การพัฒนาระบบติดตามและควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับกระแสสลับสำหรับบ้านอัจฉริยะ

DEVELOPMENT OF DC-AC POWER MONITORING AND CONTROL SYSTEM FOR SMART HOME

วันวิเศษ อภิชาติ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพลังงานและสิ่งแวดล้อมชุมชน
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
พ.ศ. 2567

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การพัฒนาระบบติดตามและควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับกระแสสลับสำหรับบ้านอัจฉริยะ

ผู้วิจัย วันวิเศษ อภิชาติ

สาขาวิชา พลังงานและสิ่งแวดล้อมชุมชน

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.หทัยทิพย์ สินธุยา

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรจิตต์ เศรษฐพรรค์

คณะกรรมการสอบ

..... ประธานกรรมการ

(อาจารย์ ดร.กอบศักดิ์ ศรีประภา)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.หทัยทิพย์ สินธุยา)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรจิตต์ เศรษฐพรรค์)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพลังงานและสิ่งแวดล้อมชุมชน

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติศักดิ์ โชติกเดชาณรงค์)

วันที่ 31 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2567

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

หัวข้อวิทยานิพนธ์ : การพัฒนาระบบติดตามและควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับกระแสสลับสำหรับบ้านอัจฉริยะ

ผู้วิจัย : วันวิเศษ อภิชาติ

สาขาวิชา : พลังงานและสิ่งแวดล้อมชุมชน

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. หทัยทิพย์ สินธุยา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วรจิตต์ เศรษฐพรรค์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

บทคัดย่อ

การพัฒนาระบบควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับกระแสสลับสำหรับบ้านอัจฉริยะเพื่อรองรับติดตามการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้ง 2 รูปแบบในการใช้พลังงานไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ โดยใช้พลังงานไฟฟ้ากระแสตรงเป็นหลักและใช้ระบบไฟฟ้ากระแสสลับในการสำรองพลังงานกรณีพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงประสิทธิภาพแรงดันไม่เพียงพอเพื่อป้องกันการเกิดการชำรุดเสียหายกับอุปกรณ์ไฟฟ้าและระบบไฟฟ้าภายในบ้าน โดยงานวิจัยนี้ใช้สมองกลฝังตัว Raspberry Pi ในการติดตามข้อมูลพลังงานไฟฟ้าผ่านเซ็นเซอร์ตรวจวัดพลังงานไฟฟ้าเก็บข้อมูลพลังงานไฟฟ้าและแสดงผลผ่านเว็บแอปพลิเคชันแบบ Real-Time การพัฒนาระบบควบคุมพลังงานไฟฟ้าที่สามารถเลือกใช้พลังงานทั้งไฟฟ้ากระแสสลับและไฟฟ้ากระแสตรง จากที่กล่าวมาข้างต้นงานวิจัยนี้พบว่าระบบการติดตามข้อมูลพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับและพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และมีความแม่นยำในการติดตามพลังงานไฟฟ้า รวมไปถึงการควบคุมการสลับการใช้พลังงานไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับบ้านอัจฉริยะอย่างมีประสิทธิภาพโดยมีผลความแม่นยำในการตรวจวัดค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยร้อยละ 98 การบันทึกข้อมูลพลังงานไฟฟ้าบนระบบฐานข้อมูลสามารถบันทึกข้อมูลได้ร้อยละ 100 และการเก็บข้อมูลสำรองในกรณีไม่สามารถเชื่อมต่อระบบอินเทอร์เน็ตไร้สาย Wi-Fi และส่งข้อมูลย้อนหลังเมื่อกลับมาเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตจะส่งข้อมูลให้คอมพิวเตอร์แม่ข่าย โดยความแม่นยำของข้อมูลเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 97 โดยผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงข้อมูลพลังงานไฟฟ้าและควบคุมพลังงานบ้านอัจฉริยะผ่านทางเว็บแอปพลิเคชัน

คำสำคัญ : บ้านอัจฉริยะ, ระบบติดตามพลังงาน, ระบบควบคุมพลังงาน, ไฟฟ้ากระแสตรง, ไฟฟ้ากระแสสลับ

The Title : Development of DC-AC Power Monitoring and Control System for Smart Home

The Author : Wanwiset Aphichat

Program : Community Energy and Environment

Thesis Advisors

: Assistant Professor Dr. Hathaithip Sintuya Chairperson

: Assistant Professor Dr Worajit Setthapun Co – advisor

ABSTRACT

Development of DC-AC Power Monitoring and Control System for Smart Home to accommodate monitoring of both forms of electrical energy usage is achieved in this research. It primarily utilizes DC energy as the main source and employs an AC electrical system as a backup in case the efficiency of the DC power supply is insufficient, aiming to prevent damage to electrical equipment and internal electrical systems within the home. This research utilizes a Raspberry Pi embedded system to track electrical energy data through sensors, collect energy data, and display results via a real-time web application. The development of an electrical energy control system capable of selecting either AC or DC energy is achieved. The research findings demonstrate the efficient operation and accuracy of tracking electrical energy consumption, as well as effective control of alternating between the use of AC and DC energy for smart homes, with an average measurement accuracy of 98%. Data recording of electrical energy consumption on the database system is capable of achieving a 100% data recording rate, with backup data storage in cases where a wireless Wi-Fi internet connection is unavailable. When the connection is reestablished, the system sends the stored data to the host computer, with an average data accuracy of 97%. Users can access energy consumption data and control smart home energy usage via the web application.

Keywords : Smart Home, Power Monitoring system, Power Control system, Direct current, Alternating Current

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.หทัยทิพย์ สินธุยาและผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรจิตต์ เศรษฐพรรค์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมที่ได้เอื้อเฟื้อและให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์แก่ผู้วิจัย ให้คำแนะนำช่วยให้วิทยานิพนธ์นี้มีคุณภาพ และขอขอบคุณที่ทุ่มเทให้การสั่งสอนและคำแนะนำอย่างไม่หยุดยั้ง ซึ่งทำให้ผู้วิจัยได้รับความรู้และประสบการณ์ที่มีคุณค่า รวมไปถึง อาจารย์ ดร.กอบศักดิ์ ศรีประภา ที่ได้รับเกียรติเป็นประธานสอบวิทยานิพนธ์ของผู้วิจัย ขอขอบคุณต่อความกรุณาการสนับสนุน และให้ข้อเสนอแนะ ที่เป็นประโยชน์ที่ได้รับจากท่านเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณ วิทยาลัยพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยีชุมชนแห่งเอเชียเป็นอย่างสูงที่ได้สนับสนุนการศึกษาและพื้นที่พร้อมเครื่องมือในการพัฒนาระบบติดตามและควบคุมไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับบ้านอัจฉริยะและที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยอื่น ๆ ขอขอบคุณคณะอาจารย์ผู้สอนและบุคลากรทุกระดับที่มีบทบาทส่งเสริมและพัฒนาทักษะ ประสบการณ์และเรื่องอื่น ๆ

ขอขอบคุณ นาย นรากรณ์ ส่งกิจโรจน์ ที่ให้คำปรึกษาในการทำวิทยานิพนธ์ในด้านความรู้ในด้านเทคนิคและวิธีการใช้เครื่องมือในการทำงานวิจัย ซึ่งเป็นประโยชน์เป็นอย่างสูง

ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์นี้จะเป็นประโยชน์ ต่อผู้ที่สนใจ และก่อให้เกิดองค์ความรู้ที่เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาเทคโนโลยีพลังงานและสิ่งแวดล้อมของชุมชน ประเทศชาติและโลกต่อไป

วันวิเศษ อภิชาติ

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อ		**ข**
ABSTRACT		**ค**
กิตติกรรมประกาศ		**ง**
สารบัญ		**จ**
สารบัญตาราง		**ช**
สารบัญภาพ		**ซ**
บทที่		
1	**บทนำ**	**1**
	ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
	วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
	ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย	3
	ขอบเขตของการวิจัย	3
	นิยามศัพท์เฉพาะ	4
	กรอบแนวคิดการวิจัย	4
2	**การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง**	**5**
	ระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าแสงอาทิตย์	5
	ไมโครกริด	7
	ระบบไฟฟ้ากระแสสลับ	8
	ระบบไฟฟ้ากระแสตรง	9
	ระบบสมองกลฝังตัว	9
	อินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง	11
	ทฤษฎีการส่งข้อมูลการสื่อสาร	14
	ฐานข้อมูล	16

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
3	**วิธีดำเนินการวิจัย**	**19**
	การออกแบบหลักการทำงานระบบ	34
	การออกแบบหลักการทำงานระบบบนสมองกลฝังตัว Raspberry Pi	35
	พัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน	36
4	**ผลการวิเคราะห์ข้อมูล**	**40**
	ผลการออกแบบพัฒนาระบบฮาร์ดแวร์	40
	ผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานและการหาข้อผิดพลาดของระบบฮาร์ดแวร์ (Hardware)	46
	การทดสอบประสิทธิภาพของระบบควบคุม	51
	ผลการพัฒนาระบบซอฟแวร์	52
	ผลการทดสอบประสิทธิภาพ	58
	ผลการวิเคราะห์ข้อมูลภาพภาระทางไฟฟ้า	61
5	**สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ**	**65**
	สรุปผลการวิจัย	65
	ผลการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน	67
	ผลการวิเคราะห์ข้อมูลภาพภาระทางไฟฟ้า	67
	ข้อเสนอแนะ	68
บรรณานุกรม		**71**
ประวัติผู้วิจัย		**72**

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	การเปรียบเทียบความสามารถของระบบฐานข้อมูล SQL VS NOSQL.....	17
3.1	การอ่านข้อมูลไฟฟ้าเซ็นเซอร์ PZEM 016 และ PZEM 017.....	24
3.2	การจัดการอุปกรณ์ตรวจวัดและควบคุมไฟฟ้า.....	29
3.3	การแจ้งเตือนข้อมูลสถานะข้อมูล.....	30
3.4	การควบคุมการเปิด-ปิดการทำงานระบบไฟฟ้า.....	31
3.5	การแสดงผลข้อมูลทางภาระทางไฟฟ้า.....	32
3.6	รายงานผลย้อนหลังข้อมูลภาระทางไฟฟ้า.....	33
4.1	การทดสอบหาความเที่ยงตรงค่าแรงดันไฟฟ้าของเซ็นเซอร์ PZEM017 DC.....	48
4.2	การทดสอบหาความเที่ยงตรงค่ากระแสไฟฟ้าของเซ็นเซอร์ PZEM017 DC.....	49
4.3	เปรียบเทียบการตรวจวัดแรงดังไฟฟ้า.....	50
4.4	เปรียบเทียบการตรวจวัดกระแสไฟฟ้าของเซ็นเซอร์ตรวจวัด PZEM-016.....	51
4.5	การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานระบบติดตามและควบคุมพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับไฟฟ้ากระแสสลับ.....	52
4.7	การทดสอบการเก็บข้อมูลบนระบบฐานข้อมูลสำรองและฐานข้อมูล.....	61

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.1	กรอบแนวคิดการวิจัย	4
2.1	หลักการทำงานของระบบพลังงานแสงอาทิตย์	7
2.2	ไฟฟ้ากระแสสลับ	8
2.3	ไฟฟ้ากระแสตรง	9
2.4	ตัวอย่างสมองกลฝังตัว	10
2.5	การเชื่อมต่อ เซ็นเซอร์ Node	11
2.6	การเชื่อมต่อแบบโครงข่าย	15
2.7	หลักการทำงานของ MQTT Protocol	16
3.1	หลักการทำงานระบบ	19
3.2	การออกแบบการเชื่อมต่ออุปกรณ์ Single Line Diagram	20
3.3	การออกแบบการเชื่อมต่อการทำงานของ Raspberry Pi	21
3.4	การออกแบบฮาร์ดแวร์ระบบสวิตซ์ไฟฟ้าในการควบคุมการทำงานในบ้านอัจฉริยะ	21
3.5	ภาพพัฒนาซอฟแวร์ Node-red บน Raspberry	23
3.6	การส่งข้อมูลและตรวจเช็คข้อมูลในกรณีไม่สามารถเชื่อมต่อระบบอินเทอร์เน็ต	25
3.7	ชุดคำสั่งการสลับการทำงานไฟฟ้า	26
3.8	การออกแบบหลักการทำงาน Docker บนสมองกลฝังตัว Raspberry Pi	27
3.9	การทำงานของผู้ใช้ระบบและความสัมพันธ์	28
3.10	ภาพออกแบบภาพรวมหน้าจอการแสดงผล	34
3.11	การเข้าสู่ระบบการทำงานเว็บแอปพลิเคชัน	35
3.12	การแสดงผลข้อมูลหลักเว็บแอปพลิเคชัน	35
3.13	การแสดงผลและการควบคุมระบบพลังงานไฟฟ้า	36
3.14	การเพิ่มข้อมูลบ้านบนระบบ	37
3.15	การแก้ไขข้อมูลและการรายการข้อมูลบ้านอัจฉริย	37
3.16	การออกแบบระบบฐานข้อมูล	38
4.1	ฮาร์ดแวร์ระบบติดตามและควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับ	41

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.2	การเชื่อมต่อเซ็นเซอร์ตรวจวัดพลังงานกับสมองกลฝังตัว Raspberry Pi.....	42
4.3	โปรแกรมการอ่านข้อมูลพลังงานไฟฟ้าบนโปรแกรม Node-red.....	43
4.4	การตั้งค่าการอ่านข้อมูลพลังงานไฟฟ้า.....	43
4.5	การพัฒนาโปรแกรมอ่านข้อมูลพลังงานไฟฟ้าบนโปรแกรม Node-red	44
4.6	การพัฒนาโปรแกรมการรับคำสั่งควบคุมการทำงานของ Raspberry Pi.....	45
4.7	ภาพฮาร์ดแวร์ระบบสวิตซ์ไฟฟ้าในการควบคุมการทำงานในบ้านอัจฉริยะ.....	45
4.8	ทดสอบประสิทธิภาพของแรงดันและค่ากระแสไฟฟ้าเซ็นเซอร์ PZEM 017.....	47
4.9	การเข้าใช้งานระบบ.....	53
4.10	หน้าหลักการแสดงผลข้อมูลพลังงานบ้านอัจฉริยะ.....	54
4.11	การเว็บแอปพลิเคชันในการควบคุมการทำงานระบบไฟฟ้าบ้านอัจฉริยะ.....	54
4.12	การเพิ่มข้อมุลบ้านอัจฉริยะ.....	55
4.13	การแก้ไขข้อมูลบ้านอัจฉริยะ.....	55
4.14	ภาพการทดสอบ API การรับส่งข้อมูล บน Postman.....	56
4.15	การทำงานการบันทึกข้อมูลลงระบบฐานข้อมูล.....	57
4.16	การ Run Docker สำหรับเว็บแอปพลิเคชันและ Api.....	58
4.17	การบันทึก Log ข้อมูลจากระบบฐานข้อมูลบน Raspberry Pi.....	58
4.18	การบันทึกข้อมูลแบบเชื่อมต่อโดยตรง.....	59
4.19	การใช้งานฟังชันส่งข้อมูลย้อนหลังเพื่อบันทึกข้อมูลลงในฐานข้อมูล.....	60
4.20	ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับบ้านอัจฉริยะ.....	62
4.21	พฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับบ้านอัจฉริยะ.....	63
4.22	การเปรียบเทียบการใช้พลังงานระหว่างระบบไฟฟ้ากระแสตรง.....	64

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

พลังงานไฟฟ้ามีส่วนสำคัญต่อการใช้ชีวิตประจำวันของมนุษย์ ความต้องการของการใช้พลังงานไฟฟ้ามีมากขึ้นและเพิ่มขึ้นตามจำนวนอุปกรณ์หรือโหลดที่มนุษย์สร้างขึ้นทำให้การใช้พลังงานไฟฟ้า มนุษย์ต้องเร่งนำทรัพยากรธรรมชาติมาใช้ในการผลิตพลังงาน แต่ทรัพยากรธรรมชาตินั้นมีข้อจำกัดเนื่องจากเป็นวัตถุดิบที่สร้างพลังงานโดยเฉพาะเชื้อเพลิงจากฟอสซิลนั้นมีปริมาณที่จำกัด เช่น ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน น้ำมัน จึงมีการคิดค้นพลังงานทดแทนในการผลิตพลังงานไฟฟ้า เช่น พลังงานลม พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานน้ำ พลังงานความร้อนใต้พิภพ พลังงานชีวมวล และพลังงานชีวภาพ มาช่วยในการผลิตพลังงานไฟฟ้า เพื่อให้สามารถใช้ไฟฟ้าเพียงพอต่อความต้องการของการใช้งานของมนุษย์ ปันวาร์ เกาซิก และโกธารี (Panwar, Kaushik & Kothari, 2011) พลังงานทดแทนยังสามารถลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการผลิตพลังงานเชื้อเพลิงที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมที่จะส่งผลให้เกิดภาวะโลกร้อนตามมาและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อนตามมา

ซึ่งความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าที่กล่าว มีการนำพลังงานทดแทนมาใช้มากขึ้นในชีวิตประจำวันโดยเฉพาะพลังงานไฟฟ้าแสงอาทิตย์ที่มีการนำมาใช้อย่างแพร่หลาย เนื่องจากสามารถรับพลังงานได้จากทุกมุมโลกและตอบโจทย์ในด้านของราคาและความคุ้มทุน เคย์ แซม และช้าง, กาบีร์ และคนอื่น ๆ, เรา และเบิร์ด (Cai, Sam & Chang, 2018; Kabir et al., 2018; Rau & Baird, 2018) ซึ่งแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะผลิตพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current: DC) ในขณะที่ไฟฟ้าที่ใช้อยู่ในปัจจุบันนั้นเป็นกระแสสลับ (Alternative Current, AC) ทำให้กระแสไฟฟ้าของบ้านที่มีการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์นั้นมีการใช้งานอยู่ 2 ชนิด ลี และคนอื่น ๆ (Lee et al., 2018) จึงต้องมีการสร้างอุปกรณ์และระบบเพื่อตรวจวัดและควบคุมการทำงานของระบบให้ถูกต้องและสามารถทำงานร่วมกันได้ เพื่อความปลอดภัยและการจัดการระบบไฟฟ้าของบ้านให้เกิดประสิทธิภาพอย่างสูงสุด

ระบบติดตามและควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าในปัจจุบันมีการพัฒนาเทคโนโลยีในการสร้างเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่สามารถตรวจวัดการใช้พลังงาน เบดิ และคนอื่น ๆ (Bedi, et al, 2018) โดยการนำเทคโนโลยีไอโอทีมาประยุกต์ใช้งานของการนำอุปกรณ์อ่านข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้ามาใช้ร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ในการประมวลผลข้อมูลและส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์แม่ข่าย แต่การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ยังไม่สามารถตอบโจทย์ในการพัฒนาได้ มอร์เชด, มูอีด-อูร์-เราะห์มาน, คาริม และซามาน (Morshed, Muid-Ur-Rahman, Karim & Zaman, 2015) เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์ไม่สามารถทำงานที่มีความซับซ้อนทำให้เกิดปัญหาในการเก็บข้อมูลและการควบคมในการส่งข้อมูลการใช้พลังงานฟ้าไปยังระบบอินเทอร์เน็ต โดยเมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ ไม่สามารถเชื่อมต่อระบบอินเทอร์เน็ต จะทำให้ไม่สามารถส่งข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าที่อ่านค่าได้จากอุปกรณ์ตรวจวัดถึงแม้จะมีการเก็บข้อมูลสำรองในการ์ดความจำ เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์ไม่สามารถส่งข้อมูลจากหน่วยความจำสำรองได้ ทำให้ไม่สามารถส่งข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ครบถ้วนและสมบูรณ์ไปยังคอมพิวเตอร์แม่ข่าย อีกทั้งปัจจัยด้านความร้อนของชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ที่จะส่งผลให้มีการทำงานที่ผิดปกติและเกิดความผิดพลาดในการอ่านข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า ตลอดจนถึงการใช้งานในการติดตามและควบคุมการทำงานของระบบไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับร่วมกัน ยังไม่มีระบบที่สามารถตรวจวัดไฟฟ้าได้ทั้ง 2 ระบบ เพื่อการจัดการไฟฟ้าให้มีความปลอดภัยและบริหารจัดการภาระทางไฟฟ้าของบ้าน

จากปัญหาดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาระบบติดตามและควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับกระแสสลับสำหรับบ้านอัจฉริยะ เพื่อให้รองรับการใช้พลังงานไฟฟ้าที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้ง 2 รูปแบบที่จะเกิดขึ้นในอนาคตอันใกล้ โดยได้มีการนำระบบสมองกลผังตัวราสเบอรี่พายมาประยุกต์ใช้ผ่านระบบติดตามและควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับกระแสสลับสำหรับบ้านอัจฉริยะ เพื่อให้สามารถเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าและส่งข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าไปยังคอมพิวเตอร์แม่ข่ายอย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยรองรับกรณีเกิดความไม่เสถียรของสัญญาณอินเทอร์เน็ต และระบบติดตามและควบคุมไฟฟ้าสามารถแสดงผลข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า สถิติการใช้พลังงานไฟฟ้า การแสดงผล ผ่านเว็บแอปพลิเคชัน เพื่อที่จะสามารถนำข้อมูลมาบริหารจัดการภาระการใช้พลังงานไฟฟ้าของบ้านได้ทั้งระบบไฟฟ้ากระแสสลับและกระแสตรง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อสร้างชุดอุปกรณ์ติดตามและควบคุมโดยใช้ราสเบอรี่พายร่วมกับโมดูลเซ็นเซอร์ตรวจวัดไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับกระแสสลับสำหรับบ้านอัจฉริยะ

2. เพื่อพัฒนาฐานข้อมูลและเว็บแอปพลิเคชันสำหรับติดตามและสลับการทำงานไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับกระแสสลับสำหรับบ้านอัจฉริยะ

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. สามารถทราบถึงข้อมูลภาระทางไฟฟ้ากระแสตรงกับไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับบ้านอัจฉริยะ

2. สามารถเก็บข้อมูลภาระทางไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับสำหรับบ้านอัจฉริยะ

3. ได้ชุดอุปกรณ์ติดตามและสลับการทำงานไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับกระแสสลับสำหรับบ้านอัจฉริยะ

4. ได้ฐานข้อมูลและเว็บแอปพลิเคชันสำหรับติดตามและควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับกระแสสลับสำหรับบ้านอัจฉริยะ

ขอบเขตของการวิจัย

ขอบเขตด้านฮาร์ดแวร์

1. บ้านพักภายในชุมชนอัจฉริยะ โดยในชุมชนมีบ้านพักและอาคารทั้งหมด 10 หลัง มีประชากรอาศัยอยู่ 20 คน สร้างอุปกรณ์สามารถตรวจวัดภาระทางไฟฟ้าสำหรับไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับบ้านอัจฉริยะ โดยสามารถทดลองการเก็บข้อมูลบ้านอัจฉริยะวิทยาลัยพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยีชุมชนแห่งเอเชีย

2. อุปกรณ์สามารถสลับการทำงานการเปิด-ปิดไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับบ้านอัจฉริยะ โดยสามารถตรวจสอบแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับที่แรงดันมาตรฐานโดยตรวจวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220 -240โวลต์ แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 290 โวลต์ ถึง 300 โวลต์ โดยถ้าระบบไฟฟ้ากระแสตรงไม่ถึงเกินกำหนดจะสลับการทำงานไปใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ

3. อุปกรณ์สามารถส่งข้อมูลให้กับคอมพิวเตอร์แม่ข่ายผ่านทางสัญญาณเครือข่ายไร้สายอินเทอร์เน็ต

ขอบเขตด้านซอฟต์แวร์

1. ระบบเว็บแอปพลิเคชันสามารถจัดการ เพิ่ม/ลบ/แก้ไข อุปกรณ์ติดตามไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับบ้านอัจฉริยะ

2. ระบบเว็บแอปพลิเคชันสามารถแสดงผลข้อมูลการติดตามระบบไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับบ้านอัจฉริยะ

3. ระบบฐานข้อมูลสามารถบันทึกข้อมูลภาระทางไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับบ้านอัจฉริยะ

4. ระบบเว็บแอปพลิเคชันสามารสลับการทำงานของไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับ

5. ระบบสามารถเก็บข้อมูลภาระทางไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในกรณีเกิดความไม่เสถียรของสัญญาณอินเทอร์เน็ตไร้สาย

ขอบเขตด้านเวลา

ระยะเวลาทำการศึกษาวิจัย 5 ปีการศึกษา (มิถุนายน 2562 – พฤษภาคม 2567)

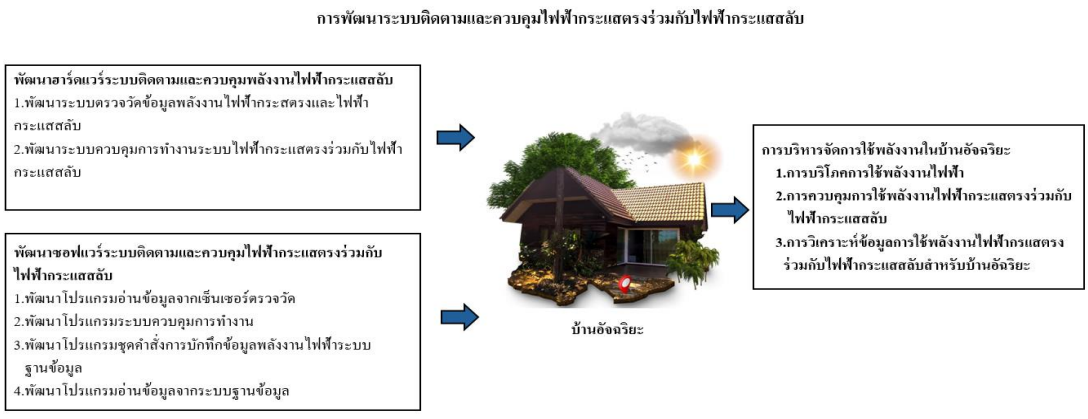
ขอบเขตด้านสถานที่

ทำการศึกษาบ้านพักภายในชุมชนอัจฉริยะ ศูนย์การเรียนรู้เชียงใหม่เวิลด์กรีนซิตี้ ตั้งอยู่ในพื้นที่วิทยาลัยพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยีชุมชนแห่งเอเชีย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ศูนย์แม่ริม

นิยามศัพท์เฉพาะ

บ้านอัจฉริยะ เป็นบ้านอัจฉริยะที่มีการนำพลังงานทดแทนมาประยุกต์ใช้กับพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับโดยการใช้งานไฟฟ้าในบ้านอัจฉริยะใช้ไฟฟ้ากระแสสลับและกระแสตรงได้ด้วยกัน

กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดการวิจัย

บทที่ 2

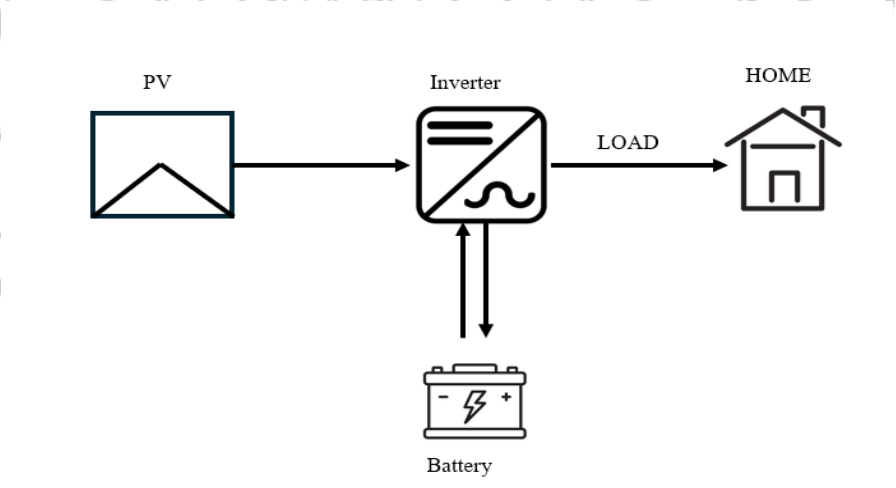
การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ในการออกแบบการพัฒนาระบบติดตามและควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับกระแสสลับสำหรับบ้านอัจฉริยะ มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะมีการศึกษาหรืองานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องตั้งแต่เริ่มออกแบบวิเคราะห์ระบบ การออกแบบและสร้างอุปกรณ์ตรวจวัดไฟฟ้าและควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ ตลอดจนถึงหลักการทำงานในคำสั่งควบคุมการทำงานของระบบและการประมวลผลของฐานของฐานข้อมูล จนสามารถทำงานได้สมบูรณ์ตามความต้องการผู้วิจัยได้รวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการพัฒนา ระบบติดตามและควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับกระแสสลับสำหรับบ้านอัจฉริยะ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าแสงอาทิตย์

การนำแสงอาทิตย์มาผลิตพลังงานไฟฟ้า โดยผ่านอุปกรณ์ที่เรียกว่า เซลล์แสงอาทิตย์ที่ประกอบไปด้วยสานกึ่งตัวนำ เช่นซิลิกอล ทันที่ที่แสงตกกระทบบนเซลล์แสงอาทิตย์รังสีของแสงที่มีอนุภาพโฟตอน (Proton) จะทำการถ่ายเทพลังงานให้กับอิเล็กตรอน (Electron) ในการกึ่งตัวนำจนมีพลังงานมากพอที่จะกระโดดออกมาจากแรงดึงดูดของอะตอม (Atom) และเคลื่อนที่อย่างอิสระดังนั้นเมื่อมีอิเล็กตรอนเคลื่อนที่ครบวงจรจะทำให้เกิดไฟฟ้ากระแสตรงขึ้น (DC) ทำให้มีการนำเซลล์แสงอาทิตย์มาผลิตพลังพลังงาน เช่น เซลล์แสงอาทิตย์สำหรับพื้นที่ไม่มีระบบไฟฟ้า เซลล์แสงอาทิตย์สำหรับการเกษตร เซลล์แสงอาทิตย์สำหรับบ้านที่อยู่อาศัย แต่ทั้งนี้การนำไฟฟ้ากระแสตรงที่ได้รับจากเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้ไม่สามารถใช้ได้กับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสสลับได้ จึงต้องการเปลี่ยนพลังงานจากไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) จะต้องใช้อุปกรณ์อินเวอร์เตอร์ (Inverter) เป็นอุปกรณ์ที่มีวงจรแปลงไฟฟ้าจากแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขาเข้าเป็นพลังงานไฟฟ้ารูปคลื่นแรงดันไฟฟ้า โดยที่จะต้องรักษาค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงค่าเข้าให้คงที่ เปรียบเสมือนการรักษาสมดุลของพลังงาน เรียกว่า การปรับความกว้างพัลส์ (Pulse Width Modulation: PWM) ที่ทำหน้าที่ควบคุมการแปลงพลังงานไฟฟ้า โดยค่าพลังงานที่แปลงได้จะเรียกว่าพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับที่สามารถใช้ได้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าที่นิยมในปัจจุบัน การกักเก็บพลังงานจากระบบ

พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้สามารถใช้ได้ตลอดทั้งวันนั้นสามารถทำได้โดยการใช้ระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ (Battery Energy Storage System) โดยทั่วไปแล้ว ระบบนี้ประกอบด้วยหลอดสัญญาณไฟฟ้า (Electrical Conductors) เชื่อมต่อกับแบตเตอรี่ เพื่อให้สามารถเก็บพลังงานไฟฟ้าไว้ภายในแบตเตอรี่ได้ และมีระบบควบคุมและการจ่ายไฟฟ้าออกจากแบตเตอรี่ให้ตรงกับความต้องการการใช้งานของเครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ ในช่วงเวลาที่ต้องการใช้งาน ทำให้สามารถใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบนั้นได้ทั้งช่วงเวลากลางวันและช่วงเวลากลางคืน โดยสามารถปรับความจุของแบตเตอรี่ให้เหมาะสมกับความต้องการการใช้งานของผู้ใช้ได้ตามต้องการใช้งานของผู้ใช้ได้ตามต้องการ เช่น การใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วงเวลาประจำวันหรือในช่วงเวลาที่พื้นที่มีการใช้พลังงานมาก ๆ ตลอดเวลา หรือการใช้งานในช่วงเวลาที่พลังงานไฟฟ้าจากระบบพลังงานสามารถผลิตได้น้อยลง เช่นในช่วงเวลากลางคืนหรือในช่วงเวลาที่มีเมฆมาครอบทำให้พลังงานแสงอาทิตย์ลดลง โดยระบบนี้จะช่วยให้การใช้งานพลังงานไฟฟ้าเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและมีประโยชน์ทั้งทางเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมได้อย่างมากในการเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้พลังงานไฟฟ้าและลดการใช้พลังงานจากแหล่งพลังงานที่ใช้เชื้อเพลิงสิ่งนี้สามารถช่วยลดปัญหาเกี่ยวกับการเสื่อมสภาพของสิ่งแวดล้อมและสิ่งแวดล้อมได้ตามลำดับ โดยในขณะที่มีการนำเทคโนโลยีกักเก็บพลังงานมาใช้แล้ว การใช้งานพลังงานไฟฟ้าจะเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและมีประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อมและสังคมได้อย่างมาก และสามารถใช้งานได้โดยมีความยืดหยุ่นในการปรับตัวตามสภาพแวดล้อมและความต้องการการใช้งานของผู้ใช้ได้อย่างคุ้มค่าและมีประสิทธิภาพที่สูงขึ้นกลางวันและช่วงเวลากลางคืน



ภาพที่ 2.1 หลักการทำงานของระบบพลังงานแสงอาทิตย์

ไมโครกริด

ระบบการจัดจำหน่ายพลังงานที่มีความเป็นอิสระจากระบบจัดจำหน่ายไฟฟ้าหลักหรือโครงข่ายไฟฟ้า (Microgrid) โดย Microgrid มักจะประกอบด้วยตัวกำเนิดพลังงาน (Generators) ต่าง ๆ รวมถึงแหล่งพลังงานทดแทนเช่นพลังงานแสงอาทิตย์หรือพลังงานลม ระบบจัดเก็บพลังงาน (Energy Storage Systems) เช่นแบตเตอรี่ และระบบควบคุมและจำกัดการใช้พลังงาน (Control and Management Systems) เพื่อให้ Microgrid สามารถทำงานได้อย่างเชื่อถือได้ในโหมดออฟ-กริด (Off-Grid) หรือโหมดออน-กริด (On-Grid) ตามเงื่อนไขของการใช้งานและสภาพแวดล้อม โดย Microgrid มักถูกออกแบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้พลังงาน ลดค่าใช้จ่ายในการจัดจำหน่ายพลังงานไฟฟ้า และเพิ่มความยืดหยุ่นในการดำเนินงานในกรณีของภัยพิบัติ หรือการขาดแคลนพลังงานจากระบบโครงข่ายหลัก ในทางปฏิบัติ Microgrid สามารถใช้งานในหลาย ๆ ประเภทของสถานที่ เช่น โรงงาน โรงเรียน โรงพยาบาล หรือชุมชนที่มีความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าในขนาดเล็กถึงปานกลาง โดย Microgrid มักจะเป็นส่วนหนึ่งของแนวคิดในการพัฒนาระบบพลังงานอย่างยั่งยืนและสะอาด (Sustainable and Clean Energy Systems) โดยเฉพาะในยุคปัจจุบันที่มีความสำคัญในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในระดับโลก หนึ่งในตัวอย่างที่น่าสนใจของ Microgrid คือ การใช้งานในพื้นที่ที่มีความห่างไกลจากระบบจัดจำหน่ายไฟฟ้าหลักหรือในพื้นที่ที่มีเสี่ยงต่อภัยพิบัติทางธรรมชาติ เพื่อเพิ่มความเข้ากันได้ในการจัดการภัยพิบัติและความมั่นคงในการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับชุมชนหรือธุรกิจในพื้นที่นั้น การใช้งาน Microgrid ยังเป็นอีกหนึ่งวิธีในการส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนและลดการขึ้นราคาของพลังงานไฟฟ้าในระดับท้องถิ่น ทำให้เกิดความเข้มแข็งและยั่งยืนต่อสภาพแวดล้อมและเศรษฐกิจในระยะยาวได้โดยรวม

ระบบ DC Microgrid เชียงใหม่เวิลกรีนซิตี้ ระบบโครงข่ายไฟฟ้ากระแสตรงจากโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์เป็นแนวทางใหม่สำหรับการจ่ายไฟฟ้าในชุมชนขนาดเล็ก ตัวอย่างของระบบนี้คือชุมชนต้นแบบซึ่งประกอบด้วยบ้านพักอาศัย 5 หลัง สำนักงาน ร้านอาหาร ร้านสะดวกซื้อ ร้านกาแฟ และแปลงผัก ชุมชนนี้ใช้ไฟฟ้ากระแสตรงทั้งหมด โดยอาศัยระบบ DC Power Grid จากโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 25.5 kW ข้อดีของระบบไฟฟ้ากระแสตรงการสูญเสียพลังงานต่ำ: เครื่องใช้ไฟฟ้าส่วนใหญ่ใช้ไฟฟ้ากระแสตรง การใช้ระบบไฟฟ้ากระแสตรงจะช่วยลดการสูญเสียพลังงานจากการแปลงไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรง

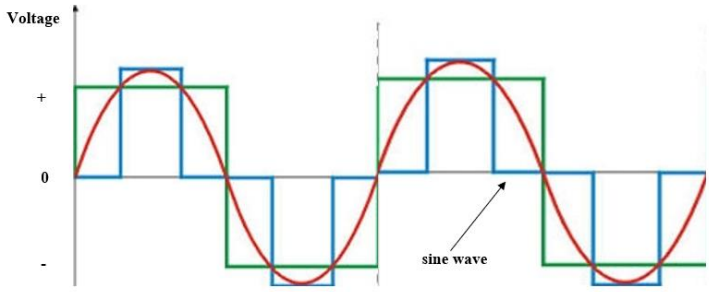
การสูญเสียการแปลงพลังงานจากพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงจากเซลล์แสงอาทิตย์มาแปลงเปลี่ยนพลังงานไฟฟฟ้าเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ

Garbesi, K. (2012) ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับอุปกรณ์และระบบพลังงานที่ใช้กระแสตรง (DC) เพื่อให้ความเข้าใจถึงความหลากหลายของอุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้าแบบนี้และระบบที่ใช้พลังงานกระแสตรง (DC) ในการทำงาน เช่น ระบบโซลาร์เซลล์, ระบบกำลังแสงอาทิตย์, ระบบกระจายไฟฟ้าในโรงงานหรืออาคารที่ใช้กระแสตรง (DC) เป้าหมายของงานวิจัยนี้อาจเพื่อให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจในการใช้งานอุปกรณ์และระบบที่ใช้พลังงาน DC โดยนำเสนอข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับคุณสมบัติ ประสิทธิภาพ และความเหมาะสมของแต่ละอุปกรณ์และระบบที่สามารถใช้กระแสตรง (DC) ในการทำงานได้ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถทำการตัดสินใจเลือกใช้อุปกรณ์หรือระบบที่เหมาะสมกับความต้องการและสภาพแวดล้อมของตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยงานวิจัยพบว่าไฟฟ้ากระแสตรงสามารถลดการสูญเสียจากการแปลงกระแสสลับเป็นกระแสตรงภายในอุปกรณ์เหล่านั้น การประหยัดพลังงานทั้งหมดมากกว่า 30%

วอสโซส และคนอื่น ๆ (Vossos et al., 2017) การวิจัยนี้ได้ศึกษาไปที่การใช้งานอุปกรณ์และระบบไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ในบ้าน เพื่อลดการสูญเสียพลังงานจากกระแสสลับ-กระแสตรง (AC-DC) ที่เกิดขึ้นในกระบวนการแปลงไฟฟ้า เราสามารถสรุปว่าการใช้งานอุปกรณ์และระบบไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ในบ้านเหล่านี้อาจเป็นทางเลือกที่มีประสิทธิภาพในการลดการใช้พลังงานและประหยัดค่าใช้จ่ายในระยะยาว โดยงานวิจัยนี้ได้เปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับ สำหรับบ้านมีเครื่องใช้ไฟฟ้าแอลอีดี ทีวี พัดลม และเครื่องใช้อื่น ๆ โดยการวิจัยพบว่า การใช้พลังงานไฟฟ้ากระแสตรง (DC) มีประสิทธิภาพสูงกว่าไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) โดยมีประสิทธิภาพสูงกว่าประมาณร้อยละ 20 - 30

ระบบไฟฟ้ากระแสสลับ

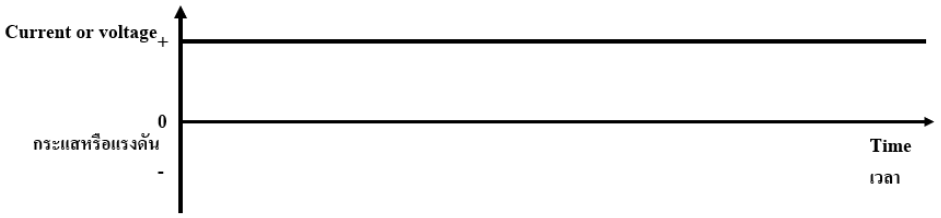
งามประเสริฐ, วรรณการ และรักไทยเจริญชีพ (Ngamprasert, Wannakarn & Rugthaicharoencheep, 2020) ไฟฟ้ากระแสสลับมีทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าในทางกลับกัน คือกระแสไฟฟ้าจะไม่มีขั้วไฟฟ้าว่าเป็นบวกหรือลบ และจะมีทิศทางการไหลที่สลับไปสลับมาอยู่ตลอดเวลา โดยอัตราการเปลี่ยนทิศทางนี้เราเรียกว่าความถี่ของฟ้าสลับ มีหน่วยวัดเป็นเฮิร์ท(Hz) ซึ่งก็คือจำนวนรอบคลื่นต่อหนึ่งวินาที (ไฟฟ้าที่ใช้ภายในบ้านพักอาศัยในประเทศไทยใช้ความถี่ 50Hz) และภาพลักษณะการไหลเราจะเรียกกันว่า คลื่นไซน์ (Sine Wave) ดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 ไฟฟ้ากระแสสลับ

ระบบไฟฟ้ากระแสตรง

เอริกสัน และวิศวกรรม (Erickson & Engineering, 2001) ได้กล่าวว่า ไฟฟ้ากระแสตรง หมายถึง กระแสไฟฟ้าที่มีทิศทางไหลไปในทิศทางเดียวเสมอ คือไหลจากขั้วบวกไปสู่ขั้วลบแรงดันและกระแสของไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันกระแสจะเป็นบวกหรือลบก็ได้ การใช้ไฟฟ้ากระแสตรงนั้นจะมีการจ่ายไฟกระตรงสม่ำเสมอและคงที่ดังแสดงใน ภาพที่ **2.3**2.3

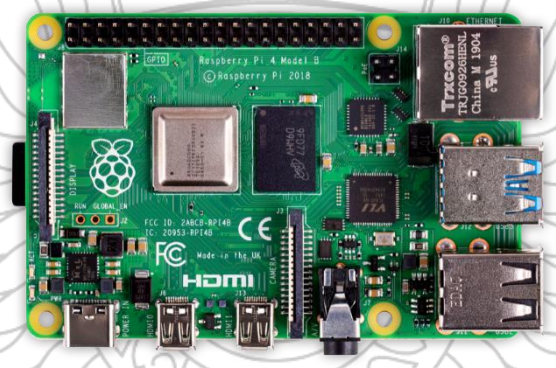


ภาพที่ 2.3 ไฟฟ้ากระแสตรง

ระบบสมองกลฝังตัว

สมองกลฝังตัว (Embedded System) คือ เป็นคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กมากที่ใช้ไมโครโพรเซสเซอร์ชนิดพิเศษ เพื่อฝังระบบประมวลผล ที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ้งออกแบบมาโดยเฉพาะ โดยที่ฝังไว้ในอุปกรณ์ เครื่องใช้ไฟฟ้า และเครื่องเล่น อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ เพื่อควบคุมการทำงานอุปกรณ์เหล่านั้นผ่านซอฟต์แวร์ ซึ่งต่างจากระบบประมวลผลที่เครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วไป เนื่องจากระบบนี้จะฝังตัวลงในอุปกรณ์อื่น ๆ ที่ไม่ใช่เครื่องคอมพิวเตอร์ ในปัจจุบันระบบสมองกล

ฝังตัวได้มีการพัฒนามากขึ้น อุปกรณ์ที่ใช้ระบบสมองกลฝังตัวสังเกตเห็นได้ทั่วไปได้จากอุปกรณ์ประเภทต่าง ๆ ถูกออกแบบมาเพื่อรองรับการทำงานในสภาวะแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูง ฝุ่นละออง หนาแน่น มีการระบายความร้อนได้ดี และทนความร้อนได้สูงโดยไม่ต้องใช้พัดลม จึงเป็นเหตุผลที่ทำให้ระบบสมองกลฝังตัวทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเหมาะสำหรับงานอุตสาหกรรม ในปัจจุบัน คุณสมบัติที่ดีอีกประกาณ์ของระบบสมองกลฝังตัวคือ รองรับการทำงานที่ตลอดเวลาและยาวนาน มีความทนทานสูง มีความต้องการพลังงานไฟฟ้าต่ำและมีน้ำหนักเบา อีกทั้งสมองกลฝังตัวยังสามารถรองรับระบบปฏิบัติการ เช่น วินโดวส์ ลินุกซ์ ฟรีบีเอสดี (Windows Linux FreeBSD) ต่าง ๆ เป็นต้น ระบบปฏิบัติการจะสามารถช่วยให้การใช้งานหรือการประมวลผลข้อมูลหรือทำงานตามชุดคำสั่งที่ดีขึ้น อีกข้อดีของระบบสมองกลคือเมื่อได้ติดตั้งระบบปฏิบัติการจะสามารถลงโปรแกรมสำเร็จรูปในการทำงานช่วยให้เกิดความสะดวกและสามารถทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ โดยยกตัวอย่างของสมองกลฝังตัวแสดงได้ดังภาพที่ **2.4** 2.4



ภาพที่ 2.4 ตัวอย่างสมองกลฝังตัว

ณัฐกิตต์ วิริยะยอดเยี่ยม (2557) ได้ศึกษาระบบรักษาความปลอดภัยและเตือนภัยโดยการประยุกต์ใช้สมองกลฝังตัวราสเบอรี่พาย (Raspberry Pi)โดยการนำสมองกลฝังตัวชนิด ราสเบอรี่พาย (Raspberry Pi) มาลงระบบปฏิบัติการราสเบียน (Raspbian) โดยเริ่มต้นการทำงานโดยโปรแกรมภาษาไพทอน (Python) ตั้งค่าการกำหนดเวลาและเริ่มคำสั่งการเชื่อมต่อไลน์แอปพลิเคชัน (Line Application) ซึ่งจะทำการเชื่อมต่อ Token จากนั้นสั่งเซ็นเซอร์ทำการตรวจจับการเคลื่อนไหวพร้อมจับภาพจากเว็บแคม หากตรงไปตามคำสั่งที่ระบุไว้จะทำการแจ้งเตือนและอัพรูปภาพผ่านวันไดร์ฟ (One Drive)

ชูเรืองและมีกุล (Chooruang & Meekul., 2018) ได้ศึกษาการติดตามพลังงานและการวิเคราะห์ข้อมูลพลังงาน โดยพัฒนาอุปกรณ์และใช้เทคโนโลยี Internet of Thing โดยใช้ไมโครคอนโทรเลอร์ 8266 ส่งข้อมูลจากโมดูลเซ็นเซอร์ตรวจวัดไฟฟ้าในการส่งข้อมูลผ่านโปรโทรคอลเอ็ม คิว คิว ที (MQTT) ในรูปแบบไฟล์เจสัน (Json Format) ให้กับคอมพิวเตอร์แม่ข่ายโดยใช้ราสเบอรี่พาย (Raspberry Pi) ในการทำงานเป็นคอมพิวเตอร์แม่ข่ายและเก็บข้อมูลและแสดงผลข้อมูลผ่านทาง Dashboard หน้าแสดงผลข้อมูล

แมทธิวและอาเบเบเกอร์ (Mathew & Abubeker., 2017) ได้ศึกษาราสเบอรี่พาย (Raspberry Pi) ในการอ่านข้อมูลตรวจวัดความดันโลหิต อุณหภูมิ และชีพจร (Blood Pressure Sensor Model, Temperature SensorDS18B20, ECG SensorAD8232) ในการเก็บข้อมูลในฐานข้อมูลบน Raspberry pi ในการส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์แม่ข่ายผ่านโปรโทรคอลแอช ที ที พี (HTTP) โดยผู้ที่ได้รับข้อมูลสามารถนำข้อมูลไปประมวลผลและลดเวลาการปฏิบัติหน้าที่ในการวิเคราะห์ข้อมูลและเก็บข้อมูล

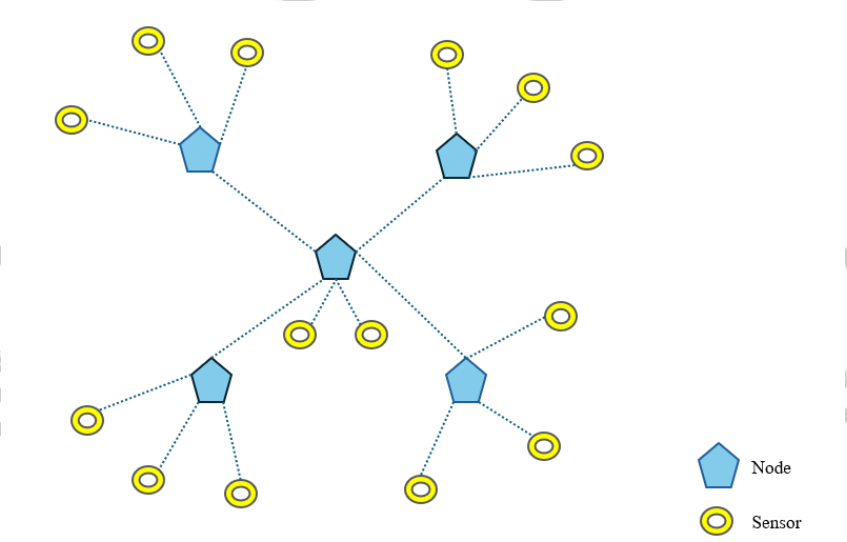
อินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง

อินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง (Internet of Thing: IoT) เกิดจากเควิน แอชตัน (Kevin Ashton) บิดาแห่งอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งในปี ค.ศ. 1999 โดยมีแนวคิดการต่อยอดเทคโนโลยี RFID ที่มีการจับสัญญานและอ่านข้อมูลต่าง ๆ ในเซ็นเซอร์สามารถพูดคุยและเชื่อมต่อกันผ่านระบบออโต้-ไอดี (Auto-ID) โดยได้สรุปว่า อินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งคือระบบอิเล็กทรอนิกส์ที่มีการสื่อสารเดียวกันในระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตนั้นเองโดยใช้คำว่า ธิง (Things) ก็คือคำใช้แทนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ เหล่านั้น

อินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งเป็นแนวคิดที่อุปกรณ์หลากหลายชนิดจะสามารถเชื่อมต่อพูดคุยและสื่อสารกันได้เป็นระบบโครงข่าย และอุปกรณ์สามารถประมวลผลการทำงาน เช่น การเปิด-ปิด อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าเครื่องมือสื่อสาร เครื่องมือทางการเกษตร ในชีวิตประจำวันต่าง ๆ ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตโนการเชื่อมโยงกันอย่างเป็นระบบ สามารถช่วยแก้ปัญหาธุรกิจ สังคม พลังงาน สิ่งแวดล้อม และช่วยแก้ไขปัญหาในชีวิตประจำวัน โดยนำข้อมูลรวบรวมข้อมูลขนาดใหญ่ (Big Data) เข้ามาใช้ในการพัฒนาเพื่อตอบสนองความต้องการของแต่ละรูปแบบ

การสื่อสารของอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งที่ใช้ในการสื่อสารนั้นไม่เพียงแต่เป็นการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตเครือข่ายเพียงเท่านั้นแต่ยังมีตัวแปลอื่น เข้ามาเกี่ยวข้องคือ เซ็นเซอร์ Node ต่าง ๆ จำนวนมาก ที่ทำให้เกิดเครือข่ายไร้สายให้กับอุปกรณ์ต่าง ๆ สามารถเชื่อมต่อเข้ามาได้ ซึ่งเครือข่ายไร้สายนั้น นี่เองสามารถตรวจจับปรากฏการณ์ต่าง ๆ (Physical Phenomena) ในเครือข่ายได้

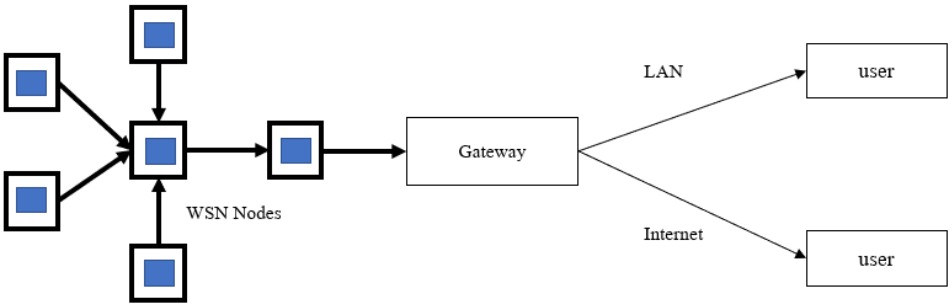
ด้วยยกตัวอย่างเช่น แสง อุณหภูมิ ความดัน เป็นต้น เพื่อส่งค่าไปยังอุปกรณ์ในระบบให้ทำงานหรือสั่งงานอื่น ๆ ต่อไปดังภาพที่ **2.5** 2.5



ภาพที่ 2.5 การเชื่อมต่อเซ็นเซอร์โหนด (Node)

การพัฒนาอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งนั้นนอกจากจะพัฒนาเทคโนโลยีในฝังฮาร์ดแวร์ ได้แก่ โปรเซสเซอร์ (Processors), เรดิโอ (Radios) และเซ็นเซอร์ ก็ยังพัฒนาเครือข่ายไร้สายไปพร้อม ๆ กันด้วย และเมื่อพูดถึงการเชื่อมต่อปัจจุบันได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีสำหรับการเชื่อมต่อสำหรับ อินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งหรือการเข้าถึงเทคโนโลยี (Access technology) ได้แก่ บลูธูท (Bluetooth 4.0 IEEE 802.15.4e WLAN IEEE 802.1) วายฟาย (Wi-Fi)

การพัฒนาการเชื่อมต่อแบบโครงข่ายจำเป็นจะต้องมีเกทเวย์ (Gateway) ในการสื่อสารของข้อมูลอุปกรณ์ โดยการสื่อสารของโหนด (Node) จะสื่อสารกันในรูปแบบโลคอล (Local) ที่สามารถเชื่อมต่อกันโดยข้อมูลจะส่งผ่านเกทเวย์ (Gateway) ในการส่งข้อมูลหาผู้ใช้



ภาพที่ 2.6 การเชื่อมต่อแบบโครงข่าย

การแบ่งกลุ่มของอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ตามการออกขายในตลาดดังนี้

1. อินเทอร์เน็ตในทุกสิ่งด้านอุตสาหกรรม (Industrial IoT) เป็นเทคโนโลยี ที่มีความหลากหลายโดยมีการรวมเทคโนโลยีที่แตกต่างกันในโครงข่ายหรืออินเทอร์เน็ตภายใน โดยอุปกรณ์ในกลุ่มนี้จะเชื่อมต่อแบบ IP Network เพื่อนำข้อมูลจากอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อรับและส่งข้อมูลผ่านอินเทอร์เน็ต

2. อินเทอร์เน็ตในทุกสิ่งเชิงพาณิชย์ (Commercial IoT) เป็นเทคโนโลยีการสื่อสารผ่านบลูธูท (Bluetooth) โดยอุปกรณ์ในกลุ่มนี้จะสื่อสารภายในกลุ่ม โดยการรับส่งข้อมูลจะมีเก็บข้อมูลโดยการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตภายในและไม่กับสื่อสารอินเทอร์เน็ตภายนอก

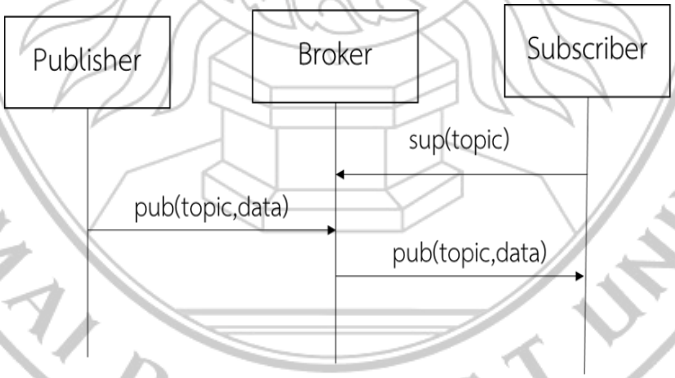
สุเมธี อินคำเชื้อ (2560) ได้ศึกษาเรื่องการออกแบบและพัฒนาระบบตรวจวัดการใช้กระแสไฟฟ้าด้วยเครือข่ายไร้สายโดยทำการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าและค่ากระแสไฟฟ้าผ่านอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า ด้วยเซ็นเซอร์ตรวจวัดกระแสไฟฟ้าชนิดหม้อแปลงกระแสไฟฟ้า (Current Transformer: CT เซ็นเซอร์ SCT013) เพื่ออ่านข้อมูลการใช้กระแสไฟฟ้าจากอุปกรณ์ไฟฟ้า ไมโครคอลโทรลเลอร์ทำการอ่านข้อมูลการใช้กระแสไฟฟ้าและการเชื่อมต่อระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตผ่านการอินเทอร์เน็ตไร้สายวายฟาย (Wi-Fi) ส่งข้อมูลให้กับคอมพิวเตอร์แม่ข่าย โดยการนำสมองกลฝังตัวชนิดราสเบอรีพายเป็นคอมพิวเตอร์แม่ข่ายในรอรับข้อมูลปริมาณกระแสไฟฟ้า และแสดงผลผ่านโปรแกรมบลิ้ง (Blynk)

เอกชัย ดีศิริ (2560) ได้ประยุกต์ใช้งานเอ็นอีทีพีไออี (Network Platform for Internet of Everything: NETPIE) สำหรับตรวจวัดอุณหภูมิในพื้นที่โดยรอบและแรงดังไฟฟ้าของแบตเตอรี่

เครื่องยนต์ โดยงานวิจัยนี้ใช้ไมโครคอนโทรเลอร์ (ESP8266) ในการอ่านค่าข้อมูลแรงดันไฟฟ้าและอุณหภูมิความชื้น โดยการผ่านข้อมูลโวลต์ (Voltage) เซ็นเซอร์, ดีเอชทีพี22 (DHT22 เซ็นเซอร์) และทำการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตไร้สายผ่านโมดูลวายฟาย (Wi-Fi) ส่งข้อมูลให้ระบบเอ็นอีทีพีไออี (NETPIE) ในการแสดงผลข้อมูลและจัดเก็บข้อมูลแรงดันไฟฟ้า

ทฤษฎีการส่งข้อมูลการสื่อสาร

เอ็มคิวทีที (Message Queuing Telemetry Transport: MQTT) เป็นโปรโทรคอลที่ถูกออกแบบมาให้มีขนาดเล็กสำหรับการสื่อสารแบบเอ็มทูเอ็ม (Machine to Machine: M2M) โดยถือกำเนิดจากวิศวกรจากไอบีเอ็ม (IBM) และยูโรเทค (Eurotech) ในปี ค.ศ. 1999 เพื่อนำไปใช้ในระบบเอสซีเอดีเอ (Supervisory Control and Data Acquisition: SCADA) สำหรับเชื่อมต่อท่อส่งน้ำมันบนเครือข่ายที่ไม่มีความเสถียรอย่างอินเทอร์เน็ตดาวเทียม ก่อนที่จะถูกบริจาคกลายเป็นมาตรฐานแบบเปิด (Open Standard) ในปี ค.ศ. 2014 โดยเอ็มคิวทีที (Message Queuing Telemetry Transport: MQTT) เป็นสถาปัตยกรรมแบบไคลเอนต์/เซิร์ฟเวอร์ (Client/Server) ซึ่งมีโทโปโลยี (Topology) แบบฮับ-สโปค (Hub-And-Spoke) ซึ่ง เซ็นเซอร์ ปลายทางจะทำหน้าที่เป็นไคลเอนต์ (client) ซึ่งทำการสร้างเชื่อมต่อแบบทีพีซี (Transmission Control Protocol: TCP) ไปยังคอมพิวเตอร์แม่ข่ายที่มีชื่อเรียกอีกชื่อว่าโบรคเกอร์ (Broker) ซึ่งมีหน้าที่เป็นเสมือนท่อส่งข้อมูลในการรับส่งข้อความ (Message) ระหว่างคลเอนต์ (Client) ที่เป็นได้ทั้งพับบริชเชอร์ (Publisher) และซับสไครบ์ (Subscriber) ดังแสดงภาพที่ **2.7**2.7



ภาพที่ 2.7 หลักการทำงานของ MQTT Protocol

ในการส่งข้อมูลระหว่าง Client ไปยัง Broker นั้นClient ในที่นี้หมายถึง Publisher หรือ Subscriber ที่เชื่อมต่อแบบรวมศูนย์ไปยัง Broker ซึ่งเป็น Software ที่ทำหน้ารับข้อความทั้งหมดที่ได้จาก Publisher แล้วจึงส่งต่อไปให้ Subscriber ตามแต่ Topic ที่ Client ได้ทำการ Subscribe ไว้ซึ่ง Topic เป็นเหมือน address หรือ End point บน Broker ที่ client ทำการเชื่อมต่อเพื่อรับส่งข้อความระหว่างกัน

Grgich et al. (2016) ได้ศึกษาการใช้เว็บแอปพลิเคชันสำหรับระบบติดตามอุณหภูมิและความชื้นโดยการใช้ MQTT Protocol ในการนำสมองกลฝังตัวราสเบอรี่พาย เป็นคอมพิวเตอร์แม่ข่ายอ่านค่าตรวจวัดข้อมูลอุณหภูมิและความชื้น และส่งข้อมูลการสื่อสารเป็นรูปแบบ IoT โดยการสร้าง MQTT Publisher ในการตั้งค่าช่องทางในการสื่อสาร และมี MQTT broker ในการรับข้อมูลการสื่อสารของ MQTT Publisher โดยการส่งข้อมูลจะวิ่งอยู่ในระบบเครือข่าย TCP/IP เมื่อได้ข้อมูลส่งมาจะส่งข้อมูลไปบันทึกข้อมูลโดยใช้โปรแกรมที่พัฒนาโดยภาษา JavaScript โดยเทคนิคเขียนโปรแกรมเป็น AJAX ในการบันทึกข้อมูลในฐานข้อมูล MySQL และใช้ภาษา PHP Script ในการดึงข้อมูลจากฐานข้อมูล MySQL และ protocol ในการแสดงผลผ่านเว็บแอปพลิเคชันโดยภาษา HTMLในการแสดงผลของข้อมูล

ญานพล กลับเจริญ (2560) ได้ศึกษาการพัฒนาระบบตรวจสอบปริมาณไฟฟ้าสำหรับอะพาร์ตเมนต์ขนาดเล็ก โดยการใช้วัดปริมาณการใช้ไฟฟ้าโดยการใช้ เซ็นเซอร์วัดกระแสไฟฟ้า ACS712 ที่วัดปริมาณกระแสไฟฟ้ากระแสตรง ที่มีค่าความแม่นยำ โดยการนำ Arduino เป็นไมโครคอนโทรเลอร์ตระกูล Advanced RISC Machine (ARM) อ่านข้อมูลและตรวจวัดไฟฟ้าจาก เซ็นเซอร์วัดกระแสไฟฟ้า ACS712 และส่งข้อมูลผ่านการเชื่อมต่อ RS232 RX,TX ให้กับโมดูล Wi-Fi การส่งข้อมูลผ่านอินเทอร์เน็ตไร้สายโดยการส่งข้อมูลผ่านโปรแกรม Ngrok ที่จะช่วยเป็นคอมพิวเตอร์แม่ข่ายเพื่อทำงานโปรแกรมฐานข้อมูล MySQL ในการเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าและแสดงผลข้อมูลผ่านเว็บแอปพลิเคชัน

Chanthakit et al. (2018) ได้ศึกษาระบบตรวจสอบคุณภาพอากาศโดยนำไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266 ในอ่านข้อมูลจากเซ็นเซอร์ตรวจวัดสภาพอากาศ โดยการส่งข้อมูลผ่านโปรโทรคอล MQTT Protocol ให้กับโปรแกรม Node-Red ในการจัดการข้อมูลในการบันทึกข้อมูลลงในฐานข้อมูล และการแจ้งเตือนผ่าน Line App Notify และแสดงผลข้อมูลเว็บแอปพลิเคชันการแสดงผลข้อมูลอากาศ

Songkittirote et al. (2018) ได้ศึกษาการควบคุมระบบปลั๊กไฟฟ้าอัจฉริยะโดยการใช้ฐานข้อมูล MySQL และ MQTT Protocol ในการสื่อสารข้อมูลของไมโครคอนโทรเลอร์ ESP8266 เชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตไร้สายและส่งข้อมูลผ่าน MQTT Protocol โดยการสื่อสารของอุปกรณ์

และควบคุมได้ออกแบบการสื่อสารของ Topic data ในการส่งข้อมูลและควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ปลั๊กไฟฟ้า และพัฒนาโปรแกรมในการนำข้อมูลจาก MQTT Protocol แปลงข้อมูลเป็นรูปแบบ JSON และจัดเก็บข้อมูลลงฐานมูล MySQL

ฐานข้อมูล

ฐานข้อมูล คือระบบที่รวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกันเข้าไว้ด้วยกันอย่างมีระบบ มีความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลต่าง ๆ ที่ชัดเจน ในระบบฐานข้อมูลจะประกอบด้วยแฟ้มข้อมูลหลายแฟ้มที่มีข้อมูล เกี่ยวข้องสัมพันธ์กันเข้าไว้ด้วยกันอย่างเป็นระบบและเปิดโอกาสให้ผู้ใช้สามารถใช้งานและดูแลรักษาป้องกันข้อมูลเหล่านี้ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีซอฟต์แวร์ที่เปรียบเสมือนสื่อกลางระหว่างผู้ใช้และโปรแกรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้ฐานข้อมูล

ในปัจจุบัน เทคโนโลยี Database มีการพัฒนาที่รวดเร็ว และมีความหลากหลายมากกว่าแต่ก่อนเป็นอย่างมาก ซึ่งเทคโนโลยีนี้ สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทหลักใหญ่ ๆ นั้นก็คือ Structured Query Language (SQL) กับ No Structured Query Language (NOSQL) หรือเรียกอีกอย่างนึงว่า relational databases (ฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์)กับ non-relational databases (ฐานข้อมูลไม่เชิงสัมพันธ์) โดยเจ้าเทคโนโลยี 2 ตัวนี้ มีความแตกต่างที่เห็นได้ชัดในทางด้านของ โครงสร้างข้อมูล วิธีการสร้าง และรูปแบบการจัดเก็บข้อมูล พูดให้เข้าใจง่ายๆ ให้เปรียบ No Structured Query Language (NOSQL) เสมือนกับ สมุดโทรศัพท์จะมีข้อมูลจะมีโครงสร้างการจัดเก็บที่เหมือนกัน มีรายละเอียดของ เบอร์โทรศัพท์ และที่อยู่ ของทุก ๆ ข้อมูล ส่วนในทางด้านของ No Structured Query Language (NOSQL) ให้เปรียบเสมือนกับโฟลเดอร์ที่เราเอาทุก ๆ อย่างใส่เข้าไปในนั้น ซึ่งจะเหมาะสำหรับการแจกจ่ายงานให้ผู้อื่น

(Structured Query Language: SQL) เป็นฐานข้อมูลที่เป็นที่นิยมอย่างแพร่หลายเป็นเทคโนโลยีที่มีกลไกในการจัดเก็บข้อมูลมายาวนานด้วยการทำงานที่เป็นแบบ Relation Databases ที่เก็บข้อมูลในรูปแบบของตาราง ทำให้มีประสิทธิภาพในการจัดเก็บของมูล ที่ค่อนข้างทนทานปลอดภัยและโอกาสที่จะเกิดการสูญเสียข้อมูลนั้นมีน้อยกว่า แต่ต้องแลกมากับการสร้างโครงสร้างที่ค่อนข้างชัดเจน ทำให้ความยืดหยุ่นในการขยายฐานข้อมูล เป็นไปได้ยาก

คำว่า No Structured Query Language (NOSQL) ใช้เรียกเทคโนโลยีฐานข้อมูลที่ไม่ใช้ Structured Query Language (SQL) โดยกล่าวคือ เริ่มแรกถูกพัฒนามาเพื่อให้ใช้งานเฉพาะทางที่ Structured Query Language (SQL) ไม่สามารถทำได้ โดยที่เห็นได้อย่างชัดเจนเลยก็คือ โครงสร้างที่มีความยืดหยุ่น ทำให้การใช้งานมีความรวดเร็วกว่า และง่ายต่อการขยายฐานข้อมูล

Nasar et al. (2019) ในการจัดการข้อมูล IoT อย่างมีประสิทธิภาพให้ค้นหาสิ่งที่เหมาะสมประเภทของฐานข้อมูลมีความสำคัญมาก การเลือกฐานข้อมูลที่เหมาะสมที่สุดสำหรับ IoT สิ่งที่สำคัญที่สุดคือการเลือกความสามารถในการปรับขนาดความสามารถในการการจัดการข้อมูลจำนวนมากด้วยความเร็วที่เหมาะสม และมีความหลากหลายความยืดหยุ่นของฐานข้อมูลและต้องวิเคราะห์ข้อมูลค่าใช้จ่ายอื่น ๆ

ตารางที่ 2.1 การเปรียบเทียบความสามารถของระบบฐานข้อมูล SQL VS NOSQL

รายการ	SQL	NOSQL
รูปแบบโครงสร้าง	เป็นโครงสร้างของข้อมูล	ไม่เป็นโครงสร้างของข้อมูล
รูปแบบของข้อมูล	ข้อมูลรูปแบบเป็นตาราง	เป็นข้อมูลรูปแบบต้นไม้
ความสามารถของฐานข้อมูล	เหมาะสมสำหรับการค้นหาที่ซับซ้อน	มีความยืดหยุ่นของข้อมูล
ความสามารถในการจัดการข้อมูล	สามารถใช้งานดีกับงานที่มีการประมวลผลในรูปแบบการจัดการ	สามารถใช้งานดีกับงานที่มีข้อมูลขนาดใหญ่ และต้องการประมวลผลข้อมูลขนาดใหญ่

MySQL คือ โปรแกรมระบบจัดการฐานข้อมูล ที่พัฒนาโดยบริษัทมายเอสคิวแอล มีหน้าที่เก็บข้อมูลอย่างเป็นระบบ รองรับคำสั่งภาษาเอสคิวแอล (Structured Query Language: SQL) เป็นเครื่องมือสำหรับเก็บข้อมูล ที่ต้องใช้ร่วมกับเครื่องมือหรือโปรแกรมอื่นมาบรูณาการเพื่อให้ได้ระบบที่รองรับความต้องการของผู้ใช้งานเช่นทำงานร่วมกับเว็บแอปพลิเคชันหรือแอปพลิเคชันในพัฒนาสคริปต์ที่ทำงานอยู่ฝั่งบริการในการดึงข้อมูลออกจากฐานข้อมูล

วิษณุ ช้างเนียม (2560) ได้ทำการศึกษาอุปกรณ์เก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมพื้นที่ปลูกสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียเพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการพยากรณ์การเติมโตและความหวาน โดยมีการออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูล MYSQL ในการเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมจากไมโครอคโทรเลอร์โดยการทำข้อมูลจาก MQTT Protocol มาส่งข้อมูลสคริปต์จัดเก็บข้อมูล อุปกรณ์ รายงนอุปกรณ์และการตั้งค่าการทำงาน

ไพวรรณ มะละ (2561) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาระบบวิเคราะห์ข้อมูลเตียงลมอัจฉริยะเพื่อลมอาการเกิดโรคแผลกดทับ ได้มีการใช้งานเว็บเซอร์วิส (Web Sevice) ในการทำงานร่วมกับ MQTT ในการส่งข้อมูลเพื่อเก็บฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์เพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลด้วยฐานข้อมูล MQSQL โดยมีการเก็บเก็บข้อมูลผู้ป่วย ข้อมูลทางการแพทย์ ข้อมูลแรงดันลมจากเซ็นเอร์ของเตียง ข้อมูลการวิเคราะห์ข้อมูล

Influx DB คือ Open-Source ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลของ Time Series Database ที่พัฒนาขึ้นโดย InfluxData ซึ่ง Influx DB ถูกพัฒนาขึ้นด้วยภาษา Go เหมาะสำหรับการจัดเก็บข้อมูลที่มีประสิทธิภาพสูงและการเรียกค้นข้อมูลชุดข้อมูลแบบเรียลไทม์ ซึ่งจะใช้เป็นที่เก็บข้อมูลสำหรับกรณีการใช้งานใด ๆ ที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลที่มีการ Timestamp เป็นจำนวนมาก เช่น การวัดอัตราการเต้นหัวใจ การทำงานของข้อมูลเซ็นเซอร์ (Internet of Things: IoT) และการวิเคราะห์แบบเรียลไทม์ การใช้ Influx DB ในการเก็บข้อมูลจะทำให้เราสามารถประหยัดเนื้อที่ได้มากยิ่งขึ้นด้วยการกำหนดค่า Influx DB เพื่อเก็บข้อมูลไว้เป็นระยะเวลาที่กำหนดโดยอัตโนมัติ เมื่อหมดอายุจะสามารถลบข้อมูลที่ไม่ต้องการออกจากระบบได้ Influx DB ยังมีภาษาแบบสอบถามคล้าย SQL สำหรับการโต้ตอบกับข้อมูล อีกทั้ง Influx DB ยังสนับสนุนการประมวลผลข้อมูลจาก Graphite การใช้งาน Influx DB สามารถจัดเก็บข้อมูล จัดเก็บการตรวจสอบการแสดงภาพและการแจ้งเตือนข้อมูลชุดข้อมูลตามเวลา รูปแบบข้อมูล Influx DB ค่อนข้างแตกต่างจากรูปแบบอื่น ๆ เช่น Graphite, RRD หรือ OpenTSDB โดย Influx DB มีโปรโตคอลในการส่งข้อมูลของ Time Series Database โดยทั้งหมดจะอยู่ในรูปแบบ measurement-name, tag-set, field-set, timestamp โดย <measurement> คือ เป้าหมายสิ่งที่เราต้องการวัดค่า เช่น Orders, Claims, CPU, Client, Host โดยจะเป็นชุดสตริงและในส่วนของ tag จะเป็นชุดของ key และ value หรือ <tag-key>=<tag-value> ซึ่งจะเป็นค่าทั้งหมดของสตริง ซึ่ง tag จะเป็นตัวแปลที่บอกคุณลักษณะของ measurement มีชนิดข้อมูลเป็น label, nominal หรือ category ในส่วนของ field-set จะเป็น <field-key>=<field-value> คือ ชื่อตัวแปลแบบวัดค่าได้ จะเป็นการบอกปริมาณของ measurement มีชนิดข้อมูลเป็นตัวเลขและ Timestamp คือ [unix-nano-timestamp] เป็นเวลาที่บันทึก measurement ซึ่งจะมีหน่วยเป็นตัวเลข ในกรณีที่ไม่มีการระบุข้อมูลใด ๆ timestamp จะคือการกำหนดให้เวลานั้นเป็นสถานะของวัตถุ

Chooruang & Meekul (2018) ได้ทำการศึกษา การออกแบบระบบติดตามตรวจวัดไฟฟ้าโดยการออกแบบ ได้ใช้ไมโครคอนโทรล์เลอร์ในอ่าน PZEM 04 โดยการส่งข้อมูลผ่าน MQTT protocol โดยการออกแบบการเก็บข้อมูล Influx DB ในการเก็บข้อมูลโดยในรูปแบบ Json โดยมีการเก้บข้อมูลรหัสของอุปกรณ์ แรงดังไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และการใช้ไฟฟ้า โดยมีค่าเวลาเป็นคีย์หลักในการดึงขอมูลจากฐานข้อมูล Influx DB ออกมาแสดงผลผ่านเว็บแอปพลิเคชัน Grafana

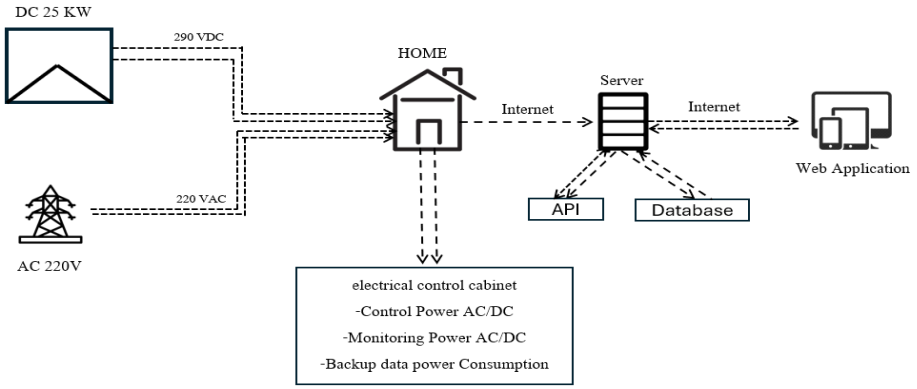
บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนาระบบติดตามและควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับบ้านอัจฉริยะ เป็นการพัฒนาเพื่อให้บ้านรองรับการใช้พลังงานไฟฟ้าทีมีการใช้ไฟฟ้าทั้ง 2 รูปแบบที่จะเกิดจากการนำพลังงานทดแทนหรือพลังงานอื่นมาประยุกต์ใช้ในอนาคตอันใกล้ โดยระบบจะมีประสิทธิภาพและมีความปลอดภัย

การออกแบบหลักการทำงานระบบ

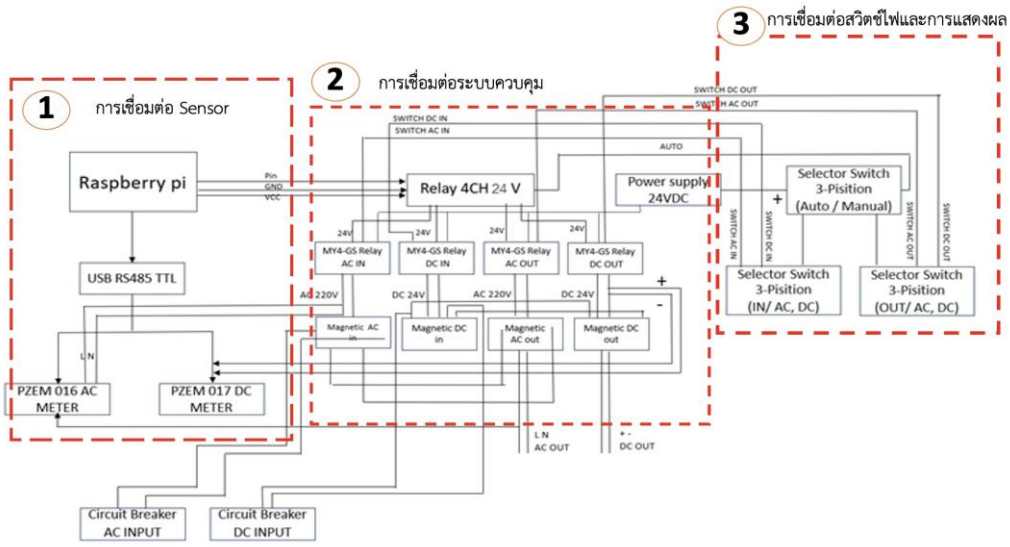
ทำงานระบบติดตามและควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับบ้านอัจฉริยะ จะออกแบบให้บ้านอัจฉริยะสามารถใช้แหล่งพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงจาก DC Mirco Grid และรับพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับจากระบบของการไฟฟ้า โดยระบบติดตามและควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับจะทำการควบคุมและติดตามแหล่งพลังงานที่จ่ายให้กับโหลดเครื่องใช้ไฟฟ้า เมื่อได้รับข้อมูลพลังงานไฟฟ้าและการควบคุมการทำงานระบบจะทำการส่งข้อมูลติดต่อกับระบบฐานข้อมูลในการจัดเก็บข้อมูลพลังงานนำข้อมูลส่งไปยังเว็บแอปพลิเคชันในการแสดงผลและการควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ ดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 หลักการทำงานระบบ

การออกแบบการเชื่อมต่ออุปกรณ์ Single Line Diagram

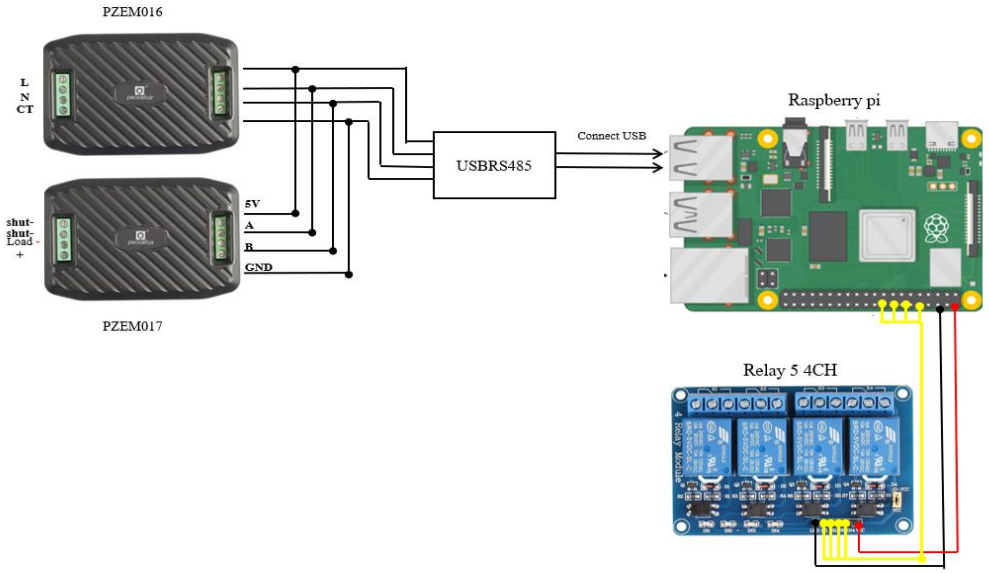
โดยการออกแบบ Single Line Diagram จะออกแบบในการ ได้ออกแบบนำอุปกรณ์มาเชื่อมต่อและติดตั้งลงกล่องควบคุมโดยใช้ตู้ไฟสวิตช์บอร์ด แบบไม่มีหลังคาในการจัดวางอุปกรณ์ โดยการนำอุปกรณ์ตรวจวัดวัดพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ PZEM 017 และ PZEM 016 ติดตั้ง เข้ากับระบบบควบคุม Relay switch 4CH 5V ที่ทำงานร่วมกับ MY4-GS Miniature Power Relays กับ AF16-30-10-13 - ABB Magnetic Switch ในการควบคุมการทำงานระบบ ร่วมไปถึงอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ทำหน้าที่ดูแลและควบคุมการทำงานของระบบไฟฟ้า เช่น สวิตช์ไฟฟ้า Circuit Breake และ Surge Protector กันฟ้าผ่าน และฟิวส์ (Fuse) ดังภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 การออกแบบการเชื่อมต่ออุปกรณ์ Single Line Diagram

การออกแบบการเชื่อมต่อการทำงานของ Raspberry Pi

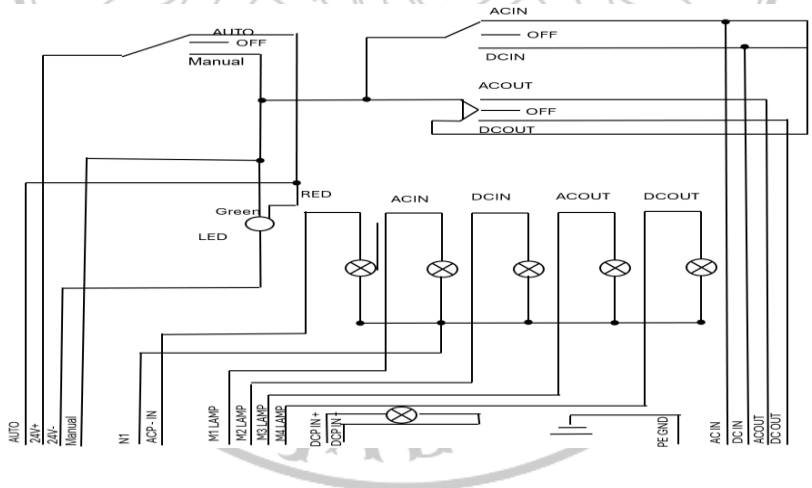
โดยการออกแบบการเชื่อมต่อการทำงานของ Raspberry Pi ได้ออกแบบการเชื่อมต่อการทำงานกับเซ็นเซอร์ตรวจวัดพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง (PZEM017) และพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ (PZEM016) โดยใช้ (USB RS485 TTL) อ่านข้อมูลจากเซ็นเซอร์ โดยใช้ไฟฟ้าขนาด 5V และเชื่อมต่อขา GND ในการจ่ายพลังงานให้เซ็นเซอร์ตรวจวัดและอ่านข้อมูลจากขาเซ็นเซอร์ PIN A และ B ในส่วนของระบบควบคุมพลังงานไฟฟ้าจะใช้ Relay 5 V 4CH เชื่อมต่อกับ Raspberry Pi และรับคำสั่งการควบคุมพลังงานไฟฟ้าจาก Raspberry Pi ในการสั่งควบคุมไฟฟ้า ร่วมกับโมดูล MY4-GS Miniature Power Relays และ AF16-30-10-13-ABB Magnetic Switch ในการจ่ายพลังงานให้กับบ้านอัจฉริยะ ดังภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 การออกแบบการเชื่อมต่อการทำงานของ Raspberry Pi

การออกแบบสวิตซ์หน้าตู้ระบบควบคุม

เพื่อให้ระบบควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับไฟฟ้ากระแสสลับทำงานอย่างมีประสิทธิภาพกับบ้านอัจฉริยะ ได้ออกแบบให้ระบบสามารถควบคุมการทำงานผ่านหน้าตู้ควบคุมเพื่อป้องการเกิดปัญหาในการเชื่อมต่อกับระบบ Raspberry Pi ในรูปแบบของเว็บแอปพลิเคชัน จึงได้พัฒนาระบบฮาร์ดแวร์เพื่อลองรับในการใช้งาน ได้ออกแบบการเชื่อมต่อระบบสวิตซ์ไฟหน้าตู้ควบคุมได้ออกแบบการเชื่อมต่อ Single Line Diagram ดังภาพที่ 3.4



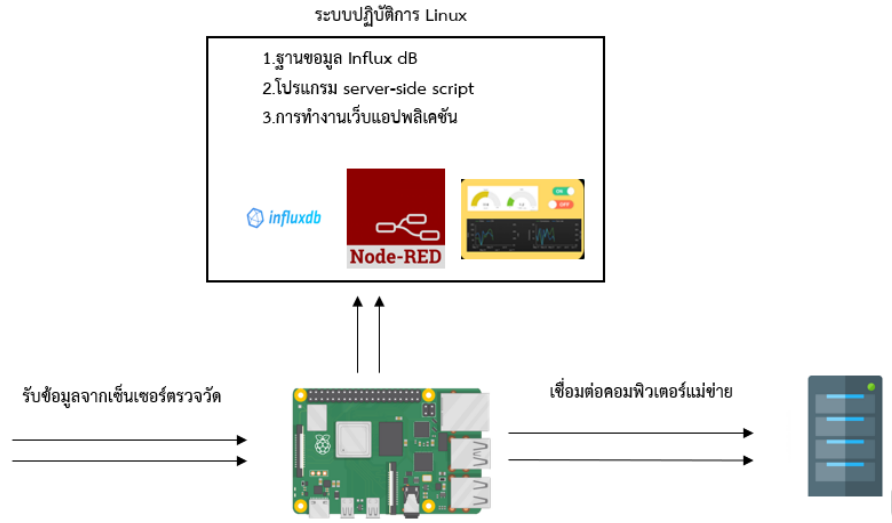
ภาพที่ 3.4 การออกแบบฮาร์ดแวร์ระบบสวิตซ์ไฟฟ้าในการควบคุมการทำงานในบ้านอัจฉริยะ

เพื่อให้ระบบควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับไฟฟ้ากระแสสลับทำงานอย่างมีประสิทธิภาพกับบ้านอัจฉริยะ ได้ออกแบบให้ระบบสามารถควบคุมการทำงานผ่านหน้าตู้ควบคุม เพื่อป้องการเกิดปัญหาในการเชื่อมต่อกับระบบ Raspberry Pi ในรูปแบบของเว็บแอปพลิเคชัน จึงได้พัฒนาระบบฮาร์ดแวร์เพื่อลองรับในการใช้งาน ได้ออกแบบการเชื่อมต่อระบบสวิตซ์ไฟหน้าตู้ควบคุมได้ออกแบบการเชื่อมต่อ Single Line Diagram ดังภาพที่ 4.7 ซึ่งจะแสดงให้เห็นการเชื่อต่อการทำงานของสวิตซ์ไฟฟ้า 3 ทาง 24V และไฟสถานะของหลอด LED 24V โดยแบ่งสีในการทำงานสีเขียวจะเป็นไฟสถานะของไฟฟ้ากระแสสลับ และสีแดงจะเป็นพลังงานฟ้ากระแสตรง โดยการดูรายละเอียดการทำงานจะต้องดูสถานะไฟทั้งไฟฟ้าเข้าระบบและสถานะไฟฟ้าที่จ่ายให้กับโหลดไฟฟ้า โดยฟังชันการควบคุมหลักจะแบ่งออกเป็น 2 ระบบระบบที่ 1 ควบคุมแบบ Manual system จะสามารถควบคุมจัดการพลังงานไฟฟ้าแหล่งจ่ายเข้าระบบ INPUT ได้ทั้งไฟฟ้ากระแสสลับและไฟฟ้ากระแสตรงร่วมไปถึงการควบคุมการจ่ายโหลดให้พลังงานไฟฟ้าได้ทั้งระบบไฟฟ้ากระแสสลับและไฟฟ้ากระแสตรง ระบบที่ 2.ระบบ Auto จะทำงานตามเงื่อนไขโปรแกรมที่ได้พัฒนาและตั้งค่า โดยจะจัดลำดับสำคัญของพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงมาเป็นอันดับ 1 และพลังงานไฟฟ้ากระแสลับเป็นพลังงานสำรอง ระบบจะย้ายไปทำงานพลังงานไฟฟ้าสลับก็ต่อเมื่อพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงมีแรงดันไฟฟ้าที่ไม่เสถียรตามโปรแกรมที่พัฒนาบนสมองกลฝังตัว

การออกแบบหลักการทำงานระบบบนสมองกลฝังตัว Raspberry Pi

การออกหลักการทำงานซอฟแวร์บนสมองกลฝังตัว Raspberry Pi

การพัฒนาระบบติดตามและควบคุมพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ โดยได้ออกแบบระบบการทำงาน โดย Raspberries PI ติดตั้งระบบปฏิบัติการ Raspbian Linux และติดตั้งโปรแกรม Node-red ในการติดตั้งโปรแกรมในการอ่านข้อมูล เซ็นเซอร์ตรวจวัดพลังงานไฟฟ้าผ่านโปรโทรคอล Modbus ในการอ่านข้อมูลพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงและพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ โดยการอ่านข้อมูลจะพัฒนาโปรแกรมชุดคำสั่งการส่งข้อมูลไปยังระบบอินเทอร์เน็ตแบบ Real-Time ไปยังคอมพิวเตอร์แม่ข่าย รวมถึงการจัดเก็บข้อมูลในระบบฐานข้อมูล Influx DB ทุก ๆ 5 นาที ดังภาพที่ 3.5



ภาพที่ 3.5 ภาพพัฒนาซอฟแวร์ Node-red บน Raspberry Pi

การอ่านข้อมูลเซ็นเซอร์ตรวจวัดพลังงานไฟฟ้า

การอ่านข้อมูลเซ็นเซอร์ตรวจวัดพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับใช้การสื่อสารแบบ Modbus RTU ผ่านพอร์ต RS485 โปรโตคอล Modbus RTU เป็นโปรโตคอลการสื่อสารแบบง่ายๆ ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในระบบอุตสาหกรรม โปรโตคอลนี้กำหนดรูปแบบข้อความสำหรับการส่งและรับข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ต่างๆ ในการกำหนดค่า Modbus RTU สำหรับการอ่านข้อมูลเซ็นเซอร์พลังงานไฟฟ้าต้องระบุพารามิเตอร์ต่อไปนี้:Slave ID: หมายเลขประจำตัวอุปกรณ์เซ็นเซอร์ Function Code: ฟังก์ชันโค้ดสำหรับการอ่านข้อมูล เช่น 0x03 (Read Holding Registers) หรือ 0x04 (Read Input Registers) Starting Address: ที่อยู่เริ่มต้นของข้อมูลที่ต้องการอ่าน Quantity of Registers: จำนวนรีจิสเตอร์ที่ต้องการอ่าน ตัวอย่างการอ่านข้อมูลสมมติว่าเซ็นเซอร์พลังงานไฟฟ้ามี Slave ID 1 และข้อมูลพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงถูกเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ 100 ถึง 102 โค้ด Modbus RTU สำหรับการอ่านข้อมูลพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง 2 รีจิสเตอร์คือ:01 03 100 02 00 00 01 0Fการถอดรหัสโค้ด Modbus RTU นี้มีดังนี้:

01: Slave ID (1)

03: Function Code (Read Holding Registers)

100: Starting Address (100)

02: Quantity of Registers (2)

00 00: CRC Checksum (คำนวณโดยอัตโนมัติ)

01: Byte Count (1)

0F: CRC Checksum (คำนวณโดยอัตโนมัติ)

การประมวลผลผลลัพธ์ เมื่อส่งโค้ด Modbus RTU ไปยังเซ็นเซอร์ เซ็นเซอร์จะตอบกลับด้วยข้อมูลพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง 2 รีจิสเตอร์ ข้อมูลนี้สามารถแปลงเป็นค่าพลังงานไฟฟ้าจริงได้โดยใช้สูตรการแปลงที่กำหนดโดยผู้ผลิตเซ็นเซอร์ตัวอย่างการแปลงค่าสมมติว่าเซ็นเซอร์พลังงานไฟฟ้าส่งกลับข้อมูล 0x000A 0x03E8 โค้ดนี้สามารถแปลงเป็นค่าพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง 10.24 โวลต์และ 1.56 แอมแปร์โดยใช้สูตรการแปลงที่กำหนดโดยผู้ผลิตเซ็นเซอร์Register Address, Description, และ Resolution สำหรับอุปกรณ์ PZEM-016 และ PZEM-017 ที่ใช้โปรโตคอล Modbus RTU:

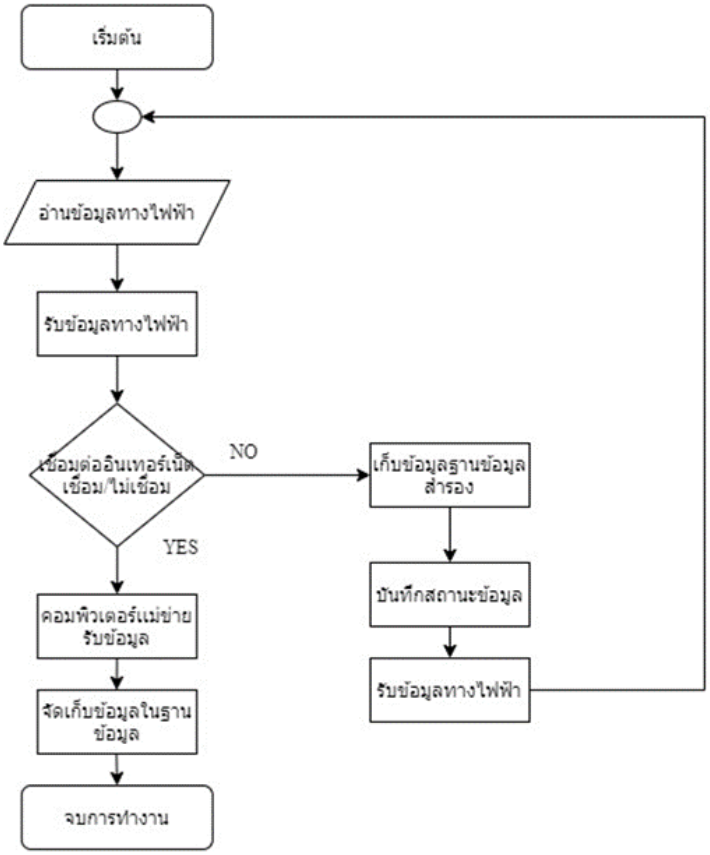
ตารางที่ 3.1 การอ่านข้อมูลไฟฟ้าเซ็นเซอร์ PZEM 016 และ PZEM 017

Register Address	Description	Resolution
0x0000	Voltage Value	1LSB = 0.1V
0x0001	Current Value LSB	1LSB = 0.001A
0x0002	Current Value MSB	16 Bit
0x0003	Power Value LSB	1LSB = 0.1W
0x0004	Power Value MSB	16 Bit
0x0005	Energy Value LSB	1LSB = 1Wh
0x0006	Energy Value MSB	16 Bit
0x0007	Frequency Value	1LSB = 0.1Hz
0x0008	Power Factor Value	1LSB = 0.01
0x0009	Alarm Status	0xFFFF = Alarm
		0x0000 = Not Alarm

โดย Resolution ระบุถึงวิธีการแปลงค่าที่ได้จาก Register ให้เป็นค่าที่เข้าใจได้ เช่น Voltage Value มี Resolution คือ 1LSB = 0.1V แสดงว่า 1 หน่วยของ Register Value เท่ากับ 0.1V ในการแปลงค่าเป็นแรงดัน (Voltage) ที่เข้าใจได้ในหน่วย Volt.

การออกแบบการเชื่อมต่อข้อมูลอินเทอร์เน็ตของราสเบอรี่พาย

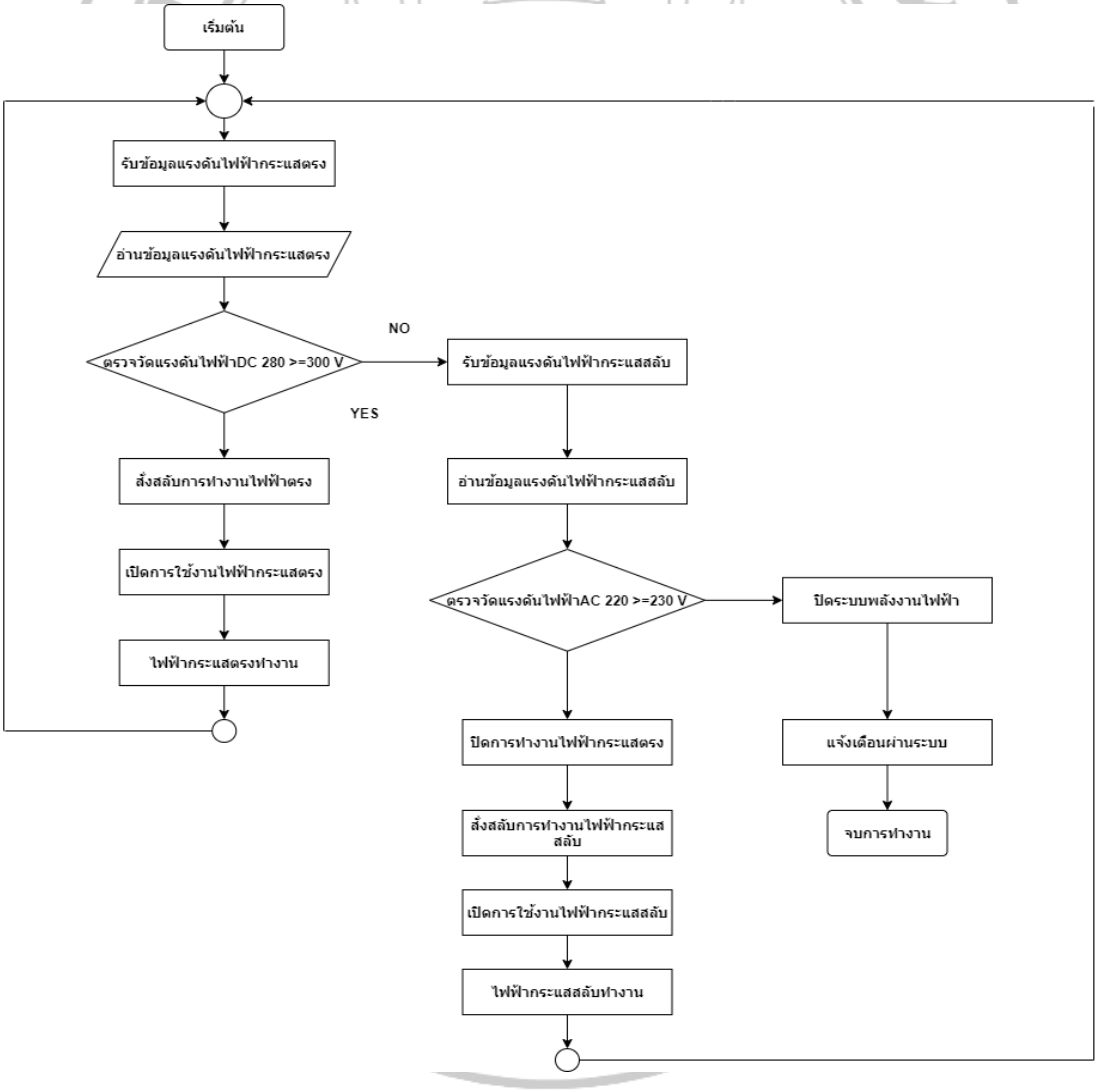
การเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตผ่านระบบเครือข่ายไร้สาย (Wi-Fi) โดยการเชื่อมต่อและส่งข้อมูลทางภาระทางไฟฟ้าและการควบคุมการทำงานของระบบไฟฟ้า โดยจะเริ่มจากราสเบอรี่พายอ่านค่าข้อมูลรับค่าทางไฟฟ้าจากชุดตรวจวัดระบบไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับกระแสสลับ เมื่ออ่านข้อมูลเสร็จเรียบร้อยจะทำการตรวจเช็คระบบอินเทอร์เน็ตหากมีการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตได้จะทำการส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์แม่ข่ายและจัดเก็บข้อมูลลงฐานข้อมูล แต่ถ้าไม่สามารถเชื่อมต่อระบบอินเทอร์เน็ตได้จะทำการเก็บบันทึกข้อมูลไว้ในหน่วยความจำสำรองโดยและกลับไปตรวจเช็คระบบอินเทอร์เน็ตจนกว่าจะเชื่อมต่อได้ เมื่อทำการเชื่อมต่อได้จะทำการย้ายข้อมูลจากหน่วยความจำสำรองส่งไปยังคอมพิวเตอร์แม่ข่าย ดังภาพที่ 3.6



ภาพที่ 3.6 การส่งข้อมูลและตรวจเช็คข้อมูลในกรณีไม่สามารถเชื่อมต่อระบบอินเทอร์เน็ต

การออกชุดคำสั่งการควบคุมพลังงานไฟฟ้าอัตโนมัติ

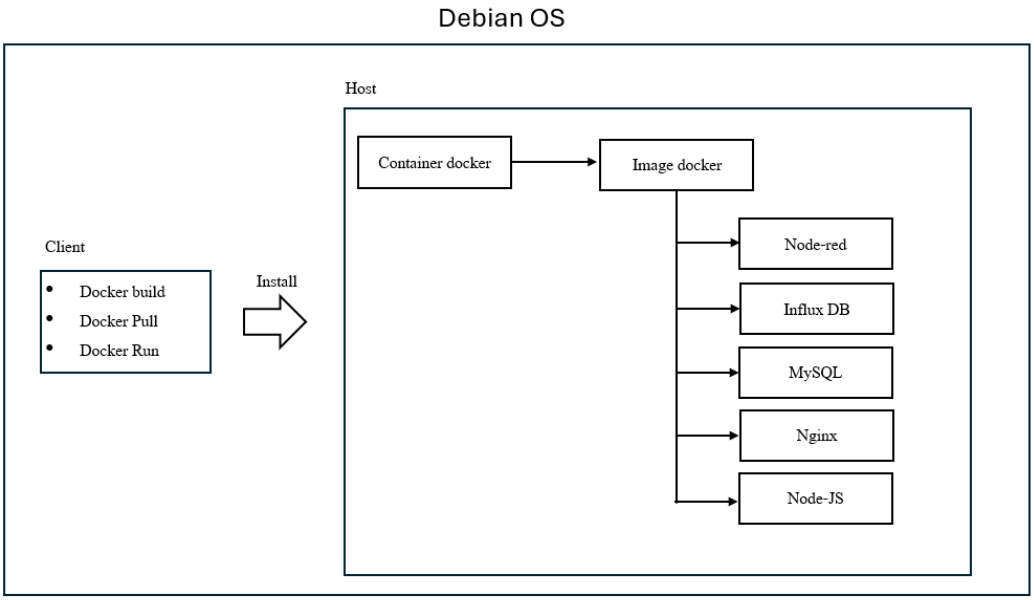
การออกชุดคำสั่งการควบคุมพลังงานไฟฟ้าอัตโนมัติ เริ่มต้นจากอ่านข้อมูลโมดูลเซ็นเซอร์ไฟฟ้าตรวจวัดข้อมูลแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงและอ่านข้อมูลแรงไฟฟ้ากระแสตรง เมื่อตรวจเช็คแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงถ้าเท่ากับ 280 V ถึง 300 V ทำการสั่งสลับการทำงานไฟฟ้ากระแสตรงและเปิดไฟฟ้ากระแสตรงทำงาน แต่ถ้าตรวจเช็คแรงดันไฟฟ้าไม่ถึงตามกำหนดจะทำงานอ่านข้อมูลพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับถ้าแรงดันไฟฟ้า 220 V ถึง 230 V จะทำการเปิดระบบพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ แต่ถ้าไม่แรงดันไฟฟ้าไม่ถึงตามกำหนดจะทำงานปิดระบบพลังงานไฟฟ้าทั้ง 2 ระบบ โดยการแจ้งเตือนผ่านระบบและจบการทำงาน ดังภาพที่ 3.7



ภาพที่ 3.7 ชุดคำสั่งการสลับการทำงานไฟฟ้า

การออกแบบหลักการทำงาน Docker บนสมองกลฝังตัวRaspberry Pi

การออกแบบหลักการทำงานโปรแกรม Docker ระบบควบคุมและติดตามการใช้พลังงานไฟฟ้ากระแสสลับบน Raspberry Pi มักประสบปัญหาการจัดการเวอร์ชันซอฟต์แวร์และความยุ่งยากในการติดตั้งและดูแลรักษา Docker Containers หลายตัว โครงการนี้มุ่งมั่นที่จะออกแบบระบบที่ใช้งาน Docker บน Raspberry Pi เพื่อจัดการเวอร์ชันซอฟต์แวร์และเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานโดยใช้ Image Docker สำหรับระบบฐานข้อมูล Influx DB และ MySQL ในการจัดเก็บข้อมูลพลังงานไฟฟ้าสำหรับบ้านอัจฉริยะและใช้โปรแกรม Node-RED ในการอ่านข้อมูลพลังงานไฟฟ้าจาก Modbus Protocol ในการอ่านข้อมูลพลังงานไฟฟ้าและส่งข้อมูลขึ้นคอมพิวเตอร์แม่ข่ายต่อไปดังภาพที่ 3.8



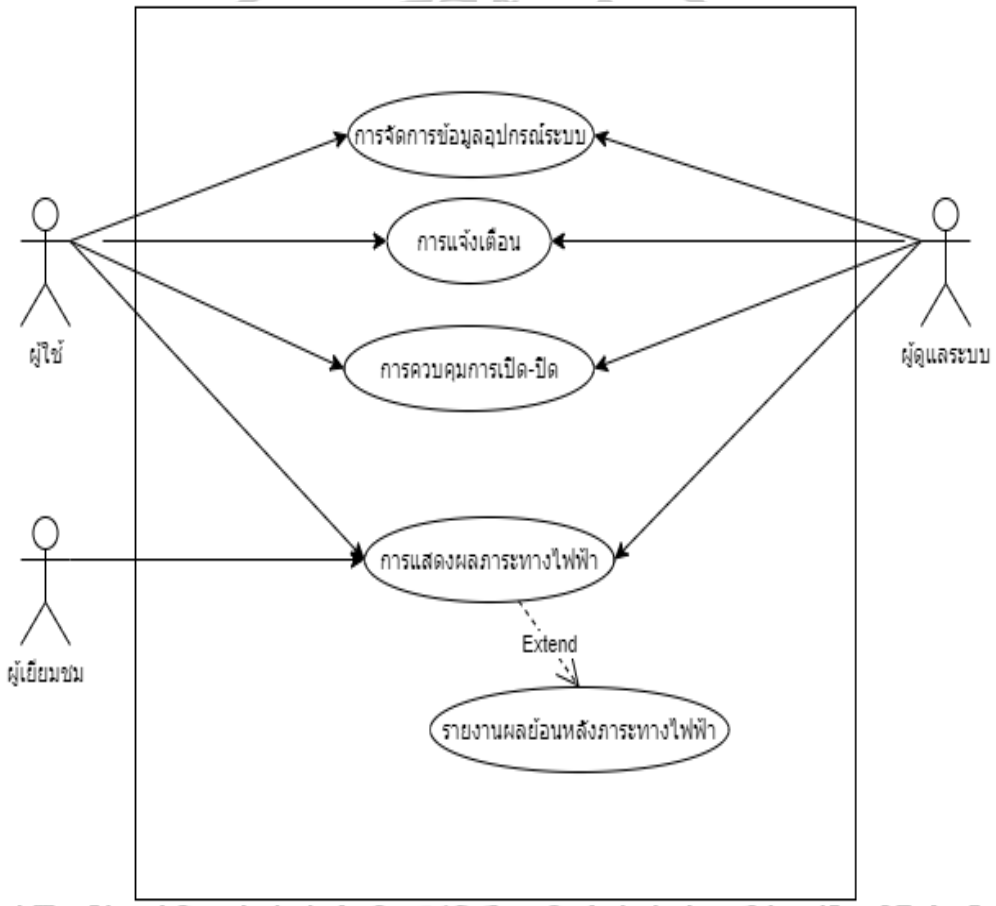
ภาพที่ 3.8 การออกแบบหลักการทำงาน Docker บนสมองกลฝังตัว Raspberry Pi

พัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน

ออกแบบแผนภาพการทำงาน (Use case diagram)

สำหรับเว็บแอปพลิเคชันระบบติดตามและควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับกระแสสลับสำหรับบ้านอัจฉริยะ การออกแบบพัฒนาภาพการทำงานในส่วนของการทำงานบนแอปพลิเคชันของระบบติดตามและควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับกระแสสลับสำหรับบ้านอัจฉริยะ โดยการออกแบบจะใช้กระบวนการออกแบบ (Use case) มาเพื่อในการแสดงการทำงานของผู้ที่เกี่ยวข้องการใช้งานระบบ ร่วมไปถึงฟังชันก์การทำงานของระบบการจัดการข้อมูลอุปกรณ์

ตรวจวัดและควบคุมไฟฟ้า,การแจ้งเตือน,การควบคุมการเปิด-ปิด,การแสดงผลภาระทางไฟฟ้า และรายงานผลย้อนหลังโดยออกแบบให้ผู้ใช้สามารถใช้งานฟังชันก์การแจ้งเตือน การแสดงผลภาระทางไฟฟ้า และรายงานภาระทางไฟฟ้าผลย้อนหลัง



ภาพที่ 3.9 การทำงานของผู้ใช้ระบบและความสัมพันธ์

ตารางที่ 3.2 การจัดการอุปกรณ์ตรวจวัดและควบคุมไฟฟ้า

เว็บแอปพลิเคชันติดตามและควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับกระแสสลับสำหรับบ้านอัจฉริยะ		
Use Case ID	1	
Use Case Name	การจัดการอุปกรณ์ตรวจวัดและควบคุมไฟฟ้า	
Actor	ผู้ใช้ระบบ,ผู้ดูแลระบบ	
Purpose	ผู้ใช้และผู้ดูแลระบบ สามารถทำการเพิ่ม ลบ แก้ไขข้อมูลผู้ใช้งานระบบ	
Level	Primary Use Case	
Pre-conditions	เมื่อต้องการจัดการข้อมูลผู้ใช้	
Post conditions	-	
Main Flows	Actor	System
	1. Use Case จะเริ่มก็ต่อเมื่อทำการจัดการข้อมูลอุปกรณ์ระบบ 2. จัดการข้อมูลผู้ใช้ เพิ่ม ลบ แก้ไขข้อมูล 3. ยืนยันการเพิ่ม ลบ แก้ไขข้อมูล	1.ระบบจัดการข้อมูลในฐานข้อมูล เพิ่ม ลบ แก้ไข 2. แสดงสถานะ การเพิ่ม ลบ แก้ไข สำเร็จ
Alternate Condition	-	

ตารางที่ 3.2 การจัดการอุปกรณ์ตรวจวัดและควบคุมไฟฟ้าผู้ดูแลระบบเริ่มต้นในการจัดการข้อมูลผู้ใช้ ในการเพิ่ม ลบ แก้ไขข้อมูลผู้ใช้ระบบเมื่อทำการจัดการข้อมูลผู้ใช้โดยยืนยันในการจัดการ ระบบจะทำการจัดการข้อมูลของผู้ใช้ตามผู้ดูแลระบบจัดการ และแสดงสถานะการทำงาน

ตารางที่ 3.3 การแจ้งเตือนข้อมูลสถานะข้อมูล

เว็บแอปพลิเคชันติดตามและควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับกระแสสลับสำหรับบ้านอัจฉริยะ		
Use Case ID	2	
Use Case Name	การแจ้งเตือน	
Actor	ผู้ใช้ระบบ, ผู้ดูแลระบบ	
Purpose	เมื่อมีสถานะข้อมูลที่แจ้งเตือน	
Level	Primary Use Case	
Pre-conditions	เมื่อเกิดเหตุการณ์ที่กำหนดการแจ้งเตือน	
Post conditions	-	
Main Flows	Actor	System
	1. Use Case เมื่อระบบแจ้งเตือนข้อมูลสถานะต่าง ๆ	1.ระบบทำการตรวจเช็คเงื่อนไขข้อมูล 2. เมื่อเกิดเหตุการณ์ตามเงื่อนไขจะทำการแจ้งเตือนผ่านทางผู้ใช้
Alternate Condition	-	

จากตารางที่ 3.3 การแจ้งเตือนระบบจะทำการตรวจเช็คเงื่อนไขข้อมูลในการเชื่อมต่ออุปกรณ์ การส่งข้อมูลหรือการบันทึกข้อมูล เมื่อตรวจเช็คเป็นไปตามเงื่อนไขที่ได้ระบุไว้จะทำการแจ้งเตือนผ่านหน้าจอเว็บแอปพลิเคชัน ให้กับผู้ใช้และผู้ดูแลระบบ

ตารางที่ 3.4 การควบคุมการเปิด-ปิดการทำงานระบบไฟฟ้า

เว็บแอปพลิเคชันติดตามและควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับกระแสสลับสำหรับบ้านอัจฉริยะ		
Use Case ID	3	
Use Case Name	การควบคุมการเปิด-ปิด	
Actor	ผู้ดูแลระบบ,ผู้ใช้ระบบ	
Purpose	ควบคุมการเปิด-ปิดไฟฟ้า	
Level	Primary Use Case	
Pre-conditions	เมื่อต้องการควบคุมการเปิด-ปิดไฟฟ้า	
Post conditions	-	
Main Flows	Actor	System
	1. Use Case เมื่อต้องการเปิด-ปิดระบบไฟฟ้ากระแสตรงหรือกระแสสลับ 2. เปิดหน้าจอเว็บการควบคุมการเปิด-ปิดระบบ 3. กดปุ่มเปิด-ปิดทำงาน	1.ระบบทำการรับข้อมูลการเปิด-ปิด 2.ระบบสั่งควบคุมการทำงานผ่านอินเทอร์เน็ตโดยการส่งข้อมูลให้กับราสเบอรี่พาย
Alternate Condition	-	

จากตารางที่ 3.4 การควบคุมการเปิด-ปิด เมื่อต้องการเปิด-ปิดระบบไฟฟ้ากระแสตรงหรือกระแสสลับ ผู้ใช้และผู้ดูแลระบบจะทำการเปิดหน้าจอเว็บการควบคุมการเปิด-ปิดระบบ กดปุ่มการเปิด-ปิดทำงาน ระบบจะทำการรับข้อมูลการเปิด-ปิดจากผู้ดูและระบบ ระบบจะสั่งควบคุมการทำงานผ่านอินเทอร์เน็ตโดยการส่งข้อมูลให้กับราสเบอรี่พาย

ตารางที่ 3.5 การแสดงผลข้อมูลทางภาระทางไฟฟ้า

เว็บแอปพลิเคชันติดตามและควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับกระแสสลับสำหรับบ้านอัจฉริยะ		
Use Case ID	4	
Use Case Name	การแสดงผลข้อมูลทางไฟฟ้า	
Actor	ผู้ใช้ ,ผู้ดูและระบบ,ผู้เยี่ยมเยือน	
Purpose	แสดงผลข้อมูลภาระทางไฟฟ้า	
Level	Primary Use Case	
Pre-conditions	เมื่อต้องการดูข้อมูลภาระทางไฟฟ้า	
Post conditions	-	
Main Flows	Actor	System
	1. Use Case เมื่อต้องการดูข้อมูลการแสดงผลข้อมูลภาระทางไฟฟ้า 2. เปิดเมนูการแสดงผลข้อมูลภาระทางไฟฟ้า	1. ระบบร้องขอข้อมูลจากฐานข้อมูล 2. ฐานข้อมูลส่งข้อมูลผ่านเว็บแอปพลิเคชัน 3. เว็บแอปพลิเคชันทำการแสดงผล
Alternate Condition	-	

จากตารางที่ 3.5 การแสดงผลข้อมูลทางภาระทางไฟฟ้า การแสดงข้อมูลภาระทางไฟฟ้า จะทำการเปิดเมนูการแสดงผลข้อมูลภาระทางไฟฟ้า ระบบจะทำการร้องข้อมูลจากฐานข้อมูล ฐานข้อมูลจะทำการส่งข้อมูลให้เว็บแอปพลิชัน และทำการแสดงผลข้อมูล

ตารางที่ 3.6 รายงานผลย้อนหลังข้อมูลภาระทางไฟฟ้า

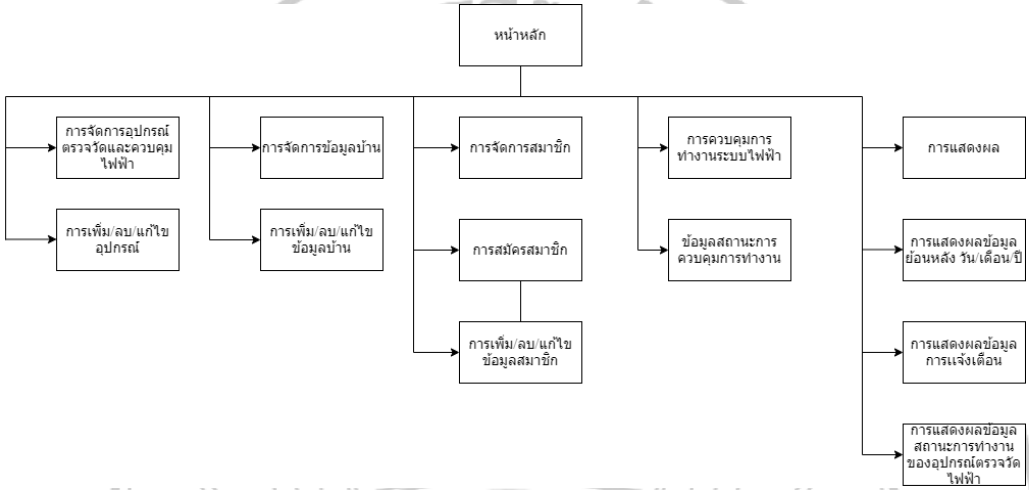
เว็บแอปพลิเคชันติดตามและควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับกระแสสลับสำหรับบ้านอัจฉริยะ		
Use Case ID	5	
Use Case Name	รายงานผลย้อนหลังข้อมูลภาระทางไฟฟ้า	
Actor	ผู้ใช้และผู้ดูแลระบบ	
Purpose	แสดงรายงานผลย้อนหลังข้อมูลภาระทางไฟฟ้า	
Level		
Pre-conditions	เมื่อต้องการแสดงรายงานผลย้อนหลังข้อมูลภาระทางไฟฟ้า	
Post conditions	-	
Main Flows	Actor	System
	1. Use Case เมื่อต้องการดูข้อมูลรายงานผลย้อนหลังข้อมูลภาระทางไฟฟ้า 2. เปิดเมนูการแสดงผลข้อมูลย้อนหลังภาระทางไฟฟ้า	1. ระบบร้องขอข้อมูลจากฐานข้อมูล 2. ฐานข้อมูลส่งข้อมูลผ่านเว็บแอปพลิเคชัน 3. เว็บแอปพลิเคชันทำการแสดงผลย้อนหลังข้อมูลภาระทางไฟฟ้า
Alternate Condition	-	

ตารางที่ 3.6 รายงานผลย้อนหลังข้อมูลภาระทางไฟฟ้า การแสดงผลข้อมูลย้อนหลังจะทำเข้าเมนูการแสดงผลข้อมูลย้อนหลังภาระทางไฟฟ้า ระบบจะทำการร้องขอข้อมูลจากฐานข้อมูลฐานข้อมูลจะทำการส่งส่งข้อมูลผ่านเว็บแอปพลิเคชัน เว็บแอปพลิเคชันจะแสดงผลข้อมูลและสามารถ Download ข้อมูลย้อนหลังได้ผ่านเว็บแอปพลิเคชัน

ออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้

สำหรับการออกแบบหน้าจอการแสดงผลของระบบ ออกแบบเพื่อให้เว็บแอปพลิเคชันสามารถใช้งานที่ง่ายและสวยงามที่เป็นมิตรต่อผู้ใช้ การออกแบบพัฒนาส่วนติดต่อผู้ใช้เป็นการออกแบบโดยการใช้หลักการออกแบบเพื่อให้เว็บแอปพลิเคชันสามารถใช้งานที่ง่ายและสวยงามที่เป็นมิตรต่อผู้ใช้ (User Xperience, User Interface) เนื่องจากการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้จึงเป็นส่วนสำคัญต่อการพัฒนาระบบนอกจากนี้การออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ที่ดีจะช่วยให้พัฒนาเว็บแอป

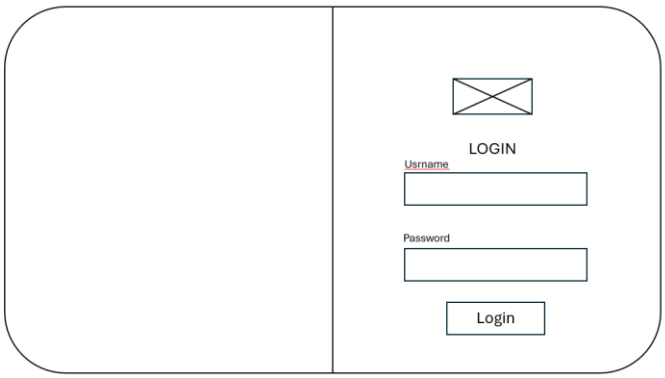
พลิเคชันได้อย่างมีแบบแผนในการจัดการข้อมูลต่าง ๆ ทำให้ระบบที่มีความซับซ้อนและยากต่อการใช้งานของผู้ใช้ทั่วไป สามารถให้ผู้ใช้ทั่วไปทำงานได้ง่ายขึ้น โดยการออกแบบได้ออกแบบผังการพัฒนาส่วนติดต่อผู้ใช้ดังรูปต่อไปนี้



ภาพที่ 3.10 ภาพออกแบบภาพรวมหน้าจอการแสดงผล

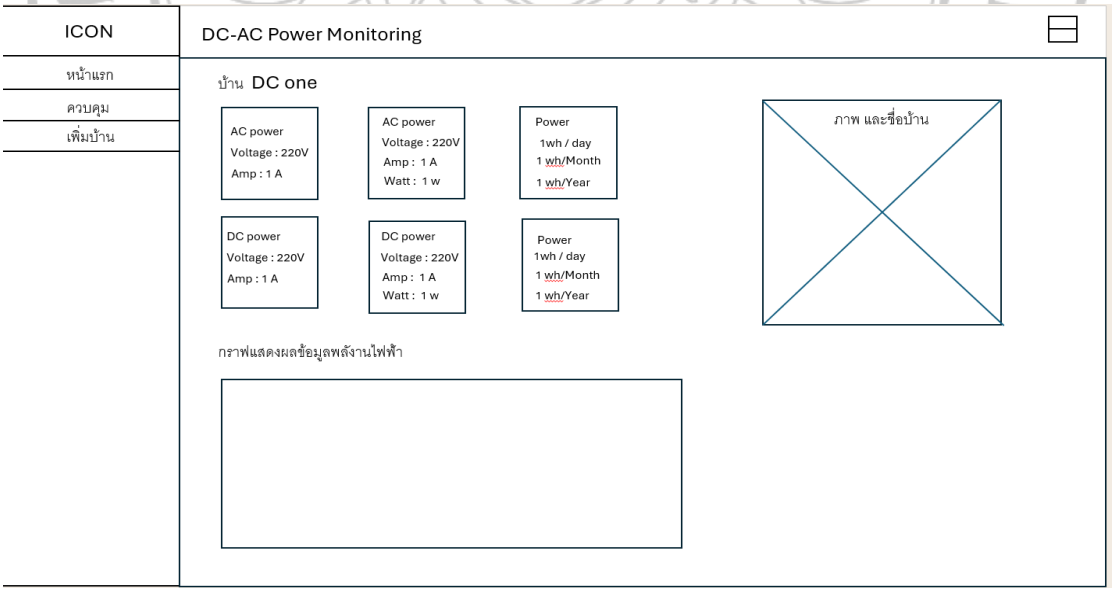
ในการออกส่วนแสดงผล ระบบติดตามและควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ ในการออกแบบจะใช้การออกแบบการแสดงผลในรูปแบบการโครงสร้างของหน้าเว็บแอปพลิเคชัน (Wireframe) เพื่อทำการวางแผนการจัดวางและออกแบบการแสดงผล การนำเข้าข้อมูลและการทำงานของระบบเว็บแอปพลิเคชัน โดยการออกแบบเว็บแอปพลิเคชันจะออกแบบดังนี้

1. การเข้าสู่ระบบการทำงานเว็บแอปพลิเคชัน ในการออกแบบเว็บแอปพลิเคชันในการเข้าสู่ระบบการทำงานเว็บแอปพลิเคชันเกี่ยวกับการจัดการกระบวนการ Login โดยผู้ใช้จะต้องกรอกข้อมูล Username และ Password เพื่อเข้าสู่ระบบ ดังภาพที่ 3.11



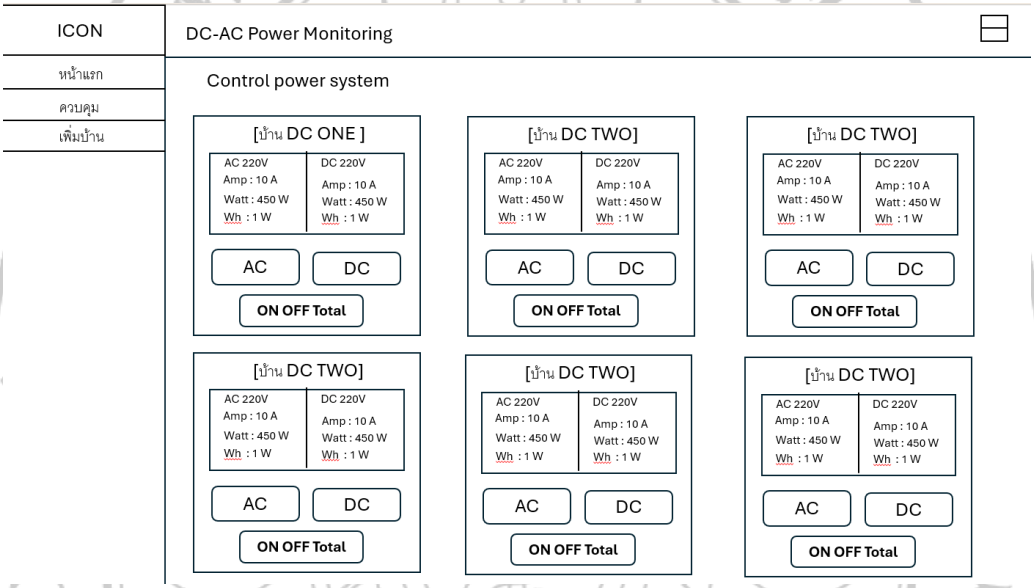
ภาพที่ 3.11 การเข้าใช้งานระบบการทำงานเว็บแอปพลิเคชัน

2. การแสดงผลหน้าจอหลัก (Dashboard) การออกแบบเว็บแอปพลิเคชันการแสดงผลหน้าจอหลักจะมีการออกแบบในการแสดงผลข้อมูล Real – Time พลังงานไฟฟ้ากระแสตรงและพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ โดยจะแสดงผลค่าภาระทางไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า, ค่ากระแสไฟฟ้า, ค่าพลังงานไฟฟ้า, และค่าพลังงานไฟฟ้าสะสม และมีการแสดงผลรูปภาพของบ้านอัจฉริยะเพื่อความสวยงามและความเข้าใจของระบบ ร่วมไปถึงการแสดงค่าข้อมูลพลังงานไฟฟ้าในรูปแบบกราฟแสดงผลดังภาพต่อไปนี้ ภาพที่ 3.12



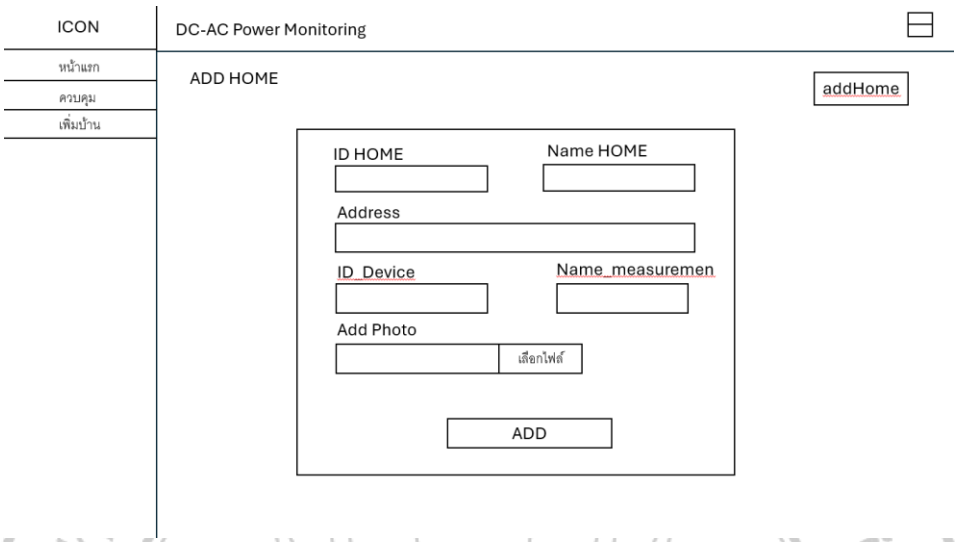
ภาพที่ 3.12 การแสดงผลข้อมูลหลักเว็บแอปพลิเคชัน

3. การแสดงผลและการควบคุมระบบพลังงานไฟฟ้า การออกแบบเว็บแอปพลิเคชันการแสดงผลและการควบคุมพลังงานไฟฟ้า จะออกแบบให้สามารถเห็นข้อมูลค่าพลังงานไฟฟ้าในแต่ละบ้านและข้อมูลพลังงานไฟฟ้าในรูปแบบ Real-Time เพื่อให้สามารถใช้ข้อมูลในการตัดสินใจในการควบคุมการเปิด-ปิดของระบบไฟฟ้ากระแสสลับและพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงและการออกแบบได้ใส่การควบคุมแบบปิดระบบการทำงานทั้งหมดเพื่อให้สามารถควบคุมการทำงานแบบครบวงจนในระบบบ้านอัจฉริยะ ดังภาพที่ 3.13



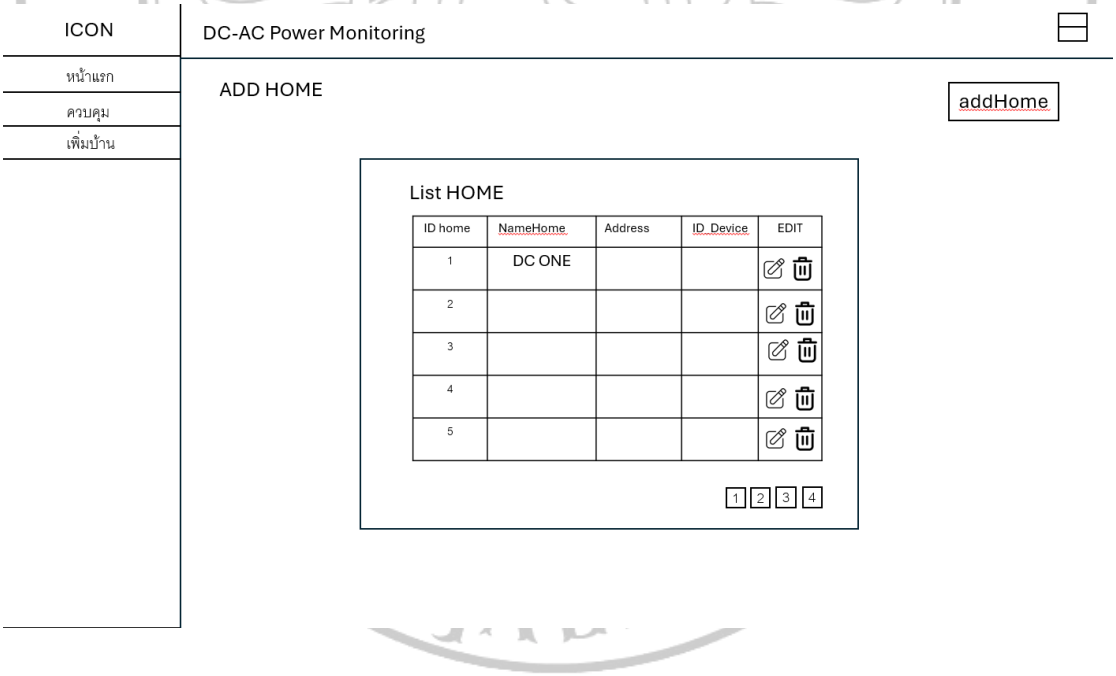
ภาพที่ 3.13 การแสดงผลและการควบคุมระบบพลังงานไฟฟ้า

4. ระบบเพิ่มข้อมูลบ้านอัจฉริยะ การออกแบบการเพิ่มข้อมูลบ้านอัจฉริยะได้ออกแบบการเพิ่มข้อมูลโดยการเพิ่มข้อมูลบ้านอัจฉริยะ จะต้องกรอกข้อมูลรหัสบ้าน ชื่อบ้าน และที่อยู่ของบ้าน เมื่อกรอกข้อมูลในส่วนของบ้านแล้วต้องกรอกข้อมูลในส่วนของอุปกรณ์ และชื่ออุปกรณ์ เมื่อกรอกข้อมูลเสร็จสิ้น เลือกไฟล์ในการอัพโหลดรูปภาพในการแสดงผล ดังภาพต่อไปนี้ 3.14



ภาพที่ 3.14 การเพิ่มข้อมูลบ้านบนระบบ

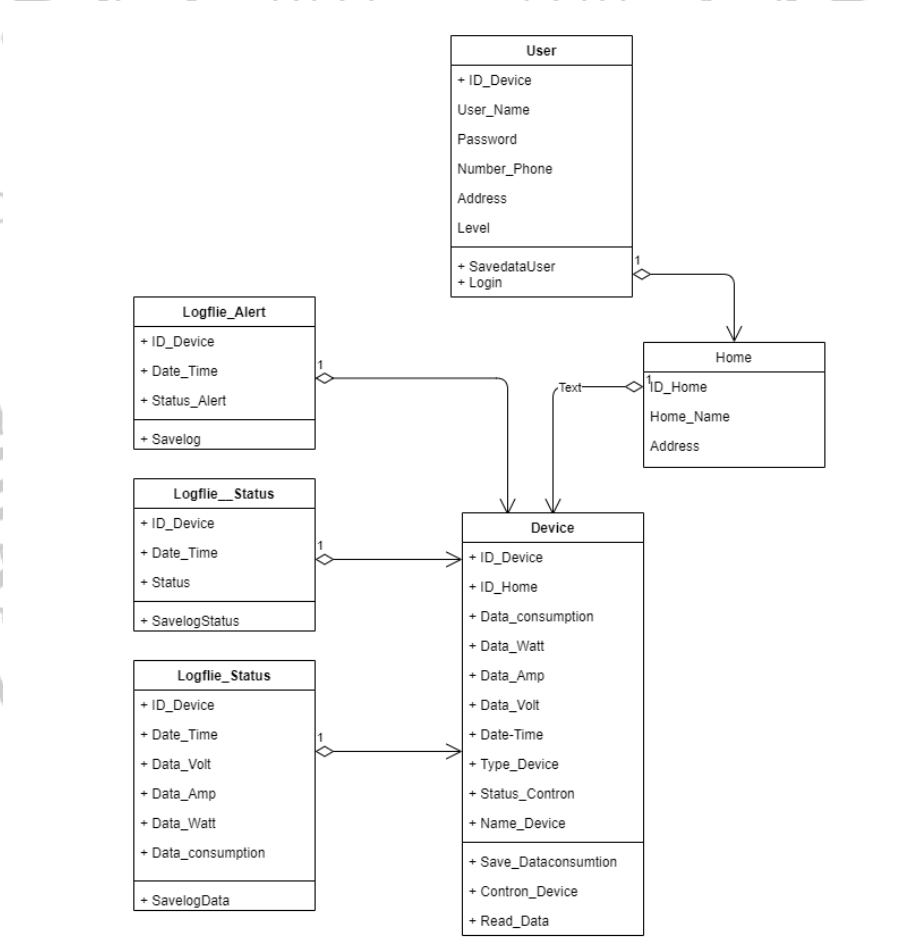
5. การแก้ไขข้อมูลและการ list ข้อมูลบ้านอัจฉริยะ การออกแบบในส่วนของหน้าเว็บไซค์จะออกแบบให้สามารถดูการแสดงผลรายการข้อมูลบ้านจากระบบฐานข้อมูล โดยระบบสามารถจัดการแก้ไขและลบข้อมูลบ้านออกได้ดังภาพที่ 3.15



ภาพที่ 3.15 การแก้ไขข้อมูลและการ list ข้อมูลบ้านอัจฉริยะ

ออกแบบโครงสร้างของฐานข้อมูล

โดยการออกแบบใช้แผนภาพแบบจำลองโครงสร้างของฐานข้อมูล เพื่อให้ฐานข้อมูลรองรับการทำงานที่ยืดหยุ่นต่อการใช้งานในอนาคต การออกแบบพัฒนาโครงสร้างฐานข้อมูลสำหรับติดตามและควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับกระแสสลับ โดยการออกแบบจะใช้กระบวนการออกแบบ (Class Diagram) เพื่อหาความสัมพันธ์ของข้อมูลและกิจกรรมของข้อมูลของระบบโดยข้อมูลจะแบ่งออกเป็นโมดูลเรียกว่า ข้อมูลผู้ใช้ ข้อมูลบ้าน ข้อมูลอุปกรณ์ตรวจวัดและควบคุมไฟฟ้า ข้อมูลเก็บสถานะทำงาน ข้อมูลการแจ้งเตือนการทำงาน และข้อมูลสำรอง (สำหรับกรณีไม่สามารถส่งข้อมูลได้) โดยแต่ละโมดูลจะมีกิจกรรมของข้อมูล เช่น ข้อมูลผู้ใช้ จะสามารถเข้าสู่ระบบ สามารถบันทึก/แก้ไข/ลบข้อมูลผู้ใช้ได้ เป็นต้น



ภาพที่ 3.16 การออกแบบระบบฐานข้อมูล

พัฒนาฐานข้อมูลเว็บแอปพลิเคชัน

การพัฒนาฐานข้อมูลเว็บแอปพลิเคชันสำหรับการแสดงผลและควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับกระแสสลับสำหรับบ้านอัจฉริยะสามารถทำได้โดยใช้ฐานข้อมูลที่เหมาะสมกับความต้องการของแอปพลิเคชัน ดังนี้

การเก็บข้อมูลภาระไฟฟ้าโดยใช้ NoSQL Database: การใช้ฐานข้อมูล NoSQL สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดเก็บข้อมูลภาระไฟฟ้าได้ โดยเฉพาะเมื่อมีปริมาณข้อมูลมากและโครงสร้างของข้อมูลไม่มีความซับซ้อน ฐานข้อมูล NoSQL ช่วยให้สามารถจัดเก็บข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการค้นหาข้อมูลได้ด้วยวิธีการที่ไม่จำเป็นต้องใช้โครงสร้างที่ซับซ้อน

การจัดการข้อมูลอุปกรณ์ ข้อมูลผู้ใช้ หรือไอดีรหัสโดยใช้ MySQL: MySQL เป็นฐานข้อมูลโครงสร้างที่เหมาะสำหรับการจัดการข้อมูลที่มีโครงสร้างและทำงานร่วมกับแอปพลิเคชันบ้านอัจฉริยะ โดยเฉพาะเมื่อมีการจัดการข้อมูลอุปกรณ์ ข้อมูลผู้ใช้ หรือไอดีรหัสต่าง ๆ ซึ่งต้องการความเป็นระเบียบและความชัดเจนในโครงสร้างข้อมูล เช่น การจัดเก็บข้อมูลของอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกับระบบบ้านอัจฉริยะ เช่น หลอดไฟ, เครื่องปรับอากาศ, หรือระบบรักษาความปลอดภัย

ทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเว็บแอปพลิเคชันและระบบฐานข้อมูล

โดยการทดสอบการแสดงผล การควบคุมผ่านเว็บแอปพลิเคชันและการบักทึกข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของระบบฐานข้อมูล โดยการทดสอบการทำงานแบบกล่องดำเพื่อทำการทดสอบระบบการทำงาน และทดสอบการประเมินการทำงานของเว็บแอปพลิเคชันและฐานข้อมูลจากผู้ใช้ การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเว็บแอปพลิเคชันและระบบฐานข้อมูล การแสดงผลการควบคุมผ่านเว็บแอปพลิเคชันและการบักทึกข้อมูลการใช้ไฟฟ้า โดยการออกแบบการทดสอบประสิทธิภาพ ดังนี้

1. การทดสอบแบบกล่องดำ

โดยการทดสอบจะทำการสอบการทำงานของเว็บแอปพลิเคชัน ทุกฟังชันก์ โดยการนำข้อมูลที่จะทดสอบแทนค่าไปในระบบฐานข้อมูลเพื่อดูความถูกต้องในการแสดงผลการควบคุมผ่านเว็บแอปพลิเคชัน การบักทึกข้อมูลภาระทางไฟฟ้า

2. การทดสอบประสิทธิภาพ

โดยการทำแบบสอบถามการประเมิณความสามารถในการใช้งานของเว็บแอปพลิเคชันและฐานข้อมูล โดยการนำผู้ที่มีส่วนร่วมเกี่ยวกับการทำงานของระบบ มาประเมิณในด้านความสวยงามและสะดวกในการใช้งาน การจัดการข้อมูลในเว็บแอปพลิเคชัน การบักทึกข้อมูลภาระทางไฟฟ้า การแสดงผลต่อผู้ใช้

บทที่ 4

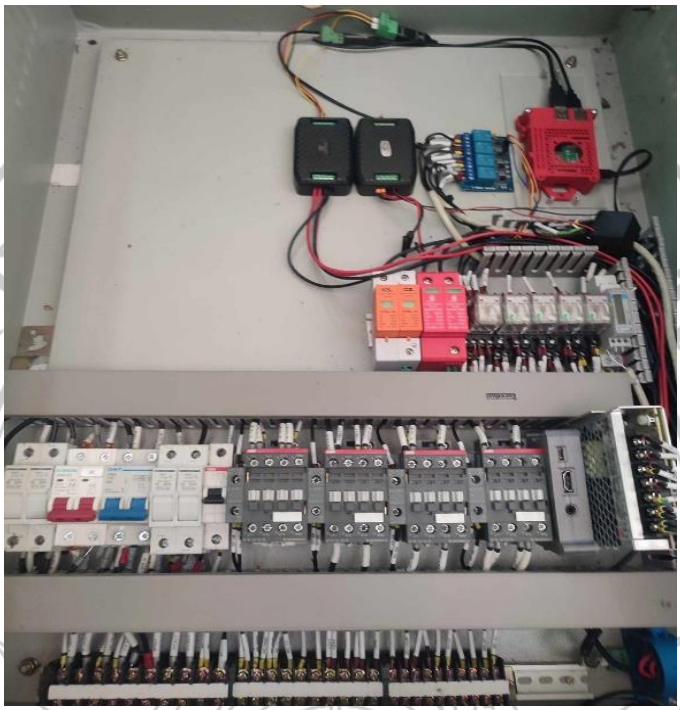
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ระบบติดตามและควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับบ้านอัจฉริยะ เป็นระบบที่มีความสำคัญต่อการจัดการพลังงานในบ้านอย่างมีประสิทธิภาพ โดยระบบนี้สามารถติดตามการใช้พลังงานทั้งไฟฟ้ากระแสตรง (DC) และไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ควบคุมสลับการทำงานระบบไฟฟ้า การการจัดการพลังงาน และการจัดการจ่ายพลังงานให้กับไฟฟ้ากระแสสลับและไฟฟ้ากระแสตรงให้กับบ้านอัจฉริยะ การดำเนินการได้แบ่งการพัฒนาระบบออกเป็น 2 ส่วน 1. การพัฒนาฮาร์ดแวร์สำหรับระบบติดตามและควบคุม 2.การพัฒนาระบบซอฟแวร์ในการติดตามและควบคุมการทำงาน ดังนั้นการทำให้ระบบติดตามและควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับบ้านอัจฉริยะ ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพและมีความปลอยภัยต่อการใช้งาน ได้ทำการทดสอบหาความผิดพลาดของระบบ โดยรายละเอียดการพัฒนาและการทดสอบระบบนั้นสามารถอธิบายได้ตามหัวข้อต่อไปนี้

ผลการออกแบบพัฒนาระบบฮาร์ดแวร์

การออกแบบระบบ Hardware สำหรับบ้านอัจฉริยะที่ติดตามและควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงและสลับมีความซับซ้อนและครอบคลุมหลากหลายตามความต้องการของผู้ใช้ ซึ่งรวมถึงการควบคุมการควบคุมการทำงานของระบบไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับบ้านอัฉริยะ ได้ทำการออกแบบการออกแบบ Single Line Diagram เพื่อให้สามารถทำความเข้าใจกับระบบและลดความซับซ้อนของการเชื่อมต่อกันของอุปกรณ์ไฟฟ้า เพื่อให้เกิดการลดการผิดพลาดในการออกแบบที่จะส่งผลต่อการทำงานและความปลอยภัยในการใช้งานระบบ โดยรายละเอียดการออกแบบ Single Line Diagram ได้นำอุปกรณ์มาเชื่อมต่อและติดตั้งลงกล่องควบคุมโดยใช้ตู้ไฟสวิทซ์บอร์ด แบบไม่มีหลังคาในการจัดวางอุปกรณ์ โดยการนำอุปกรณ์ตรวจวัดวัดพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ PZEM 017 และ PZEM 016 ติดตั้ง เข้ากับระบบบควบคุม Relay switch 4CH 5V ทีทำงานร่วมกับ MY4-GS Miniature Power Relays กับ AF16-30-10-13 - ABB Magnetic Switch ในการควบคุมการทำงานระบบ ร่วมไปถึงอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ทำหน้าที่

ดูแลและควบคุมการทำงานของระบบไฟฟ้า เช่น สวิตช์ไฟฟ้า Circuit Breake และ Surge Protector กันฟ้าผ่าน และฟิวส์ (Fuse) ดังภาพที่ 4.1

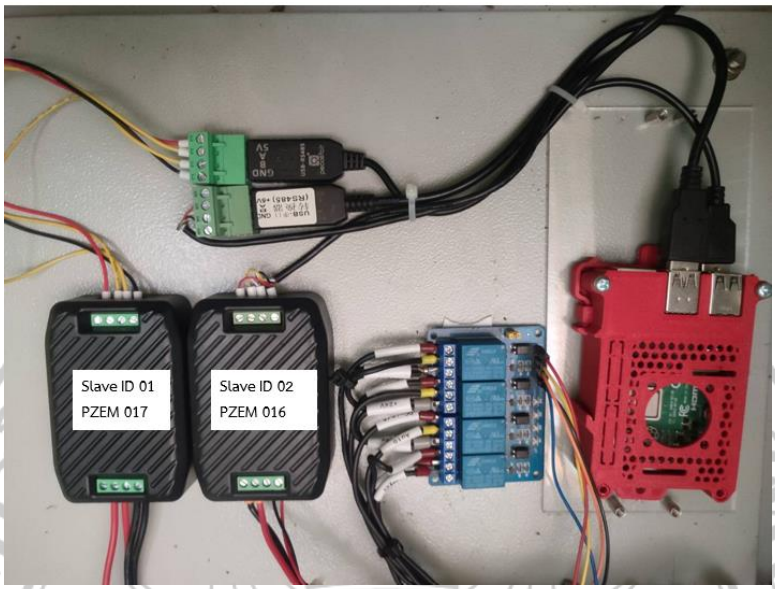


ภาพที่ 4.1 ฮาร์ดแวร์ระบบติดตามและควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับ

การเชื่อมต่อการทำงานของระบบฮาร์ดแวร์โดยรายละเอียดการทำงานของฮาร์ดแวร์จะแบ่งการทำงานออกเป็น 3 ส่วนด้วยกันเพื่อลดความซับซ้อนจากการออกแบบ Single Line Diagram ในภาพใหญ่ โดยมีรายละเอียดดังนี้

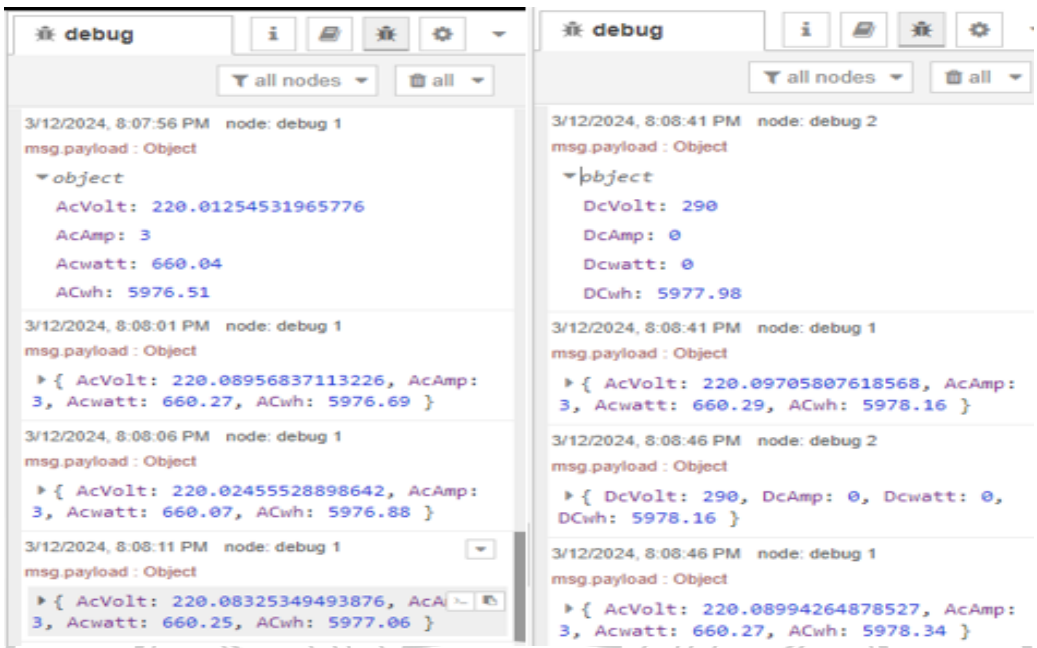
ผลการการออกแบบการอ่านข้อมูลจากโมดูลเซ็นเซอร์ตรวจวัดพลังงาน

การอ่านข้อมูลจากโมดูลเซ็นเซอร์ตรวจวัดพลังงาน โดยใช้สมองกลฝังตัว Raspberry Pi ในการอ่านค่าพลังงานไฟฟ้าจากเซ็นเซอร์ตรวจวัดพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง PZEM 017 และ เซ็นเซอร์ตรวจวัดพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ PZEM 016 โดยการอ่านค่า Modbus Protocol ในการอ่านค่าพลังงานไฟฟ้า โดยการเชื่อมต่อ PIN เซ็นเซอร์ตรวจวัด Pin ในการส่งสัญญาน A,B และ A,B ของ USB RS485 TTL ในการอ่านข้อมูลพลังงานไฟฟ้า โดยจะทำการร้องข้อมูลพลังงานไฟฟ้าจากการระบุ Slave ID ของอุปกรณ์เซ็นเซอร์ตรวจวัดและร้องข้อมูลพลังงานไฟฟ้า ในงานวิจัยนี้จะตั้ง Slave ID มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเป็น ID 01 และ มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ เป็น ID O2 ดังภาพที่ 4.2

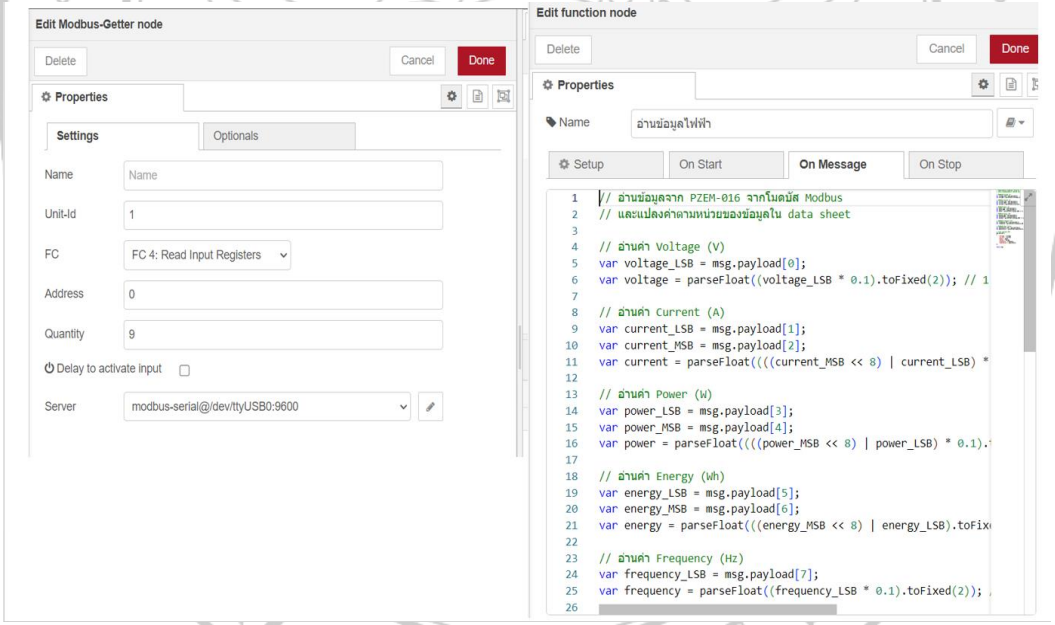


ภาพที่ 4.2 การเชื่อมต่อเซ็นเซอร์ตรวจวัดพลังงานกับสมองกลฝังตัว Raspberry Pi

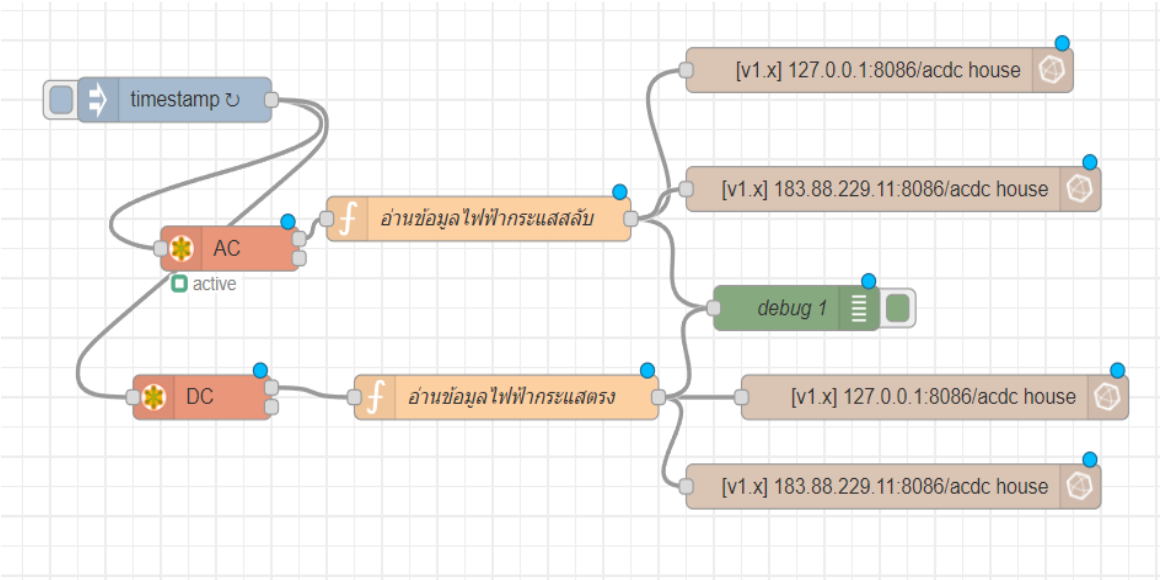
การอ่านข้อมูลพลังงานไฟฟ้าจะใช้โปรแกรม Node – RED ในการติดตั้ง Library Modbus ในการอ่านข้อมูลพลังงานไฟฟ้าโดยจะเขียนโปรแกรมในการตรวจวัดค่าพลังงานไฟฟ้าในการอ่านค่าจะใช้ TIME ในการตั้งค่า inject node ในการทำงาน Intverl 5 วินาที และใช้ Tool Modbus Getter ในการตั้งค่าการอ่านข้อมูล Slave ID และข้อมูลการร้องขอจากเซ็นเซอร์ตรวจวัด จะผลข้อมูลพลังงานไฟฟ้ามาเข้าฟังชัน โปรแกรมที่พัฒนาไว้ในการแบ่งข้อมูล ในการอ่านข้อมูลพลังงานไฟฟ้าดังนี้ ค่าแรงดันไฟฟ้า,ค่ากระแสไฟฟ้า,กำลังไฟฟ้าต่ำ 16 บิต ,กำลังไฟฟ้าสูง 16 บิต ,กำลังไฟฟ้าพลังงานต่ำ 16 บิต,พลังงานสูง และนำเข้าสมการ (1)(2)(3) ในการแปลงหน่วยพลังงานไฟฟ้าและใช้ฟังชันการแบ่งข้อมูลให้พลังงานไฟฟ้าที่เป็นค่า String แปลงข้อมูลให้เป็นรูปแบบไฟล์ Json Format ในรูปแบบของ Object เพื่อง่ายในการแพ็คข้อมูลให้มีความรวดเร็วและการส่งข้อมูลให้ระบบฐานข้อมูลโดยใช้ Tool Influx DB ในการตั้งค่าการส่งข้อมูลเข้าคอมพิวเตอร์แม่ค่าย (Server) โดยใช้ IP address ที่ตั้งของคอมพิเตอร์แม่ข่าย (Server) และตั้งค่าชื่อของฐานข้อมูลและ Measurement หรือ Table ในการส่งข้อมูลเพื่อจัดเก็บข้อมูลพลังงานไฟฟ้า ดังภาพที่ 4.3, 4.4 และ 4.5



ภาพที่ 4.3 โปรแกรมการอ่านข้อมูลพลังงานไฟฟ้าบนโปรแกรม Node-red



ภาพที่ 4.4 การตั้งค่าการอ่านข้อมูลพลังงานไฟฟ้า

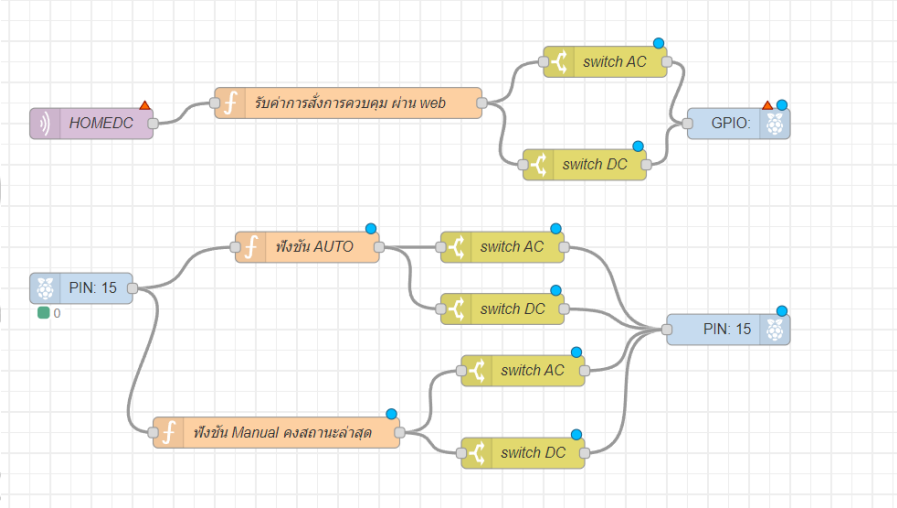


ภาพที่ 4.5 การพัฒนาโปรแกรมอ่านข้อมูลพลังงานไฟฟ้าบนโปรแกรม Node-red

ฮาร์ดแวร์การควบคุมสลับการทำงานพลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะ

การควบคุมสลับการทำงานของพลังงานไฟฟ้าของบ้านอัจฉริยะ โดยใช้สมองกลฝังตัว Raspberry Pi ในการควบคุมการทำงานโดยใช้โปรแกรม Node-red พัฒนาฟังก์ชันให้เกิดสามารถสั่งการทำงานผ่าน PINE GPIO 15 ในการสั่งการควบคุมตามคำสั่งที่ได้จากทางเว็บแอปพลิเคชัน หรืออ่านค่าการควบคุมหน้าตู้ควบคุม โดยใช้ PINE GPIO 15 ในการอ่านค่าและควบคุมการทำงานดังโปรแกรมดังภาพที่ 4.6 โดยเมื่อต้องการสั่งการทำงาน มอดูลควบคุม Relay switch 4CH 5V โดยแบ่งการควบคุมแต่ละส่วนดังนี้ 1. Inputพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับจากแหล่งผลิตไฟฟ้า 2.Output พลังงานไฟฟ้ากระแสสลับในการจ่ายให้โหลดไฟฟ้า 3.INPUTพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงจากแหล่งผลิต 4.OUTPUT พลังงานไฟฟ้ากระแสตรงที่จ่ายให้กับโหลดไฟฟ้า โดยการจ่ายพลังงานไฟฟ้าจามอดูล relay จะใช้ค่าแรงดันที่ 24 VDC ที่ได้รับจากแหล่งจ่ายพลังงานสำรอง (Power supply) เมื่อมีการสั่งการทำงานการควบคุมการทำงาน Relay switch จะสั่งเปิดการทำงานจ่ายพลังงานให้กับมอดูล MY4-GS Miniature Power Relays ในการรับค่าแรงดันไฟฟ้า 24 V โดย MY4-GS Miniature Power Relays จะช่วยให้การทำงานการควบคุมการทำงานมีความเสถียร์และปลอดภัยกว่าการทำ Relay 5V มาขับเคลื่อนการทำงานของแรงดันไฟฟ้าแรงดันสูงได้ เนื่องจากถูกออกแบบให้ทนทานต่อการทำงานในสภาวะต่าง ๆ รวมถึงสภาวะแวดล้อมที่มีอุณหภูมิและความชื้นสูงและป้องกันการทำงานผิดปกติของระบบไฟฟ้า เมื่อ MY4-GS Miniature Power Relays ได้รับการกระตุนจากการได้รับค่าพลังงาน จะทำการสั่งการทำงานตามวงจรของโมดูลในการจ่ายพลังงานต่อไปให้กับ AF16-

30-10-13 - ABB Magnetic Switch ที่มีความสามารถรับค่าแรงได้ไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับในการเปิด INPUTพลังงานไฟฟ้า หรือ จ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับโหลดไฟฟ้า ทำให้บ้านอัจฉริยะสามารถควบคุมการทำงานการเปิดปิดแหล่งพลังงานหรือการสลับการทำงานของแหล่งพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัยต่อการใช้งาน ดังภาพที่ 4.6



ภาพที่ 4.6 การพัฒนาโปรแกรมการรับคำสั่งควบคุมการทำงานของ Raspberry

ภาพที่ 4.7 ภาพฮาร์ดแวร์ระบบสวิตซ์ไฟฟ้าในการควบคุมการทำงานในบ้านอัจฉริยะ

ผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานและการหาข้อผิดพลาดของระบบฮาร์ดแวร์ (Hardware)

การทดสอบฮาร์ดแวร์เป็นขั้นตอนสำคัญในการพัฒนาระบบ เพื่อตรวจสอบว่าฮาร์ดแวร์ทำงานตามที่ออกแบบไว้หรือไม่ มีประสิทธิภาพเพียงพอ และมีความปลอดภัยสูง การทดสอบจะครอบคลุมทั้งการทดสอบประสิทธิภาพการทำงาน (Functional Testing) และการหาข้อผิดพลาด (Debugging) เพื่อให้ระบบบควบคุมและติดตามไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับบ้านอัจฉริยะสามารถทำงานได้มีประสิทธิภาพ โดยได้แบ่งการทดสอบออกเป็น 3 ส่วน 1.การทดสอบประสิทธิภาพการอ่านข้อมลเซ็นเซอร์ตรวจวัด 2.การทดสอบการควบคุมพลังงาน 3. การทดสอบระบบควบคุมการทำงานของฮาร์ดแวร์ผ่านทางเว็บแอปพลิเคชัน โดยมีรายละเอียดการทดสอบดังนี้

การทดสอบประสิทธิภาพการอ่านข้อมูลเซ็นเซอร์ตรวจวัดพลังงานไฟฟ้า

มีความสำคัญในการทำงานของระบบติดตามและควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับบ้านอัจฉริยะเป็นอย่างมาก เนื่องจากการตรวจวัดพลังงานไฟฟ้ามีส่วนในการตัดสินใจการควบคุมการทำงานการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับบ้านอัจฉริยะ ซึ่งการการทดสอบประสิทธิภาพจะทดสอบความเสียงตรงในการตรวจวัดเพื่อหา % ความเที่ยงตรงในการตรวจวัดค่าพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงและการตรวจวัดค่าพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ ดังรายระเอียดต่อไปนี้

1. การทดสอบความเที่ยงตรงเซ็นเซอร์ตรวจวัดพลังงาน PZEM017

การทดสอลความเที่ยงตรงในการตรวจวัดค่าพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงจะใช้อุปกรณ์ทดสอบในการเปรียบเทียบการตรวจวัดความเที่ยงตรงของไฟฟ้ากระแสตรง โดยใช้การอ้างอิงจากค่าพลังงานไฟฟ้าที่ตรวจได้จากดิจิตอลมิเตอร์ Meter UNI-T UT204+ ซึ่งได้ออกแบบตามมาตรฐานมอก.และมาตรฐาน EN61010-2010 CAT II 600V/CAT III 300V ในการนี้ได้ใช้แหล่งจ่ายพลังงาน Power supply adjustable เพื่อหาความเที่ยงตรงของค่าแรงดันไฟฟ้า PZEM 017

ภาพที่ 4.8 ทดสอบประสิทธิภาพของแรงดันและค่ากระแสไฟฟ้าเซ็นเซอร์ PZEM 017

CHIANG MAI RAJABHAT UNIVERSITY

ตารางที่ 4.1 การทดสอบหาความเที่ยงตรงค่าแรงดันไฟฟ้าของเซ็นเซอร์ PZEM017 DC

NO.	แหล่งจ่ายพลังงาน Power Supply (v)	Meter UNI-T UT204+ (V)	PZEM-017 (V)	Difference (V)	% Error
1	1	1	1.01	0.01	0.99%
2	5	5	5	0	0
3	12	12	12	0	0
4	24	24	24	0	0
5	48	48	48	0	0
6	100	100	100	0	0
7	150	150	150	0	0
8	200	200	200	0	0
9	250	250	250	0	0
10	280	280	280	0	0

จากตารางการทดสอบความเที่ยงตรงของการตรวจวัดค่าแรงดันไฟฟ้าโดยความเที่ยงตรงในการเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้ากับแหล่งจ่ายพลังงาน Power Supply และมิเตอร์ดิจิตอล Meter UNI-T UT204+ และเซ็นเซอร์ตรวจวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง PZEM 017 พบว่า ค่าของแรงดันไฟฟ้าจากการตรวจวัดของเซ็นเซอร์ PZEM 017 มีความผิดพลาดในการข้อมูลแรงดันที่ 1 V อยู่ที่ 0.01 เกิดจากการไฟฟ้าไม่เพียงพอในการเลี้ยงเซ็นเซอร์จึงได้นำแหล่งพลังงานภายนอกมาอาจจะเกิดความผิดพลาดในการแรงดันต่ำ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์รับได้ในการใช้งานในการวัดค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้กับบ้านอัจฉริยะ และ ได้ทำการทดสอบค่าความเที่ยงตรงจากค่ากระแสไฟฟ้า (Amp) เพื่อตรวจหาประสิทธิภาพความเที่ยงตรงในการวัดค่ากระแสไฟฟ้าเพื่อนำไปคำนวณการใช้พลังงานสำหรับบ้านอัจฉริยะ

ตารางที่ 4.2 การทดสอบหาความเที่ยงตรงค่ากระแสไฟฟ้าของเซ็นเซอร์ PZEM017 DC

NO.	แหล่งจ่ายพลังงาน Power Supply (A)	Meter UNI-T UT204+(A)	PZEM-017 (A)	Difference (A)	% Error
1	1	1.01	0.98	0.02	2.97%
2	2	2.01	1.98	0.02	1.49%
3	3	3.02	2.98	0.02	1.32%
4	4	4.01	3.99	0.01	0.49%
5	5	5.02	4.99	0.01	0.59%
6	6	6.01	6	0	0
7	7	7.01	7	0	0
8	8	8.00	8	0	0
9	9	9.0	9	0	0
10	10	10.01	10	0	0
11	11	11.01	11	0	0
12	12	12.00	12	0	0
13	13	13.00	13	0	0
14	14	14.00	14	0	0
15	15	14.00	15	0	0

จากตารางการทดสอบความเที่ยงตรงของการตรวจวัดค่ากระแสไฟฟ้าโดยความเที่ยงตรงในการเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้ากับแหล่งจ่ายพลังงาน Power Supply และมิเตอร์ดิจิตอล Meter UNI-T UT204+ และเซ็นเซอร์ตรวจวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง PZEM จากการทดสอบความเที่ยงตรงสามารถสรุปผลการทดสอบและหาความถูกต้องของระบบตรวจวัด ได้ความถูกต้องของระบบตรวจวัดมีความแม่นยำโดยมีความผิดพลาดเฉลี่ยเพียง 0.986% เปอร์เซ็นต์ ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้มีความแม่นยำสูง

2. การทดสอบความเที่ยงตรงเซ็นเซอร์ตรวจวัดพลังงาน PZEM016

การทดสอบความเที่ยงตรงของอุปกรณ์ตรวจวัดทดสอบเพื่อให้ทราบถึงประสิทธิภาพการใช้งาน ว่าสามารถใช้งานอุปกรณ์ตรวจวัดพลังงานไฟฟ้าได้หรือไม่ [8-9] โดยการทดสอบความเที่ยงตรงได้ทดสอบการเปรียบเทียบการตรวจวัดค่าแรงดันและค่ากระแสไฟฟ้ากับมิเตอร์มาตรฐาน Meter UNI-T UT204+ ดังตารางที่ 1 และตารางที่ 2 จากผลของตารางการทดสอบเที่ยงตรงของอุปกรณ์ตรวจวัดความผิดพลาดในการอ่านข้อมูลแรงดันไฟฟ้าอยู่ที่ร้อยละ 1.28 และกระแสไฟฟ้าอยู่ที่ร้อยละ 0.16 จากผลดังกล่าวสามารถใช้อุปกรณ์ตรวจวัดสามารถตรวจวัดไฟฟ้า PZEM-016 ได้ตามตารางดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบการตรวจวัดแรงดันไฟฟ้า

NO.	**Meter UNI-T UT204+ (V)**	**PZEM-016 (V)**	Difference (V)
1	238.5	239.7	1.2
2	239.6	241	1.4
3	239.2	240.4	1.2
4	238.7	239.9	1.2
5	237.3	238.6	1.3
6	238.0	239.4	1.4
7	239.0	240.2	1.2
8	237.6	238.9	1.3
9	238.4	239.6	1.2
10	239.2	240.6	1.4

ตารางที่ 4.4 เปรียบเทียบการตรวจวัดกระแสไฟฟ้าของเซ็นเซอร์ตรวจวัด PZEM-016

NO.	Meter UNI-T UT204+ (A)	PZEM-016 (A)	Difference (A)
1	5.1	5.28	0.18
2	5.2	5.37	0.17
3	4.9	5.07	0.17
4	5.2	5.36	0.16
5	5.3	5.48	0.18
6	5.2	5.39	0.19
7	5.0	5.15	0.15
8	4.8	4.96	0.16
9	5.1	5.26	0.16
10	5.0	5.17	0.17

การทดสอบประสิทธิภาพของระบบควบคุม

เป็นทดสอบการทำงานของฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ของระบบควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับไฟฟ้ากระแสสลับ ผลการทดสอบการตรวจวัดข้อมูลพลังงานไฟฟ้าทั้งในรูปแบบ AC และ DC จากโมดูลเซ็นเซอร์ตรวจวัดพลังงาน AC และ DC โดยระบบสามารถอ่านข้อมูลพลังงานไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ การทดสอบการควบคุมไฟฟ้ากระตรงร่วมกับไฟฟ้ากระแสสลับในรูปแบบ Auto และการทดสอบระบบควบคุมผ่านสวิตช์ไฟหน้าตู้ เพื่อทดสอบระบบควบควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับไฟฟ้ากระแสสลับผ่านเว็บแอปพลิเคชัน สามารถทำงานได้ตามเงื่อนไขการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.5 การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานระบบติดตามและควบคุมพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับไฟฟ้ากระแสสลับ

ครั้งที่	การทดสอบการอ่านข้อมูลเซ็นเซอร์ตรวจวัดไฟฟ้า AC DC (%)	การทดสอบระบบควบคุมไฟฟ้ากระแสตรง ร่วมกับไฟฟ้ากระแสสลับแบบ Auto	การทดสอบระบบควบคุมผ่านสวิตช์ไฟหน้าตู้	การทดสอบระบบควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับไฟฟ้ากระแสสลับผ่านเว็บแอปพลิเคชัน
1	100	ü	ü	ü
2	100	ü	ü	ü
3	100	ü	ü	ü
4	100	ü	ü	ü
5	100	ü	ü	ü
6	100	ü	ü	ü
7	100	ü	ü	ü
8	100	ü	ü	ü

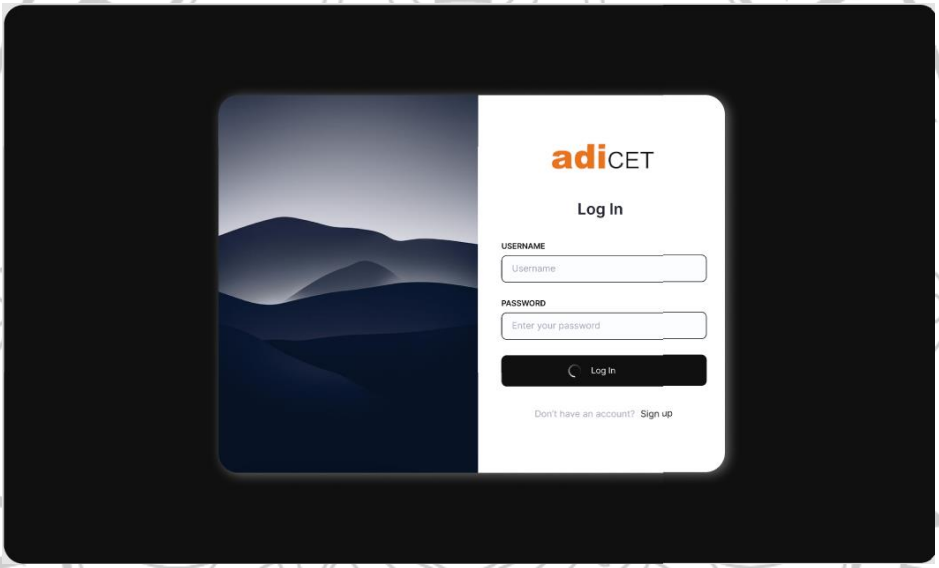
ผลการพัฒนาระบบซอฟแวร์

การออกแบบการพัฒนาระบบซอฟแวร์สำหรับการติดตามและควบคุมผ่านเว็บแอปพลิเคชัน ได้พัฒนาซอฟแวร์ในการติดตามและควบคุมการทำงานของระบบ โดยใช้เครื่องมือการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันและการพัฒนา (Application Programming Interfaces: API) มาใช้ในการประยุกต์ใช้งานให้ระบบทำงานง่ายและทำงานอย่างมีประสิทธิภาพโดยผลของการออกแบบซอฟแวร์ดังนี้

การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน

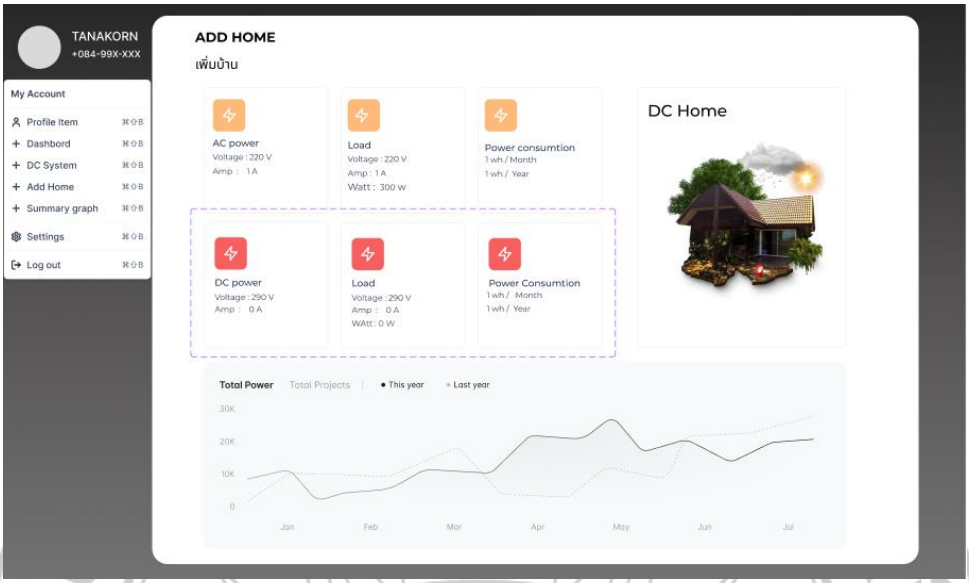
การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน user interface (UI) ในการแสดงผลโดยใช้ภาษาทางคอมพิวเตอร์ React Framework ในการแสดงผลผ่านทางเว็บแอปพลิเคชัน (Fontend) และใช้ภาษาทางคอมพิวเตอร์ Node js และ PHP ในการทำงานระบบหลังบ้านในการจัดข้อมูลบ้าน อุปกรณ์ และ User ร่วมไปถึงการติดต่อการดึงข้อมูลจากระบบฐานข้อมูล โดยเว็บแอปพลิเคชันมีฟังก์ชันดังนี้

1. การเข้าสู่ระบบ โดยการเข้างานใช้งานระบบ



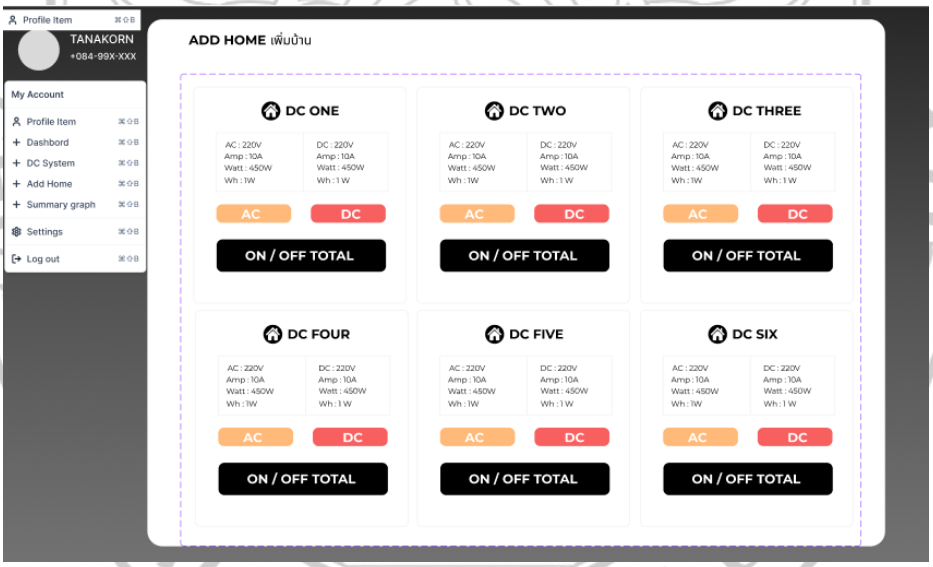
ภาพที่ 4.9 การเข้าใช้งานระบบ

2. Dashboard สำหรับการแสดงผลข้อมูล



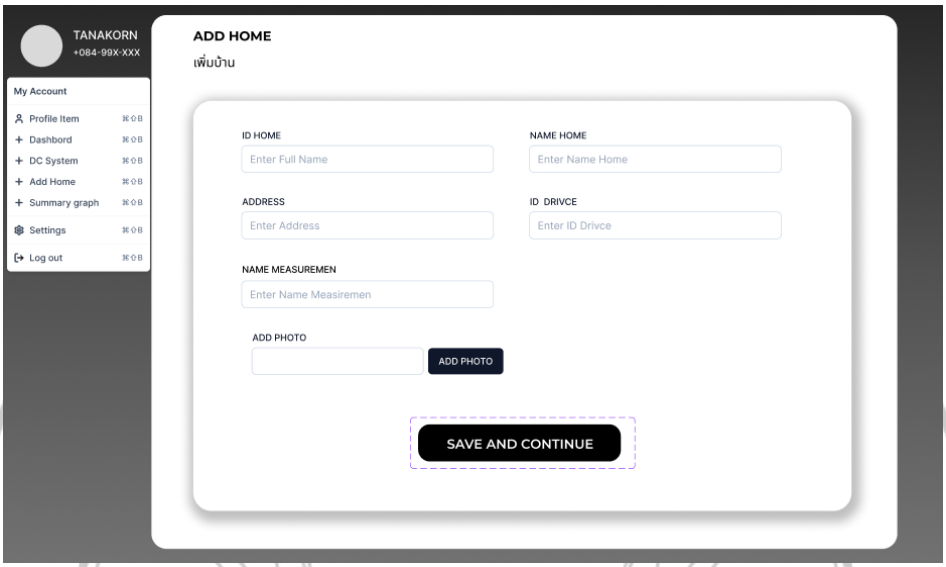
ภาพที่ 4.10 หน้าหลักการแสดงผลข้อมูลพลังงานบ้านอัจฉริยะ

3. การควบคุมพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับและพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง



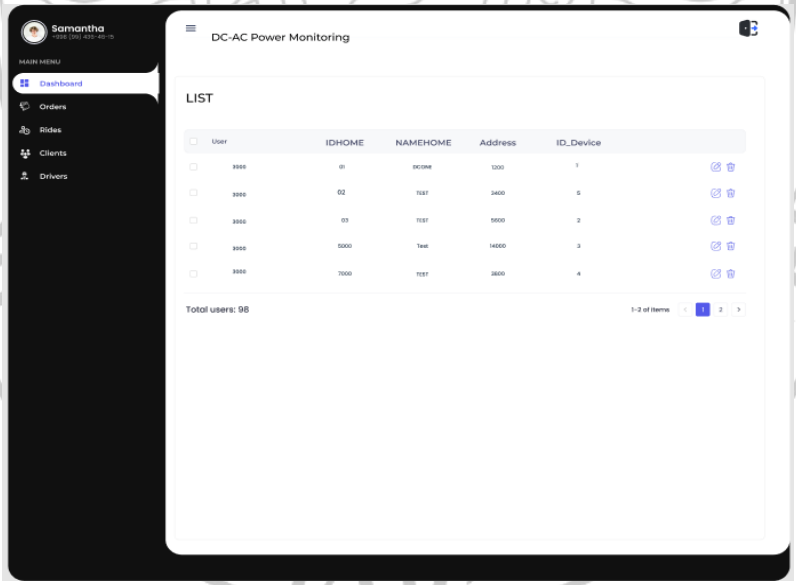
ภาพที่ 4.11 การเว็บแอปพลิเคชันในการควบคุมการทำงานระบบไฟฟ้าบ้านอัจฉริยะ

4. การเพิ่มข้อมูลบ้านและอุปกรณ์



ภาพที่ 4.12 การเพิ่มข้อมูลบ้านอัจฉริยะ

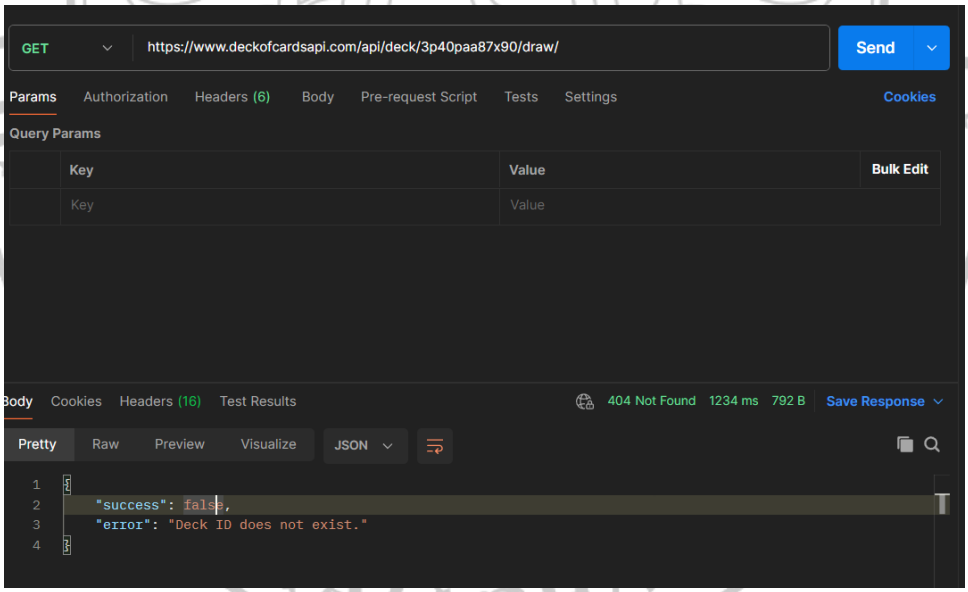
5. การเพิ่มข้อมูลบ้านและอุปกรณ์



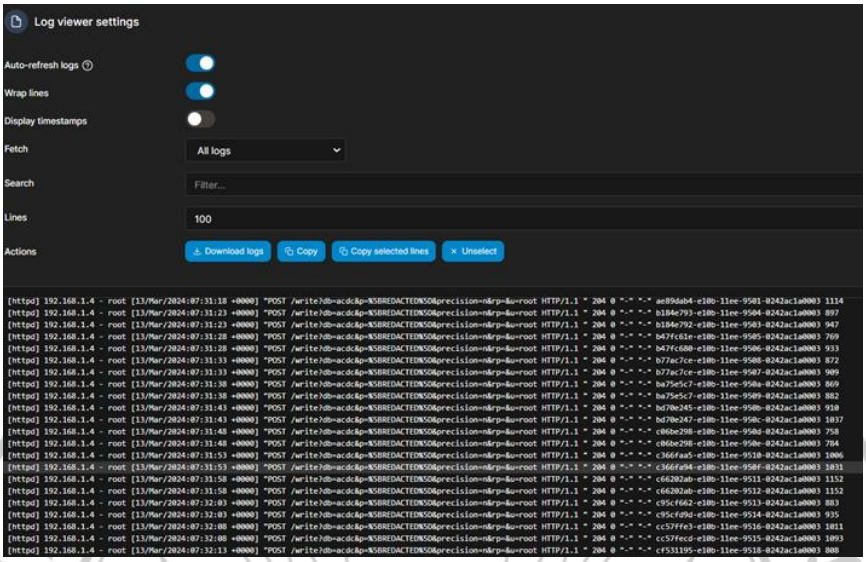
ภาพที่ 4.13 การแก้ไขข้อมูลบ้านอัจฉริยะ

การพัฒนาโปรแกรมชุดคำสั่ง API (Application Program Interface)

การพัฒนาโปรแกรมชุดคำสั่ง มีความสำคัญในพัฒนาระบบติดตามและควบคุมพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ เพื่อให้โปรแกรมสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีความยืดหยุ่นในการจัดการข้อมูลระหว่างระบบที่ต่างกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ การพัฒนาโปรแกรมชุดคำสั่ง API ในที่นี้เป็นการสร้างอินเทอร์เฟซที่ช่วยให้แอปพลิเคชันหรือโปรแกรมต่าง ๆ สามารถสื่อสารกับระบบฐานข้อมูล Influx DB และ MySQL ได้อย่างมีประสิทธิภาพผ่านทางเครือข่าย เพื่อทำการบันทึกข้อมูลหรือดึงข้อมูลออกมาใช้งาน โดยโปรแกรมชุดคำสั่ง API ที่พัฒนาขึ้นนี้ใช้ภาษาคอมพิวเตอร์ Node.js เพื่อการทำงานบนฝั่งเซิร์ฟเวอร์ ซึ่งเป็นภาษาที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาอินเทอร์เฟซที่ต้องการประมวลผลข้อมูลอย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ เนื่องจาก Node.js เป็นภาษาที่มีโมดูลและไลบรารีมากมายที่ช่วยให้การพัฒนางานที่เกี่ยวกับเครือข่ายและการประมวลผลข้อมูลเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ จึงได้นำมาพัฒนาในการบันทึกข้อมูลพลังงานไฟฟ้าและการเรียกข้อมูลจากระบบฐานข้อมูล Influx DB ในรูปและ time series database ในรูปแบบของไฟล์ Jsonfomatt นอกจากนี้ การใช้โปรแกรมชุดคำสั่งของภาษา PHP ในการบริหารจัดการข้อมูลบ้านและอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบ ทำให้การส่งข้อมูลระหว่างฝั่งเซิร์ฟเวอร์และฝั่งไคลเอนต์มีความเรียบง่ายและมีประสิทธิภาพ ดังภาพที่ 4.14

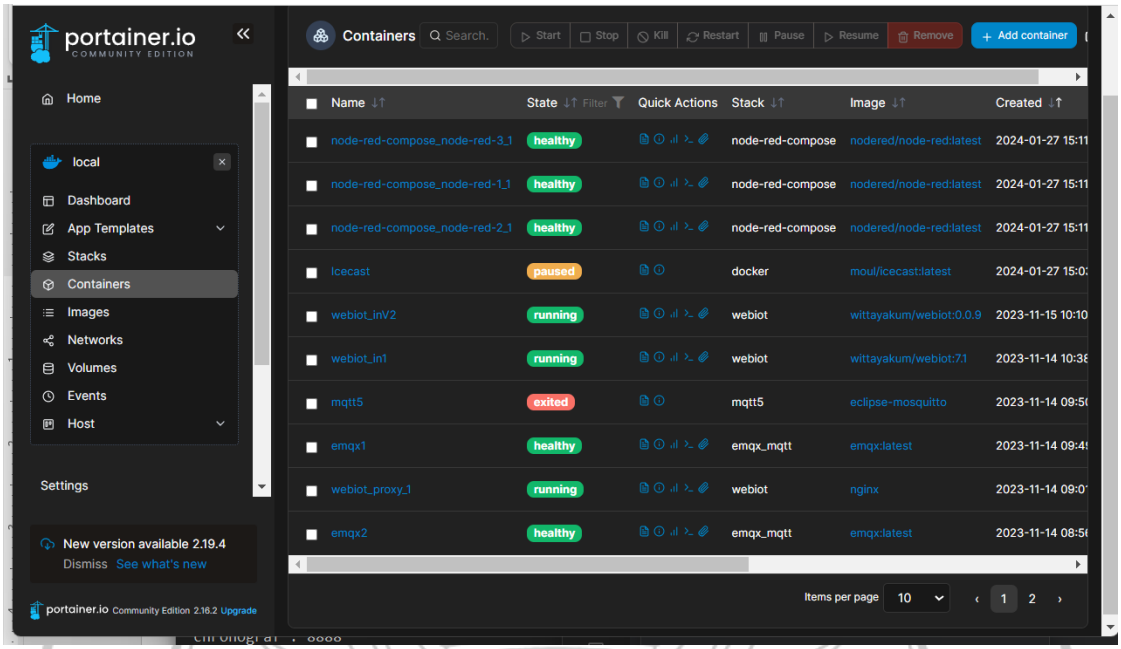


ภาพที่ 4.14 ภาพการทดสอบ API การรับส่งข้อมูล บน Postman



ภาพที่ 4.15 การทำงานการบันทึกข้อมูลลงระบบฐานข้อมูล

การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันและโปรแกรมชุดคำสั่ง ใช้เครื่องมือ Docker เพื่อสร้างสภาพแวดล้อมที่เป็นที่ยอมรับสำหรับการพัฒนาและทดสอบ และใช้ภาษาโปรแกรมที่เหมาะสมตามความต้องการ รวมถึงเครื่องมือและไลบรารีเพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการอัพเกรดเว็บแอปพลิเคชันและโปรแกรมชุดคำสั่งใน Packet เดียวกัน มีความสำคัญอย่างมากในการสร้างองค์ประกอบที่มีความเสถียรและประสิทธิภาพสูงสำหรับการพัฒนาและใช้งานระบบต่าง ๆ โดยช่วยลดข้อจำกัดของ Version ในการติดตั้งซอฟแวร์ของเว็บแอปพลิเคชันด้วย

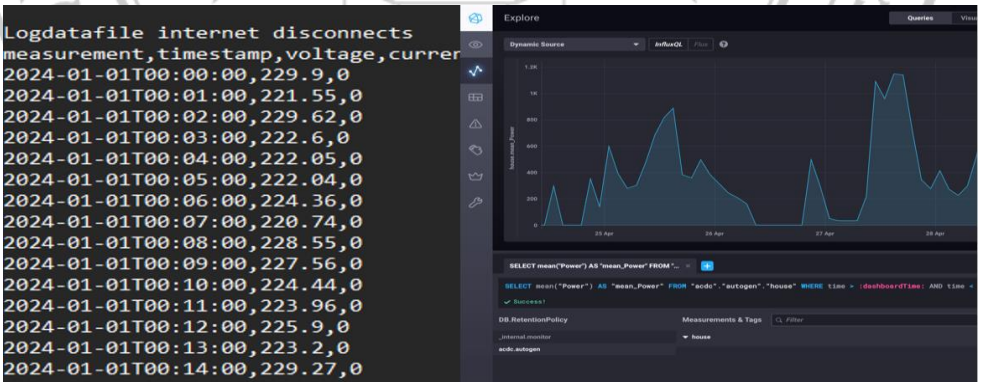


ภาพที่ 4.16 การ Run Docker API สำหรับเว็บแอปพลิเคชัน

ผลการทดสอบประสิทธิภาพ

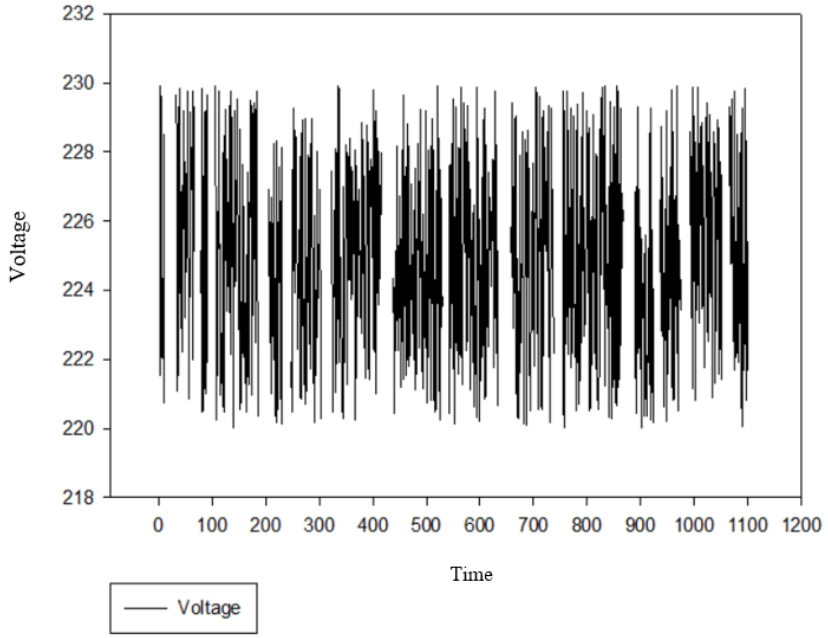
ผลการทดสอบเงื่อนไขการบันทึกข้อมูลบนระบบฐานข้อมูล

การทดสอบเงื่อนไขการทำงานชุดคำสั่งการส่งข้อมูลย้อนหลังทดสอบให้ทราบถึงประสิทธิภาพการทำงานของชุดคำสั่งการส่งข้อมูลย้อนหลังว่าสามารถทำงานตามเงื่อนไขการทำงานหรือไม่ โดยการทดสอบจะดำเนินการตัดระบบอินเทอร์เน็ตของ Raspberry Pi ในการบันทึกข้อมูลลงระบบฐานข้อมูลสำรองบน Raspberry Pi และเก็บLog ไฟล์ CSV ดังภาพที่ 4.17

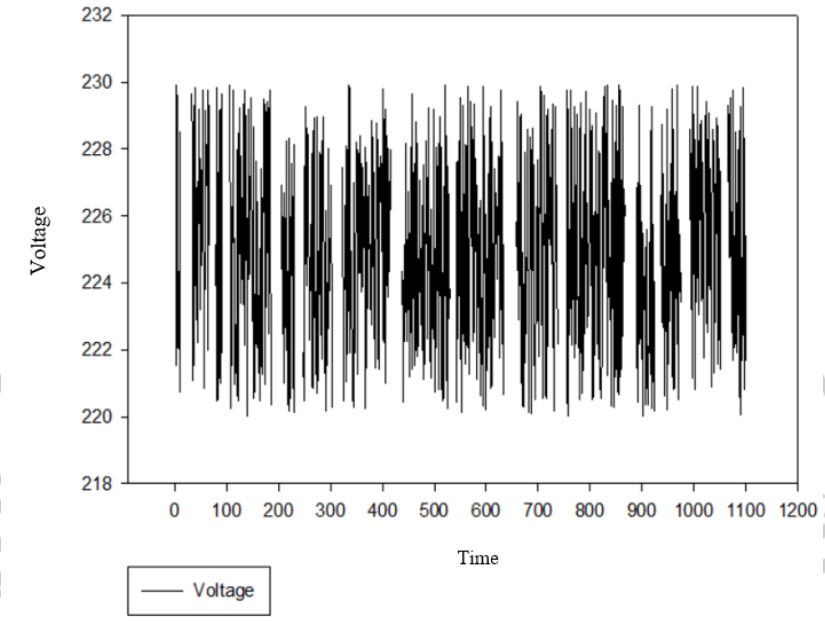


ภาพที่ 4.17 การบันทึก Log ข้อมูลจากระบบฐานข้อมูลบน Raspberry Pi

เมื่อ Raspberry Pi ถูกเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ต จะสามารถอ่านข้อมูลจากไฟล์ Log ในรูปแบบการวัดหรือตาราง เพื่อส่งข้อมูลไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์หลักผ่านเครือข่ายเพื่อบันทึกลงในฐานข้อมูล แต่หากไม่สามารถเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตได้ ในการทดลองเปรียบเทียบการใช้โปรแกรมคำสั่งส่งข้อมูลย้อนหลังเพื่อบันทึกข้อมูลลงในฐานข้อมูล และไม่ใช่โปรแกรมคำสั่งดังที่แสดงในภาพที่ 4.18 และภาพที่ 4.19



ภาพที่ 4.18 การบันทึกแบบเชื่อมต่อฐานข้อมูลโดยตรง



ภาพที่ 4.19 การใช้งานฟังชันส่งข้อมูลย้อนหลังเพื่อบันทึกข้อมูลลงในฐานข้อมูล

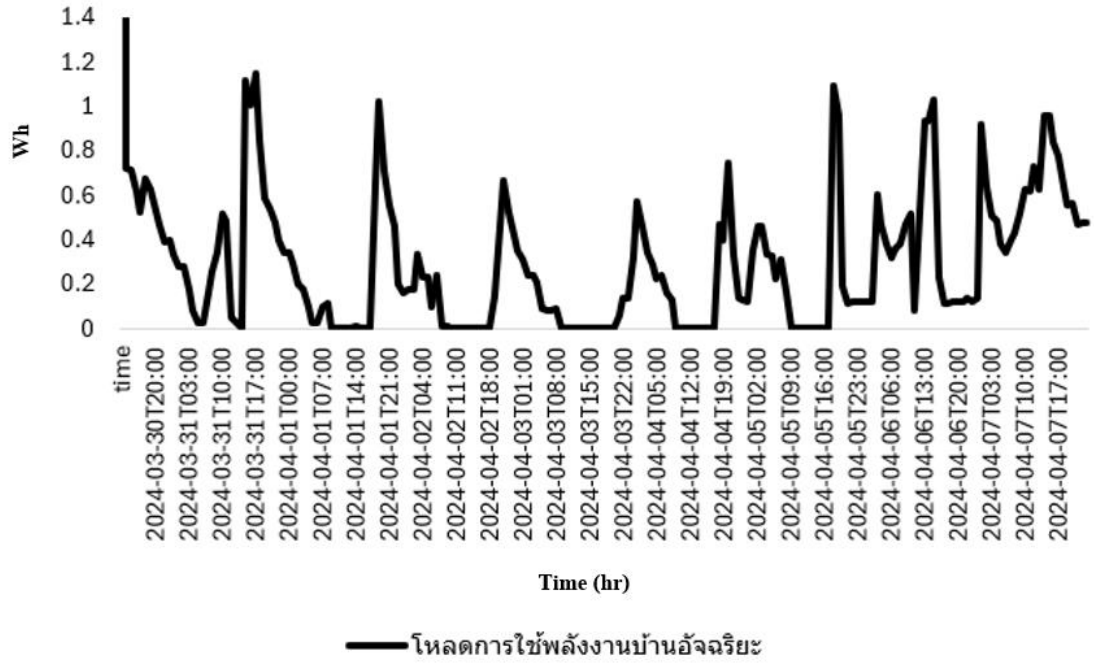
จากผลการทดลองดังกล่าวพบว่า การใช้โปรแกรมคำสั่งส่งข้อมูลย้อนหลังเพื่อบันทึกข้อมูลลงในฐานข้อมูล สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพในการบันทึกลงระบบฐานข้อมูลเพื่อให้การเก็บข้อมูลสำหรับบ้านอัจฉริยะมีประสิทธิภาพโดยผลการ การส่งข้อมูลย้อนหลังมายังคอมพิวเตอร์แม่ข่ายสามารถเก็บข้อมูลลงฐานข้อมูลเฉลี่ยคิดเป็น 97 % การทดสอบชุดคำสั่งข้อมูลไฟฟ้าในการบันทึกข้อมูลลงระบบฐานข้อมูลสำรองบน Raspberry Pi ระบบสามารถเก็บข้อมูลบนระบบฐานข้อมูลได้ 100 % จึงทำให้เงื่อนไขคำสั่งการส่งข้อมูลย้อนหลังในการเก็บข้อมูลระบบหน่วยความจำสำรองและระบบฐานข้อมูลบนคอมพิวเตอร์แม่ข่ายสามารถทำงานได้อย่างดีเยี่ยมดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.6 การทดสอบการเก็บข้อมูลบนระบบฐานข้อมูลสำรองและฐานข้อมูล

NO.	ชุดตัวอย่างทดสอบข้อมูล	เก็บข้อมูลฐานข้อมูลสำรอง	ฐานข้อมูลบนคอมพิวเตอร์แม่ข่าย
1	60 นาที	100 %	98 %
2	360 นาที	100 %	98 %
3	720 นาที	100 %	98 %
4	1140 นาที	100 %	97.5 %
5	2880 นาที	100 %	97.5 %
6	3600 นาที	100 %	97 %
8	10,080 นาที	100 %	97 %
9	20,160 นาที	100 %	96 %
9	30,240 นาที	100 %	96 %
10	43,200 นาที	100 %	95 %

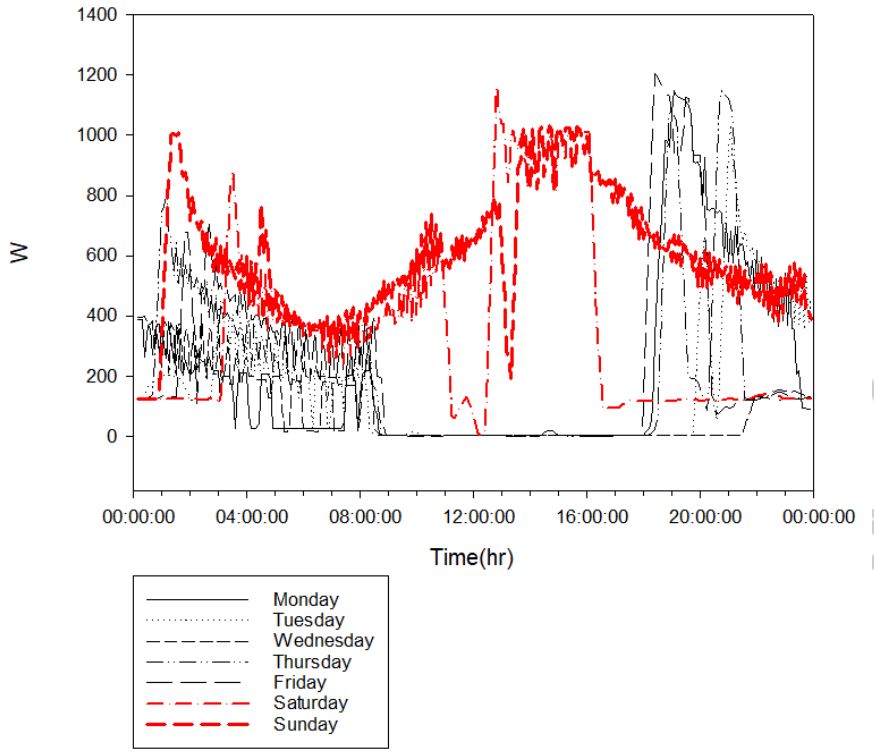
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลภาพภาระทางไฟฟ้า

การศึกษาภาระทางไฟฟ้าสำหรับบ้านอัจฉริยะมุ่งเน้นการเก็บข้อมูลเพื่อทำการวิเคราะห์และปรับปรุงการใช้พลังงานในบ้านให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยภาระทางไฟฟ้าสำหรับบ้านอัจฉริยะจะใช้ข้อมูลการใช้พลังงานที่เก็บรวบรวมมาเพื่อทำการวิเคราะห์และเลือกใช้วิธีการจัดการพลังงานที่เหมาะสมที่สุดตามข้อมูลที่ได้มา โดยจากข้อมูลที่เก็บได้พบว่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยที่บ้านอัจฉริยะใช้งานอยู่ที่ 1 วัตต์-ชั่วโมง (Wh) ต่อวัน แต่หลังจากการวิเคราะห์พบว่าจริงๆ แล้วบ้านอัจฉริยะใช้พลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ระดับเฉลี่ย 0.8 วัตต์-ชั่วโมง (Wh) ต่อวัน ในการวิเคราะห์และปรับปรุงการใช้พลังงานนี้ เราสามารถใช้ข้อมูลเหล่านี้เพื่อพัฒนาวิธีการจัดการพลังงานให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นในอนาคต ดังภาพที่ 4.20



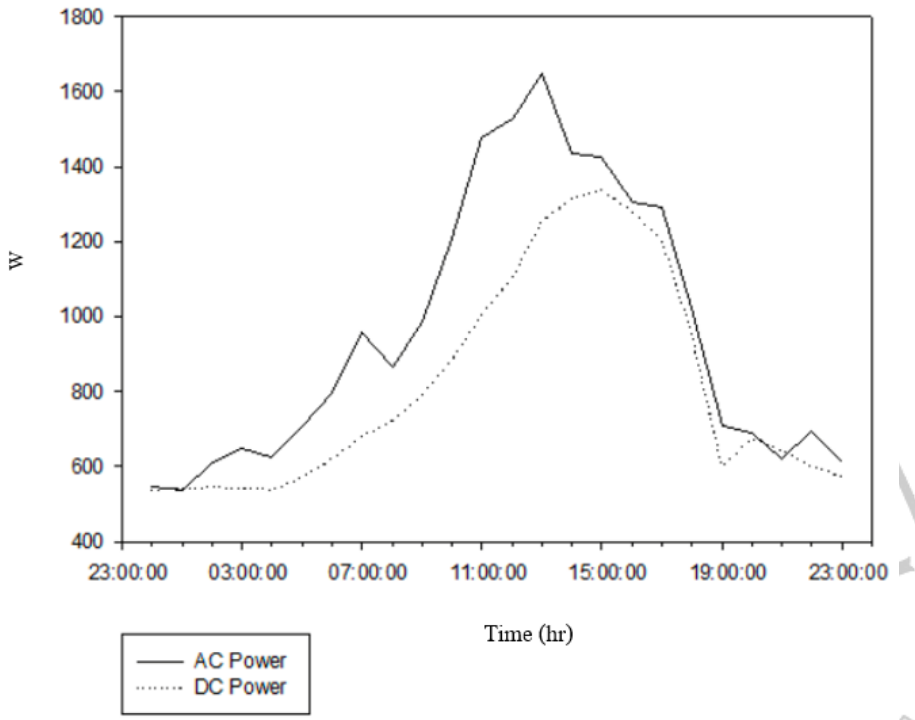
ภาพที่ 4.20 ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับบ้านอัจฉริยะ

พฤติกรรมการใช้พลังงานสำหรับบ้านอัจฉริยะสามารถแบ่งเป็นสองประเภทจากการใช้พลังงานไฟฟ้า 1. การใช้พลังงานไฟฟ้าช่วงวันจันทร์ – ศุกร์ และ 2. การใช้พลังงานไฟฟ้าช่วงวันเสาร์ - อาทิตย์ โดยจากการวิเคราะห์ข้อมูล การใช้พลังงานช่วงวันจันทร์ -ศุกร์ คือ พฤติกรรมจะใช้พลังงานในช่วงเวลาเช้า จนถึง 8:00 นาฬิกา และหยุดการใช้พลังงานในช่วงเวลากลางวัน จนกระทั่งกลับมาใช้พลังงานในช่วง 18.00 นาฬิกา นั้นคือพฤษติกรรมของการออกไปทำงาน ส่วนช่วงเวลาเสาร์-อาทิตย์ จะเป็นการใช้พลังานไฟฟ้าในตลอดทั้งวัน โดยจะมีการใช้พลังงานมากที่สุด จะอยู่ที่ช่วงเวลากลางวัน ดังภาพที่ 4.21



ภาพที่ 4.21 พฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับบ้านอัจฉริยะ

การเปรียบเทียบการใช้พลังงานระหว่างระบบไฟฟ้ากระแสตรงและระบบไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับบ้านอัจฉริยะพบว่าการใช้พลังงานไฟฟ้ากระแสตรงสำหรับบ้านอัจฉิยะมีประสิทธิภาพสูงกว่า โดยมีการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าถึงร้อยละ 13.4 เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้พลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ สาเหตุหลักคือบ้านอัจฉริยะมีอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าที่รองรับการใช้พลังงานไฟฟ้ากระแสตรงอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งทำให้การใช้พลังงานไฟฟ้ากระแสตรงสามารถส่งผ่านพลังงานไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้าได้อย่างตรงไปตรงมา โดยไม่มีขั้นตอนการแปลงเปลี่ยนพลังงาน ในขณะที่ระบบไฟฟ้ากระแสสลับต้องใช้ Converter ในการแปลงเปลี่ยนพลังงาน ซึ่งจะทำให้เกิดค่าสูญเสียของพลังงานในขั้นตอนการแปลงเปลี่ยนเหล่านั้น การลดค่าสูญเสียดังกล่าวจึงเป็นเหตุผลสำคัญที่ทำให้การใช้พลังงานไฟฟ้ากระแสตรงเป็นทางเลือกที่มีประสิทธิภาพ ดังภาพที่ 4.21



ภาพที่ 4.22 การเปรียบเทียบการใช้พลังงานระหว่างระบบไฟฟ้ากระแสตรง

CHIANG MAI RAJABHAT UNIVERSITY

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล ข้อจำกัด และข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้มุ่งเสนอการศึกษาการพัฒนาระบบควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับบ้านอัจฉริยะ มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างชุดอุปกรณ์ติดตามและควบคุมโดยใช้ ราสเบอรี่พายร่วมกับโมดูลเซ็นเซอร์ Modbus ตรวจวัดไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับไฟฟ้ากระแสสลับเพื่ออ่านค่าข้อมูลพลังงานไฟฟ้านำมาประมวลผลรูปแบบการควบคุมพลังงานไฟฟ้าในบ้านอัจฉริยะ โดยการควบคุมพลังงานบ้านอัจฉริยะจะแบ่งการควบคุมเป็นระบบอัตโนมัติในการใช้พลังงานไฟฟ้ากระแสตรงเป็นหลักและแบบควบคุมการใช้พลังงานผ่านทางเว็บแอปพลิเคชันแบบ Real-Time ร่วมไปถึงการเปิด-ปิดระบบการควบคุมแบบแมนนวล โดยการทำงานเบื้องหลังของระบบควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับบ้านอัจฉริยะพัฒนาโปรแกรมชุดคำสั่งในการควบคุมและติดตามการทำงานของระบบไฟฟ้าบนระบบปฏิบัติการ Linux ในการอ่านข้อมูลพลังงานไฟฟ้า และส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์แม่ข่ายเพื่อให้สมองกลฝังตัวทำงานเชื่อมกับระบบเว็บแอปพลิเคชันและระบบฐานข้อมูลเพื่อรองรับการทำงานการบันทึกข้อมูลพลังงานไฟฟ้าและควบคุมการทำงานการนำเข้าพลังงานไฟฟ้าสำหรับบ้านอัจฉริยะ

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาหัวข้อวิจัยเรื่องการพัฒนาระบบควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับบ้านอัจฉริยะ โดยการศึกษาการสร้างอุปกรณ์ติดตามและอุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้า การทดสอบประสิทธิภาพการอ่านข้อมูลเซ็นเซอร์ตรวจวัดพลังงานไฟฟ้า การออกแบบพัฒนาระบบซอฟแวร์ ผลการทดสอบประสิทธิภาพซอฟแวร์ ซึ่งสามารถสรุปผลงานวิจัยต่อไปนี้

ผลการสร้างอุปกรณ์ติดตามและควบคุมไฟฟ้า

จากการศึกษาการสร้างอุปกรณ์ติดตามและควบคุม โดยใช้ สมองกลฝังตัว Raspberry Pi ในการติดตามข้อมูลพลังงานไฟฟ้าและควบคุมการทำงานไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับไฟฟ้ากระแสสลับ โดย Raspberry จะทำหน้าที่เสมือนคอมพิวเตอร์ในการสั่งการทำงานการอ่านข้อมูลพลังงานไฟฟ้าจากเซ็นเซอร์ตรวจวัดพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง PZEM 017 และพลังงานไฟฟ้า

กระแสสลับ PZEM 016 โดยการอ่านข้อมูลพลังงานใช้การอ่านข้อมูลในรูปแบบ Modbus protocal ในการอ่านข้อมูลพลังงานไฟฟ้าเพื่อนำมาส่งข้อมูลให้กับคอมพิวเตอร์แม่ข่าย ในส่วนของการควบคุมการควบคุมการทำงานใช้สมองกลฝังตัว Raspberry Pi โดยใช้โปรแกรม Node-red พัฒนาฟังก์ชันให้เกิดสามารถสั่งการทำงานผ่าน PINE GPIO 15 ในการสั่งการควบคุมตามคำสั่งที่ได้จากทางเว็บแอปพลิเคชัน หรืออ่านค่าการควบคุมหน้าตู้ควบคุม โดยใช้ PINE GPIO 15 ในการอ่านค่าและควบคุมการทำงานดังโปรแกรมดังภาพที่ 4.6 โดยเมื่อต้องการสั่งการทำงาน มอดูลควบคุม Relay switch 4CH 5V โดยแบ่งการควบคุมแต่ละส่วน 1. Inputพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับจากแหล่งผลิตไฟฟ้า 2.Output พลังงานไฟฟ้ากระแสสลับในการจ่ายให้โหลดไฟฟ้า 3.INPUTพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงจากแหล่งผลิต 4.OUTPUT พลังงานไฟฟ้ากระแสตรงที่จ่ายให้กับโหลดไฟฟ้า โดยการจ่ายพลังงานไฟฟ้าจามอดูล relay จะใช้ค่าแรงดันที่ 24 VDC ที่ได้รับจากแหล่งจ่ายพลังงานสำรอง (Power supply) เมื่อมีการสั่งการทำงานการควบคุมการทำงาน Relay switch จะสั่งเปิดการทำงานจ่ายพลังงานให้กับ มอดูล MY4-GS Miniature Power Relays ในการรับค่าแรงดันไฟฟ้า 24 V โดย MY4-GS Miniature Power Relays จะช่วยให้การทำงานการควบคุมการทำงานมีความเสถียร์และปลอดภัยกว่าการทำ Relay 5V มาขับเคลื่อนการทำงานของแรงดันไฟฟ้าแรงดันสูงได้ เนื่องจากถูกออกแบบให้ทนทานต่อการทำงานในสภาวะต่าง ๆ รวมถึงสภาวะแวดล้อมที่มีอุณหภูมิและความชื้นสูงและป้องกันการทำงานผิดปกติของระบบไฟฟ้า เมื่อ MY4-GS Miniature Power Relays ได้รับค่าไฟฟ้า จะทำการสั่งการทำงานตามวงจรของโมดูลในการจ่ายพลังงานต่อไปให้กับ AF16-30-10-13 - ABB Magnetic Switch ที่มีความสามารถรับค่าแรงได้ไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับในการเปิด INPUTพลังงานไฟฟ้า หรือ จ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับโหลดไฟฟ้า

ผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานและการหาข้อผิดพลาดของระบบฮาร์ดแวร์ (Hardware)

จากการศึกษาการทดสอบประสิทธิภาพได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของการทำงานฮาร์ดแวร์ระบบติดตามและควบคุมพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับและพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง แบ่งได้ดังนี้การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเซ็นเซอร์ตรวจวัดพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงและพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับจากผลการทดสอบประสิทธิภาพพบว่า เซ็นเซอร์ตรวจวัดไฟฟ้ากระแสตรงมีความแม่นยำในการอ่านข้อมูลพลังงานไฟฟ้า โดยมีการอ่านข้อมูลค่าแรงดันไฟฟ้าร้อยละ 2 และค่ากระแสไฟฟ้าอยู่ที่ร้อยละ 0.89 โดยผลการทดสอบการอ่านข้อมูลพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ แรงดันอยู่ที่ร้อยละ 1.28 และค่าแรงดันกระแสไฟฟ้าที่ 0.16 และการทดสอบการควบคุมการทำงานของสวิตต์ฟ้าหน้าตู้ควบคุมสามารถควบคุมการทำงานได้ร้อยละ 100 และการสลับการทำงานในรูปแบบอัตโนมัติโดยใช้พลังงานไฟฟ้ากระแสตรงที่ช่วงแรงดัน

240 VDC – 290VDC โดยถ้าพบแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่าและสูงกว่าระบบจะทำการสลับการใช้แหล่งพลังงานโดยใช้พลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ และระบบยังสามารถควบคุมการทำงานผ่านทางเว็บแอปพลิเคชัน อย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัยต่อผู้อยู่อาศัยในบ้านอัจฉริยะ

ผลการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน

การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันของระบบติดตามและควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับบ้านอัจฉริยะ โปรแกรมชุดคำสั่งสามารถรองรับการทำงานการส่งข้อมูลพลังไฟฟ้าโดยผลการพัฒนาโปรแกรมชุดคำสั่งโดยใช้การรับข้อมูลจากพลังงานไฟฟ้าแปลงข้อมูลจากรูปแบบข้อความเป็นข้อมูล Json Format ในการส่งข้อมูลพลังงานไฟฟ้าให้กับระบบฐานข้อมูลแบบ Real – Time และการส่งข้อมูลย้อนหลังกรณีอุปกรณ์ไม่สามารถเชื่อมต่อ Wi-Fi ทำให้ต้องมีการเก็บข้อมูลสำรองไว้และอัพข้อมูลพลังงานไฟฟ้าย้อนหลังไปยังคอมพิวเตอร์แม่ข่าย โดยผลการทำสอบพบว่า ผลการทดลองดังกล่าว การทดสอบชุดคำสั่งข้อมูลการบริโภคไฟฟ้าในการบันทึกข้อมูลลงระบบฐานข้อมูลสำรองบน Raspberry Pi ระบบสามารถเก็บข้อมูลบนระบบฐานข้อมูลได้ร้อยละ 100 และการเก็บข้อมูลสำรองในกรณีไม่สามารถเชื่อมต่อระบบอินเทอร์เน็ตไร้สาย Wi-Fi และส่งข้อมูลย้อนหลังเมื่อกลับมาเชื่อมต่อ อินเทอร์เน็ต จะส่งข้อมูลให้คอมพิวเตอร์แม่ข่ายสามารถเก็บข้อมูลลงฐานข้อมูลเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 97 ของตัวอย่างชุดข้อมูลตัวอย่าง จึงทำให้เงื่อนไขคำสั่งการส่งข้อมูลย้อนหลังในการเก็บข้อมูลระบบหน่วยความจำสำรองและระบบฐานข้อมูลบนคอมพิวเตอร์แม่ข่ายสามารถทำงานได้อย่างดีเยี่ยม ในการพัฒนาส่วนแสดงผลเว็บแอปพลิเคชันใช้ภาษา React Native ในการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันด้วยเทคโนโลยี Responsive Web Design ในการทำงานของส่วนแสดงผลและการควบคุมพลังงานไฟฟ้า โดยการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันได้พัฒนาระบบจัดการข้อมูลบ้านอัจฉริยะที่สามารถเพิ่ม ลบ แก้ไข ในการเพิ่มข้อมูลบ้านอัจฉริยะในการควบคุมและเก็บข้อมูลพลังงานไฟฟ้า โดยผลการทำงานระบบเว็บแอปพลิเคชันสามารถรองรับการทำงานผ่านเว็บบราวเซอร์และโมบายแอปพลิเคชัน โดยผลการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันสามารถทำงานได้เต็มประสิทธิภาพสามารถติดตามข้อมูลและควบคุมพลังงานการใช้ไฟฟ้าบ้านอัจฉริยะอย่างมีประสิทธิภาพ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลภาพภาระทางไฟฟ้า

ภาระทางไฟฟ้าสำหรับบ้านอัจฉริยะเน้นไปที่การใช้ข้อมูลเพื่อวิเคราะห์และปรับปรุงการใช้พลังงานในบ้านเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้พลังงาน โดยมีการพบว่าภาระทางไฟฟ้าสำหรับบ้านอัจฉริยะใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยประมาณ 1 วัตต์-ชั่วโมงต่อวัน ตามที่เก็บข้อมูลไว้

แต่จากการวิเคราะห์พบว่าการใช้พลังงานจริงๆ อยู่ที่ระดับเฉลี่ย 0.8 วัตต์-ชั่วโมงต่อวัน ซึ่งทำให้เกิดการพัฒนาวิธีการจัดการพลังงานในอนาคตเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพได้พฤติกรรมการใช้พลังงานสำหรับบ้านอัจฉริยะถูกแบ่งออกเป็นสองประเภทตามช่วงเวลาการใช้พลังงานไฟฟ้า คือช่วงวันจันทร์ - ศุกร์ และช่วงวันเสาร์ - อาทิตย์ ซึ่งพบว่าพฤติกรรมการใช้พลังงานของแต่ละช่วงมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยในวันจันทร์ - ศุกร์ มีการใช้พลังงานในช่วงเช้าและเย็น โดยในช่วงกลางวันมีการหยุดใช้พลังงาน ส่วนในวันเสาร์ - อาทิตย์ มีการใช้พลังงานไฟฟ้าตลอดทั้งวันโดยมีจุดสูงสุดในช่วงกลางวันการเปรียบเทียบการใช้พลังงานระหว่างระบบไฟฟ้ากระแสตรงและระบบไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับบ้านอัจฉริยะพบว่าการใช้พลังงานไฟฟ้ากระแสตรงมีประสิทธิภาพสูงกว่า โดยมีการลดการใช้พลังงานถึงร้อยละ 13.4 เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ระบบไฟฟ้ากระแสสลับ สาเหตุหลักมาจากอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าที่รองรับการใช้พลังงานไฟฟ้ากระแสตรงอย่างชัดเจน ซึ่งทำให้การใช้พลังงานไฟฟ้ากระแสตรงสามารถส่งผ่านพลังงานไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้าได้อย่างตรงไปตรงมาโดยไม่มีขั้นตอนการแปลงเปลี่ยนพลังงาน เทียบกับการใช้ระบบไฟฟ้ากระแสสลับที่ต้องใช้ Converter ในการแปลงเปลี่ยนพลังงานซึ่งมีค่าสูญเสียของพลังงานในขั้นตอนการแปลงเปลี่ยนนั้น การลดค่าสูญเสียดังกล่าวทำให้การใช้พลังงานไฟฟ้ากระแสตรงเป็นทางเลือกที่มีประสิทธิภาพมากกว่า

ข้อเสนอแนะ

1. การพัฒนาระบบติดตามและควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับไฟฟ้ากระแสสลับสามารถพัฒนาต่อยอดในเว็บแอปพลิเคชันและระบบฐานข้อมูล เพื่อให้ฉลาดขึ้นและสามารถบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้าในบ้านอัจฉริยะอย่างมีประสิทธิภาพ

2. การพัฒนาฮาร์ดแวร์อาจจะเพิ่มความง่ายและสะดวกสบายต่อผู้ใช้งานหรือการออกแบบที่ทำให้ใช้งานง่าย ลดขนาดและสิ่งที่ไม่จำเป็น หรือเป็นการฟังก์ชันเพิ่มหน้าจอ LED สำหรับควบคุมติดตามและควบคุมไฟฟ้ากระแสสลับ

3. การใช้พลังงานไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูงอาจจะต้องใช้งานอย่างระมัดระวังต่ออุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าเพื่อไม่ให้เกิดอันตรายต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าและผู้ใช้งาน

บรรณานุกรม

Asaad, M., Ahmad, F., Saad Alam, M., & Rafat, Y. (2017, August). IoT enabled electric vehicle's battery monitoring system. In Proceedings of the 1st EAI international conference on smart grid assisted internet of things (pp. 1-10). ICST (Institute for Computer Sciences, Social-Informatics and Telecommunications Engineering).

Bedi, G., Venayagamoorthy, G. K., Singh, R., Brooks, R. R., & Wang, K. (2018). Review of Internet of Things (IoT) in Electric Power and Energy Systems. *IEEE Internet of Things Journal, 5*(2), 847-870.

Cai, Y., Sam, C. Y., & Chang, T. (2018). Nexus between clean energy consumption, economic growth and CO2 emissions. *Journal of Cleaner Production*, 182, 1001-1011.

Chanthakit, S., & Rattanapoka, C. (2018, July). Mqtt based air quality monitoring system using node MCU and node-red. In 2018 Seventh ICT International Student Project Conference (ICT-ISPC) (pp. 1-5). IEEE.

Chooruang, K., & Meekul, K. (2018, November). Design of an IoT energy monitoring system. In 2018 16th International Conference on ICT and Knowledge Engineering (ICT&KE) (pp. 1-4). IEEE.

Ellabban, O., Abu-Rub, H., & Blaabjerg, F. (2014). Renewable energy resources: Current status, future prospects and their enabling technology. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 39, 748-764.

Gragic, k., Speh, I., & Hedi, I. (2016, October). A web-based IoT solution for monitoring data using MQTT protocol. In 2016 international conference on smart systems and technologies (SST) (pp. 249-253). IEEE.

Kabir, E., Kumar, P., Kumar, S., Adelodun, A. A., & Kim, K.-H. (2018). Solar energy: Potential and future prospects. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 82, 894-900.

Lee, J., Son, S., Oh, E., Kim, T. H., & Kim, J. Y. (2018, 12-14 Jan. 2018). Load monitoring effects and characteristics of DC home. Paper presented at the 2018 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE) (pp. 1-2). IEEE.

Mahendra, O., & Syamsi, D. (2014). Design of a dual-microcontroller scheme to overcome the freeze problem for a smart data logger. Paper presented at the 2014 2nd International Conference on Information and Communication Technology (ICoICT) (pp. 314-319). IEEE.

Mathew, N. A., & Abubeker, K. M. (2017, August). IoT based real time patient monitoring and analysis using Raspberry Pi 3. In 2017 International Conference on Energy, Communication, Data Analytics and Soft Computing (ICECDS) (pp. 2638-2640). IEEE.

Morshed, N. M., et al. (2015). Microcontroller based home automation system using Bluetooth, GSM, Wi-Fi and DTMF. 2015 International Conference on Advances in Electrical Engineering (pp. 101-104). IEEE.

Nasar, M., & Kausar, M. A. (2019). Suitability Of Influx DB Database For Iot Applications. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering, 8*(10), 1850-1857.

Songkittirote, N., Setthapun, W., & Sintuya, H. (2018, December). Smart Plug Control System Development with MySQL Database and MQTT Protocol. In 2018 International Symposium on Computer, Consumer and Control (IS3C) (pp. 76-79). IEEE.

Panwar, N. L., Kaushik, S. C., & Kothari, S. (2011). Role of renewable energy sources in environmental protection: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15*(3), 1513-1524.

Rau, G. H., & Baird, J. R. (2018). Negative-CO2-emissions ocean thermal energy conversion. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 95, 265-272.

Prabu, A. V., Chandra, Y. S., Kumar, G. S., & Zeenath, S. (2021). WITHDRAWN: Residential energy management system using IoT.

Putta Sindhuja, M. S. B. (2015). Smart Power Monitoring and Control System through Internet of things using Cloud Data Storage. *Indian Journal of Science and Technology, 8*(19), 1 0974-5645.

Rodriguez-Diaz, E., Vasquez, J. C., & Guerrero, J. M. (2015). Intelligent DC homes in future sustainable energy systems: When efficiency and intelligence work together. *IEEE Consumer Electronics Magazine, 5*(1), 74-80.

Vossos, E., Pantano, S., Heard, R., & Brown, R. E. (2017). DC appliances and DC power distribution: A bridge to the future net zero energy homes.

ณัฐกิตต์, วิริยะยอดเยี่ยม. (2557). ระบบรักษาความปลอดภัยและเตือนภัยโดยการประยุกต์ใช้บอร์ด Raspberry Pi: สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ไพวรรณ มะละ, ปราลี มณีรัตน์, สุขสวัสดี ณัฏฐวุฒิสิทธิ์, และสุรชัย ทองแก้ว. (2018). การพัฒนาระบบวิเคราะห์ข้อมูลเตียงลมอัจฉริยะเพื่อลดอาการเกิดโรคแผลกดทับ. *Sripatum Review of Science and Technology, 10*(1), 88-101.

วิษณุ ช้าง เนียม. (2017). อุปกรณ์เก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมพื้นที่ปลูกสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียเพื่อ ใช้เป็นข้อมูลสำหรับการพยากรณ์การเติบโตและความหวาน. *Ladkrabang Engineering Journal, 34*(1), 25-32.

อนุสรณ์ ขาวทอง, พศวีร์ ศรีโหวด, ธนภัทร พรหมวัฒนภักดี และเสมา พัฒน์ฉิม เอกชัย ดีศิริ. (2562). การประยุกต์ใช้งาน NETPIE สำหรับตรวจวัดอุณหภูมิในพื้นที่โดยรอบและแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่เครื่องยนต์สูบน้ำดับเพลิง: โครงการวิจัยสหกิจศึกษาระดับปริญญาตรี. การประชุมทางวิชาการ สมาคมสถาบันการศึกษาชั้นอุดมแห่งภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ประจำประเทศไทย ครั้งที่ 43, (หน้า 1-9).

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ – นามสกุล วันวิเศษ อภิชาติ

วัน เดือน ปี เกิด 16 พฤษภาคม 2539

ที่อยู่ปัจจุบัน 66/1 หมู่ที่ 9 ตำบลงิ้วงาม อำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์

อีเมล์แอดเดรส wanwisetjab@gmail.com

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2562 - ปัจจุบัน	ปริญญาโทหลักสูตรพลังงานและสิ่งแวดล้อมชุมชน มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
พ.ศ. 2557 – พ.ศ. 2561	วิทยาศาสตรบัณฑิต วิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

ประสบการณ์ทำงาน

พ.ศ. 2565 – ปัจจุบัน	หัวหน้า IOT & R&D บริษัท ซีเค–เทค อินโนเวชั่น จังหวัดพะเยา
พ.ศ. 2561 – 2565	ผู้ช่วยนักวิจัย วิทยาลัยพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยี ชุมชนแห่งเอเชีย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

การพัฒนาระบบติดตามและควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับกระแสสลับสำหรับบ้านอัจฉริยะ

DEVELOPMENT OF DC-AC POWER MONITORING AND CONTROL SYSTEM FOR SMART HOME

วันวิเศษ อภิชาติ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพลังงานและสิ่งแวดล้อมชุมชน
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
พ.ศ. 2567

หัวข้อวิทยานิพนธ์ : การพัฒนาระบบติดตามและควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับกระแสสลับสำหรับบ้านอัจฉริยะ

ผู้วิจัย : วันวิเศษ อภิชาติ

สาขาวิชา : พลังงานและสิ่งแวดล้อมชุมชน

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. หทัยทิพย์ สินธุยา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วรจิตต์ เศรษฐพรรค์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

บทคัดย่อ

การพัฒนาระบบควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับกระแสสลับสำหรับบ้านอัจฉริยะเพื่อรองรับติดตามการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้ง 2 รูปแบบในการใช้พลังงานไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ โดยใช้พลังงานไฟฟ้ากระแสตรงเป็นหลักและใช้ระบบไฟฟ้ากระแสสลับในการสำรองพลังงานกรณีพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงประสิทธิภาพแรงดันไม่เพียงพอเพื่อป้องกันการเกิดการชำรุดเสียหายกับอุปกรณ์ไฟฟ้าและระบบไฟฟ้าภายในบ้าน โดยงานวิจัยนี้ใช้สมองกลฝังตัว Raspberry Pi ในการติดตามข้อมูลพลังงานไฟฟ้าผ่านเซ็นเซอร์ตรวจวัดพลังงานไฟฟ้าเก็บข้อมูลพลังงานไฟฟ้าและแสดงผลผ่านเว็บแอปพลิเคชันแบบ Real-Time การพัฒนาระบบควบคุมพลังงานไฟฟ้าที่สามารถเลือกใช้พลังงานทั้งไฟฟ้ากระแสสลับและไฟฟ้ากระแสตรง จากที่กล่าวมาข้างต้นงานวิจัยนี้พบว่าระบบการติดตามข้อมูลพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับและพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และมีความแม่นยำในการติดตามพลังงานไฟฟ้า รวมไปถึงการควบคุมการสลับการใช้พลังงานไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับบ้านอัจฉริยะอย่างมีประสิทธิภาพโดยมีผลความแม่นยำในการตรวจวัดค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยร้อยละ 98 การบันทึกข้อมูลพลังงานไฟฟ้าบนระบบฐานข้อมูลสามารถบันทึกข้อมูลได้ร้อยละ 100 และการเก็บข้อมูลสำรองในกรณีไม่สามารถเชื่อมต่อระบบอินเทอร์เน็ตไร้สาย Wi-Fi และส่งข้อมูลย้อนหลังเมื่อกลับมาเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตจะส่งข้อมูลให้คอมพิวเตอร์แม่ข่าย โดยความแม่นยำของข้อมูลเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 97 โดยผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงข้อมูลพลังงานไฟฟ้าและควบคุมพลังงานบ้านอัจฉริยะผ่านทางเว็บแอปพลิเคชัน

คำสำคัญ : บ้านอัจฉริยะ, ระบบติดตามพลังงาน, ระบบควบคุมพลังงาน, ไฟฟ้ากระแสตรง, ไฟฟ้ากระแสสลับ

The Title : Development of DC-AC Power Monitoring and Control System for Smart Home

The Author : Wanwiset Aphichat

Program : Community Energy and Environment

Thesis Advisors

: Assistant Professor Dr. Hathaithip Sintuya Chairperson

: Assistant Professor Dr Worajit Setthapun Co – advisor

ABSTRACT

Development of DC-AC Power Monitoring and Control System for Smart Home to accommodate monitoring of both forms of electrical energy usage is achieved in this research. It primarily utilizes DC energy as the main source and employs an AC electrical system as a backup in case the efficiency of the DC power supply is insufficient, aiming to prevent damage to electrical equipment and internal electrical systems within the home. This research utilizes a Raspberry Pi embedded system to track electrical energy data through sensors, collect energy data, and display results via a real-time web application. The development of an electrical energy control system capable of selecting either AC or DC energy is achieved. The research findings demonstrate the efficient operation and accuracy of tracking electrical energy consumption, as well as effective control of alternating between the use of AC and DC energy for smart homes, with an average measurement accuracy of 98%. Data recording of electrical energy consumption on the database system is capable of achieving a 100% data recording rate, with backup data storage in cases where a wireless Wi-Fi internet connection is unavailable. When the connection is reestablished, the system sends the stored data to the host computer, with an average data accuracy of 97%. Users can access energy consumption data and control smart home energy usage via the web application.

Keywords : Smart Home, Power Monitoring system, Power Control system, Direct current, Alternating Current

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.หทัยทิพย์ สินธุยาและผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรจิตต์ เศรษฐพรรค์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมที่ได้เอื้อเฟื้อและให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์แก่ผู้วิจัย ให้คำแนะนำช่วยให้วิทยานิพนธ์นี้มีคุณภาพ และขอขอบคุณที่ทุ่มเทให้การสั่งสอนและคำแนะนำอย่างไม่หยุดยั้ง ซึ่งทำให้ผู้วิจัยได้รับความรู้และประสบการณ์ที่มีคุณค่า รวมไปถึง อาจารย์ ดร.กอบศักดิ์ ศรีประภา ที่ได้รับเกียรติเป็นประธานสอบวิทยานิพนธ์ของผู้วิจัย ขอขอบคุณต่อความกรุณาการสนับสนุน และให้ข้อเสนอแนะ ที่เป็นประโยชน์ที่ได้รับจากท่านเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณ วิทยาลัยพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยีชุมชนแห่งเอเชียเป็นอย่างสูงที่ได้สนับสนุนการศึกษาและพื้นที่พร้อมเครื่องมือในการพัฒนาระบบติดตามและควบคุมไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับบ้านอัจฉริยะและที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยอื่น ๆ ขอขอบคุณคณะอาจารย์ผู้สอนและบุคลากรทุกระดับที่มีบทบาทส่งเสริมและพัฒนาทักษะ ประสบการณ์และเรื่องอื่น ๆ

ขอขอบคุณ นาย นรากรณ์ ส่งกิจโรจน์ ที่ให้คำปรึกษาในการทำวิทยานิพนธ์ในด้านความรู้ในด้านเทคนิคและวิธีการใช้เครื่องมือในการทำงานวิจัย ซึ่งเป็นประโยชน์เป็นอย่างสูง

ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์นี้จะเป็นประโยชน์ ต่อผู้ที่สนใจ และก่อให้เกิดองค์ความรู้ที่เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาเทคโนโลยีพลังงานและสิ่งแวดล้อมของชุมชน ประเทศชาติและโลกต่อไป

วันวิเศษ อภิชาติ

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อ		**ข**
ABSTRACT		**ค**
กิตติกรรมประกาศ		**ง**
สารบัญ		**จ**
สารบัญตาราง		**ช**
สารบัญภาพ		**ซ**
บทที่		
1	**บทนำ**	**1**
	ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
	วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
	ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย	3
	ขอบเขตของการวิจัย	3
	นิยามศัพท์เฉพาะ	4
	กรอบแนวคิดการวิจัย	4
2	**การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง**	**5**
	ระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าแสงอาทิตย์	5
	ไมโครกริด	7
	ระบบไฟฟ้ากระแสสลับ	8
	ระบบไฟฟ้ากระแสตรง	9
	ระบบสมองกลฝังตัว	9
	อินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง	11
	ทฤษฎีการส่งข้อมูลการสื่อสาร	14
	ฐานข้อมูล	16

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
3	**วิธีดำเนินการวิจัย**	**19**
	การออกแบบหลักการทำงานระบบ	34
	การออกแบบหลักการทำงานระบบบนสมองกลฝังตัว Raspberry Pi	35
	พัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน	36
4	**ผลการวิเคราะห์ข้อมูล**	**40**
	ผลการออกแบบพัฒนาระบบฮาร์ดแวร์	40
	ผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานและการหาข้อผิดพลาดของระบบฮาร์ดแวร์ (Hardware)	46
	การทดสอบประสิทธิภาพของระบบควบคุม	51
	ผลการพัฒนาระบบซอฟแวร์	52
	ผลการทดสอบประสิทธิภาพ	58
	ผลการวิเคราะห์ข้อมูลภาพภาระทางไฟฟ้า	61
5	**สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ**	**65**
	สรุปผลการวิจัย	65
	ผลการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน	67
	ผลการวิเคราะห์ข้อมูลภาพภาระทางไฟฟ้า	67
	ข้อเสนอแนะ	68
บรรณานุกรม		**71**
ประวัติผู้วิจัย		**72**

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	การเปรียบเทียบความสามารถของระบบฐานข้อมูล SQL VS NOSQL.....	17
3.1	การอ่านข้อมูลไฟฟ้าเซ็นเซอร์ PZEM 016 และ PZEM 017.....	24
3.2	การจัดการอุปกรณ์ตรวจวัดและควบคุมไฟฟ้า.....	29
3.3	การแจ้งเตือนข้อมูลสถานะข้อมูล.....	30
3.4	การควบคุมการเปิด-ปิดการทำงานระบบไฟฟ้า.....	31
3.5	การแสดงผลข้อมูลทางภาระทางไฟฟ้า.....	32
3.6	รายงานผลย้อนหลังข้อมูลภาระทางไฟฟ้า.....	33
4.1	การทดสอบหาความเที่ยงตรงค่าแรงดันไฟฟ้าของเซ็นเซอร์ PZEM017 DC.....	48
4.2	การทดสอบหาความเที่ยงตรงค่ากระแสไฟฟ้าของเซ็นเซอร์ PZEM017 DC.....	49
4.3	เปรียบเทียบการตรวจวัดแรงดังไฟฟ้า.....	50
4.4	เปรียบเทียบการตรวจวัดกระแสไฟฟ้าของเซ็นเซอร์ตรวจวัด PZEM-016.....	51
4.5	การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานระบบติดตามและควบคุมพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับไฟฟ้ากระแสสลับ.....	52
4.7	การทดสอบการเก็บข้อมูลบนระบบฐานข้อมูลสำรองและฐานข้อมูล.....	61

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.1	กรอบแนวคิดการวิจัย	4
2.1	หลักการทำงานของระบบพลังงานแสงอาทิตย์	7
2.2	ไฟฟ้ากระแสสลับ	8
2.3	ไฟฟ้ากระแสตรง	9
2.4	ตัวอย่างสมองกลฝังตัว	10
2.5	การเชื่อมต่อ เซ็นเซอร์ Node	11
2.6	การเชื่อมต่อแบบโครงข่าย	15
2.7	หลักการทำงานของ MQTT Protocol	16
3.1	หลักการทำงานระบบ	19
3.2	การออกแบบการเชื่อมต่ออุปกรณ์ Single Line Diagram	20
3.3	การออกแบบการเชื่อมต่อการทำงานของ Raspberry Pi	21
3.4	การออกแบบฮาร์ดแวร์ระบบสวิตซ์ไฟฟ้าในการควบคุมการทำงานในบ้านอัจฉริยะ	21
3.5	ภาพพัฒนาซอฟแวร์ Node-red บน Raspberry	23
3.6	การส่งข้อมูลและตรวจเช็คข้อมูลในกรณีไม่สามารถเชื่อมต่อระบบอินเทอร์เน็ต	25
3.7	ชุดคำสั่งการสลับการทำงานไฟฟ้า	26
3.8	การออกแบบหลักการทำงาน Docker บนสมองกลฝังตัว Raspberry Pi	27
3.9	การทำงานของผู้ใช้ระบบและความสัมพันธ์	28
3.10	ภาพออกแบบภาพรวมหน้าจอการแสดงผล	34
3.11	การเข้าสู่ระบบการทำงานเว็บแอปพลิเคชัน	35
3.12	การแสดงผลข้อมูลหลักเว็บแอปพลิเคชัน	35
3.13	การแสดงผลและการควบคุมระบบพลังงานไฟฟ้า	36
3.14	การเพิ่มข้อมูลบ้านบนระบบ	37
3.15	การแก้ไขข้อมูลและการรายการข้อมูลบ้านอัจฉริย	37
3.16	การออกแบบระบบฐานข้อมูล	38
4.1	ฮาร์ดแวร์ระบบติดตามและควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับ	41

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.2	การเชื่อมต่อเซ็นเซอร์ตรวจวัดพลังงานกับสมองกลฝังตัว Raspberry Pi.....	42
4.3	โปรแกรมการอ่านข้อมูลพลังงานไฟฟ้าบนโปรแกรม Node-red.....	43
4.4	การตั้งค่าการอ่านข้อมูลพลังงานไฟฟ้า.....	43
4.5	การพัฒนาโปรแกรมอ่านข้อมูลพลังงานไฟฟ้าบนโปรแกรม Node-red	44
4.6	การพัฒนาโปรแกรมการรับคำสั่งควบคุมการทำงานของ Raspberry Pi.....	45
4.7	ภาพฮาร์ดแวร์ระบบสวิตซ์ไฟฟ้าในการควบคุมการทำงานในบ้านอัจฉริยะ.....	45
4.8	ทดสอบประสิทธิภาพของแรงดันและค่ากระแสไฟฟ้าเซ็นเซอร์ PZEM 017.....	47
4.9	การเข้าใช้งานระบบ.....	53
4.10	หน้าหลักการแสดงผลข้อมูลพลังงานบ้านอัจฉริยะ.....	54
4.11	การเว็บแอปพลิเคชันในการควบคุมการทำงานระบบไฟฟ้าบ้านอัจฉริยะ.....	54
4.12	การเพิ่มข้อมุลบ้านอัจฉริยะ.....	55
4.13	การแก้ไขข้อมูลบ้านอัจฉริยะ.....	55
4.14	ภาพการทดสอบ API การรับส่งข้อมูล บน Postman.....	56
4.15	การทำงานการบันทึกข้อมูลลงระบบฐานข้อมูล.....	57
4.16	การ Run Docker สำหรับเว็บแอปพลิเคชันและ Api.....	58
4.17	การบันทึก Log ข้อมูลจากระบบฐานข้อมูลบน Raspberry Pi.....	58
4.18	การบันทึกข้อมูลแบบเชื่อมต่อโดยตรง.....	59
4.19	การใช้งานฟังชันส่งข้อมูลย้อนหลังเพื่อบันทึกข้อมูลลงในฐานข้อมูล.....	60
4.20	ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับบ้านอัจฉริยะ.....	62
4.21	พฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับบ้านอัจฉริยะ.....	63
4.22	การเปรียบเทียบการใช้พลังงานระหว่างระบบไฟฟ้ากระแสตรง.....	64

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

พลังงานไฟฟ้ามีส่วนสำคัญต่อการใช้ชีวิตประจำวันของมนุษย์ ความต้องการของการใช้พลังงานไฟฟ้ามีมากขึ้นและเพิ่มขึ้นตามจำนวนอุปกรณ์หรือโหลดที่มนุษย์สร้างขึ้นทำให้การใช้พลังงานไฟฟ้า มนุษย์ต้องเร่งนำทรัพยากรธรรมชาติมาใช้ในการผลิตพลังงาน แต่ทรัพยากรธรรมชาตินั้นมีข้อจำกัดเนื่องจากเป็นวัตถุดิบที่สร้างพลังงานโดยเฉพาะเชื้อเพลิงจากฟอสซิลนั้นมีปริมาณที่จำกัด เช่น ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน น้ำมัน จึงมีการคิดค้นพลังงานทดแทนในการผลิตพลังงานไฟฟ้า เช่น พลังงานลม พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานน้ำ พลังงานความร้อนใต้พิภพ พลังงานชีวมวล และพลังงานชีวภาพ มาช่วยในการผลิตพลังงานไฟฟ้า เพื่อให้สามารถใช้ไฟฟ้าเพียงพอต่อความต้องการของการใช้งานของมนุษย์ ปันวาร์ เกาซิก และโกธารี (Panwar, Kaushik & Kothari, 2011) พลังงานทดแทนยังสามารถลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการผลิตพลังงานเชื้อเพลิงที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมที่จะส่งผลให้เกิดภาวะโลกร้อนตามมาและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อนตามมา

ซึ่งความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าที่กล่าว มีการนำพลังงานทดแทนมาใช้มากขึ้นในชีวิตประจำวันโดยเฉพาะพลังงานไฟฟ้าแสงอาทิตย์ที่มีการนำมาใช้อย่างแพร่หลาย เนื่องจากสามารถรับพลังงานได้จากทุกมุมโลกและตอบโจทย์ในด้านของราคาและความคุ้มทุน เคย์ แซม และช้าง, กาบีร์ และคนอื่น ๆ, เรา และเบิร์ด (Cai, Sam & Chang, 2018; Kabir et al., 2018; Rau & Baird, 2018) ซึ่งแผงเซลล์แสงอาทิตย์จะผลิตพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current: DC) ในขณะที่ไฟฟ้าที่ใช้อยู่ในปัจจุบันนั้นเป็นกระแสสลับ (Alternative Current, AC) ทำให้กระแสไฟฟ้าของบ้านที่มีการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์นั้นมีการใช้งานอยู่ 2 ชนิด ลี และคนอื่น ๆ (Lee et al., 2018) จึงต้องมีการสร้างอุปกรณ์และระบบเพื่อตรวจวัดและควบคุมการทำงานของระบบให้ถูกต้องและสามารถทำงานร่วมกันได้ เพื่อความปลอดภัยและการจัดการระบบไฟฟ้าของบ้านให้เกิดประสิทธิภาพอย่างสูงสุด

ระบบติดตามและควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าในปัจจุบันมีการพัฒนาเทคโนโลยีในการสร้างเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่สามารถตรวจวัดการใช้พลังงาน เบดิ และคนอื่น ๆ (Bedi, et al, 2018) โดยการนำเทคโนโลยีไอโอทีมาประยุกต์ใช้งานของการนำอุปกรณ์อ่านข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้ามาใช้ร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ในการประมวลผลข้อมูลและส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์แม่ข่าย แต่การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ยังไม่สามารถตอบโจทย์ในการพัฒนาได้ มอร์เชด, มูอีด-อูร์-เราะห์มาน, คาริม และซามาน (Morshed, Muid-Ur-Rahman, Karim & Zaman, 2015) เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์ไม่สามารถทำงานที่มีความซับซ้อนทำให้เกิดปัญหาในการเก็บข้อมูลและการควบคมในการส่งข้อมูลการใช้พลังงานฟ้าไปยังระบบอินเทอร์เน็ต โดยเมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ ไม่สามารถเชื่อมต่อระบบอินเทอร์เน็ต จะทำให้ไม่สามารถส่งข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าที่อ่านค่าได้จากอุปกรณ์ตรวจวัดถึงแม้จะมีการเก็บข้อมูลสำรองในการ์ดความจำ เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์ไม่สามารถส่งข้อมูลจากหน่วยความจำสำรองได้ ทำให้ไม่สามารถส่งข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ครบถ้วนและสมบูรณ์ไปยังคอมพิวเตอร์แม่ข่าย อีกทั้งปัจจัยด้านความร้อนของชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ที่จะส่งผลให้มีการทำงานที่ผิดปกติและเกิดความผิดพลาดในการอ่านข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า ตลอดจนถึงการใช้งานในการติดตามและควบคุมการทำงานของระบบไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับร่วมกัน ยังไม่มีระบบที่สามารถตรวจวัดไฟฟ้าได้ทั้ง 2 ระบบ เพื่อการจัดการไฟฟ้าให้มีความปลอดภัยและบริหารจัดการภาระทางไฟฟ้าของบ้าน

จากปัญหาดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาระบบติดตามและควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับกระแสสลับสำหรับบ้านอัจฉริยะ เพื่อให้รองรับการใช้พลังงานไฟฟ้าที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้ง 2 รูปแบบที่จะเกิดขึ้นในอนาคตอันใกล้ โดยได้มีการนำระบบสมองกลผังตัวราสเบอรี่พายมาประยุกต์ใช้ผ่านระบบติดตามและควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับกระแสสลับสำหรับบ้านอัจฉริยะ เพื่อให้สามารถเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าและส่งข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าไปยังคอมพิวเตอร์แม่ข่ายอย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยรองรับกรณีเกิดความไม่เสถียรของสัญญาณอินเทอร์เน็ต และระบบติดตามและควบคุมไฟฟ้าสามารถแสดงผลข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า สถิติการใช้พลังงานไฟฟ้า การแสดงผล ผ่านเว็บแอปพลิเคชัน เพื่อที่จะสามารถนำข้อมูลมาบริหารจัดการภาระการใช้พลังงานไฟฟ้าของบ้านได้ทั้งระบบไฟฟ้ากระแสสลับและกระแสตรง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อสร้างชุดอุปกรณ์ติดตามและควบคุมโดยใช้ราสเบอรี่พายร่วมกับโมดูลเซ็นเซอร์ตรวจวัดไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับกระแสสลับสำหรับบ้านอัจฉริยะ

2. เพื่อพัฒนาฐานข้อมูลและเว็บแอปพลิเคชันสำหรับติดตามและสลับการทำงานไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับกระแสสลับสำหรับบ้านอัจฉริยะ

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. สามารถทราบถึงข้อมูลภาระทางไฟฟ้ากระแสตรงกับไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับบ้านอัจฉริยะ

2. สามารถเก็บข้อมูลภาระทางไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับสำหรับบ้านอัจฉริยะ

3. ได้ชุดอุปกรณ์ติดตามและสลับการทำงานไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับกระแสสลับสำหรับบ้านอัจฉริยะ

4. ได้ฐานข้อมูลและเว็บแอปพลิเคชันสำหรับติดตามและควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับกระแสสลับสำหรับบ้านอัจฉริยะ

ขอบเขตของการวิจัย

ขอบเขตด้านฮาร์ดแวร์

1. บ้านพักภายในชุมชนอัจฉริยะ โดยในชุมชนมีบ้านพักและอาคารทั้งหมด 10 หลัง มีประชากรอาศัยอยู่ 20 คน สร้างอุปกรณ์สามารถตรวจวัดภาระทางไฟฟ้าสำหรับไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับบ้านอัจฉริยะ โดยสามารถทดลองการเก็บข้อมูลบ้านอัจฉริยะวิทยาลัยพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยีชุมชนแห่งเอเชีย

2. อุปกรณ์สามารถสลับการทำงานการเปิด-ปิดไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับบ้านอัจฉริยะ โดยสามารถตรวจสอบแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับที่แรงดันมาตรฐานโดยตรวจวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220 -240โวลต์ แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 290 โวลต์ ถึง 300 โวลต์ โดยถ้าระบบไฟฟ้ากระแสตรงไม่ถึงเกินกำหนดจะสลับการทำงานไปใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ

3. อุปกรณ์สามารถส่งข้อมูลให้กับคอมพิวเตอร์แม่ข่ายผ่านทางสัญญาณเครือข่ายไร้สายอินเทอร์เน็ต

ขอบเขตด้านซอฟต์แวร์

1. ระบบเว็บแอปพลิเคชันสามารถจัดการ เพิ่ม/ลบ/แก้ไข อุปกรณ์ติดตามไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับบ้านอัจฉริยะ

2. ระบบเว็บแอปพลิเคชันสามารถแสดงผลข้อมูลการติดตามระบบไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับบ้านอัจฉริยะ

3. ระบบฐานข้อมูลสามารถบันทึกข้อมูลภาระทางไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับบ้านอัจฉริยะ

4. ระบบเว็บแอปพลิเคชันสามารสลับการทำงานของไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับ

5. ระบบสามารถเก็บข้อมูลภาระทางไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในกรณีเกิดความไม่เสถียรของสัญญาณอินเทอร์เน็ตไร้สาย

ขอบเขตด้านเวลา

ระยะเวลาทำการศึกษาวิจัย 5 ปีการศึกษา (มิถุนายน 2562 – พฤษภาคม 2567)

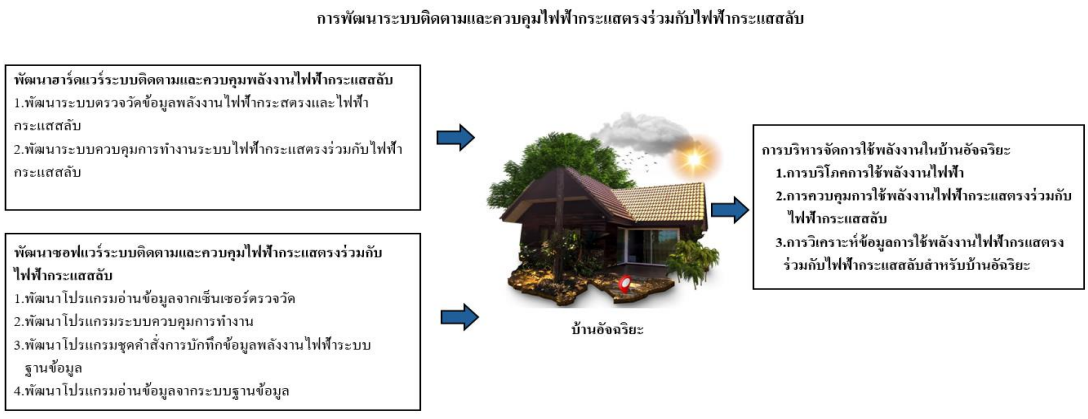
ขอบเขตด้านสถานที่

ทำการศึกษาบ้านพักภายในชุมชนอัจฉริยะ ศูนย์การเรียนรู้เชียงใหม่เวิลด์กรีนซิตี้ ตั้งอยู่ในพื้นที่วิทยาลัยพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยีชุมชนแห่งเอเชีย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ศูนย์แม่ริม

นิยามศัพท์เฉพาะ

บ้านอัจฉริยะ เป็นบ้านอัจฉริยะที่มีการนำพลังงานทดแทนมาประยุกต์ใช้กับพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับโดยการใช้งานไฟฟ้าในบ้านอัจฉริยะใช้ไฟฟ้ากระแสสลับและกระแสตรงได้ด้วยกัน

กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดการวิจัย

บทที่ 2

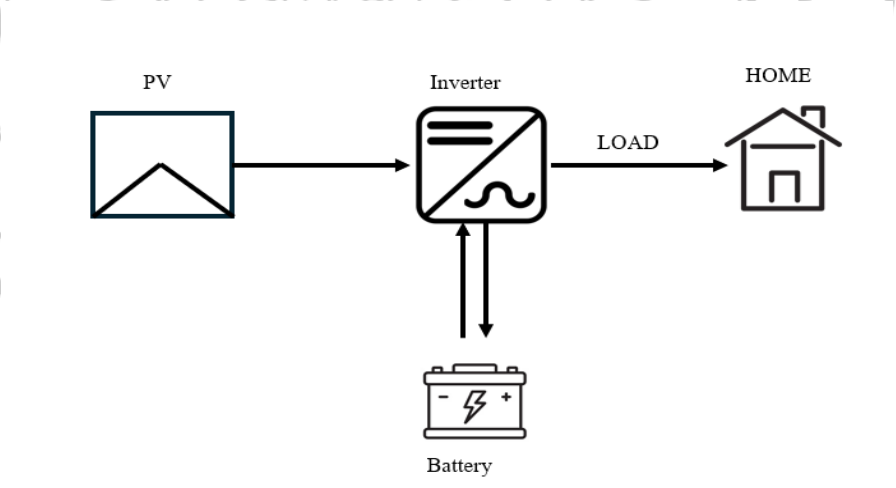
การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ในการออกแบบการพัฒนาระบบติดตามและควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับกระแสสลับสำหรับบ้านอัจฉริยะ มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะมีการศึกษาหรืองานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องตั้งแต่เริ่มออกแบบวิเคราะห์ระบบ การออกแบบและสร้างอุปกรณ์ตรวจวัดไฟฟ้าและควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ ตลอดจนถึงหลักการทำงานในคำสั่งควบคุมการทำงานของระบบและการประมวลผลของฐานของฐานข้อมูล จนสามารถทำงานได้สมบูรณ์ตามความต้องการผู้วิจัยได้รวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการพัฒนา ระบบติดตามและควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับกระแสสลับสำหรับบ้านอัจฉริยะ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าแสงอาทิตย์

การนำแสงอาทิตย์มาผลิตพลังงานไฟฟ้า โดยผ่านอุปกรณ์ที่เรียกว่า เซลล์แสงอาทิตย์ที่ประกอบไปด้วยสานกึ่งตัวนำ เช่นซิลิกอล ทันที่ที่แสงตกกระทบบนเซลล์แสงอาทิตย์รังสีของแสงที่มีอนุภาพโฟตอน (Proton) จะทำการถ่ายเทพลังงานให้กับอิเล็กตรอน (Electron) ในการกึ่งตัวนำจนมีพลังงานมากพอที่จะกระโดดออกมาจากแรงดึงดูดของอะตอม (Atom) และเคลื่อนที่อย่างอิสระดังนั้นเมื่อมีอิเล็กตรอนเคลื่อนที่ครบวงจรจะทำให้เกิดไฟฟ้ากระแสตรงขึ้น (DC) ทำให้มีการนำเซลล์แสงอาทิตย์มาผลิตพลังพลังงาน เช่น เซลล์แสงอาทิตย์สำหรับพื้นที่ไม่มีระบบไฟฟ้า เซลล์แสงอาทิตย์สำหรับการเกษตร เซลล์แสงอาทิตย์สำหรับบ้านที่อยู่อาศัย แต่ทั้งนี้การนำไฟฟ้ากระแสตรงที่ได้รับจากเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้ไม่สามารถใช้ได้กับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสสลับได้ จึงต้องการเปลี่ยนพลังงานจากไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) จะต้องใช้อุปกรณ์อินเวอร์เตอร์ (Inverter) เป็นอุปกรณ์ที่มีวงจรแปลงไฟฟ้าจากแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขาเข้าเป็นพลังงานไฟฟ้ารูปคลื่นแรงดันไฟฟ้า โดยที่จะต้องรักษาค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงค่าเข้าให้คงที่ เปรียบเสมือนการรักษาสมดุลของพลังงาน เรียกว่า การปรับความกว้างพัลส์ (Pulse Width Modulation: PWM) ที่ทำหน้าที่ควบคุมการแปลงพลังงานไฟฟ้า โดยค่าพลังงานที่แปลงได้จะเรียกว่าพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับที่สามารถใช้ได้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าที่นิยมในปัจจุบัน การกักเก็บพลังงานจากระบบ

พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อให้สามารถใช้ได้ตลอดทั้งวันนั้นสามารถทำได้โดยการใช้ระบบกักเก็บพลังงานด้วยแบตเตอรี่ (Battery Energy Storage System) โดยทั่วไปแล้ว ระบบนี้ประกอบด้วยหลอดสัญญาณไฟฟ้า (Electrical Conductors) เชื่อมต่อกับแบตเตอรี่ เพื่อให้สามารถเก็บพลังงานไฟฟ้าไว้ภายในแบตเตอรี่ได้ และมีระบบควบคุมและการจ่ายไฟฟ้าออกจากแบตเตอรี่ให้ตรงกับความต้องการการใช้งานของเครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ ในช่วงเวลาที่ต้องการใช้งาน ทำให้สามารถใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบนั้นได้ทั้งช่วงเวลากลางวันและช่วงเวลากลางคืน โดยสามารถปรับความจุของแบตเตอรี่ให้เหมาะสมกับความต้องการการใช้งานของผู้ใช้ได้ตามต้องการใช้งานของผู้ใช้ได้ตามต้องการ เช่น การใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วงเวลาประจำวันหรือในช่วงเวลาที่พื้นที่มีการใช้พลังงานมาก ๆ ตลอดเวลา หรือการใช้งานในช่วงเวลาที่พลังงานไฟฟ้าจากระบบพลังงานสามารถผลิตได้น้อยลง เช่นในช่วงเวลากลางคืนหรือในช่วงเวลาที่มีเมฆมาครอบทำให้พลังงานแสงอาทิตย์ลดลง โดยระบบนี้จะช่วยให้การใช้งานพลังงานไฟฟ้าเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและมีประโยชน์ทั้งทางเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมได้อย่างมากในการเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้พลังงานไฟฟ้าและลดการใช้พลังงานจากแหล่งพลังงานที่ใช้เชื้อเพลิงสิ่งนี้สามารถช่วยลดปัญหาเกี่ยวกับการเสื่อมสภาพของสิ่งแวดล้อมและสิ่งแวดล้อมได้ตามลำดับ โดยในขณะที่มีการนำเทคโนโลยีกักเก็บพลังงานมาใช้แล้ว การใช้งานพลังงานไฟฟ้าจะเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและมีประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อมและสังคมได้อย่างมาก และสามารถใช้งานได้โดยมีความยืดหยุ่นในการปรับตัวตามสภาพแวดล้อมและความต้องการการใช้งานของผู้ใช้ได้อย่างคุ้มค่าและมีประสิทธิภาพที่สูงขึ้นกลางวันและช่วงเวลากลางคืน



ภาพที่ 2.1 หลักการทำงานของระบบพลังงานแสงอาทิตย์

ไมโครกริด

ระบบการจัดจำหน่ายพลังงานที่มีความเป็นอิสระจากระบบจัดจำหน่ายไฟฟ้าหลักหรือโครงข่ายไฟฟ้า (Microgrid) โดย Microgrid มักจะประกอบด้วยตัวกำเนิดพลังงาน (Generators) ต่าง ๆ รวมถึงแหล่งพลังงานทดแทนเช่นพลังงานแสงอาทิตย์หรือพลังงานลม ระบบจัดเก็บพลังงาน (Energy Storage Systems) เช่นแบตเตอรี่ และระบบควบคุมและจำกัดการใช้พลังงาน (Control and Management Systems) เพื่อให้ Microgrid สามารถทำงานได้อย่างเชื่อถือได้ในโหมดออฟ-กริด (Off-Grid) หรือโหมดออน-กริด (On-Grid) ตามเงื่อนไขของการใช้งานและสภาพแวดล้อม โดย Microgrid มักถูกออกแบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้พลังงาน ลดค่าใช้จ่ายในการจัดจำหน่ายพลังงานไฟฟ้า และเพิ่มความยืดหยุ่นในการดำเนินงานในกรณีของภัยพิบัติ หรือการขาดแคลนพลังงานจากระบบโครงข่ายหลัก ในทางปฏิบัติ Microgrid สามารถใช้งานในหลาย ๆ ประเภทของสถานที่ เช่น โรงงาน โรงเรียน โรงพยาบาล หรือชุมชนที่มีความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าในขนาดเล็กถึงปานกลาง โดย Microgrid มักจะเป็นส่วนหนึ่งของแนวคิดในการพัฒนาระบบพลังงานอย่างยั่งยืนและสะอาด (Sustainable and Clean Energy Systems) โดยเฉพาะในยุคปัจจุบันที่มีความสำคัญในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในระดับโลก หนึ่งในตัวอย่างที่น่าสนใจของ Microgrid คือ การใช้งานในพื้นที่ที่มีความห่างไกลจากระบบจัดจำหน่ายไฟฟ้าหลักหรือในพื้นที่ที่มีเสี่ยงต่อภัยพิบัติทางธรรมชาติ เพื่อเพิ่มความเข้ากันได้ในการจัดการภัยพิบัติและความมั่นคงในการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับชุมชนหรือธุรกิจในพื้นที่นั้น การใช้งาน Microgrid ยังเป็นอีกหนึ่งวิธีในการส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนและลดการขึ้นราคาของพลังงานไฟฟ้าในระดับท้องถิ่น ทำให้เกิดความเข้มแข็งและยั่งยืนต่อสภาพแวดล้อมและเศรษฐกิจในระยะยาวได้โดยรวม

ระบบ DC Microgrid เชียงใหม่เวิลกรีนซิตี้ ระบบโครงข่ายไฟฟ้ากระแสตรงจากโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์เป็นแนวทางใหม่สำหรับการจ่ายไฟฟ้าในชุมชนขนาดเล็ก ตัวอย่างของระบบนี้คือชุมชนต้นแบบซึ่งประกอบด้วยบ้านพักอาศัย 5 หลัง สำนักงาน ร้านอาหาร ร้านสะดวกซื้อ ร้านกาแฟ และแปลงผัก ชุมชนนี้ใช้ไฟฟ้ากระแสตรงทั้งหมด โดยอาศัยระบบ DC Power Grid จากโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 25.5 kW ข้อดีของระบบไฟฟ้ากระแสตรงการสูญเสียพลังงานต่ำ: เครื่องใช้ไฟฟ้าส่วนใหญ่ใช้ไฟฟ้ากระแสตรง การใช้ระบบไฟฟ้ากระแสตรงจะช่วยลดการสูญเสียพลังงานจากการแปลงไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรง

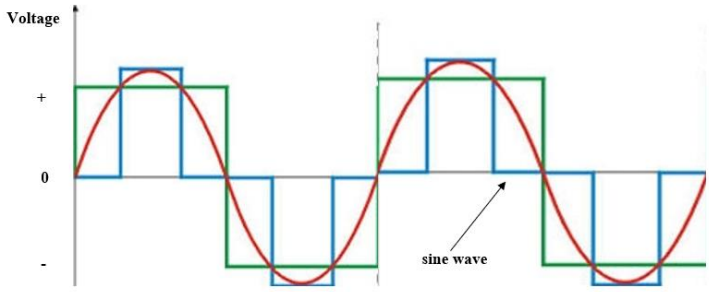
การสูญเสียการแปลงพลังงานจากพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงจากเซลล์แสงอาทิตย์มาแปลงเปลี่ยนพลังงานไฟฟฟ้าเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ

Garbesi, K. (2012) ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับอุปกรณ์และระบบพลังงานที่ใช้กระแสตรง (DC) เพื่อให้ความเข้าใจถึงความหลากหลายของอุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้าแบบนี้และระบบที่ใช้พลังงานกระแสตรง (DC) ในการทำงาน เช่น ระบบโซลาร์เซลล์, ระบบกำลังแสงอาทิตย์, ระบบกระจายไฟฟ้าในโรงงานหรืออาคารที่ใช้กระแสตรง (DC) เป้าหมายของงานวิจัยนี้อาจเพื่อให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจในการใช้งานอุปกรณ์และระบบที่ใช้พลังงาน DC โดยนำเสนอข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับคุณสมบัติ ประสิทธิภาพ และความเหมาะสมของแต่ละอุปกรณ์และระบบที่สามารถใช้กระแสตรง (DC) ในการทำงานได้ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถทำการตัดสินใจเลือกใช้อุปกรณ์หรือระบบที่เหมาะสมกับความต้องการและสภาพแวดล้อมของตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยงานวิจัยพบว่าไฟฟ้ากระแสตรงสามารถลดการสูญเสียจากการแปลงกระแสสลับเป็นกระแสตรงภายในอุปกรณ์เหล่านั้น การประหยัดพลังงานทั้งหมดมากกว่า 30%

วอสโซส และคนอื่น ๆ (Vossos et al., 2017) การวิจัยนี้ได้ศึกษาไปที่การใช้งานอุปกรณ์และระบบไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ในบ้าน เพื่อลดการสูญเสียพลังงานจากกระแสสลับ-กระแสตรง (AC-DC) ที่เกิดขึ้นในกระบวนการแปลงไฟฟ้า เราสามารถสรุปว่าการใช้งานอุปกรณ์และระบบไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ในบ้านเหล่านี้อาจเป็นทางเลือกที่มีประสิทธิภาพในการลดการใช้พลังงานและประหยัดค่าใช้จ่ายในระยะยาว โดยงานวิจัยนี้ได้เปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับ สำหรับบ้านมีเครื่องใช้ไฟฟ้าแอลอีดี ทีวี พัดลม และเครื่องใช้อื่น ๆ โดยการวิจัยพบว่า การใช้พลังงานไฟฟ้ากระแสตรง (DC) มีประสิทธิภาพสูงกว่าไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) โดยมีประสิทธิภาพสูงกว่าประมาณร้อยละ 20 - 30

ระบบไฟฟ้ากระแสสลับ

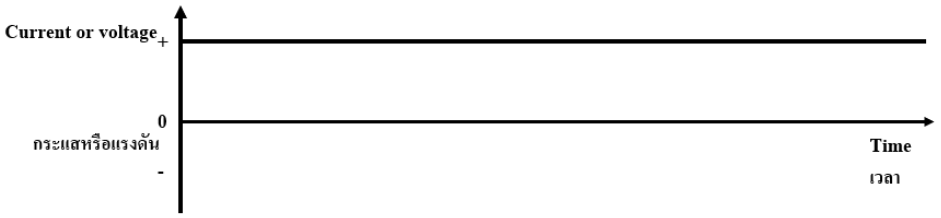
งามประเสริฐ, วรรณการ และรักไทยเจริญชีพ (Ngamprasert, Wannakarn & Rugthaicharoencheep, 2020) ไฟฟ้ากระแสสลับมีทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าในทางกลับกัน คือกระแสไฟฟ้าจะไม่มีขั้วไฟฟ้าว่าเป็นบวกหรือลบ และจะมีทิศทางการไหลที่สลับไปสลับมาอยู่ตลอดเวลา โดยอัตราการเปลี่ยนทิศทางนี้เราเรียกว่าความถี่ของฟ้าสลับ มีหน่วยวัดเป็นเฮิร์ท(Hz) ซึ่งก็คือจำนวนรอบคลื่นต่อหนึ่งวินาที (ไฟฟ้าที่ใช้ภายในบ้านพักอาศัยในประเทศไทยใช้ความถี่ 50Hz) และภาพลักษณะการไหลเราจะเรียกกันว่า คลื่นไซน์ (Sine Wave) ดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 ไฟฟ้ากระแสสลับ

ระบบไฟฟ้ากระแสตรง

เอริกสัน และวิศวกรรม (Erickson & Engineering, 2001) ได้กล่าวว่า ไฟฟ้ากระแสตรง หมายถึง กระแสไฟฟ้าที่มีทิศทางไหลไปในทิศทางเดียวเสมอ คือไหลจากขั้วบวกไปสู่ขั้วลบแรงดันและกระแสของไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันกระแสจะเป็นบวกหรือลบก็ได้ การใช้ไฟฟ้ากระแสตรงนั้นจะมีการจ่ายไฟกระตรงสม่ำเสมอและคงที่ดังแสดงใน ภาพที่ **2.3**2.3

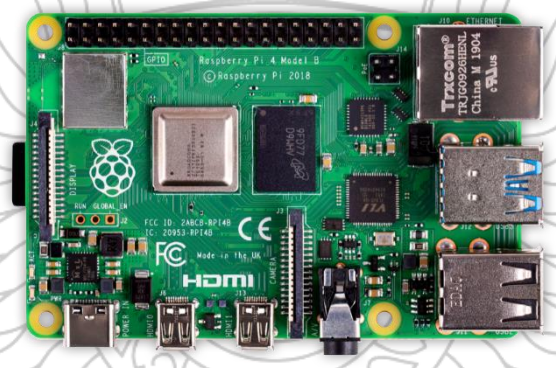


ภาพที่ 2.3 ไฟฟ้ากระแสตรง

ระบบสมองกลฝังตัว

สมองกลฝังตัว (Embedded System) คือ เป็นคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กมากที่ใช้ไมโครโพรเซสเซอร์ชนิดพิเศษ เพื่อฝังระบบประมวลผล ที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ้งออกแบบมาโดยเฉพาะ โดยที่ฝังไว้ในอุปกรณ์ เครื่องใช้ไฟฟ้า และเครื่องเล่น อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ เพื่อควบคุมการทำงานอุปกรณ์เหล่านั้นผ่านซอฟต์แวร์ ซึ่งต่างจากระบบประมวลผลที่เครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วไป เนื่องจากระบบนี้จะฝังตัวลงในอุปกรณ์อื่น ๆ ที่ไม่ใช่เครื่องคอมพิวเตอร์ ในปัจจุบันระบบสมองกล

ฝังตัวได้มีการพัฒนามากขึ้น อุปกรณ์ที่ใช้ระบบสมองกลฝังตัวสังเกตเห็นได้ทั่วไปได้จากอุปกรณ์ประเภทต่าง ๆ ถูกออกแบบมาเพื่อรองรับการทำงานในสภาวะแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูง ฝุ่นละออง หนาแน่น มีการระบายความร้อนได้ดี และทนความร้อนได้สูงโดยไม่ต้องใช้พัดลม จึงเป็นเหตุผลที่ทำให้ระบบสมองกลฝังตัวทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเหมาะสำหรับงานอุตสาหกรรม ในปัจจุบัน คุณสมบัติที่ดีอีกประกาณ์ของระบบสมองกลฝังตัวคือ รองรับการทำงานที่ตลอดเวลาและยาวนาน มีความทนทานสูง มีความต้องการพลังงานไฟฟ้าต่ำและมีน้ำหนักเบา อีกทั้งสมองกลฝังตัวยังสามารถรองรับระบบปฏิบัติการ เช่น วินโดวส์ ลินุกซ์ ฟรีบีเอสดี (Windows Linux FreeBSD) ต่าง ๆ เป็นต้น ระบบปฏิบัติการจะสามารถช่วยให้การใช้งานหรือการประมวลผลข้อมูลหรือทำงานตามชุดคำสั่งที่ดีขึ้น อีกข้อดีของระบบสมองกลคือเมื่อได้ติดตั้งระบบปฏิบัติการจะสามารถลงโปรแกรมสำเร็จรูปในการทำงานช่วยให้เกิดความสะดวกและสามารถทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ โดยยกตัวอย่างของสมองกลฝังตัวแสดงได้ดังภาพที่ **2.4** 2.4



ภาพที่ 2.4 ตัวอย่างสมองกลฝังตัว

ณัฐกิตต์ วิริยะยอดเยี่ยม (2557) ได้ศึกษาระบบรักษาความปลอดภัยและเตือนภัยโดยการประยุกต์ใช้สมองกลฝังตัวราสเบอรี่พาย (Raspberry Pi)โดยการนำสมองกลฝังตัวชนิด ราสเบอรี่พาย (Raspberry Pi) มาลงระบบปฏิบัติการราสเบียน (Raspbian) โดยเริ่มต้นการทำงานโดยโปรแกรมภาษาไพทอน (Python) ตั้งค่าการกำหนดเวลาและเริ่มคำสั่งการเชื่อมต่อไลน์แอปพลิเคชัน (Line Application) ซึ่งจะทำการเชื่อมต่อ Token จากนั้นสั่งเซ็นเซอร์ทำการตรวจจับการเคลื่อนไหวพร้อมจับภาพจากเว็บแคม หากตรงไปตามคำสั่งที่ระบุไว้จะทำการแจ้งเตือนและอัพรูปภาพผ่านวันไดร์ฟ (One Drive)

ชูเรืองและมีกุล (Chooruang & Meekul., 2018) ได้ศึกษาการติดตามพลังงานและการวิเคราะห์ข้อมูลพลังงาน โดยพัฒนาอุปกรณ์และใช้เทคโนโลยี Internet of Thing โดยใช้ไมโครคอนโทรเลอร์ 8266 ส่งข้อมูลจากโมดูลเซ็นเซอร์ตรวจวัดไฟฟ้าในการส่งข้อมูลผ่านโปรโทรคอลเอ็ม คิว คิว ที (MQTT) ในรูปแบบไฟล์เจสัน (Json Format) ให้กับคอมพิวเตอร์แม่ข่ายโดยใช้ราสเบอรี่พาย (Raspberry Pi) ในการทำงานเป็นคอมพิวเตอร์แม่ข่ายและเก็บข้อมูลและแสดงผลข้อมูลผ่านทาง Dashboard หน้าแสดงผลข้อมูล

แมทธิวและอาเบเบเกอร์ (Mathew & Abubeker., 2017) ได้ศึกษาราสเบอรี่พาย (Raspberry Pi) ในการอ่านข้อมูลตรวจวัดความดันโลหิต อุณหภูมิ และชีพจร (Blood Pressure Sensor Model, Temperature SensorDS18B20, ECG SensorAD8232) ในการเก็บข้อมูลในฐานข้อมูลบน Raspberry pi ในการส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์แม่ข่ายผ่านโปรโทรคอลแอช ที ที พี (HTTP) โดยผู้ที่ได้รับข้อมูลสามารถนำข้อมูลไปประมวลผลและลดเวลาการปฏิบัติหน้าที่ในการวิเคราะห์ข้อมูลและเก็บข้อมูล

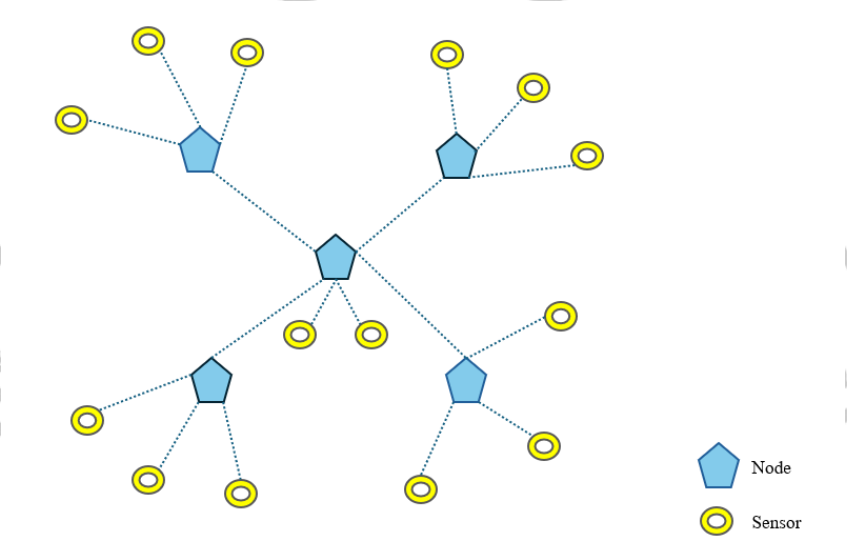
อินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง

อินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง (Internet of Thing: IoT) เกิดจากเควิน แอชตัน (Kevin Ashton) บิดาแห่งอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งในปี ค.ศ. 1999 โดยมีแนวคิดการต่อยอดเทคโนโลยี RFID ที่มีการจับสัญญานและอ่านข้อมูลต่าง ๆ ในเซ็นเซอร์สามารถพูดคุยและเชื่อมต่อกันผ่านระบบออโต้-ไอดี (Auto-ID) โดยได้สรุปว่า อินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งคือระบบอิเล็กทรอนิกส์ที่มีการสื่อสารเดียวกันในระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตนั้นเองโดยใช้คำว่า ธิง (Things) ก็คือคำใช้แทนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ เหล่านั้น

อินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งเป็นแนวคิดที่อุปกรณ์หลากหลายชนิดจะสามารถเชื่อมต่อพูดคุยและสื่อสารกันได้เป็นระบบโครงข่าย และอุปกรณ์สามารถประมวลผลการทำงาน เช่น การเปิด-ปิด อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าเครื่องมือสื่อสาร เครื่องมือทางการเกษตร ในชีวิตประจำวันต่าง ๆ ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตโนการเชื่อมโยงกันอย่างเป็นระบบ สามารถช่วยแก้ปัญหาธุรกิจ สังคม พลังงาน สิ่งแวดล้อม และช่วยแก้ไขปัญหาในชีวิตประจำวัน โดยนำข้อมูลรวบรวมข้อมูลขนาดใหญ่ (Big Data) เข้ามาใช้ในการพัฒนาเพื่อตอบสนองความต้องการของแต่ละรูปแบบ

การสื่อสารของอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งที่ใช้ในการสื่อสารนั้นไม่เพียงแต่เป็นการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตเครือข่ายเพียงเท่านั้นแต่ยังมีตัวแปลอื่น เข้ามาเกี่ยวข้องคือ เซ็นเซอร์ Node ต่าง ๆ จำนวนมาก ที่ทำให้เกิดเครือข่ายไร้สายให้กับอุปกรณ์ต่าง ๆ สามารถเชื่อมต่อเข้ามาได้ ซึ่งเครือข่ายไร้สายนั้น นี่เองสามารถตรวจจับปรากฏการณ์ต่าง ๆ (Physical Phenomena) ในเครือข่ายได้

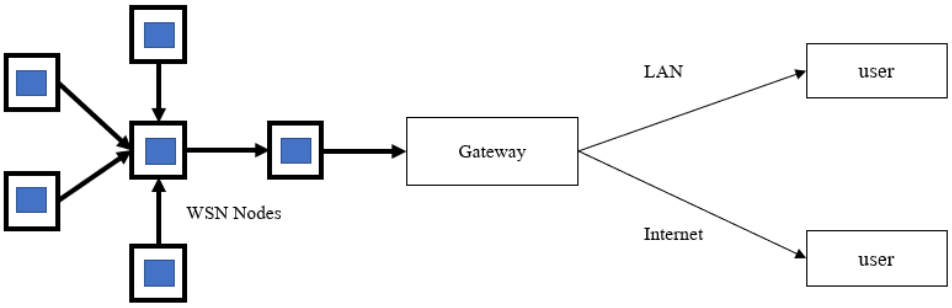
ด้วยยกตัวอย่างเช่น แสง อุณหภูมิ ความดัน เป็นต้น เพื่อส่งค่าไปยังอุปกรณ์ในระบบให้ทำงานหรือสั่งงานอื่น ๆ ต่อไปดังภาพที่ **2.5** 2.5



ภาพที่ 2.5 การเชื่อมต่อเซ็นเซอร์โหนด (Node)

การพัฒนาอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งนั้นนอกจากจะพัฒนาเทคโนโลยีในฝังฮาร์ดแวร์ ได้แก่ โปรเซสเซอร์ (Processors), เรดิโอ (Radios) และเซ็นเซอร์ ก็ยังพัฒนาเครือข่ายไร้สายไปพร้อม ๆ กันด้วย และเมื่อพูดถึงการเชื่อมต่อปัจจุบันได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีสำหรับการเชื่อมต่อสำหรับ อินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งหรือการเข้าถึงเทคโนโลยี (Access technology) ได้แก่ บลูธูท (Bluetooth 4.0 IEEE 802.15.4e WLAN IEEE 802.1) วายฟาย (Wi-Fi)

การพัฒนาการเชื่อมต่อแบบโครงข่ายจำเป็นจะต้องมีเกทเวย์ (Gateway) ในการสื่อสารของข้อมูลอุปกรณ์ โดยการสื่อสารของโหนด (Node) จะสื่อสารกันในรูปแบบโลคอล (Local) ที่สามารถเชื่อมต่อกันโดยข้อมูลจะส่งผ่านเกทเวย์ (Gateway) ในการส่งข้อมูลหาผู้ใช้



ภาพที่ 2.6 การเชื่อมต่อแบบโครงข่าย

การแบ่งกลุ่มของอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ตามการออกขายในตลาดดังนี้

1. อินเทอร์เน็ตในทุกสิ่งด้านอุตสาหกรรม (Industrial IoT) เป็นเทคโนโลยี ที่มีความหลากหลายโดยมีการรวมเทคโนโลยีที่แตกต่างกันในโครงข่ายหรืออินเทอร์เน็ตภายใน โดยอุปกรณ์ในกลุ่มนี้จะเชื่อมต่อแบบ IP Network เพื่อนำข้อมูลจากอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อรับและส่งข้อมูลผ่านอินเทอร์เน็ต

2. อินเทอร์เน็ตในทุกสิ่งเชิงพาณิชย์ (Commercial IoT) เป็นเทคโนโลยีการสื่อสารผ่านบลูธูท (Bluetooth) โดยอุปกรณ์ในกลุ่มนี้จะสื่อสารภายในกลุ่ม โดยการรับส่งข้อมูลจะมีเก็บข้อมูลโดยการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตภายในและไม่กับสื่อสารอินเทอร์เน็ตภายนอก

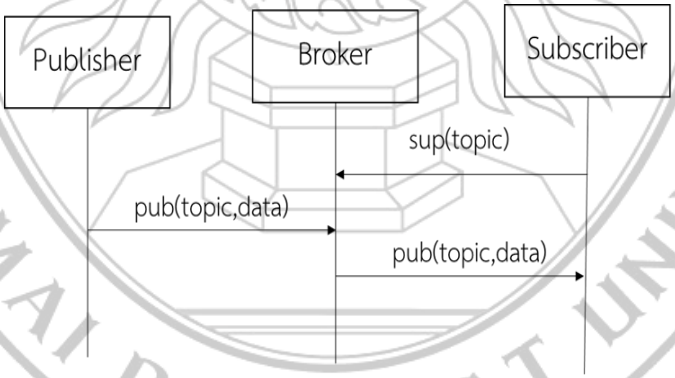
สุเมธี อินคำเชื้อ (2560) ได้ศึกษาเรื่องการออกแบบและพัฒนาระบบตรวจวัดการใช้กระแสไฟฟ้าด้วยเครือข่ายไร้สายโดยทำการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าและค่ากระแสไฟฟ้าผ่านอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า ด้วยเซ็นเซอร์ตรวจวัดกระแสไฟฟ้าชนิดหม้อแปลงกระแสไฟฟ้า (Current Transformer: CT เซ็นเซอร์ SCT013) เพื่ออ่านข้อมูลการใช้กระแสไฟฟ้าจากอุปกรณ์ไฟฟ้า ไมโครคอลโทรลเลอร์ทำการอ่านข้อมูลการใช้กระแสไฟฟ้าและการเชื่อมต่อระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตผ่านการอินเทอร์เน็ตไร้สายวายฟาย (Wi-Fi) ส่งข้อมูลให้กับคอมพิวเตอร์แม่ข่าย โดยการนำสมองกลฝังตัวชนิดราสเบอรีพายเป็นคอมพิวเตอร์แม่ข่ายในรอรับข้อมูลปริมาณกระแสไฟฟ้า และแสดงผลผ่านโปรแกรมบลิ้ง (Blynk)

เอกชัย ดีศิริ (2560) ได้ประยุกต์ใช้งานเอ็นอีทีพีไออี (Network Platform for Internet of Everything: NETPIE) สำหรับตรวจวัดอุณหภูมิในพื้นที่โดยรอบและแรงดังไฟฟ้าของแบตเตอรี่

เครื่องยนต์ โดยงานวิจัยนี้ใช้ไมโครคอนโทรเลอร์ (ESP8266) ในการอ่านค่าข้อมูลแรงดันไฟฟ้าและอุณหภูมิความชื้น โดยการผ่านข้อมูลโวลต์ (Voltage) เซ็นเซอร์, ดีเอชทีพี22 (DHT22 เซ็นเซอร์) และทำการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตไร้สายผ่านโมดูลวายฟาย (Wi-Fi) ส่งข้อมูลให้ระบบเอ็นอีทีพีไออี (NETPIE) ในการแสดงผลข้อมูลและจัดเก็บข้อมูลแรงดันไฟฟ้า

ทฤษฎีการส่งข้อมูลการสื่อสาร

เอ็มคิวทีที (Message Queuing Telemetry Transport: MQTT) เป็นโปรโทรคอลที่ถูกออกแบบมาให้มีขนาดเล็กสำหรับการสื่อสารแบบเอ็มทูเอ็ม (Machine to Machine: M2M) โดยถือกำเนิดจากวิศวกรจากไอบีเอ็ม (IBM) และยูโรเทค (Eurotech) ในปี ค.ศ. 1999 เพื่อนำไปใช้ในระบบเอสซีเอดีเอ (Supervisory Control and Data Acquisition: SCADA) สำหรับเชื่อมต่อท่อส่งน้ำมันบนเครือข่ายที่ไม่มีความเสถียรอย่างอินเทอร์เน็ตดาวเทียม ก่อนที่จะถูกบริจาคกลายเป็นมาตรฐานแบบเปิด (Open Standard) ในปี ค.ศ. 2014 โดยเอ็มคิวทีที (Message Queuing Telemetry Transport: MQTT) เป็นสถาปัตยกรรมแบบไคลเอนต์/เซิร์ฟเวอร์ (Client/Server) ซึ่งมีโทโปโลยี (Topology) แบบฮับ-สโปค (Hub-And-Spoke) ซึ่ง เซ็นเซอร์ ปลายทางจะทำหน้าที่เป็นไคลเอนต์ (client) ซึ่งทำการสร้างเชื่อมต่อแบบทีพีซี (Transmission Control Protocol: TCP) ไปยังคอมพิวเตอร์แม่ข่ายที่มีชื่อเรียกอีกชื่อว่าโบรคเกอร์ (Broker) ซึ่งมีหน้าที่เป็นเสมือนท่อส่งข้อมูลในการรับส่งข้อความ (Message) ระหว่างคลเอนต์ (Client) ที่เป็นได้ทั้งพับบริชเชอร์ (Publisher) และซับสไครบ์ (Subscriber) ดังแสดงภาพที่ **2.7**2.7



ภาพที่ 2.7 หลักการทำงานของ MQTT Protocol

ในการส่งข้อมูลระหว่าง Client ไปยัง Broker นั้นClient ในที่นี้หมายถึง Publisher หรือ Subscriber ที่เชื่อมต่อแบบรวมศูนย์ไปยัง Broker ซึ่งเป็น Software ที่ทำหน้ารับข้อความทั้งหมดที่ได้จาก Publisher แล้วจึงส่งต่อไปให้ Subscriber ตามแต่ Topic ที่ Client ได้ทำการ Subscribe ไว้ซึ่ง Topic เป็นเหมือน address หรือ End point บน Broker ที่ client ทำการเชื่อมต่อเพื่อรับส่งข้อความระหว่างกัน

Grgich et al. (2016) ได้ศึกษาการใช้เว็บแอปพลิเคชันสำหรับระบบติดตามอุณหภูมิและความชื้นโดยการใช้ MQTT Protocol ในการนำสมองกลฝังตัวราสเบอรี่พาย เป็นคอมพิวเตอร์แม่ข่ายอ่านค่าตรวจวัดข้อมูลอุณหภูมิและความชื้น และส่งข้อมูลการสื่อสารเป็นรูปแบบ IoT โดยการสร้าง MQTT Publisher ในการตั้งค่าช่องทางในการสื่อสาร และมี MQTT broker ในการรับข้อมูลการสื่อสารของ MQTT Publisher โดยการส่งข้อมูลจะวิ่งอยู่ในระบบเครือข่าย TCP/IP เมื่อได้ข้อมูลส่งมาจะส่งข้อมูลไปบันทึกข้อมูลโดยใช้โปรแกรมที่พัฒนาโดยภาษา JavaScript โดยเทคนิคเขียนโปรแกรมเป็น AJAX ในการบันทึกข้อมูลในฐานข้อมูล MySQL และใช้ภาษา PHP Script ในการดึงข้อมูลจากฐานข้อมูล MySQL และ protocol ในการแสดงผลผ่านเว็บแอปพลิเคชันโดยภาษา HTMLในการแสดงผลของข้อมูล

ญานพล กลับเจริญ (2560) ได้ศึกษาการพัฒนาระบบตรวจสอบปริมาณไฟฟ้าสำหรับอะพาร์ตเมนต์ขนาดเล็ก โดยการใช้วัดปริมาณการใช้ไฟฟ้าโดยการใช้ เซ็นเซอร์วัดกระแสไฟฟ้า ACS712 ที่วัดปริมาณกระแสไฟฟ้ากระแสตรง ที่มีค่าความแม่นยำ โดยการนำ Arduino เป็นไมโครคอนโทรเลอร์ตระกูล Advanced RISC Machine (ARM) อ่านข้อมูลและตรวจวัดไฟฟ้าจาก เซ็นเซอร์วัดกระแสไฟฟ้า ACS712 และส่งข้อมูลผ่านการเชื่อมต่อ RS232 RX,TX ให้กับโมดูล Wi-Fi การส่งข้อมูลผ่านอินเทอร์เน็ตไร้สายโดยการส่งข้อมูลผ่านโปรแกรม Ngrok ที่จะช่วยเป็นคอมพิวเตอร์แม่ข่ายเพื่อทำงานโปรแกรมฐานข้อมูล MySQL ในการเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าและแสดงผลข้อมูลผ่านเว็บแอปพลิเคชัน

Chanthakit et al. (2018) ได้ศึกษาระบบตรวจสอบคุณภาพอากาศโดยนำไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266 ในอ่านข้อมูลจากเซ็นเซอร์ตรวจวัดสภาพอากาศ โดยการส่งข้อมูลผ่านโปรโทรคอล MQTT Protocol ให้กับโปรแกรม Node-Red ในการจัดการข้อมูลในการบันทึกข้อมูลลงในฐานข้อมูล และการแจ้งเตือนผ่าน Line App Notify และแสดงผลข้อมูลเว็บแอปพลิเคชันการแสดงผลข้อมูลอากาศ

Songkittirote et al. (2018) ได้ศึกษาการควบคุมระบบปลั๊กไฟฟ้าอัจฉริยะโดยการใช้ฐานข้อมูล MySQL และ MQTT Protocol ในการสื่อสารข้อมูลของไมโครคอนโทรเลอร์ ESP8266 เชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตไร้สายและส่งข้อมูลผ่าน MQTT Protocol โดยการสื่อสารของอุปกรณ์

และควบคุมได้ออกแบบการสื่อสารของ Topic data ในการส่งข้อมูลและควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ปลั๊กไฟฟ้า และพัฒนาโปรแกรมในการนำข้อมูลจาก MQTT Protocol แปลงข้อมูลเป็นรูปแบบ JSON และจัดเก็บข้อมูลลงฐานมูล MySQL

ฐานข้อมูล

ฐานข้อมูล คือระบบที่รวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกันเข้าไว้ด้วยกันอย่างมีระบบ มีความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลต่าง ๆ ที่ชัดเจน ในระบบฐานข้อมูลจะประกอบด้วยแฟ้มข้อมูลหลายแฟ้มที่มีข้อมูล เกี่ยวข้องสัมพันธ์กันเข้าไว้ด้วยกันอย่างเป็นระบบและเปิดโอกาสให้ผู้ใช้สามารถใช้งานและดูแลรักษาป้องกันข้อมูลเหล่านี้ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีซอฟต์แวร์ที่เปรียบเสมือนสื่อกลางระหว่างผู้ใช้และโปรแกรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้ฐานข้อมูล

ในปัจจุบัน เทคโนโลยี Database มีการพัฒนาที่รวดเร็ว และมีความหลากหลายมากกว่าแต่ก่อนเป็นอย่างมาก ซึ่งเทคโนโลยีนี้ สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทหลักใหญ่ ๆ นั้นก็คือ Structured Query Language (SQL) กับ No Structured Query Language (NOSQL) หรือเรียกอีกอย่างนึงว่า relational databases (ฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์)กับ non-relational databases (ฐานข้อมูลไม่เชิงสัมพันธ์) โดยเจ้าเทคโนโลยี 2 ตัวนี้ มีความแตกต่างที่เห็นได้ชัดในทางด้านของ โครงสร้างข้อมูล วิธีการสร้าง และรูปแบบการจัดเก็บข้อมูล พูดให้เข้าใจง่ายๆ ให้เปรียบ No Structured Query Language (NOSQL) เสมือนกับ สมุดโทรศัพท์จะมีข้อมูลจะมีโครงสร้างการจัดเก็บที่เหมือนกัน มีรายละเอียดของ เบอร์โทรศัพท์ และที่อยู่ ของทุก ๆ ข้อมูล ส่วนในทางด้านของ No Structured Query Language (NOSQL) ให้เปรียบเสมือนกับโฟลเดอร์ที่เราเอาทุก ๆ อย่างใส่เข้าไปในนั้น ซึ่งจะเหมาะสำหรับการแจกจ่ายงานให้ผู้อื่น

(Structured Query Language: SQL) เป็นฐานข้อมูลที่เป็นที่นิยมอย่างแพร่หลายเป็นเทคโนโลยีที่มีกลไกในการจัดเก็บข้อมูลมายาวนานด้วยการทำงานที่เป็นแบบ Relation Databases ที่เก็บข้อมูลในรูปแบบของตาราง ทำให้มีประสิทธิภาพในการจัดเก็บของมูล ที่ค่อนข้างทนทานปลอดภัยและโอกาสที่จะเกิดการสูญเสียข้อมูลนั้นมีน้อยกว่า แต่ต้องแลกมากับการสร้างโครงสร้างที่ค่อนข้างชัดเจน ทำให้ความยืดหยุ่นในการขยายฐานข้อมูล เป็นไปได้ยาก

คำว่า No Structured Query Language (NOSQL) ใช้เรียกเทคโนโลยีฐานข้อมูลที่ไม่ใช้ Structured Query Language (SQL) โดยกล่าวคือ เริ่มแรกถูกพัฒนามาเพื่อให้ใช้งานเฉพาะทางที่ Structured Query Language (SQL) ไม่สามารถทำได้ โดยที่เห็นได้อย่างชัดเจนเลยก็คือ โครงสร้างที่มีความยืดหยุ่น ทำให้การใช้งานมีความรวดเร็วกว่า และง่ายต่อการขยายฐานข้อมูล

Nasar et al. (2019) ในการจัดการข้อมูล IoT อย่างมีประสิทธิภาพให้ค้นหาสิ่งที่เหมาะสมประเภทของฐานข้อมูลมีความสำคัญมาก การเลือกฐานข้อมูลที่เหมาะสมที่สุดสำหรับ IoT สิ่งที่สำคัญที่สุดคือการเลือกความสามารถในการปรับขนาดความสามารถในการการจัดการข้อมูลจำนวนมากด้วยความเร็วที่เหมาะสม และมีความหลากหลายความยืดหยุ่นของฐานข้อมูลและต้องวิเคราะห์ข้อมูลค่าใช้จ่ายอื่น ๆ

ตารางที่ 2.1 การเปรียบเทียบความสามารถของระบบฐานข้อมูล SQL VS NOSQL

รายการ	SQL	NOSQL
รูปแบบโครงสร้าง	เป็นโครงสร้างของข้อมูล	ไม่เป็นโครงสร้างของข้อมูล
รูปแบบของข้อมูล	ข้อมูลรูปแบบเป็นตาราง	เป็นข้อมูลรูปแบบต้นไม้
ความสามารถของฐานข้อมูล	เหมาะสมสำหรับการค้นหาที่ซับซ้อน	มีความยืดหยุ่นของข้อมูล
ความสามารถในการจัดการข้อมูล	สามารถใช้งานดีกับงานที่มีการประมวลผลในรูปแบบการจัดการ	สามารถใช้งานดีกับงานที่มีข้อมูลขนาดใหญ่ และต้องการประมวลผลข้อมูลขนาดใหญ่

MySQL คือ โปรแกรมระบบจัดการฐานข้อมูล ที่พัฒนาโดยบริษัทมายเอสคิวแอล มีหน้าที่เก็บข้อมูลอย่างเป็นระบบ รองรับคำสั่งภาษาเอสคิวแอล (Structured Query Language: SQL) เป็นเครื่องมือสำหรับเก็บข้อมูล ที่ต้องใช้ร่วมกับเครื่องมือหรือโปรแกรมอื่นมาบรูณาการเพื่อให้ได้ระบบที่รองรับความต้องการของผู้ใช้งานเช่นทำงานร่วมกับเว็บแอปพลิเคชันหรือแอปพลิเคชันในพัฒนาสคริปต์ที่ทำงานอยู่ฝั่งบริการในการดึงข้อมูลออกจากฐานข้อมูล

วิษณุ ช้างเนียม (2560) ได้ทำการศึกษาอุปกรณ์เก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมพื้นที่ปลูกสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียเพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการพยากรณ์การเติมโตและความหวาน โดยมีการออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูล MYSQL ในการเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมจากไมโครอคโทรเลอร์โดยการทำข้อมูลจาก MQTT Protocol มาส่งข้อมูลสคริปต์จัดเก็บข้อมูล อุปกรณ์ รายงนอุปกรณ์และการตั้งค่าการทำงาน

ไพวรรณ มะละ (2561) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาระบบวิเคราะห์ข้อมูลเตียงลมอัจฉริยะเพื่อลมอาการเกิดโรคแผลกดทับ ได้มีการใช้งานเว็บเซอร์วิส (Web Sevice) ในการทำงานร่วมกับ MQTT ในการส่งข้อมูลเพื่อเก็บฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์เพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลด้วยฐานข้อมูล MQSQL โดยมีการเก็บเก็บข้อมูลผู้ป่วย ข้อมูลทางการแพทย์ ข้อมูลแรงดันลมจากเซ็นเอร์ของเตียง ข้อมูลการวิเคราะห์ข้อมูล

Influx DB คือ Open-Source ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลของ Time Series Database ที่พัฒนาขึ้นโดย InfluxData ซึ่ง Influx DB ถูกพัฒนาขึ้นด้วยภาษา Go เหมาะสำหรับการจัดเก็บข้อมูลที่มีประสิทธิภาพสูงและการเรียกค้นข้อมูลชุดข้อมูลแบบเรียลไทม์ ซึ่งจะใช้เป็นที่เก็บข้อมูลสำหรับกรณีการใช้งานใด ๆ ที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลที่มีการ Timestamp เป็นจำนวนมาก เช่น การวัดอัตราการเต้นหัวใจ การทำงานของข้อมูลเซ็นเซอร์ (Internet of Things: IoT) และการวิเคราะห์แบบเรียลไทม์ การใช้ Influx DB ในการเก็บข้อมูลจะทำให้เราสามารถประหยัดเนื้อที่ได้มากยิ่งขึ้นด้วยการกำหนดค่า Influx DB เพื่อเก็บข้อมูลไว้เป็นระยะเวลาที่กำหนดโดยอัตโนมัติ เมื่อหมดอายุจะสามารถลบข้อมูลที่ไม่ต้องการออกจากระบบได้ Influx DB ยังมีภาษาแบบสอบถามคล้าย SQL สำหรับการโต้ตอบกับข้อมูล อีกทั้ง Influx DB ยังสนับสนุนการประมวลผลข้อมูลจาก Graphite การใช้งาน Influx DB สามารถจัดเก็บข้อมูล จัดเก็บการตรวจสอบการแสดงภาพและการแจ้งเตือนข้อมูลชุดข้อมูลตามเวลา รูปแบบข้อมูล Influx DB ค่อนข้างแตกต่างจากรูปแบบอื่น ๆ เช่น Graphite, RRD หรือ OpenTSDB โดย Influx DB มีโปรโตคอลในการส่งข้อมูลของ Time Series Database โดยทั้งหมดจะอยู่ในรูปแบบ measurement-name, tag-set, field-set, timestamp โดย <measurement> คือ เป้าหมายสิ่งที่เราต้องการวัดค่า เช่น Orders, Claims, CPU, Client, Host โดยจะเป็นชุดสตริงและในส่วนของ tag จะเป็นชุดของ key และ value หรือ <tag-key>=<tag-value> ซึ่งจะเป็นค่าทั้งหมดของสตริง ซึ่ง tag จะเป็นตัวแปลที่บอกคุณลักษณะของ measurement มีชนิดข้อมูลเป็น label, nominal หรือ category ในส่วนของ field-set จะเป็น <field-key>=<field-value> คือ ชื่อตัวแปลแบบวัดค่าได้ จะเป็นการบอกปริมาณของ measurement มีชนิดข้อมูลเป็นตัวเลขและ Timestamp คือ [unix-nano-timestamp] เป็นเวลาที่บันทึก measurement ซึ่งจะมีหน่วยเป็นตัวเลข ในกรณีที่ไม่มีการระบุข้อมูลใด ๆ timestamp จะคือการกำหนดให้เวลานั้นเป็นสถานะของวัตถุ

Chooruang & Meekul (2018) ได้ทำการศึกษา การออกแบบระบบติดตามตรวจวัดไฟฟ้าโดยการออกแบบ ได้ใช้ไมโครคอนโทรล์เลอร์ในอ่าน PZEM 04 โดยการส่งข้อมูลผ่าน MQTT protocol โดยการออกแบบการเก็บข้อมูล Influx DB ในการเก็บข้อมูลโดยในรูปแบบ Json โดยมีการเก้บข้อมูลรหัสของอุปกรณ์ แรงดังไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และการใช้ไฟฟ้า โดยมีค่าเวลาเป็นคีย์หลักในการดึงขอมูลจากฐานข้อมูล Influx DB ออกมาแสดงผลผ่านเว็บแอปพลิเคชัน Grafana

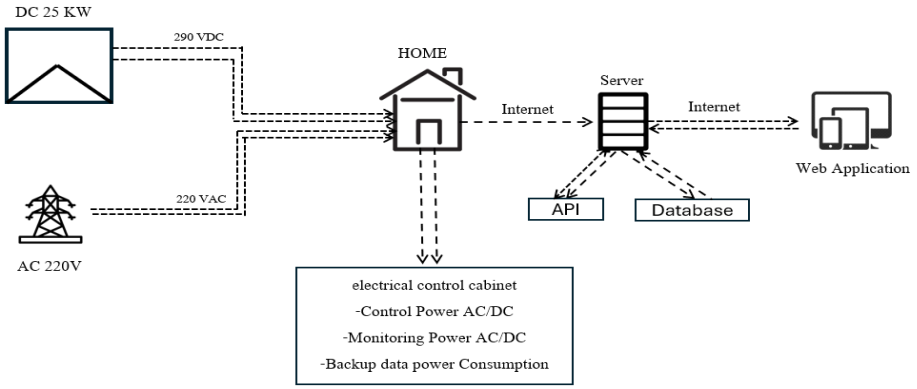
บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนาระบบติดตามและควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับบ้านอัจฉริยะ เป็นการพัฒนาเพื่อให้บ้านรองรับการใช้พลังงานไฟฟ้าทีมีการใช้ไฟฟ้าทั้ง 2 รูปแบบที่จะเกิดจากการนำพลังงานทดแทนหรือพลังงานอื่นมาประยุกต์ใช้ในอนาคตอันใกล้ โดยระบบจะมีประสิทธิภาพและมีความปลอดภัย

การออกแบบหลักการทำงานระบบ

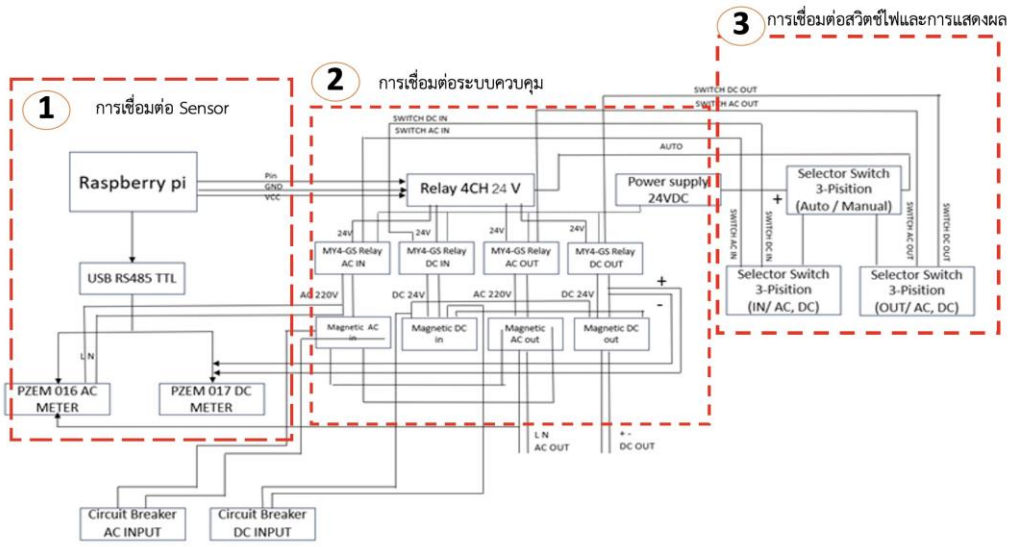
ทำงานระบบติดตามและควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับบ้านอัจฉริยะ จะออกแบบให้บ้านอัจฉริยะสามารถใช้แหล่งพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงจาก DC Mirco Grid และรับพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับจากระบบของการไฟฟ้า โดยระบบติดตามและควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับจะทำการควบคุมและติดตามแหล่งพลังงานที่จ่ายให้กับโหลดเครื่องใช้ไฟฟ้า เมื่อได้รับข้อมูลพลังงานไฟฟ้าและการควบคุมการทำงานระบบจะทำการส่งข้อมูลติดต่อกับระบบฐานข้อมูลในการจัดเก็บข้อมูลพลังงานนำข้อมูลส่งไปยังเว็บแอปพลิเคชันในการแสดงผลและการควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ ดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 หลักการทำงานระบบ

การออกแบบการเชื่อมต่ออุปกรณ์ Single Line Diagram

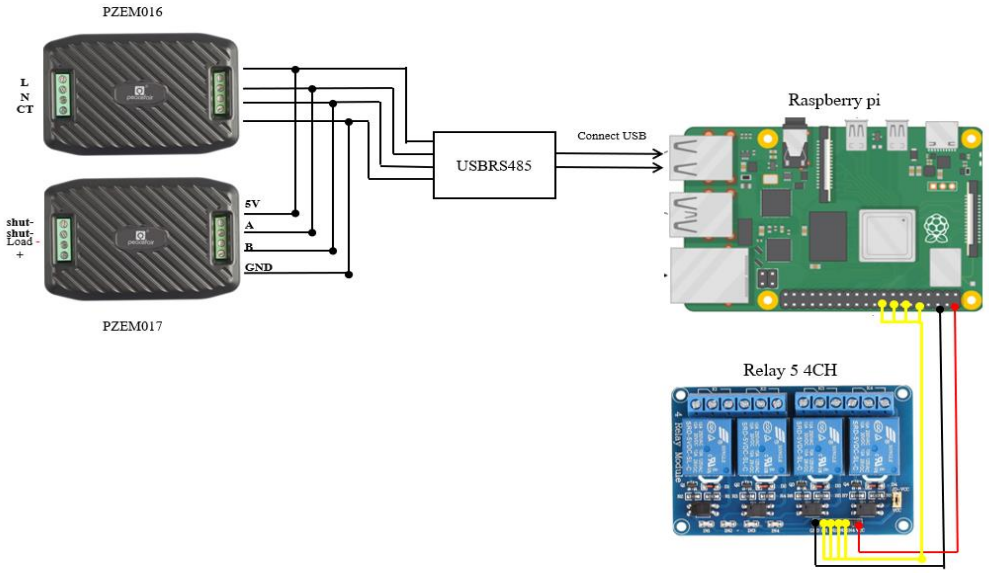
โดยการออกแบบ Single Line Diagram จะออกแบบในการ ได้ออกแบบนำอุปกรณ์มาเชื่อมต่อและติดตั้งลงกล่องควบคุมโดยใช้ตู้ไฟสวิตช์บอร์ด แบบไม่มีหลังคาในการจัดวางอุปกรณ์ โดยการนำอุปกรณ์ตรวจวัดวัดพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ PZEM 017 และ PZEM 016 ติดตั้ง เข้ากับระบบบควบคุม Relay switch 4CH 5V ที่ทำงานร่วมกับ MY4-GS Miniature Power Relays กับ AF16-30-10-13 - ABB Magnetic Switch ในการควบคุมการทำงานระบบ ร่วมไปถึงอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ทำหน้าที่ดูแลและควบคุมการทำงานของระบบไฟฟ้า เช่น สวิตช์ไฟฟ้า Circuit Breake และ Surge Protector กันฟ้าผ่าน และฟิวส์ (Fuse) ดังภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 การออกแบบการเชื่อมต่ออุปกรณ์ Single Line Diagram

การออกแบบการเชื่อมต่อการทำงานของ Raspberry Pi

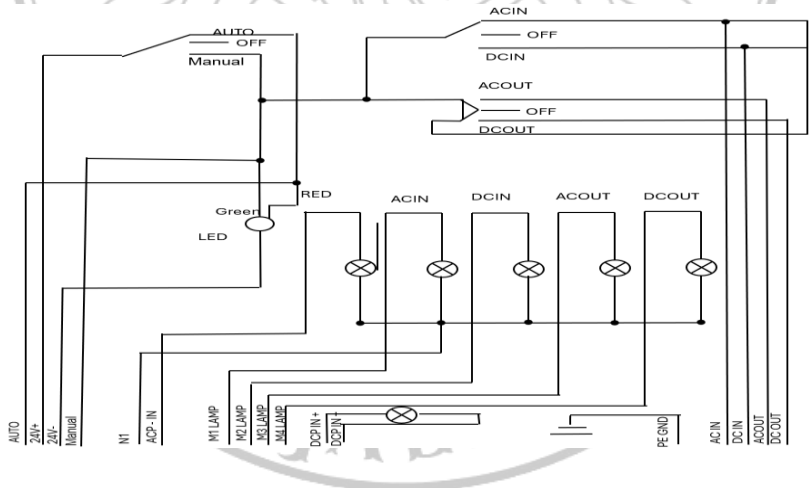
โดยการออกแบบการเชื่อมต่อการทำงานของ Raspberry Pi ได้ออกแบบการเชื่อมต่อการทำงานกับเซ็นเซอร์ตรวจวัดพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง (PZEM017) และพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ (PZEM016) โดยใช้ (USB RS485 TTL) อ่านข้อมูลจากเซ็นเซอร์ โดยใช้ไฟฟ้าขนาด 5V และเชื่อมต่อขา GND ในการจ่ายพลังงานให้เซ็นเซอร์ตรวจวัดและอ่านข้อมูลจากขาเซ็นเซอร์ PIN A และ B ในส่วนของระบบควบคุมพลังงานไฟฟ้าจะใช้ Relay 5 V 4CH เชื่อมต่อกับ Raspberry Pi และรับคำสั่งการควบคุมพลังงานไฟฟ้าจาก Raspberry Pi ในการสั่งควบคุมไฟฟ้า ร่วมกับโมดูล MY4-GS Miniature Power Relays และ AF16-30-10-13-ABB Magnetic Switch ในการจ่ายพลังงานให้กับบ้านอัจฉริยะ ดังภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 การออกแบบการเชื่อมต่อการทำงานของ Raspberry Pi

การออกแบบสวิตซ์หน้าตู้ระบบควบคุม

เพื่อให้ระบบควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับไฟฟ้ากระแสสลับทำงานอย่างมีประสิทธิภาพกับบ้านอัจฉริยะ ได้ออกแบบให้ระบบสามารถควบคุมการทำงานผ่านหน้าตู้ควบคุมเพื่อป้องการเกิดปัญหาในการเชื่อมต่อกับระบบ Raspberry Pi ในรูปแบบของเว็บแอปพลิเคชัน จึงได้พัฒนาระบบฮาร์ดแวร์เพื่อลองรับในการใช้งาน ได้ออกแบบการเชื่อมต่อระบบสวิตซ์ไฟหน้าตู้ควบคุมได้ออกแบบการเชื่อมต่อ Single Line Diagram ดังภาพที่ 3.4



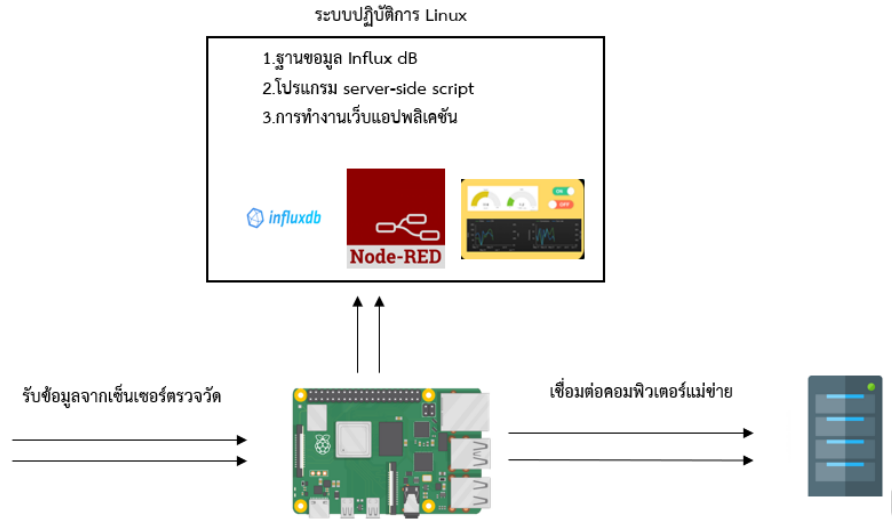
ภาพที่ 3.4 การออกแบบฮาร์ดแวร์ระบบสวิตซ์ไฟฟ้าในการควบคุมการทำงานในบ้านอัจฉริยะ

เพื่อให้ระบบควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับไฟฟ้ากระแสสลับทำงานอย่างมีประสิทธิภาพกับบ้านอัจฉริยะ ได้ออกแบบให้ระบบสามารถควบคุมการทำงานผ่านหน้าตู้ควบคุม เพื่อป้องการเกิดปัญหาในการเชื่อมต่อกับระบบ Raspberry Pi ในรูปแบบของเว็บแอปพลิเคชัน จึงได้พัฒนาระบบฮาร์ดแวร์เพื่อลองรับในการใช้งาน ได้ออกแบบการเชื่อมต่อระบบสวิตซ์ไฟหน้าตู้ควบคุมได้ออกแบบการเชื่อมต่อ Single Line Diagram ดังภาพที่ 4.7 ซึ่งจะแสดงให้เห็นการเชื่อต่อการทำงานของสวิตซ์ไฟฟ้า 3 ทาง 24V และไฟสถานะของหลอด LED 24V โดยแบ่งสีในการทำงานสีเขียวจะเป็นไฟสถานะของไฟฟ้ากระแสสลับ และสีแดงจะเป็นพลังงานฟ้ากระแสตรง โดยการดูรายละเอียดการทำงานจะต้องดูสถานะไฟทั้งไฟฟ้าเข้าระบบและสถานะไฟฟ้าที่จ่ายให้กับโหลดไฟฟ้า โดยฟังชันการควบคุมหลักจะแบ่งออกเป็น 2 ระบบระบบที่ 1 ควบคุมแบบ Manual system จะสามารถควบคุมจัดการพลังงานไฟฟ้าแหล่งจ่ายเข้าระบบ INPUT ได้ทั้งไฟฟ้ากระแสสลับและไฟฟ้ากระแสตรงร่วมไปถึงการควบคุมการจ่ายโหลดให้พลังงานไฟฟ้าได้ทั้งระบบไฟฟ้ากระแสสลับและไฟฟ้ากระแสตรง ระบบที่ 2.ระบบ Auto จะทำงานตามเงื่อนไขโปรแกรมที่ได้พัฒนาและตั้งค่า โดยจะจัดลำดับสำคัญของพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงมาเป็นอันดับ 1 และพลังงานไฟฟ้ากระแสลับเป็นพลังงานสำรอง ระบบจะย้ายไปทำงานพลังงานไฟฟ้าสลับก็ต่อเมื่อพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงมีแรงดันไฟฟ้าที่ไม่เสถียรตามโปรแกรมที่พัฒนาบนสมองกลฝังตัว

การออกแบบหลักการทำงานระบบบนสมองกลฝังตัว Raspberry Pi

การออกหลักการทำงานซอฟแวร์บนสมองกลฝังตัว Raspberry Pi

การพัฒนาระบบติดตามและควบคุมพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ โดยได้ออกแบบระบบการทำงาน โดย Raspberries PI ติดตั้งระบบปฏิบัติการ Raspbian Linux และติดตั้งโปรแกรม Node-red ในการติดตั้งโปรแกรมในการอ่านข้อมูล เซ็นเซอร์ตรวจวัดพลังงานไฟฟ้าผ่านโปรโทรคอล Modbus ในการอ่านข้อมูลพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงและพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ โดยการอ่านข้อมูลจะพัฒนาโปรแกรมชุดคำสั่งการส่งข้อมูลไปยังระบบอินเทอร์เน็ตแบบ Real-Time ไปยังคอมพิวเตอร์แม่ข่าย รวมถึงการจัดเก็บข้อมูลในระบบฐานข้อมูล Influx DB ทุก ๆ 5 นาที ดังภาพที่ 3.5



ภาพที่ 3.5 ภาพพัฒนาซอฟแวร์ Node-red บน Raspberry Pi

การอ่านข้อมูลเซ็นเซอร์ตรวจวัดพลังงานไฟฟ้า

การอ่านข้อมูลเซ็นเซอร์ตรวจวัดพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับใช้การสื่อสารแบบ Modbus RTU ผ่านพอร์ต RS485 โปรโตคอล Modbus RTU เป็นโปรโตคอลการสื่อสารแบบง่ายๆ ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในระบบอุตสาหกรรม โปรโตคอลนี้กำหนดรูปแบบข้อความสำหรับการส่งและรับข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ต่างๆ ในการกำหนดค่า Modbus RTU สำหรับการอ่านข้อมูลเซ็นเซอร์พลังงานไฟฟ้าต้องระบุพารามิเตอร์ต่อไปนี้:Slave ID: หมายเลขประจำตัวอุปกรณ์เซ็นเซอร์ Function Code: ฟังก์ชันโค้ดสำหรับการอ่านข้อมูล เช่น 0x03 (Read Holding Registers) หรือ 0x04 (Read Input Registers) Starting Address: ที่อยู่เริ่มต้นของข้อมูลที่ต้องการอ่าน Quantity of Registers: จำนวนรีจิสเตอร์ที่ต้องการอ่าน ตัวอย่างการอ่านข้อมูลสมมติว่าเซ็นเซอร์พลังงานไฟฟ้ามี Slave ID 1 และข้อมูลพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงถูกเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ 100 ถึง 102 โค้ด Modbus RTU สำหรับการอ่านข้อมูลพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง 2 รีจิสเตอร์คือ:01 03 100 02 00 00 01 0Fการถอดรหัสโค้ด Modbus RTU นี้มีดังนี้:

01: Slave ID (1)

03: Function Code (Read Holding Registers)

100: Starting Address (100)

02: Quantity of Registers (2)

00 00: CRC Checksum (คำนวณโดยอัตโนมัติ)

01: Byte Count (1)

0F: CRC Checksum (คำนวณโดยอัตโนมัติ)

การประมวลผลผลลัพธ์ เมื่อส่งโค้ด Modbus RTU ไปยังเซ็นเซอร์ เซ็นเซอร์จะตอบกลับด้วยข้อมูลพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง 2 รีจิสเตอร์ ข้อมูลนี้สามารถแปลงเป็นค่าพลังงานไฟฟ้าจริงได้โดยใช้สูตรการแปลงที่กำหนดโดยผู้ผลิตเซ็นเซอร์ตัวอย่างการแปลงค่าสมมติว่าเซ็นเซอร์พลังงานไฟฟ้าส่งกลับข้อมูล 0x000A 0x03E8 โค้ดนี้สามารถแปลงเป็นค่าพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง 10.24 โวลต์และ 1.56 แอมแปร์โดยใช้สูตรการแปลงที่กำหนดโดยผู้ผลิตเซ็นเซอร์Register Address, Description, และ Resolution สำหรับอุปกรณ์ PZEM-016 และ PZEM-017 ที่ใช้โปรโตคอล Modbus RTU:

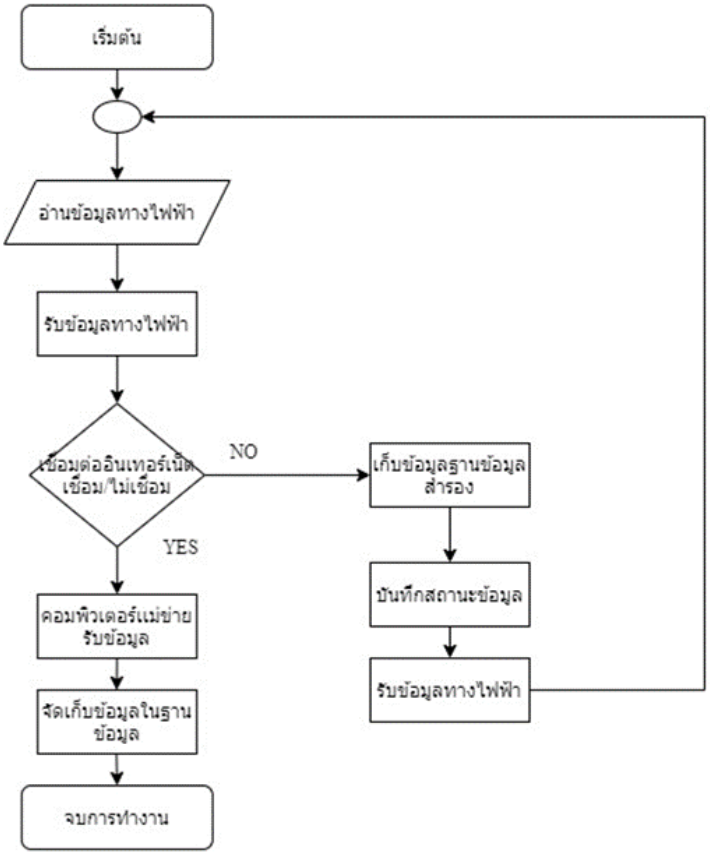
ตารางที่ 3.1 การอ่านข้อมูลไฟฟ้าเซ็นเซอร์ PZEM 016 และ PZEM 017

Register Address	Description	Resolution
0x0000	Voltage Value	1LSB = 0.1V
0x0001	Current Value LSB	1LSB = 0.001A
0x0002	Current Value MSB	16 Bit
0x0003	Power Value LSB	1LSB = 0.1W
0x0004	Power Value MSB	16 Bit
0x0005	Energy Value LSB	1LSB = 1Wh
0x0006	Energy Value MSB	16 Bit
0x0007	Frequency Value	1LSB = 0.1Hz
0x0008	Power Factor Value	1LSB = 0.01
0x0009	Alarm Status	0xFFFF = Alarm
		0x0000 = Not Alarm

โดย Resolution ระบุถึงวิธีการแปลงค่าที่ได้จาก Register ให้เป็นค่าที่เข้าใจได้ เช่น Voltage Value มี Resolution คือ 1LSB = 0.1V แสดงว่า 1 หน่วยของ Register Value เท่ากับ 0.1V ในการแปลงค่าเป็นแรงดัน (Voltage) ที่เข้าใจได้ในหน่วย Volt.

การออกแบบการเชื่อมต่อข้อมูลอินเทอร์เน็ตของราสเบอรี่พาย

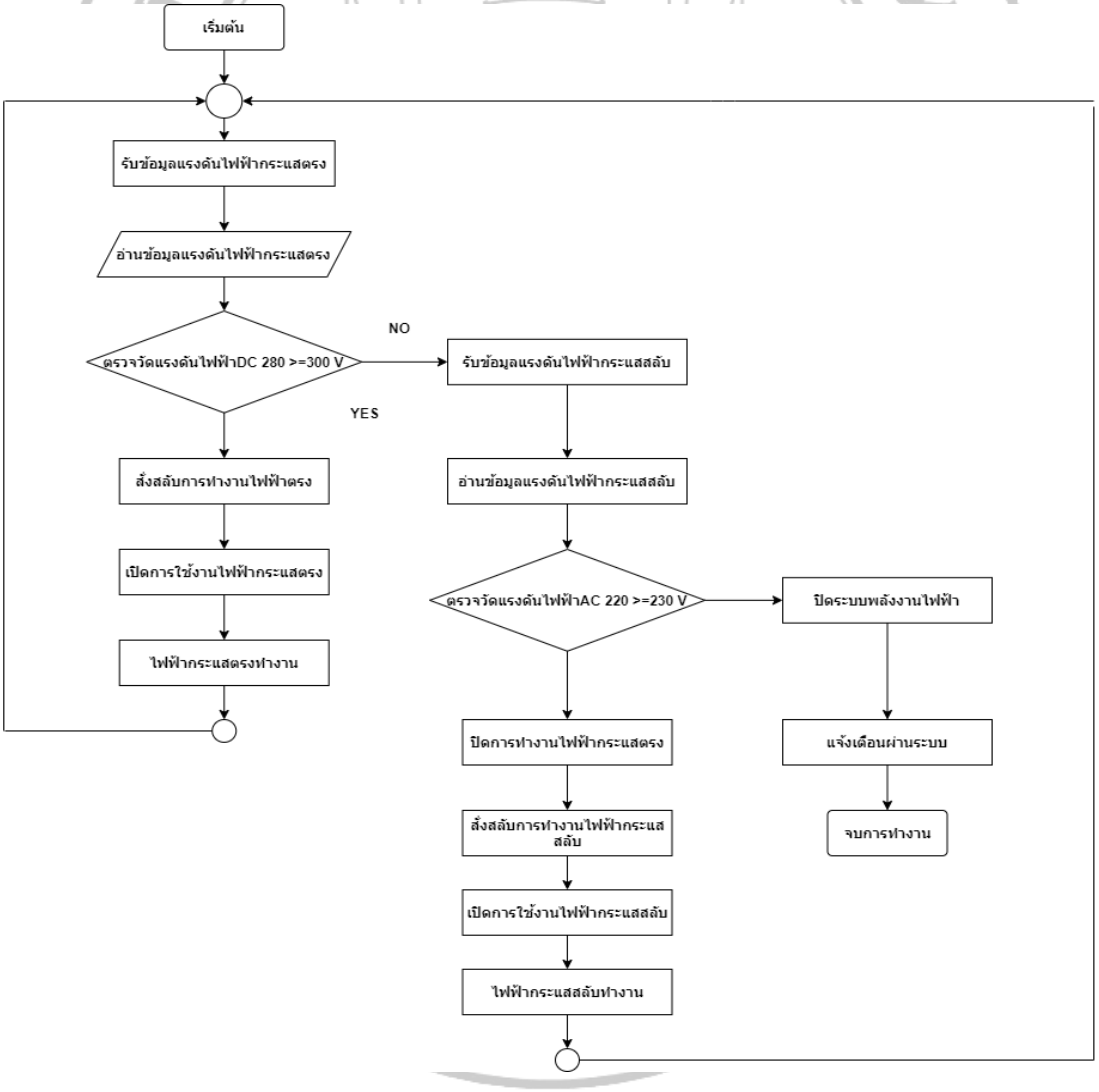
การเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตผ่านระบบเครือข่ายไร้สาย (Wi-Fi) โดยการเชื่อมต่อและส่งข้อมูลทางภาระทางไฟฟ้าและการควบคุมการทำงานของระบบไฟฟ้า โดยจะเริ่มจากราสเบอรี่พายอ่านค่าข้อมูลรับค่าทางไฟฟ้าจากชุดตรวจวัดระบบไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับกระแสสลับ เมื่ออ่านข้อมูลเสร็จเรียบร้อยจะทำการตรวจเช็คระบบอินเทอร์เน็ตหากมีการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตได้จะทำการส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์แม่ข่ายและจัดเก็บข้อมูลลงฐานข้อมูล แต่ถ้าไม่สามารถเชื่อมต่อระบบอินเทอร์เน็ตได้จะทำการเก็บบันทึกข้อมูลไว้ในหน่วยความจำสำรองโดยและกลับไปตรวจเช็คระบบอินเทอร์เน็ตจนกว่าจะเชื่อมต่อได้ เมื่อทำการเชื่อมต่อได้จะทำการย้ายข้อมูลจากหน่วยความจำสำรองส่งไปยังคอมพิวเตอร์แม่ข่าย ดังภาพที่ 3.6



ภาพที่ 3.6 การส่งข้อมูลและตรวจเช็คข้อมูลในกรณีไม่สามารถเชื่อมต่อระบบอินเทอร์เน็ต

การออกชุดคำสั่งการควบคุมพลังงานไฟฟ้าอัตโนมัติ

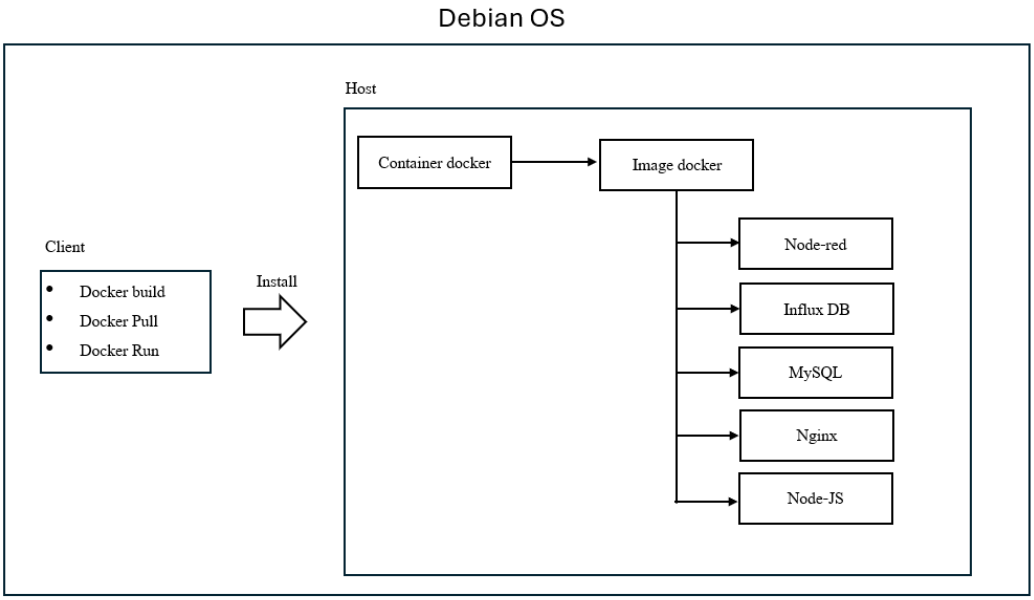
การออกชุดคำสั่งการควบคุมพลังงานไฟฟ้าอัตโนมัติ เริ่มต้นจากอ่านข้อมูลโมดูลเซ็นเซอร์ไฟฟ้าตรวจวัดข้อมูลแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงและอ่านข้อมูลแรงไฟฟ้ากระแสตรง เมื่อตรวจเช็คแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงถ้าเท่ากับ 280 V ถึง 300 V ทำการสั่งสลับการทำงานไฟฟ้ากระแสตรงและเปิดไฟฟ้ากระแสตรงทำงาน แต่ถ้าตรวจเช็คแรงดันไฟฟ้าไม่ถึงตามกำหนดจะทำงานอ่านข้อมูลพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับถ้าแรงดันไฟฟ้า 220 V ถึง 230 V จะทำการเปิดระบบพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ แต่ถ้าไม่แรงดันไฟฟ้าไม่ถึงตามกำหนดจะทำงานปิดระบบพลังงานไฟฟ้าทั้ง 2 ระบบ โดยการแจ้งเตือนผ่านระบบและจบการทำงาน ดังภาพที่ 3.7



ภาพที่ 3.7 ชุดคำสั่งการสลับการทำงานไฟฟ้า

การออกแบบหลักการทำงาน Docker บนสมองกลฝังตัวRaspberry Pi

การออกแบบหลักการทำงานโปรแกรม Docker ระบบควบคุมและติดตามการใช้พลังงานไฟฟ้ากระแสสลับบน Raspberry Pi มักประสบปัญหาการจัดการเวอร์ชันซอฟต์แวร์และความยุ่งยากในการติดตั้งและดูแลรักษา Docker Containers หลายตัว โครงการนี้มุ่งมั่นที่จะออกแบบระบบที่ใช้งาน Docker บน Raspberry Pi เพื่อจัดการเวอร์ชันซอฟต์แวร์และเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานโดยใช้ Image Docker สำหรับระบบฐานข้อมูล Influx DB และ MySQL ในการจัดเก็บข้อมูลพลังงานไฟฟ้าสำหรับบ้านอัจฉริยะและใช้โปรแกรม Node-RED ในการอ่านข้อมูลพลังงานไฟฟ้าจาก Modbus Protocol ในการอ่านข้อมูลพลังงานไฟฟ้าและส่งข้อมูลขึ้นคอมพิวเตอร์แม่ข่ายต่อไปดังภาพที่ 3.8



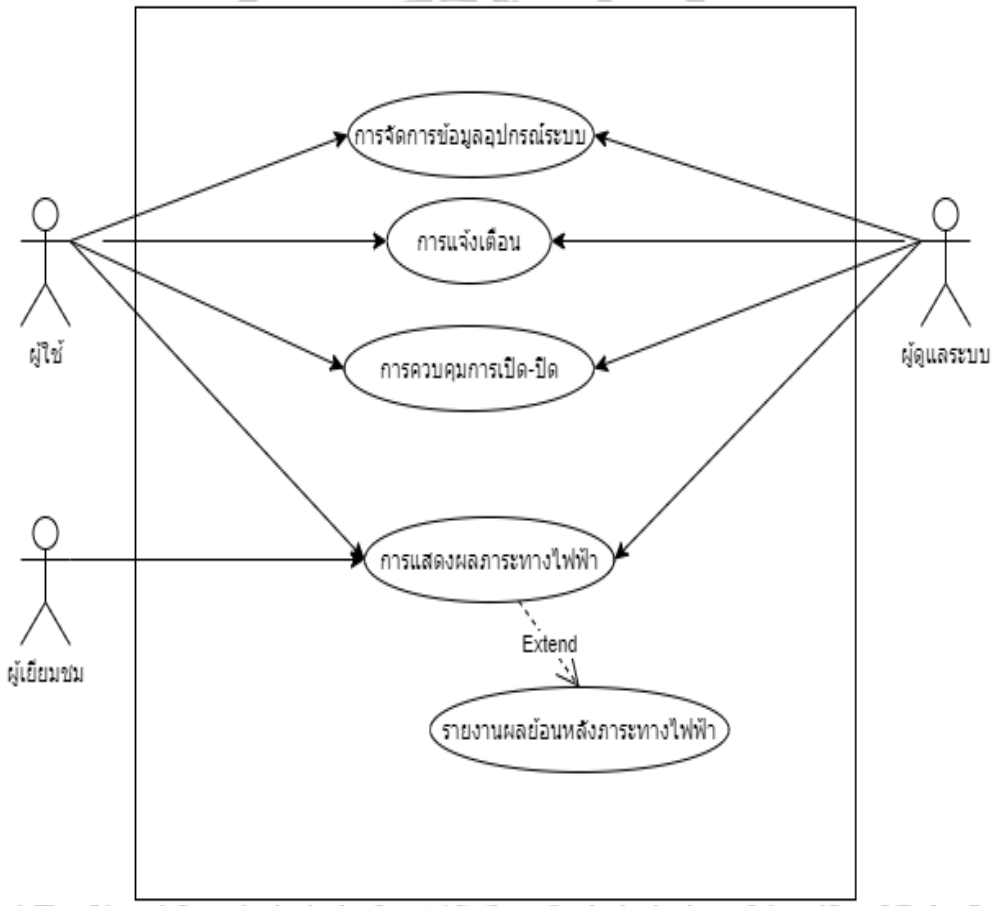
ภาพที่ 3.8 การออกแบบหลักการทำงาน Docker บนสมองกลฝังตัว Raspberry Pi

พัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน

ออกแบบแผนภาพการทำงาน (Use case diagram)

สำหรับเว็บแอปพลิเคชันระบบติดตามและควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับกระแสสลับสำหรับบ้านอัจฉริยะ การออกแบบพัฒนาภาพการทำงานในส่วนของการทำงานบนแอปพลิเคชันของระบบติดตามและควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับกระแสสลับสำหรับบ้านอัจฉริยะ โดยการออกแบบจะใช้กระบวนการออกแบบ (Use case) มาเพื่อในการแสดงการทำงานของผู้ที่เกี่ยวข้องการใช้งานระบบ ร่วมไปถึงฟังชันก์การทำงานของระบบการจัดการข้อมูลอุปกรณ์

ตรวจวัดและควบคุมไฟฟ้า,การแจ้งเตือน,การควบคุมการเปิด-ปิด,การแสดงผลภาระทางไฟฟ้า และรายงานผลย้อนหลังโดยออกแบบให้ผู้ใช้สามารถใช้งานฟังชันก์การแจ้งเตือน การแสดงผลภาระทางไฟฟ้า และรายงานภาระทางไฟฟ้าผลย้อนหลัง



ภาพที่ 3.9 การทำงานของผู้ใช้ระบบและความสัมพันธ์

ตารางที่ 3.2 การจัดการอุปกรณ์ตรวจวัดและควบคุมไฟฟ้า

เว็บแอปพลิเคชันติดตามและควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับกระแสสลับสำหรับบ้านอัจฉริยะ		
Use Case ID	1	
Use Case Name	การจัดการอุปกรณ์ตรวจวัดและควบคุมไฟฟ้า	
Actor	ผู้ใช้ระบบ,ผู้ดูแลระบบ	
Purpose	ผู้ใช้และผู้ดูแลระบบ สามารถทำการเพิ่ม ลบ แก้ไขข้อมูลผู้ใช้งานระบบ	
Level	Primary Use Case	
Pre-conditions	เมื่อต้องการจัดการข้อมูลผู้ใช้	
Post conditions	-	
Main Flows	Actor	System
	1. Use Case จะเริ่มก็ต่อเมื่อทำการจัดการข้อมูลอุปกรณ์ระบบ 2. จัดการข้อมูลผู้ใช้ เพิ่ม ลบ แก้ไขข้อมูล 3. ยืนยันการเพิ่ม ลบ แก้ไขข้อมูล	1.ระบบจัดการข้อมูลในฐานข้อมูล เพิ่ม ลบ แก้ไข 2. แสดงสถานะ การเพิ่ม ลบ แก้ไข สำเร็จ
Alternate Condition	-	

ตารางที่ 3.2 การจัดการอุปกรณ์ตรวจวัดและควบคุมไฟฟ้าผู้ดูแลระบบเริ่มต้นในการจัดการข้อมูลผู้ใช้ ในการเพิ่ม ลบ แก้ไขข้อมูลผู้ใช้ระบบเมื่อทำการจัดการข้อมูลผู้ใช้โดยยืนยันในการจัดการ ระบบจะทำการจัดการข้อมูลของผู้ใช้ตามผู้ดูแลระบบจัดการ และแสดงสถานะการทำงาน

ตารางที่ 3.3 การแจ้งเตือนข้อมูลสถานะข้อมูล

เว็บแอปพลิเคชันติดตามและควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับกระแสสลับสำหรับบ้านอัจฉริยะ		
Use Case ID	2	
Use Case Name	การแจ้งเตือน	
Actor	ผู้ใช้ระบบ, ผู้ดูแลระบบ	
Purpose	เมื่อมีสถานะข้อมูลที่แจ้งเตือน	
Level	Primary Use Case	
Pre-conditions	เมื่อเกิดเหตุการณ์ที่กำหนดการแจ้งเตือน	
Post conditions	-	
Main Flows	Actor	System
	1. Use Case เมื่อระบบแจ้งเตือนข้อมูลสถานะต่าง ๆ	1.ระบบทำการตรวจเช็คเงื่อนไขข้อมูล 2. เมื่อเกิดเหตุการณ์ตามเงื่อนไขจะทำการแจ้งเตือนผ่านทางผู้ใช้
Alternate Condition	-	

จากตารางที่ 3.3 การแจ้งเตือนระบบจะทำการตรวจเช็คเงื่อนไขข้อมูลในการเชื่อมต่ออุปกรณ์ การส่งข้อมูลหรือการบันทึกข้อมูล เมื่อตรวจเช็คเป็นไปตามเงื่อนไขที่ได้ระบุไว้จะทำการแจ้งเตือนผ่านหน้าจอเว็บแอปพลิเคชัน ให้กับผู้ใช้และผู้ดูแลระบบ

ตารางที่ 3.4 การควบคุมการเปิด-ปิดการทำงานระบบไฟฟ้า

เว็บแอปพลิเคชันติดตามและควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับกระแสสลับสำหรับบ้านอัจฉริยะ		
Use Case ID	3	
Use Case Name	การควบคุมการเปิด-ปิด	
Actor	ผู้ดูแลระบบ,ผู้ใช้ระบบ	
Purpose	ควบคุมการเปิด-ปิดไฟฟ้า	
Level	Primary Use Case	
Pre-conditions	เมื่อต้องการควบคุมการเปิด-ปิดไฟฟ้า	
Post conditions	-	
Main Flows	Actor	System
	1. Use Case เมื่อต้องการเปิด-ปิดระบบไฟฟ้ากระแสตรงหรือกระแสสลับ 2. เปิดหน้าจอเว็บการควบคุมการเปิด-ปิดระบบ 3. กดปุ่มเปิด-ปิดทำงาน	1.ระบบทำการรับข้อมูลการเปิด-ปิด 2.ระบบสั่งควบคุมการทำงานผ่านอินเทอร์เน็ตโดยการส่งข้อมูลให้กับราสเบอรี่พาย
Alternate Condition	-	

จากตารางที่ 3.4 การควบคุมการเปิด-ปิด เมื่อต้องการเปิด-ปิดระบบไฟฟ้ากระแสตรงหรือกระแสสลับ ผู้ใช้และผู้ดูแลระบบจะทำการเปิดหน้าจอเว็บการควบคุมการเปิด-ปิดระบบ กดปุ่มการเปิด-ปิดทำงาน ระบบจะทำการรับข้อมูลการเปิด-ปิดจากผู้ดูและระบบ ระบบจะสั่งควบคุมการทำงานผ่านอินเทอร์เน็ตโดยการส่งข้อมูลให้กับราสเบอรี่พาย

ตารางที่ 3.5 การแสดงผลข้อมูลทางภาระทางไฟฟ้า

เว็บแอปพลิเคชันติดตามและควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับกระแสสลับสำหรับบ้านอัจฉริยะ		
Use Case ID	4	
Use Case Name	การแสดงผลข้อมูลทางไฟฟ้า	
Actor	ผู้ใช้ ,ผู้ดูและระบบ,ผู้เยี่ยมเยือน	
Purpose	แสดงผลข้อมูลภาระทางไฟฟ้า	
Level	Primary Use Case	
Pre-conditions	เมื่อต้องการดูข้อมูลภาระทางไฟฟ้า	
Post conditions	-	
Main Flows	Actor	System
	1. Use Case เมื่อต้องการดูข้อมูลการแสดงผลข้อมูลภาระทางไฟฟ้า 2. เปิดเมนูการแสดงผลข้อมูลภาระทางไฟฟ้า	1. ระบบร้องขอข้อมูลจากฐานข้อมูล 2. ฐานข้อมูลส่งข้อมูลผ่านเว็บแอปพลิเคชัน 3. เว็บแอปพลิเคชันทำการแสดงผล
Alternate Condition	-	

จากตารางที่ 3.5 การแสดงผลข้อมูลทางภาระทางไฟฟ้า การแสดงข้อมูลภาระทางไฟฟ้า จะทำการเปิดเมนูการแสดงผลข้อมูลภาระทางไฟฟ้า ระบบจะทำการร้องข้อมูลจากฐานข้อมูล ฐานข้อมูลจะทำการส่งข้อมูลให้เว็บแอปพลิชัน และทำการแสดงผลข้อมูล

ตารางที่ 3.6 รายงานผลย้อนหลังข้อมูลภาระทางไฟฟ้า

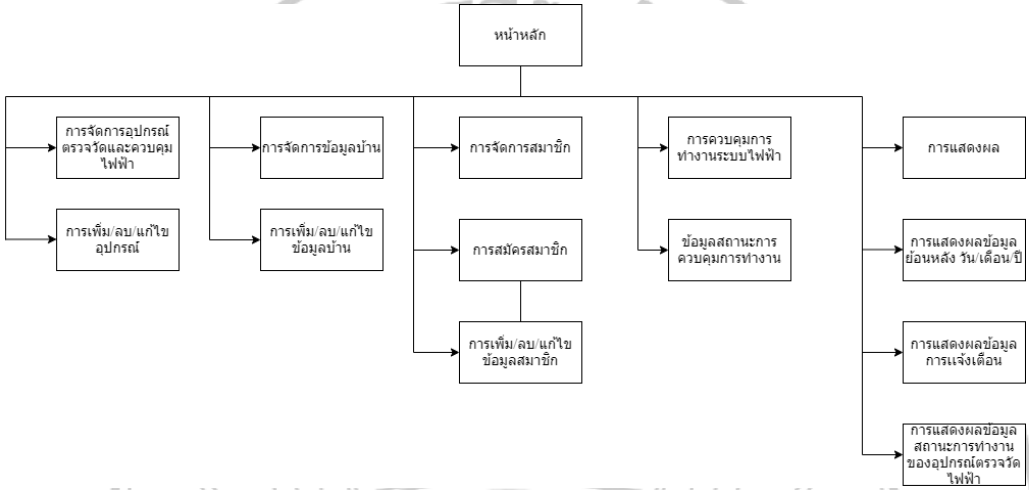
เว็บแอปพลิเคชันติดตามและควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับกระแสสลับสำหรับบ้านอัจฉริยะ		
Use Case ID	5	
Use Case Name	รายงานผลย้อนหลังข้อมูลภาระทางไฟฟ้า	
Actor	ผู้ใช้และผู้ดูแลระบบ	
Purpose	แสดงรายงานผลย้อนหลังข้อมูลภาระทางไฟฟ้า	
Level		
Pre-conditions	เมื่อต้องการแสดงรายงานผลย้อนหลังข้อมูลภาระทางไฟฟ้า	
Post conditions	-	
Main Flows	Actor	System
	1. Use Case เมื่อต้องการดูข้อมูลรายงานผลย้อนหลังข้อมูลภาระทางไฟฟ้า 2. เปิดเมนูการแสดงผลข้อมูลย้อนหลังภาระทางไฟฟ้า	1. ระบบร้องขอข้อมูลจากฐานข้อมูล 2. ฐานข้อมูลส่งข้อมูลผ่านเว็บแอปพลิเคชัน 3. เว็บแอปพลิเคชันทำการแสดงผลย้อนหลังข้อมูลภาระทางไฟฟ้า
Alternate Condition	-	

ตารางที่ 3.6 รายงานผลย้อนหลังข้อมูลภาระทางไฟฟ้า การแสดงผลข้อมูลย้อนหลังจะทำเข้าเมนูการแสดงผลข้อมูลย้อนหลังภาระทางไฟฟ้า ระบบจะทำการร้องขอข้อมูลจากฐานข้อมูลฐานข้อมูลจะทำการส่งส่งข้อมูลผ่านเว็บแอปพลิเคชัน เว็บแอปพลิเคชันจะแสดงผลข้อมูลและสามารถ Download ข้อมูลย้อนหลังได้ผ่านเว็บแอปพลิเคชัน

ออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้

สำหรับการออกแบบหน้าจอการแสดงผลของระบบ ออกแบบเพื่อให้เว็บแอปพลิเคชันสามารถใช้งานที่ง่ายและสวยงามที่เป็นมิตรต่อผู้ใช้ การออกแบบพัฒนาส่วนติดต่อผู้ใช้เป็นการออกแบบโดยการใช้หลักการออกแบบเพื่อให้เว็บแอปพลิเคชันสามารถใช้งานที่ง่ายและสวยงามที่เป็นมิตรต่อผู้ใช้ (User Xperience, User Interface) เนื่องจากการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้จึงเป็นส่วนสำคัญต่อการพัฒนาระบบนอกจากนี้การออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ที่ดีจะช่วยให้พัฒนาเว็บแอป

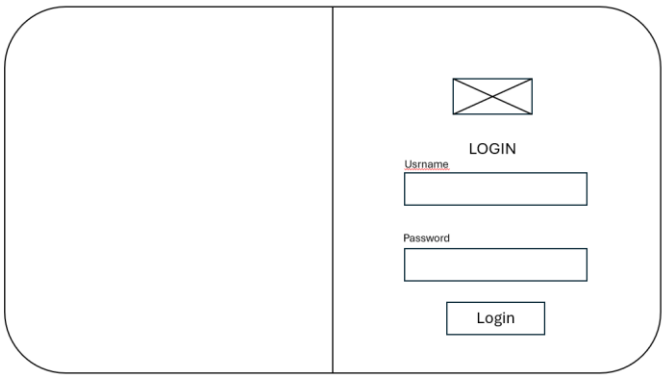
พลิเคชันได้อย่างมีแบบแผนในการจัดการข้อมูลต่าง ๆ ทำให้ระบบที่มีความซับซ้อนและยากต่อการใช้งานของผู้ใช้ทั่วไป สามารถให้ผู้ใช้ทั่วไปทำงานได้ง่ายขึ้น โดยการออกแบบได้ออกแบบผังการพัฒนาส่วนติดต่อผู้ใช้ดังรูปต่อไปนี้



ภาพที่ 3.10 ภาพออกแบบภาพรวมหน้าจอการแสดงผล

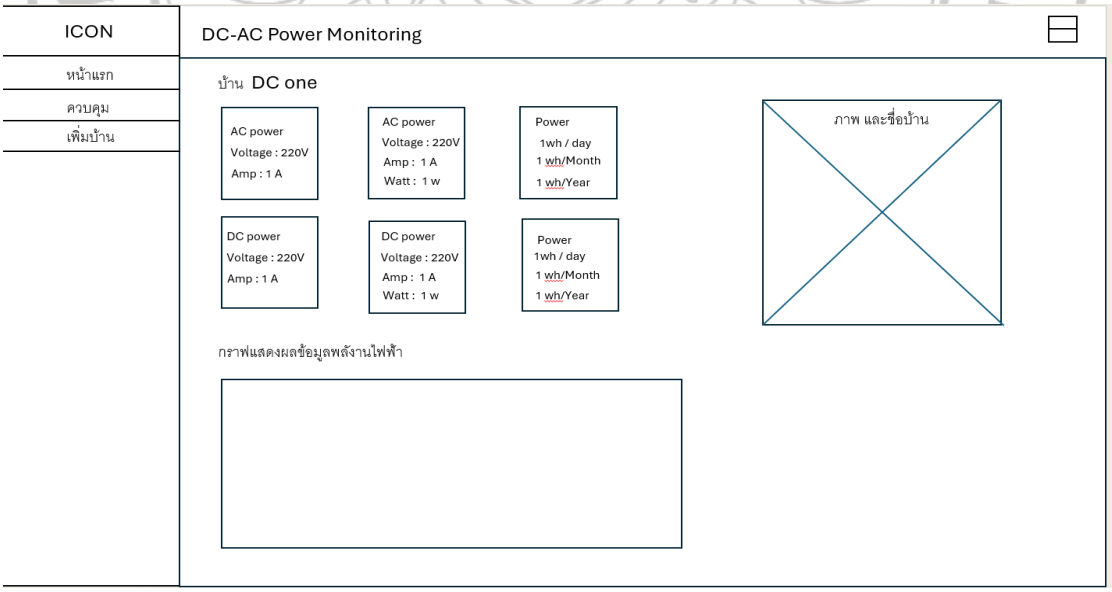
ในการออกส่วนแสดงผล ระบบติดตามและควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ ในการออกแบบจะใช้การออกแบบการแสดงผลในรูปแบบการโครงสร้างของหน้าเว็บแอปพลิเคชัน (Wireframe) เพื่อทำการวางแผนการจัดวางและออกแบบการแสดงผล การนำเข้าข้อมูลและการทำงานของระบบเว็บแอปพลิเคชัน โดยการออกแบบเว็บแอปพลิเคชันจะออกแบบดังนี้

1. การเข้าสู่ระบบการทำงานเว็บแอปพลิเคชัน ในการออกแบบเว็บแอปพลิเคชันในการเข้าสู่ระบบการทำงานเว็บแอปพลิเคชันเกี่ยวกับการจัดการกระบวนการ Login โดยผู้ใช้จะต้องกรอกข้อมูล Username และ Password เพื่อเข้าสู่ระบบ ดังภาพที่ 3.11



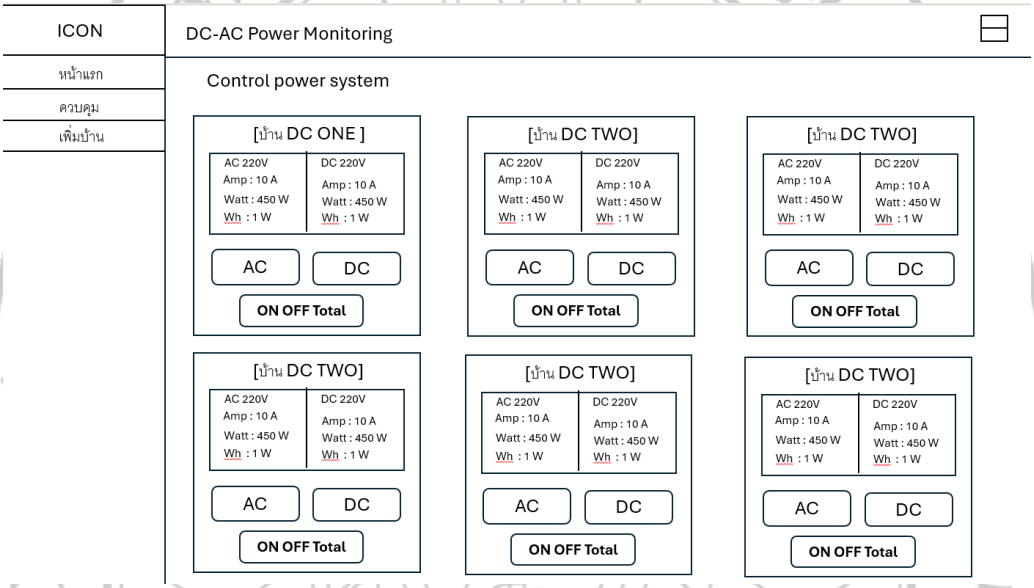
ภาพที่ 3.11 การเข้าใช้งานระบบการทำงานเว็บแอปพลิเคชัน

2. การแสดงผลหน้าจอหลัก (Dashboard) การออกแบบเว็บแอปพลิเคชันการแสดงผลหน้าจอหลักจะมีการออกแบบในการแสดงผลข้อมูล Real – Time พลังงานไฟฟ้ากระแสตรงและพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ โดยจะแสดงผลค่าภาระทางไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า, ค่ากระแสไฟฟ้า, ค่าพลังงานไฟฟ้า, และค่าพลังงานไฟฟ้าสะสม และมีการแสดงผลรูปภาพของบ้านอัจฉริยะเพื่อความสวยงามและความเข้าใจของระบบ ร่วมไปถึงการแสดงค่าข้อมูลพลังงานไฟฟ้าในรูปแบบกราฟแสดงผลดังภาพต่อไปนี้ ภาพที่ 3.12



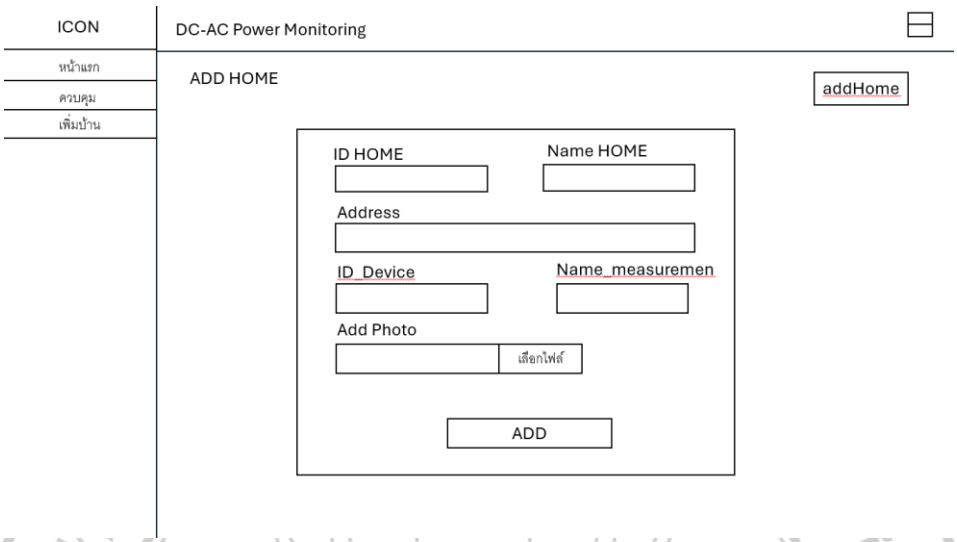
ภาพที่ 3.12 การแสดงผลข้อมูลหลักเว็บแอปพลิเคชัน

3. การแสดงผลและการควบคุมระบบพลังงานไฟฟ้า การออกแบบเว็บแอปพลิเคชันการแสดงผลและการควบคุมพลังงานไฟฟ้า จะออกแบบให้สามารถเห็นข้อมูลค่าพลังงานไฟฟ้าในแต่ละบ้านและข้อมูลพลังงานไฟฟ้าในรูปแบบ Real-Time เพื่อให้สามารถใช้ข้อมูลในการตัดสินใจในการควบคุมการเปิด-ปิดของระบบไฟฟ้ากระแสสลับและพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงและการออกแบบได้ใส่การควบคุมแบบปิดระบบการทำงานทั้งหมดเพื่อให้สามารถควบคุมการทำงานแบบครบวงจนในระบบบ้านอัจฉริยะ ดังภาพที่ 3.13



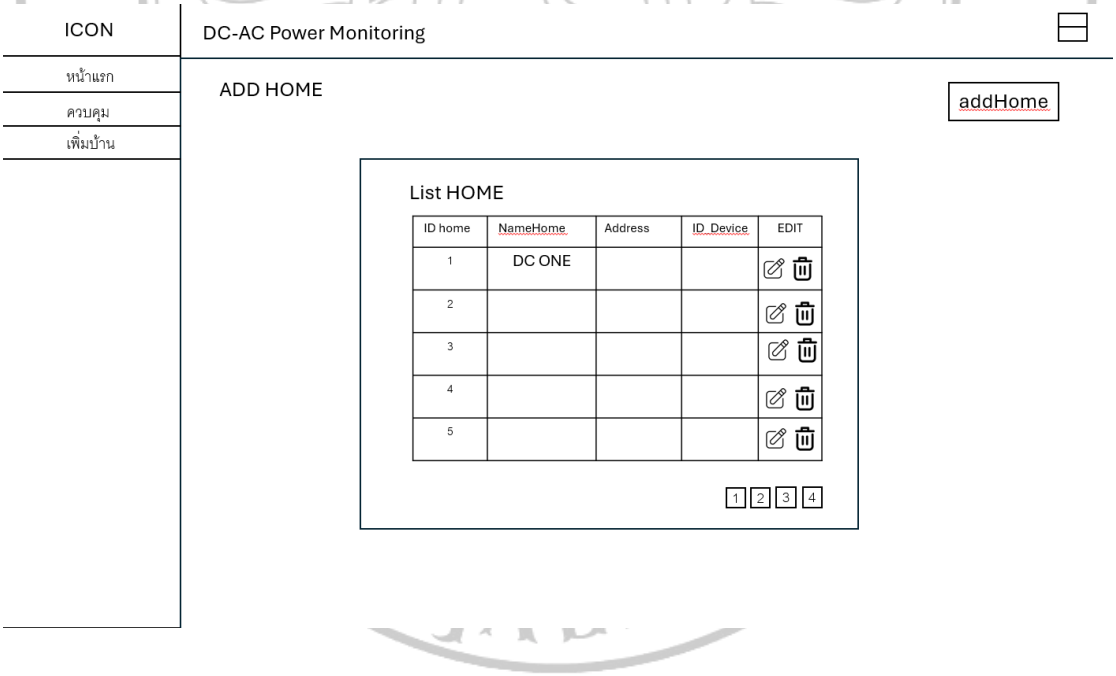
ภาพที่ 3.13 การแสดงผลและการควบคุมระบบพลังงานไฟฟ้า

4. ระบบเพิ่มข้อมูลบ้านอัจฉริยะ การออกแบบการเพิ่มข้อมูลบ้านอัจฉริยะได้ออกแบบการเพิ่มข้อมูลโดยการเพิ่มข้อมูลบ้านอัจฉริยะ จะต้องกรอกข้อมูลรหัสบ้าน ชื่อบ้าน และที่อยู่ของบ้าน เมื่อกรอกข้อมูลในส่วนของบ้านแล้วต้องกรอกข้อมูลในส่วนของอุปกรณ์ และชื่ออุปกรณ์ เมื่อกรอกข้อมูลเสร็จสิ้น เลือกไฟล์ในการอัพโหลดรูปภาพในการแสดงผล ดังภาพต่อไปนี้ 3.14



ภาพที่ 3.14 การเพิ่มข้อมูลบ้านบนระบบ

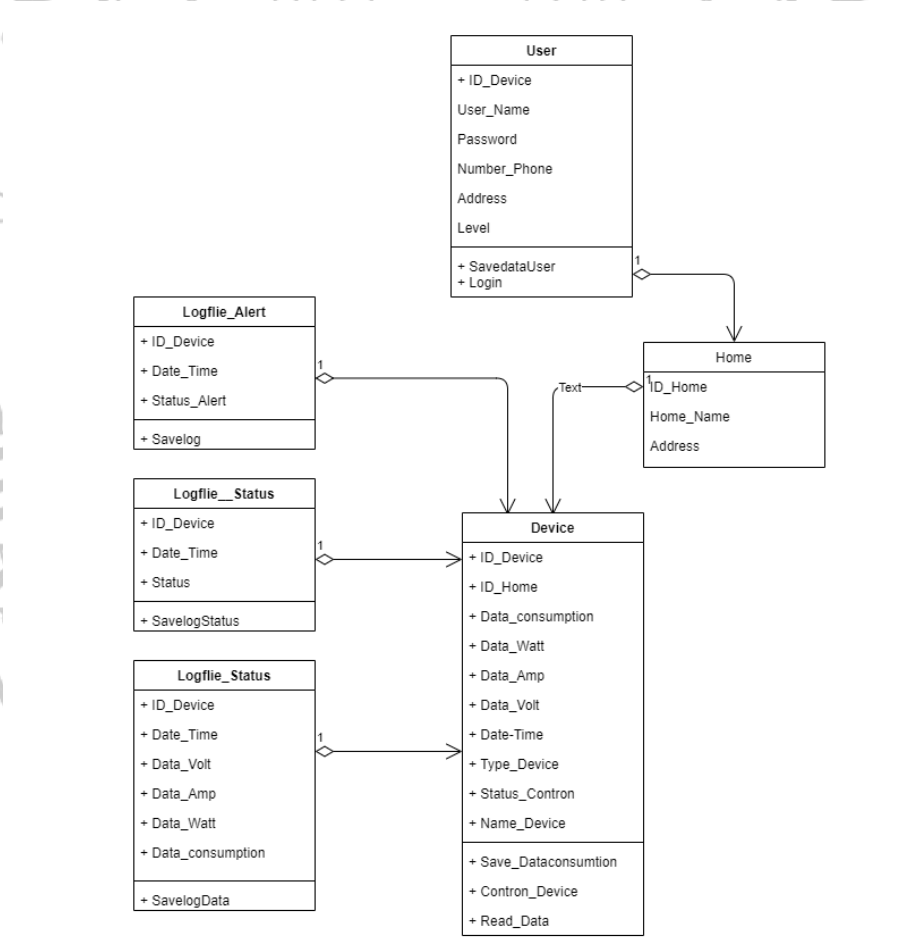
5. การแก้ไขข้อมูลและการ list ข้อมูลบ้านอัจฉริยะ การออกแบบในส่วนของหน้าเว็บไซค์จะออกแบบให้สามารถดูการแสดงผลรายการข้อมูลบ้านจากระบบฐานข้อมูล โดยระบบสามารถจัดการแก้ไขและลบข้อมูลบ้านออกได้ดังภาพที่ 3.15



ภาพที่ 3.15 การแก้ไขข้อมูลและการ list ข้อมูลบ้านอัจฉริยะ

ออกแบบโครงสร้างของฐานข้อมูล

โดยการออกแบบใช้แผนภาพแบบจำลองโครงสร้างของฐานข้อมูล เพื่อให้ฐานข้อมูลรองรับการทำงานที่ยืดหยุ่นต่อการใช้งานในอนาคต การออกแบบพัฒนาโครงสร้างฐานข้อมูลสำหรับติดตามและควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับกระแสสลับ โดยการออกแบบจะใช้กระบวนการออกแบบ (Class Diagram) เพื่อหาความสัมพันธ์ของข้อมูลและกิจกรรมของข้อมูลของระบบโดยข้อมูลจะแบ่งออกเป็นโมดูลเรียกว่า ข้อมูลผู้ใช้ ข้อมูลบ้าน ข้อมูลอุปกรณ์ตรวจวัดและควบคุมไฟฟ้า ข้อมูลเก็บสถานะทำงาน ข้อมูลการแจ้งเตือนการทำงาน และข้อมูลสำรอง (สำหรับกรณีไม่สามารถส่งข้อมูลได้) โดยแต่ละโมดูลจะมีกิจกรรมของข้อมูล เช่น ข้อมูลผู้ใช้ จะสามารถเข้าสู่ระบบ สามารถบันทึก/แก้ไข/ลบข้อมูลผู้ใช้ได้ เป็นต้น



ภาพที่ 3.16 การออกแบบระบบฐานข้อมูล

พัฒนาฐานข้อมูลเว็บแอปพลิเคชัน

การพัฒนาฐานข้อมูลเว็บแอปพลิเคชันสำหรับการแสดงผลและควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับกระแสสลับสำหรับบ้านอัจฉริยะสามารถทำได้โดยใช้ฐานข้อมูลที่เหมาะสมกับความต้องการของแอปพลิเคชัน ดังนี้

การเก็บข้อมูลภาระไฟฟ้าโดยใช้ NoSQL Database: การใช้ฐานข้อมูล NoSQL สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดเก็บข้อมูลภาระไฟฟ้าได้ โดยเฉพาะเมื่อมีปริมาณข้อมูลมากและโครงสร้างของข้อมูลไม่มีความซับซ้อน ฐานข้อมูล NoSQL ช่วยให้สามารถจัดเก็บข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการค้นหาข้อมูลได้ด้วยวิธีการที่ไม่จำเป็นต้องใช้โครงสร้างที่ซับซ้อน

การจัดการข้อมูลอุปกรณ์ ข้อมูลผู้ใช้ หรือไอดีรหัสโดยใช้ MySQL: MySQL เป็นฐานข้อมูลโครงสร้างที่เหมาะสำหรับการจัดการข้อมูลที่มีโครงสร้างและทำงานร่วมกับแอปพลิเคชันบ้านอัจฉริยะ โดยเฉพาะเมื่อมีการจัดการข้อมูลอุปกรณ์ ข้อมูลผู้ใช้ หรือไอดีรหัสต่าง ๆ ซึ่งต้องการความเป็นระเบียบและความชัดเจนในโครงสร้างข้อมูล เช่น การจัดเก็บข้อมูลของอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกับระบบบ้านอัจฉริยะ เช่น หลอดไฟ, เครื่องปรับอากาศ, หรือระบบรักษาความปลอดภัย

ทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเว็บแอปพลิเคชันและระบบฐานข้อมูล

โดยการทดสอบการแสดงผล การควบคุมผ่านเว็บแอปพลิเคชันและการบักทึกข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของระบบฐานข้อมูล โดยการทดสอบการทำงานแบบกล่องดำเพื่อทำการทดสอบระบบการทำงาน และทดสอบการประเมินการทำงานของเว็บแอปพลิเคชันและฐานข้อมูลจากผู้ใช้ การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเว็บแอปพลิเคชันและระบบฐานข้อมูล การแสดงผลการควบคุมผ่านเว็บแอปพลิเคชันและการบักทึกข้อมูลการใช้ไฟฟ้า โดยการออกแบบการทดสอบประสิทธิภาพ ดังนี้

1. การทดสอบแบบกล่องดำ

โดยการทดสอบจะทำการสอบการทำงานของเว็บแอปพลิเคชัน ทุกฟังชันก์ โดยการนำข้อมูลที่จะทดสอบแทนค่าไปในระบบฐานข้อมูลเพื่อดูความถูกต้องในการแสดงผลการควบคุมผ่านเว็บแอปพลิเคชัน การบักทึกข้อมูลภาระทางไฟฟ้า

2. การทดสอบประสิทธิภาพ

โดยการทำแบบสอบถามการประเมิณความสามารถในการใช้งานของเว็บแอปพลิเคชันและฐานข้อมูล โดยการนำผู้ที่มีส่วนร่วมเกี่ยวกับการทำงานของระบบ มาประเมิณในด้านความสวยงามและสะดวกในการใช้งาน การจัดการข้อมูลในเว็บแอปพลิเคชัน การบักทึกข้อมูลภาระทางไฟฟ้า การแสดงผลต่อผู้ใช้

บทที่ 4

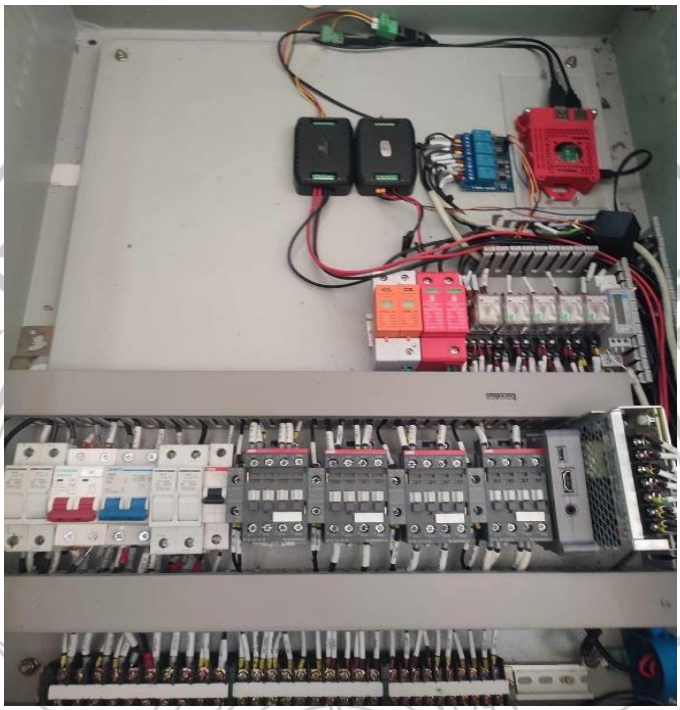
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ระบบติดตามและควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับบ้านอัจฉริยะ เป็นระบบที่มีความสำคัญต่อการจัดการพลังงานในบ้านอย่างมีประสิทธิภาพ โดยระบบนี้สามารถติดตามการใช้พลังงานทั้งไฟฟ้ากระแสตรง (DC) และไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ควบคุมสลับการทำงานระบบไฟฟ้า การการจัดการพลังงาน และการจัดการจ่ายพลังงานให้กับไฟฟ้ากระแสสลับและไฟฟ้ากระแสตรงให้กับบ้านอัจฉริยะ การดำเนินการได้แบ่งการพัฒนาระบบออกเป็น 2 ส่วน 1. การพัฒนาฮาร์ดแวร์สำหรับระบบติดตามและควบคุม 2.การพัฒนาระบบซอฟแวร์ในการติดตามและควบคุมการทำงาน ดังนั้นการทำให้ระบบติดตามและควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับบ้านอัจฉริยะ ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพและมีความปลอยภัยต่อการใช้งาน ได้ทำการทดสอบหาความผิดพลาดของระบบ โดยรายละเอียดการพัฒนาและการทดสอบระบบนั้นสามารถอธิบายได้ตามหัวข้อต่อไปนี้

ผลการออกแบบพัฒนาระบบฮาร์ดแวร์

การออกแบบระบบ Hardware สำหรับบ้านอัจฉริยะที่ติดตามและควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงและสลับมีความซับซ้อนและครอบคลุมหลากหลายตามความต้องการของผู้ใช้ ซึ่งรวมถึงการควบคุมการควบคุมการทำงานของระบบไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับบ้านอัฉริยะ ได้ทำการออกแบบการออกแบบ Single Line Diagram เพื่อให้สามารถทำความเข้าใจกับระบบและลดความซับซ้อนของการเชื่อมต่อกันของอุปกรณ์ไฟฟ้า เพื่อให้เกิดการลดการผิดพลาดในการออกแบบที่จะส่งผลต่อการทำงานและความปลอยภัยในการใช้งานระบบ โดยรายละเอียดการออกแบบ Single Line Diagram ได้นำอุปกรณ์มาเชื่อมต่อและติดตั้งลงกล่องควบคุมโดยใช้ตู้ไฟสวิทซ์บอร์ด แบบไม่มีหลังคาในการจัดวางอุปกรณ์ โดยการนำอุปกรณ์ตรวจวัดวัดพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ PZEM 017 และ PZEM 016 ติดตั้ง เข้ากับระบบบควบคุม Relay switch 4CH 5V ทีทำงานร่วมกับ MY4-GS Miniature Power Relays กับ AF16-30-10-13 - ABB Magnetic Switch ในการควบคุมการทำงานระบบ ร่วมไปถึงอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ทำหน้าที่

ดูแลและควบคุมการทำงานของระบบไฟฟ้า เช่น สวิตช์ไฟฟ้า Circuit Breake และ Surge Protector กันฟ้าผ่าน และฟิวส์ (Fuse) ดังภาพที่ 4.1

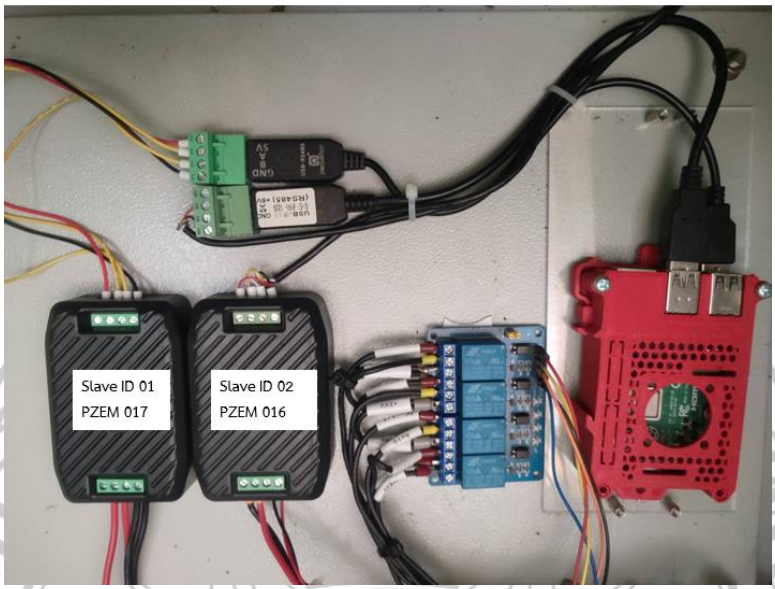


ภาพที่ 4.1 ฮาร์ดแวร์ระบบติดตามและควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับ

การเชื่อมต่อการทำงานของระบบฮาร์ดแวร์โดยรายละเอียดการทำงานของฮาร์ดแวร์จะแบ่งการทำงานออกเป็น 3 ส่วนด้วยกันเพื่อลดความซับซ้อนจากการออกแบบ Single Line Diagram ในภาพใหญ่ โดยมีรายละเอียดดังนี้

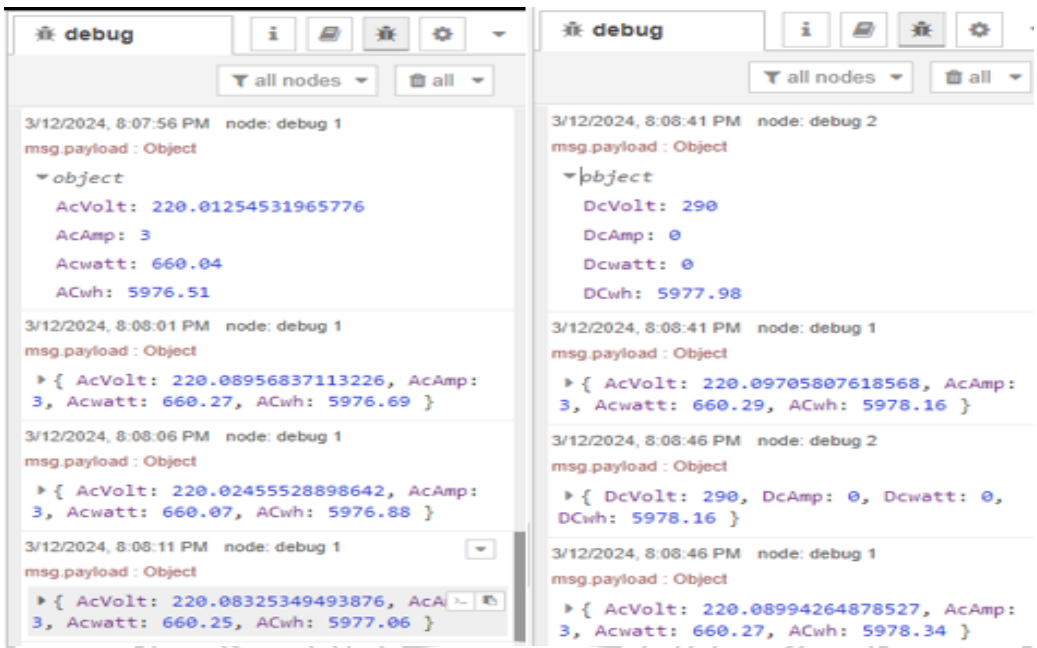
ผลการการออกแบบการอ่านข้อมูลจากโมดูลเซ็นเซอร์ตรวจวัดพลังงาน

การอ่านข้อมูลจากโมดูลเซ็นเซอร์ตรวจวัดพลังงาน โดยใช้สมองกลฝังตัว Raspberry Pi ในการอ่านค่าพลังงานไฟฟ้าจากเซ็นเซอร์ตรวจวัดพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง PZEM 017 และ เซ็นเซอร์ตรวจวัดพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ PZEM 016 โดยการอ่านค่า Modbus Protocol ในการอ่านค่าพลังงานไฟฟ้า โดยการเชื่อมต่อ PIN เซ็นเซอร์ตรวจวัด Pin ในการส่งสัญญาน A,B และ A,B ของ USB RS485 TTL ในการอ่านข้อมูลพลังงานไฟฟ้า โดยจะทำการร้องข้อมูลพลังงานไฟฟ้าจากการระบุ Slave ID ของอุปกรณ์เซ็นเซอร์ตรวจวัดและร้องข้อมูลพลังงานไฟฟ้า ในงานวิจัยนี้จะตั้ง Slave ID มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเป็น ID 01 และ มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ เป็น ID O2 ดังภาพที่ 4.2

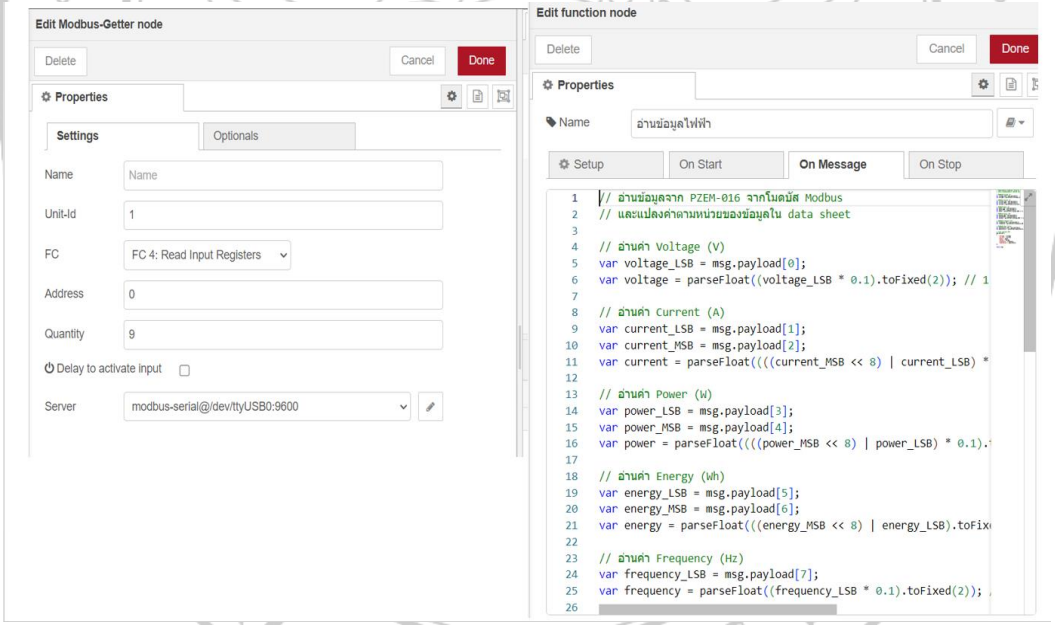


ภาพที่ 4.2 การเชื่อมต่อเซ็นเซอร์ตรวจวัดพลังงานกับสมองกลฝังตัว Raspberry Pi

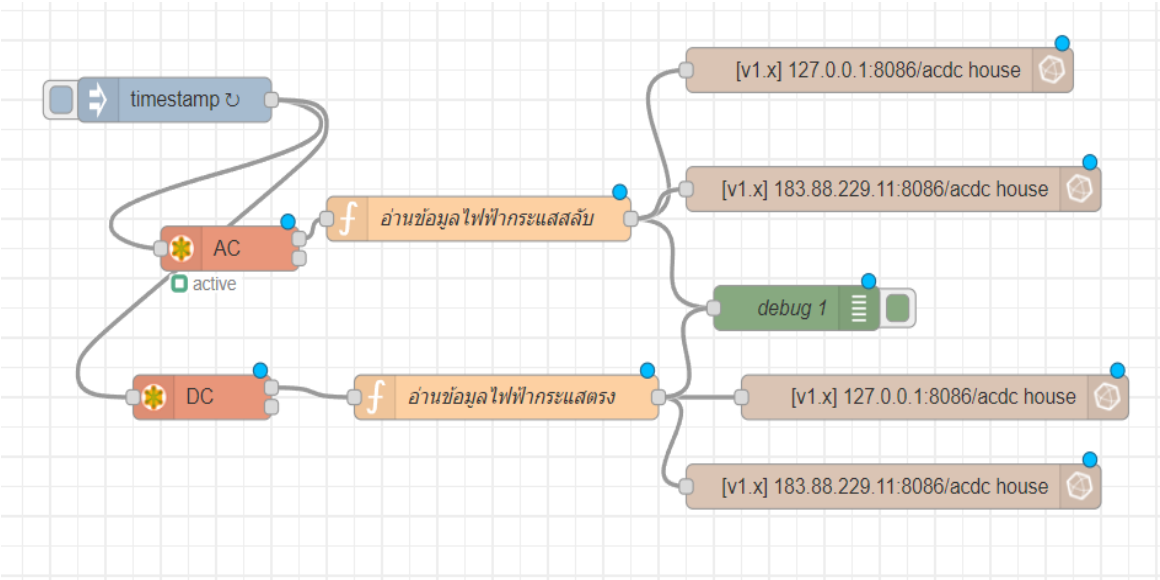
การอ่านข้อมูลพลังงานไฟฟ้าจะใช้โปรแกรม Node – RED ในการติดตั้ง Library Modbus ในการอ่านข้อมูลพลังงานไฟฟ้าโดยจะเขียนโปรแกรมในการตรวจวัดค่าพลังงานไฟฟ้าในการอ่านค่าจะใช้ TIME ในการตั้งค่า inject node ในการทำงาน Intverl 5 วินาที และใช้ Tool Modbus Getter ในการตั้งค่าการอ่านข้อมูล Slave ID และข้อมูลการร้องขอจากเซ็นเซอร์ตรวจวัด จะผลข้อมูลพลังงานไฟฟ้ามาเข้าฟังชัน โปรแกรมที่พัฒนาไว้ในการแบ่งข้อมูล ในการอ่านข้อมูลพลังงานไฟฟ้าดังนี้ ค่าแรงดันไฟฟ้า,ค่ากระแสไฟฟ้า,กำลังไฟฟ้าต่ำ 16 บิต ,กำลังไฟฟ้าสูง 16 บิต ,กำลังไฟฟ้าพลังงานต่ำ 16 บิต,พลังงานสูง และนำเข้าสมการ (1)(2)(3) ในการแปลงหน่วยพลังงานไฟฟ้าและใช้ฟังชันการแบ่งข้อมูลให้พลังงานไฟฟ้าที่เป็นค่า String แปลงข้อมูลให้เป็นรูปแบบไฟล์ Json Format ในรูปแบบของ Object เพื่อง่ายในการแพ็คข้อมูลให้มีความรวดเร็วและการส่งข้อมูลให้ระบบฐานข้อมูลโดยใช้ Tool Influx DB ในการตั้งค่าการส่งข้อมูลเข้าคอมพิวเตอร์แม่ค่าย (Server) โดยใช้ IP address ที่ตั้งของคอมพิเตอร์แม่ข่าย (Server) และตั้งค่าชื่อของฐานข้อมูลและ Measurement หรือ Table ในการส่งข้อมูลเพื่อจัดเก็บข้อมูลพลังงานไฟฟ้า ดังภาพที่ 4.3, 4.4 และ 4.5



ภาพที่ 4.3 โปรแกรมการอ่านข้อมูลพลังงานไฟฟ้าบนโปรแกรม Node-red



ภาพที่ 4.4 การตั้งค่าการอ่านข้อมูลพลังงานไฟฟ้า

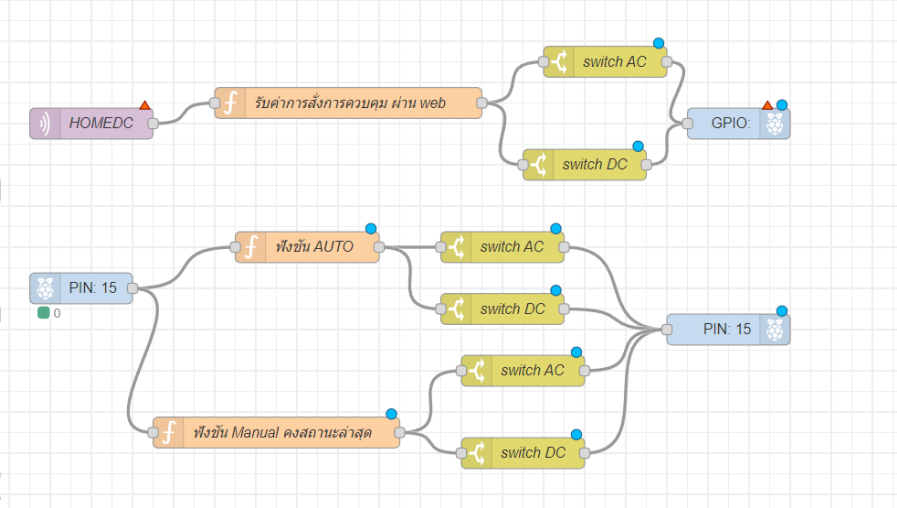


ภาพที่ 4.5 การพัฒนาโปรแกรมอ่านข้อมูลพลังงานไฟฟ้าบนโปรแกรม Node-red

ฮาร์ดแวร์การควบคุมสลับการทำงานพลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะ

การควบคุมสลับการทำงานของพลังงานไฟฟ้าของบ้านอัจฉริยะ โดยใช้สมองกลฝังตัว Raspberry Pi ในการควบคุมการทำงานโดยใช้โปรแกรม Node-red พัฒนาฟังก์ชันให้เกิดสามารถสั่งการทำงานผ่าน PINE GPIO 15 ในการสั่งการควบคุมตามคำสั่งที่ได้จากทางเว็บแอปพลิเคชัน หรืออ่านค่าการควบคุมหน้าตู้ควบคุม โดยใช้ PINE GPIO 15 ในการอ่านค่าและควบคุมการทำงานดังโปรแกรมดังภาพที่ 4.6 โดยเมื่อต้องการสั่งการทำงาน มอดูลควบคุม Relay switch 4CH 5V โดยแบ่งการควบคุมแต่ละส่วนดังนี้ 1. Inputพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับจากแหล่งผลิตไฟฟ้า 2.Output พลังงานไฟฟ้ากระแสสลับในการจ่ายให้โหลดไฟฟ้า 3.INPUTพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงจากแหล่งผลิต 4.OUTPUT พลังงานไฟฟ้ากระแสตรงที่จ่ายให้กับโหลดไฟฟ้า โดยการจ่ายพลังงานไฟฟ้าจามอดูล relay จะใช้ค่าแรงดันที่ 24 VDC ที่ได้รับจากแหล่งจ่ายพลังงานสำรอง (Power supply) เมื่อมีการสั่งการทำงานการควบคุมการทำงาน Relay switch จะสั่งเปิดการทำงานจ่ายพลังงานให้กับมอดูล MY4-GS Miniature Power Relays ในการรับค่าแรงดันไฟฟ้า 24 V โดย MY4-GS Miniature Power Relays จะช่วยให้การทำงานการควบคุมการทำงานมีความเสถียร์และปลอดภัยกว่าการทำ Relay 5V มาขับเคลื่อนการทำงานของแรงดันไฟฟ้าแรงดันสูงได้ เนื่องจากถูกออกแบบให้ทนทานต่อการทำงานในสภาวะต่าง ๆ รวมถึงสภาวะแวดล้อมที่มีอุณหภูมิและความชื้นสูงและป้องกันการทำงานผิดปกติของระบบไฟฟ้า เมื่อ MY4-GS Miniature Power Relays ได้รับการกระตุนจากการได้รับค่าพลังงาน จะทำการสั่งการทำงานตามวงจรของโมดูลในการจ่ายพลังงานต่อไปให้กับ AF16-

30-10-13 - ABB Magnetic Switch ที่มีความสามารถรับค่าแรงได้ไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับในการเปิด INPUTพลังงานไฟฟ้า หรือ จ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับโหลดไฟฟ้า ทำให้บ้านอัจฉริยะสามารถควบคุมการทำงานการเปิดปิดแหล่งพลังงานหรือการสลับการทำงานของแหล่งพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัยต่อการใช้งาน ดังภาพที่ 4.6



ภาพที่ 4.6 การพัฒนาโปรแกรมการรับคำสั่งควบคุมการทำงานของ Raspberry

ภาพที่ 4.7 ภาพฮาร์ดแวร์ระบบสวิตซ์ไฟฟ้าในการควบคุมการทำงานในบ้านอัจฉริยะ

ผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานและการหาข้อผิดพลาดของระบบฮาร์ดแวร์ (Hardware)

การทดสอบฮาร์ดแวร์เป็นขั้นตอนสำคัญในการพัฒนาระบบ เพื่อตรวจสอบว่าฮาร์ดแวร์ทำงานตามที่ออกแบบไว้หรือไม่ มีประสิทธิภาพเพียงพอ และมีความปลอดภัยสูง การทดสอบจะครอบคลุมทั้งการทดสอบประสิทธิภาพการทำงาน (Functional Testing) และการหาข้อผิดพลาด (Debugging) เพื่อให้ระบบบควบคุมและติดตามไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับบ้านอัจฉริยะสามารถทำงานได้มีประสิทธิภาพ โดยได้แบ่งการทดสอบออกเป็น 3 ส่วน 1.การทดสอบประสิทธิภาพการอ่านข้อมลเซ็นเซอร์ตรวจวัด 2.การทดสอบการควบคุมพลังงาน 3. การทดสอบระบบควบคุมการทำงานของฮาร์ดแวร์ผ่านทางเว็บแอปพลิเคชัน โดยมีรายละเอียดการทดสอบดังนี้

การทดสอบประสิทธิภาพการอ่านข้อมูลเซ็นเซอร์ตรวจวัดพลังงานไฟฟ้า

มีความสำคัญในการทำงานของระบบติดตามและควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับบ้านอัจฉริยะเป็นอย่างมาก เนื่องจากการตรวจวัดพลังงานไฟฟ้ามีส่วนในการตัดสินใจการควบคุมการทำงานการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับบ้านอัจฉริยะ ซึ่งการการทดสอบประสิทธิภาพจะทดสอบความเสียงตรงในการตรวจวัดเพื่อหา % ความเที่ยงตรงในการตรวจวัดค่าพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงและการตรวจวัดค่าพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ ดังรายระเอียดต่อไปนี้

1. การทดสอบความเที่ยงตรงเซ็นเซอร์ตรวจวัดพลังงาน PZEM017

การทดสอลความเที่ยงตรงในการตรวจวัดค่าพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงจะใช้อุปกรณ์ทดสอบในการเปรียบเทียบการตรวจวัดความเที่ยงตรงของไฟฟ้ากระแสตรง โดยใช้การอ้างอิงจากค่าพลังงานไฟฟ้าที่ตรวจได้จากดิจิตอลมิเตอร์ Meter UNI-T UT204+ ซึ่งได้ออกแบบตามมาตรฐานมอก.และมาตรฐาน EN61010-2010 CAT II 600V/CAT III 300V ในการนี้ได้ใช้แหล่งจ่ายพลังงาน Power supply adjustable เพื่อหาความเที่ยงตรงของค่าแรงดันไฟฟ้า PZEM 017

ภาพที่ 4.8 ทดสอบประสิทธิภาพของแรงดันและค่ากระแสไฟฟ้าเซ็นเซอร์ PZEM 017

CHIANG MAI RAJABHAT UNIVERSITY

ตารางที่ 4.1 การทดสอบหาความเที่ยงตรงค่าแรงดันไฟฟ้าของเซ็นเซอร์ PZEM017 DC

NO.	แหล่งจ่ายพลังงาน Power Supply (v)	Meter UNI-T UT204+ (V)	PZEM-017 (V)	Difference (V)	% Error
1	1	1	1.01	0.01	0.99%
2	5	5	5	0	0
3	12	12	12	0	0
4	24	24	24	0	0
5	48	48	48	0	0
6	100	100	100	0	0
7	150	150	150	0	0
8	200	200	200	0	0
9	250	250	250	0	0
10	280	280	280	0	0

จากตารางการทดสอบความเที่ยงตรงของการตรวจวัดค่าแรงดันไฟฟ้าโดยความเที่ยงตรงในการเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้ากับแหล่งจ่ายพลังงาน Power Supply และมิเตอร์ดิจิตอล Meter UNI-T UT204+ และเซ็นเซอร์ตรวจวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง PZEM 017 พบว่า ค่าของแรงดันไฟฟ้าจากการตรวจวัดของเซ็นเซอร์ PZEM 017 มีความผิดพลาดในการข้อมูลแรงดันที่ 1 V อยู่ที่ 0.01 เกิดจากการไฟฟ้าไม่เพียงพอในการเลี้ยงเซ็นเซอร์จึงได้นำแหล่งพลังงานภายนอกมาอาจจะเกิดความผิดพลาดในการแรงดันต่ำ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์รับได้ในการใช้งานในการวัดค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้กับบ้านอัจฉริยะ และ ได้ทำการทดสอบค่าความเที่ยงตรงจากค่ากระแสไฟฟ้า (Amp) เพื่อตรวจหาประสิทธิภาพความเที่ยงตรงในการวัดค่ากระแสไฟฟ้าเพื่อนำไปคำนวณการใช้พลังงานสำหรับบ้านอัจฉริยะ

ตารางที่ 4.2 การทดสอบหาความเที่ยงตรงค่ากระแสไฟฟ้าของเซ็นเซอร์ PZEM017 DC

NO.	แหล่งจ่ายพลังงาน Power Supply (A)	Meter UNI-T UT204+(A)	PZEM-017 (A)	Difference (A)	% Error
1	1	1.01	0.98	0.02	2.97%
2	2	2.01	1.98	0.02	1.49%
3	3	3.02	2.98	0.02	1.32%
4	4	4.01	3.99	0.01	0.49%
5	5	5.02	4.99	0.01	0.59%
6	6	6.01	6	0	0
7	7	7.01	7	0	0
8	8	8.00	8	0	0
9	9	9.0	9	0	0
10	10	10.01	10	0	0
11	11	11.01	11	0	0
12	12	12.00	12	0	0
13	13	13.00	13	0	0
14	14	14.00	14	0	0
15	15	14.00	15	0	0

จากตารางการทดสอบความเที่ยงตรงของการตรวจวัดค่ากระแสไฟฟ้าโดยความเที่ยงตรงในการเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้ากับแหล่งจ่ายพลังงาน Power Supply และมิเตอร์ดิจิตอล Meter UNI-T UT204+ และเซ็นเซอร์ตรวจวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง PZEM จากการทดสอบความเที่ยงตรงสามารถสรุปผลการทดสอบและหาความถูกต้องของระบบตรวจวัด ได้ความถูกต้องของระบบตรวจวัดมีความแม่นยำโดยมีความผิดพลาดเฉลี่ยเพียง 0.986% เปอร์เซ็นต์ ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้มีความแม่นยำสูง

2. การทดสอบความเที่ยงตรงเซ็นเซอร์ตรวจวัดพลังงาน PZEM016

การทดสอบความเที่ยงตรงของอุปกรณ์ตรวจวัดทดสอบเพื่อให้ทราบถึงประสิทธิภาพการใช้งาน ว่าสามารถใช้งานอุปกรณ์ตรวจวัดพลังงานไฟฟ้าได้หรือไม่ [8-9] โดยการทดสอบความเที่ยงตรงได้ทดสอบการเปรียบเทียบการตรวจวัดค่าแรงดันและค่ากระแสไฟฟ้ากับมิเตอร์มาตรฐาน Meter UNI-T UT204+ ดังตารางที่ 1 และตารางที่ 2 จากผลของตารางการทดสอบเที่ยงตรงของอุปกรณ์ตรวจวัดความผิดพลาดในการอ่านข้อมูลแรงดันไฟฟ้าอยู่ที่ร้อยละ 1.28 และกระแสไฟฟ้าอยู่ที่ร้อยละ 0.16 จากผลดังกล่าวสามารถใช้อุปกรณ์ตรวจวัดสามารถตรวจวัดไฟฟ้า PZEM-016 ได้ตามตารางดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบการตรวจวัดแรงดันไฟฟ้า

NO.	**Meter UNI-T UT204+ (V)**	**PZEM-016 (V)**	Difference (V)
1	238.5	239.7	1.2
2	239.6	241	1.4
3	239.2	240.4	1.2
4	238.7	239.9	1.2
5	237.3	238.6	1.3
6	238.0	239.4	1.4
7	239.0	240.2	1.2
8	237.6	238.9	1.3
9	238.4	239.6	1.2
10	239.2	240.6	1.4

ตารางที่ 4.4 เปรียบเทียบการตรวจวัดกระแสไฟฟ้าของเซ็นเซอร์ตรวจวัด PZEM-016

NO.	Meter UNI-T UT204+ (A)	PZEM-016 (A)	Difference (A)
1	5.1	5.28	0.18
2	5.2	5.37	0.17
3	4.9	5.07	0.17
4	5.2	5.36	0.16
5	5.3	5.48	0.18
6	5.2	5.39	0.19
7	5.0	5.15	0.15
8	4.8	4.96	0.16
9	5.1	5.26	0.16
10	5.0	5.17	0.17

การทดสอบประสิทธิภาพของระบบควบคุม

เป็นทดสอบการทำงานของฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ของระบบควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับไฟฟ้ากระแสสลับ ผลการทดสอบการตรวจวัดข้อมูลพลังงานไฟฟ้าทั้งในรูปแบบ AC และ DC จากโมดูลเซ็นเซอร์ตรวจวัดพลังงาน AC และ DC โดยระบบสามารถอ่านข้อมูลพลังงานไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ การทดสอบการควบคุมไฟฟ้ากระตรงร่วมกับไฟฟ้ากระแสสลับในรูปแบบ Auto และการทดสอบระบบควบคุมผ่านสวิตช์ไฟหน้าตู้ เพื่อทดสอบระบบควบควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับไฟฟ้ากระแสสลับผ่านเว็บแอปพลิเคชัน สามารถทำงานได้ตามเงื่อนไขการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.5 การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานระบบติดตามและควบคุมพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับไฟฟ้ากระแสสลับ

ครั้งที่	การทดสอบการอ่านข้อมูลเซ็นเซอร์ตรวจวัดไฟฟ้า AC DC (%)	การทดสอบระบบควบคุมไฟฟ้ากระแสตรง ร่วมกับไฟฟ้ากระแสสลับแบบ Auto	การทดสอบระบบควบคุมผ่านสวิตช์ไฟหน้าตู้	การทดสอบระบบควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับไฟฟ้ากระแสสลับผ่านเว็บแอปพลิเคชัน
1	100	ü	ü	ü
2	100	ü	ü	ü
3	100	ü	ü	ü
4	100	ü	ü	ü
5	100	ü	ü	ü
6	100	ü	ü	ü
7	100	ü	ü	ü
8	100	ü	ü	ü

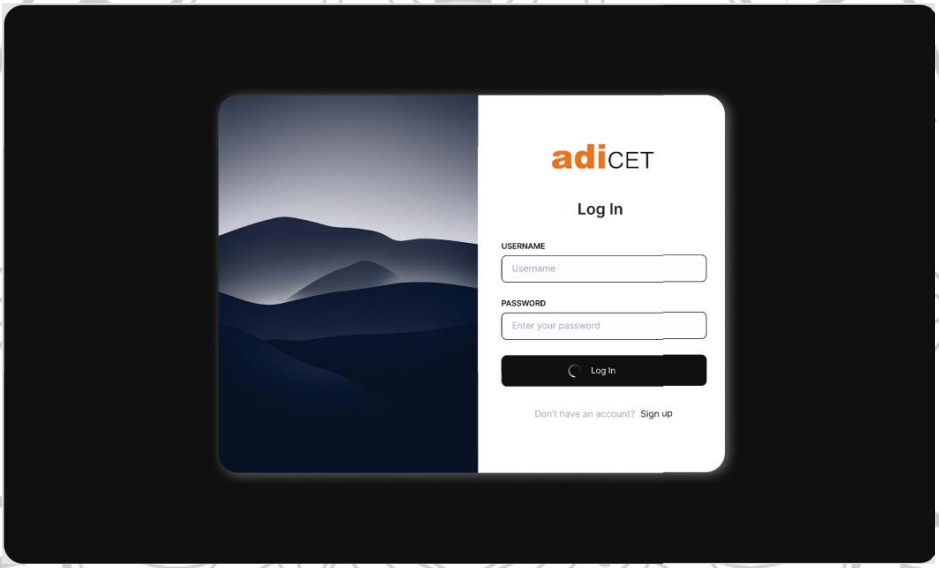
ผลการพัฒนาระบบซอฟแวร์

การออกแบบการพัฒนาระบบซอฟแวร์สำหรับการติดตามและควบคุมผ่านเว็บแอปพลิเคชัน ได้พัฒนาซอฟแวร์ในการติดตามและควบคุมการทำงานของระบบ โดยใช้เครื่องมือการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันและการพัฒนา (Application Programming Interfaces: API) มาใช้ในการประยุกต์ใช้งานให้ระบบทำงานง่ายและทำงานอย่างมีประสิทธิภาพโดยผลของการออกแบบซอฟแวร์ดังนี้

การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน

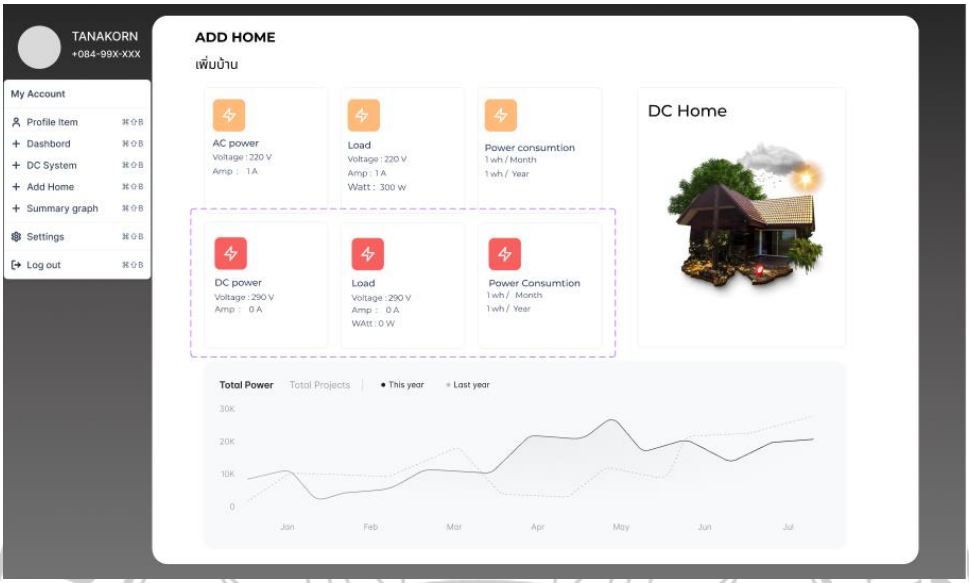
การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน user interface (UI) ในการแสดงผลโดยใช้ภาษาทางคอมพิวเตอร์ React Framework ในการแสดงผลผ่านทางเว็บแอปพลิเคชัน (Fontend) และใช้ภาษาทางคอมพิวเตอร์ Node js และ PHP ในการทำงานระบบหลังบ้านในการจัดข้อมูลบ้าน อุปกรณ์ และ User ร่วมไปถึงการติดต่อการดึงข้อมูลจากระบบฐานข้อมูล โดยเว็บแอปพลิเคชันมีฟังก์ชันดังนี้

1. การเข้าสู่ระบบ โดยการเข้างานใช้งานระบบ



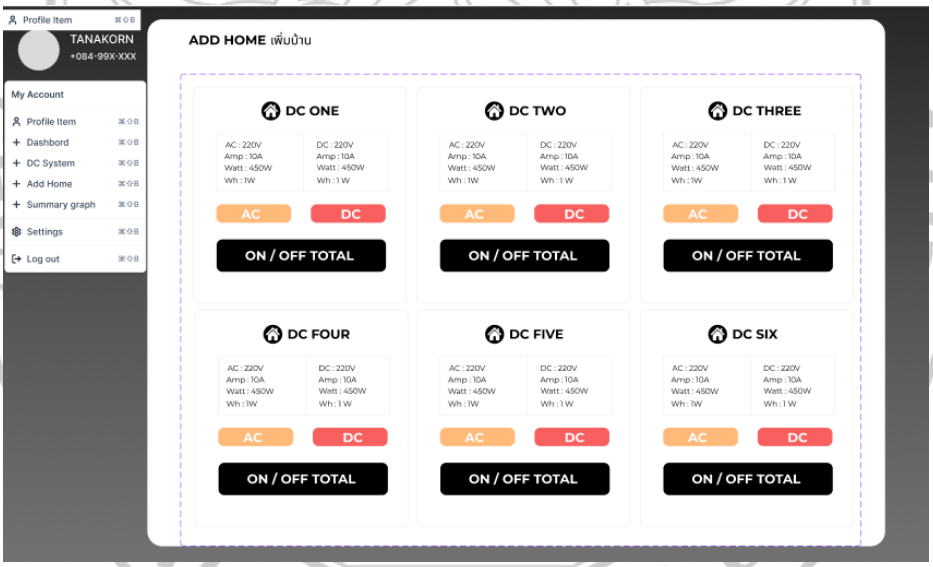
ภาพที่ 4.9 การเข้าใช้งานระบบ

2. Dashboard สำหรับการแสดงผลข้อมูล



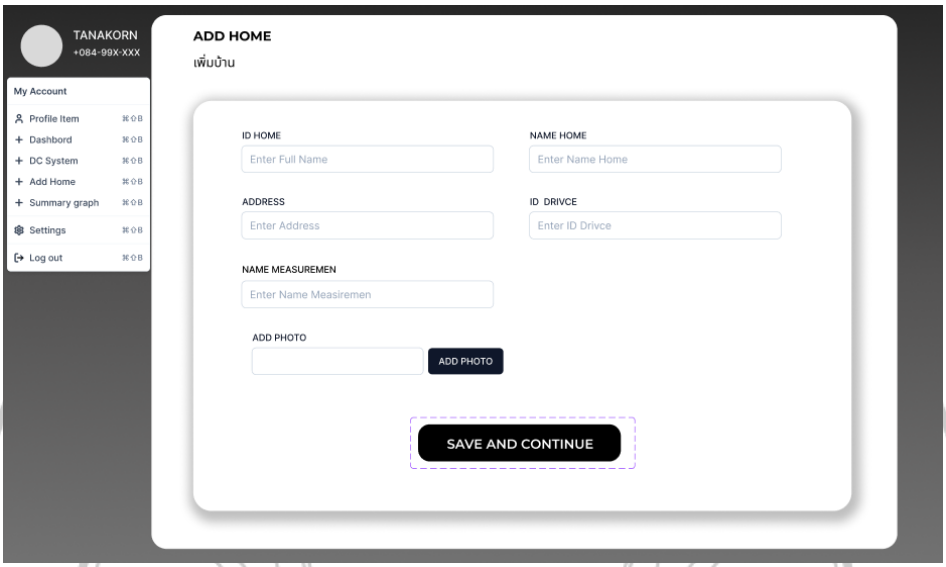
ภาพที่ 4.10 หน้าหลักการแสดงผลข้อมูลพลังงานบ้านอัจฉริยะ

3. การควบคุมพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับและพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง



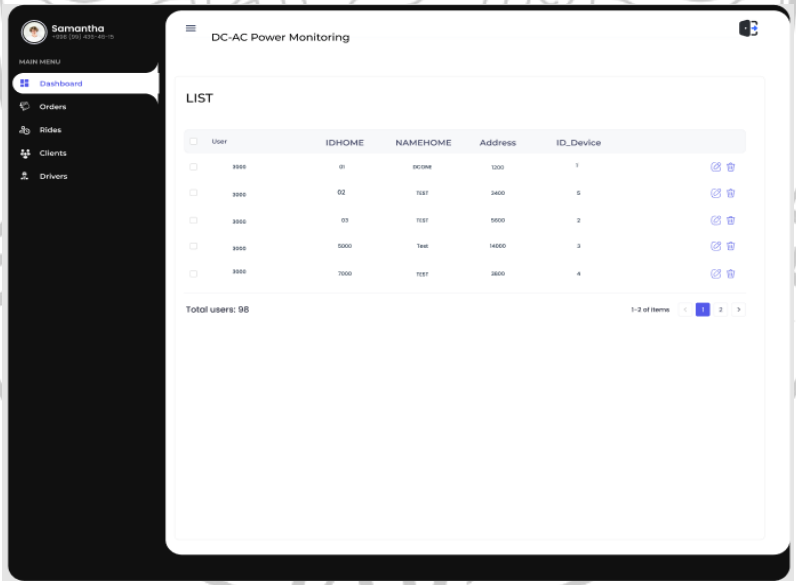
ภาพที่ 4.11 การเว็บแอปพลิเคชันในการควบคุมการทำงานระบบไฟฟ้าบ้านอัจฉริยะ

4. การเพิ่มข้อมูลบ้านและอุปกรณ์



ภาพที่ 4.12 การเพิ่มข้อมูลบ้านอัจฉริยะ

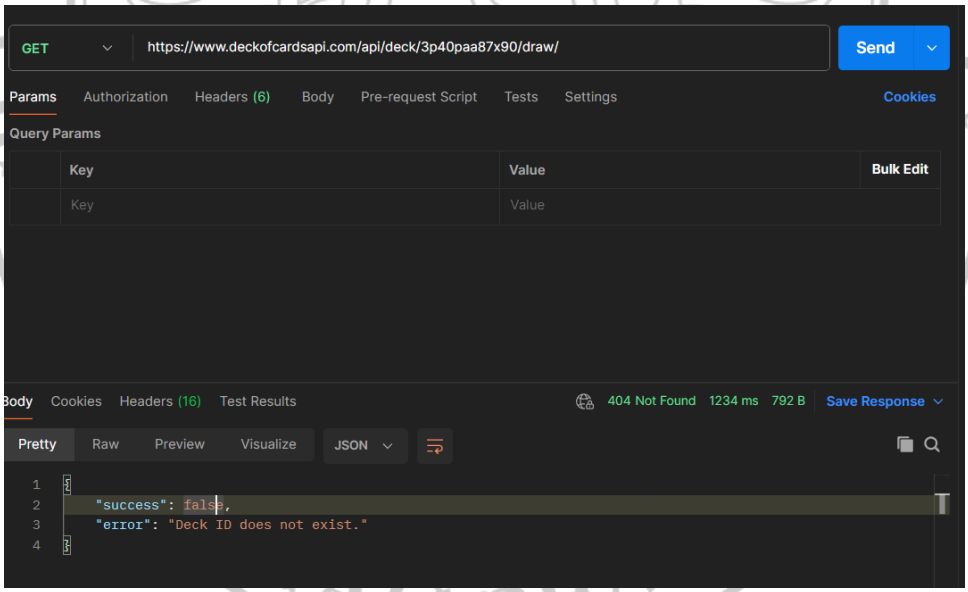
5. การเพิ่มข้อมูลบ้านและอุปกรณ์



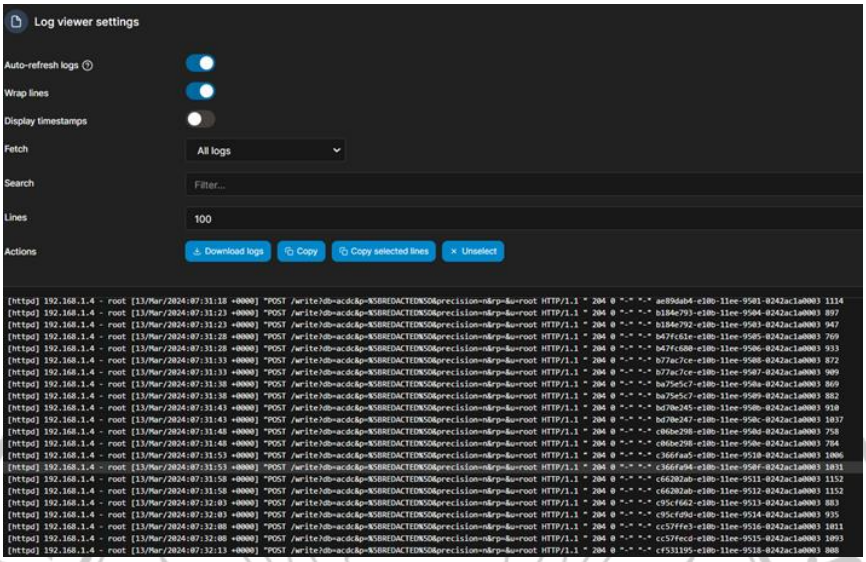
ภาพที่ 4.13 การแก้ไขข้อมูลบ้านอัจฉริยะ

การพัฒนาโปรแกรมชุดคำสั่ง API (Application Program Interface)

การพัฒนาโปรแกรมชุดคำสั่ง มีความสำคัญในพัฒนาระบบติดตามและควบคุมพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ เพื่อให้โปรแกรมสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีความยืดหยุ่นในการจัดการข้อมูลระหว่างระบบที่ต่างกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ การพัฒนาโปรแกรมชุดคำสั่ง API ในที่นี้เป็นการสร้างอินเทอร์เฟซที่ช่วยให้แอปพลิเคชันหรือโปรแกรมต่าง ๆ สามารถสื่อสารกับระบบฐานข้อมูล Influx DB และ MySQL ได้อย่างมีประสิทธิภาพผ่านทางเครือข่าย เพื่อทำการบันทึกข้อมูลหรือดึงข้อมูลออกมาใช้งาน โดยโปรแกรมชุดคำสั่ง API ที่พัฒนาขึ้นนี้ใช้ภาษาคอมพิวเตอร์ Node.js เพื่อการทำงานบนฝั่งเซิร์ฟเวอร์ ซึ่งเป็นภาษาที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาอินเทอร์เฟซที่ต้องการประมวลผลข้อมูลอย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ เนื่องจาก Node.js เป็นภาษาที่มีโมดูลและไลบรารีมากมายที่ช่วยให้การพัฒนางานที่เกี่ยวกับเครือข่ายและการประมวลผลข้อมูลเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ จึงได้นำมาพัฒนาในการบันทึกข้อมูลพลังงานไฟฟ้าและการเรียกข้อมูลจากระบบฐานข้อมูล Influx DB ในรูปและ time series database ในรูปแบบของไฟล์ Jsonfomatt นอกจากนี้ การใช้โปรแกรมชุดคำสั่งของภาษา PHP ในการบริหารจัดการข้อมูลบ้านและอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบ ทำให้การส่งข้อมูลระหว่างฝั่งเซิร์ฟเวอร์และฝั่งไคลเอนต์มีความเรียบง่ายและมีประสิทธิภาพ ดังภาพที่ 4.14

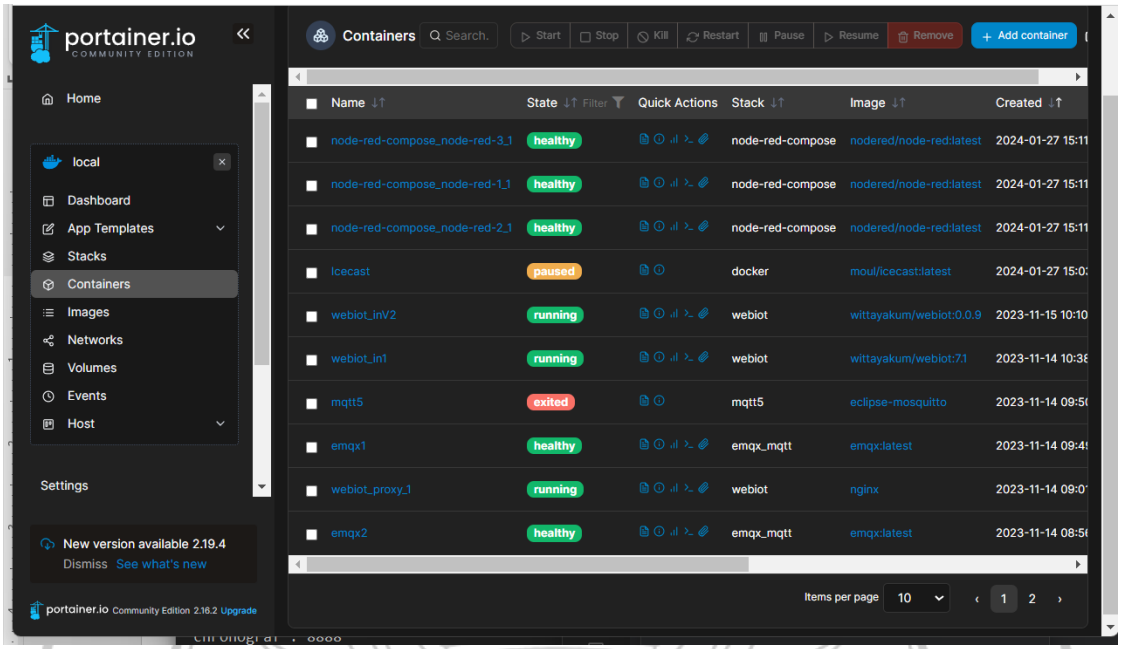


ภาพที่ 4.14 ภาพการทดสอบ API การรับส่งข้อมูล บน Postman



ภาพที่ 4.15 การทำงานการบันทึกข้อมูลลงระบบฐานข้อมูล

การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันและโปรแกรมชุดคำสั่ง ใช้เครื่องมือ Docker เพื่อสร้างสภาพแวดล้อมที่เป็นที่ยอมรับสำหรับการพัฒนาและทดสอบ และใช้ภาษาโปรแกรมที่เหมาะสมตามความต้องการ รวมถึงเครื่องมือและไลบรารีเพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการอัพเกรดเว็บแอปพลิเคชันและโปรแกรมชุดคำสั่งใน Packet เดียวกัน มีความสำคัญอย่างมากในการสร้างองค์ประกอบที่มีความเสถียรและประสิทธิภาพสูงสำหรับการพัฒนาและใช้งานระบบต่าง ๆ โดยช่วยลดข้อจำกัดของ Version ในการติดตั้งซอฟแวร์ของเว็บแอปพลิเคชันด้วย

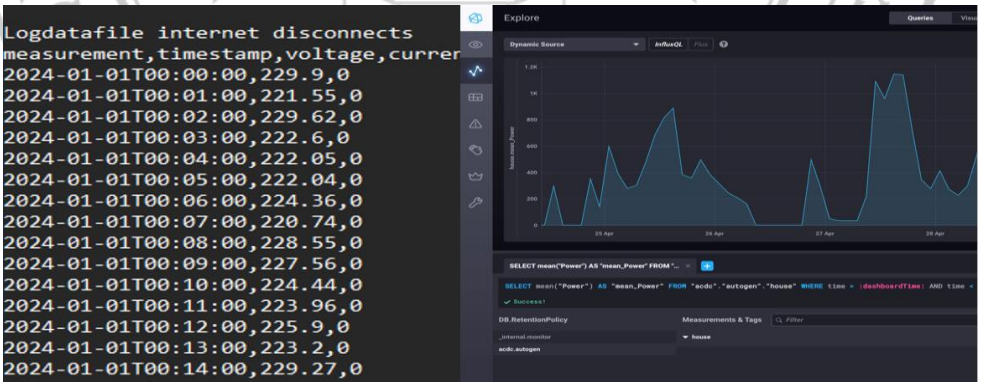


ภาพที่ 4.16 การ Run Docker API สำหรับเว็บแอปพลิเคชัน

ผลการทดสอบประสิทธิภาพ

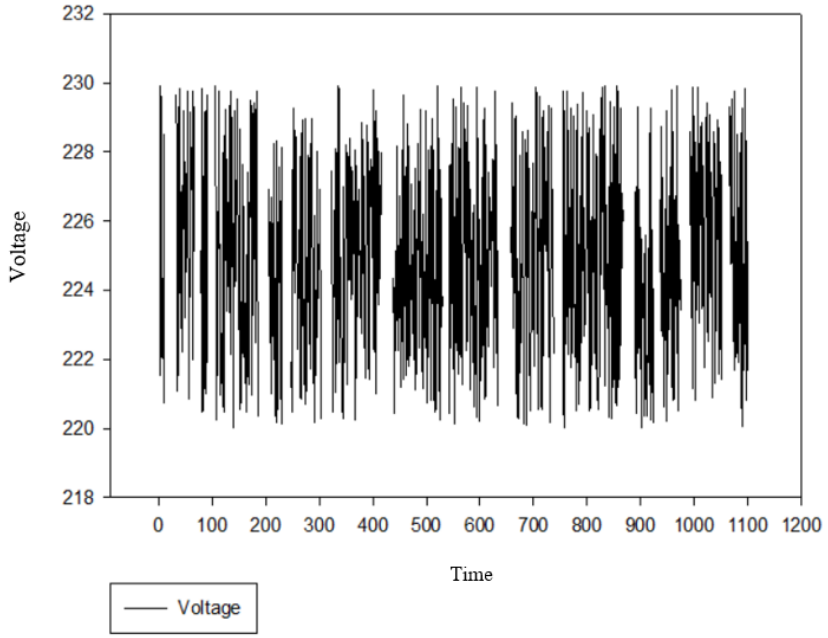
ผลการทดสอบเงื่อนไขการบันทึกข้อมูลบนระบบฐานข้อมูล

การทดสอบเงื่อนไขการทำงานชุดคำสั่งการส่งข้อมูลย้อนหลังทดสอบให้ทราบถึงประสิทธิภาพการทำงานของชุดคำสั่งการส่งข้อมูลย้อนหลังว่าสามารถทำงานตามเงื่อนไขการทำงานหรือไม่ โดยการทดสอบจะดำเนินการตัดระบบอินเทอร์เน็ตของ Raspberry Pi ในการบันทึกข้อมูลลงระบบฐานข้อมูลสำรองบน Raspberry Pi และเก็บLog ไฟล์ CSV ดังภาพที่ 4.17

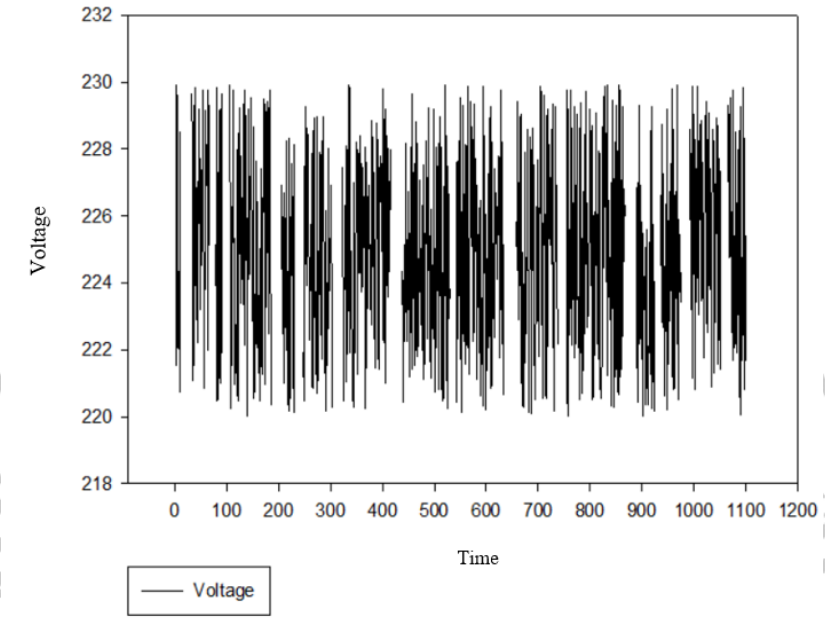


ภาพที่ 4.17 การบันทึก Log ข้อมูลจากระบบฐานข้อมูลบน Raspberry Pi

เมื่อ Raspberry Pi ถูกเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ต จะสามารถอ่านข้อมูลจากไฟล์ Log ในรูปแบบการวัดหรือตาราง เพื่อส่งข้อมูลไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์หลักผ่านเครือข่ายเพื่อบันทึกลงในฐานข้อมูล แต่หากไม่สามารถเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตได้ ในการทดลองเปรียบเทียบการใช้โปรแกรมคำสั่งส่งข้อมูลย้อนหลังเพื่อบันทึกข้อมูลลงในฐานข้อมูล และไม่ใช่โปรแกรมคำสั่งดังที่แสดงในภาพที่ 4.18 และภาพที่ 4.19



ภาพที่ 4.18 การบันทึกแบบเชื่อมต่อฐานข้อมูลโดยตรง



ภาพที่ 4.19 การใช้งานฟังชันส่งข้อมูลย้อนหลังเพื่อบันทึกข้อมูลลงในฐานข้อมูล

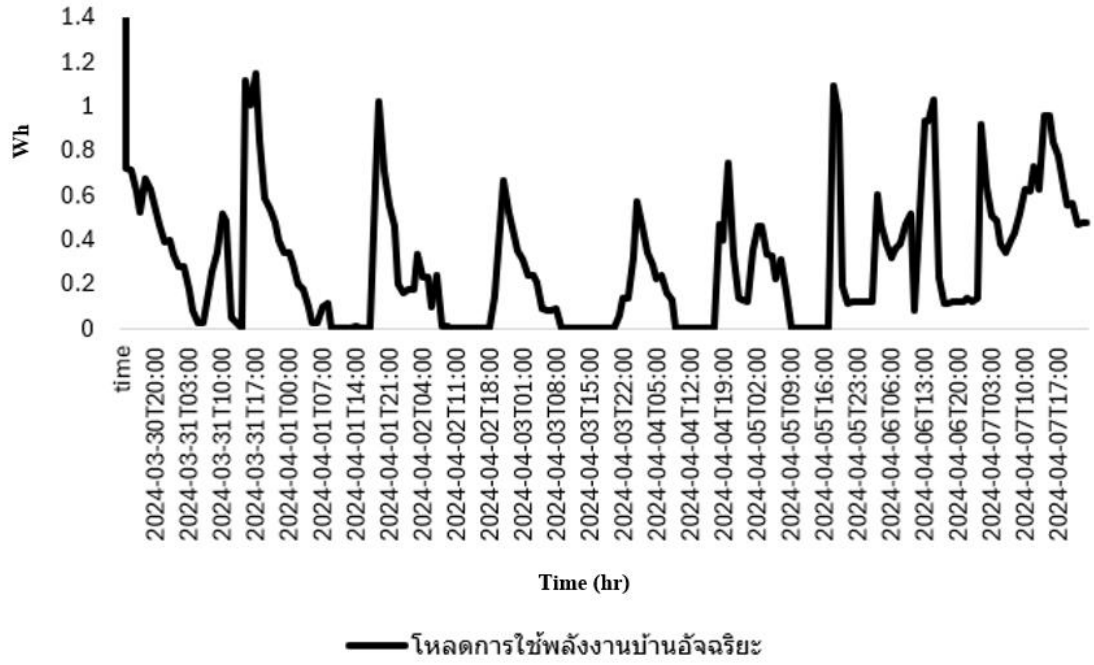
จากผลการทดลองดังกล่าวพบว่า การใช้โปรแกรมคำสั่งส่งข้อมูลย้อนหลังเพื่อบันทึกข้อมูลลงในฐานข้อมูล สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพในการบันทึกลงระบบฐานข้อมูลเพื่อให้การเก็บข้อมูลสำหรับบ้านอัจฉริยะมีประสิทธิภาพโดยผลการ การส่งข้อมูลย้อนหลังมายังคอมพิวเตอร์แม่ข่ายสามารถเก็บข้อมูลลงฐานข้อมูลเฉลี่ยคิดเป็น 97 % การทดสอบชุดคำสั่งข้อมูลไฟฟ้าในการบันทึกข้อมูลลงระบบฐานข้อมูลสำรองบน Raspberry Pi ระบบสามารถเก็บข้อมูลบนระบบฐานข้อมูลได้ 100 % จึงทำให้เงื่อนไขคำสั่งการส่งข้อมูลย้อนหลังในการเก็บข้อมูลระบบหน่วยความจำสำรองและระบบฐานข้อมูลบนคอมพิวเตอร์แม่ข่ายสามารถทำงานได้อย่างดีเยี่ยมดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.6 การทดสอบการเก็บข้อมูลบนระบบฐานข้อมูลสำรองและฐานข้อมูล

NO.	ชุดตัวอย่างทดสอบข้อมูล	เก็บข้อมูลฐานข้อมูลสำรอง	ฐานข้อมูลบนคอมพิวเตอร์แม่ข่าย
1	60 นาที	100 %	98 %
2	360 นาที	100 %	98 %
3	720 นาที	100 %	98 %
4	1140 นาที	100 %	97.5 %
5	2880 นาที	100 %	97.5 %
6	3600 นาที	100 %	97 %
8	10,080 นาที	100 %	97 %
9	20,160 นาที	100 %	96 %
9	30,240 นาที	100 %	96 %
10	43,200 นาที	100 %	95 %

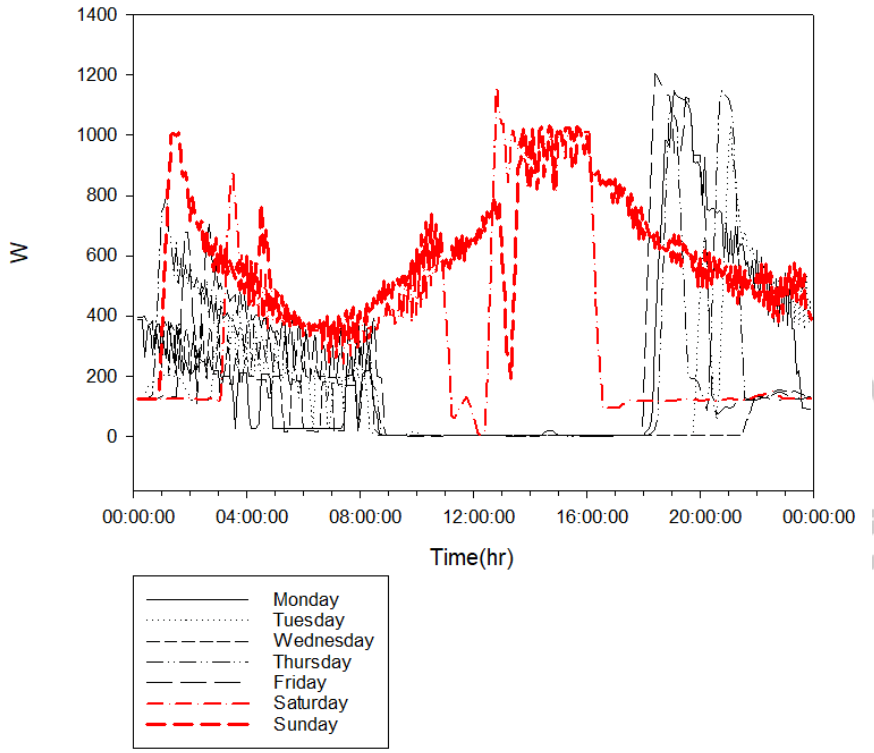
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลภาพภาระทางไฟฟ้า

การศึกษาภาระทางไฟฟ้าสำหรับบ้านอัจฉริยะมุ่งเน้นการเก็บข้อมูลเพื่อทำการวิเคราะห์และปรับปรุงการใช้พลังงานในบ้านให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยภาระทางไฟฟ้าสำหรับบ้านอัจฉริยะจะใช้ข้อมูลการใช้พลังงานที่เก็บรวบรวมมาเพื่อทำการวิเคราะห์และเลือกใช้วิธีการจัดการพลังงานที่เหมาะสมที่สุดตามข้อมูลที่ได้มา โดยจากข้อมูลที่เก็บได้พบว่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยที่บ้านอัจฉริยะใช้งานอยู่ที่ 1 วัตต์-ชั่วโมง (Wh) ต่อวัน แต่หลังจากการวิเคราะห์พบว่าจริงๆ แล้วบ้านอัจฉริยะใช้พลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ระดับเฉลี่ย 0.8 วัตต์-ชั่วโมง (Wh) ต่อวัน ในการวิเคราะห์และปรับปรุงการใช้พลังงานนี้ เราสามารถใช้ข้อมูลเหล่านี้เพื่อพัฒนาวิธีการจัดการพลังงานให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นในอนาคต ดังภาพที่ 4.20



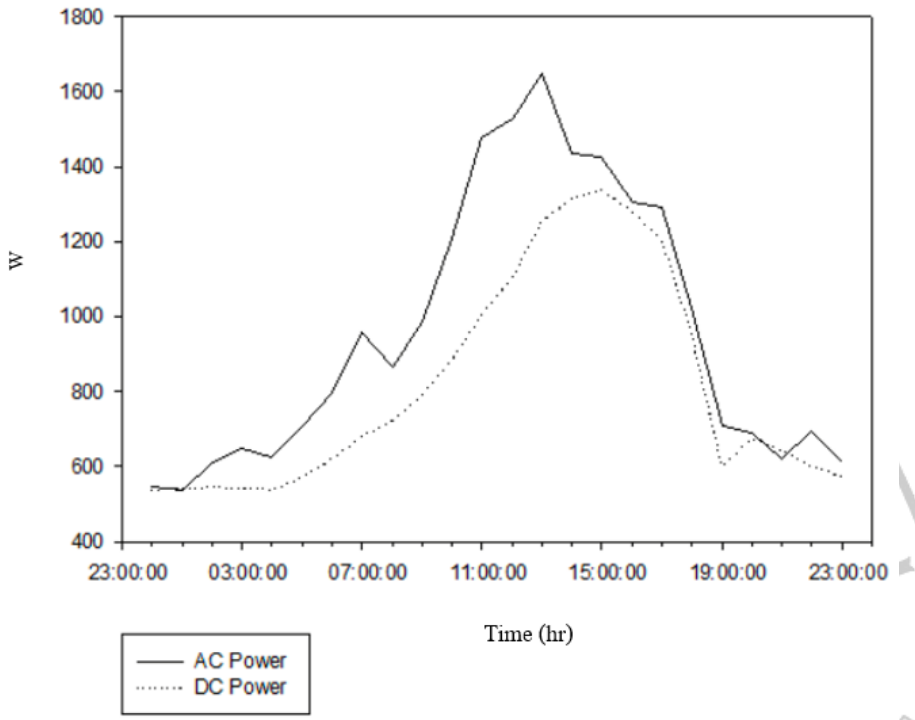
ภาพที่ 4.20 ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับบ้านอัจฉริยะ

พฤติกรรมการใช้พลังงานสำหรับบ้านอัจฉริยะสามารถแบ่งเป็นสองประเภทจากการใช้พลังงานไฟฟ้า 1. การใช้พลังงานไฟฟ้าช่วงวันจันทร์ – ศุกร์ และ 2. การใช้พลังงานไฟฟ้าช่วงวันเสาร์ - อาทิตย์ โดยจากการวิเคราะห์ข้อมูล การใช้พลังงานช่วงวันจันทร์ -ศุกร์ คือ พฤติกรรมจะใช้พลังงานในช่วงเวลาเช้า จนถึง 8:00 นาฬิกา และหยุดการใช้พลังงานในช่วงเวลากลางวัน จนกระทั่งกลับมาใช้พลังงานในช่วง 18.00 นาฬิกา นั้นคือพฤษติกรรมของการออกไปทำงาน ส่วนช่วงเวลาเสาร์-อาทิตย์ จะเป็นการใช้พลังานไฟฟ้าในตลอดทั้งวัน โดยจะมีการใช้พลังงานมากที่สุด จะอยู่ที่ช่วงเวลากลางวัน ดังภาพที่ 4.21



ภาพที่ 4.21 พฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับบ้านอัจฉริยะ

การเปรียบเทียบการใช้พลังงานระหว่างระบบไฟฟ้ากระแสตรงและระบบไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับบ้านอัจฉริยะพบว่าการใช้พลังงานไฟฟ้ากระแสตรงสำหรับบ้านอัจฉิยะมีประสิทธิภาพสูงกว่า โดยมีการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าถึงร้อยละ 13.4 เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้พลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ สาเหตุหลักคือบ้านอัจฉริยะมีอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าที่รองรับการใช้พลังงานไฟฟ้ากระแสตรงอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งทำให้การใช้พลังงานไฟฟ้ากระแสตรงสามารถส่งผ่านพลังงานไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้าได้อย่างตรงไปตรงมา โดยไม่มีขั้นตอนการแปลงเปลี่ยนพลังงาน ในขณะที่ระบบไฟฟ้ากระแสสลับต้องใช้ Converter ในการแปลงเปลี่ยนพลังงาน ซึ่งจะทำให้เกิดค่าสูญเสียของพลังงานในขั้นตอนการแปลงเปลี่ยนเหล่านั้น การลดค่าสูญเสียดังกล่าวจึงเป็นเหตุผลสำคัญที่ทำให้การใช้พลังงานไฟฟ้ากระแสตรงเป็นทางเลือกที่มีประสิทธิภาพ ดังภาพที่ 4.21



ภาพที่ 4.22 การเปรียบเทียบการใช้พลังงานระหว่างระบบไฟฟ้ากระแสตรง

CHIANG MAI RAJABHAT UNIVERSITY

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล ข้อจำกัด และข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้มุ่งเสนอการศึกษาการพัฒนาระบบควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับบ้านอัจฉริยะ มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างชุดอุปกรณ์ติดตามและควบคุมโดยใช้ ราสเบอรี่พายร่วมกับโมดูลเซ็นเซอร์ Modbus ตรวจวัดไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับไฟฟ้ากระแสสลับเพื่ออ่านค่าข้อมูลพลังงานไฟฟ้านำมาประมวลผลรูปแบบการควบคุมพลังงานไฟฟ้าในบ้านอัจฉริยะ โดยการควบคุมพลังงานบ้านอัจฉริยะจะแบ่งการควบคุมเป็นระบบอัตโนมัติในการใช้พลังงานไฟฟ้ากระแสตรงเป็นหลักและแบบควบคุมการใช้พลังงานผ่านทางเว็บแอปพลิเคชันแบบ Real-Time ร่วมไปถึงการเปิด-ปิดระบบการควบคุมแบบแมนนวล โดยการทำงานเบื้องหลังของระบบควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับบ้านอัจฉริยะพัฒนาโปรแกรมชุดคำสั่งในการควบคุมและติดตามการทำงานของระบบไฟฟ้าบนระบบปฏิบัติการ Linux ในการอ่านข้อมูลพลังงานไฟฟ้า และส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์แม่ข่ายเพื่อให้สมองกลฝังตัวทำงานเชื่อมกับระบบเว็บแอปพลิเคชันและระบบฐานข้อมูลเพื่อรองรับการทำงานการบันทึกข้อมูลพลังงานไฟฟ้าและควบคุมการทำงานการนำเข้าพลังงานไฟฟ้าสำหรับบ้านอัจฉริยะ

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาหัวข้อวิจัยเรื่องการพัฒนาระบบควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับบ้านอัจฉริยะ โดยการศึกษาการสร้างอุปกรณ์ติดตามและอุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้า การทดสอบประสิทธิภาพการอ่านข้อมูลเซ็นเซอร์ตรวจวัดพลังงานไฟฟ้า การออกแบบพัฒนาระบบซอฟแวร์ ผลการทดสอบประสิทธิภาพซอฟแวร์ ซึ่งสามารถสรุปผลงานวิจัยต่อไปนี้

ผลการสร้างอุปกรณ์ติดตามและควบคุมไฟฟ้า

จากการศึกษาการสร้างอุปกรณ์ติดตามและควบคุม โดยใช้ สมองกลฝังตัว Raspberry Pi ในการติดตามข้อมูลพลังงานไฟฟ้าและควบคุมการทำงานไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับไฟฟ้ากระแสสลับ โดย Raspberry จะทำหน้าที่เสมือนคอมพิวเตอร์ในการสั่งการทำงานการอ่านข้อมูลพลังงานไฟฟ้าจากเซ็นเซอร์ตรวจวัดพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง PZEM 017 และพลังงานไฟฟ้า

กระแสสลับ PZEM 016 โดยการอ่านข้อมูลพลังงานใช้การอ่านข้อมูลในรูปแบบ Modbus protocal ในการอ่านข้อมูลพลังงานไฟฟ้าเพื่อนำมาส่งข้อมูลให้กับคอมพิวเตอร์แม่ข่าย ในส่วนของการควบคุมการควบคุมการทำงานใช้สมองกลฝังตัว Raspberry Pi โดยใช้โปรแกรม Node-red พัฒนาฟังก์ชันให้เกิดสามารถสั่งการทำงานผ่าน PINE GPIO 15 ในการสั่งการควบคุมตามคำสั่งที่ได้จากทางเว็บแอปพลิเคชัน หรืออ่านค่าการควบคุมหน้าตู้ควบคุม โดยใช้ PINE GPIO 15 ในการอ่านค่าและควบคุมการทำงานดังโปรแกรมดังภาพที่ 4.6 โดยเมื่อต้องการสั่งการทำงาน มอดูลควบคุม Relay switch 4CH 5V โดยแบ่งการควบคุมแต่ละส่วน 1. Inputพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับจากแหล่งผลิตไฟฟ้า 2.Output พลังงานไฟฟ้ากระแสสลับในการจ่ายให้โหลดไฟฟ้า 3.INPUTพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงจากแหล่งผลิต 4.OUTPUT พลังงานไฟฟ้ากระแสตรงที่จ่ายให้กับโหลดไฟฟ้า โดยการจ่ายพลังงานไฟฟ้าจามอดูล relay จะใช้ค่าแรงดันที่ 24 VDC ที่ได้รับจากแหล่งจ่ายพลังงานสำรอง (Power supply) เมื่อมีการสั่งการทำงานการควบคุมการทำงาน Relay switch จะสั่งเปิดการทำงานจ่ายพลังงานให้กับ มอดูล MY4-GS Miniature Power Relays ในการรับค่าแรงดันไฟฟ้า 24 V โดย MY4-GS Miniature Power Relays จะช่วยให้การทำงานการควบคุมการทำงานมีความเสถียร์และปลอดภัยกว่าการทำ Relay 5V มาขับเคลื่อนการทำงานของแรงดันไฟฟ้าแรงดันสูงได้ เนื่องจากถูกออกแบบให้ทนทานต่อการทำงานในสภาวะต่าง ๆ รวมถึงสภาวะแวดล้อมที่มีอุณหภูมิและความชื้นสูงและป้องกันการทำงานผิดปกติของระบบไฟฟ้า เมื่อ MY4-GS Miniature Power Relays ได้รับค่าไฟฟ้า จะทำการสั่งการทำงานตามวงจรของโมดูลในการจ่ายพลังงานต่อไปให้กับ AF16-30-10-13 - ABB Magnetic Switch ที่มีความสามารถรับค่าแรงได้ไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับในการเปิด INPUTพลังงานไฟฟ้า หรือ จ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับโหลดไฟฟ้า

ผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานและการหาข้อผิดพลาดของระบบฮาร์ดแวร์ (Hardware)

จากการศึกษาการทดสอบประสิทธิภาพได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของการทำงานฮาร์ดแวร์ระบบติดตามและควบคุมพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับและพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง แบ่งได้ดังนี้การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเซ็นเซอร์ตรวจวัดพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงและพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับจากผลการทดสอบประสิทธิภาพพบว่า เซ็นเซอร์ตรวจวัดไฟฟ้ากระแสตรงมีความแม่นยำในการอ่านข้อมูลพลังงานไฟฟ้า โดยมีการอ่านข้อมูลค่าแรงดันไฟฟ้าร้อยละ 2 และค่ากระแสไฟฟ้าอยู่ที่ร้อยละ 0.89 โดยผลการทดสอบการอ่านข้อมูลพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ แรงดันอยู่ที่ร้อยละ 1.28 และค่าแรงดันกระแสไฟฟ้าที่ 0.16 และการทดสอบการควบคุมการทำงานของสวิตต์ฟ้าหน้าตู้ควบคุมสามารถควบคุมการทำงานได้ร้อยละ 100 และการสลับการทำงานในรูปแบบอัตโนมัติโดยใช้พลังงานไฟฟ้ากระแสตรงที่ช่วงแรงดัน

240 VDC – 290VDC โดยถ้าพบแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่าและสูงกว่าระบบจะทำการสลับการใช้แหล่งพลังงานโดยใช้พลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ และระบบยังสามารถควบคุมการทำงานผ่านทางเว็บแอปพลิเคชัน อย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัยต่อผู้อยู่อาศัยในบ้านอัจฉริยะ

ผลการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน

การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันของระบบติดตามและควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับบ้านอัจฉริยะ โปรแกรมชุดคำสั่งสามารถรองรับการทำงานการส่งข้อมูลพลังไฟฟ้าโดยผลการพัฒนาโปรแกรมชุดคำสั่งโดยใช้การรับข้อมูลจากพลังงานไฟฟ้าแปลงข้อมูลจากรูปแบบข้อความเป็นข้อมูล Json Format ในการส่งข้อมูลพลังงานไฟฟ้าให้กับระบบฐานข้อมูลแบบ Real – Time และการส่งข้อมูลย้อนหลังกรณีอุปกรณ์ไม่สามารถเชื่อมต่อ Wi-Fi ทำให้ต้องมีการเก็บข้อมูลสำรองไว้และอัพข้อมูลพลังงานไฟฟ้าย้อนหลังไปยังคอมพิวเตอร์แม่ข่าย โดยผลการทำสอบพบว่า ผลการทดลองดังกล่าว การทดสอบชุดคำสั่งข้อมูลการบริโภคไฟฟ้าในการบันทึกข้อมูลลงระบบฐานข้อมูลสำรองบน Raspberry Pi ระบบสามารถเก็บข้อมูลบนระบบฐานข้อมูลได้ร้อยละ 100 และการเก็บข้อมูลสำรองในกรณีไม่สามารถเชื่อมต่อระบบอินเทอร์เน็ตไร้สาย Wi-Fi และส่งข้อมูลย้อนหลังเมื่อกลับมาเชื่อมต่อ อินเทอร์เน็ต จะส่งข้อมูลให้คอมพิวเตอร์แม่ข่ายสามารถเก็บข้อมูลลงฐานข้อมูลเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 97 ของตัวอย่างชุดข้อมูลตัวอย่าง จึงทำให้เงื่อนไขคำสั่งการส่งข้อมูลย้อนหลังในการเก็บข้อมูลระบบหน่วยความจำสำรองและระบบฐานข้อมูลบนคอมพิวเตอร์แม่ข่ายสามารถทำงานได้อย่างดีเยี่ยม ในการพัฒนาส่วนแสดงผลเว็บแอปพลิเคชันใช้ภาษา React Native ในการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันด้วยเทคโนโลยี Responsive Web Design ในการทำงานของส่วนแสดงผลและการควบคุมพลังงานไฟฟ้า โดยการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันได้พัฒนาระบบจัดการข้อมูลบ้านอัจฉริยะที่สามารถเพิ่ม ลบ แก้ไข ในการเพิ่มข้อมูลบ้านอัจฉริยะในการควบคุมและเก็บข้อมูลพลังงานไฟฟ้า โดยผลการทำงานระบบเว็บแอปพลิเคชันสามารถรองรับการทำงานผ่านเว็บบราวเซอร์และโมบายแอปพลิเคชัน โดยผลการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันสามารถทำงานได้เต็มประสิทธิภาพสามารถติดตามข้อมูลและควบคุมพลังงานการใช้ไฟฟ้าบ้านอัจฉริยะอย่างมีประสิทธิภาพ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลภาพภาระทางไฟฟ้า

ภาระทางไฟฟ้าสำหรับบ้านอัจฉริยะเน้นไปที่การใช้ข้อมูลเพื่อวิเคราะห์และปรับปรุงการใช้พลังงานในบ้านเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้พลังงาน โดยมีการพบว่าภาระทางไฟฟ้าสำหรับบ้านอัจฉริยะใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยประมาณ 1 วัตต์-ชั่วโมงต่อวัน ตามที่เก็บข้อมูลไว้

แต่จากการวิเคราะห์พบว่าการใช้พลังงานจริงๆ อยู่ที่ระดับเฉลี่ย 0.8 วัตต์-ชั่วโมงต่อวัน ซึ่งทำให้เกิดการพัฒนาวิธีการจัดการพลังงานในอนาคตเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพได้พฤติกรรมการใช้พลังงานสำหรับบ้านอัจฉริยะถูกแบ่งออกเป็นสองประเภทตามช่วงเวลาการใช้พลังงานไฟฟ้า คือช่วงวันจันทร์ - ศุกร์ และช่วงวันเสาร์ - อาทิตย์ ซึ่งพบว่าพฤติกรรมการใช้พลังงานของแต่ละช่วงมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยในวันจันทร์ - ศุกร์ มีการใช้พลังงานในช่วงเช้าและเย็น โดยในช่วงกลางวันมีการหยุดใช้พลังงาน ส่วนในวันเสาร์ - อาทิตย์ มีการใช้พลังงานไฟฟ้าตลอดทั้งวันโดยมีจุดสูงสุดในช่วงกลางวันการเปรียบเทียบการใช้พลังงานระหว่างระบบไฟฟ้ากระแสตรงและระบบไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับบ้านอัจฉริยะพบว่าการใช้พลังงานไฟฟ้ากระแสตรงมีประสิทธิภาพสูงกว่า โดยมีการลดการใช้พลังงานถึงร้อยละ 13.4 เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ระบบไฟฟ้ากระแสสลับ สาเหตุหลักมาจากอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าที่รองรับการใช้พลังงานไฟฟ้ากระแสตรงอย่างชัดเจน ซึ่งทำให้การใช้พลังงานไฟฟ้ากระแสตรงสามารถส่งผ่านพลังงานไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้าได้อย่างตรงไปตรงมาโดยไม่มีขั้นตอนการแปลงเปลี่ยนพลังงาน เทียบกับการใช้ระบบไฟฟ้ากระแสสลับที่ต้องใช้ Converter ในการแปลงเปลี่ยนพลังงานซึ่งมีค่าสูญเสียของพลังงานในขั้นตอนการแปลงเปลี่ยนนั้น การลดค่าสูญเสียดังกล่าวทำให้การใช้พลังงานไฟฟ้ากระแสตรงเป็นทางเลือกที่มีประสิทธิภาพมากกว่า

ข้อเสนอแนะ

1. การพัฒนาระบบติดตามและควบคุมไฟฟ้ากระแสตรงร่วมกับไฟฟ้ากระแสสลับสามารถพัฒนาต่อยอดในเว็บแอปพลิเคชันและระบบฐานข้อมูล เพื่อให้ฉลาดขึ้นและสามารถบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้าในบ้านอัจฉริยะอย่างมีประสิทธิภาพ

2. การพัฒนาฮาร์ดแวร์อาจจะเพิ่มความง่ายและสะดวกสบายต่อผู้ใช้งานหรือการออกแบบที่ทำให้ใช้งานง่าย ลดขนาดและสิ่งที่ไม่จำเป็น หรือเป็นการฟังก์ชันเพิ่มหน้าจอ LED สำหรับควบคุมติดตามและควบคุมไฟฟ้ากระแสสลับ

3. การใช้พลังงานไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูงอาจจะต้องใช้งานอย่างระมัดระวังต่ออุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าเพื่อไม่ให้เกิดอันตรายต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าและผู้ใช้งาน

บรรณานุกรม

Asaad, M., Ahmad, F., Saad Alam, M., & Rafat, Y. (2017, August). IoT enabled electric vehicle's battery monitoring system. In Proceedings of the 1st EAI international conference on smart grid assisted internet of things (pp. 1-10). ICST (Institute for Computer Sciences, Social-Informatics and Telecommunications Engineering).

Bedi, G., Venayagamoorthy, G. K., Singh, R., Brooks, R. R., & Wang, K. (2018). Review of Internet of Things (IoT) in Electric Power and Energy Systems. *IEEE Internet of Things Journal, 5*(2), 847-870.

Cai, Y., Sam, C. Y., & Chang, T. (2018). Nexus between clean energy consumption, economic growth and CO2 emissions. *Journal of Cleaner Production*, 182, 1001-1011.

Chanthakit, S., & Rattanapoka, C. (2018, July). Mqtt based air quality monitoring system using node MCU and node-red. In 2018 Seventh ICT International Student Project Conference (ICT-ISPC) (pp. 1-5). IEEE.

Chooruang, K., & Meekul, K. (2018, November). Design of an IoT energy monitoring system. In 2018 16th International Conference on ICT and Knowledge Engineering (ICT&KE) (pp. 1-4). IEEE.

Ellabban, O., Abu-Rub, H., & Blaabjerg, F. (2014). Renewable energy resources: Current status, future prospects and their enabling technology. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 39, 748-764.

Gragic, k., Speh, I., & Hedi, I. (2016, October). A web-based IoT solution for monitoring data using MQTT protocol. In 2016 international conference on smart systems and technologies (SST) (pp. 249-253). IEEE.

Kabir, E., Kumar, P., Kumar, S., Adelodun, A. A., & Kim, K.-H. (2018). Solar energy: Potential and future prospects. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 82, 894-900.

Lee, J., Son, S., Oh, E., Kim, T. H., & Kim, J. Y. (2018, 12-14 Jan. 2018). Load monitoring effects and characteristics of DC home. Paper presented at the 2018 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE) (pp. 1-2). IEEE.

Mahendra, O., & Syamsi, D. (2014). Design of a dual-microcontroller scheme to overcome the freeze problem for a smart data logger. Paper presented at the 2014 2nd International Conference on Information and Communication Technology (ICoICT) (pp. 314-319). IEEE.

Mathew, N. A., & Abubeker, K. M. (2017, August). IoT based real time patient monitoring and analysis using Raspberry Pi 3. In 2017 International Conference on Energy, Communication, Data Analytics and Soft Computing (ICECDS) (pp. 2638-2640). IEEE.

Morshed, N. M., et al. (2015). Microcontroller based home automation system using Bluetooth, GSM, Wi-Fi and DTMF. 2015 International Conference on Advances in Electrical Engineering (pp. 101-104). IEEE.

Nasar, M., & Kausar, M. A. (2019). Suitability Of Influx DB Database For Iot Applications. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering, 8*(10), 1850-1857.

Songkittirote, N., Setthapun, W., & Sintuya, H. (2018, December). Smart Plug Control System Development with MySQL Database and MQTT Protocol. In 2018 International Symposium on Computer, Consumer and Control (IS3C) (pp. 76-79). IEEE.

Panwar, N. L., Kaushik, S. C., & Kothari, S. (2011). Role of renewable energy sources in environmental protection: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15*(3), 1513-1524.

Rau, G. H., & Baird, J. R. (2018). Negative-CO2-emissions ocean thermal energy conversion. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 95, 265-272.

Prabu, A. V., Chandra, Y. S., Kumar, G. S., & Zeenath, S. (2021). WITHDRAWN: Residential energy management system using IoT.

Putta Sindhuja, M. S. B. (2015). Smart Power Monitoring and Control System through Internet of things using Cloud Data Storage. *Indian Journal of Science and Technology, 8*(19), 1 0974-5645.

Rodriguez-Diaz, E., Vasquez, J. C., & Guerrero, J. M. (2015). Intelligent DC homes in future sustainable energy systems: When efficiency and intelligence work together. *IEEE Consumer Electronics Magazine, 5*(1), 74-80.

Vossos, E., Pantano, S., Heard, R., & Brown, R. E. (2017). DC appliances and DC power distribution: A bridge to the future net zero energy homes.

ณัฐกิตต์, วิริยะยอดเยี่ยม. (2557). ระบบรักษาความปลอดภัยและเตือนภัยโดยการประยุกต์ใช้บอร์ด Raspberry Pi: สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ไพวรรณ มะละ, ปราลี มณีรัตน์, สุขสวัสดี ณัฏฐวุฒิสิทธิ์, และสุรชัย ทองแก้ว. (2018). การพัฒนาระบบวิเคราะห์ข้อมูลเตียงลมอัจฉริยะเพื่อลดอาการเกิดโรคแผลกดทับ. *Sripatum Review of Science and Technology, 10*(1), 88-101.

วิษณุ ช้าง เนียม. (2017). อุปกรณ์เก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมพื้นที่ปลูกสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียเพื่อ ใช้เป็นข้อมูลสำหรับการพยากรณ์การเติบโตและความหวาน. *Ladkrabang Engineering Journal, 34*(1), 25-32.

อนุสรณ์ ขาวทอง, พศวีร์ ศรีโหวด, ธนภัทร พรหมวัฒนภักดี และเสมา พัฒน์ฉิม เอกชัย ดีศิริ. (2562). การประยุกต์ใช้งาน NETPIE สำหรับตรวจวัดอุณหภูมิในพื้นที่โดยรอบและแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่เครื่องยนต์สูบน้ำดับเพลิง: โครงการวิจัยสหกิจศึกษาระดับปริญญาตรี. การประชุมทางวิชาการ สมาคมสถาบันการศึกษาชั้นอุดมแห่งภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ประจำประเทศไทย ครั้งที่ 43, (หน้า 1-9).

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ – นามสกุล วันวิเศษ อภิชาติ

วัน เดือน ปี เกิด 16 พฤษภาคม 2539

ที่อยู่ปัจจุบัน 66/1 หมู่ที่ 9 ตำบลงิ้วงาม อำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์

อีเมล์แอดเดรส wanwisetjab@gmail.com

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2562 - ปัจจุบัน	ปริญญาโทหลักสูตรพลังงานและสิ่งแวดล้อมชุมชน มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
พ.ศ. 2557 – พ.ศ. 2561	วิทยาศาสตรบัณฑิต วิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

ประสบการณ์ทำงาน

พ.ศ. 2565 – ปัจจุบัน	หัวหน้า IOT & R&D บริษัท ซีเค–เทค อินโนเวชั่น จังหวัดพะเยา
พ.ศ. 2561 – 2565	ผู้ช่วยนักวิจัย วิทยาลัยพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยี ชุมชนแห่งเอเชีย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่