

การควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในที่อยู่อาศัยด้วยชุดกักเก็บพลังงาน
บนพื้นฐานของการประยุกต์ใช้ชุดควบคุมเชิงตรรกะที่สามารถโปรแกรมได้
POWER CONSUMPTION LIMIT FOR RESIDENCE VIA ENERGY STORAGE UNIT
BASED ON THE IMPLEMENT OF PLC

โดย

นางสาวพัชรพร	ศิริภาพร
นายพัชรพรรณ	พิงวลิษฐ์ธร
นายพิชญ	กาญจนสมวงศ์
นายพิชตม์	พิทักษ์พาณิชย์กุล

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

การควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในที่อยู่อาศัยด้วยชุดกักเก็บพลังงาน
บนพื้นฐานของการประยุกต์ใช้ชุดควบคุมเชิงตรรกะที่สามารถโปรแกรมได้
POWER CONSUMPTION LIMIT FOR RESIDENCE VIA ENERGY STORAGE UNIT
BASED ON THE IMPLEMENT OF PLC

โดย

นางสาวพัชรพร	ศิริภาพร
นางสาวพัชรพรรณ	พึงวิสิษฐ์ธร
นายพิชญ	กาญจนสมวงศ์
นายพิชญตม์	พิทักษ์พาณิชย์กุล

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2560

Power Consumption Limit For Residence Via Energy Storage Unit
Based On The Implement Of PLC

PACHARAPORN

SIRITHAPORN

PACHARAPAN

PUENGWASITTHON

PITCHAYA

KANCHANASOMWONG

PITCHAYUT

PITAKPANICHKUL

THIS PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT
FOR THE BACHELOR DEGREE IN ELECTRICAL ENGINEERING
DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2017

ปีการศึกษา 2560

การควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในที่อยู่อาศัยด้วยชุดกักเก็บพลังงาน
บนพื้นฐานของการประยุกต์ใช้ชุดควบคุมเชิงตรรกะที่สามารถโปรแกรมได้

POWER CONSUMPTION LIMIT FOR RESIDENCE VIA ENERGY STORAGE UNIT BASED
ON THE IMPLEMENT OF PLC

โดย

นางสาวพัชรพร	ศิริถาวร
นางสาวพัชรพรรณ	พิงวสิษฐ์ธร
นายพิชญ	กาญจนสมวงศ์
นายพิชญุตม์	พิทักษ์พานิชกุล

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร. อรรถพล เจ้าพิทักษ์กุล

ดร. ประรณนา แก้วเพชร

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2560

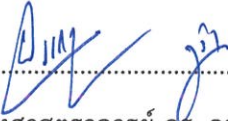
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า


คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในที่อยู่อาศัยด้วยชุดกักเก็บพลังงาน บนพื้นฐานของการ
ประยุกต์ใช้ชุดควบคุมเชิงตรรกะที่สามารถโปรแกรมได้

ผู้จัดทำ

- | | |
|-------------------|-----------------|
| 1. นางสาวพัชรพร | ศิริถาวร |
| 2. นางสาวพัชรพรรณ | พิงวสิษฐ์ธรร |
| 3. นายพิชญ | กาญจนสมวงศ์ |
| 4. นายพิชญุตม์ | พิทักษ์พานิชกุล |


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร. อรรณพ เก้าพิทักษ์กุล)


.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ดร. ประรณนา แก้วเพชร)

การควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในที่อยู่อาศัยด้วยชุดกักเก็บพลังงาน บนพื้นฐานของการประยุกต์ใช้ชุดควบคุมเชิงตรรกะที่สามารถโปรแกรมได้

นางสาวพัชรพร	ศิริภาพร	
นางสาวพัชรพรรณ	พิ่งวิไลฐ์ธร	
นายพิชญ	กาญจนสมวงศ์	
นายพิชญุตม์	พิทักษ์พาณิชย์กุล	
รศ.ดร.อรรถพล	เง่าพิทักษ์กุล	อาจารย์ที่ปรึกษา
ดร.ปรารภนา	แก้วเพชร	อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
ปีการศึกษา 2560		

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้มีจุดประสงค์เพื่อควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในที่อยู่อาศัยด้วยชุดกักเก็บพลังงานบนพื้นฐานของการประยุกต์ใช้ชุดควบคุมเชิงตรรกะที่สามารถโปรแกรมได้ (Programmable logic controller : PLC) สามารถแบ่งการจัดการพลังงานได้เป็นสองระบบ ระบบแรกเป็นการจัดการพลังงานระบบในแสงสว่าง โดยใช้การหรีไฟแบบอัตโนมัติร่วมกับชุดไมโครคอนโทรเลอร์เพื่อลดการใช้พลังงาน ซึ่งปริมาณพลังงานที่ลดได้ขึ้นอยู่กับปริมาณแสงภายนอกเข้ามาในพื้นที่ทำงาน ระบบที่สองเป็นการจัดการพลังงานไฟฟ้าระบบรวมภายในที่อยู่อาศัย โดยนำชุดควบคุมเชิงตรรกะที่สามารถโปรแกรมได้มาควบคุมการจ่ายพลังงานจากชุดกักเก็บพลังงานเพื่อควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าในหนึ่งวันไม่ให้เกินค่าที่กำหนด จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการจัดการพลังงานในระบบแสงสว่างสามารถลดการใช้พลังงานได้ร้อยละ 26.87 และการจัดการพลังงานไฟฟ้าระบบรวมสามารถลดการใช้พลังงานได้ร้อยละ 8.2 โดยระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าทั้งสองระบบสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในที่อยู่อาศัย ซึ่งเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานสูงขึ้น

Power Consumption Limit For Residence Via Energy Storage Unit Based On The Implement Of PLC

MS.PACHARAPORN	SIRITHAPORN	
MS.PACHARAPAN	PUENGWASITTHON	
MR.PITCHAYA	KANCHANASOMWONG	
MR.PITCHAYUT	PITAKPANICHKUL	
Assoc.Prof.Dr.ATTHAPOL	NGAOPITAKKUL	Advisor
Dr. PRATTHANA	KAEWPETCH	Co-Advisor

Year 2017

ABSTRACT

This project proposes the electrical energy demand control in residence with energy storage unit using a programmable logic controller (PLC). Energy management has been divided into two parts; First, energy management in lighting system by using an automatic light dimmer control with microcontroller to reduce power consumption, depends on the amount of daylight. Second, overall energy using PLC to control power flow from inverter and energy storage unit in order to limit the daily energy consumption within preferred value. The results from experiment reveal that lighting control unit can reduce power consumption up to 26.87 percent. Additionally, the overall energy management system can reduce power consumption at 8.2 percent. The operation of both units can result in better energy efficiency in residence.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาบัตรฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความอนุเคราะห์จาก รศ.ดร. อรรถพล เก่าพิทักษ์กุล อาจารย์ที่ปรึกษาคอยชี้แนะแนวทางรวมทั้งปรับปรุงแก้ไขปัญหา ข้อบกพร่องต่างๆ ในการทำโครงการด้วยความเอาใจใส่ และให้ความกรุณาเสมอมา ตลอดจนอาจารย์ในภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทความรู้ให้กับผู้จัดทำในครั้งนี้

ขอขอบคุณ บุคลากรจากบริษัท Mitsubishi Electric Factory Automation (Thailand) Co.,Ltd. ที่สนับสนุนส่วนลดการอบรมการฝึกสอนการใช้อุปกรณ์, รุ่นพี่นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ที่คอยให้คำปรึกษาและช่วยเหลือเกี่ยวกับโครงการนี้

นอกจากนี้ขอขอบคุณ คุณนครศักดิ์ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการที่เปิดโอกาสให้ใช้เครื่องมือ ตลอดจน คุณกมลวรรณ และเจ้าหน้าที่ธุรการทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือในการออกหนังสือติดต่อประสานงาน

ท้ายที่สุดนี้ ผู้จัดทำต้องขอกราบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัว ซึ่งให้การสนับสนุนในด้านการเงิน และให้กำลังใจ อีกทั้งเพื่อนๆ นักศึกษาภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า และเพื่อนสาขาวิชาอื่นที่ให้ความช่วยเหลือจนกระทั่งทำให้ประสบความสำเร็จในครั้งนี้

คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูปภาพ	VII
สารบัญตาราง	XI
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	24
1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงการ	24
1.4 วิธีการที่ใช้ในโครงการ	25
1.5 แผนการดำเนินโครงการ	26
1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย	27
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ระบบบริหารจัดการพลังงาน	28
2.1.1 ระบบบริหารจัดการพลังงานในบ้าน	28
2.1.2 ประโยชน์ของระบบบริหารจัดการพลังงาน	30
2.2 ระบบพลังงานทดแทนจากเซลล์แสงอาทิตย์	31
2.2.1 อุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้าจากไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ	31
2.2.2 การสะสมพลังงานไฟฟ้า	33
2.2.3 เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์	35
2.3 ระบบควบคุม	37
2.3.1 ตัวประมวลผลที่สามารถโปรแกรมได้	37
2.3.2 ชุดระบบควบคุมแสงสว่าง	39

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 การศึกษาพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟ ภายในที่อยู่อาศัย	
3.1 การศึกษาพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าภายในที่อยู่อาศัย	41
บทที่ 4 การออกแบบและทดลองการลดค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ภายในที่อยู่อาศัย	
4.1 ออกแบบระบบการจัดการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในบ้าน	61
4.1.1 ระบบการควบคุมค่าพลังงานไฟฟ้าภาพรวมภายในที่อยู่อาศัย	61
4.2 ทดลองความสามารถในการลดหน่วยการใช้พลังงานไฟฟ้าของ ระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าภาพรวมภายในที่อยู่อาศัยในกรณีที่ 1	71
4.2.1 การทดลองระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าภาพรวมภายในที่อยู่อาศัยในกรณีที่ 1 เมื่อยังไม่มีการนำระบบควบคุมเข้ามาใช้งาน	74
4.2.2 การทดลองระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าภาพรวมภายในที่อยู่อาศัยในกรณีที่ 1 เมื่อมีการนำระบบควบคุมเข้ามาใช้งาน และค่ากำลังไฟฟ้าที่กำหนด ($P_{setting}$) เป็นค่าคงที่ตลอด 24 ชั่วโมง	78
4.2.3 การทดลองระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าภาพรวมภายในที่อยู่อาศัยในกรณีที่ 1 เมื่อมีการนำระบบควบคุมเข้ามาใช้งาน และค่ากำลังไฟฟ้าที่กำหนด ($P_{setting}$) เป็นค่าที่เปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลาของวัน	86
4.3 ทดลองความสามารถในการลดหน่วยการใช้พลังงานไฟฟ้าของ ระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าภาพรวมภายในที่อยู่อาศัยในกรณีที่ 2	96
4.3.1 การทดลองระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าภาพรวมภายในที่อยู่อาศัยในกรณีที่ 2 เมื่อยังไม่มีการนำระบบควบคุมเข้ามาใช้งาน	97
4.3.2 การทดลองระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าภาพรวมภายในที่อยู่อาศัยในกรณีที่ 2 เมื่อมีการนำระบบควบคุมเข้ามาใช้งาน และค่ากำลังไฟฟ้าที่กำหนด ($P_{setting}$) เป็นค่าคงที่ตลอด 24 ชั่วโมง	110

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.3.3 การทดลองระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าภาพรวมภายในที่อยู่อาศัยในกรณีที่ 2 เมื่อมีการนำระบบควบคุมเข้ามาใช้งาน และค่ากำลังไฟฟ้าที่กำหนด (P_{setting}) เป็นค่าที่เปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลาของวัน	110
4.4 ระบบการจัดการแสงสว่าง	119
4.4.1 ลักษณะการทำงานของระบบการจัดการแสงสว่าง	119
4.5 การทดลองความสามารถในการลดหน่วยการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบแสงสว่าง	121
4.5.1 การทดลองเพื่อศึกษาค่าความเข้มแสงภายในที่อยู่อาศัย	121
4.5.2 การทดลองการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง เมื่อมีการติดตั้งระบบควบคุม	125
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	
5.1 สรุปผลการทดลอง	129
5.2 ข้อเสนอแนะ	133
เอกสารอ้างอิง	140
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก. ข้อมูลอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องในการวิจัย	141
ภาคผนวก ข. ข้อมูลอัตราค่าไฟ	151
ภาคผนวก ค. กรณีศึกษาช่วงเวลาของภาระไฟฟ้าในที่อยู่อาศัยช่วงวันจันทร์ – ศุกร์ โดยค่ากำลังไฟฟ้าที่กำหนด (P_{setting}) มีค่าเท่ากับ 300 วัตต์-ชั่วโมง ตลอด 24 ชั่วโมง	157
ภาคผนวก ง. บทความวิชาการ	160
ประวัติผู้เขียน	

สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
1.1 ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดของประเทศ	1
1.2 ค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุดประจำเดือนในปี พ.ศ.2554 ถึง พ.ศ.2559	2
1.3 การใช้พลังงานไฟฟ้าภายในที่อยู่อาศัย	23
2.1 รูปแสดงระบบบริหารจัดการพลังงานในบ้านเรือน	29
2.2 อุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับที่ใช้กับระบบอิสระ	31
2.3 อุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับที่ใช้เชื่อมต่อกับระบบจำหน่าย	32
2.4 อุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับที่ใช้กับระบบผสมผสาน	32
2.5 โครงสร้างแบตเตอรี่ปฐมภูมิ (Primary Cells)	33
2.6 โครงสร้างแบตเตอรี่ทุติยภูมิ (Secondary Cells)	34
2.7 โครงสร้างแบตเตอรี่สำรอง (Reserve Batteries)	34
2.8 โครงสร้างเซลล์เชื้อเพลิง (Fuel Cells)	35
2.9 เซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ (PV Stand-alone system)	35
2.10 เซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่าย (PV Grid connected system)	36
2.11 เซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน (PV Hybrid system)	36
2.12 ชนิดของตัวประมวลผลที่สามารถโปรแกรมได้ชนิดบล็อก	37
2.13 ชนิดของตัวประมวลผลที่สามารถโปรแกรมได้ชนิดโมดูล	38
2.14 บอร์ดอาดุยโน่ รุ่นยูโน้	39
2.15 บอร์ดสำหรับหรีไฟ	40
2.16 เซนเซอร์วัดความเข้มแสง รุ่น จีวาย-สามสิบ	40
3.1 แบบจำลองของที่อยู่อาศัย บ้านเดี่ยว 1 ชั้น	42
3.2 ชุดทดลองระบบไฟฟ้าภายในที่อยู่อาศัย	43
3.3 ตู้กระแสไฟฟ้าของชุดทดลองระบบไฟฟ้า	44
3.4 การทดลองเพื่อศึกษาพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของมอเตอร์ไซค์ไฟฟ้า	46

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.5 กราฟแสดงพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของมอเตอร์ไซค์ไฟฟ้า	47
3.6 การทดลองเพื่อศึกษาพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ	48
3.7 กราฟแสดงพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ	49
3.8 การทดลองเพื่อศึกษาพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของพัดลม	50
3.9 กราฟแสดงพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของพัดลม	51
3.10 การทดลองเพื่อศึกษาพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของมอเตอร์หนึ่งเฟส	52
3.11 กราฟแสดงพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของมอเตอร์ 1 เฟส (ไม่มีภาระไฟฟ้า)	53
3.12 การทดลองเพื่อศึกษาพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของกาดม้มน้ำไฟฟ้า	54
3.13 กราฟแสดงพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของกาดม้มน้ำไฟฟ้า	54
3.14 การทดลองเพื่อศึกษาพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของตู้เย็น	55
3.15 กราฟแสดงพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของตู้เย็น	56
3.16 การทดลองเพื่อศึกษาพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ	57
3.17 กราฟแสดงพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ	58
3.18 การทดลองเพื่อศึกษาพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของหลอดแสงสว่าง	59
3.19 กราฟแสดงพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของหลอดแสงสว่าง	60
4.1 แผนภาพเส้นเดี่ยวของระบบการควบคุมค่าพลังงานไฟฟ้า ภาพรวมภายในที่อยู่อาศัย	62
4.2 อุปกรณ์ที่ใช้กับระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์	63
4.3 ระบบควบคุมการจ่ายพลังงานไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์	65
4.4 ลักษณะการไหลของพลังงานไฟฟ้า	67
4.5 รูปแบบการทำงานของระบบควบคุมพลังงานไฟฟ้าภายในที่อยู่อาศัย	68
4.6 แผนผังแสดงรูปแบบการจ่ายพลังงานจากระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์	69
4.7 กราฟกำลังไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ในหนึ่งวัน	71
4.8 การติดตั้งอุปกรณ์ และเครื่องมือวัดในการทดลอง	72

สารบัญรูปรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.9 ช่วงเวลาของภาระไฟฟ้าในที่อยู่อาศัยในช่วงวันจันทร์ – ศุกร์ เมื่อยังไม่มีระบบควบคุม	77
4.10 ช่วงเวลาของภาระไฟฟ้าในที่อยู่อาศัยช่วงวันจันทร์ – ศุกร์ เมื่อใช้ระบบควบคุม พลังงานไฟฟ้าซึ่งค่ากำลังไฟฟ้าที่กำหนด (P_{setting}) เป็นค่าคงที่	85
4.11 ช่วงเวลาของภาระไฟฟ้าในที่อยู่อาศัยช่วงวันจันทร์ – ศุกร์ เมื่อใช้ระบบควบคุม พลังงานไฟฟ้าซึ่งค่ากำลังไฟฟ้าที่กำหนด (P_{setting}) เป็นค่าที่เปลี่ยนแปลงไป ตามช่วงเวลาของวัน	95
4.12 ช่วงเวลาของภาระไฟฟ้าในที่อยู่อาศัยในช่วงวันเสาร์ – อาทิตย์ เมื่อยังไม่มีระบบควบคุม	100
4.13 ช่วงเวลาของภาระไฟฟ้าในที่อยู่อาศัยช่วงวันเสาร์ – อาทิตย์ เมื่อใช้ระบบควบคุม พลังงานไฟฟ้าซึ่งค่ากำลังไฟฟ้าที่กำหนด (P_{setting}) เป็นค่าคงที่	109
4.14 ช่วงเวลาของภาระไฟฟ้าในที่อยู่อาศัยช่วงวันเสาร์ – อาทิตย์ เมื่อใช้ระบบควบคุม พลังงานไฟฟ้าซึ่งค่ากำลังไฟฟ้าที่กำหนด (P_{setting}) เป็นค่าที่เปลี่ยนแปลงไป ตามช่วงเวลาของวัน	118
4.15 แผนผังแสดงการทำงานของระบบการจัดการแสงสว่าง	120
4.16 หน้าจอแอปพลิเคชันปรับความสว่างหลอดไฟฟ้า	120
4.17 ชุดทดลองที่ใช้ศึกษาค่าความเข้มแสงภายในบ้าน	122
4.18 ภายในชุดทดลองที่ใช้ศึกษาค่าความเข้มแสงภายในบ้าน	122
4.19 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลา และค่าความเข้มแสงภายในระยะเวลา 1 วัน	123
4.20 การติดตั้งอุปกรณ์ และเครื่องมือวัดในการทดลองระบบจัดการแสงสว่าง	125
4.21 กราฟแสดงค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้า	126

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ความต้องการใช้ไฟฟ้าของระบบปี พ.ศ. 2549 – 2559	2
1.2 การใช้พลังงานโดยแยกเป็นแต่ละประเภทในการดูแลของการไฟฟ้านครหลวง	4
1.3 การใช้พลังงานโดยแยกเป็นแต่ละประเภทในการดูแลของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค	4
1.4 อัตราการขยายตัวของการใช้ไฟฟ้าในปี 2558	5
1.5 ตารางสรุปรงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบบริหารจัดการพลังงาน	9
3.1 ตารางโหลดชุดทดลองระบบไฟฟ้า	45
3.2 ค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าที่สำคัญของมอเตอร์ไซค์ไฟฟ้า	46
3.3 ค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าที่สำคัญของเครื่องปรับอากาศ	48
3.4 ค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าที่สำคัญของพัดลม	50
3.5 ค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าที่สำคัญของมอเตอร์ 1 เฟส	52
3.6 ค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าที่สำคัญของกาดม้มน้ำไฟฟ้า	54
3.7 ค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าที่สำคัญของตู้เย็น	56
3.8 ค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าที่สำคัญของตั้งโต๊ะ	57
3.9 ค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าที่สำคัญของภาระไฟฟ้าแสงสว่าง	59
4.1 ค่ากำลังไฟฟ้าที่กำหนด (P_{setting}) ในแต่ละช่วงเวลาภายใน 1 วัน	70
4.2 ลักษณะการใช้ภาระไฟฟ้าภายในที่อยู่อาศัยใน 1 วัน สำหรับกรณีที่ 1	74
4.3 ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 1 ชั่วโมงย้อนหลังในแต่ละช่วงระยะเวลาภายใน 1 วัน และแสดงการทำงานของระบบควบคุม และการจ่ายพลังงานไฟฟ้า จากชุดกักเก็บพลังงานและเซลล์แสงอาทิตย์	78
4.4 ค่ากำลังไฟฟ้าที่กำหนด (P_{setting}) ในแต่ละช่วงเวลาภายใน วัน 1	86
4.5 ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 1 ชั่วโมงย้อนหลังในแต่ละช่วงระยะเวลาภายใน 1 วัน และแสดงการทำงานของระบบควบคุม และการจ่ายพลังงานไฟฟ้า จากชุดกักเก็บพลังงานและเซลล์แสงอาทิตย์	87
4.6 ลักษณะการใช้ภาระไฟฟ้าภายในที่อยู่อาศัยใน 1 วัน สำหรับกรณีที่ 2	97

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.7 ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 1 ชั่วโมงย้อนหลังในแต่ละช่วงระยะเวลาภายใน 1 วัน และแสดงการทำงานของระบบควบคุม และการจ่ายพลังงานไฟฟ้า จากชุดกักเก็บพลังงานและเซลล์แสงอาทิตย์	101
4.8 ค่ากำลังไฟฟ้าที่กำหนด (P_{setting}) ในแต่ละช่วงเวลาภายใน 1 วัน	110
4.9 ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 1 ชั่วโมงย้อนหลังในแต่ละช่วงระยะเวลาภายใน 1 วัน และแสดงการทำงานของระบบควบคุม และการจ่ายพลังงานไฟฟ้า จากชุดกักเก็บพลังงานและเซลล์แสงอาทิตย์	111
4.10 ตารางค่าความเข้มแสงและค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าที่สำคัญในแต่ละชั่วโมง	124
4.10 ค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าต่างๆ ก่อนและหลังใช้ระบบการจัดการแสงสว่าง	128
5.1 สรุปผลการทดลองระบบการควบคุมค่าพลังงานไฟฟ้าภาพรวมภายในที่อยู่อาศัย กรณีที่ค่ากำลังไฟฟ้าที่กำหนด (P_{setting}) เป็นค่าคงที่ตลอด 24 ชั่วโมง	130
5.2 สรุปผลการทดลองระบบการควบคุมค่าพลังงานไฟฟ้าภาพรวมภายในที่อยู่อาศัย กรณีที่ค่ากำลังไฟฟ้าที่กำหนด (P_{setting}) เป็นค่าที่เปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลาของวัน	131
5.3 สรุปผลการทดลองระบบการจัดการแสงสว่าง	132

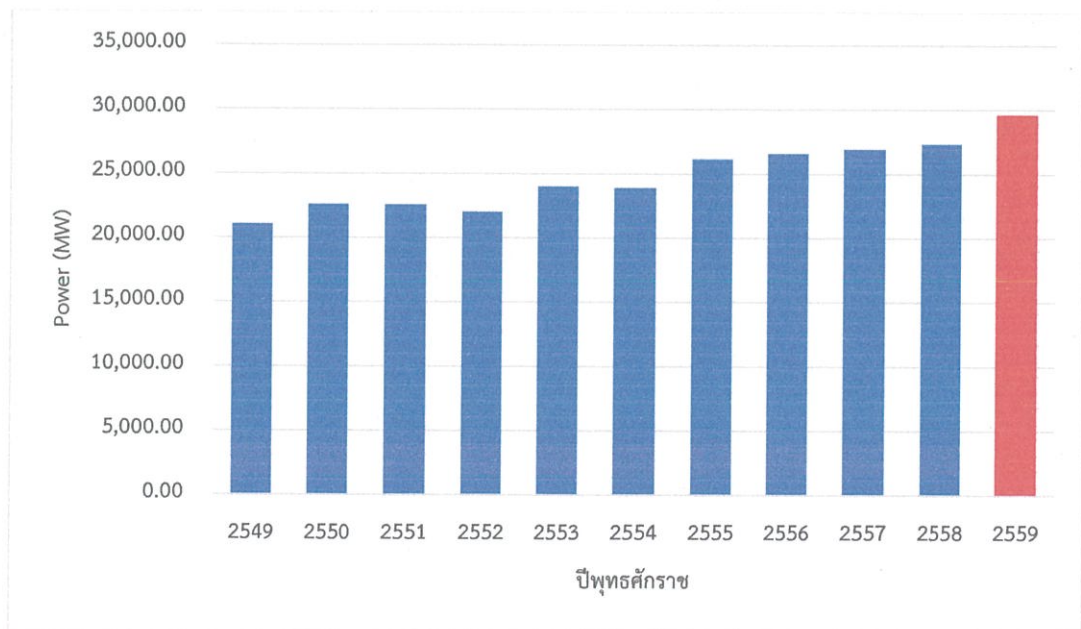
บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ในประเทศไทยซึ่งเป็นประเทศที่กำลังพัฒนา โดยความต้องการพลังงานแปรผันโดยตรงกับการเจริญเติบโตและการพัฒนาในแต่ละภาคส่วน เช่น ภาคอุตสาหกรรม ภาคการเกษตร และ ภาคครัวเรือน เป็นต้น ซึ่งทุกภาคส่วนมีผลต่อการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศ

จากสถิติค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดของประเทศ [1] ดังแสดงในรูปที่ 1.1 และตารางที่ 1.1 พบว่าตั้งแต่ปี พ.ศ. 2549 - 2551 ประเทศไทยมีความต้องการพลังงานสูงสุดเพิ่มขึ้นในทุกปี จนกระทั่งช่วง พ.ศ. 2552 ที่เศรษฐกิจไทยหดตัวลงเนื่องจากวิกฤตการเงินของโลกและความไม่สงบทางการเมืองในประเทศ ส่งผลให้ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดของประเทศลดต่ำลง และการลดลงของค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดยังปรากฏในช่วงปี พ.ศ. 2554 ที่ประเทศประสบกับอุทกภัยครั้งรุนแรงที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 1.1

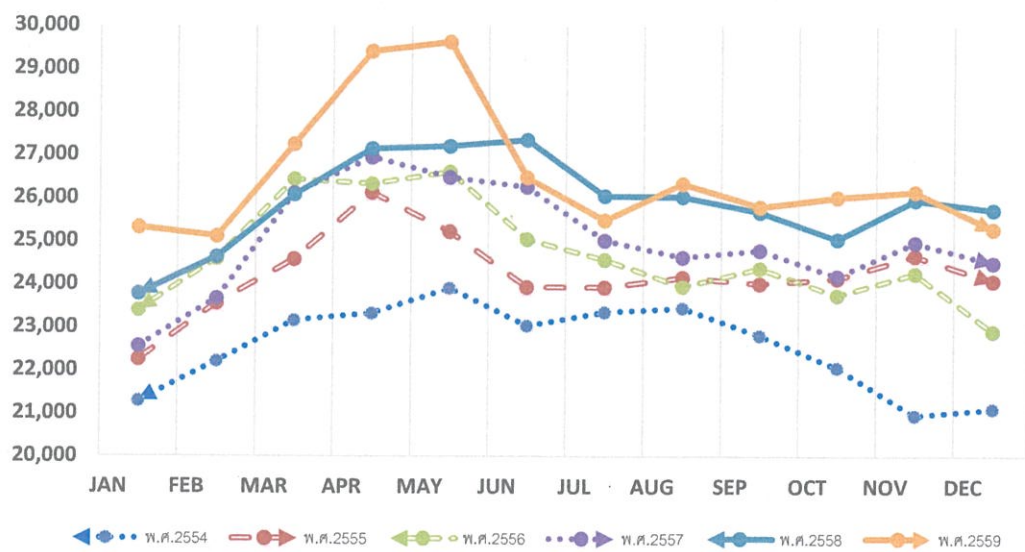


รูปที่ 1.1 ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดของประเทศ [1]

ตารางที่ 1.1 ความต้องการใช้ไฟฟ้าของระบบปี พ.ศ. 2549 – 2559

ปี พ.ศ.	ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด	เพิ่มขึ้น/ลดลง
2549	21,064.00	+2.56
2550	22,586.10	+7.23
2551	22,568.20	-0.08
2552	22,044.90	-2.32
2553	24,009.90	+8.91
2554	23,900.21	-0.46
2555	26,121.10	+9.29
2556	26,598.14	+1.83
2557	26,942.10	+1.29
2558	27,345.80	+1.50
2559	29,618.80	+8.31

และในรูปที่ 1.2 พบว่าค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด (peak) ในประเทศมีค่าสูงขึ้นทุกปี และแตกต่างกันในแต่ละเดือน โดยค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด สูงที่สุดในฤดูร้อน



รูปที่ 1.2 ค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุดประจำเดือนในปี พ.ศ. 2554 ถึง พ.ศ. 2559 [2]

การจำหน่ายไฟฟ้าแบ่งเป็นแต่ละประเภทผู้ใช้งาน [3] โดยแยกเป็นส่วนการไฟฟ้า นครหลวงและการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยอ้างอิงข้อมูลจากกระทรวงพลังงานซึ่งแสดงในตารางที่ 1.2 และ 1.3 พบว่า ภาคอุตสาหกรรม ภาคธุรกิจ ภาคครัวเรือนล้วนมีความต้องการไฟฟ้าสูงขึ้น จาก ข้อมูล สามารถสรุปอัตราการขยายตัวของการใช้ไฟฟ้า ในปี 2558 ได้ตามตารางที่ 1.4 พบว่าการใช้ ไฟฟ้าประเภทบ้านที่อยู่อาศัยในการดูแลของการไฟฟ้านครหลวงมีอัตราการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้น ร้อยละ 5.76% และประเภทบ้านที่อยู่อาศัยในการดูแลของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคมีอัตราการใช้ไฟฟ้า เพิ่มขึ้น ร้อยละ 5.93%

จากตารางที่ 1.2 และ 1.3 แสดงให้เห็นว่าในปี 2558 มีหน่วยจำหน่ายไฟฟ้าใน ส่วนของการไฟฟ้านครหลวงเป็น 49,818.80 ล้านหน่วย อัตราการขยายตัวรวมเท่ากับ 3.14 % และใน ส่วนของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคมีหน่วยจำหน่ายไฟฟ้า 123,199.19 ล้านหน่วย อัตราการขยายตัวรวม เท่ากับ 3.84 % สังเกตเห็นได้อีกว่า การใช้ไฟฟ้าประเภทบ้านที่อยู่อาศัยมีการขยายตัวมากขึ้นมาเป็น อันดับที่ 3 และอันดับที่ 6 ในส่วนของการไฟฟ้านครหลวง และ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคตามลำดับ เนื่องจากสภาพอากาศในช่วงหน้าร้อนระหว่างเดือน มี.ค.-พ.ค. มีอุณหภูมิสูงกว่าปีก่อนหน้าส่งผลให้มี การใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าในการทำความเย็นเพิ่มมากขึ้น รวมถึงการใช้ไฟฟ้าไปในอุปกรณ์เทคโนโลยีต่าง ๆ ที่หลากหลายมากขึ้น และมีแนวโน้มว่าเพิ่มสูงขึ้นในปีต่อ ๆ ไป จึงมีความจำเป็นต้องมีวิธี จัด การพลังงานเพื่อลดค่าความต้องการกำลังไฟฟ้า โดยมีการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิธี จัดการพลังงานโดยลดค่าความต้องการกำลังไฟฟ้า ซึ่งกล่าวถึงในลำดับถัดไป

ตารางที่ 1.2 การใช้พลังงานโดยแยกเป็นแต่ละประเภท ในการดูแลของการไฟฟ้านครหลวง (หน่วย : จิกะวัตต์ชั่วโมง) [3]

พ.ศ.	บ้านที่อยู่อาศัย			กิจการขนาดเล็ก	กิจการขนาดกลาง	กิจการขนาดใหญ่	กิจการเฉพาะอย่าง	ส่วนราชการและองค์กรไม่แสวงหากำไร	สูบน้ำการเกษตร	ไฟฟ้าชั่วคราว	อัตราค่าไฟฟ้าสำรอง	อัตราค่าไฟฟ้าประเภทที่สามารถจ่ายไฟฟ้าได้	ไฟไม่คิดมูลค่า	รวม
	น้อยกว่า 150 กิโลวัตต์ ชั่วโมง	มากกว่า 150 กิโลวัตต์ ชั่วโมง	รวม											
2554	422.27	9702.33	10,124.80	6,644.43	7,494.56	16,468.94	1,779.70	1,293.24	0.00	42.08	0.00	0.00	346.99	44,194.74
2555	434.35	10,964.58	11,398.92	7,210.42	8,132.84	17,807.83	1,984.38	1,049.10	0.00	301.68	0.00	0.00	358.83	48,244.00
2556	389.84	11,030.56	11,420.40	7,386.65	8,638.93	17,679.74	2,001.67	94.75	0.00	395.76	0.00	0.00	366.23	47,984.12
2557	414.33	11,280.43	11,694.75	7,428.80	8,668.96	17,538.93	2,014.66	96.13	0.00	414.20	0.00	0.00	445.08	48,301.51
2558	387.47	11,981.92	12,368.39	7,733.33	8,926.39	17,664.26	2,127.91	108.59	0.00	413.90	0.00	0.00	475.02	49,818.80

ตารางที่ 1.3 การใช้พลังงานโดยแยกเป็นแต่ละประเภท ในการดูแลของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (หน่วย : จิกะวัตต์ชั่วโมง) [3]

พ.ศ.	บ้านที่อยู่อาศัย			กิจการขนาดเล็ก	กิจการขนาดกลาง	กิจการขนาดใหญ่	กิจการเฉพาะอย่าง	ส่วนราชการและองค์กรไม่แสวงหากำไร	สูบน้ำการเกษตร	ไฟฟ้าชั่วคราว	อัตราค่าไฟฟ้าสำรอง	อัตราค่าไฟฟ้าประเภทที่สามารถจ่ายไฟฟ้าได้	ไฟไม่คิดมูลค่า	รวม
	น้อยกว่า 150 กิโลวัตต์ ชั่วโมง	มากกว่า 150 กิโลวัตต์ ชั่วโมง	รวม											
2554	8,178.87	14,495.78	22,674.65	8,801.77	15,621.92	44,630.74	3,019.61	3,594.99	296.71	798.54	68.57	1,618.49	1,821.40	102,947.38
2555	8,338.69	16,709.60	25,048.29	9,802.87	16,757.28	48,595.25	3,420.12	2,749.69	377.11	870.38	586.00	1,678.51	1,832.56	111,718.05
2556	8,159.31	18,077.66	26,236.98	10,987.50	18,580.22	50,166.20	3,584.95	54.10	353.62	950.58	51.77	1,640.84	2,012.61	114,619.38
2557	8,288.57	19,009.85	27,298.42	11,378.13	19,214.49	51,618.09	3,635.82	55.71	414.34	982.28	141.44	1,760.88	2,137.24	118,636.85
2558	8,268.45	20,648.02	28,916.46	12,034.23	19,987.53	52,554.37	3,876.10	70.40	386.68	987.50	172.15	1,945.38	2,268.38	123,199.19

ตารางที่ 1.4 อัตราการขยายตัวของการใช้ไฟฟ้า ในปี 2558 [3]

2558			
ประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า		อัตราการขยายตัว-หดตัว (%) (การไฟฟ้านครหลวง)	อัตราการขยายตัว-หดตัว (%) (การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค)
บ้านที่อยู่อาศัย	น้อยกว่า 150 กิโลวัตต์ ชั่วโมง	-6.48	-0.24
	มากกว่า 150 กิโลวัตต์ ชั่วโมง	6.22	8.62
	รวม	5.76	5.93
กิจการขนาดเล็ก		4.10	5.77
กิจการขนาดกลาง		2.97	4.02
กิจการขนาดใหญ่		0.71	1.81
กิจการเฉพาะอย่าง		5.62	6.61
ส่วนราชการและองค์กรไม่ แสวงหากำไร		12.96	26.37
สูบน้ำการเกษตร		0	-6.68
ไฟฟ้าชั่วคราว		-0.07	0.53
อัตราค่าไฟฟ้าสำรอง		0	21.71
อัตราค่าไฟฟ้าประเภทที่ สามารถงดจ่ายไฟฟ้าได้		0	10.48
ไฟไม่คิดมูลค่า		6.73	6.14
รวม		3.14	3.84

จากปัญหาที่เกิดขึ้น จึงจำเป็นต้องมีวิธีการลดค่าความต้องการกำลังไฟฟ้า โดยการลดการใช้พลังงานทำได้หลากหลายวิธี

การจัดการการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมอาจก่อให้เกิดความไม่สะดวกสบายและยุ่งยาก ดังนั้นจึงมีงานวิจัยที่นำเอาเทคโนโลยีต่าง ๆ มาช่วยจัดการแทนการปรับเปลี่ยนพฤติกรรม โดยนำเอาระบบบริหารจัดการพลังงาน (Energy Management System: EMS) มาใช้งาน ซึ่งระบบบริหารจัดการพลังงาน (EMS) หมายถึง ระบบอัตโนมัติที่นำเข้ามาใช้ในการควบคุมให้การผลิต การส่งพลังงาน รวมถึงให้การใช้พลังงานนั้นเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด [4] เพื่อให้เข้าใจถึงระบบ

บริหารจัดการพลังงานอย่างเป็นระบบ โดยมุ่งเน้นการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องนั้นแยกออกเป็น 5 ระบบใหญ่ ได้แก่ 1.ระบบการจัดการพลังงานระบบรวม 2.การจัดการพลังงานทางเลือกเซลล์แสงอาทิตย์ร่วมกับเทคโนโลยีการกักเก็บพลังงาน 3.ระบบบ้านอัจฉริยะ 4.การจัดการพลังงานเกี่ยวกับแสงสว่าง และการจัดการพลังงานในระบบชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า 5.การจัดการพลังงานภายในที่อยู่อาศัยร่วมกับเซลล์แสงอาทิตย์

งานวิจัยนี้ [5] กล่าวเกี่ยวกับการใช้ไฟฟ้าจากแหล่งผลิตไฟฟ้าด้วยระบบของตนเอง โดยแยกตัวไม่ให้อยู่เกี่ยวกับระบบไฟฟ้าส่วนกลาง เพื่อความสะดวกในเวลาเกิดไฟฟ้าดับ และทั้งยังเพื่อเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าได้เกือบทั้งหมด โดยบ้านประกอบไปด้วยแหล่งผลิตไฟฟ้าหลากหลายรูปแบบ อาทิเช่น เซลล์แสงอาทิตย์ (PV) ระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่ (BESS) รถยนต์ไฟฟ้า และระบบเซลล์เชื้อเพลิง (FC) โดยแหล่งผลิตไฟฟ้าเหล่านี้ให้กำลังการผลิตที่แตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลา ทำให้ต้องมีการนำระบบจัดการพลังงานภายในบ้าน (Home Energy Management System) เข้ามาจัดการ ช่วยให้ผู้พักอาศัยสามารถใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ

งานวิจัย [6] เป็นระบบจัดการความต้องการด้านไฟฟ้าโดยใช้ระบบการจัดการด้านการใช้ไฟฟ้า (Energy Demand Side Management) ที่ออกแบบ โดยระบบดังกล่าวนำข้อมูลความต้องการไฟฟ้าของผู้ใช้ จากมิเตอร์อัจฉริยะมาประมวลผล เพื่อทำการออกแบบระบบจัดการกับความต้องการไฟฟ้าของผู้ใช้งานให้เหมาะสม โดยที่ค่าความต้องการไฟฟ้าของขณะใด ๆ มีค่าน้อยที่สุด สำหรับงานวิจัยนี้ได้จำลองการใช้งานเป็นแบบที่อยู่อาศัย เมื่อระบบรับรู้ได้ว่าขณะนี้มีค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูง ระบบทำให้มีการเพิ่มปริมาณการใช้พลังงานจากพลังงานแสงอาทิตย์ จากการทดลองพบว่าระบบการจัดการด้านการใช้ไฟฟ้า (EDSM) ลดการบริโภคจากระบบ โดยมีค่าลดลง 1.2-2.2 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมงใน 1 สัปดาห์

งานวิจัย[7] เป็นแนวทางสำหรับการจัดการด้านการใช้ไฟฟ้าภายในที่อยู่อาศัย (DSM) ซึ่งยังมีการใช้เป็นส่วนน้อยอยู่ในปัจจุบัน และยังเน้นการศึกษาไปที่ระบบไฟฟ้าแรงดันไฟฟ้าต่ำของที่อยู่อาศัย (Low Voltage) โดยที่ทำการแบ่งภาระไฟฟ้าในที่อยู่อาศัยออกเป็น 2 ลักษณะหลักๆ ได้แก่ ภาระไฟฟ้าที่ไม่สามารถควบคุมได้ (non-controllable load) เช่น ตู้เย็น และระบบแสงสว่าง และภาระไฟฟ้าที่สามารถควบคุมได้ (controllable load) เช่น เครื่องทำน้ำอุ่น เครื่องปรับอากาศ และรถยนต์ไฟฟ้า ในกรณีศึกษานี้ใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า ชุดควบคุมอัจฉริยะ (smart controller) ที่สามารถบันทึก แสดงผล และควบคุมการใช้พลังงานของภาระไฟฟ้าที่สามารถควบคุมได้ สำหรับภาระไฟฟ้าที่ไม่สามารถควบคุมได้ มีแต่การบันทึก และแสดงผล ซึ่งสามารถให้ผู้อยู่อาศัยสามารถบริหารจัดการการใช้โหลดในช่วงเวลาที่มีความต้องการการใช้พลังงานสูงได้ โดยการทดลองมีการกำหนดค่า

ความต้องการเอาไว้ค่าหนึ่ง (Power Consumption Limit) เมื่อเกินค่าที่กำหนดไว้ทำการตรวจสอบเครื่องใช้ไฟฟ้าที่สามารถควบคุมได้เช่น เครื่องปรับอากาศมีการตรวจสอบอุณหภูมิของห้อง ถัดไปตรวจสอบการเชื่อมต่อของรถยนต์ไฟฟ้า และอุปกรณ์อื่น แล้วเลื่อนไปใช้ในเวลาที่มีการคิดค่าไฟฟ้าตอนความต้องการใช้ไฟฟ้าน้อย (Off peak)

งานวิจัย [8] เป็นการพัฒนาปรับปรุงการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในที่อยู่อาศัยที่ติดตั้งพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ โดยการออกแบบระบบตัวควบคุมเชิงทำนายแบบจำลอง (Model Predictive Control) ร่วมกับเทอร์โมสแตท (Thermostat) เพื่อลดการใช้พลังงาน จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าตัวควบคุมเชิงทำนายแบบจำลองสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้พลังงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าในภาพรวมได้โดยสามารถลดไปได้ร้อยละ 1.3 มากไปกว่านั้นยังสามารถพัฒนาการใช้พลังงานได้ดีขึ้นทำให้ค่าไฟฟ้าสามารถลดลงได้ และมีการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระในที่อยู่อาศัยด้วย ทำให้สามารถการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดได้ถึงร้อยละ 9.14

งานวิจัย [9] จากผลการทดลองสามารถลดค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดได้ เนื่องมาจากการผลิตพลังงานที่เพียงพอของเซลล์แสงอาทิตย์ โดยที่เซลล์แสงอาทิตย์ถูกนำมาใช้เพื่อ 2 วัตถุประสงค์ ประการแรกเพื่อที่สามารถลดค่าความต้องการไฟฟ้าในที่อยู่อาศัยได้เมื่อมีการเพิ่มขึ้นของโหลด และประการที่สองเพื่อสนับสนุนภาพโดยรวมของการไฟฟ้า

ในหลายครั้งที่พลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้มากกว่าความต้องการใช้ไฟฟ้าเพื่อให้เกิดการใช้พลังงานอย่างคุ้มค่าจึงมีการนำแบตเตอรี่ที่เป็นตัวเก็บพลังงานไฟฟ้า และพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่สามารถเป็นตัวสำรองพลังงานในตอนกลางคืนที่ไม่มีพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ได้ ดังนั้นการศึกษาต่อไปนี้นั้นไปที่ระบบการจัดการพลังงานทางเลือกเซลล์แสงอาทิตย์ร่วมกับเทคโนโลยีการกักเก็บพลังงาน

งานวิจัย [10] เป็นการศึกษาการใช้พลังงานจากพลังงานแสงอาทิตย์ควบคู่กับแบตเตอรี่ของที่อยู่อาศัยในชุมชน โดยทำการทดลองจากบ้านจำนวน 21 หลังในประเทศสวีเดน ปรับเปลี่ยนลักษณะการใช้งานจากแบตเตอรี่ ซึ่งแบ่งกรณีศึกษาได้แก่ กรณีที่ใช้พลังงานจากแบตเตอรี่แยกกันในแต่ละบ้าน และกรณีใช้แบตเตอรี่ร่วมกัน เพื่อนำมาช่วยจ่ายให้กับระบบ โดยพลังงานที่เหลือถูกนำจ่ายเข้าสู่กริด เพื่อลดค่าความต้องการและเพิ่มประสิทธิภาพของระบบเมื่อใช้ระบบแบบนี้แล้ว ทำให้ลดการป้อนพลังงานจากชุมชนเกือบร้อยละ 50

งานวิจัย [11] ใช้ระบบกักเก็บพลังงานโดยใช้แบตเตอรี่ (Battery Energy Storage Systems) โดยระบบกักเก็บพลังงานโดยใช้แบตเตอรี่ สามารถย้ายความต้องการไฟฟ้าจากช่วงความต้องการใช้พลังงานสูงไปช่วงความต้องการใช้พลังงานต่ำได้ และยังช่วยลดค่าไฟฟ้าที่เกิดจากความ

ต้องการไฟฟ้าสูงสุดได้ โดยที่ระบบกักเก็บพลังงาน ใช้แบตเตอรี่เก็บพลังงานในช่วงเวลาที่ค่าไฟฟ้าถูก (ช่วงกลางคืน) ในช่วง 1 ทุ่มถึง 6 โมงเช้า และคายพลังงานในช่วงเวลาที่ค่าไฟฟ้าแพง (ช่วงกลางวัน) ในช่วง 8 โมงเช้าถึง 6 โมงเย็น

งานวิจัย [12] ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้ทำการออกแบบระบบกักเก็บพลังงานโดยใช้แบตเตอรี่ที่เหมาะสมสำหรับการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ สำหรับผู้ใช้ไฟที่มีการคิดอัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาการใช้งาน (TOU) ให้กักเก็บพลังงานส่วนที่เกินที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่มีความต้องการไฟฟ้าต่ำเพื่อนำมาช่วยจ่ายให้กับส่วนที่ขาดในช่วงเวลาที่มีความต้องการไฟฟ้าสูง ทำให้สามารถควบคุมความต้องการกำลังไฟฟ้า (Demand Charge Management) สามารถควบคุมค่าไฟฟ้าในกรณีที่คิดค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาการใช้ (Time-of-Use Energy Cost Management) และสามารถนำพลังงานไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตออกมาไปใช้ในช่วงเวลาอื่น (Renewable Energy Time Shift)

งานวิจัย [13] แสดงให้เห็นว่าในปัจจุบันพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์เริ่มมีความสำคัญและบทบาทมากขึ้นจากสมัยก่อนเนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของประชากรและค่าความต้องการกำลังไฟฟ้า และได้เสนอเกี่ยวกับการออกแบบเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าแบบกริด (Grid Tie Inverter) ขั้นตอนแรกคือการหาค่าพลังงานสูงสุดที่เซลล์แสงอาทิตย์สามารถจ่ายได้ผ่านตัวควบคุมกำลังไฟฟ้าสูงสุด (Maximum Power Point Tracking) จากนั้นใช้อินเวอร์เตอร์แบบฟูล-พูลในการเพิ่มแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 330V ที่สามารถเชื่อมเข้ากับกริดได้ และควบคุมการไหลของพลังงานจากเครื่องแปลงกระแสแบบกริดไปยังที่อยู่อาศัยได้

งานวิจัย[14] และ[15] เกี่ยวข้องในแถบตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศออสเตรเลียมีการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาตามที่อยู่อาศัยกันเป็นจำนวนมาก และยังสามารถลดค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าในช่วงเวลาที่มีความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงของระบบได้ แต่อย่างไรก็ตามในช่วงเวลากลางคืนนั้นยังไม่สามารถลดค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าได้ จึงได้มีการรวมเอาระบบการกักเก็บพลังงานภายในแบตเตอรี่เข้ามาเชื่อมต่อกับระบบเซลล์แสงอาทิตย์ (Battery Energy Storage System) ในการเก็บพลังงานเมื่อเซลล์แสงอาทิตย์มีการผลิตไฟฟ้าเกินความต้องการ หรือใช้ไฟฟ้าจากการไฟฟ้าในการเก็บประจุลงแบตเตอรี่ในตอนความต้องการใช้ไฟฟ้าน้อย (off peak) จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการออกแบบระบบที่เหมาะสมระหว่างระบบเซลล์แสงอาทิตย์กับระบบการกักเก็บพลังงานลงแบตเตอรี่สามารถลดการใช้พลังงานในที่อยู่อาศัยในแต่ละเดือนลงได้ และแนวโน้มในอนาคตที่การใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้น แต่ต้นทุนของแบตเตอรี่ต่ำลง ระบบโซลาร์เซลล์จึงเข้ามามีบทบาทในอนาคตมากขึ้น

งานวิจัย[16] ได้สังเกตเห็นว่าการที่มีการผลิตกำลังไฟฟ้าขนาดใหญ่ เช่น การไฟฟ้านั้น อาจไม่มีเพียงพอต่อความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าในอนาคตที่มีแนวโน้มสูงขึ้น และการเพิ่มขึ้นของราคาเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาไหม้ ดังนั้นจำเป็นต้องมีการกระจายกำลังผลิตให้มากขึ้น และหันมาใช้แหล่งพลังงานทางเลือกกันมากขึ้น และเมื่อกำลังการผลิตที่มากกว่าความต้องการของโหลดนั้น พลังงานในส่วนที่เหลือนั้นจึงถูกนำมาเก็บไว้ในแบตเตอรี่ ในปัจจุบันผู้อยู่อาศัยเริ่มหันมาให้ความสนใจในพลังงานอาทิตย์เซลล์แสงอาทิตย์มากขึ้น เนื่องจากสามารถติดตั้งได้ง่ายบนหลังคาครัวเรือน หรือในเชิงพาณิชย์ที่สามารถลดค่าไฟฟ้าในแต่ละเดือนได้ แต่อาจทำได้เฉพาะกลางวันจึงต้องมีการติดตั้งแบตเตอรี่ด้วย เพื่อช่วงรองรับโหลดในช่วงเวลาที่ไม่มีความต้องการพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าสามารถประหยัดค่าไฟฟ้าได้ซึ่งขึ้นอยู่กับพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์และขนาดความจุของแบตเตอรี่ ดังนั้นเมื่อเราเพิ่มขนาดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และความจุของแบตเตอรี่สามารถลดค่าไฟฟ้าลงได้อีก แต่ทั้งนี้ต้องมีค่าใช้จ่ายที่สูงขึ้นและขึ้นกับมาตรฐานข้อบังคับในการติดตั้งแผงเซลล์บนหลังคาที่อยู่อาศัยด้วย

เนื่องด้วยค่าใช้จ่ายของแบตเตอรี่ที่แพง แต่แนวโน้มของราคาแบตเตอรี่ต่ำลง แบตเตอรี่จึงเริ่มมีคนให้ความสนใจมากขึ้นและเริ่มมีบทบาทในที่อยู่อาศัยมากขึ้น ดังนั้นการออกแบบและคำนวณระบบที่เหมาะสมกับขนาดของแบตเตอรี่เป็นสิ่งสำคัญเป็นอย่างยิ่ง

งานวิจัย [17] ได้เสนอรายละเอียดเกี่ยวกับการออกแบบระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระสำหรับที่อยู่อาศัย โดยที่ระบบประกอบไปด้วย แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ตัวชาร์จคอนโทรลเลอร์ วงจรลดระดับแรงดันไฟฟ้าแบบกระแสตรง วงจรแปลงกระแสตรงเป็นกระแสสลับ และแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรด และทำการสร้างแบบจำลองขึ้นมา โดยประเมินจากความต้องการของโหลดที่ใช้ ยังมีปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้องอีกหลายปัจจัยเช่น สภาพภูมิอากาศ ในงานวิจัยนี้ ความต้องการการใช้โหลดเฉลี่ยรายวันเป็น 8.730 kWh / วัน ซึ่งทำการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 17 แผงที่มี แบ็คอัพของแบตเตอรี่ 12 ก้อน ที่มีกำลังความจุทั้งหมด 3031.25 Ah ระบบถูกนำมาใช้ในการจำลองผ่าน MATLAB / SIMULINK โดยมีการตั้งค่ารังสีของดวงอาทิตย์ในวันที่มีแสงอาทิตย์และไม่ค่อยมีแสงอาทิตย์ ผลการจำลองแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองที่นำเสนอสามารถตอบสนองความต้องการต่อโหลดและการแสดงข้อมูลของโหลดได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ความต้องการพลังงานทางเลือกในปัจจุบันเริ่มเพิ่มสูงขึ้น โดยเฉพาะพลังงานที่ได้จากแสงอาทิตย์ เซลล์แสงอาทิตย์ที่มีการใช้งานร่วมกับระบบกักเก็บพลังงานในแบตเตอรี่ สามารถประหยัดค่าไฟฟ้าให้มีค่าต่ำลงได้ และยิ่งมีความสำคัญเพิ่มขึ้นสำหรับพื้นที่ที่ห่างไกลจากการไฟฟ้า สามารถเป็นแหล่งพลังงานที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าแทนได้

งานวิจัย [18] ได้เสนอการออกแบบระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระสำหรับที่อยู่อาศัย ประกอบไปด้วยอุปกรณ์หลัก 3 อย่างที่ทำให้ระบบมีความสมดุลได้แก่ 1.แบตเตอรี่ ที่มีหน้าที่สำหรับกักเก็บพลังงานไว้ในตอนกลางคืน หรือในวันที่แสงแดดไม่มีซึ่งเป็นสิ่งที่ไม่สามารถคาดการณ์ได้ 2.อินเวอร์เตอร์ วงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้าจากกระแสตรงที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์เป็นกระแสสลับที่สามารถใช้กับที่อยู่อาศัยได้ 3.คอนโทรลเลอร์ เป็นตัวประจุกะแสลงในแบตเตอรี่ และป้องกันแบตเตอรี่เนื่องจากแรงดันไฟฟ้าเกินได้

ในยุคปัจจุบันนั้นปฏิเสธไม่ได้เลยว่าทุกอย่างนั้นเป็นระบบอัตโนมัติหมดโดยไม่ต้องใช้คนไปเกี่ยวข้องกับระบบสามารถทำงานเองได้อย่างมีความน่าเชื่อถือและมั่นคง เทคโนโลยีที่เติบโตในปัจจุบันนี้เริ่มเป็นแบบอัตโนมัติเกือบทั้งสิ้น ทั้งนี้เนื่องมาจากพฤติกรรมของมนุษย์เริ่มเปลี่ยนไปต้องการความสบายมากขึ้น ไม่ต้องการความซับซ้อน ดังนั้นระบบในบ้านที่เป็นสถานที่ให้ความสบายกับผู้อยู่อาศัย นั้นเริ่มเป็นแบบอัตโนมัติหรืออัจฉริยะมากขึ้น ทั้งนี้ระบบที่นำมาติดตั้งต้องสามารถใช้งานได้จริง และทำให้เกิดประโยชน์ในด้านพลังงาน และทางผู้อยู่อาศัยให้ได้มากที่สุด

วิจัย [19] ใช้ระบบจัดการพลังงานในที่อยู่อาศัย (HEMS) โดยสามารถช่วยให้ผู้อยู่อาศัยสามารถย้ายเวลาการใช้งานโหลดได้โดยใช้ตัวรับอัจฉริยะ และสมาร์ทเทอร์โมสตัท ตัวรับอัจฉริยะและสมาร์ทเทอร์โมสตัทช่วยให้ผู้บริโภคสามารถปิดอุปกรณ์ที่มีการใช้พลังงานสูงหรือ ปล่อยให้ระบบการจัดการด้านการใช้ไฟฟ้า (DSM) สามารถจัดการโหลดเพื่อลดการใช้พลังงานโดยใช้ระบบอัตโนมัติ โดยระบบตัวรับอัจฉริยะย้ายโหลด เช่น เครื่องซักผ้า, เครื่องล้างจาน เป็นต้น จากตอนความต้องการใช้ไฟฟ้ามาก (On peak) ไปตอนความต้องการใช้น้อย (Off-peak) สำหรับระบบสมาร์ทเทอร์โมสตัทผู้บริโภคสามารถควบคุมอุณหภูมิภายในบ้านผ่านระบบอินเทอร์เน็ตไร้สายได้ และสามารถควบคุมโดยระบบอัตโนมัติ ในกรณีที่ผู้ใช้กลับบ้าน ระบบควบคุมอุณหภูมิภายในบ้านให้คงที่หากผู้ใช้ไม่อยู่บ้านระบบการควบคุมอุณหภูมิไม่ทำงาน ซึ่งทำให้มีการลดการใช้พลังงานลงได้

วิจัย [20] ใช้ตัวรับอัจฉริยะเพื่อจัดการพลังงานภายในบ้าน โดยตัวรับอัจฉริยะสามารถจำแนกเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านได้ภายใน 18 วินาที วิธีการจำแนกเครื่องใช้ไฟฟ้าสามารถทำได้โดยการสังเกตพฤติกรรมของกำลังไฟฟ้าจริงและค่าตัวประกอบกำลังของแต่ละเครื่องใช้ไฟฟ้า ซึ่งตัวรับอัจฉริยะสามารถจัดการพลังงานภายในบ้านได้โดยการสั่งปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ทำงานอยู่ในขณะนั้น

งานวิจัย [21] กล่าวถึงข้อเสียของระบบเทคโนโลยีบ้านอัจฉริยะไม่เป็นที่แพร่หลายมากนักเนื่องด้วยความไม่เชื่อมั่นเกี่ยวกับศักยภาพของเทคโนโลยีบ้านอัจฉริยะ และการได้รับข้อมูลจากทางบริษัทผู้ผลิตและติดตั้งเทคโนโลยีบ้านอัจฉริยะที่ยังไม่เพียงพอ ทำให้เทคโนโลยีบ้านอัจฉริยะยังไม่เป็นที่นิยม แต่ผู้ที่หันมาใช้งานเทคโนโลยีบ้านอัจฉริยะมีความคาดหวังที่สูงมาก เนื่องจากเริ่มมีการรับรู้เรื่องความสามารถของเทคโนโลยีบ้านอัจฉริยะ ทำให้ผู้ใช้งานมีความหวังในเรื่องของการประหยัดพลังงานสูง มีความสะดวกสบาย ปลอดภัย และเป็นส่วนตัว มีอิสระในการใช้งาน

งานวิจัย [22] นี้ศึกษาระบบบ้านอัจฉริยะพร้อมด้วยระบบแบตเตอรี่กักเก็บพลังงานผนวกกับระบบผลิตไฟฟ้าด้วยแสงอาทิตย์ทำให้สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้มากขึ้นกว่าการใช้ไฟฟ้าจากการไฟฟ้าเพียงอย่างเดียวและประหยัดได้มากกว่าการใช้ไฟจากการไฟฟ้าร่วมกับการผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์

งานวิจัย [23] เรื่องการประหยัดพลังงานเป็นประเด็นที่ร้อนแรงเนื่องด้วยปัญหาสภาพแวดล้อมที่เลวร้ายผนวกกับการทำลายธรรมชาติที่มากขึ้นทำให้ผู้คนมีความตระหนักเรื่องการใช้พลังงานมากขึ้น แต่ในความเป็นจริงผู้คนยังยอมรับใช้พลังงานให้เกิดความสะดวกสบายมากกว่าการตระหนักถึงปัญหาของสิ่งแวดล้อม ทำให้เป็นเรื่องท้าทายที่ออกแบบระบบบ้านอัจฉริยะเพื่อให้เกิดการประหยัดพลังงานมากขึ้น

ด้วยระบบบ้านอัจฉริยะทำให้คนรับรู้การใช้พลังงานของตนเองได้แบบเรียลไทม์และทำให้มีความสะดวกสบาย ปลอดภัยในการใช้งาน แจ้งข้อมูล ควบคุมระบบไฟฟ้าและการปรับลดค่าความเข้มแสงสว่างของหลอดไฟแบบไดโอดเปล่งแสงสว่างได้ผ่านทางโทรศัพท์อัจฉริยะทำให้เรื่องการประหยัดพลังงานเป็นเรื่องสนุก อีกทั้งภาวะไฟฟ้าภายในที่อยู่อาศัยที่มีผู้คนหันมาให้ความสนใจมากขึ้นคือ รถยนต์พลังงานไฟฟ้า เนื่องมาจากการลดมลพิษที่เกิดจากการสันดาปของรถยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิง ดังนั้นสามารถแยกการจัดการพลังงานภายในบ้านเป็นระบบต่าง ๆ โดยกล่าวถึงการจัดการระบบพลังงานในระบบแสงสว่างและระบบการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า

งานวิจัย [24] เป็นการจัดการระบบแสงสว่างโดยรวมฟังก์ชันของการควบคุมแสงสว่าง 6 แบบเข้าด้วยกัน ได้แก่ 1.การตรวจจับการเคลื่อนไหว 2.การตั้งตารางเวลาเปิด-ปิดแสงสว่าง 3.การหรี่ไฟโดยการใช้แสงจากภายนอกในการควบคุม 4.การเลือกพื้นที่ในการเปิดไฟใช้งาน 5.การควบคุมโดยผู้ใช้งาน 6. การควบคุมโดยคำนึงจากค่าการใช้พลังงาน การรวมการควบคุมแสงสว่างทั้ง 6 แบบ มีสองโหมดในระบบการจัดการแสงสว่าง ซึ่งเป็นการควบคุมโดยการใช้ระบบอัตโนมัติและการควบคุมโดยผู้ใช้งาน จากผลการทดลองสามารถลดการใช้พลังงานได้ถึงร้อยละ 68

งานวิจัย [25] เป็นการเปรียบเทียบการใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ ชนิด ทีแปด (T8) ร่วมกับอุปกรณ์หรี่ไฟ กับ การใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ ชนิด ทีห้า (T5) ร่วมกับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ โดยใช้ร้านสะดวกซื้อในปั้มน้ำมันเป็นสถานที่ทดลอง จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ ชนิด ทีแปด (T8) ร่วมกับอุปกรณ์หรี่ไฟ ประหยัดพลังงานได้มากกว่าการใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ ชนิด ทีห้า (T5) ร่วมกับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ โดยลดการใช้พลังงานร้อยละ 38.67

งานวิจัย [26] เป็นการจัดการพลังงานของแสงสว่างในที่ทำงาน เป็นการประสานงานระหว่างระบบควบคุมการเข้าออกและระบบควบคุมแสงสว่าง โดยอัตราการลดแสงสว่างขึ้นอยู่กับกรณีที่มีหรือไม่มีพนักงานในชั้น โดยผลการทดลองสามารถลดการใช้พลังงานแสงสว่างได้ร้อยละ 25

งานวิจัย [27] เป็นการนำเสนอวิธีการจัดการเครื่องใช้ไฟฟ้าและรถยนต์ไฟฟ้าที่นำเข้ามาใช้ในที่อยู่อาศัย โดยจำแนกเครื่องใช้ไฟฟ้าออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ เครื่องใช้ไฟฟ้าที่สามารถควบคุมได้ กับ เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ไม่สามารถควบคุมได้ โดยแบ่งการทดลองเป็น 3 กรณี ได้แก่ กรณีที่หนึ่งเป็นการจัดการเครื่องใช้ไฟฟ้าที่สามารถควบคุมได้รวมกับการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า กรณีที่สองเป็นการจัดการเครื่องใช้ไฟฟ้าตามใจผู้อยู่อาศัยรวมกับการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า กรณีที่สามเป็นการจัดการเครื่องใช้ไฟฟ้าเพียงอย่างเดียวโดยไม่มีชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า จากผลการทดลองพบว่า การนำรถยนต์ไฟฟ้ามาใช้ร่วมกับที่อยู่อาศัย ช่วยลดค่าใช้จ่ายและสามารถปรับปรุงด้านความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในที่อยู่อาศัยอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

งานวิจัย [28] เป็นกลยุทธ์ในการควบคุมพลังงานไฟฟ้าเพื่อหลีกเลี่ยงการใช้ในช่วงเวลาที่มีความต้องการกำลังไฟฟ้าสูง โดยได้รวบรวมเอาผลการทดลองที่เกี่ยวกับความสามารถในการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า โดยมีพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์เชื่อมต่อกับที่อยู่อาศัย จากผลการทดลองสามารถลดค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดได้ในช่วงเวลาที่มีความต้องการกำลังไฟฟ้าสูง

ปัจจุบันรถยนต์ใช้พลังงานไฟฟ้าเริ่มมีการใช้แทนรถยนต์ใช้พลังงานจากน้ำมัน โดยแบตเตอรี่ของรถไฟฟ้าที่งานวิจัย [29] นี้นำมาใช้มีขนาดความจุที่มาก จนสามารถสร้างระบบจัดการพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงมีการนำแบตเตอรี่จากรถไฟฟ้ามาใช้กักเก็บพลังงานในขณะที่ยังไม่ได้ใช้รถ หรือ จอดอยู่กับบ้าน ทำให้เกิดการประหยัดค่าใช้จ่ายกว่าการใช้ไฟบ้านเพียงอย่างเดียว โดยสมมติให้สามารถชาร์จไฟได้จากเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคารถ หรือมีการชาร์จจากสำนักงาน ถือเป็น การเคลื่อนย้ายพลังงานจากแหล่งหนึ่งไปอีกแหล่งหนึ่ง

ในระบบสุดท้ายนี้เน้นไปที่การจัดการพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ในที่อยู่อาศัย เนื่องมาจากประเทศนั้นเป็นเขตร้อนชื้น ดังนั้นแหล่งพลังงานที่สามารถนำมาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเกิดประโยชน์สูงสุด คือ เซลล์แสงอาทิตย์ อีกทั้งเซลล์แสงอาทิตย์ยังเป็นแหล่งพลังงานหมุนเวียนที่ไม่มีวันหมดและแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่สามารถติดตั้งได้ง่ายบนหลังคาตามที่อยู่อาศัยใช้ขนาดพื้นที่ไม่เยอะ ผู้อยู่อาศัยในปัจจุบันเริ่มหันมาให้ความสนใจกับโซลาร์ฟท็อป (Solar rooftop)

งานวิจัย [30] ได้เสนอกกลยุทธ์การจัดการพลังงานแบบคาดการณ์ข้อมูลสำหรับบ้านที่เป็นนาโนกริด (Nano Grid) แบบสมาร์ทที่ประกอบด้วยระบบเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา (Solar Rooftop) และการเก็บพลังงานในแบตเตอรี่สำรองชนิดลิเทียมไอออนสิ่งแปลกใหม่คือการใช้การคาดการณ์ข้อมูลตามความต้องการโหลดในอนาคต สภาพอากาศ ราคาไฟฟ้าและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของโรงไฟฟ้า เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบ ผลการจำลองแสดงให้เห็นว่ากลยุทธ์การจัดการพลังงานที่ช่วยในการคาดการณ์ข้อมูลสามารถบรรลุประสิทธิภาพถึงร้อยละ 96-98 ของนาโนกริด

งานวิจัย [31] เป็นการเสนอการออกแบบระบบเซลล์แสงอาทิตย์ที่เป็นแหล่งพลังงานทดแทนขนาดเล็ก โดยใช้ระบบเซลล์แสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานหลักและใช้แบตเตอรี่เป็นแหล่งพลังงานสำรอง เนื่องจากพลังงานแบบเก่านั้นสร้างมลพิษทั้งทางอากาศและทางน้ำ จึงหันมาใช้พลังงานเซลล์แสงอาทิตย์เพิ่มขึ้นเพราะเป็นแหล่งพลังงานที่หาได้ตามธรรมชาติและไม่สร้างมลพิษ แต่ค่าติดตั้งยังสูงอยู่ ทั้งในเรื่องของวงจรแปลงผันกำลัง กระแสตรง-กระแสตรง เพื่อประจุลงแบตเตอรี่ และวงจรแปลงผันกำลัง กระแสสลับ-กระแสสลับ ยังคงมีประสิทธิภาพต่ำ ดังนั้นจึงใช้เทคนิคการควบคุมกำลังไฟฟ้าสูงสุด (Maximum Power Point Tracking) ในการเพิ่มประสิทธิภาพ จากผลการทดลองสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของวงจรแปลงผันกำลังจากร้อยละ 75.33 เป็นร้อยละ 97.19 และตัวควบคุมกำลังไฟฟ้าสูงสุดยังสามารถดึงค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดจากเซลล์แสงอาทิตย์เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการจ่ายภาระไฟฟ้าได้มากขึ้น

ในปัจจุบันนี้การเชื่อมต่อแบบไร้สายได้แพร่หลายในหลายๆระบบซึ่งเครือข่ายเซ็นเซอร์แบบไร้สายเริ่มเป็นที่ให้ความสนใจเริ่มมีการใช้งานกันอย่างแพร่หลายในด้านอุตสาหกรรม การเกษตร แสดงให้เห็นว่าการเก็บพลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์ สามารถให้พลังงานไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่อง และเป็นพลังงานทดแทนแบบยั่งยืนในการดำเนินงานต่อไปในอนาคต

งานวิจัย [32] จากผลการทดลองได้แสดงให้เห็นว่าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด $180 \times 81 \times 1.55$ มม. มีประสิทธิภาพในช่วงเวลาตอนเช้าประมาณร้อยละ 76.59 และในช่วงเวลาบ่ายโมงประมาณร้อยละ 56.22 ในงานนี้ยังได้ใช้ตัวควบคุมกำลังไฟฟ้าสูงสุด (Maximum Power Point Tracking) ที่เป็นตัวเพิ่มประสิทธิภาพในด้านพลังงานของเซลล์แสงอาทิตย์ได้ถูกเพิ่มประสิทธิภาพให้ดีขึ้น ทำให้พลังงานในการชาร์จพลังงานลงแบตเตอรี่มีค่าใกล้เคียงกับค่าจากพลังงานไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ โดยสามารถลดค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียโดยรวมได้ถึงร้อยละ 65

งานวิจัย [33] เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานไฟฟ้าในประเทศแอฟริกาใต้เนื่องจากมีการใช้พลังงานมาก รัฐบาลจึงกระตุ้นให้ประชาชนหันมาให้ความสนใจในการประหยัดการใช้พลังงาน ซึ่งวิธีการประหยัดพลังงานนั้นมีอยู่ด้วยกันหลากหลายวิธีและเนื่องด้วยการใช้พลังงานไฟฟ้าที่สูงพลังงานทางเลือกจึงเข้ามามีบทบาทและเนื่องด้วยการกระตุ้นของรัฐบาล ประชาชนเริ่มหันมาติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์หรือพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังของแต่ละบ้านกันมากขึ้น

งานวิจัย [34] ระบบเซลล์แสงอาทิตย์ที่น่าเชื่อถือขึ้นขึ้นกับประสิทธิภาพและความแม่นยำของเทคโนโลยีในการพยากรณ์และคาดการณ์ในระยะยาว ในบทความนี้จึงได้เสนอโครงการไฮบริดของระบบที่มีเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีการพยากรณ์ที่แม่นยำเพื่อการบริหารจัดการพลังงานภายในที่อยู่อาศัยได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งการพยากรณ์ของพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์นั้น มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งในโครงข่ายของการไฟฟ้า อาทิเช่น การผลิตพลังงานไฟฟ้า การจัดการพลังงานให้เพียงพอและคุ้มค่าที่สุด ส่วนการใช้และผลิตพลังงานไฟฟ้าในระบบบ้านที่อยู่อาศัยนั้นสามารถจัดการด้วยระบบการจัดการพลังงานภายในที่อยู่อาศัย (HEMS) โดยมีเป้าหมายในการลดค่าไฟฟ้าและลดค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด (Peak Demand) เพื่อการพยากรณ์การใช้พลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ตลอดทั้งวันในโครงการไฮบริดนี้ประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลักๆ ส่วนแรกคือ ANNs ถูกใช้เพื่อพยากรณ์พลังงานแสงอาทิตย์ในเบื้องต้น และส่วนที่ 2 คือ nSA RNN ใช้สำหรับการแก้ไขค่าการเปลี่ยนแปลงพลังงานของเซลล์แสงอาทิตย์ ดังนั้นผลการทดลองจึงแสดงให้เห็นว่าการพยากรณ์พลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ตลอดทั้งวันนั้นมีประสิทธิภาพที่ดีแม้สภาพอากาศเปลี่ยนแปลงไป

งานวิจัย [35] เป็นการจำลองการจ่ายพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้กับระบบปรับอากาศขนาด 1650 วัตต์ อันเนื่องมาจากเครื่องปรับอากาศถือว่าเป็นภาระไฟฟ้าที่หนักและการทำงานนั้นเป็นช่วง ขึ้นอยู่กับการทำงานของคอมเพรสเซอร์ โดยงานวิจัยนี้ได้เสนอภาพรวมของระบบที่นำแรงดันไฟฟ้าขาออกของเซลล์แสงอาทิตย์ป้อนให้กับวงจรทบทแรงดันไฟฟ้า (Boost Converter) โดยมีหน้าที่หลักๆ 2 หน้าที่คือ ทำให้แรงดันไฟฟ้าเท่ากับพิกัดของระบบปรับอากาศ และทำให้สามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าได้สูงสุดจากวงจรทบทแรงดันไฟฟ้าเชื่อมต่อกับวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบ 2 ทาง (Bidirectional Converter) ซึ่งเป็นควบคุมการไหลของกำลังไฟฟ้าและควบคุมระดับแรงดันไฟฟ้าให้คงที่ โดยที่ระบบนี้มีการทำงานอยู่ 2 โหมดด้วยกัน โหมดแรก คือในกรณีที่ความต้องการของโหลดน้อยกว่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ และกรณีที่ความต้องการของโหลดมากกว่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์

งานวิจัย [36] ได้เสนอเกี่ยวกับการจัดการด้านการใช้ไฟฟ้าภายในที่อยู่อาศัย (Demand Side Management) ที่มีวัตถุประสงค์ในการให้กราฟของโหลดมีความราบรื่น (Load Curve) และสามารถค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดได้ (Peak Load) ถึงแม้ว่าในขนาดการจัดการใช้ไฟฟ้าภายในที่อยู่อาศัยเป็นแบบไร้สาย และอัตโนมัติมากขึ้น แต่ผู้ใช้ยังคงมีบทบาทสำคัญในการจัดการกับการใช้ไฟฟ้าเช่น เลื่อนไปใช้ใน ช่วงตอนความต้องการใช้ไฟฟ้าน้อย (off peak)

งานวิจัย [37] งานวิจัยนี้เป็นการใช้อัลกอริทึมสำหรับการจัดการการไหลของพลังงานไฟฟ้า สำหรับระบบที่เชื่อมต่อกับเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีการใช้งานร่วมกับแบตเตอรี่ภายในที่อยู่อาศัย โดยอัลกอริทึมนี้ใช้สวิตช์ 4 ชุด เพื่อควบคุมการไหลของพลังงานไฟฟ้าใน 4 โหมด โหมดที่ 1 เมื่อเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตพลังงานที่เพียงพอเพื่อป้อนภาระไฟฟ้าและชาร์จแบตเตอรี่ โหมดที่ 2 แบตเตอรี่มีการชาร์จจนเต็ม และเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตพลังงานเพียงพอต่อภาระไฟฟ้า จึงนำพลังงานที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์จ่ายเข้าสู่กริด โหมดที่ 3 ในโหมดนี้พลังงานที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ไม่เพียงพอสำหรับการจ่ายให้ภาระไฟฟ้า จึงต้องมีการดึงพลังงานมาจากแบตเตอรี่ โหมดที่ 4 พลังงานที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ไม่เพียงพอสำหรับการจ่ายให้ภาระไฟฟ้า และไม่มีพลังงานในแบตเตอรี่ ดังนั้นภาระไฟฟ้าถูกจ่ายจากพลังงานจากกริด

จากเอกสารบทความวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบบริหารจัดการพลังงาน (Energy Management System: EMS) ที่เน้นศึกษาไปที่ 5 ระบบที่น่าสนใจดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น สามารถนำมาสรุปได้ดังตารางที่ 1.5

ตารางที่ 1.5 ตารางสรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบบริหารจัดการพลังงาน

งานวิจัย	ระบบ	วิธีการ	ข้อมูลเพิ่มเติม
[5]	การจัด การพลังงาน ระบบรวม	การใช้ไฟฟ้าจากแหล่งผลิตไฟฟ้าด้วยระบบของตนเอง โดยแยกตัวไม่ให้ยุ่งเกี่ยวกับระบบไฟฟ้าส่วนกลาง	เพื่อความสะดวกในเวลาเกิดไฟฟ้าดับ และทั้งยังเพื่อเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าได้
[6]		ใช้ระบบการจัดการด้านการใช้ไฟฟ้า (Energy Demand Side Management) มาควบคุม	เมื่อระบบระบบการจัดการด้านการใช้ไฟฟ้ารับรู้ได้ว่าขณะนี้มีความต้องการกำลังไฟฟ้าสูง ระบบมีการสั่งการให้มีการเพิ่มปริมาณการใช้พลังงานจากพลังงานแสงอาทิตย์
[7]		การจัดการด้านการใช้ไฟฟ้าภายในที่อยู่อาศัย (DSM) ซึ่งยังมีการใช้เป็นส่วนน้อยอยู่ในปัจจุบัน และยังเน้นการศึกษาไปที่ระบบไฟฟ้าแรงดันต่ำของที่อยู่อาศัย (Low Voltage) โดยที่ทำการแบ่งภาระไฟฟ้าในที่อยู่อาศัยออกเป็น 2 ลักษณะหลักๆ	ภาระไฟฟ้าที่ไม่สามารถควบคุมได้ (non-controllable load) เช่น ตู้เย็น และระบบแสงสว่าง และภาระไฟฟ้าที่สามารถควบคุมได้ (controllable load) เช่น เครื่องทำน้ำอุ่น รถยนต์ไฟฟ้า และเครื่องปรับอากาศ

ตารางที่ 1.5 (ต่อ) ตารางสรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบบริหารจัดการพลังงาน

งานวิจัย	ระบบ	วิธีการ	ข้อมูลเพิ่มเติม
[8]	การจัด การพลังงาน ระบบรวม	การพัฒนานปรับปรุงการใช้พลังงานไฟฟ้า ของเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในที่อยู่อาศัยที่ ติดตั้งพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ โดยการ ออกแบบระบบตัวควบคุมเชิงทำนาย แบบจำลอง (Model Predictive Control) ร่วมกับเทอร์โมสแตท (Thermostat) เพื่อลดการใช้พลังงาน	-
[9]		การลดค่าความต้องการกำลังไฟฟ้า สูงสุดได้เนื่องมาจากการผลิตพลังงานที่ เพียงพอของเซลล์แสงอาทิตย์	-
[10]	การจัด การพลังงาน ทางเลือกเซลล์ แสงอาทิตย์ ร่วมกับ เทคโนโลยีการ กักเก็บพลังงาน	ใช้พลังงานจากพลังงานแสงอาทิตย์ ควบคู่กับแบตเตอรี่	แบ่งกรณีศึกษาได้แก่ กรณีที่ใช้พลังงานจาก แบตเตอรี่แยกกันในแต่ละ บ้าน และกรณีใช้ แบตเตอรี่ร่วมกัน
[11]		ใช้ระบบกักเก็บพลังงานโดยใช้แบตเตอรี่ (Battery Energy Storage Systems)	ชาร์จพลังงานในช่วงเวลา ที่ค่าไฟฟ้าถูก และคาย พลังงานในช่วงเวลาที่ค่า ไฟฟ้าแพง
[12]		ออกแบบระบบกักเก็บพลังงานโดยใช้ แบตเตอรี่	กักเก็บพลังงานส่วนที่เกิน ที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่มี ความต้องการไฟฟ้าต่ำ เพื่อนำมาช่วยจ่ายให้กับ ส่วนที่ขาดในช่วงเวลาที่มี ความต้องการไฟฟ้าสูง
[13]		การออกแบบอินเวอร์เตอร์แบบกริดไทร์ ร่วมกับแบตเตอรี่ที่เป็นตัวสำรอง พลังงาน	อินเวอร์เตอร์เป็นแบบ พุช- พูลมีหน้าที่ในการเปลี่ยน แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเป็น แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 330V

ตารางที่ 1.5 (ต่อ) ตารางสรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบบริหารจัดการพลังงาน

งานวิจัย	ระบบ	วิธีการ	ข้อมูลเพิ่มเติม
[14]- [15]	การจัดการ พลังงาน ระบบรวม การจัดการ พลังงาน ทางเลือกเซลล์ แสงอาทิตย์ ร่วมกับ เทคโนโลยีการ กักเก็บพลังงาน	ใช้แบตเตอรี่ร่วมกับเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อลดค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าในช่วงเวลากลางคืน	การกักเก็บพลังงานในแบตเตอรี่เก็บพลังงานเมื่อเซลล์แสงอาทิตย์มีการผลิตเกิน หรือใช้ไฟฟ้าจากการไฟฟ้าในตอนความต้องการใช้ไฟฟ้าน้อย (off peak)
[16]		การเชื่อมต่อระหว่างแบตเตอรี่กับโซลาร์รูฟท็อป (Solar rooftop) เพื่อรองรับภาระไฟฟ้าในช่วงที่ไม่มีแสงแดด	-
[17]		การสร้างแบบจำลองระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระในโปรแกรม MATLAB / SIMULINK	ความต้องการการใช้โหลดเฉลี่ยรายวัน เป็น 8.730kWh / วัน ซึ่งทำการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 17 แผงมีแบตเตอรี่ของแบตเตอรี่ 12 ก้อน มีกำลังความจุทั้งหมด 3031.25 Ah
[18]		การออกแบบระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ (off grid) สำหรับพื้นที่อยู่อาศัยที่การไฟฟ้าเข้าไม่ถึง	ระบบเซลล์แสงอาทิตย์ประกอบไปด้วยอุปกรณ์หลัก 3 อย่าง ได้แก่ แบตเตอรี่ อินเวอร์เตอร์ และคอนโทรลเลอร์
[19]		ระบบบ้านอัจฉริยะ	กล่าวถึงข้อเสียของระบบเทคโนโลยีบ้านอัจฉริยะไม่เป็นที่แพร่หลายมากนักเนื่องด้วยความไม่เชื่อมั่นเกี่ยวกับศักยภาพของเทคโนโลยีบ้านอัจฉริยะ

ตารางที่ 1.5 (ต่อ) ตารางสรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบบริหารจัดการพลังงาน

งานวิจัย	ระบบ	วิธีการ	ข้อมูลเพิ่มเติม
[21]		ระบบบ้านอัจฉริยะทำให้คนรับรู้การใช้พลังงานของตัวเองได้แบบเรียลไทม์และทำให้มีความสะดวกสบาย ปลอดภัยในการใช้งาน แจ้งข้อมูลหรือควบคุมระบบไฟฟ้าได้ผ่านทางโทรศัพท์อัจฉริยะ	-
[22]	ระบบบ้านอัจฉริยะ	ใช้ระบบจัดการพลังงานในที่อยู่อาศัย (HEMS) โดยสามารถช่วยให้ผู้อยู่อาศัยสามารถย้ายเวลาการใช้งานโหลดได้โดยใช้เต้ารับอัจฉริยะ และสมาร์ทเทอร์โมสตัท	ระบบเต้ารับอัจฉริยะย้ายโหลด เช่น เครื่องซักผ้า, เครื่องล้างจาน เป็นต้น จากตอนความต้องการใช้ไฟฟ้ามาก (On peak) ไปตอนความต้องการใช้ไฟฟ้าน้อย (Off peak) สำหรับระบบสมาร์ทเทอร์โมสตัทผู้บริโภคสามารถควบคุมโดยระบบอัตโนมัติ
[23]		ใช้เต้ารับอัจฉริยะเพื่อจัดการพลังงานภายในบ้าน โดยเต้ารับอัจฉริยะสามารถจำแนกเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านได้ภายใน 18 วินาที	เต้ารับอัจฉริยะสามารถจัดการพลังงานภายในบ้านได้โดยการสั่งปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ทำงานอยู่ในขณะนั้น
[24]	การจัด การพลังงาน ระบบแสงสว่าง และ การจัด การพลังงาน ระบบชาร์จ ยานพาหนะ ไฟฟ้า	ควบคุมการจัดการระบบแสงสว่างโดยการใช้ระบบอัตโนมัติและการควบคุมโดยผู้ใช้งาน	เป็นการจัดการระบบแสงสว่างโดยรวมฟังก์ชันของการควบคุมแสงสว่าง 6 แบบเข้าด้วยกัน

ตารางที่ 1.5 (ต่อ) ตารางสรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบบริหารจัดการพลังงาน

งานวิจัย	ระบบ	วิธีการ	ข้อมูลเพิ่มเติม
[25]	การจัดการพลังงานระบบแสงสว่างและการจัดการพลังงานระบบชาร์จยานพาหนะไฟฟ้า	เปรียบเทียบการใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ ชนิด ทีแปด (T8) ร่วมกับอุปกรณ์หรือไฟ กับ การใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ ชนิด ทีห้า (T5) ร่วมกับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์	-
[26]		ประสานงานระหว่างระบบควบคุมการเข้าออกและระบบควบคุมแสงสว่าง	อัตราการลดแสงสว่างขึ้นอยู่กับว่ามีพนักงานในชั้น
[27]		นำเสนอวิธีการจัดการเครื่องใช้ไฟฟ้าและรถยนต์ไฟฟ้าที่นำเข้ามาใช้ในที่อยู่อาศัย	โดยจำแนกเครื่องใช้ไฟฟ้าออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ เครื่องใช้ไฟฟ้าที่สามารถควบคุมได้ กับ เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ไม่สามารถควบคุมได้
[28]		เป็นกลยุทธ์ในการควบคุมพลังงานไฟฟ้าเพื่อหลีกเลี่ยงการใช้ในช่วงเวลาที่มีความต้องการกำลังไฟฟ้าสูง	โดยได้รวบรวมเอาผลการทดลองที่เกี่ยวกับความสามารถในการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า
[29]		นำแบตเตอรี่ของรถไฟฟ้าที่มีขนาดความจุมาก จนสามารถสร้างระบบจัดการพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ มาใช้กักเก็บพลังงานในขณะที่ยังไม่ได้ใช้รถ	-
[30]	การจัดการพลังงานภายในที่อยู่อาศัยร่วมกับเซลล์แสงอาทิตย์	กลยุทธ์การจัดการพลังงานแบบคาดการณ์ข้อมูลสำหรับบ้านที่เป็นนาโนกริด (Nano Grid)แบบสมาร์ตที่ประกอบด้วยระบบเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา(Solar Rooftop)	ผลการจำลองแสดงให้เห็นว่ากลยุทธ์การจัดการพลังงานที่ช่วยในการคาดการณ์ข้อมูลสามารถบรรลุประสิทธิภาพถึงร้อยละ 96-98 ของนาโนกริด

ตารางที่ 1.5 (ต่อ) ตารางสรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบบริหารจัดการพลังงาน

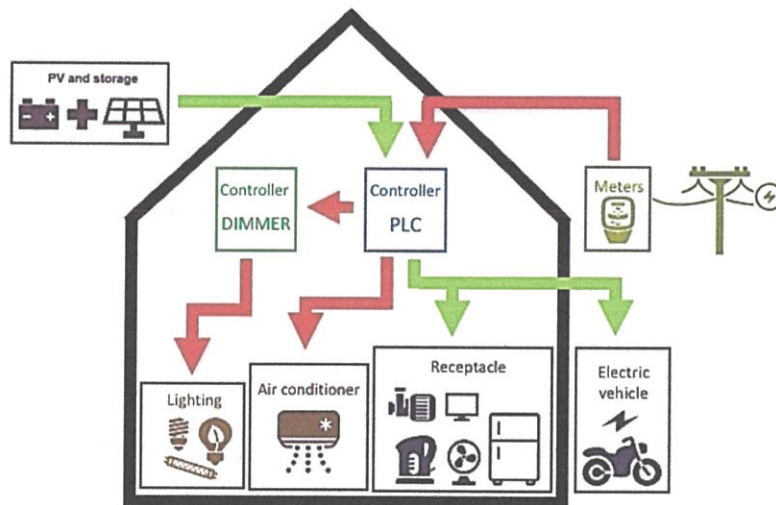
งานวิจัย	ระบบ	วิธีการ	ข้อมูลเพิ่มเติม
[31]	การจัด การพลังงาน ภายในที่อยู่ อาศัยร่วมกับ เซลล์ แสงอาทิตย์	การออกแบบระบบเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาร่วมกับวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้าจากกระแสตรงเป็นกระแสสลับ	สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของวงจรแปลงผันกำลังจากร้อยละ 75.33 เป็นร้อยละ 97.19
[32]- [33]		ใช้ตัวควบคุมกำลังไฟฟ้าสูงสุด(Maximum Power Point Tracking) ที่เป็นตัวเพิ่มประสิทธิภาพในด้านพลังงานของเซลล์แสงอาทิตย์ได้ถูกเพิ่มประสิทธิภาพให้ดีขึ้น ทำให้พลังงานในการชาร์จพลังงานลงแบตเตอรี่มีค่าใกล้เคียงกับค่าจากพลังงานไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้	-
[33]		มีการเสนอพลังงานทางเลือกจึงเข้ามา มีบทบาทและเนื่องด้วยการกระตุ้นของรัฐบาล ประชาชนเริ่มหันมาติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์หรือพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังของแต่ละบ้านกันมากขึ้น	-
[34]		เสนอโครงการไฮบริดของระบบที่มีเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีการพยากรณ์ที่แม่นยำเพื่อการบริหารจัดการพลังงานภายในที่อยู่อาศัยได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งการพยากรณ์ของพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์นั้นมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งในโครงข่ายของการไฟฟ้า	2 ส่วนหลักประกอบด้วย ส่วนแรกคือ ANNs ถูกใช้เพื่อพยากรณ์พลังงานแสงอาทิตย์ในเบื้องต้น และส่วนที่ 2 คือ nSA RNN ใช้สำหรับการแก้ไขค่าการเปลี่ยนแปลงพลังงานของเซลล์แสงอาทิตย์

ตารางที่ 1.5 (ต่อ) ตารางสรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบบริหารจัดการพลังงาน

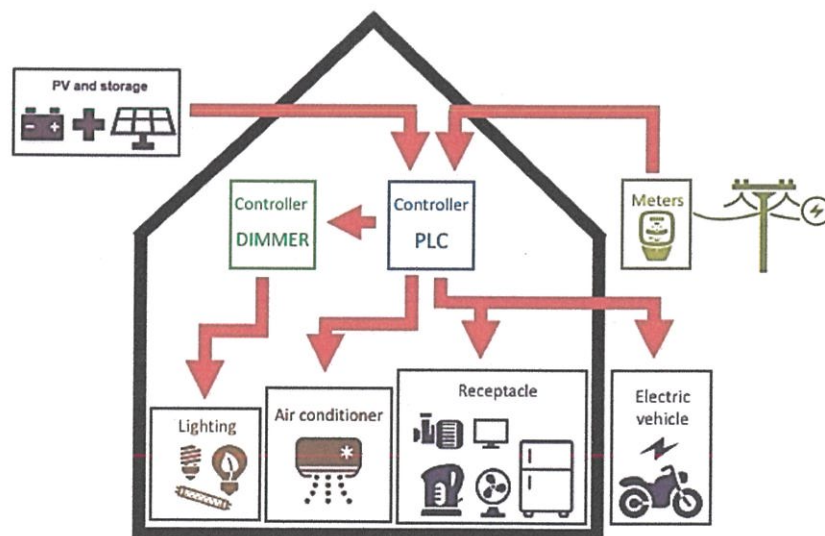
งานวิจัย	ระบบ	วิธีการ	ข้อมูลเพิ่มเติม
[35]	การจัด การพลังงาน ภายในที่อยู่ อาศัยร่วมกับ เซลล์ แสงอาทิตย์	การจำลองการจ่ายพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้กับระบบปรับอากาศขนาด 1650 วัตต์ โดยใช้แรงดันไฟฟ้าขาออกของเซลล์แสงอาทิตย์ป้อนเข้าวงจรทบทแรงดันไฟฟ้า (Boost converter)	วงจรทบทแรงดันไฟฟ้า (Boost Converter) โดยมีหน้าที่หลัก 2หน้าที่คือ ทำให้แรงดันไฟฟ้าเท่ากับพิกัดของระบบปรับอากาศ และทำให้สามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าได้สูงสุดจากวงจรทบทแรงดันไฟฟ้าเชื่อมต่อกับวงจรคอนเวอร์เตอร์ 2ทาง
[36]		เสนอเกี่ยวกับการจัดการด้านการใช้ไฟฟ้าภายในที่อยู่อาศัย (Demand Side Management) วัตถุประสงค์ในการให้กราฟของโหลดมีความราบรื่น (Load Curve) และสามารถค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดได้ (Peak Load)	-
[37]		การใช้อัลกอริทึมสำหรับการจัดการการไหลของพลังงานไฟฟ้า สำหรับระบบที่เชื่อมต่อกับเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีการใช้งานร่วมกับแบตเตอรี่ภายในที่อยู่อาศัย โดยอัลกอริทึมนี้ใช้สวิตช์ 4 ชุด เพื่อควบคุมการไหลของพลังงานไฟฟ้าใน 4 โหมด	-

จากงานวิจัยที่ได้กล่าวมาข้างต้น ทางคณะผู้จัดทำได้สังเกตเห็นว่าการจัดการพลังงานเป็นสิ่งที่สำคัญในอนาคต ซึ่งการจัดการพลังงานระบบแสงสว่างและการจัดการพลังงานในภาพรวมของที่อยู่อาศัยถือว่าเป็นระบบที่น่าสนใจ เนื่องจากระบบแสงสว่างเป็นระบบพื้นฐานที่มีอยู่ในทุกที่อยู่อาศัยและมีการใช้งานต่อเนื่องเป็นเวลานาน ในส่วนของระบบการจัดการพลังงานในภาพรวมของที่อยู่อาศัยซึ่งมีการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงในแต่ละวันโดยเฉพาะช่วงเวลากลางคืน และในอนาคตมีแนวโน้มที่

ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มสูงขึ้น ดังนั้นจึงต้องมีระบบจัดการที่ดี โดยเริ่มจากการเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในที่อยู่อาศัย เพื่อนำข้อมูลที่ได้นำมาเลือกขนาดแบตเตอรี่และขนาดเซลล์แสงอาทิตย์ที่เหมาะสมในการใช้พลังงานของภาระไฟฟ้า และกำหนดการควบคุมในเครื่องควบคุมเชิงตรรกะที่สามารถโปรแกรมได้ (PLC) สำหรับระบบแสงสว่างเริ่มจากการเก็บค่าความเข้มแสงสว่างในช่วงเวลาต่าง ๆ เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์และออกแบบระบบควบคุมแสงสว่าง โดยแนวคิดในการแก้ปัญหาเป็นดังรูปที่ 1.3



ก) สภาวะที่ไม่มีการใช้พลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์



ข) สภาวะที่มีการใช้พลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์

รูปที่ 1.3 การใช้พลังงานไฟฟ้าภายในที่อยู่อาศัย

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1.2.1 เพื่อศึกษาพฤติกรรมของตัวแปรที่สำคัญและการใช้พลังงานไฟฟ้าของแต่ละภาระไฟฟ้าภายในที่อยู่อาศัย
- 1.2.2 เพื่อศึกษาหลักการปรับลดค่าความเข้มแสงสว่างของหลอดไดโอดเปล่งแสงที่สามารถปรับลดความสว่างได้ และหลักการทำงานของกรนำเทคโนโลยีเซลล์แสงอาทิตย์มาประยุกต์ใช้กับภาระไฟฟ้าภายในที่อยู่อาศัย
- 1.2.3 สามารถจัดการพลังงานภายในที่อยู่อาศัยโดยเน้นการจัดการในระบบแสงสว่างและระบบการใช้พลังงานในภาพรวมของที่อยู่อาศัยได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- 1.2.4 สามารถสร้างแบบจำลองและระบบควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อลดค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าในแต่ละวันให้เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดได้

1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงการ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาลักษณะการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในที่อยู่อาศัย โดยมีภาระไฟฟ้าที่ต่ออยู่ในการทดลองรวมทั้งหมด 3,851 วัตต์ เพื่อนำมาบริหารจัดการพลังงานให้ดีขึ้น โดยเน้นไปที่การศึกษา ระบบแสงสว่างและระบบการจัดการพลังงานโดยภาพรวมภายในให้เข้ากับที่อยู่อาศัย และสร้างระบบควบคุมที่ทำให้ค่าความเข้มแสงสว่างสามารถปรับลดเองอัตโนมัติ เมื่อมีแสงสว่างจากภายนอกเข้ามาช่วย และสามารถสร้างระบบควบคุมการจ่ายพลังงานไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ หรือระบบการกักเก็บพลังงานจากแบตเตอรี่เพื่อลดค่าพลังงานไฟฟ้าในแต่ละวันให้เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ อีกทั้งสามารถนำพลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์ในส่วนที่เหลือประจุลงแบตเตอรี่เพื่อจ่ายพลังงานให้กับภาระไฟฟ้าภายในบ้านในช่วงเวลากลางคืนได้ จากการออกแบบระบบควบคุมในทั้ง 2 ระบบนี้ สามารถลดค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุดในที่อยู่อาศัยได้ร้อยละ 10 เมื่อเทียบกับการใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบจำหน่าย

1.4 วิธีการที่ใช้ในโครงการ

- 1.4.1 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการลดค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดภายในอาคารและการจัดการพลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง
- 1.4.2 ออกแบบชุดทดลองที่เป็นตัวอย่างของภาระไฟฟ้าภายในอาคารรูปแบบต่างๆ
- 1.4.3 ทำการเก็บค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าที่สำคัญของภาระไฟฟ้าต่าง ๆ เพื่อศึกษาการดูดซับพลังงานไฟฟ้าของแต่ละภาระไฟฟ้า
- 1.4.4 ศึกษาและออกแบบระบบควบคุมโดยเน้นไปที่การลดค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดและการจัดการพลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง โดยนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาในข้างต้นมาวิเคราะห์
- 1.4.5 ศึกษาการใช้เครื่องควบคุมภาระไฟฟ้าที่สามารถโปรแกรมได้ อันได้แก่ตัวประมวลผลที่สามารถโปรแกรมได้ (PLC) เพื่อใช้ในการตัดต่อวงจรระหว่างแหล่งจ่ายที่มาจากกริดไฟฟ้าหรือแหล่งจ่ายที่มาจากพลังงานไฟฟ้าทดแทนเซลล์แสงอาทิตย์ และไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อนำมาควบคุมการจัดการพลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างภายในอาคารประเภทต่างๆ
- 1.4.6 ศึกษาการใช้งานโปรแกรม Terra SAS สำหรับจำลองการจ่ายผลิตพลังงานไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ และสำรองพลังงานกักเก็บไว้ในแบตเตอรี่ เพื่อจ่ายเข้าสู่ระบบไฟฟ้าภายในอาคาร
- 1.4.7 สร้างชุดควบคุมค่าพลังงานไฟฟ้า
- 1.4.8 วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง และจัดทำรูปเล่ม

1.5 แผนการดำเนินงาน

การดำเนินการ	ผลที่คาดว่าจะได้รับ	ระยะเวลา																																			
		ส.ค. 60				ก.ย. 60				ต.ค. 60				พ.ย. 60				ธ.ค. 60				ม.ค. 61				ก.พ. 61				มี.ค. 61				เม.ย. 61			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
1. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	-ข้อมูลพื้นฐานสำหรับการลดค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดและการประหยัดพลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร	←-----→				←-----→																															
2. ออกแบบชุดทดลองที่ใช้ศึกษาค่าความเข้มแสงสว่างภายในบ้าน	-ได้ชุดการทดลองที่เหมาะสม และสามารถใช้งานได้จริง					←-----→				←-----→																											
3. ทำการเก็บค่าทางไฟฟ้า ภาระไฟฟ้าต่างๆ	-ข้อมูลการดูดซับพลังงานที่แตกต่างกันของภาระไฟฟ้าในแต่ละการใช้งาน					←-----→				←-----→																											
4. ศึกษาและออกแบบระบบควบคุมค่าความต้องการกำลังไฟฟ้า	-แผนผังการควบคุมค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด									←-----→				←-----→																							
5. ศึกษาการใช้เครื่องควบคุมภาระไฟฟ้าที่สามารถโปรแกรมได้	-สามารถควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ตามที่ต้องการ					←-----→				←-----→				←-----→																							
6. ศึกษาการใช้งานโปรแกรม Terra SAS	-แบบจำลองการผลิตพลังงานไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์									←-----→				←-----→																							
7. สร้างชุดควบคุมค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด	-ได้ชุดการควบคุมที่เหมาะสมและสามารถใช้งานได้จริง													←-----→				←-----→				←-----→															
8. วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลองและจัดทำรูปเล่ม	-ระบบควบคุมสามารถลดความต้องการกำลังไฟฟ้า และสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้																	←-----→				←-----→				←-----→											

←-----→ แผนที่ปฏิบัติจริง

←-----→ แผนที่ยังว่างไว้

1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์และด้านสังคม

- 1.6.1 เพิ่มความสนใจในการใช้พลังงานทางเลือกในระดับครัวเรือนเพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าที่มาจากกริดไฟฟ้าในช่วงเวลาที่ใช้พลังงานไฟฟ้าสูง
- 1.6.2 เป็นประโยชน์ในการบริหารจัดการพลังงานและสามารถจัดทำแผนพัฒนาพลังงานในอนาคต
- 1.6.3 ทำให้ผู้ใช้ไฟฟ้าสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายในด้านพลังงานไฟฟ้า ที่ต้องเสียในทุก ๆ เดือน

ประโยชน์ด้านวิศวกรรม

- 1.6.1 ส่งเสริมการนำพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์มาประยุกต์ใช้กับอาคารประเภทที่อยู่อาศัยและอาคารประเภทอื่น ๆ ได้ โดยสามารถเลือกจ่ายภาระไฟฟ้าที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงที่สุดเพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้า ที่สูงในช่วงเวลานั้น
- 1.6.2 เป็นการศึกษาค้นคว้าเพื่อรวบรวมข้อมูลทางเทคโนโลยีที่เกี่ยวกับการจัดการพลังงานภายในที่อยู่อาศัย ซึ่งสามารถนำไปพัฒนาที่อยู่อาศัยและประยุกต์ใช้กับอาคารประเภทอื่นในอนาคตได้
- 1.6.3 สามารถสร้างระบบควบคุมที่สามารถเลือกการจ่ายพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ให้กับภาระไฟฟ้าภายในที่อยู่อาศัยได้อย่างมีประสิทธิภาพ

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

สำหรับปริญญาโทฉบับนี้เป็นการศึกษาการจัดการพลังงานภายในอาคารรูปแบบหนึ่ง โดยเน้นเรื่องการควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้า และการจัดการในระบบแสงสว่าง ดังนั้นก่อนที่กล่าวถึงวิธีการจัดการพลังงาน จำเป็นต้องทำความเข้าใจทฤษฎีและเนื้อหาสำคัญเบื้องต้น เกี่ยวกับระบบบริหารจัดการพลังงาน ระบบพลังงานทดแทนจากเซลล์แสงอาทิตย์ ระบบควบคุม

2.1 ระบบบริหารจัดการพลังงาน (Energy Management System: EMS)

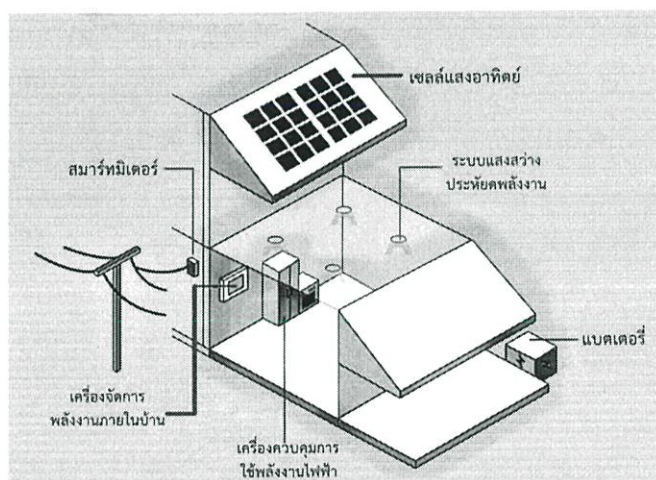
โดยทั่วไปแล้ว ระบบบริหารจัดการพลังงาน (Energy Management System: EMS) หมายถึง ระบบอัตโนมัติที่นำเข้ามาใช้ในการควบคุมให้การผลิต การส่งพลังงาน รวมถึงให้การใช้พลังงานนั้นเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ความหมายของระบบบริหารจัดการพลังงานนั้นค่อนข้างกว้างโดยมิได้หมายถึงเฉพาะเพียงพลังงานไฟฟ้าเท่านั้นแต่ยังครอบคลุมถึงพลังงานในรูปแบบอื่น ๆ ด้วย เช่น พลังงานความร้อน เป็นต้น ระบบบริหารจัดการพลังงานอาศัยการทำงานประสานกันระหว่าง อุปกรณ์ตรวจวัด (Sensor) สมาร์ทมิเตอร์ (Smart meter) และระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าอัตโนมัติ (Actuator หรือ Controller) บนโครงสร้างของระบบเทคโนโลยีและสารสนเทศ (Information technology: IT) โดยอาจมีการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน (เช่น พลังงานแสงอาทิตย์) และระบบกักเก็บพลังงานร่วมด้วยเพื่อให้บริการจัดการการใช้ไฟฟ้าเป็นไปอย่างเกิดประโยชน์สูงสุด ระบบบริหารจัดการพลังงานที่มีประสิทธิภาพมีกระบวนการวางแผนให้เกิดการผลิต การใช้พลังงานและการบริหารจัดการพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งในบางกรณีอาจรวมถึงการงดใช้พลังงานหรือการลดการใช้พลังงานให้เหลือน้อยที่สุด ทั้งนี้ ต้องไม่ทำให้ความสามารถในการทำงานหรือผลิตภาพ (Productivity) ลดลง รวมถึงต้องไม่ก่อให้เกิดผลเสียทางสุขภาพใด ๆ กับผู้ที่อาศัยหรือทำงานอยู่ในพื้นที่นั้น ๆ โดยปริญญาโทฉบับนี้พูดถึงเฉพาะ ระบบบริหารจัดการพลังงานในบ้าน (Home Energy Management System: HEMS) [4]

2.1.1 ระบบบริหารจัดการพลังงานในบ้าน (Home Energy Management System: HEMS)

ระบบบริหารจัดการพลังงานในบ้าน (Home Energy Management System: HEMS) เป็นระบบที่เชื่อมโยงอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านเข้าด้วยกัน โดยสามารถแสดงสถานการณ์ใช้ไฟฟ้า (เช่น ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือบริเวณต่าง ๆ ในบ้านในช่วงเวลานั้น เป็นต้น)

นอกจากนี้ระบบบริหารจัดการพลังงานที่มีขีดความสามารถในระดับที่สูงขึ้นสามารถนำข้อมูลอื่นที่เกี่ยวข้อง เช่น สภาพอากาศ ราคาค่าไฟฟ้าในช่วงนั้น ๆ เป็นต้น มาประมวลผล พร้อมทั้งเสนอแนะต่อผู้ใช้ไฟฟ้าถึงวิธีการใช้พลังงาน หรือควบคุมการใช้พลังงานอย่างอัตโนมัติให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

พร้อมทั้งสามารถติดตั้งอุปกรณ์ด้านพลังงานใหม่ ๆ เพิ่มเติมในบ้านเรือน เช่น ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา แบตเตอรี่ หรืออุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีความสามารถในการดำเนินการตอบสนองด้านโหลด เป็นต้น ระบบบริหารจัดการพลังงานสามารถเชื่อมโยงอุปกรณ์ต่าง ๆ เหล่านั้นเข้าด้วยกัน เพื่อให้การบริหารการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ตัวอย่างเช่น ในช่วงเวลาเที่ยงวันเมื่อระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาผลิตไฟฟ้าได้มากกว่าการใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน ณ ขณะนั้นระบบบริหารจัดการพลังงานสามารถสั่งให้แบตเตอรี่ชาร์จเพื่อเก็บพลังงานไฟฟ้าส่วนเกินไว้ ซึ่งหากมีการนำกลไกค่าไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงตามเวลามาใช้งาน เมื่อระบบบริหารจัดการพลังงานทราบว่าช่วงเวลานั้นมีราคาค่าไฟฟ้าสูงสามารถสั่งให้แบตเตอรี่จ่ายไฟฟ้ากลับเข้าสู่ระบบไฟฟ้าในบ้าน เพื่อลดการพึ่งพาไฟฟ้าจากระบบโครงข่ายหลักซึ่งมีราคาสูง เป็นการช่วยให้เกิดการประหยัดค่าไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ



รูปที่ 2.1 รูปแสดงระบบบริหารจัดการพลังงานในบ้านเรือน [38]

นอกจากนี้ระบบบริหารจัดการพลังงานยังสามารถทำให้ผู้ใช้ไฟฟ้าสามารถควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าได้โดยตรงจากนอกบ้าน รวมถึงสามารถกำหนดการเปิด-ปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าล่วงหน้าผ่านทางโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้ หากไม่มีระบบบริหารจัดการพลังงานผู้ใช้ไฟฟ้าจำเป็นต้องควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ แยกกัน เช่น การเปิดปิดไฟที่สวิตช์แต่ละจุดในบ้านโดยตรง เป็นต้น เมื่อมีการติดตั้ง

ระบบบริหารจัดการพลังงานในบ้าน ผู้ใช้ไฟฟ้าสามารถควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ผ่านทางอุปกรณ์เคลื่อนที่ เช่น สมาร์ทโฟน หรือแท็บเล็ต เป็นต้น นอกจากนี้ อุปกรณ์อัตโนมัติบางส่วนสามารถติดตั้งเพิ่มเติมเข้าไปเพื่อให้ทำงานร่วมกับระบบบริหารจัดการพลังงานได้ เช่น เซ็นเซอร์จัดการเคลื่อนไหวเพื่อปิดไฟส่องสว่างในบริเวณบ้านที่ไม่มีคนอยู่ เป็นต้น การที่ผู้ใช้ไฟฟ้าทราบข้อมูลการใช้ไฟฟ้าในส่วนต่าง ๆ โดยละเอียด รวมถึงสามารถควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้อย่างสะดวกมากขึ้นเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ผู้ใช้ไฟฟ้าปรับเปลี่ยนพฤติกรรมตนเองลงโดยลดการใช้ไฟฟ้าในส่วนที่ไม่จำเป็นลง ส่งผลให้การใช้ไฟฟ้าในบ้านเรือนลดลง รวมถึงลดค่าไฟฟ้าลงได้

โดยทั่วไปแล้วระบบบริหารจัดการพลังงานประกอบไปด้วย สมาร์ทมิเตอร์ อุปกรณ์กักเก็บพลังงาน รวมถึงระบบควบคุมและสั่งการระบบบริหารจัดการพลังงาน

2.1.2 ประโยชน์ของระบบบริหารจัดการพลังงาน

ระบบบริหารจัดการพลังงานสามารถทำให้ผู้ใช้ไฟฟ้าไม่ว่าในภาคบ้านเรือน อาคาร หรือโรงงานอุตสาหกรรมสามารถทราบลักษณะการใช้ไฟฟ้าของตนเองได้ในแต่ละช่วงเวลาโดยละเอียด และสามารถรับรู้ได้ว่ามีการใช้พลังงานไฟฟ้าไปกับอุปกรณ์ต่าง ๆ มากน้อยเพียงใด ในอดีตผู้ใช้ไฟฟ้าโดยเฉพาะในภาคบ้านเรือนทราบปริมาณการใช้ไฟฟ้าของตนเองย้อนหลังในภาพรวมเท่านั้น โดยดูจากใบแจ้งหนี้ค่าไฟฟ้าในเดือนนั้น ๆ หรือดูจากมิเตอร์ไฟฟ้าแบบดั้งเดิมประเภทจานหมุนทั่วไป การนำเทคโนโลยีระบบบริหารจัดการพลังงานเข้ามาประยุกต์ใช้งานสามารถเพิ่มการรับรู้ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของตนเองมากขึ้น เช่น ทราบว่าการใช้ไฟฟ้าสูงสุดในช่วงเวลาใด มีการใช้งานอุปกรณ์ตัวไหนหรือในระบบใดมากที่สุด เป็นต้น การตระหนักรู้ดังกล่าวสามารถนำมาสู่การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของผู้ใช้ไฟฟ้าได้ รวมถึงอาจกระตุ้นให้มีการเปลี่ยนแปลงอุปกรณ์ไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

นอกจากนี้ ระบบบริหารจัดการพลังงานสามารถเพิ่มขีดความสามารถในการควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ติดตั้งเพิ่มเข้ามาในฝั่งของผู้ใช้งานในอนาคต เช่น ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา (Solar rooftop) หรือระบบกักเก็บพลังงาน เป็นต้น ให้สามารถทำงานประสานงานกันได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ระบบบริหารจัดการพลังงานสามารถใช้งานร่วมกับระบบอำนวยความสะดวกอื่น ๆ ซึ่งอาจไม่เกี่ยวข้องทางด้านพลังงานโดยตรง เช่น ระบบอัตโนมัติในบ้าน ระบบอัตโนมัติในอาคาร หรือระบบอัตโนมัติในโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น

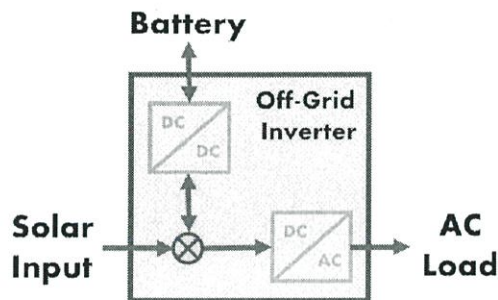
2.2 ระบบพลังงานทดแทนจากเซลล์แสงอาทิตย์

2.2.1 อุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้าจากไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (Inverter DC to AC)

ในปัจจุบันนี้เทคโนโลยีที่เกี่ยวกับระบบเซลล์แสงอาทิตย์ มีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว และใช้กันแพร่หลายมากยิ่งขึ้น ซึ่งอินเวอร์เตอร์นี้ถือเป็นส่วนสำคัญอย่างมากในการแปลงพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ซึ่งเป็นไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับเพื่อนำไปจ่ายภาระไฟฟ้า [39]

2.2.1.1 ประเภทของอุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ

อุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับที่ใช้กับระบบอิสระเป็นอุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับที่ใช้ร่วมกับระบบอิสระที่ไม่มีการเชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้า (Stand Alone System) โดยรับพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงที่มาจากเซลล์แสงอาทิตย์หรือจากแบตเตอรี่แล้วแปลงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับเพื่อจ่ายให้กับภาระไฟฟ้า

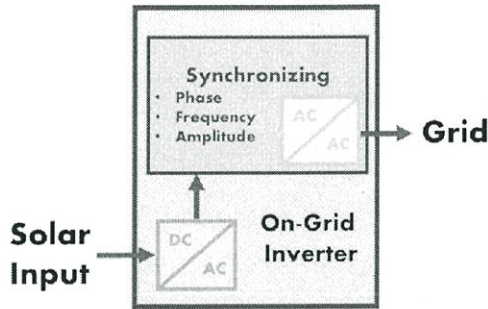


(ก) แผนภาพภายในอินเวอร์เตอร์แบบอิสระ

(ข) อินเวอร์เตอร์แบบอิสระ

รูปที่ 2.2 อุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับที่ใช้กับระบบอิสระ [40]

อุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับที่ใช้เชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายเป็นอุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับที่เชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้า โดยการเชื่อมต่อได้นั้นต้องมี ขนาดแรงดัน ความถี่ และลำดับเฟสที่ตรงกัน จึงต้องมีระบบการไฟฟ้าอยู่ก่อนแล้ว อินเวอร์เตอร์ชนิดนี้ผลิตไฟฟ้าที่มี ลักษณะเหมือนกับไฟฟ้าของการไฟฟ้า การผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์นั้นเป็นผลิตและใช้ทันที ไม่ต้องสำรองในแบตเตอรี่ แล้วจ่ายให้กับภาระไฟฟ้า

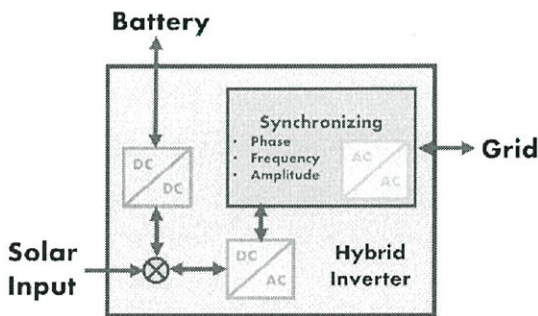


(ก) แผนภาพภายในอินเวอร์เตอร์แบบอิงระบบจำหน่าย

(ข) อินเวอร์เตอร์แบบอิงระบบจำหน่าย

รูปที่ 2.3 อุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับที่ใช้เชื่อมต่อกับระบบจำหน่าย [41]

อุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับที่ใช้กับระบบผสมผสานเป็นอุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับที่ใช้ร่วมกับระบบที่รวมกันระหว่างระบบอิสระ กับระบบผสมผสาน มีลักษณะเป็นการรวมกันของอุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้าที่ได้กล่าวมาแล้วใน 2 ข้อข้างต้น กล่าวคือ ตัวอินเวอร์เตอร์ต้องมีการเชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายของการไฟฟ้า เพื่อเป็นแรงดันอ้างอิง และในขณะที่ทำงาน พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจากเซลล์แสงอาทิตย์ถูกจ่ายให้กับภาระไฟฟ้า แต่หากผู้ใช้ใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยกว่าที่ผลิตได้ในส่วนของพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่เหลือจากการจ่ายภาระไฟฟ้าถูกชาร์ตลงแบตเตอรี่หรือขายให้กับการไฟฟ้า และถ้าผู้ใช้ใช้พลังงานไฟฟ้ามากกว่าที่ผลิตได้ อุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้าจากไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับดึงไฟฟ้าจากระบบจำหน่ายการไฟฟ้าหรือจากแบตเตอรี่เข้ามาจ่ายชดเชย



(ก) แผนภาพภายในอินเวอร์เตอร์แบบผสม

(ข) อินเวอร์เตอร์แบบผสม

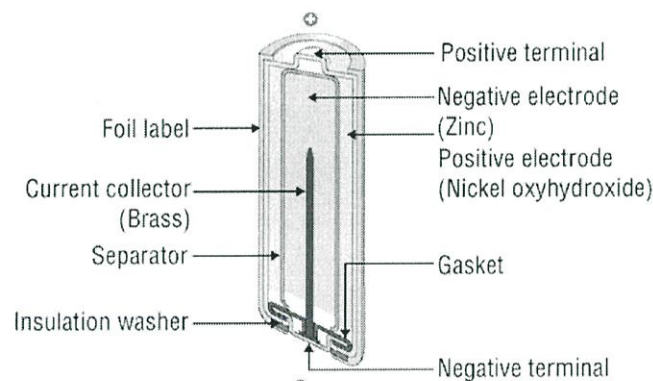
รูปที่ 2.4 อุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับที่ใช้กับระบบผสมผสาน [42]

2.2.2 การสะสมพลังงานไฟฟ้า

เมื่อเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตพลังงานไฟฟ้ามา จำเป็นต้องมีอุปกรณ์สำหรับนำมาใช้สะสมพลังงานไฟฟ้า เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถนำพลังงานมาใช้ในช่วงเวลาที่ต้องการได้ สำหรับการสะสมพลังงานในระบบพลังงานทดแทนจากเซลล์แสงอาทิตย์นั้นใช้แบตเตอรี่เป็นหลัก โดยแบตเตอรี่แบ่งออกเป็น 4 ประเภท [43]

2.2.2.1 แบตเตอรี่ปฐมภูมิ (Primary Cells)

เป็นแบตเตอรี่ที่ไม่สามารถชาร์จไฟใหม่ได้ เมื่อใช้แบตเตอรี่หมดจึงจำเป็นต้องทิ้ง โดยแบตเตอรี่ชนิดนี้ไม่ได้ใช้ของเหลวเป็นอิเล็กโทรไลต์ จึงเรียกว่าเซลล์แห้ง แบตเตอรี่ชนิดนี้มีราคาไม่แพงและมีน้ำหนักเบา ทำให้เหมาะกับอุปกรณ์ไฟฟ้าแบบพกพา โดยข้อดีของแบตเตอรี่ปฐมภูมิคือสามารถเก็บไว้ได้นาน

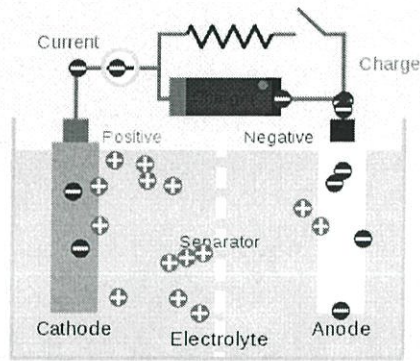


รูปที่ 2.5 โครงสร้างแบตเตอรี่ปฐมภูมิ (Primary Cells) [44]

2.2.2.2 แบตเตอรี่ทุติยภูมิ (Secondary Cells)

เป็นแบตเตอรี่ที่สามารถชาร์จไฟใหม่ได้เมื่อใช้หมด โดยการนำไปประยุกต์ใช้ แบตเตอรี่ชนิดนี้หลัก ๆ มีอยู่ 2 ประเภท

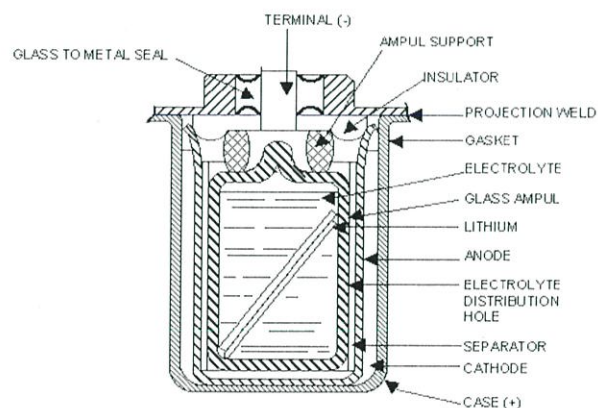
1. นำไปใช้เป็นแหล่งกักเก็บพลังงานให้กับอุปกรณ์ โดยทั่วไปแบตเตอรี่ชนิดนี้ต่อเข้ากับระบบไฟฟ้าและจ่ายให้กับภาระไฟฟ้าเมื่อต้องการ
2. นำไปใช้แทนที่แบตเตอรี่ปฐมภูมิ โดยสามารถชาร์จไฟได้เมื่อแบตเตอรี่หมด การใช้งานในลักษณะนี้สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้



รูปที่ 2.6 โครงสร้างแบตเตอรี่ทุติยภูมิ (Secondary Cells) [45]

2.2.2.3 แบตเตอรี่สำรอง (Reserve Batteries)

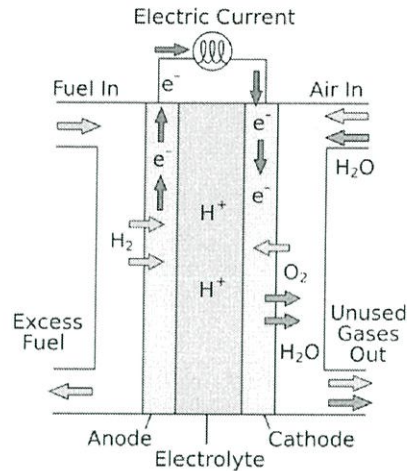
แบตเตอรี่ชนิดนี้มีลักษณะเหมือนแบตเตอรี่ปฐมภูมิ แต่แยกอิเล็กโทรไลต์ออกมาในขณะที่ไม่ได้ใช้งาน การทำงานในลักษณะนี้ทำให้เกิดการเสื่อมสภาพทางเคมี หรือการดิซชาร์จเอง ทำให้แบตเตอรี่ชนิดนี้สามารถเก็บไว้ได้นาน โดยแบตเตอรี่ชนิดนี้พบได้ในชิปนาฬิกาควอตซ์ และระบบอาวุธอื่น ๆ



รูปที่ 2.7 โครงสร้างแบตเตอรี่สำรอง (Reserve Batteries) [46]

2.2.2.4 เซลล์เชื้อเพลิง (Fuel Cells)

เซลล์เชื้อเพลิงสามารถสร้างกระแสไฟฟ้าได้โดยการเปลี่ยนพลังงานเคมีจากการทำปฏิกิริยาเคมีของไอออนของไฮโดรเจนประจุบวกกับออกซิเจน โดยเซลล์เชื้อเพลิงต่างจากแบตเตอรี่อื่น ๆ ที่สามารถผลิตไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่องนานเท่าที่เชื้อเพลิง และออกซิเจนยังคงถูกใส่เข้าไป ไม่เหมือนกับแบตเตอรี่ที่หยุดจ่ายกระแสไฟฟ้าถ้าสารเคมีหมดอายุการใช้งาน



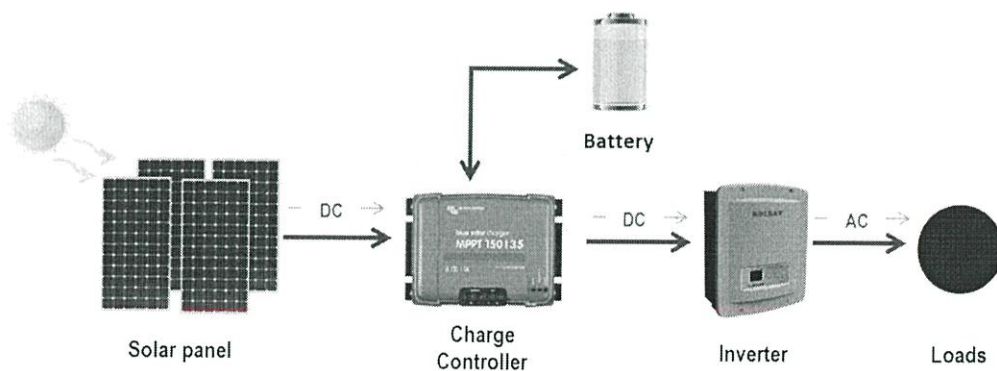
รูปที่ 2.8 โครงสร้างเซลล์เชื้อเพลิง (Fuel Cells) [47]

2.2.3 เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์

ในการใช้พลังงานแสงอาทิตย์สามารถ จำแนกออกเป็น 2 รูปแบบคือ การใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า และการใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตความร้อน ในปฏิญญานีพนธ์นี้ขอพูดในส่วนของการใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว โดยเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า แบ่งออกเป็น 3 ระบบ

2.2.3.1 เซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ (PV Stand-alone system)

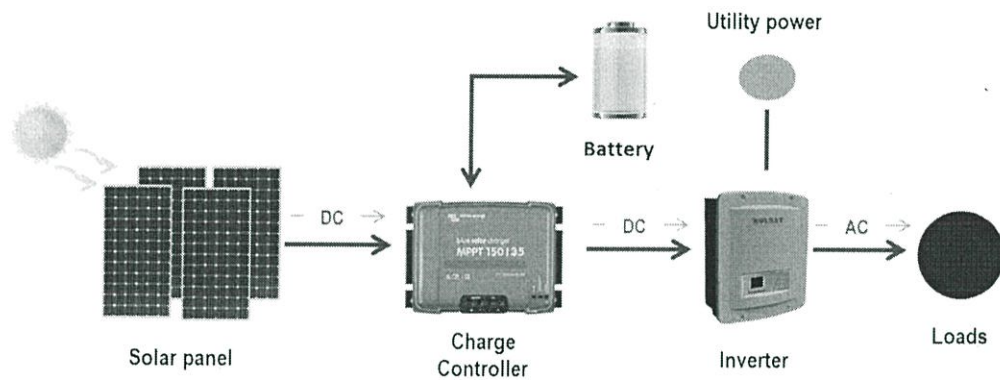
เป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่ได้รับการออกแบบสำหรับใช้งานในพื้นที่ชนบทที่ไม่มีระบบสายส่งไฟฟ้าอุปกรณ์ระบบที่สำคัญ ประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์อุปกรณ์ควบคุมการประจุแบตเตอรี่ แบตเตอรี่ และอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับแบบอิสระ



รูปที่ 2.9 เซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ (PV Stand-alone system) [48]

2.2.3.2 เซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่าย (PV Grid connected system)

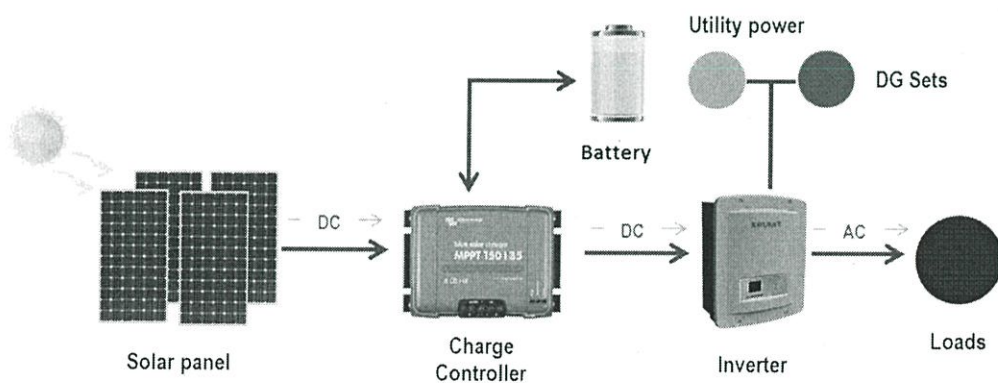
เป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่ถูกรอกแบบสำหรับผลิตไฟฟ้าผ่านอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้า กระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับเข้าสู่ระบบสายส่งไฟฟ้าโดยตรง ใช้ผลิตไฟฟ้าในเขตเมืองหรือพื้นที่ที่มีระบบจำหน่ายไฟฟ้าเข้าถึง อุปกรณ์ระบบที่สำคัญประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับชนิดต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า



รูปที่ 2.10 เซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่าย (PV Grid connected system) [49]

2.2.3.3 เซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน (PV Hybrid system)

เป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่ถูกรอกแบบ สำหรับทำงานร่วมกับอุปกรณ์ผลิตไฟฟ้าอื่น ๆ เช่น ระบบเซลล์แสงอาทิตย์กับพลังงานลม และไฟฟ้าพลังน้ำ เป็นต้น โดยรูปแบบของระบบขึ้นอยู่กับ การออกแบบตามวัตถุประสงค์โครงการเป็นกรณีเฉพาะ



รูปที่ 2.11 เซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน (PV Hybrid system) [50]

2.3 ระบบควบคุม

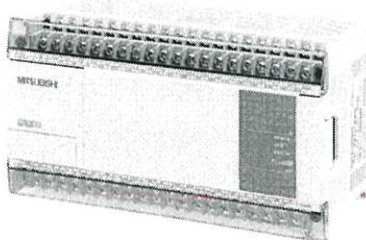
2.3.1 ตัวประมวลผลที่สามารถโปรแกรมได้ (Programmable Logic Controller: PLC)

ตัวประมวลผลที่สามารถโปรแกรมได้ (PLC) เป็นอุปกรณ์ที่คิดค้นขึ้นมา เพื่อการควบคุมเครื่องจักร เครื่องใช้ไฟฟ้า หรือ ระบบไฟฟ้าต่าง ๆ แทนการใช้งานวงจรรีเลย์แบบเก่า ซึ่งวงจรรีเลย์แบบเก่ามีข้อเสียคือ การเดินสายไฟฟ้าเป็นจำนวนมาก ทำให้เปลี่ยนแปลงเงื่อนไขในการควบคุม และซ่อมบำรุงได้ยาก เมื่อใช้งานไปนาน ๆ หน้าสัมผัสของรีเลย์เสื่อม เนื่องด้วยผลของคราบเขม่า และการสึกหรอจากการตัดต่อวงจร ด้วยเหตุนี้จึงมีการนำตัวประมวลผลที่สามารถโปรแกรมได้ (PLC) มาใช้แทนวงจรรีเลย์แบบเก่า เพราะตัวประมวลผลที่สามารถโปรแกรมได้ (PLC) ใช้งานได้ง่ายกว่า มีความน่าเชื่อถือ สามารถต่อกับอุปกรณ์อินพุต และเอาต์พุตได้โดยตรง จากนั้นจึงทำการควบคุมระบบไฟฟ้าโดยการเขียนโปรแกรมเท่านั้น การเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขในการควบคุมจึงทำได้ง่าย เพียงเขียนโปรแกรมใหม่ และเขียนลงบนตัวประมวลผลที่สามารถโปรแกรมได้ (PLC) นอกจากนี้ตัวประมวลผลที่สามารถโปรแกรมได้ (PLC) ทำงานแบบเดี่ยวได้ด้วยตัวเดียว ยังสามารถต่อตัวประมวลผลที่สามารถโปรแกรมได้ (PLC) ได้อีกหลาย ๆ ตัวเข้าด้วยกัน กลายเป็นเครือข่าย (Network) เพื่อควบคุมการทำงานของระบบให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น [51]

2.3.1.1 ชนิดของตัวประมวลผลที่สามารถโปรแกรมได้

ตามการจำแนกตัวประมวลผลที่สามารถโปรแกรมได้ตามโครงสร้างภายนอกแบ่งได้เป็น 2 ชนิดดังนี้

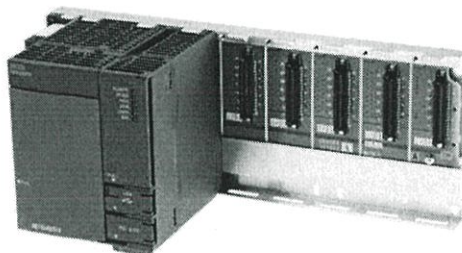
ตัวประมวลผลที่สามารถโปรแกรมได้ชนิดบล็อก ทำการรวมส่วนประกอบทั้งหมดของตัวประมวลผลที่สามารถโปรแกรมได้ (PLC) ได้แก่ตัวประมวลผล หน่วยความจำ ส่วนอินพุต ส่วนเอาต์พุต และแหล่งจ่ายไฟฟ้า ให้อยู่ในบล็อกเดียวกัน ดังตัวอย่างรูปที่ 2.12 เป็นตัวประมวลผลที่สามารถโปรแกรมได้ชนิดบล็อกของบริษัทมิตซูบิชิ รุ่น FX1N-Series



รูปที่ 2.12 ชนิดของตัวประมวลผลที่สามารถโปรแกรมได้ชนิดบล็อก

(PLC MITSUBISHI FX1N-Series) [52]

ตัวประมวลผลที่สามารถโปรแกรมได้ชนิดโมดูล คือส่วนประกอบแต่ละส่วนสามารถแยกออกจากกันเป็นโมดูล (Modules) เช่น หน่วยประมวลผล แหล่งจ่ายไฟฟ้า อินพุต และเอาต์พุต สามารถเลือกใช้งานได้ว่าใช้โมดูลขนาดกี่อินพุตหรือกี่เอาต์พุต โดยมีให้เลือกใช้งานหลายรูปแบบ อาจเป็นอินพุตอย่างเดียว หรือ เอาต์พุตอย่างเดียวซึ่งขึ้นอยู่กับรุ่นที่บริษัทได้ผลิตออกมาจำหน่ายดังรูปที่ 2.13 เป็นรูปของตัวประมวลผลที่สามารถโปรแกรมได้ชนิดโมดูลของบริษัทมิตซูบิชิ รุ่น คิว-ซีรีย์ (Q-Series)



รูปที่ 2.13 ชนิดของตัวประมวลผลที่สามารถโปรแกรมได้ชนิดโมดูล
(PLC MITSUBISHI Q-Series) [53]

2.3.1.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเขียน และป้อนโปรแกรมให้ตัวประมวลผลที่สามารถโปรแกรมได้

การสั่งงานให้ตัวประมวลผลที่สามารถโปรแกรมได้ (PLC) ให้ทำงานต้องป้อนโปรแกรมให้กับตัวประมวลผลที่สามารถโปรแกรมได้ (PLC) นั้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท

การเขียนโปรแกรมให้กับตัวประมวลผลที่สามารถโปรแกรมได้ (PLC) โดยการใช้เครื่องเขียนโปรแกรมแบบพกพา (Hand Held Programmer) ป้อนโปรแกรมโดยใช้ภาษา Statement List เช่นคำสั่ง LD, AND, OR ซึ่งเป็นคำสั่งพื้นฐาน เรียกใช้งานได้ด้วยปุ่มที่อยู่บนตัวเครื่องเขียนโปรแกรมแบบพกพา แต่เมื่อต้องการใช้งานฟังก์ชันอื่น ๆ ที่มีอยู่ในตัวประมวลผลที่สามารถโปรแกรมได้ สามารถเรียกใช้งานได้โดยการกดปุ่มเรียกใช้คำสั่งพิเศษ การใช้งาน เครื่องเขียนโปรแกรมแบบพกพามีข้อดีที่พกพาได้สะดวก สะดวกในการเคลื่อนย้าย แต่มีข้อเสียคือผู้ใช้ต้องมีความเชี่ยวชาญ

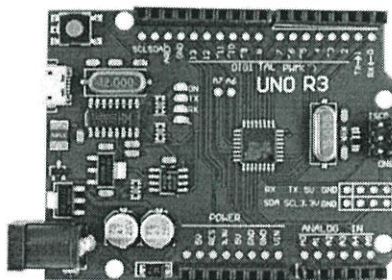
การเขียนโปรแกรมให้กับตัวประมวลผลที่สามารถโปรแกรมได้ (PLC) โดยการใช้คอมพิวเตอร์ (Computer) ใช้งานร่วมกับซอฟต์แวร์ (Software) เฉพาะของตัวประมวลผลที่สามารถโปรแกรมได้ และขึ้นอยู่กับยี่ห้อที่ใช้งาน อาทิเช่น ตัวประมวลผลที่สามารถโปรแกรมได้ของทางบริษัท มิตซูบิชิ ให้ใช้ซอฟต์แวร์ที่มีชื่อว่า GX Developer และ GX Work ข้อดีของการใช้คอมพิวเตอร์ในการป้อนโปรแกรมคือใช้งานง่าย เนื่องด้วยโปรแกรมที่ใช้ในคอมพิวเตอร์เพื่อป้อนโปรแกรมส่วนใหญ่ใช้ภาษาเลดเดอร์ไดอะแกรม (Ladder Diagram) เข้ามาใช้ในการเขียนคำสั่ง ทำให้เข้าใจได้ง่าย และยังมีเครื่องมือในการโปรแกรมให้เลือกใช้งานได้มากกว่าเครื่องเขียนโปรแกรมแบบพกพา (Hand Held Programmer)

2.3.2 ชุดระบบควบคุมแสงสว่าง

ชุดระบบควบคุมแสงสว่างที่ใช้ในการหรีแสงสว่าง ประกอบไปด้วย ไมโครคอนโทรลเลอร์, บอร์ดสำหรับหรีแสงสว่าง และเซนเซอร์วัดความเข้มแสง

2.3.2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์

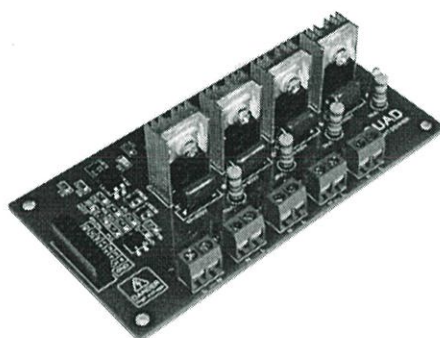
เลือกใช้บอร์ดอาดูยโน้ (Arduino) มาเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์เนื่องจากใช้งานง่าย และมีราคาไม่แพง โดยอาดูยโน้ (Arduino) คือ เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลเอวีอาร์ (AVR) ที่มีการพัฒนาแบบ เปิดเผยข้อมูลทั้งด้านฮาร์ดแวร์ (Hardware) และซอฟต์แวร์ (Software) ตัวบอร์ดอาดูยโน้ (Arduino) ถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นศึกษา ทั้งนี้ผู้ใช้งานยังสามารถดัดแปลงเพิ่มเติม พัฒนาต่อยอดทั้งตัวบอร์ด หรือโปรแกรมต่อได้ [54]



รูปที่ 2.14 บอร์ดอาดูยโน้ รุ่นยูโน้ [55]

2.3.2.2 บอร์ดสำหรับหรี่แสงสว่าง

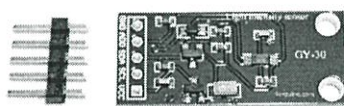
เป็นบอร์ดที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อจุดประสงค์ในการควบคุมระบบไฟฟ้ากระแสสลับ ให้สามารถมีระดับแรงดันเอาต์พุตต่าง ๆ ตามที่ต้องการ โดยอาศัยหลักการในการควบคุมเฟสของสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับ (AC 220 V) ซึ่งเป็นสัญญาณคลื่นไซน์ (มุมเฟส 360 องศา) ขนาดความถี่ 50 เฮิร์ต การควบคุมเฟสอาศัยหลักการทำงานของไตรแอก (Triac) โดยการควบคุมการจุดชนวนเกตของไตรแอก ซึ่งการจุดชนวนเกตที่มุมเฟสต่าง ๆ ของไตรแอกมีผลต่อค่าระดับแรงดันเอาต์พุตกระแสสลับ โดยใช้สัญญาณจากจุดที่เรียกว่า สัญญาณใช้อ้างอิงที่มุมเฟส 0 (Zero-Crossing) เป็นจุดอ้างอิงในการกระตุ้นเฟสของสัญญาณ [56]



รูปที่ 2.15 บอร์ดสำหรับหรี่แสงสว่าง [57]

2.3.2.3 เซนเซอร์วัดความเข้มแสง

คืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่เปลี่ยนแปลงค่าความต้านทาน หรือการนำไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเซนเซอร์ได้ เมื่อมีแสงมาตกกระทบ โดยเซนเซอร์วัดความเข้มแสงที่นำมาใช้เป็นรุ่น จีวาย-สามสิบ (GY-30)



รูปที่ 2.16 เซนเซอร์วัดความเข้มแสง รุ่น จีวาย-สามสิบ (GY-30) [58]

บทที่ 3

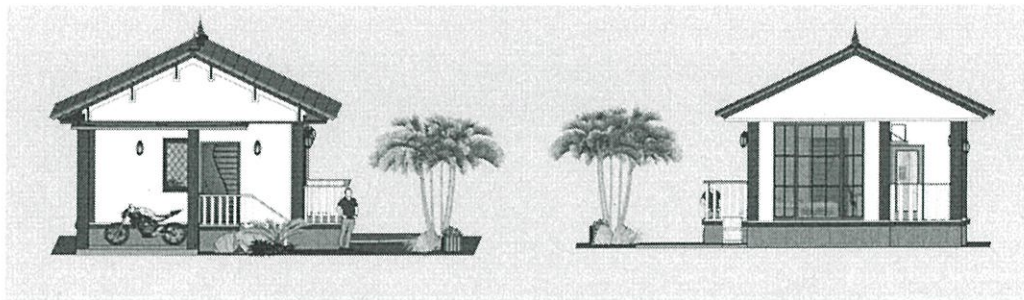
การศึกษาพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟภายในที่อยู่อาศัย และออกแบบชุดทดลองเพื่อการจัดการระบบแสงสว่าง

ระบบบริหารจัดการพลังงานภายในที่อยู่อาศัย (Home Energy Management System: HEMS) เป็นระบบอัตโนมัติที่ทำการรวบรวมข้อมูลที่ตรวจวัดในส่วนต่าง ๆ ของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้งาน นำมาประมวลผล และส่งข้อมูลที่จำเป็น ให้แก่ผู้ใช้ไฟฟ้า เพื่อแสดงถึงลักษณะการใช้พลังงาน ณ เวลานั้น ๆ ซึ่งเป็นประโยชน์ในการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานภายในที่อยู่อาศัยต่อไป สำหรับปัญญาประดิษฐ์เป็นการเข้าไปจัดการกับพลังงานไฟฟ้าในระบบต่าง ๆ หลังจากที่ทราบข้อมูลการใช้พลังงานแล้ว โดยได้ทำการจำลองที่อยู่อาศัยเป็นบ้านเดี่ยวชั้นเดียว เพื่อทำการเก็บข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ และพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของภาระไฟฟ้า จากนั้นนำข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้มาวิเคราะห์และประกอบการตัดสินใจในการเลือกจัดการกับระบบภายในที่อยู่อาศัย ซึ่งปัญญาประดิษฐ์นี้ได้สนใจในการจัดการกับระบบแสงสว่าง และภาพรวมของการใช้พลังงานทั้งหมดภายในที่อยู่อาศัย

3.1 การศึกษาพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟภายในที่อยู่อาศัย

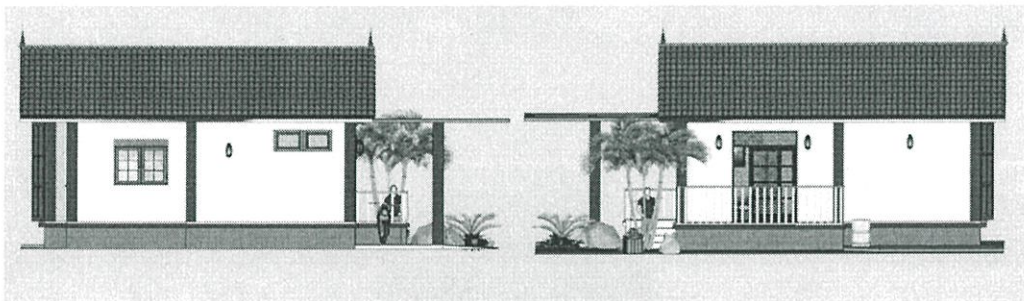
การศึกษาพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในที่อยู่อาศัย เพื่อเก็บข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ และศึกษาสังเกตพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของภาระไฟฟ้าต่าง ๆ ภายในที่อยู่อาศัย เช่น เครื่องปรับอากาศ กาดม้มน้ำไฟฟ้า หลอดไฟฟ้า เป็นต้น จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์และประกอบการตัดสินใจในการเลือกจัดการกับระบบภายในที่อยู่อาศัย สำหรับปัญญาประดิษฐ์นี้ได้ทำการจำลองที่อยู่อาศัยเป็นบ้าน เพื่อใช้ในการศึกษาแสดงดังรูปที่ 3.1(ก)

จากรูปที่ 3.1(ข) เป็นที่อยู่อาศัยเป็นบ้านเดี่ยว ชั้นเดียว ซึ่งภายในบ้านประกอบไปด้วยระบบต่าง ๆ โดยมีภาระไฟฟ้าพื้นฐานได้แก่ หลอดไฟฟ้า เครื่องปรับอากาศ ตู้เย็น กาดม้มน้ำไฟฟ้า คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ มอเตอร์ไซค์ไฟฟ้า พัดลม และปั้มน้ำ จากที่กล่าวมาเพื่อให้ง่ายต่อการศึกษาพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้า ดังนั้นจึงจำลองชุดทดลองที่มีการต่อภาระไฟฟ้าใกล้เคียงกับบ้านชั้นดังรูปที่ 3.2



FRONT

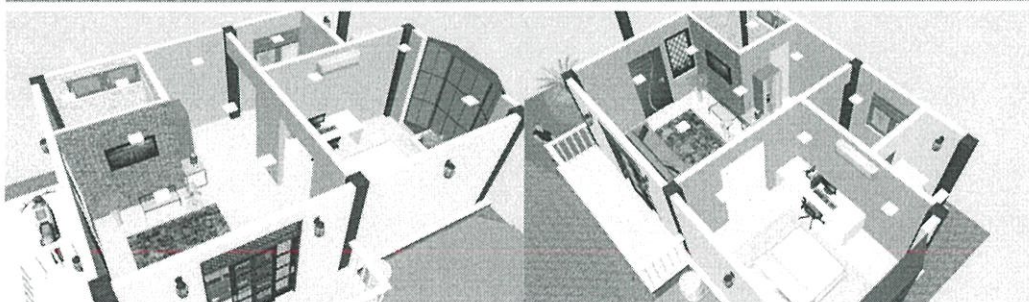
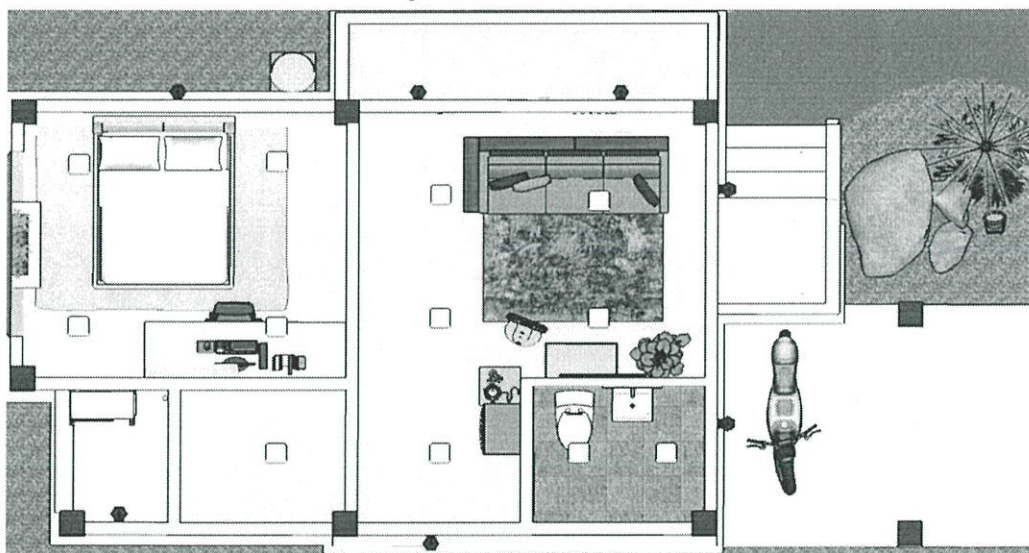
BACK



LEFT

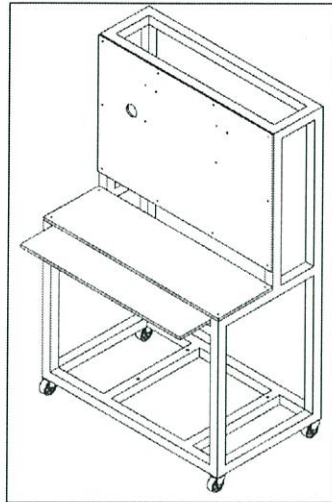
RIGHT

(ก) รูปด้านของบ้านเดี่ยว 1 ชั้น

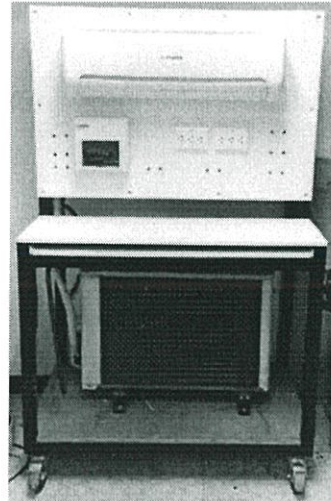


(ข) อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ติดตั้งภายในบ้าน

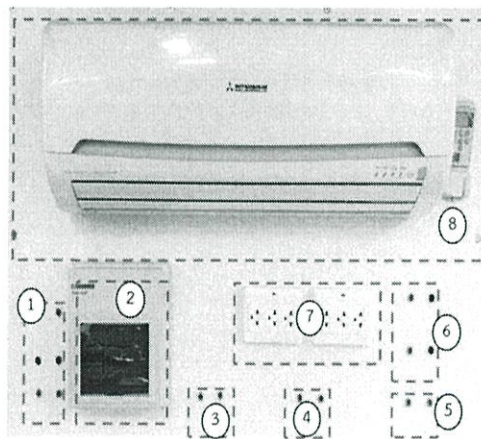
รูปที่ 3.1 แบบจำลองของที่อยู่อาศัย บ้านเดี่ยว 1 ชั้น



(ก) ตู้จำลองสำหรับติดตั้งอุปกรณ์

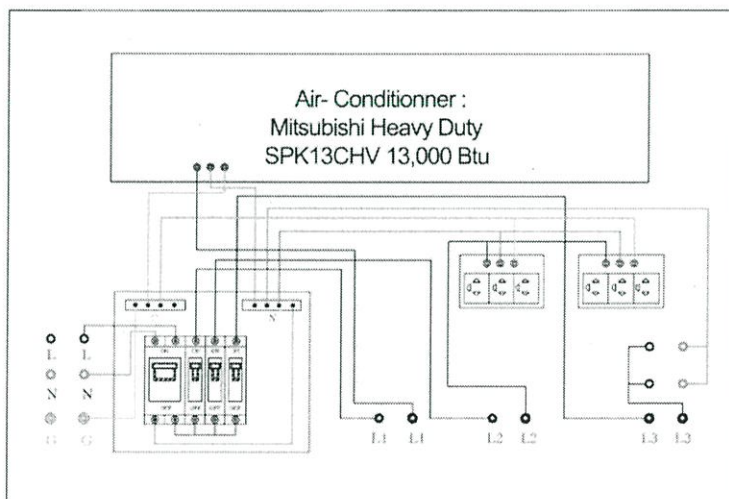


(ข) ตู้สำหรับติดตั้งอุปกรณ์จริง



1. AC 230 V,50 Hz Input
2. Load panel
3. Load No.1 (A/C) Input
4. Load No.2 (Receptacle) Input
5. Load No.3 (Lighting) Input
6. Load No.3 (Lighting) output
7. Receptacle
8. Air-conditioner (A/C)

(ค) ส่วนประกอบของชุดทดลองระบบไฟฟ้าภายในที่อยู่อาศัย



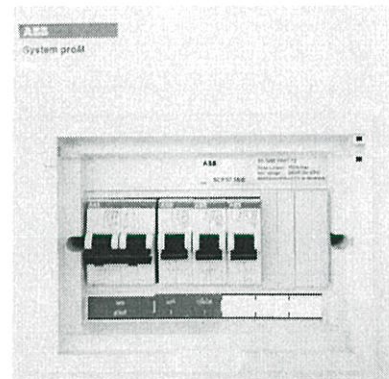
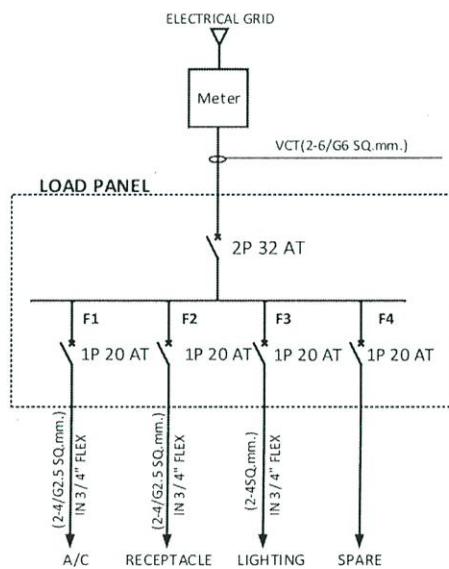
(ง) การเชื่อมต่อส่วนประกอบภายในของชุดทดลองระบบไฟฟ้าภายในที่อยู่อาศัย

รูปที่ 3.2 ชุดทดลองระบบไฟฟ้าภายในที่อยู่อาศัย

จากรูปที่ 3.2 (ก) เป็นการออกแบบชุดทดลองระบบไฟฟ้าภายในที่อยู่อาศัย โดยในการออกแบบสร้างตู้มีความกว้าง 1.1 เมตร ยาว 0.65 เมตร และสูง 1.7 เมตร รูปที่ 3.2 (ข) เป็นรูปจริงของชุดทดลองระบบไฟฟ้าภายในที่อยู่อาศัย ซึ่งสามารถที่จะติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ขนาด 13,000 BTU, เตารับไฟฟ้า และเชื่อมต่อภาระไฟฟ้าอื่น ๆ สามารถเชื่อมต่อจุดวัดค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าได้แสดงดังรูปที่ 3.2 (ค) และในรูปที่ 3.2 (ง) เป็นการเชื่อมต่อกันทางไฟฟ้าภายในชุดทดลอง โดยแบ่งวงจรไฟฟ้าย่อยเป็น 3 วงจรย่อย ดังนี้

- วงจรไฟฟ้าย่อยที่ 1 ได้แก่ เครื่องปรับอากาศ
- วงจรไฟฟ้าย่อยที่ 2 ได้แก่ ภาระไฟฟ้าเตารับ
(พัดลม, กัดมัน้ำ, มอเตอร์ไฟฟ้า, คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ, มอเตอร์ไซค์ไฟฟ้า, ตู้เย็น)
- วงจรไฟฟ้าย่อยที่ 3 ได้แก่ ภาระไฟฟ้าแสงสว่าง

ซึ่งสายไฟฟ้า และเซอร์กิตเบรกเกอร์ของแต่ละวงจرفไฟฟ้าย่อยในชุดทดลองระบบไฟฟ้า แสดงเป็นแผนภาพเส้นเดียวของชุดทดลองระบบไฟฟ้า และตารางโหลด ได้ดังรูปที่ 3.3 และตารางที่ 3.1 ตามลำดับ



(ก) แผนภาพเส้นเดียวชุดทดลองระบบไฟฟ้า (ข) ตู้ภาระไฟฟ้าชุดทดลองระบบไฟฟ้า

รูปที่ 3.3 ตู้ภาระไฟฟ้าของชุดทดลองระบบไฟฟ้า

ตารางที่ 3.1 ตารางโหลดชุดทดลองระบบไฟฟ้า

Consumer Unit Load Schedule 1P, 2W, 230V								
Panel Name : CU			Mounting : surface wall mounted					
Capacity : 6 CKT.								
CKT. No.	Description	Connected Load in VA	Branch MCB			Conductor		Raceway (Inch)
			Pole	AT (A)	AF (A)	Size (Sq.mm.)	Type	
1	Air-Conditioner	1064	1	20	64	2x4/2.5G	IEC01	3/4" FLEX
2	Receptacle	2426	1	20	64	2x4/2.5G	IEC01	3/4" FLEX
3	Lighting	656	1	20	64	2x4	IEC01	3/4" FLEX
4								
5								
Total Connected Load		4146	Main MCB 2P, 32 AT/64AF, 25kA IC			Main Feeder (sq.mm): VCT 2x6/6G		
Total Demand Load		4146						

จากที่กล่าวมาข้างต้นเมื่อได้ชุดทดลองออกมาแล้ว จากนั้นนำชุดทดลองดังกล่าวไปใช้สำหรับศึกษาพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของผู้อยู่อาศัย เพื่อใช้ในการพิจารณาเลือกกระบบจัดการพลังงาน โดยปัจจัยที่ใช้พิจารณาสามารถดูได้จากพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของภาระไฟฟ้า และกราฟช่วงเวลาของภาระไฟฟ้าภายในที่อยู่อาศัย ซึ่งแสดงในหัวข้อถัดไป

3.2 พฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของภาระไฟฟ้า

เมื่อต่อภาระไฟฟ้าเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้า ภาระไฟฟ้าบางชนิดมีการใช้พลังงานไฟฟ้าคงที่ ภาระไฟฟ้าบางชนิดมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นคาบเวลา ซึ่งแสดงให้เห็นว่าพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของภาระไฟฟ้าแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน ในแต่ละช่วงเวลาการทำงาน พฤติกรรมของภาระไฟฟ้าเหล่านี้ล้วนเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดค่าพลังงานไฟฟ้าสูงสุดทั้งสิ้น ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการศึกษาพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของภาระไฟฟ้าโดยสามารถแสดงพฤติกรรมที่ใช้พลังงานไฟฟ้าของภาระไฟฟ้างดังต่อไปนี้

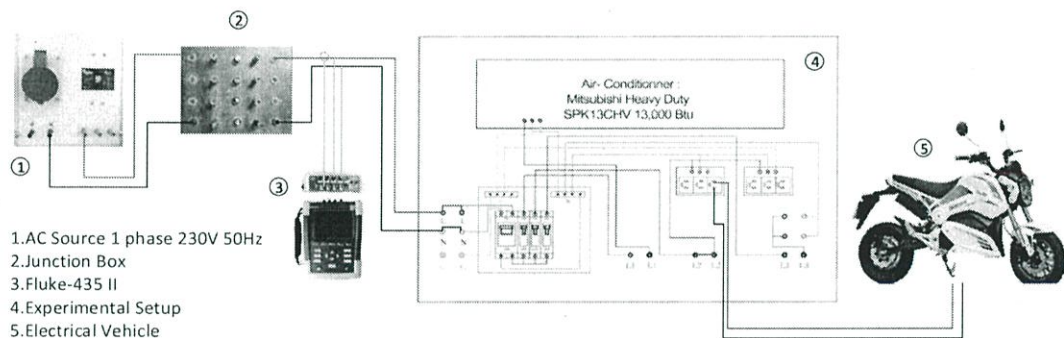
3.2.1 มอเตอร์ไซค์ไฟฟ้า

ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น หลายประเทศเริ่มมีการสนับสนุนให้ประชาชนเริ่มหันมาใช้ยานยนต์ไฟฟ้า ส่งผลให้ยานพาหนะพลังงานไฟฟ้าเริ่มเป็นที่นิยม ด้วยเหตุนี้จึงได้นำรถจักรยานยนต์ไฟฟ้ารุ่น Hurricane Electric Motorcycle ใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากำลังสูง 2000 วัตต์ และใช้แบตเตอรี่แบบลิเทียม-ไอออน ใช้ตัวชาร์จแบตเตอรี่เป็นแบบชาร์จเร็ว (Fast Charger) ดังแสดงในรูปที่ 3.4 มาทำการทดลองเพื่อศึกษาพฤติกรรมของเครื่องชาร์จด้วยไฟฟ้าตามที่พักอาศัยทั่วไป โดยในการทดลอง

เริ่มชาร์จแบตเตอรี่ที่ระดับแบตเตอรี่ต่ำจนระดับแบตเตอรี่สูงสุด สามารถแบ่งช่วงของการชาร์จได้เป็น 3 ช่วงตามตารางที่ 3.2



(ก) ชุดทดลองเพื่อศึกษาพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของมอเตอร์ไซค์ไฟฟ้า

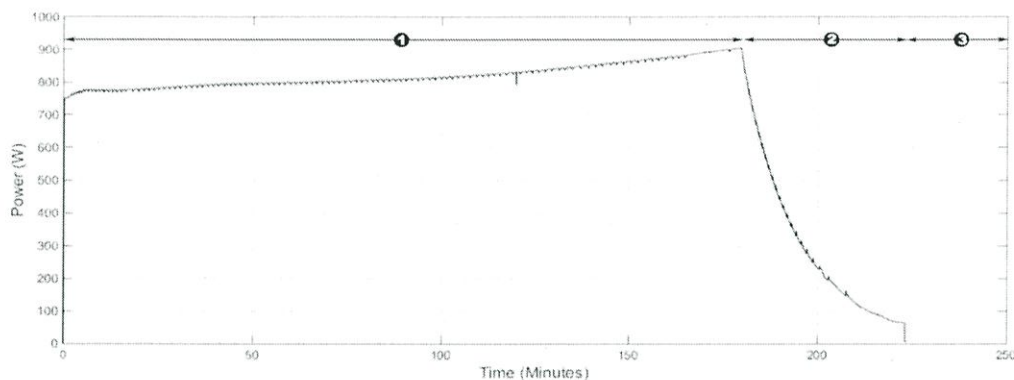


(ข) การเชื่อมต่อชุดทดลองเพื่อศึกษาพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของมอเตอร์ไซค์ไฟฟ้า

รูปที่ 3.4 การทดลองเพื่อศึกษาพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของมอเตอร์ไซค์ไฟฟ้า

ตารางที่ 3.2 ค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าที่สำคัญของมอเตอร์ไซค์ไฟฟ้า

ช่วงเวลาในการชาร์จ	เริ่มต้น	3 ชั่วโมงถัดมา	ช่วงสุดท้าย
แรงดันไฟฟ้า (โวลต์)	224.33	224.42	226.04
กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)	6.001	7.125	0.674
กำลังไฟฟ้าปรากฏ (โวลต์-แอมแปร์)	1346	1599	152
กำลังไฟฟ้าจริง (วัตต์)	755	907	63
กำลังไฟฟ้าเสมือน (วาร์)	-157	-209	-24
ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า	0.56	0.57	0.41

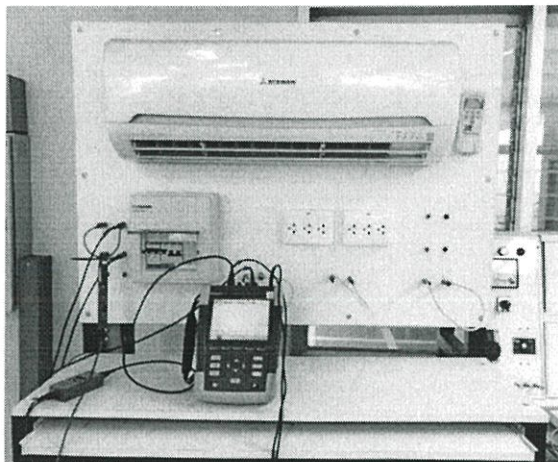


รูปที่ 3.5 พฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของมอเตอร์ไซค์ไฟฟ้า

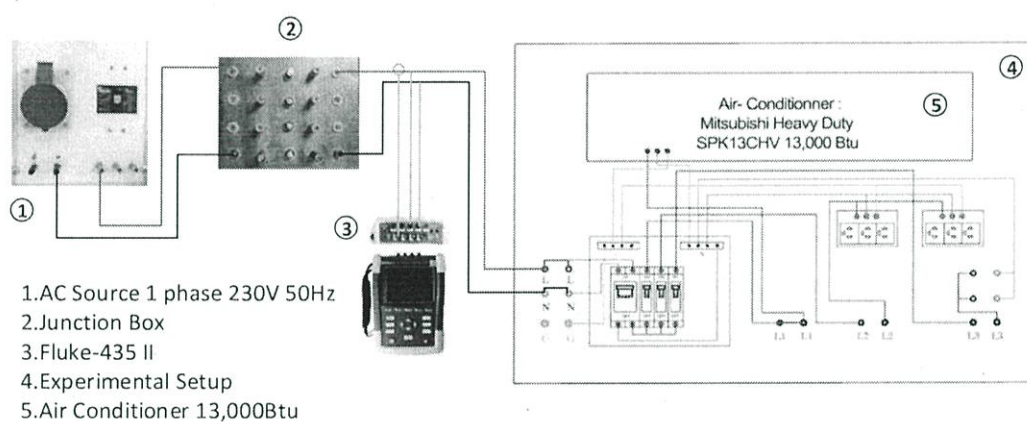
จากรูปที่ 3.5 โดยเริ่มแรกระดับแบตเตอรี่มีระดับต่ำเครื่องชาร์จแบตเตอรี่จึงทำงานในโหมดชาร์จเร็ว ค่ากำลังไฟฟ้าในช่วงนี้จึงมีค่าสูง และมีค่าสูงขึ้นตามเวลาจนกระทั่งมีค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่เวลา 180 นาที (ช่วงเวลาหมายเลข 1 ดังรูป) นั่นคือเวลาที่ระดับแบตเตอรี่ที่ผ่านการชาร์จจนมีค่าเกือบเต็ม หลังจากนั้นเครื่องชาร์จแบตเตอรี่จึงเริ่มเข้าทำงานในโหมดปกติ ค่ากำลังไฟฟ้ามีค่าลดต่ำลงตามเวลาที่ระดับแบตเตอรี่ที่เพิ่มขึ้น (ช่วงเวลาหมายเลข 2 ดังรูป) จนกระทั่งแบตเตอรี่มีระดับเต็ม เครื่องชาร์จแบตเตอรี่ตัดไฟฟ้าไม่ให้ชาร์จเข้าแบตเตอรี่ กำลังไฟฟ้าจึงลดต่ำลงทันที ดังกราฟรูปที่ 3.5

3.2.2 เครื่องปรับอากาศ

เครื่องปรับอากาศนั้นถือเป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าที่สำคัญส่วนหนึ่งภายในที่อยู่อาศัย และมีการใช้งานในระยะเวลานาน ซึ่งการออกแบบระบบปรับอากาศของที่อยู่อาศัย ต้องคำนึงถึงพื้นที่ใช้ประโยชน์ด้วย ในแต่ละพื้นที่ไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องปรับอากาศเท่ากันขึ้นกับลักษณะการใช้งานของพื้นที่นั้น ดังนั้นจึงเลือกศึกษาพฤติกรรมของเครื่องปรับอากาศที่มีขนาดไม่ใหญ่มาก โดยในการทดลองได้ใช้เครื่องปรับอากาศ ขนาด 13,000 BTU รุ่น Mitsubishi Heavy Duty SRK13CHV กำลังไฟฟ้า 1,500 วัตต์ แสดงในรูปที่ 3.6



(ก) ชุดทดลองเพื่อศึกษาพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ

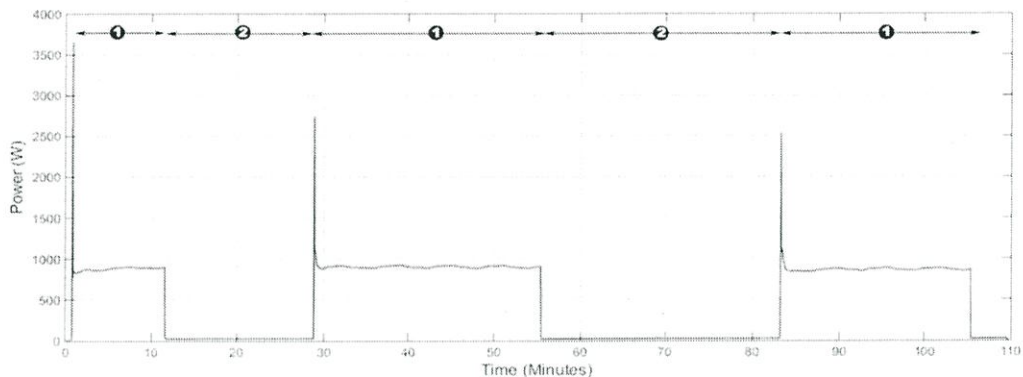


(ข) การเชื่อมต่อชุดทดลองเพื่อศึกษาพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ

รูปที่ 3.6 การทดลองเพื่อศึกษาพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ

ตารางที่ 3.3 ค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าที่สำคัญของเครื่องปรับอากาศ

การทำงานของคอมเพรสเซอร์	ทำงาน	ไม่ทำงาน
แรงดันไฟฟ้า (โวลต์)	224.95	226.41
กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)	4.178	0.151
กำลังไฟฟ้าปรากฏ (โวลต์-แอมแปร์)	937	34
กำลังไฟฟ้าจริง (วัตต์)	897	28
กำลังไฟฟ้าเสมือน (วาร์)	200	14
ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า	0.96	0.81



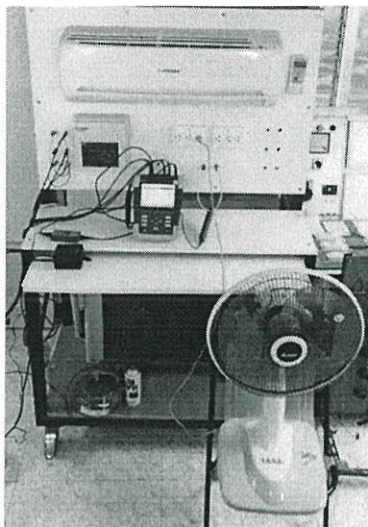
รูปที่ 3.7 พฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ

จากรูปที่ 3.7 ในการทดลองใช้เครื่องปรับอากาศ ขนาด 13,000 BTU เพื่อใช้ในการศึกษาพฤติกรรม พบว่าขณะเริ่มเปิดเครื่องปรับอากาศในตอนแรกคอมเพรสเซอร์ทำงานซึ่งมีค่ากระแสไฟฟ้าเริ่มต้นสูงถึง 23.714 แอมแปร์ ซึ่งค่าวัตต์ก็สูงถึง 3,652 วัตต์ แต่เกิดเพียงช่วงเวลาสั้น เนื่องจากคอมเพรสเซอร์มีพฤติกรรมคล้ายกับเครื่องจักรกลไฟฟ้า จากนั้นทำงานในสภาวะคงตัวที่กระแส 4.178 แอมแปร์ และมีค่ากำลังไฟฟ้าจริงเท่ากับ 897 วัตต์ เป็นไปตามช่วงเวลาที่ 1

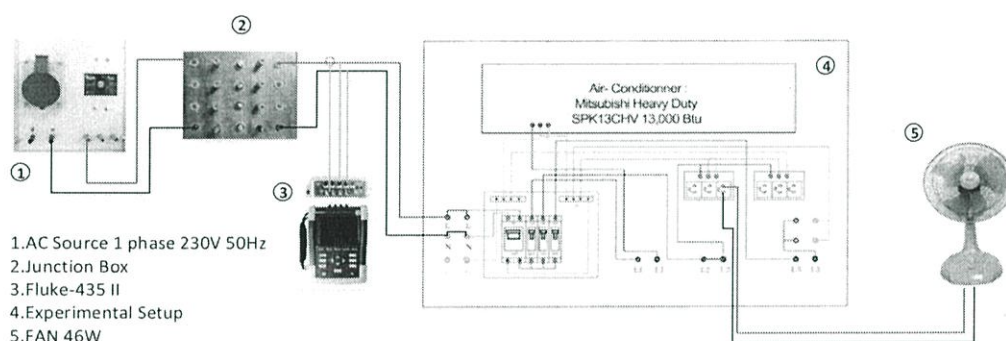
ในช่วงเวลาที่ 2 เป็นช่วงเวลาที่คอมเพรสเซอร์ไม่ทำงานทำให้ใช้กระแสไฟฟ้าเพียง 0.151 แอมแปร์ และกำลังไฟฟ้าจริงประมาณ 34 วัตต์ โดยที่การทำงานหรือไม่ทำงานของคอมเพรสเซอร์นั้นขึ้นกับอุณหภูมิภายในห้อง และอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศที่ปรับตั้งไว้ ด้วยเหตุนี้เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 3.7 การทำงานของเครื่องปรับอากาศมีลักษณะเป็นช่วงเวลาที่ 1 และ 2 สลับกันตามการทำงานของคอมเพรสเซอร์

3.2.3 พัดลม

การทดลองนี้มีการใช้พัดลม ยี่ห้อ Mitsubishi รุ่น R16-GT ขนาดกำลังไฟฟ้า 46 วัตต์ ดังแสดงในรูปที่ 3.8 พฤติกรรมของพัดลมมีลักษณะของเครื่องจักรกลไฟฟ้า (มอเตอร์ไฟฟ้า 1 เฟส) จึงมีกระแสในตอนเริ่มเดิน เครื่องสูงกว่าที่กระแสปกติ และจำลองการใช้งานที่ความเร็วต่างกัน ได้แก่ความเร็วต่ำ ความเร็วปานกลาง และความเร็วสูง



(ก) ชุดทดลองเพื่อศึกษาพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของพัดลม

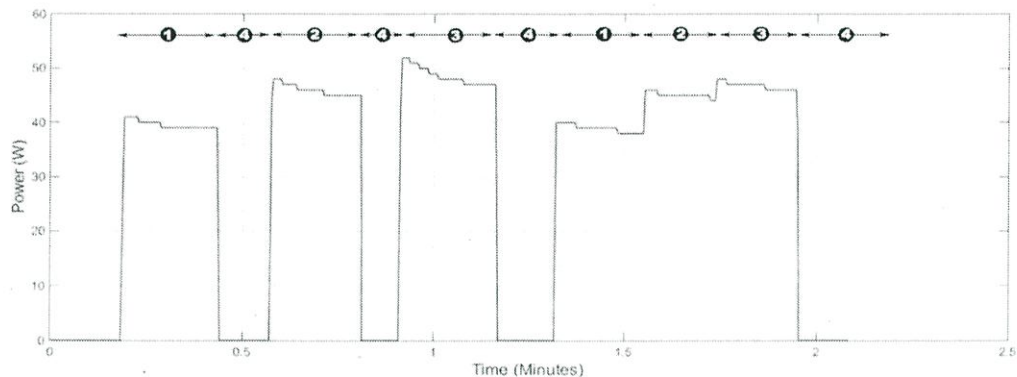


(ข) การเชื่อมต่อชุดทดลองเพื่อศึกษาพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของพัดลม

รูปที่ 3.8 การทดลองเพื่อศึกษาพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของพัดลม

ตารางที่ 3.4 ค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าที่สำคัญของพัดลม

ระดับความเร็วของใบพัด	ความเร็วต่ำ	ความเร็วปานกลาง	ความเร็วสูง
แรงดันไฟฟ้า (โวลต์)	229.18	229.27	229.45
กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)	0.19	0.233	0.288
กำลังไฟฟ้าปรากฏ (โวลต์-แอมแปร์)	43	53	60
กำลังไฟฟ้าจริง (วัตต์)	39	45	47
กำลังไฟฟ้าเสมือน (วาร์)	18	25	37
ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า	0.91	0.87	0.79

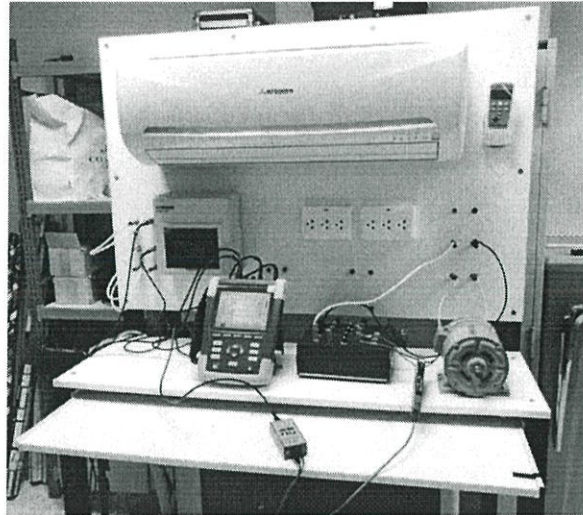


รูปที่ 3.9 พฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของพัดลม

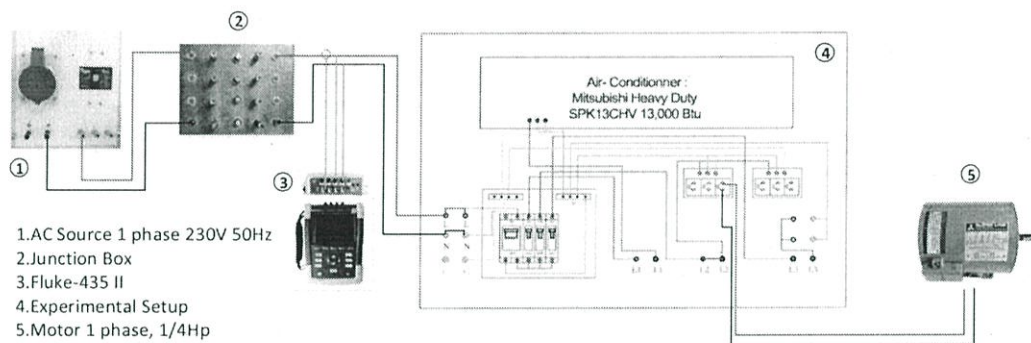
จากรูปที่ 3.9 ใช้พัดลมขนาด 46 วัตต์ โดยจำลองการใช้งานเป็น 3 กรณี ได้แก่ ความเร็วต่ำ ความเร็วปานกลาง และความเร็วสูง โดยในช่วงแรก เป็นการปรับความเร็วพัดลมในระดับความเร็วต่ำ (ช่วงที่ 1) ในช่วงนี้มีกระแสสูงกว่าปกติในช่วงเริ่มหมุน กำลังไฟฟ้าจริงสูงถึง 41 วัตต์ และลดลงเหลือ 39 วัตต์ ที่ความเร็วปกติ จากนั้นทำการปิดพัดลมแล้วรอให้ใบพัดหยุดนิ่ง (ช่วงที่ 4) จากนั้นเริ่มปรับความเร็วพัดลมในระดับความเร็วปานกลาง กำลังไฟฟ้าในช่วงเริ่มหมุนพุ่งสูงถึง 48 วัตต์ แล้วค่อย ๆ ลดลงเหลือ 45 วัตต์ ที่ความเร็วคงที่ สำหรับในช่วงที่ 3 เป็นการปรับความเร็วพัดลมในระดับความเร็วสูง กำลังไฟฟ้าในช่วงเริ่มหมุนมีค่าเท่ากับ 52 วัตต์ แล้วเริ่มลดลงเหลือ 47 วัตต์ ในช่วงความเร็วปกติ นอกจากนี้ช่วงเวลาที่ 1.3 เป็นการเปิดพัดลมแบบไล่ระดับความเร็วของพัดลม ตั้งแต่ความเร็วต่ำจนถึงความเร็วสูง สังเกตเห็นได้ว่าช่วงที่มีการเปลี่ยนความเร็วของพัดลมแบบไล่ระดับมีค่ากำลังไฟฟ้าในช่วงเปลี่ยนระดับความเร็วต่ำกว่า การเปลี่ยนความเร็วจากหยุดนิ่ง (ช่วงที่ 4)

3.2.4 มอเตอร์หนึ่งเฟส

ในการทดลองใช้มอเตอร์เหนี่ยวนำ 1 เฟส ขนาดกำลังไฟฟ้า 200 วัตต์ ขนาดกำลัง ¼ แรงม้า ดังแสดงในรูป 3.10 นำมาจำลองการทำงานของปั้มน้ำ เหตุผลที่นำมอเตอร์มาศึกษาเพราะปั้มน้ำเป็นโหลดที่ใช้ในที่อยู่อาศัย กรณีศึกษาที่ใช้ในการทดลองวัดค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าในตอนที่มอเตอร์ 1 เฟส ขณะทำงาน โดยค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้า แสดงอยู่ในตารางที่ 3.5



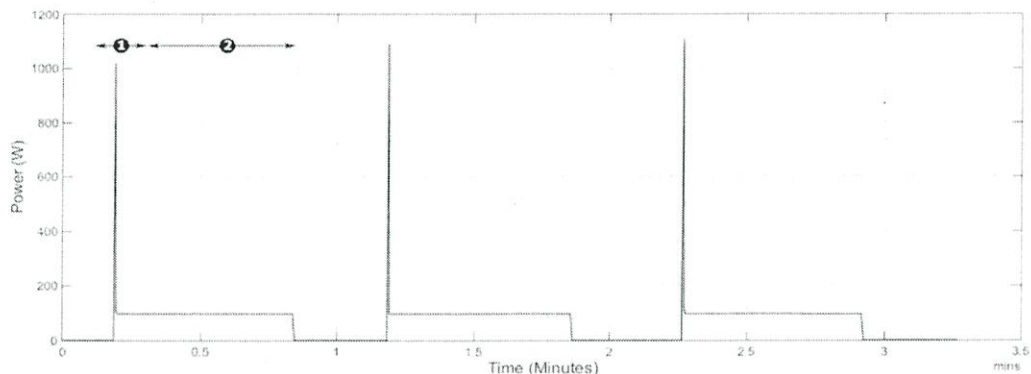
(ก) ชุดทดลองเพื่อศึกษาพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของมอเตอร์หนึ่งเฟส



(ข) การเชื่อมต่อชุดทดลองเพื่อศึกษาพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของมอเตอร์ไฟฟ้า
รูปที่ 3.10 การทดลองเพื่อศึกษาพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของมอเตอร์หนึ่งเฟส

ตารางที่ 3.5 ค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าที่สำคัญของมอเตอร์ 1 เฟส

แรงดันไฟฟ้า (โวลต์)	กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)	กำลังไฟฟ้าปรากฏ (โวลต์-แอมแปร์)	กำลังไฟฟ้า จริง (วัตต์)	กำลังไฟฟ้า เสมือน (วาร์)	ตัวประกอบ กำลังไฟฟ้า
225.11	2.183	490	97	480	0.23

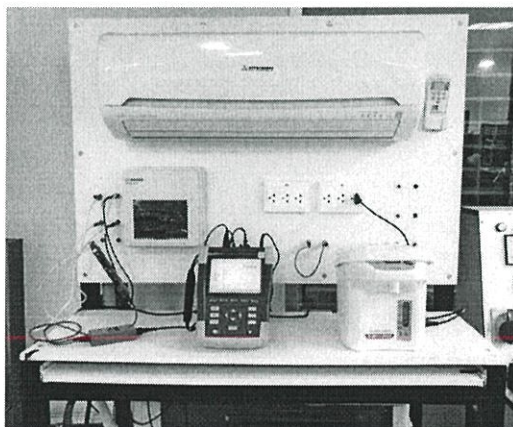


รูปที่ 3.11 พฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของมอเตอร์ 1 เฟส (ไม่มีภาระไฟฟ้า)

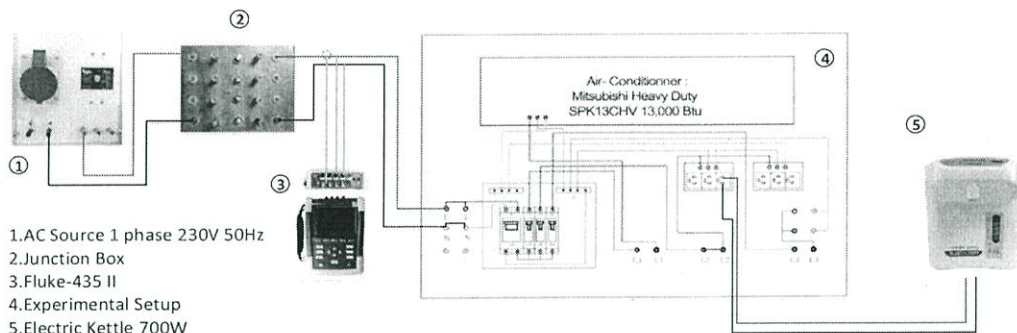
จากรูปที่ 3.11 เป็นพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของมอเตอร์ 1 เฟส พบว่าในช่วงที่ 1 เป็นช่วงของการเริ่มเดินมอเตอร์ มีการใช้กำลังไฟฟ้าจริงที่สูงมาก เนื่องจากการเริ่มเดินมอเตอร์ใช้กระแสที่สูง ทำให้กำลังไฟฟ้าจริงที่ใช้สูงเช่นกัน โดยการใช้กำลังไฟฟ้าจริงที่สูงนั้นเป็นเพียงช่วงเวลาสั้น ๆ หลังจากผ่านช่วงการเริ่มเดินมอเตอร์ กำลังไฟฟ้าจริงที่ใช้เข้าสู่สภาวะคงตัว โดยใช้กำลังไฟฟ้าจริง 97 วัตต์

3.2.5 กาดม้ น้ำไฟฟ้า

การทดลองมีการใช้กาดม้ น้ำ ขนาดกำลังไฟฟ้า 700 วัตต์ แสดงดังรูปที่ 3.12 สำหรับที่เลือกศึกษาพฤติกรรมของภาระไฟฟ้าดังกล่าว เนื่องมาจากเป็นภาระไฟฟ้าที่พบมากในที่อยู่อาศัย นอกจากนี้ กาดม้ น้ำไฟฟ้า เป็นภาระไฟฟ้าที่มีลักษณะการใช้กำลังไฟฟ้าไม่คงที่ ขึ้นอยู่กับปริมาณและอุณหภูมิของน้ำ ดังนั้นจึงกำหนดกรณีศึกษาเป็น 2 กรณี ได้แก่ กรณีที่ปริมาณน้ำในกาดม้ น้ำเต็ม และกรณีที่ปริมาณน้ำในกาดม้ น้ำเหลือครึ่งหนึ่ง



(ก) ชุดทดลองเพื่อศึกษาพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของกาดม้ น้ำไฟฟ้า



(ข) การเชื่อมต่อชุดทดลองเพื่อศึกษาพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของกาน้ำไฟฟ้า

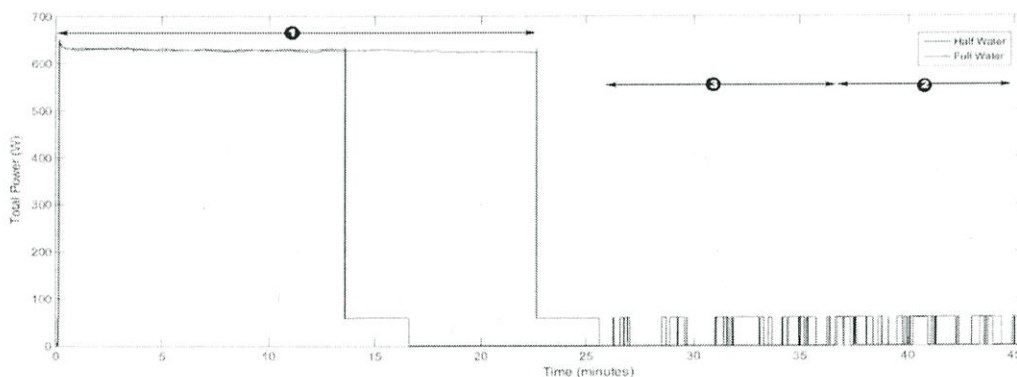
รูปที่ 3.12 การทดลองเพื่อศึกษาพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของกาน้ำไฟฟ้า

สำหรับกรณีศึกษาดังกล่าวทำการวัดค่าพารามิเตอร์ไฟฟ้า โดยแบ่งเป็นสามช่วงเวลา ได้แก่ ช่วงต้มน้ำหรือช่วงเพิ่มอุณหภูมิ น้ำ ช่วงรักษาอุณหภูมิ น้ำ และช่วงไม่รักษาอุณหภูมิ น้ำ โดยพฤติกรรมการใช้กำลังไฟฟ้าของการต้มน้ำ สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 ค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าที่สำคัญของกาน้ำไฟฟ้า

ระดับน้ำ	ระดับน้ำเต็ม			ระดับน้ำครึ่งหนึ่ง		
	1	2	3	1	2	3
รูปแบบการทำงาน						
แรงดันไฟฟ้า (โวลต์)	219.94	219.9	219.9	219.7	222.21	220.19
กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)	2.886	0.377	0.013	2.882	0.382	0.013
กำลังไฟฟ้าปรากฏ (โวลต์-แอมแปร์)	635	82	3	635	83	3
กำลังไฟฟ้าจริง (วัตต์)	632	59	1	634	60	1
กำลังไฟฟ้าเสมือน (วาร์)	0	0	0	0	0	0
ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า	1	0.72	0.33	1	0.72	0.33

หมายเหตุ : รูปแบบการทำงาน 1 = ช่วงการต้มน้ำ, รูปแบบการทำงาน 2 = ช่วงรักษาอุณหภูมิ, รูปแบบการทำงาน 3 = ช่วงไม่รักษาอุณหภูมิ

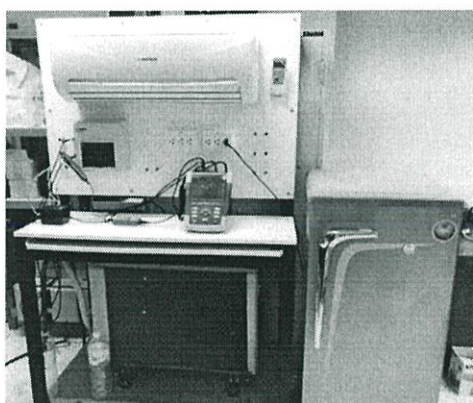


รูปที่ 3.13 พฤติกรรมใช้ไฟฟ้าของกาน้ำไฟฟ้า

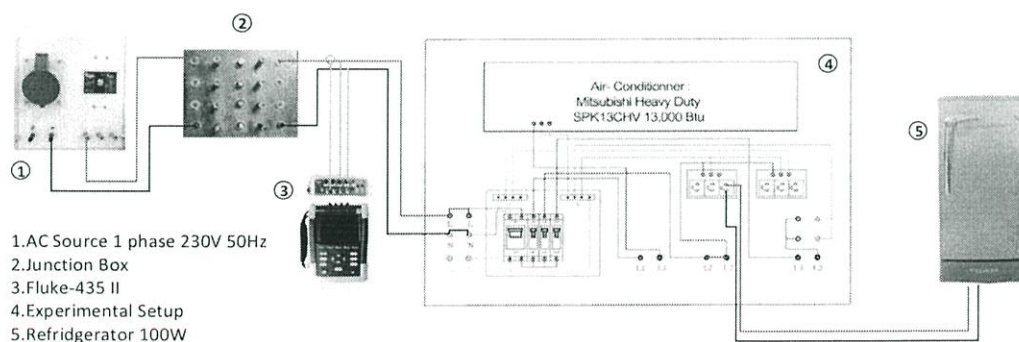
จากรูปที่ 3.13 สำหรับในช่วงที่ 1 เป็นช่วงที่เริ่มเปิดกาดม้ไฟฟ้า และเริ่มดม้ไฟฟ้าให้เดือด พบว่ากำลังไฟฟ้าของทั้งสองกรณีมีขนาดใกล้เคียงกันเท่ากับ 633 วัตต์ แตกต่างกันเพียงระยะเวลาในการดม้ไฟฟ้า โดยกรณีแรกปริมาณน้ำในกาดม้ไฟฟ้าเต็ม ใช้ระยะเวลา 25 นาที และกรณีที่ 2 ปริมาณน้ำในกาดม้ไฟฟ้าเหลือครึ่งหนึ่งใช้ระยะเวลา 13 นาที นอกจากนี้ยังพบว่า กรณีที่ 2 เข้าสู่ช่วงไม่รักษาอุณหภูมิ (หมายเลข 2) และช่วงรักษาอุณหภูมิ (หมายเลข 3) เร็วกว่ากรณีแรกแต่กำลังไฟฟ้าที่ใช้ยังคงเท่ากันในแต่ละช่วงการทดลอง

3.2.6 ตู้เย็น

ในการทดลองใช้ ตู้เย็น ยี่ห้อโตชิบา รุ่น GR-B171Z,ZD ขนาดกำลังไฟฟ้า 100 วัตต์ ดังแสดงในรูปที่ 3.14 เหตุผลที่นำตู้เย็นมาทำการทดลอง เพราะเป็นโหลดที่มีใช้ทั่วไปทั้งในที่อยู่อาศัยและสำนักงาน โดยตู้เย็นเป็นโหลดที่ใช้กันอย่างต่อเนื่องตลอดทั้งวัน กรณีศึกษาที่ใช้ในการทดลองวัดค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้า ในตอนที่ตู้เย็นขณะทำความเย็นและขณะรักษาอุณหภูมิ โดยค่าพารามิเตอร์พารามิเตอร์ทางไฟฟ้า แสดงอยู่ในตารางที่ 3.7



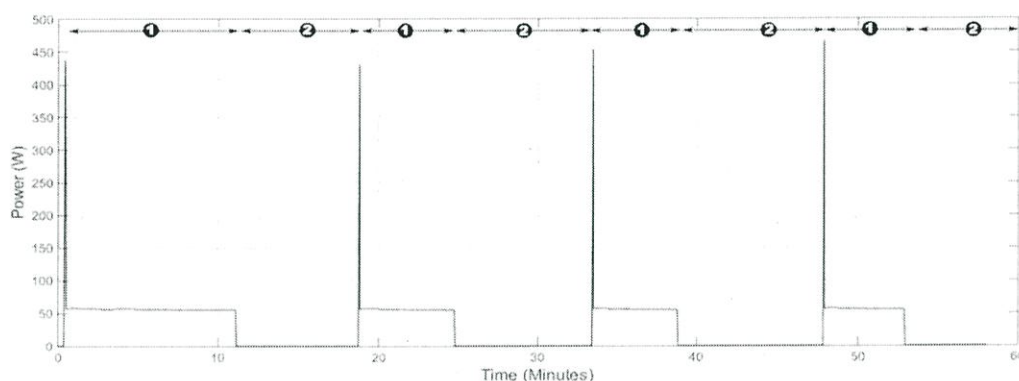
(ก) ชุดทดลองเพื่อศึกษาพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของตู้เย็น



รูปที่ 3.14 การทดลองเพื่อศึกษาพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของตู้เย็น

ตารางที่ 3.7 ค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าที่สำคัญของตู้เย็น

โหมดการใช้งาน	ขณะทำความเย็น	ขณะรักษาอุณหภูมิ
แรงดันไฟฟ้า (โวลต์)	229.56	227.75
กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)	0.448	0.21
กำลังไฟฟ้าปรากฏ (โวลต์-แอมแปร์)	112	48
กำลังไฟฟ้าจริง (วัตต์)	84	0
กำลังไฟฟ้าเสมือน (วาร์)	57	0
ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า	0.75	0.69



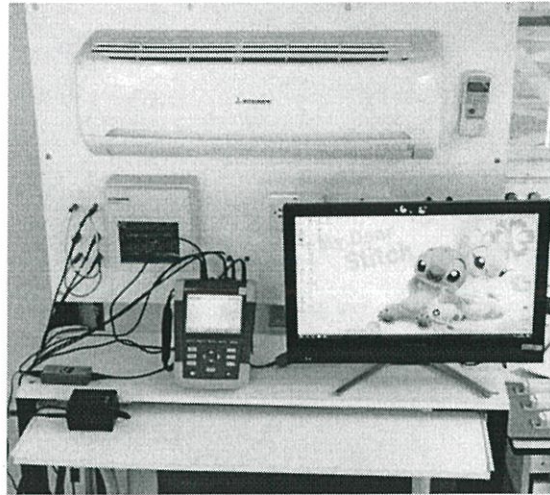
รูปที่ 3.15 กราฟแสดงพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของตู้เย็น

จากรูปที่ 3.15 พบว่าในช่วงที่ 1 ซึ่งเป็นช่วงการเปิดการใช้งานของตู้เย็นมีการใช้กำลังไฟฟ้าจริงสูงถึง 1,301 วัตต์ เนื่องจากตู้เย็นมีมอเตอร์เป็นส่วนประกอบหลัก ซึ่งการเริ่มเดินมอเตอร์ใช้กระแสสูง ทำให้กำลังไฟฟ้าจริงที่ใช้สูงเช่นกัน หลังจากผ่านช่วงเริ่มเดินมอเตอร์ มีการใช้กำลังไฟฟ้าจริงประมาณ 57 วัตต์

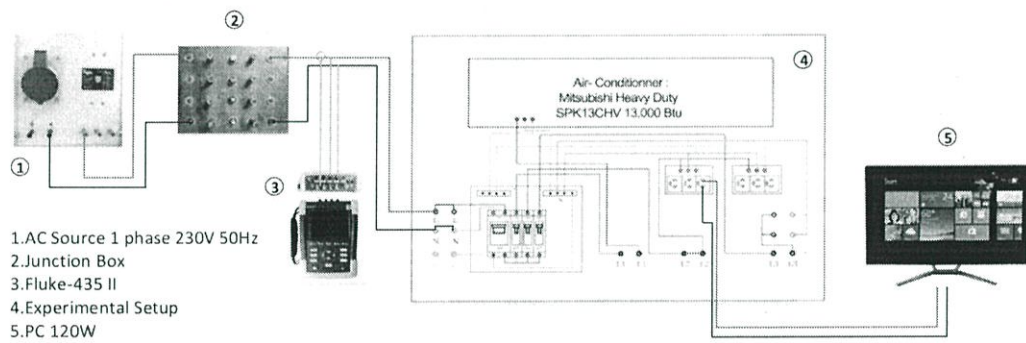
ในช่วงที่ 2 อุณหภูมิภายในตู้เย็นได้ระดับที่ตั้งไว้ตู้เย็นไม่ทำงาน ซึ่งเป็นช่วงรักษาอุณหภูมิ ในช่วงเวลานี้ใช้กำลังไฟฟ้าจริงใกล้เคียง 0 วัตต์ หลังจากนั้นในช่วงเวลาที่ 1 อุณหภูมิภายในตู้เย็นลดลง ตู้เย็นเริ่มกลับมาทำงาน ซึ่งลักษณะของการใช้กำลังไฟฟ้าจริงเหมือนในช่วงแรก และเมื่ออุณหภูมิภายในตู้เย็นได้ระดับที่ตั้งไว้ตู้เย็นไม่ทำงาน โดยการทำงานของตู้เย็นสลับกันไปในช่วงเวลาที่ 1 และ 2

3.2.7 คอมพิวเตอรืตั้งโต๊ะ

ในการทดลองใช้ คอมพิวเตอรืตั้งโต๊ะ ขนาดกำลังไฟฟ้ากำลังไฟฟ้า 120 วัตต์ ดังแสดงในรูปที่ 3.16 กรณีศึกษาที่ใช้ในการทดลองวัดค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้า ในตอนที่คอมพิวเตอรืกำลังทำงานและคอมพิวเตอรือยู่ในโหมดพักการใช้งานชั่วคราว (Sleep Mode) โดยค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าแสดงอยู่ในตารางที่ 3.8



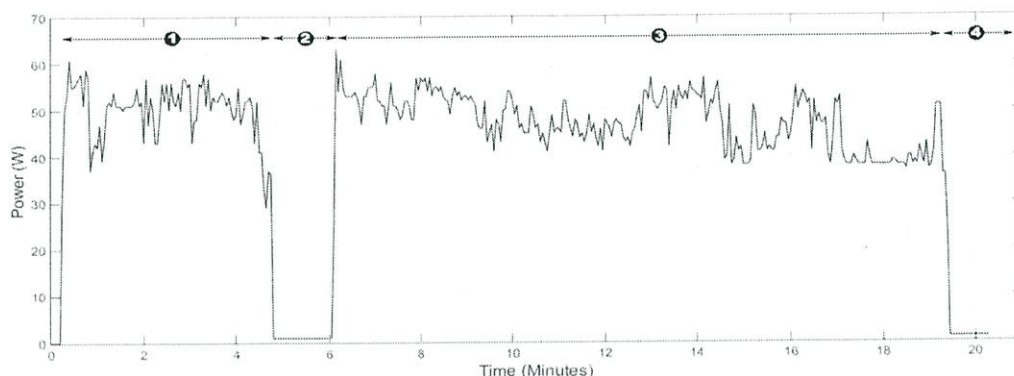
(ก) ชุดทดลองเพื่อศึกษาพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ



รูปที่ 3.16 การทดลองเพื่อศึกษาพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ

ตารางที่ 3.8 ค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าที่สำคัญของคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ

โหมดการใช้งาน	โหมดการใช้งานปกติ	โหมดพักการใช้งานชั่วคราว (Sleep Mode)
แรงดันไฟฟ้า (โวลต์)	228.59	229.27
กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)	0.391	0.263
กำลังไฟฟ้าปรากฏ (โวลต์-แอมแปร์)	89	60
กำลังไฟฟ้าจริง (วัตต์)	53	1
กำลังไฟฟ้าเสมือน (วาร์)	-14	-2
ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า	0.6	0.02

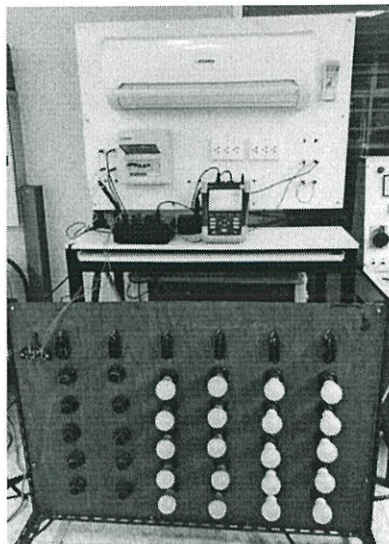


รูปที่ 3.17 พฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ

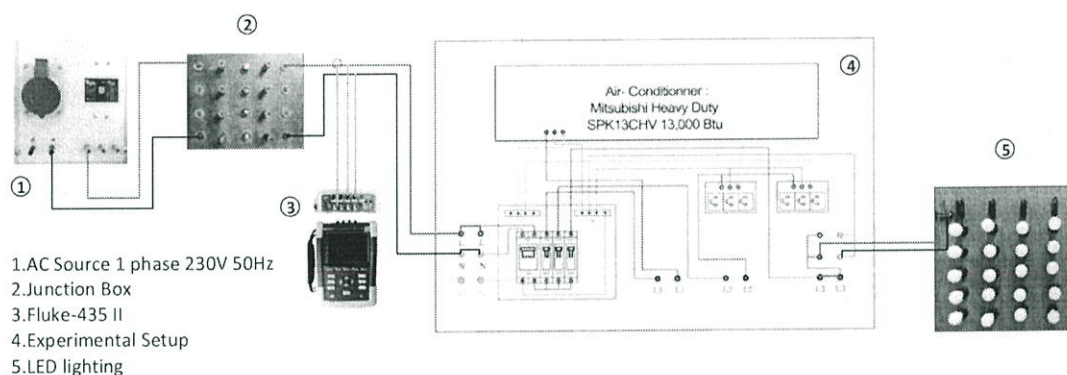
จากรูปที่ 3.17 พบว่าช่วงที่ 1 คือช่วงเริ่มเปิดคอมพิวเตอร์มีการใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 53 วัตต์ การใช้พลังงานไฟฟ้ามีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาเนื่องจาก มีการใช้งานไม่สม่ำเสมอ บางช่วงมีการเปิดโปรแกรม หรือมีการเปิดลำโพง ทำให้ในช่วงนั้น ๆ มีการใช้พลังงานสูง สำหรับในช่วงที่ 2 มีการเปิดใช้งานโหมดพักการใช้งานชั่วคราว (Sleep Mode) การใช้พลังงานของคอมพิวเตอร์ค่อย ๆ ลดลง จนกระทั่งเหลือการใช้พลังงานใกล้เคียง 0 วัตต์ และในช่วงที่ 3 เป็นการใช้งานคอมพิวเตอร์ในโหมดปกติ โดยลักษณะการใช้พลังงานเหมือนในช่วงแรก และสำหรับในช่วงที่ 4 เป็นการปิดคอมพิวเตอร์

3.2.8 โหลดแสงสว่าง

แสงสว่างถือว่าเป็นภาระทางไฟฟ้าที่สำคัญของที่อยู่อาศัย ซึ่งมีลักษณะการใช้งานเป็นระยะเวลาสั้นและชนิดหลอดไฟฟ้าที่หลากหลาย ได้แก่ หลอดฟลูออเรสเซนต์ หรือ หลอดไดโอดเปล่งแสง เป็นต้น ในการทดลองใช้หลอดไดโอดเปล่งแสง ขนาด 8 และ 10.5 วัตต์ โดยเริ่มทดลองเก็บค่าพารามิเตอร์หลอดไดโอดเปล่งแสง ขนาด 8 วัตต์ จำนวน 1 และ 10 หลอด, หลอดไดโอดเปล่งแสงขนาด 10.5 วัตต์จำนวน 1 และ 10 หลอด และขั้นตอนสุดท้ายคือ เปิดหลอดไดโอดเปล่งแสง ทั้งหมด 20 หลอด ซึ่งประกอบไปด้วย หลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) ขนาด 8 และ 10.5 วัตต์ อย่างละ 10 หลอด สามารถแสดงผลการทดลองของภาระไฟฟ้าแสงสว่างได้ดังตารางที่ 3.9



(ก) ชุดทดลองเพื่อศึกษาพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของหลอดแสงสว่าง

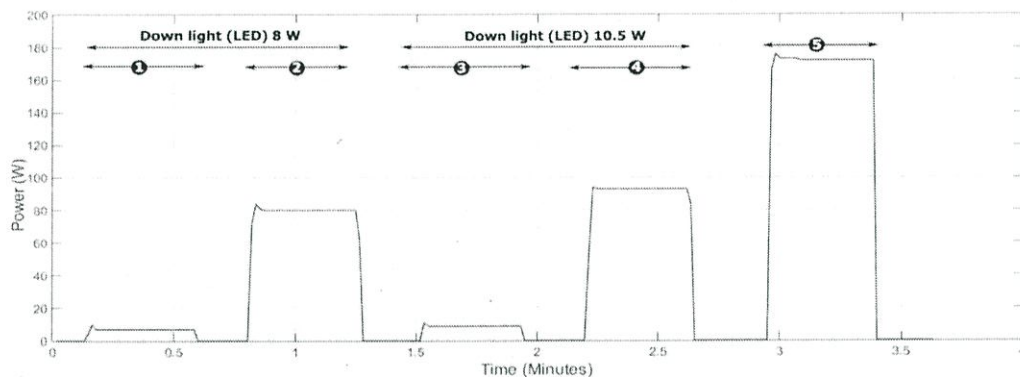


(ข) การเชื่อมต่อชุดทดลองเพื่อศึกษาพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของมอเตอร์ไซค์ไฟฟ้า

รูปที่ 3.18 การทดลองเพื่อศึกษาพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของหลอดแสงสว่าง

ตารางที่ 3.9 ค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าที่สำคัญของภาระไฟฟ้าแสงสว่าง

ชนิดหลอดไฟฟ้า	หลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) 8 วัตต์		หลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) 10.5 วัตต์		หลอด ไดโอดเปล่งแสง8 และ 10.5 วัตต์
จำนวนหลอดไฟ	1	10	1	10	20
แรงดันไฟฟ้า (โวลต์)	224.59	223.18	224.75	223.15	223.41
กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)	0.144	0.369	0.168	0.687	0.995
กำลังไฟฟ้าปรากฏ (โวลต์ แอมแปร์)	32	82	38	153	213
กำลังไฟฟ้าจริง (วัตต์)	7	79	9	92	172
กำลังไฟฟ้าเสมือน (วาร์)	-1	-17	-3	-32	-48
ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า	0.22	0.96	0.24	0.6	0.81



รูปที่ 3.19 พฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของโหลดแสงสว่าง

จากรูปที่ 3.19 ในการทดลองใช้โหลดไฟฟ้าเพียงชนิดเดียว คือโหลดไดโอดเปล่งแสง ซึ่งประกอบด้วยโหลดไดโอดเปล่งแสง ขนาด 8 วัตต์ จำนวน 10 โหลด และโหลดไดโอดเปล่งแสง ขนาด 10.5 วัตต์ จำนวน 10 โหลด เปิดโหลดไดโอดเปล่งแสง ขนาด 8 วัตต์ 1 โหลด (ช่วงที่1) ใช้กำลังไฟฟ้าจริง 7 วัตต์ ต่อมาเมื่อเปิดโหลดไดโอดเปล่งแสงขนาด 8 วัตต์ ทั้งหมด 10 โหลด (ช่วงที่2) ใช้กำลังไฟฟ้าจริง 79 วัตต์ ต่อมาเปลี่ยนเป็นโหลดไดโอดเปล่งแสงขนาด 10.5 วัตต์ 1 โหลด (ช่วงที่3) ใช้กำลังไฟฟ้าจริง 9 วัตต์ ต่อมาเมื่อเปิดโหลดไดโอดเปล่งแสง ขนาด 10.5 วัตต์ ทั้งหมด 10 โหลด (ช่วงที่4) ใช้กำลังไฟฟ้าจริง 92 วัตต์ ซึ่งสังเกตได้ว่าค่ากำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้นประมาณ 10 เท่า เป็นลักษณะเชิงเส้นเนื่องจากไม่มีการสูญเสียทางกำลังไฟฟ้า และสุดท้ายเปิดโหลดไดโอดเปล่งแสง พร้อมกันทั้งหมด 20 โหลด ประกอบด้วยโหลดไดโอดเปล่งแสง ขนาด 8 และ 10.5วัตต์ อย่างละ 10 โหลด (ช่วงที่5) ได้ค่ากำลังไฟฟ้าจริง 172 วัตต์ ซึ่งสังเกตได้ว่าค่ากำลังไฟฟ้าจริงที่ได้มีค่าประมาณ เท่ากับค่ากำลังไฟฟ้าจริงในช่วงที่ 2 และ ช่วงที่ 4 รวมกัน

บทที่ 4

การออกแบบและทดลองการลดค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ภายในที่อยู่อาศัย

การศึกษาพฤติกรรมของภาระไฟฟ้าในบทที่ผ่านมา นำมาใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบและสร้างระบบการจัดการใช้พลังงานไฟฟ้า เพื่อลดค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ภายในที่อยู่อาศัย โดยศึกษาการสร้างระบบการควบคุมค่าพลังงานไฟฟ้าภาพรวมภายในบ้าน และระบบการจัดการแสงสว่าง โดยแบ่งกรณีศึกษาและทดสอบระบบดังกล่าว ดังนี้

1. ออกแบบระบบการจัดการใช้พลังงานไฟฟ้า สำหรับระบบการควบคุมค่าพลังงานไฟฟ้าภาพรวมภายในที่อยู่อาศัย
2. ทดลองความสามารถในการลดหน่วยการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าภาพรวมภายในที่อยู่อาศัยในกรณีที่ 1
3. ทดลองความสามารถในการลดหน่วยการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าภาพรวมภายในที่อยู่อาศัยในกรณีที่ 2
4. ออกแบบระบบการจัดการใช้พลังงานไฟฟ้า สำหรับระบบแสงสว่าง
5. ทดลองความสามารถในการลดหน่วยการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบแสงสว่าง

4.1 ออกแบบระบบการจัดการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในบ้าน

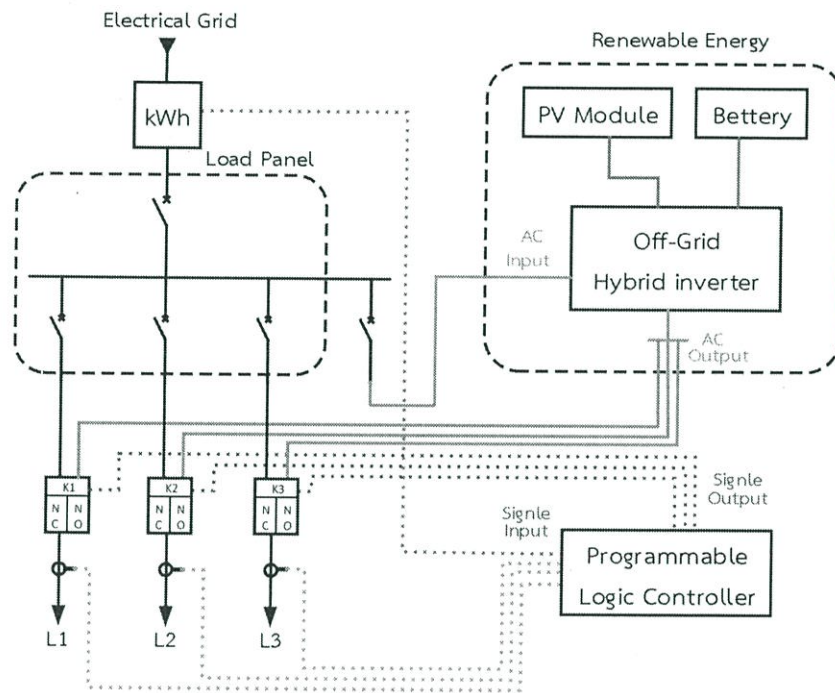
4.1.1 ระบบการควบคุมค่าพลังงานไฟฟ้าภาพรวมภายในที่อยู่อาศัย

สำหรับระบบการควบคุมค่าพลังงานไฟฟ้าภาพรวมภายในที่อยู่อาศัย เป็นระบบที่ใช้จำกัดหน่วยการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละวัน เพื่อให้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าลดลง เพิ่มประสิทธิภาพในการใช้พลังงานไฟฟ้า และลดค่าใช้จ่ายในการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้งาน สำหรับบริษัทยานิพนธ์นี้ เพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้มีการนำเอาตัวควบคุมเชิงตรรกะแบบโปรแกรมได้ (PLC) มาใช้ควบคุมระบบไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อช่วยจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้แก่ภาระไฟฟ้าภายในที่อยู่อาศัยในช่วงเวลาที่มีการใช้ภาระไฟฟ้าที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าสูง

ระบบการควบคุมค่าพลังงานไฟฟ้าภาพรวมภายในที่อยู่อาศัย โดยใช้ระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ ซึ่งถูกควบคุมโดยตัวควบคุมเชิงตรรกะแบบโปรแกรมได้ สามารถแสดงแผนภาพเส้นเดียวได้ดัง รูปที่ 4.1 โดยตัวควบคุมเชิงตรรกะแบบโปรแกรมได้ทำการรับค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้จากระบบจำหน่ายไฟฟ้าจากการไฟฟ้า เมื่อกำลังไฟฟ้าที่ใช้จากการไฟฟ้ามีค่าสูงเกินกว่ากำลังไฟฟ้าที่ตัวควบคุมโปรแกรมได้วิเคราะห์ (หลักการวิเคราะห์ในส่วนของรูปแบบการทำงานกล่าวในหัวข้อถัดไป) ตัวควบคุมเชิงตรรกะแบบโปรแกรมได้ทำการส่งสัญญาณไปตัดต่อแมกเนติก

คอนเทคเตอร์ เพื่อเปลี่ยนแหล่งจ่ายจากระบบจำหน่ายไฟฟ้าจากการไฟฟ้า เป็นระบบไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ โดยเลือกจ่ายให้วงจรที่มีการใช้ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด จากการตรวจวัดขนาดกระแสในแต่ละวงจรด้วย CT1 CT2 และ CT3

โดยระบบการควบคุมค่าพลังงานไฟฟ้าภาพรวมภายในที่อยู่อาศัยสามารถแบ่งระบบย่อยออกมาได้ 2 ระบบ ดังนี้



รูปที่ 4.1 แผนภาพเส้นเดี่ยวของระบบการควบคุมค่าพลังงานไฟฟ้าภาพรวมภายในที่อยู่อาศัย

4.1.1.1 ระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์

สำหรับระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์นี้จะนำมาเพื่อช่วยจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้แก่ภาระไฟฟ้าภายในที่อยู่อาศัย เพื่อเป็นการช่วยลดค่าหน่วยการใช้พลังงานไฟฟ้า สำหรับระบบดังกล่าวประกอบด้วยอุปกรณ์ทั้งหมด 3 ส่วน ได้แก่

1. เครื่องจำลองเซลล์แสงอาทิตย์ (Photovoltaic Simulator)

เครื่องจำลองเซลล์แสงอาทิตย์ เป็นแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าที่สามารถจำลองพฤติกรรมไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ โดยสามารถจำลองลักษณะไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์รองรับการทำงานร่วมกับอุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสสลับ (inverter) อย่างมีประสิทธิภาพทั้งในรูปแบบระบบอิสระ (Off grid) และระบบเชื่อมต่อกับระบบจำหน่าย (On grid) ดังรูปที่ 4.2 (ก) โดยมีพิกัดทางไฟฟ้างานี้ พิกัดทางไฟฟ้าที่ใช้ในการทดลอง : แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 75 โวลต์, กระแสไฟฟ้า 8 แอมแปร์ และกำลังไฟฟ้า 600 วัตต์

2. แบตเตอรี่ (Battery)

แบตเตอรี่ เป็นแหล่งสะสมพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ โดยทำหน้าที่ประจุไฟฟ้าส่วนที่เกินระหว่างไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ กับไฟฟ้าที่ใช้ ซึ่งการปรีญานิพนธ์นี้เลือกใช้แบตเตอรี่ชนิดคายประจุลึก (Deep cycle) ดังรูปที่ 4.2 (ข) มีพิกัดทางไฟฟ้า คือ กระแสไฟฟ้า 60 แอมแปร์-ชั่วโมง, แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ ใช้ทั้งหมดจำนวน 8 ก้อนทำเพื่อให้ได้แรงดันไฟฟ้า 48 โวลต์ทำการต่ออนุกรม 4 ก้อน 2 ชุดแล้วนำมาต่อขนานกัน ในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสสลับ (Inverter)

3. อุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสสลับ (Inverter)

อุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ เป็นอุปกรณ์แปลงไฟฟ้ากระแสตรงจากเครื่องจำลองเซลล์แสงอาทิตย์เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ เพื่อจ่ายชุดทดลองภาระไฟฟ้ากระแสสลับ และประจุลงแบตเตอรี่ในกรณีที่ไม่มีการจ่ายให้กับชุดทดลองดังรูปที่ 4.2 (ค) สำหรับในกรณีที่เกิดเหตุการณ์ขัดข้อง เช่น กรณีที่พลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์ และแบตเตอรี่ไม่เพียงพอต่อการจ่ายภาระไฟฟ้าภายในที่อยู่อาศัย จะทำการดึงพลังงานไฟฟ้าจากระบบไฟฟ้ามาจ่ายให้กับภาระไฟฟ้าแทน พิกัดทางไฟฟ้าที่ใช้ในการทดลอง : พิกัดแรงดันไฟฟ้าเชื่อมแบตเตอรี่ 48 โวลต์, พิกัดเซลล์แสงอาทิตย์ที่เชื่อม 48-90 โวลต์, พิกัดกำลังไฟฟ้าขาออก 2,000 วัตต์



(ก) เครื่องจำลองเซลล์แสงอาทิตย์



(ข) แบตเตอรี่



(ค) อุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสสลับ

รูปที่ 4.2 อุปกรณ์ที่ใช้กับระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์

4.1.1.2 ระบบควบคุมการจ่ายพลังงานไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์

สำหรับระบบควบคุมการจ่ายพลังงานไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ที่นำมาประมวลผลค่าพลังงานไฟฟ้า และตัดต่อแหล่งจ่าย ประกอบไปด้วยอุปกรณ์ 6 ส่วนสามารถแสดงอุปกรณ์ภายในระบบควบคุมได้ดังรูปที่ 4.3 (ข) ได้แก่

1. อุปกรณ์ตัดวงจร (Circuit Breaker)

อุปกรณ์ตัดวงจรเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ตัดต่อกระแสไฟฟ้าเพื่อความปลอดภัยของอุปกรณ์ภายในชุดควบคุมการจ่ายพลังงานไฟฟ้า โดยประกอบไปด้วยอุปกรณ์ตัดวงจร 3 ตัว ตัวแรกเป็นตัวที่ตัดวงจรของทั้งชุดควบคุมการจ่ายพลังงานไฟฟ้า ตัวที่สองเป็นตัวตัดวงจรการทำงานของตัวควบคุมเชิงตรรกะแบบโปรแกรมได้ และตัวสุดท้ายเป็นตัวตัดวงจรของแหล่งจ่ายเซลล์แสงอาทิตย์ พิกัดทางไฟฟ้าที่ใช้ในการทดลอง : 20 AT, 400 V

2. ตัวควบคุมเชิงตรรกะที่สามารถโปรแกรมได้ (PLC)

ตัวควบคุมเชิงตรรกะที่สามารถโปรแกรมได้เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ประมวลผลข้อมูลที่รับเข้ามาและสั่งการอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้ทำหน้าที่ตามที่กำหนดไว้

3. หม้อแปลงกระแสไฟฟ้า (Current transformer)

หม้อแปลงกระแสเป็นอุปกรณ์สำหรับวัดกระแสไฟฟ้าในแต่ละวงจรไฟฟ้า ภายในชุดควบคุมการจ่ายพลังงานไฟฟ้าติดตั้งหม้อแปลงกระแสไฟฟ้าทั้งหมด 3 ตัว เนื่องจากมี 3 วงจร พิกัดทางไฟฟ้าที่ใช้ในการทดลอง : 0 – 50 A

4. แผงขั้วต่อสายไฟ (Terminal)

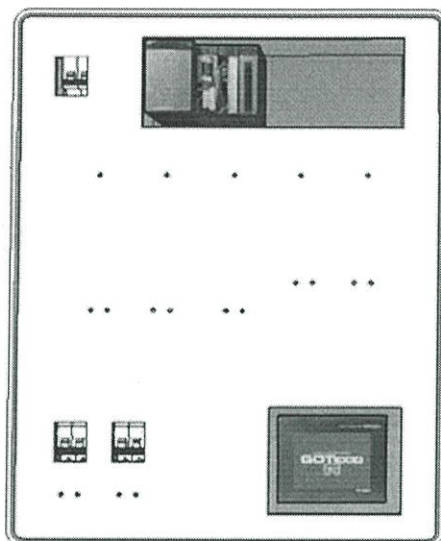
แผงขั้วต่อสายไฟเป็นอุปกรณ์สำหรับเชื่อมสายไฟ

5. แมกเนติกคอนแทกเตอร์ (Magnetic contactor)

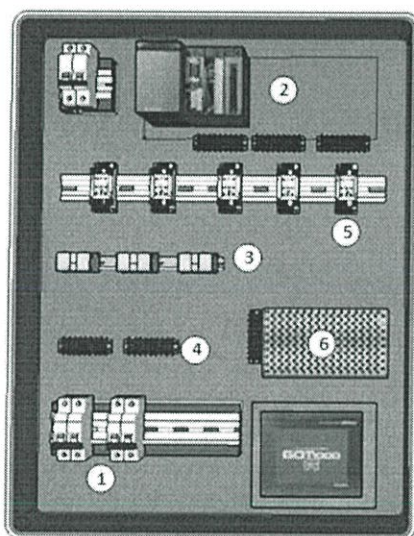
อุปกรณ์สวิตช์ตัดต่อวงจรไฟฟ้า เพื่อการเปิด-ปิด ของหน้าสัมผัส (Contact) ทำงานโดยอาศัยอำนาจแม่เหล็กไฟฟ้าช่วยในการเปิด-ปิดหน้าสัมผัส ในการตัดต่อวงจรไฟฟ้า ภายในชุดควบคุมการจ่ายพลังงานไฟฟ้าติดตั้งแมกเนติกคอนแทกเตอร์ทั้งหมด 3 ตัว

6. หน้าจอแสดงผล

หน้าจอแสดงผลเป็นอุปกรณ์สำหรับแสดงข้อมูลต่าง ๆ ของระบบ โดยในระบบควบคุมการจ่ายพลังงานไฟฟ้ามีการรับข้อมูลมาจากตัวควบคุมเชิงตรรกะแบบโปรแกรมได้



(ก) ด้านหน้าของระบบควบคุมการจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์



1. Circuit Breaker
2. PLC (CPU, QJ71C24N ,Q68AD-G)
3. CT
4. Terminal
5. Magnetic contactor
6. Got 1000

(ข) อุปกรณ์ภายในระบบควบคุมการจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

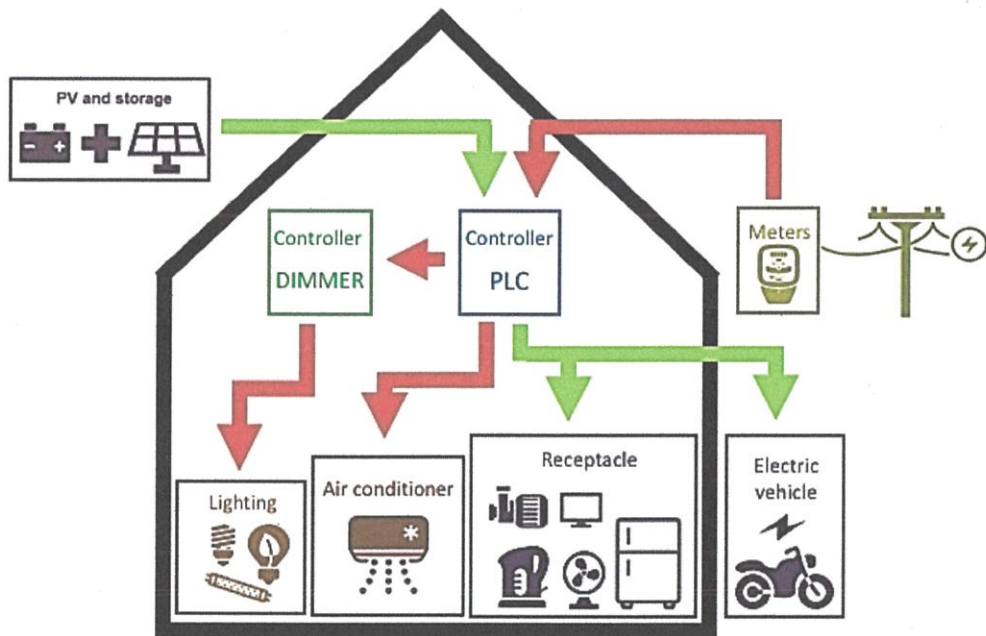
รูปที่ 4.3 ระบบควบคุมการจ่ายพลังงานไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์

4.1.1.3 รูปแบบการจ่ายพลังงานจากระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์

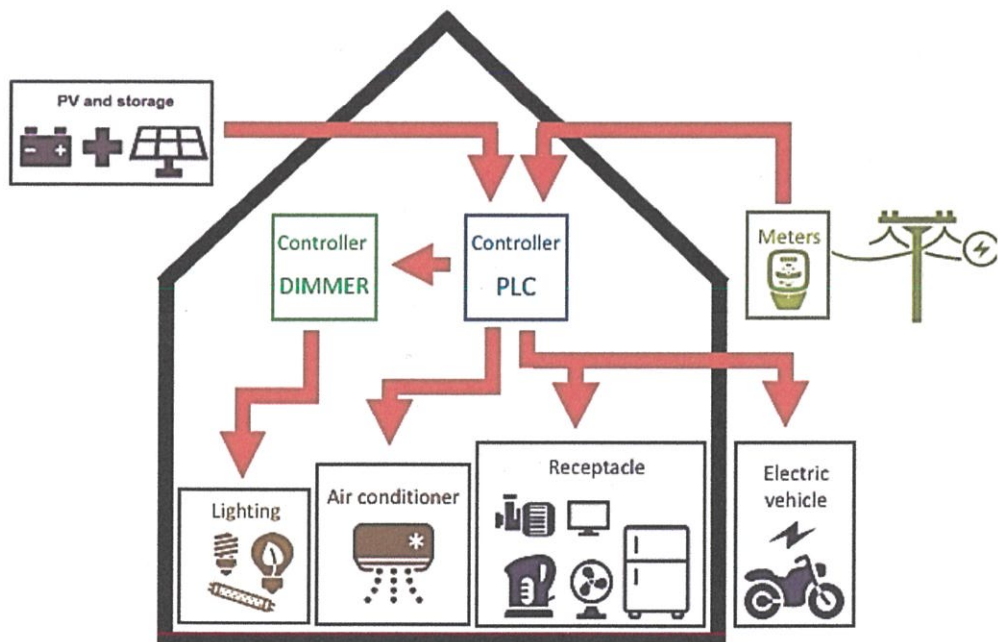
สำหรับระบบการจัดการพลังงานในภาพรวมภายในที่อยู่อาศัย เป็นการนำเอาพลังงานจากระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์มาช่วยจ่ายให้กับภาระไฟฟ้าในขณะที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าสูง โดยลักษณะการไหลของพลังงานไฟฟ้าในสถานะที่ไม่มีการใช้พลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์ และสถานะที่มีการใช้พลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์เป็นดังรูปที่ 4.4 สำหรับการควบคุมการจ่ายพลังงานจากระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ สั่งจ่ายเมื่อมีการใช้ค่ากำลังไฟฟ้าเกินค่าที่กำหนดไว้

การทำงานของระบบแสดงได้ดังแผนผังดังรูปที่ 4.6 ระบบทำการคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ใน 1 ชั่วโมงก่อนหน้า โดยเริ่มจากการเก็บค่ากำลังไฟฟ้าทุก ๆ 1 นาที ซึ่งเมื่อครบ 10 นาที จะทำการรวมเก็บไว้เป็น 1 ชุดข้อมูล และทำอย่างนี้เป็นจำนวน 6 ชุดข้อมูล รวม 60 นาที จากนั้นนำข้อมูลค่ากำลังไฟฟ้าทั้ง 6 ชุดข้อมูลมาหาค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยภายใน 1 ชั่วโมง (P_{sum}) หากค่าดังกล่าวเกินกว่าค่ากำลังไฟฟ้าที่กำหนดไว้ ($P_{setting}$) ระบบทำการวัดค่ากระแสในแต่ละวงจร สำหรับในกรณี CT1 มากกว่า CT2 และ CT3 ตัวควบคุมเชิงตรรกะที่สามารถโปรแกรมได้ (PLC) ทำการสั่งการให้แมคเนติกคอนแทคเตอร์ตัวที่ 1 เชื่อมเข้าสู่วงจร แสดงว่า ณ ขณะนั้นมีพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์จ่ายเข้ามาในวงจรเครื่องปรับอากาศ แต่ในกรณี CT2 มากกว่า CT1 และ CT3 ตัวควบคุมเชิงตรรกะที่สามารถโปรแกรมได้ (PLC) ทำการสั่งการให้แมคเนติกคอนแทคเตอร์ตัวที่ 2 เชื่อมเข้าสู่วงจร แสดงว่า ณ ขณะนั้นมีพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์จ่ายเข้ามาในวงจรเตารีด นอกเหนือจากกรณีดังกล่าวจะทำกรจ่ายพลังงานไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์เข้าสู่วงจรแสงสว่าง ระบบพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ทำการจ่ายพลังงานเป็นระยะเวลา 5 นาที และทำการประจุพลังงานไฟฟ้าเข้าสู่แบตเตอรี่เป็นระยะเวลา 5 นาที จากนั้นระบบทำการคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยภายใน 1 ชั่วโมงใหม่อีกครั้งในอีก 10 นาทีถัดมา อาจกล่าวได้ว่า ระบบคำนวณค่าใหม่ทุก ๆ 10 นาที โดยค่าที่นำมาคำนวณเป็นค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ในหนึ่งชั่วโมงย้อนหลัง

จากรูปที่ 4.5 ก) ค่ากำลังไฟฟ้าในช่วงเวลา 0 – 60 นาที มีค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยภายใน 1 ชั่วโมง เกินกว่าค่ากำลังไฟฟ้าที่กำหนดไว้ ($P_{setting}$) ดังนั้นจึงมีการทำงานของระบบควบคุมพลังงานไฟฟ้า โดยมีการจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ให้กับภาระไฟฟ้า 5 นาที และมีการประจุพลังงานไฟฟ้าลงแบตเตอรี่ 5 นาที ซึ่งรูปที่ 4.5 ข) มีลักษณะการทำงานเช่นเดียวกัน ในรูปที่ 4.5 ค) และ 4.5 ง) ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยภายใน 1 ชั่วโมง มีค่าน้อยกว่าค่ากำลังไฟฟ้าที่กำหนดไว้ ($P_{setting}$) จึงไม่มีการทำงานของระบบควบคุมพลังงานไฟฟ้า มีเพียงแต่การประจุพลังงานไฟฟ้าลงแบตเตอรี่

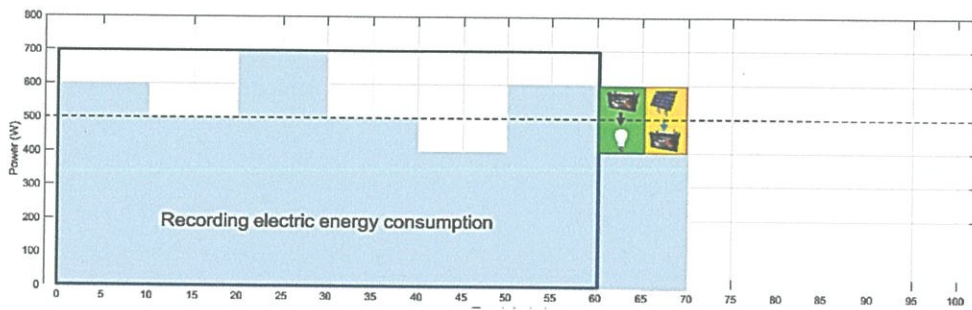


ก) สถานะที่ไม่มีการใช้พลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์

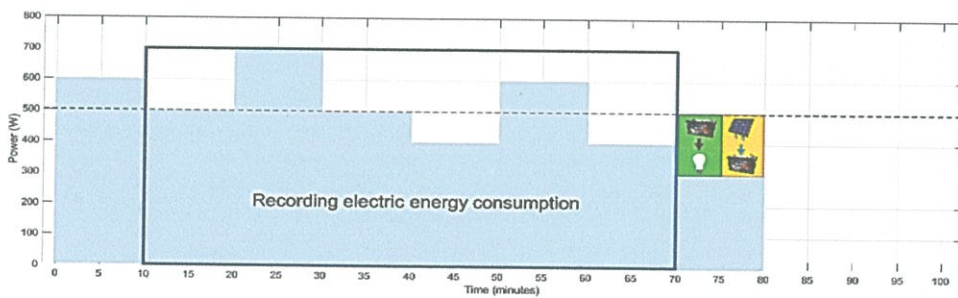


ข) สถานะที่มีการใช้พลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์

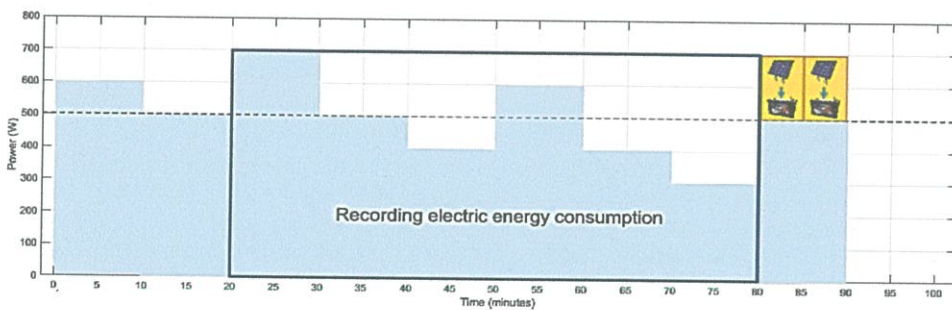
รูปที่ 4.4 ลักษณะการไหลของพลังงานไฟฟ้า



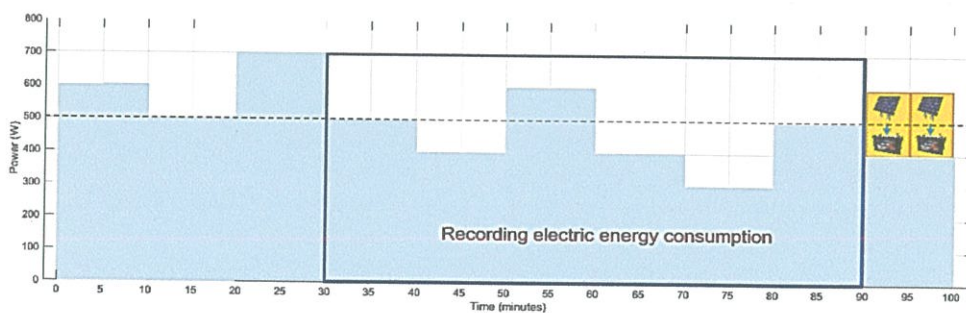
ก) ช่วงเวลาที่ 0 – 70 นาที (มีการทำงานของระบบควบคุมพลังงานไฟฟ้า)



ข) ช่วงเวลาที่ 10 – 80 นาที (มีการทำงานของระบบควบคุมพลังงานไฟฟ้า)

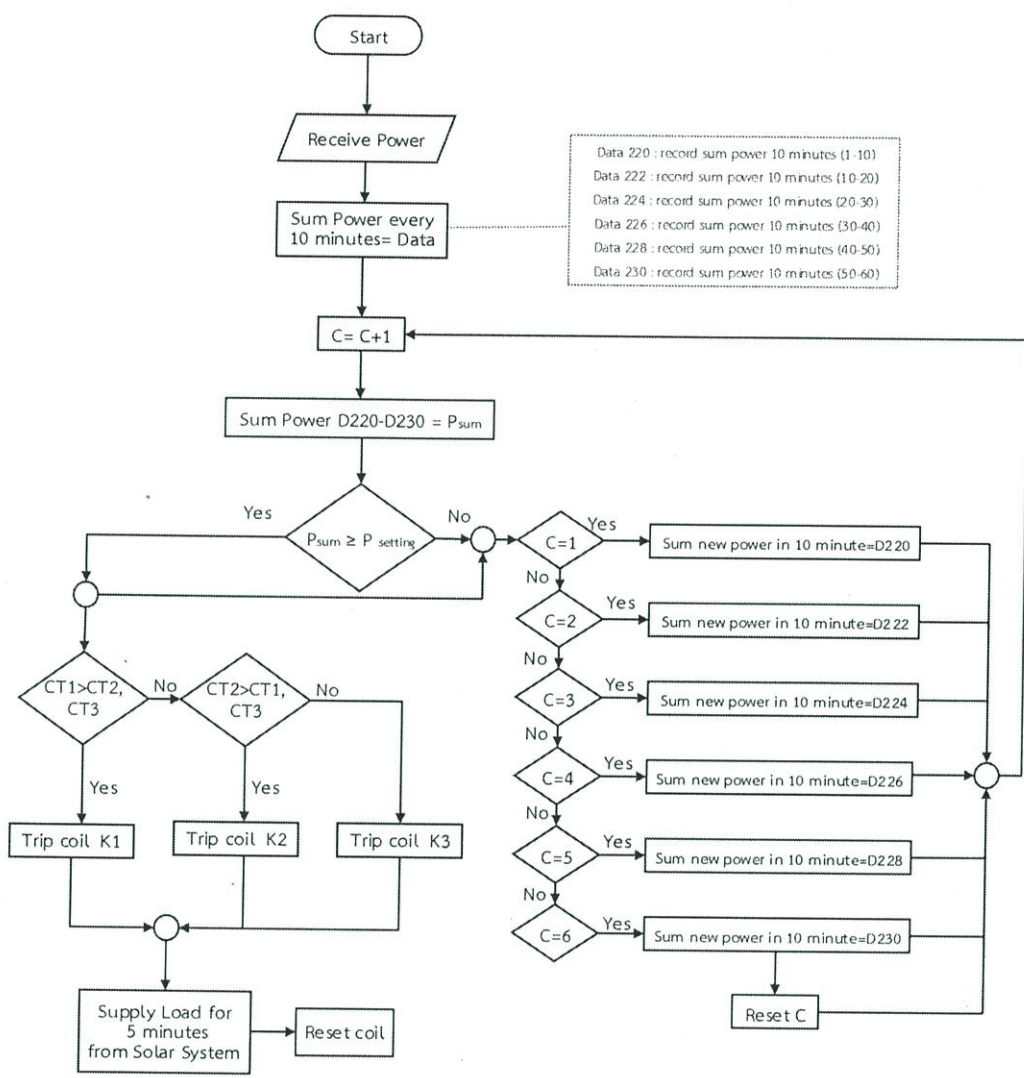


ค) ช่วงเวลาที่ 20 – 90 นาที (ไม่มีการทำงานของระบบควบคุมพลังงานไฟฟ้า)



ง) ช่วงเวลาที่ 30 – 100 นาที (ไม่มีการทำงานของระบบควบคุมพลังงานไฟฟ้า)

รูปที่ 4.5 รูปแบบการทำงานของระบบควบคุมพลังงานไฟฟ้าภายในที่อยู่อาศัย



รูปที่ 4.6 แผนผังแสดงรูปแบบการจ่ายพลังงานจากระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์

จากที่กล่าวมาข้างต้นสำหรับค่ากำลังไฟฟ้าที่กำหนด (P_{setting}) ในปฏิญานพนธ์นี้ได้ทำการกำหนดมา 2 รูปแบบ ได้แก่ ค่ากำลังไฟฟ้าที่กำหนดเป็นค่าคงที่ตลอด 24 ชั่วโมง และค่ากำลังไฟฟ้าที่กำหนดเป็นค่าที่เปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลาของวัน

1. ค่ากำลังไฟฟ้าที่กำหนด (P_{setting}) เป็นค่าคงที่ตลอด 24 ชั่วโมง สำหรับกรณีที่ 1 (การใช้พลังงานภายในที่อยู่อาศัย สำหรับวันจันทร์ – ศุกร์) และกรณีที่ 2 (การใช้พลังงานภายในที่อยู่อาศัย สำหรับวันเสาร์ – อาทิตย์) มีค่าเท่ากับ 585 วัตต์ และ 715 วัตต์ ตามลำดับ โดยค่าดังกล่าวเกิดจากความต้องการลดหน่วยการใช้พลังงานไฟฟ้าร้อยละ 10 ของหน่วยการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ภายใน 1 วัน ซึ่งได้จากการดูพฤติกรรมของการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในที่อยู่อาศัยกรณีที่ 1 และกรณีที่ 2 ในหัวข้อที่ 4.2 และ 4.3 ตามลำดับ

2. ค่ากำลังไฟฟ้าที่กำหนด (P_{setting}) เป็นค่าที่เปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลาของวัน เพื่อให้เข้าใกล้ความต้องการในการลดหน่วยการใช้พลังงานไฟฟ้าให้มากขึ้น ดังนั้นจึงมีการปรับค่ากำลังไฟฟ้าที่กำหนด (P_{setting}) ให้มีค่าใกล้เคียงกับการใช้ภาระไฟฟ้าภายในที่อยู่อาศัยในแต่ละช่วงเวลาให้มากขึ้น แสดงการกำหนดค่ากำลังไฟฟ้าที่กำหนด (P_{setting}) ของกรณีที่ 1 และ 2 ได้ดังตารางที่ 4.1

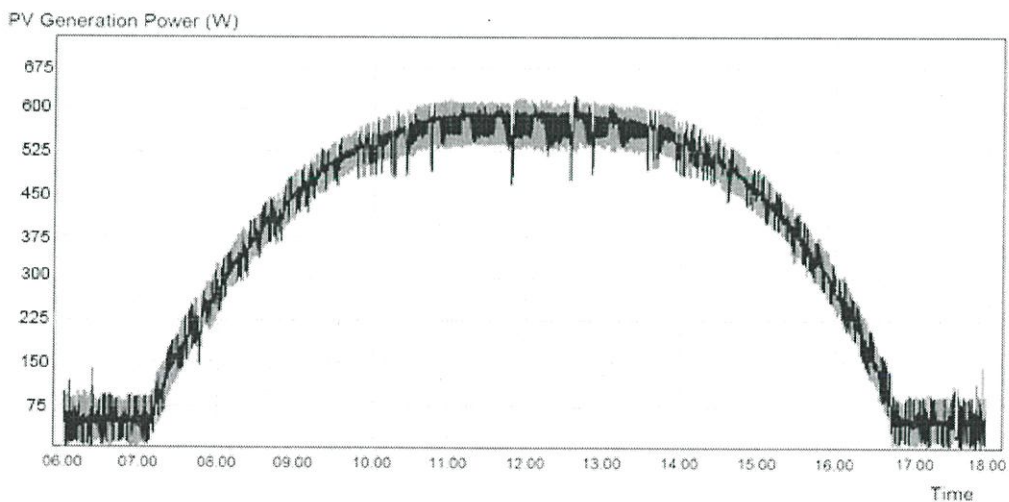
ตารางที่ 4.1 ค่ากำลังไฟฟ้าที่กำหนด (P_{setting}) ในแต่ละช่วงเวลาภายใน 1 วัน

ช่วงระยะเวลา	ค่ากำลังไฟฟ้าที่กำหนด (W)		ช่วงระยะเวลา	ค่ากำลังไฟฟ้าที่กำหนด (W)	
	กรณีที่ 1	กรณีที่ 2		กรณีที่ 1	กรณีที่ 2
06.00-07.00 น.	700	800	18.00-19.00 น.	250	250
07.00-08.00 น.	20	20	19.00-20.00 น.	1,100	1,200
08.00-09.00 น.	20	20	20.00-21.00 น.	1,100	1,200
09.00-10.00 น.	20	20	21.00-22.00 น.	1,900	1,900
10.00-11.00 น.	20	20	22.00-23.00 น.	1,700	1,900
11.00-12.00 น.	20	600	23.00-00.00 น.	950	950
12.00-13.00 น.	20	600	00.00-01.00 น.	950	950
13.00-14.00 น.	20	600	01.00-02.00 น.	950	950
14.00-15.00 น.	20	600	02.00-03.00 น.	950	950
15.00-16.00 น.	20	600	03.00-04.00 น.	950	950
16.00-17.00 น.	20	20	04.00-05.00 น.	950	950
17.00-18.00 น.	250	250	05.00-06.00 น.	1,200	1,200

จากตารางที่ 4.1 เนื่องจากพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าในวันจันทร์ - ศุกร์ (กรณี 1) และวันเสาร์ - อาทิตย์ (กรณี 2) มีลักษณะการใช้งานที่แตกต่างกัน ในช่วงเวลา 06.00 - 07.00 น. มีการใช้พลังงานไฟฟ้าต่างกันเล็กน้อยเนื่องจากภาระไฟฟ้าที่ใช้ในช่วงเวลานั้นไม่เหมือนกัน สำหรับช่วงเวลา 11.00 - 16.00 น. มีการใช้พลังงานต่างกันมากเนื่องจาก ในเวลานี้กรณีที่ 2 มีการใช้เครื่องปรับอากาศ แต่ในกรณีที่ 1 มีการใช้งานตู้เย็นเพียงอย่างเดียว ในช่วงเวลา 19.00 - 21.00 น. และ 22.00 - 23.00 น. มีการใช้พลังงานต่างกันเล็กน้อยเนื่องจาก มีการใช้ภาระไฟฟ้าที่ไม่เหมือนกัน โดยมีภาระไฟฟ้าขนาดเล็กเพิ่มเข้ามา

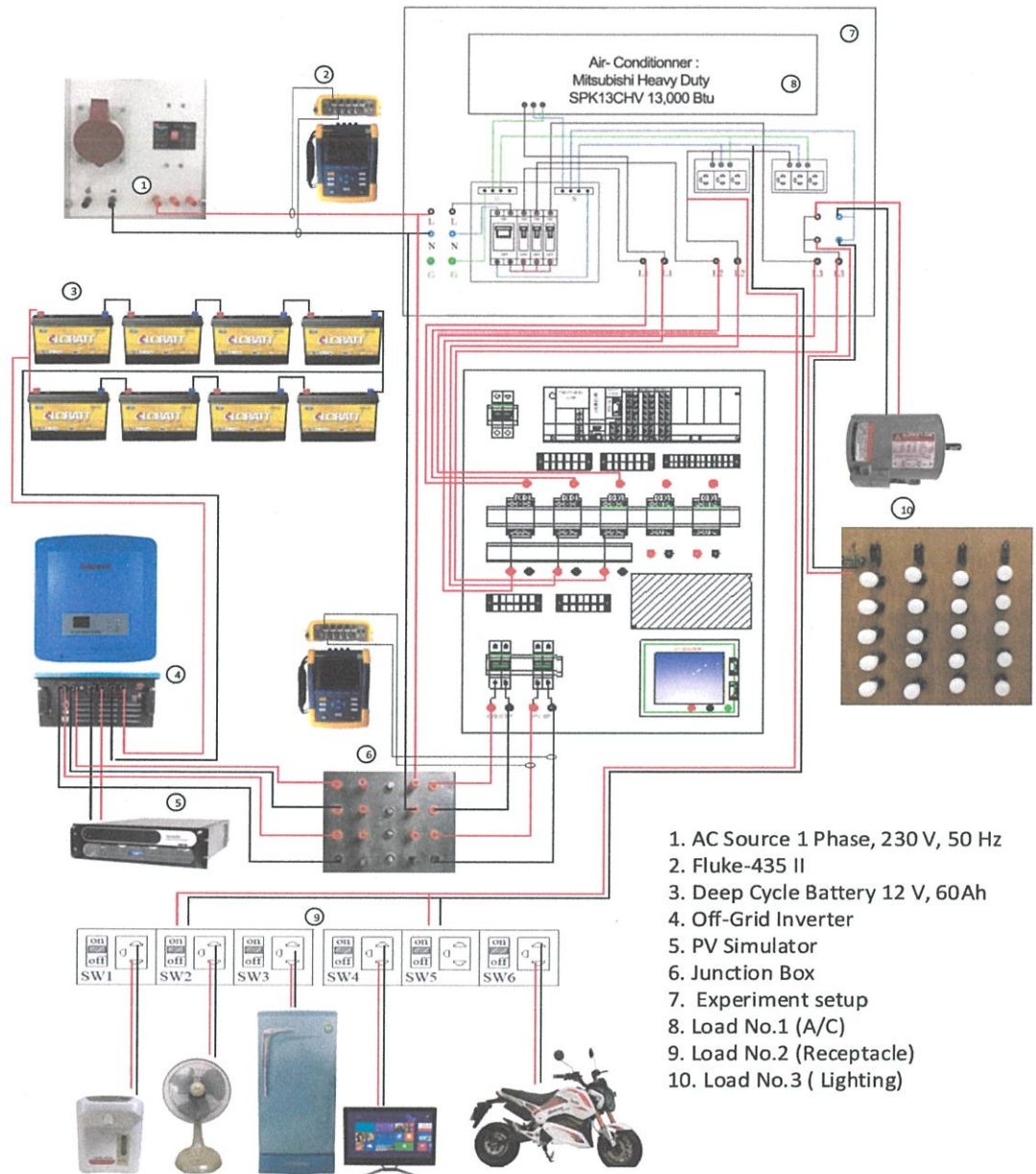
4.2 ทดลองความสามารถในการลดหน่วยการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าภาพรวมภายในที่อยู่อาศัยในกรณีที่ 1

การทดลองระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าภาพรวมภายในที่อยู่อาศัยทำการทดลองโดยติดตั้งชุดทดลองดังรูปที่ 4.8 ทำการเชื่อมระบบควบคุมการจ่ายพลังงานไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์เข้าชุดทดลอง จากนั้นเชื่อมภาระไฟฟ้าตามพฤติกรรมการใช้งานของผู้อยู่อาศัยโดยแบ่งออกเป็น 2 กรณี หลังจากนั้นนำข้อมูลที่ได้จากการวัดพารามิเตอร์ทางไฟฟ้ามาวิเคราะห์ผลการทดลอง และนำไปวาดกราฟกำลังไฟฟ้าที่ใช้ภายในที่อยู่อาศัยใน 1 วัน สำหรับการทดลองนี้ได้การใช้เครื่องจำลองเซลล์แสงอาทิตย์ โดยกำหนดค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้สูงสุดต่อวัน 600 วัตต์ และเนื่องจากความเข้มแสงและอุณหภูมิในแต่ละช่วงเวลาของวันนั้นไม่เท่ากัน ส่งผลให้กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ไม่คงที่ แสดงได้ดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 กราฟกำลังไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ในหนึ่งวัน

จากกราฟกำลังไฟฟ้าที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตได้ใน 1 วัน พบว่าค่ากำลังไฟฟ้าในช่วง 11.00-13.00 น. เป็นช่วงเวลาที่มีความเข้มแสงและอุณหภูมิสูงที่สุดของวัน



รูปที่ 4.8 การติดตั้งอุปกรณ์ และเครื่องมือวัดในการทดลอง
 ระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าภาพรวมภายในที่อยู่อาศัย

การทดลองความสามารถในการลดหน่วยการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าภาพรวมภายในที่อยู่อาศัยในกรณีที่ 1 เป็นการจัดการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในที่อยู่อาศัยในช่วงวันจันทร์ – ศุกร์ มีลักษณะการใช้พลังงานไฟฟ้าต่ำในช่วงเวลากลางวัน และใช้พลังงานไฟฟ้าสูงในช่วงเย็นหลังเลิกงาน สำหรับการทดลองแบ่งเป็น 3 รูปแบบ ดังนี้

1. การทดลองระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าภาพรวมภายในที่อยู่อาศัยในกรณีที่ 1
เมื่อยังไม่มีเมื่อนำระบบควบคุมเข้ามาใช้งาน
2. การทดลองระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าภาพรวมภายในที่อยู่อาศัยในกรณีที่ 1
เมื่อมีการนำระบบควบคุมเข้ามาใช้งาน และค่ากำลังไฟฟ้าที่กำหนด (P_{setting})
เป็นค่าคงที่ตลอด 24 ชั่วโมง
3. การทดลองระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าภาพรวมภายในที่อยู่อาศัยในกรณีที่ 1
เมื่อมีการนำระบบควบคุมเข้ามาใช้งาน และค่ากำลังไฟฟ้าที่กำหนด (P_{setting})
เป็นค่าที่เปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลาของวัน

4.2.1 การทดลองระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าภาพรวมภายในที่อยู่อาศัยในกรณีที่ 1 เมื่อยังไม่มีการนำระบบควบคุมเข้ามาใช้งาน

การทดลองสามารถจำลองพฤติกรรมการใช้พลังงานภายในที่อยู่อาศัยในช่วงวันจันทร์ – ศุกร์ ซึ่งลักษณะการใช้ภาระไฟฟ้าเป็นไปตามตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ลักษณะการใช้ภาระไฟฟ้าภายในที่อยู่อาศัยใน 1 วัน สำหรับกรณีที่ 1

เวลา	กรณี 1							
	LT	FN	HP	PC	MT	MB	RF	AC
06.00 - 07.00	√	√	√		√		√	
07.00 - 08.00							√	
08.00 - 09.00							√	
09.00 - 10.00							√	
10.00 - 11.00							√	
11.00 - 12.00							√	
12.00 - 13.00							√	
13.00 - 14.00							√	
14.00 - 15.00							√	
15.00 - 16.00							√	
16.00 - 17.00							√	
17.00 - 18.00	√	√	√		√		√	
18.00 - 19.00	√	√		√			√	
19.00 - 20.00	√	√		√		√	√	
20.00 - 21.00	√	√		√		√	√	
21.00 - 22.00	√					√	√	√
22.00 - 23.00	√					√	√	√
23.00 - 00.00							√	√
00.00 - 01.00							√	√
01.00 - 02.00							√	√
02.00 - 03.00							√	√
03.00 - 04.00							√	√
04.00 - 05.00							√	√
05.00 - 06.00	√						√	√

LT = โหลดแสงสว่าง

FN = พัดลม

HP = กาดม่น้ำ

MT = มอเตอร์ไฟฟ้า

MB = มอเตอร์ไซค์ไฟฟ้า

PC = คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ

RF = ตู้เย็น

AC = เครื่องปรับอากาศ

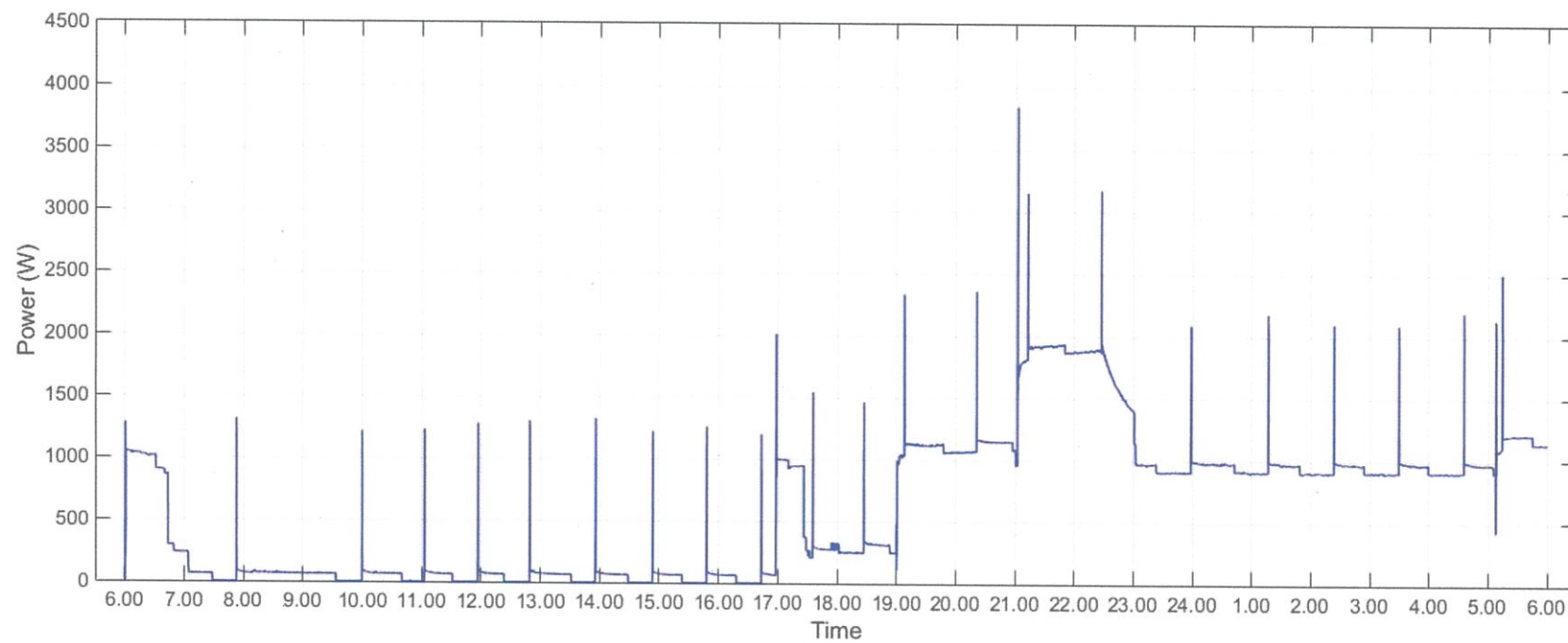
จากตารางแสดงลักษณะการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในที่อยู่อาศัยใน 1 วัน ในการทดลองนำภาระไฟฟ้า ได้แก่ ภาระไฟฟ้าแสงสว่าง, พัดลม, กาดม่น้ำไฟฟ้า, มอเตอร์ไฟฟ้า, คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ, ตู้เย็น, เครื่องปรับอากาศ และมอเตอร์ไซค์ไฟฟ้า มาต่อเข้ากับชุดทดลองตามช่วงเวลาที่แสดงดังตารางที่ 4.2 ทำการวัดค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้า โดยใช้เครื่องมือวัดค่าพารามิเตอร์ไฟฟ้าที่ตำแหน่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าของชุดทดลอง

เมื่อทำการต่อภาระไฟฟ้าแล้ว ทำการวัดค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้า เพื่อนำค่าที่ได้จากการวัดมาสร้างเป็นกราฟช่วงเวลาของภาระไฟฟ้าภายในที่อยู่อาศัย ซึ่งทำการสร้างกราฟภาพรวมใน 24 ชั่วโมงหรือ 1 วัน โดยแสดงกราฟช่วงเวลาของภาระไฟฟ้าในที่อยู่อาศัยของกรณีที่ 1 ได้ดังรูปที่ 4.9

จากรูปที่ 4.9 กราฟช่วงเวลาของภาระไฟฟ้าภายในที่อยู่อาศัยในช่วงวันจันทร์ - ศุกร์ เมื่อยังไม่มีระบบควบคุม พบว่า

- 06.00 - 07.00 น. ใช้ภาระไฟฟ้า คือ หลอดไฟ พัดลม กาดม่น้ำไฟฟ้า มอเตอร์ไฟฟ้า และตู้เย็น ในช่วงแรกมีการใช้กำลังไฟฟ้าสูงประมาณ 1,037 วัตต์ เนื่องจากการทำงานของกาดม่น้ำไฟฟ้า ที่อยู่ในช่วงต้มน้ำ และเนื่องจากมีโหลดที่มีมอเตอร์เป็นส่วนประกอบ ได้แก่ มอเตอร์ไฟฟ้า และตู้เย็นทำให้ในช่วงแรกมีกำลังไฟฟ้าสูง ซึ่งเป็นผลมาจากการใช้กระแสมากในช่วงสตาร์ท
- 07.00 - 17.00 น. ใช้ภาระไฟฟ้า คือ ตู้เย็น ใช้กำลังไฟฟ้า 84 วัตต์ในช่วงที่ทำงาน
- 17.00 - 18.00 น. ใช้ภาระไฟฟ้า คือ หลอดไฟ พัดลม กาดม่น้ำไฟฟ้า มอเตอร์ไฟฟ้า และตู้เย็น โดยจะมีลักษณะการใช้กำลังไฟฟ้าคล้ายกับช่วง 06.00 - 07.00 น.
- 18.00 - 19.00 น. ใช้ภาระไฟฟ้า คือ หลอดไฟ พัดลม คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ และตู้เย็น ในช่วงนี้มีการลดการใช้กำลังไฟฟ้าลง เนื่องจากไม่มีกาดม่น้ำไฟฟ้าและมอเตอร์ไฟฟ้าทำให้มีการใช้กำลังไฟฟ้าในช่วงเริ่มต้นลดลงเหลือประมาณ 360 วัตต์
- 19.00 - 21.00 น. ใช้ภาระไฟฟ้า คือ หลอดไฟ พัดลม มอเตอร์ไซค์ไฟฟ้า คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ และตู้เย็น ในช่วงนี้มีการใช้กำลังไฟฟ้าที่มากขึ้นเนื่องจากการชาร์จไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่ของมอเตอร์ไซค์ไฟฟ้า ซึ่งอยู่ในโหมดชาร์จเร็ว โดยใช้กำลังไฟฟ้าประมาณ 1,192 วัตต์
- 21.00 - 23.00 น. ใช้ภาระไฟฟ้า คือ หลอดไฟ มอเตอร์ไซค์ไฟฟ้า เครื่องปรับอากาศ และตู้เย็น โดยใช้กำลังไฟฟ้าจาก 1,984 วัตต์ ลดลงเหลือประมาณ 1,000 วัตต์เป็นผลมาจากการเปลี่ยนโหมดการชาร์จแบตเตอรี่ของมอเตอร์ไซค์ไฟฟ้าจากโหมดชาร์จเร็ว เป็นโหมดชาร์จแบบปกติ โดยค่ากำลังไฟฟ้ามีค่าลดต่ำลงตามเวลาที่ระดับแบตเตอรี่เพิ่มขึ้น จนกระทั่งแบตเตอรี่เต็ม

- 23.00 - 05.00 น. ใช้ภาระไฟฟ้า คือ เครื่องปรับอากาศ และตู้เย็น มีการใช้กำลังไฟฟ้าเป็นช่วงๆ คือช่วงใช้ไฟฟ้าเกิดค่าไฟฟ้าสูงสุดประมาณ 2,100 วัตต์ ไม่ถึง 1 นาที เนื่องจากคอมเพรสเซอร์ทำงานคล้ายกับมอเตอร์ จึงมีการกระชากของกระแสไฟฟ้า และลดกำลังไฟฟ้าเหลือประมาณ 980 วัตต์ โดยแต่ละช่วงขึ้นอยู่กับอุณหภูมิในห้องสลับกันเพื่อทำการรักษาอุณหภูมิ
- 05.00 - 06.00 น. ใช้ภาระไฟฟ้า คือ หลอดไฟ เครื่องปรับอากาศ และตู้เย็น มีการใช้กำลังไฟฟ้าค่อนข้างคงที่ประมาณ 1,150 วัตต์



รูปที่ 4.9 ช่วงเวลาของภาระไฟฟ้าในที่อยู่อาศัยในช่วงวันจันทร์ - ศุกร์ เมื่อยังไม่มีระบบควบคุม

4.2.2 การทดลองระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าภาพรวมภายในที่อยู่อาศัยในกรณีที่ 1 เมื่อมีการนำระบบควบคุมเข้ามาใช้งาน และค่ากำลังไฟฟ้าที่กำหนด ($P_{setting}$) เป็นค่าคงที่ตลอด 24 ชั่วโมง

การทดลองรูปแบบที่ 2 เป็นการนำระบบควบคุมมาควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยค่ากำลังไฟฟ้าที่กำหนด ($P_{setting}$) เป็นค่าคงที่ตลอด 24 ชั่วโมง ซึ่งค่ากำลังไฟฟ้าที่กำหนดมีค่าเท่ากับ 585 วัตต์-ชั่วโมง โดยค่าดังกล่าวเกิดจากความต้องการลดหน่วยการใช้พลังงานไฟฟ้าร้อยละ 10 ของหน่วยการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ภายใน 1 วัน ซึ่งได้จากการดูพฤติกรรมของการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในที่อยู่อาศัยกรณีที่ 1 โดยผลการทดลองสามารถอธิบายเหตุการณ์ได้ตามตารางที่ 4.7 สามารถอธิบายเหตุการณ์ในแต่ละช่วงเวลาได้ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 1 ชั่วโมงย้อนหลังในแต่ละช่วงระยะเวลาภายใน 1 วัน และแสดงการทำงานของระบบควบคุม และการจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากชุดกักเก็บพลังงานและเซลล์แสงอาทิตย์

เวลา	ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมงย้อนหลัง (วัตต์-ชั่วโมง)	การทำงานของ ระบบควบคุม พลังงานไฟฟ้า	การจ่ายพลังงาน ไฟฟ้าจากชุดกักเก็บ พลังงานและเซลล์ แสงอาทิตย์	หมายเหตุ
06.00-06.10	-	-	-	-
06.10-06.20	-	-	-	-
06.20-06.30	-	-	-	-
06.30-06.40	-	-	-	-
06.40-06.50	-	-	-	-
06.50-07.00	1,017.28	✓	×	ไม่มีพลังงาน ไฟฟ้าในชุดกัก เก็บพลังงาน และ เซลล์แสงอาทิตย์ ไม่สามารถผลิต พลังงานไฟฟ้าได้
07.00-07.10	1,057.81	✓	×	
07.10-07.20	1,088.96	✓	×	
07.20-07.30	1,015.47	✓	×	
07.30-07.40	897.45	✓	×	
07.40-07.50	788.5	✓	×	
07.50-08.00	672.85	✓	×	
08.00-08.10	469.23	×	×	ค่ากำลังไฟฟ้า เฉลี่ย 1 ชั่วโมง ย้อนหลังยังไม่ เกินค่าที่กำหนด
08.10-08.20	262.61	×	×	
08.20-08.30	167.25	×	×	
08.30-08.40	116.23	×	×	

ตารางที่ 4.3 (ต่อ) ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 1 ชั่วโมงย้อนหลังในแต่ละช่วงระยะเวลาภายใน 1 วัน และแสดงการทำงานของระบบควบคุม และการจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากชุดกักเก็บพลังงานและเซลล์แสงอาทิตย์

เวลา	ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมงย้อนหลัง (วัตต์-ชั่วโมง)	การทำงานของ ระบบควบคุม พลังงานไฟฟ้า	การจ่ายพลังงาน ไฟฟ้าจากชุดกักเก็บ พลังงานและเซลล์ แสงอาทิตย์	หมายเหตุ
08.40-08.50	71.06	×	×	ค่ากำลังไฟฟ้า เฉลี่ย 1 ชั่วโมง ย้อนหลังยังไม่ เกินค่าที่กำหนด
08.50-09.00	31.88	×	×	
09.00-09.10	44.08	×	×	
09.10-09.20	56.27	×	×	
09.20-09.30	63.61	×	×	
09.30-09.40	63.29	×	×	
09.40-09.50	47.70	×	×	
09.50-10.00	34.32	×	×	
10.00-10.10	22.21	×	×	
10.10-10.20	25.72	×	×	
10.20-10.30	32.03	×	×	
10.30-10.40	45.02	×	×	
10.40-10.50	57.60	×	×	
10.50-11.00	68.53	×	×	
11.00-11.10	68.02	×	×	
11.10-11.20	52.22	×	×	
11.20-11.30	38.60	×	×	
11.30-11.40	25.74	×	×	
11.40-11.50	25.85	×	×	
11.50-12.00	28.74	×	×	
12.00-12.10	41.61	×	×	
12.10-12.20	54.01	×	×	
12.20-12.30	66.11	×	×	
12.30-12.40	68.43	×	×	
12.40-12.50	55.62	×	×	
12.50-13.00	41.65	×	×	

ตารางที่ 4.3 (ต่อ) ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 1 ชั่วโมงย้อนหลังในแต่ละช่วงระยะเวลาภายใน 1 วัน และแสดงการทำงานของระบบควบคุม และการจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากชุดกักเก็บพลังงานและเซลล์แสงอาทิตย์

เวลา	ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมงย้อนหลัง (วัตต์-ชั่วโมง)	การทำงานของ ระบบควบคุม พลังงานไฟฟ้า	การจ่ายพลังงาน ไฟฟ้าจากชุดกักเก็บ พลังงานและเซลล์ แสงอาทิตย์	หมายเหตุ
13.00-13.10	28.65	×	×	ค่ากำลังไฟฟ้า เฉลี่ย 1 ชั่วโมง ย้อนหลังยังไม่ เกินค่าที่กำหนด
13.10-13.20	23.34	×	×	
13.20-13.30	25.40	×	×	
13.30-13.40	35.64	×	×	
13.40-13.50	47.97	×	×	
13.50-14.00	60.05	×	×	
14.00-14.10	71.41	×	×	
14.10-14.20	64.02	×	×	
14.20-14.30	49.57	×	×	
14.30-14.40	36.63	×	×	
14.40-14.50	24.14	×	×	
14.50-15.00	23.24	×	×	
15.00-15.10	25.60	×	×	
15.10-15.20	38.32	×	×	
15.20-15.30	50.75	×	×	
15.30-15.40	63.04	×	×	
15.40-15.50	71.31	×	×	
15.50-16.00	59.96	×	×	
16.00-16.10	46.06	×	×	
16.10-16.20	33.29	×	×	
16.20-16.30	20.93	×	×	
16.30-16.40	23.84	×	×	
16.40-16.50	29.02	×	×	
16.50-17.00	41.65	×	×	
17.00-17.10	54.01	×	×	
17.10-17.20	66.26	×	×	

ตารางที่ 4.3 (ต่อ) ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 1 ชั่วโมงย้อนหลังในแต่ละช่วงระยะเวลาภายใน 1 วัน และแสดงการทำงานของระบบควบคุม และการจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากชุดกักเก็บพลังงานและเซลล์แสงอาทิตย์

เวลา	ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมงย้อนหลัง (วัตต์-ชั่วโมง)	การทำงานของ ระบบควบคุม พลังงานไฟฟ้า	การจ่ายพลังงาน ไฟฟ้าจากชุดกักเก็บ พลังงานและเซลล์ แสงอาทิตย์	หมายเหตุ
17.30-17.40	56.13	×	×	ค่ากำลังไฟฟ้า เฉลี่ย 1 ชั่วโมง ย้อนหลังยังไม่ เกินค่าที่กำหนด
17.40-17.50	42.63	×	×	
17.50-18.00	29.98	×	×	
18.00-18.10	57.37	×	×	
18.10-18.20	221.84	×	×	
18.20-18.30	271.19	×	×	
18.30-18.40	305.33	×	×	
18.40-18.50	345.96	×	×	
18.50-19.00	401.01	×	×	
19.00-19.10	414.76	×	×	
19.10-19.20	290.46	×	×	
19.20-19.30	287.81	×	×	
19.30-19.40	306.72	×	×	
19.40-19.50	306.95	×	×	
19.50-20.00	296.72	×	×	
20.00-20.10	401.88	×	×	ค่ากำลังไฟฟ้า เฉลี่ย 1 ชั่วโมง ย้อนหลังมีค่าเกิน กว่าค่าที่กำหนด ดังนั้นจึงมีการ ทำงานของระบบ และมีการจ่าย พลังงานจากเซลล์ แสงอาทิตย์
20.10-20.20	558.05	×	×	
20.20-20.30	636.17	✓	✓	
20.30-20.40	742.19	✓	✓	
20.40-20.50	825.12	✓	✓	
20.50-21.00	906.03	✓	✓	
21.00-21.10	843.19	✓	✓	
21.10-21.20	700.84	✓	✓	
21.20-21.30	622.09	✓	✓	

ตารางที่ 4.3 (ต่อ) ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 1 ชั่วโมงย้อนหลังในแต่ละช่วงระยะเวลาภายใน 1 วัน และแสดงการทำงานของระบบควบคุม และการจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากชุดกักเก็บพลังงานและเซลล์แสงอาทิตย์

เวลา	ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมงย้อนหลัง (วัตต์-ชั่วโมง)	การทำงานของ ระบบควบคุม พลังงานไฟฟ้า	การจ่ายพลังงาน ไฟฟ้าจากชุดกักเก็บ พลังงานและเซลล์ แสงอาทิตย์	หมายเหตุ	
21.30-21.40	524.88	×	×	ค่ากำลังไฟฟ้า เฉลี่ย 1 ชั่วโมง ย้อนหลังยังไม่เกิน ค่าที่กำหนด	
21.40-21.50	471.41	×	×		
21.50-22.00	404.97	×	×		
22.00-22.10	418.93	×	×		
22.10-22.20	381.31	×	×		
22.20-22.30	359.36	×	×		
22.30-22.40	352.75	×	×		
22.40-22.50	435.42	×	×		
22.50-23.00	581.60	×	×		
23.00-23.10	670.60	✓	✓		ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมงย้อนหลังมี ค่าเกินกว่าค่าที่ กำหนด ดังนั้นจึงมี การทำงานของ ระบบและมีการ จ่ายพลังงานจาก เซลล์แสงอาทิตย์
23.10-23.20	838.83	✓	✓		
23.20-23.30	992.28	✓	✓		
23.30-23.40	1,120.49	✓	✓		
23.40-23.50	1,150.75	✓	✓		
23.50-00.00	1,129.19	✓	✓		
00.00-06.10	1,111.83	✓	✓		
00.10-00.20	1,092.24	✓	✓		
00.20-00.30	1,087.40	✓	×	ไม่มีพลังงานไฟฟ้า ในชุดกักเก็บ พลังงาน และเซลล์ แสงอาทิตย์ไม่ สามารถผลิต พลังงานไฟฟ้าได้	
00.30-00.40	1,072.90	✓	×		
00.40-00.50	1,056.59	✓	×		
00.50-01.00	1,038.84	✓	×		
01.00-06.10	1,026.73	✓	×		
01.10-01.20	1,019.07	✓	×		
01.20-01.30	1,010.74	✓	×		
01.30-01.40	1,011.16	✓	×		
01.40-01.50	1,010.61	✓	×		

ตารางที่ 4.3 (ต่อ) ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 1 ชั่วโมงย้อนหลังในแต่ละช่วงระยะเวลาภายใน 1 วัน และแสดงการทำงานของระบบควบคุม และการจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากชุดกักเก็บพลังงานและเซลล์แสงอาทิตย์

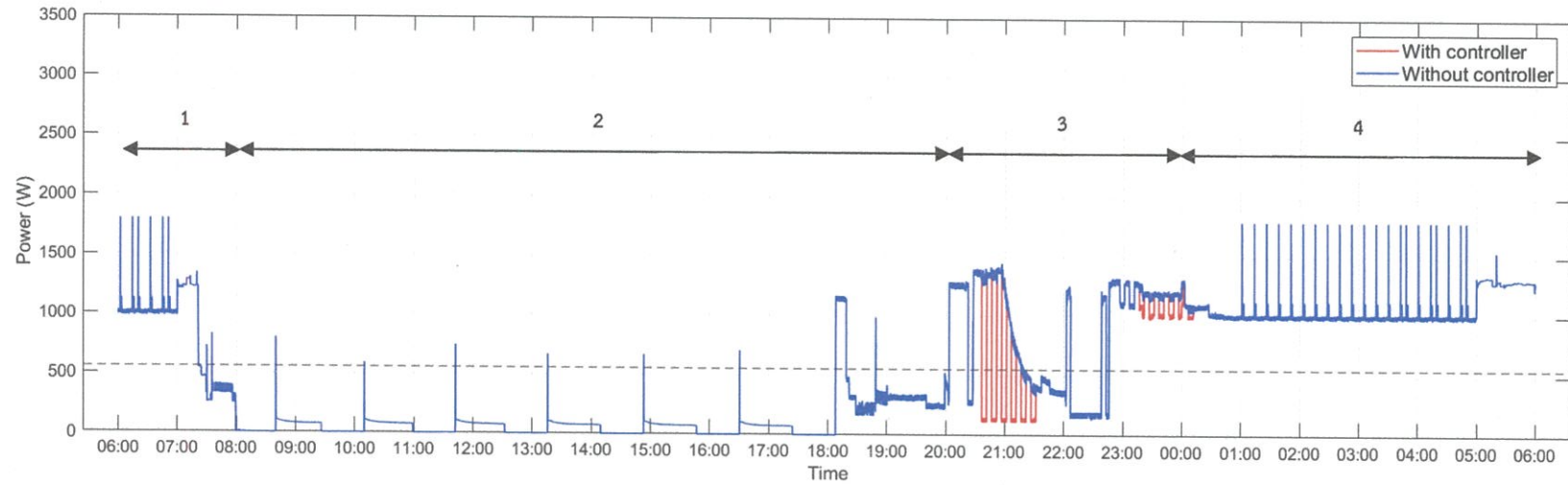
เวลา	ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมงย้อนหลัง (วัตต์-ชั่วโมง)	การทำงานของ ระบบควบคุม พลังงานไฟฟ้า	การจ่ายพลังงาน ไฟฟ้าจากชุดกักเก็บ พลังงานและเซลล์ แสงอาทิตย์	หมายเหตุ
01.50-02.00	524.88	×	×	ค่ากำลังไฟฟ้า เฉลี่ย 1 ชั่วโมง ย้อนหลังยังไม่ เกินค่าที่กำหนด
02.00-02.10	471.41	×	×	
02.10-02.20	404.97	×	×	
02.20-02.30	418.93	×	×	
02.30-02.40	381.31	×	×	
02.40-02.50	359.36	×	×	
02.50-03.00	352.75	×	×	
03.00-03.10	435.42	×	×	
03.10-03.20	581.60	×	×	
03.20-03.30	1,013.63	✓	×	
03.30-03.40	1,017.54	✓	×	
03.40-03.50	1,014.14	✓	×	
03.50-04.00	1,013.85	✓	×	
04.00-04.10	1,016.44	✓	×	
04.10-04.20	1,017.34	✓	×	
04.20-04.30	1,017.51	✓	×	
04.30-04.40	1,015.34	✓	×	
04.40-04.50	1,017.38	✓	×	
04.50-05.00	1,067.38	✓	×	
05.00-05.10	1,067.94	✓	×	
05.10-05.20	1,114.82	✓	×	
05.20-05.30	1,163.73	✓	×	
05.30-05.40	1,210.73	✓	×	
05.40-05.50	1,257.03	✓	×	
05.50-06.00	1,305.18	✓	×	

โดยผลการทดลองสามารถสรุปเป็นเหตุการณ์ในแต่ละช่วงเวลาได้ดังรูปที่ 4.10 ในช่วงที่ 1 มีการใช้ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมงย้อนหลังเกินกว่าค่าที่กำหนดไว้ซึ่งทำให้ระบบควบคุมพลังงานไฟฟ้าทำงาน แต่ไม่มีการจ่ายจากพลังงานไฟฟ้าของชุดกักเก็บพลังงานและเซลล์แสงอาทิตย์ เนื่องจากในช่วงเวลานี้ไม่มีพลังงานไฟฟ้าในชุดกักเก็บพลังงาน และเซลล์แสงอาทิตย์ยังไม่เริ่มผลิตพลังงานไฟฟ้า ดังนั้นในช่วงเวลานี้จึงไม่มีการลดการใช้พลังงาน

ในช่วงที่ 2 ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมงย้อนหลังยังไม่เกินค่าที่กำหนด จึงไม่มีการทำงานของระบบควบคุมพลังงานไฟฟ้า

สำหรับช่วงที่ 3 มีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่สูงขึ้น ส่งผลให้ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมงย้อนหลังเกินกว่าค่าที่กำหนด ระบบควบคุมพลังงานไฟฟ้ามีทำงาน และมีการจ่ายพลังงานไฟฟ้าของชุดกักเก็บพลังงานและเซลล์แสงอาทิตย์เนื่องจากเป็นเวลากลางวันและชุดกักเก็บพลังงานยังมีพลังงานอยู่ ทำให้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าลดลง

ช่วงเวลาที่ 4 มีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่สูงและค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมงย้อนหลังเกินกว่าค่าที่กำหนดไว้ซึ่งทำให้ระบบควบคุมพลังงานไฟฟ้าทำงาน แต่ไม่มีการพลังงานไฟฟ้าของชุดกักเก็บพลังงานและเซลล์แสงอาทิตย์เนื่องจากเป็นช่วงเวลากลางคืนและไม่มีพลังงานไฟฟ้าภายในชุดกักเก็บพลังงาน ในช่วงเวลานี้จึงไม่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าลดลง



รูปที่ 4.10 ช่วงเวลาของภาระไฟฟ้าในที่อยู่อาศัยช่วงวันจันทร์ - ศุกร์
เมื่อใช้ระบบควบคุมพลังงานไฟฟ้าซึ่งค่ากำลังไฟฟ้าที่กำหนด (P_{setting}) เป็นค่าคงที่

4.2.3 การทดลองระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าภาพรวมภายในที่อยู่อาศัยในกรณีที่ 1 เมื่อมีการนำระบบควบคุมเข้ามาใช้งาน และค่ากำลังไฟฟ้าที่กำหนด (P_{setting}) เป็นค่าที่เปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลาของวัน การทดลองรูปแบบที่ 3 เป็นการนำระบบควบคุมมาควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยค่ากำลังไฟฟ้าที่กำหนด (P_{setting}) เป็นค่าที่เปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลาของวัน ซึ่งเปลี่ยนแปลงตามพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้งาน สำหรับค่ากำลังไฟฟ้าที่กำหนด (P_{setting}) ในแต่ละช่วงเวลาเป็นไปตามตารางที่ 4.4 และสามารถอธิบายเหตุการณ์ในแต่ละช่วงเวลาได้ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.4 ค่ากำลังไฟฟ้าที่กำหนด (P_{setting}) ในแต่ละช่วงเวลาภายใน วัน 1

ช่วงระยะเวลา	ค่ากำลังไฟฟ้าที่กำหนด (Wh)	ช่วงระยะเวลา	ค่ากำลังไฟฟ้าที่กำหนด (Wh)
06.00-07.00 น.	700	18.00-19.00 น.	250
07.00-08.00 น.	20	19.00-20.00 น.	1,100
08.00-09.00 น.	20	20.00-21.00 น.	1,100
09.00-10.00 น.	20	21.00-22.00 น.	1,900
10.00-11.00 น.	20	22.00-23.00 น.	1,700
11.00-12.00 น.	20	23.00-00.00 น.	950
12.00-13.00 น.	20	00.00-01.00 น.	950
13.00-14.00 น.	20	01.00-02.00 น.	950
14.00-15.00 น.	20	02.00-03.00 น.	950
15.00-16.00 น.	20	03.00-04.00 น.	950
16.00-17.00 น.	20	04.00-05.00 น.	950
17.00-18.00 น.	250	05.00-06.00 น.	1,200

ตารางที่ 4.5 ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 1 ชั่วโมงย้อนหลังในแต่ละช่วงระยะเวลาภายใน 1 วัน และแสดงการทำงานของระบบควบคุม และการจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากชุดกักเก็บพลังงานและเซลล์แสงอาทิตย์

เวลา	ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมงย้อนหลัง (วัตต์-ชั่วโมง)	การทำงานของ ระบบควบคุม พลังงานไฟฟ้า	การจ่ายพลังงาน ไฟฟ้าจากชุดกักเก็บ พลังงานและเซลล์ แสงอาทิตย์	หมายเหตุ
06.00-06.10	-	-	-	-
06.10-06.20	-	-	-	-
06.20-06.30	-	-	-	-
06.30-06.40	-	-	-	-
06.40-06.50	-	-	-	-
06.50-07.00	611.14	x	x	ค่ากำลังไฟฟ้า เฉลี่ย 1 ชั่วโมง ย้อนหลังยังไม่ เกินค่าที่กำหนด
07.00-07.10	441.99	✓	x	ไม่มีพลังงานไฟฟ้า ในชุดกักเก็บ พลังงานและเซลล์ แสงอาทิตย์ไม่ สามารถผลิต พลังงานไฟฟ้าได้
07.10-07.20	268.93	✓	x	
07.20-07.30	169.85	✓	x	
07.30-07.40	118.03	✓	x	
07.40-07.50	64.32	✓	x	
07.50-08.00	15.63	x	x	ค่ากำลังไฟฟ้า เฉลี่ย 1 ชั่วโมง ย้อนหลังยังไม่ เกินค่าที่กำหนด
08.00-08.10	21.23	✓	✓	ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมงย้อนหลังมี ค่าเกินกว่าค่าที่ กำหนด ดังนั้นจึงมี การทำงานของ ระบบและมีการ จ่ายพลังงานจาก เซลล์แสงอาทิตย์
08.10-08.20	27.06	✓	✓	
08.20-08.30	28.60	✓	✓	
08.30-08.40	28.61	✓	✓	
08.40-08.50	21.92	✓	✓	

ตารางที่ 4.5 (ต่อ) ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 1 ชั่วโมงย้อนหลังในแต่ละช่วงระยะเวลาภายใน 1 วัน และแสดงการทำงานของระบบควบคุม และการจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากชุดกักเก็บพลังงานและเซลล์แสงอาทิตย์

เวลา	ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมงย้อนหลัง (วัตต์-ชั่วโมง)	การทำงานของ ระบบควบคุม พลังงานไฟฟ้า	การจ่ายพลังงาน ไฟฟ้าจากชุดกักเก็บ พลังงานและเซลล์ แสงอาทิตย์	หมายเหตุ
08.50-09.00	15.58	x	x	ค่ากำลังไฟฟ้า เฉลี่ย 1 ชั่วโมง ย้อนหลังยังไม่ เกินค่าที่กำหนด
09.00-09.10	9.59	x	x	
09.10-09.20	10.99	x	x	
09.20-09.30	15.95	x	x	
09.30-09.40	20.00	✓	✓	ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมงย้อนหลังมี ค่าเกินกว่าค่าที่ กำหนด ดังนั้นจึงมี การทำงานของ ระบบและมีการ จ่ายพลังงานจาก เซลล์แสงอาทิตย์
09.40-09.50	26.08	✓	✓	
09.50-10.00	31.91	✓	✓	
10.00-10.10	31.84	✓	✓	
10.10-10.20	24.53	✓	✓	
10.20-10.30	18.05	x	x	
10.30-10.40	14.14	x	x	
10.40-10.50	16.22	x	x	
10.50-11.00	17.02	x	x	ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมงย้อนหลังมี ค่าเกินกว่าค่าที่ กำหนด ดังนั้นจึงมี การทำงานของ ระบบและมีการ จ่ายพลังงานจาก เซลล์แสงอาทิตย์
11.00-11.10	23.29	✓	✓	
11.10-11.20	29.37	✓	✓	
11.20-11.30	35.14	✓	✓	
11.30-11.40	34.83	✓	✓	
11.40-11.50	26.55	✓	✓	

ตารางที่ 4.5 (ต่อ) ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 1 ชั่วโมงย้อนหลังในแต่ละช่วงระยะเวลาภายใน 1 วัน และแสดงการทำงานของระบบควบคุม และการจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากชุดกักเก็บพลังงานและเซลล์แสงอาทิตย์

เวลา	ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมงย้อนหลัง (วัตต์-ชั่วโมง)	การทำงานของ ระบบควบคุม พลังงานไฟฟ้า	การจ่ายพลังงาน ไฟฟ้าจากชุดกักเก็บ พลังงานและเซลล์ แสงอาทิตย์	หมายเหตุ
11.50-12.00	19.77	×	×	ค่ากำลังไฟฟ้า เฉลี่ย 1 ชั่วโมง ย้อนหลังยังไม่ เกินค่าที่กำหนด
12.00-12.10	13.36	×	×	
12.10-12.20	11.03	×	×	
12.20-12.30	10.02	×	×	
12.30-12.40	13.00	×	×	
12.40-12.50	19.02	×	×	
12.50-13.00	24.92	✓	✓	ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมงย้อนหลังมี
13.00-13.10	30.74	✓	✓	ค่าเกินกว่าค่าที่ กำหนด ดังนั้นจึงมี
13.10-13.20	26.76	✓	✓	การทำงานของ ระบบและมีการ
13.20-13.30	21.63	✓	✓	จ่ายพลังงานจาก เซลล์แสงอาทิตย์
13.30-13.40	18.48	×	×	ค่ากำลังไฟฟ้า เฉลี่ย 1 ชั่วโมง ย้อนหลังยังไม่ เกินค่าที่กำหนด
13.40-13.50	12.17	×	×	
13.50-14.00	14.99	×	×	
14.00-14.10	16.10	×	×	
14.10-14.20	23.08	✓	✓	ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมงย้อนหลังมี ค่าเกินกว่าค่าที่ กำหนด ดังนั้นจึงมี การทำงานของ ระบบและมีการ จ่ายพลังงานจาก เซลล์แสงอาทิตย์
14.20-14.30	30.11	✓	✓	
14.30-14.40	67.00	✓	✓	
14.40-14.50	70.1	✓	✓	
14.50-15.00	59.24	✓	✓	
15.00-15.10	47.8	✓	✓	
15.10-15.20	36.48	✓	✓	
15.20-15.30	33.39	✓	✓	

ตารางที่ 4.5 (ต่อ) ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 1 ชั่วโมงย้อนหลังในแต่ละช่วงระยะเวลาภายใน 1 วัน และ แสดงการทำงานของระบบควบคุม และการจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากชุดกักเก็บพลังงานและเซลล์แสงอาทิตย์

เวลา	ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมงย้อนหลัง (วัตต์-ชั่วโมง)	การทำงานของ ระบบควบคุม พลังงานไฟฟ้า	การจ่ายพลังงาน ไฟฟ้าจากชุดกักเก็บ พลังงานและเซลล์ แสงอาทิตย์	หมายเหตุ
15.30-15.40	35.9	✓	✓	ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมงย้อนหลังมี ค่าเกินกว่าค่าที่ กำหนด ดังนั้นจึงมี การทำงานของ ระบบและมีการ จ่ายพลังงานจาก เซลล์แสงอาทิตย์
15.40-15.50	47.60	✓	✓	
15.50-16.00	59.72	✓	✓	
16.00-16.10	65.63	✓	✓	
16.10-16.20	65.44	✓	✓	
16.20-16.30	57.08	✓	✓	
16.30-16.40	42.83	✓	✓	
16.40-16.50	29.76	✓	✓	
16.50-17.00	99.28	✓	✓	
17.00-17.10	247.43	x	x	ค่ากำลังไฟฟ้า เฉลี่ย 1 ชั่วโมง ย้อนหลังยังไม่ เกินค่าที่กำหนด
17.10-17.20	265.18	✓	✓	ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมงย้อนหลังมี ค่าเกินกว่าค่าที่ กำหนด ดังนั้นจึงมี การทำงานของ ระบบและมีการ จ่ายพลังงานจาก เซลล์แสงอาทิตย์
17.20-17.30	320.50	✓	✓	
17.30-17.40	488.74	✓	✓	
17.40-17.50	661.10	✓	✓	
17.50-18.00	842.16	✓	✓	
18.00-18.10	998.84	✓	✓	
18.10-18.20	1,143.74	✓	✓	
18.20-18.30	1,264.85	✓	✓	
18.30-18.40	1,272.93	✓	✓	
18.40-18.50	1,280.18	✓	✓	
18.50-19.00	1,2747.11	✓	✓	
19.00-19.10	1,163.58	✓	✓	

ตารางที่ 4.5 (ต่อ) ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 1 ชั่วโมงย้อนหลังในแต่ละช่วงระยะเวลาภายใน 1 วัน และแสดงการทำงานของระบบควบคุม และการจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากชุดกักเก็บพลังงานและเซลล์แสงอาทิตย์

เวลา	ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมงย้อนหลัง (วัตต์-ชั่วโมง)	การทำงานของ ระบบควบคุม พลังงานไฟฟ้า	การจ่ายพลังงาน ไฟฟ้าจากชุดกักเก็บ พลังงานและเซลล์ แสงอาทิตย์	หมายเหตุ
19.10-19.20	1,055.66	×	×	ค่ากำลังไฟฟ้า เฉลี่ย 1 ชั่วโมง ย้อนหลังยังไม่ เกินค่าที่กำหนด
19.20-19.30	1,010.31	×	×	
19.30-19.40	1,014.60	×	×	
19.40-19.50	1,020.91	×	×	
19.50-20.00	1,033.38	×	×	
20.00-20.10	1,149.0	✓	✓	ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมงย้อนหลังมี ค่าเกินกว่าค่าที่ กำหนด ดังนั้นจึงมี การทำงานของ ระบบและมีการ จ่ายพลังงานจาก เซลล์แสงอาทิตย์
20.10-20.20	1,269.6	✓	✓	
20.20-20.30	1,319.78	✓	×	ไม่มีพลังงาน ไฟฟ้าในชุดกัก เก็บพลังงาน และ เซลล์แสงอาทิตย์ ไม่สามารถผลิต พลังงานไฟฟ้าได้
20.30-20.40	1,310.82	✓	×	
20.40-20.50	1,294.45	✓	×	
20.50-21.00	1,294.04	✓	×	
21.00-21.10	1,316.91	✓	×	
21.10-21.20	1,327.67	✓	×	
21.20-21.30	1,314.31	✓	×	
21.30-21.40	1,286.76	✓	×	
21.40-21.50	1,270.27	✓	×	
21.50-22.00	1,234.01	✓	×	

ตารางที่ 4.5 (ต่อ) ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 1 ชั่วโมงย้อนหลังในแต่ละช่วงระยะเวลาภายใน 1 วัน และแสดงการทำงานของระบบควบคุม และการจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากชุดกักเก็บพลังงานและเซลล์แสงอาทิตย์

เวลา	ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมงย้อนหลัง (วัตต์-ชั่วโมง)	การทำงานของ ระบบควบคุม พลังงานไฟฟ้า	การจ่ายพลังงาน ไฟฟ้าจากชุดกักเก็บ พลังงานและเซลล์ แสงอาทิตย์	หมายเหตุ
22.00-22.10	271.78	×	×	ค่ากำลังไฟฟ้า เฉลี่ย 1 ชั่วโมง ย้อนหลังยังไม่ เกินค่าที่กำหนด
22.10-22.20	336.36	×	×	
22.20-22.30	393.10	×	×	
22.30-22.40	442.47	×	×	
22.40-22.50	478.89	×	×	
22.50-23.00	436.63	×	×	
23.00-23.10	299.75	×	×	
23.10-23.20	272.27	×	×	
23.20-23.30	245.23	×	×	
23.30-23.40	1,128.34	✓	×	ไม่มีพลังงาน ไฟฟ้าในชุดกัก เก็บพลังงาน และ เซลล์แสงอาทิตย์ ไม่สามารถผลิต พลังงานไฟฟ้าได้
23.40-23.50	1,002.83	✓	×	
23.50-00.00	824.20	×	×	เก็บพลังงาน และ เซลล์แสงอาทิตย์ ไม่สามารถผลิต พลังงานไฟฟ้าได้
00.00-06.10	648.67	×	×	
00.10-00.20	564.39	×	×	
00.20-00.30	558.55	×	×	
00.30-00.40	441.06	×	×	
00.40-00.50	396.24	×	×	
00.50-01.00	393.52	×	×	
01.00-06.10	550.30	×	×	
01.10-01.20	626.61	×	×	
01.20-01.30	499.00	×	×	
01.30-01.40	433.70	×	×	

ตารางที่ 4.5 (ต่อ) ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 1 ชั่วโมงย้อนหลังในแต่ละช่วงระยะเวลาภายใน 1 วัน และแสดงการทำงานของระบบควบคุม และการจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากชุดกักเก็บพลังงานและเซลล์แสงอาทิตย์

เวลา	ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมงย้อนหลัง (วัตต์-ชั่วโมง)	การทำงานของ ระบบควบคุม พลังงานไฟฟ้า	การจ่ายพลังงาน ไฟฟ้าจากชุดกักเก็บ พลังงานและเซลล์ แสงอาทิตย์	หมายเหตุ
01.40-01.50	420.47	x	x	ค่ากำลังไฟฟ้า เฉลี่ย 1 ชั่วโมง ย้อนหลังยังไม่ เกินค่าที่กำหนด
01.50-02.00	454.55	x	x	
02.00-02.10	1,174.5	✓	x	ไม่มีพลังงาน ไฟฟ้าในชุดกัก เก็บพลังงาน และ เซลล์แสงอาทิตย์ ไม่สามารถผลิต พลังงานไฟฟ้าได้
02.10-02.20	1,125.13	✓	x	
02.20-02.30	1,103.55	✓	x	
02.30-02.40	1,103.55	✓	x	
02.40-02.50	1,105.47	✓	x	
02.50-03.00	1,103.06	✓	x	
03.00-03.10	1,106.45	✓	x	
03.10-03.20	1,118.45	✓	x	
03.20-03.30	1,129.70	✓	x	
03.30-03.40	462.3	x	x	
03.40-03.50	461.04	x	x	
03.50-04.00	585.85	x	x	
04.00-04.10	648.93	x	x	
04.10-04.20	648.91	x	x	
04.20-04.30	613.44	x	x	
04.30-04.40	463.50	x	x	
04.40-04.50	462.57	x	x	
04.50-05.00	461.07	x	x	
05.00-05.10	593.91	x	x	
05.10-05.20	795.85	x	x	
05.20-05.30	1,002.81	x	x	

ตารางที่ 4.5 (ต่อ) ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 1 ชั่วโมงย้อนหลังในแต่ละช่วงระยะเวลาภายใน 1 วัน และแสดงการทำงานของระบบควบคุม และการจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากชุดกักเก็บพลังงานและเซลล์แสงอาทิตย์

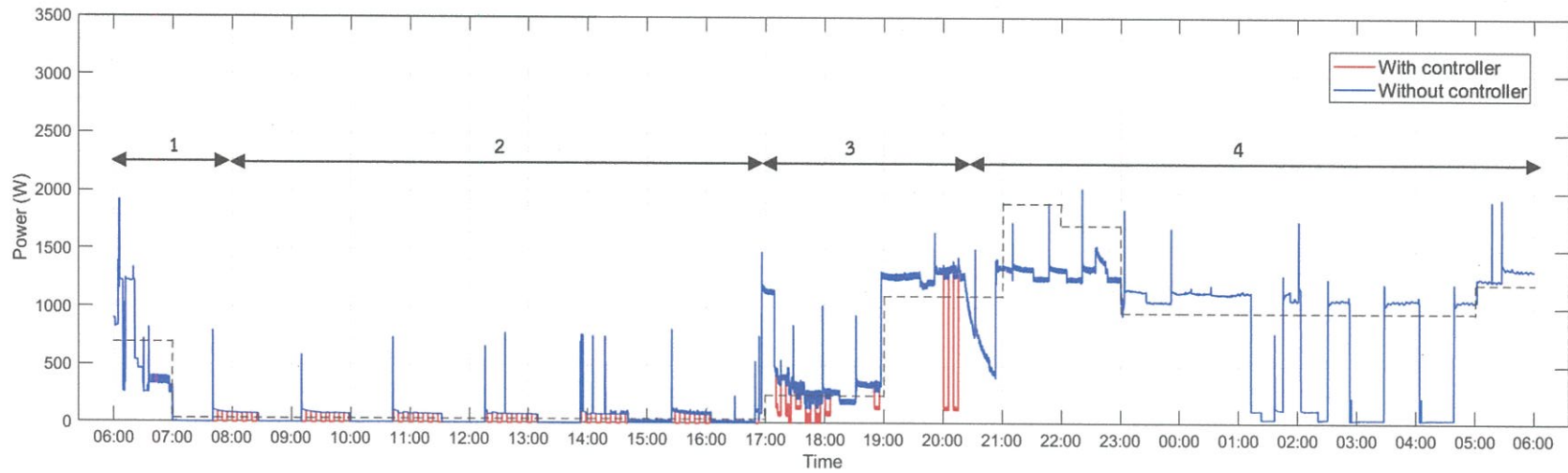
เวลา	ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมงย้อนหลัง (วัตต์-ชั่วโมง)	การทำงานของ ระบบควบคุม พลังงานไฟฟ้า	การจ่ายพลังงาน ไฟฟ้าจากชุดกักเก็บ พลังงานและเซลล์ แสงอาทิตย์	หมายเหตุ
05.30-05.40	1200.35	✓	x	ไม่มีพลังงานไฟฟ้า ในชุดกักเก็บ พลังงาน และเซลล์ แสงอาทิตย์ไม่ สามารถผลิต พลังงานไฟฟ้าได้
05.40-05.50	1,246.30	✓	x	
05.50-06.00	1,291.02	✓	x	

โดยผลการทดลองสามารถสรุปเป็นเหตุการณ์ในแต่ละช่วงเวลาได้ดังรูปที่ 4.11 ในช่วงที่ 1 ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมงย้อนหลังมีค่าเกินกว่าค่าที่กำหนด ระบบควบคุมพลังงานไฟฟ้าจึงทำงาน แต่เนื่องจากช่วงเวลาดังกล่าวได้มีการใช้พลังงานจากชุดกักเก็บพลังงานไปหมดแล้ว และเซลล์แสงอาทิตย์ยังไม่สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ ดังนั้นช่วงเวลานี้จึงไม่มีการลดการใช้พลังงานลง

ในช่วงที่ 2 มีการใช้ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมงย้อนหลังมีค่าเกินกว่าค่าที่กำหนด ทำให้มีการทำงานของระบบควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้า และมีการจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากชุดกักเก็บพลังงานและเซลล์แสงอาทิตย์ เนื่องจากเป็นเวลากลางวัน

ในช่วงที่ 3 มีการใช้พลังงานสูงและค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมงย้อนหลังมีค่าเกินกว่าค่าที่กำหนด ดังนั้นระบบควบคุมพลังงานไฟฟ้าจึงทำงาน ถึงแม้ว่าช่วงเวลานี้เซลล์แสงอาทิตย์ไม่สามารถผลิตพลังงานได้ แต่ยังคงมีพลังงานเหลือในชุดกักเก็บพลังงาน ทำให้สามารถลดการใช้พลังงานลงได้

ในช่วงที่ 4 มีค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมงย้อนหลังเกินกว่าค่าที่กำหนดและน้อยกว่าค่าที่กำหนดสลับกันไป ซึ่งในช่วงเวลาที่มีค่าเกินกว่าค่าที่กำหนด ระบบควบคุมพลังงานไฟฟ้ามีการทำงาน แต่ไม่มีการลดการใช้พลังงานเนื่องจากไม่มีพลังงานไฟฟ้าในชุดกักเก็บพลังงาน และในช่วงเวลากลางคืนเซลล์แสงอาทิตย์ไม่สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้



รูปที่ 4.11 ช่วงเวลาของภาระไฟฟ้าในที่อยู่อาศัยช่วงวันจันทร์ - ศุกร์
เมื่อใช้ระบบควบคุมพลังงานไฟฟ้าซึ่งค่ากำลังไฟฟ้าที่กำหนด (P_{setting}) เป็นค่าที่เปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลาของวัน

4.3 ทดลองความสามารถในการลดหน่วยการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าภาพรวมภายในที่อยู่อาศัยในกรณีที่ 2

พฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วงวันจันทร์ – ศุกร์ และวันเสาร์ - อาทิตย์ มีลักษณะการใช้งานที่ค่อนข้างแตกต่างกัน โดยเฉพาะในช่วงกลางวัน ในวันจันทร์ – ศุกร์ มีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ต่ำ แต่ในวันเสาร์ – อาทิตย์ มีลักษณะการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ค่อนข้างสูงกว่า วันจันทร์ – ศุกร์ อย่างเห็นได้ชัด ดังนั้นจึงต้องมีการทดลองการพลังงานไฟฟ้าภาพรวมภายในที่อยู่อาศัยในกรณีที่ 2 ขึ้นมา

การทดลองความสามารถในการลดหน่วยการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าภาพรวมภายในที่อยู่อาศัยในกรณีที่ 2 เป็นการจัดการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในที่อยู่อาศัยในช่วงวันเสาร์ – อาทิตย์ ซึ่งเป็นวันหยุด มีลักษณะการใช้พลังงานไฟฟ้าตลอดทั้งวัน

สำหรับการทดลองแบ่งเป็น 3 รูปแบบ ดังนี้

1. การทดลองระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าภาพรวมภายในที่อยู่อาศัยในกรณีที่ 2 เมื่อยังไม่มีเมื่อนำระบบควบคุมเข้ามาใช้งาน
2. การทดลองระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าภาพรวมภายในที่อยู่อาศัยในกรณีที่ 2 เมื่อมีการนำระบบควบคุมเข้ามาใช้งาน และค่ากำลังไฟฟ้าที่กำหนด (P_{setting}) เป็นค่าคงที่ตลอด 24 ชั่วโมง
3. การทดลองระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าภาพรวมภายในที่อยู่อาศัยในกรณีที่ 2 เมื่อมีการนำระบบควบคุมเข้ามาใช้งาน และค่ากำลังไฟฟ้าที่กำหนด (P_{setting}) เป็นค่าที่เปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลาของวัน

4.3.1 การทดลองระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าภาพรวมภายในที่อยู่อาศัยในกรณีที่ 2 เมื่อยังไม่มี การนำระบบควบคุมเข้ามาใช้งาน

การทดลองสามารถจำลองพฤติกรรมการใช้พลังงานภายในที่อยู่อาศัยในช่วงวันเสาร์ - อาทิตย์ ซึ่งลักษณะการใช้ภาระไฟฟ้าเป็นไปตามตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ลักษณะการใช้ภาระไฟฟ้าภายในที่อยู่อาศัยใน 1 วัน สำหรับกรณีที่ 2

เวลา	กรณี 2							
	LT	FN	HP	PC	MT	MB	RF	AC
06.00 - 07.00			√				√	
07.00 - 08.00							√	
08.00 - 09.00					√		√	
09.00 - 10.00		√		√			√	
10.00 - 11.00		√		√			√	
11.00 - 12.00		√		√			√	√
12.00 - 13.00		√	√	√	√		√	√
13.00 - 14.00		√		√			√	√
14.00 - 15.00		√		√			√	√
15.00 - 16.00		√					√	√
16.00 - 17.00		√					√	
17.00 - 18.00	√	√	√		√		√	
18.00 - 19.00	√	√					√	
19.00 - 20.00	√	√				√	√	
20.00 - 21.00	√	√				√	√	
21.00 - 22.00	√					√	√	√
22.00 - 23.00	√					√	√	√
23.00 - 00.00							√	√
00.00 - 01.00							√	√
01.00 - 02.00							√	√
02.00 - 03.00							√	√
03.00 - 04.00							√	√
04.00 - 05.00							√	√
05.00 - 06.00							√	√

LT = โหลดแสงสว่าง

FN = พัดลม

HP = กาดม้มน้ำ

MT = มอเตอร์ไฟฟ้า

MB = มอเตอร์ไซค์ไฟฟ้า

PC = คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ

RF = ตู้เย็น

AC = เครื่องปรับอากาศ

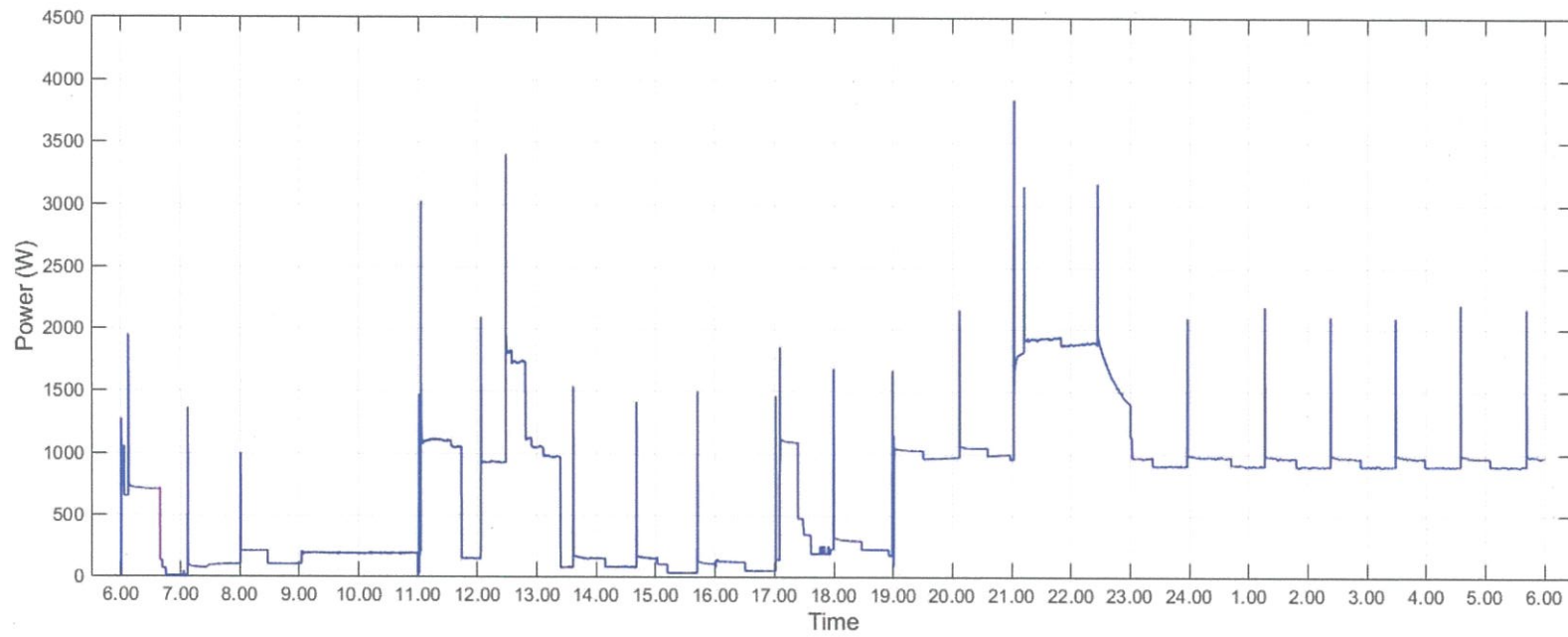
จากตารางแสดงลักษณะการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในที่อยู่อาศัยใน 1 วัน ในการทดลองนำภาระไฟฟ้า ได้แก่ ภาระไฟฟ้าแสงสว่าง, พัดลม, กาดม้ น้ำไฟฟ้า, มอเตอร์ไฟฟ้า, คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ, ตู้เย็น, เครื่องปรับอากาศ และมอเตอร์ไซค์ไฟฟ้า มาต่อเข้ากับชุดทดลองตามช่วงเวลาแสดงดังตารางที่ 4.12 ทำการวัดค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้า โดยใช้เครื่องมือวัดค่าพารามิเตอร์ไฟฟ้าที่ตำแหน่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าของชุดทดลอง

เมื่อทำการต่อภาระไฟฟ้าแล้ว ทำการวัดค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้า เพื่อนำค่าที่ได้จากการวัดมาสร้างเป็นกราฟช่วงเวลาของภาระไฟฟ้าภายในที่อยู่อาศัย ซึ่งทำการสร้างกราฟภาพรวมใน 24 ชั่วโมงหรือ 1 วัน โดยแสดงกราฟช่วงเวลาของภาระไฟฟ้าในที่อยู่อาศัยของกรณีที่ 2 ได้ดังรูปที่ 4.12

จากรูปที่ 4.12 กราฟช่วงเวลาของภาระไฟฟ้าภายในที่อยู่อาศัยในช่วงวันเสาร์ – อาทิตย์ พบว่า

- 06.00 - 07.00 น. ใช้ภาระไฟฟ้า คือ กาดม้ น้ำไฟฟ้า และตู้เย็นในช่วงแรกมีการใช้กำลังไฟฟ้าสูงประมาณ 710 วัตต์ เนื่องจากการทำงานของกาดม้ น้ำไฟฟ้า ที่อยู่ในช่วงต้ม น้ำ และเนื่องจากมีโหลดที่มีมอเตอร์เป็นส่วนประกอบ ได้แก่ ตู้เย็นทำให้ในช่วงแรกมีกำลังไฟฟ้าสูง ซึ่งเป็นผลมาจากกการใช้กระแสมากในช่วงสตาร์ท
- 07.00 - 08.00 น. ใช้ภาระไฟฟ้า คือ ตู้เย็น ใช้กำลังไฟฟ้า 84 วัตต์ในช่วงที่ทำงาน
- 08.00 - 09.00 น. ใช้ภาระไฟฟ้า คือ มอเตอร์ไฟฟ้า และตู้เย็น ใช้กำลังไฟฟ้า 180 วัตต์
- 09.00 - 11.00 น. ใช้ภาระไฟฟ้า คือ พัดลม คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ และตู้เย็น ใช้กำลังไฟฟ้าค่อนข้างคงที่ประมาณ 190 วัตต์
- 11.00 - 12.00 น. ใช้ภาระไฟฟ้า คือ พัดลม คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ เครื่องปรับอากาศ และตู้เย็น ในช่วงนี้มีมีการใช้กำลังไฟฟ้าที่มากขึ้นเป็นผลมาจากกการใช้เครื่องปรับอากาศ โดยมีการใช้กำลังไฟฟ้าสูงประมาณ 1,100 วัตต์
- 12.00 - 13.00 น. ใช้ภาระไฟฟ้า คือ พัดลม คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ กาดม้ น้ำ มอเตอร์ไฟฟ้า เครื่องปรับอากาศ และตู้เย็น มีการใช้กำลังไฟฟ้า 1,700 วัตต์ในช่วง 20 นาทีแรก เนื่องจากการทำงานของกาดม้ น้ำ และหลังจากน้ำเดือด หรืออยู่ในช่วงรักษาอุณหภูมิกำลังไฟฟาลดลงเหลือประมาณ 1,145 วัตต์
- 13.00 - 15.00 น. ใช้ภาระไฟฟ้า คือ พัดลม คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ เครื่องปรับอากาศ และตู้เย็น ใช้กำลังไฟฟ้าค่อนข้างคงที่ประมาณ 1,090 วัตต์
- 15.00 - 16.00 น. ใช้ภาระไฟฟ้า คือ พัดลม เครื่องปรับอากาศ และตู้เย็น ใช้กำลังไฟฟ้าค่อนข้างคงที่ประมาณ 1,030 วัตต์
- 16.00 - 17.00 น. ใช้ภาระไฟฟ้า คือ ตู้เย็น และพัดลม ใช้กำลังไฟฟ้า 135 วัตต์ในช่วงที่ทำงาน

- 17.00 - 18.00 น. ใช้ภาระไฟฟ้า คือ หลอดไฟ พัดลม กาดม้มน้ำไฟฟ้า มอเตอร์ไฟฟ้า และตู้เย็น มีการใช้กำลังไฟฟ้า 1,040 วัตต์ในช่วง 20 นาทีแรก เนื่องจากการทำงานของกาดม้มน้ำ และหลังจากน้ำเดือด หรืออยู่ในช่วงรักษาอุณหภูมิกำลังไฟฟ้าลดลงเหลือประมาณ 465 วัตต์
- 18.00 - 19.00 น. ใช้ภาระไฟฟ้า คือ หลอดไฟ พัดลม และตู้เย็น ในช่วงนี้มีการลดการใช้กำลังไฟฟ้าลง เนื่องจากไม่มีกาดม้มน้ำไฟฟ้าและมอเตอร์ไฟฟ้าทำให้มีการใช้กำลังไฟฟ้าในช่วงเริ่มต้นลดลงเหลือประมาณ 308 วัตต์
- 19.00 - 21.00 น. ใช้ภาระไฟฟ้า คือ หลอดไฟ พัดลม มอเตอร์ไซค์ และตู้เย็น ในช่วงนี้มีการใช้กำลังไฟฟ้าที่มากขึ้นเนื่องจากการชาร์จไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่ของมอเตอร์ไซค์ไฟฟ้า ซึ่งอยู่ในโหมดชาร์จเร็ว โดยใช้กำลังไฟฟ้าประมาณ 1,140 วัตต์
- 21.00 - 23.00 น. ใช้ภาระไฟฟ้า คือ หลอดไฟ มอเตอร์ไซค์ไฟฟ้า เครื่องปรับอากาศ และตู้เย็น โดยใช้กำลังไฟฟ้าจาก 1,984 วัตต์ ลดลงเหลือประมาณ 1,000 วัตต์เป็นผลมาจากการเปลี่ยนโหมดการชาร์จแบตเตอรี่ของมอเตอร์ไซค์ไฟฟ้าจากโหมดชาร์จเร็ว เป็นโหมดชาร์จแบบปกติ โดยค่ากำลังไฟฟ้ามักลดลงต่ำลงตามเวลาที่ระดับแบตเตอรี่เพิ่มขึ้น จนกระทั่งแบตเตอรี่เต็ม
- 23.00 - 06.00 น. ใช้ภาระไฟฟ้า คือ เครื่องปรับอากาศ และตู้เย็น มีการใช้กำลังไฟฟ้าเป็นช่วงคือช่วงใช้ไฟฟ้าเกิดค่าไฟฟ้าสูงสุดประมาณ 2,100 วัตต์ ไม่ถึง 1 นาที เนื่องจากคอมเพรสเซอร์ทำงานคล้ายกับมอเตอร์ จึงมีการกระชากของกระแสไฟฟ้า และลดกำลังไฟฟ้าเหลือประมาณ 980 วัตต์ โดยแต่ละช่วงขึ้นอยู่กับอุณหภูมิในห้องสลับกันเพื่อทำการรักษาอุณหภูมิ



รูปที่ 4.12 ช่วงเวลาของภาระไฟฟ้าในที่อยู่อาศัยในช่วงวันเสาร์ - อาทิตย์ เมื่อยังไม่มียระบบควบคุม

4.3.2 การทดลองระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าภาพรวมภายในที่อยู่อาศัยในกรณีที่ 2 เมื่อมีการนำระบบควบคุมเข้ามาใช้งาน และค่ากำลังไฟฟ้าที่กำหนด (P_{setting}) เป็นค่าคงที่ตลอด 24 ชั่วโมง

สำหรับการทดลองนี้เป็นการนำเอาระบบควบคุมพลังงานไฟฟ้าเข้ามาใช้งาน โดยกำหนดค่ากำลังไฟฟ้าที่กำหนด (P_{setting}) เป็นค่าคงที่ตลอด 24 ชั่วโมง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 715 วัตต์-ชั่วโมง โดยค่าดังกล่าวเกิดจากความต้องการลดหน่วยการใช้พลังงานไฟฟ้าร้อยละ 10 ของหน่วยการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ภายใน 1 วัน ซึ่งได้จากการดูพฤติกรรมของการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในที่อยู่อาศัยกรณีที่ 2 โดยผลการทดลองสามารถอธิบายเหตุการณ์ได้ตามตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 1 ชั่วโมงย้อนหลังในแต่ละช่วงระยะเวลาภายใน 1 วัน และแสดงการทำงานของระบบควบคุม และการจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากชุดกักเก็บพลังงานและเซลล์แสงอาทิตย์

เวลา	ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมงย้อนหลัง (วัตต์-ชั่วโมง)	การทำงานของ ระบบควบคุม พลังงานไฟฟ้า	การจ่ายพลังงาน ไฟฟ้าจากชุดกักเก็บ พลังงานและเซลล์ แสงอาทิตย์	หมายเหตุ
06.00-06.10	-	-	-	
06.10-06.20	-	-	-	
06.20-06.30	-	-	-	
06.30-06.40	-	-	-	
06.40-06.50	-	-	-	
06.50-07.00	269.43	×	×	ค่ากำลังไฟฟ้า เฉลี่ย 1 ชั่วโมง ย้อนหลังยังไม่ เกินค่าที่กำหนด
07.00-07.10	143.24	×	×	
07.10-07.20	25.95	×	×	
07.20-07.30	24.42	×	×	
07.30-07.40	22.64	×	×	
07.40-07.50	17.97	×	×	
07.50-08.00	18.36	×	×	
08.00-08.10	47.98	×	×	
08.10-08.20	57.72	×	×	
08.20-08.30	51.53	×	×	
08.30-08.40	51.63	×	×	
08.40-08.50	67.98	×	×	
08.50-09.00	71.02	×	×	

ตารางที่ 4.7 (ต่อ) ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 1 ชั่วโมงย้อนหลังในแต่ละช่วงระยะเวลาภายใน 1 วัน และแสดงการทำงานของระบบควบคุม และการจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากชุดกักเก็บพลังงานและเซลล์แสงอาทิตย์

เวลา	ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมงย้อนหลัง (วัตต์-ชั่วโมง)	การทำงานของ ระบบควบคุม พลังงานไฟฟ้า	การจ่ายพลังงาน ไฟฟ้าจากชุดกักเก็บ พลังงานและเซลล์ แสงอาทิตย์	หมายเหตุ
09.00-09.10	82.11	×	×	ค่ากำลังไฟฟ้า เฉลี่ย 1 ชั่วโมง ย้อนหลังยังไม่ เกินค่าที่กำหนด
09.10-09.20	83.85	×	×	
09.20-09.30	92.96	×	×	
09.30-09.40	98.01	×	×	
09.40-09.50	87.66	×	×	
09.50-10.00	89.13	×	×	
10.00-10.10	91.08	×	×	
10.10-10.20	96.41	×	×	
10.20-10.30	110.57	×	×	
10.30-10.40	124.28	×	×	
10.40-10.50	140.65	×	×	
10.50-11.00	138.71	×	×	
11.00-11.10	275.04	×	×	
11.10-11.20	410.21	×	×	
11.20-11.30	427.47	×	×	
11.30-11.40	545.32	×	×	
11.40-11.50	560.13	×	×	
11.50-12.00	659.54	×	×	
12.00-12.10	742.41	✓	✓	ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมงย้อนหลังมี ค่าเกินกว่าค่าที่ กำหนด ดังนั้นจึงมี การทำงานของ ระบบและมีการ จ่ายพลังงานจาก เซลล์แสงอาทิตย์
12.10-12.20	727.30	✓	✓	
12.20-12.30	810.32	✓	✓	
12.30-12.40	798.66	✓	✓	
12.40-12.50	821.39	✓	✓	
12.50-13.00	771.08	✓	✓	
13.00-13.10	809.22	✓	✓	

ตารางที่ 4.7 (ต่อ) ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 1 ชั่วโมงย้อนหลังในแต่ละช่วงระยะเวลาภายใน 1 วัน และแสดงการทำงานของระบบควบคุม และการจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากชุดกักเก็บพลังงานและเซลล์แสงอาทิตย์

เวลา	ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมงย้อนหลัง (วัตต์-ชั่วโมง)	การทำงานของ ระบบควบคุม พลังงานไฟฟ้า	การจ่ายพลังงาน ไฟฟ้าจากชุดกักเก็บ พลังงานและเซลล์ แสงอาทิตย์	หมายเหตุ
13.10-13.20	597.15	×	×	ค่ากำลังไฟฟ้า เฉลี่ย 1 ชั่วโมง ย้อนหลังยังไม่ เกินค่าที่กำหนด
13.20-13.30	618.4	×	×	
13.30-13.40	616.78	×	×	
13.40-13.50	770.10	✓	✓	ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมงย้อนหลังมี ค่าเกินกว่าค่าที่ กำหนด ดังนั้นจึงมี การทำงานของ ระบบและมีการ จ่ายพลังงานจาก เซลล์แสงอาทิตย์
13.50-14.00	831.52	✓	✓	
14.00-14.10	881.67	✓	✓	
14.10-14.20	880.92	✓	✓	
14.20-14.30	860.66	✓	✓	
14.30-14.40	821.64	✓	✓	
14.40-14.50	647.07	×	×	
14.50-15.00	613.40	×	×	ค่ากำลังไฟฟ้า เฉลี่ย 1 ชั่วโมง ย้อนหลังยังไม่ เกินค่าที่กำหนด
15.00-15.10	677.54	×	×	
15.10-15.20	576.54	×	×	
15.20-15.30	465.60	×	×	
15.30-15.40	438.14	×	×	
15.40-15.50	500.47	×	×	
15.50-16.00	412.75	×	×	
16.00-16.10	226.03	×	×	
16.10-16.20	202.56	×	×	
16.20-16.30	325.04	×	×	
16.30-16.40	370.43	×	×	
16.40-16.50	331.89	×	×	
16.50-17.00	377.03	×	×	

ตารางที่ 4.7 (ต่อ) ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 1 ชั่วโมงย้อนหลังในแต่ละช่วงระยะเวลาภายใน 1 วัน และแสดงการทำงานของระบบควบคุม และการจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากชุดกักเก็บพลังงานและเซลล์แสงอาทิตย์

เวลา	ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมงย้อนหลัง (วัตต์-ชั่วโมง)	การทำงานของ ระบบควบคุม พลังงานไฟฟ้า	การจ่ายพลังงาน ไฟฟ้าจากชุดกักเก็บ พลังงานและเซลล์ แสงอาทิตย์	หมายเหตุ
17.00-17.10	926.32	✓	✓	ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมงย้อนหลังมี ค่าเกินกว่าค่าที่ กำหนด ดังนั้นจึงมี การทำงานของ ระบบและมีการ จ่ายพลังงานจาก เซลล์แสงอาทิตย์
17.10-17.20	947.73	✓	✓	
17.20-17.30	961.02	✓	✓	
17.30-17.40	968.58	✓	✓	
17.40-17.50	1,019.88	✓	✓	
17.50-18.00	549.02	x	x	ค่ากำลังไฟฟ้า เฉลี่ย 1 ชั่วโมง ย้อนหลังยังไม่ เกินค่าที่กำหนด
18.00-18.10	692.11	x	x	
18.10-18.20	855.34	✓	✓	ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมงย้อนหลังมี ค่าเกินกว่าค่าที่ กำหนด ดังนั้นจึงมี การทำงานของ ระบบและมีการ จ่ายพลังงานจาก เซลล์แสงอาทิตย์
18.20-18.30	1,038.83	✓	✓	
18.30-18.40	1,227.46	✓	✓	
18.40-18.50	1,274.11	✓	✓	
18.50-19.00	1,234.74	✓	✓	
19.00-19.10	1,156.49	✓	✓	
19.10-19.20	1,003.55	✓	✓	
19.20-19.30	836.78	✓	✓	
19.30-19.40	767.22	✓	✓	
19.40-19.50	678.418	x	x	ค่ากำลังไฟฟ้า เฉลี่ย 1 ชั่วโมง ย้อนหลังยังไม่ เกินค่าที่กำหนด
19.50-20.00	630.01	x	x	

ตารางที่ 4.7 (ต่อ) ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 1 ชั่วโมงย้อนหลังในแต่ละช่วงระยะเวลาภายใน 1 วัน และแสดงการทำงานของระบบควบคุม และการจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากชุดกักเก็บพลังงานและเซลล์แสงอาทิตย์

เวลา	ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมงย้อนหลัง (วัตต์-ชั่วโมง)	การทำงานของ ระบบควบคุม พลังงานไฟฟ้า	การจ่ายพลังงาน ไฟฟ้าจากชุดกักเก็บ พลังงานและเซลล์ แสงอาทิตย์	หมายเหตุ
20.00-20.10	724.23	✓	✓	ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมงย้อนหลังมี ค่าเกินกว่าค่าที่ กำหนด ดังนั้นจึงมี การทำงานของ ระบบและมีการ จ่ายพลังงานจาก เซลล์แสงอาทิตย์
20.10-20.20	785.64	✓	✓	
20.20-20.30	850.98	✓	✓	
20.30-20.40	922.29	✓	✓	
20.40-20.50	922.57	✓	✓	
20.50-21.00	1,010.73	✓	✓	
21.00-21.10	1,014.32	✓	✓	
21.10-21.20	1,122.81	✓	✓	
21.20-21.30	1,214.19	✓	✓	
21.30-21.40	1,201.00	✓	✓	
21.40-21.50	1,247.00	✓	×	ไม่มี พลังงาน ไฟฟ้าในชุดกัก เก็บพลังงาน และ เซลล์แสงอาทิตย์
21.50-22.00	1,215.74	✓	×	ไม่สามารถผลิต พลังงานไฟฟ้าได้
22.00-22.10	420.26	×	×	ค่ากำลังไฟฟ้า เฉลี่ย 1 ชั่วโมง ย้อนหลังยังไม่ เกินค่าที่กำหนด
22.10-22.20	471.56	×	×	
22.20-22.30	380.15	×	×	
22.30-22.40	318.92	×	×	
22.40-22.50	297.41	×	×	

ตารางที่ 4.7 (ต่อ) ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 1 ชั่วโมงย้อนหลังในแต่ละช่วงระยะเวลาภายใน 1 วัน และแสดงการทำงานของระบบควบคุม และการจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากชุดกักเก็บพลังงานและเซลล์แสงอาทิตย์

เวลา	ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมงย้อนหลัง (วัตต์-ชั่วโมง)	การทำงานของ ระบบควบคุม พลังงานไฟฟ้า	การจ่ายพลังงาน ไฟฟ้าจากชุดกักเก็บ พลังงานและเซลล์ แสงอาทิตย์	หมายเหตุ
22.50-23.00	2843.78	✓	×	ไม่มีพลังงาน ไฟฟ้าในชุดกัก เก็บพลังงาน และ เซลล์แสงอาทิตย์ ไม่สามารถผลิต พลังงานไฟฟ้าได้
23.00-23.10	267.17	×	×	ค่ากำลังไฟฟ้า เฉลี่ย 1 ชั่วโมง ย้อนหลังยังไม่ เกินค่าที่กำหนด
23.10-23.20	246.11	×	×	
23.20-23.30	370.07	×	×	
23.30-23.40	1,102.64	✓	×	ไม่มีพลังงาน ไฟฟ้าในชุดกัก เก็บพลังงาน และ เซลล์แสงอาทิตย์ ไม่สามารถผลิต พลังงานไฟฟ้าได้
23.40-23.50	1,103.70	✓	×	
23.50-00.00	1,094.50	✓	×	
00.00-06.10	1,098.41	✓	×	
00.10-00.20	1,104.12	✓	×	
00.20-00.30	1,110.10	✓	×	
00.30-00.40	1,114.76	✓	×	
00.40-00.50	1,094.55	✓	×	
00.50-01.00	1,079.16	✓	×	
01.00-06.10	1,059.78	✓	×	
01.10-01.20	1,045.63	✓	×	
01.20-01.30	1,048.85	✓	×	
01.30-01.40	1,051.44	✓	×	
01.40-01.50	1,064.03	✓	×	
01.50-02.00	1,080.22	✓	×	
02.00-02.10	1,184.58	✓	×	

ตารางที่ 4.7 (ต่อ) ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 1 ชั่วโมงย้อนหลังในแต่ละช่วงระยะเวลาภายใน 1 วัน และแสดงการทำงานของระบบควบคุม และการจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากชุดกักเก็บพลังงานและเซลล์แสงอาทิตย์

เวลา	ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมงย้อนหลัง (วัตต์-ชั่วโมง)	การทำงานของ ระบบควบคุม พลังงานไฟฟ้า	การจ่ายพลังงาน ไฟฟ้าจากชุดกักเก็บ พลังงานและเซลล์ แสงอาทิตย์	หมายเหตุ
02.10-02.20	1,157.91	✓	x	ไม่มีพลังงาน ไฟฟ้าในชุดกัก เก็บพลังงาน และ เซลล์แสงอาทิตย์ ไม่สามารถผลิต พลังงานไฟฟ้าได้
02.20-02.30	1,136.48	✓	x	
02.30-02.40	1,108.52	✓	x	
02.40-02.50	1,103.87	✓	x	
02.50-03.00	1,084.48	✓	x	
03.00-03.10	1,067.09	✓	x	
03.10-03.20	1,007.45	✓	x	
03.20-03.30	915.45	✓	x	
03.30-03.40	1,088.77	✓	x	
03.40-03.50	1,085.13	✓	x	
03.50-04.00	1,063.83	✓	x	
04.00-04.10	1,049.05	✓	x	
04.10-04.20	1,047.89	✓	x	
04.20-04.30	1,050.84	✓	x	
04.30-04.40	1,058.97	✓	x	
04.40-04.50	1,076.40	✓	x	
04.50-05.00	1,089.67	✓	x	
05.00-05.10	1,086.62	✓	x	
05.10-05.20	1,069.49	✓	x	
05.20-05.30	1,056.26	✓	x	
05.30-05.40	1,039.26	✓	x	
05.40-05.50	1,021.01	✓	x	
05.50-06.00	841.18	✓	x	

โดยผลการทดลองสามารถสรุปเป็นเหตุการณ์ในแต่ละช่วงเวลาได้ดังรูปที่ 4.13 ในช่วงที่ 1 ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมงย้อนหลังมีค่าเกินกว่าค่าที่กำหนดไว้ จึงมีการทำงานของระบบควบคุม แต่ไม่มีพลังงานจ่ายออกมาจากชุดกักเก็บพลังงานและเซลล์แสงอาทิตย์ เนื่องจากไม่มีพลังงานเหลือภายในชุดกักเก็บพลังงาน และเซลล์แสงอาทิตย์ยังไม่สามารถผลิตพลังงานได้ ในช่วงเวลานี้จึงไม่มีการลดการใช้พลังงานไฟฟ้า

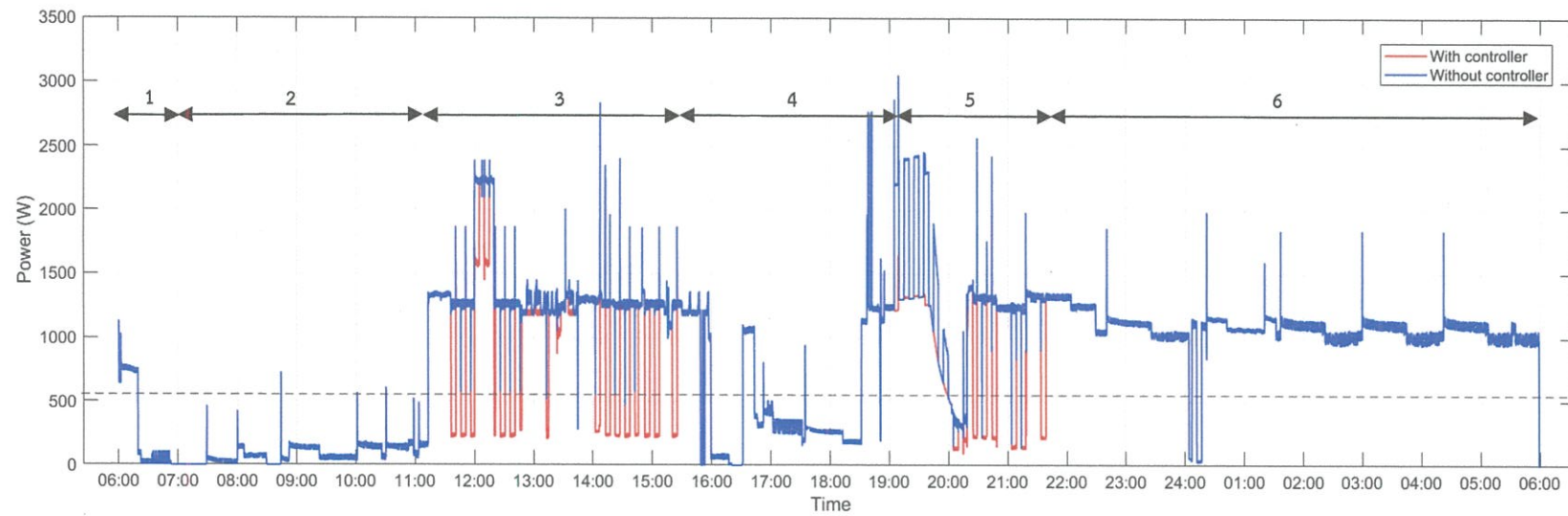
ในช่วงที่ 2 ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมงย้อนหลังมีค่าไม่เกินกว่าค่าที่กำหนดไว้ จึงไม่มีการทำงานของระบบควบคุมพลังงานไฟฟ้า

ในช่วงที่ 3 เป็นช่วงที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าสูง ส่งผลให้ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมงย้อนหลังมีค่าเกินกว่าค่าที่กำหนดไว้ จึงมีการทำงานของระบบควบคุมพลังงานไฟฟ้า เนื่องจากช่วงเวลานี้เป็นช่วงเวลากลางวัน ดังนั้นเซลล์แสงอาทิตย์จึงสามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับระบบได้ ในช่วงเวลานี้จึงมีการลดการใช้พลังงาน

ในช่วงที่ 4 ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมงย้อนหลังมีค่าไม่เกินกว่าค่าที่กำหนดไว้ ดังนั้นจึงไม่มีการทำงานของระบบควบคุมพลังงานไฟฟ้า

ในช่วงที่ 5 มีการกลับมาใช้พลังงานไฟฟ้าสูงอีกครั้ง ดังนั้นค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมงย้อนหลังมีค่าเกินกว่าค่าที่กำหนดไว้ ระบบควบคุมพลังงานไฟฟ้าจึงมีการทำงาน ถึงแม้ในช่วงเวลานี้เซลล์แสงอาทิตย์ไม่สามารถผลิตพลังงานได้ แต่ยังคงมีพลังงานในชุดกักเก็บพลังงานอยู่

ในช่วงที่ 6 ซึ่งเป็นช่วงเวลาสุดท้ายของวัน มีการใช้ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมงย้อนหลังเกินกว่าค่าที่กำหนด ระบบควบคุมพลังงานไฟฟ้าจึงมีการทำงาน แต่ในช่วงเวลานี้ไม่มีพลังงานเหลือภายในชุดกักเก็บพลังงาน ส่งผลให้ช่วงเวลานี้ไม่สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้



รูปที่ 4.13 ช่วงเวลาของภาระไฟฟ้าในที่อยู่อาศัยช่วงวันเสาร์ - อาทิตย์
เมื่อใช้ระบบควบคุมพลังงานไฟฟ้าซึ่งค่ากำลังไฟฟ้าที่กำหนด (P_{setting}) เป็นค่าคงที่

4.3.3 การทดลองระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าภาพรวมภายในที่อยู่อาศัยในกรณีนี้ 2 เมื่อมีการนำระบบควบคุมเข้ามาใช้งาน และค่ากำลังไฟฟ้าที่กำหนด (P_{setting}) เป็นค่าที่เปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลาของวัน

ในการทดลองรูปแบบสุดท้ายเป็นการนำระบบควบคุมพลังงานไฟฟ้ามาจัดการพลังงานไฟฟ้า โดยค่ากำลังไฟฟ้าที่กำหนด (P_{setting}) มีค่าเปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลาของวัน โดยค่าที่กำหนดมานั้นมีการวิเคราะห์จากพฤติกรรมการใช้งานพลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้งาน ซึ่งค่ากำลังไฟฟ้าที่กำหนด (P_{setting}) เป็นไปตามตารางที่ xx และสามารถอธิบายเหตุการณ์ในแต่ละช่วงเวลาได้ดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ค่ากำลังไฟฟ้าที่กำหนด (P_{setting}) ในแต่ละช่วงเวลาภายใน 1 วัน

ช่วงระยะเวลา	ค่ากำลังไฟฟ้าที่กำหนด (Wh)	ช่วงระยะเวลา	ค่ากำลังไฟฟ้าที่กำหนด (Wh)
06.00-07.00 น.	800	18.00-19.00 น.	250
07.00-08.00 น.	20	19.00-20.00 น.	1,200
08.00-09.00 น.	20	20.00-21.00 น.	1,200
09.00-10.00 น.	20	21.00-22.00 น.	1,900
10.00-11.00 น.	20	22.00-23.00 น.	1,900
11.00-12.00 น.	600	23.00-00.00 น.	950
12.00-13.00 น.	600	00.00-01.00 น.	950
13.00-14.00 น.	600	01.00-02.00 น.	950
14.00-15.00 น.	600	02.00-03.00 น.	950
15.00-16.00 น.	600	03.00-04.00 น.	950
16.00-17.00 น.	20	04.00-05.00 น.	950
17.00-18.00 น.	250	05.00-06.00 น.	1,200

ตารางที่ 4.9 ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 1 ชั่วโมงย้อนหลังในแต่ละช่วงระยะเวลาภายใน 1 วัน และแสดงการทำงานของระบบควบคุม และการจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากชุดกักเก็บพลังงานและเซลล์แสงอาทิตย์

เวลา	ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมงย้อนหลัง (วัตต์-ชั่วโมง)	การทำงานของ ระบบควบคุม พลังงานไฟฟ้า	การจ่ายพลังงาน ไฟฟ้าจากชุดกักเก็บ พลังงานและเซลล์ แสงอาทิตย์	หมายเหตุ
06.00-06.10	-	-	-	
06.10-06.20	-	-	-	
06.20-06.30	-	-	-	
06.30-06.40	-	-	-	
06.40-06.50	-	-	-	
06.50-07.00	322.12	x	x	ค่ากำลังไฟฟ้า เฉลี่ย 1 ชั่วโมง ย้อนหลังยังไม่ เกินค่าที่กำหนด
07.00-07.10	193.20	✓	x	ไม่มีพลังงาน ไฟฟ้าในชุดกัก เก็บพลังงาน และ เซลล์แสงอาทิตย์ ไม่สามารถผลิต พลังงานไฟฟ้าได้
07.10-07.20	130.77	✓	x	
07.20-07.30	103.40	✓	x	
07.30-07.40	86.68	✓	x	
07.40-07.50	79.41	✓	x	
07.50-08.00	73.91	✓	x	
08.00-08.10	90.36	✓	✓	ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมงย้อนหลังมี ค่าเกินกว่าค่าที่ กำหนด ดังนั้นจึงมี การทำงานของ ระบบและมีการ จ่ายพลังงานจาก เซลล์แสงอาทิตย์
08.10-08.20	101.03	✓	✓	
08.20-08.30	103.08	✓	✓	
08.30-08.40	103.84	✓	✓	
08.40-08.50	100.99	✓	✓	
08.50-09.00	92.11	✓	✓	
09.00-09.10	80.15	✓	✓	
09.10-09.20	77.08	✓	✓	
09.20-09.30	73.47	✓	✓	
09.30-09.40	76.33	✓	✓	
09.40-09.50	84.24	✓	✓	

ตารางที่ 4.9 (ต่อ) ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 1 ชั่วโมงย้อนหลังในแต่ละช่วงระยะเวลาภายใน 1 วัน และแสดงการทำงานของระบบควบคุม และการจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากชุดกักเก็บพลังงานและเซลล์แสงอาทิตย์

เวลา	ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมงย้อนหลัง (วัตต์-ชั่วโมง)	การทำงานของ ระบบควบคุม พลังงานไฟฟ้า	การจ่ายพลังงาน ไฟฟ้าจากชุดกักเก็บ พลังงานและเซลล์ แสงอาทิตย์	หมายเหตุ
09.50-10.00	91.80	✓	✓	ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมงย้อนหลังมี ค่าเกินกว่าค่าที่ กำหนด ดังนั้นจึงมี การทำงานของ ระบบและมีการ จ่ายพลังงานจาก เซลล์แสงอาทิตย์
10.00-10.10	91.68	✓	✓	
10.10-10.20	91.77	✓	✓	
10.20-10.30	93.44	✓	✓	
10.30-10.40	97.57	✓	✓	
10.40-10.50	98.50	✓	✓	
10.50-11.00	105.94	✓	✓	
11.00-11.10	225.17	✗	✗	ค่ากำลังไฟฟ้า เฉลี่ย 1 ชั่วโมง ย้อนหลังยังไม่ เกินค่าที่กำหนด
11.10-11.20	343.44	✗	✗	
11.20-11.30	468.34	✗	✗	
11.30-11.40	585.66	✗	✗	
11.40-11.50	703.89	✓	✓	ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมงย้อนหลังมี ค่าเกินกว่าค่าที่ กำหนด ดังนั้นจึงมี การทำงานของ ระบบและมีการ จ่ายพลังงานจาก เซลล์แสงอาทิตย์
11.50-12.00	822.71	✓	✓	
12.00-12.10	1,206.38	✓	✓	
12.10-12.20	1,206.85	✓	✓	
12.20-12.30	1,206.85	✓	✓	
12.30-12.40	1,206.85	✓	✓	
12.40-12.50	1,206.35	✓	✓	
12.50-13.00	1,014.49	✓	✓	
13.00-13.10	822.68	✓	✓	
13.10-13.20	822.22	✓	✓	
13.20-13.30	822.22	✓	✓	
13.30-13.40	822.22	✓	✓	
13.40-13.50	822.22	✓	✓	
13.50-14.00	800.19	✓	✓	

ตารางที่ 4.9 (ต่อ) ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 1 ชั่วโมงย้อนหลังในแต่ละช่วงระยะเวลาภายใน 1 วัน และแสดงการทำงานของระบบควบคุม และการจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากชุดกักเก็บพลังงานและเซลล์แสงอาทิตย์

เวลา	ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมงย้อนหลัง (วัตต์-ชั่วโมง)	การทำงานของ ระบบควบคุม พลังงานไฟฟ้า	การจ่ายพลังงาน ไฟฟ้าจากชุดกักเก็บ พลังงานและเซลล์ แสงอาทิตย์	หมายเหตุ
14.00-14.10	759.20	✓	✓	ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมงย้อนหลังมี ค่าเกินกว่าค่าที่ กำหนด ดังนั้นจึงมี การทำงานของ ระบบและมีการ จ่ายพลังงานจาก เซลล์แสงอาทิตย์
14.10-14.20	789.21	✓	✓	
14.20-14.30	819.19	✓	✓	
14.30-14.40	654.10	✓	✓	
14.40-14.50	760.20	✓	✓	
14.50-15.00	821.30	✓	✓	
15.00-15.10	822.23	✓	✓	
15.10-15.20	786.7	✓	✓	
15.20-15.30	908.452	✓	✓	
15.30-15.40	891.25	✓	✓	
15.40-15.50	957.46	✓	✓	
15.50-16.00	827.5	✓	✓	
16.00-16.10	704.43	✓	✓	
16.10-16.20	581.2	✓	✓	
16.20-16.30	366.07	✓	✓	
16.30-16.40	259.74	✓	✓	
16.40-16.50	179.05	✓	✓	
16.50-17.00	377.03	✓	✓	
17.00-17.10	332.66	✓	✓	
17.10-17.20	360.29	✓	✓	
17.20-17.30	393.59	✓	✓	
17.30-17.40	428.94	✓	✓	
17.40-17.50	463.78	✓	✓	
17.50-18.00	385.25	✓	✓	
18.00-18.10	265.15	✓	✓	
18.10-18.20	266.39	✓	✓	

ตารางที่ 4.9 (ต่อ) ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 1 ชั่วโมงย้อนหลังในแต่ละช่วงระยะเวลาภายใน 1 วัน และแสดงการทำงานของระบบควบคุม และการจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากชุดกักเก็บพลังงานและเซลล์แสงอาทิตย์

เวลา	ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมงย้อนหลัง (วัตต์-ชั่วโมง)	การทำงานของ ระบบควบคุม พลังงานไฟฟ้า	การจ่ายพลังงาน ไฟฟ้าจากชุดกักเก็บ พลังงานและเซลล์ แสงอาทิตย์	หมายเหตุ
19.00-19.10	487.91	×	×	ค่ากำลังไฟฟ้า เฉลี่ย 1 ชั่วโมง ย้อนหลังยังไม่ เกินค่าที่กำหนด
19.10-19.20	545.64	×	×	
19.20-19.30	598.06	×	×	
19.30-19.40	743.46	×	×	
19.40-19.50	884.10	×	×	
19.50-20.00	872.20	×	×	
20.00-20.10	927.22	×	×	
20.10-20.20	1,018.98	×	×	
20.20-20.30	1,099.94	×	×	
20.30-20.40	1,094.7	×	×	
20.40-20.50	1,102.77	×	×	
20.50-21.00	1,195.74	×	×	
21.00-21.10	1,188.01	×	×	
21.10-21.20	1,203.70	×	×	
21.20-21.30	1,376.12	×	×	
21.30-21.40	1,549.4	×	×	
21.40-21.50	1,735.88	×	×	
21.50-22.00	1,873.11	×	×	
22.00-22.10	2,049.45	✓	✓	ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมงย้อนหลังมี
22.10-22.20	2,199.47	✓	✓	ค่าเกินกว่าค่าที่ กำหนด ดังนั้นจึงมี
22.20-22.30	2,140.02	✓	✓	การทำงานของ ระบบและมีการ
22.30-22.40	2,067.12	✓	✓	จ่ายพลังงานจาก เซลล์แสงอาทิตย์

ตารางที่ 4.9 (ต่อ) ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 1 ชั่วโมงย้อนหลังในแต่ละช่วงระยะเวลาภายใน 1 วัน และแสดงการทำงานของระบบควบคุม และการจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากชุดกักเก็บพลังงานและเซลล์แสงอาทิตย์

เวลา	ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมงย้อนหลัง (วัตต์-ชั่วโมง)	การทำงานของ ระบบควบคุม พลังงานไฟฟ้า	การจ่ายพลังงาน ไฟฟ้าจากชุดกักเก็บ พลังงานและเซลล์ แสงอาทิตย์	หมายเหตุ
22.40-22.50	1,955.34	✓	x	ไม่มีพลังงาน ไฟฟ้าในชุดกัก เก็บพลังงาน และ เซลล์แสงอาทิตย์ ไม่สามารถผลิต พลังงานไฟฟ้าได้
22.50-23.00	1,778.04	x	x	ค่ากำลังไฟฟ้า เฉลี่ย 1 ชั่วโมง ย้อนหลังยังไม่ เกินค่าที่กำหนด
23.00-23.10	1,587.49	✓	x	ไม่มีพลังงาน ไฟฟ้าในชุดกัก เก็บพลังงาน และ เซลล์แสงอาทิตย์ ไม่สามารถผลิต พลังงานไฟฟ้าได้
23.10-23.20	1,421.81	✓	x	
23.20-23.30	1,320.6	✓	x	
23.30-23.40	1,213.68	✓	x	
23.40-23.50	1,137.56	✓	x	
23.50-00.00	1,148.25	✓	x	
00.00-06.10	1,161.24	✓	x	
00.10-00.20	1,153.74	✓	x	
00.20-00.30	1,153.04	✓	x	
00.30-00.40	1,161.28	✓	x	
00.40-00.50	1,157.94	✓	x	
00.50-01.00	1,150.14	✓	x	
01.00-06.10	1,156.64	✓	x	
01.10-01.20	1,158.36	✓	x	
01.20-01.30	1,149.91	✓	x	
01.30-01.40	1,154.99	✓	x	

ตารางที่ 4.9 (ต่อ) ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 1 ชั่วโมงย้อนหลังในแต่ละช่วงระยะเวลาภายใน 1 วัน และแสดงการทำงานของระบบควบคุม และการจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากชุดกักเก็บพลังงานและเซลล์แสงอาทิตย์

เวลา	ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมงย้อนหลัง (วัตต์-ชั่วโมง)	การทำงานของ ระบบควบคุม พลังงานไฟฟ้า	การจ่ายพลังงาน ไฟฟ้าจากชุดกักเก็บ พลังงานและเซลล์ แสงอาทิตย์	หมายเหตุ
01.40-01.50	1,158.01	✓	×	ไม่มีพลังงาน ไฟฟ้าในชุดกัก เก็บพลังงาน และ เซลล์แสงอาทิตย์ ไม่สามารถผลิต พลังงานไฟฟ้าได้
01.50-02.00	1,150.47	✓	×	
02.00-02.10	1,151.83	✓	×	
02.10-02.20	1,157.05	✓	×	
02.20-02.30	1,154.15	✓	×	
02.30-02.40	1,150.02	✓	×	
02.40-02.50	1,156.52	✓	×	
02.50-03.00	1,157.67	✓	×	
03.00-03.10	1,149.98	✓	×	
03.10-03.20	1,156.87	✓	×	
03.20-03.30	1,158.30	✓	×	
03.30-03.40	1,150.07	✓	×	
03.40-03.50	1,154.47	✓	×	
03.50-04.00	1,157.70	✓	×	
04.00-04.10	1,150.47	✓	×	
04.10-04.20	1,151.70	✓	×	
04.20-04.30	1,156.85	✓	×	
04.30-04.40	1,154.76	✓	×	
04.40-04.50	1,149.84	✓	×	
04.50-05.00	1,156.67	✓	×	
05.00-05.10	1,158.50	✓	×	
05.10-05.20	1,150.03	✓	×	
05.20-05.30	1,157.07	✓	×	
05.30-05.40	1,158.17	✓	×	
05.40-05.50	1,150.24	✓	×	
05.50-06.00	1,153.11	✓	×	

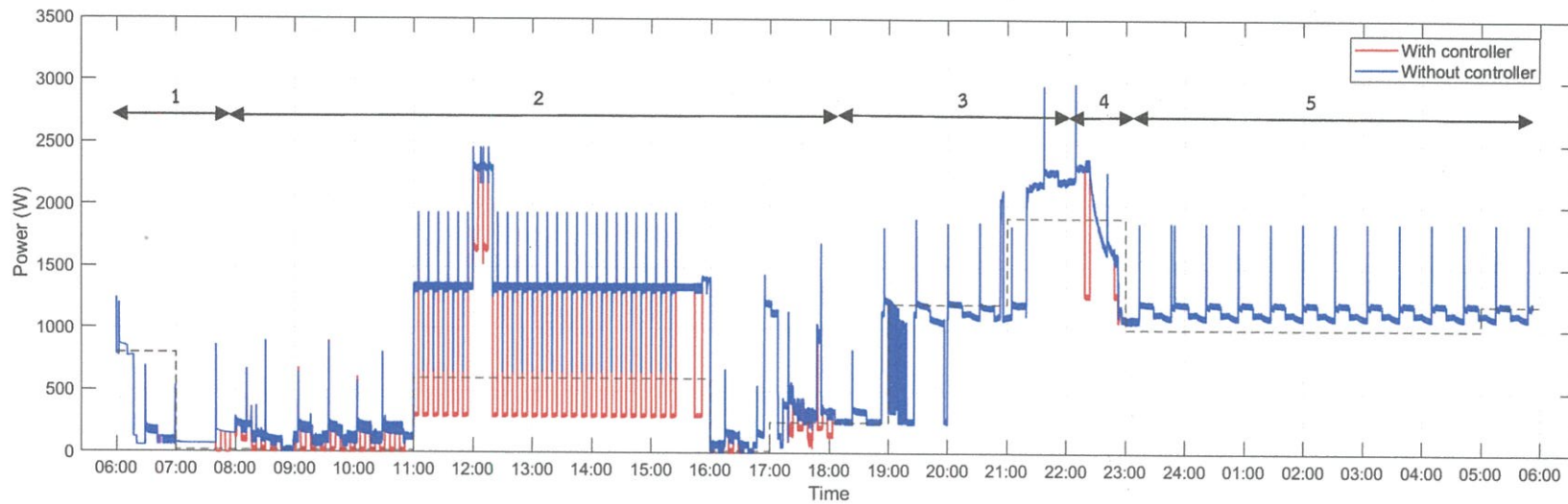
โดยผลการทดลองสามารถสรุปเป็นเหตุการณ์ในแต่ละช่วงเวลาได้ดังรูปที่ 4.14 ในช่วงที่ 1 มีค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมงย้อนหลังมีค่าเกินกว่าค่าที่กำหนดไว้ ซึ่งระบบควบคุมพลังงานไฟฟ้ามีการทำงาน แต่ชุดกักเก็บพลังงานไม่สามารถทำงานได้เนื่องจากได้มีการใช้พลังงานไปหมดแล้ว และเซลล์แสงอาทิตย์ยังไม่สามารถผลิตพลังงานได้

ในช่วงที่ 2 มีการใช้งานเกินกว่าที่กำหนดไว้ ส่งผลให้ระบบควบคุมพลังงานไฟฟ้าทำงาน และเนื่องจากในช่วงเวลานี้เป็นช่วงเวลากลางวัน ซึ่งเซลล์แสงอาทิตย์สามารถผลิตพลังงานได้ ทำให้มีการลดการใช้พลังงานในช่วงเวลานี้

ในช่วงที่ 3 ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมงย้อนหลังมีค่าไม่เกินกว่าค่าที่กำหนดไว้ จึงไม่มีการทำงานของชุดควบคุมพลังงานไฟฟ้า

ในช่วงเวลาที่ 4 ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมงย้อนหลังมีค่าเกินกว่าค่าที่กำหนดไว้ ส่งผลให้ระบบควบคุมพลังงานไฟฟ้าทำงาน และเนื่องจากในช่วงเวลากลางวันมีการกักเก็บพลังงานภายในชุดกักเก็บพลังงาน จึงมีการจ่ายพลังงานจากชุดกักเก็บพลังงาน จึงมีการลดการใช้พลังงานในช่วงเวลานี้

ในช่วงสุดท้าย ช่วงที่ 5 มีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่สูง ส่งผลให้ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมงย้อนหลังมีค่าเกินกว่าค่าที่กำหนดไว้ ดังนั้นระบบควบคุมพลังงานไฟฟ้าจึงมีการทำงาน แต่เนื่องจากเป็นช่วงเวลากลางคืน และไม่มีพลังงานภายในชุดกักเก็บพลังงาน ทำให้ไม่มีการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วงนี้



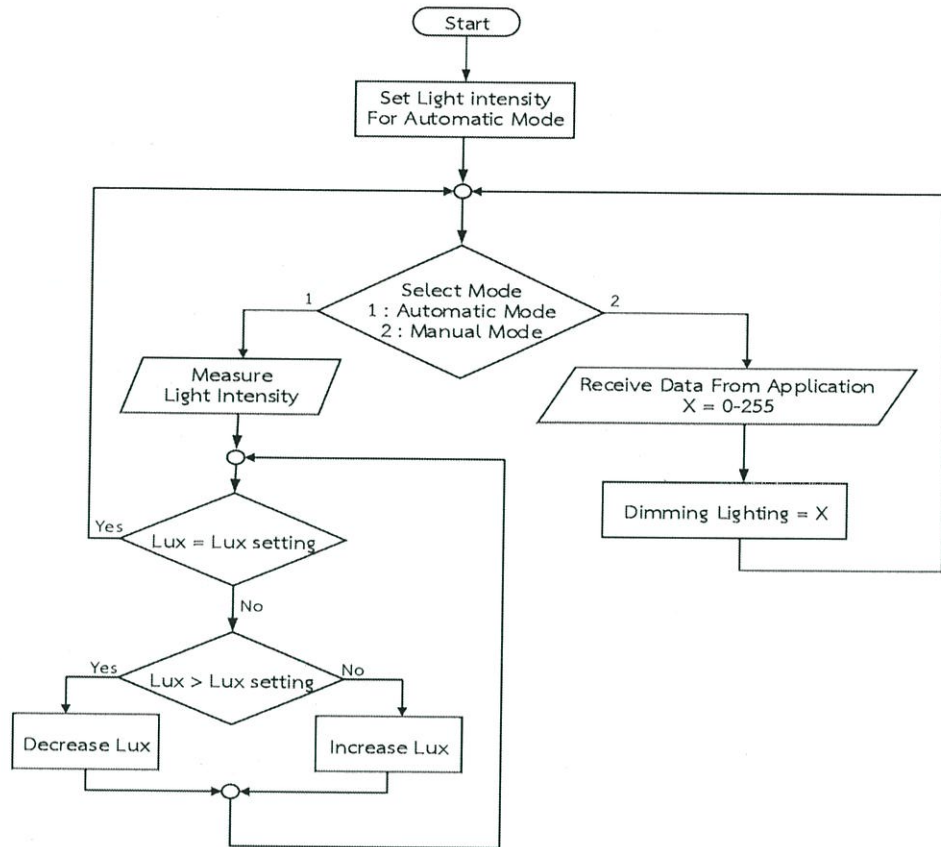
รูปที่ 4.14 ช่วงเวลาของภาระไฟฟ้าในที่อยู่อาศัยช่วงวันเสาร์ - อาทิตย์
เมื่อใช้ระบบควบคุมพลังงานไฟฟ้าซึ่งค่ากำลังไฟฟ้าที่กำหนด (P_{setting}) เป็นค่าที่เปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลาของวัน

4.4 ระบบการจัดการแสงสว่าง

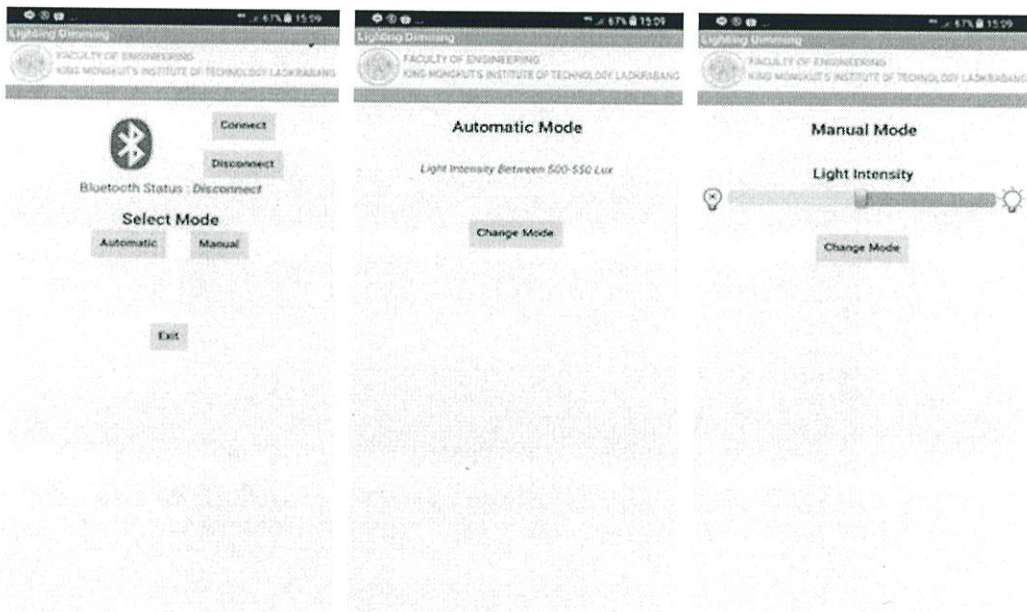
สำหรับที่อยู่อาศัยในช่วงเวลาที่มีแสงจากภายนอกส่องผ่านเข้ามาในบ้าน ส่งผลให้ค่าความเข้มแสงภายในห้องเพิ่มมากขึ้น เพื่อเป็นการลดการใช้พลังงานในระบบแสงสว่าง ดังนั้นจำเป็นต้องมีระบบการจัดการแสงสว่าง เพื่อปรับค่าความสว่างของหลอดไฟฟ้าให้เหมาะสม สำหรับปริญญาพนธ์นี้ได้ทำการปรับค่าความสว่างของหลอดไฟฟ้าโดยแบ่งเป็น 2 วิธี ได้แก่ การปรับค่าความเข้มแสงด้วยระบบอัตโนมัติ และการปรับค่าความเข้มแสงโดยผู้ใช้สามารถควบคุมผ่านระบบแอปพลิเคชันในสมาร์ตโฟน

4.4.1 ลักษณะการทำงานของระบบการจัดการแสงสว่าง

หลักการทำงานของระบบการจัดการแสงสว่างสามารถแสดงได้ดังแผนผังแสดงการทำงานของระบบดังรูปที่ 4.5 กล่าวคือ เมื่อเซ็นเซอร์ตรวจจับค่าความเข้มแสงจากนั้นส่งสัญญาณไปยังอาดยูนเพื่อประมวลผล หากค่าความเข้มแสงมากกว่าค่าที่กำหนดไว้ (ค่าความเข้มแสงที่กำหนดไว้มีค่าเท่ากับ 95 ลักซ์) บอร์ดหรือแสงสว่างทำการลดค่าความเข้มแสงลง ในกรณีที่ค่าความเข้มแสงน้อยกว่าค่าที่กำหนดไว้ บอร์ดหรือแสงสว่างทำการเพิ่มค่าความเข้มแสงขึ้นสำหรับรูปแบบแรก และในรูปแบบที่สองเป็นการปรับค่าความสว่างของหลอดไฟแบบปรับค่าได้ โดยผู้ใช้งานสามารถปรับแถบค่าความสว่างของหลอดไฟภายในแอปพลิเคชันได้ตามต้องการ หลังจากนั้นส่งค่าความเข้มแสงที่ต้องการผ่านสัญญาณบลูทูธ เมื่อตัวรับสัญญาณบลูทูธได้รับค่า จากนั้นส่งค่าความเข้มแสงที่ต้องการไปยังอาดยูนเพื่อสั่งการบอร์ดหรือแสงสว่าง โดยหน้าจอแอปพลิเคชันเป็นดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.15 แผนผังแสดงการทำงานของระบบการจัดการแสงสว่าง



รูปที่ 4.16 หน้าจอแอปพลิเคชันปรับความสว่างหลอดไฟฟ้า

4.5 การทดลองความสามารถในการลดหน่วยการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบแสงสว่าง

ในการทดลองการลดหน่วยการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบแสงสว่าง สามารถแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่

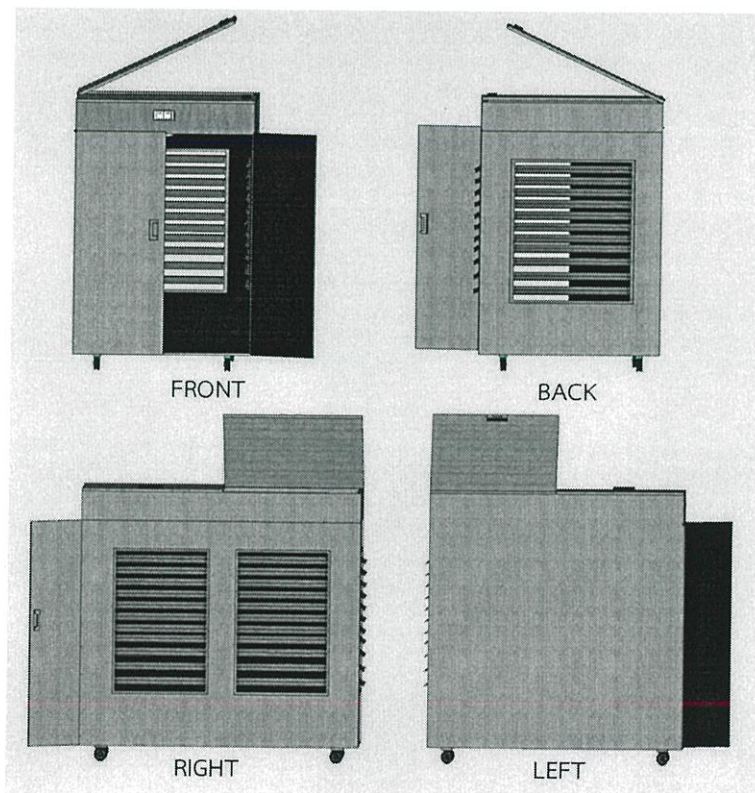
1. การทดลองเพื่อศึกษาค่าความเข้มแสงภายในที่อยู่อาศัย
2. การทดลองการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างเมื่อมีการติดตั้งระบบควบคุม

4.5.1 การทดลองเพื่อศึกษาค่าความเข้มแสงภายในที่อยู่อาศัย

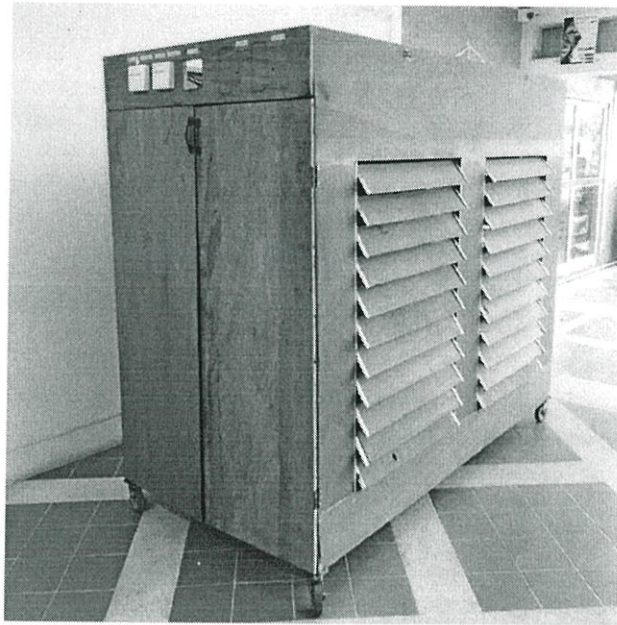
การศึกษาค่าความเข้มแสงภายในบ้านใช้ชุดทดลองในการศึกษา เพื่อศึกษาพฤติกรรมของค่าความเข้มแสงเมื่อที่อยู่อาศัยนั้นมีหน้าต่างอยู่ โดยวัดค่าความเข้มแสงในทุก ๆ ชั่วโมง

4.5.1.1 รายละเอียดชุดทดลองที่ใช้ศึกษาค่าความเข้มแสงภายในบ้าน

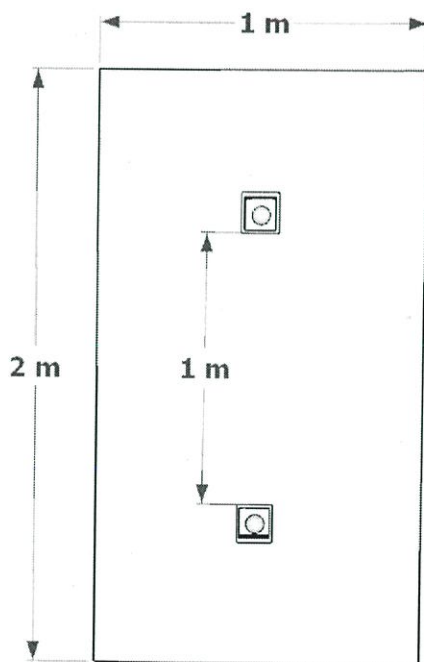
ภายในบ้านนั้นประกอบไปด้วยห้องหลายขนาด และแต่ละห้องมีจำนวนหลอดไฟฟ้าไม่เท่ากัน ดังนั้นในการศึกษาค่าความเข้มแสงภายในบ้านนั้นจึงได้ออกแบบชุดทดลอง โดยจำลองเป็นห้องที่ติดหน้าต่างเพื่อให้แสงจากภายนอกสามารถลอดเข้ามาได้ และทาสีของผนังเป็นสีดำทั้งหมด



(ก) แบบจำลองของชุดทดลองที่ใช้ศึกษาค่าความเข้มแสงภายในบ้าน



(ข) ชุดทดลองที่ใช้ศึกษาค่าความเข้มแสงภายในบ้าน
รูปที่ 4.17 ชุดทดลองที่ใช้ศึกษาค่าความเข้มแสงภายในบ้าน

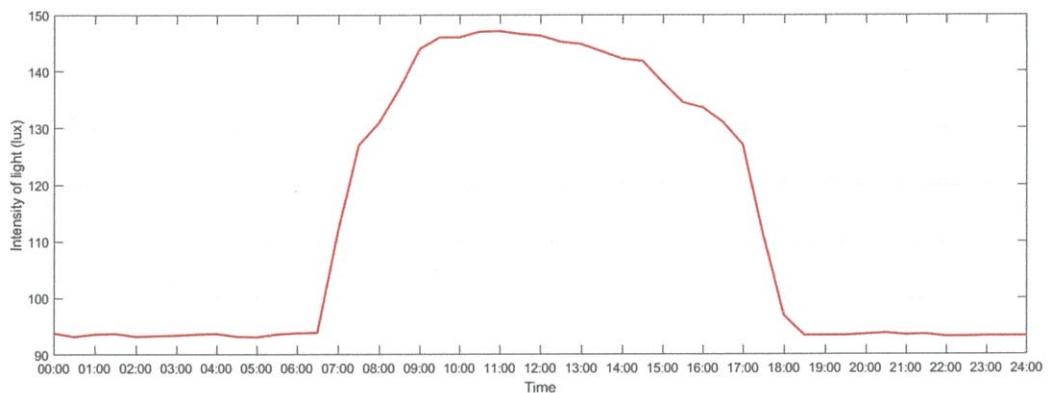


(ก) การจัดวางหลอดไฟภายในชุดทดลอง (ข) ภายในชุดทดลองที่ใช้ศึกษาค่าความเข้มแสง
รูปที่ 4.18 ภายในชุดทดลองที่ใช้ศึกษาค่าความเข้มแสงภายในบ้าน

จากรูปที่ 4.15 เป็นชุดทดลองที่ใช้ศึกษาค่าความเข้มแสงภายในบ้าน โดยชุดทดลองได้ออกแบบให้เป็นในลักษณะของตู้ โดยผนังภายในตู้ทดลองทำด้วยสีดำด้านทั้งหมดเพื่อลดการสะท้อนของแสง ซึ่งภายในตู้ประกอบไปด้วยหลอดไฟดาวนโไลท์ ชนิดไดโอดเปล่งแสง (LED) ขนาด 10 วัตต์ ค่าความเข้มแสง 806 ลูเมน อุณหภูมิสี 6,500 เคลวิน

4.5.1.2 การทดลองเพื่อศึกษาค่าความเข้มแสงภายในบ้าน

การศึกษาค่าความเข้มแสงภายในบ้านสามารถทำได้โดยการเปิดหน้าต่างของตู้การทดลองเพื่อให้แสงจากภายนอกสามารถลอดผ่านได้ ทิศทางของหน้าต่างตู้ทดลองนั้นหันไปทางทิศเหนือ โดยในการทดลองนั้นวัดค่าความเข้มแสงในทุก ๆ ชั่วโมง ตลอดระยะเวลา 1 วัน ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.10 และรูปที่ 4.19 สำหรับหลอดไฟที่ติดตั้งภายในตู้ทดลองนั้น สามารถวัดความเข้มแสงได้ 95 ลักซ์ โดยที่ตู้ทดลองปิดสนิท ไม่มีแสงจากภายนอก



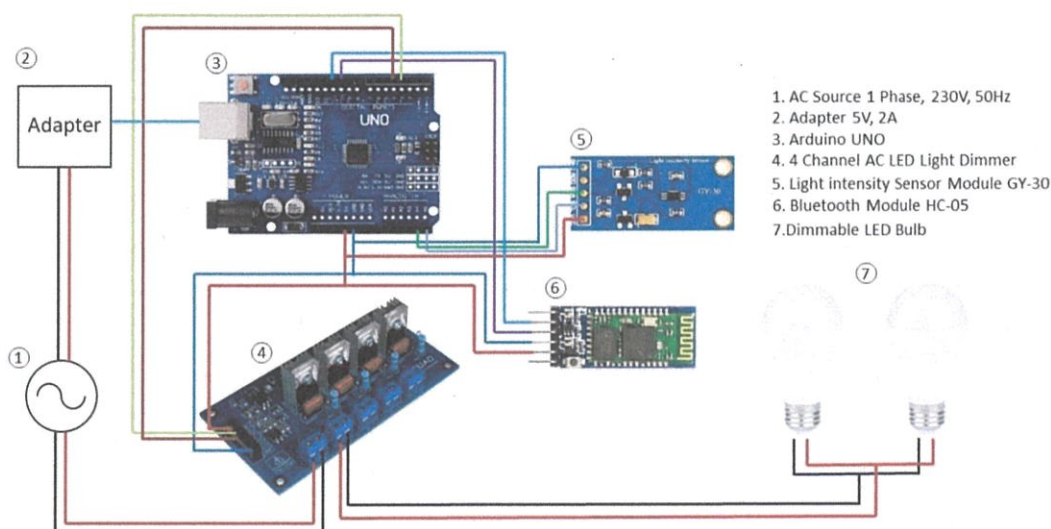
รูปที่ 4.19 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลา และค่าความเข้มแสงภายในระยะเวลา 1 วัน

จากตารางที่ 4.10 พบว่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าอื่นที่นอกเหนือจากค่าความเข้มแสงมีค่าเท่ากันทุกค่า เนื่องจากในการทดลองนี้ยังไม่มีการใช้ชุดควบคุมในการหรี่แสงสว่างส่งผลให้ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ทางไฟฟ้า สำหรับค่าความเข้มแสงมีการเปลี่ยนแปลงไปตามความสว่างภายนอก โดยช่วงเวลาที่มีความเข้มแสงที่สูง อยู่ในช่วงเวลา 09.00 - 14.00 น.

ตารางที่ 4.10 ตารางค่าความเข้มแสงและค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าที่สำคัญในแต่ละชั่วโมง

เวลา	ค่าความเข้มแสง (Lux)	แรงดันไฟฟ้า (V)	กระแสไฟฟ้า (A)	กำลังไฟฟ้า (W)	ตัวประกอบกำลัง (p.f)
01.00	93.6	224.6	0.097	20.5	0.94
02.00	93.2	224.6	0.097	20.5	0.94
03.00	93.4	224.6	0.097	20.5	0.94
04.00	93.7	224.6	0.097	20.5	0.94
05.00	93.1	224.6	0.097	20.5	0.94
06.00	93.8	224.6	0.097	20.5	0.94
07.00	118	224.6	0.097	20.5	0.94
08.00	131	224.6	0.097	20.5	0.94
09.00	144	224.6	0.097	20.5	0.94
10.00	146	224.6	0.097	20.5	0.94
11.00	147.1	224.6	0.097	20.5	0.94
12.00	146.3	224.6	0.097	20.5	0.94
13.00	144.8	224.6	0.097	20.5	0.94
14.00	141.9	224.6	0.097	20.5	0.94
15.00	137	224.6	0.097	20.5	0.94
16.00	133.6	224.6	0.097	20.5	0.94
17.00	127	224.6	0.097	20.5	0.94
18.00	96.9	224.6	0.097	20.5	0.94
19.00	93	224.6	0.097	20.5	0.94
20.00	93	224.6	0.097	20.5	0.94
21.00	93.4	224.6	0.097	20.5	0.94
22.00	93.2	224.6	0.097	20.5	0.94
23.00	93.7	224.6	0.097	20.5	0.94
00.00	93.7	224.6	0.097	20.5	0.94

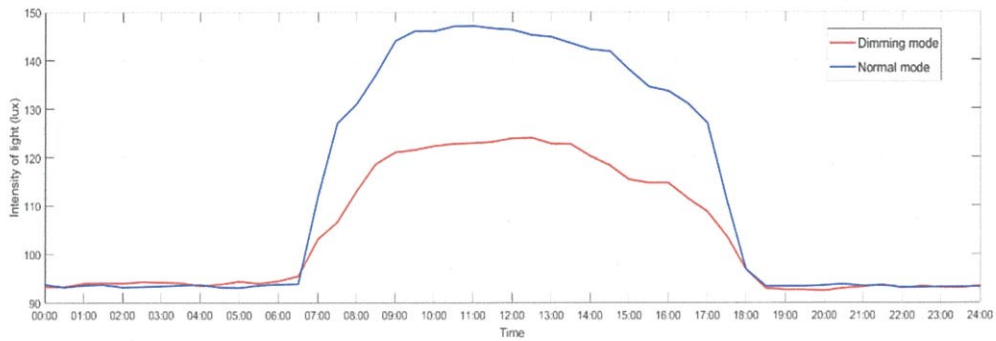
4.5.2 การทดลองการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างเมื่อมีการติดตั้งระบบควบคุม การทดลองระบบการจัดการแสงสว่าง ทำการทดลองโดยติดตั้งชุดทดลองดังรูปที่ 4.20 ภายในตู้ทดลองที่ออกแบบในหัวข้อ 4.5.1.1 โดยบอร์ดอาดูยโนได้โปรแกรมรูปแบบการทำงาน ดังที่ได้กล่าวในหัวข้อ 4.4.1 จากนั้นติดตั้งหลอดไดโอดเปล่งแสงที่สามารถหรี่แสงสว่างได้ภายในตู้ ทดลอง และทำการเปิดหลอดไดโอดเปล่งแสงพร้อมทั้งเปิดหน้าต่างตู้ทดลอง เพื่อเก็บค่าความเข้มแสง และการใช้พลังงานของหลอดไดโอดเปล่งแสง หลังจากนั้นนำข้อมูลที่ได้จากการวัดพารามิเตอร์ทาง ไฟฟ้ามาวิเคราะห์ผลการทดลอง และนำไปวาดกราฟค่าความเข้มแสงและการใช้พลังงานของหลอด ไดโอดเปล่งแสง



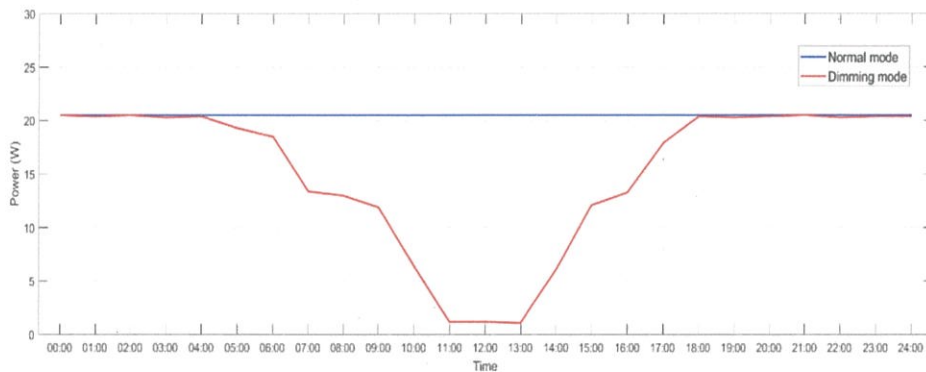
รูปที่ 4.20 การติดตั้งอุปกรณ์ และเครื่องมือวัดในการทดลองระบบจัดการแสงสว่าง

4.5.2.1 ผลการทดลองระบบการจัดการแสงสว่าง

ทำการทดลองโดยการติดตั้งชุดควบคุมแสงสว่างพร้อมทั้งตั้งค่าให้ความเข้มแสงมีค่า 95 ลักซ์ โดยเปิดหน้าต่างตู้ทดลองเพื่อให้แสงจากภายนอกลอดเข้ามาได้ นำเครื่องมือวัดความเข้มแสง (Lux meter) เครื่องมือวัดพลังงานไฟฟ้า (Power Meter) เพื่อวัดค่าความเข้มแสงภายในตู้ทดลอง และวัดค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้า เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 00.00 - 24.00 น. หลังจากนั้นนำข้อมูล ที่ได้ไปเขียนกราฟดังรูปที่ 4.21 (ก)



(ก) กราฟเปรียบเทียบค่าความเข้มแสงของระบบที่ไม่มีชุดควบคุมแสงสว่าง และระบบที่มีชุดควบคุมแสงสว่าง



(ข) กราฟเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้าของระบบที่ไม่มีชุดควบคุมแสงสว่าง และระบบที่มีชุดควบคุมแสงสว่าง

รูปที่ 4.21 กราฟแสดงค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้า

จากรูปที่ 4.21 (ก) ที่แสดงการเปรียบเทียบค่าความเข้มแสงของระบบที่ไม่มีชุดควบคุมแสงสว่างและระบบที่มีชุดควบคุมแสงสว่างจะสังเกตได้ว่าช่วงเวลาตั้งแต่ 0.00 - 6.30 น. ค่าความเข้มแสงทั้ง 2 กรณี มีค่าใกล้เคียงกันมาก เนื่องจากเป็นช่วงที่ไม่มีแสงจากภายนอกเข้ามาภายในตู้ทดลอง เมื่อภายนอกเริ่มมีแสง ค่าความเข้มแสงภายในตู้ทดลองจะมีค่าสูงขึ้น โดยระบบที่มีชุดควบคุมแสงสว่างปรับระดับความสว่างของหลอดไฟฟาลงมาเพื่อให้ค่าใกล้เคียงกับค่าที่ตั้งไว้คือ 95 ลักซ์ เนื่องจากแสงที่ส่องเข้ามาจากภายนอกมีค่าความเข้มแสงที่สูงมาก ถึงแม้ว่าชุดควบคุมแสงสว่างจะหรี่แสงสว่างมากที่สุด ค่ายังเกิน 95 ลักซ์ แต่หากเปรียบเทียบกับระบบที่ไม่มีชุดควบคุมแสงสว่างพบว่าค่าความเข้มแสงนั้นมีค่าลดลง หลังจากช่วงเวลา 18.30 น. เนื่องจากแสงภายนอกหมดลง ทำให้ค่าความเข้มแสงภายในตู้ทดลองที่และใกล้เคียงกันทั้ง 2 ระบบ

จากรูปที่ 4.21 (ข) เป็นกราฟที่แสดงการเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้าของระบบที่ไม่มีชุดควบคุมแสงสว่างและระบบที่มีชุดควบคุมแสงสว่าง พบว่าช่วงเวลาที่ไม่มีแสงจากภายนอก ได้แก่ 0.00 – 6.00 น. และ 18.00 – 24.00 น. ค่าพลังงานไฟฟ้าทั้ง 2 กรณีมีค่าใกล้เคียงกันเนื่องจากชุดควบคุมไม่มีการปรับระดับความสว่างของหลอดไฟลง ในช่วงเวลาดังแต่ 6.00-18.00 น. เป็นช่วงเวลาที่แสงภายนอกส่องเข้ามาภายในตู้ทดลองทำให้ชุดควบคุมแสงสว่างมีการหรี่แสงสว่างลง ส่งผลให้ค่าพลังงานไฟฟ้าในช่วงนั้นมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับระบบที่ไม่มีชุดควบคุมแสงสว่าง

ตารางที่ 4.10 ค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้าต่างๆ ก่อนและหลังใช้ระบบการจัดการแสงสว่าง

เวลา	ค่าความเข้มแสง (Lux)		แรงดันไฟฟ้า (V)		กระแสไฟฟ้า (A)		กำลังไฟฟ้า (W)		ตัวประกอบกำลัง (p.f)	
	ไม่มี ระบบ ควบคุม	มีระบบ ควบคุม	ไม่มี ระบบ ควบคุม	มีระบบ ควบคุม	ไม่มี ระบบ ควบคุม	มีระบบ ควบคุม	ไม่มี ระบบ ควบคุม	มีระบบ ควบคุม	ไม่มี ระบบ ควบคุม	มีระบบ ควบคุม
	01.00	93.6	93.3	224.6	224.6	0.097	0.097	20.5	20.5	0.94
02.00	93.2	94.0	224.6	224.6	0.097	0.096	20.5	20.4	0.94	0.94
03.00	93.4	94.2	224.5	224.6	0.097	0.097	20.5	20.5	0.94	0.94
04.00	93.7	93.5	224.6	224.6	0.097	0.096	20.5	20.3	0.94	0.94
05.00	93.1	94.4	224.6	224.6	0.097	0.096	20.5	20.4	0.94	0.94
06.00	93.8	94.5	224.6	224.5	0.097	0.096	20.5	19.3	0.94	0.89
07.00	11.8	103.1	224.6	224.6	0.097	0.093	20.5	18.5	0.94	0.88
08.00	131	113	224.6	224.6	0.097	0.091	20.5	13.4	0.94	0.66
09.00	144	121	224.6	224.6	0.097	0.090	20.5	13.0	0.94	0.64
10.00	146	122.3	224.6	224.6	0.097	0.089	20.5	11.9	0.94	0.6
11.00	147.1	122.9	224.7	224.6	0.097	0.067	20.5	6.4	0.94	0.42
12.00	146.3	123.9	224.6	224.5	0.097	0.022	20.5	1.2	0.94	0.24
13.00	144.8	122.8	224.6	224.6	0.097	0.022	20.5	1.2	0.94	0.24
14.00	141.9	120.2	224.6	224.6	0.097	0.022	20.5	1.1	0.94	0.24
15.00	137	115.4	224.6	224.5	0.097	0.066	20.5	6.1	0.94	0.41
16.00	133.6	114.7	224.6	224.6	0.097	0.088	20.5	12.1	0.94	0.61
17.00	127	108.8	224.5	224.6	0.097	0.091	20.5	13.3	0.94	0.65
18.00	96.9	96.9	224.6	224.6	0.097	0.093	20.5	17.9	0.94	0.86
19.00	93	92.7	224.6	224.6	0.097	0.097	20.5	20.4	0.94	0.93
20.00	93	92.5	224.6	224.6	0.097	0.096	20.5	20.3	0.94	0.93
21.00	93.4	93.6	224.6	224.6	0.097	0.097	20.5	20.4	0.94	0.94
22.00	93.2	93.1	224.6	224.6	0.097	0.097	20.5	20.5	0.94	0.94
23.00	93.7	93.2	0.097	224.6	0.097	0.096	20.5	20.3	0.94	0.93
00.00	93.7	93.9	0.097	224.6	0.097	0.097	20.5	20.4	0.94	0.94

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

ปริญญานิพนธ์เป็นการควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในที่อยู่อาศัยด้วยชุดกักเก็บพลังงานบนพื้นฐานของการประยุกต์ใช้ชุดควบคุมเชิงตรรกะที่สามารถโปรแกรมได้ โดยทำการจำลองที่อยู่อาศัยเป็นบ้านเดี่ยวชั้นเดียวมีภาระไฟฟ้าที่ต่ออยู่ในการทดลองรวมทั้งหมด 3,851 วัตต์ ได้แก่ เครื่องปรับอากาศ, พัดลม, กาดม้มน้ำไฟฟ้า, คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ, มอเตอร์ไฟฟ้า, มอเตอร์ไซค์ไฟฟ้า, ตู้เย็น และหลอดไดโอดเปล่งแสง เพื่อทำการเก็บข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้, พฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของภาระไฟฟ้า และพฤติกรรมของค่าความเข้มแสงของที่อยู่อาศัย จากนั้นนำข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้มาวิเคราะห์และประกอบารตัดสินใจในการเลือกจัดการกับระบบภายในที่อยู่อาศัย ซึ่งปริญญานิพนธ์นี้ได้สนใจในการจัดการ 2 ระบบ ได้แก่ระบบการควบคุมค่าพลังงานไฟฟ้าภาพรวมภายในที่อยู่อาศัย และระบบแสงสว่าง

1. ระบบการควบคุมค่าพลังงานไฟฟ้าภาพรวมภายในที่อยู่อาศัย

สำหรับระบบการควบคุมค่าพลังงานไฟฟ้าภาพรวมภายในที่อยู่อาศัย เป็นระบบที่ใช้จำกัดหน่วยการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละวัน เพื่อให้มีการใช้พลังงานลดลง การออกแบบระบบดังกล่าวได้มีการนำตัวควบคุมเชิงตรรกะแบบโปรแกรมได้ทำการรับค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้จากระบบจำหน่ายไฟฟ้าจากการไฟฟ้า เมื่อกำลังไฟฟ้าที่ใช้จากการไฟฟ้ามีค่าสูงเกินกว่าค่ากำลังไฟฟ้าที่ตัวควบคุมโปรแกรมได้วิเคราะห์ ตัวควบคุมเชิงตรรกะแบบโปรแกรมได้ทำการส่งสัญญาณไปติดต่อแมกเนติกคอนแทคเตอร์ เพื่อเปลี่ยนแหล่งจ่ายจากระบบจำหน่ายไฟฟ้าแรงดันต่ำจากการไฟฟ้า เป็นระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ โดยเลือกจ่ายให้วงจรที่มีการใช้ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด จากการตรวจวัดขนาดกระแสในแต่ละวงจรด้วย CT1 CT2 และ CT3 ซึ่งระบบพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ทำการจ่ายพลังงานเป็นระยะเวลา 5 นาที และทำการประจุพลังงานไฟฟ้าเข้าสู่แบตเตอรี่เป็นระยะเวลา 5 นาที จากนั้นระบบทำการคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยภายใน 1 ชั่วโมงใหม่อีกครั้งในอีก 10 นาทีถัดมา อาจกล่าวได้ว่า ระบบคำนวณค่าใหม่ทุกๆ 10 นาที โดยค่าที่นำมาคำนวณเป็นค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ในหนึ่งชั่วโมงย้อนหลัง สำหรับการทดลองนี้ได้ทำการทดลอง 2 รูปแบบ ได้แก่ กรณีที่ค่ากำลังไฟฟ้าที่กำหนด (P_{setting}) เป็นค่าคงที่ตลอด 24 ชั่วโมง และกรณีที่ค่ากำลังไฟฟ้าที่กำหนด (P_{setting}) เป็นค่าที่เปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลาของวัน ซึ่งสามารถสรุปผลการทดลองระบบการควบคุมค่าพลังงานไฟฟ้าภาพรวมภายในที่อยู่อาศัยได้ดังตารางที่ 5.1 และ 5.2 ตามลำดับ

ตารางที่ 5.1 สรุปผลการทดลองระบบการควบคุมค่าพลังงานไฟฟ้าภาพรวมภายในที่อยู่อาศัย กรณีที่ค่ากำลังไฟฟ้าที่กำหนด ($P_{setting}$) เป็นค่าคงที่ตลอด 24 ชั่วโมง

รายละเอียด		มีระบบการจัดการพลังงานไฟฟ้าภาพรวมภายในที่อยู่อาศัย โดยค่ากำลังไฟฟ้าที่กำหนดเป็นค่าคงที่ตลอด 24 ชั่วโมง		
		กรณีที่ 1	กรณีที่ 2	
ปริมาณกำลังไฟฟ้า ใน 1 วัน	ปริมาณกำลังไฟฟ้าที่รับจากการไฟฟ้า (Wh)	12,232.60	18,373.92	
	ปริมาณกำลังไฟฟ้าที่ภาระไฟฟ้าต้องการ (Wh)	12,709.60	20,656.40	
	ปริมาณการจ่ายกำลังไฟฟ้าของระบบพลังงานไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ (Wh)	477.00	2,282.48	
	ปริมาณหน่วยที่ลดลง (kWh)	0.48	2.28	
ปริมาณกำลังไฟฟ้า ใน 1 เดือน	ปริมาณไฟฟ้าที่ได้รับจากการไฟฟ้า (kWh)	416.02		
	ปริมาณกำลังไฟฟ้าที่ภาระไฟฟ้าต้องการ (kWh)	444.9		
	ปริมาณการจ่ายกำลังไฟฟ้าของระบบพลังงานไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ (kWh)	28.88		
ค่าไฟฟ้าต่อเดือน (บาท)	มีระบบการจัดการพลังงานไฟฟ้า	1,767.39		
	ไม่มีระบบการจัดการพลังงานไฟฟ้า	1,828.33		
	ค่าไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น/ ลดลง	รวม	-60.94	
		ร้อยละ	-5.4	

จากตารางที่ 5.1 พบว่าขณะที่ยังไม่มีการใช้ระบบการจัดการพลังงานไฟฟ้าภาพรวมภายในที่อยู่อาศัย ในกรณีที่ 1 (วันจันทร์ – ศุกร์) และกรณีที่ 2 (วันเสาร์ – อาทิตย์) มีการใช้ปริมาณกำลังไฟฟ้าภายในหนึ่งวันเป็น 12,709.60 และ 20,656.40 วัตต์-ชั่วโมง (Wh) ตามลำดับ หากมีการใช้ระบบการจัดการพลังงานไฟฟ้า ในกรณีที่ 1 มีการใช้กำลังไฟฟ้าใน 1 วัน เท่ากับ 12,232.60 วัตต์-ชั่วโมง (Wh) สำหรับกรณีที่ 2 เท่ากับ 18,373.92 วัตต์-ชั่วโมง (Wh) ซึ่งลดกำลังไฟฟ้าลงได้ 477.00 และ 2,282.48 วัตต์-ชั่วโมง (Wh)

เมื่อคำนวณการใช้กำลังไฟฟ้าภายใน 1 เดือน โดยกำหนดให้มี 30 วัน เป็นวันจันทร์ – ศุกร์ 22 วัน และวันเสาร์ – อาทิตย์ 8 วัน ค่ากำลังไฟฟ้าภายในที่อยู่อาศัยที่ยังไม่มีระบบควบคุม เท่ากับ 444.9 กิโลวัตต์-ชั่วโมง (kWh) และค่ากำลังไฟฟ้าของระบบที่มีการควบคุม เท่ากับ 416.02 กิโลวัตต์-ชั่วโมง (kWh) ลดลง 28.88 กิโลวัตต์-ชั่วโมง (kWh) คิดเป็นค่าไฟฟ้าที่ลดลง 60.94 บาท หรือร้อยละ 5.4

ตารางที่ 5.2 สรุปผลการทดลองระบบการควบคุมค่าพลังงานไฟฟ้าภาพรวมภายในที่อยู่อาศัย กรณีที่ค่ากำลังไฟฟ้าที่กำหนด (P_{setting}) เป็นค่าที่เปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลาของวัน

รายละเอียด		มีระบบการจัดการพลังงานไฟฟ้าภาพรวมภายในที่อยู่อาศัย โดยค่ากำลังไฟฟ้าที่กำหนดเป็นค่าที่เปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลาของวัน		
		กรณีที่ 1	กรณีที่ 2	
ปริมาณกำลังไฟฟ้า ใน 1 วัน	ปริมาณกำลังไฟฟ้าที่รับมาจากการไฟฟ้า (Wh)	11,884.83	19,902.00	
	ปริมาณกำลังไฟฟ้าที่ภาระไฟฟ้าต้องการ (Wh)	12,409.31	22,678.68	
	ปริมาณการจ่ายกำลังไฟฟ้าของระบบพลังงานไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ (Wh)	524.48	2,776.68	
	ปริมาณหน่วยที่ลดลง (kWh)	0.52	2.78	
ปริมาณกำลังไฟฟ้า ใน 1 เดือน	ปริมาณไฟฟ้าที่ได้รับจากการไฟฟ้า (kWh)	420.56		
	ปริมาณกำลังไฟฟ้าที่ภาระไฟฟ้าต้องการ (kWh)	454.46		
	ปริมาณการจ่ายกำลังไฟฟ้าของระบบพลังงานไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ (kWh)	33.9		
ค่าไฟฟ้าต่อเดือน (บาท)	มีระบบการจัดการพลังงานไฟฟ้า	1,788.87		
	ไม่มีระบบการจัดการพลังงานไฟฟ้า	1,949.26		
	ค่าไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น/ ลดลง	รวม	-160.39	
		ร้อยละ	-8.2	

จากตารางที่ 5.2 สำหรับที่อยู่อาศัยที่ไม่มีระบบการจัดการพลังงานไฟฟ้าภาพรวมภายในที่อยู่อาศัย โดยค่ากำลังไฟฟ้าที่กำหนดเป็นค่าที่เปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลาของวัน ในกรณีที่ 1 (วันจันทร์ – ศุกร์) และกรณีที่ 2 (วันเสาร์ – อาทิตย์) มีการใช้กำลังไฟฟ้าภายใน 1 วันเท่ากับ 12,409.31 และ 22,678.68 วัตต์-ชั่วโมง (Wh) ตามลำดับ เมื่อใช้ระบบการจัดการพลังงานไฟฟ้ามีการใช้กำลังไฟฟ้าลดเหลือเท่ากับ 11,884.83 และ 19,902.00 วัตต์-ชั่วโมง (Wh) ลดลง 524.48 และ 2,776.68 วัตต์-ชั่วโมง (Wh) ในกรณีที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

เมื่อคำนวณการใช้กำลังไฟฟ้าภายใน 1 เดือน โดยกำหนดให้มี 30 วัน เป็นวันจันทร์ – ศุกร์ 22 วัน และวันเสาร์ – อาทิตย์ 8 วัน ที่อยู่อาศัยที่ยังไม่มีการควบคุมใช้กำลังไฟฟ้า 454.46 กิโลวัตต์-ชั่วโมง (kWh) และที่อยู่อาศัยที่ยังมีการควบคุมใช้กำลังไฟฟ้า 420.56 กิโลวัตต์-ชั่วโมง (kWh) ลดลง 33.9 กิโลวัตต์-ชั่วโมง (kWh) คิดเป็นค่าไฟฟ้าที่ลดลงเท่ากับ 160.39 บาท หรือคิดเป็นร้อยละ 8.2

2. ระบบการจัดการแสงสว่าง

สำหรับระบบการจัดการแสงสว่างได้มีการออกแบบระบบควบคุมเพื่อจัดการกับความเข้มแสงที่เกินค่าที่ต้องการ สำหรับการลดค่าความเข้มแสงส่งผลให้การใช้พลังงานในที่อยู่อาศัยลดลง โดยเริ่มจากการศึกษาพฤติกรรมค่าความเข้มแสงภายในที่อยู่อาศัยและเก็บค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้า หลังจากศึกษาพฤติกรรมได้ทำการออกแบบชุดควบคุมค่าความเข้มแสงโดยใช้อายุโนเป็นตัวควบคุม เมื่อออกแบบชุดควบคุมเสร็จจึงนำไปติดตั้งในตู้ทดลอง โดยผลการทดลองสรุปได้ดังนี้

เมื่อค่าความเข้มแสงภายในตู้ทดลองมีค่าเกินกว่าค่าที่ต้องการ ชุดควบคุมทำการหรี่แสงสว่างภายในตู้ทดลองลง ส่งผลให้ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้ามีค่าลดลงตามไปด้วย ในการทดลองได้ใช้หลอดไฟฟ้าจำนวน 2 หลอด แต่ในการจำลองการใช้พลังงานภายในที่อยู่อาศัยจริงได้ใช้หลอดไฟฟ้าจำนวน 20 หลอด ซึ่งเกิดจากข้อจำกัดในการทดลอง โดยสามารถคำนวณค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าทั้ง 2 กรณี ได้ตามตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.3 สรุปผลการทดลองระบบการจัดการแสงสว่าง

ค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้า	สำหรับหลอดไฟ 2 หลอด		สำหรับหลอดไฟ 20 หลอด	
	ระบบที่ไม่มีชุดควบคุมแสงสว่าง	ระบบที่มีชุดควบคุมแสงสว่าง	ระบบที่ไม่มีชุดควบคุมแสงสว่าง	ระบบที่มีชุดควบคุมแสงสว่าง
ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (Wh)	492	359.8	4,920	3,598
ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ลดลง (Wh)	132.2		1,322	
ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ลดลง (%)	26.87		26.87	

จากการทดลองพบว่าค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าของหลอดไฟฟ้าจำนวน 2 หลอด ซึ่งไม่มีชุดควบคุมแสงสว่างมีค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าภายใน 24 ชั่วโมง เท่ากับ 492 วัตต์-ชั่วโมง (Wh) และสำหรับระบบที่มีชุดควบคุมแสงสว่างมีค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าภายใน 24 ชั่วโมง เท่ากับ 359.8 วัตต์-ชั่วโมง ลดลง 132.2 วัตต์-ชั่วโมง (Wh) คิดเป็นร้อยละ 26.87 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าชุดควบคุมแสงสว่างสามารถลดค่าความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าและควบคุมค่าความเข้มแสงได้ตามวัตถุประสงค์

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. เลือกใช้อินเวอร์เตอร์แบบผสมที่สามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานไฟฟ้าจากการไฟฟ้าและซาร์จพลังงานไฟฟ้าเข้าสู่แบตเตอรี่ได้ เพื่อลดปัญหาการเปลี่ยนแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าที่ส่งผลให้ภาระไฟฟ้ากระตุกเนื่องจากการขาดพลังงานไฟฟ้าในช่วงขณะหนึ่ง
2. เพิ่มขนาดแบตเตอรี่และเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อให้สามารถจ่ายพลังงานที่เกินค่าที่ตั้งไว้ได้ตลอดทั้งช่วงเวลากลางคืน แต่ต้องคำนึงถึงความเหมาะสมเพื่อให้การลงทุนเป็นไปอย่างคุ้มค่า
3. เพิ่มกรณีศึกษา เช่น โรงงาน, คอนโด, ห้างสรรพสินค้า เป็นต้น เพื่อนำมาวิเคราะห์ความสามารถและความคุ้มค่าของระบบ
4. ถ้าต้องการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้น ระบบควรกำหนดเปอร์เซ็นต์ของค่ากำลังไฟฟ้าไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ของภาระไฟฟ้า เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้พลังงานไฟฟ้า แสดงในภาคผนวก ค.
5. เลือกใช้ตัวตรวจจับแสงสว่างที่มีความละเอียดมากขึ้น เพื่อให้ค่าความเข้มแสงที่ปรับในโหมดอัตโนมัติมีค่าเที่ยงตรงและตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มแสงได้อย่างรวดเร็ว

เอกสารอ้างอิง

- [1] การไฟฟ้าผ่านผลิตแห่งประเทศไทย, ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด, [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก https://www.egat.co.th/index.php?option=com_content&view=article&id=353&Itemid=200
- [2] สำนักนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน, ค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุดประจำเดือน, [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: [http://www.eppo.go.th/index.php/en/en-energystatisticselectricitystatistic?orders&orders\[publishUp\]=publishUp&issearch=1](http://www.eppo.go.th/index.php/en/en-energystatisticselectricitystatistic?orders&orders[publishUp]=publishUp&issearch=1)
- [3] สำนักนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน, รายงานสถิติพลังงานของประเทศไทย 2559
- [4] กระทรวงพลังงาน, ระบบบริหารจัดการพลังงาน, [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: <http://www.thai-smartgrid.com/ระบบบริหารจัดการพลังงาน/>
- [5] J. Yoshinaga et al., "Islanding operation methods integrated with multiple power supplies and HEMS," 2015 International Symposium on Smart Electric Distribution Systems and Technologies (EDST), Vienna, 2015, pp. 436-441.
- [6] M. Castillo-Cagigal, A. Gutiérrez, F. Monasterio-Huelin, E. Caamaño-Martín, D. Masa, J. Jiménez-Leube, "A semi-distributed electric demand-side management system with PV generation for self-consumption enhancement" In Energy Conversion and Management, Volume 52, Issue 7, 2011
- [7] S. K. Nayak, N. C. Sahoo and G. Panda, "Demand side management of residential loads in a smart grid using 2D particle swarm optimization technique," 2015 IEEE Power, Communication and Information Technology Conference (PCITC), Bhubaneswar, 2015
- [8] David Oliveira, Eduardo M. G. Rodrigues, Radu Godina, Tiago D. P. Mendes, João P. S. Catalão, Edris Poursmaeil "Enhancing Home Appliances Energy Optimization with Solar Power Integration" EUROCON 2015 - International Conference on Computer as a Tool (EUROCON), IEEE
- [9] Saumya Gangwar, Ankit Madnawat and Paurush Bhulania "Prototype of Household Inverter Using Dual-Axis Solar Tracker to Overcome Shortage of Energy" 2016 International Conference on Information Technology (InCITe

- [10] Rasmus Luthander, Joakim Widén, Joakim Munkhammar, David Lingfors, "Self-consumption enhancement and peak shaving of residential photovoltaics using storage and curtailment," In *Energy*, Volume 112, 2016
- [11] E. Telaretti and L. Dusonchet, "Battery storage systems for peak load shaving applications: Part 2: Economic feasibility and sensitivity analysis," 2016 IEEE 16th International Conference on Environment and Electrical Engineering (EEEIC), Florence, 2016
- [12] Teerapat Manmit and Parnjit Damrongkulkamjorn, "Optimal Battery Energy Storage System for PV Grid Connector for Customer with Time-Of-Use Tariff" in *Journal of Energy Research*, Vol 12, No. 2, July - December 2015
- [13] Danish Hameed, Saad Hamayoon, Asad Ali Malik "Solar Grid-Tied Inverter, with Battery Back-up, for Efficient Solar Energy Harvesting" 2016 IEEE Smart Energy Grid Engineering (SEGE)
- [14] Vanika Sharma, Mohammed H. Haque, Syed Mahfuzul Aziz "Optimal Battery Size for Grid Connected Rooftop Solar Photovoltaic Systems in South Australia" School of Engineering University of South Australia, Mawson Lakes, Australia
- [15] Dan Hui Tang, Daniel Eghbal "Cost Optimization of Battery Energy Storage System Size and Cycling With Residential Solar Photovoltaic" 2017 Australasian Universities Power Engineering Conference (AUPEC)
- [16] S Charan Teja, Pradeep Kumar Yemula "Energy Management of Grid Connected Rooftop Solar System with BatteryStorage" 2016 IEEE Innovative Smart Grid Technologies - Asia (ISGT-Asia)
- [17] A.K. Podder, K. Ahmed, N. K. Roy "Design and Simulation of an Independent Solar Home System with Battery Backup" 2017 4th International Conference on Advances in Electrical Engineering (ICAEE)
- [18] M. Khatami, H. Mortazavi, M. R. Mashhadi and M. Oloomi, "Designing an off-grid PV system: For a residential consumer in Mashhad-Iran," 2013 *Africon*, Pointe-Aux-Piments, 2013

- [19] B. Jeddi, Y. Mishra and G. Ledwich, "Dynamic programming based home energy management unit incorporating PVs and batteries," *2017 IEEE Power & Energy Society General Meeting*, Chicago, IL, 2017
- [20] S. Su, H. Dai, Y. Zeng, Z. Lin, X. Xia and Z. Wu, "Home energy management system using smart socket with appliance recognition," *2016 IEEE International Conference on Information and Automation (ICIA)*, Ningbo, 2016
- [21] Charlie Wilson, Tom Hargreaves, Richard Hauxwell-Baldwin, "Benefits and risks of smart home technologies," In *Energy Policy*, Volume 103, 2017
- [22] Xiaohua Wu, Xiaosong Hu, Xiaofeng Yin, Caiping Zhang, Shide Qian, "Optimal battery sizing of smart home via convex programming," In *Energy*, Volume 140, Part 1, 2017
- [23] Abhishek Bhati, Michael Hansen, Ching Man Chan, "Energy conservation through smart homes in a smart city: A lesson for Singapore households," In *Energy Policy*, Volume 104, 2017
- [24] S. Bannamas and P. Jirapong, "An intelligent lighting energy management system for commercial and residential buildings," *2015 IEEE Innovative Smart Grid Technologies - Asia (ISGT ASIA)*, Bangkok, 2015
- [25] K. Tirawannavit, W. Krueasuk, P. Bhasaputra and W. Pattaraprakorn, "Energy management for light system in the convenience stores: Case study of gas station in Thailand," *2011 International Conference & Utility Exhibition on Power and Energy Systems: Issues and Prospects for Asia (ICUE)*, Pattaya City, 2011
- [26] Y. Kaneko, M. Matsushita, S. Kitagami and R. Kiyohara, "An energy-saving office lighting control system linked to employee's entry/exist," *2013 IEEE 2nd Global Conference on Consumer Electronics (GCCE)*, Tokyo, 2013
- [27] C. Li, F. Luo, Y. Chen, Z. Xu, Y. An and X. Li, "Smart home energy management with vehicle-to-home technology," *2017 13th IEEE International Conference on Control & Automation (ICCA)*, Ohrid, 2017
- [28] F. Berthold, A. Ravey, B. Blunier, D. Bouquain, S. Williamson and A. Miraoui, "Design and Development of a Smart Control Strategy for Plug-In Hybrid Vehicles

- Including Vehicle- to- Home Functionality," in IEEE Transactions on Transportation Electrification, vol. 1, no. 2, pp. 168-177, Aug. 2015
- [29] Y. Yoshimura, T. Kondo, M. Kawanishi, T. Narikiyo and A. Sato, "Model predictive control of EV storage battery with HEMS based on particle swarm optimization," 2015 IEEE Innovative Smart Grid Technologies - Asia (ISGT ASIA), Bangkok, 2015
- [30] Chao Sun, Fengchun Sun, Scott J. Moura "Data enabled predictive energy management of a PV- battery smart home nano grid" 2015 American Control Conference (ACC)
- [31] D. S. Suryawanshi and S. S. Khairnar, "Perturb and observe based MPPT for solar power generation connected to AC load," 2017 2nd IEEE International Conference on Recent Trends in Electronics, Information & Communication Technology (RTEICT), Bangalore, 2017
- [32] G. Jackson, S. Ciociu and J. A. McCann, "Solar Energy Harvesting Optimization for Wireless Sensor Networks," GLOBECOM 2017 - 2017 IEEE Global Communications Conference, Singapore, 2017
- [33] J. Botma, G. P. Hancke and T. D. Ramotsoela, "Solar home energy management system," 2017 IEEE AFRICON, Cape Town, 2017
- [34] L. Yao and T. S. Tsai, "Novel Hybrid Scheme of Solar Energy Forecasting for Home Energy Management System," 2016 IEEE International Conference on Internet of Things (iThings) and IEEE Green Computing and Communications (GreenCom) and IEEE Cyber, Physical and Social Computing (CPSCom) and IEEE Smart Data (SmartData), Chengdu, 2016
- [35] S. Kim, J. Choi , G. Park "Photovoltaic Power Generation for Air-conditioning System Based on Predictive Control" Proceedings of 1996 International Conference on Power Electronics, Drives and Energy Systems for Industrial Growth
- [36] Seyyed Hamid Elyas, Hamidreza Sadeghian, Hayder O. Alwan, Zhifang Wang "Optimized household demand management with local solar PV generation" Department of electric and computer Engineering Virginia Commonwealth University Richmond, VA, USA

- [37] Fathia Chekired, Zoubeyr Smara, Achour Mahrane, Madjid Chikh, Smail Berkane, "An Energy Flow Management Algorithm for a Photovoltaic Solar Home, Energy Procedia," Volume 111,2017, Pages 934-943
- [38] รูปที่ 2.1 รูปแสดงระบบบริหารจัดการพลังงานในบ้านเรือน ปรับปรุงจาก กระทรวงพลังงาน, ระบบบริหารจัดการพลังงาน. (ออนไลน์) แหล่งที่มา: <http://www.thai-smartgrid.com/ระบบบริหารจัดการพลังงาน/>
- [39] Solar Smile Knowledge, ความหมายและชนิดของอินเวอร์เตอร์, [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: <https://solarsmileknowledge.com/tag/เครื่องแปลงไฟฟ้ากระแสตรง/>
- [40] รูปที่ 2.2 อุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสสลับที่ใช้กับระบบอิสระ. ปรับปรุงจาก Annex power. 2559. Solar inverter. (ออนไลน์). แหล่งที่มา: http://www.annexpower.com/th/products/list-products.php?pct_id=10
- [41] รูปที่ 2.3 อุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสสลับที่ใช้เชื่อมต่อกับระบบจำหน่าย. ปรับปรุงจาก Annex power. 2559. Solar inverter. (ออนไลน์). แหล่งที่มา: http://www.annexpower.com/th/products/list-products.php?pct_id=10
- [42] รูปที่ 2.4 อุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสสลับที่ใช้กับระบบผสมผสาน. ปรับปรุงจาก Annex power. 2559. Solar inverter. (ออนไลน์). แหล่งที่มา: http://www.annexpower.com/th/products/list-products.php?pct_id=10
- [43] David Linden, Thomas Reddy, Handbook of Batteries
- [44] รูปที่ 2.5 โครงสร้างแบตเตอรี่ปฐมภูมิ (Primary Cells) ปรับปรุงจาก Battery Association of Japan, Structure and reaction formula of batteries. (ออนไลน์). แหล่งที่มา: <http://www.baj.or.jp/e/knowledge/structure.html>
- [45] รูปที่ 2.6 โครงสร้างแบตเตอรี่ทุติยภูมิ (Secondary Cells) ปรับปรุงจาก The Electropaedia, Cell Chemistries - How Batteries Work. (ออนไลน์). แหล่งที่มา: <http://www.mpoweruk.com/chemistries.htm>
- [46] รูปที่ 2.7 โครงสร้างแบตเตอรี่สำรอง (Reserve Batteries) ปรับปรุงจาก Best Manufacturing Practices, Navy Primary and Secondary Batteries. (ออนไลน์). แหล่งที่มา: <http://www.bmpcoe.org/library/books/navso%20p-3676/933.html>
- [47] รูปที่ 2.8 โครงสร้างเซลล์เชื้อเพลิง (Fuel Cells) ปรับปรุงจาก Wikipedia, Fuel Cell. (ออนไลน์). แหล่งที่มา: https://en.wikipedia.org/wiki/Fuel_cell

- [48] รูปที่ 2.9 เซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ (PV Stand-alone system) ปรับปรุงจาก, Synergy Enviro Engineers, Solar Photovoltaic Systems. (ออนไลน์). แหล่งที่มา: <http://www.synergyenviron.com/resources/solar-photovoltaic-systems>
- [49] รูปที่ 2.10 เซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่าย (PV Grid connected system) ปรับปรุงจาก, Synergy Enviro Engineers, Solar Photovoltaic Systems. (ออนไลน์). แหล่งที่มา: <http://www.synergyenviron.com/resources/solar-photovoltaic-systems>
- [50] รูปที่ 2.11 เซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน (PV Hybrid system) ปรับปรุงจาก, Synergy Enviro Engineers, Solar Photovoltaic Systems. (ออนไลน์). แหล่งที่มา: <http://www.synergyenviron.com/resources/solar-photovoltaic-systems>
- [51] วิทยาลัยเทคนิคสัตหีบ, แนะนำให้รู้จัก PLC, [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://www.tatc.ac.th/files/0902050883921_1106010774824.pdf
- [52] รูปที่ 2.12 ชนิดของตัวประมวลผลที่สามารถโปรแกรมได้ชนิดบล็อก (PLC MITSUBISHI FX1N-Series) ปรับปรุงจาก, Mitsubishi Electric, FX1N Series Programmable Controller . (ออนไลน์). แหล่งที่มา: http://dl.mitsubishielectric.com/dl/fa/document/manual/plc_fx/jy992d89301/jy992d89301r.pdf
- [53] รูปที่ 2.13 ชนิดของตัวประมวลผลที่สามารถโปรแกรมได้ชนิดโมดูล (PLC MITSUBISHI Q-Series) ปรับปรุงจาก, Mitsubishi Electric, MELSEC-Q series Product list. (ออนไลน์). แหล่งที่มา: <http://www.mitsubishielectric.com/fa/products/cnt/ssc/items/sscq/index.html>
- [54] Arduitrronics, เริ่มต้นใช้งาน Arduino UNO, [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: <https://www.arduitronics.com/article/1/เริ่มต้นใช้งาน-arduino-uno-ตอนที่-1-แนะนำตัวกันก่อน>
- [55] รูปที่ 2.14 บอร์ดอาคิโน รูนยูโน ปรับปรุงจาก, Arduino, Arduino Uno Rev3. (ออนไลน์). แหล่งที่มา: <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>
- [56] ETT, คู่มือการใช้งาน Opto AC Dimming, [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: <http://www.etteam.com/download/12INTERFACE/12A38/ET-OPTO%20AC%20Dimmer.pdf>
- [57] รูปที่ 2.15 บอร์ดสำหรับหรี่ไฟ ปรับปรุงจาก, KRIDA Electronics, AC LED Light Dimmer V2. (ออนไลน์). แหล่งที่มา: <https://www.ebay.com/itm/4CH-AC-LED-Light-Dimmer-V2-Module-Leading-Edge-ARDUINO-RASPBERRY-Smart-Home/112410704471>

- [58] รูปที่ 2.16 เซนเซอร์วัดความเข้มแสง รุ่น จีวาย-สามสิบ (GY-30) ปรับปรุงจาก, ArduinoAll, โมดูลวัดความเข้มแสง GY-30. (ออนไลน์). แหล่งที่มา: <https://www.arduinoall.com/product/224/โมดูล-วัดความเข้มแสง-gy-30-bh1750fvi-digital-light-intensity-light-module-module-1750-light-sensor-m-2>

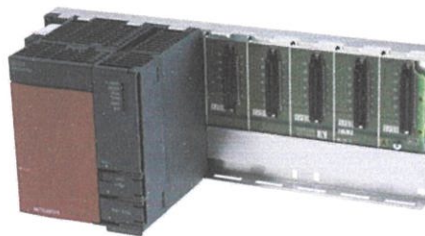
ภาคผนวก ก

ข้อมูลอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องในการวิจัย

ก.1 ตัวควบคุมเชิงตรรกะแบบโปรแกรมได้ (Programmable Logic Controller : PLC)

ตัวควบคุมเชิงตรรกะแบบโปรแกรมได้ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมการทำงานให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของผู้ใช้ สำหรับโรงงานนี้ใช้ตัวควบคุมดังกล่าวในการควบคุมระบบการจัดการพลังงานที่ใช้ภายในที่อยู่อาศัย โดยทำการคำนวณปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ เพื่อนำข้อมูลที่ได้อมาใช้ประกอบการตัดสินใจเลือกเปิด-ปิด อุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆภายในที่อยู่อาศัย

ก.1.1 ตัวประมวลผลที่สามารถโปรแกรมได้ชนิดโมดูล



รูปที่ ก.1 ตัวประมวลผลที่สามารถโปรแกรมได้ชนิดโมดูล
(PLC MITSUBISHI Q-Series)

ตารางที่ ก.1 ข้อมูลทั่วไปของตัวควบคุมเชิงตรรกะโปรแกรมได้ Q Series

ข้อมูลทั่วไป	
Power supply modules (Q61P)	
แรงดันไฟฟ้าขาเข้า	85-264 V AC (+10%,-15%)
กระแสไฟฟ้าขาออก	6 A
ความถี่	50/60
CPU modules (Q03UDE)	
ช่องจุดเชื่อมต่อ ขาเข้า/ขาออก	4096/8192
ชนิดหน่วยความจำ	RAM, ROM, FLASH
ความจุหน่วยความจำ	≤32 Mbyte (30 kstep)
Input modules (QX40)	
จำนวนช่องจุดเชื่อมต่อ	16 Point
แรงดันไฟฟ้าขาเข้า	24 V DC
กระแสไฟฟ้าขาเข้า	6 mA DC
Output modules (QY10)	
ชนิดของช่องขาออก	Relay
จำนวนช่องจุดเชื่อมต่อ	16 Point
แรงดันไฟฟ้าขาออก	24 V DC/240 V AC

ก.1.2 โมดูลพิเศษ

ก.1.2.1 QJ71C24N

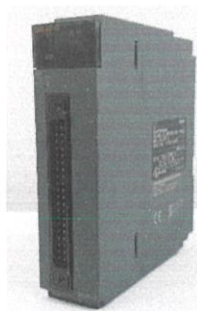


รูปที่ ก.2 โมดูล QJ71C24N

ตารางที่ ก.2 ข้อมูลทั่วไปของโมดูลพิเศษ QJ71C24N

ข้อมูลทั่วไป	
ลักษณะการทำงาน	โมดูลที่ใช้สำหรับการแลกเปลี่ยนข้อมูลกับอุปกรณ์ต่อพ่วง
ช่องทางการติดต่อสื่อสาร	2 Channel : CH 1 RS232 (9-pin Sub-D) CH 2 RS422/RS485 (Screw terminals)
ช่องจุดเชื่อมต่อ ขาเข้า/ขาออก	32 Point

ก.1.2.2 Q68AD-G



รูปที่ ก.3 โมดูล Q68AD-G

ตารางที่ ก.3 ข้อมูลทั่วไปของโมดูลพิเศษ Q68AD-G

ข้อมูลทั่วไป	
ลักษณะการทำงาน	โมดูลอินพุตแบบอนาล็อกแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นค่าดิจิทัลที่มีความแม่นยำสูง
ช่องจุดเชื่อมต่อขาเข้า	8 Point
อินพุตแบบอนาล็อก	-10V/+10V (0mA/+20mA)
แรงดันไฟฟ้าขาเข้าสูงสุด	±15V
กระแสไฟฟ้าขาเข้าสูงสุด	±30mA

ก.2 แบตเตอรี่ (Battery)

แบตเตอรี่ เป็นแหล่งสะสมพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ โดยทำหน้าที่ประจุไฟฟ้าส่วนที่เกินระหว่างไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ กับไฟฟ้าที่ใช้ ซึ่งการโครงการนี้เลือกใช้แบตเตอรี่ชนิดคายประจุลึก (Deep cycle) เนื่องจากเหมาะกับการใช้งานร่วมกับเซลล์แสงอาทิตย์ และอุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสสลับ รวมทั้งภาระไฟฟ้าต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลองของโครงการนี้ด้วย



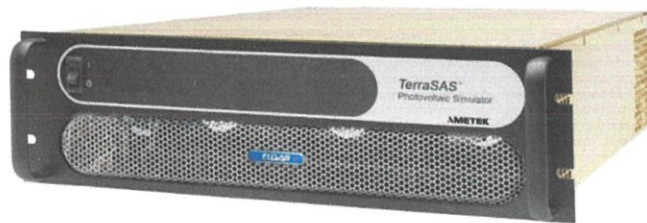
รูปที่ ก.4 แบตเตอรี่ชนิดคายประจุลึก GLOBATT Pace Battery Deep Cycle 12V 60Ah

ตารางที่ ก.4 ข้อมูลทั่วไปแบตเตอรี่ GLOBATT Pace Battery Deep Cycle 12V 60Ah

ข้อมูลทั่วไป	GLOBATT Pace Battery Deep Cycle 12V 60Ah
ความจุ ที่ อัตราการคายประจุคงที่ 20 ชั่วโมง	60 Ah
แรงดันไฟฟ้าปกติ	12.5 VDC
แรงดันไฟฟ้าเต็ม	12.8 VDC
ค่าระดับความลึกในการคายประจุ	DOD 40%
การจัดเรียงเซลล์	1
ชนิดขั้ว	A
กำลังสำรองแบตเตอรี่	85 min
ขนาด	259x173x227 mm 16.9 kg
ค่า CCA ที่ - 18 deg C	400

ก.3 เครื่องจำลองเซลล์แสงอาทิตย์ (Photovoltaic Simulator)

เครื่องจำลองเซลล์แสงอาทิตย์ เป็นแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าที่สามารถจำลองพฤติกรรมไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ โดยสามารถจำลองลักษณะไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ เช่น ไฟฟ้ากระแสตรง แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง และกำลังไฟฟ้ากระแสตรง ออกมาเพื่อใช้ในการทดลอง นอกจากนี้ยังสามารถจำลองสภาพภูมิอากาศในขณะการทดลองได้อีกด้วย เครื่องจำลองเซลล์แสงอาทิตย์มีฟังก์ชันการทำงานแบบผลิตกำลังไฟฟ้าสูงสุด (Maximum Power Point Tracking: MPPT) เพื่อรองรับการทำงานร่วมกับอุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสสลับ (inverter) อย่างมีประสิทธิภาพทั้งในรูปแบบระบบอิสระ (Off grid) และระบบเชื่อมต่อกับระบบจำหน่าย (On grid)



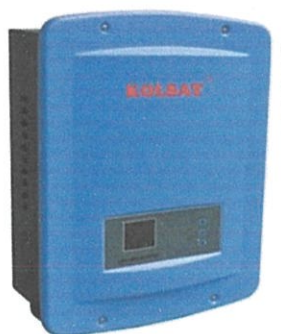
รูปที่ ก.5 เครื่องจำลองเซลล์แสงอาทิตย์ ETS600X8E-PVF

ตารางที่ ก.5 ข้อมูลทั่วไปเครื่องจำลองเซลล์แสงอาทิตย์ ETS6008E-PVF

ข้อมูลทั่วไป	
แรงดันไฟฟ้าขาออก	600 VDC
แรงดันไฟฟ้าขาออกสูงสุด	660 VDC
กระแสไฟฟ้าขาออก	8
กำลังไฟฟ้าสูงสุด	5800 W
ความเร็วในการดิ่งกำลังไฟฟ้าสูงสุด	200 HZ
ความสามารถในการประจุไฟฟ้าขาออก	< 40uF
การเชื่อมต่อภายนอก ขาเข้า/ขาออก	Ethernet
แรงดันไฟฟ้าขาเข้า	396-528 VAC
ความถี่ไฟฟ้าขาเข้า	47-63 Hz
ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า	> 0.9
อุณหภูมิทำงาน	0-50 degs C
ขนาดอุปกรณ์	64.7 x 13.3 x 48.3 cm 40 lbs

ก.4 อุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสสลับ (inverter)

อุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ เป็นอุปกรณ์แปลงไฟฟ้ากระแสตรงจากเครื่องจำลองเซลล์แสงอาทิตย์เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ เพื่อจ่ายชุดทดลองภาระไฟฟ้ากระแสสลับ เช่น กาดม้ไฟฟ้า เครื่องปรับอากาศ หลอดไฟฟ้า พัดลม ทีวี เป็นต้น โดยในการโครงการนี้จะใช้อุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสสลับ คือ อุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสสลับระบบอิสระ



รูปที่ ก.6 อุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสสลับระบบอิสระ GF 2000

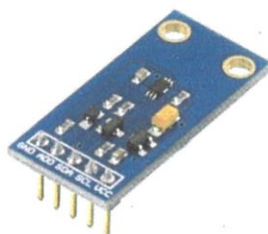
ตารางที่ ก.6 ข้อมูลทั่วไปอุปกรณ์แปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสสลับระบบอิสระ

ข้อมูลทั่วไป	
กำลังไฟฟ้า	2000 W
แรงดันไฟฟ้าแบตเตอรี่	48 V
สถานะการทำงาน	PV priority / AC priority
เซลล์แสงอาทิตย์	
แรงดันไฟฟ้าขาเข้า	48 – 90 VDC
กระแสไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์	≤80 A
กระแสประจุไฟฟ้าสูงสุด	60 A
ประสิทธิภาพ	≥98%
สถานะไฟฟ้ากระแสสลับ	
แรงดันไฟฟ้าขาเข้า	220 VAC ± 25%
ความถี่ขาเข้า	45 – 65 Hz
แรงดันไฟฟ้าขาออก	220 VAC ± 10%
ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าขาเข้า	≥98%
กระแสประจุไฟฟ้าสูงสุด	12 A

ประสิทธิภาพ	≥96%
ภาระไฟฟ้าเกิน	110% 255s transfer to bypass model; 120% 60s transfer to bypass model; 150% 10s transfer to bypass model;
การป้องกันการลัดวงจรขาเข้า	fuse
สภาวะแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสสลับ	
แรงดันไฟฟ้าขาออก	220VAC ± 5%
ความถี่ไฟฟ้าขาออก	50Hz / 60Hz ± 1% frequency auto sense
ความผิดเพี้ยนของรูปคลื่น	Line load ≤ 5%
ประสิทธิภาพ	≥84.5%
ภาระไฟฟ้าเกิน	110% 255s transfer to bypass model; 120% 60s transfer to bypass model; 150% 10s transfer to bypass model;
การปิดระบบเมื่อไม่มีภาระไฟฟ้า	Load < 5% The system automatically shut down at 1min, transfer to bypass power supply
การป้องกันการลัดวงจร	Systems automatically shut down
สัญญาณเตือน	
ระบบผิดปกติ	1/4s; automatic sound elimination after 40s
แบตเตอรี่ต่ำ	5/1s
ภาระไฟฟ้าเกิน	1/1s
การเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่น	RS232/USB/SNMP
อื่น ๆ	
ระดับการป้องกัน	IP 21
อุณหภูมิทำงาน	0°C - 40°C
ขนาด	380 x 195 x 478 mm 28 kg

ก.5 เซนเซอร์ตรวจจับค่าความเข้มแสง (Light intensity Sensor)

เซนเซอร์ตรวจจับค่าความเข้มแสง เป็นอุปกรณ์ตรวจจับค่าความเข้มแสงในบริเวณโดยรอบ เพื่อนำค่าความเข้มแสงที่ได้ไปใช้ประมวลผลที่ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ในการปรับ-ลด ค่าความสว่างของหลอดไฟ LED ต่อไป ซึ่งในโครงการนี้เลือกใช้ เซนเซอร์ตรวจจับค่าความเข้มแสง รุ่น BH1750FVI



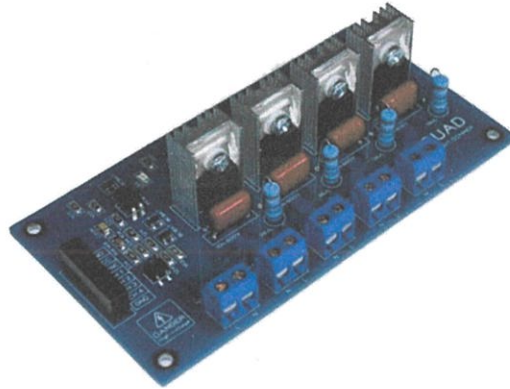
รูปที่ ก.7 Light intensity Sensor Module GY-30 - Digital Output, I2C Interface - BH1750FVI

ตารางที่ ก.7 ข้อมูลทั่วไปของ Light intensity Sensor BH1750FVI

ข้อมูลทั่วไป	
แหล่งจ่ายไฟ	3-5 V
การรับค่าความเข้มแสง	0-65535 lux
Sensor built in	16-bit AD converter

ก.6 บอร์ดสำหรับหรี่ไฟ

เป็นบอร์ดที่ใช้สำหรับการควบคุมระบบไฟฟ้ากระแสสลับ ให้สามารถมีระดับแรงดันเอาต์พุตต่าง ๆ ตามที่ต้องการ โดยการรับค่าอินพุตจากตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ แล้วอาศัยหลักการในการควบคุมเฟสของสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับ (AC 220 V) ซึ่งในโครงการนี้เลือกใช้บอร์ดสำหรับหรี่ไฟ 4 Channel AC light dimmer Control via I2C Protocol



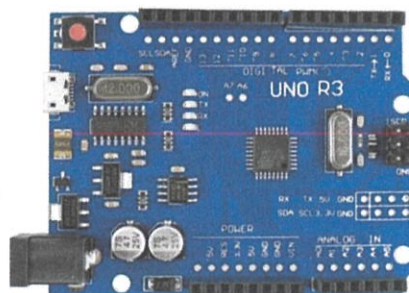
รูปที่ ก.8 บอร์ดสำหรับหรีไฟ

ตารางที่ ก.8 ข้อมูลทั่วไปของบอร์ดสำหรับหรีไฟ

ข้อมูลทั่วไป	
แหล่งจ่ายไฟ	110-240 V AC 50/60 Hz
กระแสไฟฟ้าในแต่ละ Channel	0-3 A
ช่องจุดเชื่อมต่อขาเข้า	12C Bus (Pull up switch on board)

ก.7 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)

เป็นบอร์ดที่ใช้สำหรับประมวลผล ทรานซิสเตอร์ (AVR) ที่มีการพัฒนาแบบ เปิดเผย ข้อมูลทั้งด้านฮาร์ดแวร์ (Hardware) และซอฟต์แวร์ (Software) ตัวบอร์ดอาดูยโน้ (Arduino) ถูก ออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย ดังนั้นโครงงานนี้ได้เลือกใช้บอร์ด รุ่น Arduino Uno R3 ในการรับค่า ความเข้มแสงจากเซนเซอร์ตรวจจับค่าความเข้มแสง นำมาประมวลผลโดยจะส่งค่าความเข้มแสงที่ ต้องการไปให้บอร์ดสำหรับหรีไฟ เพื่อนำไปปรับลดระดับความสว่างของหลอดไฟ



รูปที่ ก.9 บอร์ดอาดูยโน้ รุ่นยูโน้

ตารางที่ ก.9 ข้อมูลทั่วไป Arduino Uno R3

ข้อมูลทั่วไป	
ไมโครคอนโทรเลอร์	ATmega328
แรงดันไฟฟ้าที่ใช้งาน	5 V
แรงดันไฟฟ้าขาเข้า	7-12 V
กระแสไฟฟ้าใน	40 mA/Pin
ช่องจุดเชื่อมต่อขาเข้า/ขาออก	14 Pin Digital (of which 6 provide PWM output)
แหล่งพลังงาน	AC-to-DC adapter or Battery
การเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์	USB
หน่วยความจำ	Flash Memory: 32 KB of which 0.5 KB used by bootloader SRAM: 2 KB EEPROM: 1 KB

ภาคผนวก ข
ข้อมูลอัตราค่าไฟ

ข.1 อัตราการคิดค่าไฟฟ้า

อัตราค่าไฟฟ้าเป็นอัตราที่การไฟฟ้านครหลวง และการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเรียกเก็บจากผู้ใช้ไฟฟ้ตามลักษณะการใช้ โดยการไฟฟ้าได้กำหนดอัตราการเก็บค่าไฟฟ้าของผู้ใช้แต่ละประเภทแตกต่างกันตามอัตราค่าไฟฟ้าที่ผู้ใช้ไฟเลือกใช้บริการ

ข.1.1 ประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า

การไฟฟ้านครหลวง และการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคได้กำหนดประเภทของผู้ใช้ตามลักษณะของผู้ใช้ และปริมาณการใช้ไฟฟ้า เป็น 8 ประเภท ดังนี้

ตารางที่ ข.1 ลักษณะของผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละประเภท

ผู้ใช้ไฟฟ้า	ลักษณะของผู้ใช้ไฟ	อัตราค่าไฟฟ้า		ค่าความ ต้องการ กำลังไฟฟ้า สูงสุด	ปริมาณการใช้ พลังงานไฟฟ้า เฉลี่ย 3 เดือน
		ปกติ	TOU		
ประเภทที่ 1 บ้านอยู่อาศัย	บ้านเรือนที่อยู่อาศัย วัด และสถาน ประกอบศาสนกิจ ของทุกศาสนา	✓	✓	-	-
ประเภทที่ 2 กิจการขนาดเล็ก	ธุรกิจรวมกับที่อยู่อาศัย อุตสาหกรรม หน่วยราชการ สำนักงาน	✓	✓	ต่ำกว่า30 กิโลวัตต์	-
ประเภทที่ 3 กิจการขนาดกลาง	อุตสาหกรรม หน่วยราชการ สำนักงาน	✓	✓	ตั้งแต่ 30 - 999 กิโลวัตต์	ไม่เกิน 250,000 หน่วยต่อเดือน
ประเภทที่ 4 กิจการขนาดใหญ่	อุตสาหกรรม หน่วยราชการ สำนักงาน	✓	✓	1,000 กิโลวัตต์ขึ้นไป	เกินกว่า 250,000 หน่วย ต่อเดือน
ประเภทที่ 5 กิจการเฉพาะอย่าง	กิจการโรงแรม และกิจการให้เช่าพัก อาศัย ฯลฯ	✓	✓	30 กิโลวัตต์ ขึ้นไป	
ประเภทที่ 6 องค์กรที่ไม่แสวงหา กำไร	องค์กรที่มีวัตถุประสงค์ในการ ให้บริการ โดยไม่คิดค่าตอบแทน กำไร	✓	✓	-	-
ประเภทที่ 7 กิจการสูบน้ำเพื่อ การเกษตร	การใช้ไฟฟ้ากับเครื่องสูบน้ำเพื่อ การเกษตร	✓	✓	-	-
ประเภทที่ 8 ผู้ใช้ไฟฟ้าชั่วคราว	การก่อสร้างอาคารทั่วไป การจัด งานขึ้นเป็นกรณีพิเศษชั่วคราว	✓	-	-	-

จากตารางที่ ข.2 พบว่าทั้งการไฟฟ้านครหลวง และการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค มีการคิดอัตราค่าไฟ 2 แบบ ได้แก่ อัตราค่าไฟปกติ และอัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Rate : TOU) ซึ่งทั้งสองแบบนี้จะมีลักษณะการเรียกเก็บต่างกัน ดังนี้

ข.1.2 อัตราค่าไฟปกติ

อัตราค่าไฟปกติ คือ ค่าไฟฟ้าที่การไฟฟ้านครหลวง และการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเรียกเก็บจากผู้ใช้ไฟฟ้าในแต่ละเดือน โดยจะประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ

ข.1.2.1 ค่าไฟฟ้าฐาน (Demand charge: DC)

- ค่าพลังงานไฟฟ้า (Energy charge: EC หน่วย kWh) คือ ค่าต้นทุนและค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างโรงไฟฟ้า ระบบสายส่ง สายจำหน่ายและค่าการผลิตไฟฟ้า

- ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้า (Demand charge: DC หน่วย kW) คือ กำลังไฟฟ้าที่ใช้จริงเป็นกิโลวัตต์ เฉลี่ยทุก 15 นาที โดยจะเรียกเก็บในลักษณะ ค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด

- ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ (kVar) คือ ค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีเพาเวอร์แฟคเตอร์ล่าช้า (Lagging) โดยที่ภายในรอบเดือนใดของผู้ใช้ไฟมีความต้องการพลังไฟฟ้ารีแอกทีฟเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด เมื่อคิดเป็นกิโลวาร์ เกินกว่าร้อยละ 61.97 ของความต้องการพลังไฟฟ้าแอกทีฟเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด เมื่อคิดเป็นกิโลวัตต์แล้ว สำหรับส่วนที่เกินจะต้องเสียค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ในอัตรากิโลวาร์ละ 14.02 บาท

- ค่าบริการรายเดือน (Service charge: SC) คือ ค่าใช้จ่ายในการจดหน่วยไฟฟ้า ค่าจัดทำ และจัดส่งบิลค่าไฟฟ้า การรับชำระเงินค่าไฟฟ้า รวมถึงงานบริการลูกค้า

ตารางที่ ข.2 สรุปค่าไฟฟ้าฐานของอัตราค่าไฟฟ้าปกติ

ประเภท	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)	ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้า (บาท/กิโลวัตต์)	ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (บาท/กิโลวาร์)	ค่าบริการ (บาท/เดือน)
ประเภทที่ 1 บ้านอยู่อาศัย	✓	-	-	✓
ประเภทที่ 2 กิจการขนาดเล็ก	✓	-	-	✓
ประเภทที่ 3 กิจการขนาดกลาง	✓	✓	✓	✓
ประเภทที่ 4 กิจการขนาดใหญ่	✓	✓	✓	✓
ประเภทที่ 5 กิจการเฉพาะอย่าง	✓	✓	✓	✓
ประเภทที่ 6 องค์กรที่ไม่แสวงหากำไร	✓	-	-	✓
ประเภทที่ 7 กิจการสูบน้ำเพื่อการเกษตร	✓	-	-	✓
ประเภทที่ 8 ผู้ใช้ไฟฟ้าชั่วคราว	✓	-	-	✓

ข.1.2.2 ค่าไฟฟ้าแปรผัน

เป็นค่าไฟฟ้าที่ปรับเปลี่ยนเพิ่มขึ้น หรือลดลงตามการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนค่าเชื้อเพลิง การซื้อไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต และค่าใช้จ่ายตามนโยบายของรัฐ ซึ่งจะมีการปรับเปลี่ยนทุกๆ 4 เดือน โดยสามารถคำนวณได้จากสมการที่ ข.1 ดังนี้

$$F_t = FAC + AF \quad (\text{ข.1})$$

- โดย F_t คือ ค่าต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าทั้งหมดของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยที่เปลี่ยนแปลงไปจากระดับที่กำหนดไว้ในค่าไฟฟ้าฐาน ซึ่งมีการปรับปรุงทุกๆ 4 เดือน
- FAC คือ ค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ค่าซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตเอกชน ค่าซื้อไฟฟ้าจากต่างประเทศ และค่าใช้จ่ายตามนโยบายของรัฐที่เปลี่ยนแปลงไปจากค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงฐานในงวดปัจจุบัน
- AF คือ ค่าสะสมของผลแตกต่างระหว่างค่าไฟฟ้าแปรผันที่เกิดขึ้นจริง กับค่าไฟฟ้าแปรผันเรียกเก็บสะสมมาจากงวดที่ผ่านมา

ข.2.1.3 ภาษีมูลค่าเพิ่ม

ค่าใช้จ่ายที่เรียกเก็บตามกฎหมายกำหนด ปัจจุบันเรียกเก็บภาษีมูลค่าเพิ่ม ร้อยละ 7

ตารางที่ ข.3 อัตราค่าไฟฟ้าสำหรับที่อยู่อาศัยของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

อัตราค่าไฟฟ้าสำหรับที่อยู่อาศัยของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค		ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)	ค่าบริการ (บาท/เดือน)
1.1.1 ใช้พลังงานไฟฟ้า ไม่เกิน 150 หน่วยต่อเดือน			8.19
5 หน่วยแรก	(หน่วยที่ 0 - 5)	0	
10 หน่วยต่อไป	(หน่วยที่ 6 - 15)	1.3576	
10 หน่วยต่อไป	(หน่วยที่ 16 - 25)	1.5445	
10 หน่วยต่อไป	(หน่วยที่ 26 - 35)	1.7968	
65 หน่วยต่อไป	(หน่วยที่ 36 - 100)	2.1800	
50 หน่วยต่อไป	(หน่วยที่ 101 - 150)	2.2734	
250 หน่วยต่อไป	(หน่วยที่ 151 - 400)	2.7781	
เกิน 400 หน่วยขึ้นไป	(หน่วยที่ 401 เป็นต้นไป)	2.9780	
1.1.2 ใช้พลังงานไฟฟ้า เกิน 150 หน่วยต่อเดือน			40.90
150 หน่วยแรก	(หน่วยที่ 0 - 150)	1.8047	
250 หน่วยต่อไป	(หน่วยที่ 151 - 400)	2.7781	
เกิน 400 หน่วยขึ้นไป	(หน่วยที่ 401 เป็นต้นไป)	2.9780	

ตารางที่ ข.3 อัตราค่าไฟฟ้าสำหรับที่อยู่อาศัยของการไฟฟ้านครหลวง

อัตราค่าไฟฟ้าสำหรับที่อยู่อาศัยของการไฟฟ้านครหลวง		ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)	ค่าบริการ (บาท/เดือน)
1.1.1 ใช้พลังงานไฟฟ้า ไม่เกิน 150 หน่วยต่อเดือน			8.19
15 หน่วยแรก	(หน่วยที่ 1 - 155)	2.3488	
10 หน่วยต่อไป	(หน่วยที่ 16 - 15)	2.9882	
10 หน่วยต่อไป	(หน่วยที่ 26 - 35)	3.2405	
65 หน่วยต่อไป	(หน่วยที่ 36 - 100)	3.6237	
50 หน่วยต่อไป	(หน่วยที่ 101 - 150)	3.7171	
250 หน่วยต่อไป	(หน่วยที่ 151 - 400)	4.2218	
เกิน 400 หน่วยขึ้นไป	(หน่วยที่ 401 เป็นต้นไป)	4.4217	
1.1.2 ใช้พลังงานไฟฟ้า เกิน 150 หน่วยต่อเดือน			40.90
150 หน่วยแรก	(หน่วยที่ 0 - 150)	3.2484	
250 หน่วยต่อไป	(หน่วยที่ 151 - 400)	4.2218	
เกิน 400 หน่วยขึ้นไป	(หน่วยที่ 401 เป็นต้นไป)	4.4217	

ข.1.3 อัตราค่าอัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Rate: TOU)

อัตราค่าอัตราตามช่วงเวลาของการใช้ คือ ค่าไฟฟ้าที่การไฟฟ้านครหลวง และการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเรียกเก็บจากผู้ใช้ไฟฟ้าในแต่ละเดือน โดยจะประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก เหมือนกับอัตราค่าไฟปกติ ได้แก่ ค่าไฟฟ้าฐาน ค่าไฟฟ้าแปรผัน และค่าภาษีมูลค่าเพิ่ม สำหรับการคิดค่าไฟในอัตราตามช่วงเวลาของการใช้ไฟ จะเรียกเก็บแตกต่างจากค่าไฟอัตราปกติที่ค่าไฟฟ้าฐาน โดยจะมีการคิดค่าพลังงานไฟฟ้า ในอัตราตามช่วงเวลาของการใช้ ดังแสดงในตาราง ที่ 2.4 โดยค่าพลังงานไฟฟ้ามีราคาสูงในช่วงที่มีระบบมีความต้องการใช้ไฟฟ้ามาก (On Peak) ระหว่างเวลา 09.00 - 22.00 น. ของวันจันทร์ - วันศุกร์ เนื่องจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยต้องผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงทุกชนิดทั้งที่มีราคาต่ำและสูง เพื่อให้พลังงานไฟฟ้าเพียงพอต่อความต้องการ แต่ในช่วงที่ระบบมีความต้องการใช้ไฟฟ้าต่ำ (Off Peak) ระหว่างเวลา 22.00 - 09.00 น. ของวันจันทร์ - วันศุกร์ และทั้งวันของวันเสาร์ - อาทิตย์ และวันหยุดราชการที่ไม่รวมวันหยุดชดเชย ค่าพลังงานไฟฟ้าจะต่ำ เนื่องจากการไฟฟ้าสามารถเลือกผลิตพลังงานไฟฟ้าจากที่มีเชื้อเพลิงราคาต่ำได้ ดังนั้น อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (TOU) จึงเป็นอัตราค่าไฟฟ้าที่สะท้อนถึงต้นทุนการผลิตไฟฟ้าที่แท้จริง

ตารางที่ ข.4 การคิดค่าไฟฟ้าแบบอัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (TOU)

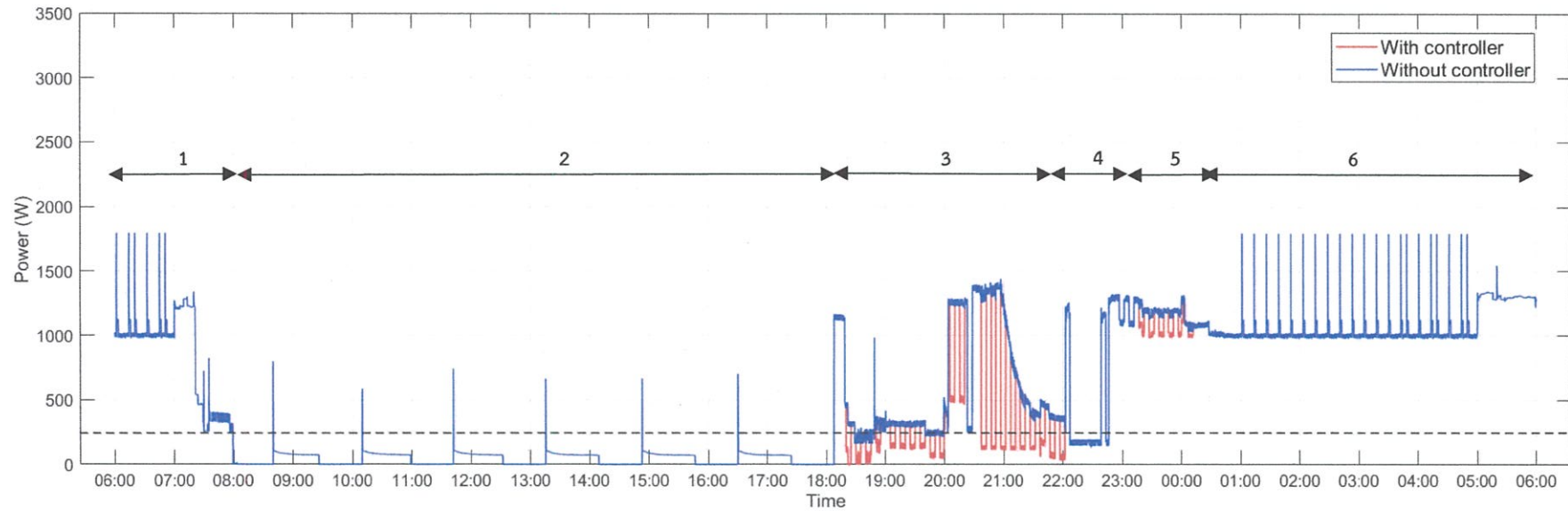
ระดับแรงดันไฟฟ้า	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)		ค่าบริการ (บาท/เดือน)
	On-Peak	Off-Peak	
แรงดัน 69 kV ขึ้นไป	4.1283	2.6107	312.24
แรงดัน 22 - 33 kV	4.2097	2.6295	312.24
ต่ำกว่า 12 kV	4.3555	2.6627	312.24

On Peak ระหว่างเวลา 09.00 - 22.00 น. ของวันจันทร์ - วันศุกร์

Off Peak ระหว่างเวลา 22.00 - 09.00 น. ของวันจันทร์ - วันศุกร์ และทั้งวันของวันเสาร์-อาทิตย์และวันหยุดราชการที่ไม่รวมวันหยุดชดเชย

ภาคผนวก ค

กรณีศึกษาช่วงเวลาของภาระไฟฟ้าในที่อยู่อาศัยช่วงวันจันทร์ – ศุกร์
โดยค่ากำลังไฟฟ้าที่กำหนด (P_{setting}) มีค่าเท่ากับ 250 วัตต์-ชั่วโมงตลอด 24 ชั่วโมง



รูปที่ ค.1 ช่วงเวลาของภาระไฟฟ้าในที่อยู่อาศัยช่วงวันจันทร์ - ศุกร์
เมื่อใช้ระบบควบคุมพลังงานไฟฟ้าซึ่งค่ากำลังไฟฟ้าที่กำหนด (P_{setting}) เป็นค่าคงที่

การทดลองระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าภาพรวมภายในที่อยู่อาศัยในกรณีที่ 1 เมื่อมีการนำระบบควบคุมเข้ามาใช้งาน และค่ากำลังไฟฟ้าที่กำหนด (P_{setting}) เป็นค่าคงที่ตลอด 24 ชั่วโมง ซึ่งจะทำให้การทดลองคล้ายกับหัวข้อ 4.2.2 แต่ได้ทำการปรับเปลี่ยนค่ากำลังไฟฟ้าที่กำหนด (P_{setting}) ให้มีค่าเท่ากับ 250 วัตต์-ชั่วโมง โดยผลการทดลองสามารถสรุปเป็นเหตุการณ์ในแต่ละช่วงเวลาได้ดังนี้

ในช่วงที่ 1 มีการใช้ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมงย้อนหลังเกินกว่าค่าที่กำหนดไว้ซึ่งทำให้ระบบควบคุมพลังงานไฟฟ้าทำงาน แต่ไม่มีการจ่ายจากพลังงานไฟฟ้าของชุดกักเก็บพลังงานและเซลล์แสงอาทิตย์เนื่องจากในช่วงเวลานี้ไม่มีพลังงานไฟฟ้าในชุดกักเก็บพลังงาน และเซลล์แสงอาทิตย์ยังไม่เริ่มผลิตพลังงานไฟฟ้า ดังนั้นในช่วงเวลานี้จึงไม่มีการลดการใช้พลังงาน

ในช่วงที่ 2 ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมงย้อนหลังมีค่าไม่เกินกว่าค่าที่กำหนดไว้ จึงไม่มีการทำงานของระบบควบคุมพลังงานไฟฟ้า

ในช่วงที่ 3 มีการกลับมาใช้พลังงานไฟฟ้าสูงอีกครั้ง ดังนั้นค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมงย้อนหลังมีค่าเกินกว่าค่าที่กำหนดไว้ ระบบควบคุมพลังงานไฟฟ้าจึงมีการทำงาน ถึงแม้ในช่วงเวลานี้เซลล์แสงอาทิตย์ไม่สามารถผลิตพลังงานได้ แต่ยังคงมีพลังงานในชุดกักเก็บพลังงานอยู่

ในช่วงที่ 4 ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมงย้อนหลังมีค่าไม่เกินกว่าค่าที่กำหนดไว้ เนื่องจากขดเซยพลังงานไฟฟ้าด้วยระบบควบคุมพลังงานไฟฟ้าก่อนหน้านี้แล้ว ดังนั้นจึงไม่มีการทำงานของระบบควบคุมพลังงานไฟฟ้า

ในช่วงที่ 5 มีการใช้พลังงานสูงและค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมงย้อนหลังมีค่าเกินกว่าค่าที่กำหนด ดังนั้นระบบควบคุมพลังงานไฟฟ้าจึงทำงาน ถึงแม้ว่าช่วงเวลานี้เซลล์แสงอาทิตย์ไม่สามารถผลิตพลังงานได้ แต่ยังคงมีพลังงานเหลือในชุดกักเก็บพลังงาน ทำให้สามารถลดการใช้พลังงานลงได้

ในช่วงที่ 6 มีค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 1 ชั่วโมงย้อนหลังเกินกว่าค่าที่กำหนด ซึ่งในช่วงเวลาที่มีค่าเกินกว่าค่าที่กำหนด ระบบควบคุมพลังงานไฟฟ้ามีการทำงาน แต่ไม่มีการลดการใช้พลังงานเนื่องจากไม่มีพลังงานไฟฟ้าในชุดกักเก็บพลังงาน และในช่วงเวลากลางคืนเซลล์แสงอาทิตย์ไม่สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้

จากที่กล่าวมาข้างต้น พบว่าระบบการจัดการพลังงานมีการทำงานได้มากกว่าเมื่อทำการตั้งค่ากำลังไฟฟ้าที่กำหนดต่ำลง (เปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าที่กำหนดระหว่าง 585 และ 250 วัตต์-ชั่วโมง) ส่งผลให้สามารถทำให้การใช้พลังงานไฟฟ้าลดจากเดิม จึงสามารถสรุปได้ว่าการจะตั้งค่ากำลังไฟฟ้าที่เหมาะสมนั้นถ้าต้องการจะให้ประหยัดการใช้พลังงานไฟฟ้าควรตั้งให้ค่าเกณฑ์กำลังไฟฟ้าน้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ของโหลดที่ใช้เพื่อให้การใช้ระบบมีประสิทธิภาพและประหยัดค่าใช้จ่ายได้อย่างสูงสุด

ภาคผนวก ง
บทความวิชาการ

การควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในที่อยู่อาศัยด้วยชุดกักเก็บพลังงาน บนพื้นฐานของการประยุกต์ใช้ชุดควบคุมเชิงตรรกะที่สามารถโปรแกรมได้

Power Consumption Limit For Residence Via Energy Storage Unit Based On The Implement Of PLC

พัชรพร ศิริธำพร พัชรพรรณ พึ่งวณิชฐ์ธร พิชญ กาญจนสมวงศ์ และพิชญดัมพ์ พิทักษ์พาณิชย์กุล
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1 ซอย ฉลองกรุง 1 ลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520 โทรศัพท์ 02-329-8000 ต่อ 3925

E-Mail: Pacharaporn.sirithaporn @gmail.com, pacharapan.pwst@gmail.com, pitchaya.kanc@gmail.com, pitchayut.pk @gmail.com

บทคัดย่อ

ปัญญานิพนธ์นี้มีจุดประสงค์เพื่อควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในที่อยู่อาศัยด้วยชุดกักเก็บพลังงานบนพื้นฐานของการประยุกต์ใช้ชุดควบคุมเชิงตรรกะที่สามารถโปรแกรมได้ (Programmable logic controller : PLC) สามารถแบ่งการจัดการพลังงานได้เป็นสองระบบ ระบบแรกเป็นการจัดการพลังงานระบบในแสงสว่าง โดยใช้การหรี่ไฟแบบอัตโนมัติร่วมกับชุดไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อลดการใช้พลังงาน ซึ่งปริมาณพลังงานที่ลดได้ขึ้นอยู่กับปริมาณแสงภายนอกเข้ามาในพื้นที่ทำงาน ระบบที่สองเป็นการจัดการพลังงานไฟฟ้าระบบรวมภายในที่อยู่อาศัย โดยนำชุดควบคุมเชิงตรรกะที่สามารถโปรแกรมได้มาควบคุมการจ่ายพลังงานจากชุดกักเก็บพลังงานเพื่อควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าในหนึ่งวันไม่ให้เกินค่าที่กำหนด จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการจัดการพลังงานในระบบแสงสว่างสามารถลดการใช้พลังงานได้ร้อยละ 26.87 และการจัดการพลังงานไฟฟ้าระบบรวมสามารถลดการใช้พลังงานได้ร้อยละ 8.2 โดยระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าทั้งสองระบบสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในที่อยู่อาศัย ซึ่งเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานสูงขึ้น

Abstract

This project proposes the electrical energy demand control in residence with energy storage unit using a programmable logic controller (PLC). Energy management has been divided into two parts; First, energy management in lighting system by using an automatic light dimmer control with microcontroller to reduce power consumption, depends on the amount of daylight. Second, overall energy using PLC to control power flow from inverter and energy storage unit in order to limit the daily energy consumption within preferred value. The results from experiment reveal that lighting control unit can reduce power consumption up to 26.87 percent. Additionally, the overall energy management system can reduce power consumption at 8.2 percent.

The operation of both units can result in better energy efficiency in residence. A result, it can be reduced peak demand up to 15% and decrease electricity charge approximately 12.26%.

1. บทนำ

ในประเทศไทยซึ่งเป็นประเทศที่กำลังพัฒนา โดยความต้องการพลังงานแปรผันโดยตรงกับการเจริญเติบโตและการพัฒนาในแต่ละภาคส่วน เช่น ภาคอุตสาหกรรม ภาคการเกษตร และ ภาคครัวเรือน เป็นต้น ซึ่งทุกภาคส่วนมีผลต่อการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศ จากสถิติความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดของประเทศ [1]-[2] พบว่าตั้งแต่ปี พ.ศ. 2549 - 2551 ประเทศไทยมีความต้องการพลังงานสูงสุดเพิ่มขึ้นในทุกปี จนกระทั่งช่วง พ.ศ. 2552 ที่เศรษฐกิจไทยหดตัวลงเนื่องจากวิกฤตการเงินของโลก และความไม่สงบทางการเมืองในประเทศ ส่งผลให้ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดของประเทศลดต่ำลง และการลดลงของค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดยังปรากฏในช่วงปี พ.ศ. 2554 ที่ประเทศประสบกับอุทกภัยครั้งรุนแรงที่สุด การจำหน่ายไฟฟ้าแบ่งเป็นแต่ละประเภทผู้ใช้งาน [3] โดยแยกเป็นส่วนการไฟฟ้านครหลวงและการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยอ้างอิงข้อมูลจากกระทรวงพลังงานพบว่าภาคอุตสาหกรรม ภาคธุรกิจ ภาคครัวเรือนส่วนมีความต้องการไฟฟ้าสูงขึ้น การใช้ไฟฟ้าประเภทบ้านที่อยู่อาศัยในการดูแลของการไฟฟ้านครหลวงมีอัตราการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้น ร้อยละ 5.76% และประเภทบ้านที่อยู่อาศัยในการดูแลของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคมีอัตราการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้น ร้อยละ 5.93% จากปัญหาที่เกิดขึ้น จำเป็นต้องมีวิธีการลดค่าความต้องการกำลังไฟฟ้า โดยนำเอาระบบบริหารจัดการพลังงาน (Energy Management System: EMS) มาใช้งาน ซึ่งระบบบริหารจัดการพลังงาน (EMS) หมายถึง ระบบอัตโนมัติที่นำเข้ามาใช้ในการควบคุมให้การผลิตการส่งพลังงาน รวมถึงให้การใช้พลังงานนั้นเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด [4]

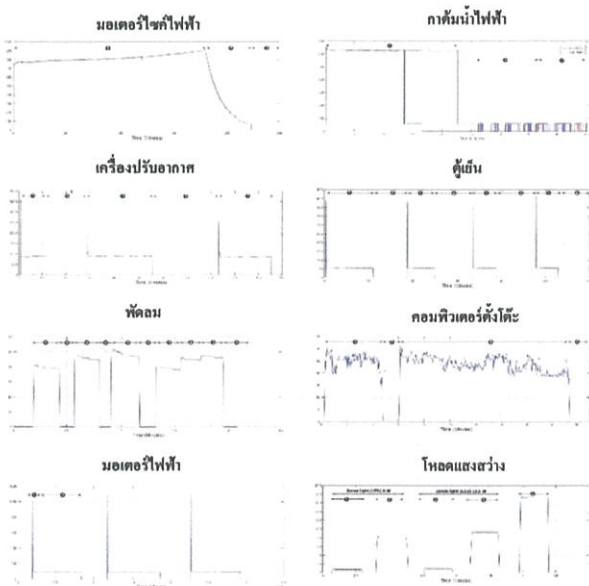
2. การศึกษาพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าภายในที่อยู่อาศัย

2.1 การศึกษาพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของภาระไฟฟ้า

การทดลองนี้เป็นการศึกษาการใช้พลังงานไฟฟ้าของภาระไฟฟ้าภายในที่อยู่อาศัย โดยการจำลองที่อยู่อาศัยเป็นบ้านเดี่ยว ซึ่งมีภาระไฟฟ้าตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ภาระไฟฟ้าที่ใช้ในการทดลอง

วงจรไฟฟ้าย่อย	อุปกรณ์ไฟฟ้า	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	จำนวน
1.เครื่องปรับอากาศ	เครื่องปรับอากาศ ขนาด 13,000 BTU	1,500	1 เครื่อง
2.ภาระไฟฟ้าครัว	พัดลม ขนาด 21 นิ้ว	80	1 เครื่อง
	กาต้มน้ำไฟฟ้า	700	1 เครื่อง
	มอเตอร์ไฟฟ้า ขนาด 1/4 แรงม้า	200	1 เครื่อง
	มอเตอร์ไซค์ไฟฟ้า	2,000	1 เครื่อง
	คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ	120	1 เครื่อง
3.ภาระไฟฟ้าแสงสว่าง	ตู้เย็น ขนาด 6.1 คิว	100	1 เครื่อง
	หลอด LED ขั้ว E27	8	10 หลอด
	หลอด LED ขั้ว E27	10.5	10 หลอด



รูปที่ 1 กราฟแสดงพฤติกรรมการใช้กำลังไฟฟ้าของภาระไฟฟ้า

จากผลการทดลองพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของภาระไฟฟ้าแต่ละชนิดดังรูปที่ 1 พบว่าภาระไฟฟ้าที่ส่งผลกระทบต่อการใช้กำลังไฟฟ้าสูงสุด ได้แก่ เครื่องปรับอากาศ, พัดลม, มอเตอร์ไฟฟ้า, ตู้เย็น ซึ่งเป็นภาระไฟฟ้าที่เป็นเครื่องจักรกลไฟฟ้า ซึ่งใช้กำลังไฟฟ้าสูงขณะเริ่มทำงานเป็นระยะเวลาสั้นๆ ส่วนภาระไฟฟ้าที่ไม่ส่งผลกระทบต่อการใช้กำลังไฟฟ้าสูงสุด ได้แก่ ภาระไฟฟ้าแสงสว่าง, กาต้มน้ำไฟฟ้า, คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ และมอเตอร์ไซค์ไฟฟ้า ซึ่งมีการใช้กำลังไฟฟ้าคงที่ตลอดช่วงเวลาการใช้งาน

2.2 กราฟช่วงเวลาของภาระไฟฟ้าภายในที่อยู่อาศัย

ปริมาณนิพจน์นี้ศึกษาลักษณะการใช้งานภาระไฟฟ้าภายในที่อยู่อาศัย 2 กรณี ได้แก่

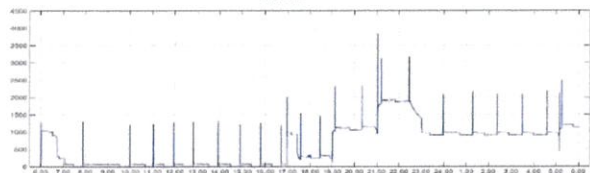
- กรณีที่ 1 การใช้ภาระไฟฟ้าในช่วงวันจันทร์ – ศุกร์ ซึ่งเป็นวันทำการ มีการใช้ไฟฟ้าต่ำในช่วงกลางวัน และใช้ไฟฟ้าสูงในช่วงเย็นหลังเลิกงาน
- กรณีที่ 2 การใช้ภาระไฟฟ้าในช่วงวันเสาร์ – อาทิตย์ ซึ่งเป็นวันหยุด มีลักษณะการใช้ไฟฟ้าตลอดทั้งวัน

ตารางที่ 2 ลักษณะการใช้ภาระไฟฟ้าภายในที่อยู่อาศัย

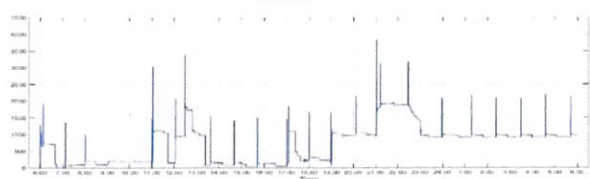
เวลา	กรณี 1 จันทร์ – ศุกร์							กรณี 2 เสาร์-อาทิตย์								
	LT	FN	HP	PC	MT	MB	RF	AC	LT	FN	HP	PC	MT	MB	RF	AC
06.00 - 07.00	✓	✓	✓		✓		✓				✓				✓	
07.00 - 08.00							✓								✓	
08.00 - 09.00							✓					✓			✓	
09.00 - 10.00							✓			✓		✓			✓	
10.00 - 11.00							✓			✓		✓			✓	
11.00 - 12.00							✓			✓		✓			✓	✓
12.00 - 13.00							✓			✓	✓	✓	✓		✓	✓
13.00 - 14.00							✓			✓	✓	✓	✓		✓	✓
14.00 - 15.00							✓			✓	✓	✓	✓		✓	✓
15.00 - 16.00							✓			✓	✓	✓	✓		✓	✓
16.00 - 17.00							✓			✓		✓			✓	✓
17.00 - 18.00	✓	✓	✓		✓		✓			✓	✓				✓	✓
18.00 - 19.00	✓	✓		✓			✓			✓	✓				✓	✓
19.00 - 20.00	✓	✓		✓			✓			✓	✓				✓	✓
20.00 - 21.00	✓	✓		✓			✓			✓	✓				✓	✓
21.00 - 22.00	✓						✓	✓	✓	✓				✓	✓	✓
22.00 - 23.00	✓						✓	✓	✓	✓					✓	✓
23.00 - 00.00							✓	✓	✓						✓	✓
00.00 - 01.00							✓	✓	✓						✓	✓
01.00 - 02.00							✓	✓	✓						✓	✓
02.00 - 03.00							✓	✓	✓						✓	✓
03.00 - 04.00							✓	✓	✓						✓	✓
04.00 - 05.00							✓	✓	✓						✓	✓
05.00 - 06.00	✓						✓	✓	✓						✓	✓

LT = หลอดแสงสว่าง FN = พัดลม HP = กาต้มน้ำ MT = มอเตอร์ไฟฟ้า
MB = มอเตอร์ไซค์ไฟฟ้า PC = คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ RF = ตู้เย็น AC = เครื่องปรับอากาศ

กรณีที่ 1



กรณีที่ 2

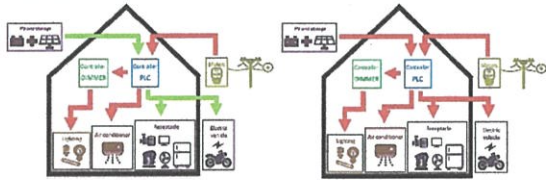


รูปที่ 2 กราฟช่วงเวลาของภาระไฟฟ้าภายในที่อยู่อาศัย

3. การออกแบบและทดลองการลดค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ภายในที่อยู่อาศัย

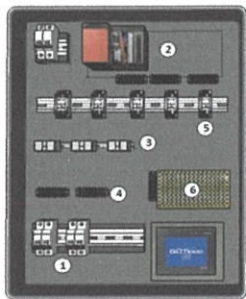
3.1 ออกแบบระบบการจัดการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในบ้าน

ออกแบบระบบการจัดการใช้พลังงานไฟฟ้า สำหรับระบบการควบคุมค่าพลังงานไฟฟ้าภาพรวมภายในที่อยู่อาศัย และระบบแสงสว่าง



รูปที่ 3 ลักษณะการไหลของพลังงานไฟฟ้าในสภาวะมีและไม่มีการใช้พลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์

3.1.1 ออกแบบระบบการจัดการใช้พลังงานไฟฟ้า สำหรับระบบการควบคุมค่าพลังงานไฟฟ้าภาพรวมภายในที่อยู่อาศัย

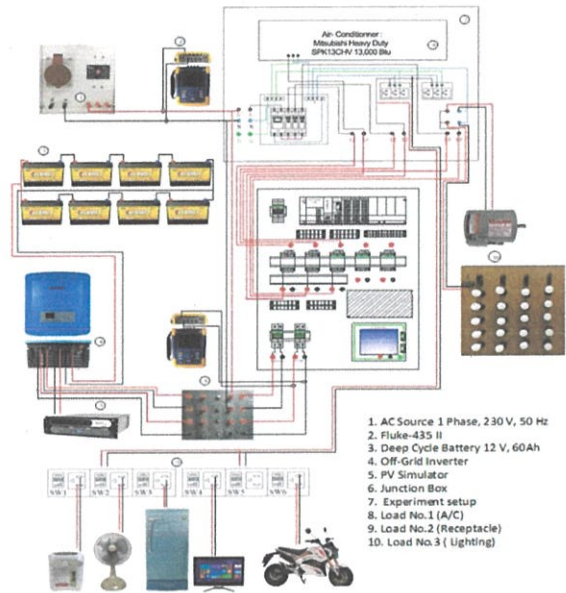


1. Circuit Breaker
2. PLC (CPU, QJ71C24N, Q68AD-G)
3. CT
4. Terminal
5. Magnetic contactor
6. Got 1000

รูปที่ 4 ระบบควบคุมการจ่ายพลังงานไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์

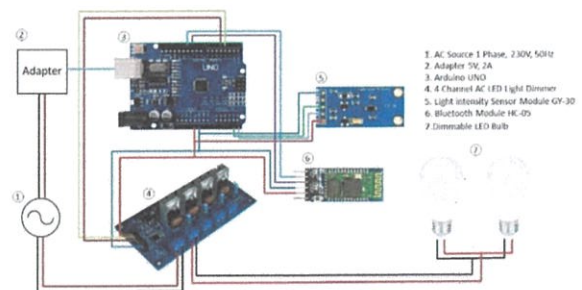
ระบบทำการคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ใน 1 ชั่วโมงก่อนหน้า โดยเริ่มจากการเก็บค่ากำลังไฟฟ้าทุก ๆ 1 นาที ซึ่งเมื่อครบ 10 นาทีจะทำการรวมเก็บไว้เป็น 1 ชุดข้อมูล และทำอย่างนี้เป็นจำนวน 6 ชุดข้อมูล รวม 60 นาที จากนั้นนำข้อมูลค่ากำลังไฟฟ้าทั้ง 6 ชุดข้อมูลมาหาค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยภายใน 1 ชั่วโมง (Psum) หากค่าดังกล่าวเกินกว่าค่ากำลังไฟฟ้าที่กำหนดไว้ (Psetting) ระบบทำการวัดค่ากระแสในแต่ละวงจร สำหรับในกรณีที่ CT1 มากกว่า CT2 และ CT3 ตัวควบคุมเชิงตรรกะที่สามารถโปรแกรมได้ (PLC) ทำการสั่งการให้แมคเนติกคอนเทคเตอร์ตัวที่ 1 เชื่อมเข้าสู่วงจร แสดงว่า ณ ขณะนั้นมีพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์จ่ายเข้ามาในวงจรเครื่องปรับอากาศ แต่ในกรณีที่ CT2 มากกว่า CT1 และ CT3 ตัวควบคุมเชิงตรรกะที่สามารถโปรแกรมได้ (PLC) ทำการสั่งการให้แมคเนติกคอนเทคเตอร์ตัวที่ 2 เชื่อมเข้าสู่วงจร แสดงว่า ณ ขณะนั้นมีพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์จ่ายเข้ามาในวงจรได้รับ

นอกเหนือจากกรณีดังกล่าวจะทำให้การจ่ายพลังงานไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์เข้าสู่วงจรแสงสว่าง ระบบพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ทำการจ่ายพลังงานเป็นระยะเวลา 5 นาที และทำการประจุพลังงานไฟฟ้าเข้าสู่แบตเตอรี่เป็นระยะเวลา 5 นาที จากนั้นระบบทำการคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยภายใน 1 ชั่วโมงใหม่อีกครั้งในอีก 10 นาทีถัดมา อาจกล่าวได้ว่า ระบบคำนวณค่าใหม่ทุก ๆ 10 นาที โดยค่าที่นำมาคำนวณเป็นค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ในหนึ่งชั่วโมงย้อนหลัง



รูปที่ 5 การติดตั้งอุปกรณ์ และเครื่องมือวัด ในการทดลองระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าภาพรวมภายในที่อยู่อาศัย

3.1.2 ออกแบบระบบการจัดการใช้พลังงานไฟฟ้า สำหรับระบบแสงสว่าง



รูปที่ 6 การติดตั้งอุปกรณ์ และเครื่องมือวัดของระบบจัดการแสงสว่าง ระบบใช้เซ็นเซอร์ตรวจจับค่าความเข้มแสงจากนั้นส่งสัญญาณไปยังอาศัยโน้ตเพื่อประมวลผล หากค่าความเข้มแสงมากกว่าค่าที่กำหนดไว้ (ค่าความเข้มแสงที่กำหนดไว้มีค่าเท่ากับ 95 ลักซ์) บอร์ดหรือแสงสว่างทำการลดค่าความเข้มแสงลง ในกรณีที่ค่าความเข้มแสงน้อยกว่าค่าที่กำหนดไว้ บอร์ดหรือแสงสว่างทำการเพิ่มค่าความเข้มแสงขึ้นสำหรับรูปแบบแรก และในรูปแบบที่สองเป็นการปรับค่าความสว่างของหลอดไฟแบบปรับ

ค่าได้ โดยผู้ใช้งานสามารถปรับแถบค่าความสว่างของหลอดไฟภายในแอปพลิเคชันได้ตามต้องการ หลังจากนั้นส่งค่าความเข้มแสงที่ต้องการผ่านสัญญาณบลูทูธ เมื่อตัวรับสัญญาณบลูทูธได้รับค่า จากนั้นส่งค่าความเข้มแสงที่ต้องการไปยัง ฮาร์ดแวร์เพื่อสั่งการบอร์ดหรือแสงสว่าง โดยหน้าจอแอปพลิเคชัน

3.2 ทดลองการลดค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ภายในที่อยู่อาศัย

3.2.1 ทดลองความสามารถในการลดหน่วยการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าภาพรวมภายในที่อยู่อาศัย

ปัญญานินท์ได้แบ่งการทดลองความสามารถของระบบการจัดการพลังงานไฟฟ้าภาพรวมภายในที่อยู่อาศัย 2 รูปแบบได้แก่

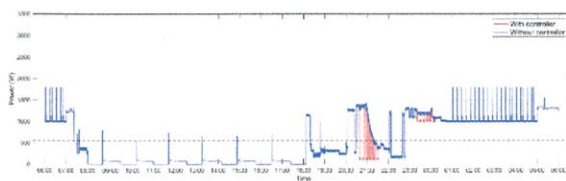
- รูปแบบที่ 1 เป็นการนำระบบควบคุมมาควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยค่ากำลังไฟฟ้าที่กำหนด ($P_{setting}$) เป็นค่าคงที่ตลอด 24 ชั่วโมง
- รูปแบบที่ 2 เป็นการนำระบบควบคุมมาควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยค่ากำลังไฟฟ้าที่กำหนด ($P_{setting}$) เป็นค่าที่เปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลาของวัน ซึ่งเปลี่ยนแปลงตามพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้งาน

3.2. ทดลองความสามารถในการลดหน่วยการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบแสงสว่าง

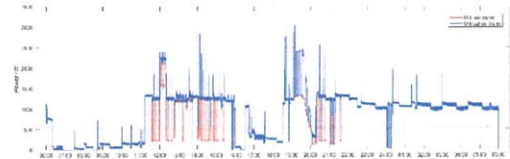
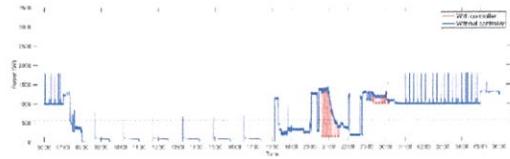
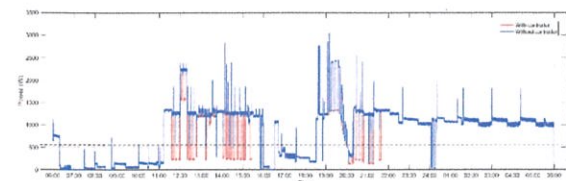
ทำการทดลองโดยการติดตั้งชุดควบคุมแสงสว่างพร้อมทั้งตั้งค่าให้ความเข้มแสงมีค่า 95 ลักซ์ โดยเปิดหน้าต่างผู้ทดลองเพื่อให้แสงจากภายนอกลอดเข้ามาได้ นำเครื่องมือวัดความเข้มแสง (Lux meter) เครื่องมือวัดพลังงานไฟฟ้า (Power Meter) เพื่อวัดค่าความเข้มแสงภายในผู้ทดลองและวัดค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้า เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 00.00 - 24.00 น. หลังจากนั้นนำข้อมูลที่ได้ไปเขียนกราฟ

4. ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดลองระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าภาพรวมภายในที่อยู่อาศัย



รูปที่ 7 รูปแบบที่ 1 ค่ากำลังไฟฟ้าที่กำหนด ($P_{setting}$) เป็นค่าคงที่ตลอด 24 ชั่วโมงสำหรับกรณี 1 และกรณี 2

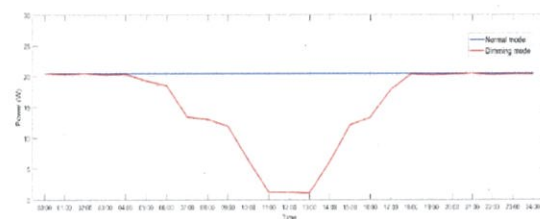


รูปที่ 8 รูปแบบที่ 2 ค่ากำลังไฟฟ้าที่กำหนด ($P_{setting}$)

เป็นค่าที่เปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลาของวัน

ซึ่งเปลี่ยนแปลงตามพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้งาน

4.2 ผลการทดลองระบบจัดการพลังงานไฟฟ้า สำหรับระบบแสงสว่าง



รูปที่ 9 กราฟเปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้าของระบบ

ที่ไม่มีชุดควบคุมแสงสว่าง และระบบที่มีชุดควบคุมแสงสว่าง

5. สรุป

5.1 ระบบการควบคุมค่าพลังงานไฟฟ้าภาพรวมภายในที่อยู่อาศัย

ตารางที่ 2 สรุปผลการทดลองระบบการควบคุมค่าพลังงานไฟฟ้าภาพรวมภายในที่อยู่อาศัย กรณีที่ค่ากำลังไฟฟ้าที่กำหนด ($P_{setting}$) เป็นค่าคงที่ตลอด 24 ชั่วโมง

รายละเอียด		มีระบบการจัดการพลังงานไฟฟ้าภาพรวมภายในที่อยู่อาศัย โดยค่ากำลังไฟฟ้าที่กำหนดเป็นค่าคงที่ตลอด 24 ชั่วโมง	
		กรณีที่ 1	กรณีที่ 2
ปริมาณกำลังไฟฟ้าใน 1 วัน	ปริมาณค่ากำลังไฟฟ้าที่รับจากการไฟฟ้า (kWh)	12,232.60	18,373.92
	ปริมาณค่ากำลังไฟฟ้าที่กระแสไฟฟ้าต้องการ (kWh)	12,709.60	20,656.40
	ปริมาณการจ่ายกำลังไฟฟ้าของระบบพลังงานไฟฟ้าโซลาร์เซลล์อาทิตย์ (kWh)	477.00	2,282.48
	ปริมาณหน่วยที่ลดลง (kWh)	0.48	2.28
ปริมาณกำลังไฟฟ้าใน 1 เดือน	ปริมาณไฟฟ้าที่ได้รับจากการไฟฟ้า (kWh)	416.02	
	ปริมาณค่ากำลังไฟฟ้าที่กระแสไฟฟ้าต้องการ (kWh)	444.9	
	ปริมาณการจ่ายกำลังไฟฟ้าของระบบพลังงานไฟฟ้าโซลาร์เซลล์อาทิตย์ (kWh)	28.88	
ค่าไฟที่ต่อเดือน (บาท)	มีระบบการจัดการพลังงานไฟฟ้า	1,767.39	
	ไม่มีระบบการจัดการพลังงานไฟฟ้า	1,828.33	
		รวม	-60.94
		ร้อยละ	-5.4

ตารางที่ 3 สรุปผลการทดลองระบบการควบคุมค่าพลังงานไฟฟ้า
ภาพรวมภายในที่อยู่อาศัย กรณีที่ค่ากำลังไฟฟ้าที่กำหนด ($P_{setting}$) เป็นค่าที่
เปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลาของวัน

รายละเอียด		ระบบการจัดการพลังงานไฟฟ้าภาพรวม ภายในที่อยู่อาศัย โดยค่ากำลังไฟฟ้าที่กำหนดเป็น ค่าที่ไม่มีผลผลิตไปรวมต่อวัน	
		กรณีที่ 1	กรณีที่ 2
ปริมาณ กำลังไฟฟ้า ใน 1 วัน	ปริมาณกำลังไฟฟ้าที่รับมาจากสถานไฟฟ้า (กิโลวัตต์)	11,884.83	19,902.00
	ปริมาณกำลังไฟฟ้าที่กระทบไฟฟ้าดีองการ (กิโลวัตต์)	12,409.31	22,678.68
	ปริมาณการจ่ายกำลังไฟฟ้าของระบบพลังงาน ไฟฟ้าชนิดแสงอาทิตย์ (กิโลวัตต์)	524.48	2,776.68
	ปริมาณการสูญเสีย (กิโลวัตต์)	0.52	2.78
ปริมาณ กำลังไฟฟ้า ใน 1 เดือน	ปริมาณไฟฟ้าที่ได้รับจากสถานไฟฟ้า (กิโลวัตต์)	420.56	
	ปริมาณกำลังไฟฟ้าที่กระทบไฟฟ้าดีองการ (กิโลวัตต์)	454.46	
	ปริมาณการจ่ายกำลังไฟฟ้าของระบบพลังงาน ไฟฟ้าชนิดแสงอาทิตย์ (กิโลวัตต์)	33.9	
ค่าไฟฟ้า ต่อเดือน (บาท)	ระบบการจัดการพลังงานไฟฟ้า	1,788.87	
	ไม่มีระบบการจัดการพลังงานไฟฟ้า	1,949.26	
	ค่าไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นลดลง	รวม	-160.39
	ร้อยละ		-8.2



นางสาวพัชรพรรณ พังวณิชฐ์
เกิดวันที่ 30 ตุลาคม พ.ศ. 2538
ที่อยู่ 325/1 หมู่ 8 ต.บึง อ.บึง จ.น่าน 55120
เบอร์โทรศัพท์ 083-2716965
E-mail Pacharapan.pwst@gmail.com



นายพิชญ์ กาญจนสมวงศ์
เกิดวันที่ 5 พฤศจิกายน พ.ศ. 2538
ที่อยู่ 45/11 ถ.วิภาวดี แขวง จอมพล เขต จตุจักร
กรุงเทพฯ 10900 เบอร์โทรศัพท์ 089-7662115
E-mail: pitchaya.kanc@gmail.com



นายพิชญุตม์ พิทักษ์พาณิชย์กุล
เกิดวันที่ 29 กันยายน พ.ศ. 2538
ที่อยู่ 167 ถ.รอบเวียง ต.หัวเวียง อ.เมือง
จ.ลำปาง 520000 เบอร์โทรศัพท์ 063-4464692
E-mail: pitchayut.pk@gmail.com

เอกสารอ้างอิง

- [1] การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, “กำลังผลิตในระบบไฟฟ้า”, (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก: http://www.egat.co.th/index.php?option=com_content&view=article&layout=edit&id=353&Itemid=200
- [2] สำนักนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน, ค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุด ประจำเดือน, [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: [http://www.eppo.go.th/index.php/en/en-energystatisticsselectricitystatistic?orders&orders\[publishUp\]=publishUp&issearch=1](http://www.eppo.go.th/index.php/en/en-energystatisticsselectricitystatistic?orders&orders[publishUp]=publishUp&issearch=1)
- [3] สำนักนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน, รายงานสถิติพลังงานของประเทศไทย 2559
- [4] กระทรวงพลังงาน, ระบบบริหารจัดการพลังงาน, [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: <http://www.thai-smartgrid.com/ระบบบริหารจัดการพลังงาน/>

ประวัติผู้เขียน



นางสาวพัชรพร สิริธำพร
เกิดวันที่ 13 มิถุนายน พ.ศ. 2538
ที่อยู่ 1254/10 ถ.เอกชัย ต.มหาชัย อ.เมือง
จ.สมุทรสาคร 74000 เบอร์โทรศัพท์ 085-6004071
E-mail: pacharaporn.sirithaporn@gmail.com

ประวัติผู้เขียน



นางสาวพัชรพร ศิริถาวร

เกิดวันที่ 13 มิถุนายน พ.ศ.2538

ที่อยู่ 1254/10 ถ.เอกชัย ต.มหาชัย อ.เมือง

จ.สมุทรสาคร 74000 เบอร์โทรศัพท์ 085-6004071

E-mail: pacharaporn.sirithaporn@gmail.com



นางสาวพัชรพรรณ พึ่งวิษณุธร

เกิดวันที่ 30 ตุลาคม พ.ศ. 2538

ที่อยู่ 325/1 หมู่ 8 ต.ป่า อ.ป่า จ.น่าน 55120

เบอร์โทรศัพท์ 083-2716965

E-mail Pacharapan.pwst@gmail.com



นายพิชญ กาญจนสมวงศ์

เกิดวันที่ 5 พฤศจิกายน พ.ศ.2538

ที่อยู่ 45/11 ถ.วิภาวดี แขวง จอมพล เขต จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

เบอร์โทรศัพท์ 089-7662115

E-mail: pitchaya.kanc@gmail.com



นายพิชญุตม์ พิทักษ์พานิชกุล

เกิดวันที่ 29 กันยายน พ.ศ.2538

ที่อยู่ 167 ถ.รอบเวียง ต.หัวเวียง อ.เมือง

จ.ลำปาง 520000 เบอร์โทรศัพท์ 063-4464692

E-mail: pitchayut.pk@gmail.com