การคำนวณค่าไฟฟ้าตามเวลาจริงและเฝ้าตรวจด้วยสมาร์ตโฟน

REAL-TIME ELECTRICITY BILL COMPUTATION WITH MONITORING VIA SMARTPHONE

นายกฤษวัฒน์ ถาวรกูล รหัส 57362774

นางสาวธนภรณ์ เวียงแก รหัส 57363085

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2560

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน การคำนวณค่าไฟฟ้าตามเวลาจริงและเฝ้าตรวจด้วยสมาร์ตโฟน

ผู้ดำเนินโครงงาน นายกฤษวัฒน์ ถาวรกูล รหัส 57362774

นางสาวธนภรณ์ เวียงแก รหัส 57363085

ที่ปรึกษาโครงงาน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิพัทธ์ จันทรมินทร์

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

ปีการศึกษา 2560

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

.....ที่ปรึกษาโครงงาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิพัทธ์ จันทรมินทร์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริพร เดชะศิลารักษ์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภวรรณ พลพิทักษ์ชัย)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การคำนวณค่าไฟฟ้าตามเวลาจริงและเฝ้าตรวจด้วยสมาร์ตโฟน
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายกฤษวัฒน์ ถาวรกูล รหัส 57362774
	นางสาวธนภรณ์ เวียงแก รหัส 57363085
ที่ปรึกษาโครงงาน	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิพัทธ์ จันทรมินทร์
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา	2560

.....

บทคัดย่อ

ในโครงงานนี้ได้พัฒนาการคำนวณค่าไฟฟ้าตามเวลาจริงและเฝ้าตรวจการใช้ไฟฟ้าด้วยสมาร์ตโฟน โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการทำงาน และแสดงค่าไฟฟ้าที่ได้จากการคำนวณที่เป็นไปตามเงื่อนไขการจัดเก็บของการไฟฟ้านครหลวงและการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคสำหรับที่อยู่อาศัยทั้งที่ใช้ไฟฟ้าไม่เกิน 150 หน่วยและเกิน 150 หน่วยต่อเดือน โครงงานนี้มีเป้าหมายเพื่ออำนวยความสะดวกให้กับผู้ใช้ไฟฟ้าโดยสามารถทราบค่าปริมาณทางไฟฟ้าต่าง ๆ ที่ใช้รวมถึงค่าไฟฟ้าที่ต้องชำระได้ตลอดเวลาก่อนที่การไฟฟ้าจะแจ้งยอดชำระ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์คำนวณค่าไฟฟ้า แล้วแสดงค่าปริมาณทางไฟฟ้ารวมทั้งค่าไฟฟ้าทางหน้าจอแอลซีดี พร้อมทั้งส่งข้อมูลดังกล่าวผ่านมอดูลสื่อสารไร้สายเพื่อให้ผู้ใช้เฝ้าตรวจได้ด้วยสมาร์ตโฟน ซึ่งใช้ตรวจสอบการลักลอบการใช้ไฟฟ้าได้ นอกจากนี้ยังมีการบันทึกข้อมูลดังกล่าวของแต่ละเดือนไว้ในมอดูลบันทึกข้อมูล ซึ่งเป็นประโยชน์ในการวางแผนการใช้ไฟฟ้าในเดือนต่อไป

Project title	Real-Time Electricity Bill Computation with Monitoring via Smartphone
Name	Mr. Kitsawat Taworakun ID. 57362774
	Ms. Thanaporn Wiangkae ID. 57363085
Project advisor	Asst. Prof. Niphat Jantharamin, Ph.D.
Major	Electrical Engineering
Department	Electrical and Computer Engineering
Academic year	2017

.....

Abstract

This thesis presents real-time computation of electricity bill with smartphone-based monitoring. The microcontroller controls the system and displays electricity bill which is computed according to terms and conditions of the Metropolitan Electricity Authority (MEA) and the Provincial Electricity Authority (PEA) in Thailand for dwellings in which either up to 150 units or above 150 units of electricity are monthly consumed. The aim of the project is to provide consumers electrical quantities monitoring and awareness of updated electricity bill prior to the due payment. The microcontroller is used for calculating and displaying the electricity bill as well as electrical quantities on the LCD. In addition, the aforementioned information is also transmitted via wireless module for smartphone-based monitoring. This procedure could contribute to detection of unauthorized electricity consumption. Moreover, this information is saved into an SD card and can be used later on for next months' electricity-consumption planning

กิตติกรรมประกาศ

ผู้ดำเนินโครงงานขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นิพัทธ์ จันทรมินทร์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน ซึ่งเอาใจใส่ในรายละเอียดทุกขั้นตอนของการดำเนินโครงงาน โดยให้คำปรึกษาและคำแนะนำในการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ อย่างต่อเนื่องจนกระทั่งโครงงานสำเร็จลุล่วง รวมถึงแนะนำหลักการเขียนปริญญานิพนธ์และตรวจทานแก้ไขอย่างละเอียดจนได้ปริญญานิพนธ์เป็นรูปเล่มสมบูรณ์

ขอขอบคุณกรรมการสอบโครงงาน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศิริพร เดชะศิลารักษ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศุภวรรณ พลพิทักษ์ชัย ซึ่งกรุณาให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในการดำเนินโครงงาน

นอกจากนี้ยังขอขอบคุณ คุณอภิสิทธิ์ เพ็ชรเจริญ ตำแหน่งนักวิชาการคอมพิวเตอร์ของคณะแพทยศาสตร์ ที่ได้อนุเคราะห์ข้อมูล คำแนะนำ และให้สำเนาแบบแสดงรายละเอียดมาใช้เป็นกรณีศึกษาในโครงงานนี้

รวมทั้งขอขอบคุณรัฐบาลไทยที่ได้จัดตั้งกองทุนเงินให้กู้ยืมเพื่อการศึกษา (กยศ.) ซึ่งเป็นการสนับสนุนด้านทุนทรัพย์ให้แก่นายกฤษวัฒน์ ถาวรกูล และนางสาวธนภรณ์ เวียงแก โดยได้กู้ยืมตั้งแต่ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จนถึงการศึกษาในระดับปริญญาตรี

เหนือสิ่งอื่นใด ผู้ดำเนินโครงงานขอกราบขอบพระคุณบิดาและมารดาที่ให้การสนับสนุนในทุกด้านเกี่ยวกับการศึกษาของผู้ดำเนินโครงงาน รวมทั้งมอบความรัก ความเมตตา และคอยเป็นกำลังใจให้จนประสบความสำเร็จในวันนี้

ผู้ดำเนินโครงงาน
กฤษวัฒน์ ถาวรกูล
ธนภรณ์ เวียงแก

พฤษภาคม 2561

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์ ..... ก
บทคัดย่อภาษาไทย ..... ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ค
กิตติกรรมประกาศ ..... ง
สารบัญ ..... จ
สารบัญตาราง ..... ซ
สารบัญรูป ..... ญ

บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน 2
1.4 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน 2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงงาน 2
1.6 งบประมาณ 3

บทที่ 2 การคิดอัตราค่าไฟฟ้าและการวัดค่าหน่วยไฟฟ้า 4
2.1 โครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้า 4
2.1.1 อัตราค่าไฟฟ้าฐาน 4
2.1.2 อัตราค่าไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ 4
2.1.3 ขั้นตอนการคำนวณค่าไฟฟ้า 5
2.2 การคำนวณค่าไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวงและการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค 5
2.2.1 ประเภทที่ 1 บ้านอยู่อาศัย 6
2.2.2 ประเภทที่ 2 กิจการขนาดเล็ก 8
2.2.3 ประเภทที่ 3 กิจการขนาดกลาง 9

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.2.4 ประเภทที่ 4 กิจการขนาดใหญ่ 11
2.2.5 ประเภทที่ 5 กิจการเฉพาะอย่าง 13
2.2.6 ประเภทที่ 6 องค์กรที่ไม่แสวงหากำไร 15
2.2.7 ประเภทที่ 7 กิจการสูบน้ำเพื่อการเกษตร 17
2.2.8 ประเภทที่ 8 ผู้ใช้ไฟฟ้าชั่วคราว 18
2.3 มาตรวัดไฟฟ้า 18
2.4 มอดูลแปลงสัญญาณ 19
2.5 แผงไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino รุ่น Mega 2560 23
2.6 แป้นตัวเลข 25
2.7 จอแสดงผลแอลซีดี 26
2.8 มอดูลสื่อสารไร้สาย 30
2.9 มอดูลเก็บบันทึกข้อมูล 31

บทที่ 3 การสร้างระบบคำนวณค่าไฟฟ้าและเฝ้าตรวจด้วยสมาร์ตโฟน 33
3.1 ขั้นตอนการทำงานของระบบคำนวณค่าไฟฟ้าและเฝ้าตรวจด้วยสมาร์ตโฟน 33
3.2 การเชื่อมต่อระบบคำนวณค่าไฟฟ้าและเฝ้าตรวจด้วยสมาร์ตโฟน 34
3.3 การประมวลผลของไมโครคอนโทรลเลอร์ 36
3.4 การประกอบชิ้นงาน 42
3.5 การใช้งานโปรแกรมประยุกต์ Blynk 43

บทที่ 4 ผลการทดสอบการทำงาน 48
4.1 การเปรียบเทียบค่าปริมาณทางไฟฟ้าจากมาตรวัดไฟฟ้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ 48
4.2 การทดสอบโปรแกรมคำนวณค่าไฟฟ้า 51
4.3 การคำนวณค่าไฟฟ้าตามเวลาจริงและเฝ้าตรวจด้วยสมาร์ตโฟน 52

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 55
5.1 สรุปผลการดำเนินโครงงาน 55
5.2 ปัญหาและแนวทางการแก้ไข 55
5.3 แนวทางการพัฒนาโครงงานต่อไป 56

เอกสารอ้างอิง 57

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน 58

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 การคิดอัตราค่าไฟฟ้าประเภทบ้านอยู่อาศัยแบบอัตราปกติ 6

2.2 การคิดอัตราค่าไฟฟ้าประเภทบ้านอยู่อาศัยแบบอัตราตามช่วงเวลาของการใช้ 7

2.3 การคิดอัตราค่าไฟฟ้าประเภทกิจการขนาดเล็กแบบอัตราปกติ 8

2.4 การคิดอัตราค่าไฟฟ้าประเภทกิจการขนาดเล็กแบบตามช่วงเวลาของการใช้ 8

2.5 การคิดอัตราค่าไฟฟ้าประเภทกิจการขนาดกลางแบบอัตราปกติ 9

2.6 การคิดอัตราค่าไฟฟ้าประเภทกิจการขนาดกลางแบบอัตราตามช่วงเวลาของการใช้ 10

2.7 การคิดอัตราค่าไฟฟ้าประเภทกิจการขนาดใหญ่แบบอัตราตามช่วงเวลาของวัน 12

2.8 การคิดอัตราค่าไฟฟ้าประเภทกิจการขนาดใหญ่แบบอัตราตามช่วงเวลาของการใช้ 12

2.9 การคิดอัตราค่าไฟฟ้าประเภทกิจการเฉพาะอย่างแบบอัตราปกติ 13

2.10 การคิดอัตราค่าไฟฟ้าประเภทกิจการเฉพาะอย่างแบบอัตราตามช่วงเวลาของการใช้ 14

2.11 การคิดอัตราค่าไฟฟ้าประเภทองค์กรที่ไม่แสวงหากำไรแบบอัตราปกติ 15

2.12 การคิดอัตราค่าไฟฟ้าประเภทองค์กรที่ไม่แสวงหากำไรแบบอัตราของการใช้ 16

2.13 การคิดอัตราค่าไฟฟ้าประเภทกิจการสูบน้ำเพื่อการเกษตรแบบอัตราปกติ 17

2.14 การคิดอัตราค่าไฟฟ้าประเภทกิจการสูบน้ำแบบอัตราตามช่วงเวลาของการใช้ 18

2.15 ที่อยู่ข้อมูลมอดบัส โปรโตคอลในโหมด RTU 21

2.16 โครงสร้างรหัสโปรโตคอลส่วนของการส่งข้อมูลปริมาณทางไฟฟ้าไฟฟ้า 22

2.17 สัญลักษณ์ขาของไอทูซี 28

4.1 การแสดงค่าแรงดันที่ไมโครคอนโทรลเลอร์รับจากมาตรวัดไฟฟ้า 48

4.2 การแสดงค่ากระแสที่ไมโครคอนโทรลเลอร์รับจากมาตรวัดไฟฟ้า 49

4.3 การแสดงค่ากำลังจริงที่ไมโครคอนโทรลเลอร์รับจากมาตรวัดไฟฟ้า 49

4.4 การแสดงค่าความถี่ที่ไมโครคอนโทรลเลอร์รับจากมาตรวัดไฟฟ้า 50

4.5 การแสดงค่าตัวประกอบกำลังที่ไมโครคอนโทรลเลอร์รับจากมาตรวัดไฟฟ้า 50

4.6 ค่าไฟฟ้าที่คำนวณด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากเว็บไซต์การไฟฟ้า กรณีใช้ไฟฟ้าไม่เกิน 150 หน่วยต่อเดือน 51

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.7 ค่าไฟฟ้าที่คำนวณด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากเว็บไซต์การไฟฟ้า กรณีใช้ไฟฟ้าเกิน 150 หน่วยต่อเดือน 52

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 มาตรวัดไฟฟ้าแบบดิจิทัล รุ่น SDM-120 19

2.2 มอดูลแปลงสัญญาณ RS 485 20

2.3 แผงระบบ Arduino รุ่น Mega2560 24

2.4 หน่วยประมวลผลกลางของ ATmega2560 ขนาด 100 ขา 25

2.5 แผงแป้นตัวเลข แบบ 4x4 26

2.6 จอแสดงผลแอลซีดี Hitachi หมายเลข HD44780 27

2.7 ไอทูซี 27

2.8 การรับและส่งข้อมูลแบบ I2C BUS 28

2.9 การเชื่อมต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ กับจอแอลซีดี 29

2.10 การแสดงการเชื่อมต่อของ I2C กับจอแอลซีดี 29

2.11 NodeMCU V2 31

2.12 Micro SD Card Module 31

2.13 การเชื่อมต่อ Micro SD Card Module กับ แผงระบบ Arduino Mega 2560 32

3.1 ขั้นตอนการทำงานของระบบคำนวณค่าไฟฟ้าและเฝ้าตรวจด้วยสมาร์ตโฟน 33

3.2 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ในระบบคำนวณค่าไฟฟ้าและเฝ้าตรวจด้วยสมาร์ตโฟน 34

3.3 แผนผังการทำงานระบบคำนวณค่าไฟฟ้าและเฝ้าตรวจด้วยสมาร์ตโฟน 36

3.4 หน้าจอระบุแบบวิธีการคำนวณค่าไฟฟ้า 37

3.5 หน้าจอระบุค่าอัตราค่าไฟฟ้าอัตโนมัติ 38

3.6 หน้าจอแสดงขณะรอการรับค่าปริมาณทางไฟฟ้าจากมาตรวัดไฟฟ้า 38

3.7 หน้าจอแสดงปริมาณทางไฟฟ้าและค่าไฟฟ้า 38

3.8 ขั้นตอนการคำนวณค่าไฟฟ้า 39

3.9 หน้าต่างแสดงปริมาณทางไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าบนหน้าจอสมาร์ตโฟน 41

3.10 ภายในกล่องควบคุมระบบคำนวณค่าไฟฟ้าและเฝ้าตรวจด้วยสมาร์ตโฟน 42

3.11 กล่องควบคุมระบบคำนวณค่าไฟฟ้าและเฝ้าตรวจด้วยสมาร์ตโฟน 43

3.12 หน้าต่างเริ่มใช้งาน 44

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.13 หน้าต่างสร้างโปรเจค 44
3.14 หน้าต่างระบุชื่อและอุปกรณ์สื่อสาร 45
3.15 หน้าต่างออกแบบ 45
3.16 หน้าต่างแสดงปริมาณทางไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าบนจอสมาร์ตโฟน 46
3.17 หน้าต่างแสดงปริมาณทางไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าบนจอสมาร์ตโฟนขณะใช้งาน 46
4.1 เว็บไซต์การไฟฟ้า 51
4.2 อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในการทดสอบ 52
4.3 การแสดงค่าบนแอลซีดีและสมาร์ตโฟนตามเวลาจริง 53
4.4 การแสดงย้อนหลังของกราฟกระแสและกำลังจริงบนสมาร์ตโฟน 53

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

ปัจจุบันพลังงานไฟฟ้ามีบทบาทสำคัญมากต่อการดำเนินชีวิตของมนุษย์ ทั้งใช้ในชีวิตประจำวัน การติดต่อสื่อสาร การประกอบธุรกิจ และภายในครัวเรือน โดยสามารถเปลี่ยนรูปพลังงานไปเป็นรูปแบบอื่นๆได้ตามวัตถุประสงค์การใช้งาน สำหรับการใช้ไฟฟ้าภายในครัวเรือนของประเทศไทย ประชาชนสามารถซื้อไฟฟ้าได้จากการไฟฟ้านครหลวงและการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคโดยคิดค่าใช้จ่ายจากปริมาณกำลังไฟฟ้าที่ถูกใช้ไปในแต่ละครัวเรือนด้วยมาตรวัดไฟฟ้าที่ไม่มีระบบคำนวณค่าไฟฟ้าให้โดยตรง ผู้ขายไฟฟ้าจึงต้องไปจดบันทึกปริมาณหน่วยไฟฟ้า ทำให้ต้องใช้เวลามาก อาจเกิดความผิดพลาดขึ้นระหว่างการทำงานได้ ทั้งจากการจดบันทึกปริมาณหน่วยไฟฟ้า นอกจากนี้ผู้ใช้ไฟฟ้ายังไม่มีโอกาสทราบค่าไฟฟ้า การใช้ไฟฟ้าภายในครัวเรือน บางครั้งอาจมีกรณีการถูกลักลอบใช้ไฟฟ้า โดยที่ผู้ใช้ไม่สามารถรับรู้ถึงความผิดปกติได้ จนกว่าจะได้รับใบชำระค่าไฟฟ้า ดังนั้น ผู้ดำเนินโครงงานจึงสนใจหาวิธีตรวจสอบค่าไฟฟ้าให้มีความสะดวกสบายต่อผู้ใช้ไฟฟ้า เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวข้างต้น โดยออกแบบมาตรวัดไฟฟ้าที่สามารถรายงานผลการใช้ไฟฟ้าภายในครัวเรือนผ่านหน้าจอแอลซีดี และแสดงผลผ่านระบบอินเตอร์เน็ตได้ ทำให้ง่ายต่อการรับรู้ผลการใช้ไฟฟ้า นอกจากนี้ระบบยังสามารถเก็บบันทึกข้อมูลและเรียกดูผลการใช้ไฟฟ้าเพื่อใช้เปรียบเทียบแต่ละช่วงเวลาได้ ซึ่งการรับรู้ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นรายเดือนและรายวัน ข้อมูลดังกล่าวนั้นจะช่วยให้สามารถบริหารจัดการพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้า และประกอบการวางแผนเพื่อประหยัดค่าใช้ไฟฟ้าได้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

เพื่อคำนวณค่าไฟฟ้าตามเวลาจริง และแสดงข้อมูลการใช้ไฟฟ้าบนหน้าจอแอลซีดี รวมทั้งเฝ้าตรวจผ่านอินเตอร์เน็ตโดยใช้สมาร์ตโฟน

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1) ใช้สัญญาณทางไฟฟ้าจากมาตรวัดไฟฟ้าแบบดิจิทัลรุ่น SDM-120 1 เฟส เพื่อวัดค่าไฟฟ้าสำหรับระบบไฟฟ้าเฟสเดียว 220 V 5(45) A 50/60 Hz
2) ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์คำนวณและแสดงค่าไฟฟ้าบนจอแอลซีดี รวมทั้งบันทึกปริมาณการใช้ไฟฟ้าในมอดูลบันทึกข้อมูล
3) สามารถส่งข้อมูลการใช้ไฟฟ้าผ่านอินเตอร์เน็ตโดยใช้มอดูลสื่อสารไร้สายสำหรับการเฝ้าตรวจด้วยสมาร์ตโฟน

1.4 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน

รายละเอียด	พ.ศ. 2560					พ.ศ. 2561			
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.
1) ศึกษาการทำงานของมาตรวัดไฟฟ้าและการคำนวณค่าไฟฟ้า									
2) เขียนโปรแกรมคำนวณค่าไฟฟ้าและแสดงผลบนหน้าจอแอลซีดี									
3) เขียนโปรแกรมเพื่อบันทึกข้อมูลการใช้ไฟฟ้าและเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ต									
4) ทดสอบ และปรับปรุงชิ้นงาน									
5) สรุปผลการดำเนินโครงงาน และจัดทำเล่มปริญญานิพนธ์									

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงงาน

ผู้ใช้สามารถบันทึกข้อมูลการใช้ไฟฟ้า และนำมาเปรียบเทียบในแต่ละช่วงเวลา รวมทั้งสามารถเฝ้าตรวจการใช้ไฟฟ้าได้ตามเวลาจริงผ่านหน้าจอแอลซีดีและผ่านอินเตอร์เน็ตโดยใช้สมาร์ตโฟน ข้อมูลการใช้ไฟฟ้ามีประโยชน์ในการวางแผนพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าในเดือนต่อไป และสามารถช่วยให้ผู้ใช้รับรู้ถึงความผิดปกติของการใช้ไฟฟ้าเช่น การถูกลักลอบใช้ไฟฟ้า

1.6 งบประมาณ

1) แผงไมโครคอนโทรลเลอร์	400 บาท
2) มาตรวัดไฟฟ้าแบบดิจิทัลรุ่น SDM-120 1 เฟส	1,400 บาท
3) ชุดแสดงผลด้วยแอลซีดี	220 บาท
4) มอดูลสื่อสารไร้สาย	220 บาท
5) มอดูลบันทึกข้อมูล	60 บาท
6) มอดูลแปลงสัญญาณ	100 บาท
7) แป้นตัวเลข	50 บาท
8) ถ่ายเอกสาร	300 บาท
รวมเป็นเงิน (สองพันเจ็ดร้อยห้าสิบบาทถ้วน)	2,750 บาท

หมายเหตุ: ถัวเฉลี่ยทุกรายการ

บทที่ 2
การคิดอัตราค่าไฟฟ้าและการวัดค่าหน่วยไฟฟ้า

ในการสร้างมาตรวัดค่าไฟฟ้าแบบอิเล็กทรอนิกส์ มีหลักการและทฤษฎีต่างๆที่เกี่ยวข้องสำหรับนำมาประยุกต์ใช้สร้างมาตรวัด มีหลักการและทฤษฎีต่างๆดังกล่าวจะอธิบายดังต่อไปนี้

2.1 โครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้า

โครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้าจัดทำขึ้นเพื่อจัดเก็บค่าไฟฟ้าจากผู้ใช้ไฟฟ้า มีหน่วยงานที่รับผิดชอบดูแล คือ คณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน โดยโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้าประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ อัตราค่าไฟฟ้าฐาน (Base tariff) อัตราค่าไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ (Automatic adjustment mechanism or float time: F_t) และค่าภาษีมูลค่าเพิ่มร้อยละ 7 (สำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน, 2560)

2.1.1 อัตราค่าไฟฟ้าฐาน

อัตราค่าไฟฟ้าฐาน เป็นอัตราค่าไฟฟ้าที่สะท้อนต้นทุนในการก่อสร้างโรงไฟฟ้า ระบบสายส่ง ระบบจำหน่าย และค่าการผลิตพลังงานไฟฟ้า ภายใต้สมมติฐานความต้องการใช้ไฟฟ้า ราคาเชื้อเพลิง อัตราแลกเปลี่ยน และอัตราเงินเฟ้อระดับหนึ่ง ซึ่งอัตราค่าไฟฟ้าฐานจะมีการปรับทุก 3-5 ปี โดยจะพิจารณาถึงค่าใช้จ่ายในการลงทุนในการผลิต จัดส่ง และการจำหน่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้า รวมถึง ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน และผลตอบแทนที่เหมาะสมในการขยายการลงทุนในอนาคต ทั้งนี้ 3 การไฟฟ้า (กฟผ. กฟน. และ กฟภ.) ถือเป็นหน่วยงานรัฐวิสาหกิจที่ต้องนำส่งเงินรายได้แผ่นดินให้กับกระทรวงการคลังในอัตราร้อยละ 30 – 45 ของกำไรจากการดำเนินงานในแต่ละปี เพื่อนำไปเป็นรายได้ของแผ่นดินสำหรับใช้ในการพัฒนาประเทศ

2.1.2 อัตราค่าไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ

อัตราค่าไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ คือ ค่าไฟฟ้าที่ปรับเปลี่ยนเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิง และค่าซื้อไฟฟ้านอกเหนือจากการควบคุมของการไฟฟ้าฯ จะมีการพิจารณาเปลี่ยนแปลงทุกๆ 4 เดือน มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ค่าไฟฟ้าสะท้อนถึงการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนใน 2 ด้านหลักคือ (1) ต้นทุนด้านเชื้อเพลิงและค่าซื้อไฟฟ้าที่มีความ

เปลี่ยนแปลงไปจากสมมติฐานที่ใช้กำหนดโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้า ได้แก่ ค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงของโรงไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตฯ ค่าซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชน (IPP, SPP, VSPP) และค่าซื้อไฟฟ้าจากต่างประเทศ (2) การส่งผ่านค่าใช้จ่ายตามนโยบายที่รัฐบาลกำหนด ได้แก่ การส่งเงินเข้ากองทุนพัฒนาไฟฟ้า และการส่งผ่านส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้าสำหรับโครงการผู้ผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนของการไฟฟ้า

2.1.3 ขั้นตอนการคำนวณค่าไฟฟ้า

เนื่องจากไฟฟ้าถือได้ว่าเป็นสินค้าชนิดหนึ่ง ดังนั้น ผู้ใช้ไฟฟ้าต้องจ่ายภาษีมูลค่าเพิ่มร้อยละ 7 ด้วย โดยมีขั้นตอนการคำนวณค่าไฟฟ้าดังนี้

1) ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (บาท/kW)
2) ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)
3) ค่าบริการ (บาท/เดือน)
4) ค่าอัตราค่าไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ (บาท/หน่วย)
5) ค่าตัวประกอบกำลัง (บาท/kVAR)
6) นำขั้นตอนที่ 1+2+3+4+5 (บาท)
7) ค่าภาษีมูลค่าเพิ่ม(VAT ร้อยละ 7) + ขั้นตอนที่ 6 (บาท)

2.2 การคำนวณค่าไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวงและการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

แผนนโยบายการกำหนดโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้าของประเทศไทย เริ่มตั้งแต่ เดือนพฤศจิกายน 2558 เป็นต้นไป (การไฟฟ้านครหลวง, 2559) จำแนกตามประเภทผู้ใช้ไฟฟ้าเป็น 8 ประเภทคือ (1) บ้านอยู่อาศัย (2) กิจการขนาดเล็ก (3) กิจการขนาดกลาง (4) กิจการขนาดใหญ่ (5) กิจการเฉพาะอย่าง (6) องค์กรที่ไม่แสวงหากำไร (7) กิจการสูบน้ำเพื่อการเกษตร และ (8) ผู้ใช้ไฟฟ้าชั่วคราว สำหรับการคำนวณค่าไฟฟ้า กำหนดไว้ว่าประเภทผู้ใช้ไฟฟ้าเดียวกัน ต้องจ่ายค่าไฟฟ้าในอัตราเดียวกันทั่วประเทศ ทำให้การคำนวณอัตราค่าไฟฟ้าจากทั้งการไฟฟ้านครหลวง และการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเท่ากันทุกประการ อย่างไรก็ตามสำหรับโครงงานนี้จะสนใจเฉพาะการคิดอัตราค่าไฟฟ้าประเภทบ้านอยู่อาศัยเท่านั้น อัตราค่าไฟฟ้ารายเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละประเภท มีรายละเอียดต่อไปนี้

2.2.1 ประเภทที่ 1 บ้านอยู่อาศัย

ใช้สำหรับไฟฟ้าในบ้านเรือนที่อยู่อาศัย วัดและโบสถ์ของศาสนาต่างๆ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง โดยต่อผ่านมาตรวัดเครื่องเดียว อัตราการคำนวณแบ่งเป็น 3 ประเภทคือ (1) อัตราปกติปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เกิน 150 หน่วยต่อเดือน (2) อัตราปกติปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเกินกว่า 150 หน่วยต่อเดือน (3) อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of use tariff: TOU) โดยอัตราปกติ แสดงดังตารางที่ 2.1 และอัตราตามช่วงเวลาของการใช้แสดงดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.1 การคิดอัตราค่าไฟฟ้าประเภทบ้านอยู่อาศัยแบบอัตราปกติ

(การไฟฟ้านครหลวง, 2559)

หน่วยที่ (kWh)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)	ค่าบริการ (บาท/เดือน)
1.1 อัตราแบบอัตราปกติปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เกิน 150 หน่วยต่อเดือน		8.19
0 – 15	2.3488	
16 – 25	2.9882	
26 – 35	3.2405	
36 – 100	3.6237	
101 – 150	3.7171	
151 – 400	4.2218	
401 เป็นต้นไป	4.4217	
1.2 อัตราปกติปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเกินกว่า 150 หน่วยต่อเดือน		38.22
0 – 150	3.2484	
151 – 400	4.2218	
401 เป็นต้นไป	4.4217	

ตารางที่ 2.2 การคิดอัตราค่าไฟฟ้าประเภทบ้านอยู่อาศัยแบบอัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (การไฟฟ้านครหลวง, 2559)

ช่วงแรงดัน	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)		ค่าบริการ (บาท/เดือน)
	On peak	Off peak	
1.3 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้			
1.3.1 12 – 24 kV	5.1135	2.6037	312.24
1.3.2 ต่ำกว่า 12 kV	5.7982	2.6369	38.22

หมายเหตุ:

1) ผู้ใช้ไฟฟ้าที่ติดตั้งมาตรวัดหน่วยไฟฟ้าขนาดไม่เกิน 5 A 230 V 1 เฟส 2 สาย จะถูกจัดให้อยู่ในอัตราข้อ 1.1 แต่ถ้ามีการใช้พลังงานไฟฟ้าเกิน 150 หน่วยต่อเดือน ติดต่อกัน3 เดือน ในเดือนถัดไปจะจัดเข้าอยู่ในอัตราข้อ 1.2 และถ้ามีการใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เกิน 150 หน่วยต่อเดือนติดต่อกัน 3 เดือนในเดือนถัดไป จะจัดเข้าอยู่ในอัตราข้อ 1.1 ตามเดิม
2) ผู้ใช้ไฟฟ้าที่ติดตั้งมาตรวัดหน่วยไฟฟ้าขนาดเกินกว่า 5 A 230 V 1 เฟส 2 สายถูกจัดให้อยู่ในอัตราข้อ 1.2 ตลอดไป
3) ผู้ใช้ไฟฟ้าสามารถเลือกใช้อัตราข้อ 1.3 ได้ โดยจะต้องแจ้งความประสงค์กับการไฟฟ้าก่อน และต้องชำระค่ามาตรวัด TOU หรือค่าบริการด้านมาตรวัด TOU เพิ่มขึ้นจากค่าบริการปกติ และหากเลือกใช้ไปแล้วไม่น้อยกว่า 12 เดือน สามารถขอเปลี่ยนกลับไปใช้อัตราเดิมอีกก็ได้
4) สถานที่ประกอบศาสนกิจรวมทั้งบริเวณที่เกี่ยวข้องด้วยสามารถเลือกใช้อัตราค่าไฟฟ้าประเภทที่ 6 ได้
5) ผู้ใช้ไฟฟ้าต้องชำระค่าบริการรายเดือน ถึงแม้จะไม่มีการใช้ไฟฟ้า
6) ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภท 1.1 ซึ่งติดตั้งมาตรวัดหน่วยไฟฟ้าขนาดไม่เกิน 5 A และใช้ไฟฟ้าไม่เกิน 90 หน่วยต่อเดือน ไม่ต้องชำระค่าไฟฟ้าในเดือนนั้น

2.2.2 ประเภทที่ 2 กิจการขนาดเล็ก

เป็นการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ ธุรกิจรวมกับที่อยู่อาศัย อุตสาหกรรม หน่วยราชการ สำนักงาน หรือหน่วยงานอื่นใดของรัฐ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น และหน่วยงานรัฐวิสาหกิจ หรืออื่นๆ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด ต่ำกว่า 30 kW โดยต่อผ่านมาตรวัดหน่วยไฟฟ้าเครื่องเดียว อัตราการคำนวณแยกเป็น 2 รูปแบบคือ (1) แบบอัตราปกติ และ (2) แบบอัตราตามช่วงเวลาของการใช้แสดงดังตารางที่ 2.3 และ 2.4

ตารางที่ 2.3 การคิดอัตราค่าไฟฟ้าประเภทกิจการขนาดเล็กแบบอัตราปกติ

(การไฟฟ้านครหลวง, 2559)

ช่วงแรงดัน		ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)	อัตราค่าบริการ (บาท/เดือน)
2.1 แบบอัตราปกติ			
2.1.1 12 – 24 kV		3.9086	312.24
2.1.2 ต่ำกว่า 12 kV	150 หน่วยแรก (หน่วยที่ 1 – 150)	3.2484	46.16
	250 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 151 – 400)	4.2218	
	เกิน 400 หน่วย (หน่วยที่ 401 เป็นต้นไป)	4.4217	

ตารางที่ 2.4 การคิดอัตราค่าไฟฟ้าประเภทกิจการขนาดเล็กแบบตามช่วงเวลาของการใช้

(การไฟฟ้านครหลวง, 2559)

ช่วงแรงดัน	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)		ค่าบริการ (บาท/เดือน)
	On peak	Off peak	
2.2 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้			
2.2.1 12 – 24 kV	5.1135	2.6037	312.24
2.2.2 ต่ำกว่า 12 kV	5.7982	2.6369	46.16

หมายเหตุ:

1) ถ้าหากผู้ใช้ไฟฟ้ามีความต้องการพลังงานไฟฟ้าในรอบเดือนใดเฉลี่ยใน 15 นาที ที่สูงสุดตั้งแต่ 30 kW ขึ้นไป จะจัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 3 อัตราข้อ 3.2 ประเภทที่ 4 อัตราข้อ 4.2 หรือประเภทที่ 5 อัตราข้อ 5.2 แล้วแต่กรณี และจะจัดเข้ามาอยู่ในประเภทที่ 2 อีกก็ต่อเมื่อความต้องการพลังงานไฟฟ้าดังกล่าวลดลงต่ำกว่า 30 kW ติดต่อกันเป็นเวลานาน12 เดือน
2) ผู้ใช้ไฟฟ้าในอัตราข้อ 2.1 สามารถเลือกใช้อัตราข้อ 2.2 ได้ โดยต้องแจ้งความประสงค์กับการไฟฟ้าก่อน และต้องชำระค่ามาตรวัดแบบ TOU หรือค่าบริการด้านมาตรวัดแบบ TOU เพิ่มขึ้นจากค่าบริการปกติ และหากเลือกใช้ไปแล้วนานเกิน 12 เดือน ขอเปลี่ยนกลับไปใช้อัตราข้อ 2.1 ตามเดิมได้
3) ผู้ใช้ไฟฟ้าต้องชำระค่าบริการรายเดือน ถึงแม้ไม่มีการใช้ไฟฟ้า

2.2.3 ประเภทที่ 3 กิจการขนาดกลาง

สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ อุตสาหกรรม สำนักงาน หรือ หน่วยงานอื่นใดของรัฐ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น หน่วยงานรัฐวิสาหกิจ สถานที่ทำการเกี่ยวกับกิจการของต่างชาติ ที่ทำการขององค์กรระหว่างประเทศ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดตั้งแต่ 30 ถึง 999 kW และมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือน ไม่เกิน 250,000 หน่วยต่อเดือน โดยต่อผ่านมาตรวัดหน่วยไฟฟ้าเครื่องเดียว อัตราการคำนวณแยกเป็น 2 แบบคือ แบบอัตราปกติ และอัตราตามช่วงเวลาการใช้ แสดงดังตารางที่ 2.5 และ 2.6

ตารางที่ 2.5 การคิดอัตราค่าไฟฟ้าประเภทกิจการขนาดกลางแบบอัตราปกติ (การไฟฟ้านครหลวง, 2559)

ช่วงแรงดัน	ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)	อัตราค่าบริการ (บาท/เดือน)
3.1 แบบอัตราปกติ			
3.1.1 69 kV ขึ้นไป	175.70	3.1355	312.24
3.1.2 12 – 24 kV	196.26	3.1729	312.24
3.1.3 ต่ำกว่า 12 kV	221.50	3.2009	312.24

ความต้องการพลังงานไฟฟ้า: (1) แบบอัตราปกติ ความต้องการพลังงานไฟฟ้าแต่ละเดือน คือความต้องการพลังงานไฟฟ้าเป็น kW เฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดในรอบเดือน (2) แบบอัตราตามช่วงเวลาของการใช้ ความต้องการพลังงานไฟฟ้าแต่ละเดือน คือความต้องการพลังงานไฟฟ้าเป็น kW เฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดในช่วงเวลา On peak ในรอบเดือน ถ้าเศษของ kW ไม่ถึง 0.5 kW ให้ตัดทิ้ง แต่ถ้ามีค่าตั้งแต่ 0.5 kW ขึ้นไป ให้คิดเป็น 1 kW

ค่าไฟฟ้าต่ำสุด: ค่าไฟฟ้าต่ำสุดในแต่ละเดือนต้องไม่ต่ำกว่า 70% ของค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า (Demand charge) ที่สูงสุดในรอบ 12 เดือนที่ผ่านมา

ค่าตัวประกอบกำลัง: สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีตัวประกอบกำลังล้าหลัง (Lagging) ถ้าในรอบเดือนใดผู้ใช้ไฟฟ้ามีความต้องการพลังงานไฟฟ้าจินตภาพเป็น kVAR เฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด เกินกว่า 61.97% ของความต้องการพลังงานไฟฟ้าจริงเฉลี่ยใน 15 นาที ที่สูงสุดเมื่อคิดเป็น kW แล้ว เฉพาะส่วนที่เกินจะต้องเสียค่าตัวประกอบกำลังในอัตรา kVAR ละ 56.07 บาท สำหรับการเรียกเก็บเงินค่าไฟฟ้าในรอบเดือนนั้น ถ้าเศษของ kVAR ไม่ถึง 0.5 kVAR ให้ตัดทิ้ง แต่ถ้ามีค่าตั้งแต่ 0.5 kVAR ขึ้นไป คิดเป็น 1 kVAR

ตารางที่ 2.6 การคิดอัตราค่าไฟฟ้าประเภทกิจการขนาดกลางแบบอัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (การไฟฟ้านครหลวง, 2559)

ช่วงแรงดัน	ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)		ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)		อัตราค่าบริการ (บาท/เดือน)
	On peak	Off peak	On peak	Off peak	
3.2 แบบอัตราตามช่วงเวลาของการใช้					
3.2.1 69 kV ขึ้นไป	74.14	0	4.1283	2.2107	312.24
3.2.2 12 – 24kV	132.93	0	4.2097	2.6295	312.24
3.2.3 ต่ำกว่า 12 kV	210.00	0	4.3555	2.6627	312.24

หมายเหตุ:

1) ผู้ใช้ไฟฟ้าที่อยู่ในอัตราข้อ 3.1 ซึ่งใช้ไฟฟ้าก่อนเดือนตุลาคม 2543 จะยังคงถูกจัดอยู่ในอัตราข้อ 3.1 สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าที่จัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 3 ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2543 จะถูกจัดเข้าอยู่ในอัตราข้อ 3.2 ในเดือนถัดไป หลังจากเดือนที่ติดตั้งมาตรวัดแบบ TOU แล้ว

2) ผู้ใช้ไฟฟ้าในอัตราประเภทที่ 3 หากมีความต้องการพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดตั้งแต่ 1,000 kW ขึ้นไปในเดือนใด หรือการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือน เกินกว่า 250,000 หน่วยต่อเดือน จะถูกจัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 4 อัตราข้อ 4.2 ในเดือนถัดไปหลังจากเดือนที่ติดตั้งมาตรวัดแบบ TOU แล้ว
3) ผู้ใช้ไฟฟ้าในอัตราข้อ 3.1 จะเปลี่ยนไปใช้อัตราข้อ 3.2 ได้ โดยต้องแจ้งความประสงค์กับการไฟฟ้าฯ ก่อน และต้องชำระค่ามาตรวัดแบบ TOU ทั้งนี้หากเลือกใช้แล้วจะกลับไปใช้อัตราเดิมอีกไม่ได้
4) ผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีความต้องการไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดต่ำกว่า 30 kW ติดต่อกันเป็นเวลา 12 เดือน ในเดือนถัดไปจะถูกจัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 2 และจะจัดเข้ามาอยู่ในอัตราข้อ 3.2 เมื่อมีความต้องการพลังงานไฟฟ้าดังกล่าวตั้งแต่ 30 ถึง 999 kW
5) ผู้ใช้ไฟฟ้าต้องชำระค่าบริการรายเดือนเพิ่มจากค่าไฟฟ้าต่ำสุด

2.2.4 ประเภทที่ 4 กิจการขนาดใหญ่

สำหรับใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ อุตสาหกรรม หน่วยราชการ สำนักงาน หรือหน่วยงานอื่นใดของรัฐ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น หน่วยงานรัฐวิสาหกิจ สถานที่ทำการเกี่ยวกับกิจการของต่างชาติ และสถานที่ทำการขององค์กรระหว่างประเทศตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดตั้งแต่ 1,000 kW ขึ้นไป หรือมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือน เกิน 250,000 หน่วยต่อเดือน โดยต่อผ่านมาตรวัดหน่วยไฟฟ้าเครื่องเดียว อัตราการคำนวณแยกเป็น 2 แบบคือ แบบอัตราตามช่วงเวลาของวัน (Time of day tariff: TOD) และแบบอัตราตามช่วงเวลาของการใช้ โดยแสดงดังตารางที่ 2.7 และ 2.8

ตารางที่ 2.7 การคิดอัตราค่าไฟฟ้าประเภทกิจการขนาดใหญ่แบบอัตราตามช่วงเวลาของวัน (การไฟฟ้านครหลวง, 2559)

ช่วงแรงดัน	ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)			ค่าพลังงานไฟฟ้าทุกช่วงเวลา (บาท/หน่วย)	ค่าบริการ (บาท/เดือน)
	On peak	Partial peak	Off peak		
4.1 อัตราตามช่วงเวลาของวัน					
4.1.1 69 kV ขึ้นไป	224.30	29.91	0	3.1355	312.24
4.1.2 12 – 24kV	285.05	58.88	0	3.1729	312.24
4.1.3 ต่ำกว่า 12 kV	332.71	68.22	0	3.2009	312.24

ตารางที่ 2.8 การคิดอัตราค่าไฟฟ้าประเภทกิจการขนาดใหญ่แบบอัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (การไฟฟ้านครหลวง, 2559)

ช่วงแรงดัน	ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)		ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)		อัตราค่าบริการ (บาท/เดือน)
	On peak	Off peak	On peak	Off peak	
4.2 แบบอัตราตามช่วงเวลาของการใช้					
4.2.1 69 kV ขึ้นไป	74.14	0	4.1283	2.6107	312.24
4.2.2 12 – 24kV	132.93	0	4.2097	2.6295	312.24
4.2.3 ต่ำกว่า 12 kV	210.00	0	4.3555	2.6627	312.24

ความต้องการพลังงานไฟฟ้า: (1) แบบอัตราตามช่วงเวลาของวัน ความต้องการพลังงานไฟฟ้าแต่ละเดือนคือ ความต้องการพลังงานไฟฟ้าเป็น kW เฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดในช่วงเวลา On peak และช่วงเวลา Partial peak เฉพาะส่วนที่เกินจากช่วงเวลา On peak ในรอบเดือน (2) แบบอัตราตามช่วงเวลาของการใช้ ความต้องการพลังงานไฟฟ้าแต่ละเดือนคือ ความต้องการพลังงานไฟฟ้าเป็น kW เฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดในช่วงเวลา On peak ในรอบเดือน ถ้าเศษของ kW ไม่ถึง 0.5 kW ให้ตัดทิ้ง ถ้ามีค่าตั้งแต่ 0.5 kW ขึ้นไป ให้คิดเป็น 1 kW

ค่าไฟฟ้าต่ำสุด: ค่าไฟฟ้าต่ำสุดในแต่ละเดือนต้องไม่ต่ำกว่า 70% ของค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าที่สูงสุดในรอบ 12 เดือนที่ผ่านมา

ค่าตัวประกอบกำลัง: สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีตัวประกอบกำลังล้าหลัง ถ้าในรอบเดือนใดผู้ใช้ไฟฟ้ามีความต้องการพลังงานไฟฟ้าจินตภาพเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด เมื่อคิดเป็น kVAR เกินกว่า 61.97% ของความต้องการพลังงานไฟฟ้าจริงเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดเมื่อคิดเป็น kW แล้ว เฉพาะส่วนที่เกินจะต้องเสียค่าตัวประกอบกำลังในอัตรา kVAR ละ 56.07 บาท สำหรับการเรียกเก็บเงินค่าไฟฟ้าในรอบเดือนนั้น ถ้าเศษของ kVAR ไม่ถึง 0.5 kVAR ให้ตัดทิ้ง ถ้ามีค่าตั้งแต่ 0.5 kVAR ขึ้นไปให้คิดเป็น 1 kVAR

2.2.5 ประเภทที่ 5 กิจการเฉพาะอย่าง

สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบกิจการประเภทโรงแรม และกิจการให้เช่าพักอาศัยตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดตั้งแต่ 30 kW ขึ้นไป โดยต่อผ่านมาตรวัดหน่วยไฟฟ้าเครื่องเดียว อัตราการคำนวณคือแบบอัตราปกติ และแบบอัตราตามช่วงเวลาของการใช้ โดยแสดงดังตารางที่ 2.9 และ 2.10

ตารางที่ 2.9 การคิดอัตราค่าไฟฟ้าประเภทกิจการเฉพาะอย่างแบบอัตราปกติ (การไฟฟ้านครหลวง, 2559)

ช่วงแรงดัน	ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)	อัตราค่าบริการ (บาท/เดือน)
5.1 แบบอัตราปกติ			
5.1.1 69 kV ขึ้นไป	220.56	3.1355	312.24
5.1.2 12 – 24kV	256.07	3.1721	312.24
5.1.3 ต่ำกว่า 12 kV	276.64	3.2009	312.24

ตารางที่ 2.10 การคิดอัตราค่าไฟฟ้าประเภทกิจการเฉพาะอย่างแบบอัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (การไฟฟ้านครหลวง, 2559)

ช่วงแรงดัน	ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)		ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)		อัตราค่าบริการ (บาท/เดือน)
	On peak	Off peak	On peak	Off peak	
5.2 แบบอัตราตามช่วงเวลาของการใช้					
5.2.1 69 kV ขึ้นไป	74.14	0	4.1283	2.6107	312.24
5.2.2 12 – 24kV	132.93	0	4.2097	2.6295	312.24
5.2.3 ต่ำกว่า 12 kV	210.00	0	4.3555	2.6627	312.24

ความต้องการพลังงานไฟฟ้า: (1) แบบอัตราปกติ ความต้องการพลังงานไฟฟ้าแต่ละเดือน คือ ความต้องการพลังงานไฟฟ้าเป็น kW เฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดในรอบเดือน (2) แบบอัตราตามช่วงเวลาของการใช้ ความต้องการพลังงานไฟฟ้าแต่ละเดือน คือความต้องการพลังงานไฟฟ้าที่เป็น kW เฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดในช่วงเวลา On peak ในรอบเดือน โดยที่ถ้าเศษของ kW ไม่ถึง 0.5 kW ตัดทิ้ง ถ้ามีค่าตั้งแต่ 0.5 kW ขึ้นไปให้คิดเป็น 1 kW

ค่าไฟฟ้าต่ำสุด: ค่าไฟฟ้าต่ำสุดในแต่ละเดือนต้องไม่ต่ำกว่า 70% ของค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าที่สูงสุดในรอบ 12 เดือนที่ผ่านมา

ค่าตัวประกอบกำลัง: สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีตัวประกอบกำลังแบบล้าหลัง ถ้าในรอบเดือนใดผู้ใช้ไฟฟ้ามีความต้องการพลังงานงานไฟฟ้าจินตภาพเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด เมื่อคิดเป็น kVAR เกินกว่า 61.97% ของความต้องการพลังงานไฟฟ้าจริงเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดเมื่อคิดเป็น kW แล้ว เฉพาะส่วนที่เกินต้องเสียค่าตัวประกอบกำลังในอัตรา kVAR ละ 56.07 บาท สำหรับการเรียกเก็บเงินค่าไฟฟ้าในรอบเดือนนั้น ถ้าเศษของ kVAR ไม่ถึง 0.5 kVAR ให้ตัดทิ้ง ถ้ามีค่าตั้งแต่ 0.5 kVAR ขึ้นไปให้คิดเป็น 1 kVAR

หมายเหตุ:

1) ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 5 จะถูกจัดเข้าอยู่ในอัตราข้อ 5.2 เท่านั้น ในช่วงที่ยังไม่ได้ติดตั้งมาตรวัดแบบ TOU อนุโลมให้คิดค่าไฟฟ้าในอัตราข้อ 5.1 ไปพลางก่อน

2) ผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีความต้องการเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุด ต่ำกว่า 30 kW ติดต่อกันเป็นเวลาถึง 12 เดือน ในเดือนถัดไปจะจัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 2 และจะจัดเข้ามาอยู่ในอัตราข้อ 5.2 เมื่อมีความต้องการพลังงานไฟฟ้าดังกล่าวตั้งแต่ 30 kW ขึ้นไป
3) ผู้ใช้ไฟฟ้าต้องชำระค่าบริการรายเดือนเพิ่มจากค่าไฟฟ้าต่ำสุดด้วย

2.2.6 ประเภทที่ 6 องค์กรที่ไม่แสวงหากำไร

สำหรับองค์กรที่มีวัตถุประสงค์ในการให้บริการโดยไม่คิดค่าตอบแทน รวมถึงสถานที่ที่ใช้ในการประกอบศาสนกิจ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง แต่ไม่รวมถึงหน่วยราชการ สำนักงาน หรือหน่วยงานอื่นใดของรัฐ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น หน่วยงานรัฐวิสาหกิจ สถานที่ทำการเกี่ยวกับกิจการของต่างชาติและสถานที่ทำการขององค์กรระหว่างประเทศ โดยต่อผ่านมาตรวัดหน่วยไฟฟ้าเครื่องเดียว อัตราการคำนวณแยกเป็น 2 แบบ คือ แบบอัตราปกติ และแบบอัตราตามช่วงเวลาของการใช้ โดยแสดงดังตารางที่ 2.11 และตารางที่ 2.12

ความต้องการพลังงานไฟฟ้า: ความต้องการพลังงานไฟฟ้าแต่ละเดือนคือ ความต้องการพลังงานไฟฟ้าเป็น kW เฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดในช่วงเวลา On peak ในรอบเดือน ถ้าเศษของ kW ไม่ถึง 0.5 kW ให้ตัดทิ้ง ตั้งแต่ 0.5 kW ขึ้นไปให้คิดเป็น 1 kW

ตารางที่ 2.11 การคิดอัตราค่าไฟฟ้าประเภทองค์กรที่ไม่แสวงหากำไรแบบอัตราปกติ (การไฟฟ้านครหลวง, 2559)

ช่วงแรงดัน		ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)	อัตราค่าบริการ (บาท/เดือน)
6.1 แบบอัตราปกติ			
6.1.1 69 kV ขึ้นไป		3.4407	312.24
6.1.2 12 – 24kV		3.6107	312.24
6.1.3 ต่ำกว่า 12 kV	10 kWh แรก (หน่วยที่ 1–10)	2.8271	312.24
	เกิน 10 kWh (หน่วยที่ 11 เป็นต้นไป)	3.9177	312.24

ตารางที่ 2.12 การคิดอัตราค่าไฟฟ้าประเภทองค์กรที่ไม่แสวงหากำไรแบบอัตราของการใช้ (การไฟฟ้านครหลวง, 2559)

ช่วงแรงดัน	ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)		ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)		อัตราค่าบริการ (บาท/เดือน)
	On peak	Off peak	On peak	Off peak	
6.2 แบบอัตราตามช่วงเวลาของการใช้					
6.2.1 69 kV ขึ้นไป	74.14	0	4.1283	2.6107	312.24
6.2.2 12 – 24kV	132.93	0	4.2097	2.6295	312.24
6.2.3 ต่ำกว่า 12 kV	210.00	0	4.3555	2.6627	312.24

หมายเหตุ:

1) ผู้ใช้ไฟฟ้าในอัตราข้อ 6.1 สามารถเลือกใช้อัตราข้อ 6.2 ได้ โดยต้องแจ้งความประสงค์กับการไฟฟ้าก่อน และต้องชำระค่ามาตรวัดแบบ TOU และหากเลือกใช้ไปแล้วไม่น้อยกว่า 12 เดือน สามารถขอเปลี่ยนกลับไปใช้อัตราข้อ 6.1 ตามเดิมได้
2) ผู้ใช้ไฟฟ้าในอัตราข้อ 6.1 ต้องชำระค่าบริการรายเดือน ถึงแม้จะไม่มีการใช้ไฟฟ้า ผู้ใช้ไฟฟ้าในอัตราข้อ 6.2 ต้องชำระค่าบริการรายเดือน เพิ่มจากค่าไฟฟ้าต่ำสุดด้วย
3) สำหรับการใช้ไฟฟ้าของหน่วยราชการ สำนักงาน หรือหน่วยงานอื่นใดของรัฐ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น หน่วยงานตามกฎหมายว่าด้วยระเบียบบริหารราชการส่วนท้องถิ่น รวมทั้งบริเวณที่เกี่ยวข้อง อนุโลมให้จัดอยู่ประเภทที่ 6 จนถึงเดือนกันยายน 2555 หากผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาที สูงสุดตั้งแต่ 1,000 kW ขึ้นไป หรือมีปริมาณพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยย้อนหลัง 3 เดือน เกินกว่า 250,000 หน่วยต่อเดือน จะจัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 4 อัตราข้อ 4.2 ในเดือนถัดไปหลังจากเดือนที่ติดตั้งมาตรวัดแบบ TOU แล้ว และตั้งแต่ค่าไฟฟ้าประจำเดือนตุลาคม 2555 เป็นต้นไป จะจัดเข้าในประเภทที่ 2 หรือประเภทที่ 3 อัตราข้อ 3.2 หรือ ประเภทที่ 4 อัตราข้อ 4.2 แล้วแต่กรณีตามลักษณะการใช้ไฟฟ้า

2.2.7 ประเภทที่ 7 กิจการสูบน้ำเพื่อการเกษตร

สำหรับการใช้ไฟฟ้ากับเครื่องสูบน้ำเพื่อการเกษตรของหน่วยราชการ ของสำนักงาน หรือหน่วยงานของรัฐ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น กลุ่มเกษตรกรที่ทางราชการรับรอง หรือสหกรณ์เพื่อการเกษตร โดยต่อผ่านมาตรวัดหน่วยไฟฟ้าเครื่องเดียว อัตราการคำนวณแยกเป็น 2 แบบคือ แบบอัตราปกติ และแบบอัตราตามช่วงเวลาของการใช้ โดยแสดงดังตารางที่ 2.13 และ 2.14

ตารางที่ 2.13 การคิดอัตราค่าไฟฟ้าประเภทกิจการสูบน้ำเพื่อการเกษตรแบบอัตราปกติ (การไฟฟ้านครหลวง, 2559)

ช่วงแรงดัน	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)	อัตราค่าบริการ (บาท/เดือน)
7.1 แบบอัตราปกติ		
7.1.1 100 หน่วย (kWh) แรก (หน่วยที่ 1 – 100)	2.0889	115.16
7.1.2 เกินกว่า 100 หน่วย (หน่วยที่ 101 เป็นต้นไป)	3.2405	

ตารางที่ 2.14 การคิดอัตราค่าไฟฟ้าประเภทกิจการสูบน้ำแบบอัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (การไฟฟ้านครหลวง, 2559)

ช่วงแรงดัน	ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)		ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)		อัตราค่าบริการ (บาท/เดือน)
	On peak	Off peak	On peak	Off peak	
7.2 แบบอัตราตามช่วงเวลาของการใช้					
7.2.1 12 – 24 kV	132.93	0	4.1839	2.6037	228.17
7.2.2 ต่ำกว่า 12 kV	210.00	0	4.3297	2.6369	228.17

ความต้องการพลังงานไฟฟ้า: ความต้องการพลังงานไฟฟ้าแต่ในละเดือนคือ ความต้องการพลังงานไฟฟ้าเป็น kW เฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดในช่วงเวลา On peak ในรอบเดือน ถ้าเศษของ kW ไม่ถึง 0.5 kW ให้ตัดทิ้ง ตั้งแต่ 0.5 kW ขึ้นไปให้คิดเป็น 1 kW

ค่าไฟฟ้าต่ำสุด: ค่าไฟฟ้าต่ำสุดในแต่ละเดือนซึ่งต้องไม่ต่ำกว่า 70% ของค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าที่สูงสุดในรอบ 12 เดือนที่ผ่านมา

หมายเหตุ:

1) ผู้ใช้ไฟฟ้าต้องมีแรงม้าของเครื่องสูบน้ำ รวมกันไม่ต่ำกว่า 25 แรงม้า และต้องทำสัญญากับการไฟฟ้าก่อน
2) ผู้ใช้ไฟฟ้าในอัตราในข้อ 7.1 สามารถเลือกใช้อัตราในข้อ 7.2 ได้ โดยต้องแจ้งความประสงค์กับการไฟฟ้า และต้องชำระค่ามาตรวัดแบบ TOU และเมื่อใช้ไปแล้วอย่างน้อย 12 เดือน สามารถเปลี่ยนกลับไปใช้อัตราข้อ 7.1 ตามเดิมอีกได้
3) ผู้ใช้ไฟฟ้าต้องชำระค่าบริการรายเดือนเพิ่มจากค่าไฟฟ้าต่ำสุดด้วย

2.2.8 ประเภทที่ 8 ผู้ใช้ไฟฟ้าชั่วคราว

สำหรับการใช้ไฟฟ้าชั่วคราวเพื่อใช้ในการก่อสร้างอาคารทั่วไปหรือสิ่งปลูกสร้าง การจัดงานขึ้นเป็นกรณีพิเศษชั่วคราว หรือใช้ในกรณีต่างๆ เป็นการชั่วคราว โดยต่อผ่านมาตรวัดหน่วยไฟฟ้าเครื่องเดียว อัตราการคำนวณรายเดือน คือค่าพลังงานไฟฟ้าในทุกระดับ หน่วยละ 6.4369 บาท

หมายเหตุ:

หากผู้ใช้ไฟฟ้าในอัตราประเภทที่ 8 นี้ ต้องการขอเปลี่ยนแปลงลักษณะการใช้ไฟฟ้าเป็นอย่างอื่น หรือการไฟฟ้าฯ ตรวจพบว่าได้เปลี่ยนแปลงลักษณะการใช้ไฟฟ้าเป็นอย่างอื่น ต้องยื่นคำร้องขอใช้ไฟฟ้าถาวรที่การไฟฟ้าฯ พร้อมเดินสายและติดตั้งอุปกรณ์ภายในให้ถูกต้องตามมาตรฐานที่การไฟฟ้าฯ กำหนด และชำระเงินค่าธรรมเนียมการใช้ไฟฟ้าแบบถาวรให้ครบถ้วนตามที่กำหนด

2.3 มาตรวัดไฟฟ้า

ในโครงงานนี้เลือกใช้มาตรวัดไฟฟ้ารุ่น SDM-120 ซึ่งเป็นอุปกรณ์แสดงค่าพารามิเตอร์และปริมาณพลังงานไฟฟ้า เช่น แรงดัน , กระแส , กำลังงานไฟฟ้าจริง , กำลังงานไฟฟ้ารีแอคทีฟ เป็นต้น เพื่อให้ทราบถึงค่าทางไฟฟ้าในกระบวนการผลิตและการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ โดยส่วนใหญ่แล้วในภาคอุตสาหกรรม จะนำมาตรวัดไฟฟ้าไปใช้ในการควบคุมหรือปรับปรุงการใช้พลังงานไฟฟ้า เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการทำงานได้อย่างเต็มที่ อีกทั้งยังเป็นการช่วยจัดการพลังงาน ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานของ ISO 50001 โดย มาตรวัดไฟฟ้า นั้น สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ คือ มาตรวัดไฟฟ้าแบบอนาล็อก และ มาตรวัดไฟฟ้าแบบดิจิทัล โดยมาตรวัดรุ่น SDM-120 ดังรูปที่ 2.1ใช้วัดกำลังไฟแบบ 1 เฟส กับไฟ 220 VAC 50/60Hz กระแส 0.25 ถึง 5 A ซึ่งอ่านข้อมูลและตั้งค่าผ่าน RS485 (Modbus) ได้ โดยมีการแสดงผลด้วยแอลซีดีตัวเลข 6 หลัก (บริษัท ศิลาไมโคร จำกัด, 2556)

รูปที่ 2.1 มาตรวัดไฟฟ้าแบบดิจิทัล รุ่น SDM-120

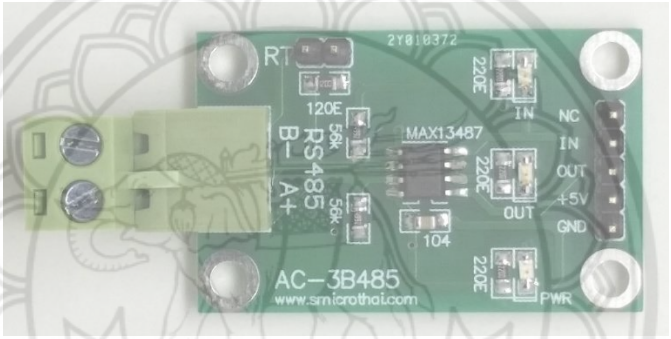
ที่มา : http://smicrothai.com/smicro_3.php

2.4 มอดูลแปลงสัญญาณ

มาตรฐาน RS 485 เป็นหนึ่งในมาตรฐานการสื่อสารแบบอนุกรม (Serial Communication) เป็นระบบบัสที่พัฒนาต่อมาจาก RS 422 และ RS 232 เพื่อตอบสนองต่อความต้องการใช้งาน ที่ต้องการเชื่อมต่ออุปกรณ์หลายๆตัวบนเครือข่ายเดียวกันเข้าด้วยกัน โดยมีระยะทางการสื่อสารที่ไกลขึ้น และมีความเร็วรับส่งข้อมูลที่สูงขึ้น เมื่อเทียบกับมาตรฐานการสื่อสาร RS 232 และ RS 422

RS 485 เป็นการสื่อสารอนุกรมของมาตรวัดไฟฟ้าแบบดิจิทัลรุ่น SDM-120 ภายในจะมีการติดต่อสื่อสารโดยใช้โปรโตคอล มอดบัส ที่จะส่งค่าพารามิเตอร์ต่างๆไปที่คอมพิวเตอร์ แต่การที่จะเชื่อมต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ได้นั้น ต้องมีการแปลงจาก RS 485 ไปเป็น RS 232 เพื่อที่จะเข้ากับพอร์ตขนานของคอมพิวเตอร์ได้ การส่งข้อมูลจากมิเตอร์ไปยังคอมพิวเตอร์ จะเป็นการส่งข้อมูลแบบอนุกรม โดยเป็นการส่งแบบไม่ประสานเวลา (Asynchronous) ลักษณะการส่งจะมีสายสัญญาณ 2 เส้น คือ RXD TXD และ RS 485 จะไม่เทียบสัญญาณจากค่ากราวด์เหมือน RS 232 แต่จะเทียบสัญญาณระหว่างสาย 2 เส้นที่ใช้ส่ง ทำให้ RS 485 ทำงานได้แบบ Half duplex นั่นคือการสื่อสารข้อมูล 2 ทิศทางจะต้องแยกการรับหรือการส่งข้อมูลออกจากกัน ไม่สามารถรับส่งข้อมูลได้เวลาเดียวกัน ยกตัวอย่างเช่น วิทยุสื่อสาร ส่วนแบบ Full duplex จะเป็นการรับ-ส่งข้อมูลได้ในเวลาเดียวกัน ยกตัวอย่างเช่นโทรศัพท์

การส่งข้อมูลบนมาตรฐาน RS 485 จะใช้สายสัญญาณแบบสายคู่พันเกลียว (Unshielded Twisted Pair) ระยะทางในการส่งข้อมูลสูงสุด จะอยู่ที่ 1200 เมตร ที่ระยะนี้ความเร็วในการส่งข้อมูลจะอยู่ที่ 100 kbs โดยประมาณ หากต้องการความเร็วที่มากกว่านั้น จะต้องใช้สายสัญญาณที่สั้นลง ความเร็วสูงสุด ที่ RS 485 สามารถทำได้ จะอยู่ที่ 35 Mbps แต่สายที่ใช้ส่งข้อมูลที่ความเร็วสูงสุดของ RS 485 ควรน้อยกว่า 12 เมตร มาตรฐาน RS 485 มีประโยชน์เป็นอย่างมากสำหรับระบบงานที่มีเครื่องวัดหลายตัวเชื่อมต่อบนสายสัญญาณที่เป็นบัสเดียวกัน แต่อย่างไรก็ตามจะต้องมีความระมัดระวังอย่างเป็นพิเศษในการตั้งค่าซอฟต์แวร์เพื่อป้องกันไม่ให้หลายอุปกรณ์ส่งข้อมูลในเวลาเดียวกันวิธีการที่ใช้กันส่วนใหญ่จะกำหนดให้อุปกรณ์หรือจุดเชื่อมต่อตัวอุปกรณ์ตัวหนึ่งทำตัวเป็นตัวแม่ (บริษัท ศิลาไมโคร จำกัด, 2556) สามารถแสดงมอดูลแปลงสัญญาณได้ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 มอดูลแปลงสัญญาณ RS 485 (บริษัท ศิลาไมโคร จำกัด, 2556)

มาตรวัดไฟฟ้าแบบดิจิทัล รุ่น SDM-120 ส่งสัญญาณข้อมูลแบบ มอดบัส โปรโตคอลในโหมด RTU ประกอบด้วยข้อมูลแสดงตำแหน่งแอดเดรส 1 ไบต์, หมายเลขฟังก์ชัน 1 ไบต์, ข้อมูลที่ทำการรับส่งจำนวนมากสุดไม่เกิน 252 ไบต์ และรหัสตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลแบบ CRC (Cyclical Redundancy Checking) ขนาด 2 ไบต์ ค่า CRC นี้เป็นค่าที่คำนวณมาจากข้อมูลทุกไบต์ ไม่รวมบิต Start, Stop และ Parity Check โดยที่ตัว Slave ตัวที่ส่งข้อมูลออกมาจะสร้างรหัส CRC แล้วส่งตามท้ายไบต์ข้อมูลออกมา หลังจากนั้นเมื่อ Master ได้รับเฟรมข้อมูลและถอดข้อมูลออกจากเฟรมแล้วจะทำการคำนวณค่า CRC ตามสูตรเดียวกับ Slave เพื่อทำการเปรียบเทียบค่า CRC ทั้ง 2 ค่าว่าตรงกันหรือไม่ หากไม่ตรงกันแสดงว่าเกิดความผิดพลาดในการรับส่งข้อมูลในโหมด RTU การรับส่งข้อมูล 1 ไบต์ ไม่ว่าจะเป็นข้อมูลส่วนใดภายในเฟรมจะต้องทำการส่งบิตข้อมูลรวม 11 บิต คือ บิตเริ่มต้น (Start) 1 บิต, บิตข้อมูล 8 บิต, บิตตรวจสอบ Parity ของข้อมูล 1 บิตและบิตหยุด 1 บิต (Stop) 1 บิต หรือหากเลือกแบบไม่มีบิต Parity ก็จะเป็นแบบ Stop แทน 2 บิต สำหรับการกำหนดให้มีบิต

Parity นั้น สามารถเลือกเป็นแบบคู่ (Even Parity) หรือคี่ (Odd Parity) ก็ได้ และหากต้องการออกแบบให้สอดคล้องกับอุปกรณ์ที่มีใช้กันทั่วไปมากที่สุด ควรเลือกแบบคู่โดยที่สามารถปรับเปลี่ยนเป็นแบบคี่หรือไม่มีการตรวจสอบ Parity (No Parity) ได้ด้วย

ที่อยู่ข้อมูลมอดบัส โปรโตคอล แบบ RTU ในการดึงที่อยู่ข้อมูลมอดบัส จำเป็นต้องมีการเรียกใช้ค่าเฉพาะของที่อยู่มอดบัสเพื่อระบุตำแหน่งในการนำค่าพารามิเตอร์ที่ต้องการแสดงออกมาได้ ดังตารางที่ 2.15

ตารางที่ 2.15 ที่อยู่ข้อมูลมอดบัส โปรโตคอลในโหมด RTU

Address Register	Input Register Parameter			Modbus Protocol Start Address Hex	
	Parameter	Units	Format	Hi Byte	Lo Byte
30001	Voltage	Volts	Float	00	00
30007	Current	Amps	Float	00	06
30013	Active power	Watts	Float	00	0C
30019	Apparent power	VA	Float	00	12
30025	Reactive power	VAr	Float	00	18
30031	Power factor	None	Float	00	1E
30071	Frequency	Hz	Float	00	46
30073	Import active energy	kWh	Float	00	48
30075	Export active energy	kWh	Float	00	4A
30077	Import Reactive energy	kvarh	Float	00	4C
30079	Export Reactive energy	kvarh	Float	00	4E
30343	Total active energy	kWh	Float	01	56
30345	Total reactive energy	kvarh	Float	01	58

ที่มา : http://www.smicrothai.com/smicro_3.php

รูปแบบข้อมูลมอดบัส โปรโตคอล แบบ RTU นำสัญญาณมอดบัส โปรโตคอล ที่ส่งมาในรูปแบบเลขฐานสิบหก มาเข้ามอดูลแปลงสัญญาณ (RS 485) โดยสัญญาณที่รับค่าจากมาตรวัดไฟฟ้าจะส่งมาในรูปแบบดังตาราง 2.16

ตารางที่ 2.16 โครงสร้างรหัสโปรโตคอลส่วนของการส่งข้อมูลปริมาณทางไฟฟ้าไฟฟ้า

Address	Function	Data code				Checkout code	
01	04	00	00	00	06	71	3F

ที่มา : http://www.smicrothai.com/smicro_3.php

การถอดรหัสโปรโตคอลจากตารางที่ 2.16

1) Address เป็นเลขฐานสิบหก จะ พบว่า ได้ค่าคือ 01 นำมาแปลงเป็นเลขฐานสิบ 1 บิต จะเป็น 1 บ่งบอกว่าเป็นอุปกรณ์ตัวที่ 1
2) Function เป็นเลขฐานสิบหก จะ พบว่า ได้ค่าคือ 04 นำมาแปลงเป็นเลขฐานสิบ 1 บิต จะเป็น 4 เป็นคำสั่งให้อ่านข้อมูล
3) Data code เป็นเลขฐานสิบหก ที่ได้มาจากที่อยู่ข้อมูลมอดบัส ซึ่งเป็นการระบุตำแหน่งของค่าพารามิเตอร์ที่ต้องการนำข้อมูลไปแสดง
4) Checkout code รหัสตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลแบบ CRC (Cyclical Redundancy Checking) ขนาด 2 ไบต์ ค่า CRC นี้เป็นค่าที่คำนวณมาจากข้อมูลทุกไบต์

เมื่อคำนวณการถอดรหัสเพื่อหาค่าได้แล้ว จะมาคำนวณค่า CRC เลือก Input type : Hex แล้วนำไบต์ที่ 1-6 มาใส่ในช่อง Calculate CRC จะปรากฏค่าCRC แบบกลับไบต์ ที่บรรทัด (CRC-16 (Modbus) คือ 0x3F71) แต่ค่า CRC ที่ใช้คือ 0x713F

การเชื่อมต่อระบบ มาตรวัดไฟฟ้ากับมอดูลแปลงสัญญาณ ทำให้สัญญาณที่ส่งมาจากมาตรวัดไฟฟ้า สามารถสื่อสารกับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ เป็นการสื่อสารอนุกรมของมาตรวัดไฟฟ้าแบบดิจิทัล รุ่น SDM-120 ภายในจะมีการติดต่อสื่อสารโดยใช้โปรโตคอล มอดบัส ที่จะส่งค่าพารามิเตอร์ต่างๆไปที่คอมพิวเตอร์ แต่การที่จะเชื่อมต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ได้นั้น ต้องมีการแปลงจาก RS 485 ไปเป็น RS 232 เพื่อที่จะเข้ากับพอร์ตขนานของคอมพิวเตอร์ได้ การส่งข้อมูลจากมิเตอร์ไปยังคอมพิวเตอร์ จะเป็นการส่งข้อมูลแบบอนุกรม โดยเป็นการส่งแบบไม่ประสานเวลา (Asynchronous) ลักษณะการส่งจะมีสายสัญญาณ 2 เส้น คือ RXD และ TXD

2.5 แผงไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino รุ่น Mega 2560

ในโครงงานนี้ค่าไฟฟ้าถูกคำนวณด้วยแผงระบบ Arduino รุ่น Mega 2560 ซึ่งจัดอยู่ในตระกูล AVR และมีขนาด 100 ขา ซึ่งใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลข ATmega2560 เป็นแผงระบบ Arduino ที่ออกแบบมาสำหรับงานที่ต้องใช้อินพุตและเอาท์พุตมากกว่า Arduino รุ่นอื่นๆ เช่น งานที่ต้องรับสัญญาณจากตัวรับรู้ หรือควบคุมมอเตอร์เซอร์โวหลายๆตัว โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เป็นแพลตฟอร์ม (Platform) ของอินพุตและเอาท์พุต (I/O) ที่เพียงพอกับการใช้งานและการเรียนรู้ และมีการพัฒนาแบบ Open source คือมีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ แผงระบบถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย ดังนั้น จึงเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นใช้งาน ทั้งนี้ผู้ใช้งานยังสามารถดัดแปลงเพิ่มเติม พัฒนาต่อยอดทั้งตัวแผงระบบ หรือโปรแกรมต่อได้ผู้ใช้งานสามารถต่อระบบอิเล็กทรอนิคส์จากภายนอกเข้ามาที่ขา I/O ของแผงระบบ หรือเพื่อความสะดวกสามารถเลือกต่อกับแผงระบบเสริม (Shield) ประเภทต่างๆ เช่น X Bee Shield, Music Shield, Relay Shield, Wireless Shield, GPRS Shield เป็นต้น มาเสียบกับแผงระบบ Arduino แล้วเขียนโปรแกรมพัฒนาต่อได้โดยตัวแผงระบบมีคำสั่งที่ใช้ควบคุมพอร์ต อินพุตและเอาท์พุต ไม่ว่าจะเป็นพอร์ตดิจิตอล พอร์ตแอนะล็อกพีดับเบิลยูเอ็มและพอร์ตอนุกรมซึ่งแผงระบบ Arduino ทำให้คอมพิวเตอร์สามารถรับสัญญาณจากภายนอกและส่งสัญญาณไปควบคุมอุปกรณ์ภายนอกได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ ตัวแผงระบบออกแบบจากไมโครคอมพิวเตอร์ชิพเดี่ยวและมีโปรแกรมพัฒนาสำหรับเขียนโปรแกรมให้แผงระบบ Arduino สามารถรับสัญญาณจากสวิตช์หรือตัวรับรู้และควบคุมหลอดไฟมอเตอร์หรืออุปกรณ์อื่นๆแผงระบบ Arduino สามารถทำงานอิสระหรือทำงานติดต่อกับโปรแกรมที่ทำงานบนเครื่องคอมพิวเตอร์

ตัวแผงระบบ Arduino รุ่น Mega 2560 จะกล่าวถึงสถาปัตยกรรมของเอวีอาร์ (AVR) ขนาด 8 bits โดยเป็นหน่วยประมวลผลกลาง (Central processing unit, CPU) แบบ RISC (Reduced Instruction Set Computer) มีสถาปัตยกรรมการต่อหน่วยความจำแบบฮาวาร์ด (Harvard) ซึ่งแยกหน่วยความจำโปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูลออกจากกันโดยเด็ดขาด โดยใช้หน่วยความจำแบบแฟลช (Flash) สำหรับเป็นหน่วยความจำโปรแกรม ซึ่งมีความจุมากกว่ารุ่น Arduino รุ่น Uno R3 ทำให้สามารถเขียนโปรแกรมเข้าไปได้มากกว่าในความเร็วของ MCU ที่เท่ากัน และใช้หน่วยความจำแบบ SRAM สำหรับหน่วยความจำข้อมูลและนอกจากนี้ยังมีหน่วยความจำแบบ EEPROM ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลเอาไว้ได้โดยไม่จำเป็นต้องมีไฟเลี้ยงอีกด้วย (Arduino, 2017) สามารถแสดงแผงระบบ Arduino รุ่น Mega 2560 ได้ดังรูปที่ 2.3

รูปที่ 2.3 แผงระบบ Arduino รุ่น Mega2560

ที่มา : www.arduitronics.com

แผงระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ รุ่น Mega2560 มีคุณสมบัติเด่นดังนี้

1) ทำงานได้ตั้งแต่ย่านแรงดัน 1.8-5.5 V แรงดันของระบบอยู่ที่ 5 V

2) หน่วยความจำข้อมูลแบบ SRAM ขนาด 8 kb

3) หน่วยความจำข้อมูลแบบ EEPROM ขนาด 4 kb

4) สนับสนุนการเชื่อมต่อแบบ I2C bus

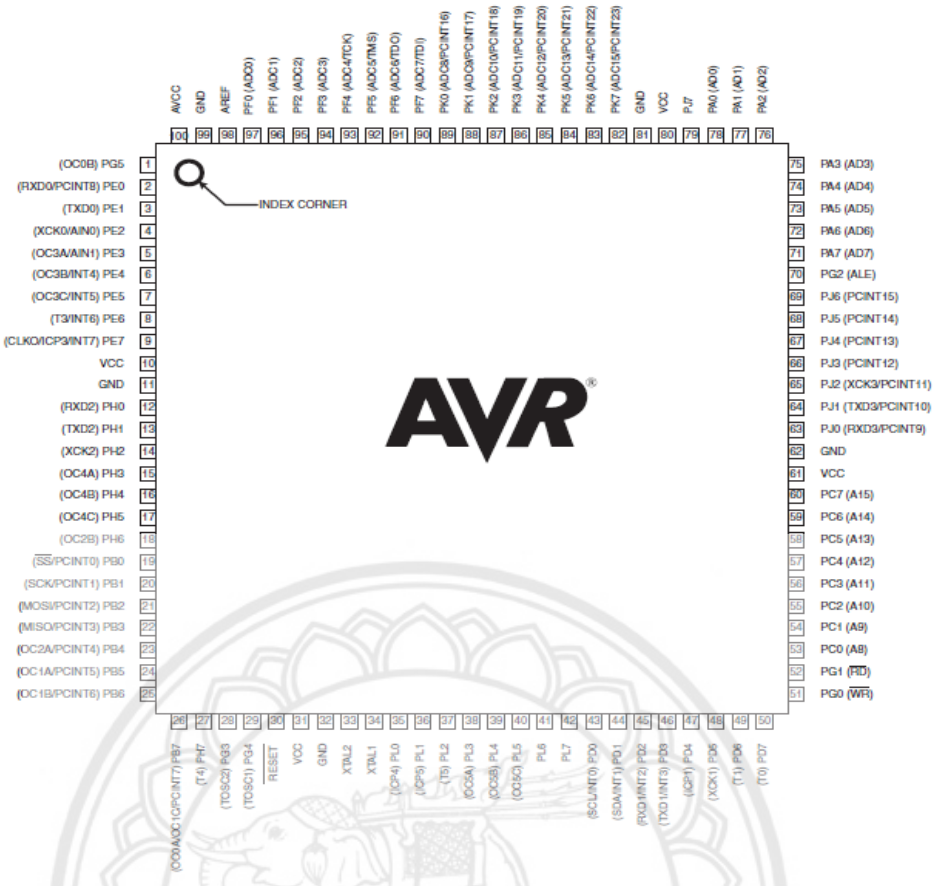
5) พอร์ตอินพุตเอาท์พุตแบบดิจิตอลจำนวน 54 ช่อง

6) พอร์ตเอาท์พุตแบบแอนะล็อกจำนวน 16 ช่อง

7) ระบบสื่อสารอนุกรม

8) สนับสนุนช่องสัญญาณสำหรับสร้าง สัญญาณพีดับเบิลยูเอ็ม (PWM) จำนวน 14 ช่อง

ไมโครคอนโทรลเลอร์ รุ่น Mega 2560 ทำหน้าที่เป็นส่วนประมวลผลสัญญาณที่รับมาจากตัวรับรู้ โมดูลสื่อสารไร้สายและทำงานตามโปรแกรมที่เขียนไว้ เพื่อควบคุมการคำนวณค่าไฟฟ้า ซึ่งสามารถแสดงหน่วยประมวลผลกลางของแผงระบบ Arduino รุ่น Mega 2560 ได้ดังรูปที่ 2.4

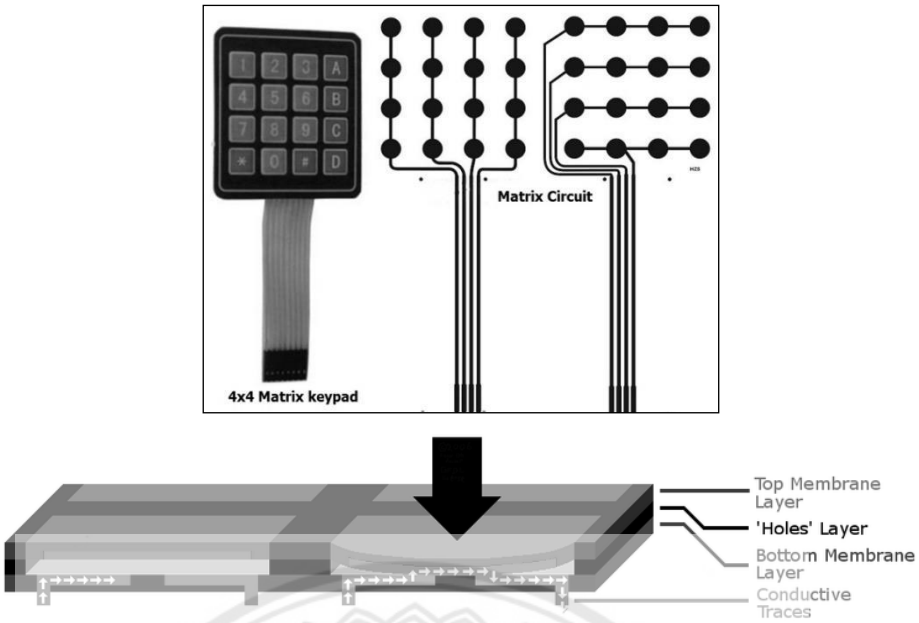


รูปที่ 2.4 หน่วยประมวลผลกลางของ ATmega2560 ขนาด 100 ขา

ที่มา : www.atmel.com

2.6 แป้นตัวเลข

ในการคำนวณค่าไฟฟ้าโครงงานนี้ออกแบบสำหรับบ้านที่อยู่อาศัยทั้งประเภทใช้ไม่เกิน 150 หน่วยต่อเดือนและประเภทใช้เกิน 150 หน่วยต่อเดือน ซึ่งในขั้นตอนการเข้าสู่แบบวิธีการคำนวณค่าไฟฟ้าจึงต้องมีการเลือกประเภทของบ้านในการคำนวณ และยังมีการระบุอัตราค่าไฟฟ้าอัตโนมัติอีกด้วย โปรแกรมคำนวณค่าไฟฟ้าจึงจะเริ่มทำงาน ทางผู้ทำดำเนินโครงงานเลือกใช้แผงแป้นตัวเลข แบบ 4x4 ชนิดนี้ประกอบไปด้วยปุ่ม 16 ปุ่ม ที่เรียงต่อกันเป็นเมตริกซ์แบบ 4 แถว และ 4 หลัก ประกอบไปด้วย เลข 0 – 9 และตัวอักษร A – D และ * และ # ซึ่งปุ่มแต่ละปุ่ม เป็นการกดเพื่อให้หน้าสัมผัสที่เป็นชั้นสีแดงดังรูปที่ 2.5 ไปแตะกันทำให้เป็นการเชื่อมต่อกันทางไฟฟ้าไปอีกด้านหนึ่งของสวิตช์ (Arduitronics, 2556)



รูปที่ 2.5 แผงแป้นตัวเลข แบบ 4x4

ที่มา : www.atmel.com

ในการตรวจสอบแป้นตัวเลขการกดปุ่มของผู้ใช้ในขณะนั้น ใช้วิธีการตรวจสอบไปทีละหลัก จนครบทุกหลัก แล้วนำมาตีความว่ามีการตอบสนองออกมาเป็นแบบใดบ้าง เช่น ถ้ามีการกดเลข 1 อยู่ในขณะที่เราจ่ายแรงดัน 5 V ไปที่หลักที่ 1 จะมีเพียงแถวแรกเท่านั้นที่จะอ่านค่าแรงดันได้สูง นอกนั้นจะเป็นแรงดันต่ำ หรือถ้ามีการกดปุ่ม # อยู่ ขณะที่ตรวจสอบไปแต่ละหลักนั้นจะไม่เจอแรงดันสูงที่แถวใดเลย จนกว่าจะตรวจสอบไปถึงหลักที่ 3 ซึ่งจะ พบว่า มีการตอบสนองกลับมาจากแถวที่ 4 นั้นเอง ดังนั้นเมื่อ พบว่า เป็นการตรวจสอบหลักที่ 3 และมีแถวที่ 4 ตอบสนอง ก็คือปุ่ม # นั่นเอง

2.7 จอแสดงผลแอลซีดี

ในการเลือกแบบวิธีการทำงานและแสดงค่าปริมาณทางไฟฟ้ารวมถึงค่าไฟฟ้าที่ได้จากการคำนวณผ่านจอแสดงผลแอลซีดี (Liquid Crystal Display, LCD) ซึ่งหน้าจอแอลซีดีนั้นมีตัวควบคุมรวมไว้ในตัว ซึ่งส่งรหัสคำสั่งควบคุมการทำงานของหน้าจอแสดงผลแอลซีดีผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) โดยในส่วนของการควบคุมจอแสดงผลแอลซีดีเป็น Hitachi หมายเลข HD44780 ดังแสดงในรูปที่ 2.6

รูปที่ 2.6 จอแสดงผลแอลซีดี Hitachi หมายเลข HD44780

ที่มา : http://thaieasyelec.com/article-wiki/review-product-article

การเชื่อมต่อสัญญาณขาข้อมูลระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับจอแอลซีดี สามารถทำได้ 2 ลักษณะ คือ การเชื่อมต่อแบบ 8 bit (DB0-DB7) และการเชื่อมต่อแบบ 4 bit (DB4-DB7) ซึ่งทั้งสองแบบแตกต่างกันเพียงจำนวนขาที่ใช้คือ 8 หรือ 4 ขา โดยสามารถทำงานได้เหมือนกัน อย่างไรก็ตามการส่งข้อมูลแบบ 4 ขา ช้ากว่าแบบ 8 ขา แต่ไม่ได้ช้ามากจนสังเกตได้ด้วยสายตา ดังนั้นโดยทั่วไปการต่อกับ Arduino จึงนิยมต่อเพียง 4 ขา หรือ 4 bit เท่านั้น เพื่อประหยัดขาในการต่อใช้งานไปไว้ต่อกับอุปกรณ์อื่น ซึ่งในโครงงานนี้ผู้ดำเนินโครงงานต้องการเพิ่มความสะดวกในการใช้งานหน้าจอแอลซีดีจึงใช้ไอทูซี แสดงดังรูปที่ 2.7 มาลดจำนวนขาที่ต้องเชื่อมต่อกับ Arduino ซึ่งจอแอลซีดีที่มีการเชื่อมต่อแบบ I2C หรือเรียกอีกอย่างว่าการเชื่อมต่อแบบอนุกรม ซึ่งเป็นจอแอลซีดีธรรมดาทั่วไปที่ติดตั้งกับแผงระบบ I2C Bus ทำให้มีการใช้งานได้ที่สะดวกยิ่งขึ้น และมีตัวต้านทานปรับค่าได้เพื่อสำหรับปรับความเข้มของจอ การเชื่อมต่อระหว่าง I2C กับไมโครคอนโทรลเลอร์ใช้จำนวน 4 ขา (บริษัท วีนัสซัพพลาย จำกัด, 2555)

รูปที่ 2.7 ไอทูซี

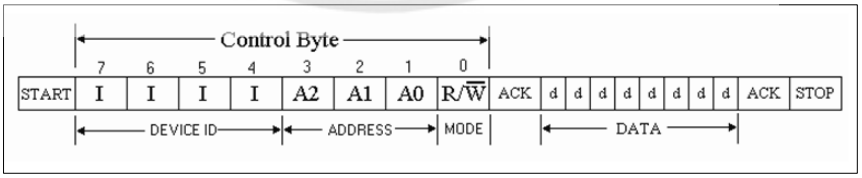
ที่มา : http://www.thaieasyelec.com/article-wiki/review-product-article

ในการควบคุมหรือสั่งงาน โดยทั่วไปจอแอลซีดีจะมีส่วนควบคุม (Controller) อยู่ในตัวแล้ว สามารถส่งรหัสคำสั่งสำหรับควบคุมการทำงานของจอแอลซีดี (I2C) เช่นเดียวกันกับจอแอลซีดีแบบธรรมดาคือรหัสคำสั่งที่ใช้ในการควบคุมนั้นเหมือนกัน แต่ต่างกันตรงที่รูปแบบในการรับส่งข้อมูล สำหรับการส่งข้อมูลรูปแบบ I2C ที่ใช้ขาเพียง 4 ขาที่ใช้ในการเชื่อมต่อเท่านั้น แสดงดังตารางที่ 2.17

ตารางที่ 2.17 สัญลักษณ์ขาของไอทูซี (บริษัท วีนัสซัพพลาย จำกัด, 2555)

ขาเชื่อมต่อ	สัญลักษณ์	คำอธิบาย
1	GND	กราวนด์ของระบบไมโครคอนโทรลเลอร์กับจอแอลซีดี
2	VCC	ไฟเลี้ยงระบบที่ป้อนให้กับจอแอลซีดี มีขนาด +5 V_{DC}
3	SDA	ขาที่ใช้ในการรับส่งข้อมูล
4	SCL	ขาสัญญาณนาฬิกาในการรับส่งข้อมูล

สำหรับการรับ-ส่งข้อมูลแบบ I2C BUS ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการส่งสถานะเริ่มต้น (START Conditions) เพื่อแสดงการขอใช้บัสแล้วตามด้วย รหัสควบคุม (Control Byte) ซึ่งประกอบด้วยรหัสประจำตัวอุปกรณ์ Device ID, Device Address และแบบวิธีในการเขียนหรืออ่านข้อมูล เมื่ออุปกรณ์รับทราบว่าไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการจะติดต่อด้วยต้องส่งสถานะรับรู้ (Acknowledge) หรือแจ้งให้ไมโครคอนโทรลเลอร์รับรู้ว่าข้อมูลที่ส่งมามีความถูกต้อง และเมื่อสิ้นสุดการส่งข้อมูล ไมโครคอนโทรลเลอร์จะต้องส่งสถานะสิ้นสุด เพื่อให้อุปกรณ์ทราบว่าสิ้นสุดการส่งสัญญาณ โดยจะส่งสัญญาณการรับ และส่งข้อมูลแบบ I2C BUS แสดงดังรูปที่ 2.8

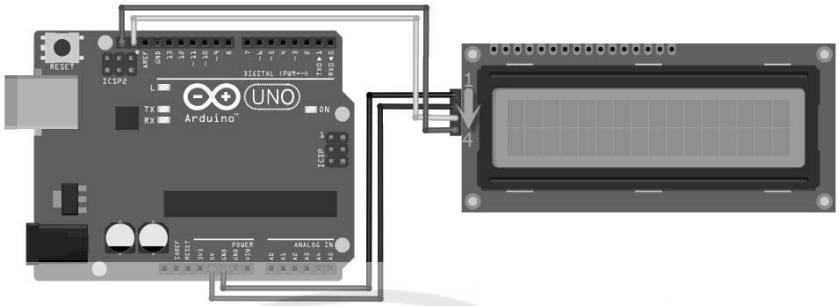


รูปที่ 2.8 การรับและส่งข้อมูลแบบ I2C BUS

ที่มา : http://www.thaieasyelec.com/article-wiki/review-product-article

สำหรับการเชื่อมต่อสัญญาณระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับจอแอลซีดี ที่ต่อกับแผงระบบ I2C การส่งข้อมูลจากไมโครคอนโทรลเลอร์จะถูกส่งออกมาในรูปแบบ I2C ไปยังแผงระบบ I2C และแผงระบบจะมีหน้าที่จัดการข้อมูลให้ออกมาในรูปแบบปกติหรือแบบขนาน เพื่อใช้ในการติดต่อไปยัง

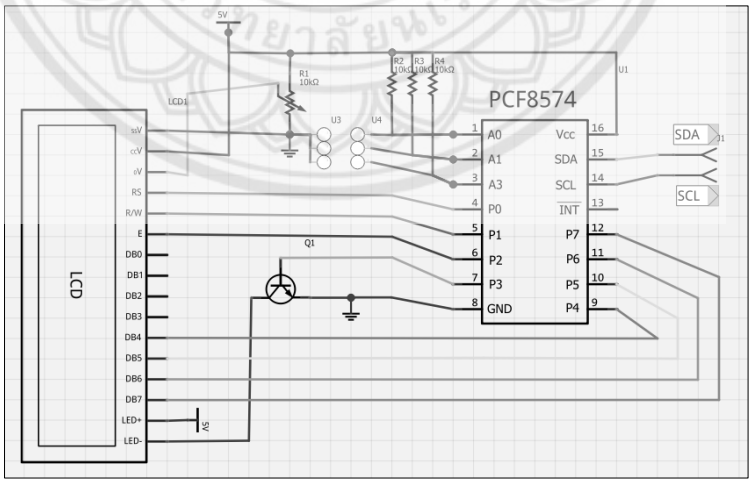
จอแอลซีดี โดยที่รหัสคำสั่งที่ใช้ในการสั่งงานจอแอลซีดี ยังคงไม่ต่างกับจอแอลซีดี ที่เป็นแบบขนาน โดยส่วนใหญ่แผงระบบ I2C จะเชื่อมต่อกับตัวควบคุมของจอแอลซีดีเพียง 4 บิตเท่านั้นแสดงดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 การเชื่อมต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ กับจอแอลซีดี

ที่มา : http://www.thaieasyelec.com/article-wiki/review-product-article

จากรูปที่ 2.10 จะเห็นได้ว่าจอแอลซีดี และแผงระบบ I2C ได้มีการเชื่อมต่อขาสำหรับการรับส่งข้อมูลเป็นแบบ 4 บิต ขาที่เชื่อมต่อไว้คือ ขา P4 > DB4, P5 > DB5, P6 > DB6, P7 > DB7 และขา P2 > E (Enable), P1 > R/W, P0 > RS รวมไปถึงตัวต้านทานสำหรับปรับค่าความเข้มของตัวอักษร และ สวิตซ์แบรคไลท์



รูปที่ 2.10 การแสดงการเชื่อมต่อของ I2C กับจอแอลซีดี

ที่มา : http://www.thaieasyelec.com/article-wiki/review-product-article

2.8 มอดูลสื่อสารไร้สาย

โดยในโครงงานนี้ เราเลือกใช้ NodeMCU V2 แสดงได้ดังรูปที่ 2.11 เพื่อใช้เป็นตัวกลางในการส่งข้อมูลจากไมโครคอนโทรลเลอร์ไปที่สมาร์ตโฟนผ่านอินเตอร์เน็ต ซึ่ง NodeMCU V2 ปรับปรุงจาก NodeMCU เวอร์ชันเดิม โดยใช้ ESP8266-12E ซึ่งมีขา GPIO PWM I2C 1-Wire ADC และ SPI เพิ่มเข้ามา มีเสาอากาศในตัว บอร์ดมีขนาดเล็กลง บอร์ดกว้าง 2.5 CM ใช้ชิป USB หมายเลข CP2102 ในการติดต่อกับคอมพิวเตอร์เพื่อลงโปรแกรม สามารถลง Firmware NodeMCU และเขียนโปรแกรมด้วยภาษา Lau ได้ (ธนศรสวรรค์ วรธนมงคลชัย, 2558)

ESP8266 เป็นชื่อของชิปไอซีบนแผงของมอดูล ซึ่งไอซี ESP8266 ไม่มีพื้นที่โปรแกรม (Flash Memory) ในตัว ทำให้ต้องใช้ไอซีภายนอก (External Flash Memory) ในการเก็บโปรแกรม ที่ใช้การเชื่อมต่อผ่านโปรโตคอล SPI ซึ่งสาเหตุนี้เองทำให้มอดูล ESP8266 มีพื้นที่โปรแกรมมากกว่าไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์หมายเลขอื่นๆ ESP8266 ทำงานที่แรงดันไฟฟ้า 3.3 V - 3.6 V การนำไปใช้งานร่วมกับเซ็นเซอร์อื่นๆที่ใช้แรงดัน 5V ต้องใช้ระบบแบ่งแรงดันมาช่วย เพื่อไม่ให้มอดูลพังเสียหาย กระแสที่มอดูลใช้งานสูงสุดคือ 200 mA ความถี่คริสตอล 40 MHz ทาให้เมื่อนาไปใช้งานอุปกรณ์ที่ทางานรวดเร็วตามความถี่ เช่น LCD ทำให้การแสดงผลข้อมูลรวดเร็วกว่าไมโครคอนโทรลเลอร์ยอดนิยม Arduino มาก ซึ่งข้อดีของมอดูลสื่อสารไร้สายมีดังนี้

1) สามารถกด upload sketch ได้ เชื่อมต่อบอร์ด USB กับคอมพิวเตอร์ใช้งานง่าย ขนาดของบอร์ดต่อลง Protoboard ได้
2) ชิบภายใน ESP 8266 มี CPU ขนาด 32 bit แตกต่างจาก Arduino ที่เป็น CPU 8 bit
3) ถึงแม้ขา I/O จะไม่มากเท่าของ Arduino แต่เราสามารถเขียนโปรแกรมลงบนขา GPIO ได้ทุกขาพอๆกัน เป็นข้อดีที่เพิ่มมาจากความต้องการใช้ WIFI เชื่อมต่อเมื่อต้องการเล่น Arduino ทำให้ต้องซื้อ Module wifi เพิ่ม นั่นคือ NodeMCU (ESP8266) มีต้นทุนต่ำกว่ามาก
4) มีอุปกรณ์หลายอย่างที่ใช้งานที่แรงดัน 3.3 V เป็นส่วนใหญ่ ดังนั้น เราสามารถนำ NodeMCU (ESP8266) มาใช้เชื่อมต่อได้โดยตรง

รูปที่ 2.11 NodeMCU V2

ที่มา : http://www.oddwires.com/nodemcu-v2-esp8266-development-board/

2.9 มอดูลเก็บบันทึกข้อมูล

การเก็บบันทึกข้อมูลปริมาณทางไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าในแต่ละเดือนจำเป็นต้องใช้มอดูลสำหรับบันทึกข้อมูลลง Micro SD Card Module สำหรับเพิ่มความสามารถในการบันทึกข้อมูลจากบอร์ด Arduino ลงบน Micro SD Card ซึ่งมีอินเตอร์เฟสแบบ SPI ใช้งานง่าย มีไลบารีสำเร็จรูปให้พร้อมใช้งาน มีระบบเรกูเลต 3.3V มาให้ในตัวบอร์ด สามารถใช้ไฟได้ในช่วง 4.5 V - 5.5 V มอดูลเก็บบันทึกข้อมูลประโยชน์ดังนี้ (ArduinoAll, 2561) และสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.12

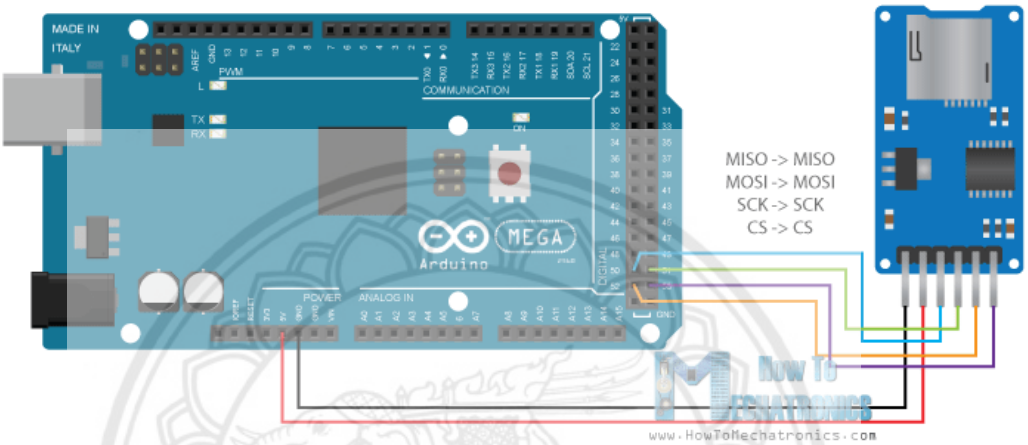
1) ช่วยลดเวลาการทำงาน ที่ต้องคอยจดบันทึกค่าตามช่วงเวลาที่กำหนดไว้
2) สามารถวัดค่าได้ต่อเนื่อง ตลอด 24 ชั่วโมง และช่วยจัดเก็บข้อมูลให้เป็นหมวดหมู่รวมถึงแสดงผลได้อย่างเป็นระเบียบ อีกทั้งยังช่วยลดความผิดพลาดในการจดบันทึก

รูปที่ 2.12 Micro SD Card Module

ที่มา : https://www.banggood.com/Micro-SD-TF-Card-Memory-Shield-Module-SPI

โดยในการใช้ขาติดต่อแลกเปลี่ยนข้อมูลกับบอร์ด Arduino มีการเชื่อมต่อดังรูปที่ 2.13

1) MOSI (Master In Slave Out) สลาฟส่งข้อมูลถึงมาสเตอร์ ขา Digital Pin 51
2) MISO (Master Out Slave In) มาสเตอร์ส่งข้อมูลถึงสลาฟ ขา Digital Pin 50
3) CLK การเชื่อมต่อสัญญาณพัลส์นาฬิกา ขา Digital Pin 52
4) CS การเลือกชิพสำหรับการ์ดหน่วยความจำ Digital Pin 53



รูปที่ 2.13 การเชื่อมต่อ Micro SD Card Module กับ แผงระบบ Arduino Mega 2560

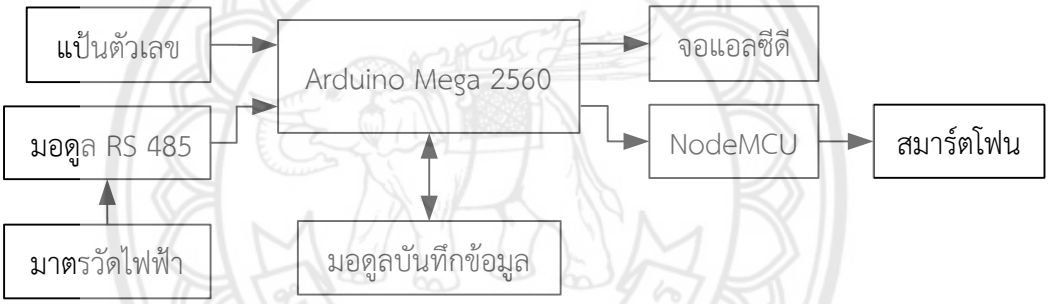
ที่มา : https://www.banggood.com/Micro-SD-TF-Card-Memory-Shield-Module-SPI-Mciro

บทที่ 3
การสร้างระบบคำนวณค่าไฟฟ้าและเฝ้าตรวจด้วยสมาร์ตโฟน

จากการศึกษาหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องต่างๆในบทที่ 2 นำมาสู่การเขียนโปรแกรมคำนวณค่าไฟฟ้า ซึ่งจะกล่าวรายละเอียดในหัวข้อต่อไป

3.1 ขั้นตอนการทำงานของระบบคำนวณค่าไฟฟ้าและเฝ้าตรวจด้วยสมาร์ตโฟน

ขั้นตอนการทำงานของระบบคำนวณค่าไฟฟ้าและเฝ้าตรวจด้วยสมาร์ตโฟนมีส่วนประมวลผลคือไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล Arduino โดยรับสัญญาณเข้าจากมาตรวัดไฟฟ้าและแป้นตัวเลขรวมทั้งส่งข้อมูลไปแสดงผลบนจอแอลซีดีและสมาร์ตโฟน สามารถแสดงขั้นตอนการทำงานได้ดังรูปที่ 3.1

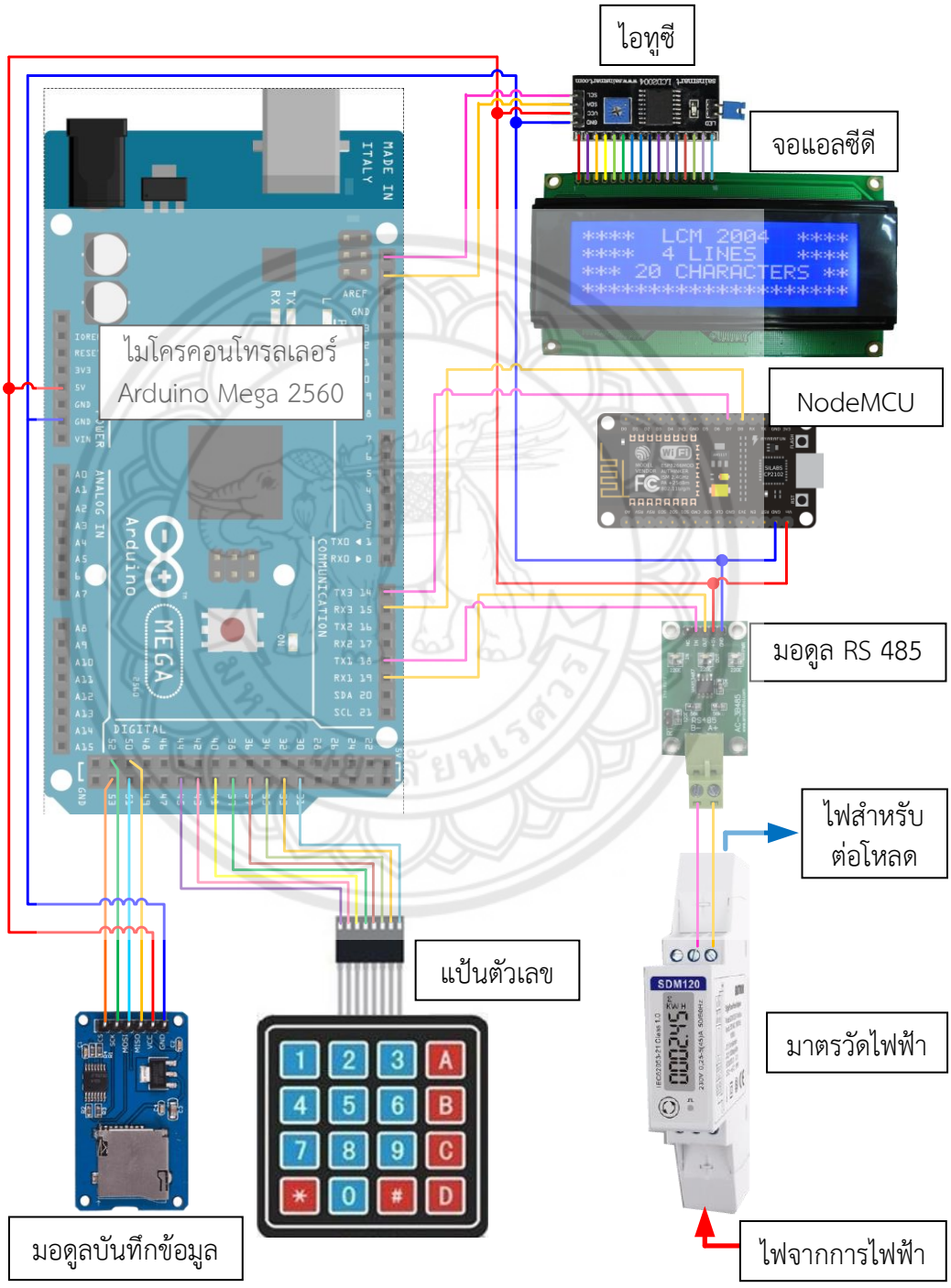


รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการทำงานของระบบคำนวณค่าไฟฟ้าและเฝ้าตรวจด้วยสมาร์ตโฟน

การทำงานของระบบเริ่มจากการนำสัญญาณมอดบัสโปรโตคอลแบบ RTU ที่ส่งมาจากมาตรวัดไฟฟ้าในรูปแบบเลขฐานสิบหก มาแปลงสัญญาณที่มอดูล RS 485 ให้เป็นการสื่อสารแบบอนุกรม เพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์และมาตรวัดไฟฟ้าสามารถสื่อสารรับค่าของข้อมูลได้ สัญญาณที่ได้จากมอดูล RS 485 ถูกส่งไปประมวลผลที่ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อแสดงค่าปริมาณทางไฟฟ้าต่างๆ และนำไปคำนวณค่าไฟฟ้าตามเงื่อนไขของการไฟฟ้านครหลวงและการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ประเภทบ้านพักอยู่อาศัยแบบอัตราปกติ โดยมีแป้นตัวเลขให้ผู้ใช้เลือกแบบวิธีการทำงานพร้อมทั้งกรอกค่าอัตราค่าไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ แล้วแสดงค่าบนหน้าจอแสดงผล รวมทั้งบันทึกข้อมูลลงในมอดูลบันทึกข้อมูลเพื่อให้ผู้ใช้สามารถย้อนดูข้อมูลการใช้ไฟฟ้าได้ นอกจากนี้ยังสามารถส่งข้อมูลค่าไฟฟ้าและปริมาณทางไฟฟ้าดังกล่าวผ่านมอดูลสื่อสารไร้สาย NodeMCU ไปแสดงค่าบนหน้าจอสมาร์ตโฟน

3.2 การเชื่อมต่อระบบคำนวณค่าไฟฟ้าและเฝ้าตรวจด้วยสมาร์ตโฟน

ในระบบคำนวณค่าไฟฟ้าและเฝ้าตรวจด้วยสมาร์ตโฟนมีการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ต่างๆ ได้แก่ มาตรวัดไฟฟ้า มอดูลแปลงสัญญาณ RS 485 ไมโครคอนโทรลเลอร์ แป้นตัวเลข จอแอลซีดี มอดูลสื่อสารไร้สาย NodeMCU และมอดูลบันทึกข้อมูล ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ในระบบคำนวณค่าไฟฟ้าและเฝ้าตรวจด้วยสมาร์ตโฟน

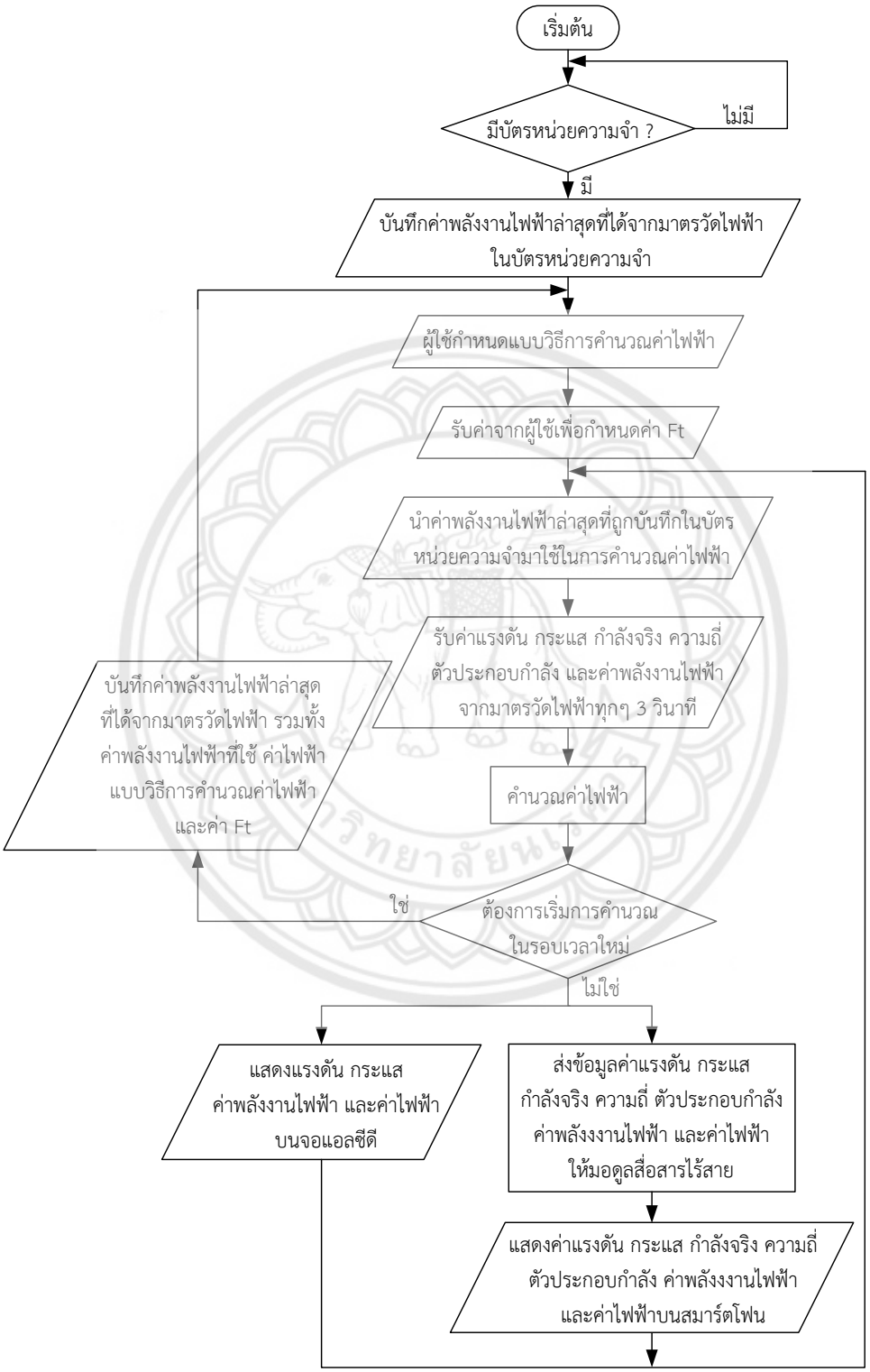
เชื่อมต่อมาตรวัดไฟฟ้ากับมอดูลแปลงสัญญาณเพื่อส่งข้อมูลของปริมาณทางไฟฟ้าต่างๆที่ผู้ดำเนินโครงงานสนใจไปคำนวณค่าไฟฟ้า โดยมาตรวัดไฟฟ้าส่งผ่านข้อมูลในรูปแบบมอดบัสโปโตรคอลออกทางขาที่ 9 (B-) และ 10 (A+) ซึ่งมอดูลแปลงสัญญาณ RS 485 มีขั้วต่อรับสัญญาณคือขา A และ B ทำการต่อโดยตรงเพื่อเป็นทางผ่านของสัญญาณข้อมูลทางไฟฟ้าจากมาตรวัดไฟฟ้า และได้รับแรงดัน 5 V จากวงจรไฟเลี้ยงบนแผงไมโครคอนโทรลเลอร์ จากนั้นสัญญาณข้อมูลจากมาตรวัดไฟฟ้าที่ถูกแปลงสัญญาณแล้วถูกส่งให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยสัญญาณข้อมูลเป็นการสื่อสารแบบอนุกรมที่ 2400 ที่สามารถเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ที่ขา TXD และ RXD

หลังจากได้รับข้อมูลปริมาณทางไฟฟ้าต่างๆจากมาตรวัดไฟฟ้าแล้ว ไมโครคอนโทรลเลอร์จะประมวลผลตามที่ผู้ดำเนินโครงงานได้เขียนโปรแกรมไว้ นั่นคือในขั้นตอนการคำนวณค่าไฟฟ้าจำเป็นต้องมีการระบุเลือกแบบวิธีคำนวณค่าไฟฟ้าพร้อมทั้งระบุค่าไฟฟ้าอัตโนมัติที่เป็นส่วนประกอบในการคำนวณค่าไฟฟ้า โดยผู้ใช้สามารถระบุผ่านแป้นตัวเลขซึ่งเป็นการสื่อสารแบบอนุกรมที่ 9600

เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์คำนวณค่าไฟฟ้าเสร็จจะมีการแสดงผลบนหน้าจอแอลซีดี โดยจะแสดงค่าของปริมาณทางไฟฟ้าและค่าไฟฟ้า ซึ่งการเชื่อมต่อจอแอลซีดีมีการใช้ไอทูซีเพื่อแปลงรูปแบบการเชื่อมต่อสัญญาณ โดยทั่วไปการเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นการสื่อสารแบบขนานซึ่งใช้ขาจำนวน 16 ขา ในการเชื่อมต่อ แต่เมื่อนำไอทูซีมาต่อร่วมกับจอแอลซีดีจะเป็นการสื่อสารกับไมโครคอนโทรลเลอร์แบบอนุกรมที่ 9600 ซึ่งใช้ขาเชื่อมต่อเพียง 4 ขาดังนี้ SLC SDA เพื่อการส่งข้อมูลที่ต้องการแสดงบนจอแอลซีดี และอีก 2 ขาคือ ไฟเลี้ยง 5 V กับกราวนด์ ที่ไมโครคอนโทรลเลอร์จ่ายให้กับไอทูซี นอกจากนี้ในการแสดงค่าปริมาณทางไฟฟ้ารวมถึงค่าไฟฟ้า ผู้ดำเนินโครงงานได้ทำการเชื่อมต่อมอดูลสื่อสารไร้สาย NodeMCU เพื่อส่งข้อมูลจากไมโครคอนโทรลเลอร์ไปแสดงบนสมาร์ตโฟนโดยส่งผ่านระบบอินเตอร์เน็ตแบบไร้สาย การเชื่อมต่อมอดูลสื่อสารไร้สาย NodeMCU เป็นการเชื่อมต่อแบบอนุกรมที่มีความเร็วสูง (SPI) โดยรับ-ส่งสัญญาณผ่านที่ขา TXD และ RXD ซึ่งได้รับแรงดัน 5 V วงจรไฟเลี้ยงบนจากแผงไมโครคอนโทรลเลอร์ นอกจากนี้ยังมีการเก็บบันทึกข้อมูลการใช้ไฟฟ้าในแต่ละเดือนโดยใช้มอดูลบันทึกข้อมูลที่มีรูปแบบการสื่อสารแบบอนุกรมที่ 9600 ซึ่งได้รับแรงดัน 5 V จากวงจรไฟเลี้ยงบนแผงไมโครคอนโทรลเลอร์

3.3 การประมวลผลของไมโครคอนโทรลเลอร์

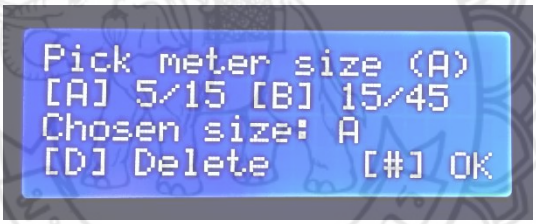
โปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบคำนวณค่าไฟฟ้าและเฝ้าตรวจด้วยสมาร์ตโฟนโดยสามารถอธิบายการทำงานได้ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 แผนผังการทำงานระบบคำนวณค่าไฟฟ้าและเฝ้าตรวจด้วยสมาร์ตโฟน

จากรูปที่ 3.3 การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์จะเริ่มจากการตรวจหาบัตรหน่วยความจำว่าทำงานอยู่หรือไม่ ถ้าไม่พบบัตรหน่วยความจำ โปรแกรมคำนวณค่าไฟฟ้าจะไม่สามารถเริ่มการคำนวณได้เนื่องจากต้องใช้พลังงานไฟฟ้าล่าสุดจากมาตรวัดไฟฟ้าที่บันทึกไว้เป็นองค์ประกอบสำคัญในการคำนวณค่าไฟฟ้า หลังจากตรวจสอบแล้วพบบัตรหน่วยความจำไมโครคอนโทรลเลอร์จะบันทึกค่าพลังงานไฟฟ้าล่าสุดดังกล่าวที่บันทึกไว้มากำหนดให้ตัวแปร A ที่จะใช้คำนวณต่อไป ลำดับถัดมาคือการเลือกแบบวิธีการคำนวณค่าไฟฟ้า ซึ่งในการเลือกนี้จะต้องใช้แป้นตัวเลขในการป้อนข้อมูลให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ ผู้ดำเนินโครงงานได้ออกแบบหน้าต่างเลือกแบบวิธีบนหน้าจอแอลซีดีดังรูปที่ 3.4 โดยมีแบบวิธีการคำนวณค่าไฟฟ้า 2 แบบดังนี้

1. แบบวิธี A ใช้สำหรับประเภทบ้านที่อยู่อาศัยใช้ไฟไม่เกิน 150 หน่วยต่อเดือน
2. แบบวิธี B ใช้สำหรับประเภทบ้านที่อยู่อาศัยใช้ไฟเกิน 150 หน่วยต่อเดือน หรือประเภท ใช้ไฟไม่เกิน 150 หน่วยต่อเดือน แต่มีการใช้เกิน 150 หน่วยต่อเดือนติดต่อกัน 3 เดือน ทำให้ในเดือนที่ 4 ผู้ใช้ต้องเลือกการคำนวณในแบบวิธีนี้

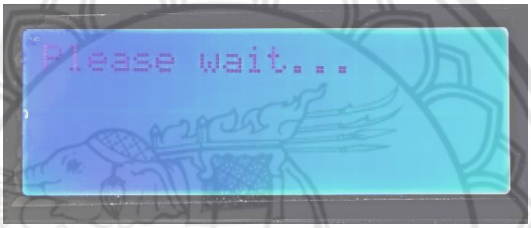


รูปที่ 3.4 หน้าจอระบุแบบวิธีการคำนวณค่าไฟฟ้า

ซึ่งในการใช้แป้นตัวเลขระบุค่าบนหน้าต่างเลือกแบบวิธี ผู้ดำเนินโครงงานเขียนโปรแกรมให้ผู้ใช้สามารถแก้ไขค่าได้หากป้อนค่าผิด จากนั้นจึงกด # เพื่อยืนยันการเลือกแบบวิธีการคำนวณค่าไฟฟ้าเพื่อไปสู่หน้าต่างถัดไป ซึ่งให้ผู้ใช้ระบุอัตราค่าไฟฟ้าอัตโนมัติรูปที่ 3.5 เพื่อใช้ในการคำนวณค่าไฟฟ้า ผู้ใช้สามารถตรวจสอบอัตราล่าสุดได้จากเว็บไซต์ของการไฟฟ้าซึ่งจะประกาศให้ประชาชนได้ทราบรู้ก่อนถึงเดือนที่จะใช้คำนวณ และผู้ใช้สามารถแก้ไขค่าได้ด้วยการกดปุ่ม D หากป้อนค่าผิด รวมทั้งสามารถใส่เครื่องหมายลบโดยกดปุ่ม C จากนั้นจึงกด # เพื่อยืนยันค่าที่ระบุและให้โปรแกรมเริ่มคำนวณค่าไฟฟ้า

รูปที่ 3.5 หน้าจอระบุค่าอัตราค่าไฟฟ้าอัตโนมัติ

หลังจากผู้ใช้ทำการกดยืนยันค่าอัตราไฟฟ้าอัตโนมัติแล้วหน้าจอแอลซีดีจะแสดงดังรูปที่ 3.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการรับข้อมูลปริมาณทางไฟฟ้าจากมาตรวัดไฟฟ้าเพื่อให้โปรแกรมคำนวณค่าไฟฟ้า โดยค่าที่ผู้ดำเนินโครงงานเลือกมาแสดงและคำนวณค่าไฟฟ้าได้แก่ แรงดัน กระแส กำลังจริง ความถี่ ตัวประกอบกำลัง และค่าพลังงานไฟฟ้า

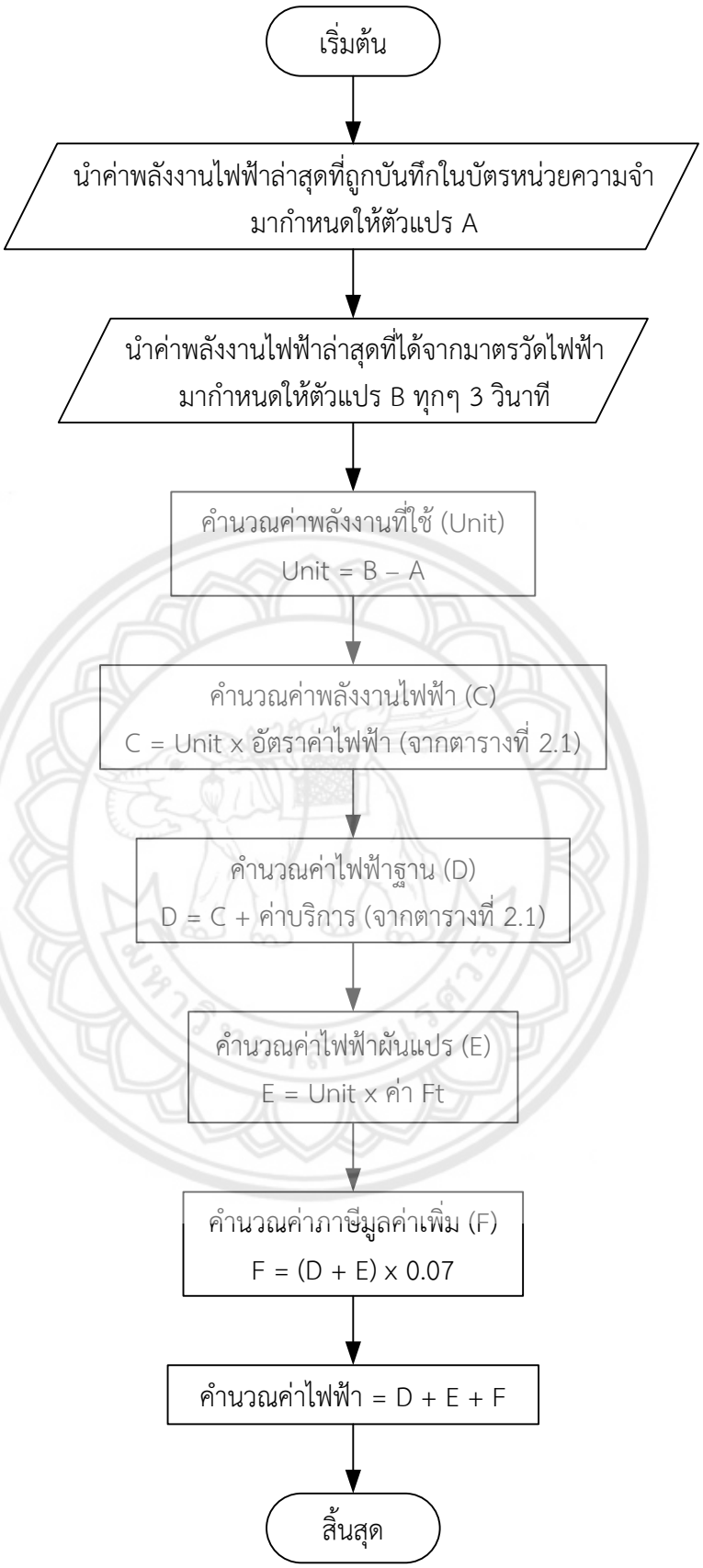


รูปที่ 3.6 หน้าจอแสดงขณะรอการรับค่าปริมาณทางไฟฟ้าจากมาตรวัดไฟฟ้า

เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์คำนวณค่าไฟฟ้าแล้วจะแสดงปริมาณทางไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าบนหน้าจอแอลซีดีดังรูปที่ 3.7

รูปที่ 3.7 หน้าจอแสดงปริมาณทางไฟฟ้าและค่าไฟฟ้า

ทั้งนี้ในการคำนวณค่าไฟฟ้าที่ซึ่งมีการรับค่าพลังงานไฟฟ้าจากมาตรวัดไฟฟ้าสามารถแสดงขั้นตอนได้ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 ขั้นตอนการคำนวณค่าไฟฟ้า

จากรูปที่ 3.8 ไมโครคอนโทรลเลอร์จะรับค่าพลังงานไฟฟ้าล่าสุดที่ถูกบันทึกในบัตรหน่วยความจำ เพื่อนำมาเป็นตัวแปร A และมีการรับค่าพลังงานไฟฟ้าจากมาตรวัดไฟฟ้าทุก 3 วินาที กำหนดให้เป็นตัวแปร B ในการหาคำนวณค่าพลังงานไฟฟ้าที่ถูกใช้กำหนดเป็นตัวแปร Unit ดังสมการที่ 3.1

$$Unit = B - A \quad \textbf{(3.1)}$$

ทำการนำค่า Unit จากสมการที่ 3.1 เพื่อทำการคำนวณค่าพลังงานไฟฟ้ากำหนดเป็นตัวแปร C ซึ่งหาได้จากสมการที่ 3.2 โดยจะมีการนำค่าพลังงานที่ถูกใช้คูณกับอัตราค่าไฟฟ้าจากตารางที่ 2.1 ซึ่งเป็นอัตราการคิดค่าไฟฟ้าประเภทบ้านที่อยู่อาศัยแบบปกติโดยแบ่งได้ 2 กรณีดังนี้

1. ประเภทบ้านที่อยู่อาศัยใช้ไฟไม่เกิน 150 หน่วยต่อเดือน ผู้ใช้ต้องเลือกการคำนวณแบบวิธี A
2. ประเภทบ้านที่อยู่อาศัยใช้ไฟเกิน 150 หน่วยต่อเดือน หรือประเภทใช้ไฟไม่เกิน 150 หน่วยต่อเดือน แต่มีการใช้เกิน 150 หน่วยต่อเดือน ติดต่อกัน 3 เดือน ในเดือนที่ 4 ผู้ใช้ต้องเลือกการคำนวณแบบวิธี B

$$C = Unit \times \text{อัตราค่าไฟฟ้า} \quad \textbf{(3.2)}$$

เมื่อได้ค่าพลังงานไฟฟ้าจากสมการที่ 3.2 จะไปคำนวณค่าไฟฟ้าฐานที่ถูกกำหนดเป็นตัวแปร D ดังสมการ 3.3 ซึ่งเป็นการบวกกับค่าบริการที่การไฟฟ้าเป็นผู้กำหนดตามแบบวิธีการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้จากตารางที่ 2.1

$$D = C + \text{ค่าบริการ} \quad \textbf{(3.3)}$$

จากนั้นทำการคำนวณค่าไฟฟ้าผันแปรที่ถูกกำหนดเป็นตัวแปร E ดังสมการ 3.4 โดยนำค่าพลังงานไฟฟ้าที่ถูกใช้ (Unit) คูณกับอัตราค่าไฟฟ้าอัตโนมัติ (Ft)

$$E = Unit \times \text{ค่า Ft} \quad \textbf{(3.4)}$$

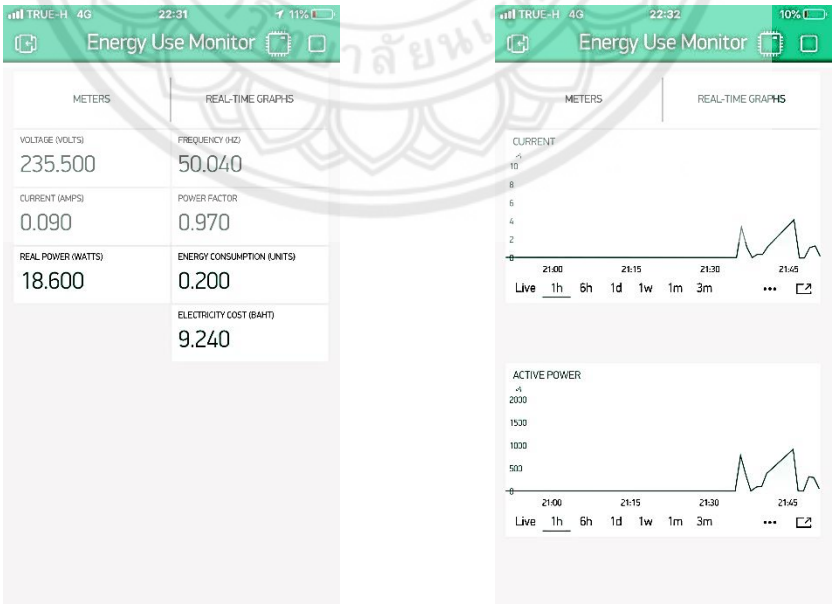
ซึ่งในการคำนวณค่าไฟฟ้าทางการไฟฟ้าจะมีการเก็บค่าภาษีมูลค่าเพิ่มที่ถูกกำหนดเป็นตัวแปร F คำนวณได้ดังสมการที่ 3.5 โดยนำค่าไฟฟ้าฐาน (D) บวกค่าไฟฟ้าผันแปร (E) แล้วคูณภาษีมูลค่าเพิ่มร้อยละ 7

$$F = (D + E) \times 0.07 \quad \textbf{(3.5)}$$

เมื่อทำการหาองค์ประกอบของการคำนวณค่าไฟฟ้าทั้งหมดแล้วจะทำการคำนวณค่าไฟฟ้ารวมโดยการนำค่าไฟฟ้าฐานรวมกับค่าไฟฟ้าผันแปรและค่าภาษีมูลค่าเพิ่มดังสมการที่ 3.6

$$\text{ค่าไฟฟ้า} = D + E + F \quad \textbf{(3.6)}$$

นอกจากนี้เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์คำนวณค่าไฟฟ้าเสร็จจะมีการส่งข้อมูลให้กับมอดูลสื่อสารไร้สายเพื่อการนำค่าปริมาณไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าแสดงบนสมาร์ตโฟนโดยแสดงผ่านโปรแกรมประยุกต์ Blynk ดังนี้ แรงดัน กระแส ความถี่ กำลังจริง ตัวประกอบกำลัง ค่าพลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้า รวมถึงมีการนำค่ากำลังจริงกับค่ากระแสแสดงบนกราฟแบบตามเวลาจริงสามารถแสดงหน้าจอสมาร์ตโฟนได้ดังนี้ได้ดังรูปที่ 3.9



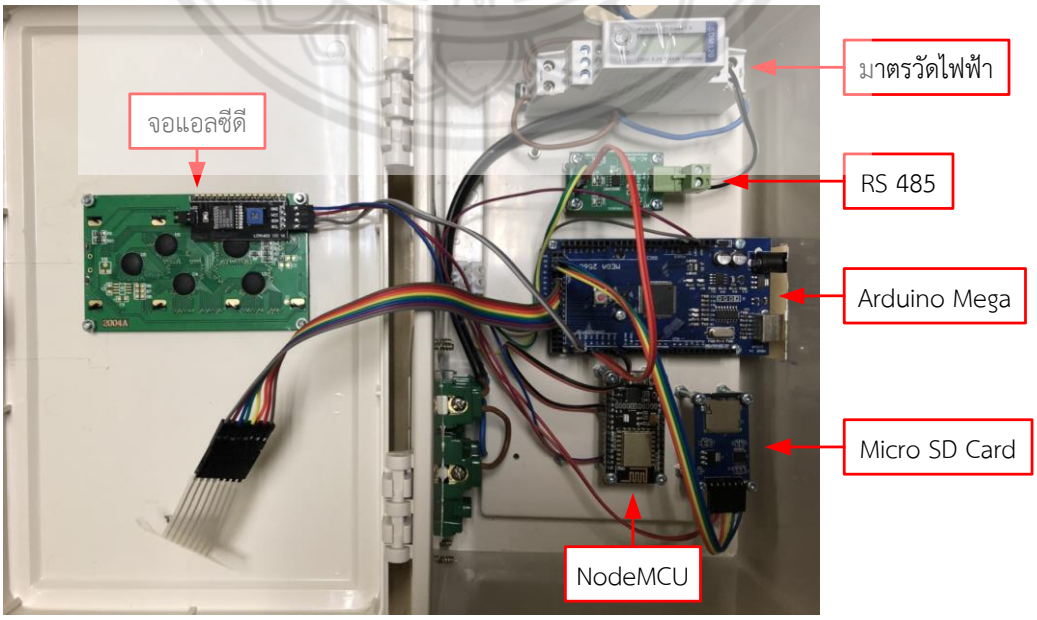
(ก) หน้าต่างแสดงปริมาณทางไฟฟ้า (ข) หน้าต่างแสดงกราฟ

รูปที่ 3.9 หน้าต่างแสดงปริมาณทางไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าบนหน้าจอสมาร์ตโฟน

ในขณะที่ไมโครคอนโทรลเลอร์คำนวณค่าไฟฟ้าและแสดงผลข้างต้น หากผู้ใช้กดปุ่ม C ไมโครคอนโทรลเลอร์จะบันทึกข้อมูลในบัตรหน่วยความจำทันที และกลับสู่หน้าต่างการเลือกแบบวิธีการคำนวณค่าไฟฟ้าโดยค่าที่ถูกบันทึกได้แก่ ค่าพลังงานไฟฟ้าล่าสุดจากมาตรวัดไฟฟ้า ค่าพลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าที่ถูกคำนวณตั้งแต่เริ่มทำงาน แบบวิธีการคำนวณค่าไฟฟ้า และอัตราค่าไฟฟ้าอัตโนมัติ ซึ่งแบบวิธีการคำนวณค่าไฟฟ้ากับอัตราค่าไฟฟ้าอัตโนมัติ ถูกบันทึกการนำไปแสดงบนหน้าจอแอลซีดีในขั้นตอนการระบุแบบวิธีและอัตราค่าไฟฟ้าอัตโนมัติ เพื่อเพิ่มความสะดวกให้กับผู้ใช้ในขั้นตอนการระบุค่าอีก หากค่าทั้งสองยังคงเดิมเทียบกับในรอบการคำนวณเดือนที่แล้ว ส่วนค่าพลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าถูกบันทึกไว้เพื่อให้ผู้ใช้สามารถย้อนดูได้ในภายหลังหากต้องการทราบข้อมูลการใช้ไฟฟ้าในเดือนก่อนหน้า

3.4 การประกอบชิ้นงาน

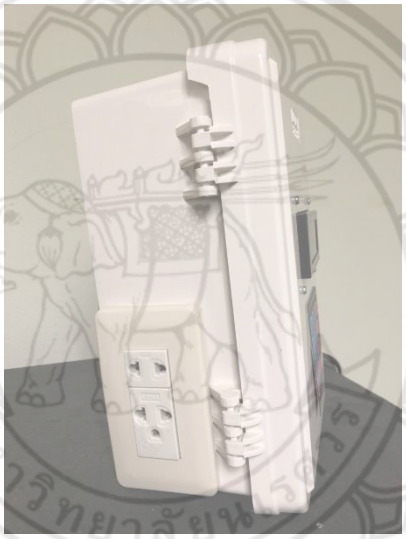
หลังจากการออกแบบระบบคำนวณค่าไฟฟ้าและเฝ้าตรวจด้วยสมาร์ตโฟนผู้ดำเนินโครงงานได้ทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆและติดตั้งไว้กับกล่องควบคุมดังรูปที่ 3.10 โดยเลือกใช้กล่องกันน้ำสำหรับติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าภายนอกอาคาร ซึ่งด้านในกล่องเป็นส่วนบรรจุอุปกรณ์ควบคุมต่างๆ ส่วนด้านหน้ากล่องที่การติดตั้งจอแอลซีดีและแป้นตัวเลขดังรูปที่ 3.11 (ก) ด้านบนกล่องสำหรับเป็นทางเชื่อมต่อไฟเข้ามาตรวัดไฟฟ้า และด้านข้างกล่องสำหรับไฟเลี้ยงไมโครคอนโทรลเลอร์ดังรูปที่ 3.11 (ข) และเต้ารับสำหรับผู้ใช้ต่อโหลดใช้งานดังรูปที่ 3.11 (ค)



รูปที่ 3.10 ภายในกล่องควบคุมระบบคำนวณค่าไฟฟ้าและเฝ้าตรวจด้วยสมาร์ตโฟน

(ก) การติดตั้งจอแอลซีดีและแป้นตัวเลข

(ข) ช่องจ่ายไฟเลี้ยงไมโครคอนโทรลเลอร์



(ค) เต้ารับสำหรับต่อโหลด

รูปที่ 3.11 กล่องควบคุมระบบคำนวณค่าไฟฟ้าและเฝ้าตรวจด้วยสมาร์ตโฟน

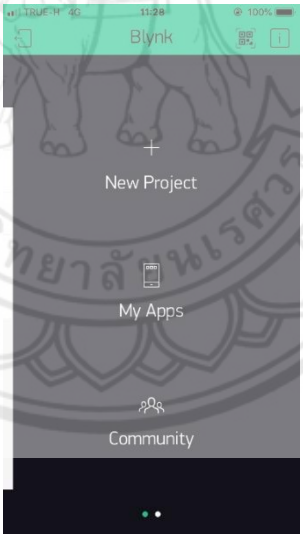
3.5 การใช้งานโปรแกรมประยุกต์ Blynk

ในการแสดงค่าบนสมาร์ตโฟน ผู้ดำเนินโครงงานเลือกแสดงผ่านโปรแกรมประยุกต์ Blynk ซึ่งที่ออกแบบขึ้นมาเพื่ออำนวยความสะดวกให้กับผู้ใช้ การเขียนโปรแกรมเพื่อส่งข้อมูลและออกแบบหน้าต่างการแสดงผลมีขั้นตอนการออกแบบดังนี้

1. หลังจากติดตั้งโปรแกรมประยุกต์ Blynk แล้ว เมื่อเปิดใช้งานโปรแกรมจะพบหน้าต่างสำหรับลงทะเบียนเพื่อเริ่มใช้งานดังรูปที่ 3.12 ผู้ใช้สามารถลงทะเบียนได้โดยคลิกที่ Create New Account หรือ Log in with Facebook เพื่อสมัครใช้บริการ

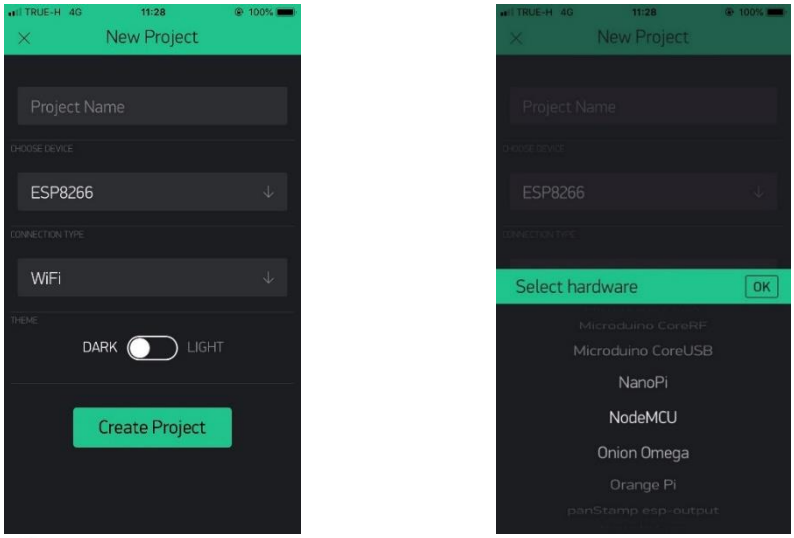
รูปที่ 3.12 หน้าต่างเริ่มใช้งาน

2. หลังจากลงทะเบียนเรียบร้อยแล้วจะเข้าสู่หน้าสำหรับสร้างโครงงานให้**ผู้ใช้คลิกที่** New Project เพื่อสร้างโครงงานใหม่ดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 หน้าต่างสร้างโปรเจค

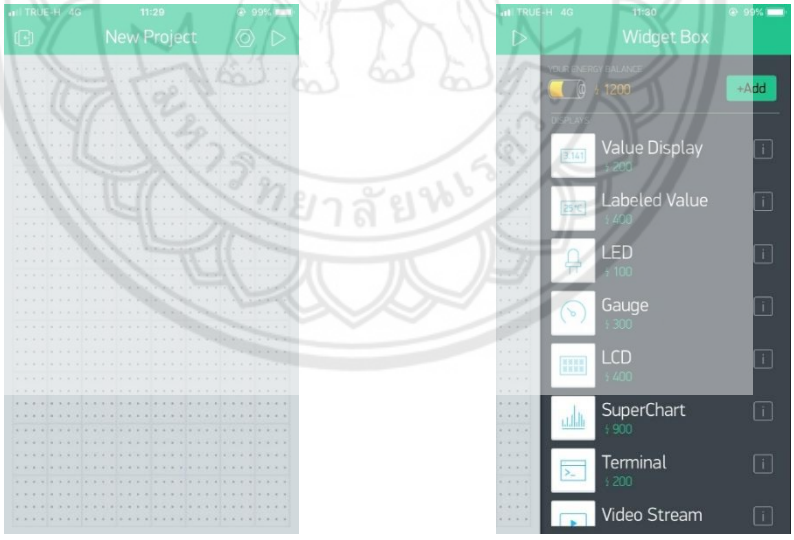
3. ทำการกำหนดชื่อโครงงาน รวมถึงเลือกชนิดของมอดูลที่ใช้งานและวิธีการสื่อสารที่ต้องการใช้ ดังแสดงในรูปที่ 3.14



(ก) หน้าต่างเลือกอุปกรณ์สื่อสาร (ข) หน้าต่างแถบอุปกรณ์สื่อสาร

รูปที่ 3.14 หน้าต่างระบุชื่อและอุปกรณ์สื่อสาร

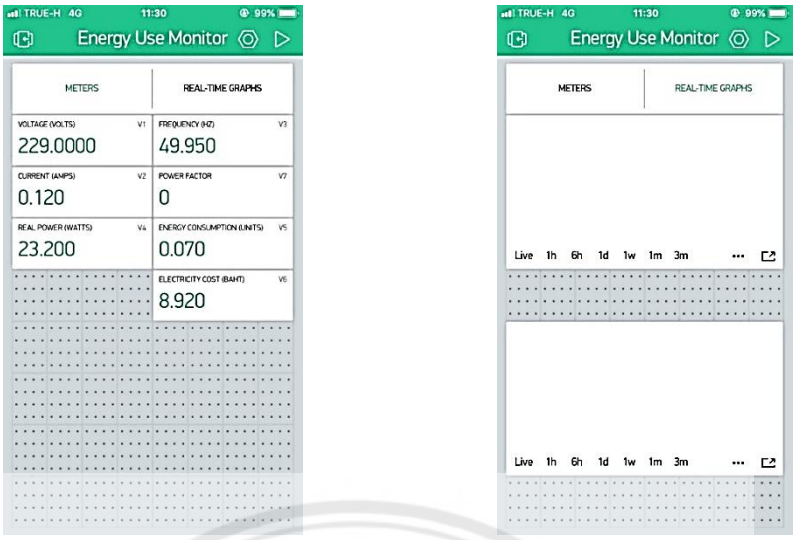
4. เมื่อเข้ามาที่หน้าต่าง New Project จะพบหน้าต่างว่างดังรูปที่ 3.15 (ก) ให้คลิกลงบนพื้นที่ว่างบนจอสมาร์ตโฟน จะปรากฏหน้าต่าง Widget box ออกมาให้เลือกใช้งานดังรูปที่ 3.15 (ข)



(ก) หน้าต่างเริ่มต้น (ข) หน้าต่างแถบเครื่องมือ

รูปที่ 3.15 หน้าต่างออกแบบ

5. จากนั้นเลือกกล่องแสดงข้อความที่เป็นแบบแสดงตัวเลขดังแสดงในรูปที่ 3.16(ก) และแบบกราฟในรูป 3.16(ข) ให้เพียงพอกับจำนวนปริมาณทางไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าที่ต้องการแสดง หลังจากกำหนดตำแหน่งบนหน้าจอแล้วหน้าต่างที่ออกแบบไว้ในโครงงานนี้แสดงได้ดังรูปที่ 3.16



(ก) หน้าต่างแสดงปริมาณทางไฟฟ้า (ข) หน้าต่างแสดงกราฟ

รูปที่ 3.16 หน้าต่างแสดงปริมาณทางไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าบนจอสมาร์ตโฟน

หลังจากออกแบบเสร็จให้คลิกที่สัญลักษณ์ลูกศรที่มุมขวาบนของโปรแกรมประยุกต์เพื่อยืนยันหน้าต่างที่ถูกออกแบบ โปรแกรมจะแสดงหน้าต่างพร้อมใช้งานดังรูปที่ 3.17

(ก) หน้าต่างแสดงปริมาณทางไฟฟ้า (ข) หน้าต่างแสดงกราฟ

รูปที่ 3.17 หน้าต่างแสดงปริมาณทางไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าบนจอสมาร์ตโฟนขณะใช้งาน

หลังจากออกแบบหน้าต่างทำงานบนสมาร์ตโฟนแล้ว การเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อส่งข้อมูลให้กับสมาร์ตโฟนผ่านระบบอินเตอร์เน็ต ต้องมีการนำรหัสผู้ใช้ที่ได้จากโปรแกรมประยุกต์ตอนสมัคร จะถูกส่งให้กับผู้ใช้ทางหมายเลขโทรศัพท์ที่ลงทะเบียน โดยนำไประบุในโปรแกรมที่เขียน เมื่อทำการเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับโปรแกรมประยุกต์ได้แล้ว ก็ทำการเขียนโปรแกรมให้ส่งค่าต่างๆที่ผู้ดำเนินโครงงานต้องการแสดงบนสมาร์ตโฟนต่อไป

บทที่ 4

ผลการทดสอบการทำงาน

หลังจากสร้างระบบคำนวณค่าไฟฟ้าและเฝ้าตรวจด้วยสมาร์ตโฟนในบทที่ 3 แล้ว จึงทำการทดสอบ โดยในขั้นแรกเป็นการทดลองวัดแรงดัน กระแส กำลังจริง ความถี่ และตัวประกอบกำลัง เพื่อเปรียบเทียบค่าร้อยละความผิดพลาดกับค่าที่ไมโครคอนโทรลเลอร์แสดง หลังจากนั้นทำการทดสอบโปรแกรมคำนวณค่าไฟฟ้าที่ผู้ดำเนินโครงงานสร้างขึ้น เพื่อเปรียบเทียบค่าร้อยละความผิดพลาดกับโปรแกรมคำนวณค่าไฟฟ้าของการไฟฟ้า

4.1 การเปรียบเทียบค่าปริมาณทางไฟฟ้าจากมาตรวัดไฟฟ้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์

ในการวัดค่าปริมาณทางไฟฟ้า ผู้ดำเนินโครงงานเลือกใช้ค่าที่ได้จากมาตรวัดไฟฟ้าแล้วส่งให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผล เพื่อเปรียบเทียบค่าที่ไมโครคอนโทรลเลอร์แสดงบนแอลซีดีและสมาร์ตโฟน โดยทดสอบกับรายการโหลด 5 ชนิด ดังนี้ หลอดไฟ 5 W พัดลม 50 W โทรทัศน์ 275 W กาน้ำร้อน 670 W และเตารีด 1,025 W ซึ่งเปรียบเทียบค่าแรงดัน กระแส กำลังจริง ความถี่ และตัวประกอบกำลัง จากนั้นนำค่าที่มาตรวัดไฟฟ้าแสดงกับค่าที่แอลซีดีและสมาร์ตโฟนแสดงมาเปรียบเทียบกันเพื่อหาร้อยละความผิดพลาด สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.1 4.2 4.3 4.4 และ 4.5 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.1 การแสดงค่าแรงดันที่ไมโครคอนโทรลเลอร์รับจากมาตรวัดไฟฟ้า

รายการโหลด	ค่าแรงดัน (V) ที่แสดงด้วย		ร้อยละความผิดพลาด
	มาตรวัดไฟฟ้า	ไมโครคอนโทรลเลอร์	
หลอดไฟ	229.10	229.10	0.00
หลอดไฟ และพัดลม	229.20	229.20	0.00
หลอดไฟ พัดลม และโทรทัศน์	227.50	227.50	0.00
หลอดไฟ พัดลม โทรทัศน์ และกาน้ำร้อน	224.40	224.40	0.00
หลอดไฟ พัดลม โทรทัศน์ กาน้ำร้อน และเตารีด	219.70	217.70	0.00

ตารางที่ 4.2 การแสดงค่ากระแสที่ไมโครคอนโทรลเลอร์รับจากมาตรวัดไฟฟ้า

รายการโหลด	ค่ากระแส (A) ที่แสดงด้วย		ร้อยละ
	มาตรวัดไฟฟ้า	ไมโครคอนโทรลเลอร์	ความผิดพลาด
หลอดไฟ	0.02	0.02	0.00
หลอดไฟ และพัดลม	0.17	0.17	0.00
หลอดไฟ พัดลม และโทรทัศน์	1.08	1.08	0.00
หลอดไฟ พัดลม โทรทัศน์ และกาน้ำร้อน	4.16	4.16	0.00
หลอดไฟ พัดลม โทรทัศน์ กาน้ำร้อน และเตารีด	8.04	8.04	0.00

ตารางที่ 4.3 การแสดงค่ากำลังจริงที่ไมโครคอนโทรลเลอร์รับจากมาตรวัดไฟฟ้า

รายการโหลด	ค่ากำลังจริง (W) ที่แสดงด้วย		ร้อยละ
	มาตรวัดไฟฟ้า	ไมโครคอนโทรลเลอร์	ความผิดพลาด
หลอดไฟ	5.10	5.10	0.00
หลอดไฟ และพัดลม	37.50	37.50	0.00
หลอดไฟ พัดลม และโทรทัศน์	245.50	245.50	0.00
หลอดไฟ พัดลม โทรทัศน์ และกาน้ำร้อน	931.80	931.80	0.00
หลอดไฟ พัดลม โทรทัศน์ กาน้ำร้อน และเตารีด	1,764.40	1,764.40	0.00

ตารางที่ 4.4 การแสดงค่าความถี่ที่ไมโครคอนโทรลเลอร์รับจากมาตรวัดไฟฟ้า

รายการโหลด	ค่าความถี่ (Hz) ที่อ่านด้วย		ร้อยละ
	มาตรวัดไฟฟ้า	ไมโครคอนโทรลเลอร์	ความผิดพลาด
หลอดไฟ	50.04	50.04	0.00
หลอดไฟ และพัดลม	50.00	50.00	0.00
หลอดไฟ พัดลม และโทรทัศน์	50.00	50.00	0.00
หลอดไฟ พัดลม โทรทัศน์ และกาน้ำร้อน	50.04	50.04	0.00
หลอดไฟ พัดลม โทรทัศน์ กาน้ำร้อน และเตารีด	50.00	50.00	0.00

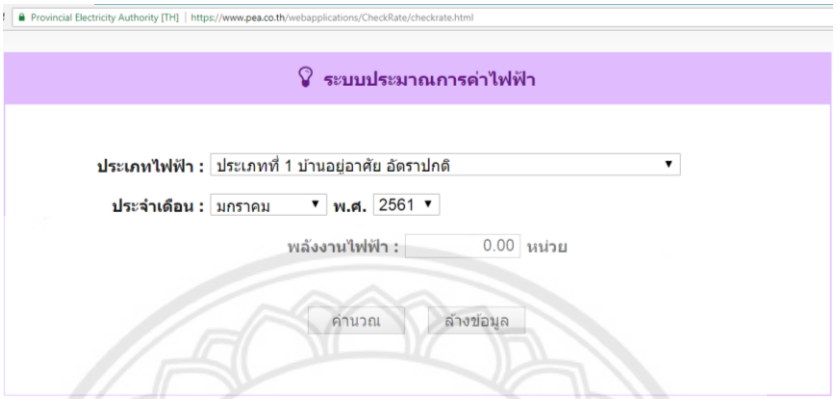
ตารางที่ 4.5 การแสดงค่าตัวประกอบกำลังที่ไมโครคอนโทรลเลอร์รับจากมาตรวัดไฟฟ้า

รายการโหลด	ค่าตัวประกอบกำลังที่แสดงด้วย		ร้อยละ
	มาตรวัดไฟฟ้า	ไมโครคอนโทรลเลอร์	ความผิดพลาด
หลอดไฟ	1.00	1.00	0.00
หลอดไฟ และพัดลม	0.97	0.97	0.00
หลอดไฟ พัดลม และโทรทัศน์	0.99	0.99	0.00
หลอดไฟ พัดลม โทรทัศน์ และกาน้ำร้อน	0.99	0.99	0.00
หลอดไฟ พัดลม โทรทัศน์ กาน้ำร้อน และเตารีด	0.99	0.99	0.00

จากตารางที่ 4.1-4.5 พบว่า การทดสอบการแสดงค่าด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ค่าแรงดัน กระแส กำลังจริง ความถี่ และตัวประกอบกำลังไม่พบร้อยละความผิดพลาดเมื่อเทียบกับค่าที่แสดงด้วยมาตรวัดไฟฟ้า

4.2 การทดสอบโปรแกรมคำนวณค่าไฟฟ้า

ในการคำนวณค่าไฟฟ้าที่ถูกประมวลผลโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งผู้ดำเนินโครงงานเขียนโปรแกรมขึ้น ผู้ดำเนินโครงงานเลือกใช้โปรแกรมคำนวณค่าไฟฟ้าในเว็บไซต์ของการไฟฟ้าดังรูปที่ 4.1 มาเปรียบเทียบกับค่าไฟฟ้าที่ไมโครคอนโทรลเลอร์คำนวณ



รูปที่ 4.1 เว็บไซต์การไฟฟ้า

ที่มา : https://www.pea.co.th/webapplications/CheckRate/checkrate.html

โดยในการทดสอบผู้ดำเนินโครงงานเลือกแสดงทั้งการคำนวณค่าไฟฟ้าประเภทบ้านที่อยู่อาศัย กรณีใช้ไฟไม่เกิน 150 หน่วยต่อเดือน ซึ่งสามารถแสดงผลการทดสอบได้ดังตารางที่ 4.6 และกรณีใช้ไฟเกิน 150 หน่วยต่อเดือน ผลจากการทดสอบ พบว่า โปรแกรมคำนวณค่าไฟฟ้าที่ผู้ดำเนินงานสร้างขึ้นมีความแม่นยำร้อยละ 100 ซึ่งสามารถแสดงผลการทดสอบได้ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.6 ค่าไฟฟ้าที่คำนวณด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากเว็บไซต์การไฟฟ้ากรณีใช้ไฟฟ้าไม่เกิน 150 หน่วยต่อเดือน

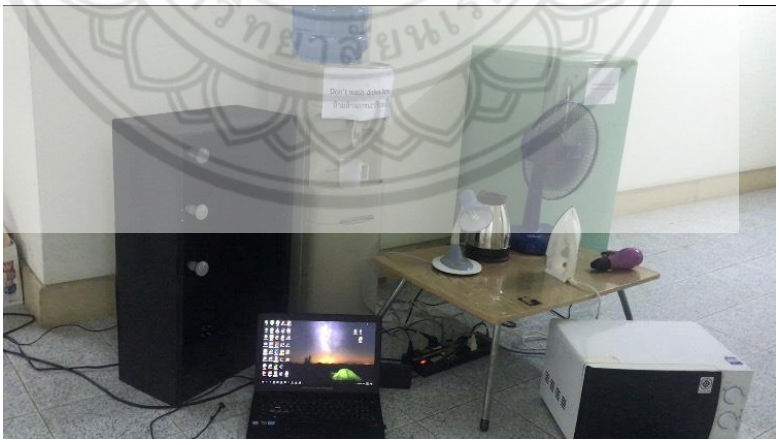
จำนวนพลังงานไฟฟ้า (หน่วย)	ค่าไฟฟ้า (บาท) ที่คำนวณได้		ร้อยละความผิดพลาด
	การไฟฟ้า	ไมโครคอนโทรลเลอร์	
30	90.66	90.66	0.00
60	199.83	199.83	0.00
90	311.05	311.05	0.00
120	424.27	424.27	0.00
150	538.49	538.49	0.00

ตารางที่ 4.7 ค่าไฟฟ้าที่คำนวณด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากเว็บไซต์การไฟฟ้ากรณีใช้ไฟฟ้าเกิน 150 หน่วยต่อเดือน

จำนวนพลังงานไฟฟ้า (หน่วย)	ค่าไฟฟ้า (บาท) ที่คำนวณได้		ร้อยละความผิดพลาด
	การไฟฟ้า	ไมโครคอนโทรลเลอร์	
180	667.16	667.16	0.00
210	797.58	797.58	0.00
240	927.99	927.99	0.00
270	1,058.41	1,058.41	0.00
300	1,188.82	1,188.82	0.00

4.3 การคำนวณค่าไฟฟ้าตามเวลาจริงและเฝ้าตรวจด้วยสมาร์ตโฟน

ในการทดสอบการคำนวณค่าไฟฟ้าตามเวลาจริงและเฝ้าตรวจด้วยสมาร์ตโฟน ผู้ดำเนินโครงงานได้ทดสอบการทำงานระบบกับโหลดจริงเพื่อให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของปริมาณทางไฟฟ้าต่างๆตามเวลาจริงซึ่งสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นและลดลงของโหลดในแต่ละขณะ ตัวอย่างอุปกรณ์ไฟฟ้าที่นำมาเป็นโหลดได้แก่ หลอดไฟ พัดลม คอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก เครื่องเป่าผม กาน้ำร้อน เตารีด เครื่องทำน้ำเย็น ตู้เย็น และเตาไมโครเวฟดังรูปที่ 4.2

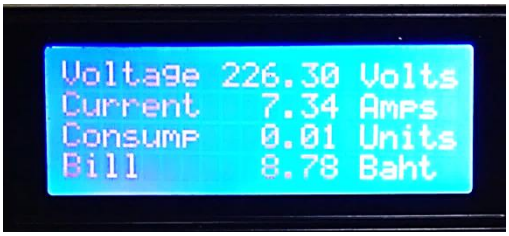


รูปที่ 4.2 อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในการทดสอบ

การทดสอบเริ่มจากการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้า 5 ชนิดคือ เครื่องทำน้ำเย็น ตู้เย็น กาน้ำร้อน พัดลม และเครื่องเป่าผม เริ่มจากต่อโหลดเครื่องทำน้ำเย็นและตู้เย็น มีกระแส 0.79 A กำลังจริง 111.60 W จากนั้นเปิดโหลดกาน้ำร้อน และพัดลมพร้อมกันมีกระแสและกำลังจริงเพิ่มขึ้นเป็น 4.33 A 602.90 W ตามลำดับ จากนั้นเปิดเตาอบไมโครเวฟ พร้อมทั้งกาน้ำร้อนเริ่มทำงานกระแสเพิ่มขึ้นเป็น 7.34 A กำลังจริง 1688.10 W ค่าแรงดัน กระแส กำลังจริง ความถี่ ตัวประกอบกำลัง ค่าพลังงานไฟฟ้า และค่าไฟฟ้า ที่แสดงบนสมาร์ตโฟนเป็นดังรูปที่ 4.3(ก) กราฟกระแสและกำลังจริงที่แสดงบนสมาร์ตโฟนเป็นดังรูปที่ 4.3(ข) รวมทั้งการแสดงค่าแรงดัน กระแส พลังงานไฟฟ้า และค่าไฟฟ้า บนจอแอลซีดีเป็นดังรูปที่ 4.3(ค) นอกจากนี้ยังสามารถดูข้อมูลย้อนหลังของปริมาณทางไฟฟ้าที่กำหนดให้แสดงเป็นกราฟในโปรแกรมประยุกต์ Blynk ได้ ตัวอย่างเช่น จากการทดสอบการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าในรูปที่ 4.2 ในช่วงเวลา 21:40 น. ถึง 22:00 น. ของวันที่ 16 พฤษภาคม พ.ศ. 2561 เราสามารถดูกราฟกระแสและกำลังจริงย้อนหลังได้ดังแสดงในรูปที่ 4.4 ซึ่งจากการทดสอบมีการเพิ่มและลดโหลดเป็นช่วงๆทำให้มีการเพิ่มขึ้นและลดลงของค่ากระแสดังรูปที่ 4.4(ก) และค่ากำลังจริงดังรูปที่ 4.4(ข)

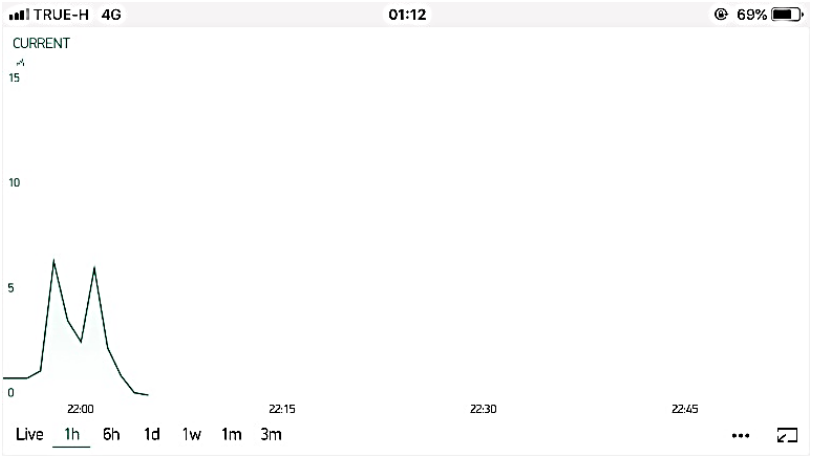
(ก) การแสดงค่าบนสมาร์ตโฟน

(ข) กราฟตามเวลาจริงบนสมาร์ตโฟน

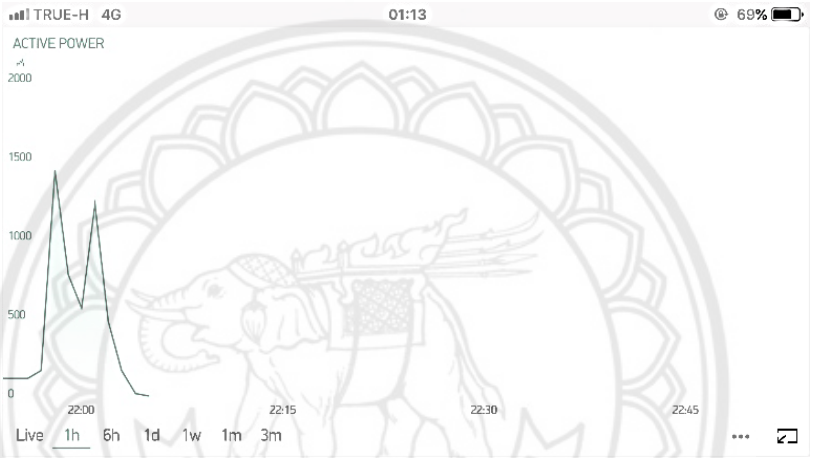


(ค) การแสดงค่าบนแอลซีดี

รูปที่ 4.3 การแสดงค่าบนแอลซีดีและสมาร์ตโฟนตามเวลาจริง



(ก) กราฟกระแส



(ข) กราฟกำลังจริง

รูปที่ 4.4 การแสดงย้อนหลังของกราฟกระแสและกำลังจริงบนสมาร์ตโฟน

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้เป็นการสรุปผลที่ได้จากการทดลองการทำงานของระบบคำนวณค่าไฟฟ้าตามเวลาจริงและเฝ้าตรวจด้วยสมาร์ตโฟน พร้อมข้อเสนอแนะ และแนวทางการนำไปพัฒนาให้สามารถนำไปใช้งานได้อย่างเหมาะสมต่อไป

5.1 สรุปผลการดำเนินโครงงาน

ในโครงงานได้สร้างระบบคำนวณค่าไฟฟ้าตามเวลาจริงและเฝ้าตรวจด้วยสมาร์ตโฟนขึ้น โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล Arduino ประมวลผล และแสดงค่าไฟฟ้าและปริมาณทางไฟฟ้าต่างๆบนหน้าจอแอลซีดี รวมทั้งแสดงผลบนจอสมาร์ตโฟนผ่านโปรแกรมประยุกต์ Blynk ระบบประกอบด้วย 7 ส่วน ได้แก่ (1) มาตรวัดไฟฟ้าดิจิทัล 1 เฟส ซึ่งวัดค่าปริมาณทางไฟฟ้าต่างๆ และส่งค่าให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ (2) มอดูล RS 485 ใช้แปลงสัญญาณสื่อสารให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ (3) แป้นตัวเลข ใช้สำหรับป้อนค่าที่ใช้ในการคำนวณค่าไฟฟ้า (4) ไมโครคอนโทรเลอร์ Arduino Mega 2560 (5) จอแอลซีดี ใช้แสดงค่าไฟฟ้าและปริมาณทางไฟฟ้าต่างๆ (6) มอดูลสื่อสารไร้สาย NodeMCU เป็นส่วนรับและส่งข้อมูลเพื่อแสดงค่าบนสมาร์ตโฟน และ (7) มอดูลบันทึกข้อมูล ซึ่งใช้ทำงานร่วมกับโปรแกรมการคำนวณค่าไฟฟ้า พร้อมทั้งบันทึกค่าปริมาณต่างๆเพื่อใช้ดูการใช้ย้อนหลัง จากผลการทดสอบ พบว่า ระบบสามารถคำนวณค่าไฟฟ้าได้อย่างถูกต้องตามอัตราค่าไฟฟ้าประเภทบ้านอยู่อาศัยแบบอัตราปกติของการไฟฟ้านครหลวงและการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค และแสดงค่าไฟฟ้าตามเวลาจริง ซึ่งผู้ใช้สามารถเฝ้าตรวจด้วยสมาร์ตโฟนได้

5.2 ปัญหาและแนวทางการแก้ไข

ระบบคำนวณค่าไฟฟ้าตามเวลาจริงและเฝ้าตรวจด้วยสมาร์ตโฟนที่สร้างขึ้นใช้คำนวณค่าไฟฟ้าโดยไม่มีการจับเวลาของรอบการทำงานในแต่ละเดือน ทำให้ผู้ใช้ต้องกดเริ่มการคำนวณในรอบการทำงานใหม่ทุกครั้ง จึงเกิดความไม่สะดวกต่อผู้ใช้งาน หากติดตั้งมอดูลนาฬิกาจะช่วยให้สามารถกำหนดรอบการคำนวณให้ตรงตามปฏิทินได้ และระบบสามารถเริ่มคำนวณในรอบใหม่ได้อย่างอัตโนมัติ

เมื่อระบบเริ่มทำงานในรอบการคำนวณใหม่ ผู้ใช้จำเป็นต้องระบุค่าอัตราค่าไฟฟ้าอัตโนมัติทุกรอบ ซึ่งค่าอัตราค่าไฟฟ้าอัตโนมัติ ถูกกำหนดจากการไฟฟ้าขึ้นอยู่กับต้นทุนการผลิตไฟฟ้า โดยมีการเปลี่ยนแปลงค่าทุก 4 เดือน ทำให้ผู้ใช้ต้องตรวจสอบค่าจากเว็บไซต์ของการไฟฟ้าเป็นระยะ อย่างไรก็ตาม การป้อนค่าอัตราค่าไฟฟ้าอัตโนมัติให้กับระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถเป็นไปโดยอัตโนมัติได้ถ้าการไฟฟ้าเปิดให้ผู้ใช้เข้าถึงฐานข้อมูลของอัตราค่าไฟฟ้าอัตโนมัติ

5.3 แนวทางการพัฒนาโครงงานต่อไป

การสร้างปฏิทินแบบดิจิทัลที่สามารถนับรอบเวลาการทำงานได้ จะทำให้ระบบดังกล่าวสามารถเริ่มรอบการคำนวณใหม่ในแต่ละเดือนได้เอง รวมทั้งการพัฒนาโปรแกรมเพื่อเชื่อมโยงกับฐานข้อมูลอัตราค่าไฟฟ้าอัตโนมัติของการไฟฟ้าในกรณีที่ผู้ใช้ได้รับอนุญาตให้เข้าถึงได้ จะลดภาระของผู้ใช้ในการป้อนค่าอัตราค่าไฟฟ้าอัตโนมัติ นอกจากนี้การพัฒนาระบบให้ใช้ได้กับวงจรไฟฟ้าสามเฟสจะทำให้สามารถใช้กับโรงงานอุตสาหกรรมและอาคารสำนักงานขนาดใหญ่ซึ่งมีการใช้ไฟฟ้าในปริมาณมาก

เอกสารอ้างอิง

การไฟฟ้านครหลวง. (1 ธันวาคม 2559). **อัตราค่าไฟฟ้าประเภทต่างๆ.** สืบค้นเมื่อ 10 พฤศจิกายน 2560, จาก http://www.mea.or.th.

ธนศรสวรรค์ วรธนมงคลชัย. (13 สิงหาคม 2558). **รู้จักกับ Arduino ESP8266 (NodeMCU).** สืบค้นเมื่อ 12 พฤศจิกายน 2560, จาก http://www.ayarafun.com.

บริษัท วีนัสซัพพลาย จำกัด. (2555). **การใช้งาน Character LCD Display กับ Arduino.** สืบค้นเมื่อ 12 พฤศจิกายน 2560, จาก http://thaieasyelec.com/article-wiki/review-product-article.

บริษัท ศิลาไมโคร จำกัด. (2556). **AC-3B485.** สืบค้นเมื่อ 1 ธันวาคม 2560, จาก http://www.smicrothai.com.

บริษัท ศิลาไมโคร จำกัด. (2556). **มาตรวัดไฟฟ้ารุ่น SDM-120.** สืบค้นเมื่อ 1 ธันวาคม 2560, จาก http://www.smicrothai.com.

สำนักงานคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน. (2560). **อัตราค่าไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ (Ft).** สืบค้นเมื่อ 10 พฤศจิกายน 2560, จาก http://www.erc.or.th.

Arduino. (2017). **Arduino Mega 2560 REV3**. Retrieved November 10, 2017, from https://store.arduino.cc/usa/arduino-mega-2560-rev3.

ArduinoAll. (1 พฤษภาคม 2561). **Micro SD Card Micro SD Card Module.** สืบค้นเมื่อ 12 พฤศจิกายน 2560, จาก https://www.arduinoall.com.

Arduitronics. (17 พฤศจิกายน 2556). **Arduino with Keypad and 4 Channel Relay.** สืบค้นเมื่อ 12 พฤศจิกายน 2560, จาก http://www.arduitronics.com