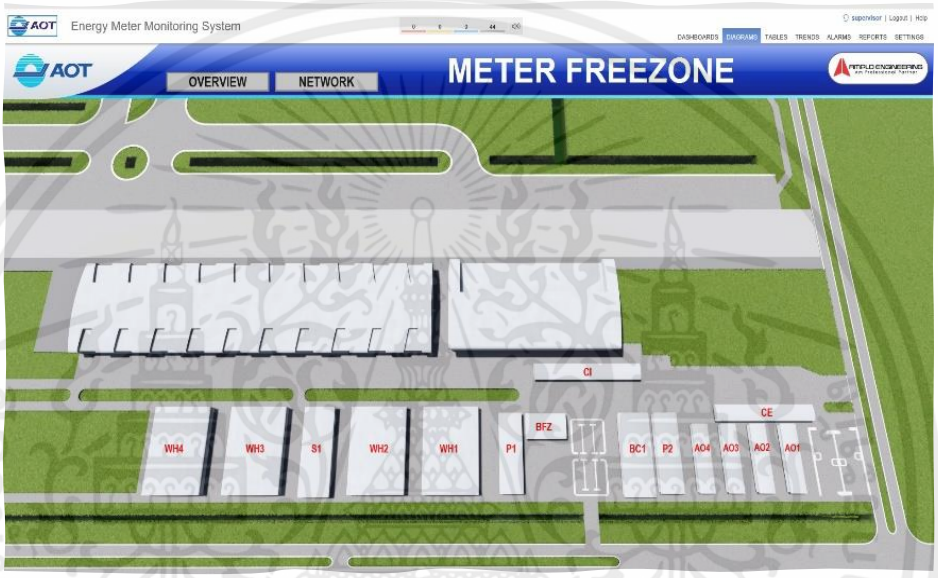
รูปที่ 3.18 (ก) การรื้อถอนชุดเพาเวอร์มิเตอร์แบบอนาล็อกเพื่อทำการติดตั้งชุดเพาเวอร์มิเตอร์แบบดิจิตอลของระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติ

(ข) การรื้อถอนชุดเพาเวอร์มิเตอร์แบบอนาล็อกเพื่อทำการติดตั้งชุดเพาเวอร์มิเตอร์แบบดิจิตอลของระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.6 การออกแบบหน้าต่างแสดงผลจากซอฟต์แวร์ Power Monitoring ในส่วนของ Vista

การออกแบบหน้าต่างแสดงผลจากซอฟต์แวร์ Power Monitoring ในส่วน Vista ผ่านคอมพิวเตอร์หลัก ที่อาคาร AMF 1 ซึ่งต่อกับเครือข่ายทั้งหมดของระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติ โดยการทำงานของซอฟต์แวร์ไม่ส่งผลกระทบต่อเครือข่ายที่ท่าอากาศยานใช้อยู่ในปัจจุบัน

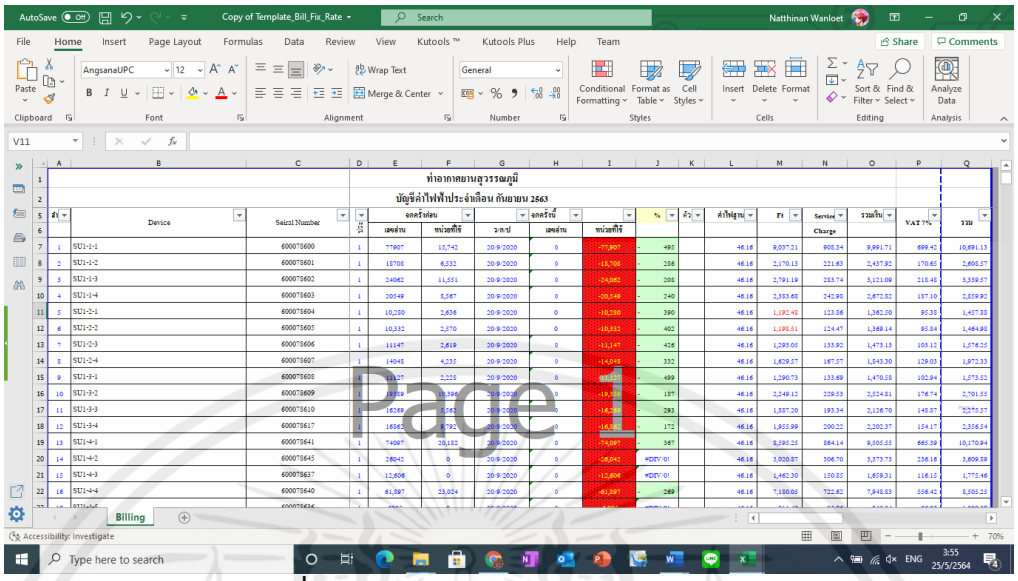


รูปที่ 3.19 หน้าต่าง SCADA สำหรับการ Monitoring ค่าพลังงานไฟฟ้าภายใน 21 อาคาร ของท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ

3.1.7 การนำข้อมูลมาคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้าให้อยู่ในรูปใบเสร็จค่าไฟฟ้าประจำเดือน (Billing) ผ่านโปรแกรม Microsoft excel

การคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้าให้อยู่ในรูปใบเสร็จค่าไฟฟ้าประจำเดือนจากข้อมูลที่ถูกเรียกดูและบันทึกค่าพลังงานไฟฟ้าด้วยระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติ โดยใช้โดยวิธีการคำนวณค่าไฟฟ้าประเภทที่ 3.2 กิจการขนาดกลาง อัตราปกติและอัตราค่าไฟฟ้า TOU ด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ผ่านโปรแกรม Microsoft excel

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.19 หน้าโปรแกรมแสดงผลการคำนวณ

3.2 การจัดทำระบบสกาดาสำหรับแสดงผลข้อมูลจากระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติภายในอาคารวิศวกรรมการวัดและควบคุม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.2.1 ภาพรวมองค์ประกอบหลักของระบบ

ในการจัดทำโครงการระบบสกาดาสำหรับแสดงผลข้อมูลจากระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติ ภายในตึกภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ ได้แบ่งการดำเนินโครงการเป็น 5 ส่วน

1) ระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติ (Automatic Meter Reading) เป็นส่วนที่ทำการวัดค่าทางไฟฟ้าโดยใช้ดิจิตอลเพาเวอร์ในการวัดค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้า โดยเชื่อมต่อกับคอนเวอร์เตอร์ (RS-485 to Ethernet) เพื่อแปลงสัญญาณ RS-485 เป็นระบบอีเทอร์เน็ต เพื่อส่งค่าพารามิเตอร์ไปยังเซิร์ฟเวอร์
2) หน้าต่างแสดงผลสกาดาผ่านซอฟต์แวร์ EcoStruxure Power Monitoring Expert เพื่อแสดงค่าพารามิเตอร์แบบเรียลไทม์ และเก็บบันทึกค่าผ่านโปรแกรม Microsoft SQL Server Management Studio 18 เพื่อเป็นฐานข้อมูลของโครงการ
3) การนำข้อมูลมาคำนวณการใช้ค่าพลังงานไฟฟ้าให้อยู่ในรูปใบเสร็จค่าไฟฟ้าประจำเดือน (Billing) ผ่านโปรแกรม Microsoft excel

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) การพยากรณ์การใช้ค่าพลังงานไฟฟ้าด้วยวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ผ่านโปรแกรมภาษา Python

5) การแจ้งเตือนแก่ผู้ใช้งาน เมื่อแนวโน้มค่าพลังงานไฟฟ้ามีค่าเพิ่มมากกว่าปกติ ผ่านไลน์แชทบอท (Line Chatbot)

3.2.2 ส่วนประกอบของชุดจำลองของระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติ

ชุดจำลองของระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติที่จะทำการติดตั้งในภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม มีส่วนประกอบ ดังนี้

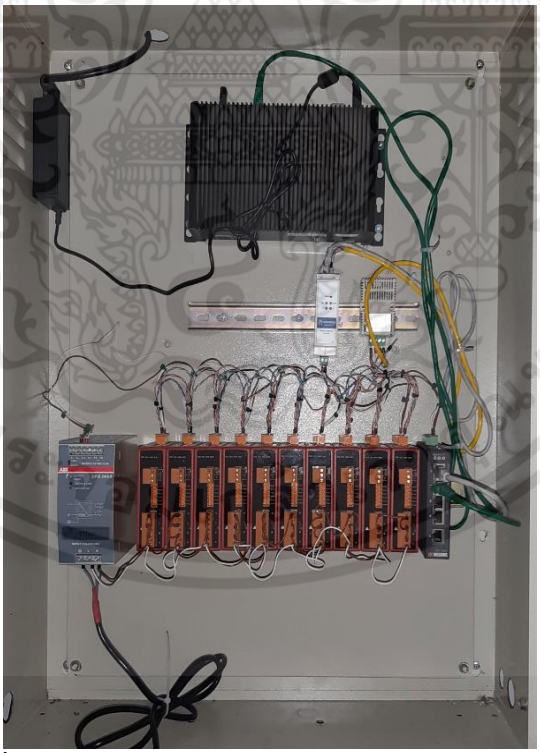
1) ดิจิตอลเพาเวอร์ (Digital Power Meter) รุ่น PM3133-400P จำนวน 10 เครื่อง

2) คอนเวอร์เตอร์ (Serial to Ethernet) รุ่น USR-DR302 จำนวน 1 เครื่อง

3) สวิตช์ (Switch) จำนวน 1 เครื่อง

4) แหล่งจ่ายไฟ จำนวน 1 เครื่อง

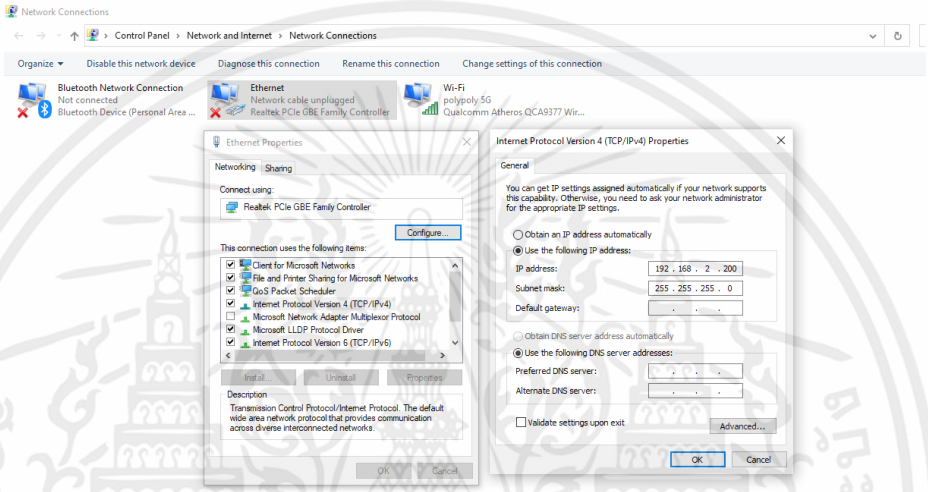
5) Mini PC Server Computer จำนวน 1 เครื่อง



รูปที่ 3.20 ชุดจำลองของระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติ

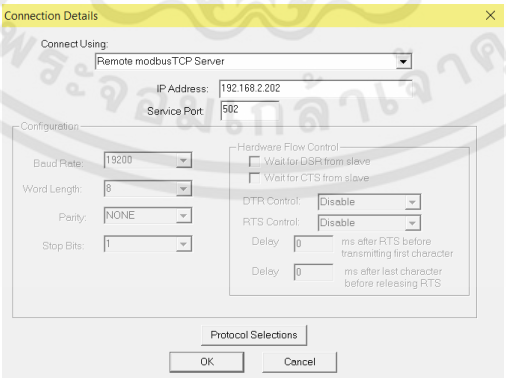
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากประกอบชุดจำลองระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติเรียบร้อย ทำการต่อระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติด้วยสายแลนเชื่อมต่อผ่านคอนเวอร์เตอร์เข้ากับคอมพิวเตอร์หลัก โดยจะต้องทำการ Configuration IP Address ให้เครื่องคอมพิวเตอร์หลักอยู่ในเน็ตเวิร์คเดียวกับอุปกรณ์คอนเวอร์เตอร์ ซึ่งอุปกรณ์คอนเวอร์เตอร์มี IP Address คือ 192.168.2.202 ดังนั้นจะทำการตั้งค่า IP Address ของเครื่องคอมพิวเตอร์หลักเป็น 192.168.2.200 เพื่อให้อยู่ในเน็ตเวิร์ควงเดียวกันและสามารถสื่อสารถึงกันได้



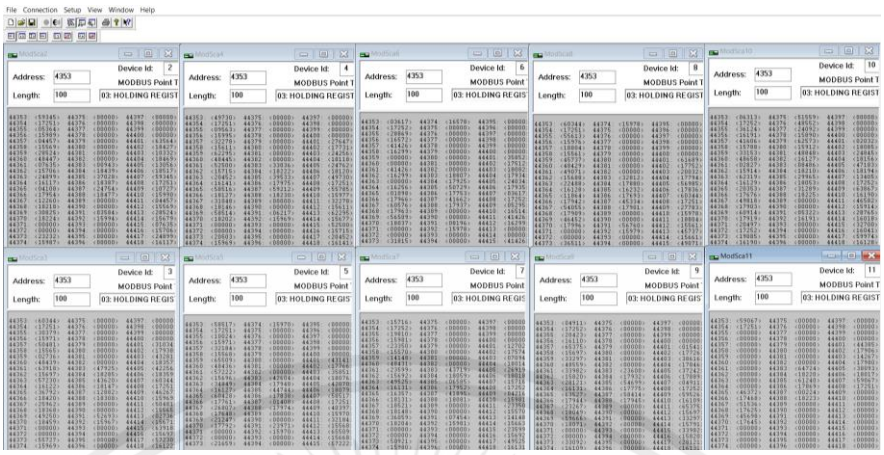
รูปที่ 3.21 การกำหนด IP Address คอมพิวเตอร์หลัก

จากนั้นทำการอ่านค่าแรงดันไฟฟ้า และประเภทของแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากดิจิตอลเพาเวอร์มิเตอร์แต่ละเครื่อง และทำการตรวจสอบการอ่านค่าพารามิเตอร์จากเซิร์ฟเวอร์ ผ่านโปรแกรม ModScan32 โดยใช้หมายเลขรีจิสเตอร์ตามรุ่นและยี่ห้อของดิจิตอลเพาเวอร์มิเตอร์ ซึ่งทำการเชื่อมต่อแบบ Remote Modbus TCP Server ผ่าน IP Address ของ Converter: 192.168.2.202 และ Port: 502



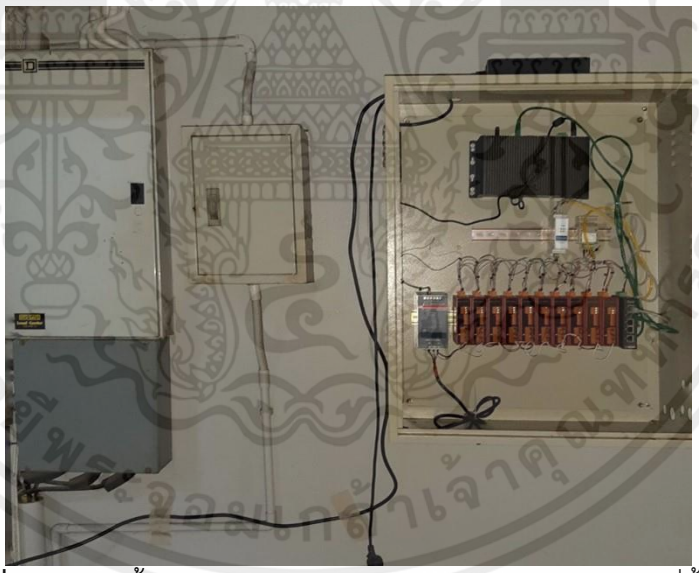
รูปที่ 3.22 การเชื่อมต่อระหว่างชุดจำลองระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติกับคอมพิวเตอร์ (Master) โดย ใช้โปรแกรม Modscan32 ผ่าน Remote Modbus TCP Server

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.23 หน้าต่างแสดงค่าโวลต์ที่อ่านได้จากมิเตอร์ 10 ตัว ผ่านโปรแกรม ModScan32

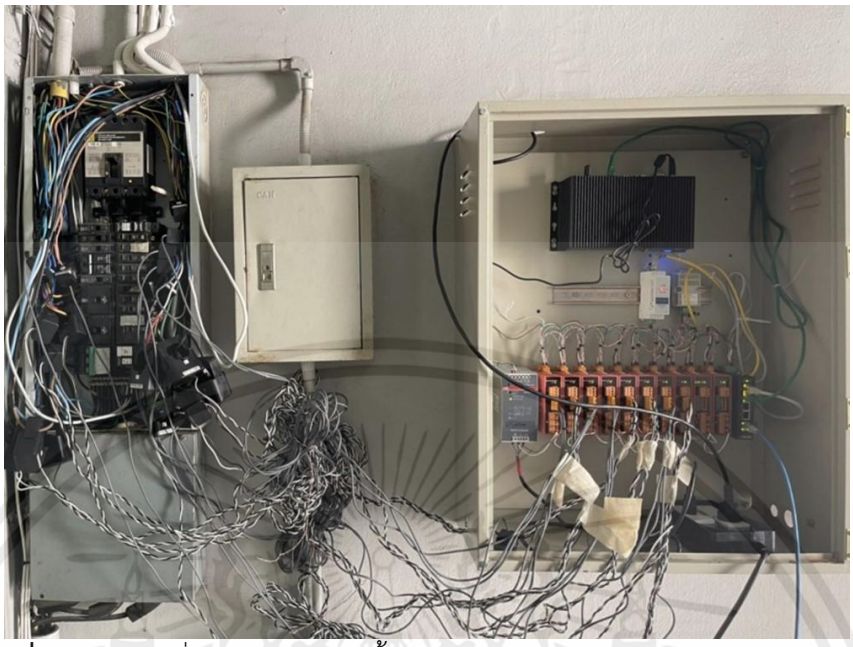
เมื่อทดสอบการอ่านค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้า ผ่านโปรแกรม ModScan32 เรียบร้อยแล้ว ทำการติดตั้งตู้จำลองระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติเข้าติดตั้งที่ ชั้น 2 ตึกภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม และทำการเชื่อมต่อกับตู้ไฟฟ้า เพื่อรับข้อมูลการใช้ไฟฟ้าจากตู้ไฟฟ้า



รูปที่ 3.24 ติดตั้งตู้ระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติบริเวณตู้ไฟฟ้าที่ชั้น 2 ตึกภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม

ทำการเชื่อมต่อโดยใช้ดิจิตอลเพาเวอร์มิเตอร์ซึ่งมีหัวจับแบบแคลมป์มิเตอร์ ซึ่งจะทำการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าของตัวนำเมื่อมีกระแสไหลผ่าน โดยนำไปจับที่สายไฟของเบรกเกอร์ของแต่ละอุปกรณ์ที่ต้องการเก็บค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยทำการเก็บทั้งหมด 10 อุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.25 การเชื่อมต่อกับตู้ไฟฟ้าชั้น 2 ตึกภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม เพื่อเก็บค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า

3.2.3 หน้าต่างแสดงผลสกาดาผ่านซอฟต์แวร์ EcoStruxure Power Monitoring Expert

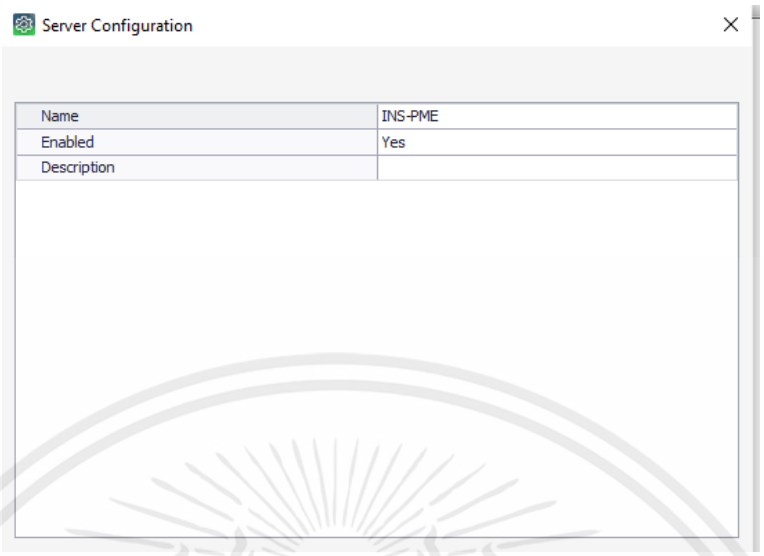
ในการออกแบบหน้าต่างแสดงผลผ่านซอฟต์แวร์ EcoStruxure Power Monitoring Expert จะแบ่งการทำงานภายในซอฟต์แวร์ออกเป็น 4 ส่วน คือ

- ส่วน Management Console : เป็นส่วนที่ใช้ในการจัดการฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ และส่วนประกอบต่างๆ ของเน็ตเวิร์คของระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติ
- ส่วน Designer : เป็นส่วนที่ใช้ในการสร้างฟังก์ชันการทำงาน หรือฟังก์ชันการคำนวณ
- ส่วน Vista : เป็นส่วนที่ใช้ในการออกแบบหน้าต่างแสดงผล
- ส่วน Web Applicants : เป็นส่วนขยายในการเปิดใช้งานหน้าต่างแสดงผลผ่านเว็บไซต์

3.2.3.1 Power Monitoring Expert Software ส่วน Management Console

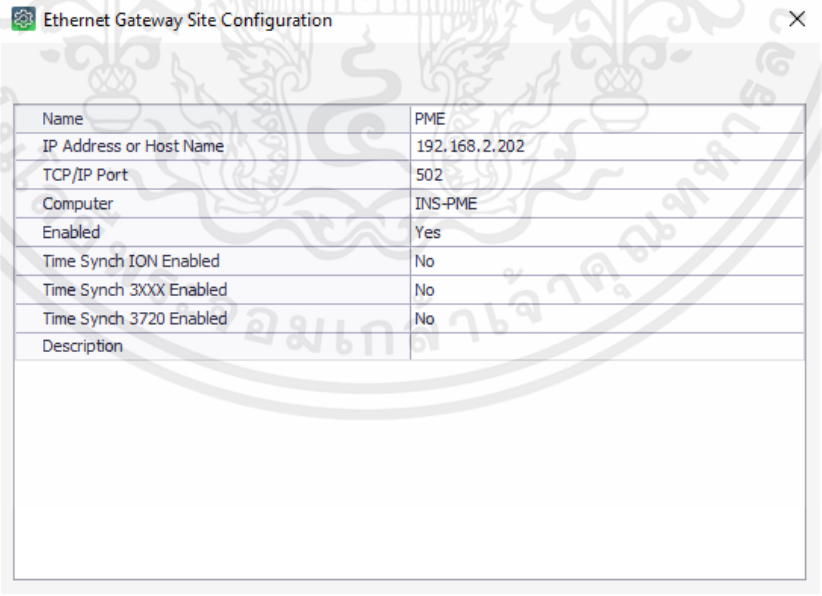
1) สร้าง Server เพื่อจำลองเซิร์ฟเวอร์ของระบบการอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติภายในซอฟต์แวร์ Power Monitoring Expert Software

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.26 สร้าง Server ชื่อ INS-PME

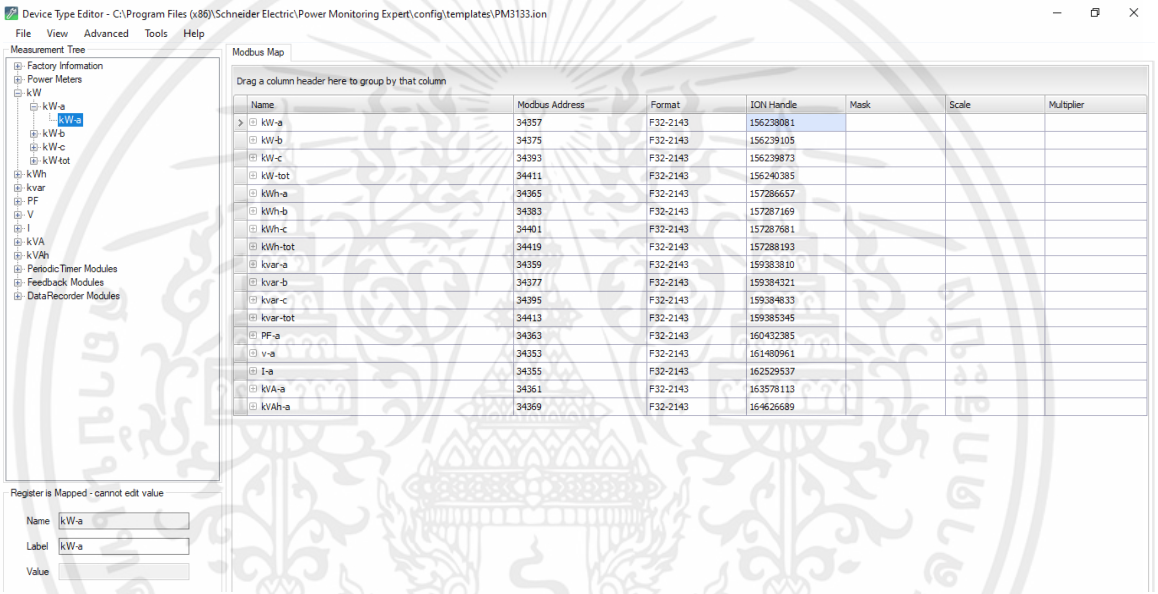
2) สร้าง Sites เพื่อเป็นการจำลองระบบการอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติ โดยสร้างเป็น Ethernet Gateway Sites Configuration และใช้ IP Address ของคอนเวอร์เตอร์ คือ 192.168.2.202 ผ่าน TCP/IP Port(502) ภายในคอมพิวเตอร์หลักที่สร้างไว้ในข้อ 1.)



รูปที่ 3.27 สร้าง Sites ชื่อ PME

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) สร้าง Device Type ให้รองรับการทำงานของเพาเวอร์มิเตอร์ รุ่น PM3133-400P โดยทำการเพิ่มเพาเวอร์มิเตอร์ และเพิ่มฟังก์ชันในการอ่านค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าจากเพาเวอร์มิเตอร์ ซึ่งจะต้องทำการ Add new Manager > Add new Module > Add new Register และตั้งค่า Modbus Address ตามคู่มือการใช้งานของเพาเวอร์มิเตอร์ ซึ่งในเพาเวอร์มิเตอร์ รุ่น PM3133-400P เลข Modbus Address ในการอ่านค่าแรงดันไฟฟ้า คือ 44353



รูปที่ 3.28 สร้าง Device Type ชื่อ PM-3133 โดยตั้งค่าเลข Modbus Address ตามค่าพารามิเตอร์ที่ต้องการอ่าน

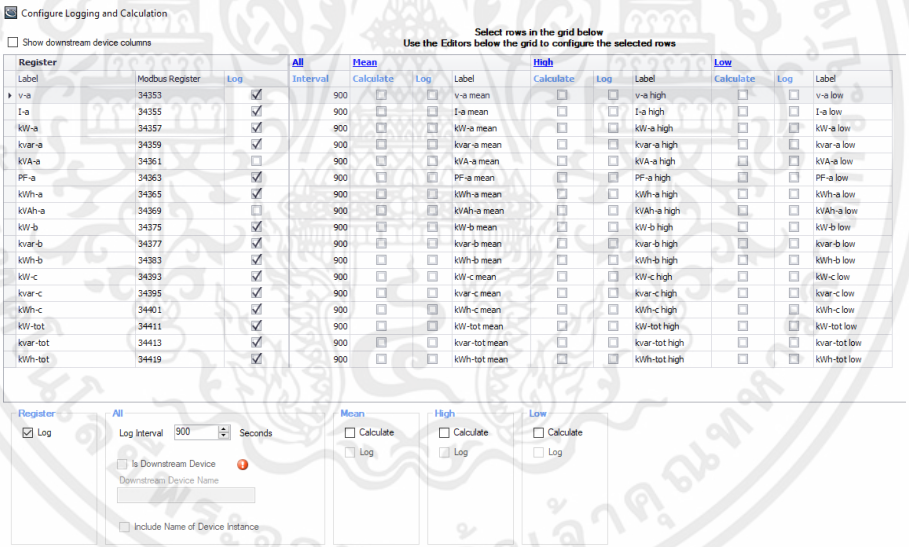
4) สร้าง Device ในการรับค่าจากเพาเวอร์มิเตอร์ในซอฟต์แวร์ โดยตั้งค่าการรับค่าแบบ Serial Device Configuration ซึ่งจะรับค่าจากพอร์ตของคอนเวอร์เตอร์ 192.168.2.202 และเรียกรับค่าตาม ID ของ Power Meter แต่ละเครื่อง คือ 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Enabled	Group	Name	Type	Address	Site	Status	Protocol	Description	ID
✔	PME-1	(2abc)MAIN	PM3133	192.168.2.202/502/2	PME	Cannot Connect	MODBUS		1
✔	PME-1	(3abc)AIRpanek	PM3133	192.168.2.202/502/3	PME	Cannot Connect	MODBUS		2
✔	PME-1	(4a)nightlightPATHWAY2nd	PM3133	192.168.2.202/502/4	PME	Cannot Connect	MODBUS		3
✔	PME-1	(5a)light2ndHALL	PM3133	192.168.2.202/502/5	PME	Cannot Connect	MODBUS		4
✔	PME-1	(6abc)AIRCOWORKING	PM3133	192.168.2.202/502/6	PME	Cannot Connect	MODBUS		6
✔	PME-1	(7abc)AIRCALLIBRATION	PM3133	192.168.2.202/502/7	PME	Cannot Connect	MODBUS		7
✔	PME-1	(8a)PLUG2ndHALLwtCALLIBRATIONROOMALL	PM3133	192.168.2.202/502/8	PME	Cannot Connect	MODBUS		8
✔	PME-1	(9a)TRUEWIFI	PM3133	192.168.2.202/502/9	PME	Cannot Connect	MODBUS		9
✔	PME-1	(10a)lightAJVITTAYAwtCOWORKING	PM3133	192.168.2.202/502/10	PME	Cannot Connect	MODBUS		10

รูปที่ 3.29 สร้าง Device เพื่อรับค่าจากมิเตอร์ทั้ง 10 ตัว

5) จากนั้นทำการตั้งค่าการเก็บค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าที่ Power Meter อ่านค่าได้ ใน Configure Logging and Calculation โดยเลือก Log ข้อมูลในค่าพารามิเตอร์ที่ต้องการเก็บ และกำหนดระยะเวลาในการเก็บข้อมูลที่ Log Interval



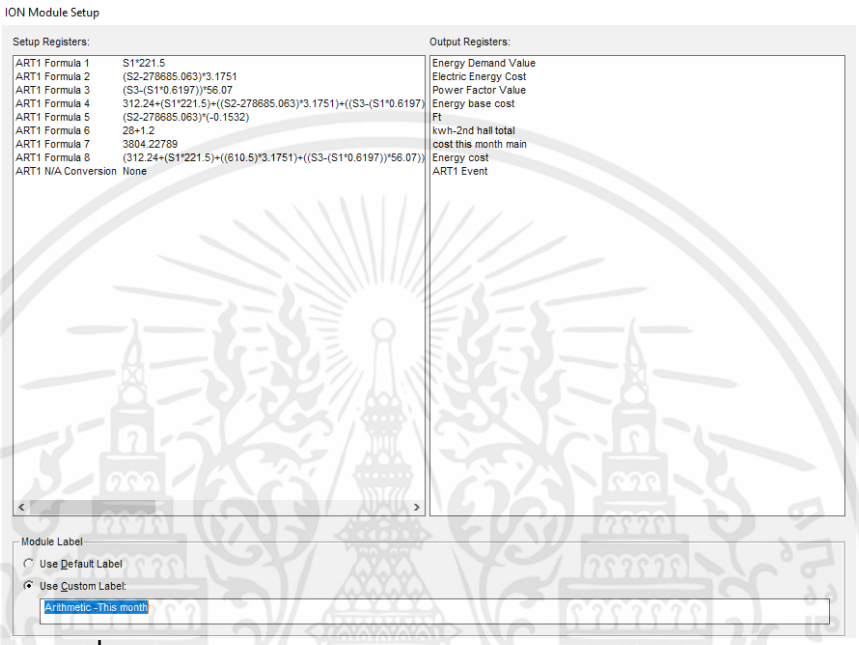
รูปที่ 3.30 ทำการเก็บค่าพารามิเตอร์ V, I, kW, kWh, kvar ทุกๆ 15 นาที

3.2.3.2 Power Monitoring Expert Software ส่วน Designer

จากการสร้างระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติในซอฟต์แวร์ ส่วน Management Console ที่ใช้รับรับข้อมูลการใช้ไฟฟ้าจากเพาเวอร์มิเตอร์ รุ่น PM-3133 จำนวน 10 ตัว และทำการคำนวณเพื่อหาค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (units) และการประมาณค่าใช้จ่าย (บาท) โดยสร้างฟังก์ชันการคำนวณในซอฟต์แวร์ส่วน Designer

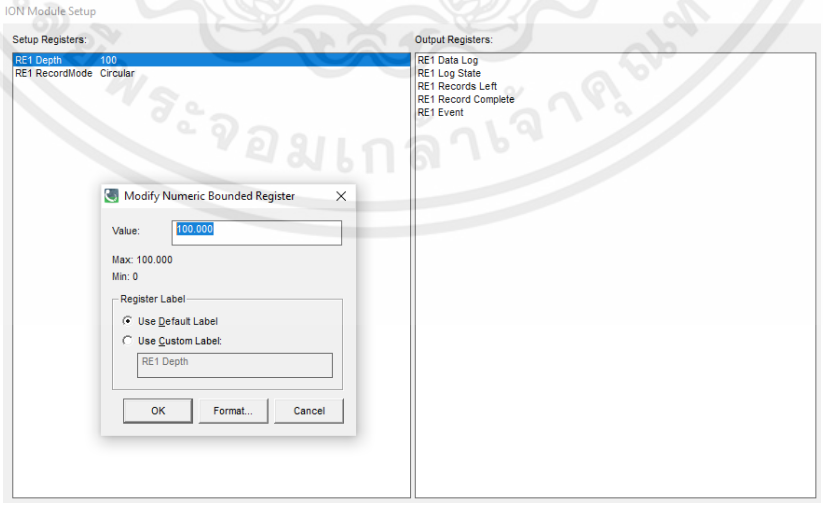
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) สร้างฟังก์ชันการคำนวณผ่าน Arithmetic ION Module โดยใส่สมการการคำนวณการคิดค่าไฟฟ้า ประเภทที่ 3.2 อัตราปกติ แรงดันต่ำกว่า 12 kVolt ซึ่งจะได้จำนวนพลังงานไฟฟ้า (kWh) และเงินราคาค่าไฟฟ้า (บาท)



รูปที่ 3.31 สร้างฟังก์ชันการคำนวณผ่าน Arithmetic ION Module

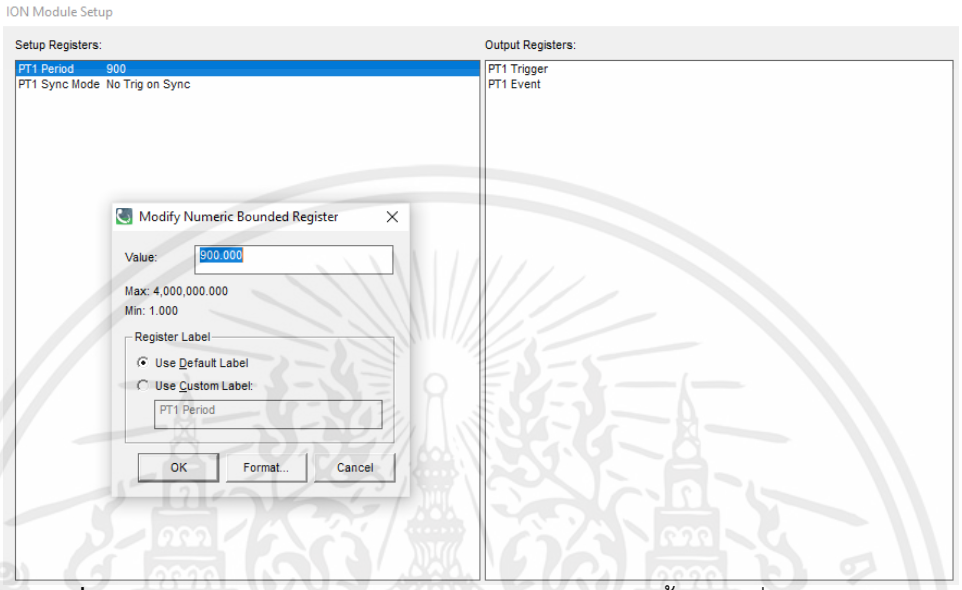
2) ใช้ Data Rec ION Module ในการเก็บบันทึกค่าที่ทำการคำนวณเรียบร้อยแล้ว จาก Arithmetic ION Module



รูปที่ 3.32 การใช้ Data Rec ION Module การเก็บบันทึกค่าจากฟังก์ชันการคำนวณ

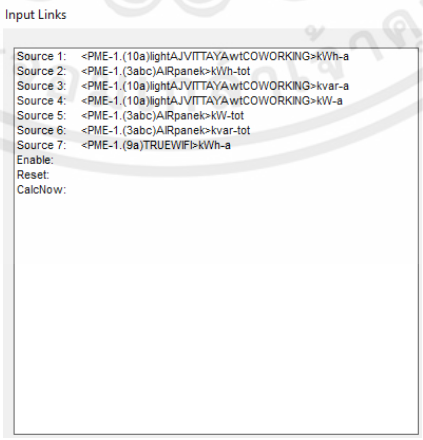
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ใช้ Periodic Tmr ION Module เป็น Timer ในการตั้งเวลาเพื่อส่งค่าที่เก็บบันทึกออก



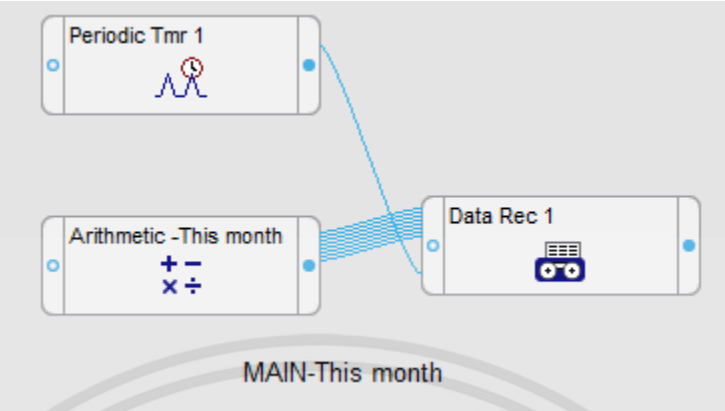
รูปที่ 3.33 การใช้ Periodic Tmr ION Module ในการตั้งเวลาเพื่อส่งออกข้อมูล

เมื่อสร้างทั้ง 3 Module เรียบร้อย ทำการเชื่อมต่อ โดยให้ Arithmetic ION Module ดึงค่าพารามิเตอร์จากเพาเวอร์มิเตอร์ที่ใช้ในการหาจำนวนพลังงานไฟฟ้า (kWh) และเงินราคาค่าไฟฟ้า (บาท) เพื่อเข้าสู่ฟังก์ชันการคำนวณภายใน Arithmetic ION Module เมื่อคำนวณเรียบร้อยแล้วจะส่งค่าออกไปยัง Data Rec ION Module เพื่อทำการจัดเก็บข้อมูล และจะทำการส่งออกข้อมูลโดยใช้ Periodic Tmr ION Module ในการกำหนดเวลาที่จะทำการส่งออกข้อมูล

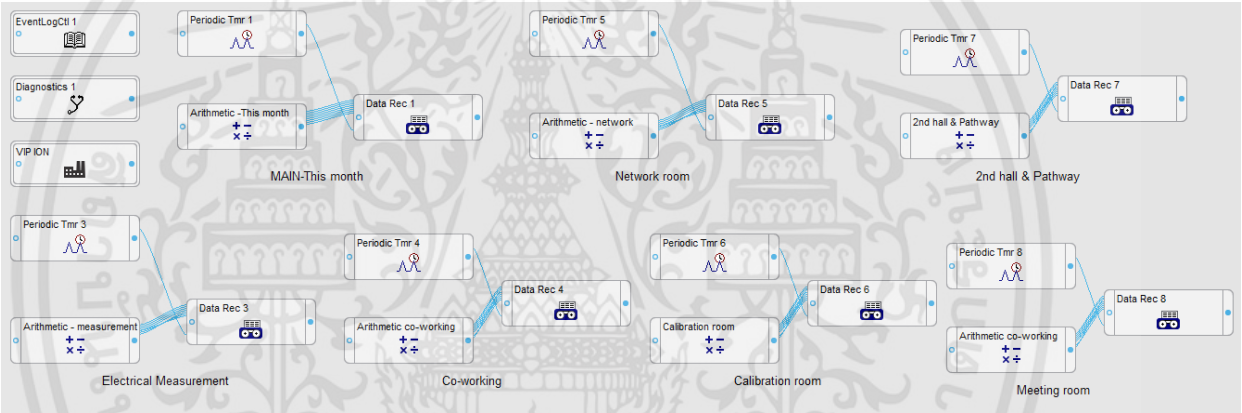


รูปที่ 3.34 การดึงข้อมูลจาการเก็บค่าพารามิเตอร์จากส่วน Management Console

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.35 การใช้เชื่อมต่อระหว่าง 3 โมดูล
ในการหาจำนวนพลังงานไฟฟ้า (kWh) และเงินราคาค่าไฟฟ้า (บาท)



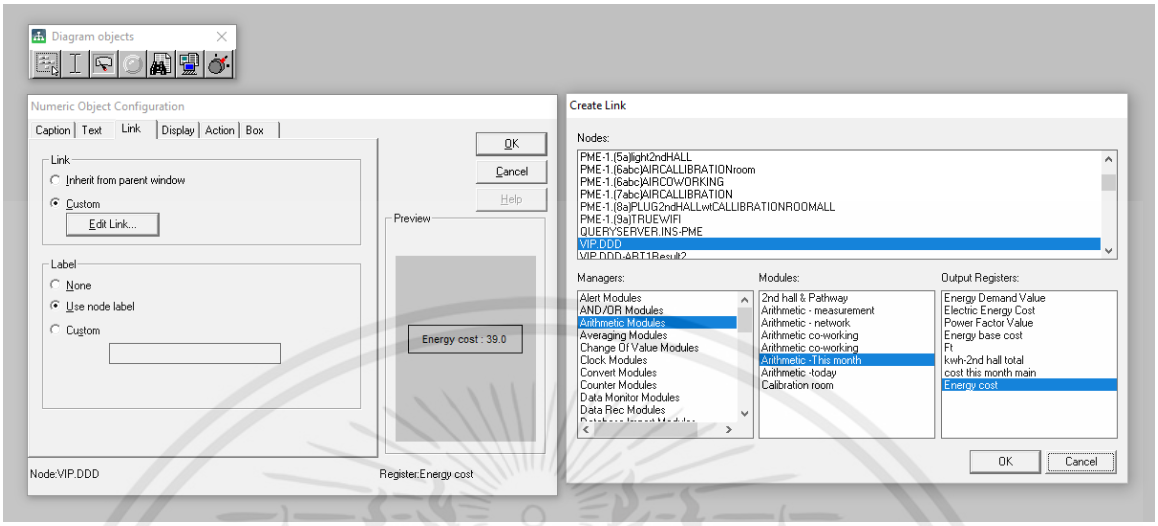
รูปที่ 3.36 การใช้โมดูลในการหาจำนวนพลังงานไฟฟ้า (kWh) และเงินราคาค่าไฟฟ้า (บาท)
ของแต่ละห้องที่ทำการเก็บข้อมูลจากตู้ไฟฟ้า

3.2.3.3 Power Monitoring Expert Software ส่วน Vista

จากการสร้างระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติภายในซอฟต์แวร์ส่วน Management Console และการคำนวณเพื่อให้ได้ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ต้องการจากส่วน Designer เรียบร้อยแล้ว จะทำการออกแบบน้าต่างแสดงผลในซอฟต์แวร์ ส่วน Vista

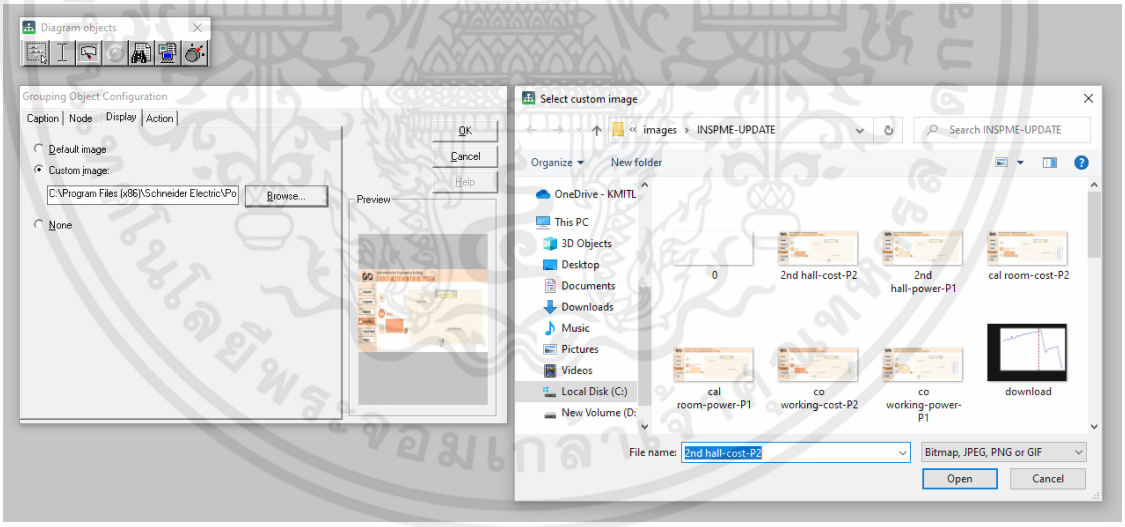
ในการแสดงค่าพารามิเตอร์ที่ต้องการบนหน้าต่างแสดงผลของ Vista จะใช้คำสั่ง Numeric Object และทำการ Configuration โดยลิงค์ไปยัง ส่วน Device ที่สร้างขึ้นในส่วน Management Console หรือลิงค์ไปยังค่าที่คำนวณได้จากฟังก์ชัน Arithmetic ION Module ที่สร้างขึ้นในส่วน Designer และเลือกค่าที่ต้องการเพื่อมาแสดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.37 การใช้คำสั่ง Numeric Object ในการลิงค์ไปยังค่าที่ต้องการแสดง

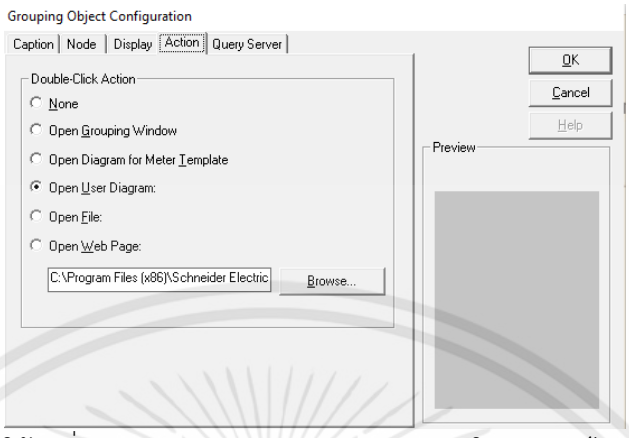
ในการเพิ่มรูปภาพ, ไอคอนต่าง ๆ และจัดกลุ่มของแต่ละไดอะแกรม จะใช้คำสั่ง Grouping Object ในการเลือกรูปภาพ, ไอคอนและไดอะแกรม ที่ต้องการให้แสดงในหน้าต่างแสดงผล



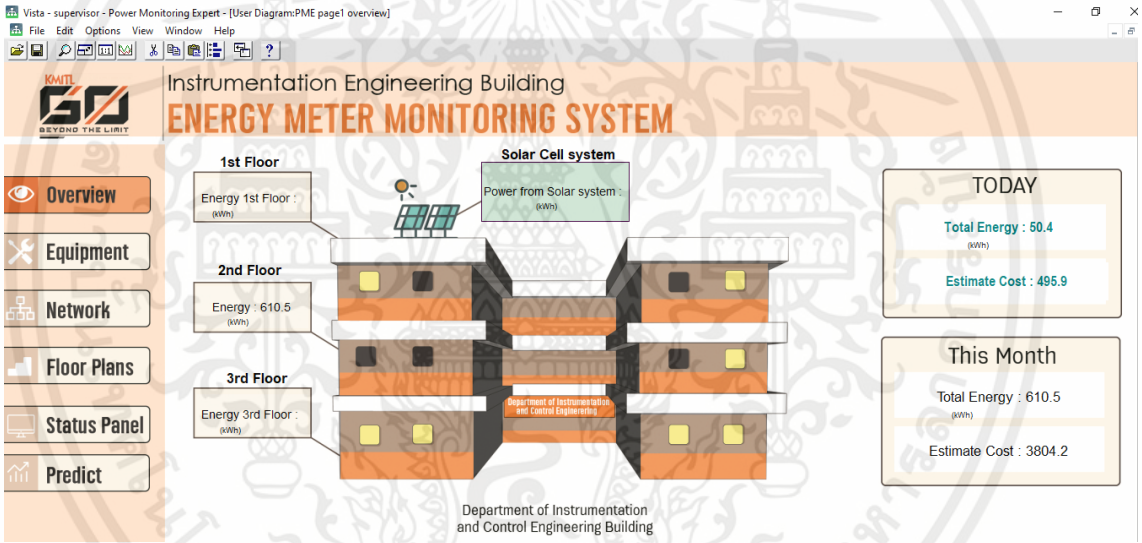
รูปที่ 3.38 การใช้คำสั่ง Numeric Object ในการลิงค์ไปยังค่าที่ต้องการแสดง

เมื่อเพิ่มรูปภาพและค่าพารามิเตอร์ที่ต้องการแสดงเรียบร้อยแล้ว ทำการบันทึกเป็นไฟล์ชนิด diagram(.dgm) เพื่อจะสามารถลิงค์หน้าต่างไดอะแกรมระหว่างหน้ากันได้ โดยใช้คำสั่ง Action และเลือกให้เปิดไดอะแกรมที่บันทึกไว้แล้วที่คำสั่ง Open User Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



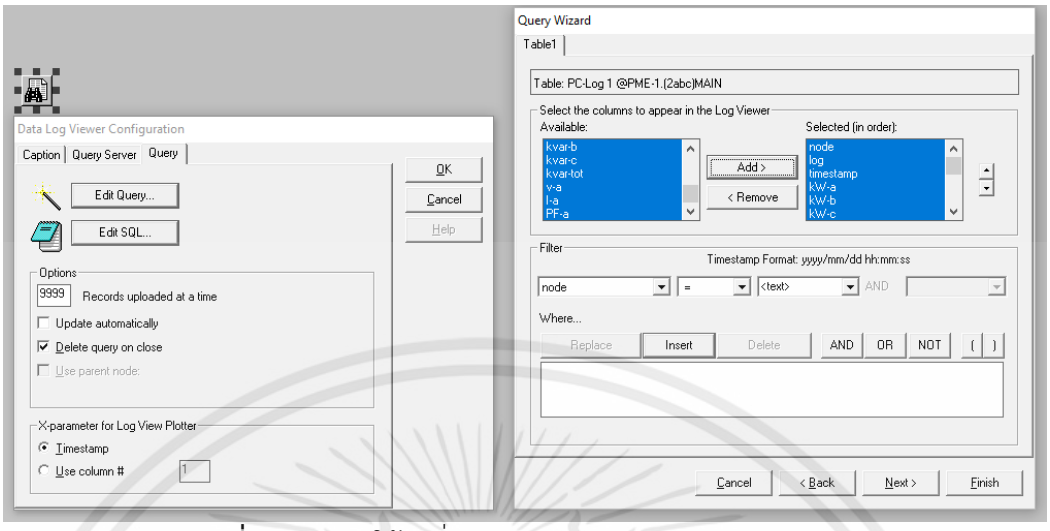
รูปที่ 3.39 การใช้คำสั่ง Action > Open User Diagram ในการลิงค์ไปยังไดอะแกรมอื่น



รูปที่ 3.40 ตัวอย่างหน้าต่างสกาดาในซอฟต์แวร์ส่วน Vista หน้า Overview

ในการแสดงค่าผ่าน Vista นอกจากแสดงค่าแบบเรียลไทม์ผ่าน Numeric Object แล้ว ยังสามารถแสดงทุกค่าที่มีการ Logging ได้ ผ่านคำสั่ง Data Log Viewer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.41 การใช้คำสั่ง Configuration Data Log Viewer

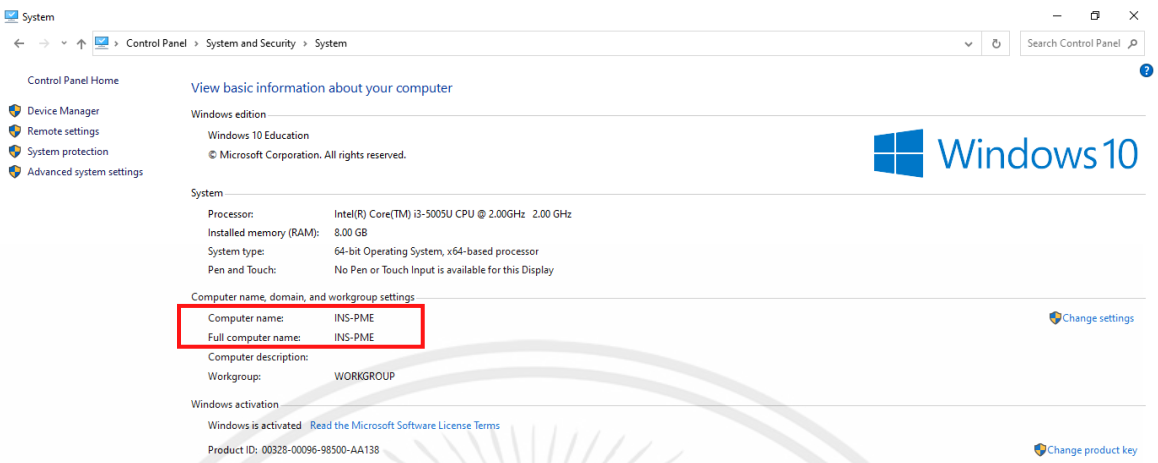
	Node	Log	Timestamp	kW-a	kW-b	kW-c	kW-tot	kWh-a	kWh-b	kWh-c	kWh-tot	kvar-a	kvar-b	kvar-c	kvar-tot	v-a	I-a
1	PME-1.(2abc)MAIN	PC-Log 1	25-03-2021 08:15:00.000	0.765	0	0	0.765	10,772.82	138,254.734	129,008.594	278,036.156	-0.493	0	0	0.493	232.33	3.936
2	PME-1.(2abc)MAIN	PC-Log 1	26-03-2021 05:00:00.000	0.764	0	0	0.764	10,897.333	138,254.734	129,008.594	278,160.656	-0.488	0	0	0.488	231.746	3.935
3	PME-1.(2abc)MAIN	PC-Log 1	26-03-2021 12:30:00.000	10.333	0	0	10.333	10,935.06	138,254.734	129,008.594	278,198.375	5.589	0	0	5.589	224.094	52.678
4	PME-1.(2abc)MAIN	PC-Log 1	26-03-2021 16:45:00.000	0.763	0	0	0.763	10,974.58	138,254.734	129,008.594	278,237.906	-0.497	0	0	0.497	232.806	3.959
5	PME-1.(2abc)MAIN	PC-Log 1	05-04-2021 21:00:00.000	2.09	0	0	2.09	11,831.327	138,254.734	129,008.594	279,094.656	-0.823	0	0	0.823	230.83	9.784
6	PME-1.(2abc)MAIN	PC-Log 1	07-04-2021 15:30:00.000	0.759	0	0	0.759	11,913.359	138,254.734	129,008.594	279,176.688	-0.49	0	0	0.49	230.702	3.944
7	PME-1.(2abc)MAIN	PC-Log 1	24-03-2021 12:45:00.000	-30.647	0	0	-30.647	28,414	943	-1,972	-17,566	23,931	0	0	23,931		
8	PME-1.(2abc)MAIN	PC-Log 1	25-03-2021 10:00:00.000	14.996	0	0	14.996	10,786.204	138,254.734	129,008.594	278,049.531	10.013	0	0	10.013	227.921	79.748
9	PME-1.(2abc)MAIN	PC-Log 1	28-03-2021 00:15:00.000	2.365	0	0	2.365	11,022.696	138,254.734	129,008.594	278,286	-0.92	0	0	0.92	230.016	11.089
10	PME-1.(2abc)MAIN	PC-Log 1	06-04-2021 06:30:00.000	0.763	0	0	0.763	11,848.225	138,254.734	129,008.594	279,111.563	-0.492	0	0	0.492	235.436	3.884
11	PME-1.(2abc)MAIN	PC-Log 1	07-04-2021 00:00:00.000	2.087	0	0	2.087	11,867.659	138,254.734	129,008.594	279,131	-0.818	0	0	0.818	231.845	9.735
12	PME-1.(2abc)MAIN	PC-Log 1	29-03-2021 15:00:00.000	19.054	0	0	19.054	11,141.766	138,254.734	129,008.594	278,405.094	12.098	0	0	12.098	226.143	100.142
13	PME-1.(2abc)MAIN	PC-Log 1	04-04-2021 22:00:00.000	2.239	0	0	2.239	11,734.264	138,254.734	129,008.594	278,997.594	-0.881	0	0	0.881	231.874	10.432
14	PME-1.(2abc)MAIN	PC-Log 1	06-04-2021 17:15:00.000	0.763	0	0	0.763	11,856.39	138,254.734	129,008.594	279,119.719	-0.492	0	0	0.492	232.41	3.935
15	PME-1.(2abc)MAIN	PC-Log 1	30-03-2021 02:15:00.000	1.238	0	0	1.238	11,165.46	138,254.734	129,008.594	278,428.781	-0.579	0	0	0.579	232.134	5.931
16	PME-1.(2abc)MAIN	PC-Log 1	06-04-2021 14:00:00.000	0.762	0	0	0.762	11,853.928	138,254.734	129,008.594	279,117.25	-0.486	0	0	0.486	233.721	3.896
17	PME-1.(2abc)MAIN	PC-Log 1	19-05-2021 08:45:00.000	-0.038	0	0	0	12,032.88	138,254.734	129,008.594	279,296.219	0.026	0	0	0.026	231.619	0.2
18	PME-1.(2abc)MAIN	PC-Log 1	22-03-2021 18:45:00.000	-23.784	0	0	-23.784	-8,268	943	-1,972	-22,808	11,677	0	0	11,677		
19	PME-1.(2abc)MAIN	PC-Log 1	28-03-2021 11:00:00.000														
20	PME-1.(2abc)MAIN	PC-Log 1	06-04-2021 10:30:00.000	0.762	0	0	0.762	11,851.262	138,254.734	129,008.594	279,114.594	-0.489	0	0	0.489	232.04	3.916
21	PME-1.(2abc)MAIN	PC-Log 1	30-03-2021 17:30:00.000														
22	PME-1.(2abc)MAIN	PC-Log 1	15-05-2021 23:30:00.000														
23	PME-1.(2abc)MAIN	PC-Log 1	24-03-2021 15:30:00.000	857	0	0	857	-12,516	943	-1,972	-16,797	-8,970	0	0	-8,970		
24	PME-1.(2abc)MAIN	PC-Log 1	25-03-2021 11:30:00.000	19.695	0	0	19.695	10,808.572	138,254.734	129,008.594	278,071.906	9.616	0	0	9.616	229.619	96.065
25	PME-1.(2abc)MAIN	PC-Log 1	01-04-2021 04:30:00.000	0.768	0	0	0.768	11,433.731	138,254.734	129,008.594	278,697.063	-0.488	0	0	0.488	233.328	3.925
26	PME-1.(2abc)MAIN	PC-Log 1	04-04-2021 18:00:00.000	0.757	0	0	0.757	11,727.291	138,254.734	129,008.594	278,990.625	-0.491	0	0	0.491	231.709	3.913
27	PME-1.(2abc)MAIN	PC-Log 1	08-04-2021 17:15:00.000	3.952	0	0	3.952	12,030.338	138,254.734	129,008.594	279,293.656	2.311	0	0	2.311	233.305	19.727
28	PME-1.(2abc)MAIN	PC-Log 1	14-05-2021 17:00:00.000														
29	PME-1.(2abc)MAIN	PC-Log 1	30-03-2021 15:45:00.000	10.436	0	0	10.436	11,253.233	138,254.734	129,008.594	278,516.563	6.403	0	0	6.403	230.291	53.385
30	PME-1.(2abc)MAIN	PC-Log 1	03-04-2021 22:30:00.000	2.25	0	0	2.25	11,703.922	138,254.734	129,008.594	278,967.25	-0.883	0	0	0.883	231.995	10.471
31	PME-1.(2abc)MAIN	PC-Log 1	14-05-2021 18:30:00.000														

รูปที่ 3.42 การใช้คำสั่ง Data Log Viewer ในการดูข้อมูลทุกค่าที่เก็บบันทึก

3.2.3.4 Power Monitoring Expert Software ส่วน Web Applicants

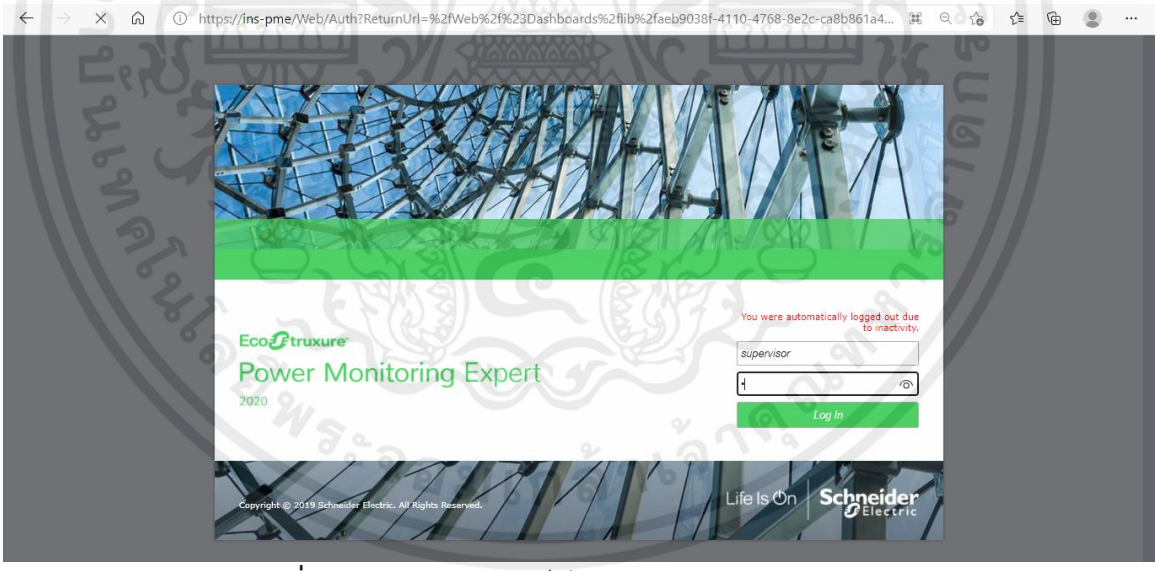
ทำการตั้งชื่อเว็บเพื่อใช้เป็นลิงค์ในการเข้าเว็บไซต์โดยการเปลี่ยนชื่อที่ System and Security ของ Computer Server โดยเปลี่ยนทั้งที่ Computer name และ Full Computer name

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.43 การเปลี่ยนชื่อของคอมพิวเตอร์หลัก

ทำการเปิดบราวเซอร์เพื่อทำการเข้าเว็บไซต์ในการแสดงหน้าต่างสกาดา สำหรับระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติภายในตึกภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม โดยเข้าที่ https://ins-pme/Web/ และทำการล็อกอินด้วยชื่อผู้ใช้งานและรหัสผ่านที่ตั้งค่าเดียวกับตอนติดตั้งโปรแกรม



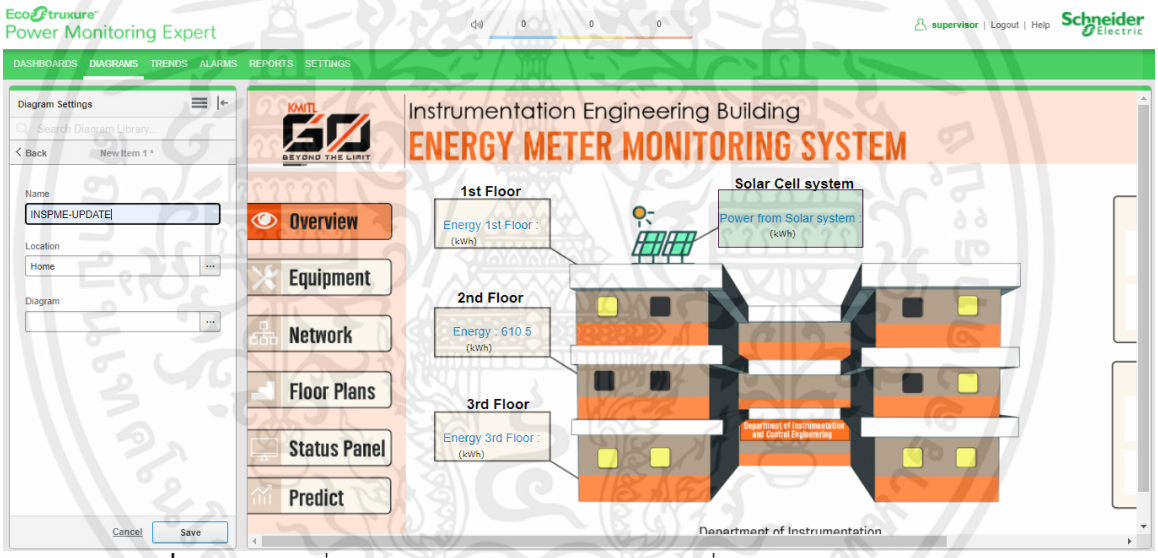
รูปที่ 3.44 หน้าแรกของเว็บไซต์ https://ins-pme/Web/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของเว็บแอปพลิเคชันจะแบ่งการแสดงหน้าต่างแสดงผลเป็น 2 แบบ คือ

- ส่วน Diagrams: การแสดงหน้าต่าง SCADA ที่อยู่ในรูป diagram จากซอฟต์แวร์ส่วน Vista
- ส่วน Dashboards: เพื่อแสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าในรูปของกราฟแบบเรียลไทม์

1) ส่วน Diagrams คือ การแสดงหน้าต่างสกาดาที่อยู่ในรูป diagram(.dgm) จากซอฟต์แวร์ส่วน Vista จะเชื่อมต่อกันด้วยการใช้คำสั่ง DIAGRAMS > Add Diagram > ตั้ง Network > เลือกไฟล์ (.dgm) ถูกสร้างเอาไว้ในส่วน Vista

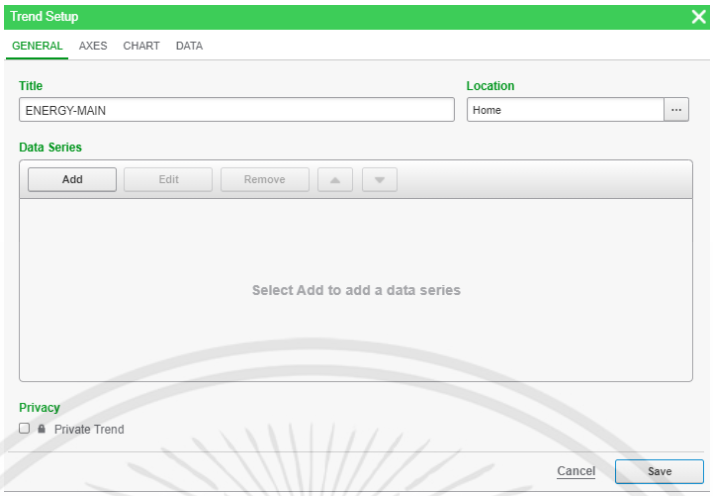


รูปที่ 3.45 การเชื่อมต่อหน้าต่างสกาดาจาก Vista เพื่อแสดงใน Web Applicants

2) ส่วน Dashboards แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าในรูปของกราฟแบบเรียลไทม์

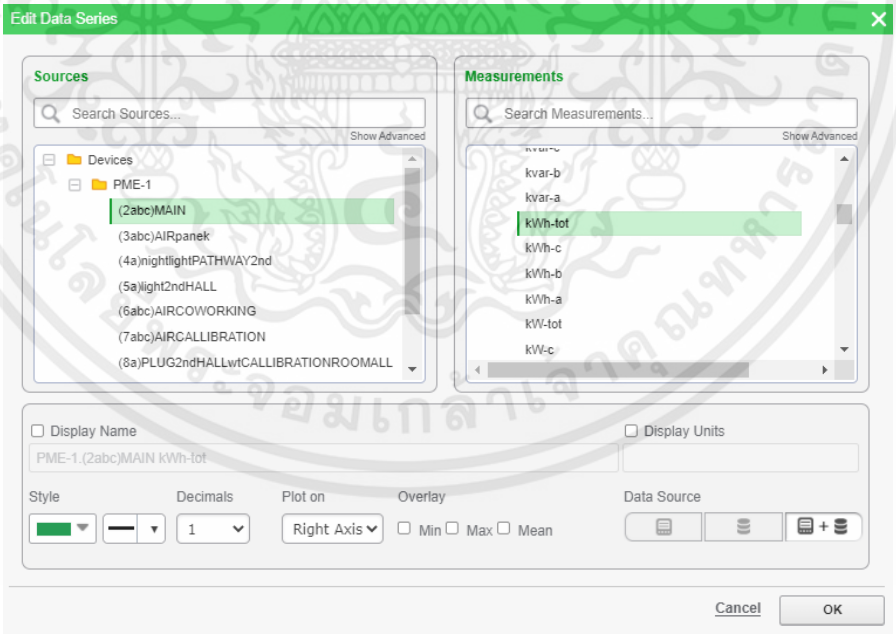
สร้างกราฟผ่านฟังก์ชัน Trend โดยเลือก Add Trend และตั้งชื่อเป็น ENERGY-MAIN สำหรับการสร้างกราฟของจำนวนพลังงานไฟฟ้า (kWh) ของการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในตึกภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม ชั้นที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



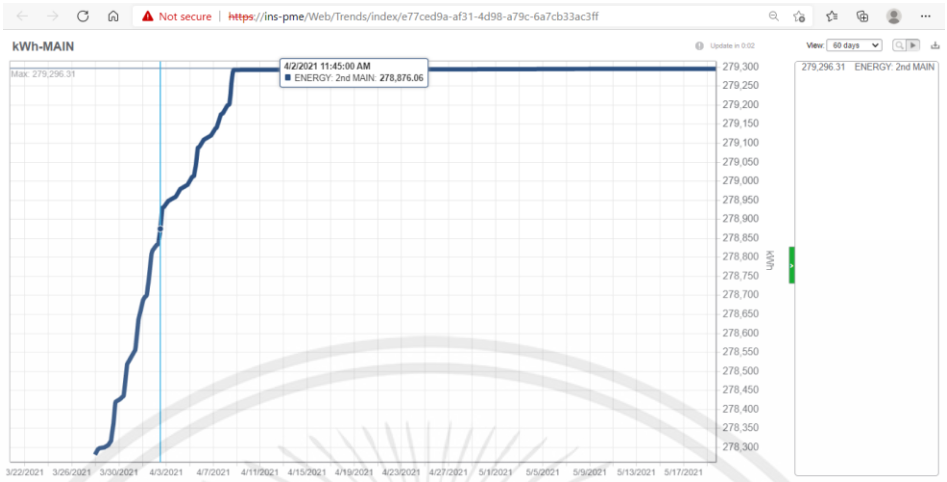
รูปที่ 3.46 การสร้างกราฟ ผ่านคำสั่ง Trend โดยใช้ชื่อ ENERGY-MAIN

ทำการเลือกพารามิเตอร์ที่ต้องการนำมาสร้างกราฟ ซึ่งในการสร้างกราฟของจำนวนพลังงานไฟฟ้า (kWh) จะเลือกค่า kWh-tot เนื่องจากเป็นไฟฟ้า 3 เฟส แต่ถ้าอุปกรณ์ที่เป็นไฟฟ้า 1 เฟส จะเลือกค่า kWh-a เพื่อใช้ในการพล็อตกราฟ โดยจะเลือกการแสดงกราฟแบบเรียลไทม์ และเก็บประวัติการใช้พลังงานด้วย

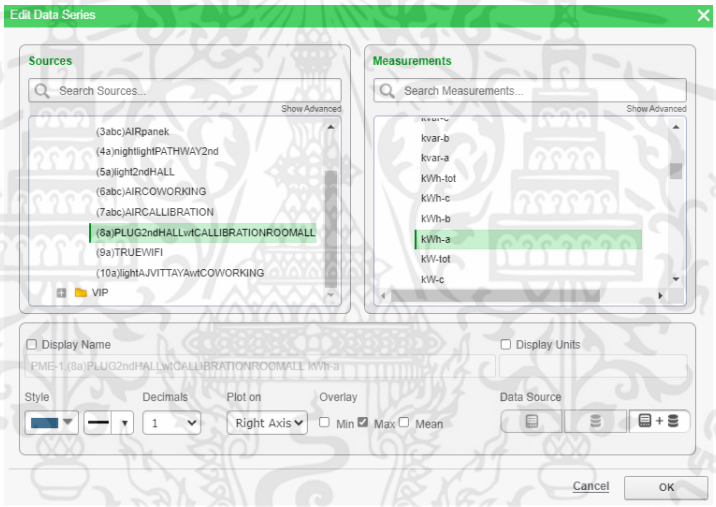


รูปที่ 3.47 การเลือกค่า kWh-tot ในการพล็อตกราฟ สำหรับไฟฟ้า 3 เฟส

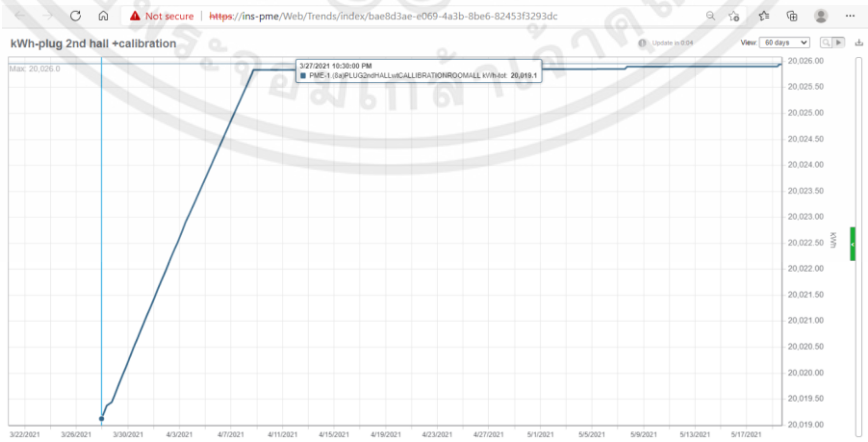
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.48 กราฟที่ได้จากการพล็อต kWh-tot แบบเรียลไทม์



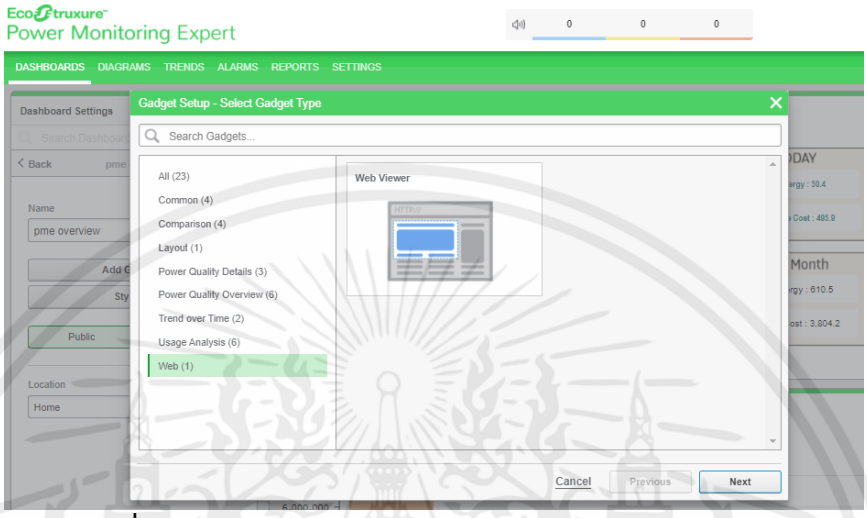
รูปที่ 3.49 การเลือกค่า kWh-a ในการพล็อตกราฟ สำหรับไฟฟ้า 1 เฟส



รูปที่ 3.50 กราฟที่ได้จากการพล็อต kWh-a แบบเรียลไทม์

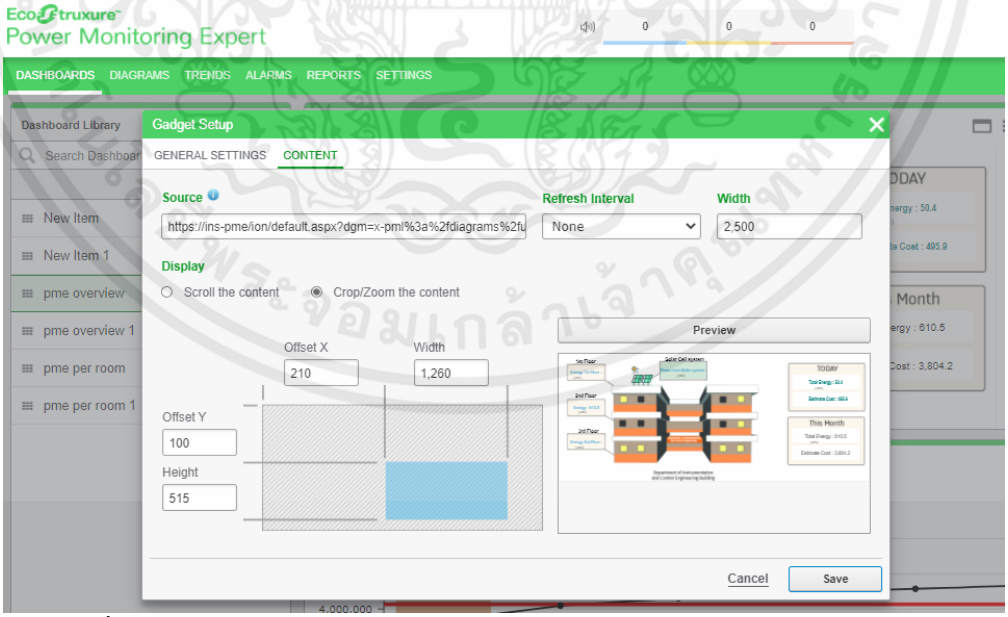
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อได้กราฟจากฟังก์ชัน Trend เรียบร้อยแล้ว จะไปในส่วนของ Dashboards เพื่อทำการดึงข้อมูลกราฟผ่าน Gadget โดยใช้ฟังก์ชัน Web Viewer



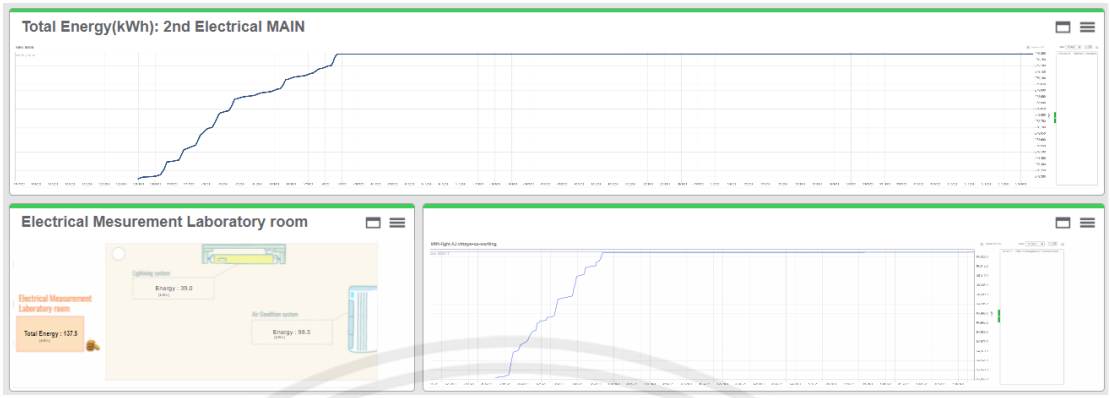
รูปที่ 3.51 กราฟดึงข้อมูลของกราฟผ่านฟังก์ชัน Web Viewer

ในการดึงกราฟให้เข้ามาแสดงผลผ่านหน้าต่าง Dashboards จะใช้ลิงค์เว็บไซต์ของกราฟที่สร้างจาก Trend มาใส่ใน Source ของ Web Viewer



รูปที่ 3.52 กราฟดึงกราฟเข้ามาแสดงในหน้าต่าง Dashboards ผ่านลิงค์เว็บไซต์

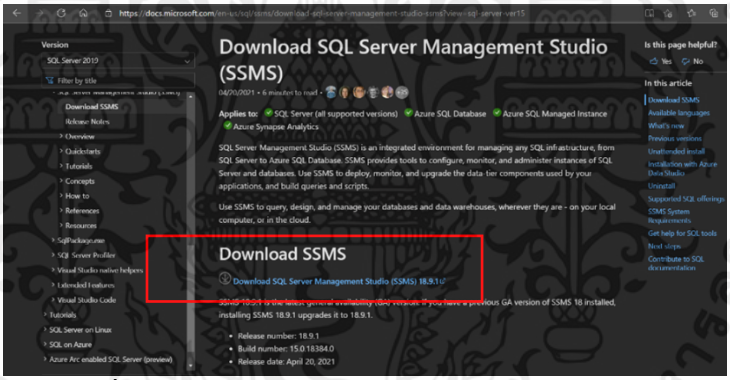
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



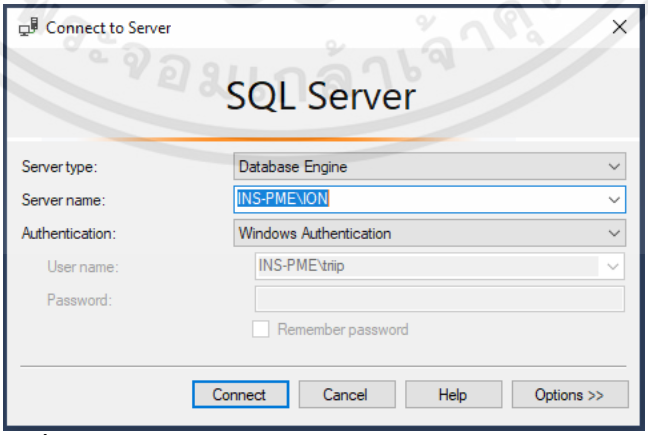
รูปที่ 3.53 การแสดงกราฟผ่านหน้าต่าง Dashboards

3.2.4 การเก็บบันทึกค่าผ่านโปรแกรม Microsoft SQL Server Management Studio 18

ทำการดาวน์โหลดไฟล์ Install SQL Management Studio และติดตั้ง SQL Server ลงในคอมพิวเตอร์หลัก

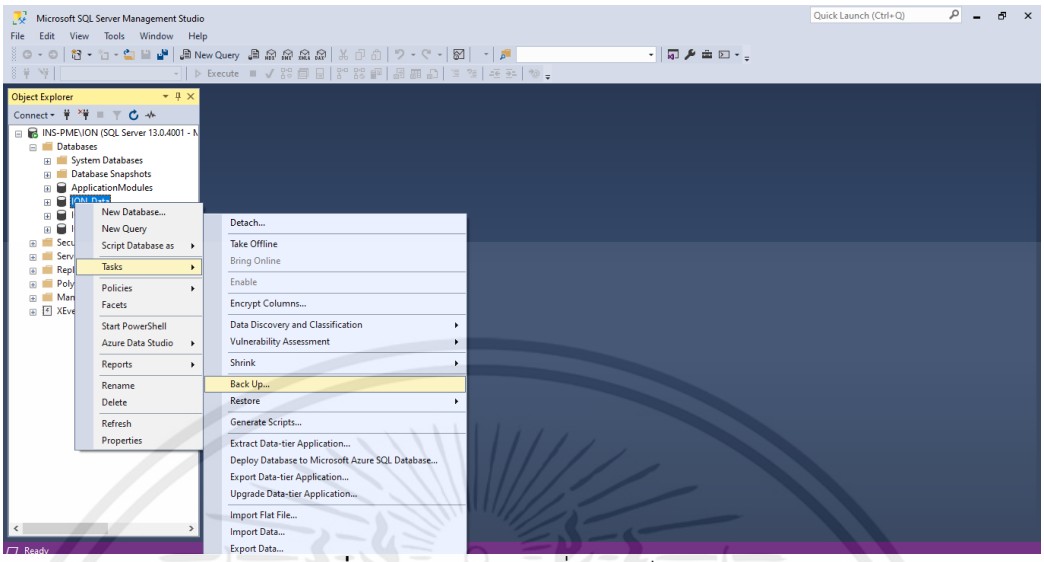


รูปที่ 3.54 ไฟล์ Install SQL Management Studio

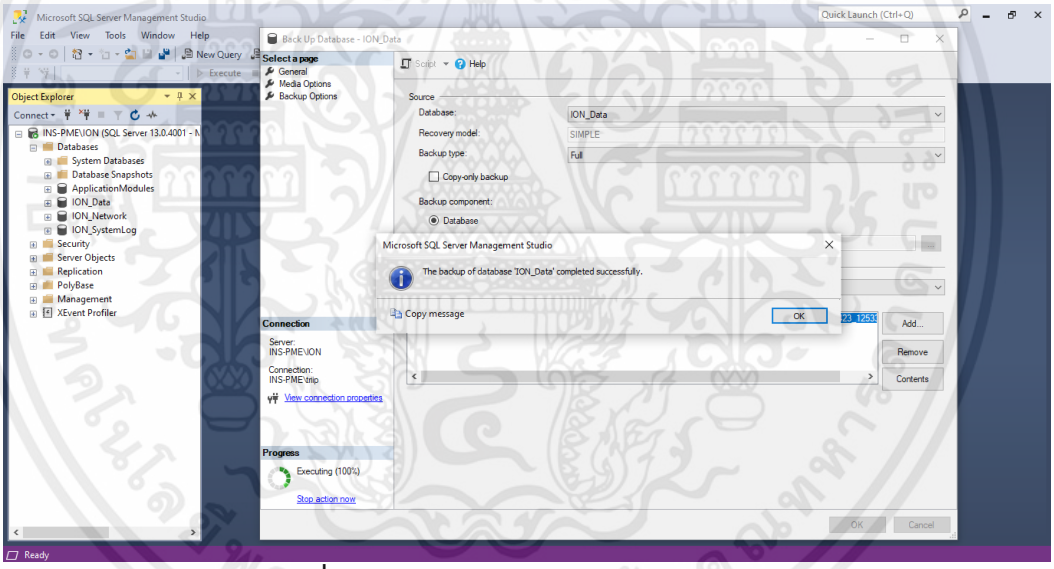


รูปที่ 3.55 การเข้า SQL Server ผ่าน Server Name ION

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

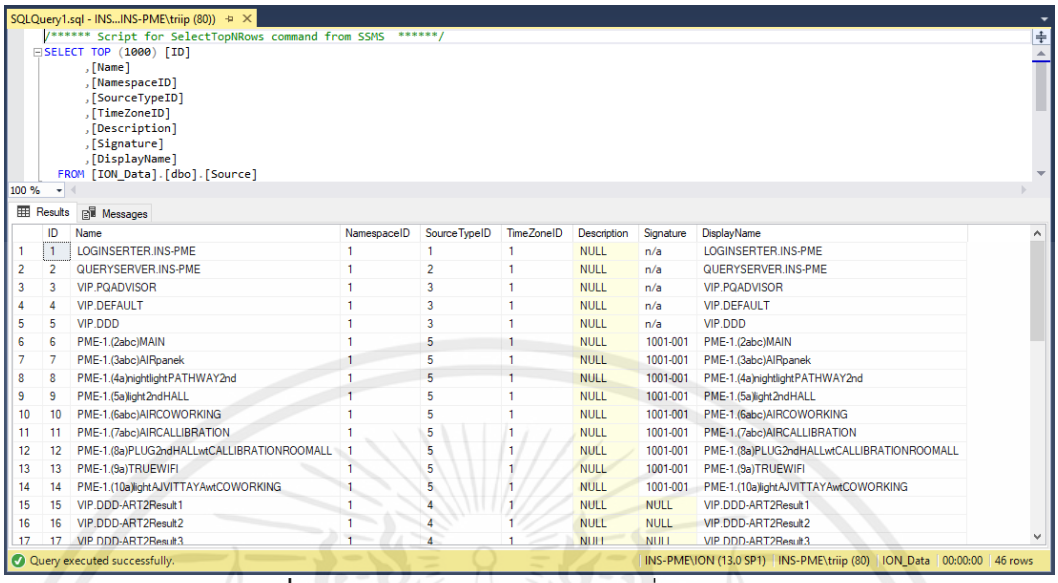


รูปที่ 3.56 การสำรองที่มีการเก็บบันทึก



รูปที่ 3.57 การสำรองข้อมูลลงไว้ใน Drive D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



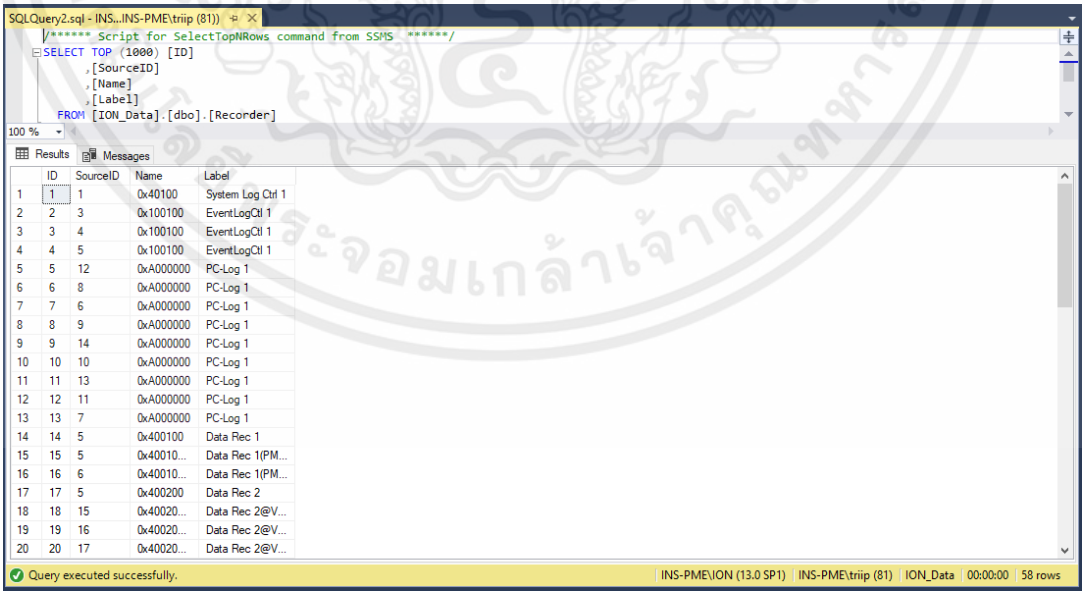
```
/****** Script for SelectTopNRows command from SSMS  ******/
SELECT TOP (1000) [ID]
      ,[Name]
      ,[NamespaceID]
      ,[SourceTypeID]
      ,[TimeZoneID]
      ,[Description]
      ,[Signature]
      ,[DisplayName]
  FROM [ION_Data].[dbo].[Source]
```

	ID	Name	NamespaceID	SourceTypeID	TimeZoneID	Description	Signature	DisplayName
1	1	LOGINSERTER.INS-PME	1	1	1	NULL	n/a	LOGINSERTER.INS-PME
2	2	QUERYSERVER.INS-PME	1	2	1	NULL	n/a	QUERYSERVER.INS-PME
3	3	VIP.PQADVISOR	1	3	1	NULL	n/a	VIP.PQADVISOR
4	4	VIP.DEFAULT	1	3	1	NULL	n/a	VIP.DEFAULT
5	5	VIP.DDD	1	3	1	NULL	n/a	VIP.DDD
6	6	PME-1.(2abc)MAIN	1	5	1	NULL	1001-001	PME-1.(2abc)MAIN
7	7	PME-1.(3abc)AIRpanek	1	5	1	NULL	1001-001	PME-1.(3abc)AIRpanek
8	8	PME-1.(4a)nightlightPATHWAY2nd	1	5	1	NULL	1001-001	PME-1.(4a)nightlightPATHWAY2nd
9	9	PME-1.(5a)light2ndHALL	1	5	1	NULL	1001-001	PME-1.(5a)light2ndHALL
10	10	PME-1.(6abc)AIRCOWORKING	1	5	1	NULL	1001-001	PME-1.(6abc)AIRCOWORKING
11	11	PME-1.(7abc)AIRCALLIBRATION	1	5	1	NULL	1001-001	PME-1.(7abc)AIRCALLIBRATION
12	12	PME-1.(8a)PLUG2ndHALLwtCALLIBRATIONROOMALL	1	5	1	NULL	1001-001	PME-1.(8a)PLUG2ndHALLwtCALLIBRATIONROOMALL
13	13	PME-1.(9a)TRUEWIFI	1	5	1	NULL	1001-001	PME-1.(9a)TRUEWIFI
14	14	PME-1.(10a)lightAJVITTAYAwtCOWORKING	1	5	1	NULL	1001-001	PME-1.(10a)lightAJVITTAYAwtCOWORKING
15	15	VIP.DDD-ART2Result1	1	4	1	NULL	NULL	VIP.DDD-ART2Result1
16	16	VIP.DDD-ART2Result2	1	4	1	NULL	NULL	VIP.DDD-ART2Result2
17	17	VIP.DDD-ART2Result3	1	4	1	NULL	NULL	VIP.DDD-ART2Result3

รูปที่ 3.58 เลข ID ของพารามิเตอร์ที่กำลังบันทึกค่า

จากรูปที่ 3.52 เลข ID จะถูกใช้เป็น SourceID ในการเรียกดูค่าพารามิเตอร์ที่ต้องการ ดังนั้นถ้าต้องการเรียกดูค่าพารามิเตอร์ใด จะต้องเรียกดูจากเลข SourceID เท่านั้น

เมื่อทราบ SourceID ซึ่งเป็นชื่อที่ถูกเรียกใช้งานแล้ว ทำการเขียนโปรแกรมเพื่อตรวจสอบดูว่าฟังก์ชันการทำงานในส่วนของการบันทึกข้อมูล (Logging) ที่ได้จากดิจิตอลเพาเวอร์นั้น มีการทำงานแล้วหรือไม่ ซึ่งถ้ามีการบันทึกข้อมูลเรียบร้อยแล้วที่หน้าต่างของ SourceID จะขึ้นว่า PC-Log1



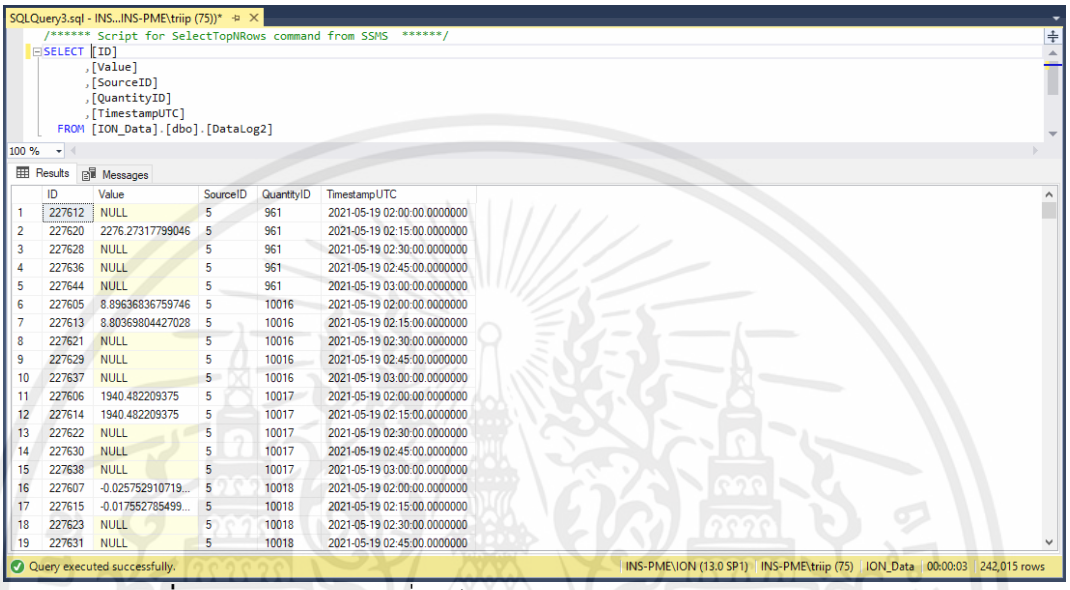
```
/****** Script for SelectTopNRows command from SSMS  ******/
SELECT TOP (1000) [ID]
      ,[SourceID]
      ,[Name]
      ,[Label]
  FROM [ION_Data].[dbo].[Recorder]
```

	ID	SourceID	Name	Label
1	1	1	0x40100	System Log Ctrl 1
2	2	3	0x100100	EventLogCtl 1
3	3	4	0x100100	EventLogCtl 1
4	4	5	0x100100	EventLogCtl 1
5	5	12	0xA000000	PC-Log 1
6	6	8	0xA000000	PC-Log 1
7	7	6	0xA000000	PC-Log 1
8	8	9	0xA000000	PC-Log 1
9	9	14	0xA000000	PC-Log 1
10	10	10	0xA000000	PC-Log 1
11	11	13	0xA000000	PC-Log 1
12	12	11	0xA000000	PC-Log 1
13	13	7	0xA000000	PC-Log 1
14	14	5	0x400100	Data Rec 1
15	15	5	0x40010...	Data Rec 1(PM...
16	16	6	0x40010...	Data Rec 1(PM...
17	17	5	0x400200	Data Rec 2
18	18	15	0x40020...	Data Rec 2@V...
19	19	16	0x40020...	Data Rec 2@V...
20	20	17	0x40020...	Data Rec 2@V...

รูปที่ 3.59 การแสดงสถานะ PC-Log 1 ของ Power Meter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในโปรแกรม Microsoft SQL Server Management Studio 18 สามารถเรียกดูค่าที่เก็บบันทึกได้จาก ION_Data ผ่าน DataLog2 table



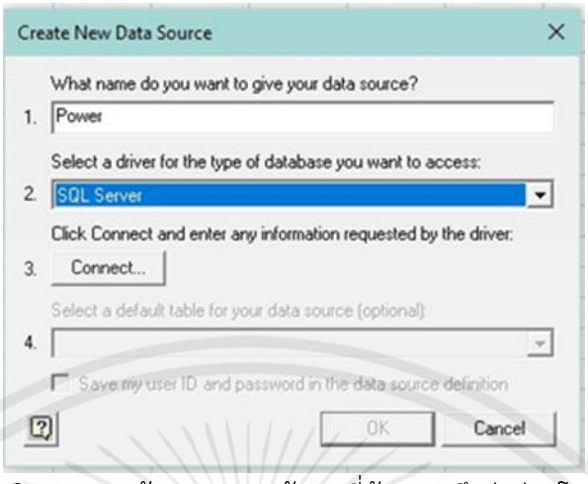
รูปที่ 3.60 การแสดงค่าที่อ่านได้จากดิจิตอลเพาเวอร์มิเตอร์ รุ่น PM-3133

3.2.5 การคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้าให้อยู่ในรูปใบเสร็จค่าไฟฟ้าประจำเดือน (Billing) ผ่านโปรแกรม Microsoft excel

ในการคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้าผ่านโปรแกรม Microsoft excel ต้องทำการเชื่อมต่อ Microsoft Excel กับ SQL Server Database โดยตรง เพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการคำนวณ โดยใช้วิธีการเลือก Data > Get Data > From Other Sources > From Microsoft Query > New Data Source แล้วเลือกชื่อและไดร์ฟเวอร์สำหรับฐานข้อมูลของชุดข้อมูล ซึ่งใช้ชื่อว่า Power และใช้ไดร์ฟเวอร์เป็น SQL Server

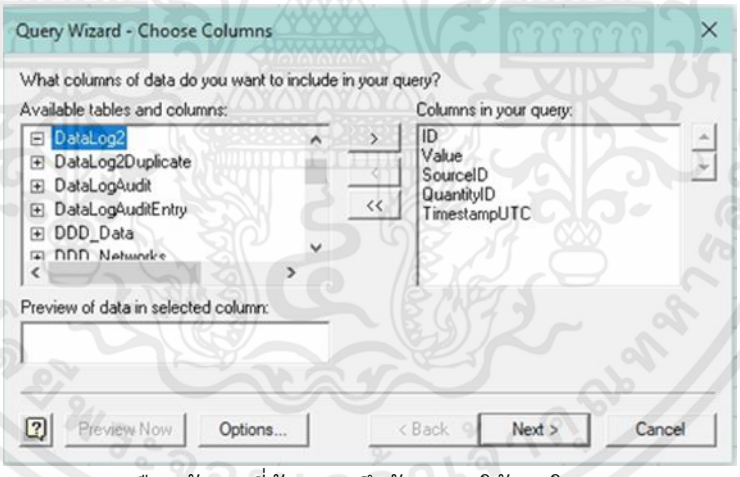
รูปที่ 3.61 การสร้างฐานข้อมูลใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.62 เลือกชื่อและชนิดของฐานข้อมูลของชุดข้อมูลที่ต้องการดึงค่าผ่านโปรแกรม Microsoft Excel

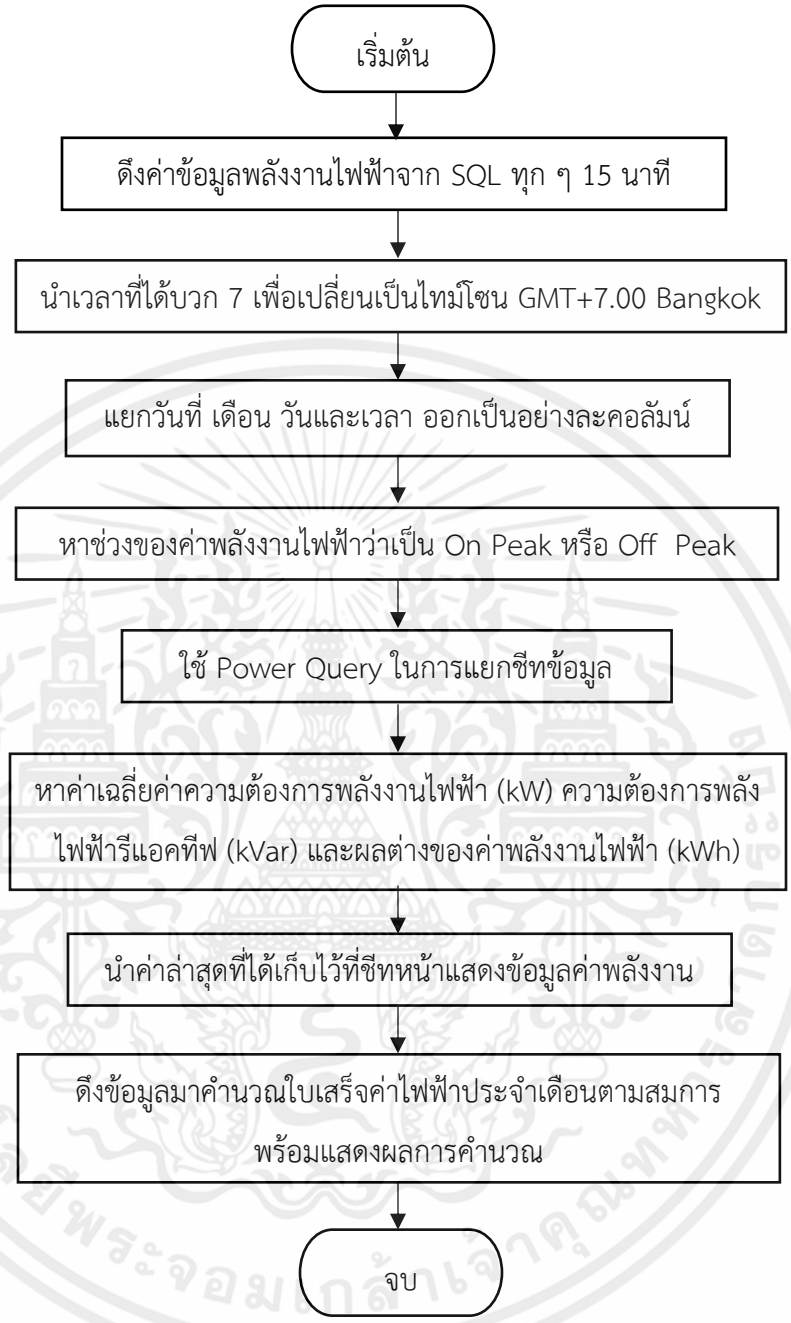
จากนั้นเข้าสู่ระบบของ SQL Server ซึ่งล็อกอินและรหัสผ่านเป็นอันเดียวกันกับที่ใช้ในโปรแกรม Microsoft SQL Server Management Studio 18 เพื่อเลือกฐานข้อมูลที่ต้องการดึงข้อมูล แล้วเลือกชนิดตารางและคอลัมน์ของตารางที่ต้องการแสดงบน Microsoft Excel



รูปที่ 3.63 การเลือกข้อมูลที่ต้องการดึงข้อมูลมาใช้งานใน Microsoft Excelในการใช้

ซึ่งการคำนวณค่าพลังงานไฟฟ้าให้อยู่ในรูปใบเสร็จค่าไฟฟ้าประจำเดือนผ่านโปรแกรม Microsoft excel โดยใช้วิธีการคำนวณค่าไฟฟ้าประเภทที่ 3.2 กิจการขนาดกลาง อัตราค่าไฟฟ้า TOU มาสร้างเป็นสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อนำไปเป็นหลักในการคำนวณของโปรแกรม โดยมีกระบวนการทำงานของโปรแกรมดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.64 กระบวนการการคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้าให้อยู่ในรูปใบเสร็จค่าไฟฟ้าประจำเดือน ผ่านโปรแกรม Microsoft excel

โดยวิธีการคำนวณค่าไฟฟ้าประเภทที่ 3.2 กิจการขนาดกลาง อัตราค่าไฟฟ้า TOU มีองค์ประกอบค่าไฟฟ้าดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่ 1 ค่าไฟฟ้าฐาน

1.1 ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า

= ค่าความต้องการไฟฟ้าช่วง On Peak x อัตราค่าพลังไฟฟ้าช่วง Peak

1.2 ค่าพลังงานไฟฟ้า

= (จำนวนหน่วยไฟฟ้าในช่วง On Peak x อัตราค่าไฟฟ้าช่วง On Peak) + (จำนวนหน่วยไฟฟ้าในช่วง Off Peak x อัตราค่าไฟฟ้าในช่วง Off Peak)

1.3 ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์

ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ คือ จำนวน KVar ที่เกินกว่าร้อยละ 61.97 ของ kW

จำนวนเงิน = (kVar - (kW x 0.6197)) x 56.07

ถ้าค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้ารีแอ็กทีฟตามหนังสือแจ้งค่าไฟเกินร้อยละ 61.97 ของค่าความต้องการพลังไฟฟ้าค่าไฟในส่วนนี้จะถูกคิด เป็นศูนย์บาท

1.4 ค่าบริการ

= 312.24 บาท/เดือน

รวมค่าไฟฟ้าฐาน

= ค่าการใช้ไฟฟ้าสูงสุด + ค่าพลังงานไฟฟ้า + ค่าปรับกรณีมีค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์เกินกำหนด+ค่าบริการ

ส่วนที่ 2 ค่าไฟฟ้าผันแปร (Ft)

ค่าไฟฟ้าผันแปร (Ft) = หน่วยการใช้ไฟฟ้า x ค่า Ft

ส่วนที่ 3 Service Charge 5%

= (รวมค่าไฟฟ้าฐาน + ค่าไฟฟ้าผันแปร (Ft)) x 0.05

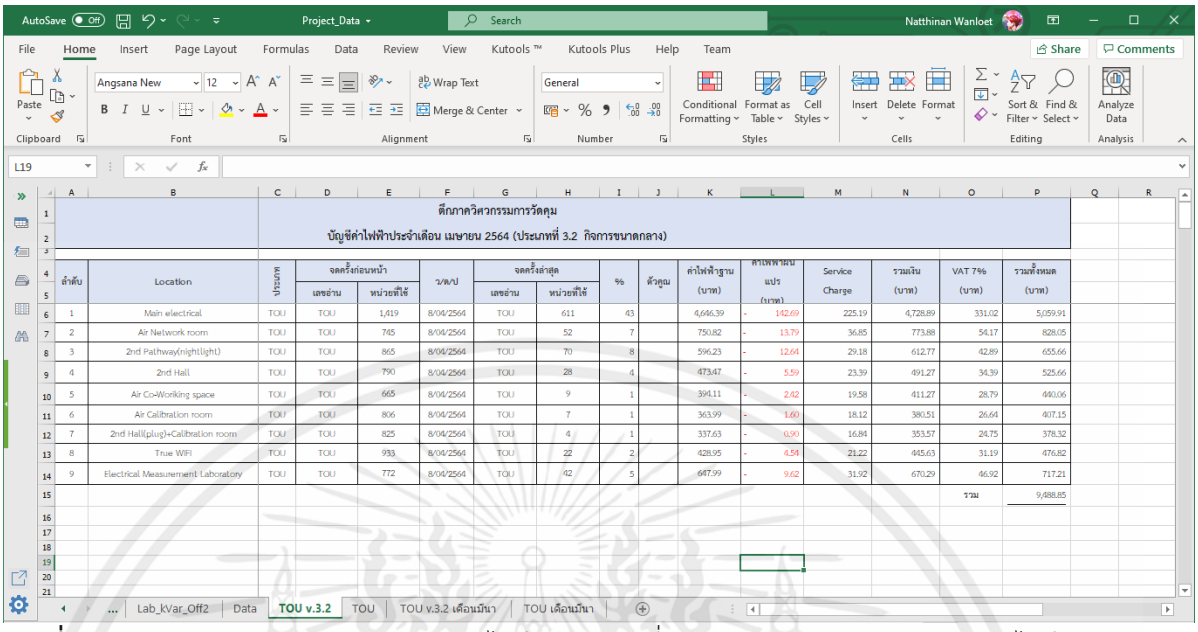
ส่วนที่ 4 ค่าภาษีมูลค่าเพิ่ม 7%

= (รวมค่าไฟฟ้าฐาน + ค่าไฟฟ้าผันแปร (Ft) + ค่า Service Charge 5%) x 7/100

รวมเงินค่าไฟฟ้า

= รวมค่าไฟฟ้าฐาน + ค่าไฟฟ้าผันแปร (Ft) + ค่า Service Charge 5% + ค่าภาษีมูลค่าเพิ่ม 7%

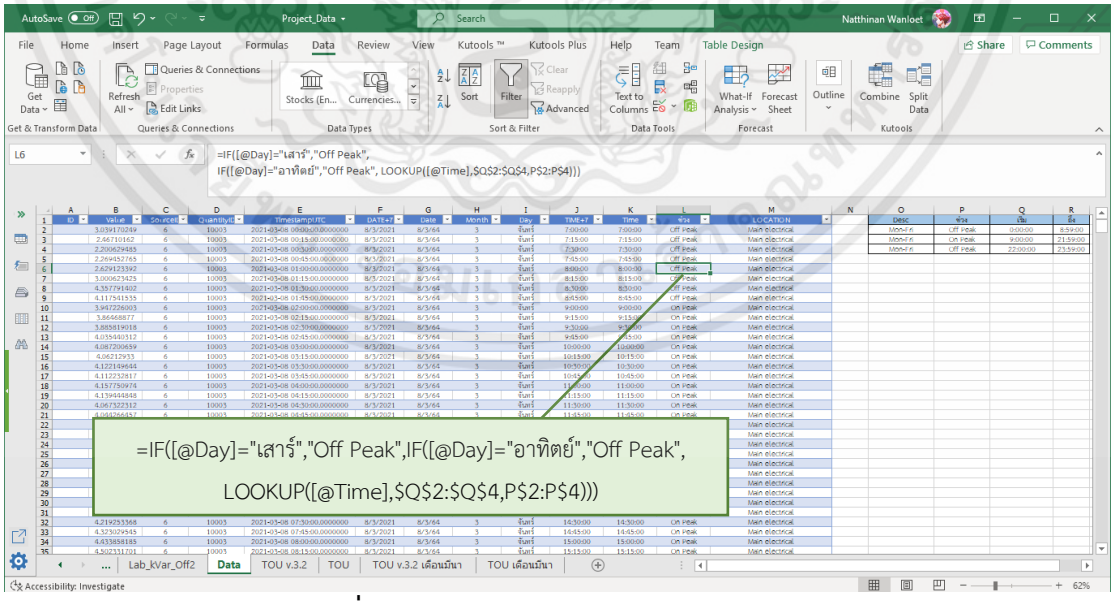
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.65 ตัวอย่างการคำนวณค่าพลังงานไฟฟ้าประเภทที่ 3.2 กิจการขนาดกลาง อัตราค่าไฟฟ้า TOU

ซึ่งในการพัฒนาโปรกรมช่วยในการคำนวณใบเสร็จค่าไฟฟ้า ได้มีการใช้ฟังก์ชันในโปรแกรม Microsoft Excel ดังต่อไปนี้

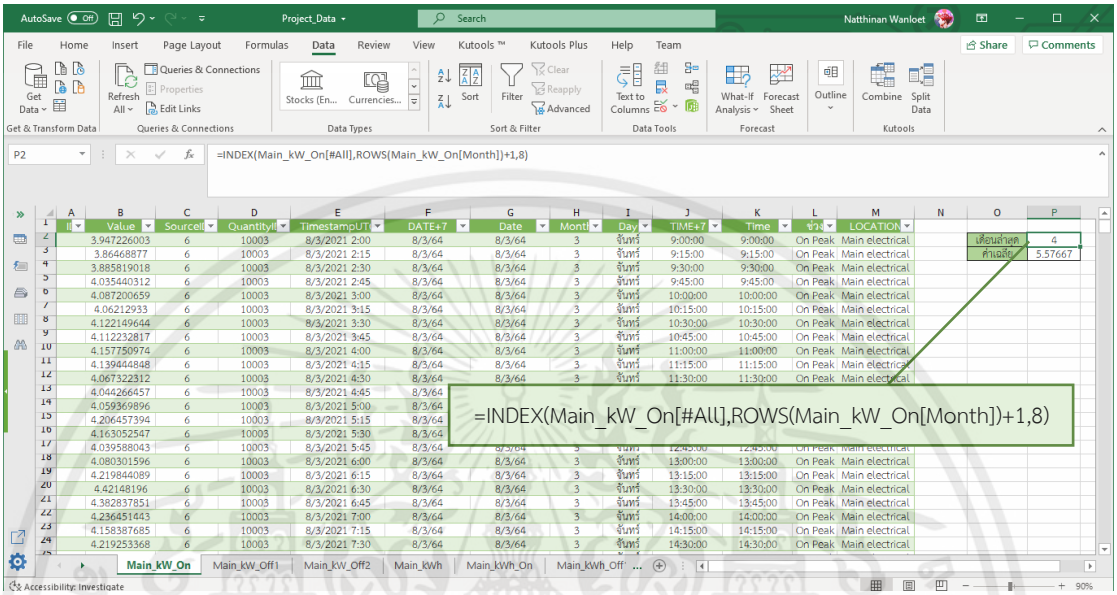
1) ฟังก์ชัน LOOKUP คือ ฟังก์ชันที่ใช้ในการหาช่วงของค่าพลังงานไฟฟ้าว่าเป็น On Peak หรือ Off Peak โดยค้นหาค่าในช่วงหนึ่งคอลัมน์หรือหนึ่งแถวและส่งคืนค่ากลับมา



รูปที่ 3.66 ตัวอย่างการใช้ฟังก์ชัน LOOKUP

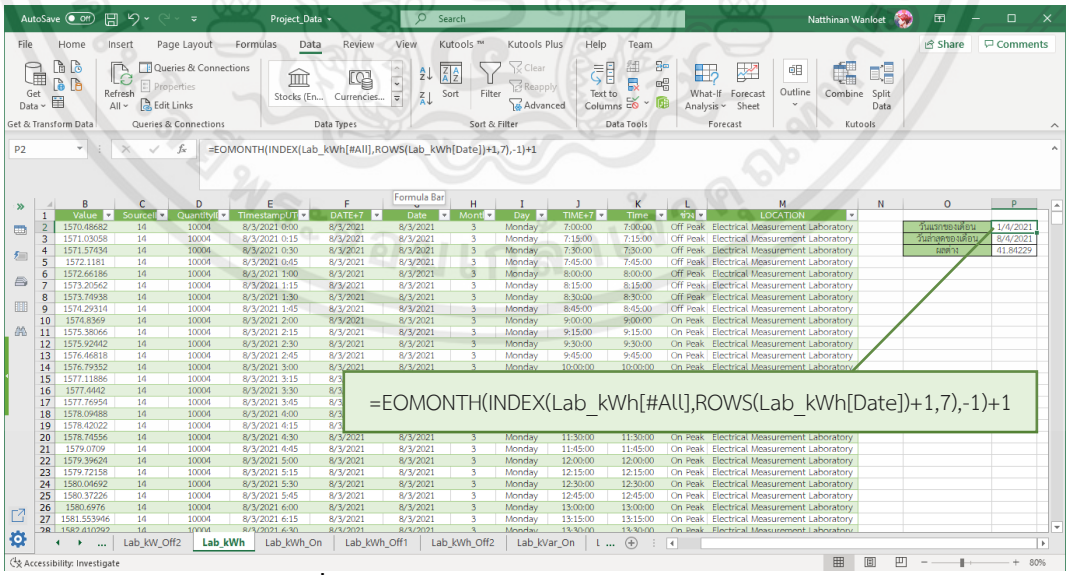
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ฟังก์ชัน INDEX คือ การดึงข้อมูลในพื้นที่ที่กำหนด โดยต้องระบุพิกัดตำแหน่ง ซึ่งนำมาหาค่าล่าสุดจากตารางหรือค่าที่ต้องการนำมาใช้



รูปที่ 3.67 ตัวอย่างการใช้ฟังก์ชัน INDEX

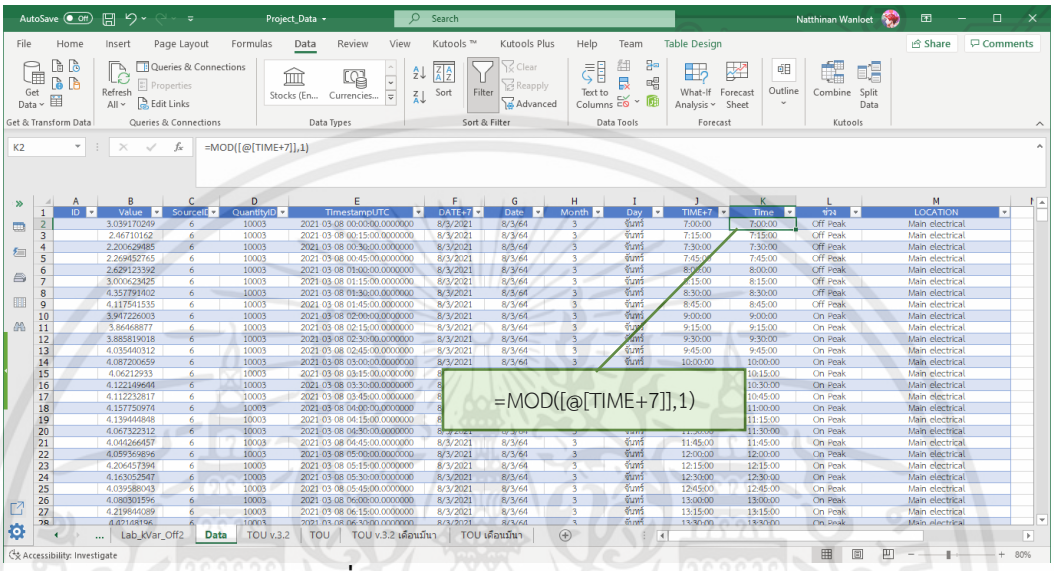
3) ฟังก์ชัน EOMONTH คือ ฟังก์ชันที่ใช้ในการหาวันสิ้นสุดหรือวันสุดท้ายของเดือน โดยสามารถกำหนดว่าเป็นเดือนก่อนหน้าหรือหลังได้



รูปที่ 3.68 ตัวอย่างการใช้ฟังก์ชัน EOMONTH

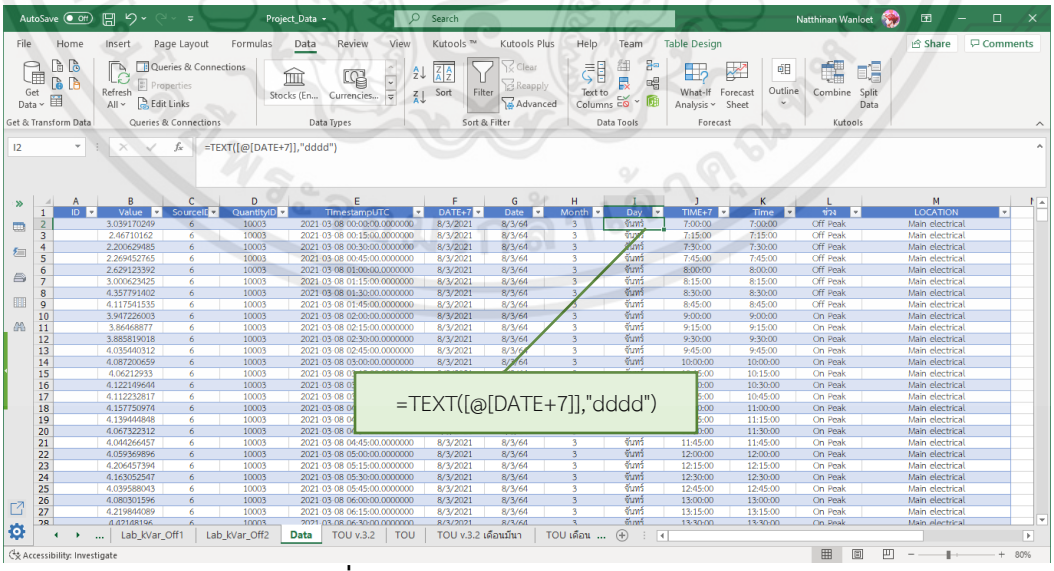
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) ฟังก์ชัน MOD คือ ฟังก์ชันที่ใช้หาเศษที่เหลือจากการหาร จะนำมาใช้ในการหารเวลาเพื่อให้ได้เลขจำนวนเต็มก่อนนำไปเทียบกับช่วง On Peak และ Off Peak ด้วยฟังก์ชัน LOOKUP



รูปที่ 3.69 ตัวอย่างการใช้ฟังก์ชัน MOD

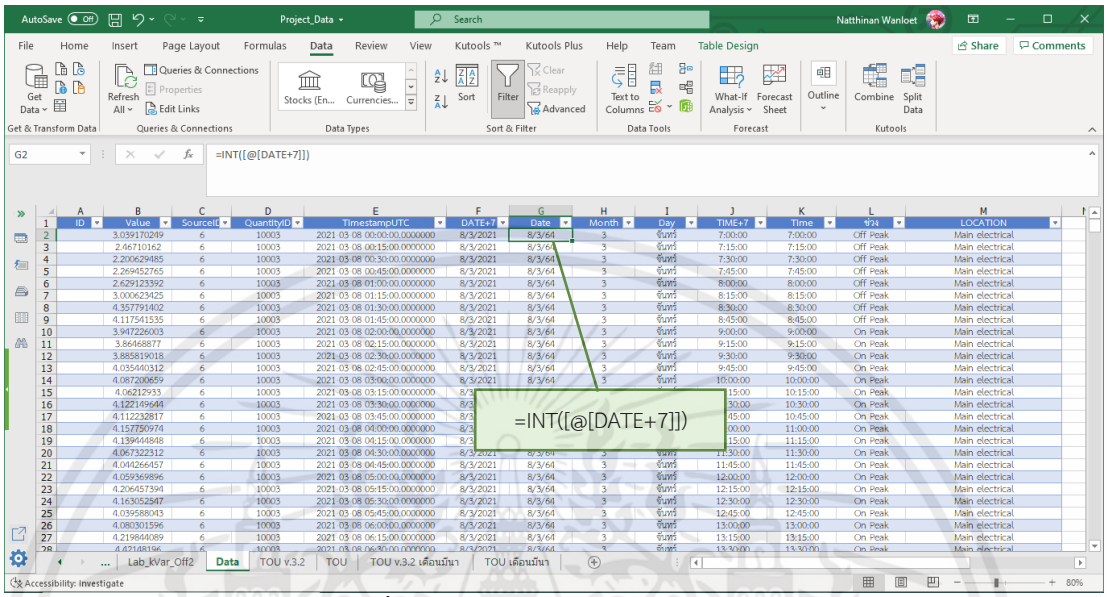
5) ฟังก์ชัน TEXT คือ การเปลี่ยน Number Format ของตัวเลข จะนำมาใช้ในการหาวันโดยแยกวันออกจากวันที่ที่ต้องการ



รูปที่ 3.70 ตัวอย่างการใช้ฟังก์ชัน TEXT

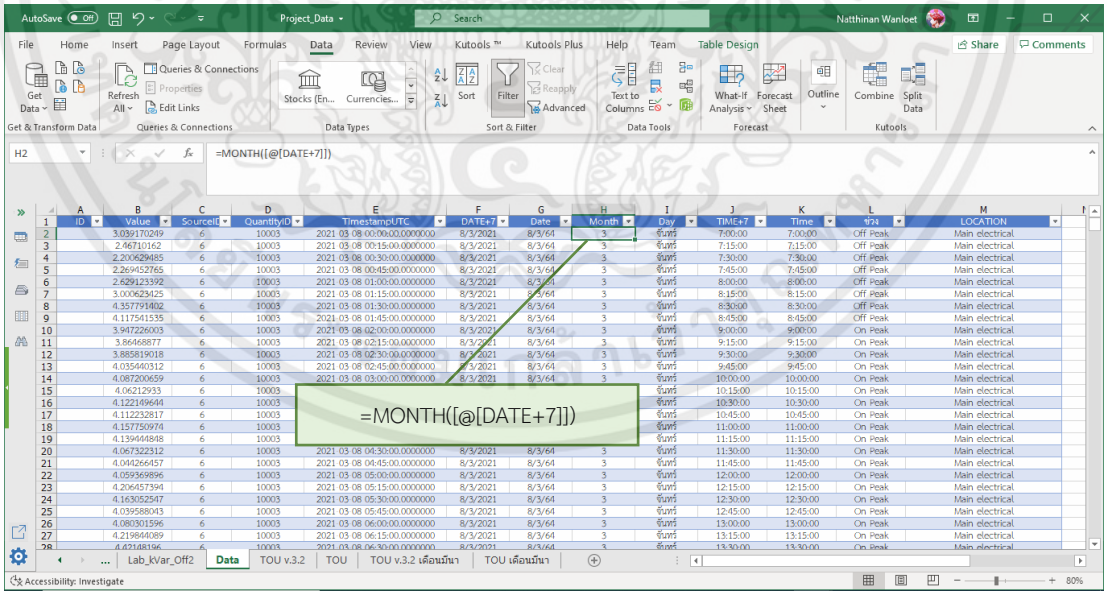
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6) ฟังก์ชัน INT คือ ฟังก์ชันที่ใช้ในการปัดเศษจำนวนลงให้เป็นจำนวนเต็ม



รูปที่ 3.71 ตัวอย่างการใช้ฟังก์ชัน INT

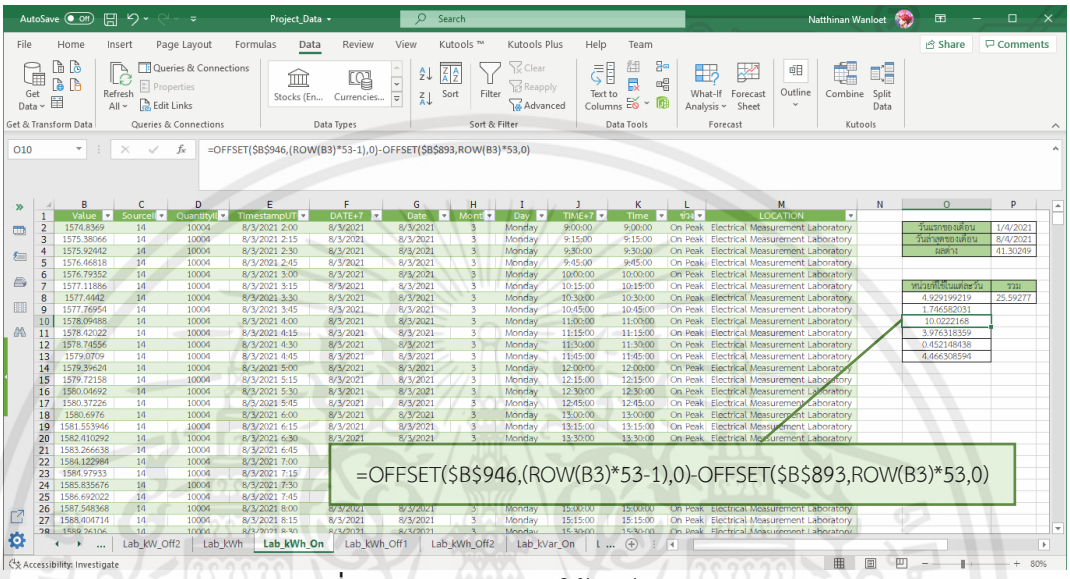
7) ฟังก์ชัน MONTH คือ ฟังก์ชันที่ใช้หาว่าวันทีที่ต้องการเป็นเดือนลำดับที่เท่าไหร่



รูปที่ 3.72 ตัวอย่างการใช้ฟังก์ชัน MONTH

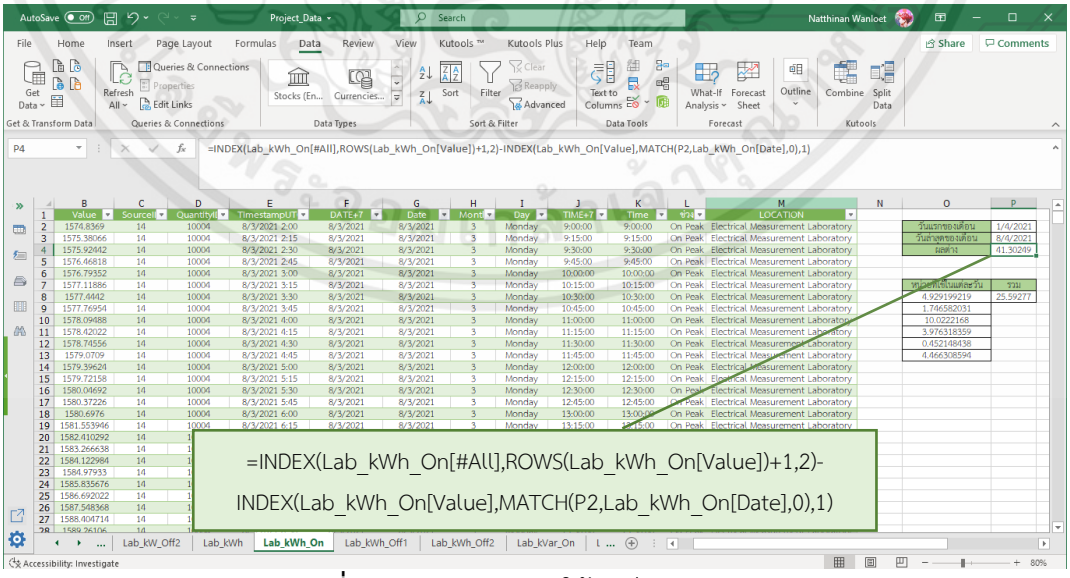
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8) ฟังก์ชัน OFFSET คือ การเลื่อนหาช่องที่เราต้องการไปในทิศทางต่าง ๆ โดยอ้างอิงช่องหรือช่วง ซึ่งนำมาใช้ในการหาค่าแรกและค่าสุดท้ายของช่วงเวลา On Peak และ Off Peak ในแต่ละวัน



รูปที่ 3.73 ตัวอย่างการใช้ฟังก์ชัน OFFSET

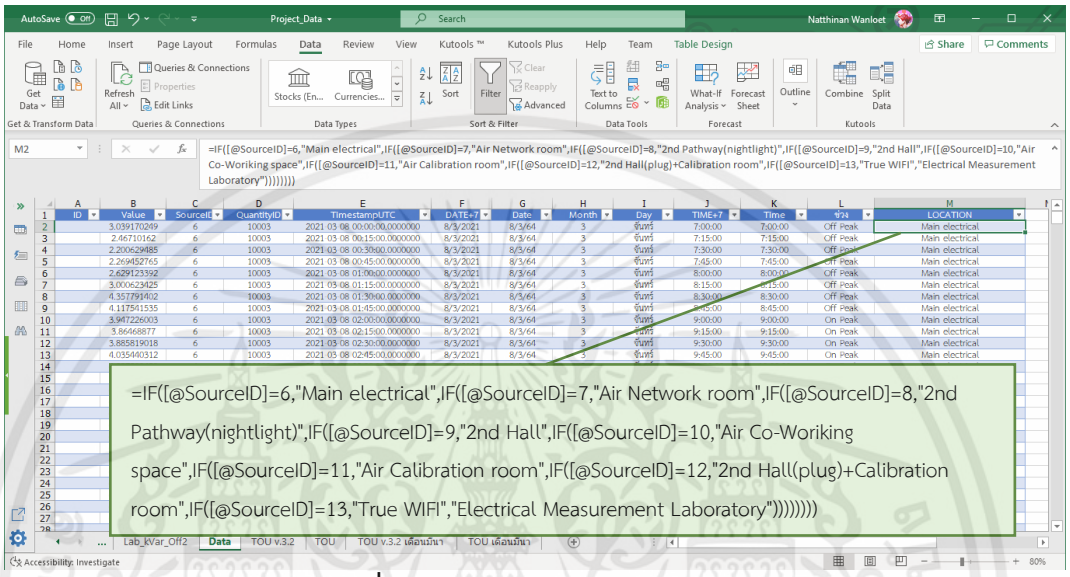
9) ฟังก์ชัน MATCH คือ การค้นหาตำแหน่งของข้อมูลที่ตรงกับข้อมูลอ้างอิง โดยผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นตัวเลขของช่อง ณ ตำแหน่งนั้น ซึ่งนำมาใช้หาวันที่ที่ตรงกับวันที่ที่กำหนดไว้



รูปที่ 3.74 ตัวอย่างการใช้ฟังก์ชัน MATCH

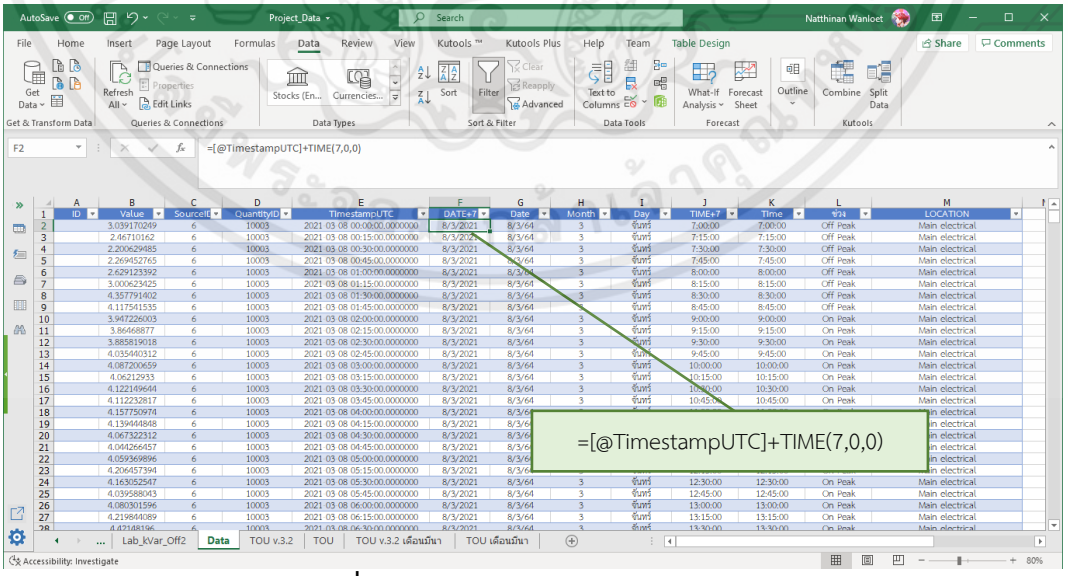
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10) ฟังก์ชัน IF คือ ฟังก์ชันที่ใช้กับการทำงานที่มีเงื่อนไข เช่น การกำหนดชื่อห้องด้วยเงื่อนไขเลข SourceID, การกำหนดช่วง Off Peak ด้วยเงื่อนไขของวัน และการหาค่าจำนวน kVar ส่วนเกิน



รูปที่ 3.75 ตัวอย่างการใช้ฟังก์ชัน IF

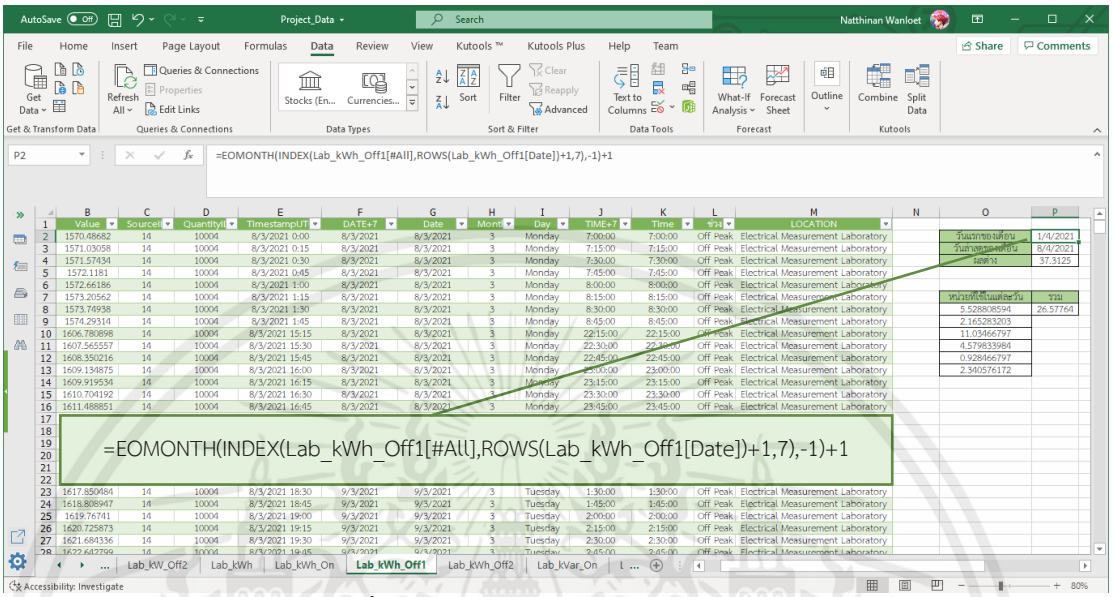
11) ฟังก์ชัน TIME คือ ฟังกันที่คืนค่าเลขฐานสิบของช่วงเวลา โดยมีชั่วโมงนาทีและวินาที ซึ่งนำมาใช้ในการเปลี่ยนเวลาเป็นไทม์โซน GMT+7.00 Bangkok



รูปที่ 3.76 ตัวอย่างการใช้ฟังก์ชัน TIME

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12) ฟังก์ชัน ROWS คือ ฟังก์ชันที่ใช้ในการหาจำนวนแถว



รูปที่ 3.77 ตัวอย่างการใช้ฟังก์ชัน ROWS

3.2.6 การพยากรณ์การใช้ค่าพลังงานไฟฟ้าด้วยวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโปรแกรมภาษา Python

ในขั้นตอนนี้จะทำการพยากรณ์ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ ด้วยการโปรแกรมภาษา Python สำหรับการสร้างการคาดการณ์บนช่วงความเชื่อมั่นและระยะเวลาที่ต้องการ ซึ่งในส่วนของการดำเนินงานจำเป็นที่จะต้องใช้ไลบรารี่ เพื่อประมวลผลข้อมูล โดยมีไลบรารี่ที่จำเป็น ต่อไปนี้

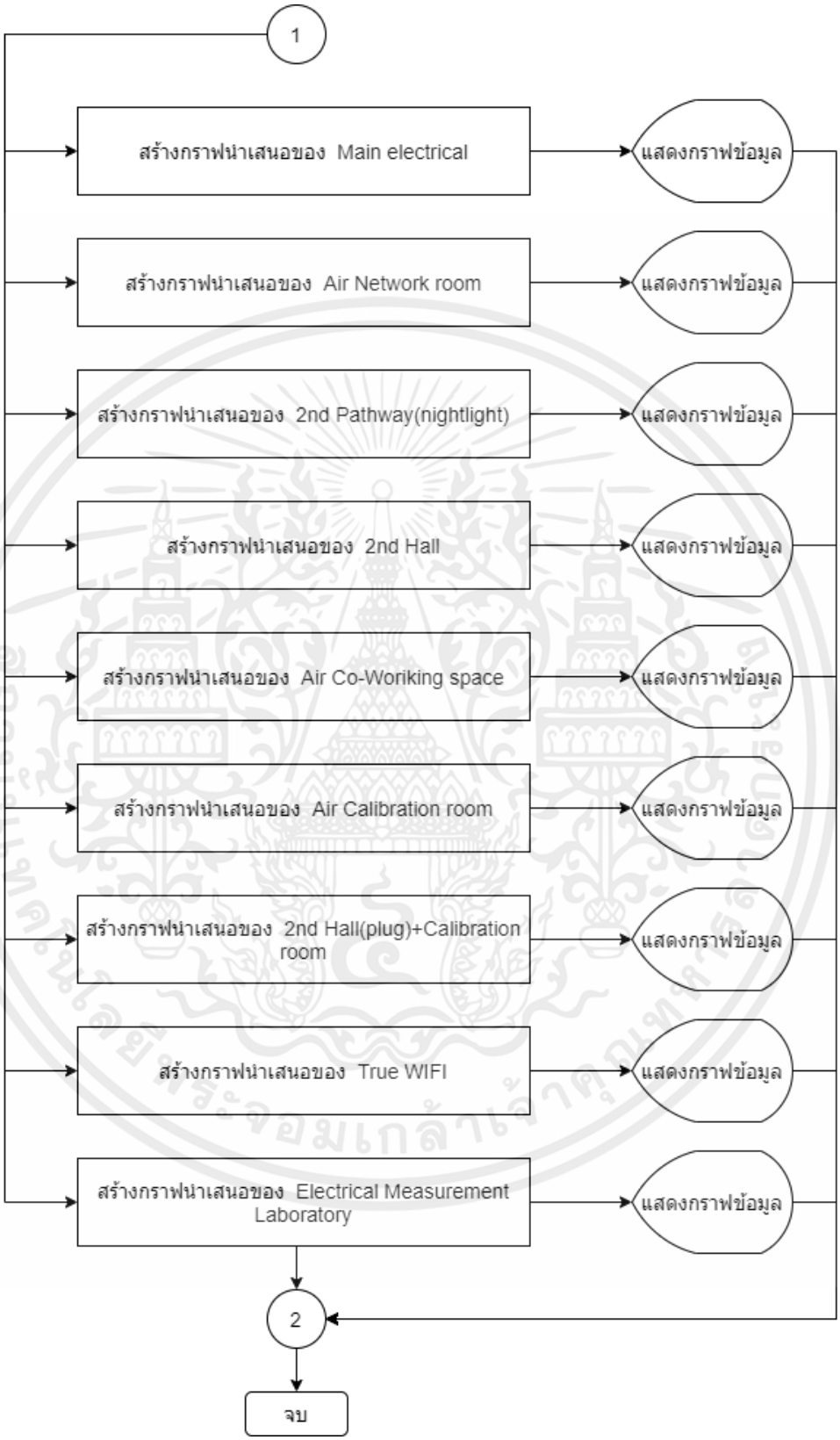
1. Pystan ระบบปฏิบัติการสำหรับการสร้างแบบจำลองทางสถิติและการคำนวณทางสถิติ รวมถึงการพยากรณ์
2. FBProphet ระบบสำหรับการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาซึ่งมีแนวโน้มที่ไม่ใช่เชิงเส้น
3. Matplotlib เครื่องมือสำหรับสร้างกราฟ แผนภูมิ และรูปทรง
4. Pandas เครื่องมือวิเคราะห์และจัดการข้อมูล ซึ่งถูกติดตั้งมาพร้อมกับ Python

สำหรับแผนผังการสร้างแบบจำลองสำหรับพยากรณ์จะแสดงดังรูปภาพด้านล่างนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.78 แผนผังการดำเนินงานโปรแกรมสำหรับการพยากรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.79 แผนผังการดำเนินงานโปรแกรมสำหรับการพยากรณ์(ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งขั้นตอนการโปรแกรมเพื่อสร้างข้อมูลพยากรณ์ดังที่กล่าวมาข้างต้น มีรายละเอียดดังนี้

1. **การเชื่อมโยง Google Colaboratory เข้ากับ Google Drive**

   ก่อนที่จะเริ่มเขียนโปรแกรมสำหรับพยากรณ์การใช้ค่าพลังงานไฟฟ้า จำเป็น ที่จะต้องเชื่อมโยง Google Colaboratory เข้ากับ Google Drive โดยเริ่มต้นจากการล็อกอินด้วย Google Account ต่อมาที่เมนู My Drive ให้คลิกขวาเลือก More แล้วเลือก Connect more apps และในหน้าต่างใหม่ที่ช่องค้นหาให้ค้นหา Colaboratory จากนั้นทำการติดตั้ง และเริ่มต้นสร้างไฟล์สำหรับการเขียนโดยเลือกเมนู New

2. **การติดตั้ง Library ที่จำเป็นสำหรับการทำงานและนำเข้า**

   ในส่วนของเซลล์สำหรับการโปรแกรม ทำการติดตั้งไลบรารี่ที่จำเป็นสำหรับการเรียกใช้โมดูลในการทำงานโดยได้ติดตั้งและนำเข้าไลบราลี่ที่จำเป็นดังต่อไปนี้

   1) Pystan เป็นระบบปฏิบัติการสำหรับการสร้างแบบจำลองทางสถิติ และการคำนวณทางสถิติ รวมถึงการพยากรณ์
   2) FBProphet เป็นระบบสำหรับการพยากรณ์ข้อมูลแบบอนุกรมเวลา ซึ่งมีแนวโน้มที่ไม่ใช่เชิงเส้น
   3) Matplotlib เครื่องมือสำหรับสร้างกราฟ แผนภูมิ และรูปทรง
   4) Pandas เป็นเครื่องมือวิเคราะห์และจัดการข้อมูล ซึ่งถูกติดตั้งมาพร้อมกับ Python

   หลังจากติดตั้งหากต้องการเรียกใช้งานโมดูลให้ทำการนำเข้าไลบรารี่ โดยการกำหนดตัวแปรสำหรับไลบรารี่นั้น

3. **การเรียกใช้งานข้อมูลในไฟล์ Microsoft Excel ที่จัดเก็บข้อมูลค่าพลังงานไฟฟ้า**

   ในขั้นตอนนี้ทำการสร้างโฟลเดอร์ใน Google Drive และเพิ่มไฟล์ข้อมูลค่าพลังงานไฟฟ้าที่อ่านได้ จากนั้นเขียนคำสั่งเรียกใช้งานไฟล์ในโฟลเดอร์ที่สร้างขึ้น แล้วทำการโปรแกรมคำสั่งสำหรับอ่านข้อมูลในไฟล์ดังกล่าว โดยไฟล์ที่ได้ทำการแยกชีทข้อมูลใน Microsoft Excel ตามพื้นที่ที่เก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า ซึ่งจะสามารถทดสอบข้อมูลที่อ่านเข้ามาด้วยคำสั่ง print()

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
[8]  #@title แสดงข้อมูลที่อ่าน
     print(df2)
```

แสดงข้อมูลที่อ่าน

```
          ID       Value  ...            LOCATION  QuantityID2
0        NaN  25863.154527  ...  2nd Pathway(nightlight)      kWh-a
1        NaN  25863.802025  ...  2nd Pathway(nightlight)      kWh-a
2        NaN  25864.449523  ...  2nd Pathway(nightlight)      kWh-a
3        NaN  25865.097021  ...  2nd Pathway(nightlight)      kWh-a
4        NaN  25865.744519  ...  2nd Pathway(nightlight)      kWh-a
...      ...           ...  ...                      ...         ...
2966  206494.0  26798.941406  ...  2nd Pathway(nightlight)      kWh-a
2967  206650.0  26798.941406  ...  2nd Pathway(nightlight)      kWh-a
2968  206696.0  26798.941406  ...  2nd Pathway(nightlight)      kWh-a
2969  206884.0  26798.941406  ...  2nd Pathway(nightlight)      kWh-a
2970  207047.0  26798.941406  ...  2nd Pathway(nightlight)      kWh-a

[2971 rows x 9 columns]
```

รูปที่ 3.80 ยกตัวอย่างการแสดงข้อมูลที่อ่าน

4. การจัดระเบียบข้อมูลที่เรียกใช้

เนื่องจากข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการพยากรณ์ คือ ค่าพลังงานไฟฟ้า (Value) และวันเวลา (TimestampUTC) จึงทำการลบคอลัมน์ข้อมูล ID, SourceID, QuantityID, DATE, TIME, LOCATION และ QuantityID2 ที่ไม่จำเป็นเพื่อให้สามารถประมวลผลได้อย่างรวดเร็ว ต่อมาทำการเติมข้อมูลที่หายไปในคอลัมน์ Value เนื่องจากความผิดพลาดบางประการในการเก็บข้อมูล ซึ่งข้อมูลว่างจะมีผลต่อการจัดระเบียบและการสร้างโมเดลสำหรับการพยากรณ์ได้ ดังนั้นจำเป็นต้องเติมข้อมูลว่างด้วยค่าเฉลี่ยของข้อมูลทั้งหมด

5. การแปลงประเภทข้อมูล และจัดเตรียมข้อมูลสำหรับการพยากรณ์

เปลี่ยนประเภทของข้อมูลในคอลัมน์ชื่อ TimestampUTC เนื่องจากภายในข้อมูลนั้นประกอบด้วย วัน เวลา และอักขระพิเศษ ทำให้เมื่ออ่านเข้ามาแล้วไม่สามารถนำไปใช้ในการพยารณ์ได้ ดังนั้นจึงต้องเปลี่ยนประเภทของข้อมูลเป็น datetime ก่อนเริ่มพยากรณ์ โดยผลลัพธ์ที่ได้ข้อมูลในคอลัมน์ TimestampUTC เปลี่ยนจาก object เป็น datetime ตามที่ต้องการ

```
Value              float64
TimestampUTC    datetime64[ns]
```

รูปที่ 3.81 ประเภทของข้อมูลในคอลัมน์ Value และ TimestampUTC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นทำการเปลี่ยนชื่อคอลัมน์จากชื่อ Value เป็นชื่อ y และชื่อ TimestampUTC เป็นชื่อ ds โดยสาเหตุที่ต้องทำเช่นนี้เป็นเพราะว่าอัลกอริทึมสำหรับการพยากรณ์นั้นจำเป็นที่จะต้องเลือกใช้ข้อมูลจากคอลัมน์ในชื่อดังกล่าวเพื่อประมวลผล

	y	ds
0	277264.728144	2021-03-08 00:00:00
1	277265.149644	2021-03-08 00:15:00
2	277265.571144	2021-03-08 00:30:00
3	277265.992644	2021-03-08 00:45:00
4	277266.414144	2021-03-08 01:00:00

รูปที่ 3.82 แสดงข้อมูลค่าพลังงานไฟฟ้า และวันเวลาในคอลัมน์ y และ ds

6. การสร้างและ Train Model สำหรับการพยากรณ์

เริ่มสร้างโมเดลสำหรับการพยากรณ์ด้วยชุดคำสั่ง Prophet ซึ่งเป็นหนึ่งในโมดูลของไลบรารี่ fbprophet โดยกำหนดช่วงระดับความเชื่อมั่นที่ 95% และในส่วนของความแปรผันตามฤดูกาล เลือกรูปแบบเป็น daily สำหรับการพยากรณ์ข้อมูลรายวัน และเขียนคำสั่งสำหรับปรับโมเดล การพยากรณ์ให้มีความเหมาะสมกับข้อมูลในปัจจุบัน เพื่อให้สามารถ Train ข้อมูลได้อย่างถูกต้อง แล้วกำหนดช่วงในการพยากรณ์ทุก 15 นาที โดยอ้างอิงจากความห่างของการเก็บข้อมูลค่าพลังงานไฟฟ้า และระยะการพยากรณ์สิ้นสุดที่ 950 หรือวันที่ 18 เมษายน พ.ศ. 2564 นับเป็นเวลา 10 วันต่อจากข้อมูลล่าสุด จากนั้นเริ่ม Train Model ของการพยากรณ์ด้วยคำสั่ง predict เพื่อให้ระบบสามารถเรียนรู้ข้อมูล และให้ผลลัพธ์ตามที่ต้องการ

7. การพยากรณ์ข้อมูล

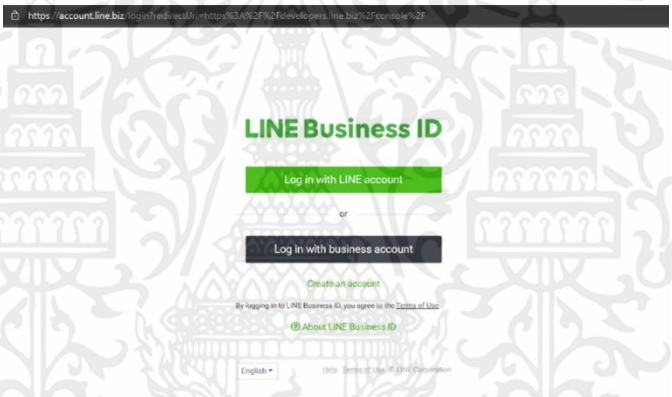
ในขั้นตอนนี้หลังจาก Train Model สำเร็จ จึงจำเป็นต้องเลือกข้อมูลที่จะนำเสนอสำหรับการพยากรณ์ค่าไฟฟ้า โดยเลือกจากข้อมูลในคอลัมน์วันเวลา (ds) และคอลัมน์ค่าพลังงานไฟฟ้าที่พยากรณ์ได้ (yhat)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.7 การแจ้งเตือนแก่ผู้ใช้งาน เมื่อแนวโน้มค่าพลังงานไฟฟ้ามีค่าเพิ่มมากกว่าปกติ ผ่านไลน์แชทบอท (Line Chatbot)

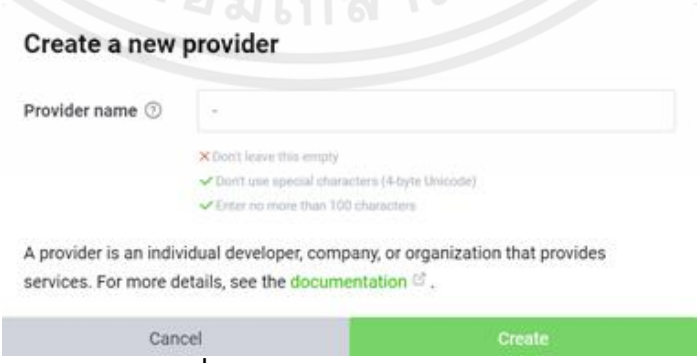
ในการแจ้งเตือนผู้ใช้งานจะใช้ไลน์แชทบอทเพื่อช่วยในการแจ้งเตือนเมื่อแนวโน้มค่าพลังงานไฟฟ้ามีค่าเพิ่มมากกว่าปกติ และยังสามารถทำให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงการตรวจสอบค่าพลังงานไฟฟ้าได้ง่ายยิ่งขึ้น โดยขั้นตอนแรกเริ่มจากการสร้างไลน์แชทบอท หรือ Line Official Account สำหรับระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติ

1) ทำการสร้างไลน์แชทบอท โดยจะทำการสมัครเป็น LINE official account ผ่านเว็บไซต์ https://developers.line.biz เมื่อเข้าสู่หน้าเว็บไซต์ให้ทำการ Log in with LINE account กรอกอีเมลและรหัสผ่านสำหรับการเข้าใช้แอพพลิเคชั่นไลน์ เพื่อทำการเข้าสู่ระบบ



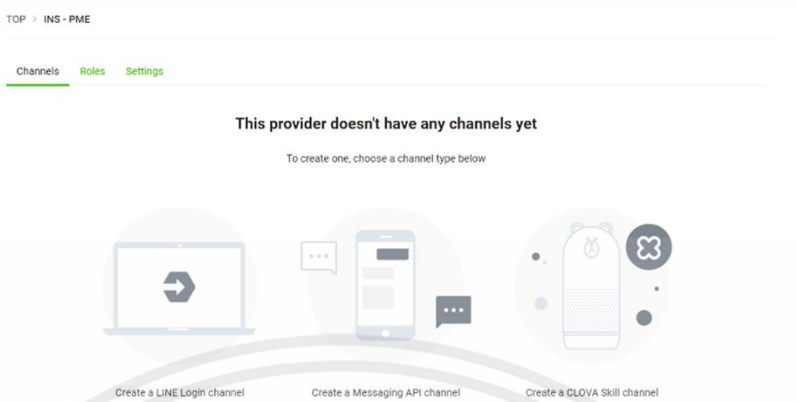
รูปที่ 3.83 การสมัครเป็น LINE official account ผ่าน Line Account

2) ทำการ Create Provider เพื่อใช้สำหรับการจัดการไลน์แชทบอท โดยทำการตั้งชื่อ Provider เป็น INS-PME สำหรับระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติ



รูปที่ 3.84 การ Create Provider

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.85 หน้าต่างเมื่อสร้าง Line Provider เรียบร้อยแล้ว

3) การสร้าง Channel โดย Channel เปรียบเสมือนแอป หรือ 1 ไลน์แชทบอท โดยกด Create Channel ในกล่อง Messaging API เพื่อเข้าสู่หน้าการกรอกรายละเอียดของ Channel จากนั้นอัพโหลดรูปไอคอน, ตั้งชื่อ (ห้ามมีคำว่า LINE) และใส่รายละเอียดของ LINE Bot โดยเนื้อหาที่ใส่ในส่วนนี้จะเป็นส่วนที่ผู้ใช้จะสามารถเห็นได้

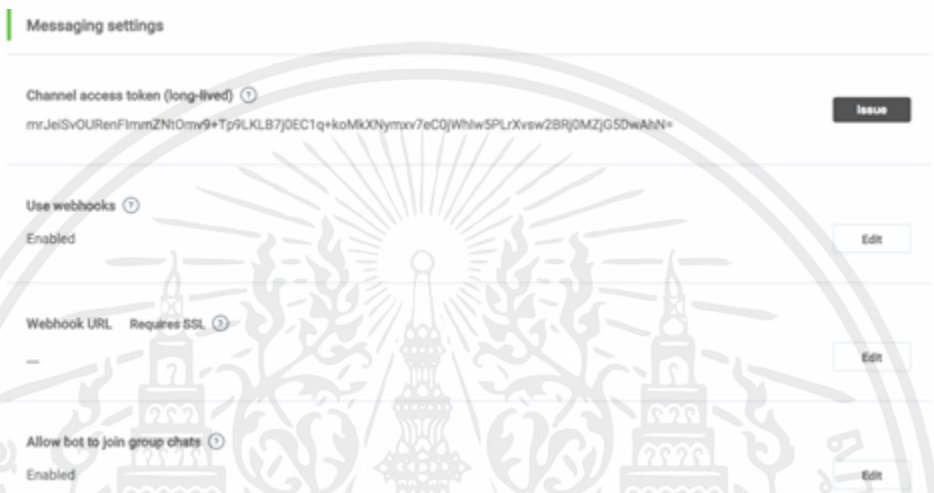
รูปที่ 3.86 การสร้าง Account Line Chatbot เรียบร้อยแล้ว

4) ทำการตั้งค่า Messaging Settings โดยทำการตั้งค่า

- Channel Access Token: สร้างด้วยการกดปุ่ม Issue ทางด้านขวา โดยสามารถตั้งค่าอายุของ token ตอนสร้างได้ ซึ่งค่า 0 คือ ในการใช้ Line Channel นี้จะใช้ token นี้ตลอดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Use webhooks: ตั้งค่าเป็น Enabled เพื่อรอรับ event trigger ผ่านทาง API
- Webhook URL: URL ที่เป็น HTTPS สำหรับรับ trigger จาก LINE
- Allow bot to join group chats: ตั้งค่า Enabled เพื่ออนุญาตให้ Bot สามารถเข้าร่วมได้



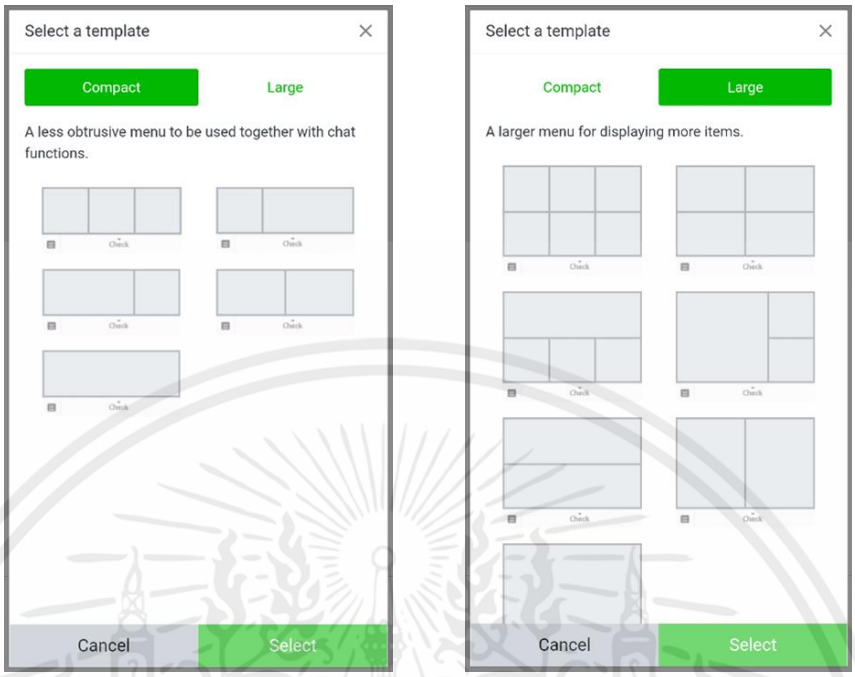
รูปที่ 3.87 หน้าต่าง Messaging Settings

โดยในการทำงานผ่านไลน์แชทบอทจะแบ่งการดำเนินงานเป็น 2 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1: การสร้างไลน์แชทบอทสำหรับระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติ ซึ่งผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบการใช้พลังงานไฟฟ้าผ่านไลน์แชทบอทได้ โดยจะใช้ Rich Menu มาช่วยในการเข้าใช้งานไลน์แชทบอท เพื่อเพิ่มความสะดวกให้แก่ผู้ใช้งาน ซึ่งการสร้าง Rich Menu มีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1) การสร้างรูป Rich Menu ในการสร้างรูปเพื่อให้ทำเป็น Rich Menu จะทำตามเทมเพลตที่ทาง LINE Corporation กำหนดเอาไว้โดยแบ่งเป็นแบบ Compact และแบบ Large

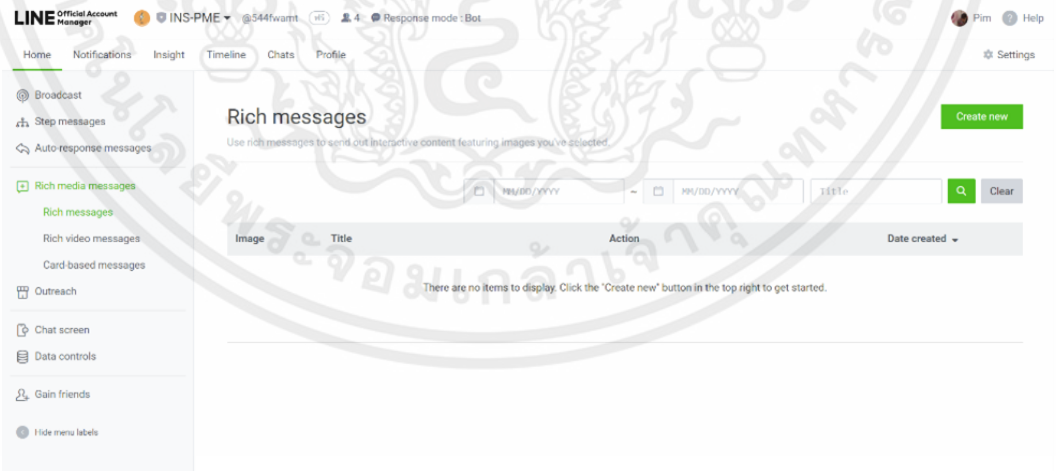
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) (ข)

รูปที่ 3.88 (ก) เทมเพลต Rich Menu แบบ Compact
(ข) เทมเพลต Rich Menu แบบ Large

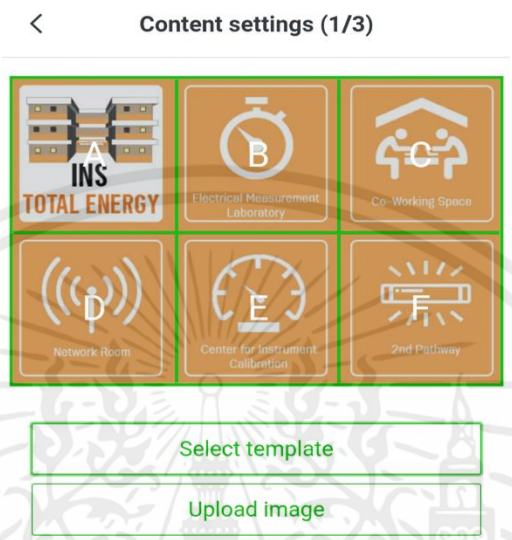
2) การสร้าง Rich Menu ผ่าน LINE OA Manager



รูปที่ 3.89 หน้าต่างการสร้าง Line Rich Menu

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ทำการเลือกเทมเพลต และใส่รูปภาพที่ต้องการใช้เป็น Rich Menu ตาม Template ที่เลือก



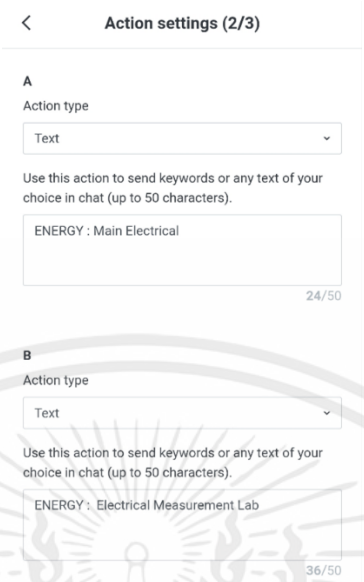
รูปที่ 3.90 การใส่รูปภาในเทมเพลตของ Rich Menu

4) ทำการกำหนด Action เมื่อมีการกดที่ Rich Menu แต่ละปุ่มของผู้ใช้งาน โดยมี Action ทั้งหมด 5 แบบ คือ

- Link: เปิด URL ที่ขึ้นต้นด้วย http, https, line และ tel
- Text: ส่งข้อความตัวอักษรกลับไปในห้องแชท
- Coupon: เปิดหน้าคูปอง
- Reward cards: เปิดหน้าสะสมแสตมป์
- No action: กดแล้วไม่เกิดอะไรขึ้น

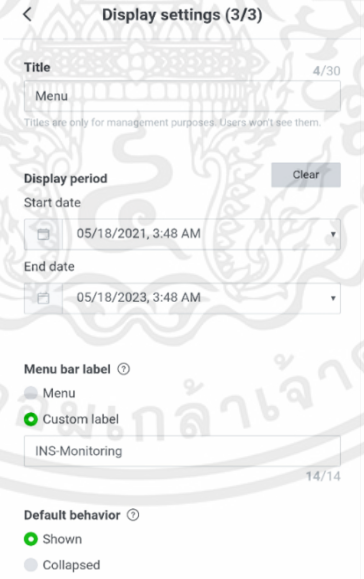
โดยใน Line Chatbot ของระบบ AMR จะเลือก Action ของ Rich Menu แบบ Text เพื่อทำการลิงค์ข้อความดังกล่าว ไปหาคำตอบที่ Match กันผ่าน Google Sheets

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.91 การกำหนด Action เมื่อมีการกดที่แต่ละ Rich Menu

หลังจากกำหนด รูปภาพ และ Action เรียบร้อยแล้ว จะทำการตั้งเวลาที่มีผลใช้งาน Rich Menu ที่ได้กำหนดไว้ ผ่านคำสั่ง Display Period



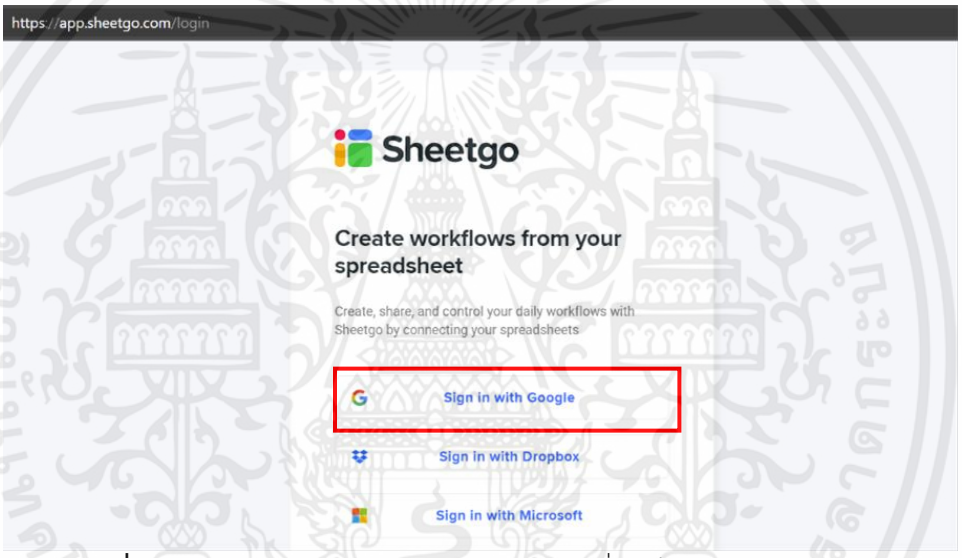
รูปที่ 3.92 การกำหนดวัน และเวลาที่มีผลใช้งาน Rich Menu

เมื่อตั้งค่า Text ในการส่งข้อความตัวอักษรกลับไปในห้องแชทก็เสมือนการพิมพ์ข้อความจากผู้ใช้งานเข้าสู่ช่องแชทในระบบไลน์แชทบอท ดังนั้นจึงต้องทำการ Training ไลน์แชทบอท ให้ตอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำถามเมื่อมีข้อความส่งมาจากผู้ใช้งาน โดยค่าที่จะนำมาตอบนั้นจะถูกลิงค์จาก Google Sheets ที่ทำการเชื่อมต่อข้อมูลจาก Microsoft Excel ที่รับค่าจากระบบ AMR ซึ่งติดตั้งไว้กับตู้ไฟฟ้า โดยมีขั้นตอนการเชื่อมต่อระหว่าง Microsoft Excel กับ Google Sheets ดังนี้

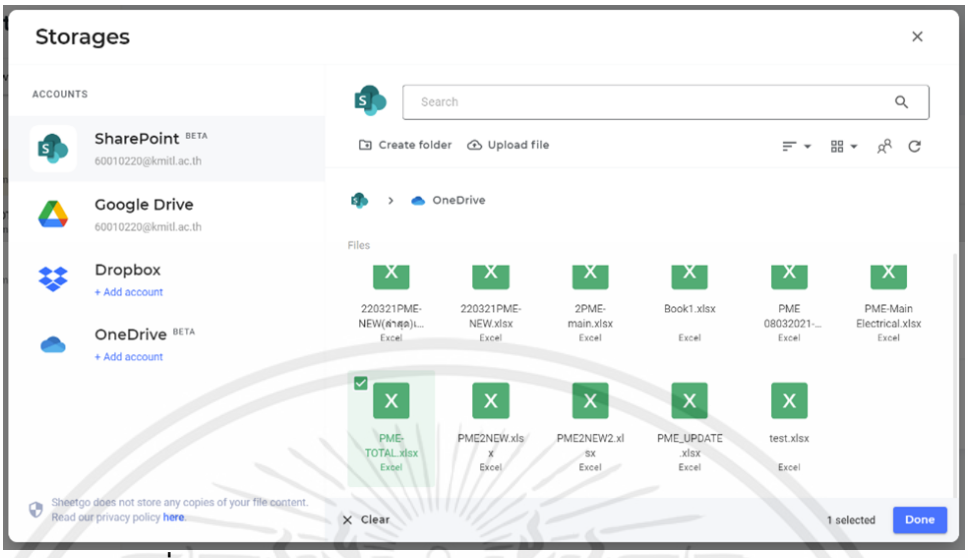
1) ทำการ Save ไฟล์ Microsoft Excel แบบ Autosave ซึ่งจะทำการบันทึกไฟล์เก็บไว้ที่ OneDrive เพื่อให้ไฟล์ดังกล่าวสามารถใช้ข้อมูลร่วมกับโปรแกรมอื่นๆได้
2) ใช้โปรแกรม Sheetgo ในการเชื่อมต่อข้อมูลระหว่างจาก Microsoft Excel ไปแสดงใน Google Sheets ซึ่งขั้นตอนแรกจะต้องทำการเข้าสู่ระบบด้วยอีเมลที่จำเก็บไฟล์จาก Microsoft Excel



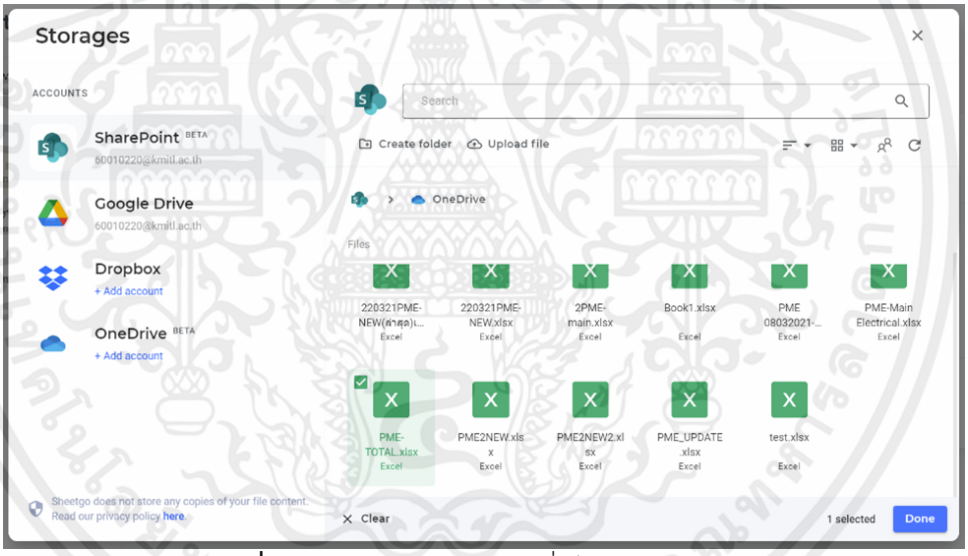
รูปที่ 3.93 หน้าต่างการเข้าสู่ระบบผ่านอีเมมล์ที่ใช้เก็บไฟล์ใน OneDrive

3) ทำการ Create workflow เพื่อใช้เป็นตัวกลางในการดึงไฟล์ โดยเลือกแหล่งข้อมูล (Source data) จาก Excel file ซึ่งจะเลือกไฟล์ผ่าน SharePoint จากอีเมลที่เก็บไฟล์เอาไว้ เลือก OneDrive แล้วเลือกไฟล์ที่เก็บเอาไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



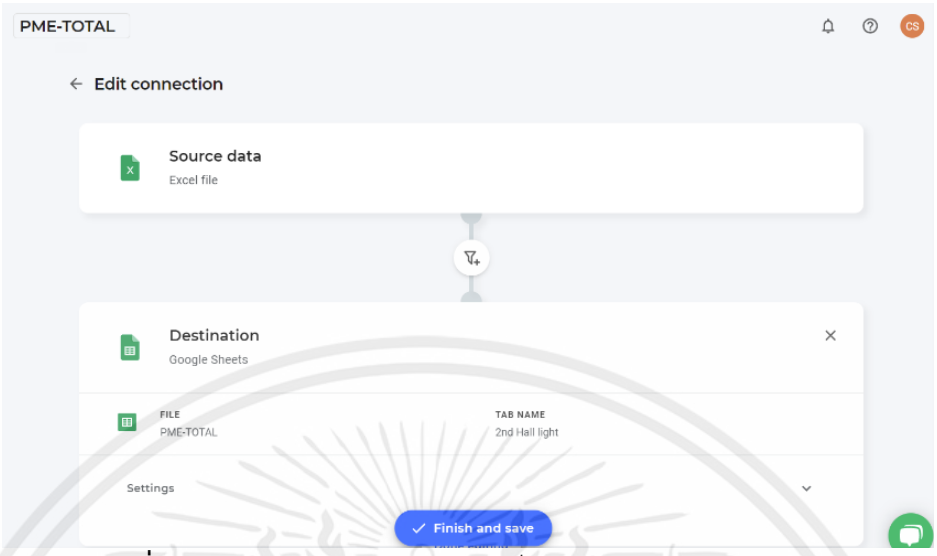
รูปที่ 3.94 การเลือกแหล่งข้อมูล (Source data) จาก Excel file



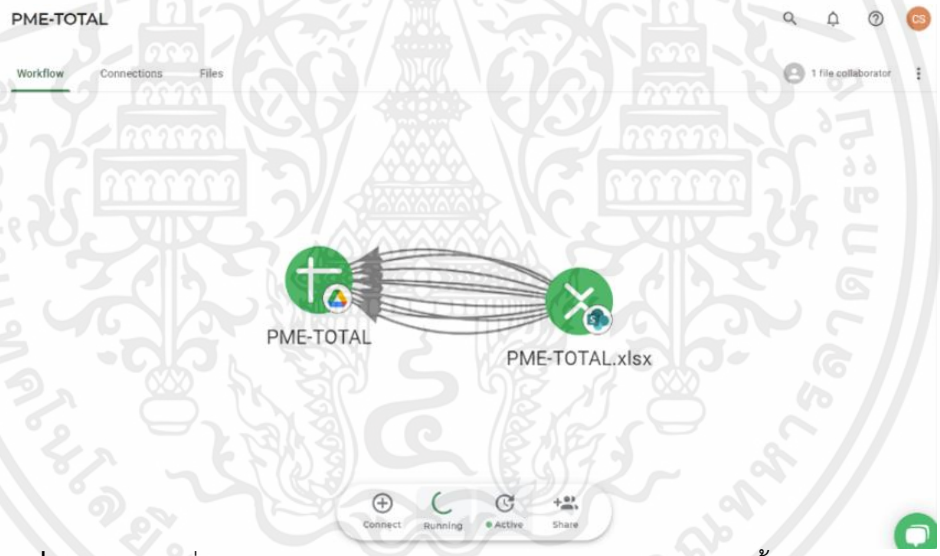
รูปที่ 3.95 เลือกไฟล์ Excel ที่เก็บใน OneDrive

4) ทำการเลือก Destination โดยปลายทางเป็น Google Sheets โดยทำทั้งหมด 10 Connection เพื่อพอดีกับการรับค่าพลังงานไฟฟ้าจาก Power Meter ทั้ง 10 ตัว โดยลิงค์มาทั้งหมด 10 ชีท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



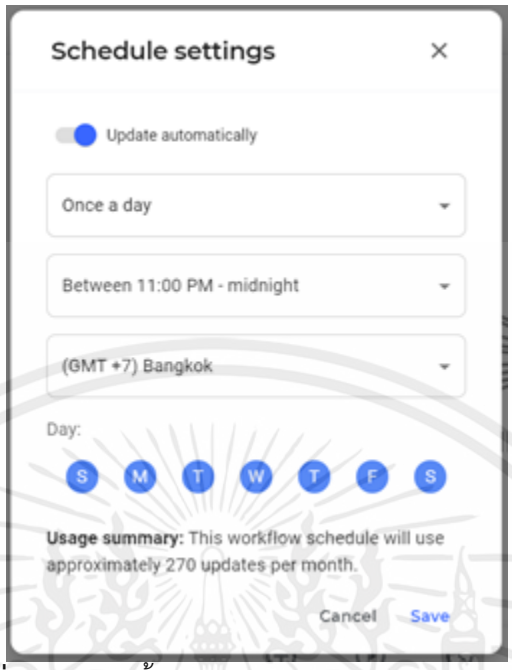
รูปที่ 3.96 การเลือก Destination เป็น Tab ใน Google Sheets



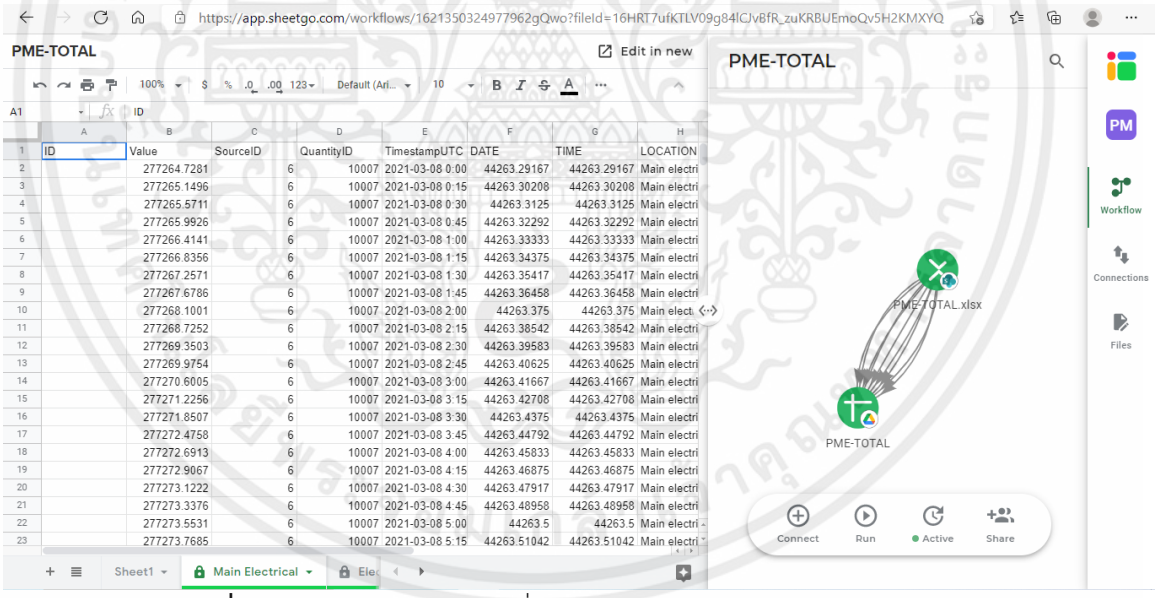
รูปที่ 3.97 การเชื่อม Tabs จากไฟล์ Excel ไปยัง Google Sheets ทั้งหมด 10 Tabs

5) ทำการตั้งค่า Workflow ดึงข้อมูลจากไฟล์ Excel ทุกวันในช่วง 11.00 PM-midnight

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.98 การตั้งค่าเวลาในการอัพเดทข้อมูลอัตโนมัติ

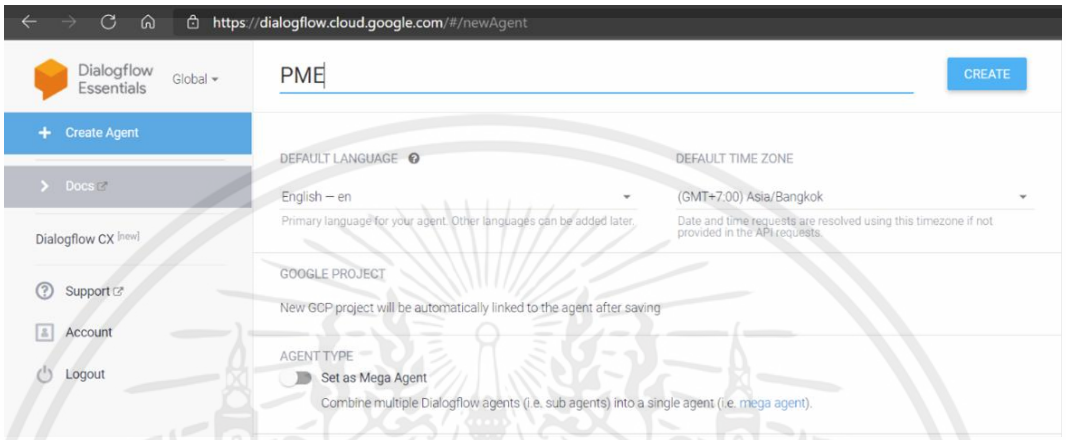


รูปที่ 3.99 Google Sheets ที่รับข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าจาก Excel

โดยเมื่อได้รับค่าพลังงานไฟฟ้าที่วัดได้จากการใช้งานไฟฟ้าแต่ละห้อง ในไฟล์ Google Sheets จะใช้ค่าที่ได้จาก Google Sheets เพื่อมาเป็นคำตอบของไลน์แชทบอท โดยต้องทำการเชื่อมต่อระหว่างไลน์แชทบอทกับค่าใน Google Sheets ผ่านซอฟต์แวร์ DialogFlow โดยมีวิธีการ ดังนี้

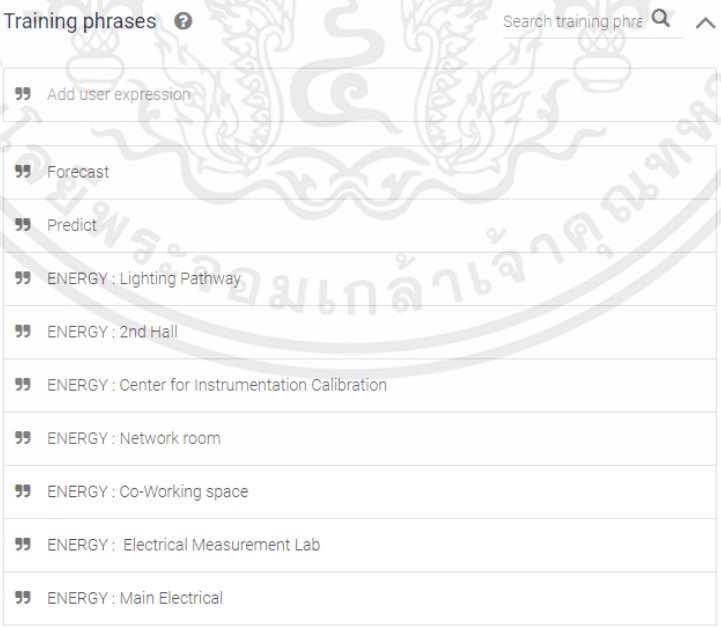
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) ทำการเข้าสู่ระบบโดยใช้อีเมลเดียวกับการเก็บไฟล์ใน OneDrive และทำการ Create Agent ซึ่งจะใช้เป็นระบบในการ Training คำตอบให้กับไลน์แชทบอท โดยเลือกภาษาที่ใช้ในการป้อนเป็นภาษาอังกฤษ และตั้งค่าเวลา GMT+7.00 Bangkok



รูปที่ 3.100 การสร้าง Agent ในซอฟต์แวร์ DialogFlow

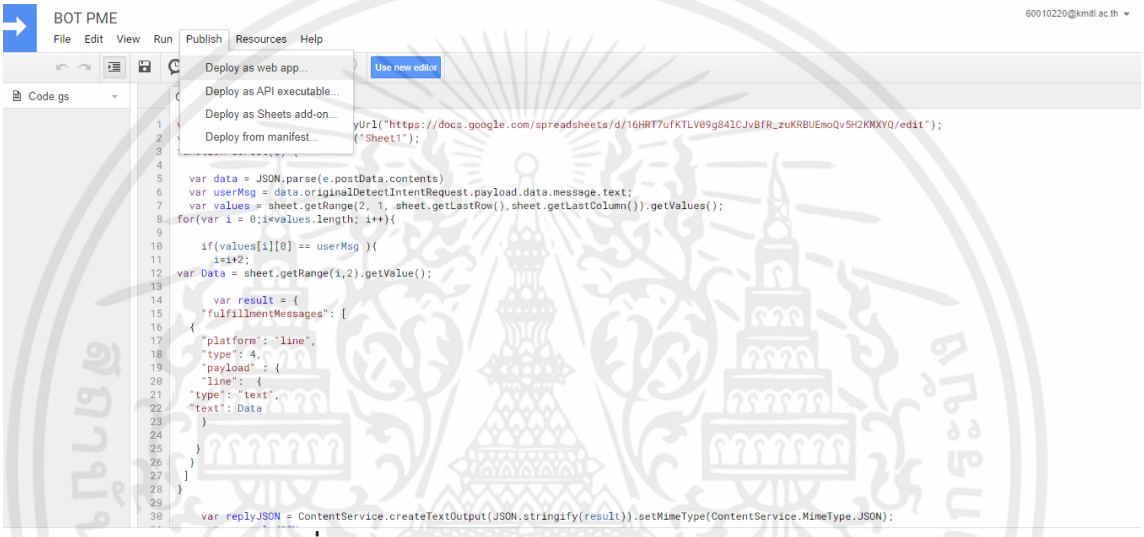
2) ทำการ Training ระบบไลน์แชทบอทโดยใส่ประโยคที่คาดว่าจะส่งเข้ามา และข้อความที่มาจาก Rich Menu โดยใช้คำสั่ง Intents เพื่อใส่ข้อความขาเข้า (ผู้ใช้งานส่งเข้ามา) ในส่วน Training phrases



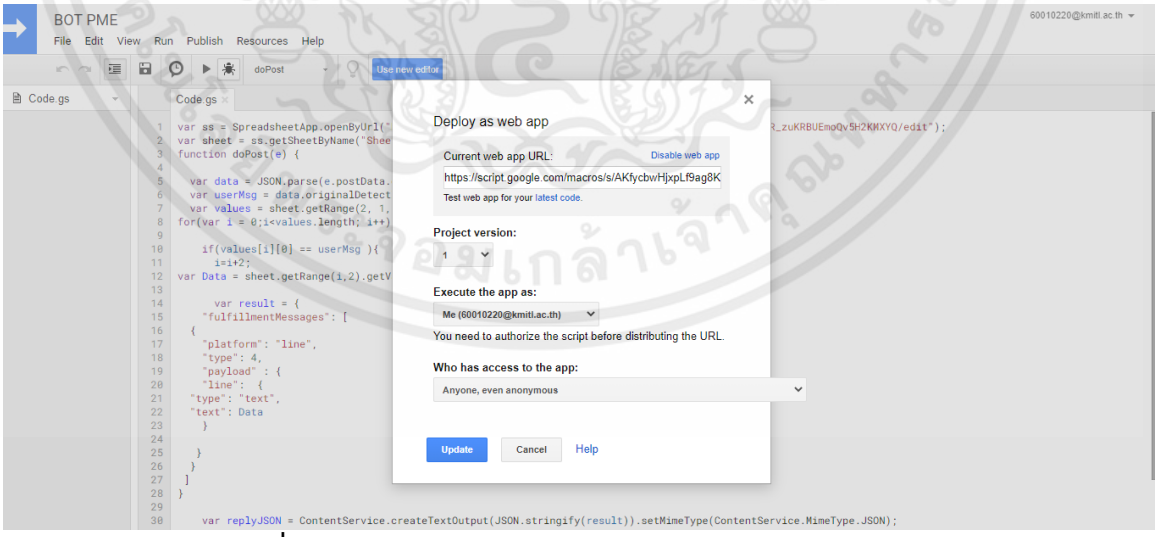
รูปที่ 3.101 การสร้าง Training Phase

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ทำการเขียน Code ในส่วนของ Script Editor ของ Google Sheets และแชร์ไปยัง DialogFlow โดยใช้คำสั่ง Publish > Deploy as web app และนำลิงค์ที่ได้ไปใส่ใน URL webhook ในส่วน Fulfillment เพื่อให้ Line Chatbot สามรถเข้ามาตรวจสอบระหว่างคำถามที่ผู้ใช้ส่งเข้ามา กับคำถามที่ถูก Train เอาไว้ ถ้าตรงกับคำถามที่ถูกเทรน ซึ่งอยู่ใน Google Sheets ก็จะนำค่าจาก Google Sheets มาตอบผ่าน Line Chatbot ทันที

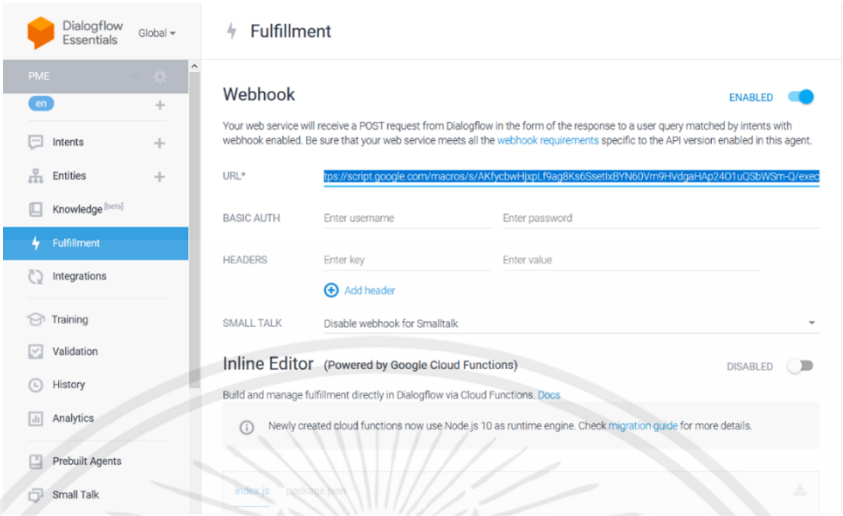


รูปที่ 3.102 การเผยแพร่ Code ในรูปแบบ web app



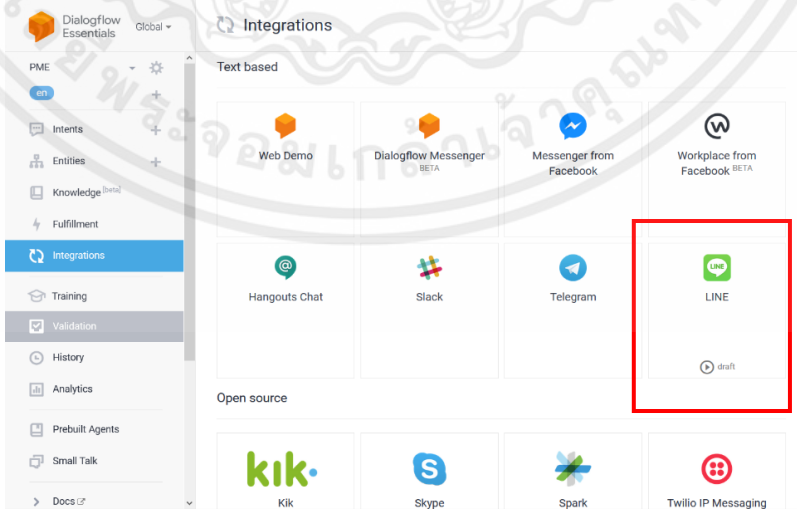
รูปที่ 3.103 การสร้าง URL webhook จาก Google Sheets

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.104 นำ URL web hook มาเชื่อมต่อในส่วน Fulfillment ของ Dialogflow

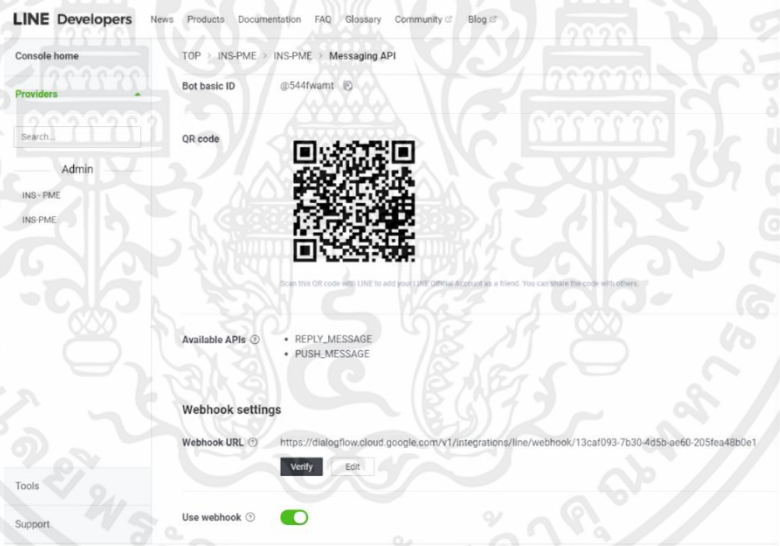
เมื่อนำ URL web hook มาใส่ในส่วน Fulfillment ของ Dialogflow ก็แสดงว่า ข้อมูลใน Google Sheets และ การตอบคำถามจากคำถามที่ถูก Training ใน Dialogflow เชื่อต่อกัน และสามารถทำงานร่วมกันได้เรียบร้อยแล้ว จากนั้นต้องทำการเชื่อมต่อการตอบคำถามที่ถูกเทรนผ่าน Dialogflow ให้สามารถใช้เป็นการตอบสนองของ AMR Line Chatbot ด้วย โดยการนำข้อมูลส่วนตัวของแอคเคาท์ Line Official มาเชื่อมต่อด้วยการใส่ข้อมูลตัวทั้ง Channel ID, Channel Secret และ Channel Access Token ลงในส่วน Integrations ของ Dialogflow และนำ URL Webhook ของ Dialogflow ไปติดตั้งที่ Line ส่วน Messaging API เพื่อให้ Line Official Account นำคำตอบมาจาก Dialogflow ในการตอบผู้ใช้งาน



รูปที่ 3.105 ซอฟต์แวร์ Diagramflow ส่วน Integrations เลือก Application LINE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.106 ใส่ข้อมูลของ AMR LINE official ลงซอฟต์แวร์ Diagramflow

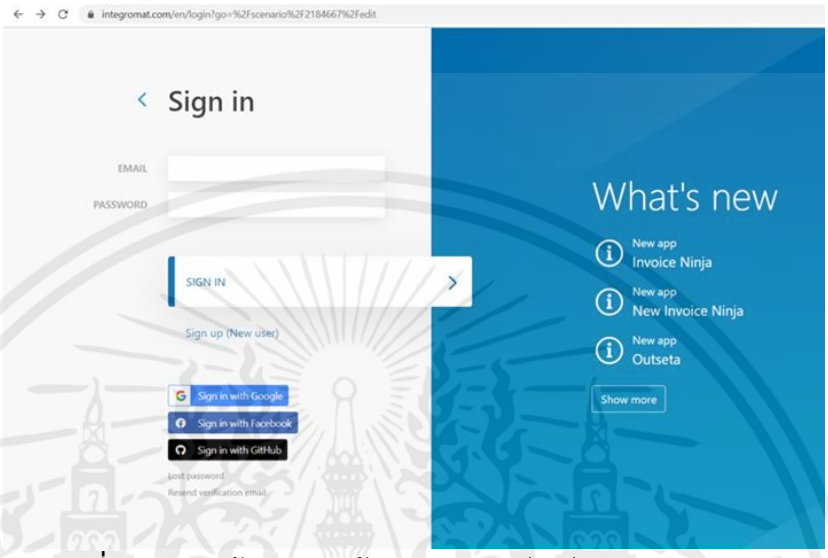


รูปที่ 3.107 เปิดใช้งาน webhook ใน LINE official account โดยการใช้ URL จากซอฟต์แวร์ Diagramflow

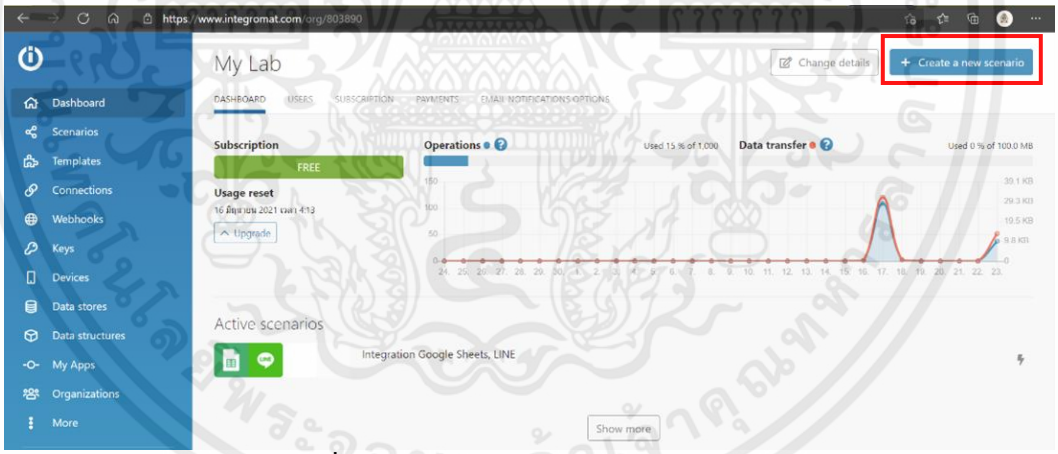
ส่วนที่2: การแจ้งเตือนแบบ Broadcast ผ่าน Line Chatbot เมื่อแนวโน้มการใช้ค่าพลังงานไฟฟ้ามีค่าเพิ่มมากกว่าปกติ ซึ่งใช้ค่าจาก Google Sheets เพื่อทำการแจ้งเตือนผ่าน Line official account โดยใช้ซอฟต์แวร์ Integromat โดยมีขั้นตอนการดำเนินการ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) ทำการเข้าระบบในซอฟต์แวร์ Integromat และสร้าง Create a new scenario โดยเลือกต้นทาง input เป็นการรับค่าจาก Google Sheets



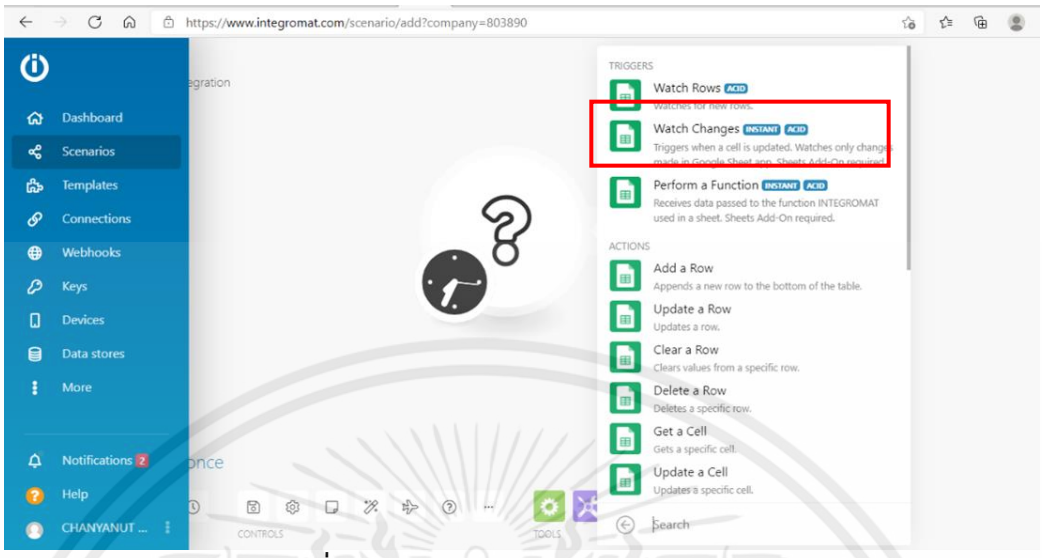
รูปที่ 3.108 หน้าต่างการเข้าสู่ระบบซอฟต์แวร์ Integromat



รูปที่ 3.109 ทำการสร้าง a new scenario

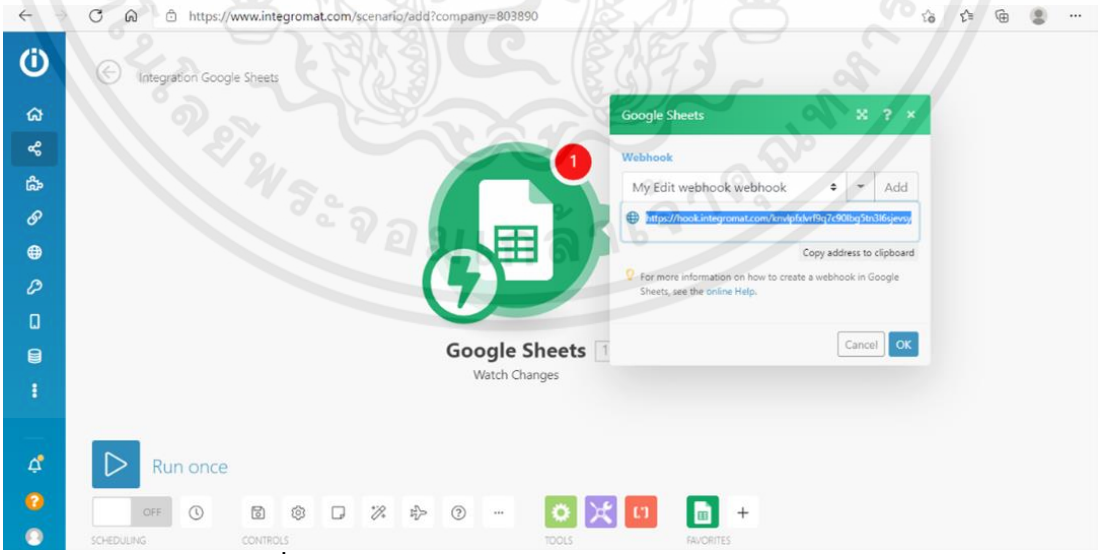
2) เมื่อกดสร้าง scenario เรียบร้อยแล้ว ให้เลือก Module Input เป็น Google Sheets โดยเลือกแบบ Watch Changes คือ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของค่าใน Google Sheets จะส่งสัญญาณ Trigger เพื่อให้ ทำงานใน Module ถัดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



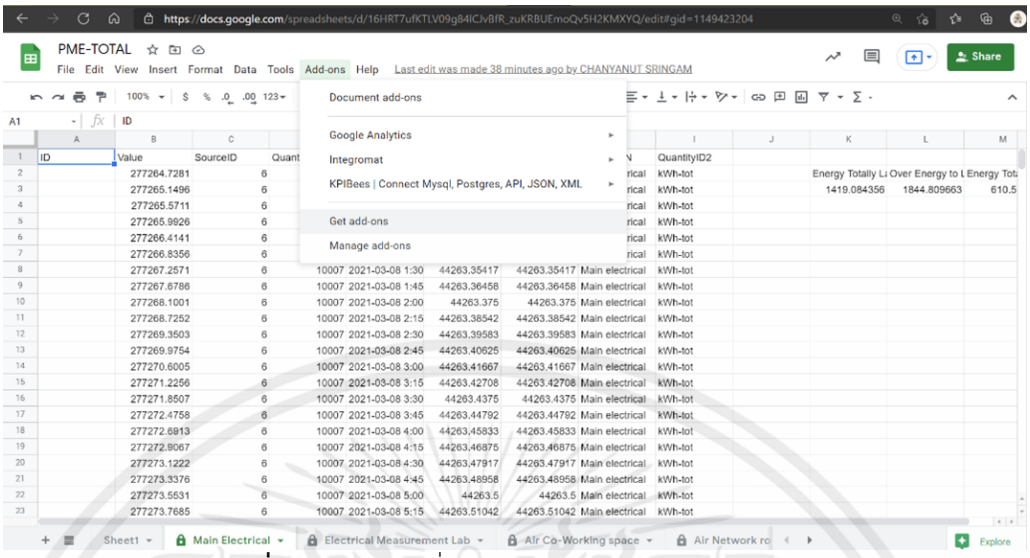
รูปที่ 3.110 ทำการสร้าง a new scenario

เมื่อสร้าง Module Google Sheets โมดูลจะทำการสร้าง Webhook สำหรับนำไปใช้เชื่อมต่อกับ Google Sheets โดยจะต้องทำการโหลดส่วนขยายภายใน Google Sheets และทำการติดตั้ง Integromat ในส่วนขยาย เมื่อติดตั้งเรียบร้อยจะทำการตั้งค่าการเชื่อมต่อโดยการนำ Webhook Address จาก Google Sheets Module ใส่ในส่วน Watch updates setting ของไฟล์ Google Sheets ซึ่งจะทำให้ Integromat สามารถตรวจสอบค่าที่มีการอัพเดทได้

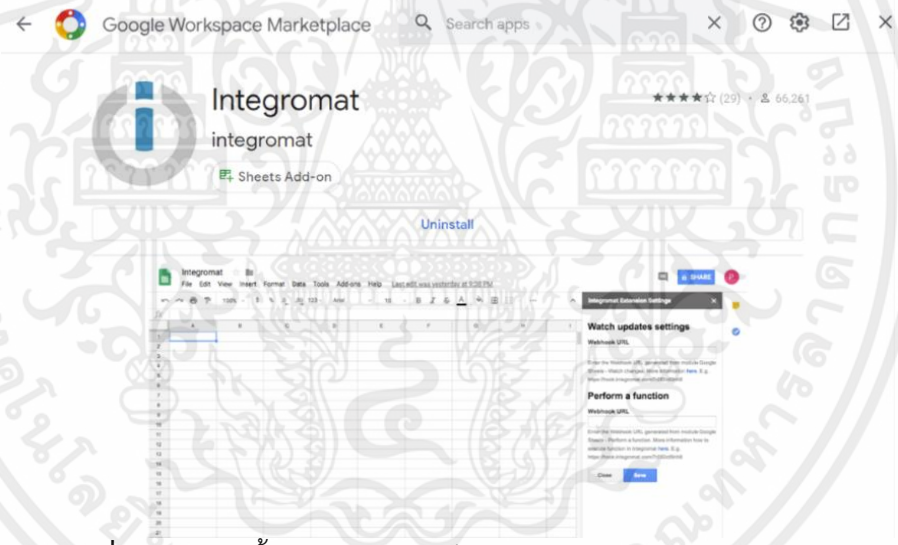


รูปที่ 3.111 Webhook ของ Google Sheets Module

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

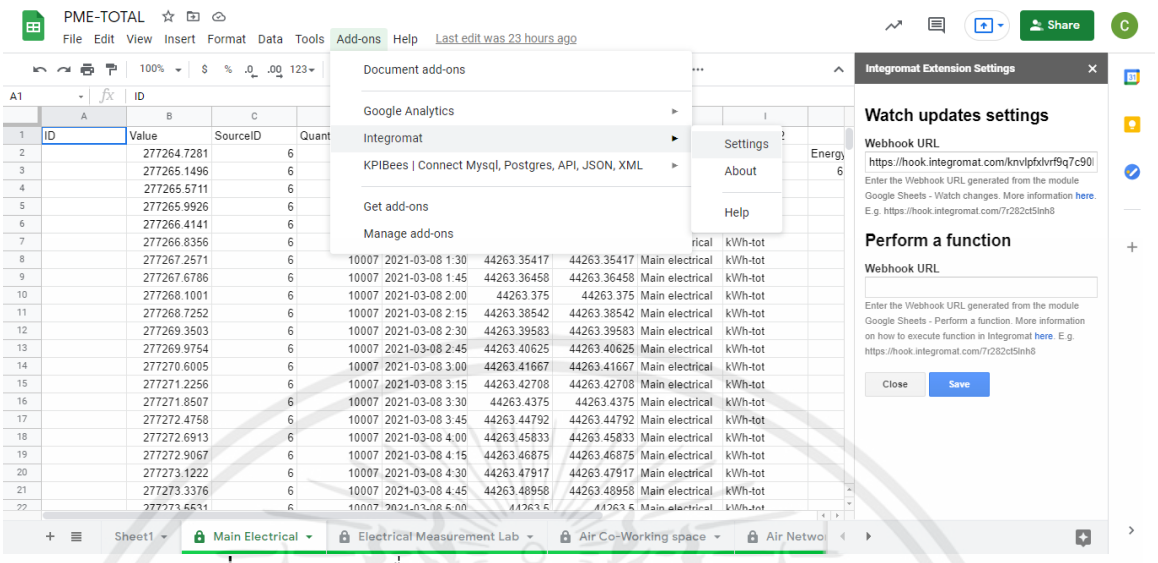


รูปที่ 3.112 การเพิ่มส่วนขยายของ Google Sheets



รูปที่ 3.113 ติดตั้ง Integromat เป็นส่วนขยายของ Google Sheets

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

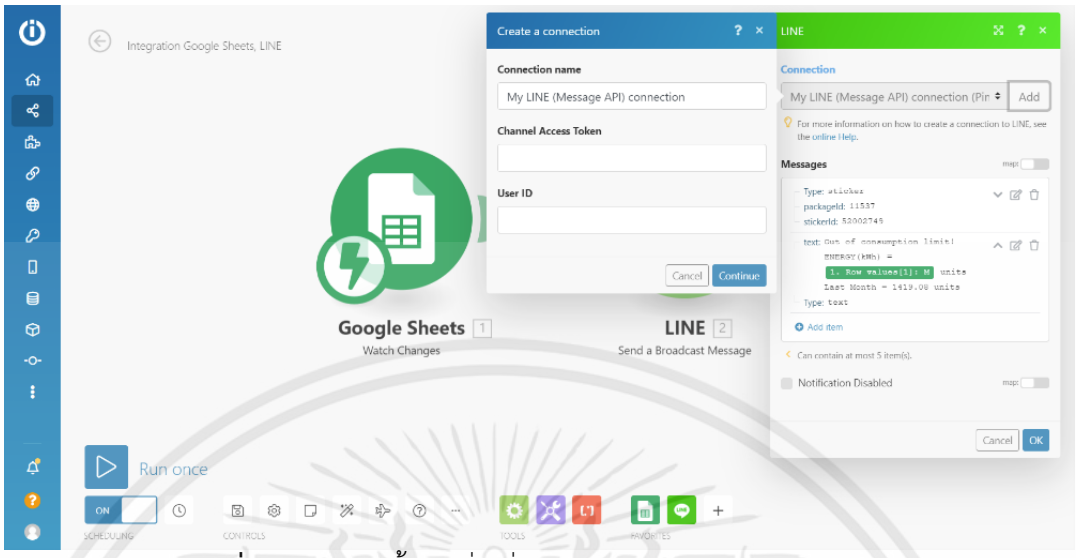


รูปที่ 3.114 การเชื่อมต่อ Google Sheet กับ Integromat Extension โดยใช้ Webhook URL ของ Integromat

3) การสร้าง Line Module เป็น Module Output โดยจะส่ง Broadcast Message เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงจาก Google Sheets Module ตามที่เงื่อนไขกำหนด

รูปที่ 3.115 สร้าง LINE Module แบบ Send a Broadcast Message

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

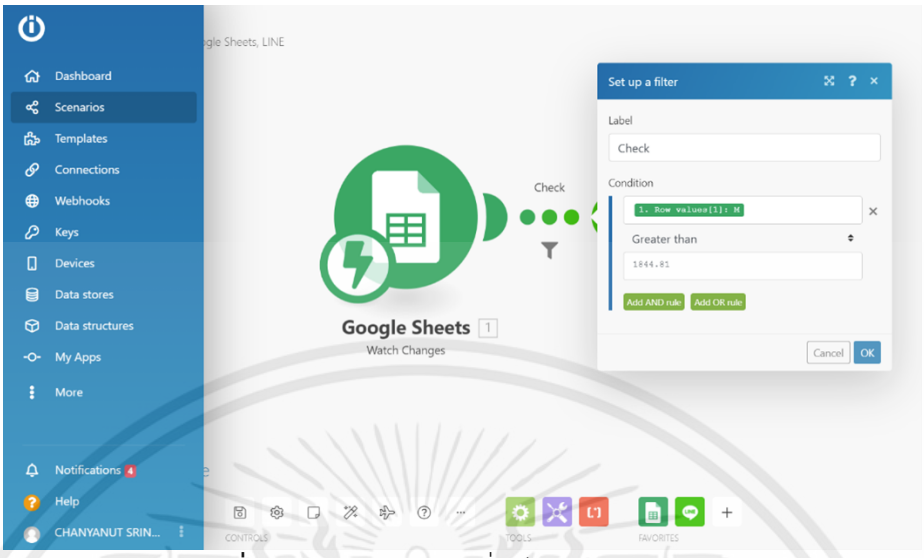


รูปที่ 3.116 การตั้งค่าเพื่อเชื่อมต่อกับ Line official account

รูปที่ 3.117 การกำหนด Broadcast Message

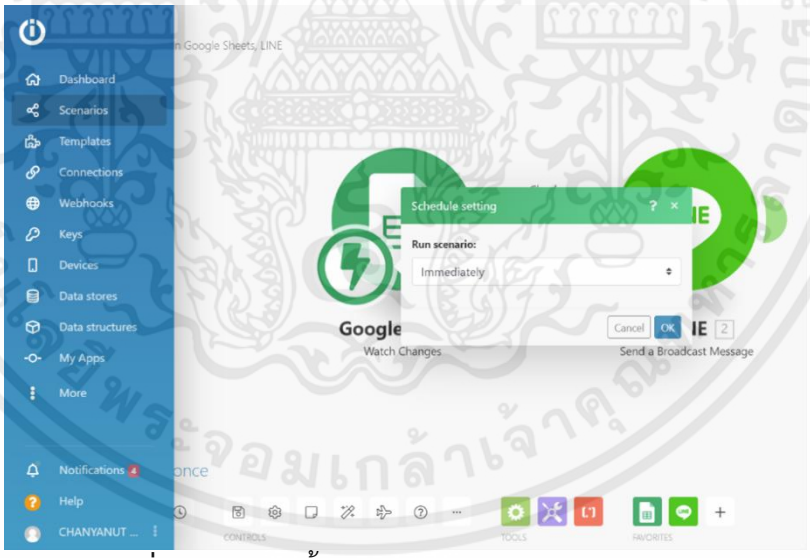
4) การกำหนดเงื่อนไขเพื่อจะทำให้ Output Module ทำงาน โดยจะทำการแจ้งเตือนแบบ Broadcast เมื่อแนวโน้มการใช้ค่าพลังงานไฟฟ้ามีค่าเพิ่มมากกว่าปกติ ซึ่งจะอ้างอิงจากการใช้พลังงานไฟฟ้าของเดือนก่อนหน้า ถ้าค่าพลังงานไฟฟ้าคาดการณ์ต่อเดือน มีค่ามากกว่า 30% ของเดือนก่อนหน้า หรือ 30% ของค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อเดือน จะทำการแจ้งเตือนผ่าน Line official account ทันที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.118 การกำหนดเงื่อนไขในการแจ้งเตือน

และเลือกการอัพเดท scenario แบบ immediately ซึ่งจะทำงานตลอดเวลา และจะทำการแจ้งเตือนเมื่อมีค่าที่ได้รับจาก Google Sheets ตรงตามเงื่อนไขที่กำหนด



รูปที่ 3.119 การตั้งค่า scenario ให้ทำงานตลอดเวลา

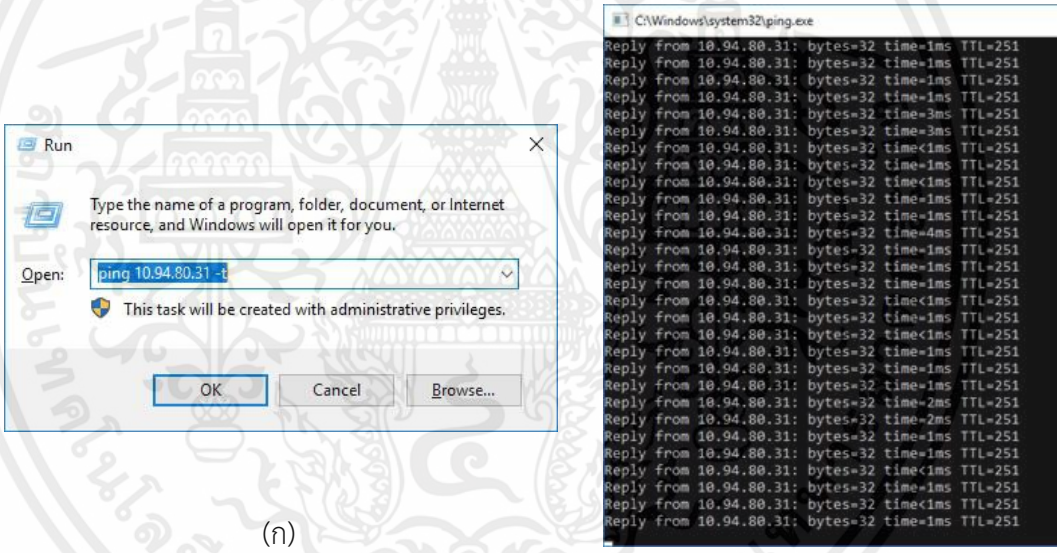
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการดำเนินงาน

4.1 การจัดทำระบบสกาดาสำหรับแสดงผลข้อมูลจากระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติ กรณีศึกษาจากท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ ร่วมกับบริษัท แอมโปล เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด

4.1.1 ทดสอบการทำงานของระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติ (Automatic Meter Reading)

การทดสอบการรับสัญญาณอินพุตหรือสัญญาณเอาต์พุตจากอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อตรวจสอบว่าซอฟต์แวร์บนเครือข่ายของทอท.สามารถติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์ที่ติดตั้งใหม่ได้แล้ว



(ก) (ข)

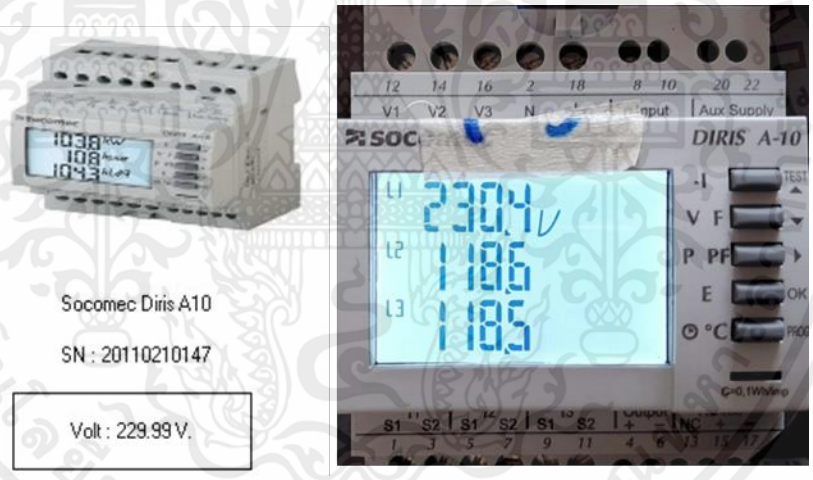
รูปที่ 4.1 (ก) การใช้คำสั่ง Ping ในการตรวจสอบการเชื่อมต่อ
(ข) หน้าต่างแสดงผลการตอบรับจากคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์ของทอท.

จากรูปที่ 4.1(ข) แสดงว่ามีการสื่อสารตอบกลับจากระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติผ่านคอมพิวเตอร์หลักของทอท. จึงทำการทดสอบการอ่านค่าพารามิเตอร์ที่อุปกรณ์ของระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติและระบบสกาดาผ่านซอฟต์แวร์ EcoStruxure Power Monitoring Expert

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ก) (ข)

รูปที่ 4.2 (ก) หน้าต่างแสดงค่าแรงดันไฟฟ้าผ่านโปรแกรม Power Monitoring Expert ส่วน Vista
(ข) การอ่านค่าแรงดันไฟฟ้าจากดิจิตอลมิเตอร์ ยี่ห้อ Schneider รุ่น IEM3255



(ก) (ข)

รูปที่ 4.3 (ก) หน้าต่างแสดงค่าแรงดันไฟฟ้าผ่านโปรแกรม Power Monitoring Expert ส่วน Vista
(ข) การอ่านค่าแรงดันไฟฟ้าจากดิจิตอลมิเตอร์ ยี่ห้อ Socomec รุ่น DIRIS A-10

จากการทดสอบการอ่านค่าพารามิเตอร์ที่อุปกรณ์ของระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติ (AMR) และระบบสกาดาผ่านซอฟต์แวร์ EcoStruxure Power Monitoring Expert ค่าที่อ่านได้มีค่าตรงกัน และสามารถสื่อสารถึงได้ โดยใช้งานคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์ที่อาคาร AMF1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 หน้าต่างแสดงผลสกาดาผ่านซอฟต์แวร์ EcoStruxure Power Monitoring Expert เพื่อแสดงค่าพารามิเตอร์แบบเรียลไทม์

การจัดทำเป็นหน้ากราฟิกเพื่อใช้งานในการแสดงผลของการแสดงค่าพารามิเตอร์แบบเรียลไทม์ด้วยซอฟต์แวร์ EcoStruxure Power Monitoring Expert ในการออกแบบกราฟิกเพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถดูค่าพารามิเตอร์ต่างๆได้สะดวกมากยิ่งขึ้น

รูปที่ 4.4 Overview

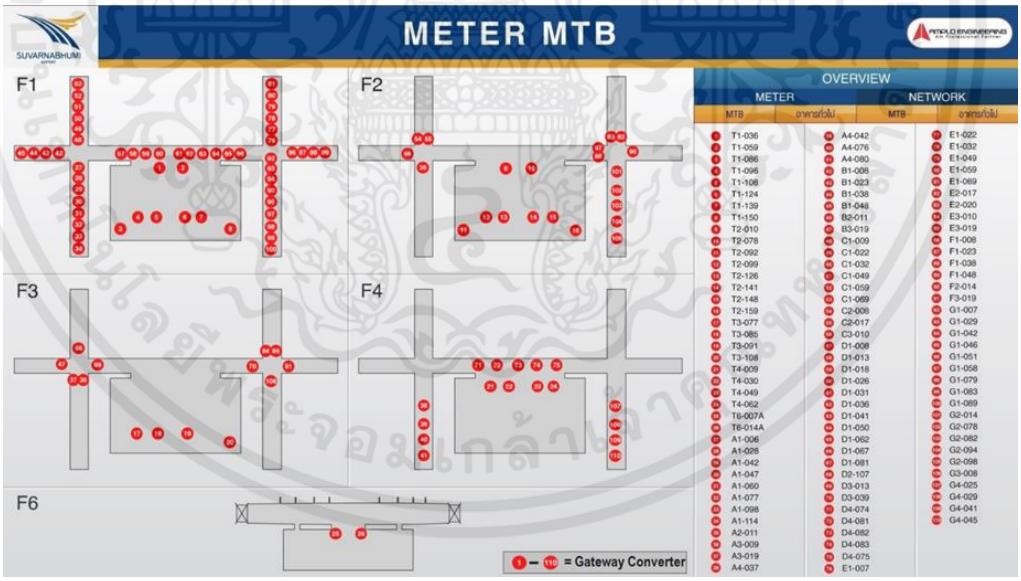
หน้าต่างแสดงผลหน้าแบบ Overview มีการแสดงผลซึ่งเป็นชื่อโซนภายในท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ 12 โซน ได้แก่ โซน METER FREE ZONE, METER MTB, METER LV, NETWORK FREE ZONE,METER อาคารทั่วไป, METER HV, METER RMU FREE ZONE, NETWORK MTB, NETWORK LV, NETWORK RMU FREE ZONE, NETWORK อาคารทั่วไป และโซนNETWORK HV

เมื่อกดเข้าไปที่โซน METER FREEZONE หรือเขตปลอดภาษีอากรของท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ จะมีการปรากฏหน้ากราฟิกในส่วนของตัวอาคาร ทั้งหมด 15 อาคาร ได้แก่ อาคาร WH4, WH3, S1, WH2, WH1, P1, BFZ, CI, BC1, P2, A04, A03, A02, A01 และอาคาร CE ที่ได้ทำการติดตั้งระบบ AMR เพื่อเก็บค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในแต่ละอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.5 หน้าต่างแสดงอาคารในโซน METER FREEZONE

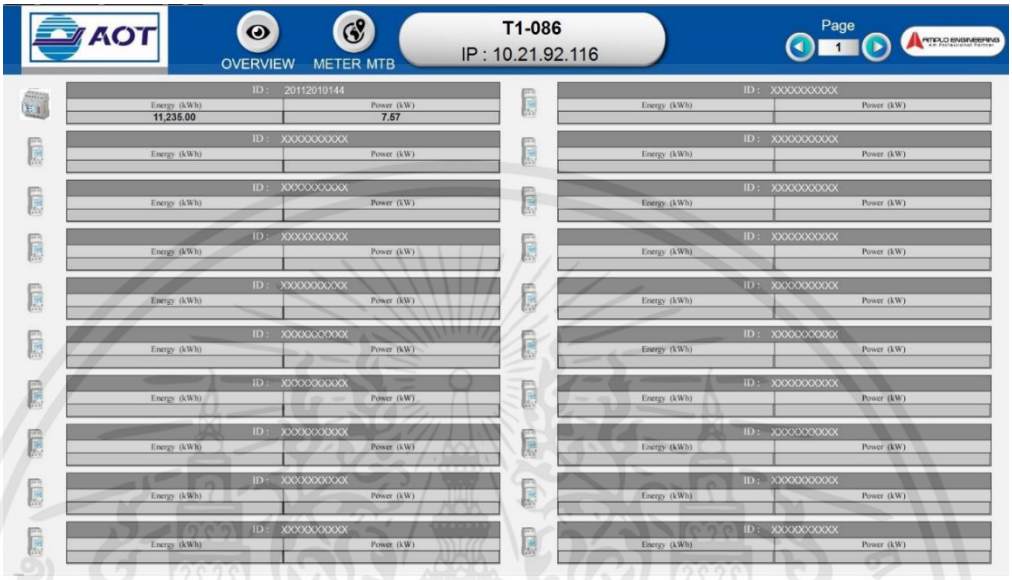
หน้าต่างของปุ่มกด OVERVIEW ในรูปที่ 4.5 ทำให้สามารถมองเห็นกราฟิกแสดงตำแหน่งดิจิตอลมิเตอร์ของระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติตามจุดต่าง ๆ ภายในอาคารได้



รูปที่ 4.6 หน้าต่างแสดงตำแหน่งดิจิตอลมิเตอร์ภายในอาคาร METER MTB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าต่างแสดงผลเมื่อกดเลือกตำแหน่งดิจิตอลมิเตอร์ที่ตำแหน่ง T1-086 จะแสดงหน้าต่างกราฟิกที่มีค่า Energy (kWh) และ Power (kW) ปรากฏอยู่แบบเรียลไทม์

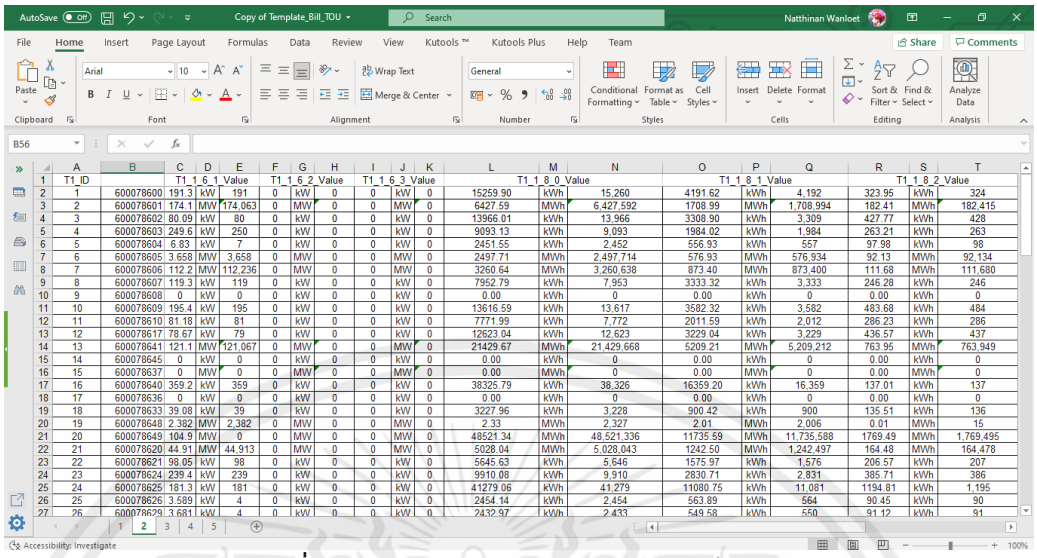


รูปที่ 4.7 หน้าแสดงค่า Energy (kWh) และ Power (kW) ของมิเตอร์ที่ตำแหน่ง T1-086

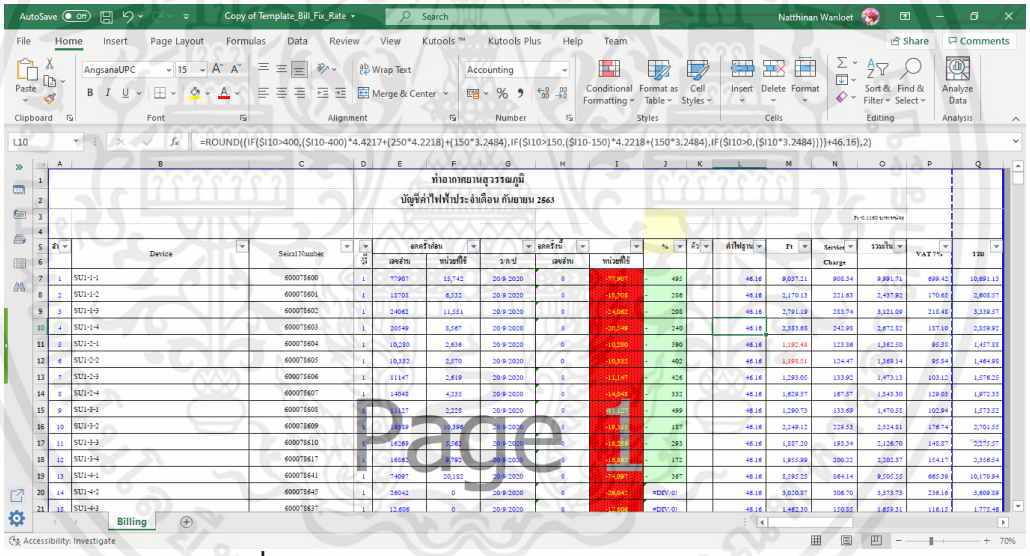
4.1.3 การนำข้อมูลมาคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้าให้อยู่ในรูปใบเสร็จค่าไฟฟ้าประจำเดือน (Billing)

เมื่อทำการเก็บข้อมูลค่าพลังงานไฟฟ้าที่ต้องการใช้คำนวณแล้ว โปรแกรมจะทำการคำนวณแบบเรียลไทม์ โดยที่โปรแกรมคำนวณและประมวลผลออกมาให้เรียบร้อย จะแสดงผลว่า ณ เวลาที่ทำการเก็บค่าพลังงานไฟฟ้ามียอดรวมค่าไฟฟ้าทั้งหมดล่าสุดกี่บาท และบอกรายละเอียดเกี่ยวกับองค์ประกอบค่าไฟฟ้าในการคำนวณยอดรวมค่าไฟฟ้า ซึ่งหน้าโปรแกรมที่ออกแบบจะมี 3 ส่วน คือ ส่วนการแสดงข้อมูลค่าพลังงานไฟฟ้า ดังรูปที่ 4.8 ส่วนการแสดงผลการคำนวณแบบอัตราปกติ ดังภาพที่ 4.9 และส่วนการแสดงผลการคำนวณอัตรา TOU ดังรูปที่ 4.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 ส่วนการแสดงข้อมูลค่าพลังงานไฟฟ้า



รูปที่ 4.9 ส่วนการแสดงผลการคำนวณแบบอัตราปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเภทที่ 3 กิจการขนาดกลาง อัตรา 3.2 (อัตรา TOU)					
ผู้ใช้ไฟฟ้ามีการใช้ไฟฟ้าดังนี้	AMR.SU1-1-1			AMR.SU1-1-1	
รหัสแรงดันไฟฟ้า	2	1=แรงดัน69kVขึ้นไป, 2=แรงดัน12-24kV, 3=แรงดันต่ำกว่า12kV		Rate Demand	132.93
ความต้องการพลังไฟฟ้าช่วง On Peak	0	กิโลวัตต์		Rate Energy (	4.2097
ความต้องการพลังไฟฟ้าช่วง Off Peak	0	กิโลวัตต์		Rate Energy (	2.6295
พลังงานไฟฟ้า	0	หน่วย			
พลังงานไฟฟ้าช่วง On Peak	0	กิโลวัตต์-ชั่วโมง			
พลังงานไฟฟ้าช่วง Off Peak	0	กิโลวัตต์-ชั่วโมง			
ความต้องการพลังไฟฟ้ารีแอคตีฟ	0	กิโลวาร์			
การปรับอัตราค่าไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ (F_t)	-11.60	สตางค์/หน่วย			
ส่วนที่ 1 ค่าไฟฟ้าฐาน					
1. ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า	= ค่าความต้องการพลังไฟฟ้าช่วง On Peak x อัตราค่าพลังไฟฟ้าช่วง On Peak				
	=(0 x 132.93)	0.00	บาท		
2. ค่าพลังงานไฟฟ้า	= (จำนวนพลังงานไฟฟ้าช่วง On Peak x อัตราค่าไฟฟ้าช่วง On Peak) + (จำนวนพลังงานไฟฟ้าช่วง Off Peak x อัตราค่าไฟฟ้าช่วง Off Peak)				
	=(0x4.2097)+(0x2.6295)	0.00	บาท		
3. ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์	= จำนวน KVar ที่เกินกว่าร้อยละ 61.97 ของ kW				
จำนวนกิโลวาร์ที่คิดเงิน	= 0 – (0 x 0.6197)	0	กิโลวาร์		
จำนวนเงิน	= 0 x 56.07	0.00	บาท		
4. ค่าบริการ		312.24	บาท		
รวมค่าไฟฟ้าฐาน	= 0 + 0 + 0 + 312.24	**312.24**	**บาท**		
ส่วนที่ 2 ค่าไฟฟ้าผันแปร (F_t)					
จำนวนพลังงานไฟฟ้า x ค่า F_t	= 0 x -0.116	**0.00**	**บาท**		
ส่วนที่ 3 Service Charge 5%					
(ค่าไฟฟ้าฐาน + ค่า F_t) x5/100	= (312.24+0) x 5/100	15.61			
ส่วนที่ 3 ค่าภาษีมูลค่าเพิ่ม 7%					
(ค่าไฟฟ้าฐาน + ค่า F_t + Service Charge) x7/100	= (312.24 + 0+15.61) x 7/100	22.95	บาท		
รวมเงินค่าไฟฟ้า	**= 312.24+0+15.61+22.95**	**350.80**	**บาท**		

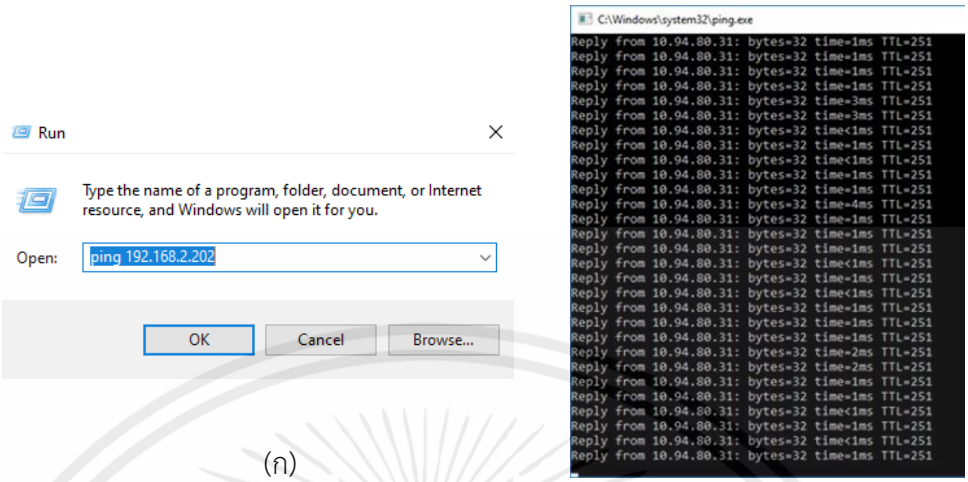
รูปที่ 4.10 ส่วนการแสดงผลการคำนวณอัตรา TOU

4.2 การจัดทำระบบสกาดาสำหรับแสดงผลข้อมูลจากระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติภายในตึกภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

4.2.1 ทดสอบการทำงานของระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติ (Automatic Meter Reading)

การทดสอบนี้จะเป็นการเก็บค่าพลังงานไฟฟ้า (kWh) และค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า (kW) เพื่อนำมาใช้หาหน่วยไฟฟ้าที่ใช้งานและอัตราค่าไฟฟ้าต่อเดือน จากตู้ไฟฟ้าภายในตึกภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม โดยใช้ในการสื่อสารข้อมูลผ่านคอนเวอร์เตอร์รุ่น DR-302 ในการอ่านค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ดังนั้นจึงมีการทดสอบการสื่อสารข้อมูลระหว่างคอนเวอร์เตอร์รุ่น DR-302 และคอมพิวเตอร์หลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

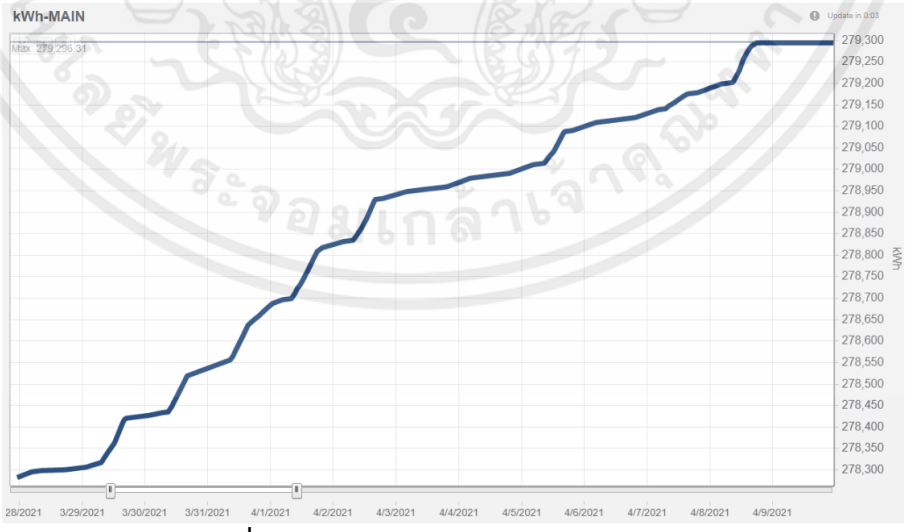


(ก)

(ข)

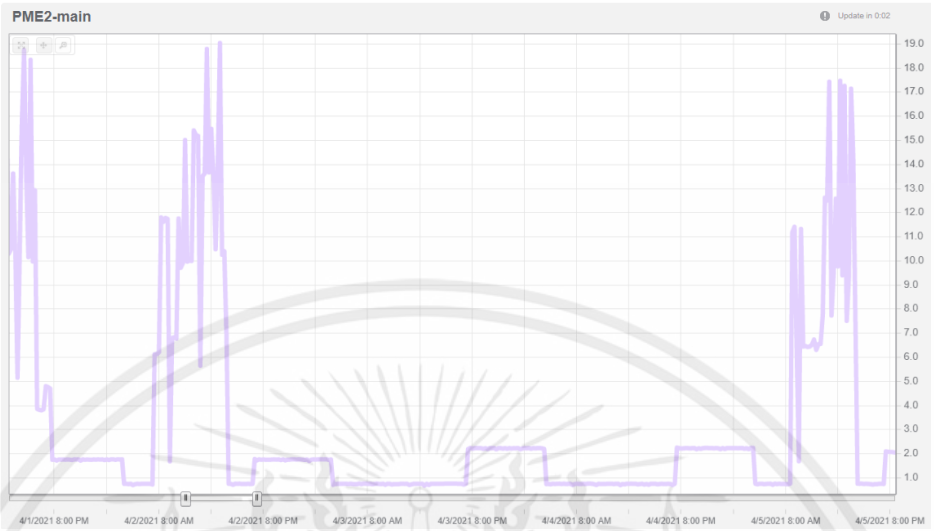
รูปที่ 4.11 (ก) การใช้คำสั่ง Ping ในการตรวจสอบการเชื่อมต่อ
(ข) หน้าต่างแสดงผลการตอบกลับจากคอนเวอร์เตอร์รุ่น DR-302

เมื่อมีการสื่อสารข้อมูลระหว่างคอนเวอร์เตอร์รุ่น DR-302 และคอมพิวเตอร์หลัก จะมีการตอบกลับผ่านหน้าต่าง Command Prompt ดังรูปที่ 4.9 (ข) เพื่อแสดงว่าระบบมีการสื่อสารถึงกันแล้ว และทำการทดสอบการอ่านค่าพลังงานไฟฟ้า (kWh) ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า(kW) และค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้ารีแอ็กทีฟ (kVar) เมื่อเก็บค่าเรียบร้อยนำค่าที่ได้มาเขียนกราฟแสดงการใช้ค่าพลังงานไฟฟ้า (kWh) และค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า (kW)



รูปที่ 4.12 แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้า (kWh)

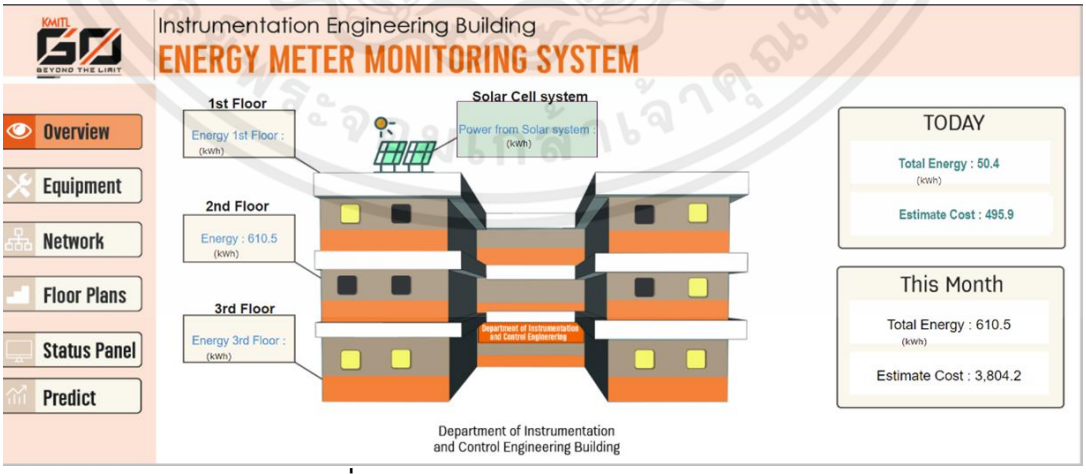
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 แสดงค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า (kW)

โดยจากกราฟจะเห็นได้ว่ากราฟแสดงการใช้ค่าพลังงานไฟฟ้า(kWh) มีแนวโน้มสูงขึ้นตลอดทั้งกราฟ เนื่องจากเป็นหน่วยไฟฟ้าที่บอกถึงปริมาณของพลังงานไฟฟ้าที่ใช้งานภายในอาคาร เมื่อมีการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงขึ้นก็จะทำให้กราฟสูงขึ้น เสมือนเป็นการสะสมค่าพลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นไป ส่วนกราฟค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า(kW) เป็นการวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วงเวลาที่ทำการเก็บบันทึกค่า

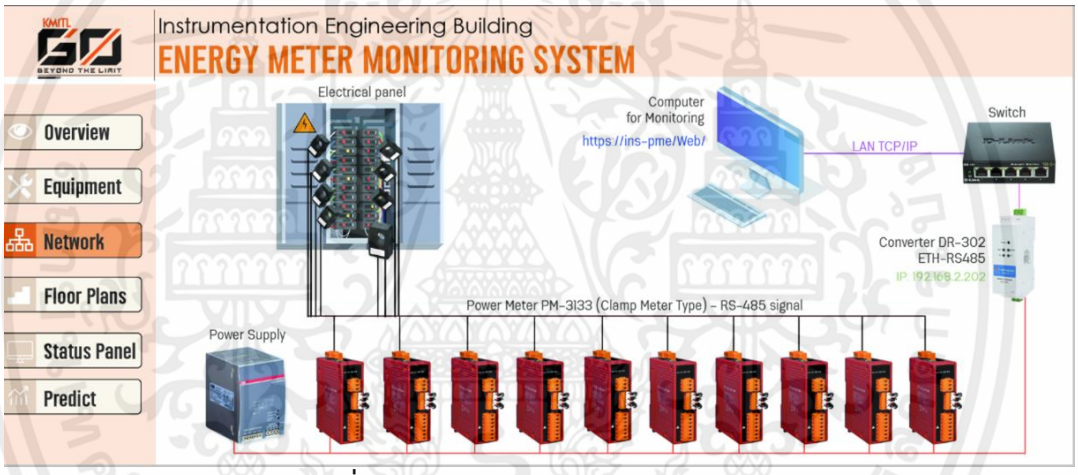
4.2.2 หน้าต่างแสดงผลสกาดาผ่านซอฟต์แวร์ EcoStruxure Power Monitoring Expert ส่วน Vista เพื่อแสดงค่าพารามิเตอร์แบบเรียลไทม์ ตามการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร



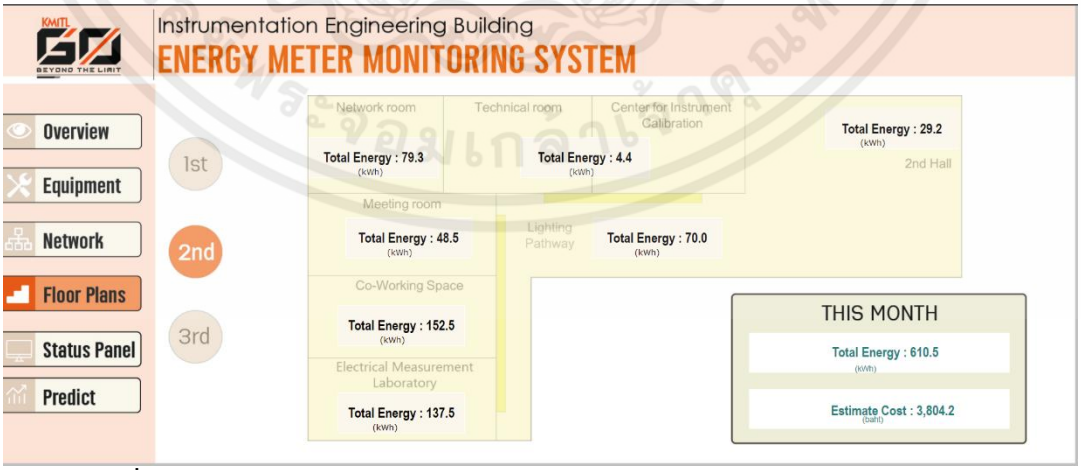
รูปที่ 4.14 การแสดงผลในหน้า Overview

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.15 การแสดงผลในหน้า Equipment

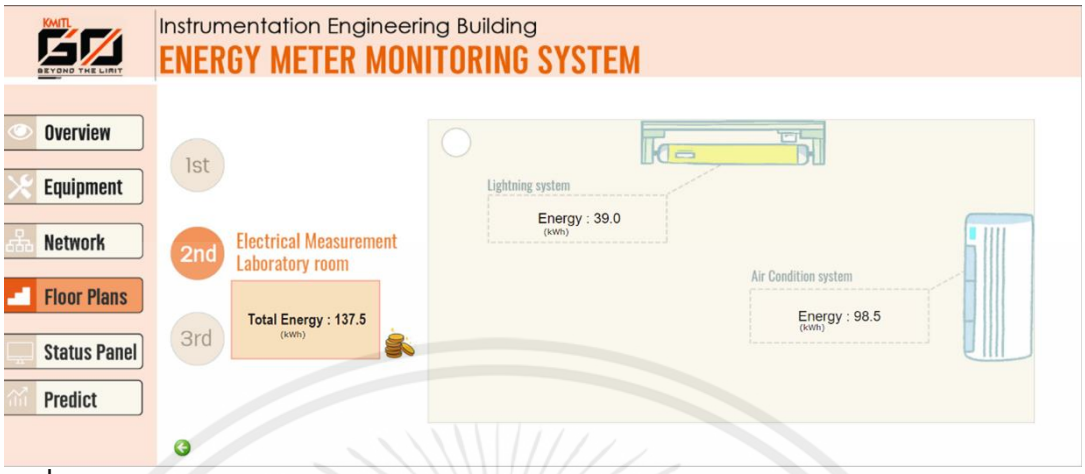


รูปที่ 4.16 การแสดงผลในหน้า Network

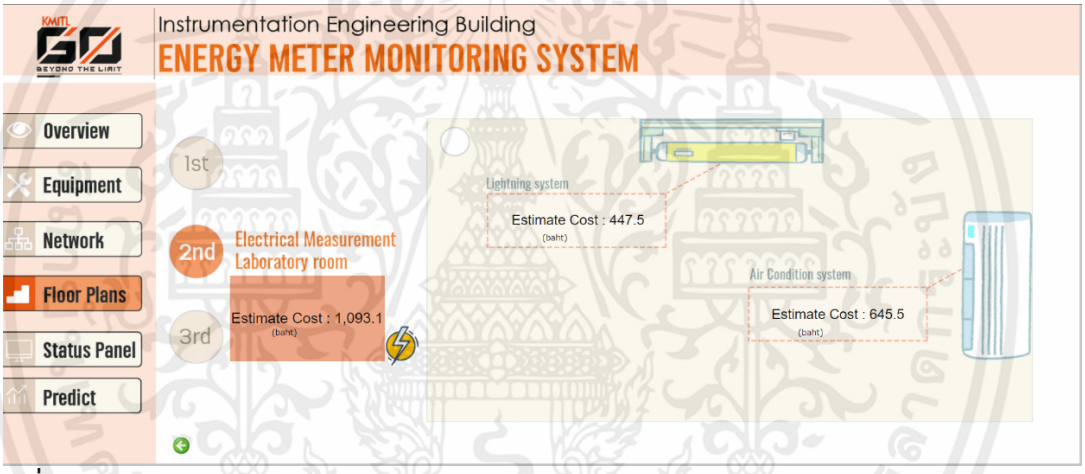


รูปที่ 4.17 แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้า และค่าใช้จ่ายโดยประมาณของ 2nd Floor

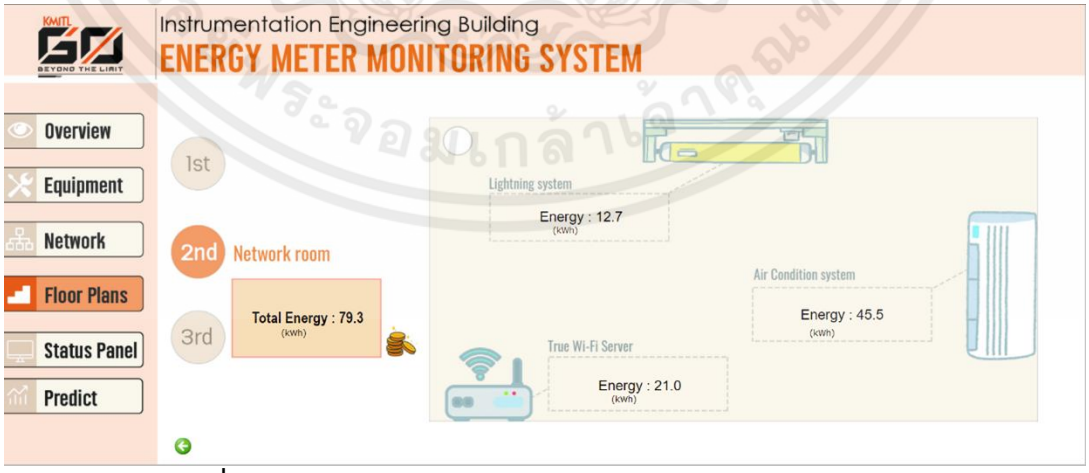
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.18 แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในห้อง Electrical Measurement Laboratory room

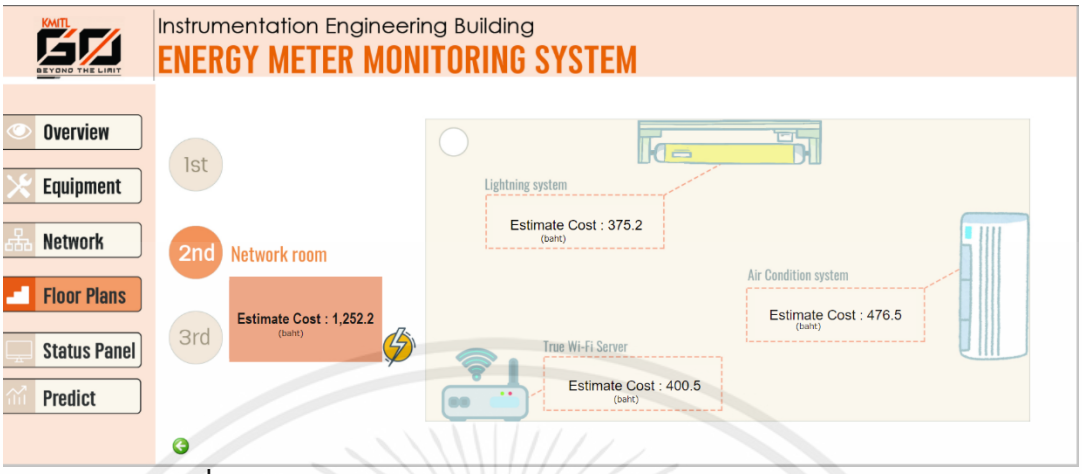


รูปที่ 4.19 แสดงค่าใช้จ่ายโดยประมาณภายในห้อง Electrical Measurement Laboratory room

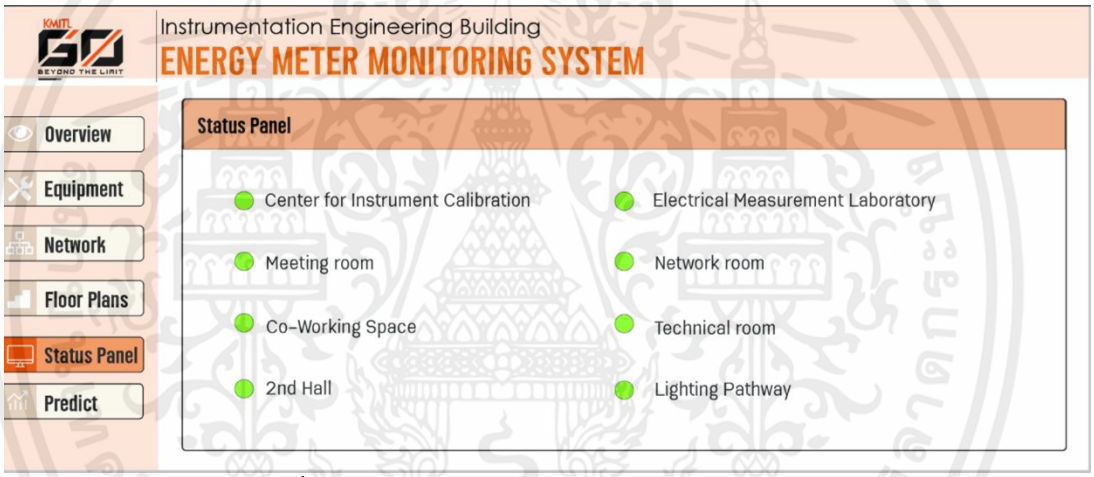


รูปที่ 4.20 แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในห้อง Network room

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



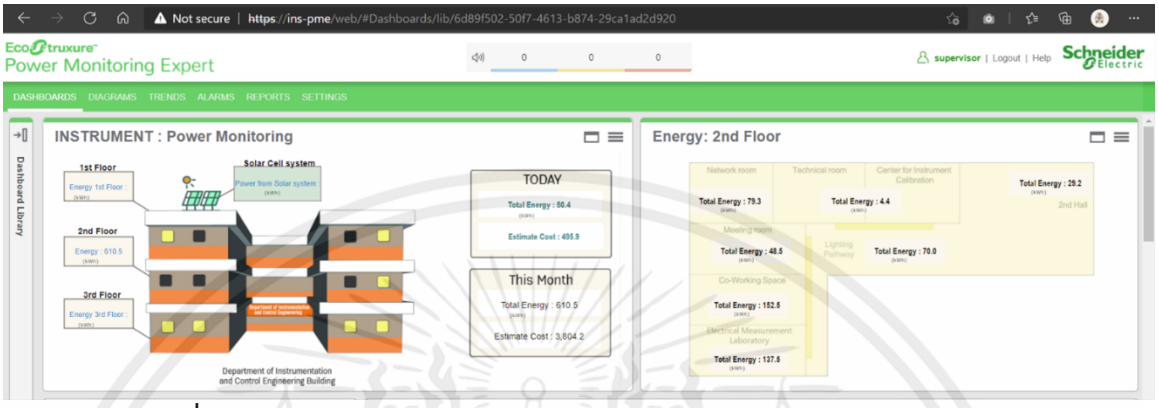
รูปที่ 4.21 แสดงค่าใช้จ่ายโดยประมาณภายในห้อง Network room



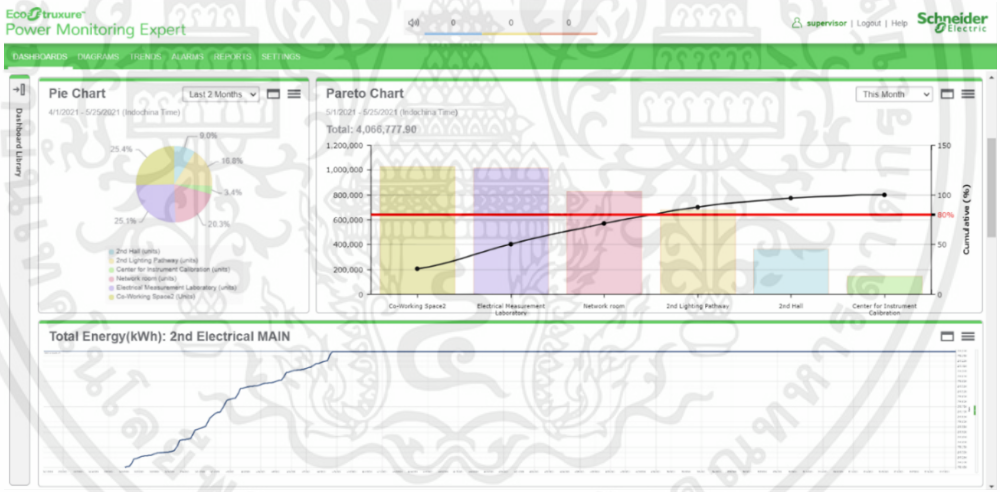
รูปที่ 4.22 แสดงสถานการณ์ทำงานของแต่ละมิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 หน้าต่างแสดงผลสกาดาและ Dashboard ผ่านเว็บไซต์ https://ins-pme/Web/ เพื่อแสดงค่าพารามิเตอร์แบบเรียลไทม์ตามที่กำหนดไว้

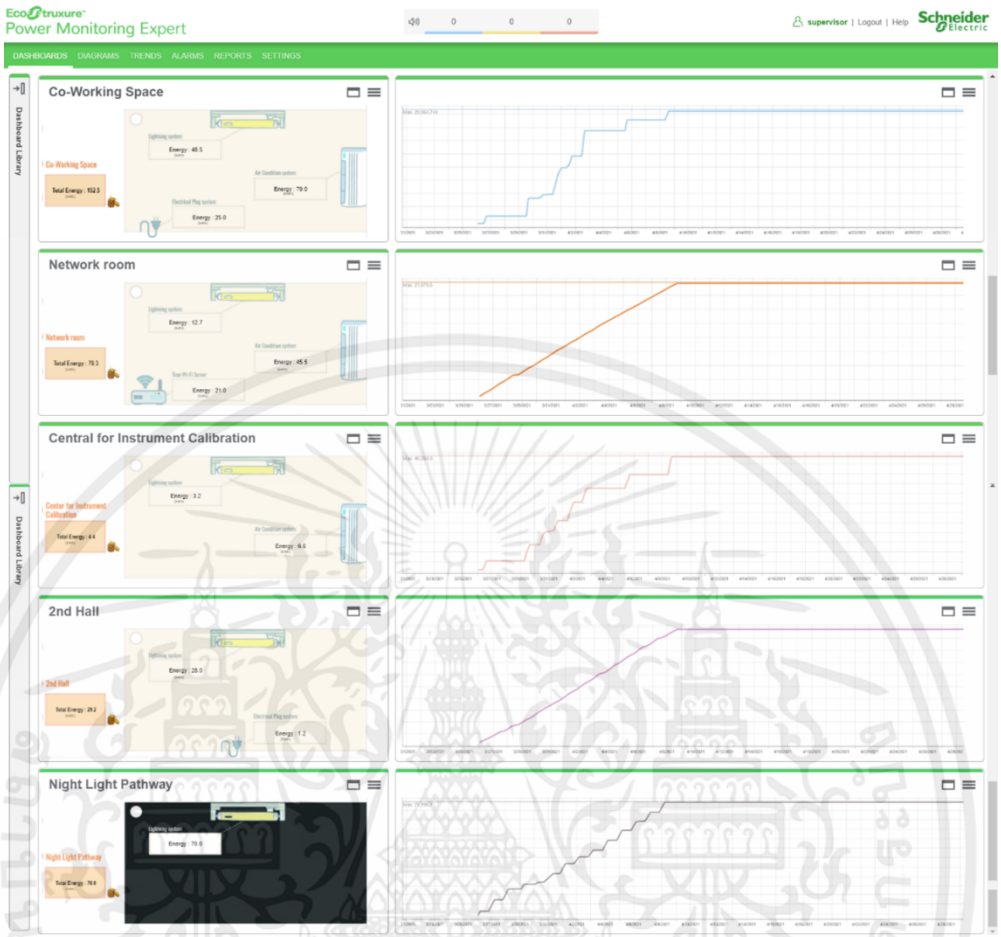


รูปที่ 4.23 Dashboard แสดงค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า, ค่าใช้จ่ายโดยประมาณ และกราฟการใช้พลังงานไฟฟ้าของทั้งอาคารโดยรวม และของแต่ละห้องในอาคาร



รูปที่ 4.24 Dashboard แสดงกราฟเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าแต่ละห้องภายในอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

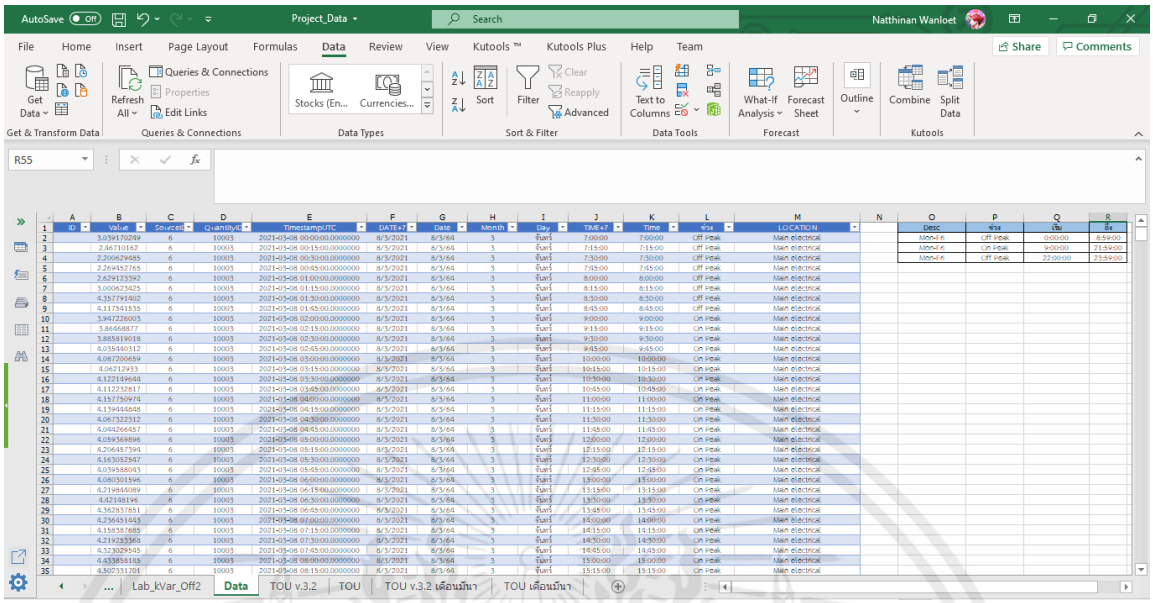


รูปที่ 4.25 Dashboard แสดงค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า, ค่าใช้จ่ายโดยประมาณ และกราฟการใช้พลังงานไฟฟ้าของแต่ละห้องในอาคาร

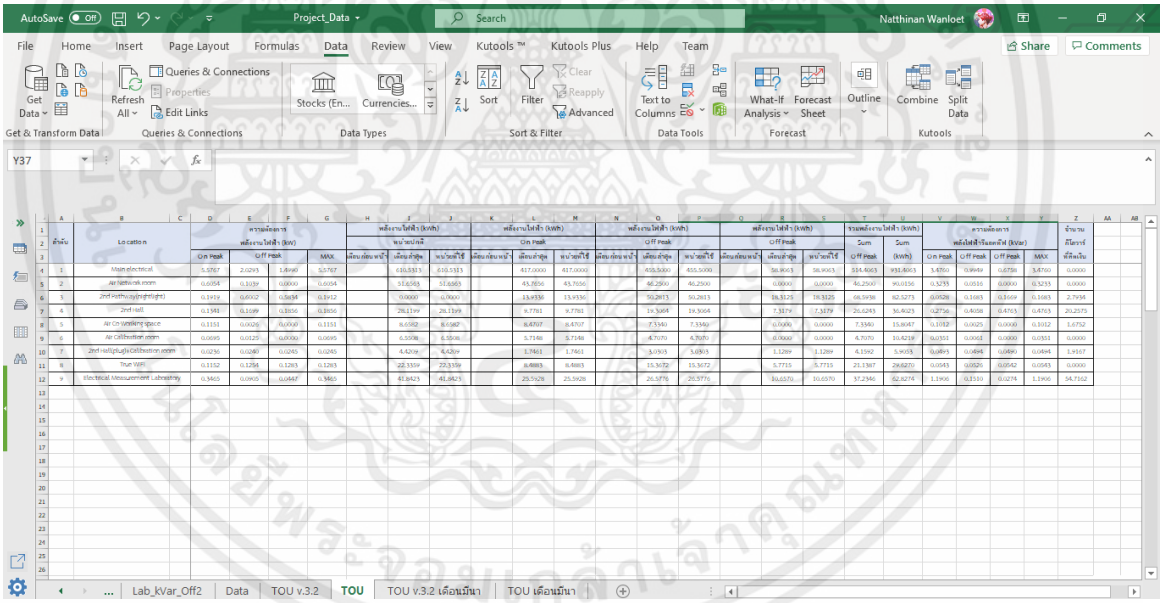
4.2.4 การนำข้อมูลมาคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้าให้อยู่ในรูปใบเสร็จค่าไฟฟ้าประจำเดือน (Billing)

เมื่อได้องค์ประกอบค่าไฟฟ้าและสมการสำหรับคำนวณใบเสร็จค่าไฟฟ้ามาแล้ว จึงได้ทำการอออกแบบหน้าตาของโปรแกรมเพื่อให้ผู้ใช้งานโปรแกรมสามารถใช้งานได้ง่าย โดยใช้ Microsoft Excel ในการช่วยให้การจัดการข้อมูลให้สามารถใช้งานง่ายมากยิ่งขึ้น ซึ่งหน้าโปรแกรมที่ออกแบบจะมี 3 ส่วน คือ ส่วนการแสดงข้อมูลค่าพลังงานไฟฟ้าทุก ๆ 15 นาที ดังรูปที่ 4.24 ส่วนการแสดงข้อมูลค่าพลังงานไฟฟ้ารายเดือนดังภาพที่ 4.25 และส่วนของหน้าที่ใช้แสดงผลการคำนวณ ดังรูปที่ 4.26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.26 หน้าโปรแกรมแสดงข้อมูลค่าพลังงานไฟฟ้าทุก ๆ 15 นาที



รูปที่ 4.27 หน้าโปรแกรมแสดงข้อมูลค่าพลังงานไฟฟ้ารายเดือน

เมื่อทำการเก็บข้อมูลค่าพลังงานไฟฟ้าที่ต้องการใช้คำนวณแล้ว โปรแกรมจะทำการคำนวณตามที่ได้กล่าวไปในบทที่ 3 แบบเรียลไทม์ โดยที่โปรแกรมคำนวณและประมวลผลออกมาให้เรียบร้อย จะแสดงผลว่า ณ เวลาที่ทำการเก็บค่าพลังงานไฟฟ้ามียอดรวมค่าไฟฟ้าทั้งหมดล่าสุดกี่บาท และบอกรายละเอียดเกี่ยวกับองค์ประกอบค่าไฟฟ้าในการคำนวณยอดรวมค่าไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 4.26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตึกภาควิศวกรรมการวัดคุม

บัญชีค่าไฟฟ้าประจำเดือน เมษายน 2564 (ประเภทที่ 3.2 กิจการขนาดกลาง)

ลำดับ	Location	ประเภท	จดครั้งก่อนหน้า		ว/ด/ป	จดครั้งล่าสุด		%	ตัวคูณ	ค่าไฟฟ้าฐาน (บาท)	ค่าไฟฟ้าผันแปร (บาท)	Service Charge	รวมเงิน (บาท)	VAT 7% (บาท)	รวมทั้งหมด (บาท)
			เลขอ่าน	หน่วยที่ใช้		เลขอ่าน	หน่วยที่ใช้								
1	Main electrical	TOU	TOU			TOU									
2	Air Network room	TOU	TOU			TOU									
3	2nd Pathway(nightlight)	TOU	TOU			TOU									
4	2nd Hall	TOU	TOU			TOU									
5	Air Co-Woriking space	TOU	TOU			TOU									
6	Air Calibration room	TOU	TOU			TOU									
7	2nd Hall(plug)+Calibration room	TOU	TOU			TOU									
8	True WIFI	TOU	TOU			TOU									
9	Electrical Measurement Laboratory	TOU	TOU			TOU									
														รวม	-

รูปที่ 4.28 หน้าโปรแกรมแสดงผลสำหรับการแสดงผลการคำนวณ

ตึกภาควิศวกรรมการวัดคุม

บัญชีค่าไฟฟ้าประจำเดือน เมษายน 2564 (ประเภทที่ 3.2 กิจการขนาดกลาง)

ลำดับ	Location	ประเภท	จดครั้งก่อนหน้า		ว/ด/ป	จดครั้งล่าสุด		%	ตัวคูณ	ค่าไฟฟ้าฐาน (บาท)	ค่าไฟฟ้าผันแปร (บาท)	Service Charge	รวมเงิน (บาท)	VAT 7% (บาท)	รวมทั้งหมด (บาท)
			เลขอ่าน	หน่วยที่ใช้		เลขอ่าน	หน่วยที่ใช้								
1	Main electrical	TOU	TOU	1,419	8/04/2564	TOU	611	43		4,646.39	- 142.69	225.19	4,728.89	331.02	5,059.91
2	Air Network room	TOU	TOU	745	8/04/2564	TOU	52	7		750.82	- 13.79	36.85	773.88	54.17	828.05
3	2nd Pathway(nightlight)	TOU	TOU	865	8/04/2564	TOU	70	8		596.23	- 12.64	29.18	612.77	42.89	655.66
4	2nd Hall	TOU	TOU	790	8/04/2564	TOU	28	4		473.47	- 5.59	23.39	491.27	34.39	525.66
5	Air Co-Woriking space	TOU	TOU	665	8/04/2564	TOU	9	1		394.11	- 2.42	19.58	411.27	28.79	440.06
6	Air Calibration room	TOU	TOU	806	8/04/2564	TOU	7	1		363.99	- 1.60	18.12	380.51	26.64	407.15
7	2nd Hall(plug)+Calibration room	TOU	TOU	825	8/04/2564	TOU	4	1		337.63	- 0.90	16.84	353.57	24.75	378.32
8	True WIFI	TOU	TOU	933	8/04/2564	TOU	22	2		428.95	- 4.54	21.22	445.63	31.19	476.82
9	Electrical Measurement Laboratory	TOU	TOU	772	8/04/2564	TOU	42	5		647.99	- 9.62	31.92	670.29	46.92	717.21
														รวม	9,488.85

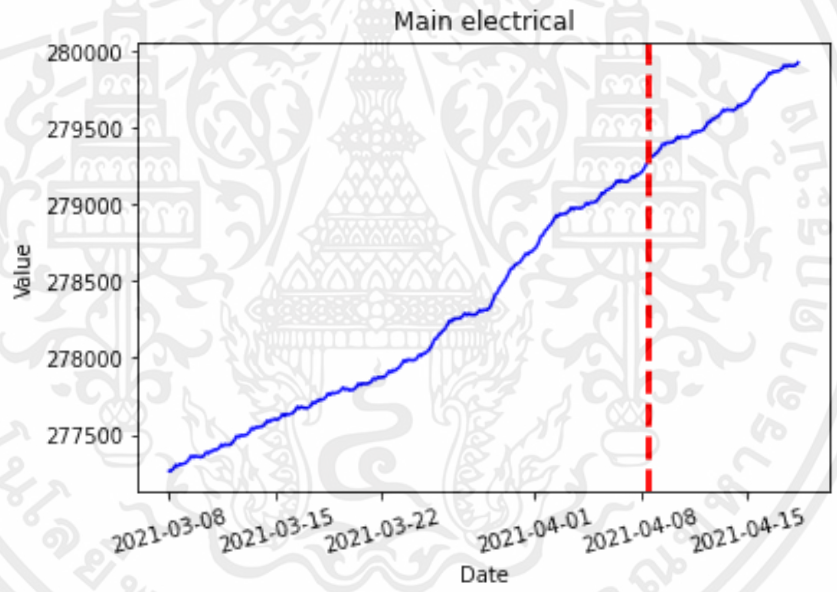
รูปที่ 4.29 หน้าโปรแกรมแสดงผลการคำนวณ

จากผลการคำนวณของโปรแกรมดังรูปที่ 4.27 ที่ได้ทำการเก็บข้อมูลทั้งหมด 9 จุด ได้แก่ สายไฟเมน (Main electrical), แอร์ห้องปฏิบัติการ (Air Network room), หลอดไฟทางเดินกลางคืนชั้น 2 (2nd Pathway(nightlight)), 2nd Hall, แอร์ห้อง Co-Working (Air Co-Woriking space), แอร์ห้องสอบเทียบ (Air Calibration room) , ปลั๊กไฟทางเดินและห้องสอบเทียบ (2nd Hall(plug)+Calibration room), เราเตอร์ True WIFI (True WIFI) และห้อง Electrical Measurement Laboratory ตั้งแต่วันที่ 8 มีนาคม 2564 ถึงวันที่ 8 เมษายน 2564 ซึ่งเดือนเมษายนได้ค่าพลังงานไฟฟ้า (kWh) ดังนี้ 611, 52, 70, 28, 9, 7, 4, 22 และ 42 ตามลำดับ เมื่อผ่านการคำนวณของโปรแกรมจะได้ยอดรวมค่าไฟฟ้าทั้งหมดประจำเดือนเมษายน คือ 9,488.85 บาท จะเห็นได้ว่าโปรแกรมช่วยในการคำนวณใบเสร็จค่าไฟฟ้าให้มีความถูกต้องและรวดเร็วมากยิ่งขึ้น และลดการเกิดปัญหาความผิดพลาดจากความผิดพลาดของมนุษย์ (Human Error) หรือทุจริตในการจดค่ายูนิตมิเตอร์และช่วยลดขั้นตอนการทำงานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

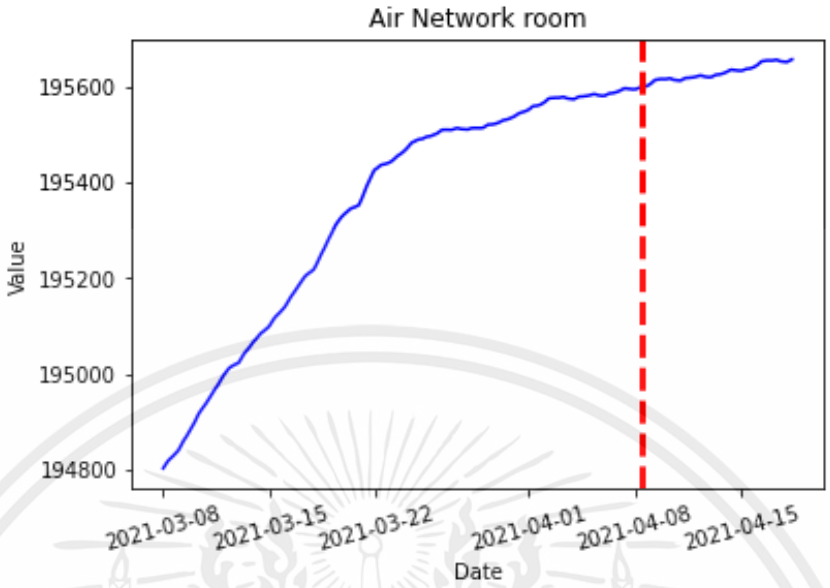
4.2.5 ทดสอบการพยากรณ์การใช้ค่าพลังงานไฟฟ้าด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ผ่านโปรแกรมภาษา Python

การพยากรณ์ค่าพลังงานไฟฟ้าในครั้งนี้ใช้การวิเคราะห์ด้วย Prophet ซึ่งเป็นโมดูลขอไลบรารี่ FBProphet ด้วยโปรแกรมภาษา Python ผ่านบริการ Google Colaboratory ซึ่งโฮสต์โปรแกรม Jupyter Notebook บน Cloud ด้วยข้อมูลค่าพลังงานไฟฟ้าตั้งแต่วันที่ 8 มีนาคม 2564 ถึง 8 เมษายน 2564 และทำการพยากรณ์ต่อเป็นจำนวน 10 วัน จนถึงวันที่ 18 เมษายน 2564 โดยจำแนกข้อมูลค่าพลังงานไฟฟ้าที่เก็บเพื่อการพยากรณ์ ดังนี้ Main electrical, Air Network room, 2nd Pathway(nightlight), 2nd Hall, Air Co-Woriking space, Air Calibration room, 2nd Hall(plug)+Calibration room, True WIFI และ Electrical Measurement Laboratory ซึ่งให้ผลของการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

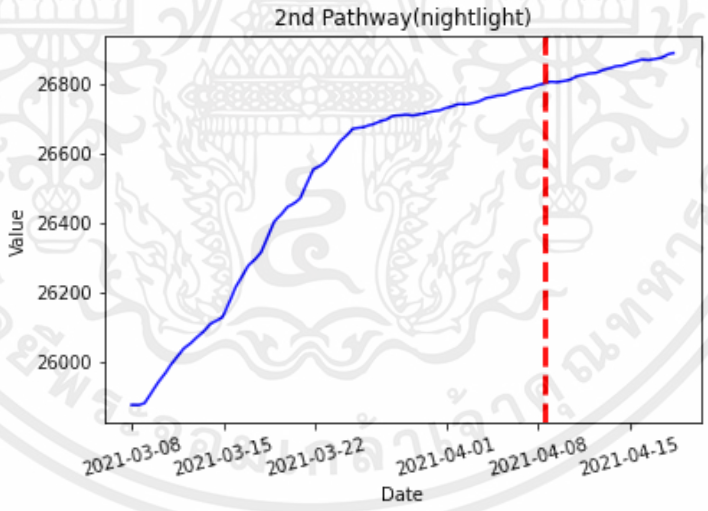


รูปที่ 4.30 ข้อมูลค่าพลังงานไฟฟ้าและผลของการพยากรณ์หลังวันที่ 8 เมษายน 2564 ของ Main electrical

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

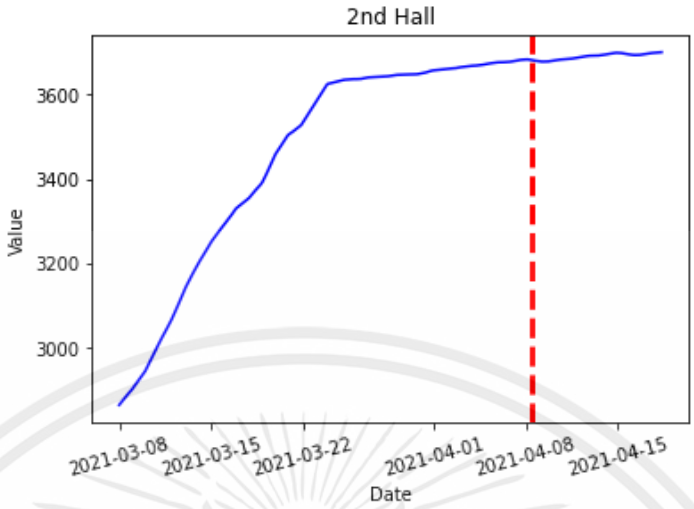


รูปที่ 4.31 ข้อมูลค่าพลังงานไฟฟ้าและผลของการพยากรณ์หลังวันที่ 8 เมษายน 2564 ของ Air Network room

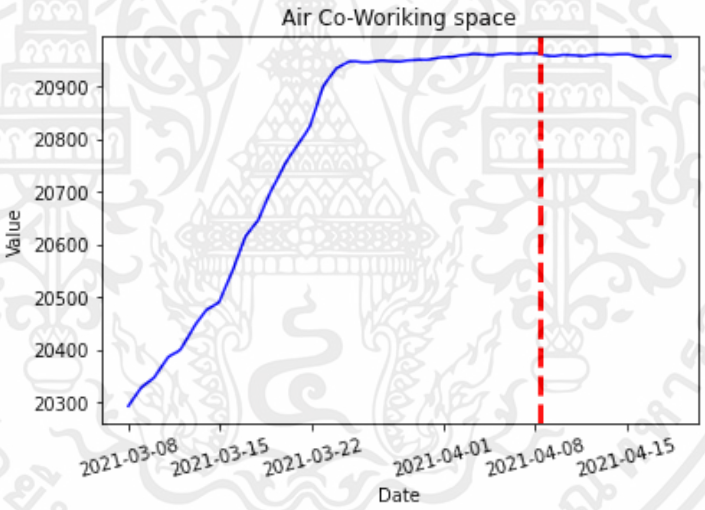


รูปที่ 4.32 ข้อมูลค่าพลังงานไฟฟ้าและผลของการพยากรณ์หลังวันที่ 8 เมษายน 2564 ของ 2nd Pathway(nightlight)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

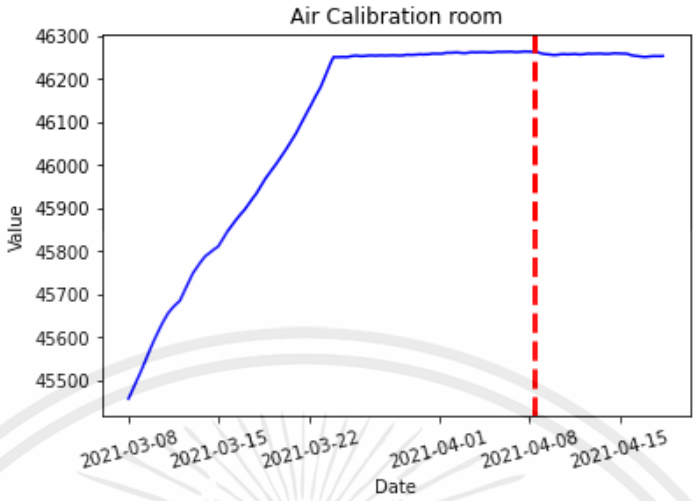


รูปที่ 4.33 ข้อมูลค่าพลังงานไฟฟ้าและผลของการพยากรณ์หลังวันที่ 8 เมษายน 2564 ของ 2nd Hall

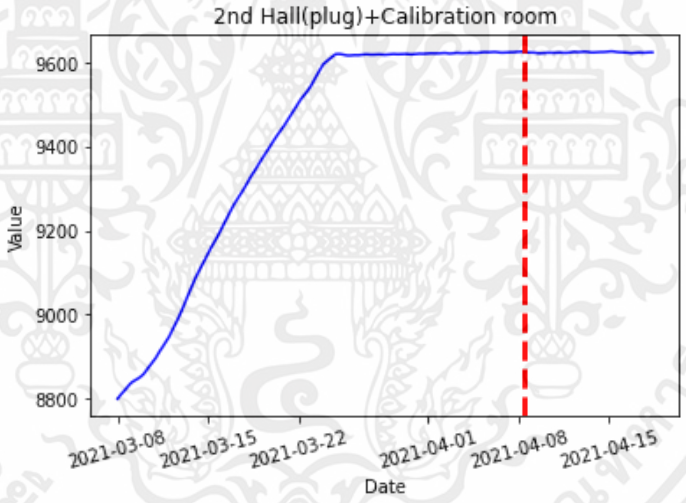


รูปที่ 4.34 ข้อมูลค่าพลังงานไฟฟ้าและผลของการพยากรณ์หลังวันที่ 8 เมษายน 2564 ของ Air Co-Woriking space

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

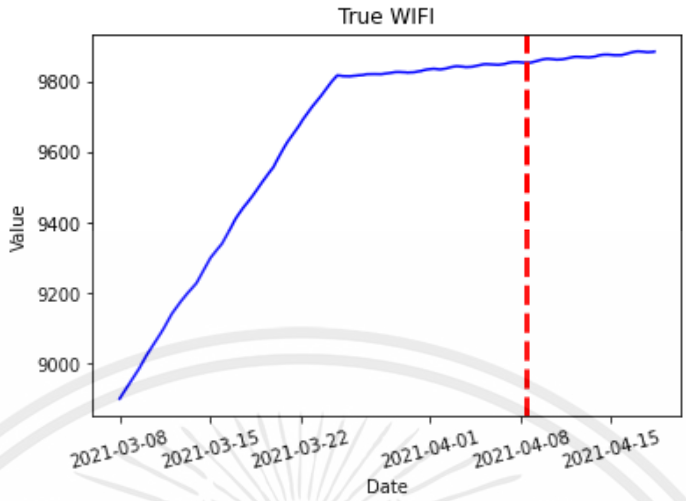


รูปที่ 4.35 ข้อมูลค่าพลังงานไฟฟ้าและผลของการพยากรณ์หลังวันที่ 8 เมษายน 2564 ของ Air Calibration room

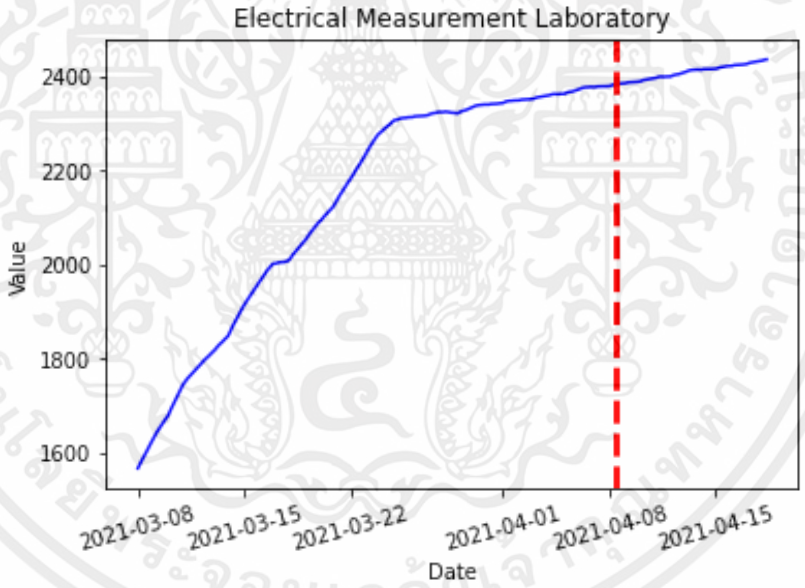


รูปที่ 4.36 ข้อมูลค่าพลังงานไฟฟ้าและผลของการพยากรณ์หลังวันที่ 8 เมษายน 2564 ของ 2nd Hall(plug)+Calibration room

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.37 ข้อมูลค่าพลังงานไฟฟ้าและผลของการพยากรณ์หลังวันที่ 8 เมษายน 2564 ของ True WIFI



รูปที่ 4.38 ข้อมูลค่าพลังงานไฟฟ้าและผลของการพยากรณ์หลังวันที่ 8 เมษายน 2564 ของ Electrical Measurement Laboratory

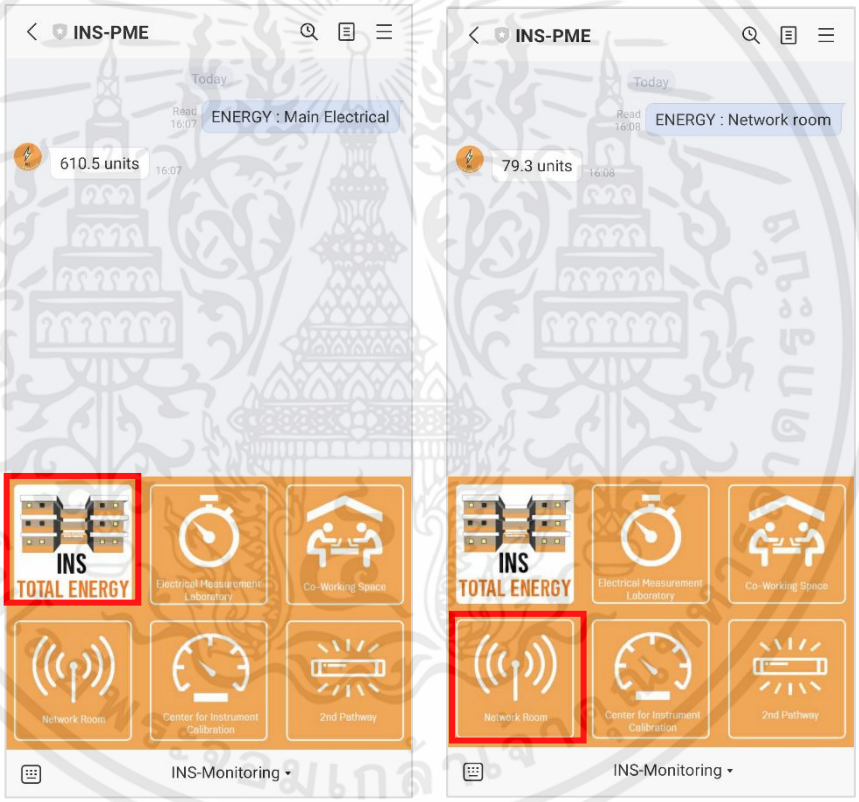
จากผลการพยากรณ์แสดงให้เห็นถึงค่าพลังงานไฟฟ้าที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในอีก 10 วันข้างหน้า โดยเนื่องจากข้อมูลค่าพลังงานไฟฟ้าที่เก็บเป็นระยะเวลา 1 เดือน ตั้งแต่วันที่ 8 มีนาคม 2564 – 8 เมษายน 2564 ซึ่งเป็นช่วงเวลาของการสอบกลางภาคในภาคการศึกษาที่ 2/2563 ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทำให้การใช้ไฟฟ้าในภาควิชาวิศวกรรมการวัดและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควบคุมมีทิศทางเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในช่วงเดือนมีนาคม ก่อนที่จะเริ่มคงที่ในช่วงปลายเดือนมีนาคมถึงต้นเดือนเมษายน ดังนั้นผลของการพยากรณ์จึงมีทิศทางในรูปแบบเดียวกัน แต่ถ้าหากทำการเก็บข้อมูลต่อไปและแนวโน้มของค่าพลังงานลดลง ผลของการพยากรณ์ก็จะเปลี่ยนแปลงไป

4.2.6 ทดสอบการแจ้งเตือนแก่ผู้ใช้งานเมื่อแนวโน้มค่าพลังงานไฟฟ้ามีค่าเพิ่มมากกว่าปกติผ่านไลน์แชทบอท (Line Chatbot)

ส่วนที่ 1: ทดสอบไลน์แชทบอทสำหรับระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติ เพื่อผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบการใช้พลังงานไฟฟ้าผ่าน Rich Menu



(ก) (ข)

รูปที่ 4.37 (ก) แสดงหน่วย(units) การใช้พลังงานไฟฟ้าภายในชั้น 2 ของอาคาร เมื่อมีการกด Rich Menu อันที่ 1
(ข) แสดงหน่วย(units) การใช้พลังงานไฟฟ้าภายในห้อง Network room เมื่อมีการกด Rich Menu อันที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่ 2: ทดสอบการแจ้งเตือนแบบ Broadcast ผ่านไลน์แชทบอท เมื่อแนวโน้มการใช้ค่าพลังงานไฟฟ้ามีค่าเพิ่มมากกว่าปกติ

เมื่อค่าคาดการณ์การใช้พลังงานไฟฟ้าต่อเดือนมีค่ามากกว่า 30% ของเดือนก่อนหน้า หรือ 30% ของค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อเดือน จะทำการแจ้งเตือนผ่าน Line official account โดยทดสอบให้ค่าคาดการณ์การใช้พลังงานไฟฟ้าต่อเดือน มีค่าเท่ากับ 2289 หน่วย ซึ่งเกิน 30% ของเดือนก่อนหน้า

Energy Totally This month	Energy Totally Last Month	Over Energy to Line chatbot	Energy Totally per This month
610.53125	1419.084356	1844.809663	2289.492188

รูปที่ 4.39 การเซ็ตค่าคาดการณ์การใช้ไฟฟ้าต่อเดือน ผ่าน Microsoft Excel

เมื่อเซ็ตค่าคาดการณ์เท่ากับ 2289 หน่วย ค่าพารามิเตอร์จะถูกส่งมายัง Google Sheets เพื่ออัพเดทข้อมูลในคอลัมน์ m ซึ่ง Line Broadcast จะมีการทำงานเมื่อค่าคอลัมน์ มากกว่า 30% ของเดือนก่อนหน้า(30% ของเดือนก่อนหน้า = 1845 หน่วย)

รูปที่ 4.40 การแจ้งเตือนผ่าน Line official account
เมื่อแนวโน้มการใช้ค่าพลังงานไฟฟ้ามีค่าเพิ่มมากกว่าปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้มีจุดประสงค์เพื่อนำระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติ (Automatic Meter Reading: AMR) ใช้ในการเรียกดูค่าพลังงานไฟฟ้าภายในอาคารวิศวกรรมการวัดและควบคุม เพื่อบันทึกและแสดงค่าพลังงานไฟฟ้าบนซอฟต์แวร์แบบเรียลไทม์คำนวณใบเสร็จค่าไฟฟ้าและพยากรณ์การใช้ค่าพลังงานไฟฟ้าด้วยวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พร้อมแจ้งเตือนแก่ผู้ใช้งานเมื่อแนวโน้มค่าพลังงานไฟฟ้ามีค่าเพิ่มมากกว่าปกติ ซึ่งในการจัดทำโครงการระบบสกาดาสำหรับแสดงผลข้อมูลจากระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติ ได้แบ่งการดำเนินการเป็น 2 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 การจัดทำระบบแสดงผลสกาดาสำหรับแสดงผลข้อมูลจากระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติ กรณีศึกษาจากท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ ร่วมกับบริษัท แอมโปล เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด ซึ่งจากผลการดำเนินงาน สรุปได้ว่า ระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติสามารถติดต่อสื่อสารกับเครือข่ายของทอท.ได้ ผ่านการรับสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตจากอุปกรณ์ต่าง ๆ และอ่านค่าพารามิเตอร์ที่อุปกรณ์ของระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติได้ รวมถึงแสดงผลผ่านระบบสกาดาบนซอฟต์แวร์ EcoStruxure Power Monitoring Expert ทำให้สามารถตรวจสอบค่าพลังงานไฟฟ้าภายใน 21 อาคารของท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ อีกทั้งยังสามารถบันทึกและแสดงผลข้อมูลแบบเรียลไทม์ นอกจากนั้นยังมีการนำข้อมูลมาคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้าให้อยู่ในรูปใบเสร็จค่าไฟฟ้าประจำเดือน (Billing) ของท่าอากาศยานสุวรรณภูมิได้อีกด้วย

และส่วนที่ 2 การแบบจำลองระบบสกาดาสำหรับแสดงผลข้อมูลจากระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติภายในอาคารวิศวกรรมการวัดและควบคุม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ซึ่งจากผลการดำเนินงาน สรุปได้ว่า ระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติสามารถเรียกดูค่าพลังงานไฟฟ้าภายในอาคารวิศวกรรมการวัดและควบคุมได้จริง โดยใช้การสื่อสารข้อมูลผ่านคอนเวอร์เตอร์รุ่น DR-302 กับตู้ไฟฟ้าภายในตึกภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุมในการอ่านค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ซึ่งทำการเก็บค่าพลังงานไฟฟ้า (kWh) ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า(kW) และค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้ารีแอ็กทีฟ (kVar) เพื่อนำมาคำนวณใบเสร็จค่าไฟฟ้าผ่านโปรแกรม Microsoft Excel ด้วยวิธีการคำนวณค่าไฟฟ้าประเภทที่ 3.2 กิจการขนาดกลาง อัตราค่าไฟฟ้าแบบ TOU พร้อมกับแสดงค่าพารามิเตอร์แบบเรียลไทม์ด้วยหน้าต่างแสดงผลสกาดาผ่านซอฟต์แวร์ EcoStruxure Power Monitoring Expert นอกจากนี้ยังนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าพลังงานไฟฟ้าไปพยากรณ์การใช้ค่าพลังงานไฟฟ้าด้วยวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยการเขียนโปรแกรมภาษา Python บนซอฟต์แวร์ Google Collab เพื่อหาแนวโน้มการใช้พลังงานไฟฟ้าแล้วแจ้งเตือนแก่ผู้ใช้งาน เมื่อแนวโน้มค่าพลังงานไฟฟ้ามีค่าเพิ่มมากกว่าปกติผ่านไลน์แชทบอท (Line Chatbot) เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถวางแผนการทำงานและการจัดการค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นอีกด้วย

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

1. คอมพิวเตอร์มีหน่วยความจุข้อมูลไม่เพียงพอต่อการใช้งานและเก็บข้อมูล เนื่องจากการเก็บค่าพลังงานไฟฟ้าทุก ๆ 15 นาที ทำให้มีข้อมูลจำนวนมาก ฐานข้อมูลจึงค่อนข้างมีขนาดใหญ่
2. การเดินของสายไฟที่ถูกเดินสายไว้เป็นเวลานานและมีจำนวนมาก ทำให้ขั้นตอนในการแคลมป์สายไฟมีความล่าช้า เพราะไม่ทราบว่าสายไฟเส้นไหนเป็นของห้องไหน
3. เนื่องจากสถานการณ์การระบาดของโควิด 19 ทำให้เกิดปัญหาในการเก็บข้อมูล จึงส่งผลทำให้เกิดความล่าช้าไม่ตรงไปตามแผนที่ตั้งไว้

5.3 ข้อเสนอแนะ

ปริญญานิพนธ์เรื่องระบบสกาดาสำหรับแสดงผลข้อมูลจากระบบอ่านหน่วยไฟฟ้าอัตโนมัติ: กรณีศึกษาจากท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ จากผลการดำเนินงานและสรุปผล จะเห็นได้ว่า ปริญญานิพนธ์เล่มนี้สามารถดำเนินสำเร็จลุล่วงไปด้วยดีตามวัตถุประสงค์ เพื่อนำทักษะความรู้ที่ได้ไปพัฒนาต่อยอดหรือพัฒนาให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น จึงขอเสนอแนะแนวทางต่อการพัฒนาโครงการในอนาคต ดังนี้

1. ในกรณีที่มีการติดตั้งระบบโซล่าเซลล์ (Solar Cell System) จำเป็นต้องมีการติดตั้งดิจิตอลเพาเวอร์มิเตอร์ (Digital Power Meter) เพิ่มสำหรับวัดค่าพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากแผงโซล่าเซลล์
2. ควรศึกษาการ Run Time โปรแกรมอัตโนมัติ เพื่อให้สามารถแสดงค่าการพยากรณ์ได้ทันที โดยที่ไม่ต้องทำการ Refresh หน้าโปรแกรมแบบวันต่อวัน
3. ควรเพิ่มการเขียนโปรแกรมแสดงข้อมูลของการพยากรณ์บนหน้าเว็บไซต์ให้สวยงามและเข้าใจง่ายมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

ระพีพัฒน์ คำหล้า. (2557). **กลยุทธ์โฆษณาแฝงเพื่อสร้างความภักดีในแบรนด์ธุรกิจ: กรณีศึกษา การออกแบบสติ๊กเกอร์ไลน์แอพพลิเคชั่น.** วิทยานิพนธ์ ศศ.ม., มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

การไฟฟ้านครหลวง, (2561). **ประเภทที่ 3 กิจการขนาดกลาง**. [Online]. Available: https://www.mea.or.th/profile/109/113.

ธนัชพร สุพรรณศรี. (2553). **AMR (Automatic Meter Reading) คืออะไร.** [Online]. Available: http://ownhomesolution.blogspot.com/2010/03/amr-automatic-meter-reading.html.

นิรนาม, (2021). **Qualitative forecasting definition**. [Online]. Available: https://www.accountingtools.com/articles/what-is-qualitative-forecasting.html.

บริษัท วีนัส ซัพพลาย จำกัด. (2551). **การสร้าง LINE Bot โดยใช้ Dialogflow.** [Online]. Available: https://www.venussolutions.com/17371424/.

ปัญญา พละกลาง. (ม.ป.ป.). **มาทำความรู้จัก CT : Current Transformer กันดีกว่า.** [Online]. Available: http://www.tic.co.th/index.php?op=tips-detail&id=166.

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติพงษ์ สุวรรณราช. (2563). **พื้นฐานการเรียนรู้ Integromat ที่โปรแกรมเมอร์รุ่นใหม่ควรศึกษา.** [Online]. Available: https://www.youtube.com/watch?v=xf5L9YSDM0A&t=244s.

Admin AI. (2021). **ออกแบบ Chat Bot Line ด้วย Line Messaging API และ Dialogflow.** [Online]. Available: https://www.advancedis.co.th/th/blog/.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Angélique Toque. (2016). **Sheetgo Reviews & Product Details.** [Online]. Available: https://www.g2.com/products/sheetgo/reviews#details/.

Anonymous. (2016). **เกตเวย์ (Gateway).** [Online]. Available: http://csdatasystem.blogspot.com/2016/09/gateway.html.

Factomart Co.,Ltd. (n.d.). **Digital Meter ดิจิตอลมิเตอร์.** [Online]. Available: https://mall.factomart.com/digital-meter/.

Himanshu Rajak, (2019). **Quantitative Forecasting Methods**. [Online]. Available: https://hmhub.me/quantitative-methods-of-forecasting/.

Kankann. (2020). **Chatbot คืออะไร ? Chatbot มีกี่ประเภท และ มีประโยชน์อย่างไร ?.** [Online]. Available: https://tips.thaiware.com/1323.html/.

Knowled. (2014). **ต้นกำเนิดไลน์ LINE มาจากไหน**. [Online]. Available: https://www.techhub.in.th/.

Kulit Suprija. (2015). **ส่วนประกอบของสกาดา.** [Online]. Available: https://slideplayer.in.th/slide/2123261/.

Kuljira Tancharoenrat. (2021). **Chatbot คืออะไร? ผู้ช่วยอัจฉริยะที่ธุรกิจออนไลน์ต้องมี.** [Online]. Available: https://blog.skooldio.com/what-is-chatbot/.

NextE Co.,Ltd. (2019). **AMR กับการออกแบบกำลังการผลิตโซล่าเซลล์.** [Online]. Available: https://www.nexte.co.th/2019/12/30/amr/.

Nicholas Renotte, (2020). **TimeSeriesForecastingProphet**. [Online]. Available: https://github.com/nicknochnack/TimeSeriesForecastingProphet.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Riverplus Co.,Ltd. (2011). **PLC Protocol: การสื่อสารแบบ Modbus Protocol.** [Online]. Available: https://riverplus.com/plc-protocol.

Sailaja Karra, (2020). **FaceBook Prophet for Time Series**. [Online]. Available: https://sailajakarra.medium.com/facebook-prophet-for-time-series-cf26be1be274.

Sarawut Arthayakun, (2020). **เริ่มต้นใช้งาน Google Colab**. [Online]. Available: https://www.sarawut.dev/2020/04/google-colab.html.

Schneider Electric. (n.d.). **EcoStruxure Power Monitoring Expert.** [Online]. Available: https://www.se.com/th/th/product-range-presentation/65404-ecostruxure-power- monitoring-expert/.

Sean J. Taylor, Benjamin Letham, (2017). **Forecasting at Scale**. [Online]. Available: https://facebook.github.io/prophet/.

Sheetgo Co.,Ltd. (2019). **Sheetgo - Research and Compare.** [Online]. Available: https://www3.technologyevaluation.com/solutions/53991/sheetgo/.

STEPS Academy. (2018). **5 เหตุผลทำไมต้องใช้ chatbot ในการทำการตลาดยุคดิจิทัล.** [Online]. Available: https://stepstraining.co/entrepreneur/5-reasons-to-use-chatbot-for-digital-marketing/.

Super User. (2019). **วงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรง.** [Online]. Available: http://www.kroo-suchat.com/index.php/convertor02.

Thiti Yamsung. (2019). **สร้าง Line bot ง่ายๆ ด้วย Dialogflow.** [Online]. Available: https://thiti.dev/blog/4/.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Wantanee. (2011). **SCADA System.** [Online]. Available: https://automation.riverplus.com/2019/08/31/scada-system/.

Witchapong Daroontham. (2018). **สร้าง Line Chatbot ด้วย Dialogflow, Python, และ Firebase.** [Online]. Available: https://medium.com/datawiz-th/.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

โปรแกรมสำหรับการพยากรณ์

ก.1 โปรแกรมสำหรับพยากรณ์ผ่านโปรแกรมภาษา Python

```
from google.colab import drive
drive.mount('/content/drive')

import os

data_path = 'drive/My Drive/predict test/'
filelist = os.listdir(data_path)

!pip install pystan
!pip install fbprophet
!pip install matplotlib

import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
from fbprophet import Prophet
import matplotlib as mpl
from pandas import Timestamp

df = pd.read_excel(r'drive/My Drive/predict test/forecast.xlsx', sheet_name="(3-6)Main;
kWh-tot")
df1 = pd.read_excel(r'drive/My Drive/predict test/forecast.xlsx', sheet_name="(3-7)AIR
P'anek; kWh-tot")
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
df2 = pd.read_excel(r'drive/My Drive/predict test/forecast.xlsx', sheet_name="(1-8)night Pathway 2nd; kW-h")
df3 = pd.read_excel(r'drive/My Drive/predict test/forecast.xlsx', sheet_name="(1-9)light 2nd hall; kWh-a")
df4 = pd.read_excel(r'drive/My Drive/predict test/forecast.xlsx', sheet_name="(3-10)AIR co-working ; kWh-tot")
df5 = pd.read_excel(r'drive/My Drive/predict test/forecast.xlsx', sheet_name="(3-11)AIR cal; kWh-tot ")
df6 = pd.read_excel(r'drive/My Drive/predict test/forecast.xlsx', sheet_name="(1-12)PLUG  2nd hall ; kWh-a")
df7 = pd.read_excel(r'drive/My Drive/predict test/forecast.xlsx', sheet_name="(1-13)TRUEWIFI ; kWh-a")
df8 = pd.read_excel(r'drive/My Drive/predict test/forecast.xlsx', sheet_name=" (1-14) Aj.vittaya+co; kWh-a")

df.drop(["ID", "SourceID", "QuantityID", "DATE", "TIME", "LOCATION", "QuantityID2"],axis=1, inplace=True)
df1.drop(["ID", "SourceID", "QuantityID", "DATE", "TIME", "LOCATION", "QuantityID2"],axis=1, inplace=True)
df2.drop(["ID", "SourceID", "QuantityID", "DATE", "TIME", "LOCATION", "QuantityID2"],axis=1, inplace=True)
df3.drop(["ID", "SourceID", "QuantityID", "DATE", "TIME", "LOCATION", "QuantityID2"],axis=1, inplace=True)
df4.drop(["ID", "SourceID", "QuantityID", "DATE", "TIME", "LOCATION", "QuantityID2"],axis=1, inplace=True)
df5.drop(["ID", "SourceID", "QuantityID", "DATE", "TIME", "LOCATION", "QuantityID2"],axis=1, inplace=True)
df6.drop(["ID", "SourceID", "QuantityID", "DATE", "TIME", "LOCATION", "QuantityID2"],axis=1, inplace=True)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
df7.drop(["ID", "SourceID", "QuantityID", "DATE", "TIME", "LOCATION",
"QuantityID2"],axis=1, inplace=True)
df8.drop(["ID", "SourceID", "QuantityID", "DATE", "TIME", "LOCATION",
"QuantityID2"],axis=1, inplace=True)

df["Value"] = df["Value"].fillna(df["Value"].mean())
df1["Value"] = df1["Value"].fillna(df1["Value"].mean())
df2["Value"] = df2["Value"].fillna(df2["Value"].mean())
df3["Value"] = df3["Value"].fillna(df3["Value"].mean())
df4["Value"] = df4["Value"].fillna(df4["Value"].mean())
df5["Value"] = df5["Value"].fillna(df5["Value"].mean())
df6["Value"] = df6["Value"].fillna(df6["Value"].mean())
df7["Value"] = df7["Value"].fillna(df7["Value"].mean())
df8["Value"] = df8["Value"].fillna(df8["Value"].mean())

df["TimestampUTC"] = pd.to_datetime(df["TimestampUTC"])
df1["TimestampUTC"] = pd.to_datetime(df1["TimestampUTC"])
df2["TimestampUTC"] = pd.to_datetime(df2["TimestampUTC"])
df3["TimestampUTC"] = pd.to_datetime(df3["TimestampUTC"])
df4["TimestampUTC"] = pd.to_datetime(df4["TimestampUTC"])
df5["TimestampUTC"] = pd.to_datetime(df5["TimestampUTC"])
df6["TimestampUTC"] = pd.to_datetime(df6["TimestampUTC"])
df7["TimestampUTC"] = pd.to_datetime(df7["TimestampUTC"])
df8["TimestampUTC"] = pd.to_datetime(df8["TimestampUTC"])

df.columns = ['y','ds']
df1.columns = ['y','ds']
df2.columns = ['y','ds']
df3.columns = ['y','ds']
df4.columns = ['y','ds']
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
df5.columns = ['y','ds']
df6.columns = ['y','ds']
df7.columns = ['y','ds']
df8.columns = ['y','ds']

m = Prophet(interval_width=0.95, daily_seasonality = True)
m1 = Prophet(interval_width=0.95, daily_seasonality = True)
m2 = Prophet(interval_width=0.95, daily_seasonality = True)
m3 = Prophet(interval_width=0.95, daily_seasonality = True)
m4 = Prophet(interval_width=0.95, daily_seasonality = True)
m5 = Prophet(interval_width=0.95, daily_seasonality = True)
m6 = Prophet(interval_width=0.95, daily_seasonality = True)
m7 = Prophet(interval_width=0.95, daily_seasonality = True)
m8 = Prophet(interval_width=0.95, daily_seasonality = True)

model = m.fit(df)
model1 = m1.fit(df1)
model2 = m2.fit(df2)
model3 = m3.fit(df3)
model4 = m4.fit(df4)
model5 = m5.fit(df5)
model6 = m6.fit(df6)
model7 = m7.fit(df7)
model8 = m8.fit(df8)

future = m.make_future_dataframe(periods = 950, freq = '15min')
future1 = m1.make_future_dataframe(periods = 950, freq = '15min')
future2 = m2.make_future_dataframe(periods = 950, freq = '15min')
future3 = m3.make_future_dataframe(periods = 950, freq = '15min')
future4 = m4.make_future_dataframe(periods = 950, freq = '15min')
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
future5 = m5.make_future_dataframe(periods = 950, freq = '15min')
future6 = m6.make_future_dataframe(periods = 950, freq = '15min')
future7 = m7.make_future_dataframe(periods = 950, freq = '15min')
future8 = m8.make_future_dataframe(periods = 950, freq = '15min')

forecast = m.predict(future)
forecast1 = m1.predict(future1)
forecast2 = m2.predict(future2)
forecast3 = m3.predict(future3)
forecast4 = m4.predict(future4)
forecast5 = m5.predict(future5)
forecast6 = m6.predict(future6)
forecast7 = m7.predict(future7)
forecast8 = m8.predict(future8)

forecast[['ds','yhat']]
forecast1[['ds','yhat']]
forecast2[['ds','yhat']]
forecast3[['ds','yhat']]
forecast4[['ds','yhat']]
forecast5[['ds','yhat']]
forecast6[['ds','yhat']]
forecast7[['ds','yhat']]
forecast8[['ds','yhat']]

plt.plot(forecast['ds'],forecast['yhat'], c='b')
plt.axvline(Timestamp("2021-04-08  10:45:00"),0,1,c='r',lw=3,linestyle ="--",)
ax = plt.gca()
ax.set_title('Main electrical')
ax.set_xlabel('Date')
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
ax.set_ylabel('Value')
plt.xticks(rotation=15)
plt.show()

plt.plot(forecast1['ds'],forecast1['yhat'], c='b')
plt.axvline(Timestamp("2021-04-08  10:45:00"),0,1,c='r',lw=3,linestyle ="--",)
ax = plt.gca()
ax.set_title('Air Network room')
ax.set_xlabel('Date')
ax.set_ylabel('Value')
plt.xticks(rotation=15)

plt.plot(forecast2['ds'],forecast2['yhat'], c='b')
plt.axvline(Timestamp("2021-04-08  10:45:00"),0,1,c='r',lw=3,linestyle ="--",)
ax = plt.gca()
ax.set_title('2nd Pathway(nightlight)')
ax.set_xlabel('Date')
ax.set_ylabel('Value')
plt.xticks(rotation=15)

plt.plot(forecast3['ds'],forecast3['yhat'], c='b')
plt.axvline(Timestamp("2021-04-08  10:45:00"),0,1,c='r',lw=3,linestyle ="--",)
ax = plt.gca()
ax.set_title('2nd Hall')
ax.set_xlabel('Date')
ax.set_ylabel('Value')
plt.xticks(rotation=15)

plt.plot(forecast4['ds'],forecast4['yhat'], c='b')
plt.axvline(Timestamp("2021-04-08  10:45:00"),0,1,c='r',lw=3,linestyle ="--",)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
ax = plt.gca()
ax.set_title('Air Co-Woriking space')
ax.set_xlabel('Date')
ax.set_ylabel('Value')
plt.xticks(rotation=15)

plt.plot(forecast5['ds'],forecast5['yhat'], c='b')
plt.axvline(Timestamp("2021-04-08  10:45:00"),0,1,c='r',lw=3,linestyle ="--",)
ax = plt.gca()
ax.set_title('Air Calibration room')
ax.set_xlabel('Date')
ax.set_ylabel('Value')
plt.xticks(rotation=15)

plt.plot(forecast6['ds'],forecast6['yhat'], c='b')
plt.axvline(Timestamp("2021-04-08  10:45:00"),0,1,c='r',lw=3,linestyle ="--",)
ax = plt.gca()
ax.set_title('2nd Hall(plug)+Calibration room')
ax.set_xlabel('Date')
ax.set_ylabel('Value')
plt.xticks(rotation=15)

plt.plot(forecast7['ds'],forecast7['yhat'], c='b')
plt.axvline(Timestamp("2021-04-08  10:45:00"),0,1,c='r',lw=3,linestyle ="--",)
ax = plt.gca()
ax.set_title('True WIFI')
ax.set_xlabel('Date')
ax.set_ylabel('Value')
plt.xticks(rotation=15)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
plt.plot(forecast8['ds'],forecast8['yhat'], c='b')
plt.axvline(Timestamp("2021-04-08  10:45:00"),0,1,c='r',lw=3,linestyle ="--",)
ax = plt.gca()
ax.set_title('Electrical Measurement Laboratory')
ax.set_xlabel('Date')
ax.set_ylabel('Value')
plt.xticks(rotation=15)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้