

ระบบวัดค่าพลังงานก๊าซธรรมชาติโดยใช้

การสื่อสารแบบ NB-IoT

นายคุณาสิน ทองมณี

นายชนน ตั้งศิริเสถียร

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ปีการศึกษา 2561

Natural Gas Energy Monitoring System Based on NB-IoT

Mr. Kunasin Tongmanee

Mr. Chanon Tangsirisan

A PROJECT REPORT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF COMPUTER ENGINEERING
DEPARTMENT OF ELECTRICAL AND COMPUTER ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S UNIVERSITY OF TECHNOLOGY NORTH BANGKOK
ACADEMIC YEAR 2018

ปรินุญนัพนัร่รื่อง : ระบบว้ดค่าพลังงานก้าชชรรรมชาดีโด้ยั้การสั่อสารแบบ NB-IoT
 ชั่อ : นนายคณาสัน ทอณณณ
 : นนายชนน ดั้งศัรเสถัยร
 สาขาวัชา : วัศวกรรรมคอณพัวเตอร้
 ภาควัชา : วัศวกรรรมไฟฟาและคอณพัวเตอร้
 คณะ : วัศวกรรรมศาสตร้
 อาจารย์ที่ปรักรัษา : คร.คณุชา ประเสรฐสม
 ปีการศัการษา : 2561

คณะวัศวกรรรมศาสตร้ มหาวัทยาลัยเทคโนโลยัพระจอมเกล้าพระนครเหนือ อนุณัติให้
 ปรินุญนัพนัร่รื่องนี้เป็นส่วนหนั้ของการศัการษาตามหลั้กสัตูตรปรินุญนัวัศวกรรรมศาสตร้บัณัทิต
 สาขาวัชาวัศวกรรรมคอณพัวเตอร้

..... หัวหน้าภาควัชาวัศวกรรรมไฟฟา
 (ผู้ช่วยศาสตรจารย์ คร.นณคด วัวัชรโกเศศ) และคอณพัวเตอร้

..... ประธานกรรรมการ
 (คร.คณุชา ประเสรฐสม)

..... กรรรมการ
 (คร.อรอุมมา เทศประสัทธี)


..... กรรรมการ
 (อาจารย์โสภณ อกรัณณัวัรการ)

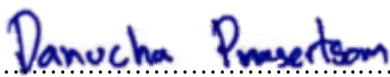
..... กรรรมการ
 (ผู้ช่วยศาสตรจารย์ คร.ฐะปะนัยั ตรัร้ดณกรณั)


ลัขัศัทธีของภาควัชาวัศวกรรรมไฟฟาและคอณพัวเตอร้ คณะวัศวกรรรมศาสตร้
 มหาวัทยาลัยเทคโนโลยัพระจอมเกล้าพระนครเหนือ


Project Report Title : Natural Gas Energy Monitoring System Based on NB-IoT
Name : Mr. Kunasin Tongmanee
Mr. Chanon Tangsirisan
Major Field : Computer Engineering
Department : Electrical and Computer Engineering
Faculty : Engineering
Project Advisor(s) : Dr. Danucha Prasertsom
Academic Year : 2018


Accepted by the Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology North Bangkok in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Bachelor of Computer Engineering


.....
(Asst. Prof. Dr. Nophadon Wiwatcharagoses) Chairperson of Department of Electrical
and Computer Engineering


.....
(Dr. Danucha Prasertsom) Chairperson


.....
(Dr. Ornuma Thesprasith) Member


.....
(Mr. Sapon Apiromvorakarn) Member


.....
(Asst. Prof. Dr. Tapanee Treeratanaporn) Member

Copyright of the Department of Electrical and Computer Engineering, Faculty of Engineering
King Mongkut's University of Technology North Bangkok

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้พัฒนาระบบวัดค่าพลังงานก๊าซธรรมชาติโดยใช้การสื่อสารแบบ NB-IoT โดยเมื่ออ่านข้อมูลจากอุปกรณ์วัดปริมาณก๊าซธรรมชาติจะมีการส่งข้อมูลไปที่อุปกรณ์ NB-IoT Gateway เพื่อส่งข้อมูลการใช้ปริมาณก๊าซไปยังระบบเครือข่ายกลุ่มเมฆ โดยผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงข้อมูลการวัดปริมาณการใช้ก๊าซผ่านทางเว็บแอปพลิเคชัน ซึ่งอุปกรณ์ที่ได้ออกแบบใช้ ESP32 เป็นตัวประมวลผลหลัก และในการเชื่อมต่ออุปกรณ์วัดปริมาณก๊าซธรรมชาติใช้การเชื่อมต่อแบบมาตรฐาน RS232 ซึ่งในการทดสอบการทำงานนี้ได้มีการนำระบบวัดค่าพลังงานก๊าซธรรมชาติไปทดลองใช้งานจริงโดยมีการนำข้อมูลที่บันทึกได้ไปใช้วิเคราะห์เพื่อเป็นประโยชน์สำหรับการประยุกต์ใช้งานด้านอื่นต่อไป

Abstract

This thesis has developed natural gas monitoring system based on NB-IoT communication. When we make a request to natural gas monitoring meter with NB-IoT Gateway device, that we developed. The device will send the data that contain the usage of natural gas to cloud network and show on web application for users to monitor. The device is designed using ESP32 as main processor. This device can communicate to natural gas monitoring meter by using RS232 port. In the field test, we have used natural gas monitoring system with PTT (PTT Public Company Limited) station and gather the data for someone who can make this useful in the future.

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ดร.คนุชา ประเสริฐสม ที่ได้ให้คำปรึกษาและคำแนะนำต่าง ๆ เกี่ยวกับการดำเนินงานของโครงการจนโครงการนี้ประสบความสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

รวมถึงคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ที่ได้ให้ความรู้ในสาขาวิชาต่าง ๆ ที่นำมาปรับใช้ในการทำโครงการนี้ รวมทั้งมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่ได้เอื้ออุปกรณ์ สถานที่ ให้ได้ทำการศึกษาและทดลอง ตลอดจนการปฏิบัติงานจนโครงการสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ผู้จัดทำขอขอบคุณบิดามารดาและครอบครัว ตลอดจนเพื่อน ๆ รุ่นพี่ และรุ่นน้อง ผู้เป็นแรงผลักดันและกำลังใจแก่ผู้จัดทำ

คุณาสิน ทองมณี

ชนน ตั้งศิริเสถียร

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	จ
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
กิตติกรรมประกาศ	ช
สารบัญภาพ	ญ
บทที่ 1. บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ	2
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการทำโครงการ	2
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน	3
บทที่ 2. เอกสารและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)	4
2.2 โมดูลสื่อสารเครือข่าย Narrowband IoT หรือ NB-IoT	5
2.3 อุปกรณ์วัดค่าพลังงาน แบบเอเอ็มอาร์ (AMR Meter)	6
2.4 โพรโตคอล MODBUS RTU	8
2.5 มาตรฐานการส่งข้อมูลดิจิทัลแบบอนุกรม RS232 และ RS485	9
บทที่ 3. วิธีการดำเนินงาน	11
3.1 การออกแบบภาพรวมของระบบ	10
3.2 การออกแบบวงจรและแผ่นพิมพ์ลายวงจรวงจรของระบบ	12
3.3 การออกแบบฐานข้อมูล	13
3.4 การออกแบบหน้าเว็บไซต์	14
3.5 การทดสอบมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้า SX-1-A31N	17
3.6 การทดสอบมิเตอร์แก๊ส CORUS	21
3.7 การทดสอบการรับข้อมูลผ่านทาง WiFi	27

สารบัญ (ต่อ)	หน้า
บทที่ 4. สถิติการทำงานและผลการทดลอง	31
4.1 การเปิดใช้งานเว็บแอปพลิเคชัน	31
4.2 การใช้งานเว็บแอปพลิเคชัน	32
4.3 การใช้งานเว็บแอปพลิเคชัน สำหรับมิเตอร์ไฟฟ้า SX-1-A31N	33
4.4 การใช้งานเว็บแอปพลิเคชัน สำหรับมิเตอร์แก๊ส CORUS	41
บทที่ 5. สรุปผลการทดลอง	50
5.1 การทดสอบอุปกรณ์ NB-IoT Gateway กับมิเตอร์ไฟฟ้า และอุปกรณ์วัดปริมาตรก๊าซ	50
เอกสารอ้างอิง	52
ประวัติผู้แต่ง	53

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2-1 โมดูล ESP32-WROVER	4
2-2 โมดูล NB-IoT รุ่น BC95	5
2-3 True NB-IoT board	6
2-4 Gas Volume Converter: Corus	6
2-5 SX1-A31E รุ่น RS-485	7
2-6 ลักษณะเฟรมข้อมูลของ MODBUS RTU	8
2-7 เฟรมข้อมูลสำหรับอ่านค่า และเฟรมข้อมูลตอบกลับ ในโปรโตคอล MODBUS RTU	8
2-8 การเชื่อมต่อ RS-232	9
2-9 การเชื่อมต่อ RS-485	10
3-1 ภาพรวมของระบบวัดค่าพลังงานก๊าซธรรมชาติโดยใช้การสื่อสารแบบ NB-IoT	11
3-2 ภาพลายแผ่นปริ๊นวงจรของอุปกรณ์ต้นแบบ NB-IoT Gateway	12
3-3 ภาพ Pinout Reference ของอุปกรณ์ต้นแบบ NB-IoT Gateway	13
3-4 ภาพ ER Diagram	14
3-5 ภาพหน้าเว็บไซต์แดชบอร์ด (Dashboard) ที่แสดงข้อมูลของอุปกรณ์	15
3-6 ภาพหน้าเว็บไซต์การแสดงผลแบบกราฟเส้น (Chart) ที่แสดงข้อมูลย้อนหลัง	15
3-7 ภาพหน้าเว็บไซต์การแสดงผลแบบตาราง (Table)	16
3-8 ภาพหน้าเว็บไซต์ในการนำข้อมูลออกมาแสดงในรูปแบบของไฟล์ CSV	16
3-9 ภาพมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้า SX-1-A31N	17
3-10 ภาพผลการทดสอบด้วยโปรแกรม Docklight	18
3-11 ภาพแปลงค่าจากเลขฐาน 16 ให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถอ่านได้	19
3-12 ภาพค่าที่วัดได้จริงจากมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้าผ่าน Arduino และแสดงผลผ่านทาง Serial Monitor	19

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3-13 ค่าที่วัดได้จริงจากมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้าผ่าน ESP32 และแสดงผลผ่านทาง Serial Monitor	20
3-14 ภาพทดสอบการใช้งานจริงของมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้า SX-1-A31N	20
3-15 ภาพอุปกรณ์วัดปริมาณก๊าซ CORUS	21
3-16 ภาพโครงสร้างของการติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์วัดปริมาณก๊าซ CORUS	22
3-17 ภาพโปรแกรม WINCOR ที่ใช้สำหรับอุปกรณ์วัดปริมาณก๊าซโดยเฉพาะ	22
3-18 ภาพอธิบายโครงสร้างของ MODBUS PROTOCOL	23
3-19 ภาพรีจิสเตอร์ที่สำคัญต่อการทดสอบจำนวนทั้งหมด 21 ตัว	23
3-20 ภาพรีจิสเตอร์ Converter Serial Number	24
3-21 ภาพรีจิสเตอร์ข้อมูลในกลุ่มที่เกี่ยวข้องกับแก๊ส	24
3-22 ภาพรีจิสเตอร์ข้อมูลหน่วยซึ่งเป็นข้อมูลเกี่ยวกับหน่วยที่ใช้วัดค่าในมิเตอร์	25
3-23 ภาพรีจิสเตอร์ข้อมูลเวลาของแบตเตอรี่ที่มีมิเตอร์สามารถทำงานอยู่ได้	25
3-24 ภาพรีจิสเตอร์เวลาและวันที่ ณ ปัจจุบัน	26
3-25 ภาพรีจิสเตอร์ข้อมูลในกลุ่มที่จำเป็นต่อการคำนวณค่าพลังงาน	26
3-26 ภาพการทดสอบระหว่าง CORUS (ซ้าย) กับ NB-IoT Gateway (ขวา)	27
3-27 ภาพการทดสอบไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 ในการรับข้อมูลผ่านทางไวไฟ	28
3-28 ภาพผลลัพธ์ของอุปกรณ์ที่เป็นไคลเอนต์ โดยแสดงผ่าน Serial Monitor	28
3-29 ภาพผลลัพธ์ของอุปกรณ์ที่เป็นเซิร์ฟเวอร์ โดยแสดงผ่าน Serial Monitor	29
4-1 การใช้คำสั่งเปิดเว็บแอปพลิเคชัน	30
4-2 หน้าคำสั่งเมื่อเปิดเซิร์ฟเวอร์สำเร็จ	31
4-3 หน้าเว็บแอปพลิเคชันหลักเมื่อเข้ามาแล้ว	32
4-4 ตัวเลือก Dashboard SX-A31N สำหรับเมนู SX-A31N	32
4-5 ตัวเลือก Charts สำหรับเมนู SX-A31N	33
4-6 ตัวเลือก Tables สำหรับเมนู SX-A31N	33
4-7 ตัวเลือก Export สำหรับเมนู SX-A31N	34
4-8 หน้าเว็บแอปพลิเคชัน Dashboard SX-A31N	34
4-9 หน้าเว็บแอปพลิเคชัน Chart ที่แสดงค่าแรงดันไฟฟ้า	35

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4-10 หน้าเว็บแอปพลิเคชัน Chart ที่แสดงค่ากระแสไฟฟ้า	36
4-11 หน้าเว็บแอปพลิเคชัน Chart ที่แสดงค่าพลังงานไฟฟ้า	36
4-12 หน้าเว็บแอปพลิเคชัน Tables ของมิเตอร์ไฟฟ้า	37
4-13 หน้าเว็บแสดงข้อมูลแบบตารางก่อนการค้นหา	37
4-14 หน้าเว็บแสดงรายละเอียดข้อมูลที่ถูกค้นหาด้วยคำว่า 226.23	38
4-15 หน้าเว็บในการนำข้อมูลออกมาแสดงในรูปแบบของไฟล์นามสกุล CSV	39
4-16 หน้าเว็บก่อนเลือกวันที่ที่ต้องการดาวน์โหลด	39
4-17 หน้าเว็บเมื่อเลือกวันที่ที่ต้องการดาวน์โหลดเรียบร้อยแล้ว	40
4-18 หน้าเว็บแสดงเมนูในการเลือกไฟล์ที่จะดาวน์โหลด	40
4-19 การบันทึกไฟล์ที่ต้องการจะดาวน์โหลด	41
4-20 ผลลัพธ์ของไฟล์ที่ได้ทำการดาวน์โหลดมา	41
4-21 ตัวเลือก Dashboard CORUS สำหรับเมนู CORUS	42
4-22 ตัวเลือก Charts สำหรับเมนู CORUS	42
4-23 ตัวเลือก Tables สำหรับเมนู CORUS	43
4-24 ตัวเลือก Export สำหรับเมนู CORUS	43
4-25 หน้าเว็บแอปพลิเคชัน Dashboard CORUS	44
4-26 หน้าเว็บแอปพลิเคชัน Chart ที่แสดงค่าอุณหภูมิ	44
4-27 หน้าเว็บแอปพลิเคชัน Chart ที่แสดงค่าแรงดัน	45
4-28 หน้าเว็บแอปพลิเคชัน Tables ของมิเตอร์แก๊ส	46
4-29 หน้าเว็บแสดงข้อมูลแบบตารางก่อนการค้นหา	46
4-30 หน้าเว็บแสดงรายละเอียดข้อมูลที่ถูกค้นหาด้วยคำว่า 21.6	46
4-31 หน้าเว็บในการนำข้อมูลออกมาแสดงในรูปแบบของไฟล์นามสกุล CSV	47
4-32 หน้าเว็บก่อนเลือกวันที่ที่ต้องการดาวน์โหลด	47
4-33 หน้าเว็บเมื่อเลือกวันที่ที่ต้องการดาวน์โหลดเรียบร้อยแล้ว	48
4-34 การบันทึกไฟล์ที่ต้องการจะดาวน์โหลด	48
4-35 ผลลัพธ์ของไฟล์ที่ได้ทำการดาวน์โหลดมา	49

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
5-1	ผลลัพธ์ของการอ่านค่าจากมิเตอร์ไฟฟ้ารุ่น SX-1-A31N ในช่วงความถี่ทุกๆ 1 นาที	51
5-2	ผลลัพธ์ของการอ่านค่าจากอุปกรณ์วัดปริมาณก๊าซ CORUS ในช่วงความถี่ทุกๆ 30 นาที	51

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

จะกล่าวได้ว่าสังคมในปัจจุบันเป็นสังคมแห่งข้อมูลข่าวสาร ซึ่งสังเกตได้จากการนำเสนอข้อมูลในปัจจุบันจะเป็นการนำเสนอแบบในช่วงเวลาจริง (real-time) ของการเกิดเหตุการณ์ ผ่านช่องทางการสื่อสารในระบบอินเทอร์เน็ตที่มีแอปพลิเคชันที่รองรับ เช่น Facebook, Line หรือ Twitter เป็นต้น รวมถึงการนำเสนอข้อมูลต่างๆ เช่น การ tracking หรือติดตามสถานะการส่งสินค้า ข้อมูลการซื้อขายของตลาดหลักทรัพย์ การติดตามการทำงานของอุตสาหกรรมแบบ 4.0 ซึ่งจะเห็นได้ว่าการติดตามและสรุปข้อมูลที่เป็นปัจจุบันมีผลอย่างมากในการช่วยตัดสินใจหรือคาดการณ์เหตุการณ์ต่างๆ ที่จะเกิดขึ้น

เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกหนทุกแห่ง (Internet of Think, IOT) เข้ามามีบทบาทอย่างมากในปัจจุบันในแง่ของการจัดเก็บบันทึกข้อมูล รวมถึงการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ให้มีความฉลาดสามารถทราบสถานะและสถานะของการทำงานได้ ดังนั้นในบทความนี้จึงมีแนวคิดที่จะสร้างอุปกรณ์และระบบการอ่าน บันทึกค่าอุปกรณ์วัดพลังงานก๊าซธรรมชาติแบบขึ้น โดยได้สร้างอุปกรณ์ที่สามารถเชื่อมต่อและส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตผ่านช่องทางการสื่อสารแบบ NB-IoT ซึ่งอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นสามารถติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์วัดค่าพลังงานหรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ ผ่านทาง RS232, RS485 และ wireless 2.4 GHz ผ่านรูปแบบการสื่อสารที่พัฒนาขึ้นมาเอง อีกทั้งยังได้สร้าง Web Application เพื่อรองรับการใช้งานของผู้ใช้งานในการเข้าถึงข้อมูล

นอกจากนี้ ยังได้จัดทำเว็บไซต์เพื่อให้นักศึกษาและอาจารย์ผู้สอนได้สามารถเข้ามาดูติดตามข้อมูลบันทึกการเข้าชั้นเรียน บันทึกการเข้าร่วมกิจกรรมและการบันทึกการให้คะแนนจิตพิสัย เพื่อที่นักศึกษาและอาจารย์ผู้สอน สามารถติดตามข้อมูลในรายวิชาได้อย่างสะดวก ทำให้ไม่พลาดข้อมูลที่สำคัญ เช่น จำนวนการขาดเรียนของนักศึกษา หรือกำหนดการเข้าร่วมกิจกรรมในรายวิชา เป็นต้น

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.2.1 เพื่อออกแบบ และพัฒนาการทำงานของบอร์ด ESP32

1.2.2 เพื่อศึกษาการทำงานของอุปกรณ์วัดปริมาตรก๊าซ รุ่น Corus

- 1.2.3 พัฒนาระบบเก็บข้อมูล และวิเคราะห์การทำงานของอุปกรณ์วัดปริมาณก๊าซ รุ่น Corus
- 1.2.4 ออกแบบอุปกรณ์ต้นแบบ และนำไปใช้งานจริงในอนาคต

1.3 ขอบเขตของโครงการ

- 1.3.1 ออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์การอ่านค่าพลังงานก๊าซธรรมชาติต้นแบบ ที่สามารถรองรับการสื่อสารกับเครื่องมือวัดในมาตรฐาน RS232, RS485 และการสื่อสารกับอุปกรณ์อื่นผ่าน WiFi ย่านความถี่ 2.4 GHz
- 1.3.2 สร้างระบบที่สามารถจัดเก็บค่าพลังงานของอุปกรณ์อ่านค่าพลังงานก๊าซธรรมชาติที่ได้ ออกแบบขึ้น เพื่อให้ผู้ใช้งานได้เรียกดูข้อมูลในรูปแบบข้อมูลเชิงสถิติ
- 1.3.3 นำระบบที่ได้ทำการพัฒนาขึ้นทดลองกับการใช้งานจริงเพื่อสรุปผลและแนวโน้มความเป็นไปได้ในการนำไปใช้งานจริง

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการทำโครงการ

- 1.4.1 สามารถนำระบบวัดค่าพลังงานก๊าซธรรมชาติไปใช้งานได้จริง
- 1.4.2 สามารถนำข้อมูลที่ถูกรับบันทึกไว้จากระบบวัดค่าพลังงานก๊าซธรรมชาติไปใช้ให้เกิดประโยชน์แก่ผู้ผลิตก๊าซธรรมชาติได้
- 1.4.3 มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับอุปกรณ์วัดค่าพลังงาน แบบ AMR
- 1.4.4 มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการพัฒนาเว็บไซต์ และการใช้งานฐานข้อมูล

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ขั้นตอนที่	รายละเอียดการดำเนินงาน เริ่มทำปฏิทินขึ้นเมื่อ 6 เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2561	เดือนที่											
		8	9	10	11	12	1	2	3	4	5		
1	ศึกษาข้อมูลที่จะนำมาใช้ในการพัฒนาระบบ												
2	ระบุความต้องการของผู้ใช้ และออกแบบระบบ												
3	พัฒนาระบบ และแอปพลิเคชันตามที่ได้ออกแบบ												
4	ทดลองการทำงานของอุปกรณ์จริง ร่วมกับแอปพลิเคชัน												
5	ทำการทดสอบระบบ และปรับปรุงแก้ไข												

บทที่ 2

เอกสารและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในการจัดทำโครงงาน ระบบการวัดค่าพลังงานก๊าซธรรมชาติโดยใช้การสื่อสาร แบบ NB-IoT ฉบับนี้ ได้ศึกษา อ้างอิงทฤษฎี และหัวข้อที่เกี่ยวข้อง ดังต่อไปนี้

2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) [1] [2]

ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นชิปที่มีความสามารถเหมือนคอมพิวเตอร์เครื่องหนึ่ง ซึ่งอยู่ภายในชิปเพียงชิปเดียว ไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นมีคอร์ (Core) ที่จะอ่านคำสั่งหรือเฟิร์มแวร์ที่ถูกเขียนอยู่ในหน่วยความจำแฟลช (flash memory) และมีความสามารถคิดคำนวณคณิตศาสตร์ด้วยเอเลดู (ALU) รวมถึงมีแรม (RAM) สำหรับเก็บข้อมูลตัวแปร ดังนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จึงมีส่วนประกอบพื้นฐานทั้งหมดที่คอมพิวเตอร์นั้นมี เพียงแต่มีขนาดเล็กกว่า มีประสิทธิภาพการทำงานที่ด้อยกว่า และมีหน่วยความจำที่จำกัดกว่า

ในปฏิญานพนธ์นี้เลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล ESP32 ของบริษัท Espressif ซึ่งเป็นโมดูล ESP32-WROVER เป็นหน่วยประมวลผลหลัก โดยจะนำมาใช้ในการควบคุมการขอข้อมูลจากอุปกรณ์วัดค่าพลังงาน และสั่งการ NB-IoT board ให้จัดการส่งข้อมูลขึ้นสู่คลาวด์เซิร์ฟเวอร์



ภาพที่ 2-1 โมดูล ESP32-WROVER

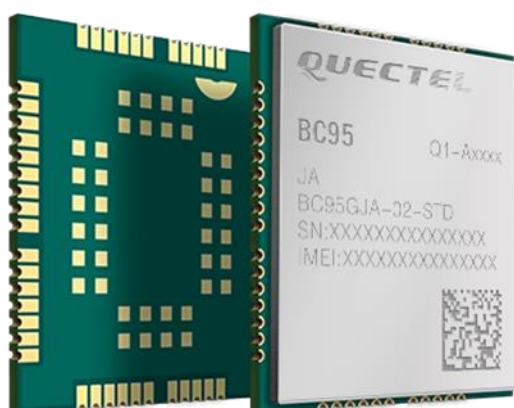
2.1.1 คุณสมบัติของโมดูล ESP32-WROVER

- มีหน่วยความจำ flash 4 MB
- มีหน่วยความจำ PSRAM 8 MB
- ใช้ crystal oscillator ความถี่ 40 MHz
- CPU clock ใช้ความถี่ที่สามารถปรับได้ที่ 80 MHz ถึง 240 MHz
- มีพอร์ต GPIO จำนวน 30 พอร์ต
- รองรับการใช้งาน SD card, UART, SPI, SDIO, I2C, LED PWM, Motor PWM, I2S, IR, pulse counter, GPIO, capacitive touch sensor, ADC, DAC
- มีโมดูล WiFi (802.11 b/g/n) และ Bluetooth Low Energy ในตัว

2.2 โมดูลสื่อสารเครือข่าย Narrowband IoT หรือ NB-IoT [3]

เป็นเทคโนโลยีระบบโครงข่ายที่ใช้พลังงานต่ำ (Low Power Wide Area Network: LPWAN) ซึ่งได้พัฒนาสำหรับใช้กับอุปกรณ์ IoT ให้สามารถเชื่อมต่อหากันได้ โดยผ่านโครงข่ายของสัญญาณโทรศัพท์เคลื่อนที่ แม้จะมีอัตราส่งข้อมูลไม่สูง แต่มีข้อได้เปรียบในเรื่องการใช้พลังงานต่ำ ทำให้อายุการใช้งานแบตเตอรี่ยาวนานขึ้น จึงเหมาะสมกับงาน IoT ซึ่งไม่ต้องการส่งข้อมูลที่มีขนาดใหญ่

ในปฏิญานพนธ์นี้จะใช้โมดูลสื่อสารเครือข่าย NB-IoT คือ BC95 ดังภาพที่ 2-2 โดยจะใช้เป็นบอร์ดสำเร็จรูป ซึ่งจัดจำหน่ายโดย True ในชื่อ True NB-IoT board ดังภาพที่ 2-3 โดยเป็นบอร์ดที่ออกแบบให้ทำงานร่วมกับบอร์ด Arduino Uno ในรูปแบบของ Arduino Shield ทำหน้าที่จัดการการเชื่อมต่อและส่งข้อมูลไปสู่อินเทอร์เน็ต ซึ่งจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์สั่งการด้วย AT Command



ภาพที่ 2-2 โมดูล NB-IoT รุ่น BC95



ภาพที่ 2-3 True NB-IoT board

2.3 อุปกรณ์วัดค่าพลังงาน แบบเอเอ็มอาร์ (AMR Meter) [4]

AMR หรือที่ย่อมาจาก Automatic Meter Reading เป็นระบบอ่านข้อมูลจากอุปกรณ์วัดค่าพลังงานแบบอัตโนมัติ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการสื่อสารผ่านพอร์ตสื่อสาร AMR ซึ่งจะให้เราสามารถอ่าน และบันทึกค่าจากอุปกรณ์วัดค่าพลังงานได้ตลอดเวลา

ในปฏิญานพนธ์นี้ได้เลือกใช้อุปกรณ์วัดค่าพลังงาน 2 ตัวมาใช้ในการทดลองระบบ คือ อุปกรณ์วัดปริมาตรก๊าซ รุ่น Corus และมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้า SX1-A31E รุ่น RS-485

2.3.1 อุปกรณ์วัดปริมาตรก๊าซ รุ่น Corus



ภาพที่ 2-4 Gas Volume Converter: Corus

อุปกรณ์วัดปริมาตรก๊าซ หรือ Gas Volume Converter รุ่น Corus เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่คำนวณหาค่าสภาวะอ้างอิง (reference conditions) จากค่าปริมาตรการไหล อุณหภูมิ ความดัน และค่าอื่นๆ ที่วัดได้ภายในท่อส่งก๊าซ พร้อมทั้งมีพอร์ตสื่อสาร RS232 สำหรับขอข้อมูลด้วยโปรโตคอล I-FLAG หรือโปรโตคอล MODBUS RTU โดยจะสามารถอ่านข้อมูลที่วัดได้ขณะนั้น หรืออ่านข้อมูลเก่าจากฐานข้อมูล ในส่วนของตัวอุปกรณ์ได้ถูกออกแบบอย่างดี และได้รับการรับรองในการใช้ในเขตอันตราย (Hazardous Area)

2.3.2 มิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้า SX1-A31E รุ่น RS-485



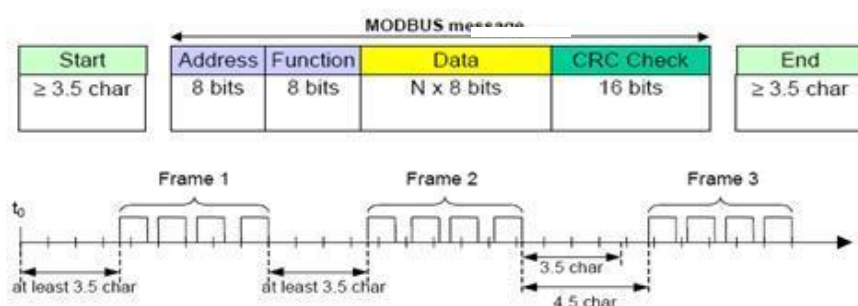
ภาพที่ 2-5 SX1-A31E รุ่น RS-485

มิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้า SX1-A31E รุ่น RS-485 เป็นมิเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ สำหรับวัดไฟฟ้า 1 เฟส สามารถวัดค่าแรงดันไฟฟ้า (voltage), กระแสไฟฟ้า (current), ความถี่ (frequency), กำลังไฟฟ้า (power) และหน่วยไฟฟ้า (energy) มีพอร์ตสื่อสาร RS485 สำหรับขอข้อมูลด้วยโปรโตคอล MODBUS RTU

2.4 โพรโทคอล MODBUS RTU [5]

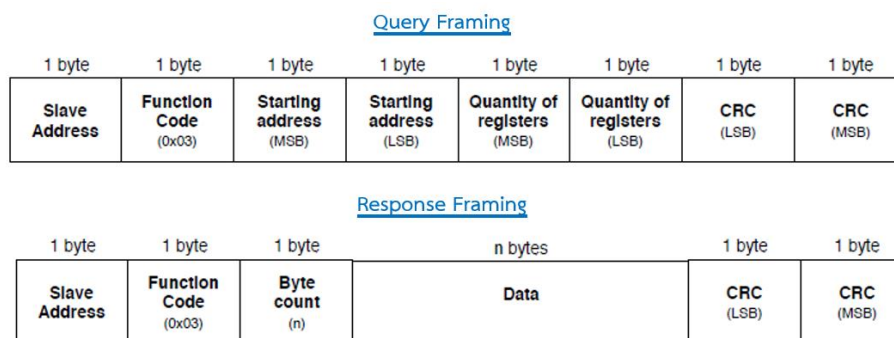
โพรโทคอล MODBUS เป็นโพรโทคอลสำหรับสื่อสารข้อมูลอินพุต และเอาต์พุต ซึ่งถูกคิดค้นโดย Modicon (ปัจจุบันคือบริษัท Schneider Electric) โพรโทคอล MODBUS เป็นการสื่อสารข้อมูลในลักษณะ Master/Slave โดยมีลักษณะการส่งข้อมูล 2 แบบ คือ ข้อมูลแบบ ASCII ซึ่งจะถูกรเรียกว่า MODBUS ASCII และข้อมูลแบบ binary ซึ่งจะถูกรเรียกว่า MODBUS RTU

เฟรมข้อมูลของ MODBUS RTU ประกอบด้วยข้อมูล Address ของ Slave ขนาด 1 ไบต์, function code ขนาด 1 ไบต์, ข้อมูลจำนวนมากที่สุดไม่เกิน 252 ไบต์ และรหัสตรวจสอบความถูกต้อง CRC (Cyclical Redundancy Checking) มีการเว้นระยะห่างระหว่างเฟรมอย่างน้อย 3.5 char ดังภาพที่ 2-6



ภาพที่ 2-6 ลักษณะเฟรมข้อมูลของ MODBUS RTU

สำหรับลักษณะการจัดเฟรมข้อมูลสำหรับการติดต่อขอข้อมูล (Read Request) กับอุปกรณ์วัดปริมาณก๊าซ และมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้าที่ถูกเลือกใช้ในปริญญานิพนธ์นี้ มีลักษณะดังภาพที่ 2-7



ภาพที่ 2-7 เฟรมข้อมูลสำหรับอ่านค่า และเฟรมข้อมูลตอบกลับ ในโพรโทคอล MODBUS RTU

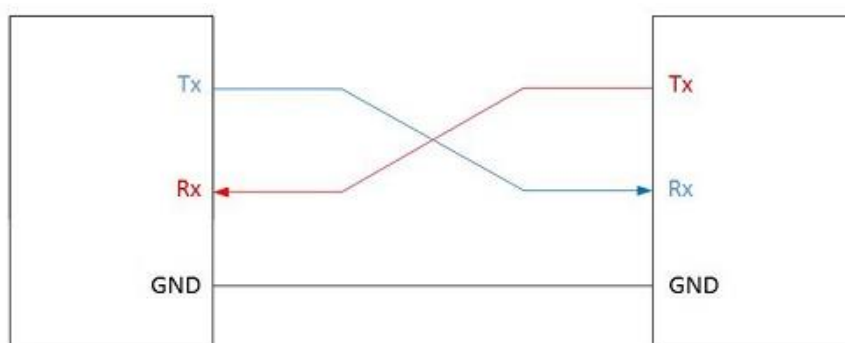
2.5 มาตรฐานการส่งข้อมูลดิจิทัลแบบอนุกรม RS232 และ RS485

RS232 และ RS485 เป็นมาตรฐานการส่งข้อมูลดิจิทัลแบบอนุกรมซึ่งถูกใช้อย่างแพร่หลายในโรงงานอุตสาหกรรม มีหลักการทำงานดังต่อไปนี้

2.5.1 มาตรฐาน RS232 [6]

เป็นมาตรฐานที่รับส่งข้อมูลแบบ Full duplex คือสามารถส่งข้อมูลและรับได้ในเวลาเดียวกัน มีรูปแบบการเชื่อมต่อแบบ point-to-point สามารถส่งสัญญาณได้ไกลสูงสุด 15 เมตร โดยจะใช้สายสัญญาณทั้งหมด 3 เส้น ได้แก่

- Tx (Transmit data) คือ สายส่งข้อมูล
- Rx (Receive data) คือ สายรับข้อมูล
- GND (Signal ground) คือ สายกราวด์ หรือสายอ้างอิงแรงดันไฟฟ้า 0 V



ภาพที่ 2-8 การเชื่อมต่อ RS-232

2.5.2 มาตรฐาน RS485 [7]

เป็นมาตรฐานที่รับส่งข้อมูลแบบ half duplex คือสามารถรับหรือส่งได้ที่ละอย่างเท่านั้น มีรูปแบบการเชื่อมต่อแบบ multipoint ได้สูงสุดถึง 32 ตัว โดยมีอุปกรณ์ในระบบ 1 ตัวทำหน้าที่เป็น Master และอุปกรณ์ที่เหลือจะเป็น Slave สามารถส่งสัญญาณได้ไกลสูงสุดถึง 1200 เมตร โดยใช้สายสัญญาณเพียง 2 เส้น คือ สาย A และ B สามารถบอกรหัสดิจิทัล โดยใช้ความแตกต่างของแรงดันระหว่างสาย A และ B บอกได้ดังนี้

- $V_a - V_b$ น้อยกว่า -200mV สัญญาณดิจิทัลเป็น 1
- $V_a - V_b$ มากกว่า +200mV สัญญาณดิจิทัลเป็น 0



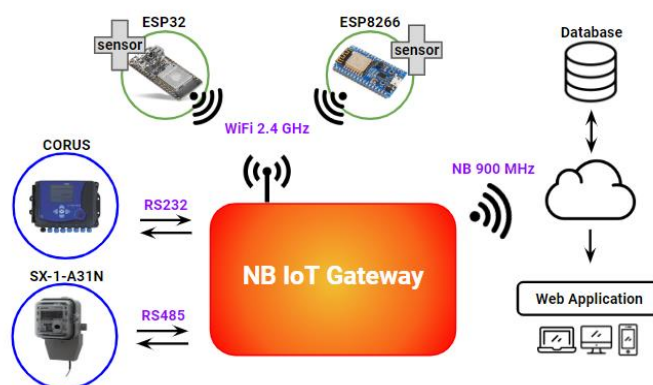
ภาพที่ 2-9 การเชื่อมต่อ RS-485

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการ

3.1 การออกแบบภาพรวมของระบบ

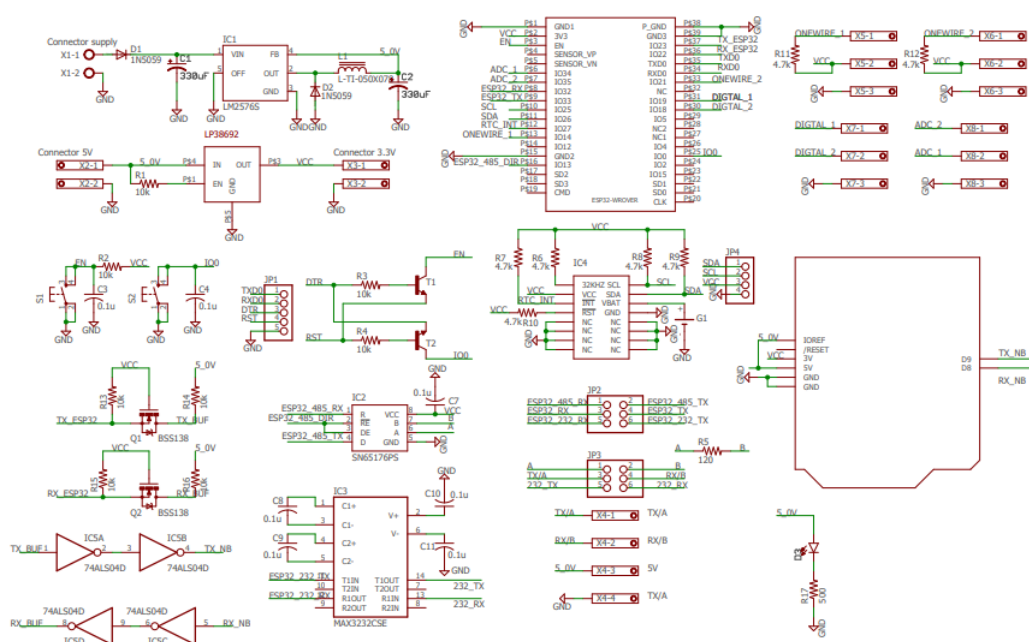
ในการออกแบบระบบวัดค่าพลังงานก๊าซธรรมชาติโดยใช้การสื่อสารแบบ NB-IoT ในปริณูณานิพนธ์นี้ได้ทำการออกแบบอุปกรณ์สื่อสาร NB-IoT เพื่อใช้งานกับ อุปกรณ์วัดปริมาตรก๊าซ (Gas Volum converter) ที่มีชื่อว่า CORUS และมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้า 1 เฟส หรือ กิโลวัตต์ชั่วโมงมิเตอร์ รุ่น SX-1-A31N โดยในการสื่อสารข้อมูลกับอุปกรณ์ดังกล่าวมาได้ใช้การสื่อสารแบบ RS232 และ RS485 ตามลำดับ ซึ่งภายใน NB-IoT Gateway ที่ถูกพัฒนาขึ้นในปริณูณานิพนธ์นี้ได้ใช้ชิป ESP32 ที่ทำหน้าที่ตัวประมวลผลและติดต่อสื่อสารเพื่ออ่านค่าปริมาณต่าง ๆ จากอุปกรณ์วัดปริมาตรก๊าซ และมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้า อย่างไรก็ตามในการพัฒนาอุปกรณ์ NB-IoT Gateway ในปริณูณานิพนธ์นี้ยังได้ออกแบบเพื่อรองรับการติดต่อสื่อสารแบบ WiFi ในย่านความถี่ 2.4 GHz เพื่อเป็นช่องทางในการส่งข้อมูลแบบไร้สายในระยะใกล้ อีกทั้งยังเป็นการออกแบบเพื่อรองรับการใช้งานในการประยุกต์ใช้ NB-IoT Gateway ที่พัฒนาขึ้นในกลุ่มงาน Smart Farm หรือ Smart Home ในอนาคต ซึ่งในการส่งข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้จากการอ่านค่าของ NB-IoT Gateway ไปจัดเก็บไว้บนระบบบริการโครงข่ายกลุ่มเมฆ (Cloud service) ในปริณูณานิพนธ์นี้ได้ใช้ระบบเครือข่าย NB-IoT ที่คลื่นความถี่ 900 MHz โดยที่ข้อมูลที่ถูกเก็บนั้นสามารถนำมาแสดงผลผ่านทางเว็บแอปพลิเคชันได้ ไม่ว่าจะเป็นในรูปแบบของแดชบอร์ด กราฟ หรือตาราง ซึ่งภาพรวมของระบบได้แสดงดังภาพที่ 3-1



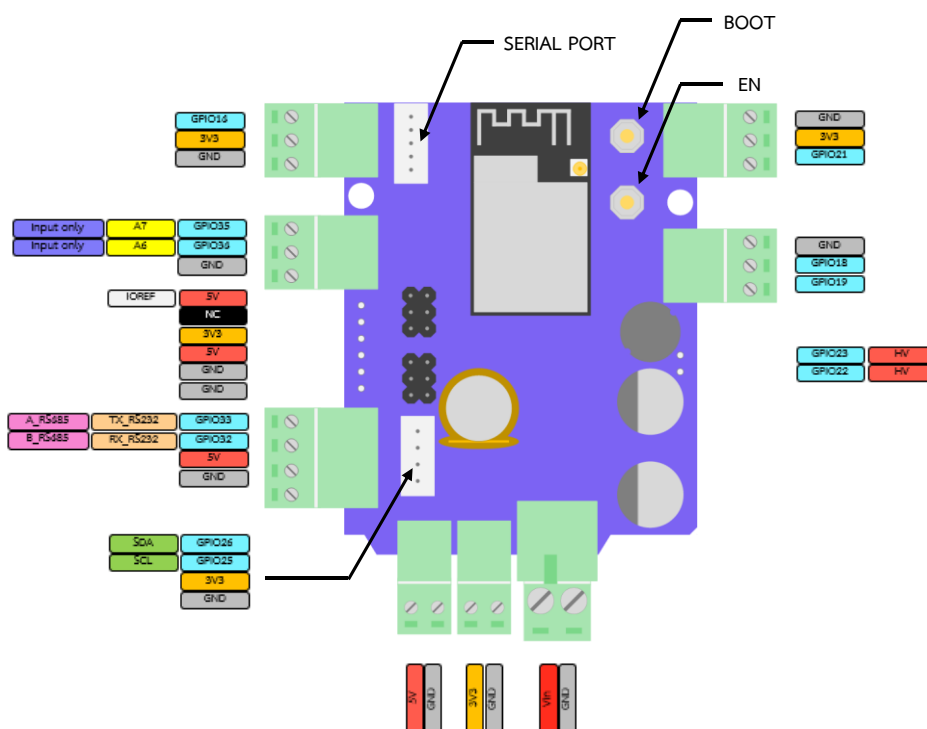
ภาพที่ 3-1 ภาพรวมของระบบวัดค่าพลังงานก๊าซธรรมชาติโดยใช้การสื่อสารแบบ NB-IoT

3.2 การออกแบบวงจรและแผ่นพิมพ์ลายวงจรวงจรของ

ในการออกแบบวงจรที่ใช้ในการสร้างแผ่นพิมพ์ลายวงจรในปริณูณิพนธ์นี้ สิ่งสำคัญของการออกแบบวงจรที่ออกแบบต้องสามารถติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์วัดปริมาณก๊าซและมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้าผ่าน ทางการสื่อสารแบบ RS232 และ RS485 ได้ และสามารถทำงานร่วมกับบอร์ด True NB-IoT Board Shield เพื่อใช้ส่งข้อมูลที่ค่าการวัดค่าปริมาณต่าง ๆ ไปจัดเก็บบนระบบเครือข่ายกลุ่มเมฆ โดยใช้คอนโทรลเลอร์ ESP32 เป็นตัวประมวลผลหลักในการจัดการขบวนการสื่อสารและส่งข้อมูลอีกทั้งในการออกแบบวงจรยังได้เพิ่มในส่วนวงจร RTC Module (Real Time Clock) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ให้อายุตามฐานเวลาจริง โดยที่ติดตั้งไว้เพื่อตรวจสอบเวลาสำหรับและทำการริบรูการทำงานของตัวคอนโทรลเลอร์เพื่อป้องกันการเกิดสภาวะการค้างการทำงาน ในส่วนของ I/O ของพอร์ตได้ทำการเพิ่มวงจร LOGIC LEVEL SHIFTER ซึ่งเป็นวงจรที่ใช้ในการเชื่อมต่อสัญญาณลอจิกระหว่างอุปกรณ์ประเภท 5 V กับอุปกรณ์ประเภท 3.3 V โดยจะเป็นวงจรที่ยกระดับสัญญาณแรงดันจาก 3.3 V เป็น 5 V และในทางกลับกันจะทำการลดทอนแรงดันจาก 5 V เป็น 3.3 V ซึ่งในการยกระดับและลดทอนแรงดันจะเป็นการทำในสองทิศทางในพอร์ตเดียวกัน โดยจะเชื่อมในลักษณะของการประกบกันทำงาน ซึ่งลายแผ่นปริ้นวงจร และ Pinout จะแสดงอยู่ในภาพที่ 3-2 และ 3-3 ตามลำดับ



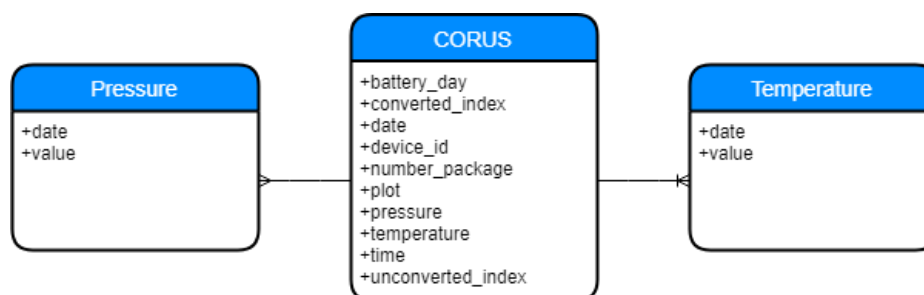
ภาพที่ 3-2 ภาพลายแผ่นปริ้นวงจรของอุปกรณ์ต้นแบบ NB-IoT Gateway



ภาพที่ 3-3 ภาพ Pinout Reference ของอุปกรณ์ต้นแบบ NB-IoT Gateway

3.3 การออกแบบฐานข้อมูล

ในระบบวัดค่าพลังงานก๊าซธรรมชาติโดยใช้การสื่อสารแบบ NB-IoT มีการเก็บข้อมูลที่ได้บันทึกมาจากมิเตอร์ไว้ในฐานข้อมูลที่อยู่บนเครือข่ายกลุ่มเมฆ โดยที่ข้อดีของการเก็บข้อมูลแบบนี้คือ ข้อมูลมีโอกาสที่จะสูญหายได้ยาก และสามารถดึงข้อมูลมาใช้ได้ทุกที่ทุกเวลา การออกแบบฐานข้อมูลจะใช้ฐานข้อมูลแบบ noSQL ซึ่งเหมาะสมกับการถูกนำมาใช้กับงานที่ต้องรองรับข้อมูลขนาดใหญ่ๆ รองรับการทำงานแบบ real-time ระบบที่ต้องการการดำเนินงานแบบ real-time ระบบที่ต้องรองรับรูปแบบข้อมูลที่หลากหลาย หรือมีความยืดหยุ่นสูงได้ ซึ่งได้เลือกใช้ Firebase Database ที่ให้บริการโดย Google โดยที่ข้อมูลจะถูกเก็บไว้ในรูปแบบของ JSON ซึ่งการเก็บข้อมูลจากมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้า SX-1-A31N จะเก็บข้อมูล 7 ประเภท ได้แก่ เวลา และวันที่ของการบันทึกข้อมูล (Timestamp) ค่าแรงดันไฟฟ้า (Voltage) ค่ากระแสไฟฟ้า (Current) ค่ากำลังงานไฟฟ้า (Power) ค่าความถี่ (Frequency) ค่าพลังงานไฟฟ้า (Energy) ส่วนการเก็บข้อมูลจากอุปกรณ์วัดปริมาณก๊าซ CORUS จะมีการเก็บข้อมูลคล้ายกับมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้าคือ มีการเก็บเวลา และวันที่ของการบันทึกข้อมูล ค่า Unconverted index ค่า Converted index ค่าอุณหภูมิ (Temperature) ค่าแรงดัน (Pressure) และอายุที่เหลือของแบตเตอรี่ซึ่งรูปของ ER Diagram นั้นแสดงอยู่ในภาพที่ 3-4

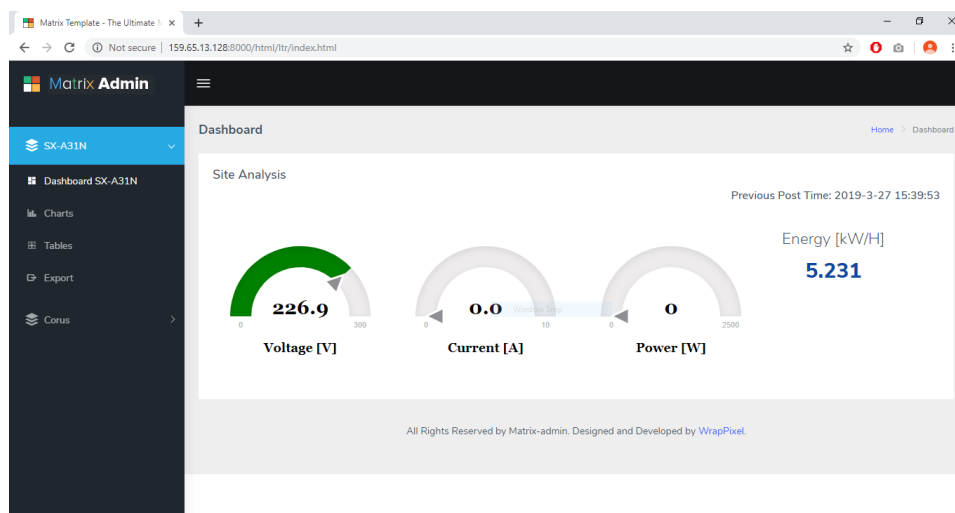


ภาพที่ 3-4 ภาพ ER Diagram

3.4 การออกแบบหน้าเว็บไซต์

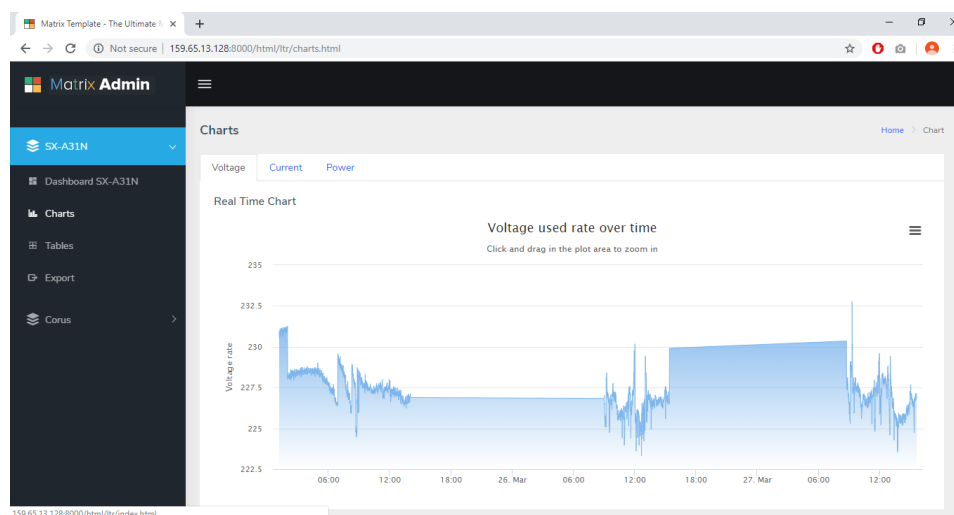
การออกแบบหน้าเว็บไซต์ของ ระบบวัดค่าพลังงานก๊าซธรรมชาติโดยใช้การสื่อสารแบบ NB-IoT ได้มีการได้มีการออกแบบสำหรับทั้ง 2 อุปกรณ์คือมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้า SX-1-A31N และ อุปกรณ์วัดปริมาตรก๊าซ CORUS กล่าวคือมีส่วนของหน้าเว็บไซต์ของทั้งสองอุปกรณ์แยกกัน ในการเขียนเว็บไซต์ด้วยภาษา HTML ร่วมกับ Bootstrap สำหรับการจัดรูปแบบเว็บไซต์ซึ่งนำมาช่วยเพื่อให้ง่ายต่อการจัดรูปแบบของการแสดงผลบนหน้าเว็บไซต์ และในส่วนของหน้าเว็บไซต์มีส่วนหลักอยู่ 2 ส่วน ซึ่งประกอบด้วยหน้าเว็บไซต์ของ SX-1-A31N และหน้าเว็บไซต์ของ CORUS ซึ่งมีส่วนย่อยอยู่ 4 ส่วน ส่วนแรกคือหน้าแดชบอร์ด (Dashboard) ใช้สำหรับแสดงข้อมูลที่เป็นปัจจุบันของอุปกรณ์ ซึ่งจะมีการอัปเดตโดยตรงจากตัวอุปกรณ์ ต่อมาเป็นส่วนของหน้าเว็บไซต์ที่แสดงผลแบบกราฟเส้น ที่สามารถให้ผู้ใช้งานสามารถดูข้อมูลย้อนหลังของอุปกรณ์ได้ในช่วงเวลา 1 วัน ส่วนที่สามเป็นหน้าเว็บไซต์ที่แสดงผลแบบตาราง ที่จะนำข้อมูลที่อยู่ในฐานข้อมูลออกมาแสดงในรูปแบบของตาราง และสุดท้ายหน้าเว็บไซต์ในส่วนของการนำข้อมูลที่อยู่ในฐานข้อมูลออกมาในรูปแบบของไฟล์ CSV เพื่อที่จะนำข้อมูลเหล่านั้นไปวิเคราะห์ หรือนำไปใช้ประโยชน์อย่างอื่นต่อไป ซึ่งหน้าเว็บไซต์แสดงอยู่ในภาพที่ 3-4 ถึง 3-7

หน้าเว็บไซต์แดชบอร์ด (Dashboard) ที่แสดงข้อมูลที่เป็นปัจจุบันของอุปกรณ์ โดยที่ข้อมูลมีการอัปเดตโดยตรงจากตัวอุปกรณ์ ซึ่งการแสดงผลถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่แสดงอยู่ในรูปของแผนภูมิหน้าปัดความเร็ว (Gauge Graph) ซึ่งได้แก่ ค่าแรงดันไฟฟ้า (Voltage) ค่ากระแสไฟฟ้า (Current) ค่ากำลังงานไฟฟ้า (Power) และส่วนที่แสดงผลเป็นตัวเลข ได้แก่ เวลาที่ลงบันทึกของข้อมูลชุดล่าสุด และค่าพลังงานไฟฟ้า (Energy) แสดงดังภาพที่ 3-4



ภาพที่ 3-5 ภาพหน้าเว็บไซต์แดชบอร์ด (Dashboard) ที่แสดงข้อมูลของอุปกรณ์

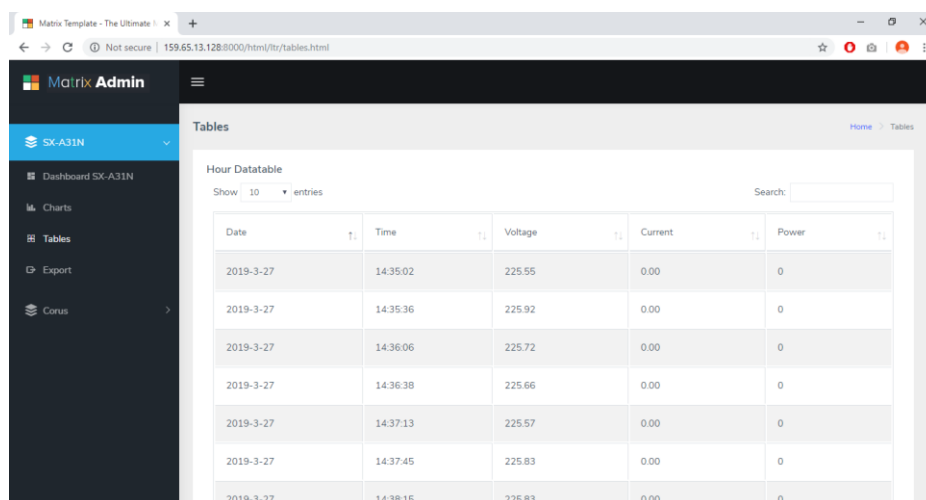
หน้าเว็บไซต์การแสดงผลแบบกราฟเส้นที่แสดงข้อมูลย้อนหลัง โดยที่นำข้อมูลที่เก็บบันทึกไว้ในฐานข้อมูลมาแสดง ซึ่งข้อมูลย้อนหลังที่นำมาแสดงได้แก่ ค่าแรงดันไฟฟ้า (Voltage) ค่ากระแสไฟฟ้า (Current) และค่ากำลังงานไฟฟ้า (Power) แสดงดังภาพที่ 3-6



ภาพที่ 3-6 ภาพหน้าเว็บไซต์การแสดงผลแบบกราฟเส้น (Chart) ที่แสดงข้อมูลย้อนหลัง

หน้าเว็บไซต์การแสดงผลแบบตาราง โดยที่นำข้อมูลที่เก็บบันทึกไว้ในฐานข้อมูลมาแสดง ซึ่งประกอบด้วยข้อมูล 5 ประเภท ได้แก่ วันที่ เวลา ค่าแรงดันไฟฟ้า (Voltage) ค่ากระแสไฟฟ้า

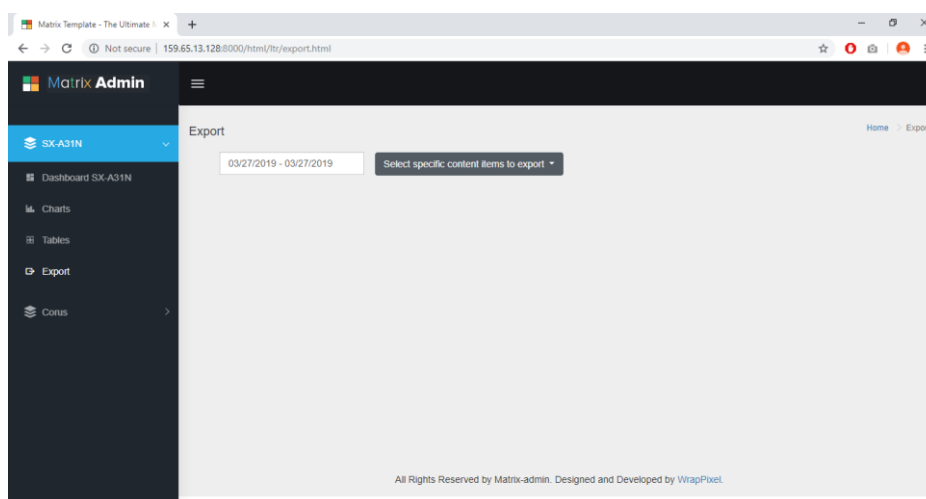
(Current) และค่ากำลังงานไฟฟ้า (Power) และมีส่วนการค้นหาที่ทำให้ผู้ใช้งานสามารถค้นหาข้อมูลในส่วนที่ต้องการได้ แสดงดังภาพที่ 3-7



Date	Time	Voltage	Current	Power
2019-3-27	14:35:02	225.55	0.00	0
2019-3-27	14:35:36	225.92	0.00	0
2019-3-27	14:36:06	225.72	0.00	0
2019-3-27	14:36:38	225.66	0.00	0
2019-3-27	14:37:13	225.57	0.00	0
2019-3-27	14:37:45	225.83	0.00	0
2019-3-27	14:38:15	225.83	0.00	0

ภาพที่ 3-7 ภาพหน้าเว็บไซต์การแสดงผลแบบตาราง (Table)

สำหรับการนำข้อมูลที่อยู่ในฐานข้อมูลออกมา และดาวน์โหลดไฟล์ออกมาเป็นไฟล์ประเภท CSV โดยที่สามารถเลือกวันที่ ที่ต้องการข้อมูลนั้นๆ ได้ แสดงดังภาพที่ 3-8

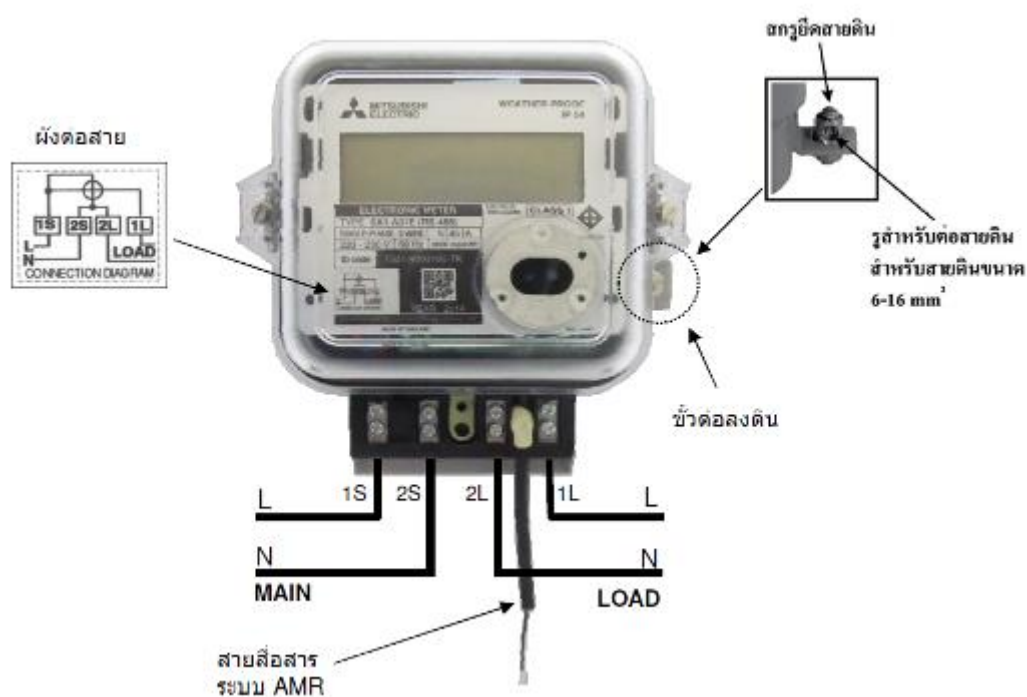


ภาพที่ 3-8 ภาพหน้าเว็บไซต์ในการนำข้อมูลออกมาแสดงในรูปแบบของไฟล์ CSV

3.5 การทดสอบมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้า SX-1-A31N

ในการทดสอบมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้า SX-1-A31N ได้ทำการทดสอบการอ่านค่าข้อมูลจากมิเตอร์มาแสดงผลผ่านทาง การเชื่อมต่อแบบ RS485 โดยในการทดสอบได้ทำการทดสอบวิธี 3 คือ ทดสอบด้วยโปรแกรม Docklight ทดสอบด้วย Arduino และทดสอบด้วย NB-IoT Gateway

ในส่วนของ SX-1-A31N ซึ่งเป็นมิเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ แบบหนึ่งเฟส ที่ทำงานโดยอาศัยหลักการประมวลผลแบบดิจิทัลเพื่อวัด และคำนวณค่าพลังงานไฟฟ้า (KWH) ซึ่งตัวมิเตอร์รองรับระบบ AMR (Automatic Meter Reading) และมีช่องต่อพอร์ต RS-485 ที่สนับสนุนการเชื่อมต่อผ่านทางระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ (ภาพที่ 3-9)




ภาพที่ 3-9 ภาพมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้า SX-1-A31N

ขั้นตอนการทดสอบใช้งานมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้า SX-1-A31N ขั้นตอนแรกคือการใช้โปรแกรม Docklight ที่รันอยู่บนคอมพิวเตอร์ โดยทำการเชื่อมต่อนิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้า SX-1-A31N เข้ากับคอมพิวเตอร์ผ่านอุปกรณ์ RS485 to USB เพื่อดูว่าค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ รวมถึงตำแหน่งของ Address ของข้อมูลต่าง ๆ ซึ่งจะเลือกพารามิเตอร์ทุกค่าที่มิเตอร์สามารถทำการวัด และคำนวณได้ ได้แก่ ค่าแรงดันไฟฟ้า (Voltage) ค่ากระแสไฟฟ้า (Current) ค่ากำลังงานไฟฟ้า (Power)

ค่าความถี่ (Frequency) ค่าพลังงานไฟฟ้า (Energy) โดยผลลัพธ์จากการร้องขอค่าผ่านระบบ ARM ด้วยโปรแกรม Docklight แสดงดังภาพที่ 3-10 ซึ่งค่าที่อ่านมาได้จากมิเตอร์จะอยู่ในรูปแบบของ ตัวเลขฐาน 16 โดยในการอ่านค่าต้องแปลงค่าจากเลขฐาน 16 ให้อยู่ในรูปแบบของตัวเลขฐาน 10 และนำไปคูณกับค่าหน่วย หรือ Unit จะได้ค่าปริมาณที่วัดได้จริงจากมิเตอร์ แสดงรายละเอียดดังภาพที่ 3-11 ขั้นตอนที่สองเป็นการทดสอบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino โดยทำการเขียนโปรแกรม ด้วยภาษา Arduino ขึ้นมาเพื่อที่จะทำการติดต่อกับมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้า และอ่านค่าที่วัดได้จริง จากมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้าผ่าน Arduino และแสดงผลผ่านทาง Serial Monitor ดังภาพภาพที่ 3-12 ขั้นตอนสุดท้ายของการทดลองมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้า SX-1-A31N คือการทดสอบด้วย ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 ที่ได้พัฒนาขึ้นเป็นอุปกรณ์ต้นแบบ NB-IoT Gateway โดยใช้ โปรแกรมที่เขียนขึ้นจากภาษา Arduino เช่นกัน เพื่อสำหรับที่จะติดต่อกับมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้า และอ่านค่าที่วัดได้ผ่านทาง Serial Monitor ดังภาพที่ 3-13 ซึ่งเมื่อทดสอบแล้วสามารถทำงานได้ เช่นเดียวกับการทดสอบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino หลังจากที่สามารถใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการติดต่อสื่อสารกับมิเตอร์ผ่านช่องทางการสื่อสาร RS485 ได้แล้วจึง นำไปทดสอบใช้งานจริง และเมื่อทดสอบแล้วพบว่าสามารถทำงานได้ดังภาพที่ 3-14

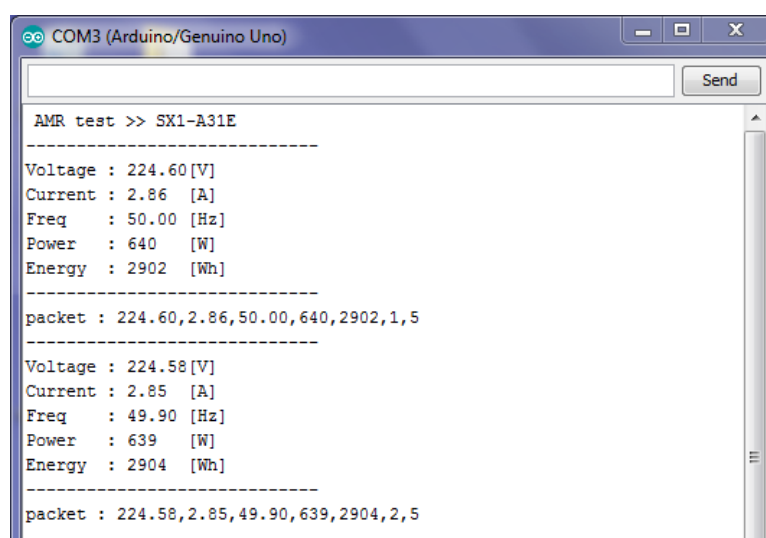
		Colors&Fonts Mode	COM12	1200, Even, 8, 1
Communication				
ASCII	HEX	Decimal	Binary	
10/12/2018 12:05:43.802	[TX]	-	91 03 00 66 00 01 79 45	
10/12/2018 12:05:43.983	[RX]	-	91 03 02 57 E1 86 21	
10/12/2018 12:05:47.596	[TX]	-	91 03 00 69 00 01 49 46	
10/12/2018 12:05:47.775	[RX]	-	91 03 02 01 F5 B9 8E	
10/12/2018 12:05:49.891	[TX]	-	91 03 00 70 00 01 98 81	
10/12/2018 12:05:50.070	[RX]	-	91 03 02 01 1D B9 C0	
10/12/2018 12:05:52.073	[TX]	-	91 03 00 73 00 01 68 81	
10/12/2018 12:05:52.253	[RX]	-	91 03 02 02 80 78 99	
10/12/2018 12:05:54.033	[TX]	-	91 03 00 6E 00 02 B8 86	
10/12/2018 12:05:54.212	[RX]	-	91 03 04 00 00 04 10 69 36	

ภาพที่ 3-10 ภาพผลการทดสอบด้วยโปรแกรม Docklight



Register	Data(hex)	Data(dec)	Unit	Value
Voltage	57E1	22497	0.01V	224.97 V
Freq	01F5	501	0.1Hz	50.1 Hz
Current	011D	285	0.01A	2.85 A
Power	0280	640	W	640 W
Energy	00000410	1040	Wh	1040 Wh

ภาพที่ 3-11 ภาพแปลงค่าจากเลขฐาน 16 ให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถอ่านได้



ภาพที่ 3-12 ภาพค่าที่วัดได้จริงจากมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้าผ่าน Arduino และแสดงผลผ่านทาง Serial Monitor


```

AMR test >> SX1-A31E
-----
Voltage : 224.60 [V]
Current : 2.86 [A]
Freq    : 50.00 [Hz]
Power   : 640 [W]
Energy  : 2902 [Wh]
-----
packet : 224.60,2.86,50.00,640,2902,1,5
-----
Voltage : 224.58 [V]
Current : 2.85 [A]
Freq    : 49.90 [Hz]
Power   : 639 [W]
Energy  : 2904 [Wh]
-----
packet : 224.58,2.85,49.90,639,2904,2,5
-----

```

ภาพที่ 3-13 ค่าที่วัดได้จริงจากมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้าผ่าน ESP32 และแสดงผลผ่านทาง Serial Monitor



ภาพที่ 3-14 ภาพทดสอบการใช้งานจริงของมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้า SX-1-A31N

3.6 การทดสอบมิเตอร์แก๊ส CORUS

ในการทดสอบอุปกรณ์วัดปริมาตรแก๊ส CORUS โดยที่ต้องติดต่อผ่านทางช่องทางการเชื่อมต่อแบบ RS232 ซึ่งการทดสอบจะมีด้วยวิธีการ 2 วิธี วิธีการแรกคือทดสอบด้วยโปรแกรม WINCOR ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้สำหรับการอ่านค่าจากมิเตอร์โดยเฉพาะ และวิธีที่สองเป็นการทดสอบโดยทำการเขียนโปรแกรมเพื่อที่จะเชื่อมต่อการทำงานของมิเตอร์เข้ากับอุปกรณ์ต้นแบบ NB-IoT Gateway

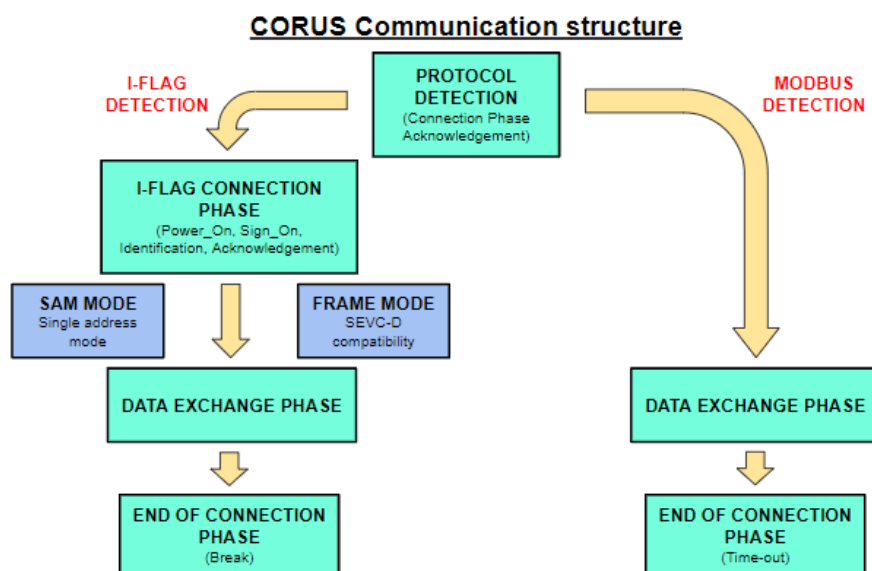
อุปกรณ์วัดปริมาตรก๊าซ CORUS เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับนำค่าที่วัดได้จากมิเตอร์แก๊ส มาแปลงให้อยู่ในค่าสถานะอ้างอิง โดยผ่านการคำนวณที่ใช้ตัวแปรของอุณหภูมิ และความดัน ซึ่งได้รับมาจากเซ็นเซอร์ จนทำให้ได้ค่าพลังงาน สำหรับการวัดปริมาณ รวมถึงนำไปใช้สำหรับเก็บค่าบริการ โดยใช้ช่องทางการติดต่อสื่อสารผ่านทางพอร์ต RS-232 ดังภาพที่ 3-15



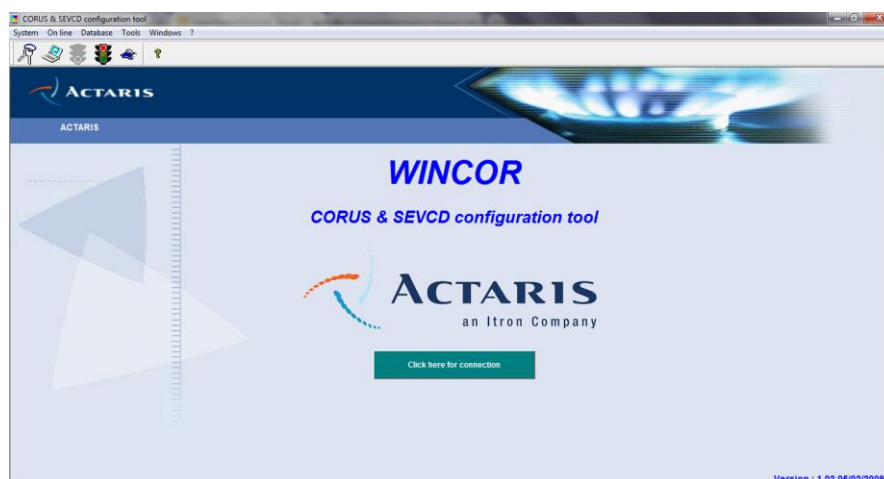
ภาพที่ 3-15 ภาพอุปกรณ์วัดปริมาตรก๊าซ CORUS

ขั้นตอนการทดสอบใช้งานอุปกรณ์วัดปริมาตรก๊าซ CORUS วิธีการแรกคือการใช้โปรแกรม WINCOR ในการทดสอบ โดยโปรแกรม WINCOR ที่ทำงานอยู่บนคอมพิวเตอร์ จะต้องใช้อุปกรณ์ต่อพ่วงที่เป็นสายเชื่อมต่ออินฟราเรดที่ใช้ร่วมกับ CORUS เพื่อที่จะทำให้สามารถอ่านค่าจากมิเตอร์มายังคอมพิวเตอร์ได้ โดยที่รูปแบบการติดต่อกับ CORUS จะมี 2 รูปแบบคือ I-FLAG DETECTION และ MODBUS DETECTION (ภาพที่ 3-16) โดยที่ในการทดสอบนี้จะเลือกใช้รูปแบบของ MODBUS DETECTION เมื่อเชื่อมต่อกับโปรแกรม WINCOR แล้วจะสามารถเรียกดู Register แต่ละตัวที่จำเป็นสำหรับการคำนวณเพื่อที่จะคิดค่าพลังงาน (ภาพที่ 3-17) โดยที่จะใช้รีจิสเตอร์เหล่านั้นเป็นตัวอ้างอิงสำหรับการเขียนโปรแกรมเพื่อที่จะเชื่อมต่อเข้ากับ NB-IoT Gateway และให้แสดงผลผ่านทาง Serial Monitor ซึ่งมีรีจิสเตอร์ที่สำคัญต่อการทดสอบจำนวนทั้งหมด 21 ตัว (ภาพที่ 3-19) ประกอบด้วย Converter Serial Number ซึ่งเป็น s/n ของตัวมิเตอร์ (ภาพที่ 3-20) ข้อมูลในกลุ่มที่เกี่ยวข้องกับแก๊สซึ่งมีรีจิสเตอร์ย่อยทั้งหมดเป็นจำนวน 7 ตัวได้แก่ Gas relative density, Base pressure, Prd, Trd, Base Temperature, %CO2 และ %N2 (ภาพที่ 3-21) ข้อมูลหน่วยซึ่งเป็นข้อมูลเกี่ยวกับหน่วยที่ใช้วัดค่าในมิเตอร์ (ภาพที่ 3-22) ข้อมูลเวลาของแบตเตอรี่ที่มีมิเตอร์สามารถทำงานอยู่ได้ (ภาพที่ 3-23) เวลาและวันที่ ณ ปัจจุบัน (ภาพที่ 3-24) และสุดท้ายข้อมูลในกลุ่มที่จำเป็นต่อการคำนวณค่าพลังงาน โดยที่มีรีจิสเตอร์ย่อยจำนวน 8 ตัว Unconverted index, Converted index,

Unconverted Flow rate, Converted Flow rate, Temperature, Pressure, Conversion factor และ Converted flowrate (ภาพที่ 3-25) เมื่อทดสอบเชื่อมต่อ CORUS เข้ากับ NB-IoT Gateway แล้วส่งข้อมูลไปยังเครือข่ายกลุ่มเมนก็พบว่าสามารถทำงานได้



ภาพที่ 3-16 ภาพโครงสร้างของการติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์วัดปริมาตรก๊าซ CORUS



ภาพที่ 3-17 ภาพโปรแกรม WINCOR ที่ใช้สำหรับอุปกรณ์วัดปริมาตรก๊าซโดยเฉพาะ

- Query Framing (Read holding registers)

1 byte	1 byte	1 byte	1 byte	1 byte	1 byte	1 byte	1 byte
Slave Address	Function Code (0x03)	Starting address (MSB)	Starting address (LSB)	Quantity of registers (MSB)	Quantity of registers (LSB)	CRC (LSB)	CRC (MSB)

- Response Framing

1 byte	1 byte	1 byte	n bytes	1 byte	1 byte
Slave Address	Function Code (0x03)	Byte count (n)	Data	CRC (LSB)	CRC (MSB)

ภาพที่ 3-18 ภาพอธิบายโครงสร้างของ MODBUS PROTOCOL

	A	B	C	D	E	F
1	Variable	Description	Address	Type	Element size	
2	production					
4	XPCS	Converter Serial number	258	String	20	required
19	Conversion parameters					
22	MZDR	Gas relative density (specific gravity)	32	Float	4	required
23	MCRP	Base pressure	34	Float	4	required
25	MZAP	AGA8 reference pressure(Prd)	38	Float	4	required
26	MZAT	AGA8 reference temperature(Trd)	40	Float	4	required
29	MCRT	Base temperature	44	Float	4	required
31	MZCO2	Gas %CO2	78	Float	4	required
33	MZN2	Gas %N2	82	Float	4	required
109	Unit					
114	XUE	Energy unit (used only for PCS in GERG formula)	541	Byte	1	required
118	Power supply					
119	XSBR	Battery autonomy counter	548	Word	2	required
121	Date/Time					
122	XDC	Current date and time	546	Date	4	required
128	Alarms Reset					
147	ASB	Battery Low alarm	756	ALARM	22	required
160	Volumes					
162	MVRI	Unconverted index	806	INDEX	8	required
163	MVBI	Converted index	810	INDEX	8	required
166	MFRG	Instantaneous Unconverted Flow rate	822	Float	4	required
167	MFBG	Instantaneous Converted Flow rate	824	Float	4	required
168	MTG	Instantaneous T (Gas Temperature)	834	Float	4	required
169	MPG	Instantaneous P (Gas Pressure)	836	Float	4	required
170	MCM	Instantaneous C (Conversion factor)	838	Float	4	required
171	MZZ	Instantaneous Z	840	-	-	required
172	MZR	Instantaneous Z ration (Compressibility factor)	842	Float	4	required
234						

ภาพที่ 3-19 ภาพรีจิสเตอร์ที่สำคัญต่อการทดสอบจำนวนทั้งหมด 21 ตัว

MODBUS Protocol with CORUS

Converter Serial number	= 3401117166
Gas relative density	= 0.56
Base pressure	= 1.02
AGA8 reference pressure (Prd)	= 1.02
AGA8 reference temperature (Trd)	= 288.71
Base temperature	= 288.71
Gas %CO2	= 5.13
Gas %N2	= 1.85
Energy unit (0:kWh ,1:MJ)	= 0
Battery autonomy counter	= 1040
Current date and time	= 12/2/2019 11:22:23
Battery Low alarm	= 0
Unconverted index	= 0.00
Converted index	= 0.00
Instant. Unconverted Flow rate	= 0.00
Instant. Converted Flow rate	= NAN
Instant. I	= 31.40
Instant. P	= NAN
Instant. C	= NAN
Instant. Z	= NAN
Instant. Z ration	= NAN

Name	Value
Converter Serial number	3401117166
Manufacturing date	29/04/2019
Product label	
Main firmware version	17/04/2009 Ver5.02
Metrology firmware version	19/02/2003 Met1.00

• ข้อมูลจากโปรแกรม WINCOR

ภาพที่ 3-20 ภาพรีจิสเตอร์ Converter Serial Number

MODBUS Protocol with CORUS

Converter Serial number	= 3401117166
Gas relative density	= 0.56
Base pressure	= 1.02
AGA8 reference pressure (Prd)	= 1.02
AGA8 reference temperature (Trd)	= 288.71
Base temperature	= 288.71
Gas %CO2	= 5.13
Gas %N2	= 1.85
Energy unit (0:kWh ,1:MJ)	= 0
Battery autonomy counter	= 1040
Current date and time	= 12/2/2019 11:22:23
Battery Low alarm	= 0
Unconverted index	= 0.00
Converted index	= 0.00
Instant. Unconverted Flow rate	= 0.00
Instant. Converted Flow rate	= NAN
Instant. I	= 31.40
Instant. P	= NAN
Instant. C	= NAN
Instant. Z	= NAN
Instant. Z ration	= NAN

Base pressure	<input type="text" value="1.01560"/>	Bar	<input type="button" value="Back-up"/>
Base temperature	<input type="text" value="288.71"/>	K	Conversion period (s) <input type="text" value="20"/>
Formula for Z calculation			
<input type="text" value="AGA8"/>			
Name	Value		
Gas relative density	0.5600		
%CO2	5.13		
%N2	1.85		
Prd (Bar)	1.02000		
Trd(K)	288.71		

• ข้อมูลจากโปรแกรม WINCOR

ภาพที่ 3-21 ภาพรีจิสเตอร์ข้อมูลในกลุ่มที่เกี่ยวข้องกับแก๊ส

MODBUS Protocol with CORUS

Converter Serial number	= 3401117166
Gas relative density	= 0.56
Base pressure	= 1.02
AGA8 reference pressure (Prd)	= 1.02
AGA8 reference temperature (Trd)	= 288.71
Base temperature	= 288.71
Gas %CO2	= 5.13
Gas %N2	= 1.85
Energy unit (0:kWh ,1:MJ)	= 0
Battery autonomy counter	= 1040
Current date and time	= 12/2/2019 11:22:23
Battery Low alarm	= 0
Unconverted index	= 0.00
Converted index	= 0.00
Instant. Unconverted Flow rate	= 0.00
Instant. Converted Flow rate	= NAN
Instant. I	= 31.40
Instant. P	= NAN
Instant. C	= NAN
Instant. Z	= NAN
Instant. Z ration	= NAN

Name	Value
Volume	m3
Pressure	Bar
Temperature	°C
Converted Volume	Standard Volume

• ข้อมูลจากโปรแกรม WINCOR

Name of the parameter	: KUE
Description	: Unit of the Calorific Value (used only with S-GERG formula)
Type	: R/W
Format / Size	: BYTE / 1 byte
Structure	:
	0 : kW.h
	1 : MJ

• ข้อมูลจาก manual

ภาพที่ 3-22 ภาพรีจิสเตอร์ข้อมูลหน่วยซึ่งเป็นข้อมูลเกี่ยวกับหน่วยที่ใช้วัดค่าในมิเตอร์

MODBUS Protocol with CORUS

Converter Serial number	= 3401117166
Gas relative density	= 0.56
Base pressure	= 1.02
AGA8 reference pressure (Prd)	= 1.02
AGA8 reference temperature (Trd)	= 288.71
Base temperature	= 288.71
Gas %CO2	= 5.13
Gas %N2	= 1.85
Energy unit (0:kWh ,1:MJ)	= 0
Battery autonomy counter	= 1040
Current date and time	= 12/2/2019 11:22:23
Battery Low alarm	= 0
Unconverted index	= 0.00
Converted index	= 0.00
Instant. Unconverted Flow rate	= 0.00
Instant. Converted Flow rate	= NAN
Instant. I	= 31.40
Instant. P	= NAN
Instant. C	= NAN
Instant. Z	= NAN
Instant. Z ration	= NAN

Power supply
☐ Battery
☒ External

Battery
 Autonomy (in days) 1040

• ข้อมูลจากโปรแกรม WINCOR

ภาพที่ 3-23 ภาพรีจิสเตอร์ข้อมูลเวลาของแบตเตอรี่ที่มิเตอร์สามารถทำงานอยู่ได้

MODBUS Protocol with CORUS

Converter Serial number	= 3401117166
Gas relative density	= 0.56
Base pressure	= 1.02
AGA8 reference pressure (Prd)	= 1.02
AGA8 reference temperature (Trd)	= 288.71
Base temperature	= 288.71
Gas %CO2	= 5.13
Gas %N2	= 1.85
Energy unit (0:kWh ,1:MJ)	= 0
Battery autonomy counter	= 1040
Current date and time	= 12/2/2019 11:22:23
Battery Low alarm	= 0
Unconverted index	= 0.00
Converted index	= 0.00
Instant. Unconverted Flow rate	= 0.00
Instant. Converted Flow rate	= NAN
Instant. I	= 31.40
Instant. P	= NAN
Instant. C	= NAN
Instant. Z	= NAN
Instant. Z ration	= NAN

Date Time
 12 / 02 / 2019 11 : 22 : 27

PC Synchro

• ข้อมูลจากโปรแกรม WINCOR

ภาพที่ 3-24 ภาพรีจิสเตอร์เวลาและวันที่ ณ ปัจจุบัน

MODBUS Protocol with CORUS

Converter Serial number	= 3401117166
Gas relative density	= 0.56
Base pressure	= 1.02
AGA8 reference pressure (Prd)	= 1.02
AGA8 reference temperature (Trd)	= 288.71
Base temperature	= 288.71
Gas %CO2	= 5.13
Gas %N2	= 1.85
Energy unit (0:kWh ,1:MJ)	= 0
Battery autonomy counter	= 1046
Current date and time	= 12/2/2019 11:
Battery Low alarm	= 0
Unconverted index	= 0.00
Converted index	= 0.00
Instant. Unconverted Flow rate	= 0.00
Instant. Converted Flow rate	= NAN
Instant. T	= 31.40
Instant. P	= NAN
Instant. C	= NAN
Instant. Z	= NAN
Instant. Z ration	= NAN

Name	Value
Conversion type	AGA8
Unconverted Index (m3)	0.000
Converted Index (Standard Volume m3)	0.000
Unconverted counter under alarm (m3)	0.000
Converted counter (Standard Volume m3)	0.000
Pressure (Bar)	N/A
Temperature (°C)	31.85
Compressibility factor	N/A
Conversion factor	N/A
Unconverted flowrate (m3/h)	0.0
Converted flowrate (Standard Volume m3/h)	N/A
Nb of Alarms in progress	0
Nb of Memorized alarms	0
Battery counter (days)	1046
Date	05/02/2019
Time	09:51:43

• ข้อมูลจากโปรแกรม WINCOR

ภาพที่ 3-25 ภาพรีจิสเตอร์ข้อมูลในกลุ่มที่จำเป็นต่อการคำนวณค่าพลังงาน

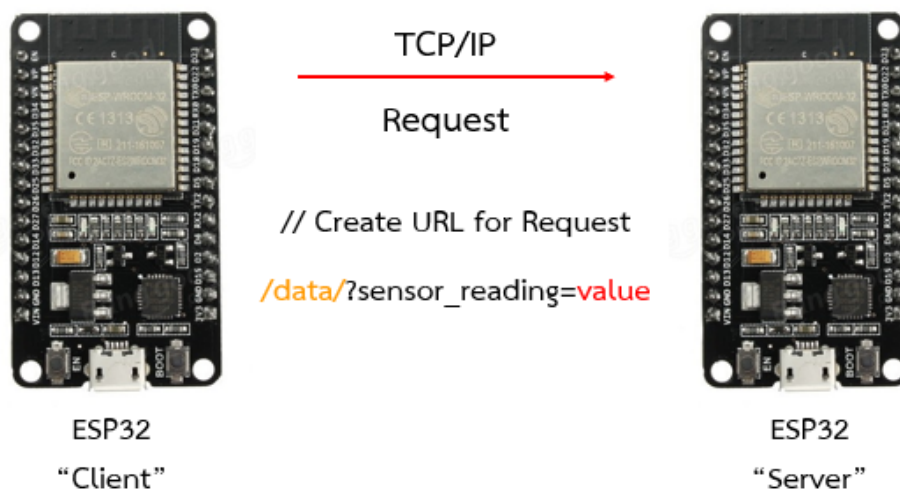


ภาพที่ 3-26 ภาพการทดสอบระหว่าง CORUS (ซ้าย) กับ NB-IoT Gateway (ขวา)

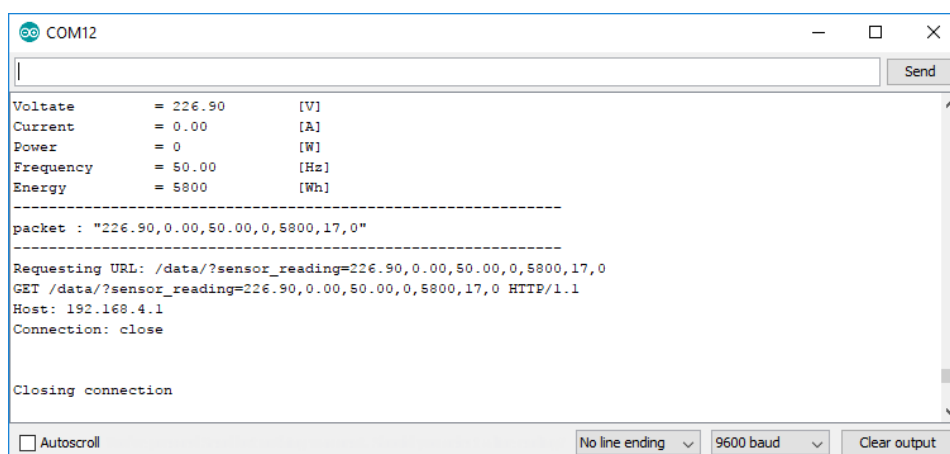
3.7 การทดสอบการรับข้อมูลผ่านทาง WiFi

ในการทดสอบรับข้อมูลผ่านทางไวไฟนั้นจะใช้ไวไฟที่ย่านความถี่ 2.4 GHz โดยจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 ในการทดสอบ โดยที่มีไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 ตัวหนึ่งอยู่ในโหมดไคลเอนต์ (Client) และอีกตัวหนึ่งอยู่ในโหมดเซิร์ฟเวอร์ (Sever) ซึ่งการติดต่อระหว่างระหว่างกันจะใช้โปรโตคอล TCP/IP โดยที่อุปกรณ์ที่เป็นไคลเอนต์จะเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ที่เป็นเซิร์ฟเวอร์

ด้วยไอพีแอดเดรส (IP Address) ที่ปล่อยออกมาจากอุปกรณ์ที่เป็นเซิร์ฟเวอร์ ตามภาพที่ 3-27 เมื่อเสร็จสิ้นการส่งข้อมูลอุปกรณ์ที่เป็นไคลเอนต์ และอุปกรณ์ที่เป็นเซิร์ฟเวอร์ก็จะแสดงผลผ่านทาง Serial Monitor ตามภาพที่ 3-28 และ 3-29 ตามลำดับ



ภาพที่ 3-27 ภาพการทดสอบไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 ในการรับข้อมูลผ่านทางไวไฟ



ภาพที่ 3-28 ภาพผลลัพธ์ของอุปกรณ์ที่เป็นไคลเอนต์ โดยแสดงผ่าน Serial Monitor


```
-----  
handleSentVar function called...  
Sensor reading received...  
Reading packet : 226.90,0.00,50.00,0,5800,17,0  
-----  
handleSentVar function called...  
Sensor reading received...  
Reading packet : 226.90,0.00,50.00,0,5800,18,0  
-----
```

ภาพที่ 3-29 ภาพผลลัพธ์ของอุปกรณ์ที่เป็นเซิร์ฟเวอร์ โดยแสดงผ่าน Serial Monitor

บทที่ 4

สถิติการทำงานและผลการทดลอง

จากบทที่ 3 ซึ่งได้กล่าวถึงการออกแบบระบบวัดค่าพลังงานก๊าซธรรมชาติโดยใช้การสื่อสารแบบ NB-IoT ไปแล้ว ซึ่งในบทนี้จะได้กล่าวถึงการทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ที่ได้ออกแบบ โดยได้แบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ส่วนคือส่วนของเว็บแอปพลิเคชันสำหรับการแสดงข้อมูลของมิเตอร์ และส่วนฮาร์ดแวร์ NB-IoT Gateway โดยในส่วนเว็บแอปพลิเคชันจะทำหน้าที่แสดงข้อมูลที่เป็นสถานะปัจจุบันของมิเตอร์ ข้อมูลกราฟเส้น ข้อมูลแบบตาราง และส่วนของฮาร์ดแวร์ NB-IoT Gateway จะทำหน้าที่ติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์ตรวจวัดและอ่านค่าพลังงานจากอุปกรณ์และส่งข้อมูลนั้นไปยังเว็บแอปพลิเคชัน โดยจะแสดงผลการทดสอบตามลำดับดังนี้

4.1 การเปิดใช้งานเว็บแอปพลิเคชัน

ในการเปิดใช้งานเว็บแอปพลิเคชันทางฝั่งเซิร์ฟเวอร์จะต้องใช้คำสั่งเปิด `pm2 start server.js` ตามภาพที่ 4-1 เพื่อทำการเปิดใช้งานระบบเว็บแอปพลิเคชันและเมื่อเซิร์ฟเวอร์เปิดตัวทำงานเสร็จสมบูรณ์จะได้ผลลัพธ์ตามภาพที่ 4-2

```
root@ubuntu-s-lvcpu-2gb-sgpl-01:~/dashboard# pm2 start server.js
```

ภาพที่ 4-1 การใช้คำสั่งเปิดเว็บแอปพลิเคชัน

```

root@ubuntu-s-lvcpu-2gb-sgpl-01:~/dashboard# pm2 start server.js
[PM2] Spawning PM2 daemon with pm2_home=/root/.pm2
[PM2] PM2 Successfully daemonized
[PM2] Starting /root/dashboard/server.js in fork_mode (1 instance)
[PM2] Done.

```

Name	id	mode	status	□	cpu	memory	
server	0	1.0.0	fork	online	0	0%	16.2 MB

```

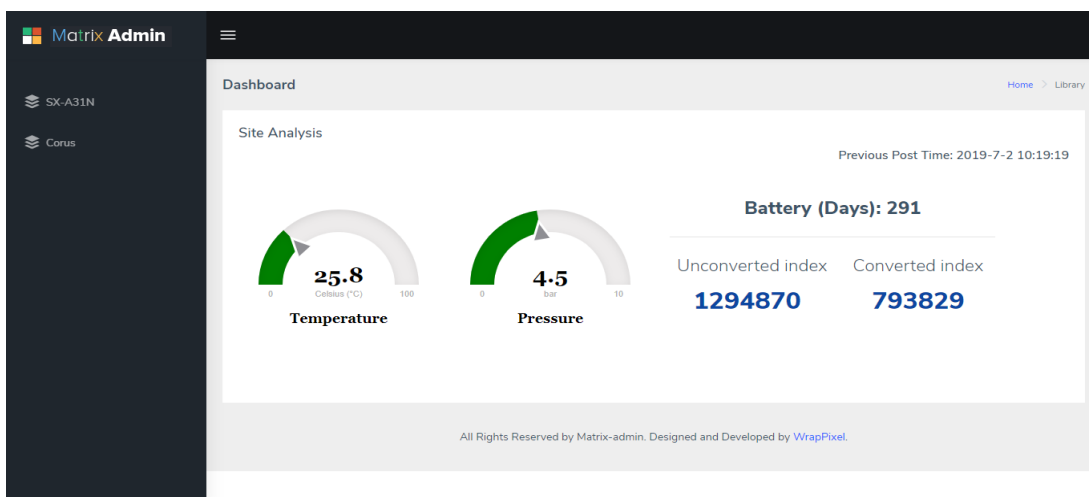
Use `pm2 show <id|name>` to get more details about an app
root@ubuntu-s-lvcpu-2gb-sgpl-01:~/dashboard#

```

ภาพที่ 4-2 หน้าคำสั่งเมื่อเปิดเซิร์ฟเวอร์สำเร็จ

4.2 การใช้งานเว็บแอปพลิเคชัน

ในการเข้าใช้งานเว็บแอปพลิเคชันผู้ใช้จะสามารถเข้าสู่หน้าเว็บแอปพลิเคชันได้ดังตามภาพที่ 4-3 โดยไม่จำเป็นต้องเข้าสู่ระบบก่อนใช้งาน ซึ่งมีการออกแบบหน้าเว็บแอปพลิเคชันอยู่ในรูปแบบของแดชบอร์ด (Dashboard) เพื่อสามารถที่จะดูข้อมูลได้ง่าย ใช้เวลาในการตีความสั้นๆ และสามารถใช้ในการติดตามข้อมูลที่สนใจ เพื่อให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลตลอดเวลา โดยมีเมนูย่อยสำหรับแสดงข้อมูลหลายรูปแบบ ได้แก่ กราฟมาตรวัด (Gauge Chart) แผนภูมิเส้น (Line Chart) และตาราง (Table) อีกทั้งเว็บแอปพลิเคชันยังสามารถที่จะนำข้อมูลออกมาเป็นออกมาเป็นไฟล์นามสกุล CSV สำหรับการนำไปเปิดกับโปรแกรมประเภท Spreadsheet สำหรับนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

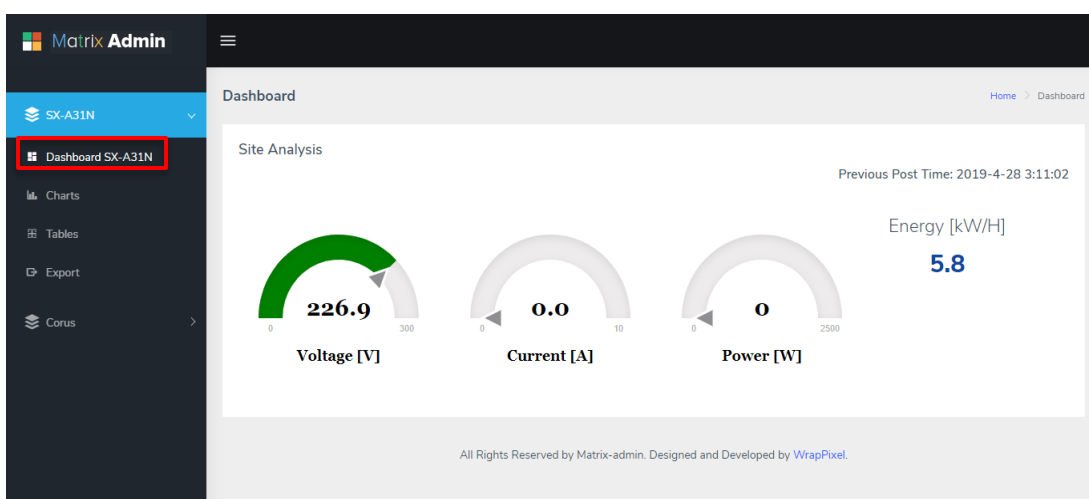


ภาพที่ 4-3 หน้าเว็บแอปพลิเคชันหลักเมื่อเข้ามาแล้ว

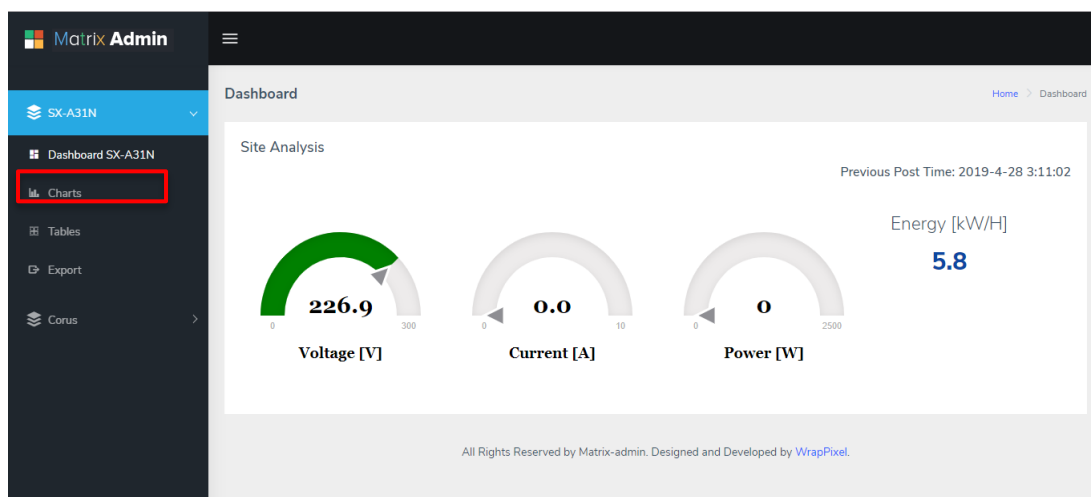
4.3 การใช้งานเว็บแอปพลิเคชัน สำหรับมิเตอร์ไฟฟ้า SX-1-A31N

เมนู SX-A31N สำหรับมิเตอร์ไฟฟ้า

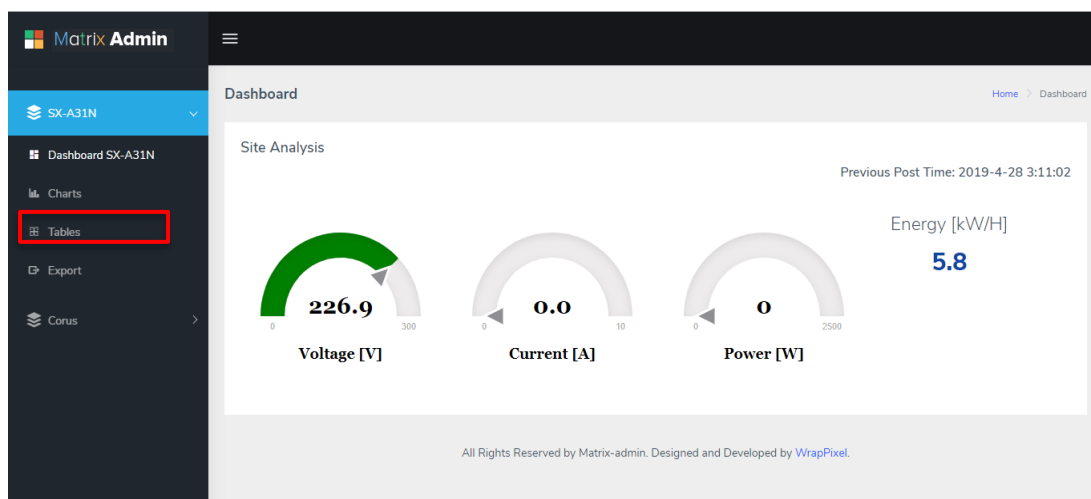
เมื่อผู้ใช้งานเลือกเมนู SX-A31N จะมีเมนูให้เลือกใช้งาน คือ Dashboard Charts Tables และ Export ตามภาพที่ 4-4 จนถึง ภาพที่ 4-7 ตามลำดับ



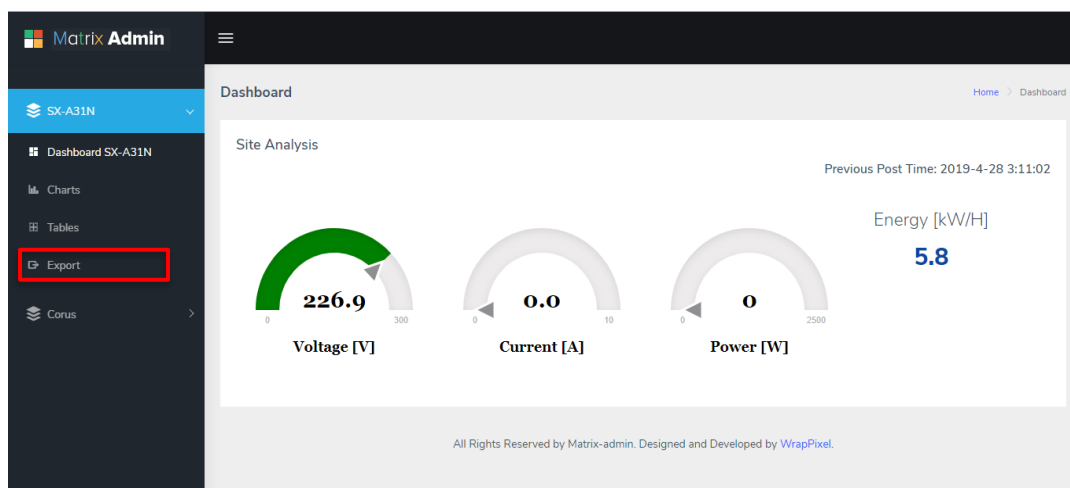
ภาพที่ 4-4 ตัวเลือก Dashboard SX-A31N สำหรับเมนู SX-A31N



ภาพที่ 4-5 ตัวเลือก Charts สำหรับเมนู SX-A31N



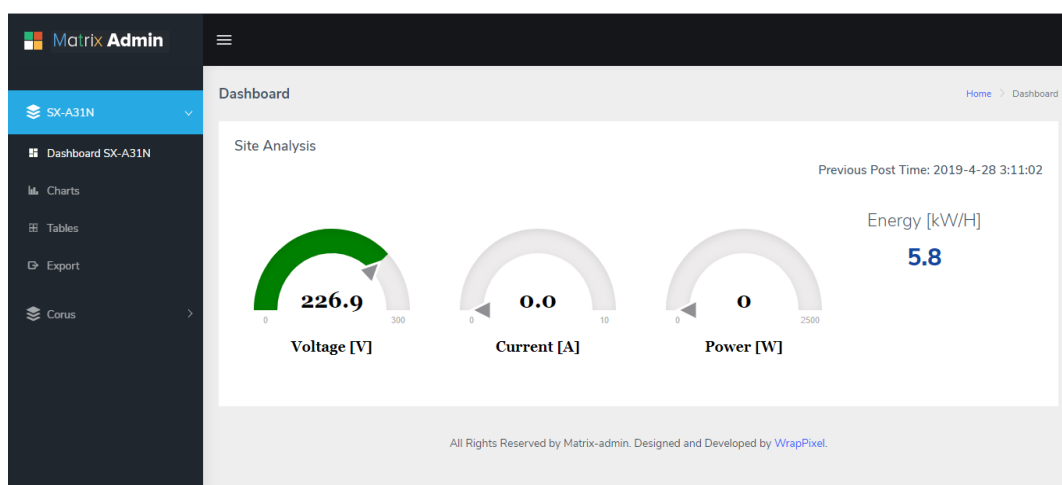
ภาพที่ 4-6 ตัวเลือก Tables สำหรับเมนู SX-A31N



ภาพที่ 4-7 ตัวเลือก Export สำหรับเมนู SX-A31N

เมนู Dashboard สำหรับมิเตอร์ไฟฟ้า

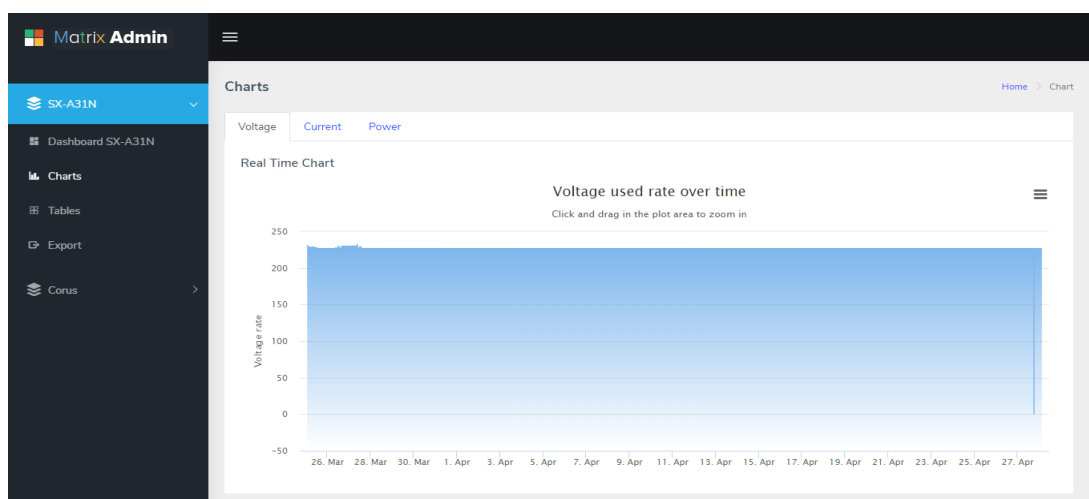
เมื่อผู้ใช้งานคลิกที่เมนู Dashboard SX-A31N ตามภาพที่ 4-4 ระบบจะนำไปยังหน้าเว็บแอปพลิเคชัน Dashboard ที่แสดงรายละเอียดสถานะที่เป็นปัจจุบันของอุปกรณ์ ได้แก่ เวลาล่าสุดที่ได้รับข้อมูล ค่าแรงดันไฟฟ้า (Voltage) ค่ากระแสไฟฟ้า (Current) ค่ากำลังงานไฟฟ้า (Power) ค่าความถี่ (Frequency) และ ค่าพลังงานไฟฟ้า (Energy) โดยที่จะแสดงผลเป็น Gauge ตามภาพที่ 4-8



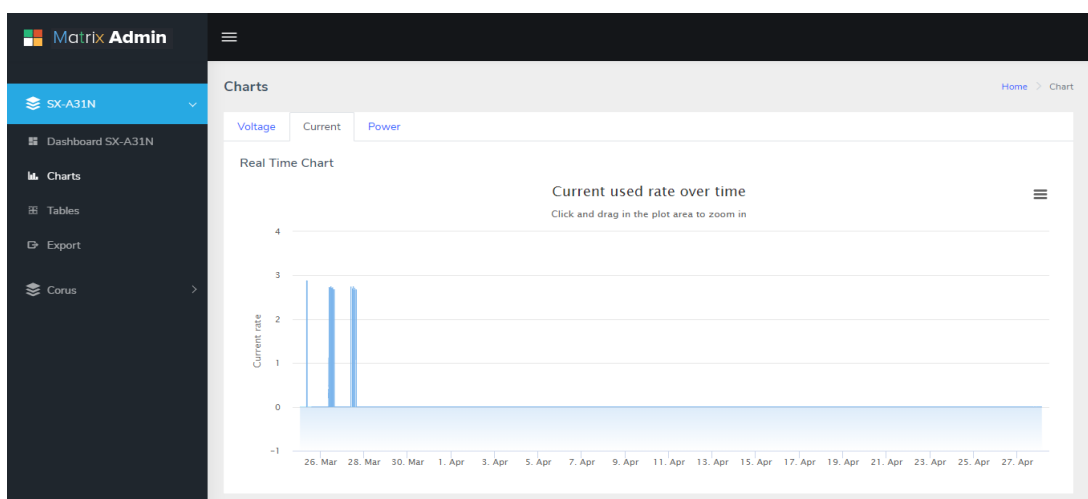
ภาพที่ 4-8 หน้าเว็บแอปพลิเคชัน Dashboard SX-A31N

เมนู Charts สำหรับมิเตอร์ไฟฟ้า

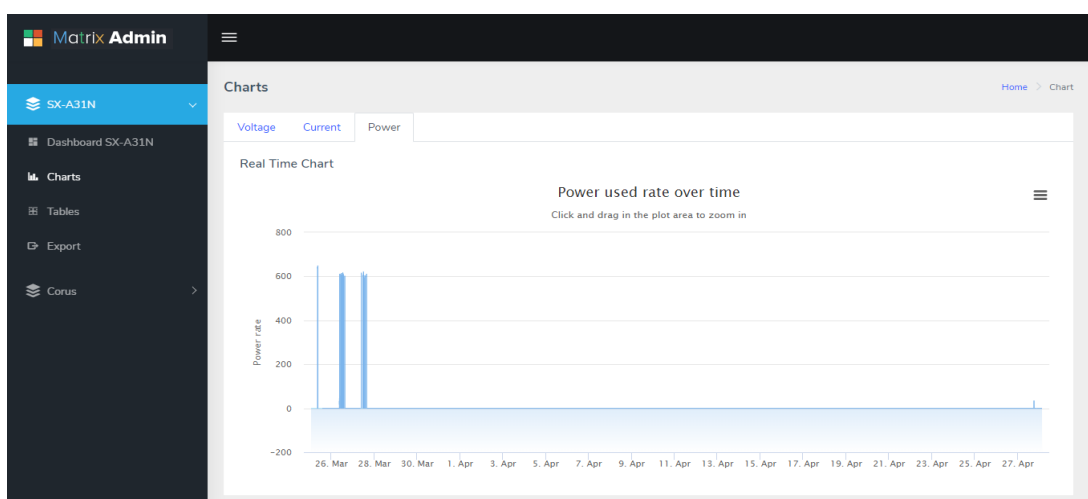
เมื่อผู้ใช้งานคลิกที่เมนู Charts จะพบกับหน้าเว็บแอปพลิเคชันที่แสดงข้อมูลเป็นกราฟเส้น โดยที่หน้าหลักจะเป็นการแสดงค่าแรงดันไฟฟ้า (Voltage) ตามภาพที่ 4-9 นอกจากนี้ผู้ใช้งานยังสามารถที่จะเลือกให้แสดงข้อมูลกราฟเส้นของค่ากระแสไฟฟ้า (Current) และค่ากำลังงานไฟฟ้า (Power) ได้ตามภาพที่ 4-10 และ 4-11 โดยที่ข้อมูลที่นำมาวาดกราฟจะแสดงผลให้ผู้ใช้งานเห็น 12 ชั่วโมงล่าสุดย้อนหลัง เนื่องจากข้อมูลย้อนหลัง 12 ชั่วโมงนั้น เพียงพอต่อการวิเคราะห์การใช้งานเบื้องต้นของตัวผู้ใช้งานเอง ซึ่งไม่มากเกินไป และไม่น้อยเกินไป



ภาพที่ 4-9 หน้าเว็บแอปพลิเคชัน Chart ที่แสดงค่าแรงดันไฟฟ้า



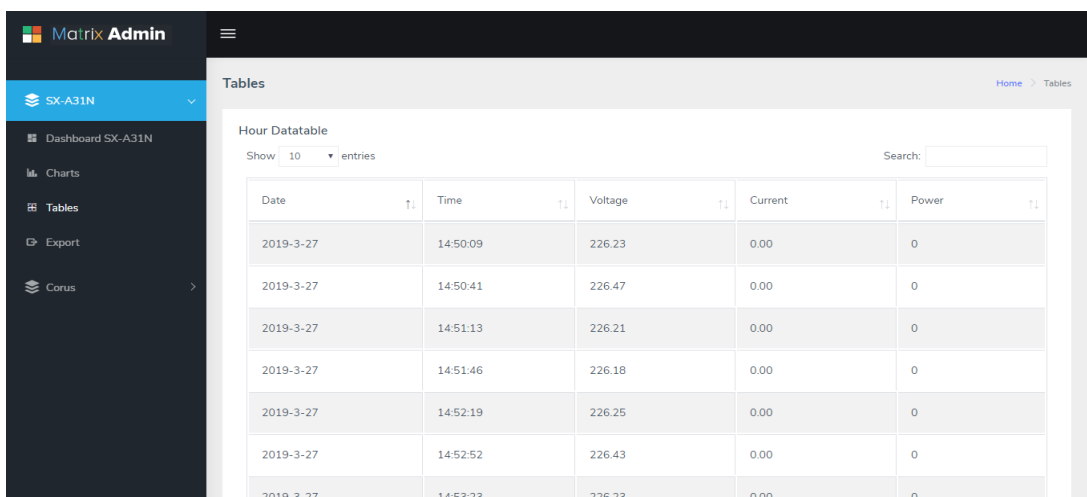
ภาพที่ 4-10 หน้าเว็บแอปพลิเคชัน Chart ที่แสดงค่ากระแสไฟฟ้า



ภาพที่ 4-11 หน้าเว็บแอปพลิเคชัน Chart ที่แสดงค่าพลังงานไฟฟ้า

เมนู Tables สำหรับมิเตอร์ไฟฟ้า

เมื่อผู้ใช้งานคลิกที่เมนู Tables จะพบกับหน้าเว็บแอปพลิเคชันที่แสดงข้อมูลเป็นตาราง โดยนำข้อมูลย้อนหลังเป็นเวลา 1 ชั่วโมงมาแสดง ซึ่งข้อมูลประกอบด้วยวันที่ เวลา ค่าแรงดันไฟฟ้า ค่ากระแสไฟฟ้า และค่าพลังงานไฟฟ้า ตามภาพที่ 4-12 นอกจากนี้ยังมีส่วนการค้นหาที่ทำให้ผู้ใช้งานสามารถค้นหาข้อมูลในส่วนที่ตนเองต้องการได้ โดยใส่คำค้นหาในช่องว่างตามภาพที่ 4-13 แล้วจะได้ผลลัพธ์ตามภาพที่ 4-14



Matrix Admin

SX-A31N

Dashboard SX-A31N

Charts

Tables

Export

Corus

Tables

Home > Tables

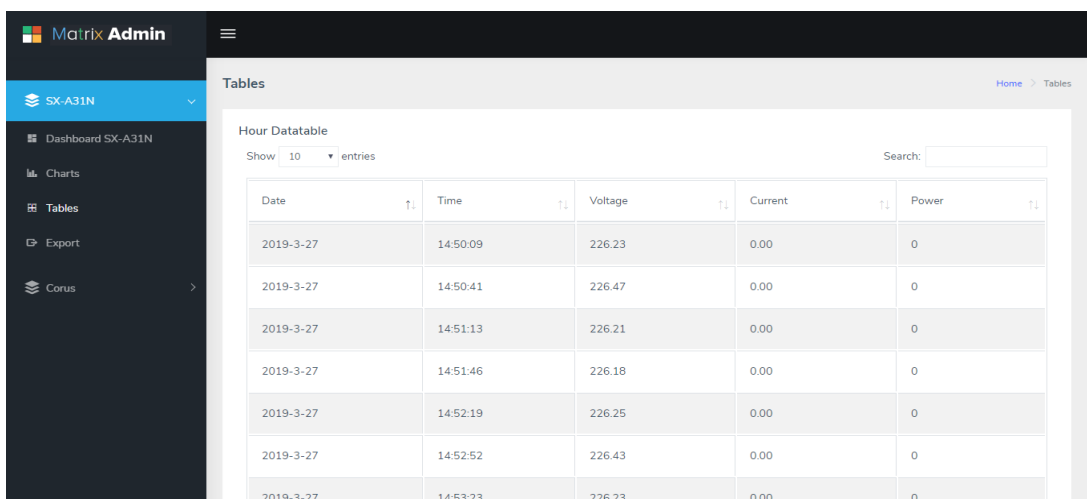
Hour Datatable

Show 10 entries

Search:

Date	Time	Voltage	Current	Power
2019-3-27	14:50:09	226.23	0.00	0
2019-3-27	14:50:41	226.47	0.00	0
2019-3-27	14:51:13	226.21	0.00	0
2019-3-27	14:51:46	226.18	0.00	0
2019-3-27	14:52:19	226.25	0.00	0
2019-3-27	14:52:52	226.43	0.00	0
2019-3-27	14:53:23	226.23	0.00	0

ภาพที่ 4-12 หน้าเว็บแอปพลิเคชัน Tables ของมิเตอร์ไฟฟ้า



Matrix Admin

SX-A31N

Dashboard SX-A31N

Charts

Tables

Export

Corus

Tables

Home > Tables

Hour Datatable

Show 10 entries

Search:

Date	Time	Voltage	Current	Power
2019-3-27	14:50:09	226.23	0.00	0
2019-3-27	14:50:41	226.47	0.00	0
2019-3-27	14:51:13	226.21	0.00	0
2019-3-27	14:51:46	226.18	0.00	0
2019-3-27	14:52:19	226.25	0.00	0
2019-3-27	14:52:52	226.43	0.00	0
2019-3-27	14:53:23	226.23	0.00	0

ภาพที่ 4-13 หน้าเว็บแสดงข้อมูลแบบตารางก่อนการค้นหา

Matrix Admin

SX-A31N

Dashboard SX-A31N

Charts

Tables

Export

Corus

Tables

Home > Tables

Hour Datatable

Show 10 entries

Search: 226.23

Date	Time	Voltage	Current	Power
2019-3-27	14:50:09	226.23	0.00	0
2019-3-27	14:53:23	226.23	0.00	0

Showing 1 to 2 of 2 entries (filtered from 120 total entries)

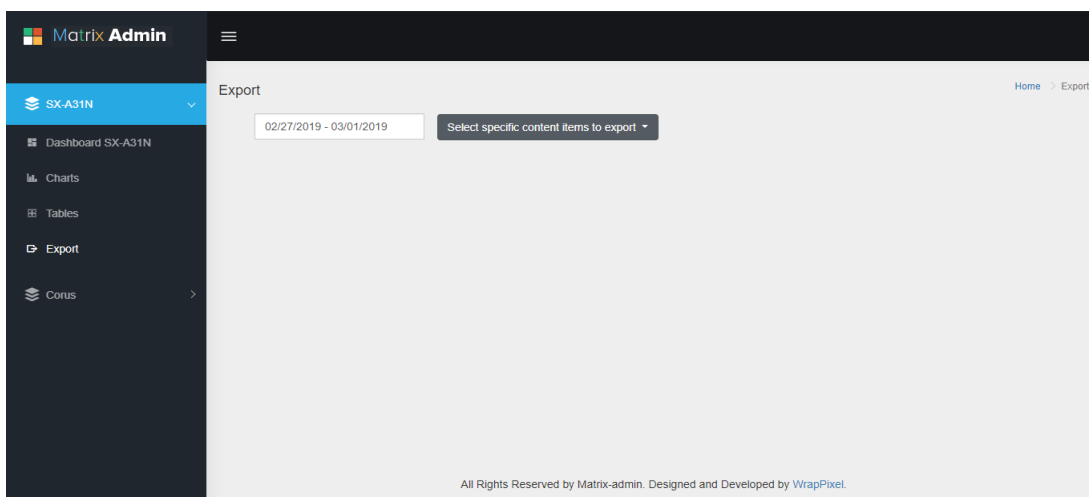
Previous 1 Next

All Rights Reserved by Matrix-admin. Designed and Developed by WrapPixel.

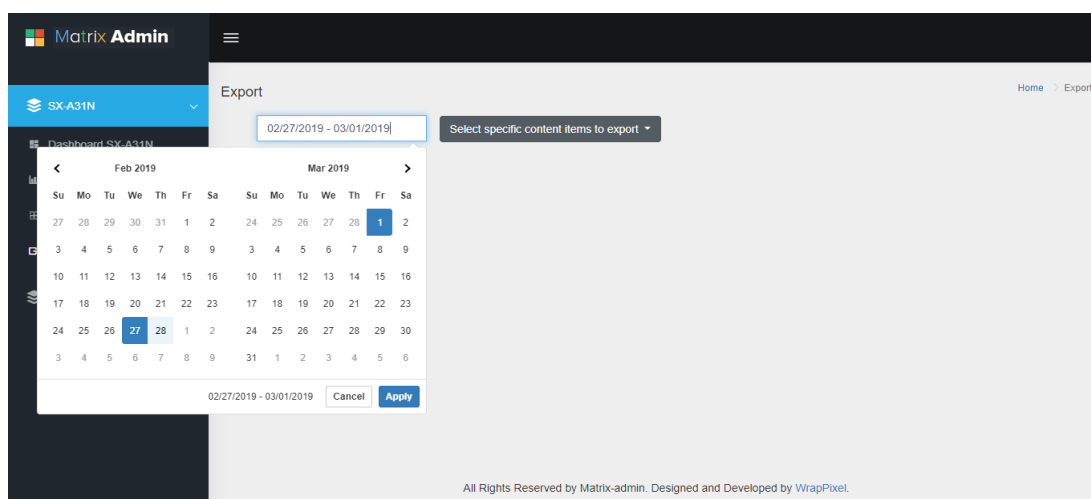
ภาพที่ 4-14 หน้าเว็บแสดงรายละเอียดข้อมูลที่ถูกค้นหาคำว่า 226.23

เมนู Export สำหรับมิเตอร์ไฟฟ้า

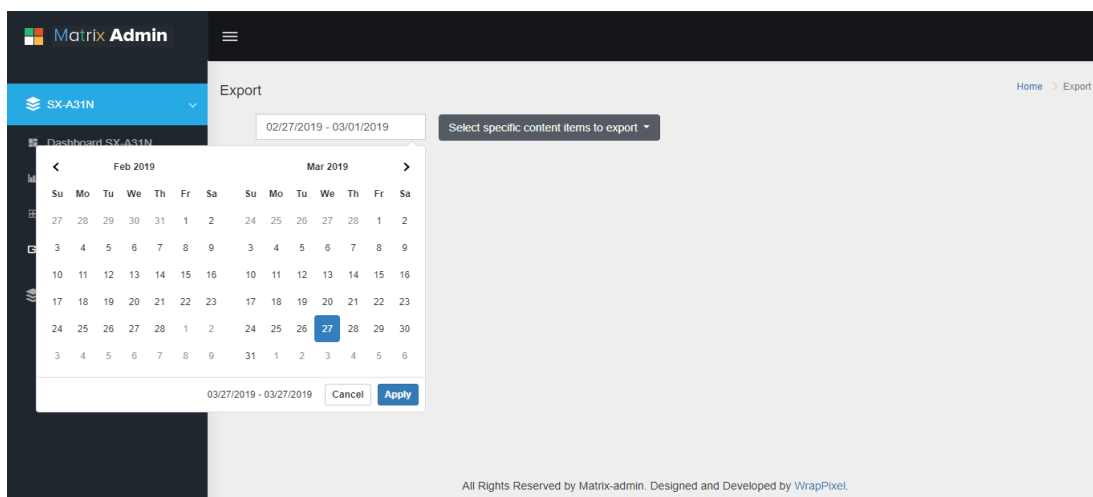
เมื่อผู้ใช้งานคลิกที่เมนู Export จะพบกับหน้าเว็บแอปพลิเคชันที่สามารถดาวน์โหลดข้อมูลที่อยู่บนฐานข้อมูลในเครือข่ายกลุ่มเมฆ ออกมาเป็นไฟล์นามสกุล CSV สำหรับการนำไปเปิดกับโปรแกรมประเภท Spreadsheet เพื่อที่จะนำข้อมูลค่าพลังงานนั้นไปทำการวิเคราะห์ หรือนำไปใช้ประโยชน์อย่างอื่น ตามภาพที่ 4-15 โดยการเลือกข้อมูลที่ต้องการดาวน์โหลดจะใช้วันที่เป็นตัวกำหนดตามภาพที่ 4-16 และเมื่อเลือกวันที่ที่ต้องการดาวน์โหลดตามภาพที่ 4-17 จากนั้นเลือกเมนูถัดมาจะมีเมนูย่อยให้เลือกใช้งานคือ Download Voltage, Download Current และ Download Power ตามภาพที่ 4-18 ผลลัพธ์เมื่อเลือกเมนูที่ต้องการดาวน์โหลด จะเลือกให้บันทึกไฟล์ตามภาพที่ 4-19 แล้วจะได้ผลลัพธ์ตามภาพที่ 4-20



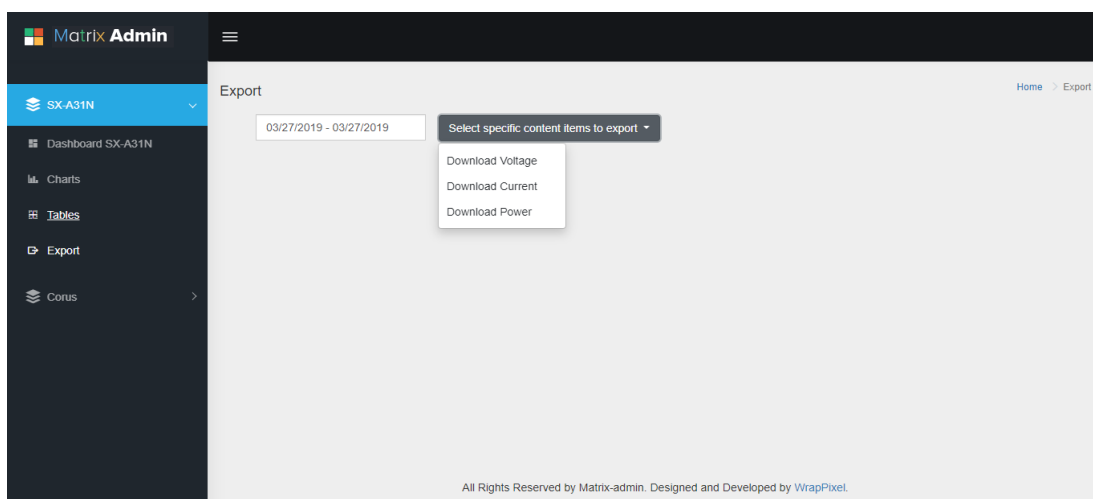
ภาพที่ 4-15 หน้าเว็บในการนำข้อมูลออกมาแสดงในรูปแบบของไฟล์นามสกุล CSV



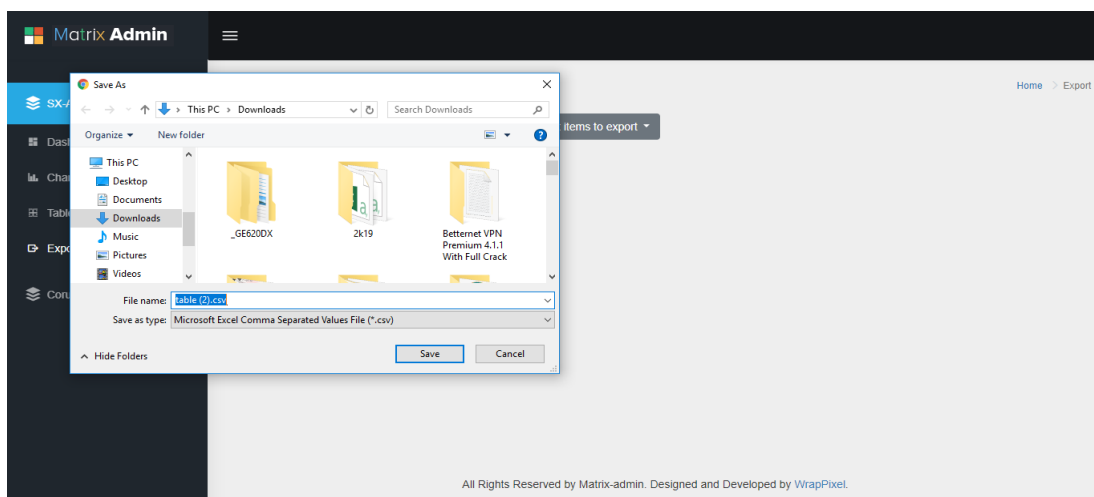
ภาพที่ 4-16 หน้าเว็บก่อนเลือกวันที่ที่ต้องการดาวน์โหลด



ภาพที่ 4-17 หน้าเว็บเมื่อเลือกวันที่ที่ต้องการดาวน์โหลดเรียบร้อยแล้ว



ภาพที่ 4-18 หน้าเว็บแสดงเมนูในการเลือกไฟล์ที่จะดาวน์โหลด



ภาพที่ 4-19 การบันทึกไฟล์ที่ต้องการจะดาวน์โหลด

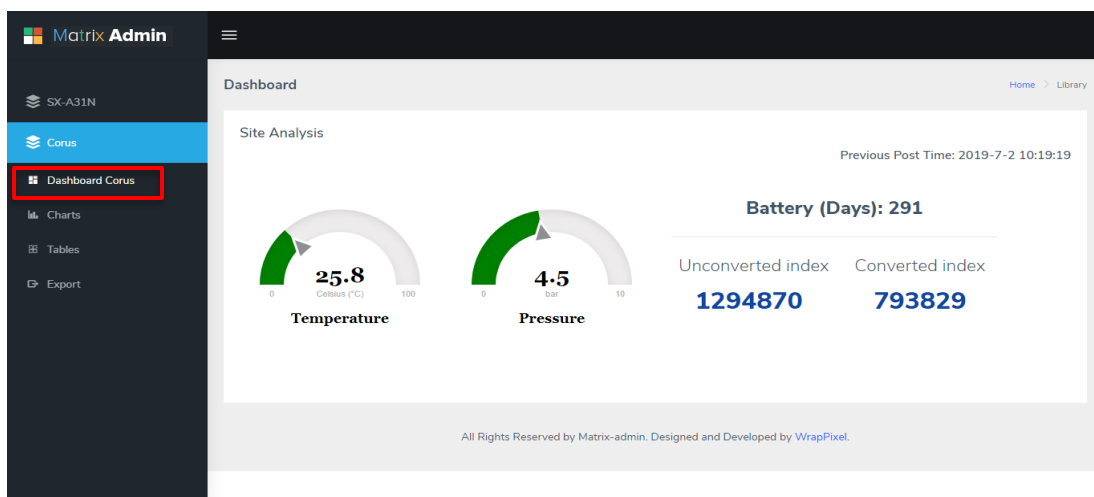
#	Date	Time	Voltage
1	3/27/2019	8:47:37	230.35
2	3/27/2019	8:48:12	227.55
3	3/27/2019	8:48:42	227.44
4	3/27/2019	8:49:54	227.51
5	3/27/2019	8:50:19	227.46
6	3/27/2019	8:50:52	227.53
7	3/27/2019	8:51:24	227.86
8	3/27/2019	8:51:56	228.06
9	3/27/2019	8:52:29	227.95
10	3/27/2019	8:53:01	227.37
11	3/27/2019	8:53:34	227.7
12	3/27/2019	8:54:06	227.84
13	3/27/2019	8:54:39	228.12
14	3/27/2019	8:55:12	227.88
15	3/27/2019	8:55:43	227.7
16	3/27/2019	8:56:50	227.75
17	3/27/2019	8:56:53	227.42
18	3/27/2019	8:57:21	227.31
19	3/27/2019	8:57:53	227.42
20	3/27/2019	8:58:26	227.2
21	3/27/2019	8:58:57	227.15
22	3/27/2019	8:59:30	226.91

ภาพที่ 4-20 ผลลัพธ์ของไฟล์ที่ได้ทำการดาวน์โหลดมา

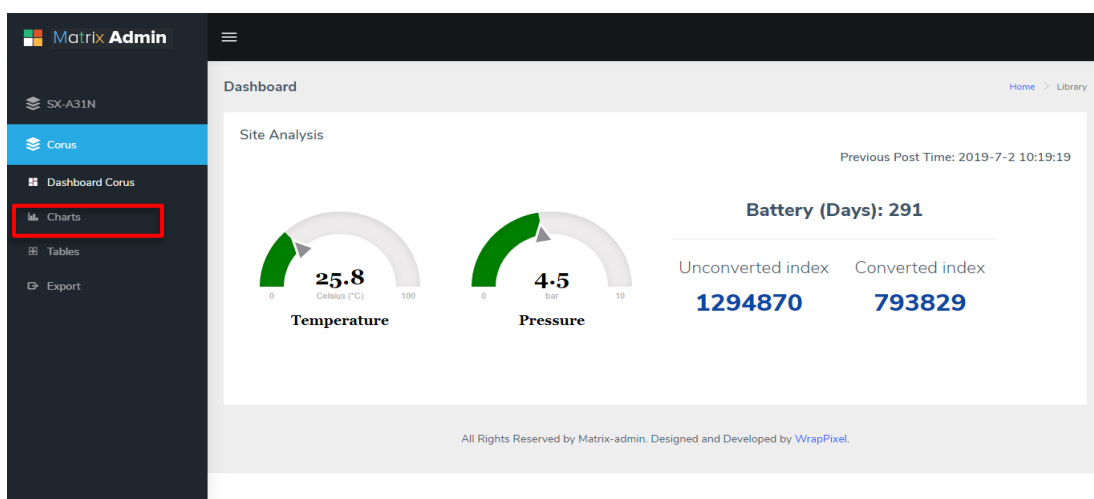
4.4 การใช้งานเว็บแอปพลิเคชัน สำหรับมิเตอร์แก๊ส CORUS

เมนู CORUS สำหรับมิเตอร์แก๊ส

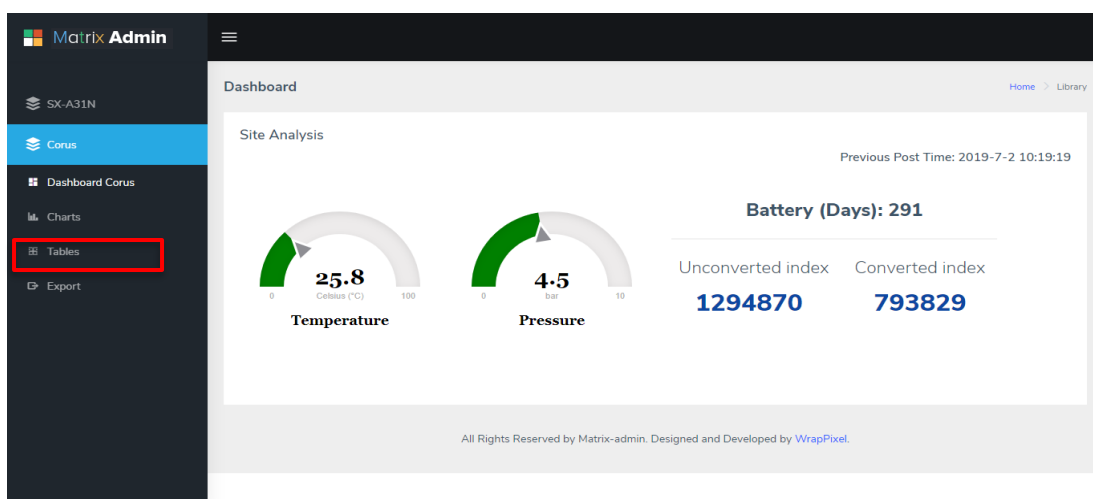
เมื่อผู้ใช้งานเลือกเมนู CORUS จะมีเมนูให้เลือกใช้งาน คือ Dashboard Charts Tables และ Export ตามภาพที่ 4-21 ถึง 4-24 ตามลำดับ



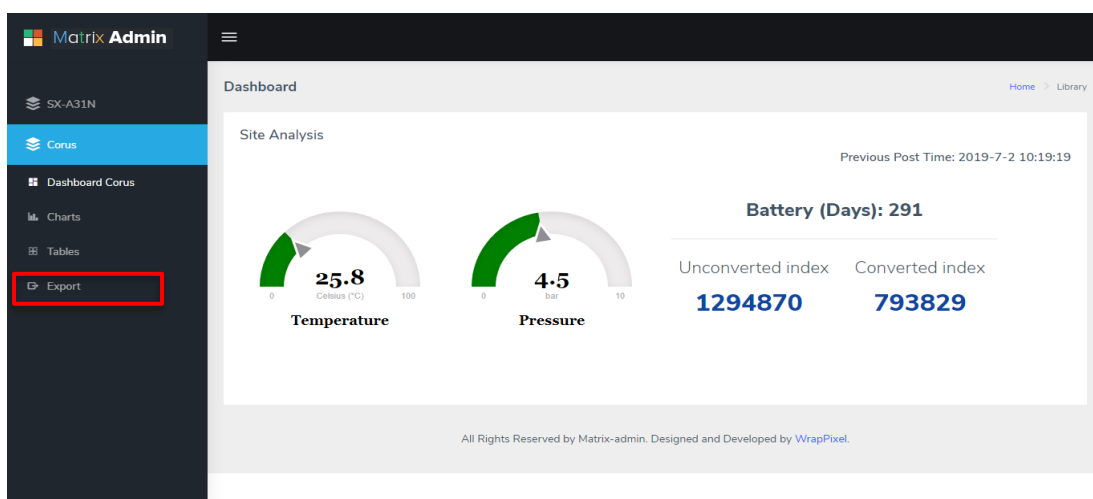
ภาพที่ 4-21 ตัวเลือก Dashboard CORUS สำหรับเมนู CORUS



ภาพที่ 4-22 ตัวเลือก Charts สำหรับเมนู CORUS



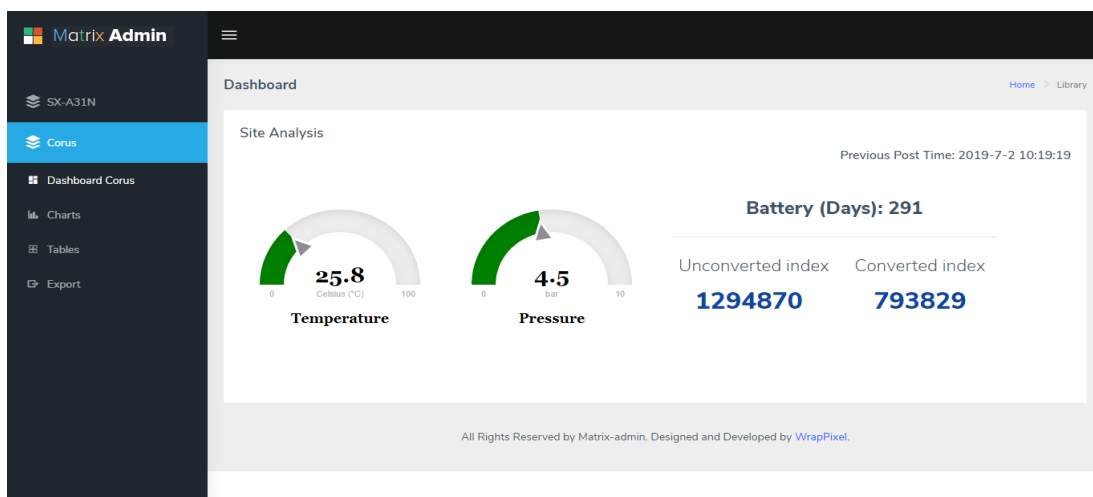
ภาพที่ 4-23 ตัวเลือก Tables สำหรับเมนู CORUS



ภาพที่ 4-24 ตัวเลือก Export สำหรับเมนู CORUS

เมนู Dashboard สำหรับมิเตอร์แก๊ส

เมื่อผู้ใช้งานคลิกที่เมนู Dashboard CORUS ตามภาพที่ 4-21 ระบบจะนำไปยังหน้าเว็บแอปพลิเคชัน Dashboard ที่แสดงรายละเอียดสถานะที่เป็นปัจจุบันของอุปกรณ์ ซึ่งได้แก่เวลาล่าสุดที่ได้รับข้อมูล ค่าอุณหภูมิ (Temperature) ค่าแรงดัน (Pressure) ค่า Unconverted index ค่า Converted index และ เวลาที่เหลือของ Battery โดยที่จะแสดงผลเป็น Gauge ตามภาพที่ 4-25



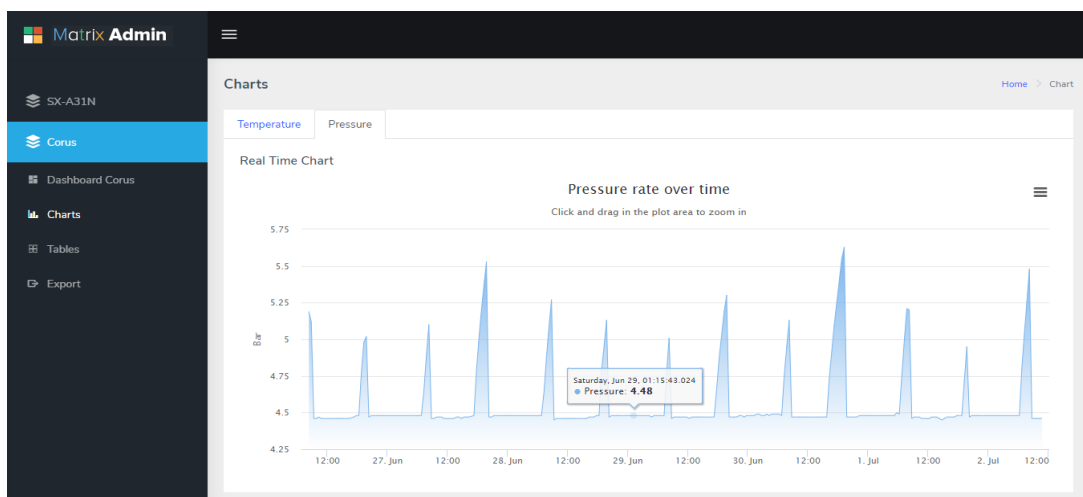
ภาพที่ 4-25 หน้าเว็บแอปพลิเคชัน Dashboard CORUS

เมนู Charts สำหรับมิเตอร์แก๊ซ

เมื่อผู้ใช้งานคลิกที่เมนู Charts จะพบกับหน้าเว็บแอปพลิเคชันที่แสดงข้อมูลเป็นกราฟเส้น โดยที่หน้าหลักจะเป็นการแสดงค่าอุณหภูมิ (Temperature) ตามภาพที่ 4-26 นอกจากนี้ผู้ใช้งานยังสามารถที่จะเลือกให้แสดงข้อมูลกราฟเส้นของค่าแรงดัน (Pressure) ได้ตามภาพที่ 4-27



ภาพที่ 4-26 หน้าเว็บแอปพลิเคชัน Chart ที่แสดงค่าอุณหภูมิ



ภาพที่ 4-27 หน้าเว็บแอปพลิเคชัน Chart ที่แสดงค่าแรงดัน

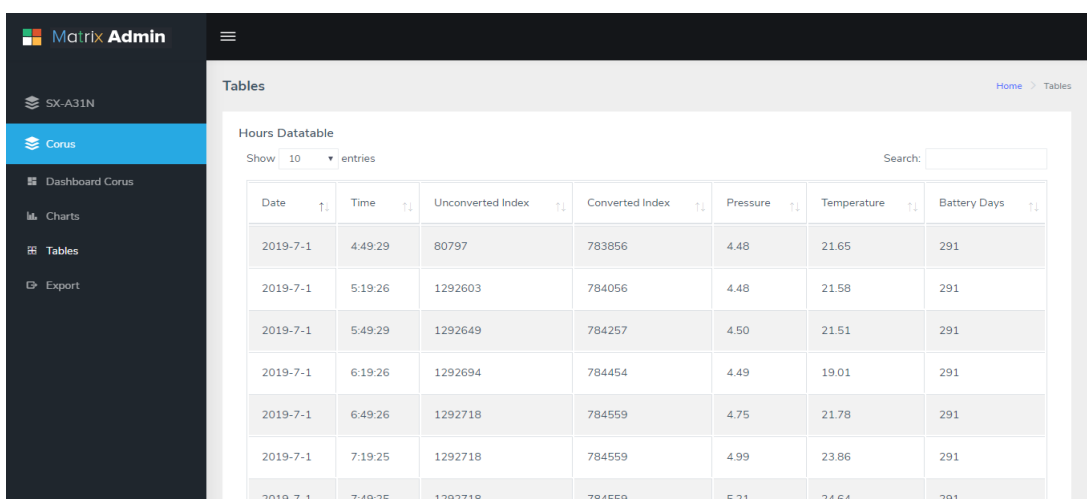
เมนู Tables สำหรับมิเตอร์แก๊ส

เมื่อผู้ใช้งานคลิกที่เมนู Tables จะพบกับหน้าเว็บแอปพลิเคชันที่แสดงข้อมูลเป็นตาราง โดยนำข้อมูลย้อนหลังเป็นเวลา 1 ชั่วโมงมาแสดง ซึ่งข้อมูลประกอบด้วยวันที่ เวลา Unconverted index Converted index ค่าแรงดัน ค่าอุณหภูมิ และค่าเวลาที่เหลือของ Battery ตามภาพที่ 4-28 นอกจากนี้ยังมีส่วนการค้นหาที่ทำให้ผู้ใช้งานสามารถค้นหาข้อมูลในส่วนที่ตนเองต้องการได้ โดยใส่คำค้นหาในช่องว่างตามภาพที่ 4-29 แล้วจะได้ผลลัพธ์ตามภาพที่ 4-30

The screenshot shows the Matrix Admin interface. On the left is a sidebar with navigation options: SX-A31N, Corus, Dashboard Corus, Charts, Tables, and Export. The main content area is titled 'Tables' and has a tab for 'Hours Datatable'. The table displays data for 8 hours, with columns: Date, Time, Unconverted Index, Converted Index, Pressure, Temperature, and Battery Days.

Date	Time	Unconverted Index	Converted Index	Pressure	Temperature	Battery Days
2019-7-1	4:49:29	80797	783856	4.48	21.65	291
2019-7-1	5:19:26	1292603	784056	4.48	21.58	291
2019-7-1	5:49:29	1292649	784257	4.50	21.51	291
2019-7-1	6:19:26	1292694	784454	4.49	19.01	291
2019-7-1	6:49:26	1292718	784559	4.75	21.78	291
2019-7-1	7:19:25	1292718	784559	4.99	23.86	291
2019-7-1	7:49:25	1292718	784559	5.21	24.64	291

ภาพที่ 4-28 หน้าเว็บแอปพลิเคชัน Tables ของมิเตอร์แก๊ส



Matrix Admin

SX-A31N

Corus

Dashboard Corus

Charts

Tables

Export

Tables

Home > Tables

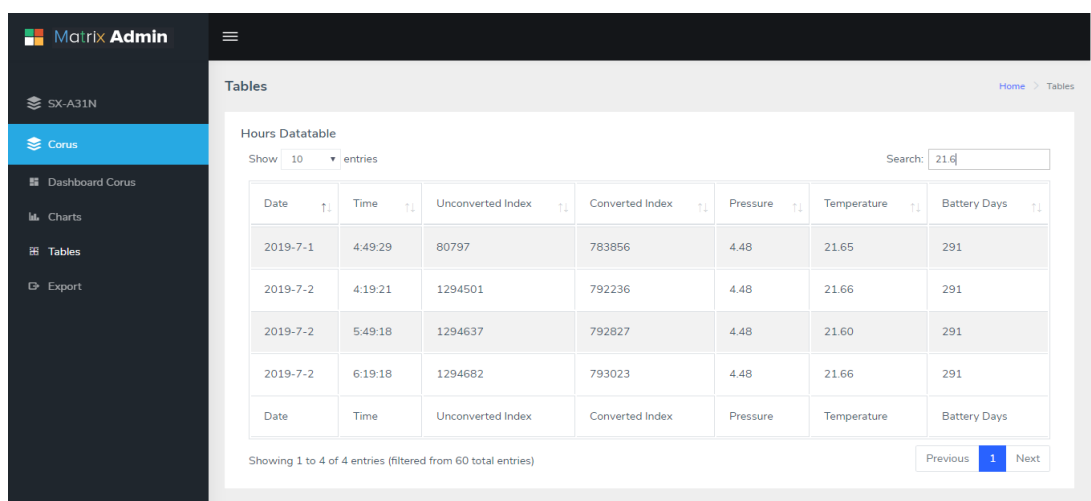
Hours Datatable

Show 10 entries

Search:

Date	Time	Unconverted Index	Converted Index	Pressure	Temperature	Battery Days
2019-7-1	4:49:29	80797	783856	4.48	21.65	291
2019-7-1	5:19:26	1292603	784056	4.48	21.58	291
2019-7-1	5:49:29	1292649	784257	4.50	21.51	291
2019-7-1	6:19:26	1292694	784454	4.49	19.01	291
2019-7-1	6:49:26	1292718	784559	4.75	21.78	291
2019-7-1	7:19:25	1292718	784559	4.99	23.86	291
2019-7-1	7:49:25	1292718	784559	5.21	24.64	291

ภาพที่ 4-29 หน้าเว็บแสดงข้อมูลแบบตารางก่อนการค้นหา



Matrix Admin

SX-A31N

Corus

Dashboard Corus

Charts

Tables

Export

Tables

Home > Tables

Hours Datatable

Show 10 entries

Search: 21.6

Date	Time	Unconverted Index	Converted Index	Pressure	Temperature	Battery Days
2019-7-1	4:49:29	80797	783856	4.48	21.65	291
2019-7-2	4:19:21	1294501	792236	4.48	21.66	291
2019-7-2	5:49:18	1294637	792827	4.48	21.60	291
2019-7-2	6:19:18	1294682	793023	4.48	21.66	291

Showing 1 to 4 of 4 entries (filtered from 60 total entries)

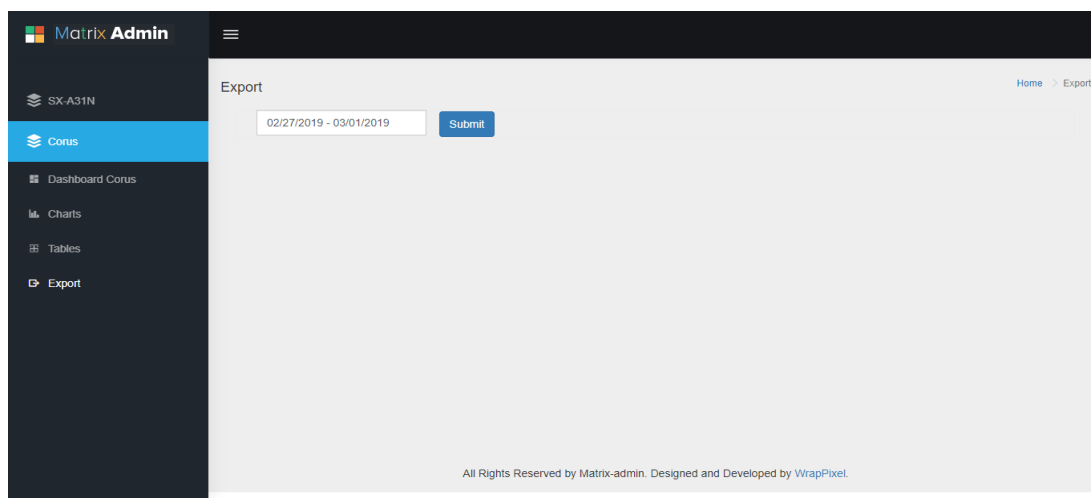
Previous 1 Next

ภาพที่ 4-30 หน้าเว็บแสดงรายละเอียดข้อมูลที่ถูกค้นหาด้วยคำว่า 21.6

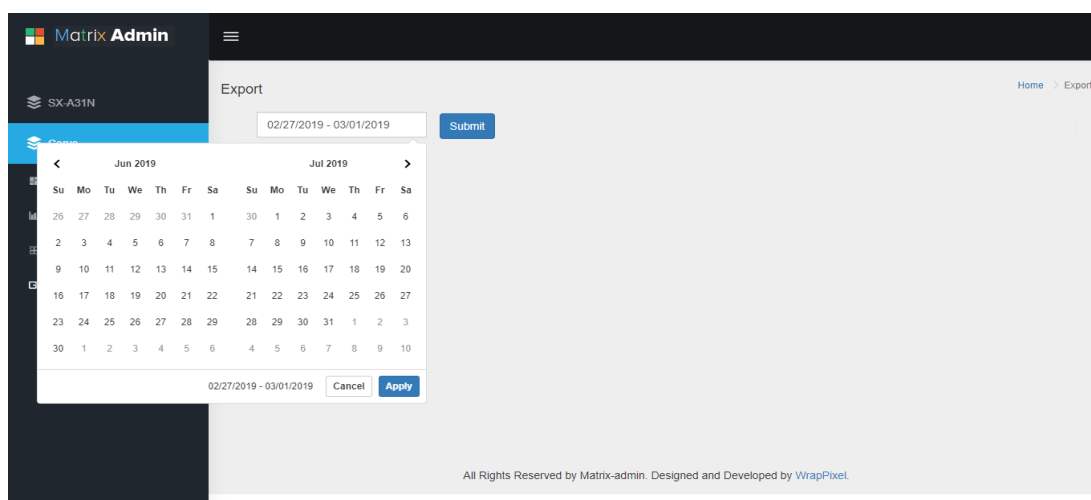
เมนู Export สำหรับมิเตอร์แก๊ซ

เมื่อผู้ใช้งานคลิกที่เมนู Export จะพบกับหน้าเว็บแอปพลิเคชันที่สามารถดาวน์โหลดข้อมูลที่อยู่บนฐานข้อมูลในเครือข่ายกลุ่มเมน ออกมาเป็นไฟล์นามสกุล CSV สำหรับการนำไปเปิดกับโปรแกรมประเภท Spreadsheet เพื่อที่จะนำข้อมูลค่าพลังงานนั้นไปทำการวิเคราะห์ หรือนำไปใช้ประโยชน์อย่างอื่น ตามภาพที่ 4-31 โดยการเลือกข้อมูลที่ต้องการดาวน์โหลดจะใช้วันที่เป็นตัวกำหนดตามภาพที่ 4-32 และเมื่อเลือกวันที่ที่ต้องการดาวน์โหลดตามภาพที่ 4-33 จากนั้นเมื่อกด

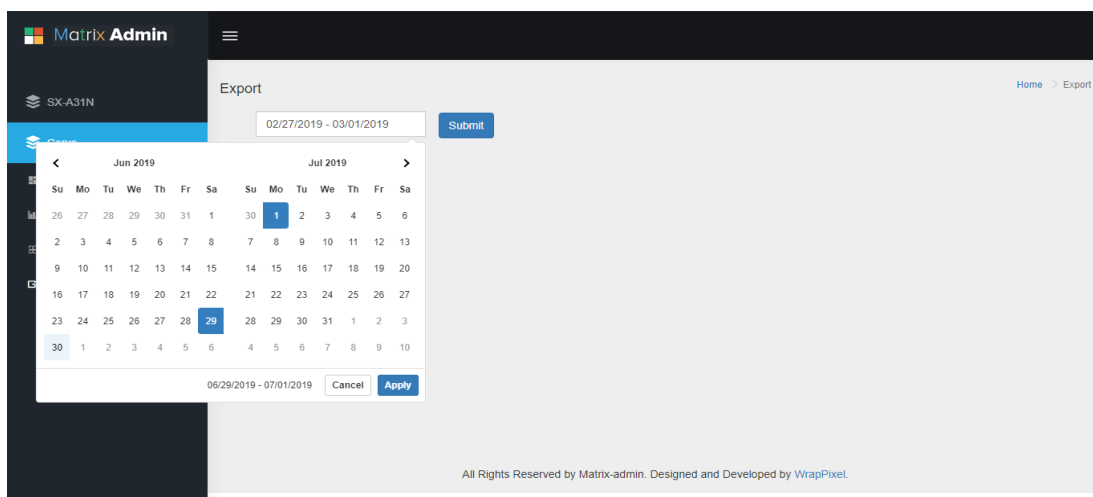
ปุ่ม submit เพื่อทำการดาวน์โหลด จะเลือกให้บันทึกไฟล์ตามภาพที่ 4-34 แล้วจะได้ผลลัพธ์ตามภาพที่ 4-35



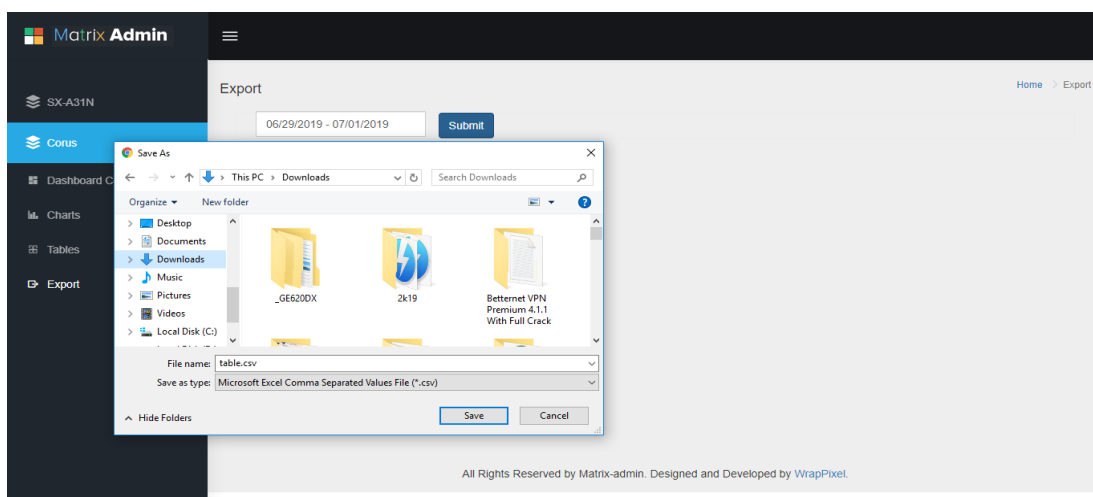
ภาพที่ 4-31 หน้าเว็บในการนำข้อมูลออกมาแสดงในรูปแบบของไฟล์นามสกุล CSV



ภาพที่ 4-32 หน้าเว็บก่อนเลือกวันที่ที่ต้องการดาวน์โหลด



ภาพที่ 4-33 หน้าเว็บเมื่อเลือกวันที่ที่ต้องการดาวน์โหลดเรียบร้อยแล้ว



ภาพที่ 4-34 การบันทึกไฟล์ที่ต้องการจะดาวน์โหลด

#	Date	Time	Unconverted	Converted	Pressure	Temperature	Battery Days
1	6/29/2019	0:19:43	1288414	765937	4.48	21.37	291
2	6/29/2019	0:49:45	80539	766133	4.48	21.49	291
3	6/29/2019	1:19:43	1288504	766328	4.48	21.65	291
4	6/29/2019	1:49:42	1288549	766524	4.48	21.86	291
5	6/29/2019	2:19:45	1288594	47920	4.48	21.97	291
6	6/29/2019	2:49:42	1288640	766919	4.48	22.1	291
7	6/29/2019	3:19:53	1288685	767115	4.48	22.03	291
8	6/29/2019	3:49:42	1288730	767310	4.48	22.08	291
9	6/29/2019	4:19:42	1288775	767506	4.48	21.98	291
10	6/29/2019	4:49:41	1288820	767701	4.47	21.8	291
11	6/29/2019	5:19:44	1288866	767901	4.48	21.63	291
12	6/29/2019	5:49:43	1288911	768097	4.48	21.6	291
13	6/29/2019	6:19:41	1288956	768293	4.48	20.95	291
14	6/29/2019	6:49:43	1289001	768489	4.48	21.09	291
15	6/29/2019	7:19:41	1289046	768685	4.48	22.16	291
16	6/29/2019	7:49:40	1289066	48052	4.77	25.2	291
17	6/29/2019	8:19:42	1289066	48052	5.01	27.62	291
18	6/29/2019	8:49:43	1289071	768793	4.46	26.25	291
19	6/29/2019	9:19:40	1289120	769003	4.47	25.26	291
20	6/29/2019	9:49:40	1289170	769217	4.47	25.7	291
21	6/29/2019	10:19:43	80580	769431	4.47	25.37	291
22	6/29/2019	10:49:39	1289270	769645	4.47	25.91	291

ภาพที่ 4-35 ผลลัพธ์ของไฟล์ที่ได้ทำการดาวน์โหลดมา

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

ปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้ได้กล่าวถึงการสร้างอุปกรณ์ระบบวัดค่าพลังงานก๊าซธรรมชาติโดยใช้การสื่อสารแบบ NB-IoT โดยงานที่นำเสนอเป็นการพัฒนาอุปกรณ์ NB-IoT Gateway ซึ่งมีฟังก์ชันการทำงานในการอ่านค่าข้อมูลพลังงานจากมิเตอร์ไฟฟ้า SX-1-A31N ผ่านช่องทางการสื่อสารแบบ RS485 และอุปกรณ์วัดปริมาตรก๊าซ CORUS ผ่านช่องทางการสื่อสารแบบ RS232 โดยจะนำข้อมูลการอ่านค่าพลังงานไฟฟ้าและค่าปริมาตรของก๊าซไปทำการประมวลผลและจัดเก็บผ่านระบบเครือข่ายกลุ่มเมฆผ่านโดยใช้ช่องทางการสื่อสาร Narrowband ที่คลื่นความถี่ 900 MHz ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 เป็นตัวประมวลผลหลักในการอ่านค่าพลังงานจากอุปกรณ์ตรวจวัดและจัดรูปแบบข้อมูลที่ได้เพื่อส่งข้อมูลไปยังระบบเครือข่ายกลุ่มเมฆผ่านบอร์ด NB-IoT Shield ในการแสดงผลค่าพลังงานและปริมาณการใช้ก๊าซได้แสดงผลข้อมูลผ่าน Web Browser เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถนำข้อมูลมาวิเคราะห์เกี่ยวกับแนวโน้มการใช้พลังงาน

5.1 การทดสอบอุปกรณ์ NB-IoT Gateway กับมิเตอร์ไฟฟ้า และอุปกรณ์วัดปริมาตรก๊าซ

การทดสอบนี้ได้ทดสอบอุปกรณ์ NB-IoT Gateway กับมิเตอร์ไฟฟ้า และอุปกรณ์วัดปริมาตรก๊าซ โดยมีรายละเอียดผลการทดสอบดังนี้

5.1.1 มิเตอร์ไฟฟ้า (Electric meters)

โดยมิเตอร์ไฟฟ้า ที่ได้นำมาใช้ทดสอบมิเตอร์ไฟฟ้ารุ่น SX-1-A31N ยี่ห้อ Mitsubishi ซึ่งเป็นมิเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ แบบหนึ่งเฟส ที่ทำงานโดยอาศัยหลักการประมวลผลแบบดิจิทัลเพื่อวัดและคำนวณค่าพลังงานไฟฟ้า (KWH) ซึ่งตัวมิเตอร์รองรับระบบ AMR (Automatic Meter Reading) และมีช่องต่อพอร์ต RS-485 เมื่อทำการเชื่อมต่อผ่านช่องทางการสื่อสารแบบ RS485 เพื่อทดสอบการใช้งานจริง

ผลสรุปว่า สามารถนำมิเตอร์ไฟฟ้ารุ่น SX-1-A31N มาใช้งานกับ ESP32 ได้ โดยสามารถอ่านค่าพารามิเตอร์ทั้งหมด 4 อย่าง ได้แก่ ค่าแรงดันไฟฟ้า (Voltage) ค่ากระแสไฟฟ้า (Current) ค่ากำลังงานไฟฟ้า (Power) ค่าความถี่ (Frequency) และ ค่าพลังงานไฟฟ้า (Energy) ซึ่งทำการอ่านค่าจากมิเตอร์ไฟฟ้ารุ่น SX-1-A31N ในช่วงความถี่ทุกๆ 1 นาที ดังภาพที่ 5-1

Date	Time	Voltage	Current	Power
2019-7-5	14:14:51	226.32	0.00	0
2019-7-5	14:15:51	226.49	0.00	0
2019-7-5	14:16:52	226.51	0.00	0
2019-7-5	14:17:52	226.49	0.00	0
2019-7-5	14:18:51	226.80	0.00	0
2019-7-5	14:19:51	226.47	0.00	0

ภาพที่ 5-1 ผลลัพธ์ของการอ่านค่าจากมิเตอร์ไฟฟ้ารุ่น SX-1-A31N ในช่วงความถี่ทุก ๆ 1 นาที

5.1.2 อุปกรณ์วัดปริมาตรก๊าซ

โดยอุปกรณ์วัดปริมาตรก๊าซ CORUS เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับวัดปริมาตรก๊าซเพื่อแปลงเป็นค่าพลังงานการใช้ก๊าซ โดยผ่านการคำนวณที่ใช้ตัวแปรของอุณหภูมิ และความดัน ซึ่งได้รับมาจากเซ็นเซอร์ จนทำให้ได้ค่าพลังงาน เมื่อทำการการเชื่อมต่อผ่านช่องทางการสื่อสารแบบ RS232 เพื่อทดสอบการใช้งานจริง

ผลสรุปว่า สามารถนำอุปกรณ์วัดปริมาตรก๊าซ CORUS มาใช้งานกับ ESP32 ได้ โดยสามารถอ่านค่าพารามิเตอร์ได้ 5 อย่าง ได้แก่ ค่าอุณหภูมิ (Temperature) ค่าแรงดัน (Pressure) ค่า Unconverted index ค่า Converted index และ เวลาที่เหลือของ Battery ซึ่งทำการอ่านค่าจากอุปกรณ์วัดปริมาตรก๊าซ CORUS ในช่วงความถี่ทุกๆ 30 นาที ดังภาพที่ 5-2

Date	Time	Unconverted Index	Converted Index	Pressure	Temperature	Battery Days
2019-7-22	3:16:47	1319793	900980	5.63	27.64	291
2019-7-22	3:46:48	1319793	900980	5.56	27.50	291
2019-7-22	4:16:46	1319793	900980	5.45	27.47	291
2019-7-22	4:46:46	1319793	900980	5.41	27.43	291
2019-7-22	5:16:46	1319793	900980	5.36	27.38	291
2019-7-22	5:46:46	1319793	900980	5.27	27.34	291

ภาพที่ 5-2 ผลลัพธ์ของการอ่านค่าจากอุปกรณ์วัดปริมาตรก๊าซ CORUS ในช่วงความถี่ทุก ๆ 30 นาที

ดังนั้นปริญญานิพนธ์นี้จะใช้มิเตอร์ในการทดสอบเชื่อมต่อกับ NB-IoT Gateway ก็คือ มิเตอร์ไฟฟ้ารุ่น SX-1-A31N และ อุปกรณ์วัดปริมาณก๊าซ CORUS

เอกสารอ้างอิง

1. Kritsada Arjchariyaphat. “มารู้จัก NB-IoT กันและถ้าเปรียบเทียบกับ LoRa ละ”. โพสต์เมื่อ 2018-8-21.
2. จิตติพงษ์ รักษาริกรณ์. “แนวทางการประยุกต์ใช้ Internet of Things (IoT) กับ Smart Agriculture 4.0”. โพสต์เมื่อ 2018-8-24.
3. Attapon Thaphaengphan. NB-IoT คืออะไร สำคัญยังไง นำไปใช้ประโยชน์ได้ยังไงและผู้ให้บริการในไทยมีใครบ้าง”. <https://www.iphonemod.net/gsma-truemove-h-nb-iot-thailand.html>. โพสต์เมื่อ 2018-8-2.
4. McMarron. “AMR สะดวกสบาย เชื่อมการใช้ไฟฟ้าได้ทุกที่ทุกเวลา เชื่อมจริงๆ”. <https://talk.mthai.com/pr/446263.html> โพสต์เมื่อ 2018-3-21. โพสต์เมื่อ 2018-3-21.
5. PONGSAKRIVERPLUS. “PLC Protocol: การสื่อสารแบบ Modbus Protocol”. <https://riverplus.com/2011/08/18/plc-protocol-การสื่อสารแบบ-modbus-protocol>. โพสต์เมื่อ 2018-1-12.
6. RS232. <https://www.omi.co.th/th/article/rs232>. โพสต์เมื่อ 2015-3-7.
7. RS485. <https://www.omi.co.th/th/article/rs485>. โพสต์เมื่อ 2015-3-7.

ประวัติผู้แต่ง

ปรินญาณพนธ์เรื่อง : ระบบวัดค่าพลังงานก๊าซธรรมชาติโดยใช้การสื่อสารแบบ NB-IoT
 สาขาวิชา : วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
 ภาควิชา : วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
 คณะ : วิศวกรรมศาสตร์
 ชื่อ : นายคุณาสิน ทองมณี

ประวัติ

อายุ 22 ปี เกิดเมื่อวันที่ 22 พฤศจิกายน พ.ศ. 2539 อยู่บ้านเลขที่ 184/49 ม.1 ตำบลท่ายาง อำเภอเมือง จังหวัดชุมพร รหัสไปรษณีย์ 86120 สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขา ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ โรงเรียนเตรียมวิศวกรรมศาสตร์ คณะวิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีการศึกษา 2557 และสำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะ วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปี การศึกษา 2561

ชื่อ : นายชนน ตั้งศิริเสถียร

ประวัติ

อายุ 22 ปี เกิดเมื่อวันที่ 4 กันยายน พ.ศ. 2539 อยู่บ้านเลขที่ 28/1 ซอยสุขเกษ 2 ถนนผังเมือง 4 ตำบลสะเตง อำเภอเมืองยะลา จังหวัดยะลา 95000 สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ โรงเรียนเตรียมวิศวกรรมศาสตร์ คณะวิทยาลัยเทคโนโลยี อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีการศึกษา 2557 และสำเร็จ การศึกษาในระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและ คอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปี การศึกษา 2561