รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

ระบบเซนเซอร์วัดการใช้ไฟฟ้าภายในคณะวิทยาการสารสนเทศ

Electrical Usage Monitoring System for Faculty of Informatics

นายเกรียงศักดิ์ ปานโพธิ์ทอง

ผศ.ดร.ณัฐนนท์ ลีลาตระกูล

โครงการวิจัยประเภทเงินรายได้

เพื่อส่งเสริมงานวิจัยสถาบัน ประจำปีงบประมาณ ๒๕๖๓

คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยบูรพา

สัญญาเลขที่ 6/2563

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

ระบบเซนเซอร์วัดการใช้ไฟฟ้าภายในคณะวิทยาการสารสนเทศ

Electrical Usage Monitoring System for Faculty of Informatics

นายเกรียงศักดิ์ ปานโพธิ์ทอง

ผศ.ดร.ณัฐนนท์ ลีลาตระกูล

โครงการวิจัยประเภทเงินรายได้

เพื่อส่งเสริมงานวิจัยสถาบัน ประจำปีงบประมาณ ๒๕๖๓

คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยบูรพา

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากเงินรายได้คณะวิทยาการสารสนเทศ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2563 เลขที่สัญญา 6/2563

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะวิทยาการสารสนเทศ ที่เอื้อเฟื้องบประมาณ และสถานที่ในการดำเนินงานวิจัย รวมถึงการให้บริการด้านสาธารณูปโภคต่าง ๆ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณผู้บริหารที่เห็นความสำคัญและให้ความสนับอย่างเต็มที่ทั้งด้านอุปกรณ์ อาคารสถานที่สำหรับการทำวิจัยและฝ่ายสนับสนุนที่ช่วยให้งานวิจัยดำเนินงานได้อย่างราบรื่น

ขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐนนท์ ลีลาตระกูล อาจารย์ที่ปรึกษาที่คอยให้คำแนะนำและคอยให้กำลังใจอยู่สม่ำเสมอ รวมทั้งมีส่วนสำคัญในการพัฒนาระบบโครงสร้างพื้นฐานในการจัดเก็บและแสดงผลข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัย

ขอขอบคุณนิสิตในที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐนนท์ ลีลาตระกูล นายคณิศร เดชอาจ, นางสาวช่อผกา ดิษฐเนตร และ นางสาวณัชฌา ตันยี่หงวน ที่มีส่วนสำคัญในการศึกษาค้นคว้าการเชื่อมต่ออุปกรณ์วัดและแสดงผลไฟฟ้า Electrical Energy Meter Panel (CVM-NRG96) โดยใช้ Modbus RTU protocol

ขอขอบคุณนายอำนาจ บุญนามน ผู้ปฏิบัติงานช่างที่มีส่วนสำคัญในการติดตั้งอุปกรณ์เซ็นเซอร์ในจุดต่างๆ ภายในอาคารคณะวิทยาการสารสนเทศ

สุดท้ายนี้ คณะผู้วิจัยขอขอบคุณฝ่ายการเงิน นางสาวปัทมา วชิรพันธุ์ ที่คอยสนับสนุนติดตามงานและคอยอำนวยความสะดวกจนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

คณะผู้วิจัย

กันยายน 2564

บทคัดย่อ

งานวิจัยมุ่งเน้นให้มีต้นแบบระบบจัดเก็บและดูข้อมูลการใช้กระแสไฟฟ้าภายในอาคารคณะวิทยาการสารสนเทศ และเตรียมข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์เพื่อเป็นแนวทางในการลดการใช้พลังงานไฟฟ้า ซึ่งได้มีการศึกษาเซ็นเซอร์ชนิดต่าง ๆ เพื่อนำมาติดตั้งและเก็บข้อมูลในห้องที่สนใจได้แก่ ห้องประชุม IF-212, ห้องประชุม IF-4M210, ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ IF-4C01 และห้องไฟฟ้ารวมของแต่ละชั้นโดยแยกรูปแบบการใช้ไฟฟ้าออกเป็นการใช้ไฟฟ้าจากเต้ารับ (ปลั๊ก) การใช้ไฟฟ้าของระบบแสงสว่าง และการใช้ไฟฟ้าของระบบปรับอากาศ นอกจากนี้ยังมีระบบการแจ้งเตือนการใช้ไฟฟ้าที่ผิดปกติโดยการตั้งกฎเพื่อคอยตรวจสอบการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคารเช่น การตั้งกฎเพื่อคอยตรวจสอบว่ามีห้องใด ๆ ที่มีการใช้ไฟฟ้าในขณะที่ไม่มีคนอยู่ภายในห้องเกิน 20 นาที ให้ทำการแจ้งเตือนผ่านระบบ Application Line Notify ได้ ซึ่งจะทำให้มีระบบที่จะคอยตรวจสอบการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เปิดทิ้งไว้โดยเปล่าประโยชน์และจะสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ในอนาคต นอกจากนี้ในงานวิจัยยังได้มีการจัดทำรูปแบบการแสดงผล Dashboard ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของแต่ละชั้นเพื่อนำข้อมูลมาแสดงผลแบบเวลาจริง (Real time) เพื่อในอนาคตจะสามารถนำข้อมูลเหล่านี้มาแสดงให้ผู้ใช้อาคารได้ตระหนักถึงปริมาณการใช้กระแสไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลาซึ่งจะช่วยกระตุ้นให้เกิดความตระหนักถึงการประหยัดพลังงานต่อไป

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ ..... ก
บทคัดย่อ ..... ข
สารบัญ ..... ค
สารบัญตาราง ..... ช
สารบัญรูปภาพ ..... ซ
บทที่ 1 1
บทนำ 1
1. ความสำคัญและที่มาของปัญหา 1
2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2
3. ขอบเขตของการวิจัย 2
4. วิธีการดำเนินการวิจัย (Research methodology) 3
4.1. ใช้ ESP-32S เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์ 4
4.2 เซ็นเซอร์ตรวจวัดค่าต่างๆ 4
4.3 การเชื่อมต่ออุปกรณ์เซ็นเซอร์ในการส่งข้อมูล 5
4.4 ติดตั้งระบบฐานข้อมูล (DBMS) และระบบให้บริการเว็บไซต์ (WWW) 5
5. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 5
6. แผนการดำเนินงาน 5
บทที่ 2 6
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6
1. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 6
1.1. ความรู้เบื้องต้นกำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้า 6
1.2. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับระบบเครือข่ายไร้สายและเครื่องแม่ข่าย 13

1.3. อุปกรณ์วัดและแสดงผลไฟฟ้า Electrical Energy Meter Panel (CVM-NRG96)..... 14
1.4. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการสื่อสารด้วยโพรโทคอล Modbus..... 16
1.5. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเซ็นเซอร์ชนิดต่าง ๆ..... 21
1.6. การเขียนโปรแกรมด้วยภาษาซีและ Arduino IDE..... 24
1.7. ระบบการรับส่งข้อมูลโดยใช้ Message Queuing Telemetry Transport (MQTT)..... 29
บทที่ 3..... 30
วิธีการดำเนินการวิจัย..... 30
1. การศึกษาแบบแปลนของอาคารเพื่อให้ทราบวงจรไฟฟ้า..... 30
1.1. แผนผังวงจรไฟฟ้าชั้น 1..... 31
1.1. แผนผังวงจรไฟฟ้าชั้น 2..... 32
1.2. แผนผังวงจรไฟฟ้าชั้น 3..... 33
1.3. แผนผังวงจรไฟฟ้าชั้น 4..... 34
1.4. แผนผังวงจรไฟฟ้าชั้น 5..... 35
1.5. แผนผังวงจรไฟฟ้าชั้น 6..... 36
1.6. แผนผังวงจรไฟฟ้าชั้น 7..... 37
1.7. แผนผังวงจรไฟฟ้าชั้น 8..... 38
1.8. แผนผังวงจรไฟฟ้าชั้น 9..... 39
1.9. แผนผังวงจรไฟฟ้าชั้น 10..... 40
1.10. แผนผังวงจรไฟฟ้าชั้น 11..... 41
1.11. วงจรไฟฟ้าห้องประชุม IF-212..... 42
1.12. วงจรไฟฟ้าห้องประชุม IF-4M210..... 43
1.13. วงจรไฟฟ้าห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ IF-4C01..... 44
2. การศึกษาและทดลองอุปกรณ์เซ็นเซอร์สำหรับเก็บข้อมูล..... 44
2.1. ทดสอบการทำงานของเซ็นเซอร์วัดกระแสไฟฟ้าแบบครอบ (SCT-013 ขนาด 10A, 30A และ 50A) 45

2.2. ทดสอบการทำงานของเซ็นเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหวแบบ Infrared (PIR HC-SR501). 46
2.3. ทดสอบการทำงานของอุปกรณ์วัดและแสดงผลไฟฟ้า Electrical Energy Meter Panel (CVM-NRG96) 48
3. การออกแบบระบบเพื่อการจัดเก็บข้อมูลและการแสดงผล 49
3.1. อุปกรณ์เซ็นเซอร์ที่คอยเก็บข้อมูลและส่งข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายไร้สาย 49
3.2. เครื่องแม่ข่ายที่ให้บริการ MQTT Broker 49
3.3. ฐานข้อมูลและซอฟต์แวร์ที่คอยจัดการเก็บข้อมูลจาก MQTT Broker ลงฐานข้อมูล MongoDB 49
3.4. ฐานข้อมูลสำหรับเก็บข้อมูลผู้ใช้และเซ็นเซอร์ที่ถูกลงทะเบียนในระบบ 49
3.5. ภาพรวมการเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายในระบบ 50
3.6. โครงสร้างระบบเพื่อทำการรับ/ส่งข้อมูลและนำมาแสดงผล 50
4. การติดตั้งอุปกรณ์ 51
4.1. การติดตั้งอุปกรณ์ภายในห้องไฟฟ้าตามชั้นต่าง ๆ จำนวน 11 ชั้น 51
4.2. การติดตั้งอุปกรณ์ภายในห้องประชุมและห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ 53
บทที่ 4 54
ผลการดำเนินการวิจัย 54
1. ข้อมูลการใช้กระแสไฟฟ้าของชั้นที่ 2 อาคารคณะวิทยาการสารสนเทศ 54
2. ข้อมูลการใช้กระแสไฟฟ้าของชั้นที่ 3 อาคารคณะวิทยาการสารสนเทศ 58
3. ข้อมูลการใช้กระแสไฟฟ้าของชั้นที่ 4 อาคารคณะวิทยาการสารสนเทศ 61
4. ข้อมูลการใช้กระแสไฟฟ้าระบบปรับอากาศของชั้นที่ 2 - 9 อาคารคณะวิทยาการสารสนเทศ..... 63
5. การตั้งกฎเพื่อตรวจสอบการใช้การใช้พลังงานไฟฟ้าในขณะที่ไม่มีผู้ใช้งานอยู่ภายในห้อง 64
บทที่ 5 65
สรุป อภิปรายและข้อเสนอแนะ 65
1. สรุปผลการดำเนินการวิจัย 65
2. อภิปรายผล 65

2.1. การเลือกใช้ฮาร์ดแวร์และอุปกรณ์เซ็นเซอร์ที่ใช้ในระบบ 65
2.2. ความมีเสถียรภาพของระบบเครือข่ายแบบไร้สาย 66
2.3. สภาพพื้นที่จุดติดตั้งอุปกรณ์เซ็นเซอร์และการเชื่อมต่อวงจรไฟฟ้าของแต่ละห้องภายในอาคาร 66
2.4. การจัดการและการจัดเก็บข้อมูลที่ส่งมาจากเซ็นเซอร์ 67
2.5. การแสดงผลข้อมูลไฟฟ้าและการทำระบบแจ้งเตือน 67
3. ข้อเสนอแนะ 67
บรรณานุกรม 68
ภาคผนวก 70
รายงานสรุปการเงิน 71
ประวัติคณะผู้วิจัย 72

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3 - 1 ข้อมูลค่า MODBUS© memory map ของอุปกรณ์วัดและแสดงผลไฟฟ้า CVM-NRG96 48

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 - 1 แสดงแผนผังการวางจุดติดตั้งอุปกรณ์เซ็นเซอร์บริเวณชั้นที่ 4 3
ภาพที่ 1 - 2 แสดงการเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายในระบบ 4
ภาพที่ 1 - 3 NodeMCU ESP32s 4
ภาพที่ 1 - 4 อุปกรณ์ Sensor ตรวจวัดต่างๆ (CT Sensor, PIR Motion Sensor, Digital Meter) 5

ภาพที่ 2 - 1 การเขียนรูปแทนกระแสในวงจรซึ่งต้องมีทั้งขนาด (3 A และ -3 A) และทิศทาง(ใช้สัญลักษณ์ลูกศรเขียนขนานไปกับเส้นที่เป็นส่วนของวงจร) 7
ภาพที่ 2 - 2 กระแสไหลผ่านอิลิเมนท์ 7
ภาพที่ 2 - 3 รูปแบบของกระแส 7
ภาพที่ 2 - 4 การหาค่าแรงดันกระแสและความต้านทาน จากกฎของโอห์ม 8
ภาพที่ 2 - 5 สูตรที่ใช้ในการหาค่าแรงดัน กระแส ความต้านทานและกำลังไฟฟ้า 9
ภาพที่ 2 - 6 การเขียนรูปแทนแรงดัน 9
ภาพที่ 2 - 7 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับกระแส 10
ภาพที่ 2 - 8 อุปกรณ์วัตต์มิเตอร์ (ที่มา Lutron Electronic Enterprise Co., Ltd.) 11
ภาพที่ 2 - 9 ลักษณะการต่ออุปกรณ์วัตต์มิเตอร์ เพื่อวัดค่ากำลังไฟฟ้า 11
ภาพที่ 2 - 10 คุณสมบัติของการใช้กระแสไฟฟ้าของ Linear load (หลอดใส้) และ Non-linear load (คอมพิวเตอร์) (ที่มา Leonics Co., Ltd.) 12
ภาพที่ 2 - 11 การใช้ Power Meter วัดค่ากำลังไฟฟ้าของจอคอมพิวเตอร์ 17" (ที่มา Leonics Co., Ltd.). 12
ภาพที่ 2 - 12 การวัดแรงดันและกระแสไฟฟ้าของจอคอมพิวเตอร์ขนาด 17" (ที่มา Leonics Co., Ltd.) 13
ภาพที่ 2 - 13 เสาอากาศในรูปแบบแผงวงจร (PCB) 13
ภาพที่ 2 - 14 หัวเชื่อมต่อแบบ IPEX สำหรับเสาสัญญาณย่านความถี่ 2.4GHz ที่ใช้กับอุปกรณ์ ESP32 (ESP32-wroom-32D) 14
ภาพที่ 2 - 15 อุปกรณ์วัดและแสดงผลไฟฟ้า Electrical Energy Meter Panel (CVM-NRG96) 15
ภาพที่ 2 - 16 การสื่อสารแบบอนุกรมด้วย RS – 485 สำหรับ Modbus RTU 17
ภาพที่ 2 - 17 ชุดข้อมูลสำหรับการสื่อสาร Modbus RTU 18
ภาพที่ 2 - 18 รายละเอียดชุดข้อมูล Function Code 19
ภาพที่ 2 - 19 ตำแหน่งแอดเดรสใน Modbus RTU โดยแบ่งตามรูปแบบการทำงาน 20

ภาพที่ 2 - 20 ชุดคำสั่งสำหรับการอ่าน (Read Command) 20
ภาพที่ 2 - 21 ชุดคำสั่งสำหรับการเขียน (Write Command) 20
ภาพที่ 2 - 22 เซ็นเซอร์วัดกระแสไฟฟ้าแบบครอบ (Non-Invasive Current Sensor) 21
ภาพที่ 2 - 23 ปุ่มปรับ Sensitivity Adjust ใช้ปรับความไว และระยะในการตรวจจับ 23
ภาพที่ 2 - 24 บอร์ด Arduino สำหรับผู้เริ่มต้น 25
ภาพที่ 2 - 25 โปรแกรม Arduino IDE แบบออฟไลน์ 26
ภาพที่ 2 - 26 โปรแกรม Arduino IDE แบบออนไลน์ 26
ภาพที่ 2 - 27 แสดงวิธีการเริ่มต้นสร้าง Sketch ด้วยโปรแกรม Arduino IDE 27
ภาพที่ 2 - 28 แสดงส่วนประกอบสำคัญของหน้าจอ Arduino IDE 28

ภาพที่ 3 - 1 แผนผังวงจรไฟฟ้าเต้ารับ (ปลั๊ก) บริเวณชั้น 1 31
ภาพที่ 3 - 2 แผนผังวงจรไฟฟ้าแสงสว่าง บริเวณชั้น 1 31
ภาพที่ 3 - 3 แผนผังวงจรไฟฟ้าเต้ารับ (ปลั๊ก) บริเวณชั้น 2 32
ภาพที่ 3 - 4 แผนผังวงจรไฟฟ้าแสงสว่าง บริเวณชั้น 2 32
ภาพที่ 3 - 5 แผนผังวงจรไฟฟ้าเต้ารับ (ปลั๊ก) บริเวณชั้น 3 33
ภาพที่ 3 - 6 แผนผังวงจรไฟฟ้าแสงสว่าง บริเวณชั้น 3 33
ภาพที่ 3 - 7 แผนผังวงจรไฟฟ้าเต้ารับ (ปลั๊ก) บริเวณชั้น 4 34
ภาพที่ 3 - 8 แผนผังวงจรไฟฟ้าแสงสว่าง บริเวณชั้น 4 34
ภาพที่ 3 - 9 แผนผังวงจรไฟฟ้าเต้ารับ (ปลั๊ก) บริเวณชั้น 5 35
ภาพที่ 3 - 10 แผนผังวงจรไฟฟ้าแสงสว่าง บริเวณชั้น 5 35
ภาพที่ 3 - 11 แผนผังวงจรไฟฟ้าเต้ารับ (ปลั๊ก) บริเวณชั้น 6 36
ภาพที่ 3 - 12 แผนผังวงจรไฟฟ้าแสงสว่าง บริเวณชั้น 6 36
ภาพที่ 3 - 13 แผนผังวงจรไฟฟ้าเต้ารับ (ปลั๊ก) บริเวณชั้น 7 37
ภาพที่ 3 - 14 แผนผังวงจรไฟฟ้าแสงสว่าง บริเวณชั้น 7 37
ภาพที่ 3 - 15 แผนผังวงจรไฟฟ้าเต้ารับ (ปลั๊ก) บริเวณชั้น 8 38
ภาพที่ 3 - 16 แผนผังวงจรไฟฟ้าแสงสว่าง บริเวณชั้น 8 38
ภาพที่ 3 - 17 แผนผังวงจรไฟฟ้าเต้ารับ (ปลั๊ก) บริเวณชั้น 9 39
ภาพที่ 3 - 18 แผนผังวงจรไฟฟ้าแสงสว่าง บริเวณชั้น 9 39
ภาพที่ 3 - 19 แผนผังวงจรไฟฟ้าเต้ารับ (ปลั๊ก) บริเวณชั้น 10 40

ภาพที่ 3 - 20 แผนผังวงจรไฟฟ้าแสงสว่าง บริเวณชั้น 10 40
ภาพที่ 3 - 21 แผนผังวงจรไฟฟ้าเต้ารับ (ปลั๊ก) บริเวณชั้น 11 41
ภาพที่ 3 - 22 แผนผังวงจรไฟฟ้าแสงสว่าง บริเวณชั้น 11 41
ภาพที่ 3 - 23 แผนผังวงจรไฟฟ้าห้องประชุม IF-212 เชื่อมกับตู้ไฟฟ้า LP2 (เต้ารับ) และ AP2 (แอร์) 42
ภาพที่ 3 - 24 แผนผังวงจรไฟฟ้าห้องประชุม IF-4M210 เชื่อมกับตู้ไฟฟ้า MP For LC (เต้ารับ) และ AP4 (แอร์) 43
ภาพที่ 3 - 25 แผนผังวงจรไฟฟ้าห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ IF-4C01 เชื่อมกับตู้ไฟฟ้า EPC4 (เต้ารับ) และ AP4 44
ภาพที่ 3 - 26 แสดงการเชื่อมต่อวงจรไมโครคอนโทรเลอร์ ESP32 ร่วมกับ SCT-013 45
ภาพที่ 3 - 27 แสดงการตรวจวัดค่ากระแสไฟฟ้าเทียบกับค่าที่ได้จากดิจิตอลมิเตอร์รุ่น UNI-T UT202A+ 46
ภาพที่ 3 - 28 แสดงวงจรการเชื่อมต่อระหว่าง ESP32 กับเซ็นเซอร์ PIR HC-SR501 46
ภาพที่ 3 - 29 แสดงการเตรียมเซ็นเซอร์ PIR HC-SR501 เพื่อใส่เข้าไปยังกล่องห้าเหลี่ยม 47
ภาพที่ 3 - 30 แสดงการเขียนโปรแกรมเพื่อทดสอบข้อมูลที่ส่งจากเซ็นเซอร์ PIR HC-SR501 47
ภาพที่ 3 - 31 แสดงแผนภาพการเชื่อมต่ออุปกรณ์วัดและแสดงผลไฟฟ้า CVM-NRG96 ผ่าน RS485 to TTL เชื่อมต่อกับ ESP32 48
ภาพที่ 3 - 32 แสดงการเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายในระบบ (a) 50
ภาพที่ 3 - 33 แสดงการเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายในระบบ (b) 50
ภาพที่ 3 - 34 การเตรียมอุปกรณ์สำหรับใช้ในการติดตั้งภายในห้องไฟฟ้าในแต่ละชั้น 51
ภาพที่ 3 - 35 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์ภายในห้องไฟฟ้าภายในตู้ไฟฟ้าในแต่ละชั้น 52

ภาพที่ 4 - 1 แสดงปริมาณการใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศชั้น 2 วันที่ 19 กันยายน 2564 54
ภาพที่ 4 - 2 แสดงปริมาณการใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศชั้น 2 วันที่ 19 กันยายน 2564 55
ภาพที่ 4 - 3 แสดงปริมาณการใช้ไฟฟ้าของปลั๊กไฟฟ้าชั้น 2 วันที่ 19 กันยายน 2564 55
ภาพที่ 4 - 4 แสดงปริมาณการใช้ไฟฟ้าของของปลั๊กไฟฟ้าชั้น 2 วันที่ 19 กันยายน 2564 56
ภาพที่ 4 - 5 แสดงปริมาณการใช้ไฟฟ้าของระบบแสงสว่างชั้น 2 วันที่ 19 กันยายน 2564 56
ภาพที่ 4 - 6 ภาพที่ 4 - 6 แสดงปริมาณการใช้ไฟฟ้าของระบบแสงสว่างชั้น 2 วันที่ 19 กันยายน 2564 57
ภาพที่ 4 - 7 แสดงปริมาณการใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศชั้น 3 วันที่ 19 กันยายน 2564 58
ภาพที่ 4 - 8 แสดงปริมาณการใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศชั้น 3 วันที่ 19 กันยายน 2564 58
ภาพที่ 4 - 9 แสดงปริมาณการใช้ไฟฟ้าของปลั๊กไฟฟ้าชั้น 3 วันที่ 19 กันยายน 2564 59

ภาพที่ 4 - 10 แสดงปริมาณการใช้ไฟฟ้าของปลั๊กไฟฟ้าชั้น 3 วันที่ 19 กันยายน 2564 59
ภาพที่ 4 - 11 แสดงปริมาณการใช้ไฟฟ้าของระบบแสงสว่างชั้น 3 วันที่ 19 กันยายน 2564 60
ภาพที่ 4 - 12 แสดงปริมาณการใช้ไฟฟ้าของระบบแสงสว่างชั้น 3 วันที่ 19 กันยายน 2564 61
ภาพที่ 4 - 13 แสดงปริมาณการใช้ไฟฟ้า (Volt & Ampere) ของเครื่องปรับอากาศชั้น 4 วันที่ 19 กันยายน 2564 61
ภาพที่ 4 - 14 แสดงปริมาณการใช้ไฟฟ้า (kW/h) ของเครื่องปรับอากาศชั้น 3 วันที่ 19 กันยายน 2564..... 62
ภาพที่ 4 - 15 ข้อมูลการใช้กระแสไฟฟ้า (kW/h) ระบบปรับอากาศของชั้นที่ 2 – 9..... 63
ภาพที่ 4 - 16 แสดงการตั้งกฎเพื่อตรวจสอบการใช้การใช้พลังงานไฟฟ้าในขณะที่ไม่มีผู้ใช้งานอยู่ภายในห้อง IF-212 64

บทที่ 1

บทนำ

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ปัญหาการสูญเสียพลังงานและทรัพยากรธรรมชาติ จากการใช้ไฟฟ้า เป็นปัญหาที่สำคัญที่เราไม่สามารถรับรู้ได้ด้วยตัวเอง ไม่ว่าจะเป็นการที่เราเปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าทิ้งไว้โดยที่ไม่มีการใช้งาน หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าเสื่อมประสิทธิภาพทำให้เกิดการใช้พลังงานไฟฟ้ามากกว่าปกติ ซึ่งปัญหาเหล่านี้เกิดขึ้นทั้งในภาคครัวเรือน และภาคอุตสาหกรรมต่าง ๆ โดยการสูญเสียพลังงานและทรัพยากรที่ไม่จำเป็นเหล่านี้ จะเป็นปัญหาเชื่อมโยงไปถึงการใช้พลังงานไฟฟ้าและทรัพยากรโดยรวมของประเทศ

พลังงานไฟฟ้าเป็นปัจจัยสำคัญของการดำรงชีวิตของมนุษย์ กิจกรรมการดำเนินชีวิตประจำวัน ทั้งในเรื่องส่วนตัว การทำงาน หรือการพักผ่อนหย่อนใจ มนุษย์สร้างสิ่งประดิษฐ์ที่อำนวยความสะดวกให้กับชีวิตมากเท่าไรพลังงานไฟฟ้าก็ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายมากขึ้นเท่านั้น จะเห็นได้ว่าพลังงานไฟฟ้าที่เราได้บริโภคกันอยู่นี้ล้วนได้รับมาจากทรัพยากรธรรมชาติทั้งสิ้น

คณะวิทยาการสนสารสนเทศ มหาวิทยาลัยบูรพา เป็นองค์กรหนึ่งที่ใช้พลังงานไฟฟ้าปริมาณมาก สำหรับการเรียน การสอนและการทำงานภายในอาคารคณะฯ ซึ่งในปีที่ผ่านมา ค่าใช้จ่ายสาธารณูปโภคด้านไฟฟ้าสูงถึง 300,000 – 400,000 บาท ต่อเดือน และปัจจุบันยังไม่มีเครื่องมือหรือข้อมูลที่จะนำมาวิเคราะห์ถึงปริมาณการใช้ไฟฟ้าว่ามีพฤติกรรมการใช้งานเป็นอย่างไร คณะผู้วิจัยจึงเสนอระบบ Internet of Things ที่มีเซ็นเซอร์วัดไฟตามจุดสำคัญต่าง ๆ ของอาคาร และสามารถรวบรวมข้อมูลการใช้ทั้งหมดมาที่ส่วนกลาง โดยข้อมูลการใช้งานไฟฟ้าดังกล่าว จะเป็นประโยชน์ต่อเจ้าหน้าที่จะใช้สำหรับวิเคราะห์ เพื่อหาจุดสิ้นเปลืองการใช้ทรัพยากรไฟฟ้า ในแต่ละในช่วงเวลา และสามารถนำมาวางแผนการใช้งานอาคารเพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้อย่างเหมาะสมต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาการใช้อุปกรณ์จากเทคนิคการตรวจจับกระแสไฟฟ้าที่นำมาช่วยคำนวณในการลดพลังงานการใช้ไฟฟ้าที่เกินความจำเป็น

2.2 เพื่อจัดเก็บและดูข้อมูลการใช้กระแสไฟฟ้าภายในคณะวิทยาการสารสนเทศ และเตรียมข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์เพื่อเป็นแนวทางในการลดการใช้พลังงานไฟฟ้า

2.3 เพื่อตรวจจับปัญหาการใช้ไฟฟ้าโดยเปล่าประโยชน์ (เช่นการเปิดไฟ เปิดแอร์ทิ้งไว้โดยไม่มีคนอยู่) ในห้องปฏิบัติการและห้องเรียนต้นแบบ

2.4 แสดงผลการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคารคณะวิทยาการสารสนเทศแบบเวลาจริง (Real time) เพื่อกระตุ้นให้เกิดความตระหนักถึงการประหยัดพลังงาน

3. ขอบเขตของการวิจัย

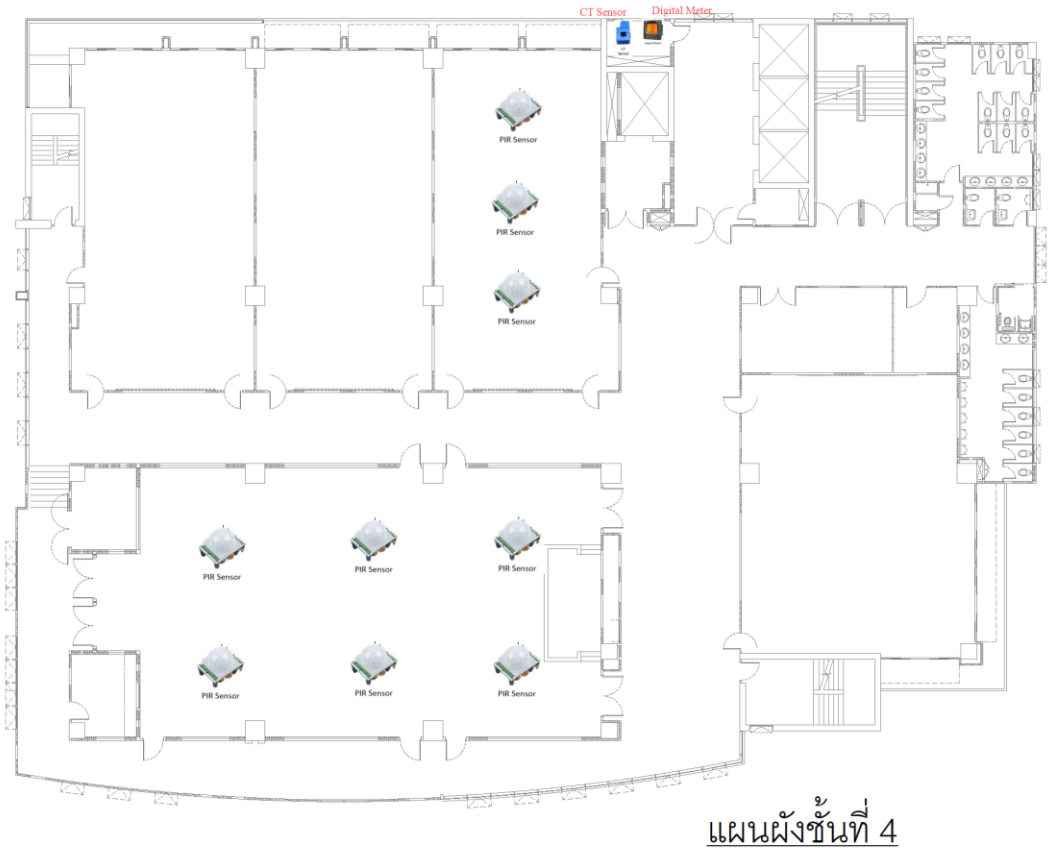
การวิจัยในครั้งนี้มุ่งหวังให้มีระบบที่จะสามารถจัดเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าในจุดสำคัญ ๆ ต่าง ๆ ภายในอาคารคณะวิทยาการสารสนเทศเพื่อมาวิเคราะห์การใช้พลังงานและนำมาวางแผนการใช้งานอาคารเพื่อช่วยลดการใช้พลังงานได้อย่างเหมาะสม โดยจะมีการติดตั้งเซ็นเซอร์เพื่อเก็บข้อมูลตามจุดต่าง ๆ ดังนี้ (ทั้งนี้การติดตั้งอุปกรณ์ตามจุดต่าง ๆ จะไม่กระทบต่อการทำงานของอุปกรณ์ที่เคยติดตั้งอยู่ก่อนแล้ว)

- ห้องประชุมใหญ่ 210 คน จำนวน 1 ห้อง
- ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ จำนวน 1 ห้อง
- ห้องไฟฟ้าหลักและห้องไฟฟ้าประจำชั้น (ห้อง MDB)

มีการตรวจวัดการใช้กระแสไฟฟ้าและส่งข้อมูลมาเก็บไว้ยังเครื่องแม่ข่ายส่วนกลางโดยใช้ไมโครคอนโทรเลอร์ ESP-32S ร่วมกับ Current transformers sensor และ Digital meter

มีระบบแจ้งเตือนทางอีเมล์หรือ Line Notify เมื่อมีการใช้ไฟฟ้าโดยที่ไม่มีคนอยู่ภายในห้องโดยใช้ไมโครคอนโทรเลอร์ ESP-32S ร่วมกับ PIR Motion sensor ในการส่งข้อมูลเข้ามาประมวลผล

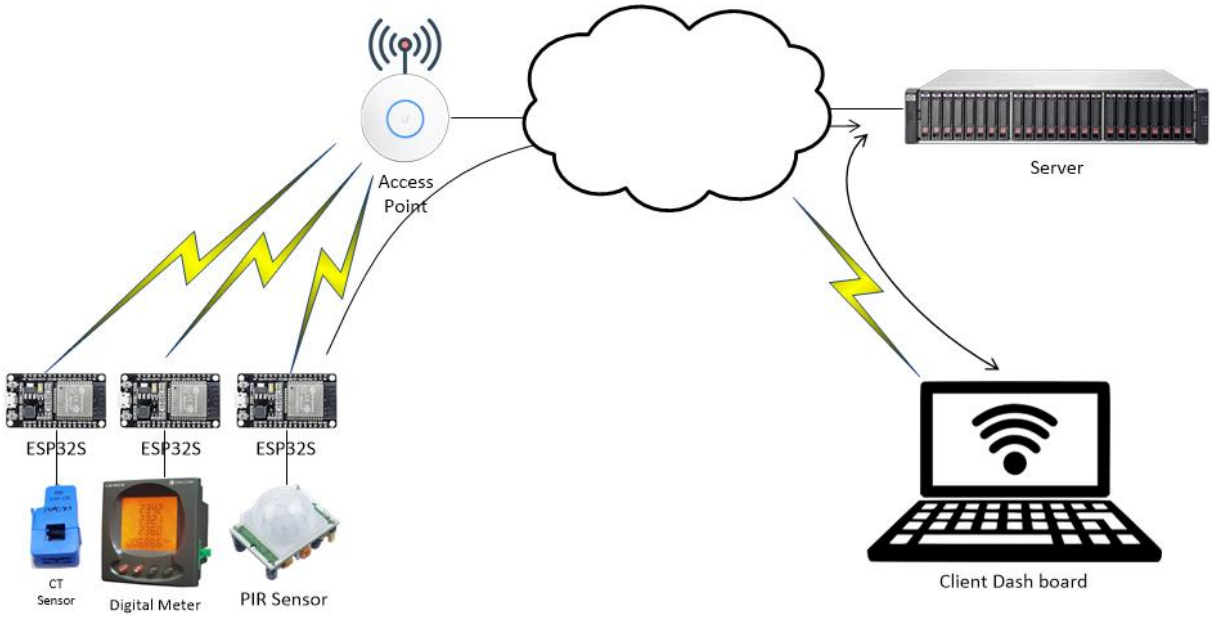
มีระบบ Dashboard แสดงค่าการใช้งานกระแสไฟฟ้าในแต่ละห้องและการใช้กระแสไฟฟ้ารวมทั้งอาคาร



ภาพที่ 1 - 1 แสดงแผนผังการวางจุดติดตั้งอุปกรณ์เซ็นเซอร์บริเวณชั้นที่ 4

4. วิธีการดำเนินการวิจัย (Research methodology)

การดำเนินการวิจัยจะมีการเก็บข้อมูลการใช้กระแสไฟฟ้าของห้องต่างๆ และเก็บข้อมูลการเคลื่อนไหวภายในห้องเพื่อนำข้อมูลเหล่านี้มาจัดเก็บที่เครื่องแม่ข่ายส่วนกลางสำหรับใช้ในการประมวลผลต่อไป โดยมีการเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ ดังภาพที่ 1-2



ภาพที่ 1 - 2 แสดงการเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายในระบบ

4.1. ใช้ ESP-32S เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์ที่รองรับการเชื่อมต่อ WiFi และ Bluetooth 4.2 BLE ในตัว ทำงานแบบ Dual Core ที่ความเร็ว 160 MHz มี SRAM 512KB รองรับการเชื่อมต่อรอมภายนอกสูงสุด 16MB มีความละเอียดในการอ่านค่า ADC (Analog to Digital Converter) 12Bit สามารถเขียนโปรแกรม ผ่าน Arduino IDE เหมือนเขียน Arduino ได้ โดยในงานวิจัยนี้จะนำมาใช้สำหรับประมวลผลข้อมูลที่ได้จากเซ็นเซอร์ต่าง ๆ และส่งข้อมูลต่อไปยังเครื่องแม่ข่ายส่วนกลาง

ภาพที่ 1 - 3 NodeMCU ESP32s

4.2 เซ็นเซอร์ตรวจวัดค่าต่างๆ ได้แก่ CT Sensor (30A Max, 50A Max, 100A Max) , PIR Motion Sensor และ Digital Meter เพื่อนำมาวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าและการทำระบบการแจ้งเตือน

ภาพที่ 1 - 4 อุปกรณ์ Sensor ตรวจวัดต่างๆ (CT Sensor, PIR Motion Sensor, Digital Meter)

4.3 การเชื่อมต่ออุปกรณ์เซ็นเซอร์ในการส่งข้อมูลจะใช้ระบบเครือข่ายไร้สายที่ทางคณะวิทยาการสารสนเทศติดตั้งอุปกรณ์กระจายสัญญาณ (Access Point) ตามจุดต่าง ๆ ครอบคลุมทั้งอาคารแล้ว

4.4 ติดตั้งระบบฐานข้อมูล (DBMS) และระบบให้บริการเว็บไซต์ (WWW) สำหรับเก็บข้อมูลและแสดงผลที่ได้จากอุปกรณ์เซ็นเซอร์ที่ติดตั้งตามจุดต่าง ๆ และการทำระบบแจ้งเตือนทางอีเมล์หรือ Line Notify

5. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

5.1 การพัฒนาองค์ความรู้พื้นฐาน เกี่ยวกับขีดความสามารถและข้อจำกัดของอุปกรณ์

5.2 Dashboard สำหรับเจ้าหน้าที่ใช้เฝ้าดูและวิเคราะห์ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าได้อย่างถูกต้อง ทำให้เจ้าหน้าที่ทราบสาเหตุของปัญหาการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างสิ้นเปลือง

6. แผนการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	๒๕๖๓	๒๕๖๔						
	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.
๑. จัดเตรียมเครื่องมืออุปกรณ์และวัสดุสำหรับการวิจัย	■							
๒. วิเคราะห์และออกแบบระบบ		■	■	■				
๓. ศึกษา Hardware Micro Controller		■	■	■				
๔. ศึกษา CT Sensor		■	■	■				
๕. ศึกษา Motion Sensor		■	■	■				
๖. ศึกษา Digital Meter		■	■	■				
๗. พัฒนาระบบ			■	■	■	■		
๘. ทดสอบระบบ						■	■	
๙. จัดทำคู่มือและเอกสารประกอบ							■	■
๑๐. จัดทำและส่งรายงานฉบับสมบูรณ์							■	■

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1.1. ความรู้เบื้องต้นกำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้า

การวิจัยนี้ต้องใช้ความรู้เบื้องต้นทางด้านกำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้าเป็นส่วนสำคัญในการดำเนินงาน ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาจากหนังสือของ เจน สงสมพันธ์ (2537) เรื่อง “เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ 1” หนังสือของ Robert L. Boylested, Louis Nashelsky เรื่อง Electronics Devices and Circuit พิมพ์ครั้งที่ 7 และเอกชัย ชัยดี (2557) เรื่อง “ระบบไฟฟ้ากำลัง” ซึ่งได้อธิบายถึงความรู้เบื้องต้นทางด้านกำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้า ตามหัวข้อดังนี้

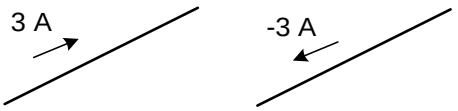
1.1.1. ประจุและกระแส (Charge and Current)

ประจุเป็นปริมาณพื้นฐานที่สุดทางไฟฟ้า หน่วยที่ใช้วัดปริมาณนี้คือ คูลอมบ์ (Coulomb) และใช้ตัวย่อเป็น C สัญลักษณ์ที่ใช้แทนประจุมีสองแบบ Q และ q โดยที่ สัญลักษณ์ตัวพิมพ์ใหญ่ใช้แทนปริมาณที่มีค่าคงที่ ส่วนตัวพิมพ์เล็กจะใช้แทนปริมาณที่มีค่าเปลี่ยนแปลงตามเวลา การแทนในลักษณะนี้จะใช้กับปริมาณทางไฟฟ้าอื่น ๆ ด้วยเช่นกัน

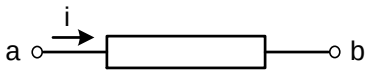
กระแสถูกนิยามไว้ว่าเป็น อัตราการเปลี่ยนแปลงค่าประจุต่อเวลา หรือ อัตราการเคลื่อนที่ของประจุต่อเวลา

$$i = \frac{\partial q}{\partial t}$$

สัญลักษณ์ที่ใช้แทนกระแสคือ I หรือ i โดยมีหน่วยเป็น แอมป์แปร์ (Ampere) โดยที่ 1 A คือ ประจุที่เคลื่อนที่ด้วยอัตรา 1 C/s กระแสเป็นปริมาณที่มีทั้งขนาดและทิศทาง ค่าของกระแสเป็นได้ทั้งบวกและลบ (ภาพที่ 2 - 1) โดยที่ค่าลบก็คือค่ากระแสบวกซึ่งมีทิศทางตรงกันข้ามกับทิศทางที่กำหนดมาให้ในตอนแรก ซึ่งกระแสที่ไหลเข้าขั้ว A จะมีค่าเท่ากับกระแสที่ไหลออกจากขั้ว B เสมอ ไม่มีกระแสเหลือตกค้างในอิลิเมนท์ (ภาพที่ 2 - 1)

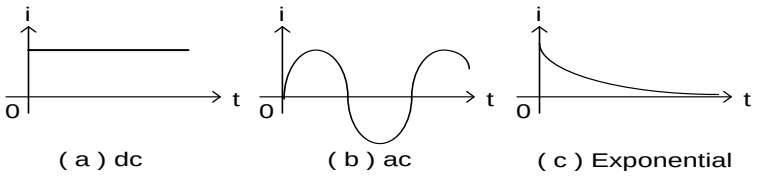


ภาพที่ 2 - 1 การเขียนรูปแทนกระแสในวงจรซึ่งต้องมีทั้งขนาด (3 A และ -3 A) และทิศทาง(ใช้สัญลักษณ์ลูกศรเขียนขนานไปกับเส้นที่เป็นส่วนของวงจร)



ภาพที่ 2 - 2 กระแสไหลผ่านอิลิเมนท์

กระแสสามารถมีรูปแบบได้หลายๆอย่าง โดยหลักๆมีอยู่ 3 แบบคือ กระแสตรง (Direct Current หรือ DC หรือ dc) กระแสสลับ (Alternating Current หรือ AC หรือ ac) และกระแสเอ็กซ์โปเนนเชียล (Exponential Current) (ภาพที่ 2 - 3) แสดงรูปแบบของกระแสทั้งสามแบบข้างต้น แต่ที่เราจะให้ความสนใจในงานวิจัยนี้คือไฟฟ้ากระแสสลับ



ภาพที่ 2 - 3 รูปแบบของกระแส

1.1.2. กฎของโอห์ม

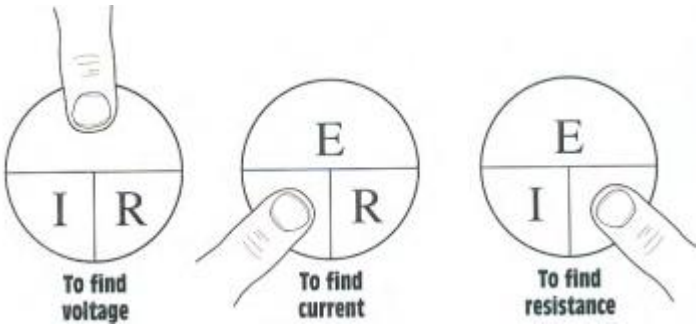
กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรไฟฟ้าได้นั้น เกิดจากแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับวงจรและปริมาณกระแสไฟฟ้าภายในวงจรจะถูกจำกัดโดยความต้านทานไฟฟ้าภายในวงจรไฟฟ้านั้น ๆ ดังนั้นปริมาณกระแสไฟฟ้าภายในวงจรจะขึ้นอยู่กับแรงดันไฟฟ้าและค่าความต้านทานของวงจร โดยกล่าวว่า “กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรจะแปรผันตรงกับแรงดันไฟฟ้าและแปรผกผันกับค่าความต้านทานไฟฟ้า” (ภาพที่ 2 - 4)

จากกฎของโอห์มซึ่งจะกล่าวถึงความสัมพันธ์ของค่าทางไฟฟ้า 3 ค่า [5] คือ

1 แรงดันไฟฟ้า E มีหน่วยเป็นโวลต์ (Volt) สัญลักษณ์ V

2 กระแสไฟฟ้า I มีหน่วยเป็นแอมแปร์ (Ampere) สัญลักษณ์ A

3 ความต้าน R ทานมีหน่วยเป็น โอห์ม (Ohm) สัญลักษณ์ Ω



ภาพที่ 2 - 4 การหาค่าแรงดันกระแสและความต้านทาน จากกฎของโอห์ม

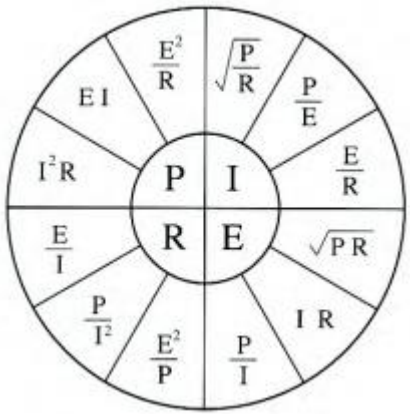
โดยกฎของโอห์มได้กล่าวถึงค่าความสัมพันธ์ของค่าทางไฟฟ้า 3 ค่า นี้ไว้ว่า

1. แรงดันไฟฟ้าขนาดหนึ่งโวลต์ หมายถึงค่าของแรงดันไฟฟ้าที่สามารถดันกระแสไฟฟ้าขนาดหนึ่งแอมแปร์ให้ ไหลผ่านความต้านทานหนึ่งโอห์มไปได้

2. กระแสไฟฟ้าขนาดหนึ่งแอมแปร์ หมายถึงค่าของกระแสไฟฟ้าสามารถดันให้ผ่านความต้านทานขนาดหนึ่งโอห์มไปได้

3. ความต้านทานขนาดหนึ่งโอห์มหมายถึงค่าความต้านทานที่ยอมให้กระแสไฟฟ้าขนาดหนึ่งแอมแปร์ที่ถูกแรงดันไฟฟ้าที่มีค่าหนึ่งโวลต์ดันให้ผ่านไปได้

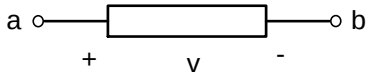
การหาค่ากระแสไฟฟ้า แรงดัน ความต้านทาน และกำลังทางไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กัน การคำนวณเพื่อหาค่าจะต้องทราบค่าอย่างน้อย 2 ค่าจึงจะหาค่าที่ต้องการได้ ตัวอย่างเช่น ต้องการทราบค่าความต้านทาน จะต้องทราบค่าแรงดันและกระแส หรือต้องการทราบค่ากำลังทางไฟฟ้าจะต้องทราบค่าของแรงดันและกระแส นอกจากนี้ยังมีค่ากำลังไฟฟ้าที่ต้องการใช้ไปในการทำให้เกิดเป็นพลังงานรูปต่าง ๆ เข้ามาอีกด้วย เช่นพลังงานแสงสว่าง พลังงานความร้อน พลังงานกล เป็นต้น ในระยะเวลาที่จำกัด โดยกำลังไฟฟ้า (P) มีหน่วยเป็นวัตต์ (Watt:W) จากความสัมพันธ์ดังกล่าวสามารถสรุปเป็นสูตรเพื่อใช้ในการหาค่าต่าง ๆ ได้ดังนี้ (ภาพที่ 2 - 5)



ภาพที่ 2 - 5 สูตรที่ใช้ในการหาค่าแรงดัน กระแส ความต้านทานและกำลังไฟฟ้า

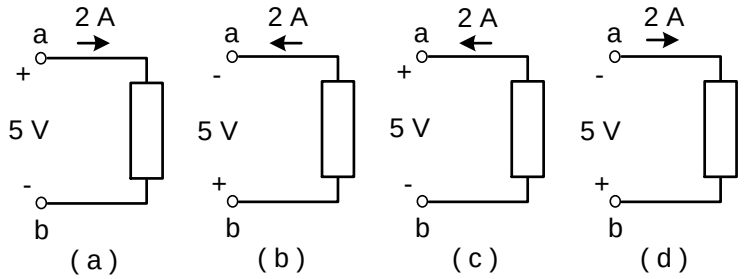
1.1.3. แรงดันไฟฟ้า, พลังงาน, และกำลังไฟฟ้า (Voltage, Energy, and Power)

แรงดันไฟฟ้าหรือมักจะเรียกกันสั้นๆ ว่า แรงดัน จะปรากฏระหว่างจุดสองจุดในวงจรเสมอ โดยที่นิยามของแรงดันคือ งาน (Work) ที่ต้องการใช้ในการเคลื่อนย้ายประจุบวกจำนวน 1 C จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง หน่วยสำหรับวัดขนาดของแรงดันคือ โวลท์ (Volt คำย่อคือ V) โดยที่ 1 V จะเท่ากับ 1 J/C นั่นเอง สัญลักษณ์ที่ใช้แทนแรงดันคือ V หรือ v และใช้เครื่องหมาย + และ - สำหรับการระบุขั้ว โดยมีข้อตกลงว่าขั้วบวกจะเป็นขั้วที่มีแรงดันสูงกว่าขั้วลบ (ภาพที่ 2-6) ซึ่งมีความหมายว่าถ้าต้องการเคลื่อนย้ายประจุจากจุดหรือขั้ว B ไปยังขั้ว A จะต้องใช้งานเป็นจำนวน v J.



ภาพที่ 2 - 6 การเขียนรูปแทนแรงดัน

การเคลื่อนย้ายประจุต้องใช้พลังงาน การที่เราจะทราบว่า พลังงานถูกจ่ายเข้าไปให้กับอิลิเมนท์หรืออิลิเมนท์เป็นตัวจ่ายพลังงานออกมาให้กับอิลิเมนท์อื่น ๆ ของวงจรนั้น เราจะพิจารณาจากกระแสและแรงดันที่อิลิเมนท์นั้น ๆ โดยมีข้อตกลงว่า ถ้ามีกระแสค่าบวกวิ่งเข้าหาขั้วบวกของอิลิเมนท์ หมายความว่า มีการถ่ายเทพลังงานจากภายนอกเข้าสู่อิลิเมนท์ หรืออีกนัยหนึ่งอิลิเมนท์ดูดซับ (Absorb) พลังงานนั้นไว้ ในทางกลับกัน ถ้ากระแสค่าบวกวิ่งออกจากขั้วบวกของอิลิเมนท์ จะหมายความว่า อิลิเมนท์จ่าย (Deliver) พลังงานออกมาให้กับอิลิเมนท์อื่น ๆ ของวงจร (ภาพที่ 2-7) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับกระแสโดย (a) และ (b) แสดงกระแสค่าบวก 2 A วิ่งเข้าทางขั้วบวกของอิลิเมนท์ (แรงดันต้องมีค่าบวกด้วย) นั่นคือ อิลิเมนท์นี้กำลังดูดรับพลังงานไว้ ส่วนภาพที่ 2-7 (c) และ (d) แสดงกระแสค่าบวก 2 A วิ่งออกจากขั้วบวกของอิลิเมนท์ (แรงดันยังคงมีค่าเป็นบวก) หมายถึง อิลิเมนท์นี้กำลังจ่ายพลังงานออกมาให้กับอิลิเมนท์ในส่วนอื่น ๆ ของวงจร



ภาพที่ 2 - 7 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับกระแส

ในทางวิศวกรรมไฟฟ้า เรามักจะไม่ค่อยได้ใช้เทอมพลังงานในการวิเคราะห์วงจร แต่เราจะใช้เทอมกำลังไฟฟ้า กันมากกว่า โดยที่กำลังไฟฟ้าถูกนิยามไว้ว่าเป็น อัตราการใช้พลังงานในการเคลื่อนย้ายประจุ หรือพลังงานต่อเวลา กำลังไฟฟ้ามีหน่วยเป็น วัตต์ (Watt) ตัวย่อเป็น W ซึ่ง 1 W = 1J/s ใช้สัญลักษณ์แทนกำลังไฟฟ้าเป็น P หรือ p จากนิยามของพลังงาน, แรงดันและกระแส จะได้ว่า

P = V (RMS) x I (RMS)

V(RMS), I(RMS) คือ ค่าแรงดันและค่ากระแสเฉลี่ย (root mean square) ตามลำดับ

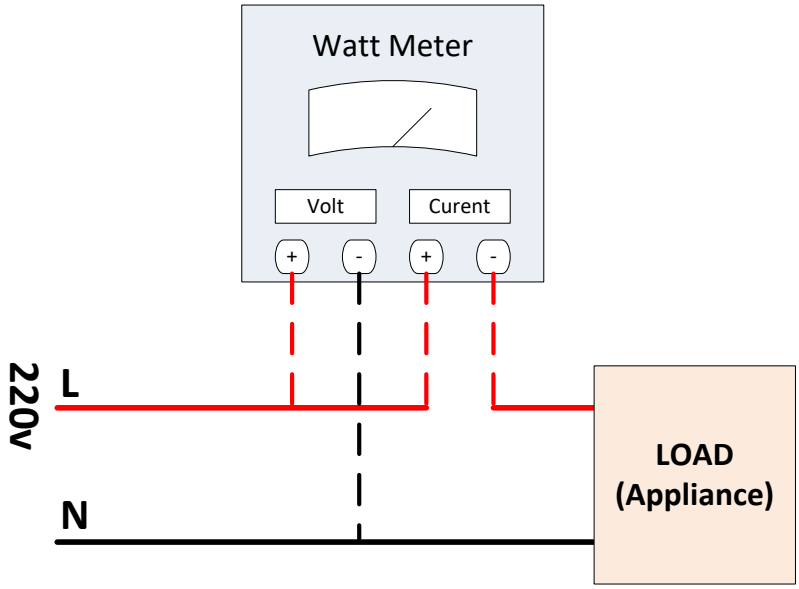
นั่นคือ กำลังไฟฟ้าได้จากการคูณกันของแรงดันกับกระแส และ กำลังไฟฟ้ามีค่าเป็นได้ทั้งค่าบวกและค่าลบซึ่งขึ้นกับค่าของ v และ i โดยมีข้อตกลงกันว่ากำลังไฟฟ้าค่าเป็นบวก หมายถึง อิลิเมนท์ดูดรับหรือใช้กำลังไฟฟ้า และค่าเป็นลบ หมายถึง อิลิเมนท์จ่ายกำลังไฟฟ้าออกมา กล่าวโดยสรุป ถ้ามีกระแสค่าบวกวิ่งเข้าทางขั้วบวกของอิลิเมนท์และค่าแรงดันที่อิลิเมนท์นั้นเป็นค่าบวกด้วย อิลิเมนท์นั้นกำลังดูดรับกำลังไฟฟ้าขนาด p = vi ถ้าเป็นกรณีอื่น อิลิเมนท์นั้นกำลังจ่ายกำลังไฟฟ้าขนาด p = vi ออกมาให้กับวงจรภายนอก คำกล่าวที่ว่า ดูดรับกำลังไฟฟ้าและจ่ายกำลังไฟฟ้า สามารถกล่าวสลับกันได้ในกรณีที่ค่าของกำลังไฟฟ้าเป็นค่าลบ เช่น การกล่าวว่าอิลิเมนท์กำลังจ่ายกำลังไฟฟ้า -10 W จะมีความหมายเช่นเดียวกันกับการกล่าวว่า อิลิเมนท์นั้นกำลังดูดรับกำลังไฟฟ้า 10 W

1.1.4. การวัดกำลังไฟฟ้า

ในการวัดกำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้าสามารถวัดได้โดยใช้ วัตต์มิเตอร์ (Watt meter) หรือ เพาเวอร์มิเตอร์ (Power meter) โดยการวัดจะต้องต่อขั้วไฟให้ถูกต้อง ซึ่งเราจะอ่านค่าของกำลังไฟฟ้าได้โดยตรงจากวัตต์มิเตอร์ (ภาพที่ 2-8)

ภาพที่ 2 - 8 อุปกรณ์วัตต์มิเตอร์ (ที่มา Lutron Electronic Enterprise Co., Ltd.)

การวัดกำลังไฟฟ้า ทำได้โดยการ ต่อให้ขั้วเสียบของช่องกระแสไฟฟ้าของเครื่องวัตต์มิเตอร์ต่อในลักษณะที่ให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านเครื่องวัตต์มิเตอร์ก่อนที่จะไหลไปยังเครื่องใช้ไฟฟ้า ในขณะที่ขั้วเสียบของช่องแรงดันไฟฟ้าให้ต่อคร่อมแหล่งจ่ายที่จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้แก่เครื่องใช้ไฟฟ้า ดังนั้น วัตต์มิเตอร์จึงเป็นทั้งแอมมิเตอร์ และโวลต์มิเตอร์ในตัวเดียวกัน (ภาพที่ 2-9)



ภาพที่ 2 - 9 ลักษณะการต่ออุปกรณ์วัตต์มิเตอร์ เพื่อวัดค่ากำลังไฟฟ้า

ในการวัดค่าพลังงานไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับนี้ จะมีความซับซ้อนมากกว่าการวัดอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรง เพราะทิศทางการไหลของกระแสจะเปลี่ยนไป เมื่อเวลาเปลี่ยนแปลงไป ดังนั้น การหาค่าความต่างศักย์หรือแรงดันไฟฟ้าและค่ากระแส จึงต้องคิดในรูปของรากของกำลังสองเฉลี่ย (RMS) เพื่อกำจัดการเปลี่ยนทิศทางการไหลของกระแส โดยต้องทราบถึงชนิดของอุปกรณ์ไฟฟ้า ที่ใช้กำลังไฟฟ้ากระแสสลับว่ามีลักษณะการใช้ไฟเป็นประเภทไหน โดยแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ Linear load ตัวอย่างเช่น หลอดไส้ (Incandescent lamp) และ Non-linear load ตัวอย่างเช่น หลอดฟลูออเรสเซนต์, อิเล็กทรอนิกส์บัลลาสต์, คอมพิวเตอร์, จอคอมพิวเตอร์ และโทรทัศน์ เป็นต้น ซึ่งอุปกรณ์ไฟฟ้าแต่ละประเภทจะมีลักษณะของการใช้กระแสไฟฟ้าที่แตกต่างกัน (ภาพที่ 2-10)

ภาพที่ 2 - 10 คุณสมบัติของการใช้กระแสไฟฟ้าของ Linear load (หลอดไส้) และ Non-linear load (คอมพิวเตอร์) (ที่มา Leonics Co., Ltd.)

การวัดค่ากำลังไฟฟ้ากระแสสลับของอุปกรณ์ไฟฟ้า จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า Power meter ซึ่งจะวัดแรงดันและกระแสในเวลาเดียวกัน และคำนวณกำลังไฟฟ้าเป็นหน่วยวัตต์ออกมา ดังภาพที่ 2-11 แสดงการวัดค่ากำลังไฟฟ้าของจอคอมพิวเตอร์ขนาด 17" โดยใช้ Power meter

ภาพที่ 2 - 11 การใช้ Power Meter วัดค่ากำลังไฟฟ้าของจอคอมพิวเตอร์ 17" (ที่มา Leonics Co., Ltd.)

เราสามารถวัดค่ากำลังไฟฟ้ากระแสสลับของจอคอมพิวเตอร์ขนาด 17" ในหน่วยของวีเอ (VA) ได้เช่นกัน โดยวัดค่าแรงดัน (RMS) และค่ากระแส (RMS) แล้วนำมาคูณกัน และคำนวณกำลังไฟฟ้าเป็นหน่วยวีเอ ดังตัวอย่างในภาพที่ 2-12 ซึ่งวัดค่าแรงดันไฟฟ้าได้ 229.3 V และค่ากระแสไฟฟ้าได้ 1.10 A ดังนั้น ค่ากำลังไฟฟ้าในหน่วย VA จะเท่ากับค่าแรงดันไฟฟ้าคูณกับค่ากระแสได้ 252.23 VA

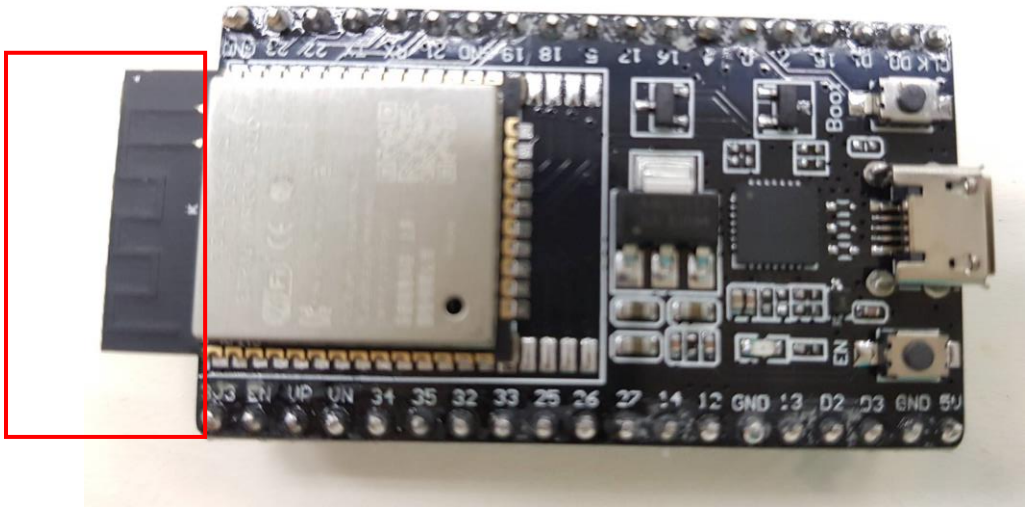
ภาพที่ 2 - 12 การวัดแรงดันและกระแสไฟฟ้าของจอคอมพิวเตอร์ขนาด 17" (ที่มา Leonics Co., Ltd.)

1.2. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับระบบเครือข่ายไร้สายและเครื่องแม่ข่าย

ในงานวิจัยนี้ใช้ระบบเครือข่ายไร้สายของคณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยบูรพา ซึ่งมีการติดตั้งครอบคลุมพื้นที่ภายในอาคารคณะวิทยาการสารสนเทศแล้ว แต่เนื่องจากอุปกรณ์เซ็นเซอร์และไมโครคอนโทรเลอร์สำหรับใช้ในการส่งข้อมูลตามจุดต่าง ๆ เช่น ภายในห้องไฟฟ้านั้น อยู่ในบริเวณที่มีการปิดทึบและอยู่ภายในตู้ควบคุมอีกชั้น ดังนั้นการส่งข้อมูลที่ต้องอาศัยการเชื่อมต่อระบบเครือข่ายไร้สาย จำเป็นที่จะต้องมีการขยายเสาสัญญาณเพื่อให้สามารถรับ/ส่งข้อมูลได้เสถียรขึ้น โดยผู้วิจัยต้องศึกษาเสาขยายสัญญาณแบบต่าง ๆ ที่นำมาใช้กับอุปกรณ์ไมโครคอนโทรเลอร์ ESP32 ดังนี้

1.2.1. PCB antenna (on-board antenna)

เสาอากาศในรูปแบบแผงวงจร (PCB) นิยมใช้ภายในอาคาร สามารถขยายสัญญาณได้ไม่ไกลมากนัก



ภาพที่ 2 - 13 เสาอากาศในรูปแบบแผงวงจร (PCB)

1.2.2. เสาอากาศแบบขดลวด Helical Antenna

เสาอากาศแบบขดลวดมีใช้กับโมดูลสื่อสารไร้สายที่หลายย่านความถี่ เช่น ใช้ความถี่ 433MHz อัตราขยายของเสาอยู่ที่ 2.2dBi หรือใช้ย่ายความถี่ 868/915MHZ กำลังขยาย 2 dBi ดังนั้นการเลือกใช้งานต้องตรวจสอบอุปกรณ์ว่ารองรับย่านความถี่ของเสาสัญญาณที่จะซื้อหรือไม่

1.2.3. IPEX connector

หัวเชื่อมต่อแบบ IPEX สามารถใช้งานได้หลากหลายกับโมดูลสื่อสารไร้สายที่หลายย่านความถี่ โดยในงานวิจัยนี้ใช้ IPEX connector ที่ย่านความถี่ 2.4GHz ร่วมกับอุปกรณ์ไมโครคอนโทรเลอร์ ESP32 (ESP32-wroom-32U) เพื่อขยายสัญญาณเครือข่ายให้แรงขึ้น

ภาพที่ 2 - 14 หัวเชื่อมต่อแบบ IPEX สำหรับเสาสัญญาณย่านความถี่ 2.4GHz ที่ใช้กับอุปกรณ์ ESP32 (ESP32-wroom-32D)

1.3. อุปกรณ์วัดและแสดงผลไฟฟ้า Electrical Energy Meter Panel (CVM-NRG96)

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดและแสดงผลข้อมูลการใช้ไฟฟ้าทั้งในรูปแบบ กิโลวัตต์/ชั่วโมง (kWatt/h) การใช้กระแส (A), แรงดัน (V), ความถี่ของไฟฟ้า (Hz), Active power, Reactive Power, Apparent Power ฯลฯ โดยจะแสดงผลจอ LCD ที่อยู่ภายในตัวเครื่อง มีโมดูลสื่อสารที่สามารถเชื่อมต่อเพื่อดึงข้อมูลมาเก็บไว้ในแหล่งอื่นได้ผ่านช่องทาง RS485 และสามารถใช้งาน Modbus RTU protocol ได้ ซึ่งปัจจุบันคณะวิทยาการสารสนเทศมีการติดตั้งอุปกรณ์ชนิดนี้อยู่ภายในตู้ไฟฟ้าตามชั้นต่าง ๆ เพื่อตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยมีระบบ Building Automation System (BAS) ทำการเก็บข้อมูล แต่ด้วยข้อจำกัดในการแสดงผล

และข้อจำกัดในการเข้าไปพัฒนาต่อยอดของระบบทำให้ข้อมูลที่เก็บไม่สามารถนำมาใช้งานได้จริง ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์เหล่านี้เพื่อดึงข้อมูลมาเก็บไว้ในระบบฐานข้อมูลและใช้ในการแสดงผลต่อไป โดยใช้การเชื่อมต่อผ่านโมดูล RS485 ใช้ Modbus RTU protocol ในการสื่อสารและมีค่า MODBUS VARIABLES Registry Address ที่ใช้ดังนี้

ตารางที่ 2 - 1 ข้อมูลค่า MODBUS© memory map ของอุปกรณ์วัดและแสดงผลไฟฟ้า CVM-NRG96

Magnitude	Registry Address
Voltage Phase VL1	0x00
Voltage Phase VL2	0x0A
Voltage Phase VL3	0x14
Current AL1	0x02
Current AL2	0x0C
Current AL3	0x16
Active Power kW L1	0x04
Active Power kW L2	0x0E
Active Power kW L3	0x18
Active Energy 3 Phase	0x3C

ภาพที่ 2 - 15 อุปกรณ์วัดและแสดงผลไฟฟ้า Electrical Energy Meter Panel (CVM-NRG96)

1.4. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการสื่อสารด้วยโพรโทคอล Modbus

[ดร.ธีรเชษฐ์ สูรพันธุ์ และ ณฐพล ตันสังวร การสื่อสารในงานอุตสาหกรรมด้วยโพรโทคอล Modbus]

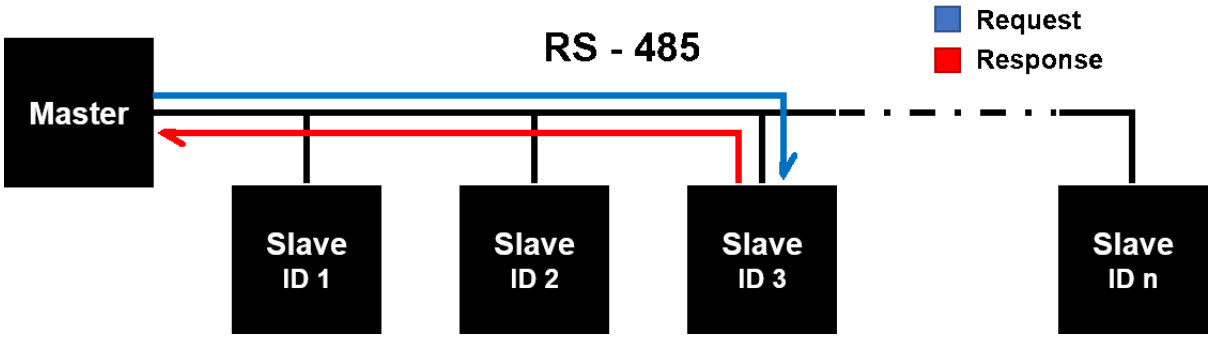
การสื่อสารตามมาตรฐาน Modbus เป็นหนึ่งในมาตรฐานการสื่อสารแบบอนุกรม (Serial Communications protocol) ที่ใช้งานอย่างแพร่หลายในระบบอัตโนมัติอุตสาหกรรม (Industrial Automation Systems : IAS) เพื่อสร้างการเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ต่างๆ เช่น อุปกรณ์ควบคุมพีแอลซี (Programmable Logic Controllers : PLC) อุปกรณ์ตรวจวัด (Sensor) อุปกรณ์เครื่องกล อุปกรณ์ขับเร้า (Actuator) หน่วยตรวจวัดระยะไกล (Remote Terminal Unit : RTU) รวมถึงระบบคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการควบคุมและแสดงสถานะของอุปกรณ์ต่างๆ (Supervisory control and Data acquisition : SCADA)

Modbus ถูกพัฒนาขึ้นในปีค.ศ. 1979 โดยบริษัท Modicon (ปัจจุบันคือ Schneider Electric) เป็นโพรโทคอลที่ถูกใช้กันอย่างกว้างขวางในงานอุตสาหกรรมเนื่องจากความง่ายในการใช้งานและมีความน่าเชื่อถือ

ในปัจจุบันนี้การสื่อสารสามารถแบ่งได้เป็น 2 ระบบคือ Modbus RTU และ Modbus TCP โดยความแตกต่างอยู่ที่โพรโทคอลการสื่อสารที่ใช้

ในระบบ Modbus RTU จะใช้โพรโทคอลการสื่อสารแบบอนุกรม (Serial-based Protocol) ในขณะที่ระบบ Modbus TCP จะใช้โพรโทคอลการสื่อสารแบบอีเทอร์เน็ต (Ethernet-based Protocol) ซึ่งทั้งสองแบบจะแตกต่างกันตรงที่ความเร็วและระยะทางในการรับส่งข้อมูล โดย Modbus RTU สามารถรับส่งได้ระยะทางสูงสุดถึง 1.2 กิโลเมตร (ที่ความเร็ว 57.6 kbps) ในขณะที่ Modbus TCP สามารถรับส่งได้ที่ความเร็ว สูงสุดถึง 100 Mbps (ที่ระยะทาง 100 เมตร)

1.4.1. Modbus RTU



ภาพที่ 2 - 16 การสื่อสารแบบอนุกรมด้วย RS – 485 สำหรับ Modbus RTU

Modbus RTU คือ โพรโทคอลที่ใช้การสื่อสารแบบอนุกรม (Serial-based Protocol) ด้วยสถาปัตยกรรมการสื่อสารแบบ Master/Slave หรืออาจกล่าวได้ว่าอุปกรณ์ Slave จะไม่ส่งข้อมูล (Response) กลับมาจนกว่าจะมีการร้องขอ (Request) จากอุปกรณ์ Master ดังภาพที่ 2-16

Modbus RTU โดยทั่วไปจะใช้การสื่อสารในระดับกายภาพ (Physical Layer) แบบ RS-232 หรือ RS-485 ข้อมูลในโพรโทคอล Modbus จะถูกเก็บ 4 รูปแบบ คือ

- Output coils
- Input contacts
- Input registers
- Holding registers

โดย Output coils และ Input contacts แต่ละแอดเดรสจะเก็บค่าเพียง 1 บิต หรือมีค่าได้แค่ “0” กับ “1” เปรียบเสมือนค่าการเปิดและปิดของอุปกรณ์รีเลย์และสวิตช์ที่พบได้ในระบบงานอัตโนมัติอุตสาหกรรม

ในขณะที่ Input registers และ Holding registers สามารถเก็บค่าเป็นตัวเลขได้ถึง 16 บิต เปรียบเสมือนค่าที่มาจากอุปกรณ์ตรวจวัดที่ส่งข้อมูลแบบอนาล็อก (Analog)

การสื่อสารของข้อมูลในระบบ Modbus RTU จะรับส่งเป็นชุดข้อมูล โดยที่ใน 1 ชุดข้อมูลนั้นจะประกอบด้วยส่วน 6 ส่วน ดังแสดงในภาพที่ 2-17

Field Name	Bit length	Function
Start	28	At least 3.5 character times of silence (mark condition)
Address	8	Station address
Function	8	Indicates function code eg. read coils/holding registers
Data	n x 8	Data + length will be filled depending on message type
CRC	16	Cyclic Redundancy Check
End	28	At least 3.5 character times of silence between frames

ภาพที่ 2 - 17 ชุดข้อมูลสำหรับการสื่อสาร Modbus RTU

(1) เริ่มต้นด้วยชุดบิตเริ่มต้น (Start bits) อ้างอิงถึงการเริ่มต้นชุดข้อมูล

(2) ค่าตำแหน่งแอดเดรส (Address) ของอุปกรณ์ที่ต้องการสื่อสารด้วย

(3) ชุดสำหรับ Function Code

(4) ข้อมูลที่ต้องการ (Data)

(5) ชุดข้อมูลตรวจสอบความผิดพลาด (Cyclic Redundancy Check : CRC)

(6) ชุดบิตปิดท้าย (End bits) อ้างอิงถึงการสิ้นสุดข้อมูล

1.4.1.1. ฟังก์ชันการทำงานสำหรับ Modbus RTU (Function code)

ชุดฟังก์ชันการทำงานสามารถแบ่งหน้าที่ต่างๆ ได้ตามรหัส หรือ Function code รายละเอียดแสดงดังภาพที่ 2-18 โดยหลักๆ แล้วจะมีฟังก์ชันการทำงานอยู่ 2 แบบ คือ การอ่าน (Read) และเขียน (Write) โดยสามารถเลือกที่จะอ่านหรือเขียนข้อมูลไปยัง Coils หรือ Contacts สำหรับข้อมูลแบบดิจิตอล (Digital) หรือ “0” กับ “1” และ Registers สำหรับอ่านหรือเขียนข้อมูลแบบอนาล็อก โดยมีขนาด 16 บิต หรือ ตั้งแต่ 0000 ถึง FFFF

Function Code (DEC)	Action	Data Type	Object Type
01	Read	Single bit	Output Coils
05	Write Single	Single bit	Output Coils
15	Write Multiple	Single bit	Output Coils
02	Read	Single bit	Input Contacts
04	Read	Word (16bit)	Input Registers
03	Read	Word (16bit)	Holding Registers
06	Write Single	Word (16bit)	Holding Registers
16	Write Multiple	Word (16bit)	Holding Registers

ภาพที่ 2 - 18 รายละเอียดชุดข้อมูล Function Code

1.4.1.2. ตำแหน่งแอดเดรสของ Modbus RTU (Address)

ตำแหน่งแอดเดรสใน Modbus RTU จะมีขนาด 16 บิต หรือ 65535 ตำแหน่ง ในแต่ละรูปแบบการทำงาน ดังภาพที่ 2-19

- Output coils: ตำแหน่งแอดเดรสจะเริ่มต้นที่ 000001
- Input contacts: ตำแหน่งแอดเดรสจะเริ่มต้นที่ 100001
- Input registers: ตำแหน่งแอดเดรสจะเริ่มต้นที่ 300001
- Holding registers: ตำแหน่งแอดเดรสจะเริ่มต้นที่ 400001

หมายเหตุ สำหรับอุปกรณ์รุ่นเก่าอาจจะมีได้เพียง 9999 ตำแหน่งในแต่ละช่วง

Register Number (DEC)	Register Address (HEX)	Extended Register Number (DEC)	Extended Register Address (HEX)	Type	Object Type
00001-09999	0000 to 270E	000001-065535	0000 to FFFF	Read-Write	Output Coils
10001-19999	0000 to 270E	100001-165535	0000 to FFFF	Read-Only	Input Contacts
30001-39999	0000 to 270E	300001-365535	0000 to FFFF	Read-Only	Input Registers
40001-49999	0000 to 270E	400001-465535	0000 to FFFF	Read-Write	Holding Registers

ภาพที่ 2 - 19 ตำแหน่งแอดเดรสใน Modbus RTU โดยแบ่งตามรูปแบบการทำงาน

1.4.1.3. ชุดข้อมูล (Data)

ในส่วนชุดข้อมูล Data Field นั้นจะถูกแบ่งเป็น 2 ชุด ได้แก่

- ชุดคำสั่งสำหรับการอ่าน (Read Command) ตาม
- ชุดคำสั่งสำหรับการเขียน (Write Command) ตาม

โดยชุดคำสั่งทั้ง 2 จะถูกส่งจากอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็น Master เท่านั้น เพื่อสั่งการไปยังอุปกรณ์ Slave ที่ต้องการสื่อสาร

Read Command	
Request Message	start register address (2 bytes) + no. of registers (2 bytes)
Response Message	byte count (1 byte) + data (no. of registers * 2 bytes)

ภาพที่ 2 - 20 ชุดคำสั่งสำหรับการอ่าน (Read Command)

Write Command	
Request Message	start register address (2 bytes) + no. of registers (2 bytes) + byte count (1 byte) + data (no. of registers * 2 bytes)
Response Message	start register address (2 bytes) + no. of registers (2 bytes)

ภาพที่ 2 - 21 ชุดคำสั่งสำหรับการเขียน (Write Command)

1.5. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเซ็นเซอร์ชนิดต่าง ๆ

1.5.1. เซ็นเซอร์วัดกระแสไฟฟ้าแบบครอบ (Non-Invasive Current Sensor)

การวัดค่ากระแสไฟฟ้าโดยใช้เซ็นเซอร์วัดกระแสไฟฟ้าแบบครอบใช้หลักการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กเหมือนกับหม้อแปลงไฟฟ้า แต่เปลี่ยนให้ฝั่ง Primary เป็นสายไฟที่ต้องการวัดกระแสแทน และมีเพียงขดลวดฝั่ง Secondary เรียกว่า Current Transformer เมื่อเราจ่ายกระแสไฟฟ้าสลับไหลผ่านสายไฟ จะทำให้เกิดเส้นสนามแม่เหล็กเปลี่ยนแปลงไปมา และไปตัดกับขดลวดที่พันรอบแกน Inductive Sensor- ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้นเมื่อต่อกับโหลด ซึ่งจะวัดได้เฉพาะกระแสไฟฟ้า AC เท่านั้น กรณีที่จ่ายกระแสไฟฟ้า DC เข้าไปในสายไฟ จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็ก ซึ่งจะไม่เกิดการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็ก หลักการนี้สามารถนำไปใช้กับ Clamp meter

ภาพที่ 2 - 22 เซ็นเซอร์วัดกระแสไฟฟ้าแบบครอบ (Non-Invasive Current Sensor)

ในกรณีที่เราวัดกระแสไฟฟ้าที่ฝั่ง Secondary ได้ต่ำมาก เป็นเพราะโหลดกินกระแสน้อยมากเมื่อเทียบกับย่านที่ Current Transformer วัดได้ เช่น นำ Current Transformer ที่เหมาะสำหรับวัดในย่านกระแส 100A ไปใช้วัดกระแสที่หลอดไฟใช้ ซึ่งมีปริมาณน้อยมาก เมื่อเทียบกับย่านที่

เซ็นเซอร์วัดได้ ผู้ใช้ต้องเพิ่มสัญญาณให้มากกว่านี้ วิธีแก้ไขหนึ่งคือการ เพิ่มรอบขดลวดในฝั่ง Primary เพื่อลดอัตรา Turn Ratio ลง จากสูตร

$$T.R = \frac{N_p}{N_S} = \frac{I_S}{I_p}$$

โดย Np = รอบขดลวดในฝั่ง Primary

Ns = รอบขดลวดในฝั่ง Secondary

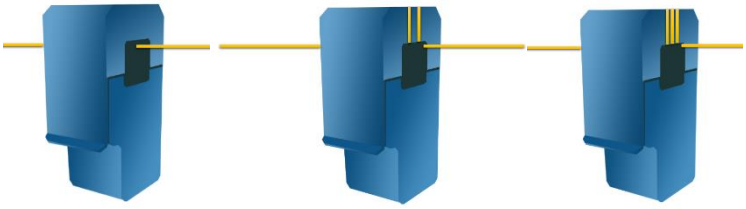
Ip = กระแสผ่านขดลวดฝั่ง Primary

Is = กระแสผ่านขดลวดฝั่ง Secondary

ยกตัวอย่างการใช้งาน Current transformer รุ่น SCT-013-000 ใน Datasheet ตาราง Technical Parameters จะเห็นได้ว่า วัดกระแสอินพุต (ฝั่ง Primary) ได้ตั้งแต่ 0-100A ถ้าต้องการปรับย่านการวัดลงมาที่ 50A ต้องพันสายไฟ 2 รอบ หรือถ้าต้องการลดย่านการวัดลงไปอีก จะต้องพันรอบพันสายไฟมากขึ้น ดังภาพ

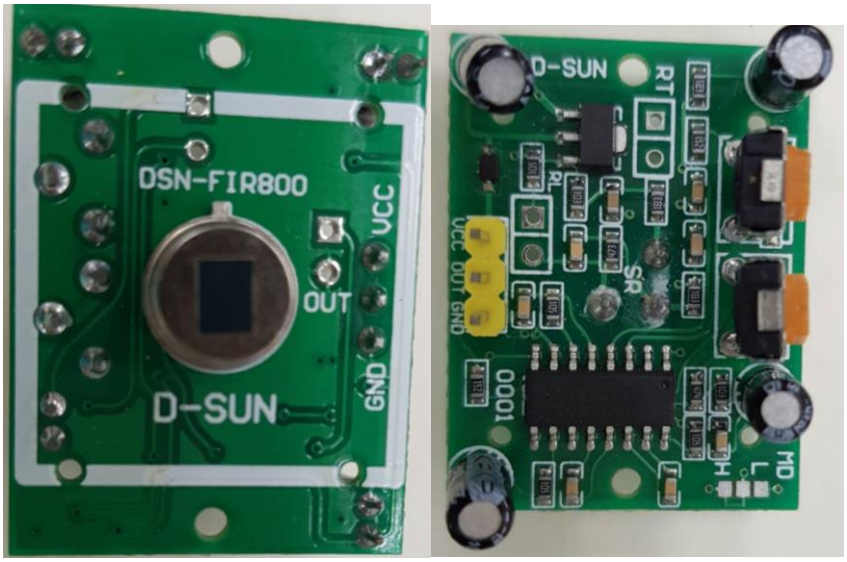
Table of technical parameters:

Model	SCT-013-000	SCT-013-005	SCT-013-010	SCT-013-015	SCT-013-020
Input current	0-100A	0-5A	0-10A	0-15A	0-20A
Output mode	Current/33m A	Voltage/1V	Voltage/1V	Voltage/1V	Voltage/1V
Model	SCT-013-025	SCT-013-030	SCT-013-050	SCT-013-060	SCT-013-070
Input current	0-25A	0-30A	0-50A	0-60A	
Output mode	Voltage/1V	Voltage/1V	Voltage/1V	Voltage/1V	



1.5.2. เซ็นเซอร์จับความเคลื่อนไหวแบบ Infrared

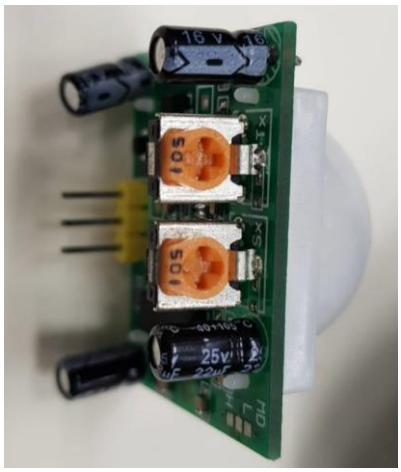
PIR Sensor เป็นเซ็นเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหวที่อาศัยหลักการที่ว่า สิ่งมีชีวิตจะปล่อยรังสีอินฟาเรดออกมา เซ็นเซอร์ตัวนี้จะตรวจจับรังสีอินฟาเรดที่เข้ามาตกกระทบบนตัวเซ็นเซอร์ และให้สัญญาณออกมาเป็นแบบดิจิตอล สามารถปรับความไว และหน่วงเวลาได้จากตัวต้านทานปรับค่าได้แบบเกือกม้า



ขา DATA จะให้เอาต์พุตออกมาในรูปของดิจิตอล สามารถปรับลักษณะของสัญญาณขาออกได้จากการเปลี่ยนจั้มเปอร์ มีรูปแบบสัญญาณเอาต์พุต 2 แบบ คือ

- สัญญาณแบบคลื่นพัลส์ต่อเนื่อง
- สัญญาณลอจิก 1 ค้างไว้ จนกว่าจะไม่สามารถจับความเคลื่อนไหวได้ จึงจะกลับมาเป็นลอจิก 0

ปุ่มปรับ Delay Time Adjust ใช้ปรับการหน่วงเวลาตรวจจับ หากปรับไวมาก จะทำให้ค้างสถานะ 1 ไว้นาน เนื่องจากการตรวจจับไม่ให้ผลแบบทันทีทันใด เมื่อตรวจจับพบ จะให้สถานะทางเอาต์พุตเป็น 1 ค้างไว้ เวลาที่ค้างไว้ขึ้นอยู่กับการปรับ Delay Time Adjust เมื่อหมดเวลาจึงตรวจจับอีกครั้ง หากตรวจจับไม่เจอก็จะให้สถานะเป็น 0 แต่หากจับเจอ จะค้างสถานะ 1 ไว้



ภาพที่ 2 - 23 ปุ่มปรับ Sensitivity Adjust ใช้ปรับความไว และระยะในการตรวจจับ

1.6. การเขียนโปรแกรมด้วยภาษาซีและ Arduino IDE

[Author: theeraphong https://www.tommology.com/author/theeraphong/]

Arduino อ่านว่า (อาดุยโน่ หรือ อา-ดู-อิ-โน่) เป็นแพลตฟอร์มอิเล็กทรอนิกส์แบบโอเพนซอร์สบนพื้นฐานของฮาร์ดแวร์และซอฟท์แวร์ที่ง่ายต่อการใช้งาน สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้หลายอย่าง เช่น ควบคุมอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็ก อ่านค่าเซ็นเซอร์วัดสภาพแวดล้อมต่างๆแล้วแสดงค่าที่เซ็นเซอร์สามารถอ่านได้ออกมาทางจอแสดงผล นำไปประยุกต์เข้าเป็นชิ้นงานทางอิเล็กทรอนิกส์เพื่ออำนวยความสะดวกในการใช้ชีวิตประจำวัน เป็นต้น โดยในงานวิจัยนี้เลือกใช้

ปัจจุบัน Arduino ถือได้ว่าเป็นแพลตฟอร์มที่ได้รับความนิยมสูงจากทั่วโลก เนื่องมากจากราคาของตัวบอร์ด Arduino ไม่ค่อยสูงมาก เป็นโอเพนซอร์สทั้งทางด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ คอมมิวนิตี้และฟออรัมน์ในการถามตอบเรื่องเกี่ยวกับการใช้งานร่วมกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ตัวอย่างโปรแกรมเบื้องต้นและไลบรารี่สำหรับใช้งาน และอื่นๆ ในแพลตฟอร์มของ Arduino ประกอบไปด้วยส่วนหลักๆ 2 ส่วน คือ

1.6.1. ส่วนของฮาร์ดแวร์

บอร์ด Arduinoเป็นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กที่มีไอซีหรือชิพประมวลผลของไมโครคอนโทรเลอร์ (Micro Controller Unit:MCU) ประกอบอยู่กับวงจรอิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ ตัวบอร์ดของ Arduino จะมีอยู่หลายโมเดลให้เลือกใช้ โดยบอร์ดแต่ละโมเดลจะมีความแตกต่างกันในเรื่องของคุณสมบัติจำนวนพอร์ตต่างๆสำหรับใช้งาน พื้นที่ในการเขียนโปรแกรม ขนาดของบอร์ด เป็นต้น (เปรียบเทียบบอร์ด Arduino แต่ละโมเดลได้จาก https://www.arduino.cc/en/Products/Compare)

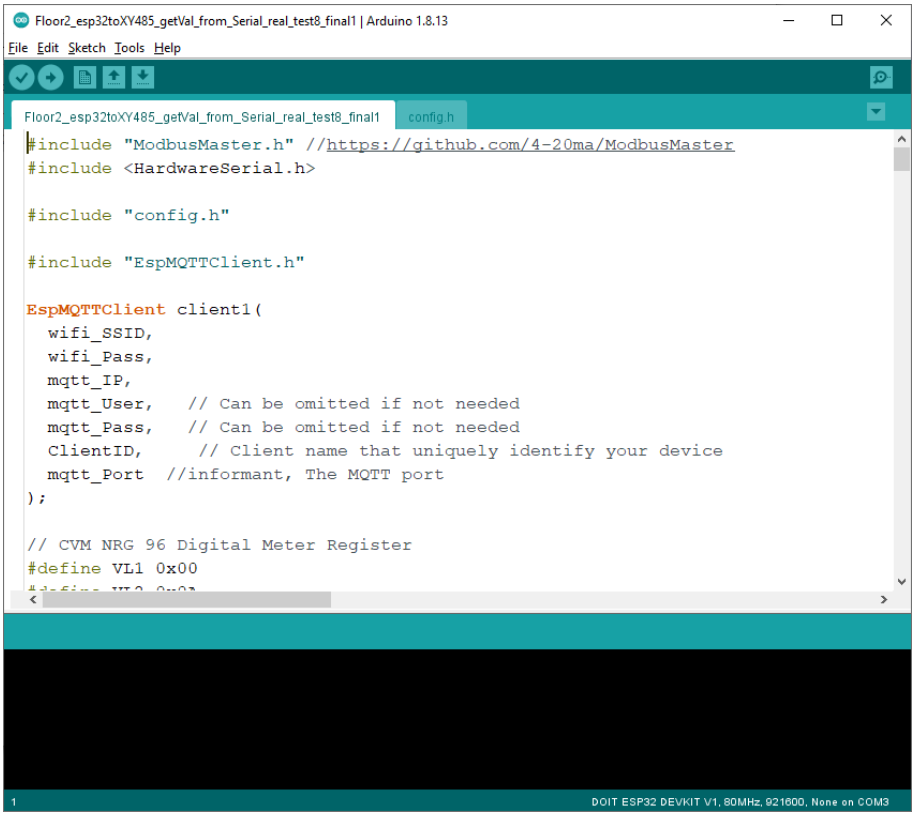
ภาพที่ 2 - 24 บอร์ด Arduino สำหรับผู้เริ่มต้น

ข้อดีของบอร์ด Arduino

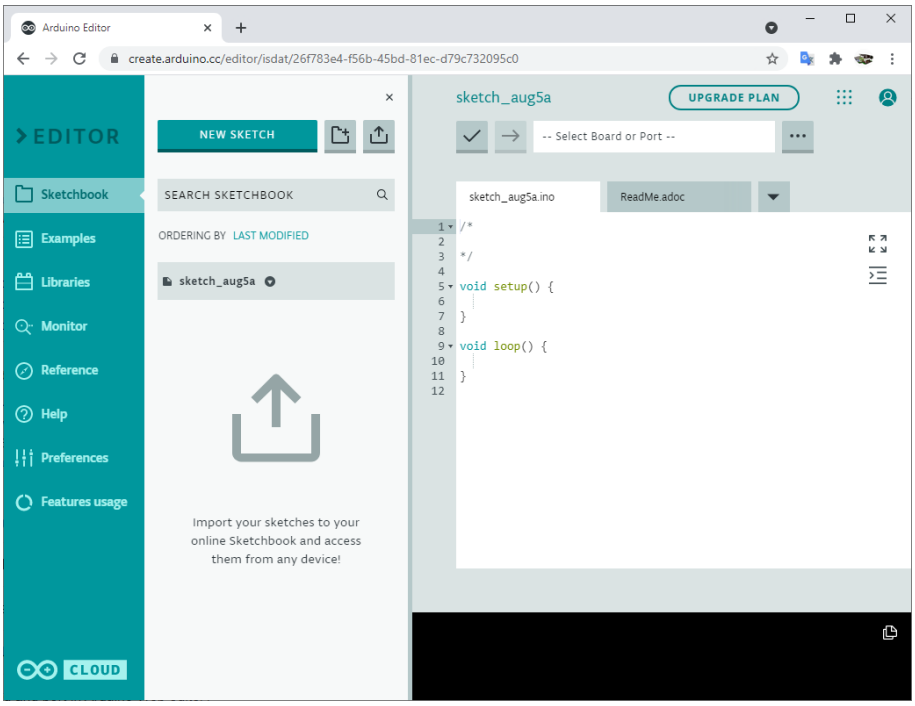
- มีให้เลือกใช้หลายโมเดล
- เป็นโอเพนซอร์สฮาร์ดแวร์ ผู้ใช้สามารถนำไปสร้างเป็นบอร์ดของตัวเองได้แบบไม่ติดลิขสิทธิ์
- มีบอร์ดเสริมเพิ่มประสิทธิภาพของบอร์ดจำนวนมาก

1.6.2. ส่วนของซอฟต์แวร์

ซอฟต์แวร์ Arduino หรือที่เรียกว่า Arduino IDE (Integrated Development Environment) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมบนแพลตฟอร์ม Arduino และอัพโหลดโปรแกรมที่พัฒนาสำเร็จแล้วลงบนตัวบอร์ด



ภาพที่ 2 - 25 โปรแกรม Arduino IDE แบบออฟไลน์



ภาพที่ 2 - 26 โปรแกรม Arduino IDE แบบออนไลน์

ข้อดีของซอฟต์แวร์ Arduino

- รองรับการพัฒนาในบอร์ดหลายโมเดล และ สามารถเพิ่มบอร์ดอื่นๆที่ไม่ใช่บอร์ด Arduino ให้สามารถพัฒนาโปรแกรมและอัพโหลดโปรแกรมลงบนบอร์ดได้
- ภายใน Arduino IDE ประกอบไปด้วยชุดคำสั่งต่างๆ ตัวอย่างโปรแกรม และตัวอย่างไลบรารี่ต่างๆ ที่ได้ติดตั้งมาพร้อมใช้งานแล้ว
- สามารถดาวน์โหลดไลบรารี่เพิ่มเติมและติดตั้งเพิ่มได้เติมได้
- มี Cloud แบบออนไลน์ ใช้สำหรับเก็บข้อมูล ดึงข้อมูลไปแสดงผลได้

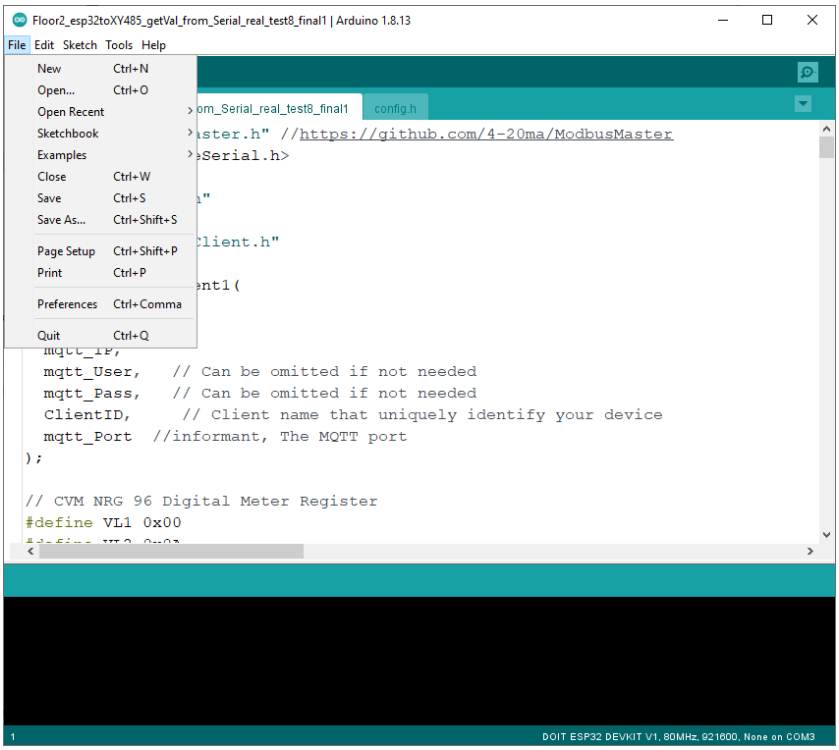
1.6.3. วิธีใช้งานโปรแกรม Arduino IDE อย่างง่าย

1.6.3.1.ดาวน์โหลดและติดตั้งโปรแกรม

สามารถดาวน์โหลดตัวติดตั้งได้ที่เว็บไซต์ https://www.arduino.cc/en/software

1.6.3.2.เปิดโปรแกรม Arduino IDE และทดลองเขียนโปรแกรมเริ่มต้น

สร้าง Sketch ใหม่ โดยคลิกที่เมนู File > New ดังภาพ



ภาพที่ 2 - 27 แสดงวิธีการเริ่มต้นสร้าง Sketch ด้วยโปรแกรม Arduino IDE

ภาพที่ 2 - 28 แสดงส่วนประกอบสำคัญของหน้าจอ Arduino IDE

จากภาพที่ 2-28 มีส่วนประกอบสำคัญสำหรับผู้เริ่มต้นใช้งานต้องทราบดังนี้

1. ปุ่ม Verify ใช้สำหรับการ Compile โปรแกรมที่เขียนว่าถูกต้องตรงตามข้อกำหนดของภาษาหรือไม่
2. ปุ่ม Verify & Upload ใช้สำหรับการ Compile โปรแกรมที่เขียนและ Upload โค้ดที่เขียนในโปรแกรมลงไปยังบอร์ดที่เลือก/เชื่อมต่อไว้
3. ปุ่ม Serial Monitor ใช้สำหรับเรียกหน้าจอเพื่อดูข้อมูลที่ส่งออกทางช่อง Serial
4. ฟังก์ชัน setup จะเริ่มทำงานเป็นอันดับแรกเมื่อ Arduino เริ่มทำงาน และคำสั่งที่ถูกเขียนลงไปในนี้ จะทำงานเพียงครั้งเดียวเท่านั้น
5. ฟังก์ชัน loop จะเริ่มทำงานทันทีเมื่อฟังก์ชัน setup ทำงานเสร็จ และคำสั่งที่ถูกเขียนลงไปในนี้ จะทำงานตั้งแต่คำสั่งแรก ไล่ไปจนถึงคำสั่งสุดท้าย แล้วกลับมาที่คำสั่งแรก ไล่ไปจนถึงคำสั่งสุดท้าย วนซ้ำแบบนี้ไปเรื่อยๆ ตลอดการทำงานของ Arduino
6. ส่วนแสดงผลการ Verify/Compile และข้อมูลการ Upload

1.7. ระบบการรับส่งข้อมูลโดยใช้ Message Queuing Telemetry Transport (MQTT)

MQTT (Message Queue Telemetry Transport) คือโปรโตคอลในการส่งข้อมูลที่พัฒนามาเพื่อใช้ในระบบ IOT มันทำงานแบบ Broker and Clients Network มันถูกออกแบบให้สามารถส่งข้อมูลแบบ Real-Time ในปริมาณข้อมูลที่น้อย ทำให้ใช้พลังงานต่ำมันถูกพัฒนามาจาก TCP/IP ที่มีการส่งข้อมูลแบบ One-To-One ทำให้สิ้นเปลืองทรัพยากรณ์มากซึ่งไม่เหมาะกับระบบ IOT เนื่องจากในระบบ IOT มีการส่งข้อมูลตลอดเวลา และ 1 อุปกรณ์อาจรับหรือส่งข้อมูลไปยังหลายอุปกรณ์ หรือการส่งข้อมูลแบบ One-To-All โดยอุปกรณ์ทุกตัวที่ทำการ Subscriber ไปยัง Topic ใดๆ บน Broker จะได้รับข้อมูลที่ Publisher ส่งให้ Topic นั้นๆบน Broker ทั้งหมด โดยมันถูกคิดค้นขึ้นมาในปี 1999 โดย Andy Stanford-Clark จาก IBM และ Arlen Nipper จาก Cirrus Link โดยมันถูกใช้เพื่อตรวจสอบท่อส่งน้ำมันในทะเลทรายโดยเป้าหมายคือ เป็นโปรโตคอลที่มีประสิทธิภาพสูง ส่งข้อมูลขนาดไม่มาก ใช้พลังงานต่ำ เนื่องจากมันต้องเชื่อมต่อผ่านดาวเทียมซึ่งมีราคาการส่งข้อมูลสูงมากในขณะนั้น

MQTT ประกอบไปด้วย

- Broker (Server) คือตัวกลางในการรับข้อมูลจาก Publisher และส่งข้อมูลให้กับ Subscriber
- Clients (Subscriber / Publisher)
  - Publisher คือตัวส่งข้อมูลให้กับ Topic ที่อยู่ใน Broker เรียกว่าการ Publish
  - Subscriber คือตัวรับข้อมูลจาก Topic ที่อยู่ใน Broker เรียกว่าการ Subscribe
  - Topic คือหัวเรื่องที่เราต้องการรับส่งข้อมูล ระหว่าง Publisher กับ Subscriber

หลักการทำงานของ MQTT คือการการรับส่งข้อมูลระหว่าง Server (Broker) และ Clients (Publisher/Subscriber) โดยการประกาศหัวข้อการรับส่งข้อมูลเรียกว่า Topic ไว้ใน Broker จากนั้น Publisher จะส่งข้อมูลไปยัง Topic นั้นๆ และ Subscriber ก็จะได้รับข้อมูลทั้งหมดใน Topic นั้นๆ เช่นกัน

บทที่ 3

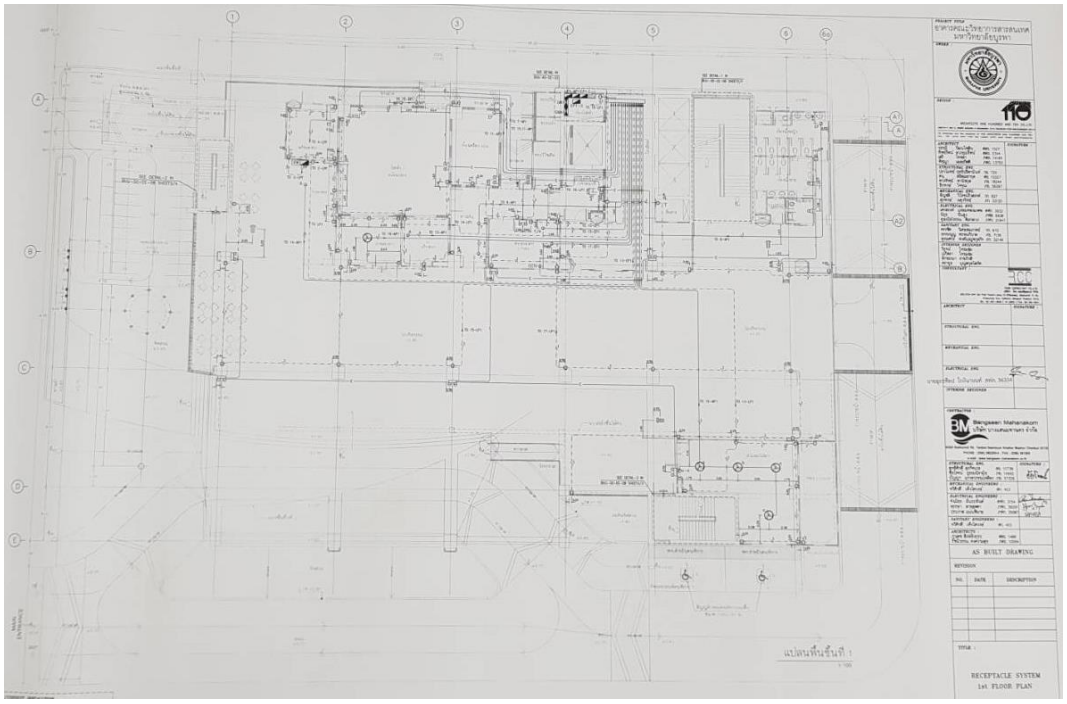
วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้มุ่งเน้นให้มีระบบจัดเก็บข้อมูลการใช้ไฟฟ้า นำข้อมูลแสดงผลผ่านหน้าเว็บเพื่อช่วยในการวิเคราะห์และสามารถแจ้งเตือนทางอีเมล์หรือ Line Notify ซึ่งการทำงานดังกล่าวจะต้องมีอุปกรณ์เครื่องมือการออกแบบและการพัฒนาโปรแกรม โดยมีรายละเอียดของการดำเนินการวิจัยดังนี้

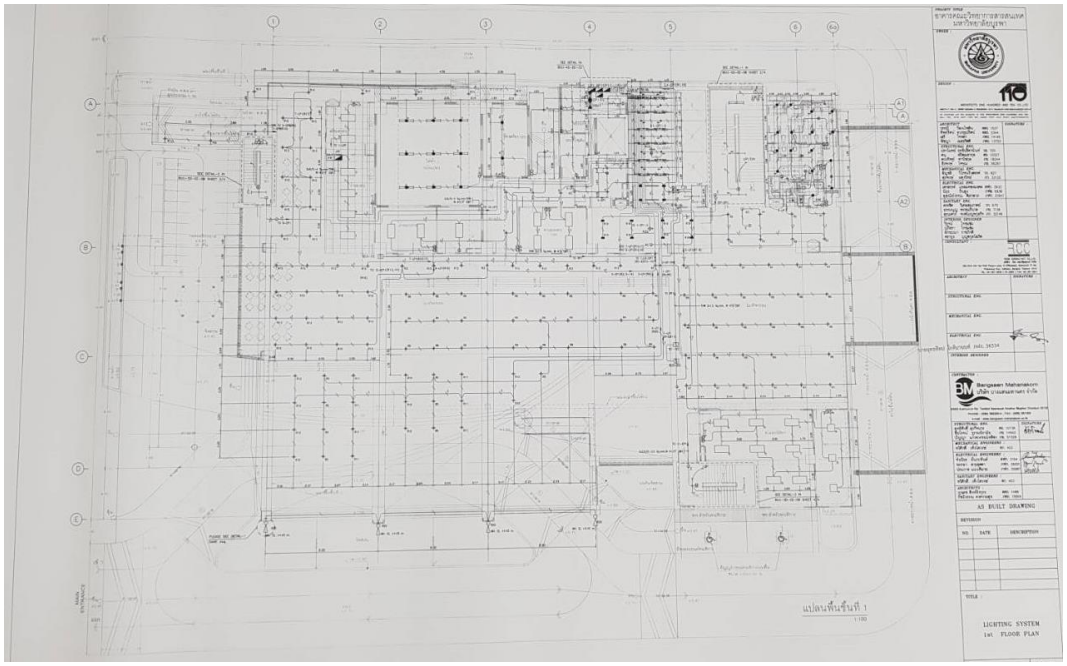
1. การศึกษาแบบแปลนของอาคารเพื่อให้ทราบวงจรไฟฟ้า

การวัดค่าการใช้ไฟฟ้าจำเป็นจะต้องทราบว่าวงจรไฟฟ้าในจุดต่าง ๆ ที่ต้องการวัดนั้นมีการเชื่อมต่อกันอย่างไรและมีจุดรวมหรือจุดกระจายอยู่ที่ใด ดังนั้นจะต้องศึกษาแบบแปลนไฟฟ้าของอาคารเพื่อให้ทราบข้อมูลและนำไปออกแบบอุปกรณ์ตรวจวัดได้อย่างถูกต้อง โดยมีแบบแปลนที่ต้องศึกษาดังนี้

1.1. แผนผังวงจรไฟฟ้าชั้น 1

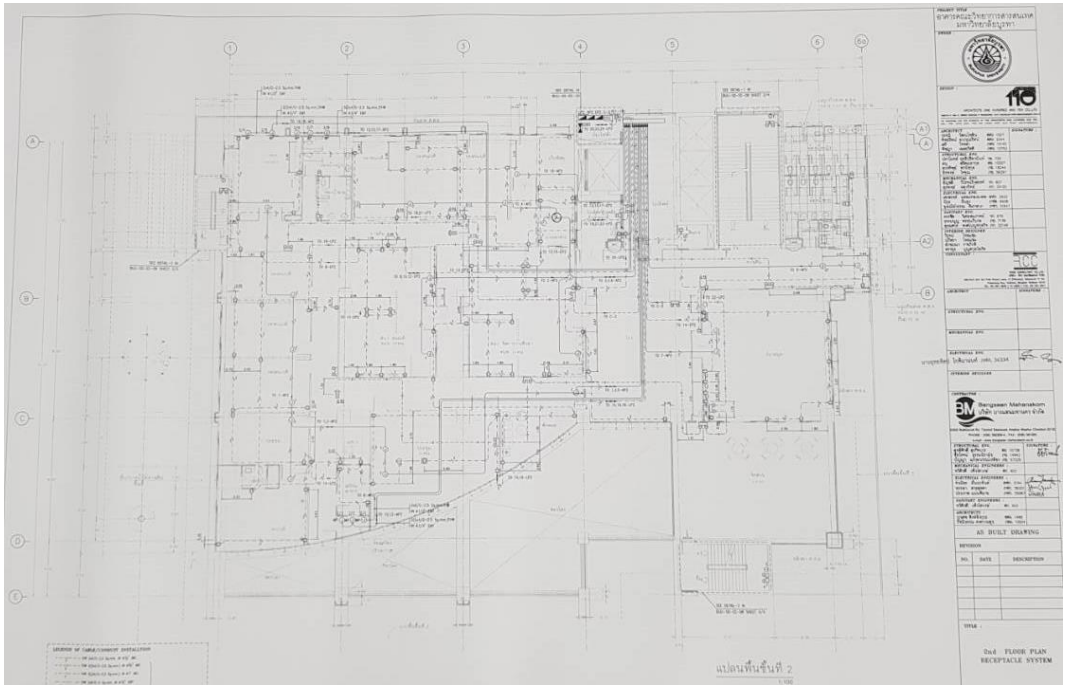


ภาพที่ 3 - 1 แผนผังวงจรไฟฟ้าเต้ารับ (ปลั๊ก) บริเวณชั้น 1

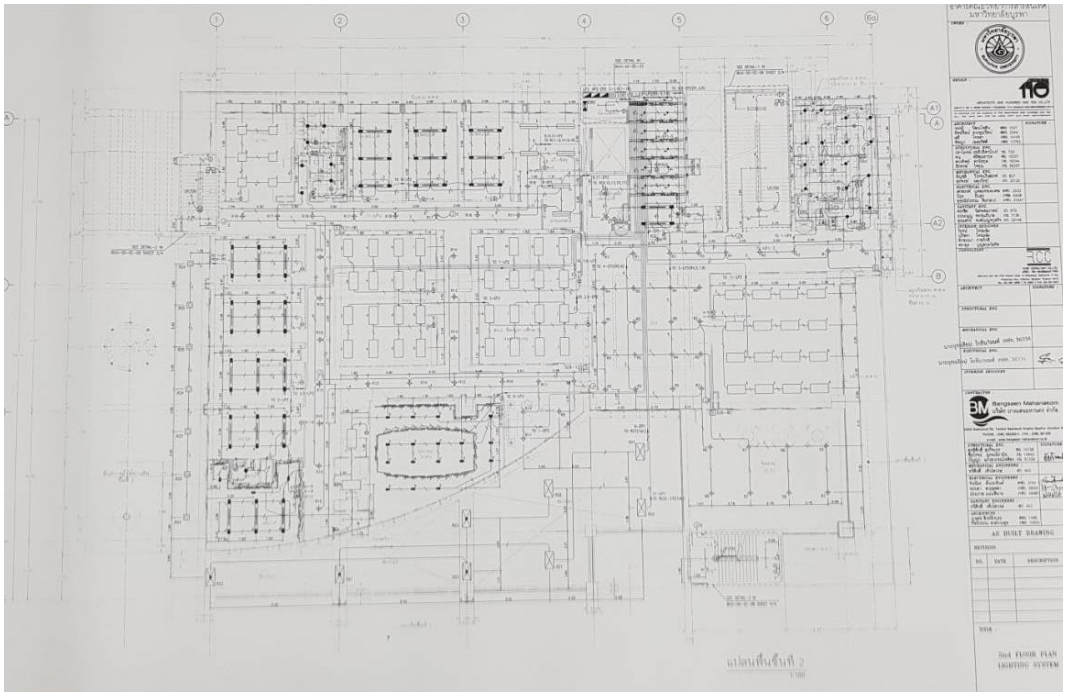


ภาพที่ 3 - 2 แผนผังวงจรไฟฟ้าแสงสว่าง บริเวณชั้น 1

1.1. แผนผังวงจรไฟฟ้าชั้น 2

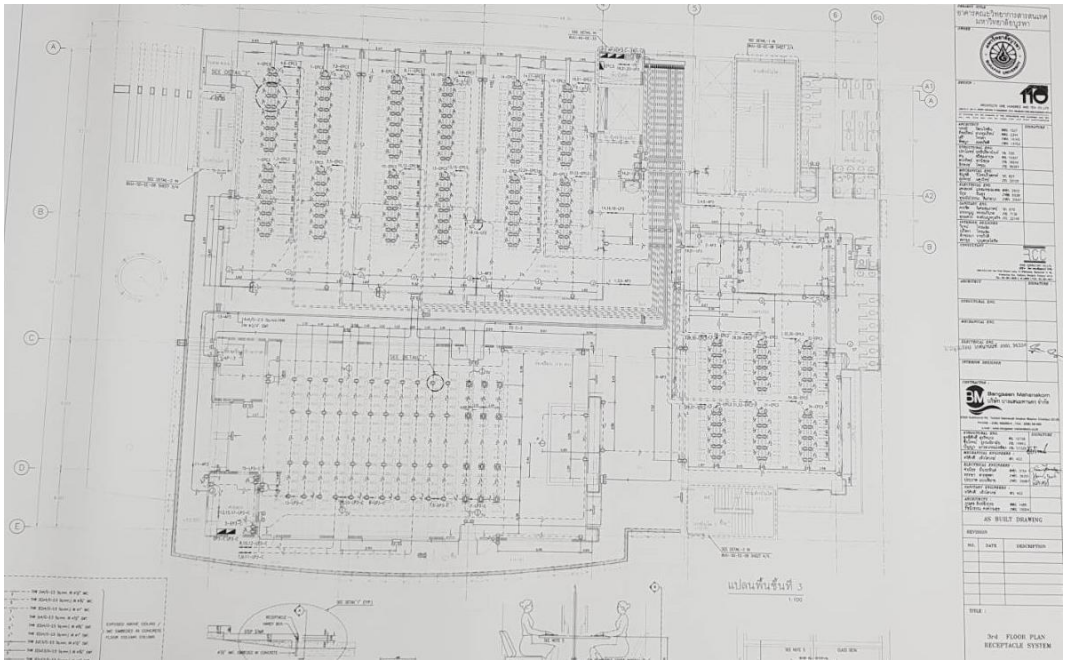


ภาพที่ 3 - 3 แผนผังวงจรไฟฟ้าเต้ารับ (ปลั๊ก) บริเวณชั้น 2

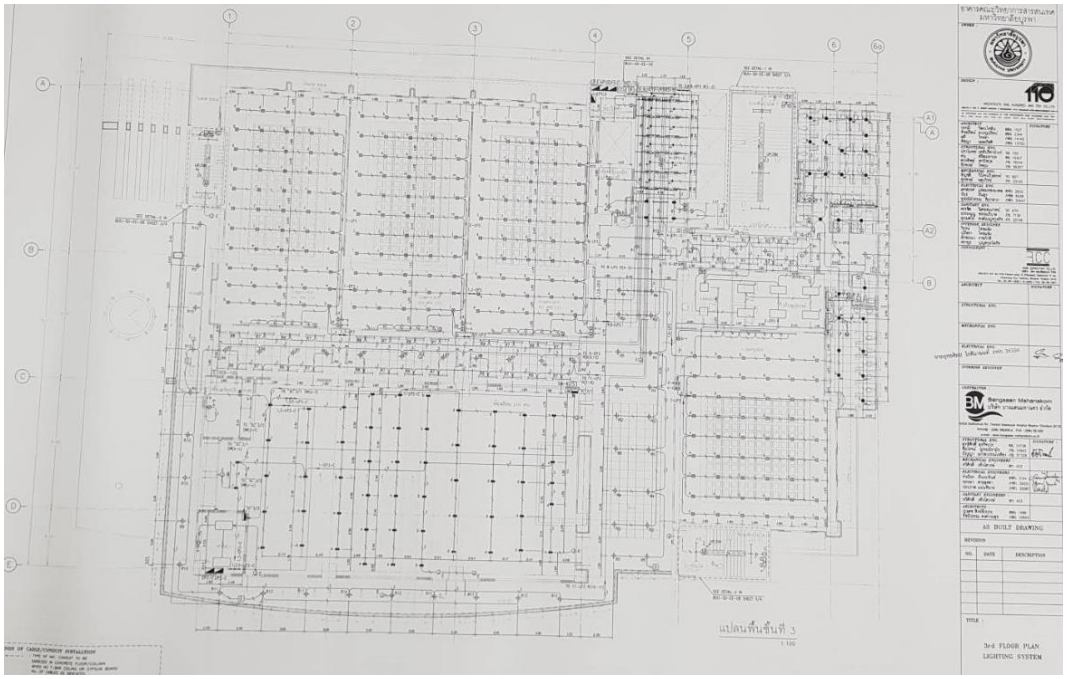


ภาพที่ 3 - 4 แผนผังวงจรไฟฟ้าแสงสว่าง บริเวณชั้น 2

1.2. แผนผังวงจรไฟฟ้าชั้น 3

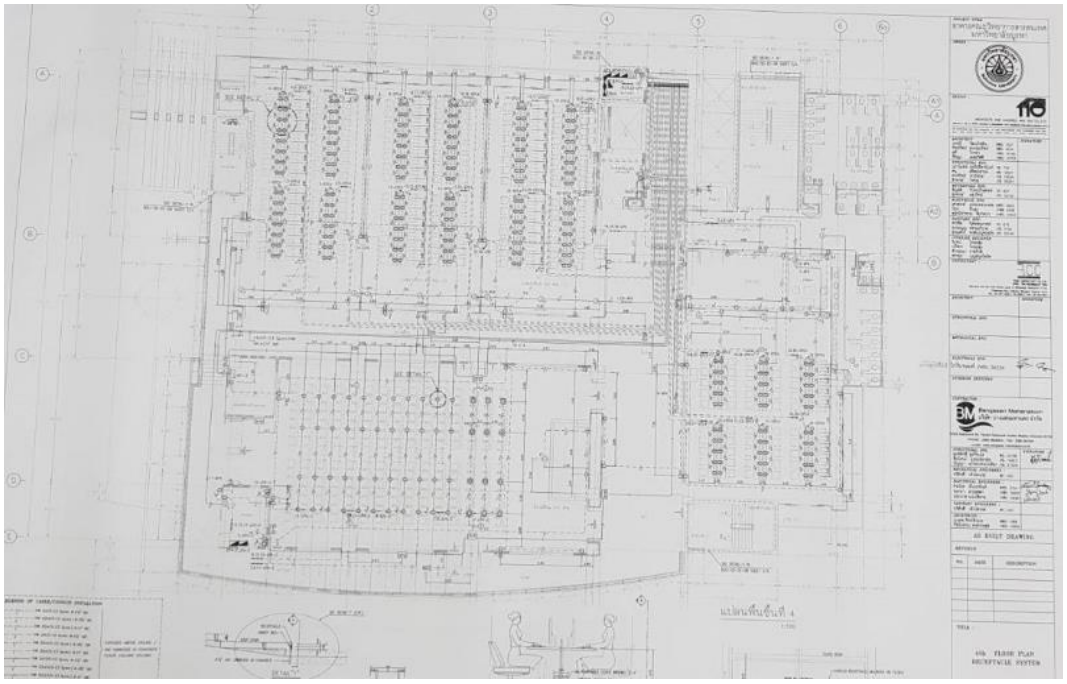


ภาพที่ 3 - 5 แผนผังวงจรไฟฟ้าเต้ารับ (ปลั๊ก) บริเวณชั้น 3

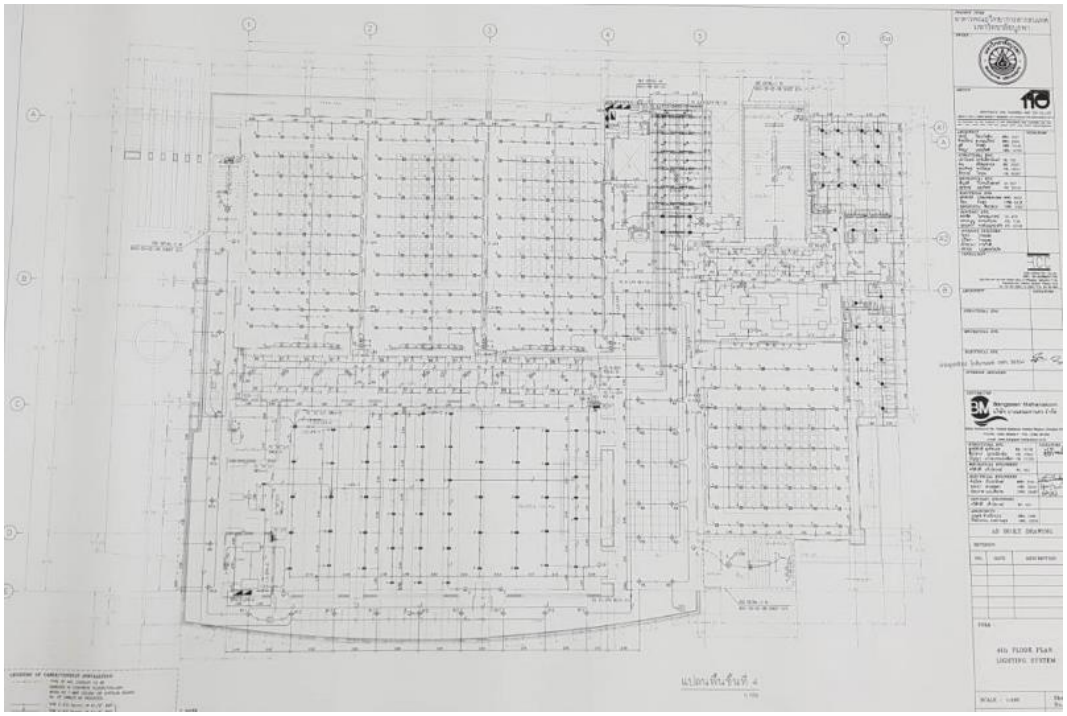


ภาพที่ 3 - 6 แผนผังวงจรไฟฟ้าแสงสว่าง บริเวณชั้น 3

1.3. แผนผังวงจรไฟฟ้าชั้น 4

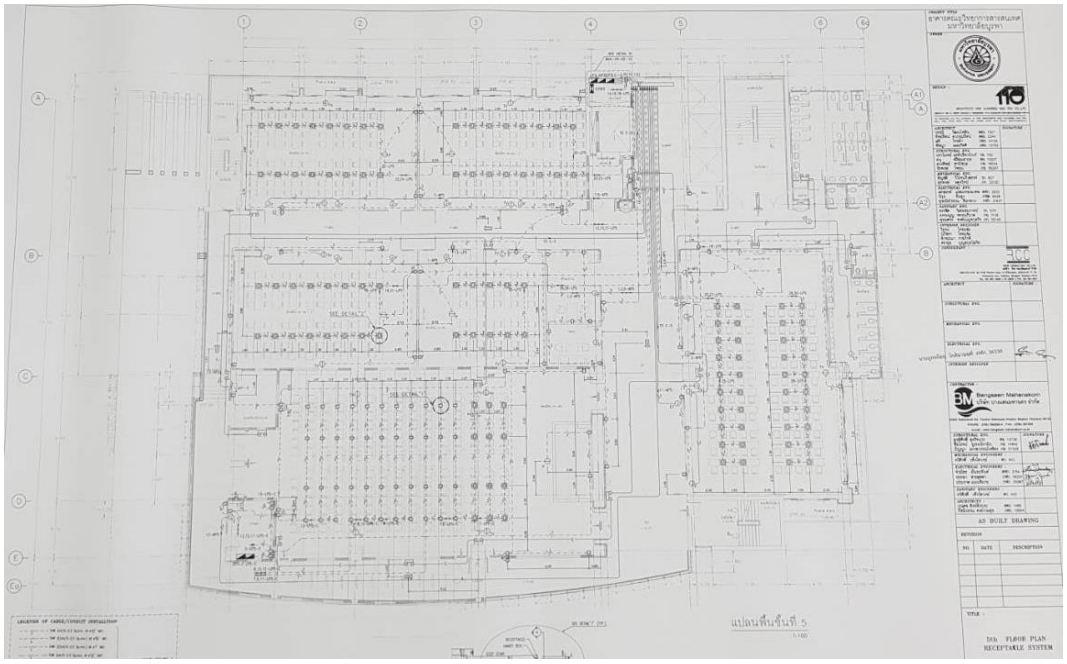


ภาพที่ 3 - 7 แผนผังวงจรไฟฟ้าเต้ารับ (ปลั๊ก) บริเวณชั้น 4

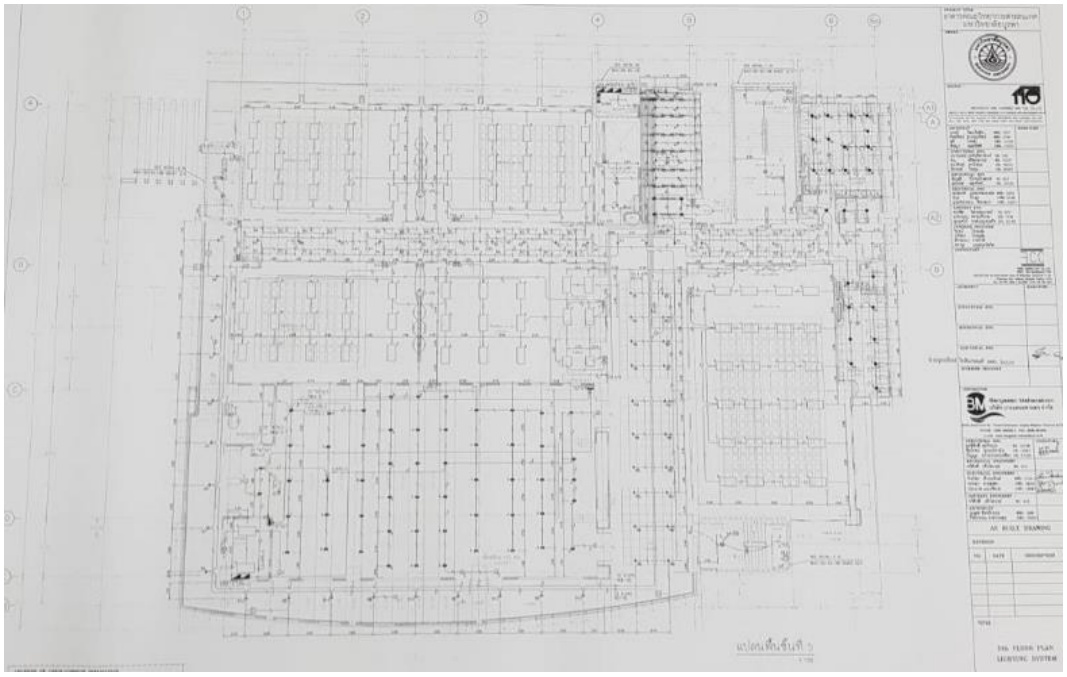


ภาพที่ 3 - 8 แผนผังวงจรไฟฟ้าแสงสว่าง บริเวณชั้น 4

1.4. แผนผังวงจรไฟฟ้าชั้น 5

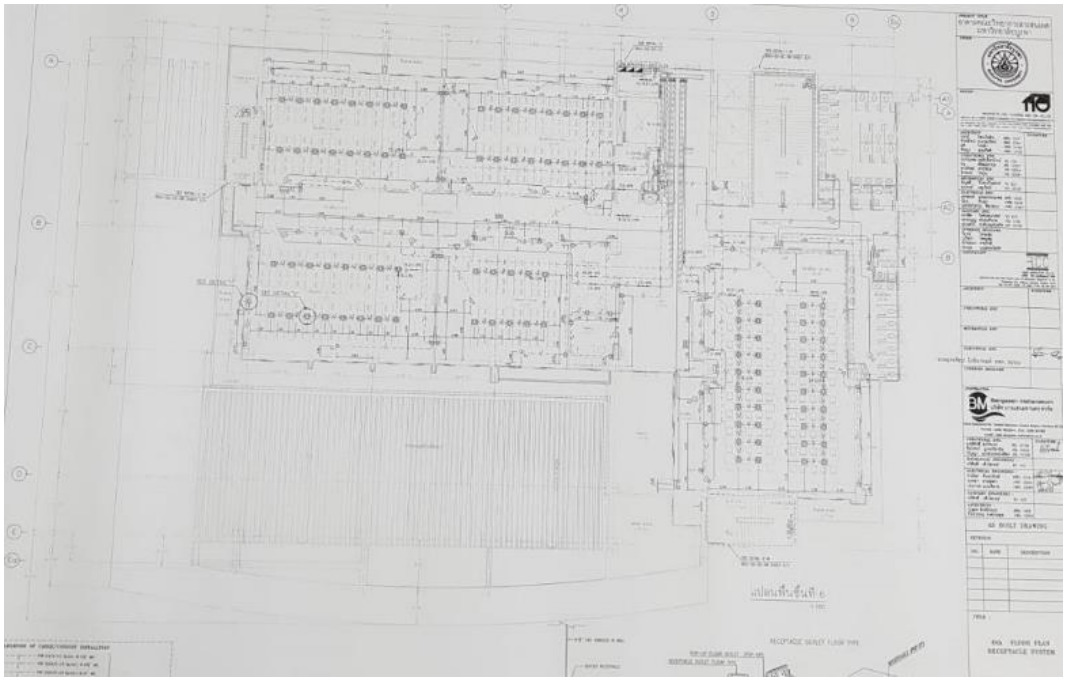


ภาพที่ 3 - 9 แผนผังวงจรไฟฟ้าเต้ารับ (ปลั๊ก) บริเวณชั้น 5

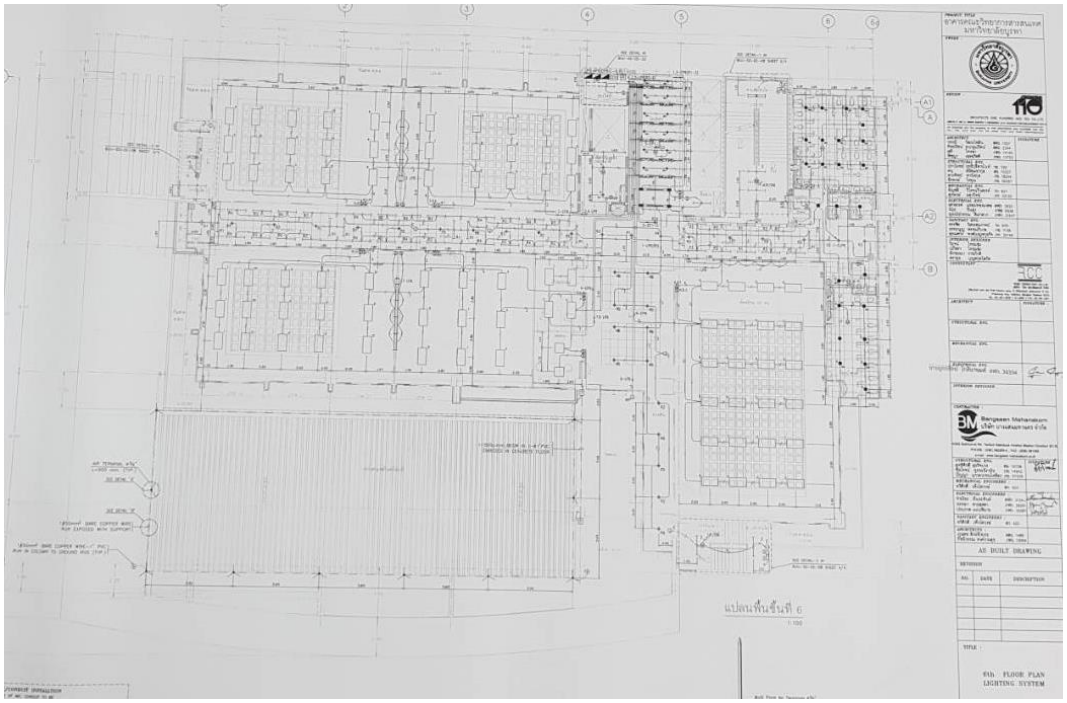


ภาพที่ 3 - 10 แผนผังวงจรไฟฟ้าแสงสว่าง บริเวณชั้น 5

1.5. แผนผังวงจรไฟฟ้าชั้น 6

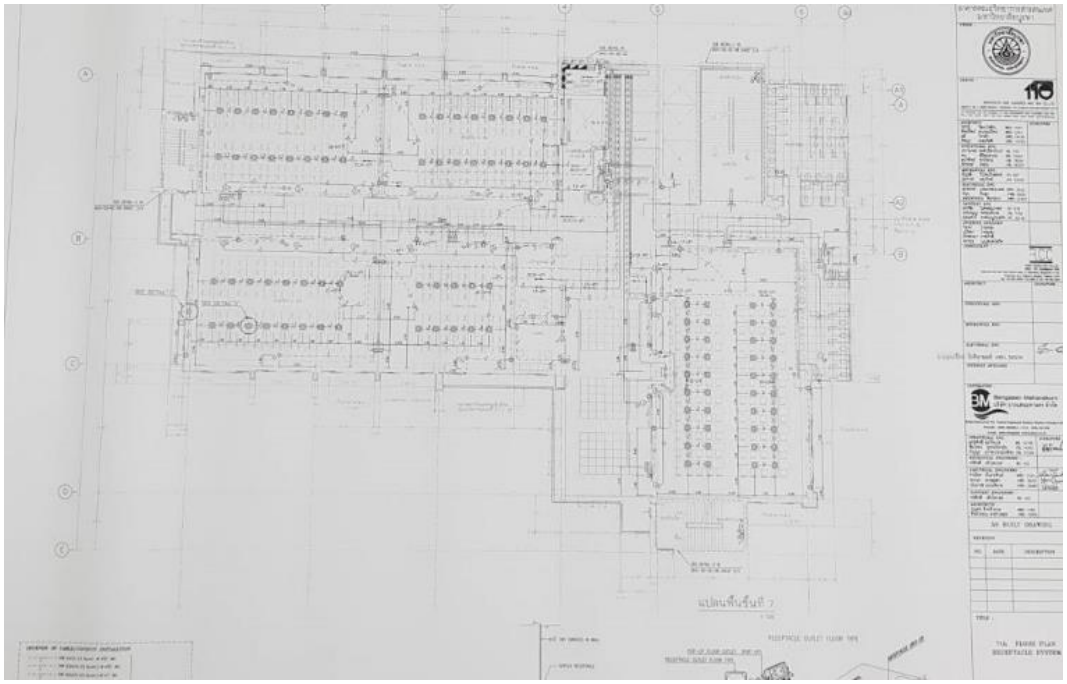


ภาพที่ 3 - 11 แผนผังวงจรไฟฟ้าเต้ารับ (ปลั๊ก) บริเวณชั้น 6

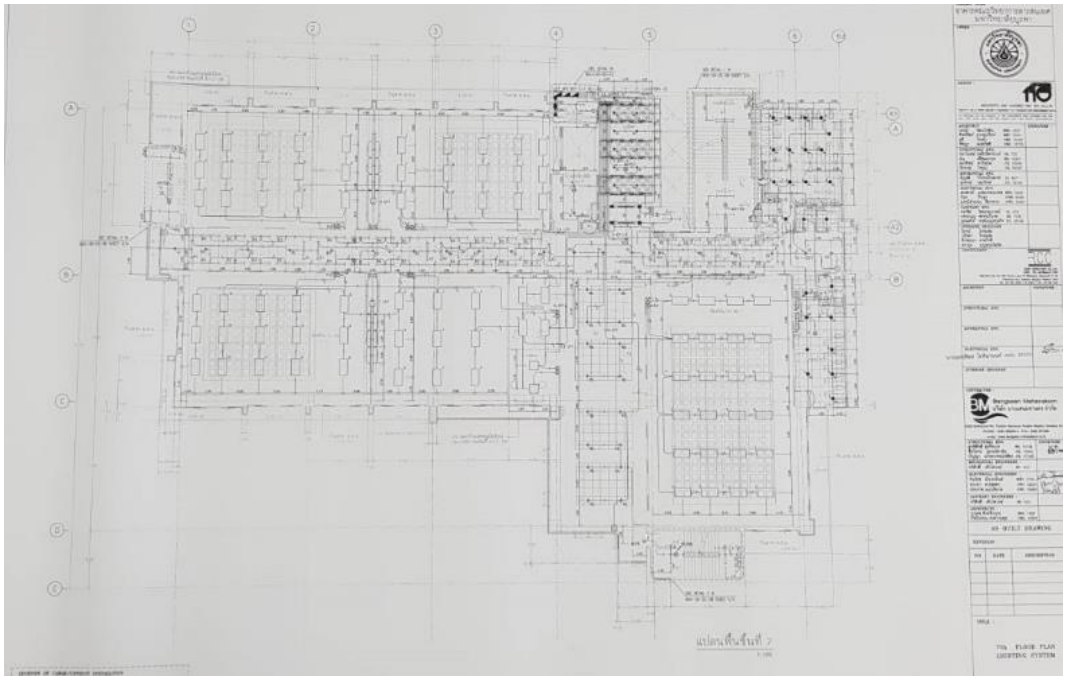


ภาพที่ 3 - 12 แผนผังวงจรไฟฟ้าแสงสว่าง บริเวณชั้น 6

1.6. แผนผังวงจรไฟฟ้าชั้น 7

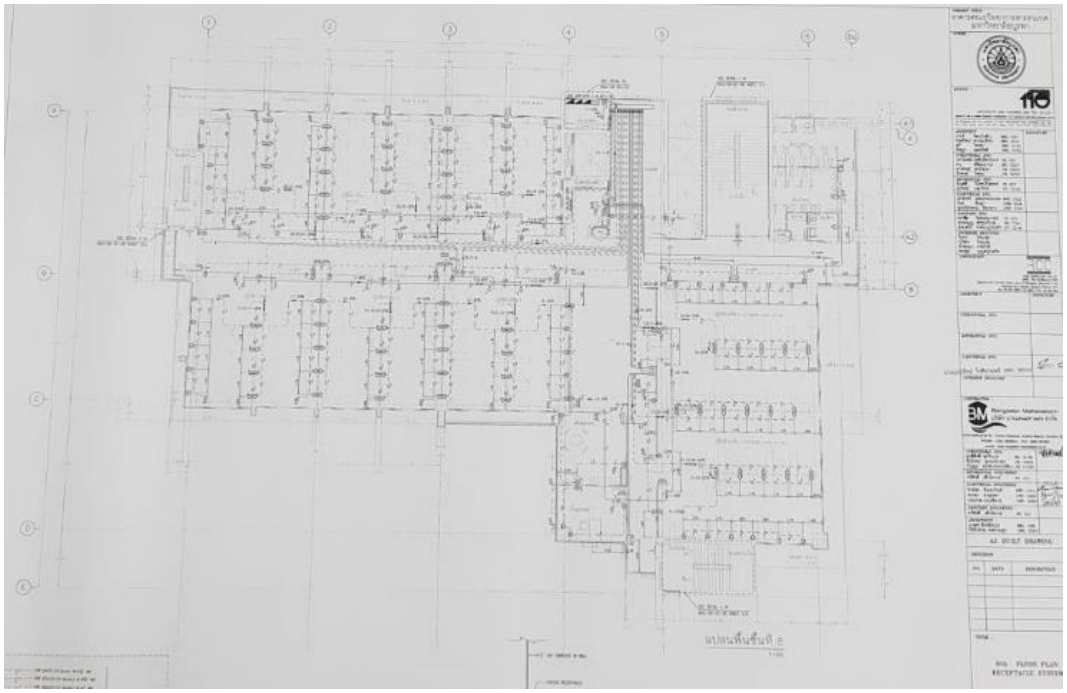


ภาพที่ 3 - 13 แผนผังวงจรไฟฟ้าเต้ารับ (ปลั๊ก) บริเวณชั้น 7

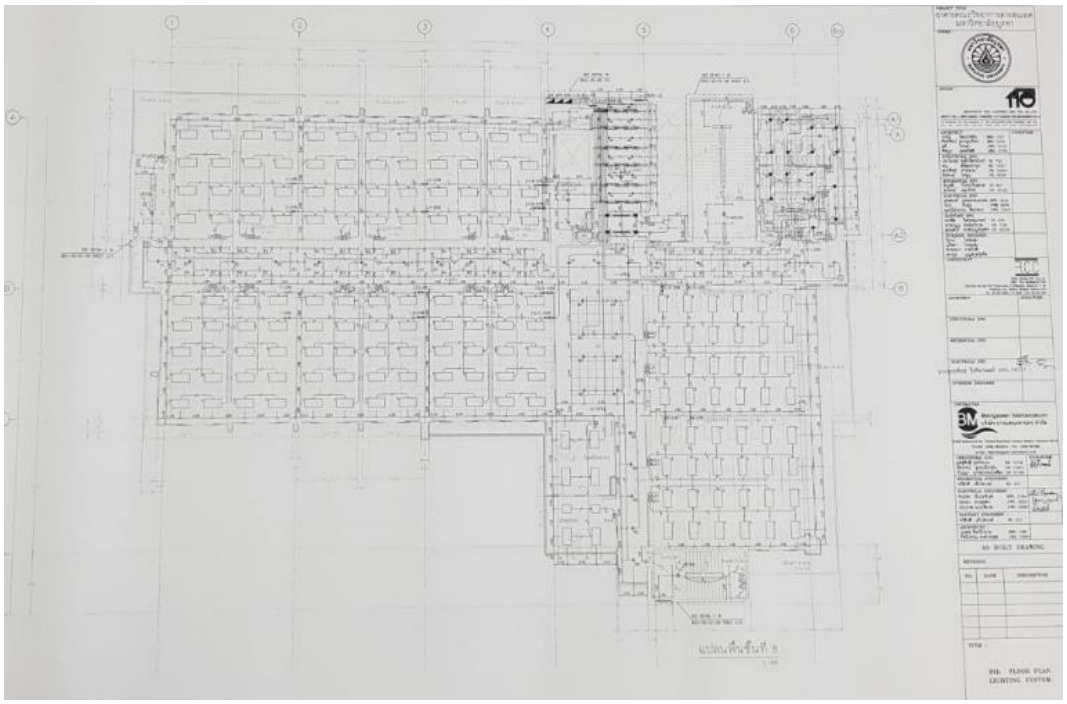


ภาพที่ 3 - 14 แผนผังวงจรไฟฟ้าแสงสว่าง บริเวณชั้น 7

1.7. แผนผังวงจรไฟฟ้าชั้น 8

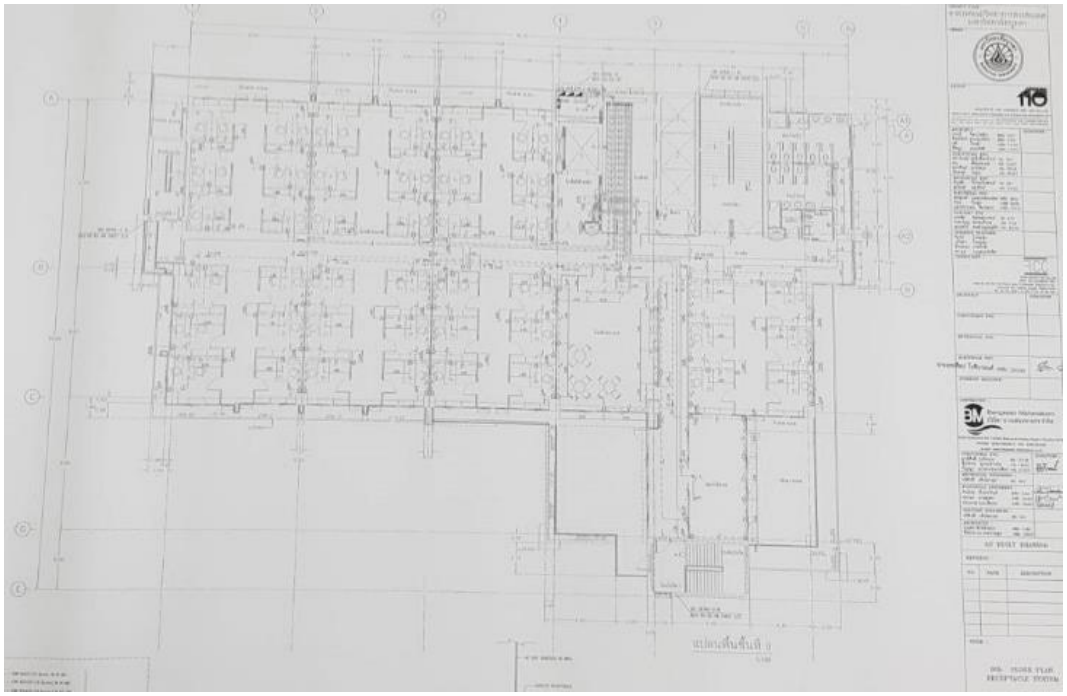


ภาพที่ 3 - 15 แผนผังวงจรไฟฟ้าเต้ารับ (ปลั๊ก) บริเวณชั้น 8

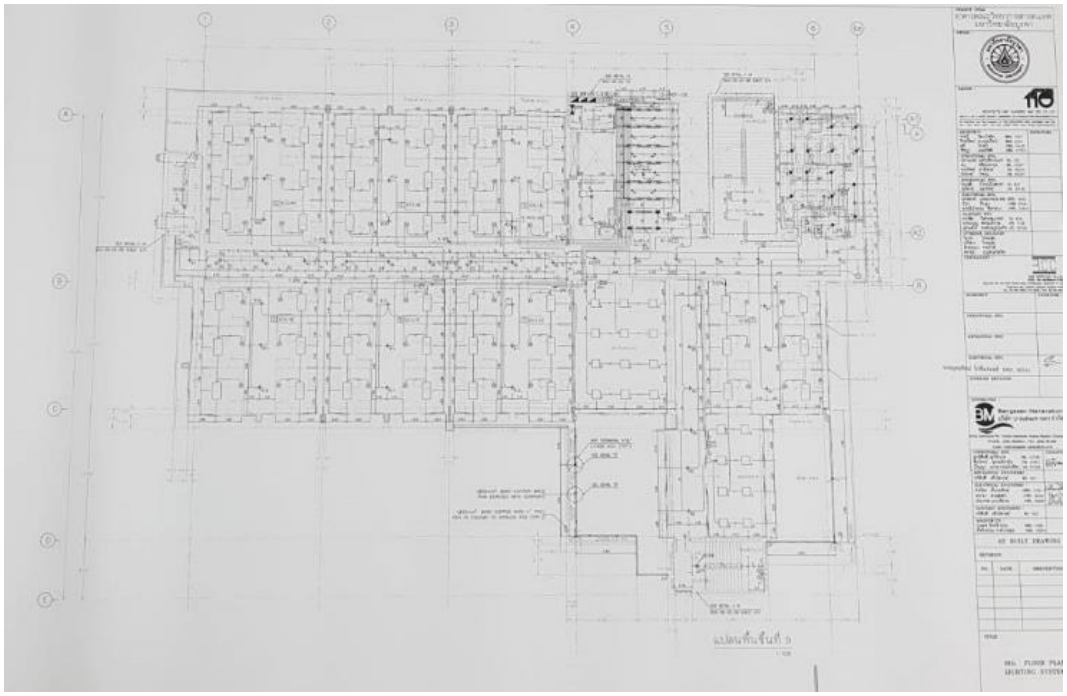


ภาพที่ 3 - 16 แผนผังวงจรไฟฟ้าแสงสว่าง บริเวณชั้น 8

1.8. แผนผังวงจรไฟฟ้าชั้น 9

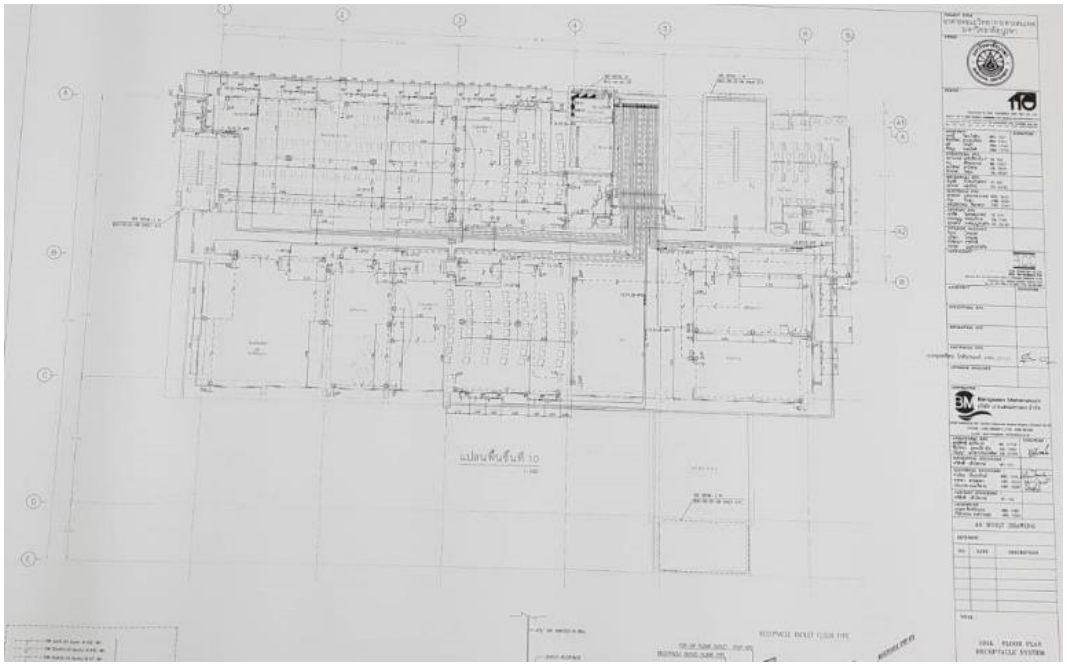


ภาพที่ 3 - 17 แผนผังวงจรไฟฟ้าเต้ารับ (ปลั๊ก) บริเวณชั้น 9

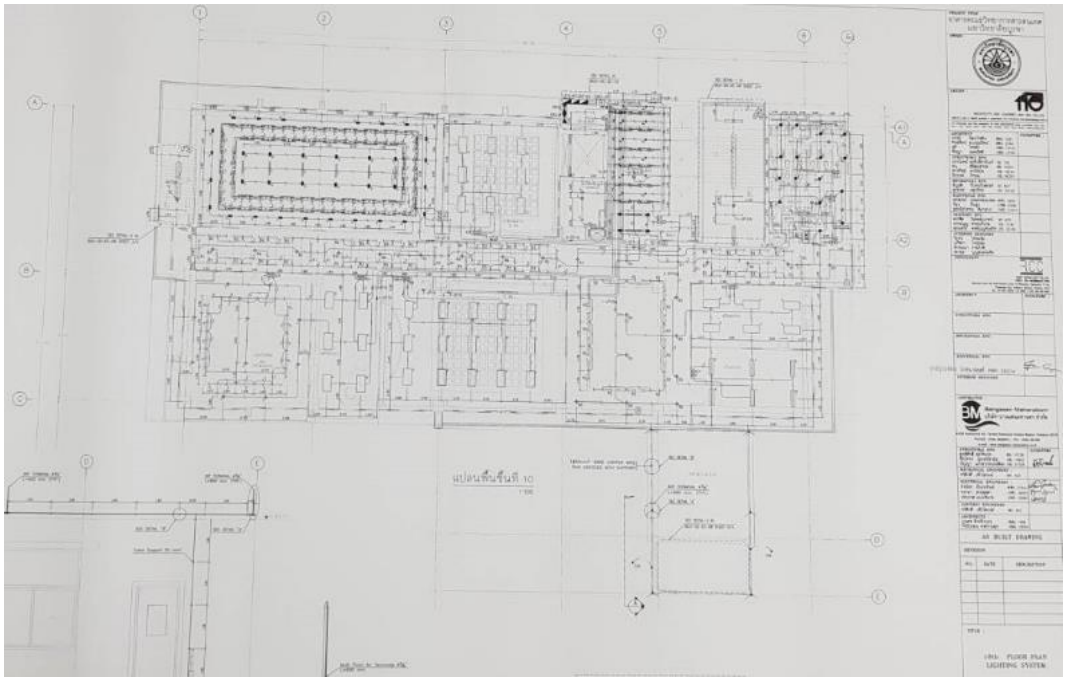


ภาพที่ 3 - 18 แผนผังวงจรไฟฟ้าแสงสว่าง บริเวณชั้น 9

1.9. แผนผังวงจรไฟฟ้าชั้น 10

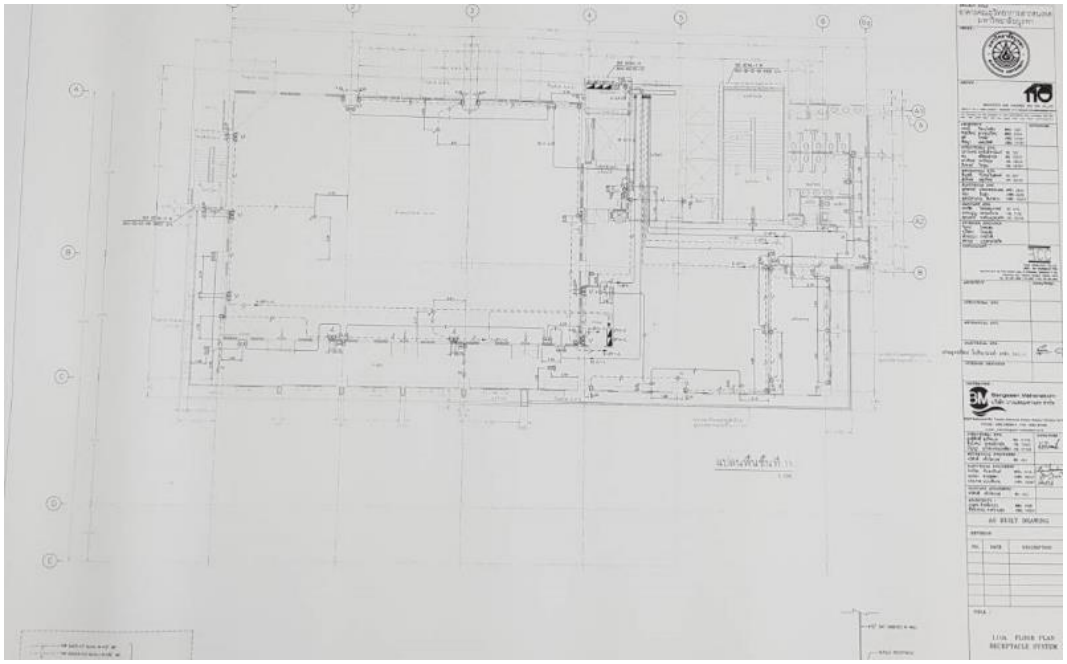


ภาพที่ 3 - 19 แผนผังวงจรไฟฟ้าเต้ารับ (ปลั๊ก) บริเวณชั้น 10

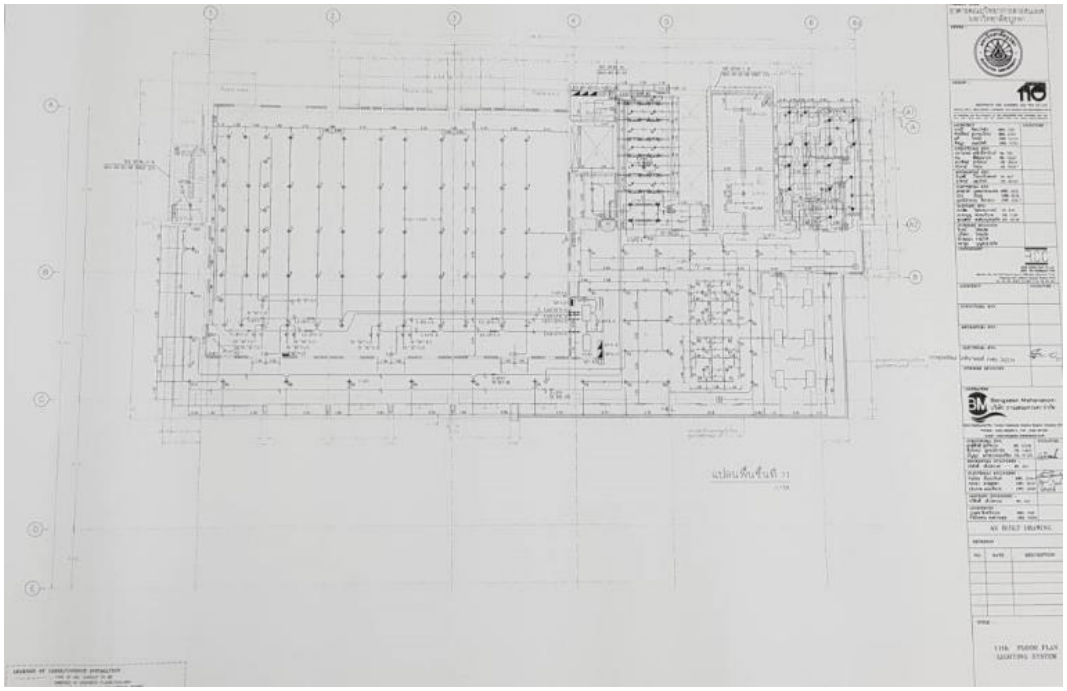


ภาพที่ 3 - 20 แผนผังวงจรไฟฟ้าแสงสว่าง บริเวณชั้น 10

1.10. แผนผังวงจรไฟฟ้าชั้น 11

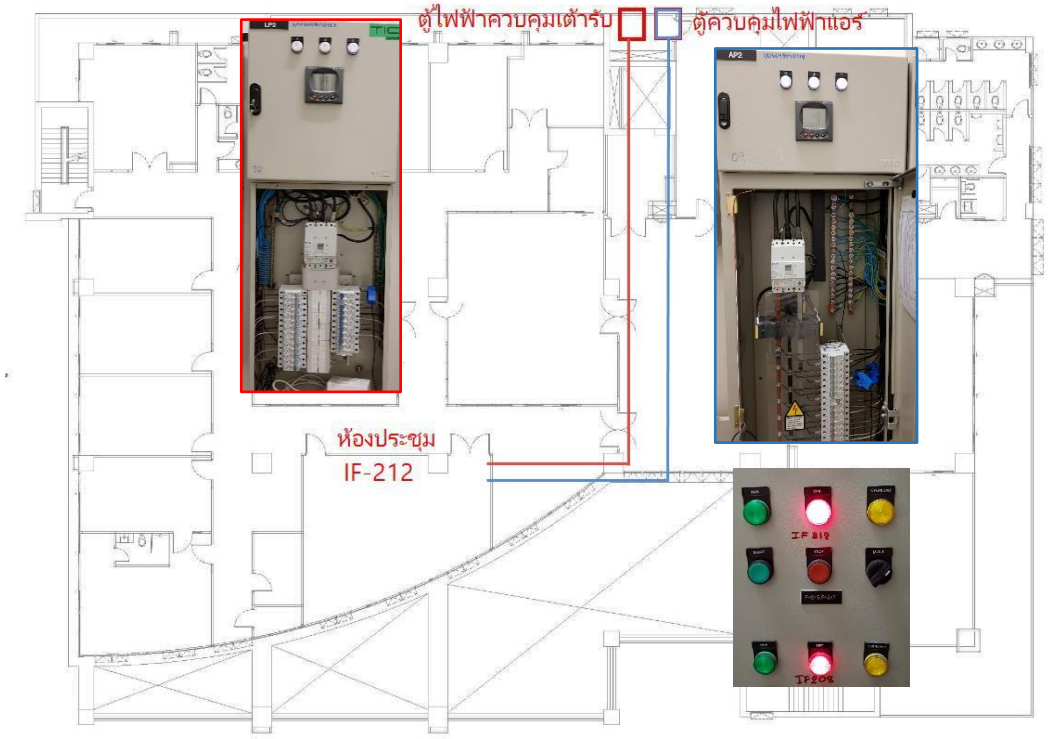


ภาพที่ 3 - 21 แผนผังวงจรไฟฟ้าเต้ารับ (ปลั๊ก) บริเวณชั้น 11



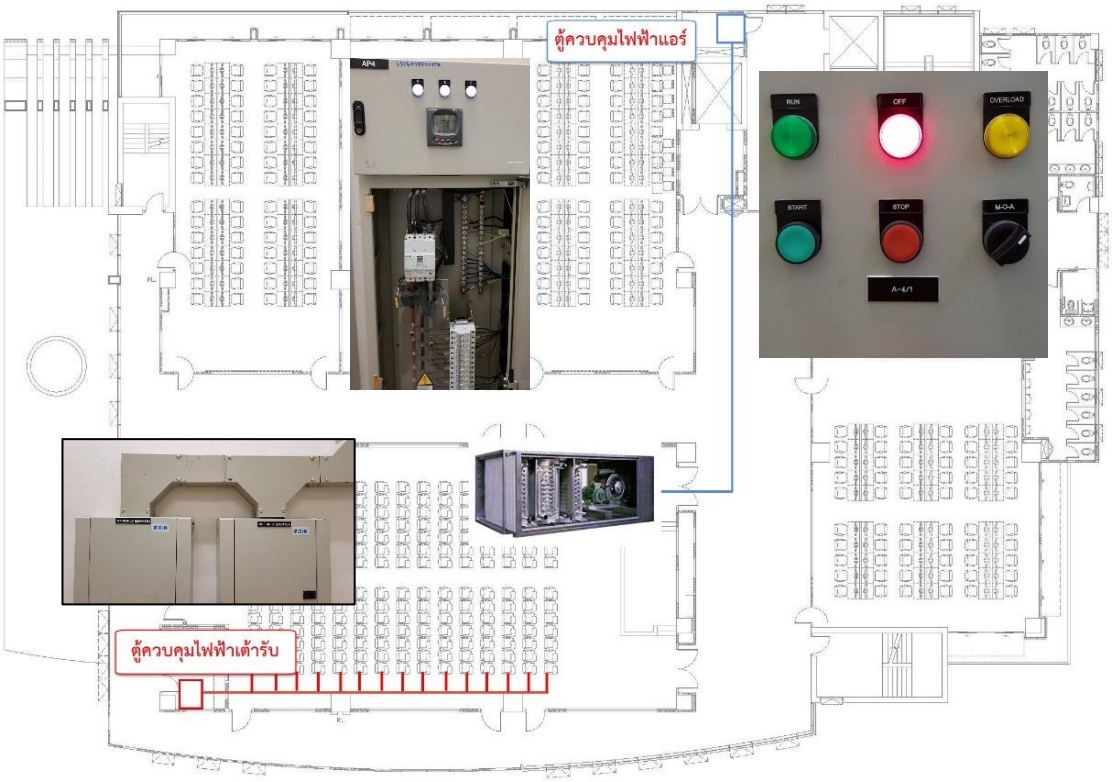
ภาพที่ 3 - 22 แผนผังวงจรไฟฟ้าแสงสว่าง บริเวณชั้น 11

1.11. วงจรไฟฟ้าห้องประชุม IF-212



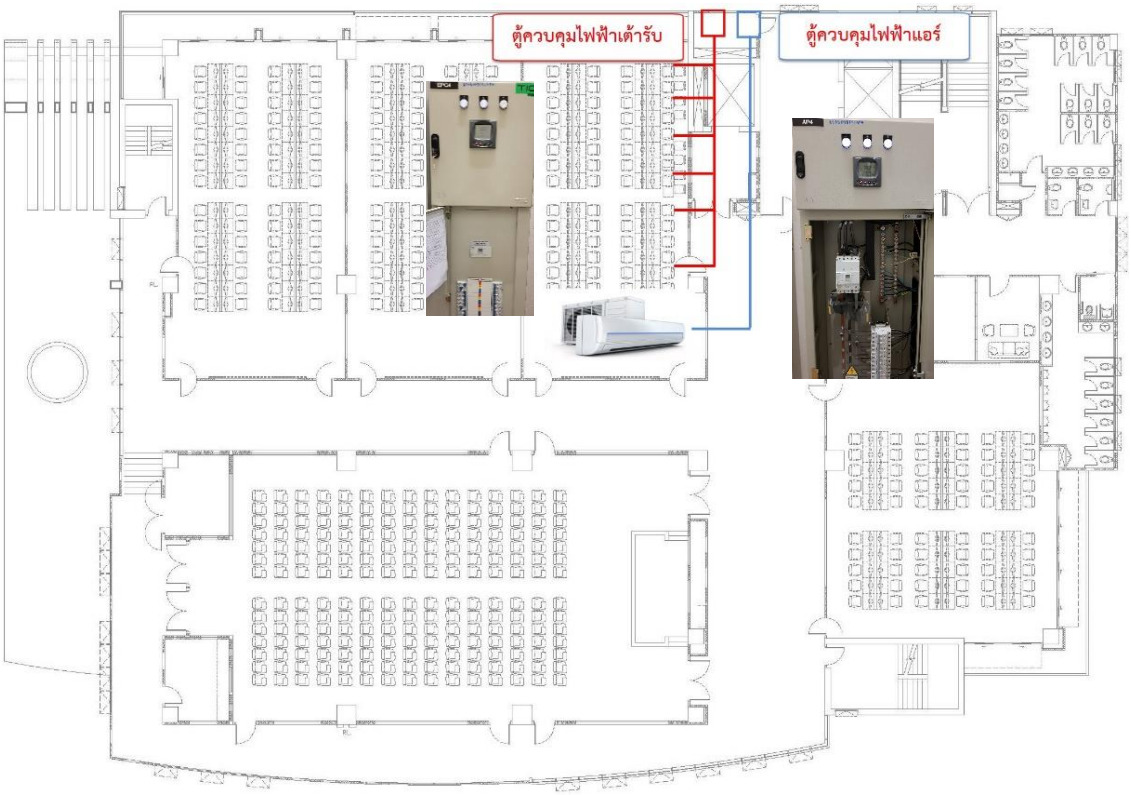
ภาพที่ 3 - 23 แผนผังวงจรไฟฟ้าห้องประชุม IF-212
เชื่อมกับตู้ไฟฟ้า LP2 (เต้ารับ) และ AP2 (แอร์)

1.12. วงจรไฟฟ้าห้องประชุม IF-4M210



ภาพที่ 3 - 24 แผนผังวงจรไฟฟ้าห้องประชุม IF-4M210
เชื่อมกับตู้ไฟฟ้า MP For LC (เต้ารับ) และ AP4 (แอร์)

1.13. วงจรไฟฟ้าห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ IF-4C01



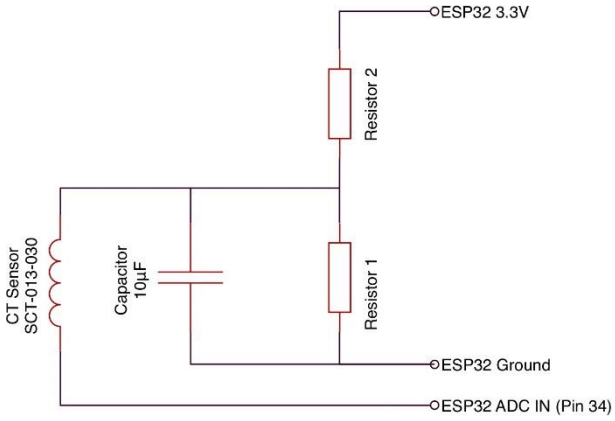
ภาพที่ 3 - 25 แผนผังวงจรไฟฟ้าห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ IF-4C01
เชื่อมกับตู้ไฟฟ้า EPC4 (เต้ารับ) และ AP4

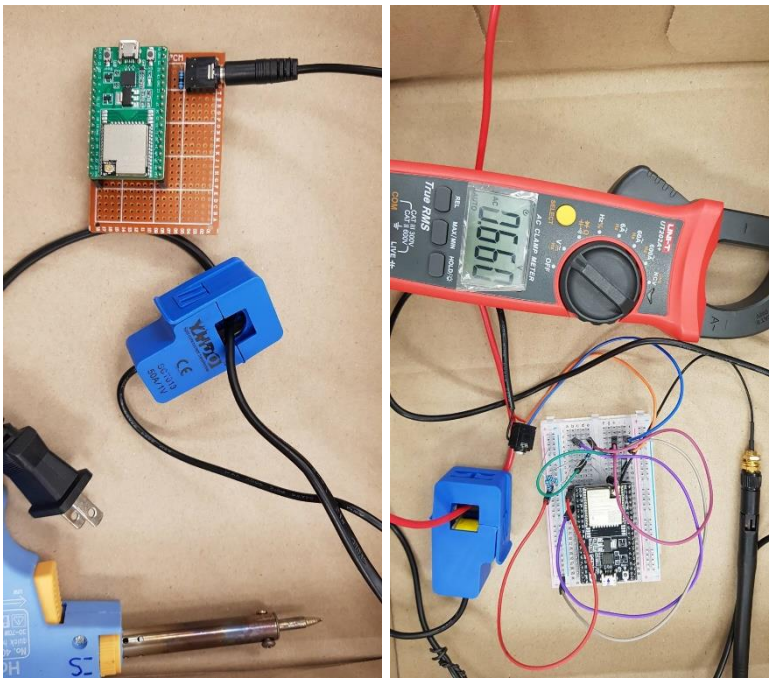
2. การศึกษาและทดลองอุปกรณ์เซ็นเซอร์สำหรับเก็บข้อมูล

การวัดค่ากระแสไฟฟ้าในงานวิจัยนี้ใช้เซ็นเซอร์วัดกระแสไฟฟ้าแบบครอบ (SCT-013 ขนาด 10A, 30A และ 50A) (Non-Invasive Current Sensor) ร่วมกับการดึงข้อมูลจากอุปกรณ์วัดและแสดงผลไฟฟ้า Electrical Energy Meter Panel (CVM-NRG96) ซึ่งถูกติดตั้งไว้แล้วในตู้ไฟฟ้าของแต่ละชั้นภายในอาคารคณะวิทยาการสารสนเทศ และใช้เซ็นเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหวแบบ Infrared (PIR HC-SR501) สำหรับตรวจจับการเคลื่อนไหวภายในห้องประชุม IF-212, ห้องประชุม IF-4M210 และห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ IF-4C01 เพื่อระบุว่ามีคนอยู่ในห้อง ณ เวลาใด ๆ หรือไม่ โดยเงื่อนไขนี้จะถูกนำไปใช้ให้มีการส่งข้อมูลไปยังอีเมล์หรือ Line Notify ตามเงื่อนไขที่กำหนด เช่นเมื่อมีการเปิดไฟฟ้าทิ้งไว้โดยไม่มีใครอยู่ภายในห้องเป็นเวลา 20 นาที เป็นต้น นอกจากนี้ยังใช้ไมโครคอนโทรเลอร์ ESP32 (ESP32-wroom-32U) เพื่อเป็นตัวเก็บข้อมูลจากเซ็นเซอร์ชนิดต่าง ๆ เชื่อมต่อกับระบบเครือข่ายไร้สายและส่งข้อมูลไปยังเครื่องแม่ข่ายเพื่อจัดเก็บและนำมาแสดงผลในรูปแบบเว็บไซต์ต่อไป โดยจะต้องมีการศึกษาการทำงานของอุปกรณ์เซ็นเซอร์แต่ละชนิดและทดสอบว่าสามารถทำงานได้ตามข้อกำหนดหรือไม่ทุกตัวก่อนนำไปติดตั้งในสถานที่จริงดังนี้

2.1. ทดสอบการทำงานของเซ็นเซอร์วัดกระแสไฟฟ้าแบบครอบ (SCT-013 ขนาด 10A, 30A และ 50A)

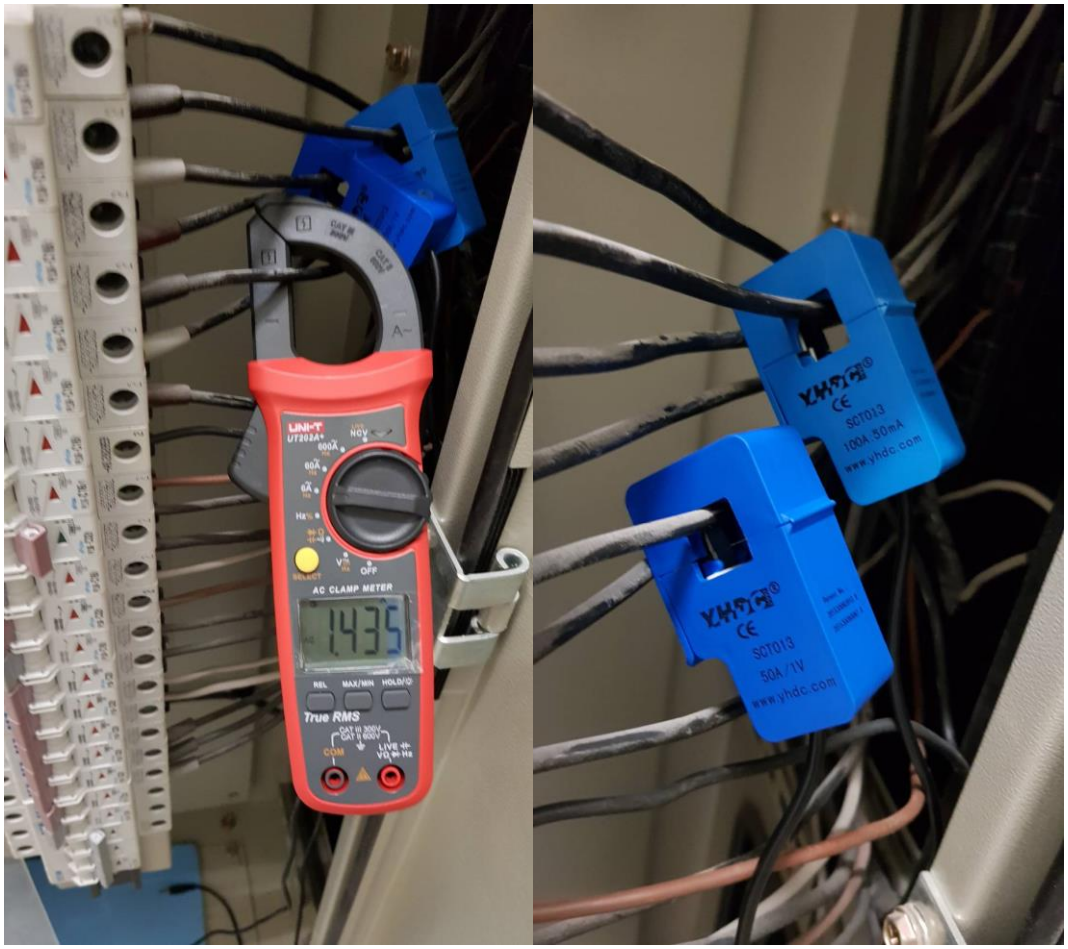
การเชื่อมต่ออุปกรณ์เซ็นเซอร์กับไมโครคอนโทรเลอร์ ESP32 ดังภาพ





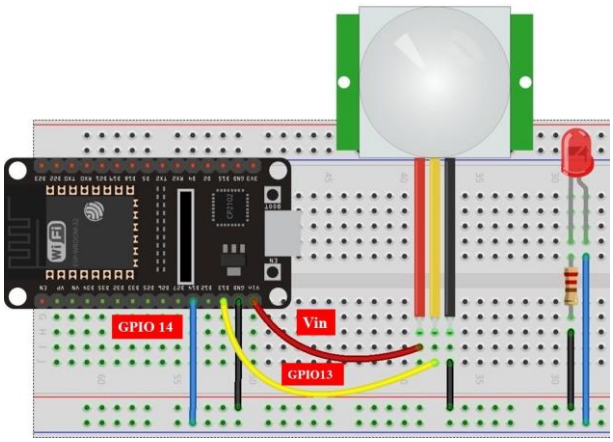
ภาพที่ 3 - 26 แสดงการเชื่อมต่อวงจรไมโครคอนโทรเลอร์ ESP32 ร่วมกับ SCT-013

เมื่อทดสอบการเชื่อมต่อรับค่ามาจากเซ็นเซอร์แล้วสิ่งสำคัญของการทำงานของเซ็นเซอร์วัดกระแสไฟฟ้าแบบครอบนั้นคือค่าที่วัดได้จะต้องได้ค่าที่มีความใกล้เคียงกับค่าของอุปกรณ์วัดค่าที่ได้มาตรฐาน ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการทดสอบค่าที่ได้จากเซ็นเซอร์เทียบกับอุปกรณ์วัดค่าจากดิจิตอลมิเตอร์รุ่น UNI-T UT202A+ จำนวน 2 ตัว เพื่อปรับค่าพารามิเตอร์ในการเขียนโปรแกรมดังภาพ



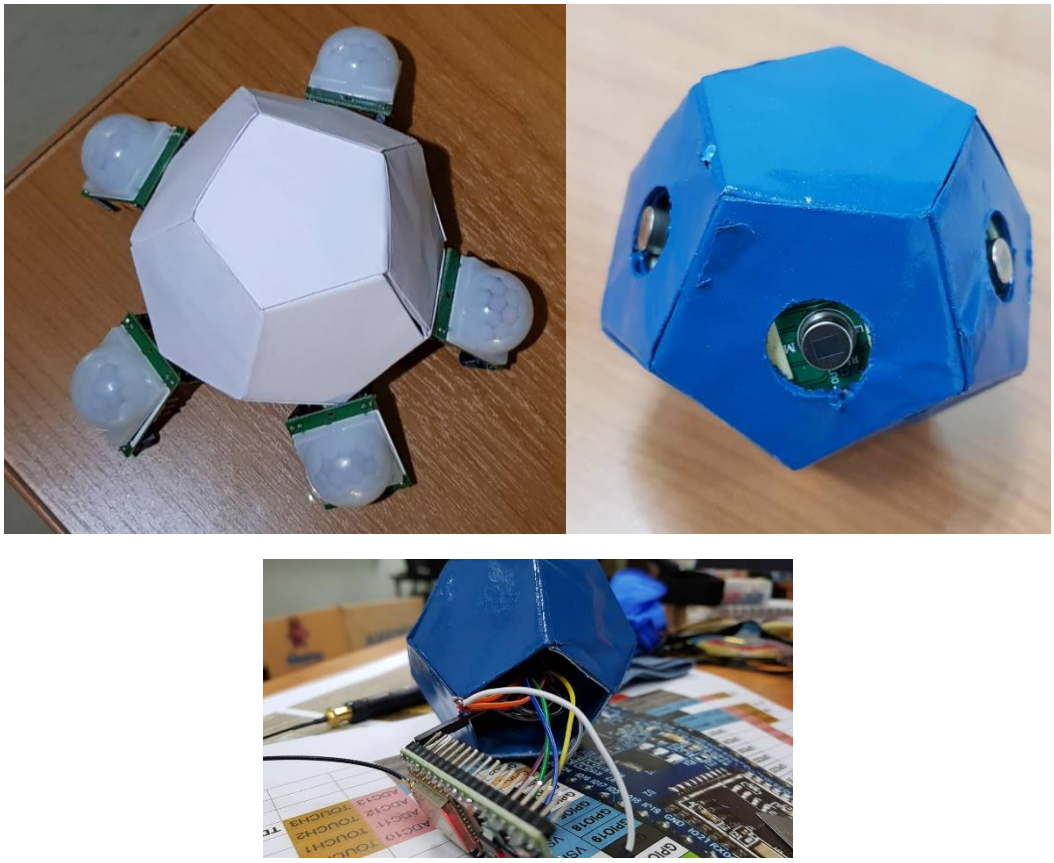
ภาพที่ 3 - 27 แสดงการตรวจวัดค่ากระแสไฟฟ้าเทียบกับค่าที่ได้จากดิจิตอลมิเตอร์รุ่น UNI-T UT202A+

2.2. ทดสอบการทำงานของเซ็นเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหวแบบ Infrared (PIR HC-SR501)



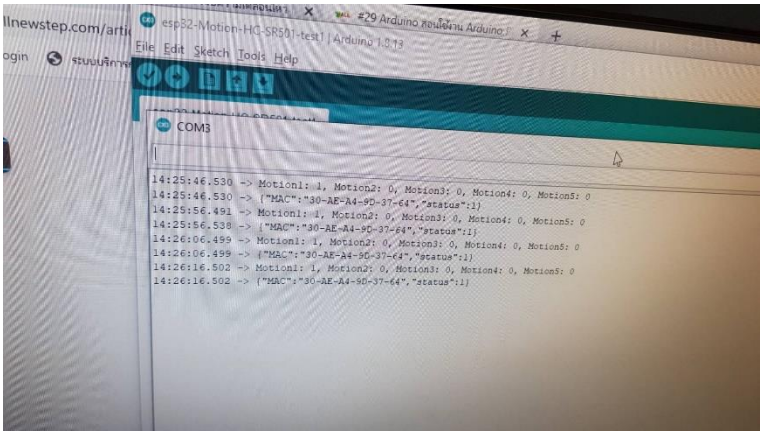
ภาพที่ 3 - 28 แสดงวงจรการเชื่อมต่อระหว่าง ESP32 กับเซ็นเซอร์ PIR HC-SR501

เนื่องจากเซ็นเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหวมีข้อจำกัดเรื่องระยะและองศาที่ตรวจจับได้ดังนี้ผู้วิจัยจึงออกแบบกล่องแบบ 5 เหลี่ยมเพื่อให้สามารถตรวจจับการเคลื่อนไหวได้ครบ 360 องศา ดังภาพที่ 3-29



ภาพที่ 3 - 29 แสดงการเตรียมเซ็นเซอร์ PIR HC-SR501 เพื่อใส่เข้าไปยังกล่องห้าเหลี่ยม

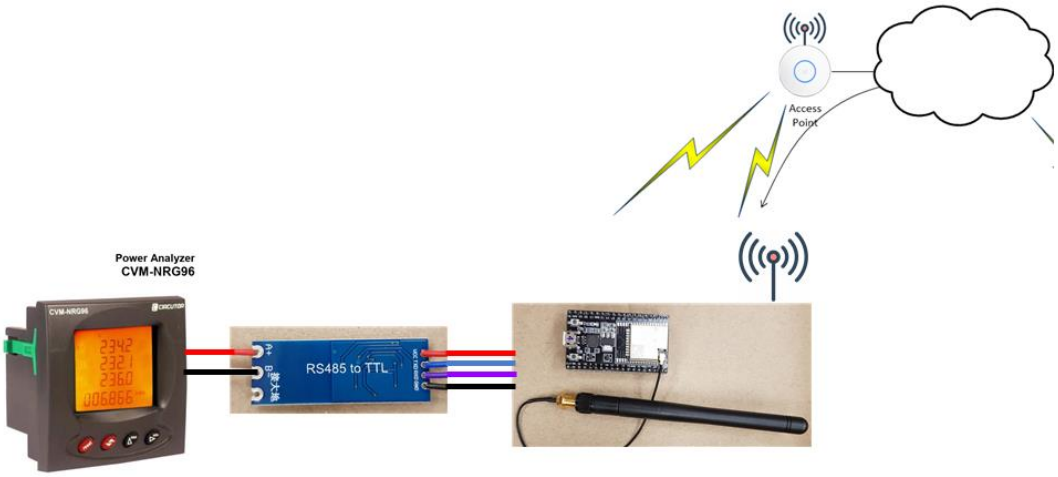
เมื่อเชื่อมต่อเซ็นเซอร์ PIR HC-SR501 กับไมโครคอนโทรเลอร์ ESP32 แล้วต้องทำการทดสอบเพื่อส่งข้อมูลเนื่องจากมีเซ็นเซอร์ PIR HC-SR501 จำนวนหลายตัว ดังนั้นจะต้องออกแบบการเขียนโปรมแกรมตรวจสอบให้มั่นใจว่าข้อมูลที่ส่งมาจากเซ็นเซอร์ PIR HC-SR501 จะสามารถตรวจได้ว่ามีคนอยู่ในห้องจริง



ภาพที่ 3 - 30 แสดงการเขียนโปรแกรมเพื่อทดสอบข้อมูลที่ส่งจากเซ็นเซอร์ PIR HC-SR501

2.3. ทดสอบการทำงานของอุปกรณ์วัดและแสดงผลไฟฟ้า Electrical Energy Meter Panel (CVM-NRG96)

อุปกรณ์วัดและแสดงผลไฟฟ้า CVM-NRG96 ที่ถูกติดตั้งในตู้ไฟฟ้าภายในห้องไฟฟ้าของทุก ๆ ชั้น ภายในอาคารคณะวิทยาการสารสนเทศ มีโมดูลเชื่อมต่อ RS485 ที่สามารถดึงข้อมูลโดยใช้ Modbus RTU protocol ในการสื่อสาร ใช้อุปกรณ์แปลงสัญญาณ RS485 to UART เชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรเลอร์ ESP32 เพื่อดึงข้อมูล เชื่อมต่อเครือข่ายไร้สายและส่งข้อมูลไปเก็บไว้ยังเครื่องแม่ข่าย โดยมีการเชื่อมต่อดังภาพ



ภาพที่ 3 - 31 แสดงแผนภาพการเชื่อมต่ออุปกรณ์วัดและแสดงผลไฟฟ้า CVM-NRG96 ผ่าน RS485 to TTL เชื่อมต่อกับ ESP32

การดึงข้อมูลโดยใช้ Modbus RTU protocol สำหรับการเขียนโปรแกรมภาษาซีบน Arduino IDE สามารถเรียกใช้ไลบรารี ModbusMaster มีผู้พัฒนาคือ Doc Walker และคนอื่น ๆ ซึ่งการดึงข้อมูลจะต้องทราบค่า Registry Address ที่อยู่บนตัวอุปกรณ์ว่าต้องการดึงค่าอะไรและค่านั้น ๆ ถูกเก็บไว้ใน Registry Address อะไรและมีขนาดของข้อมูลที่เก็บกี่ไบต์ ดังนั้นผู้วิจัยจึงค้นคว้าข้อมูลโดยดูจาก User manual สามารถดึงข้อมูลจากค่า Registry Address ดังนี้

ตารางที่ 3 - 1 ข้อมูลค่า MODBUS© memory map ของอุปกรณ์วัดและแสดงผลไฟฟ้า CVM-NRG96

Magnitude	Symbol	Registry Address	Unit
Voltage Phase VL1	V L1	0x00	V x10
Voltage Phase VL2	V L2	0x0A	V x10
Voltage Phase VL3	V L3	0x14	V x10
Current AL1	A L1	0x02	mA
Current AL2	A L2	0x0C	mA

Current AL3	A L3	0x16	mA
Active Power kW L1	kW L1	0x04	w
Active Power kW L2	kW L2	0x0E	w
Active Power kW L3	kW L3	0x18	w
Active Energy 3 Phase	kW·h III	0x3C	w·h

3. การออกแบบระบบเพื่อการจัดเก็บข้อมูลและการแสดงผล

การจัดเก็บข้อมูลและการนำข้อมูลมาแสดงผลพร้อมมีระบบการแจ้งเตือนผ่านอีเมล์หรือ Line Notify ในงานวิจัยนี้ จำเป็นจะต้องใช้ฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์สำหรับทำเป็นเครื่องแม่ข่ายและการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยแยกออกเป็นองค์ประกอบดังนี้

3.1. อุปกรณ์เซ็นเซอร์ที่คอยเก็บข้อมูลและส่งข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายไร้สาย

อุปกรณ์เซ็นเซอร์นี้จะใช้ไมโครคอนโทรเลอร์ ESP32 เขียนโปรแกรมภาษาซีโดยใช้ Arduino IDE เพื่อควบคุมสั่งการในการเก็บข้อมูลจากเซ็นเซอร์ชนิดต่างๆ แล้วส่งข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายไร้สายไปยังเครื่องแม่ข่ายที่ให้บริการ MQTT Broker

3.2. เครื่องแม่ข่ายที่ให้บริการ MQTT Broker

เครื่องแม่ข่ายที่ติดตั้งและกำหนดค่าต่างๆ เพื่อให้บริการ MQTT Broker ในการรับและส่งต่อข้อมูลที่มาจากอุปกรณ์เซ็นเซอร์ โดยในงานวิจัยนี้ได้ใช้เครื่องแม่ข่ายเสมือนของคณะวิทยาการสารสนเทศในการติดตั้งซอฟต์แวร์ RabbitMQ ในรูปแบบของ Container เพื่อคอยให้บริการ

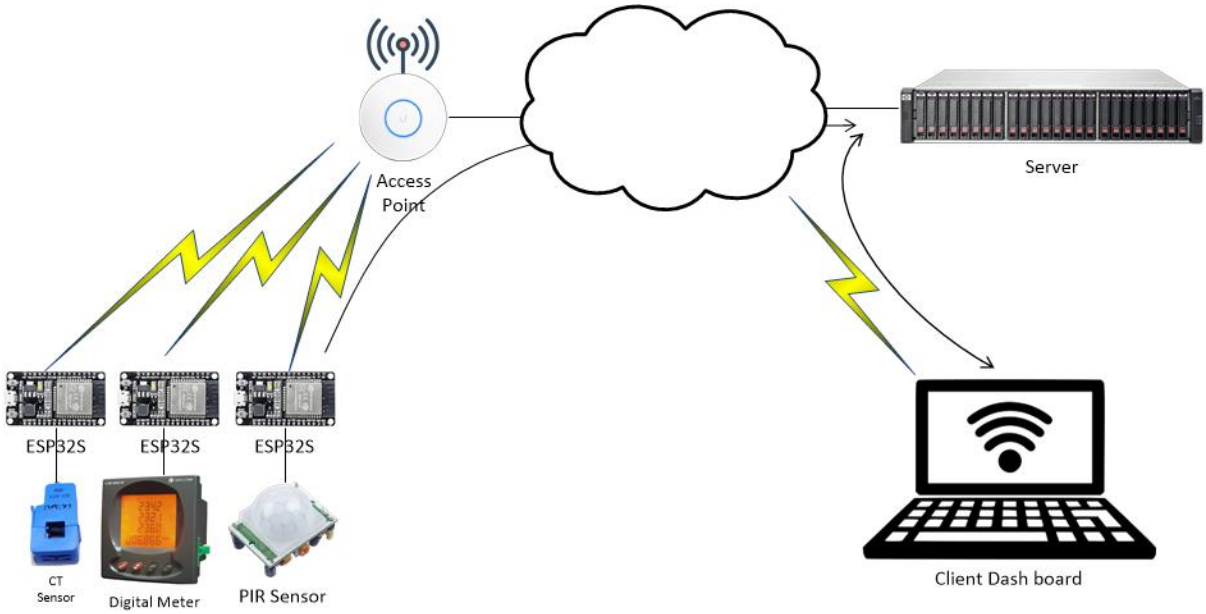
3.3. ฐานข้อมูลและซอฟต์แวร์ที่คอยจัดการเก็บข้อมูลจาก MQTT Broker ลงฐานข้อมูล MongoDB

ในงานวิจัยนี้มีการจัดเก็บข้อมูลของอุปกรณ์เซ็นเซอร์ลงฐานข้อมูลแบบ No SQL Database ในรูปแบบของ JSON Format โดยเลือกใช้ฐานข้อมูล Mongo dB ในรูปแบบของ Container เพื่อคอยให้บริการ และมีการเขียนโปรแกรมภาษา Python เพื่อเป็น Agent ในการดึงข้อมูลจาก MQTT Broker มาเก็บลงฐานข้อมูล

3.4. ฐานข้อมูลสำหรับเก็บข้อมูลผู้ใช้และเซ็นเซอร์ที่ถูกลงทะเบียนในระบบ

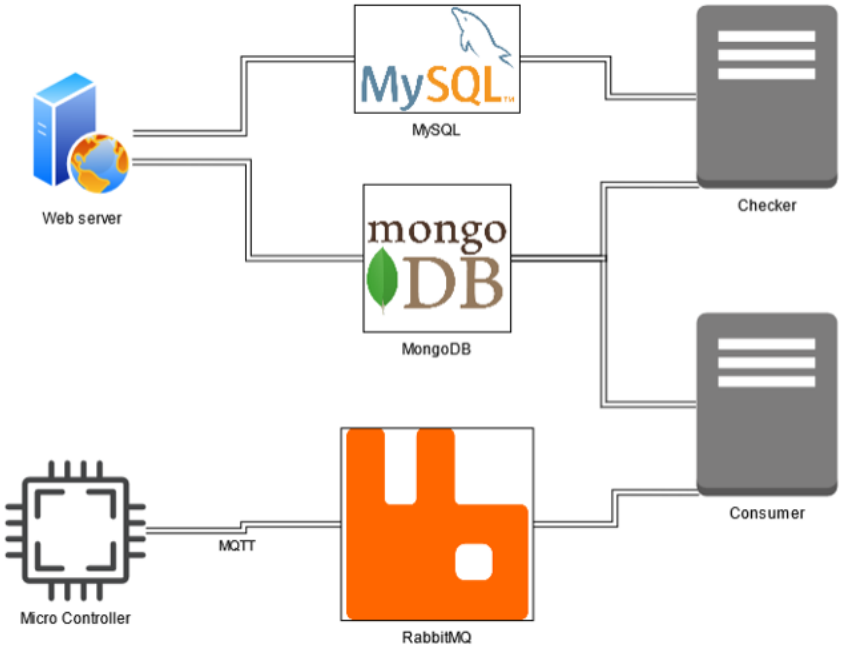
ในงานวิจัยนี้มีการจัดเก็บข้อมูลผู้ใช้และข้อมูลเซ็นเซอร์ที่ถูกลงทะเบียนโดยใช้ฐานข้อมูล MySQL Database ในรูปแบบ Container

3.5. ภาพรวมการเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายในระบบ



ภาพที่ 3 - 32 แสดงการเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายในระบบ (a)

3.6. โครงสร้างระบบเพื่อทำการรับ/ส่งข้อมูลและนำมาแสดงผล

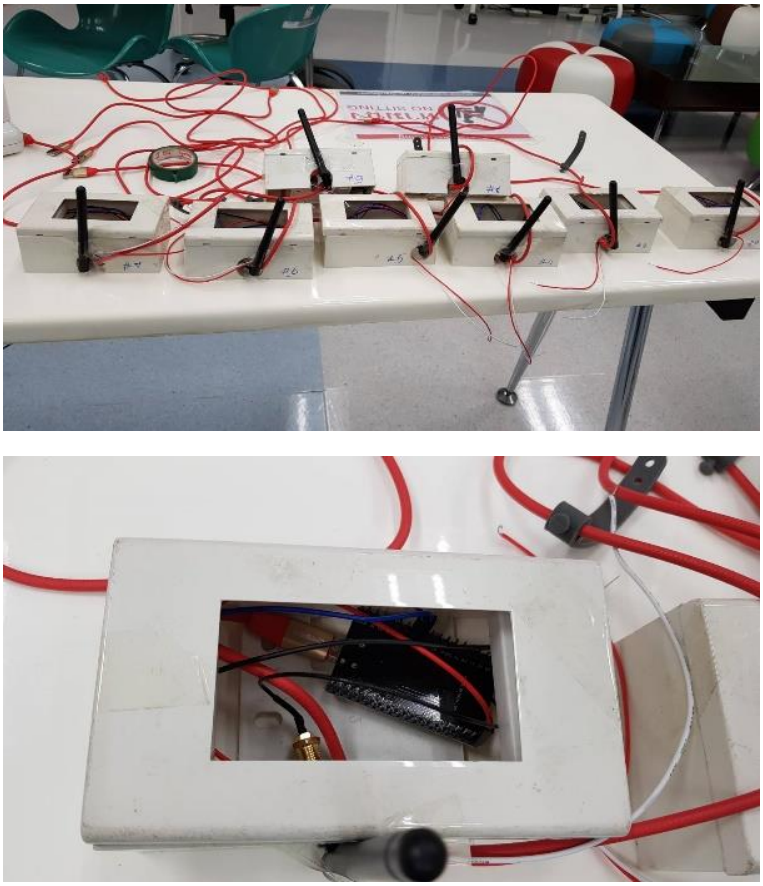


ภาพที่ 3 - 33 แสดงการเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายในระบบ (b)

4. การติดตั้งอุปกรณ์

4.1. การติดตั้งอุปกรณ์ภายในห้องไฟฟ้าตามชั้นต่าง ๆ จำนวน 11 ชั้น

อุปกรณ์ที่ติดตั้งภายในห้องไฟฟ้าประกอบด้วยเซ็นเซอร์ที่ใช้ในการดึงข้อมูลจากอุปกรณ์วัดและแสดงผลไฟฟ้า CVM-NRG96 ภายในตู้ไฟฟ้าในแต่ละชั้น โดยจะต้องเชื่อมสายไฟล์จำนวน 2 เส้น เชื่อมต่อแบบอนุกรมกับ CVM-NRG96 จำนวน 4-8 ตัวในแต่ละชั้นและนำปลายสายมาต่อกับเซ็นเซอร์ RS485 to UART และ ESP32 เพื่อดึงข้อมูลแรงดันไฟฟ้า (VL1, VL2, VL3), กระแสไฟฟ้า (AL1, AL2, AL3), พลังงานไฟฟ้า (PL1, PL2, PL3) และพลังงานไฟฟ้าต่อชั่วโมง (kW-h)



ภาพที่ 3 - 34 การเตรียมอุปกรณ์สำหรับใช้ในการติดตั้งภายในห้องไฟฟ้าในแต่ละชั้น

ภาพที่ 3 - 35 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์ภายในห้องไฟฟ้าภายในตู้ไฟฟ้าในแต่ละชั้น

4.2. การติดตั้งอุปกรณ์ภายในห้องประชุมและห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์

อุปกรณ์ที่ติดตั้งภายในห้องประชุมและห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ประกอบด้วยเซ็นเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหวที่ถูกออบแบบให้ตั้งไว้บริเวณโต๊ะหรือขาตั้งเพื่อหลีกเลี่ยงการเดินสายไฟหรือการต้องเจาะฝ้าผนังซึ่งอาจทำให้เกิดความเสียหายกับห้องนั้น ๆ ได้

ภาพที่ 3 - 1 แสดงอุปกรณ์เซ็นเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหวที่ถูกออบแบบให้ตั้งไว้บริเวณโต๊ะ

บทที่ 4

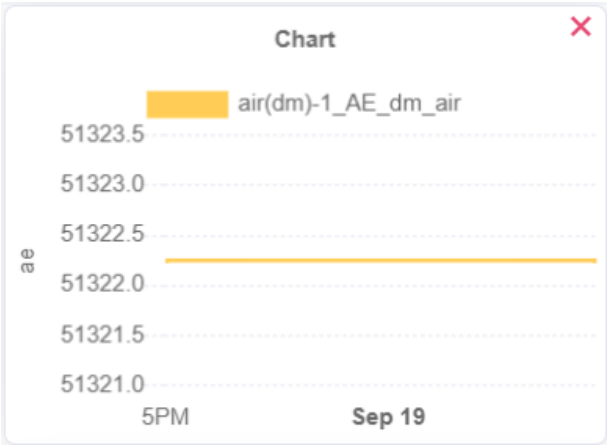
ผลการดำเนินการวิจัย

จากการทดลองวัดการใช้กระแสไฟฟ้าในของชั้น 2 ชั้น 3 และชั้น 4 ของอาคารคณะวิทยาการสารสนเทศด้วยอุปกรณ์วัดและแสดงผลไฟฟ้า Electrical Energy Meter Panel (CVM-NRG96) ได้มีผลดังนี้

1. ข้อมูลการใช้กระแสไฟฟ้าของชั้นที่ 2 อาคารคณะวิทยาการสารสนเทศ

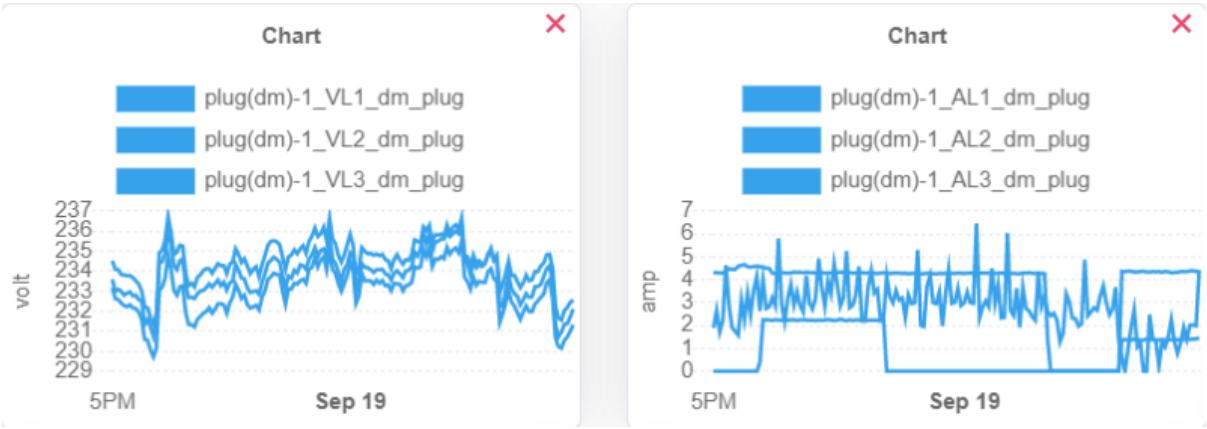
ภาพที่ 4 - 1 แสดงปริมาณการใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศชั้น 2 วันที่ 19 กันยายน 2564

จากภาพที่ 4 – 1 ด้านซ้ายแสดงแรงดันไฟฟ้าของ Electrical Energy Meter Panel (CVM-NRG96) ของเครื่องปรับอากาศชั้น 2 ซึ่งค่าแรงดันไฟฟ้าทั้งสามเฟสจะอยู่รหว่าง 229- 237 โวลต์ ซึ่งแรงดันไฟฟ้าปกติจะอยู่ในระดับ 230 โวลต์ ซึ่งจากภาพค่าแรงดันไฟฟ้าก็อยู่ในเกณฑ์ปกติ ภาพที่ 4 – 1 ด้านขวา เป็นการแสดงปริมาณการไหลของกระแสไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ ซึ่งจากภาพจะพบปริมาณการไหลของกระแสไฟฟ้าเป็น 0 แอมแปร์ เนื่องจากในวันที่ทดสอบไม่มีการเปิดใช้เครื่องปรับอากาศของชั้น 2



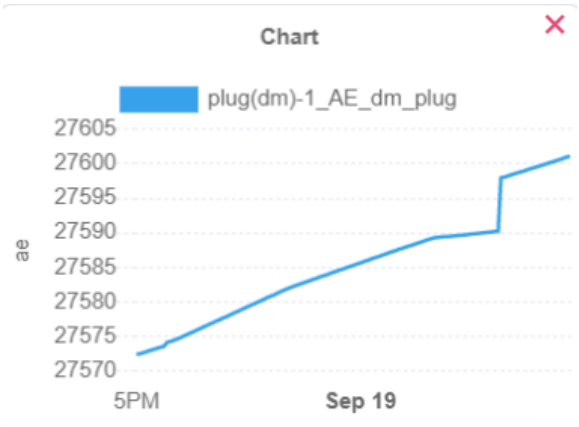
ภาพที่ 4 - 2 แสดงปริมาณการใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศชั้น 2 วันที่ 19 กันยายน 2564

จากภาพที่ 4 – 2 เป็นการแสดงปริมาณการการใช้กระแสไฟฟ้าสะสมของเครื่องปรับอากาศ ชั้น 2 ตั้งแต่เริ่มใช้ในอาคาร โดยมีหน่วยเป็นกิโลวัตต์ต่อชั่วโมง จากภาพจะเห็นว่าค่าการใช้กระแสไฟฟ้าสะสมไม่มีการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากในวันที่ทดสอบไม่มีการเปิดใช้เครื่องปรับอากาศของชั้น 2



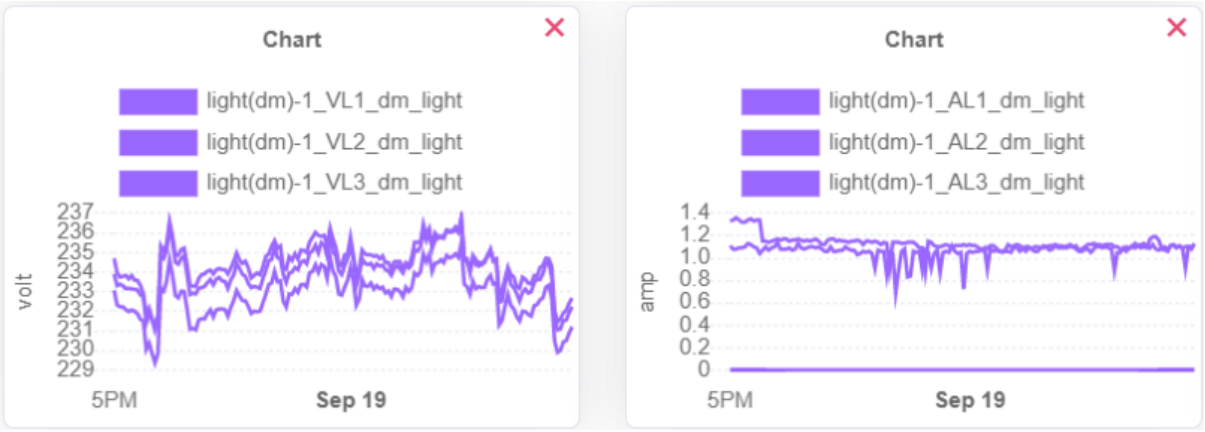
ภาพที่ 4 - 3 แสดงปริมาณการใช้ไฟฟ้าของปลั๊กไฟฟ้าชั้น 2 วันที่ 19 กันยายน 2564

จากภาพที่ 4 – 3 ด้านซ้ายแสดงแรงดันไฟฟ้าของ Electrical Energy Meter Panel (CVM-NRG96) ของปลั๊กไฟฟ้าชั้น 2 ซึ่งค่าแรงดันไฟฟ้าทั้งสามเฟสจะอยู่รหว่าง 229.5- 237 โวลต์ ซึ่งแรงดันไฟฟ้าปกติจะอยู่ในระดับ 230 โวลต์ ซึ่งจากภาพค่าแรงดันไฟฟ้าก็อยู่ในเกณฑ์ปกติ ภาพที่ 4 – 3 ด้านขวา เป็นการแสดงปริมาณการไหลของกระแสไฟฟ้าของปลั๊กไฟฟ้าชั้น 2 ซึ่งจากภาพจะพบปริมาณการไหลของกระแสไฟฟ้าจะอยู่ที่ 0-6.4 แอมแปร์ ซึ่งจากการสังเกตไฟฟ้าทั้ง 3 เฟส มีการใช้ในปริมาณไฟฟ้าไม่เท่ากัน ซึ่งอาจส่งผลต่อการคำนวณค่าไฟฟ้าของการไฟฟ้าได้



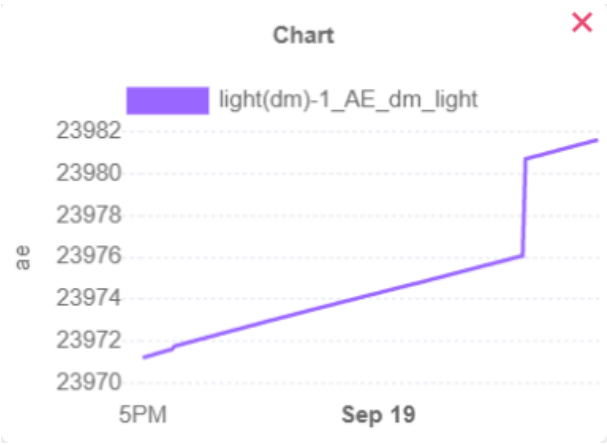
ภาพที่ 4 - 4 แสดงปริมาณการใช้ไฟฟ้าของของปลั๊กไฟฟ้าชั้น 2 วันที่ 19 กันยายน 2564

จากภาพที่ 4 – 4 เป็นการแสดงปริมาณการการใช้กระแสไฟฟ้าสะสมของปลั๊กไฟฟ้า ชั้น 2 ตั้งแต่เริ่มใช้ในอาคาร โดยมีหน่วยเป็นกิโลวัตต์ต่อชั่วโมง จากภาพจะเห็นว่าค่าการใช้กระแสไฟฟ้าสะสมมีการเปลี่ยนแปลงจาก 27577.08 – 275602.06 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง โดยดึงข้อมูลตอน 17.00 น. โดยปลั๊กไฟฟ้ามีการใช้ไฟฟ้า 24.92 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง



ภาพที่ 4 - 5 แสดงปริมาณการใช้ไฟฟ้าของระบบแสงสว่างชั้น 2 วันที่ 19 กันยายน 2564

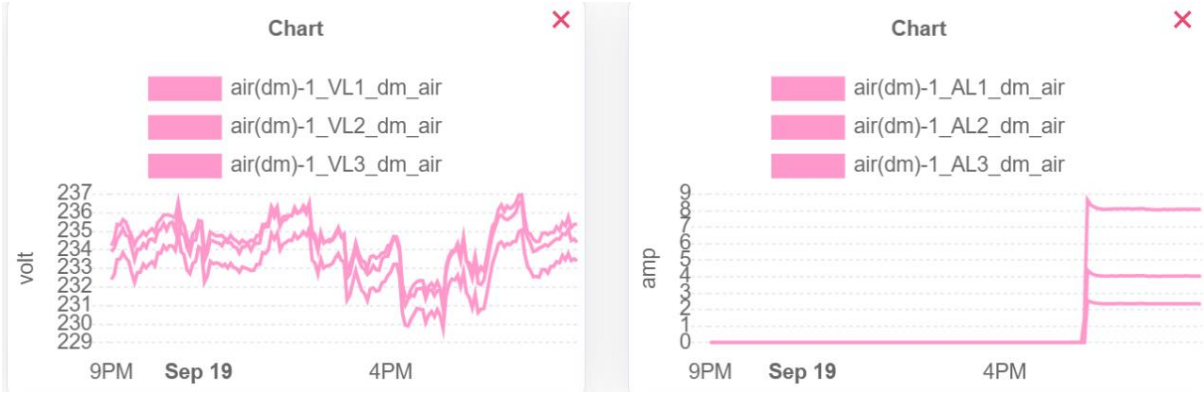
จากภาพที่ 4 – 5 ด้านซ้ายแสดงแรงดันไฟฟ้าของ Electrical Energy Meter Panel (CVM-NRG96) ของระบบแสงสว่างชั้น 2 ซึ่งค่าแรงดันไฟฟ้าทั้งสามเฟสจะอยู่รหว่าง 229- 237 โวลต์ ซึ่งแรงดันไฟฟ้าปกติจะอยู่ในระดับ 230 โวลต์ ซึ่งจากภาพค่าแรงดันไฟฟ้าก็อยู่ในเกณฑ์ปกติ ภาพที่ 4 – 3 ด้านขวา เป็นการแสดงปริมาณการไหลของกระแสไฟฟ้าของระบบแสงสว่างชั้น 2 ซึ่งจากภาพจะพบปริมาณการไหลของกระแสไฟฟ้าจะอยู่ที่ 0-1.38 แอมแปร์ ซึ่งจากการสังเกตไฟฟ้าทั้ง 3 เฟส มี 2 เฟสที่ใช้ปริมาณไฟฟ้าใกล้เคียงกัน ส่วนอีก 1 เฟส ไม่มีการใช้ ซึ่งอาจเกิดจากการใช้ไฟฟ้าในบางจุดในชั้น 2 เท่านั้น



ภาพที่ 4 - 6 ภาพที่ 4 - 6 แสดงปริมาณการใช้ไฟฟ้าของระบบแสงสว่างชั้น 2 วันที่ 19 กันยายน 2564

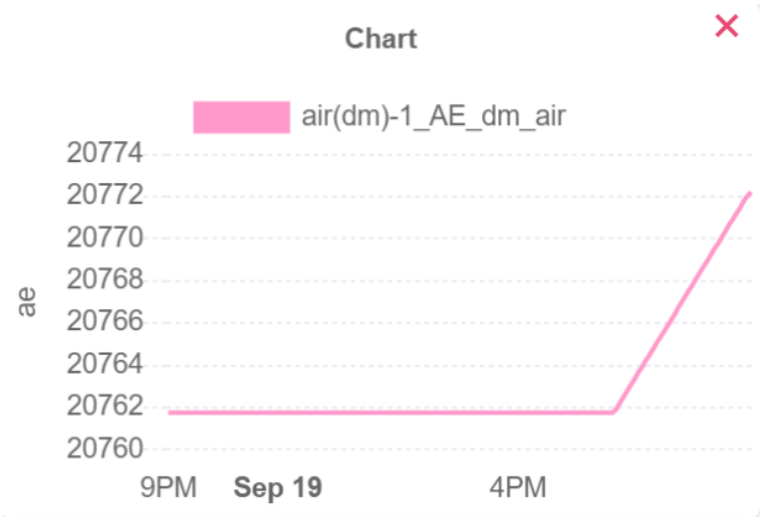
จากภาพที่ 4 – 6 เป็นการแสดงปริมาณการการใช้กระแสไฟฟ้าสะสมของระบบแสงสว่าง ชั้น 2 ตั้งแต่เริ่มใช้ในอาคาร โดยมีหน่วยเป็นกิโลวัตต์ต่อชั่วโมง จากภาพจะเห็นว่าค่าการใช้กระแสไฟฟ้าสะสมมีการเปลี่ยนแปลงจาก 23971.54 – 23981.74 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง โดยดึงข้อมูลตอน 17.00 น. โดยปลั๊กไฟฟ้ามีการใช้ไฟฟ้า 10.20 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง

2. ข้อมูลการใช้กระแสไฟฟ้าของชั้นที่ 3 อาคารคณะวิทยาการสารสนเทศ



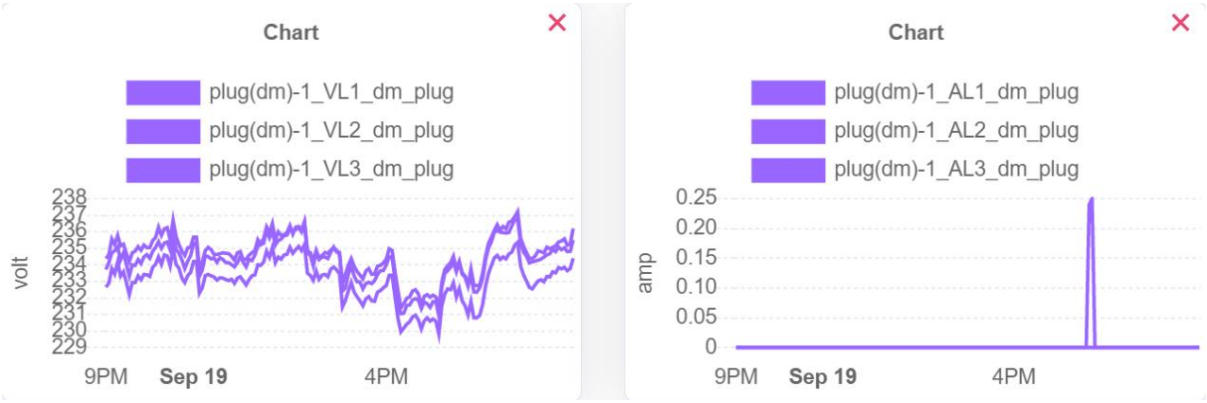
ภาพที่ 4 - 7 แสดงปริมาณการใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศชั้น 3 วันที่ 19 กันยายน 2564

จากภาพที่ 4 – 7 ด้านซ้ายแสดงแรงดันไฟฟ้าของ Electrical Energy Meter Panel (CVM-NRG96) ของเครื่องปรับอากาศชั้น 2 ซึ่งค่าแรงดันไฟฟ้าทั้งสามเฟสจะอยู่รหว่าง 230- 237 โวลต์ ซึ่งแรงดันไฟฟ้าปกติจะอยู่ในระดับ 230 โวลต์ ซึ่งจากภาพค่าแรงดันไฟฟ้าก็อยู่ในเกณฑ์ปกติ ภาพที่ 4 – 7 ด้านขวา เป็นการแสดงปริมาณการไหลของกระแสไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ ซึ่งจากภาพจะพบ โดยช่วงเวลาแรกปริมาณการไหลของกระแสไฟฟ้าทั้ง 3 เฟส มีค่าเป็น 0 แอมแปร์ เนื่องจากไม่ได้เปิดการใช้เครื่องปรับอากาศของชั้น 3 และเมื่อมการเปิดใช้งานปริมาณการไหลของกระแสไฟฟ้าเฟส1 มีค่าอยู่ที่ 4.4 แอมแปร์ เฟส2 มีค่าอยู่ที่ 8.65 แอมแปร์ เฟส3 มีค่าอยู่ที่ 2.56 แอมแปร์



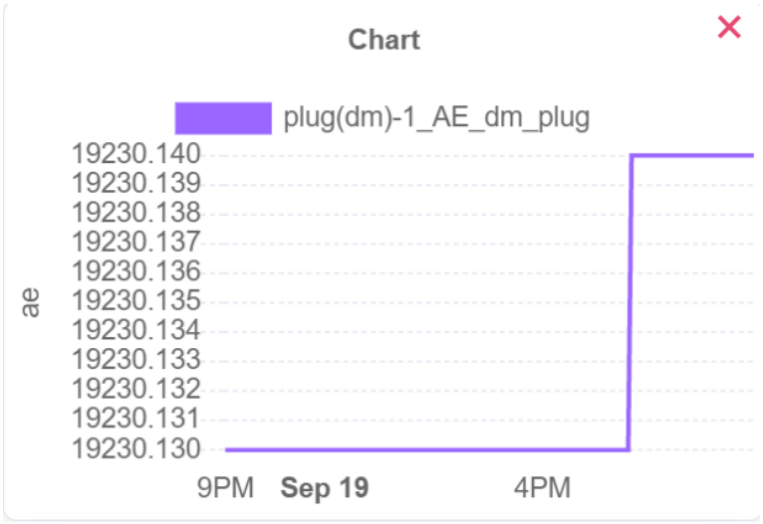
ภาพที่ 4 - 8 แสดงปริมาณการใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศชั้น 3 วันที่ 19 กันยายน 2564

จากภาพที่ 4 – 8 เป็นการแสดงปริมาณการการใช้กระแสไฟฟ้าสะสมของเครื่องปรับอากาศ ชั้น 3 ตั้งแต่เริ่มใช้ในอาคาร โดยมีหน่วยเป็นกิโลวัตต์ต่อชั่วโมง จากภาพจะเห็นว่าค่าการใช้กระแสไฟฟ้าสะสมมีการเปลี่ยนแปลงจาก 20761.76 เป็น 20777.21 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง โดยมีการใช้ปริมาณกระแสไฟฟ้า 15.45 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง



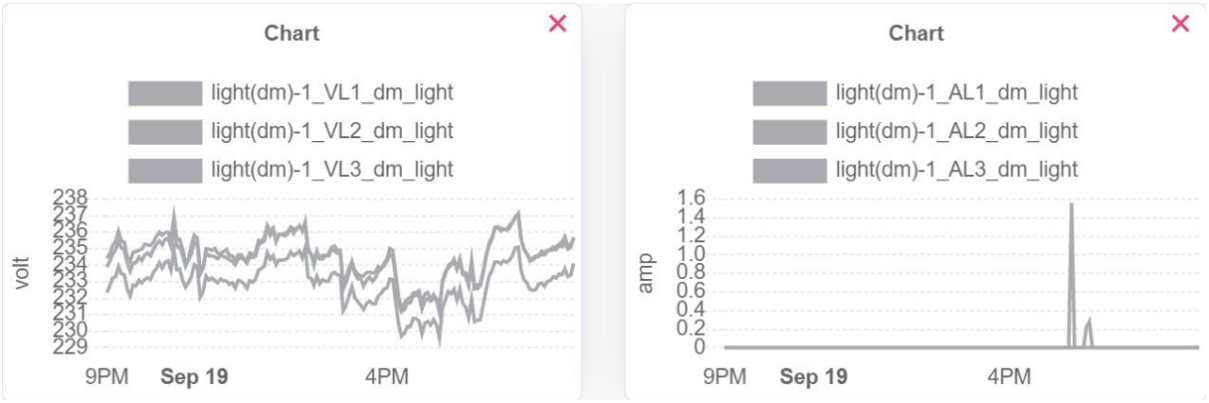
ภาพที่ 4 - 9 แสดงปริมาณการใช้ไฟฟ้าของปลั๊กไฟฟ้าชั้น 3 วันที่ 19 กันยายน 2564

จากภาพที่ 4 – 9 ด้านซ้ายแสดงแรงดันไฟฟ้าของ Electrical Energy Meter Panel (CVM-NRG96) ของปลั๊กไฟฟ้าชั้น 3 ซึ่งค่าแรงดันไฟฟ้าทั้งสามเฟสจะอยู่รหว่าง 229.82- 237.22 โวลต์ ซึ่งแรงดันไฟฟ้าปกติจะอยู่ในระดับ 230 โวลต์ ซึ่งจากภาพค่าแรงดันไฟฟ้าก็อยู่ในเกณฑ์ปกติ ภาพที่ 4 – 9 ด้านขวา เป็นการแสดงปริมาณการไหลของกระแสไฟฟ้าของปลั๊กไฟฟ้าชั้น 3 ซึ่งจากภาพจะพบปริมาณการไหลของกระแสไฟฟ้าจะอยู่ที่ 0-0.24 แอมแปร์ โดยปริมาณการไหลของกระแสไฟฟ้าเฟส 1 และเฟส 2 มีค่าเป็น 0



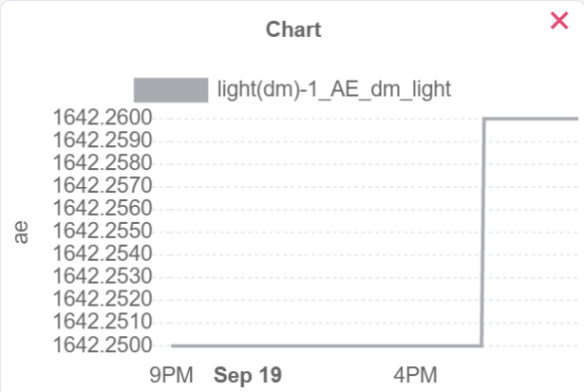
ภาพที่ 4 - 10 แสดงปริมาณการใช้ไฟฟ้าของปลั๊กไฟฟ้าชั้น 3 วันที่ 19 กันยายน 2564

จากภาพที่ 4 – 10 เป็นการแสดงปริมาณการการใช้กระแสไฟฟ้าสะสมของปลั๊กไฟฟ้า ชั้น 3 ตั้งแต่เริ่มใช้ในอาคาร โดยมีหน่วยเป็นกิโลวัตต์ต่อชั่วโมง จากภาพจะเห็นว่าค่าการใช้กระแสไฟฟ้าสะสมมีการเปลี่ยนแปลงจาก 19230.13 เป็น 19230.14 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง โดยมีการใช้ปริมาณกระแสไฟฟ้า 0.01 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง



ภาพที่ 4 - 11 แสดงปริมาณการใช้ไฟฟ้าของระบบแสงสว่างชั้น 3 วันที่ 19 กันยายน 2564

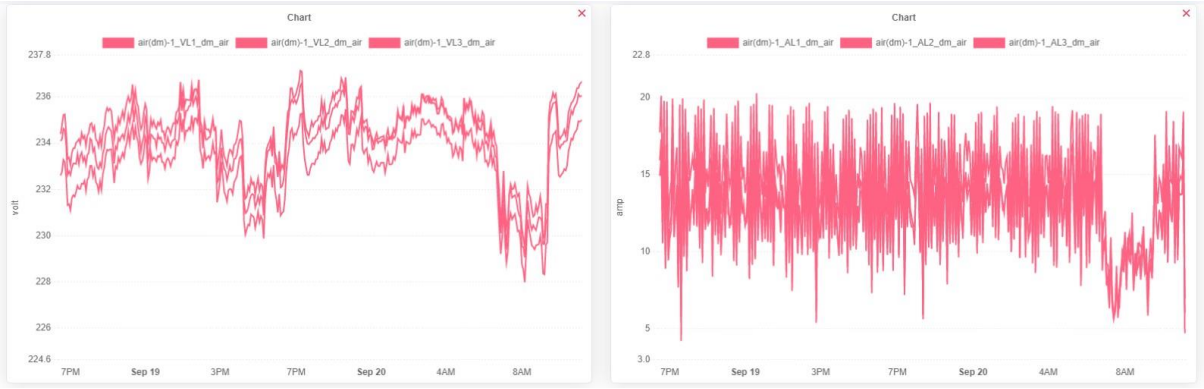
จากภาพที่ 4 – 11 ด้านซ้ายแสดงแรงดันไฟฟ้าของ Electrical Energy Meter Panel (CVM-NRG96) ของระบบแสงสว่างชั้น 3 ซึ่งค่าแรงดันไฟฟ้าทั้งสามเฟสจะอยู่รหว่าง 229.58- 237.13 โวลต์ ซึ่งแรงดันไฟฟ้าปกติจะอยู่ในระดับ 230 โวลต์ ซึ่งจากภาพค่าแรงดันไฟฟ้าก็อยู่ในเกณฑ์ปกติ ภาพที่ 4 – 9 ด้านขวา เป็นการแสดงปริมาณการไหลของกระแสไฟฟ้าของระบบแสงสว่างชั้น 3 ซึ่งจากภาพจะพบปริมาณการไหลของกระแสไฟฟ้าจะอยู่ที่ 0-1.56 แอมแปร์ โดยปริมาณการไหลของกระแสไฟฟ้าเฟส 1 และเฟส 2 มีค่าเป็น 0



ภาพที่ 4 - 12 แสดงปริมาณการใช้ไฟฟ้าของระบบแสงสว่างชั้น 3 วันที่ 19 กันยายน 2564

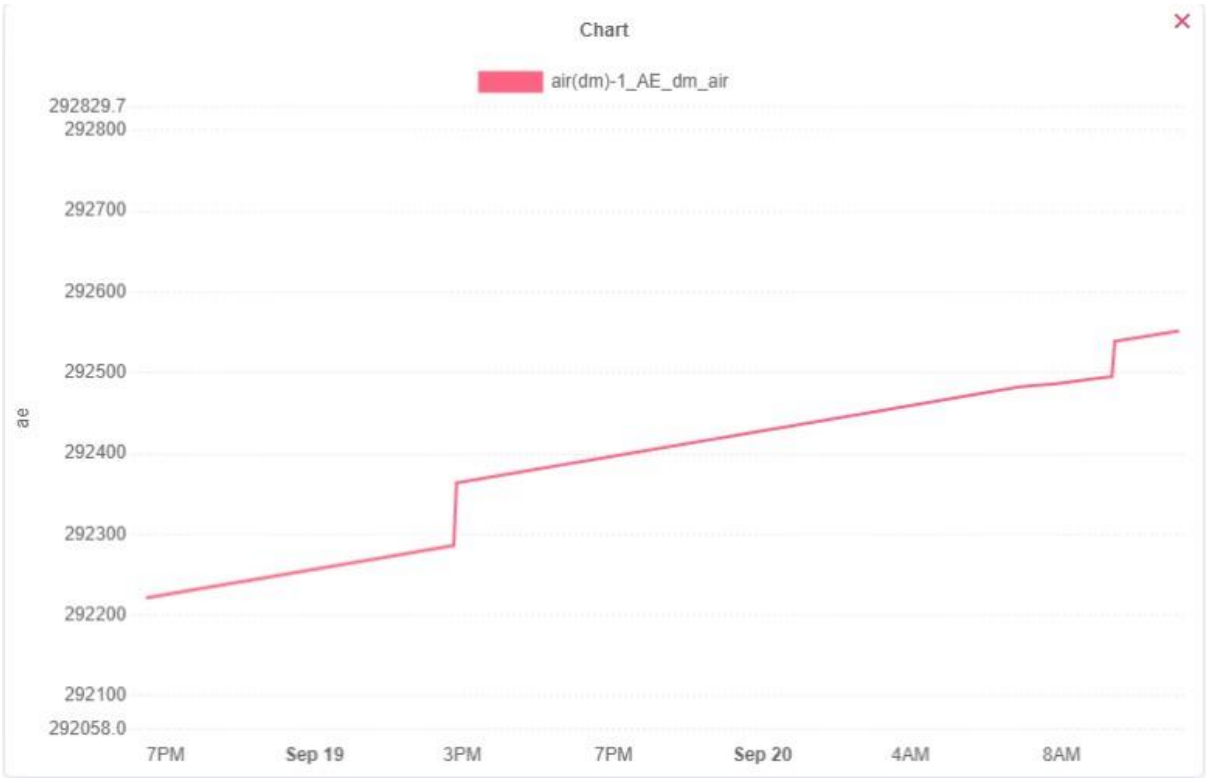
จากภาพที่ 4 – 12 เป็นการแสดงปริมาณการการใช้กระแสไฟฟ้าสะสมของระบบแสงสว่าง ชั้น 3 ตั้งแต่เริ่มใช้ในอาคาร โดยมีหน่วยเป็นกิโลวัตต์ต่อชั่วโมง จากภาพจะเห็นว่าค่าการใช้กระแสไฟฟ้าสะสมมีการเปลี่ยนแปลงจาก 1642.25 เป็น 1642.26 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง โดยมีการใช้ปริมาณกระแสไฟฟ้า 0.01 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง

3. ข้อมูลการใช้กระแสไฟฟ้าของชั้นที่ 4 อาคารคณะวิทยาการสารสนเทศ



ภาพที่ 4 - 13 แสดงปริมาณการใช้ไฟฟ้า (Volt & Ampere) ของเครื่องปรับอากาศชั้น 4 วันที่ 19 กันยายน 2564

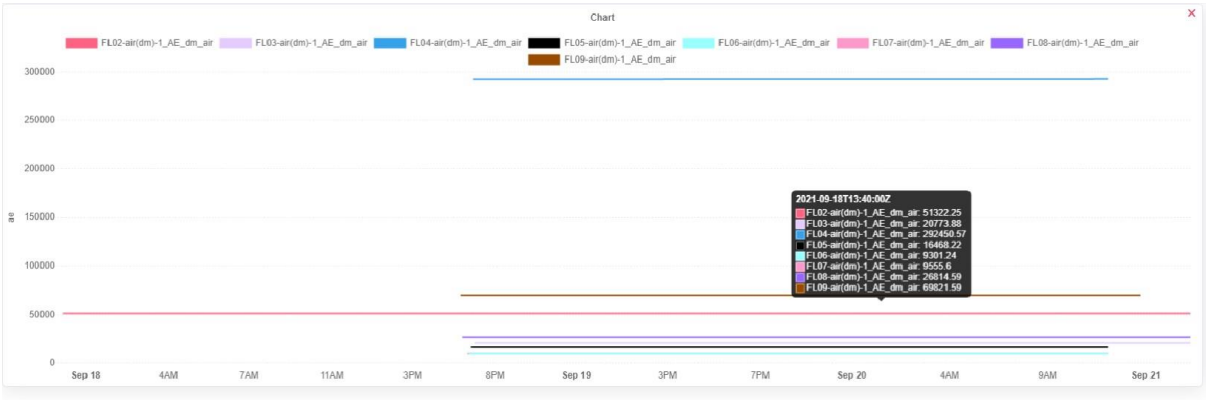
จากภาพที่ 4 – 13 ด้านซ้ายแสดงแรงดันไฟฟ้าของ Electrical Energy Meter Panel (CVM-NRG96) ของเครื่องปรับอากาศชั้น 4 ซึ่งค่าแรงดันไฟฟ้าทั้งสามเฟสจะอยู่รหว่าง 230- 237 โวลต์ ซึ่งแรงดันไฟฟ้าปกติจะอยู่ในระดับ 230 โวลต์ ซึ่งจากภาพค่าแรงดันไฟฟ้าก็อยู่ในเกณฑ์ปกติ ภาพที่ 4 – 13 ด้านขวา เป็นการแสดงปริมาณการไหลของกระแสไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ ซึ่งจากภาพจะพบ โดยช่วงเวลาแรกปริมาณการไหลของกระแสไฟฟ้าทั้ง 3 เฟส มีค่าเป็น 14-18 แอมแปร์ เนื่องจากมีการเปิดใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศภายในห้องเซิร์ฟเวอร์ตลอด 24 ชม.



ภาพที่ 4 - 14 แสดงปริมาณการใช้ไฟฟ้า (kW/h) ของเครื่องปรับอากาศชั้น 3 วันที่ 19 กันยายน 2564

จากภาพที่ 4 – 14 เป็นการแสดงปริมาณการการใช้กระแสไฟฟ้าสะสมของเครื่องปรับอากาศ ชั้น 4 ตั้งแต่เริ่มใช้ในอาคาร โดยมีหน่วยเป็นกิโลวัตต์ต่อชั่วโมง จากภาพจะเห็นว่าค่าการใช้กระแสไฟฟ้าสะสมมีการเปลี่ยนแปลงจาก 292221.37 เป็น 292550.17 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง โดยมีการใช้ปริมาณกระแสไฟฟ้า 38.8 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง

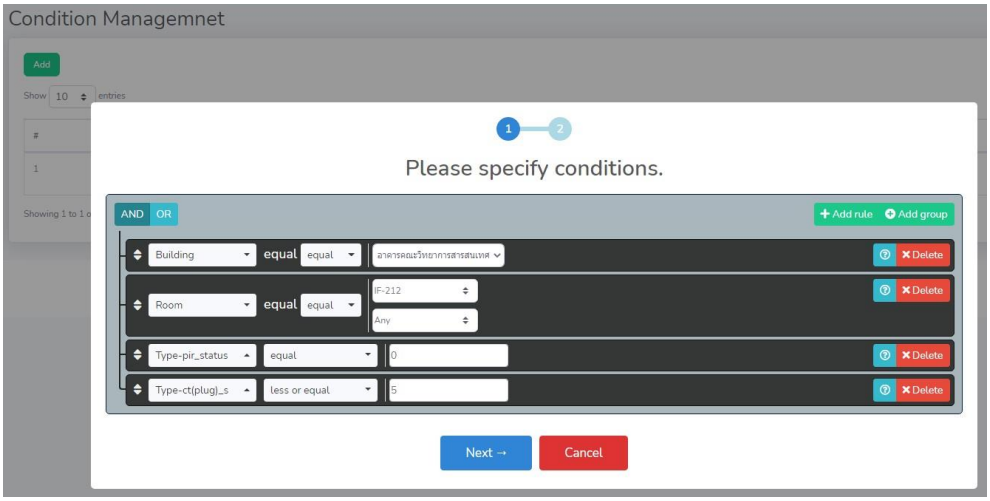
4. ข้อมูลการใช้กระแสไฟฟ้าระบบปรับอากาศของชั้นที่ 2 - 9 อาคารคณะวิทยาการสารสนเทศ

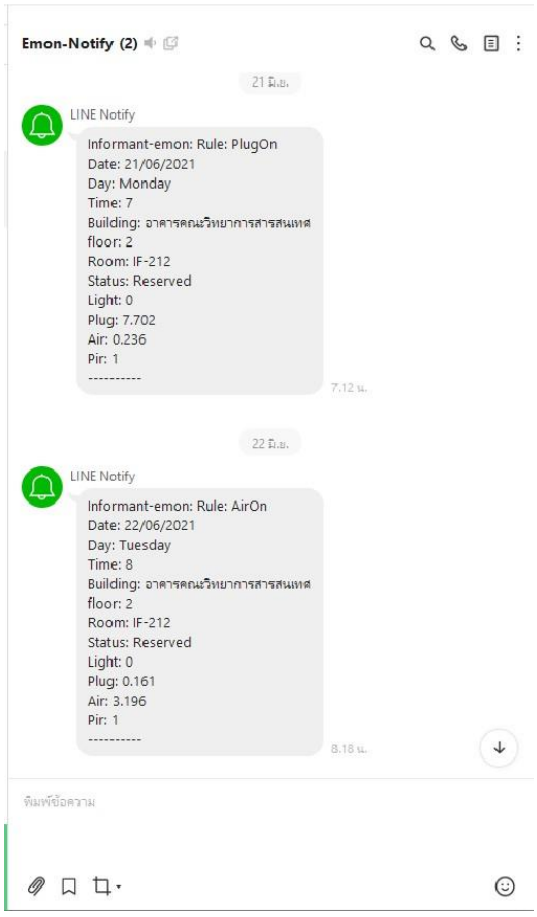


ภาพที่ 4 - 15 ข้อมูลการใช้กระแสไฟฟ้า (kW/h) ระบบปรับอากาศของชั้นที่ 2 – 9

จากภาพที่ 4-15 แสดงข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า (kW/h) ของระบบปรับอากาศตั้งแต่ชั้นที่ 2-9 ซึ่งจะเห็นว่าชั้น 2 ของอาคารมีการใช้พลังงานไฟฟ้ามาที่สุด 51322.25 kW/h ณ วันที่ 20 กันยายน 2564

5. การตั้งกฎเพื่อตรวจสอบการใช้การใช้พลังงานไฟฟ้าในขณะที่ไม่มีผู้ใช้งานอยู่ภายในห้อง





ภาพที่ 4 - 16 แสดงการตั้งกฎเพื่อตรวจสอบการใช้การใช้พลังงานไฟฟ้าในขณะที่ไม่มีผู้ใช้งานอยู่ภายในห้อง IF-212

บทที่ 5

สรุป อภิปรายและข้อเสนอแนะ

1. สรุปผลการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยมุ่งเน้นให้มีต้นแบบระบบจัดเก็บและดูข้อมูลการใช้กระแสไฟฟ้าภายในอาคารคณะวิทยาการสารสนเทศ และเตรียมข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์เพื่อเป็นแนวทางในการลดการใช้พลังงานไฟฟ้า ซึ่งได้มีการศึกษาเซ็นเซอร์ชนิดต่าง ๆ เพื่อนำมาติดตั้งและเก็บข้อมูลในห้องที่สนใจได้แก่ ห้องประชุม IF-212, ห้องประชุม IF-4M210, ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ IF-4C01 และห้องไฟฟ้ารวมของแต่ละชั้นโดยแยกรูปแบบการใช้ไฟฟ้าออกเป็นการใช้ไฟฟ้าจากเต้ารับ (ปลั๊ก) การใช้ไฟฟ้าของระบบแสงสว่าง และการใช้ไฟฟ้าของระบบปรับอากาศ นอกจากนี้ยังมีระบบการแจ้งเตือนการใช้ไฟฟ้าที่ผิดปกติโดยการตั้งกฎเพื่อคอยตรวจสอบการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคารเช่น การตั้งกฎเพื่อคอยตรวจสอบว่ามีห้องใด ๆ ที่มีการใช้ไฟฟ้าในขณะที่ไม่มีคนอยู่ภายในห้องเกิน 20 นาที ให้ทำการแจ้งเตือนผ่านระบบ Application Line Notify ได้ ซึ่งจะทำให้มีระบบที่จะคอยตรวจสอบการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เปิดทิ้งไว้โดยเปล่าประโยชน์และจะสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ในอนาคต นอกจากนี้ในงานวิจัยยังได้มีการจัดทำรูปแบบการแสดงผล Dashboard ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของแต่ละชั้นเพื่อนำข้อมูลมาแสดงผลแบบเวลาจริง (Real time) เพื่อในอนาคตจะสามารถนำข้อมูลเหล่านี้มาแสดงให้ผู้ใช้อาคารได้ตระหนักถึงปริมาณการใช้กระแสไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลาซึ่งจะช่วยกระตุ้นให้เกิดความตระหนักถึงการประหยัดพลังงานต่อไป

2. อภิปรายผล

2.1. การเลือกใช้ฮาร์ดแวร์และอุปกรณ์เซ็นเซอร์ที่ใช้ในระบบ

การเก็บข้อมูลการใช้กระแสไฟฟ้าภายในอาคารคณะวิทยาการสารสนเทศหรืออาคารใด ๆ นั้นมีสิ่งที่ต้องคำนึงถึงคือด้านความปลอดภัยของผู้ติดตั้งอุปกรณ์และผู้ใช้อาคารเป็นสำคัญ ดังนั้นคณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาข้อมูลอุปกรณ์เซ็นเซอร์วัดกระแสไฟฟ้าแบบต่าง ๆ และศึกษาอุปกรณ์ที่ถูกติดตั้งอยู่ภายในอาคารคณะวิทยาการสารสนเทศแล้วพบว่า ภายในตู้ไฟฟ้าในแต่ละชั้นของอาคารฯ ได้มีการติดตั้งอุปกรณ์วัดและแสดงผลไฟฟ้า Electrical Energy Meter Panel (CVM-NRG96) เพื่อตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยมีระบบ Building Automation System (BAS) ทำการเก็บข้อมูล แต่ด้วยข้อจำกัดในการแสดงผลและข้อจำกัดในการเข้าไปพัฒนาต่อยอดของระบบ ทำให้ข้อมูลที่เก็บไม่สามารถนำมาใช้งานได้จริง ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์เหล่านี้เพื่อดึงข้อมูลมาเก็บไว้ในระบบฐานข้อมูลและใช้ในการแสดงผลต่อไป และเมื่อศึกษาแบบแปลนการเชื่อมต่อวงจรไฟฟ้าของอาคารแล้วพบว่ามีการเชื่อมต่อระบบไฟฟ้าเต้ารับ (ปลั๊ก) ไฟฟ้าระบบ

แสงสว่าง และไฟฟ้าระบบเครื่องปรับอากาศ แยกจากกัน ดังนั้นจึงออกแบบการตรวจจับการใช้กระแสไฟฟ้าแยกออกเป็น ไฟฟ้าเต้ารับ (ปลั๊ก) ไฟฟ้าระบบแสงสว่าง และไฟฟ้าระบบเครื่องปรับอากาศ โดยการดึงข้อมูลจากอุปกรณ์ CVM-NRG96 โดยใช้การเชื่อมต่อผ่านโมดูล RS485 ใช้ Modbus RTU protocol นอกจากนี้ได้ออกแบบการตรวจวัดการใช้กระแสไฟฟ้าแยกออกตามห้องโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อนำข้อมูลมาสร้างกราฟวิเคราะห์ การใช้ไฟฟ้าแยกเป็นรายห้องซึ่งจะทำให้ทราบปริมาณการใช้กระแสไฟฟ้าในแต่ละห้องได้และสามารถออกแบบระบบให้ใช้เซ็นเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหวตรวจสอบว่ามีคนอยู่ภายในห้องหรือไม่ ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการสร้างกฎการตรวจสอบว่ามีห้องใด ๆ ที่มีการใช้ไฟฟ้าในขณะที่ไม่มีคนอยู่ภายในห้องให้ทำการแจ้งเตือนผ่านระบบ Application Line Notify ได้

ในงานวิจัยนี้ยังได้เลือกใช้เซ็นเซอร์วัดกระแสไฟฟ้าแบบครอบ SCT-013 ขนาด 10A, 30A และ 50A เพื่อความสะดวกในการติดตั้งและมีราคาประหยัดทำให้สามารถนำมาได้ใช้จริงแต่จะมีข้อควรระวังในเรื่องความแม่นยำของข้อมูลที่ตรวจวัดได้อยู่พอสมควร โดยคณะผู้วิจัยจะต้องทำการเทียบวัดกับอุปกรณ์วัดค่าที่ได้มาตรฐานก่อนนำไปติดตั้งจริงทุกครั้ง

2.2. ความมีเสถียรภาพของระบบเครือข่ายแบบไร้สาย

เนื่องจากการเก็บข้อมูลการใช้กระแสไฟฟ้าทั้งจากอุปกรณ์ CVM-NRG96 ที่มีอยู่ในตู้ควบคุมไฟฟ้าของแต่ละชั้นของอาคารและการเก็บข้อมูลกระแสไฟฟ้าจากเซ็นเซอร์วัดกระแสไฟฟ้าแบบครอบ SCT-013 รวมถึงข้อมูลการเคลื่อนไหวจากอุปกรณ์เซ็นเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหวแบบ Infrared (PIR HC-SR501) นั้นจำเป็นจะต้องเชื่อมต่อระบบเครือข่ายเพื่อนำส่งข้อมูลไปเก็บไว้ยังเครื่องแม่ข่ายที่ถูกออกแบบไว้ในระบบ ดังนั้นการเชื่อมต่อเครือข่ายที่มีเสถียรภาพจึงมีความจำเป็นต่อระบบ คณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและทดสอบอุปกรณ์ไมโครคอนโทรเลอร์ ESP32 หลายรุ่นจึงพบว่า ESP32 บางรุ่นที่มีเสาสัญญาณ (Antenna) ติดตั้งอยู่บนบอร์ด (On-board antenna) ไม่สามารถส่งสัญญาณไวไฟหรือส่งได้น้อยผ่านตู้ไฟฟ้าที่ปิดทึบและอยู่ภายในห้องไฟฟ้าอีกชั้น ดั้งนั้นคณะผู้วิจัยจึงได้เลือก ESP32 รุ่นที่สามารถเชื่อมต่อเสาสัญญาณแยกได้ (External antenna) เพื่อเพิ่มความแรงของสัญญาณเครือข่ายไร้สาย นอกจากนี้การเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการเชื่อมต่อเครือข่ายไร้สายเมื่อสัญญาณขาดหายก็มีส่วนสำคัญอย่างยิ่งต่อระบบ

2.3. สภาพพื้นที่จุดติดตั้งอุปกรณ์เซ็นเซอร์และการเชื่อมต่อวงจรไฟฟ้าของแต่ละห้องภายในอาคาร

การติดตั้งอุปกรณ์มีสิ่งสำคัญนอกเหนือจากด้านความปลอดภัยของผู้ติดตั้งและผู้ใช้อาคารแล้วยังต้องคำนึงถึงสภาพความสวยงามของพื้นที่เดิมก่อนการติดตั้งด้วยและด้วยข้อจำกัดด้านงบประมาณ คณะผู้วิจัยจึงออกแบบอุปกรณ์เซ็นเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหวแบบ Infrared (PIR HC-SR501) ให้ติดตั้งบริเวณโต๊ะหรือใช้ขาตั้งที่จะสามารถวางหรือตั้งอยู่ในบริเวณที่เหมาะสมภายในห้องแทนการเจาะฝ้าหรือผนังภายในห้องนั้น ๆ

นอกจากนี้แล้วการเชื่อมต่อวงจรไฟฟ้าในหลาย ๆ จุด เช่นบริเวณห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ชั้น 3 ชั้น 4 และชั้น 7 มีการเชื่อมต่อวงจรไฟฟ้าที่ความซับซ้อนและไม่ตรงกับป้ายกำกับภายในตู้ควบคุมไฟฟ้า ทำให้ต้องใช้เวลาในการตรวจวงจรไฟฟ้าเพื่อให้ข้อมูลที่ตรวจวัดได้มีความถูกต้องตรงตามห้องที่กำหนด

2.4. การจัดการและการจัดเก็บข้อมูลที่ส่งมาจากเซ็นเซอร์

ข้อมูลที่ถูกส่งมาเก็บไว้ยังเครื่องแม่ข่ายที่กำหนดจะต้องคำนึงถึงปริมาณข้อมูลจำนวนมหาศาลในแต่ละช่วงเวลา ยิ่งมีจำนวนอุปกรณ์เซ็นเซอร์ในระบบจำนวนเพิ่มมากขึ้นจะต้องออกแบบระบบให้มีพื้นที่เพียงพอและการบริหารจัดการข้อมูลหรือการเรียกใช้ข้อมูลในภายหลังจะต้องมีการปรับปรุงประสิทธิภาพอยู่เสมอ

2.5. การแสดงผลข้อมูลไฟฟ้าและการทำระบบแจ้งเตือน

การแสดงผลข้อมูลไฟฟ้าในระบบ คณะผู้วิจัยทำออกมาในรูปแบบ Dashboard webpage ที่สามารถเลือกห้อง เลือกชั้น เลือกเซ็นเซอร์ที่ต้องการจะแสดงผลรวมถึงช่วงเวลาและการเปรียบเทียบข้อมูลในแบบการรวมกราฟข้อมูลเข้าด้วยกัน (Combine) หรือการแยกแสดงผลในแต่ละกราฟได้ (Compare/Separate) นอกจากนี้ยังสามารถตั้งกฎเพื่อคอยตรวจสอบว่ามีห้องใด ๆ ที่มีการใช้ไฟฟ้าในขณะที่ไม่มีคนอยู่ภายในห้องเกินกำหนด ให้ทำการแจ้งเตือนผ่านระบบ Application Line Notify ได้

3. ข้อเสนอแนะ

จากผลการดำเนินการวิจัยผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

1. การติดตั้งอุปกรณ์เซ็นเซอร์เพิ่มเติมเพื่อให้ครอบคลุมพื้นที่การใช้งานภายในอาคารในอนาคต เนื่องจากในงานวิจัยได้ทำการติดตั้งเฉพาะห้องประชุม IF-212, ห้องประชุม IF-4M210, ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ IF-4C01 และภายในตู้ควบคุมไฟฟ้าในแต่ละชั้นเท่านั้น
2. ต้องมีการสำรวจวงจรไฟฟ้าใหม่ในหลาย ๆ จุด เช่นบริเวณห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ชั้น 3 ชั้น 4 และชั้น 7 เนื่องจากการเชื่อมต่อวงจรไฟฟ้าในปัจจุบันมีความซับซ้อนและไม่ตรงกับป้ายกำกับภายในตู้ควบคุมไฟฟ้า ทำให้อาจเกิดความคลาดเคลื่อนเมื่อนำข้อมูลที่ไม่ตรงตามห้องนั้นไปใช้งาน
3. ติดตั้งจอสำหรับแสดงผลข้อมูลการใช้ไฟฟ้าแบบ Real Time ในจุดที่เป็นที่สนใจ เพื่อให้ผู้ใช้อาคารได้ตระหนักถึงปริมาณการใช้กระแสไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลาซึ่งจะช่วยกระตุ้นให้เกิดความตระหนักถึงการประหยัดพลังงานต่อไป
4. พัฒนาความสามารถของระบบให้สามารถวิเคราะห์ความผิดปกติ (Abnormal/Abuse) ข้อมูลที่ถูกจัดเก็บในระบบโดยอัตโนมัติ เพื่อช่วยป้องกันหรือลดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าและความปลอดภัยของผู้ใช้อาคารได้ในอนาคต

บรรณานุกรม

เจน สงสมพันธ์. *เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ 1*. กรุงเทพมหานคร: เม็ดทรายพริ้นติ้ง. 1994.

นิพนธ์ ลักขณาอดิศร. *เลือกขนาดมิเตอร์ไฟฟ้าให้เหมาะกับบ้าน*. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น). เข้าถึงได้จาก http://www.tpa.or.th/tpanews/upload/mag_content/53/ContentFile934.pdf

สถาบันวิศวกรรมพลังงาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, *ตำราฝึกอบรมผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน (ผชพ) ด้านไฟฟ้า*, Bangkok, 2010, pp. 49-50.

เอกชัย ชัยดี (2557). *ระบบไฟฟ้ากำลัง (Power System).* กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.

CIRCUTOR, SA Vial Sant Jordi. User Manual Electrical Energy Meter Panel (CVM-NRG96). สืบค้น มกราคม 2564 เข้าถึงได้จาก http://docs.circutor.com/docs/M98172501-03.pdf

ดร.ธีรเชษฐ์ สูรพันธุ์ และ ณฐพล ตันสังวร. การสื่อสารในงานอุตสาหกรรมด้วยโพรโทคอล Modbus. สืบค้น มกราคม 2564 เข้าถึงได้จาก https://www.nectec.or.th/news/news-public-document/modbus-protocol.html

openenergymonitor.org. CT sensors - An Introduction. สืบค้น มกราคม 2564 เข้าถึงได้จาก https://learn.openenergymonitor.org/electricity-monitoring/ct-sensors/introduction?redirected=true

SUPPORT THAIEASYELEC. (21 มีนาคม 2560). ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับ Current Sensor (เซ็นเซอร์วัดกระแส). สืบค้น มกราคม 2564 เข้าถึงได้จาก https://blog.thaieasyelec.com/basic-knowledge-about-current-sensor/

SUPPORT THAIEASYELEC. (21 มีนาคม 2560). ตัวอย่างการใช้งาน Current Sensors (เซ็นเซอร์วัดกระแส) ประเภท Hall Effect Sensor. สืบค้น มกราคม 2564 เข้าถึงได้จาก https://blog.thaieasyelec.com/example-project-for-current-hall-effect-sensors/

ไอโอเอ็กซ์ฮ๊อบ. เซ็นเซอร์จับความเคลื่อนไหวแบบ Infrared. สืบค้น มกราคม 2564 เข้าถึงได้จาก https://www.ioxhop.com/product/116/pir-sensor-%E0%B9%80%E0%B8%8B%E0%B9%87%E0%B8%99%E0%B9%80%E0%B8%8B%E0%B8%AD%E0%B8%A3%E0%B9%8C%E0%B8%95%E0%B8%A3%E0%B8%A7%E0%B8%88%E0%B8%88%E0%B8%B1%E0%B8%9A%E0%B8%84%E0%B8%A7%E0%B8%B

2%E0%B8%A1%E0%B9%80%E0%B8%84%E0%B8%A5%E0%B8%B7%E0%B9%88%E0%B8%AD%E0%B8%99%E0%B9%84%E0%B8%AB%E0%B8%A7-motion-sensor-detector-module

SUPPORT THAIEASYELEC. (14 กรกฎาคม 2560). PIR Motion Sensor Getting Started. สืบค้น มกราคม 2564 เข้าถึงได้จาก https://blog.thaieasyelec.com/getting-started-pir-motion-sensor/

Theeraphong. (13 สิงหาคม 2561). Arduino คืออะไร. สืบค้น มกราคม 2564 เข้าถึงได้จาก https://www.tommology.com/2018/08/13/arduino-%E0%B8%84%E0%B8%B7%E0%B8%AD%E0%B8%AD%E0%B8%B0%E0%B9%84%E0%B8%A3/

PoundXI. (1 มกราคม 2561) วิธีใช้งานโปรแกรม Arduino IDE เบื้องต้น. สืบค้น มกราคม 2564 เข้าถึงได้จาก https://poundxi.com/%E0%B8%A7%E0%B8%B4%E0%B8%98%E0%B8%B5%E0%B9%83%E0%B8%8A%E0%B9%89%E0%B8%87%E0%B8%B2%E0%B8%99%E0%B9%82%E0%B8%9B%E0%B8%A3%E0%B9%81%E0%B8%81%E0%B8%A3%E0%B8%A1-arduino-ide-%E0%B9%80%E0%B8%9A%E0%B8%B7%E0%B9%89%E0%B8%AD%E0%B8%87%E0%B8%95%E0%B9%89%E0%B8%99

riverplus.com. (7 พฤษภาคม 2563). What is MQTT ? โปรโตคอลเพื่อการสื่อสารของ IOT โดยเฉพาะ. สืบค้น มกราคม 2564 เข้าถึงได้จาก https://iiot.riverplus.com/mqtt/

MOSTORI.COM. (16 ตุลาคม 2563). MQTT กับระบบ IoT. สืบค้น มกราคม 2564 เข้าถึงได้จาก https://www.mostori.com/blog_detail.php?b_id=93

Xavier Decuyper. DIY Home Energy Monitor: ESP32 + CT Sensors + Emonlib. สืบค้น มกราคม 2564 เข้าถึงได้จาก https://savjee.be/2019/07/Home-Energy-Monitor-ESP32-CT-Sensor-Emonlib/

ภาคผนวก

รายงานสรุปการเงิน

โครงการวิจัยประเภทเงินรายได้

เพื่อส่งเสริมงานวิจัยสถาบัน ประจำปีงบประมาณ 2563

คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยบูรพา

ชื่อโครงการวิจัย

ภาษาไทย ระบบเซนเซอร์วัดการใช้ไฟฟ้าภายในคณะวิทยาการสารสนเทศ

ภาษาอังกฤษ Electrical Usage Monitoring System For Faculty of Informatics

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน นายเกรียงศักดิ์ ปานโพธิ์ทอง

รายงานในช่วงตั้งแต่วันที่ กรกฎาคม 2563 **ถึงวันที่** 18 กันยายน 2564

ระยะเวลาดำเนินการ 1 **ปี** 2 **เดือน ตั้งแต่วันที่** กรกฎาคม 2563

รายรับ

จำนวนเงินที่ได้รับ

งวดที่ 1 (50%)	20,000 บาท	เมื่อ	กันยายน 2563
งวดที่ 2 (40%)	16,000 บาท	เมื่อ	กันยายน 2564
งวดที่ 3 (10%)	4,000 บาท	เมื่อ	

รวม สี่หมื่นบาทถ้วน

รายจ่าย

รายการ	งบประมาณที่ตั้งไว้	งบประมาณที่จ่ายจริง	จำนวนเงินคงเหลือ
1.ค่าตอบแทน 1.1 ค่าตอบแทนคณะผู้วิจัย	0	0	0
2.ค่าใช้สอย	10,000	6,000	4,000
3.ค่าวัสดุ	30,000	30,000	0
4.ค่าสาธารณูปโภค	-	-	
รวมทั้งสิ้น	40,000	36,000	