

บทที่ 5

วิธีดำเนินการทดลองและผลการทดลอง

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองติดตั้งระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างในอาคาร 2 ประเภท ได้แก่ อาคารพาณิชย์และบ้านพักอาศัย เนื่องจากความแตกต่างด้านการใช้งานหรือกิจกรรมที่ใช้ในอาคาร รวมถึงอารมณ์ความรู้สึกของผู้ใช้งานใน 2 สถานที่ที่มีความแตกต่างกัน เช่น ในอาคารพาณิชย์กิจกรรมในแต่ละวันจะมีความคล้ายคลึงทำให้สามารถควบคุมการใช้พลังงานได้ง่าย และการใช้แสงสว่างต้องการแสงที่สว่างและชัดเจน เพื่อกระตุ้นให้ผู้ใช้งานได้ไม่ผิดพลาดและมีความรู้สึกตื่นตัวในการทำงานตลอดเวลา ส่วนในบ้านพักอาศัยกิจกรรมในแต่ละวันก็จะมีความแตกต่างกันมากกว่าตามการใช้งานของคนในบ้าน มักจะเน้นเรื่องการใช้แสงตกแต่งเพื่อความสวยงามหรืออารมณ์ของผู้ใช้เป็นหลัก โดยแสงจะต้องไม่สว่างมากเกินไปเพื่อให้ผู้ใช้รู้สึกผ่อนคลาย เป็นต้น เพื่อทำการทดสอบประสิทธิภาพและประสิทธิผลของการพัฒนาระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างที่ได้นำเสนอ และผลการสำรวจความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อระบบในลักษณะอาคารทั้ง 2 ประเภทดังกล่าว

นอกจากนี้ในการทดลองได้กำหนดปัจจัยที่ใช้ในการทดลองของอาคารทั้งสองประเภทเหมือนกันดังต่อไปนี้

1) ชนิดของหลอดไฟ

ในการทดลองได้ทำการทดลองกับหลอดไฟ 2 ชนิด ได้แก่

- 1.1) หลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 36 Watt, 230 Vac ใช้ร่วมกับบัลลาสต์แกนเหล็ก โดยมีกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยขณะใช้งานต่อ 1 ชุดประมาณ 46 Watt/ชุด
- 1.2) หลอด LED ขนาด 18 Watt, 12 Vdc ใช้ร่วมกับ Switching Power Supply โดยมีกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยขณะใช้งานประมาณ 14 Watt/หลอด

โดยหลอดไฟทั้ง 2 ชนิดได้ติดตั้งภายในตำแหน่งเดียวกันดังแสดงในรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 การติดตั้งหลอดไฟในการทดลอง

2) ระบบที่ใช้ควบคุมหลอดไฟ

ได้ทำการทดลองกับระบบ 3 ระบบได้แก่

- 2.1) ระบบควบคุมผ่านสวิตช์เปิด/ปิดด้วยมือ (Manual Switching Control) โดยไม่มีการจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง (Without Control System: WOCS)
- 2.2) ระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างด้วยวิธีเปิด/ปิดหลอดไฟไม่สามารถปรับระดับแสงสว่างได้ (Switching Control System: SCS)
- 2.3) ระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างที่สามารถปรับระดับแสงสว่างได้ (Dimming Control System: DCS)

โดยระบบ SCS จะทำการทดลองกับหลอดไฟทั้ง 2 ชนิด แต่ระบบ DCS จะทำการทดลองกับหลอด LED เท่านั้น เนื่องจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ไม่เหมาะสมสำหรับการปรับหรี่ไฟ

3) ฟังก์ชันการทำงานหลัก 6 ฟังก์ชัน

ในแต่ละการทดลองเลือกใช้ฟังก์ชันการทำงานจาก 6 ฟังก์ชันการทำงานหลักที่ได้นำเสนอมา ได้แก่

- ฟังก์ชันที่ 1 ฟังก์ชันตรวจจับการเคลื่อนไหว (Occupancy Control: OCT)
- ฟังก์ชันที่ 2 ฟังก์ชันการควบคุมการเปิด/ปิดไฟอย่างอัตโนมัติตามตารางเวลาทำงานที่กำหนดไว้ (Time Scheduling: TSD)
- ฟังก์ชันที่ 3 ฟังก์ชันการใช้ประโยชน์จากแสงสว่างภายนอก (Daylight Control: DCT)
- ฟังก์ชันที่ 4 ฟังก์ชันการใช้แสงสว่างเฉพาะจุดหรือเฉพาะบริเวณที่มีผู้ใช้งาน (Task Control: TCT)

ฟังก์ชันที่ 5 ฟังก์ชันการควบคุมความสว่างหลอดไฟด้วยผู้ใช้เอง

(Personal Control: PCT)

ฟังก์ชันที่ 6 ฟังก์ชันการใช้พลังงานโดยรวมทั้งระบบจากปริมาณค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด

(Variable Power Shedding: VPS)

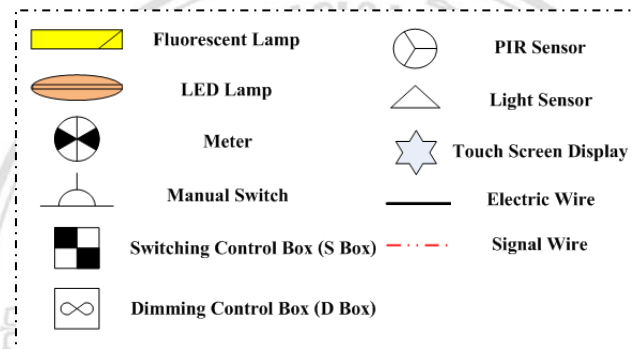
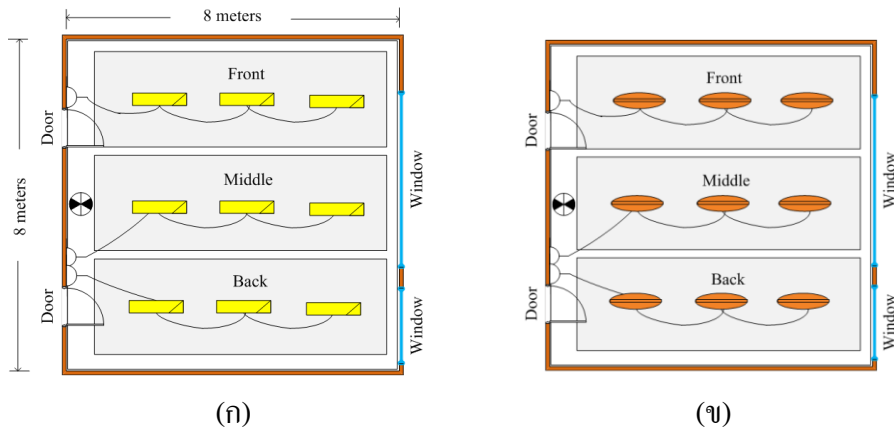
โดยในอาคารประเภทอาคารพาณิชย์ได้ทำการทดลอง 7 กรณีศึกษา ส่วนบ้านพักอาศัยได้ทำการทดลอง 6 กรณีศึกษาซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.1 ประเภทอาคารพาณิชย์

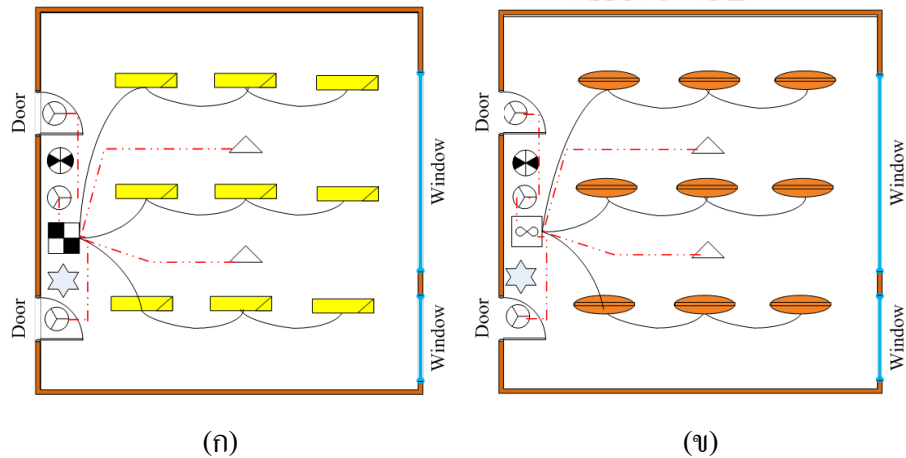
5.1.1 วิธีดำเนินการทดลองในอาคารพาณิชย์

ได้จัดเตรียมสถานที่เพื่อทำการทดลองในห้องขนาด 8 x 8 เมตร (กว้าง x ยาว) และภายในห้องประกอบด้วยหน้าต่าง 2 ขนาด ได้แก่ 5 x 2 เมตร และ 1 x 2 เมตร (กว้าง x สูง) ซึ่งภายในห้องมีการติดตั้งชุดหลอดไฟ 9 จุดอย่างสมมาตร โดยเรียงกันแถวละ 3 โคม ดังแสดงในรูปที่ 5.2 และในรูปที่ 5.3 แสดงลักษณะห้องที่มีการติดตั้งระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง นอกจากนั้นรูปที่ 5.4 แสดงอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ติดตั้งในสถานที่จริง

นอกจากนี้การทดลองได้มีการแบ่งเป็น 7 กรณีศึกษา เพื่อที่จะเปรียบเทียบว่าเมื่อระบบพื้นฐานที่ใช้การควบคุมด้วยสวิตช์เปิด/ปิดด้วยมือไม่มีการติดตั้งระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างกับระบบที่มีการจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างไม่ว่าจะด้วยวิธีติดตั้งระบบ SCS หรือ DCS สามารถช่วยลดการใช้พลังงานลงได้ รวมถึงการทดสอบว่าระบบสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานได้เมื่อมีการใช้ฟังก์ชันการทำงานที่เหมาะสมหลากหลายฟังก์ชันให้ทำงานร่วมกันเป็นระบบเดียวหรือจะเป็นการควบคุมระบบให้สามารถปรับปริมาณแสงสว่างได้ จึงกำหนดให้กรณีที่ 1 เป็นกรณีพื้นฐานควบคุมด้วยระบบ WOCS และกรณีที่ 2-5 มีการใช้ระบบ SCS ที่แต่ละกรณีมีการใช้ฟังก์ชันการทำงานที่แตกต่างกัน ซึ่งทำการทดลองทั้งหลอดฟลูออเรสเซนต์และหลอด LED ส่วนในกรณีที่ 6 และ 7 เป็นการทดลองที่ควบคุมด้วยระบบ DCS ซึ่งทำการทดลองเฉพาะหลอดชนิด LED เท่านั้น ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 5.1 โดยในแต่ละกรณีศึกษาได้มีการบันทึกผลการทดลองในช่วงเวลา 9.00 น.-16.00 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่มีการใช้งานห้องนี้ แต่อย่างไรก็ตามห้องนี้มีช่วงเวลาทำงานอยู่ 2 ช่วงเวลา ได้แก่ 9.30 น.-12.00 น. และ 13.00 น.-15.00 น.



รูปที่ 5.2 ลักษณะโครงสร้างพื้นฐานของห้องที่ใช้ทดสอบโดยหลอดไฟควบคุมผ่านสวิตช์เปิด/ปิด ด้วยมือโดยไม่มีการจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างในอาคารพาณิชย์
(ก) ระบบที่ใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ (ข) ระบบที่ใช้หลอด LED



รูปที่ 5.3 ลักษณะห้องที่ใช้ทดสอบที่มีการติดตั้งระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างในอาคารพาณิชย์ (ก) ระบบที่ใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ (ข) ระบบที่ใช้หลอด LED



ตารางที่ 5.1 รายละเอียดการทดลองในประเภทอาคารพาณิชย์

Case	Function						Remark
	1: OCT	2: TSD	3: DCT	4: TCT	5: PCT	6: VPS	
1							Flu and LED with WOCS
2	✓						Flu and LED with SCS
3		✓					
4			✓				
5	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
6			✓				LED with DCS
7	✓	✓	✓	✓	✓	✓	

หมายเหตุ	Fluorescent Lamp (Flu)	Without Control System (WOCS)
	Switching Control System (SCS)	Dimming Control System (DCS)
	Function 1: Occupancy Control (OCT)	Function 2: Time Scheduling (TSD)
	Function 3: Daylight Control (DCT)	Function 4: Task Control (TCT)
	Function 5: Personal Control (PCT)	Function 6: Variable Power Shedding (VPS)

ตารางที่ 5.2 ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งระบบของแต่ละกรณีศึกษาในอาคารพาณิชย์

Description	WOCS	SCS				DCS	
	Case 1	Case 2 (OCT)	Case 3 (TSD)	Case 4 (DCT)	Case 5 (ALL)	Case 6 (DCT)	Case 7 (ALL)
Motion sensor (80 Bath/Piece)	-	160	-	-	160	-	160
Light meter (150 Bath/Piece)	-	-	-	300	300	300	300
Switching or Dimming circuit (200 Bath/Piece)	-	200	200	200	200	200	200
Set of microcontroller (500 Bath/Set)	-	500	500	500	500	500	500
Set of Raspberry Pi (1,200 Bath/Set)	-	-	1,200	-	1,200	-	1,200
Total cost of the system with fluorescent lamp (Bath)	0	860	1,900	1,000	2,360	-	-
LED lamp (300 Bath/Piece)	2,700	2,700	2,700	2,700	2,700	2,700	2,700
Total cost of the system with LED lamp (Bath)	2,700	3,560	4,600	3,700	5,060	3,700	5,060

รายละเอียดการทดลอง

กรณีที่ 1: เป็นกรณีพื้นฐานหลอดไฟจะถูกควบคุมด้วยสวิตช์เปิด/ปิดด้วยมือไม่มีการจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง

กรณีที่ 2: มีการติดตั้งระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างที่ใช้งานเพียงฟังก์ชันที่ 1 (OCT) โดยระบบจะทำงานเปิด/ปิดหลอดไฟแบบอัตโนมัติเมื่อ PIR sensors สามารถตรวจจับได้ว่ามีคนเข้าใช้งานภายในห้อง

กรณีที่ 3: มีการติดตั้งระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างที่ใช้งานเพียงฟังก์ชันที่ 2 (TSD) โดยระบบจะทำงานเปิด/ปิดหลอดไฟแบบอัตโนมัติก่อน/หลังการ

กำหนดตารางเวลา 5 นาที ตามช่วงเวลาทำงาน 2 ช่วงเวลา ได้แก่
9.30 น.-12.00 น. และ 13.00 น.-15.00 น.

กรณีที่ 4: มีการติดตั้งระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างที่ใช้งานเพียงฟังก์ชันที่ 3 (DCT) โดยระบบจะทำงานเปิด/ปิดหลอดไฟแบบอัตโนมัติเมื่อค่าแสงสว่างเฉลี่ยภายในห้องเกิน 300 lux ตามมาตรฐานค่าแสงสว่างภายในห้องทำงาน

กรณีที่ 5: มีการติดตั้งระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างที่ใช้งานทั้ง 6 ฟังก์ชันให้ทำงานร่วมกันเป็นระบบเดียว ซึ่งห้องที่ทำการทดลองมีช่วงเวลาใช้งาน 2 ช่วงเวลา ได้แก่ 9.30 น.-12.00 น. และ 13.00 น.-15.00 น. โดยในช่วงเวลาพัก ได้แก่ 12.00 น.-13.00 น. และ 15.00 น.-16.00 น. ผู้ใช้จะถูกกำหนดค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดไม่ให้เกิน 70% ของกำลังไฟฟ้าทั้งหมดในห้อง นอกจากนี้ยังกำหนดให้ระบบใช้แสงสว่างจากหลอดไฟเฉพาะช่วงเวลาที่ค่าแสงสว่างเฉลี่ยภายในห้องไม่ถึง 300 lux เท่านั้น มีการตรวจจบการใช้งานของผู้ใช้แบบอัตโนมัติ และผู้ใช้สามารถควบคุมแสงสว่างภายในห้องด้วยโปรแกรมควบคุมแสงสว่างที่พัฒนาขึ้น

กรณีที่ 6: มีการติดตั้งระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างที่ทำงานเหมือนกรณีที่ 4 แต่ระบบจะทำงานเปิด/ปิดและปรับระดับแสงสว่างของหลอดไฟได้

กรณีที่ 7: มีการติดตั้งระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างที่ทำงานเหมือนกรณีที่ 5 แต่ระบบจะทำงานเปิด/ปิดและปรับระดับแสงสว่างของหลอดไฟได้

โดยค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานของแต่ละวันในกรณีศึกษาต่าง ๆ จะมาจากการการบันทึกค่าการใช้พลังงานทุก ๆ 5 นาที โดยแต่ละกรณีจะถูกบันทึกกรณีละ 3 วัน ซึ่งมีค่าใช้จ่ายในการติดตั้งในแต่ละกรณีศึกษาดังแสดงในตารางที่ 5.2

5.1.2 ผลการทดลองในอาคารพาณิชย์

จากการทดลองในแต่ละกรณีศึกษาได้ทำการแสดงผลการทดลองแบ่งออกเป็นรูปแบบต่าง ๆ ดังนี้

- ผลการทดลองที่แสดงถึงค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างโดยเฉลี่ยตลอด 1 วันในแต่ละกรณีศึกษา เพื่อเปรียบเทียบผลการใช้พลังงานของระบบ

WOCS กับระบบที่มีการจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างด้วยการควบคุมแบบ SCS และ DCS ของหลอดไฟทั้ง 2 ชนิด

- ผลการประหยัดพลังงานของแต่ละกรณีศึกษาที่มีการติดตั้งระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิผลการประหยัดพลังงานของระบบที่มีการใช้ฟังก์ชันการทำงานเพียง 1 ฟังก์ชันกับการเลือกใช้หลากหลายฟังก์ชันที่เหมาะสมให้ทำงานร่วมกันเป็นระบบเดียว
- ผลการประหยัดพลังงานของกรณีศึกษาที่มีการติดตั้งระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างด้วยวิธีควบคุมแบบ SCS กับ DCS เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิผลการประหยัดพลังงานของระบบที่สามารถการปรับระดับแสงสว่างได้
- แสดงผลการใช้พลังงานของระบบ WOCS, SCS และ DCS ด้วยกราฟของโหลดในระหว่าง เพื่อแสดงให้เห็นลักษณะการควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยระบบต่าง ๆ ในระหว่างวันได้ชัดเจนยิ่งขึ้น
- แสดงประสิทธิภาพการทำงานของระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างในเชิงเศรษฐศาสตร์ จากประสิทธิผลการช่วยลดค่าใช้จ่ายไฟฟ้าภายในอาคารได้

ซึ่งผลการทดลองจะใช้กรณีที่ 1 ในหลอดชนิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ไม่มีการติดตั้งระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างเป็นค่าพื้นฐานการใช้พลังงานของระบบในอาคารพาณิชย์ (Baseline) โดยมีค่า 3,027 Wh/day ซึ่งเทียบได้ว่าระบบมีการใช้พลังงาน 100%

- 1) เปรียบเทียบผลการใช้พลังงานในอาคารพาณิชย์ของระบบ WOCS กับระบบที่มีการจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างด้วยการควบคุมแบบ SCS และ DCS ของหลอดไฟทั้ง 2 ชนิด ด้วยผลการใช้พลังงานในระบบแสงสว่างโดยเฉลี่ยตลอดช่วงเวลา 1 วัน ของกรณีศึกษาต่าง ๆ

ในการทดลองได้ทำการบันทึกผลในช่วงเวลา 9.00 น.-16.00 น. ของแต่ละวัน โดยทำการทดลอง 7 กรณีศึกษา ซึ่งผลของค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานตลอด 1 วันของกรณีศึกษาต่าง ๆ ที่ใช้ในระบบแสงสว่างมาจากค่าเฉลี่ยของการบันทึกผลการทดลองกรณีศึกษาละ 3 วัน

ตารางที่ 5.3 ผลการใช้พลังงานเฉลี่ยของวันในแต่ละกรณีศึกษาในอาคารพาณิชย์

Type of lamp	Average Energy(Wh/day)						
	WOCS	SCS				DCS	
	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5	Case 6	Case 7
Fluorescent	3,027	2,440	2,346	2,180	1,559	-	-
LED	961	736	760	729	422	529	308

ตารางที่ 5.4 ผลการประหยัดพลังงานของกรณีศึกษาที่ 2-7 เมื่อเทียบกับกรณีพื้นฐานในอาคารพาณิชย์

Description		Energy Consumption (pu)		Energy Saving (%)	
		Fluorescent	LED	Fluorescent	LED
WOCS	Case 1	1	0.32	-	68%
SCS	Case 2: OCT	0.81	0.24	19%	76%
	Case 3: TSD	0.78	0.25	22%	75%
	Case 4: DCT	0.72	0.24	28%	76%
	Case 5: ALL	0.52	0.14	48%	86%
DCS	Case 6: DCT	-	0.17		83%
	Case 7: ALL	-	0.10		90%

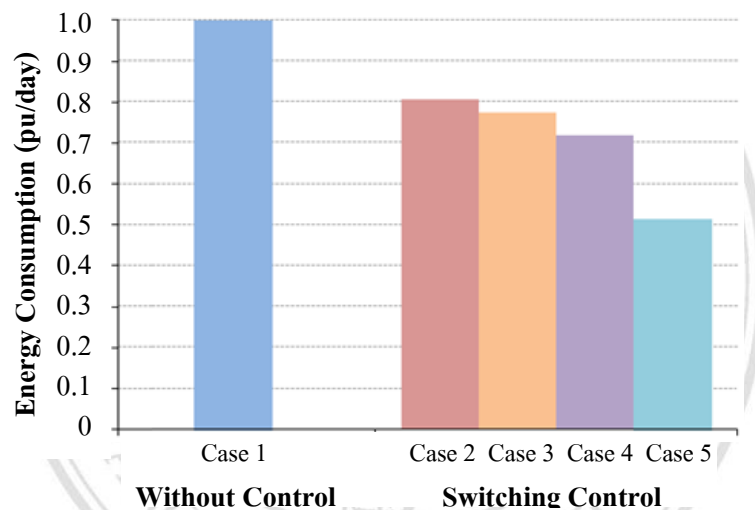
หมายเหตุ Without Control System (WOCS) Switching Control System (SCS)
 Dimming Control System (DCS)

* Energy Consumption in pu on 3,027 Wh/day base

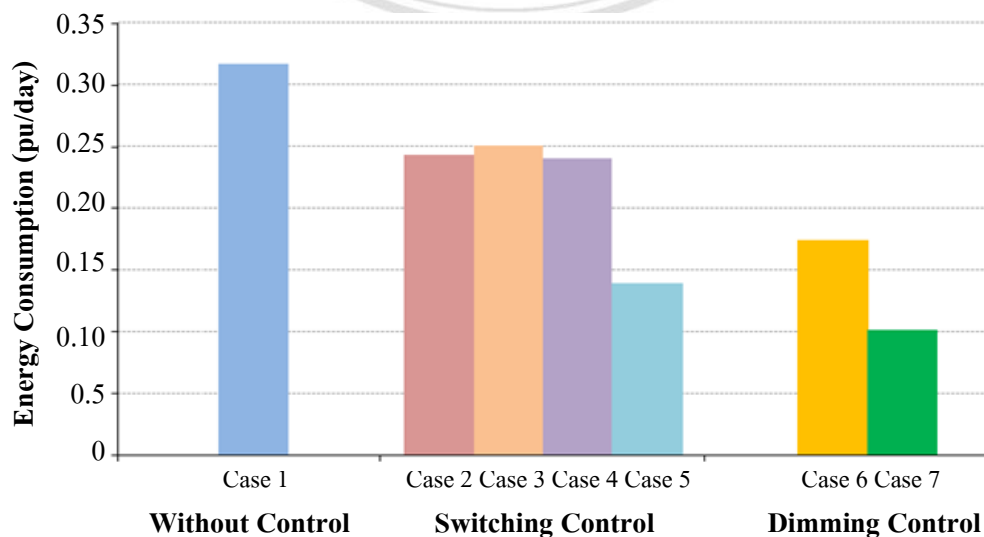
จากผลการทดลองในตารางที่ 5.3 แสดงให้เห็นถึงการใช้พลังงานเฉลี่ยของวันในแต่ละกรณีศึกษา พบว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ไม่มีการติดตั้งระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง มีผลการใช้พลังงานเฉลี่ยของวันสูงถึง 3,027 Wh/day ส่วนในหลอดชนิดหลอด LED ระบบ WOCS มีการใช้พลังงาน 961 Wh/day จากนั้นเมื่อมีการติดตั้งระบบ SCS (กรณีที่ 2, 3, 4 และ 5) เข้าไปในระบบ จากรูปที่ 5.5 แสดงให้เห็นชัดเจนว่าในหลอดฟลูออเรสเซนต์ระบบ SCS ช่วยลดการใช้พลังงานลงได้ โดยสามารถช่วยประหยัดพลังงานลงได้สูงสุดถึง 48% ส่วนในหลอด LED ที่ถูกติดตั้งทั้งระบบ SCS และ DCS (กรณีที่ 6 และ 7) สามารถลด

การใช้พลังงานลงได้ทั้ง 2 ระบบ โดยสามารถประหยัดพลังงานลงได้สูงสุดถึง 90% ในระบบ SCS และ 86% ในระบบ DCS เมื่อเทียบกับกรณีพื้นฐาน (Baseline) ดังแสดงในรูปที่ 5.6

นอกจากนี้จากตารางที่ 5.4 แสดงรายละเอียดประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานในแต่ละกรณีศึกษาของหลอดทั้ง 2 ชนิด จะเห็นได้ว่าหลอด LED มีการใช้พลังงานน้อยกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ถึง 68% ถึงแม้ว่าระบบจะไม่มีการจัดการพลังงานใดก็ตาม



รูปที่ 5.5 ผลการใช้พลังงานในระบบแสงสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ในอาคารพาณิชย์



รูปที่ 5.6 ผลการใช้พลังงานในระบบแสงสว่างของหลอด LED ในอาคารพาณิชย์

จึงสรุปได้ว่าจากผลการทดลองของหลอดทั้ง 2 ชนิด ในอาคารพาณิชย์เมื่อมีการจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างในระบบไฟฟ้าด้วยการใช้ฟังก์ชันที่นำเสนอ 6 ฟังก์ชัน ทั้งระบบ SCS และ DCS มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการจัดการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างหรือสามารถช่วยลดการใช้พลังงานลงได้จริง

- 2) เปรียบเทียบผลการประหยัดพลังงานในอาคารพาณิชย์ระหว่างระบบที่มีการนำ 6 ฟังก์ชันมาเลือกใช้ร่วมกันให้ได้มากที่สุดเป็นระบบเดียวตามวัตถุประสงค์ที่นำเสนอกับระบบที่ใช้เพียงฟังก์ชันเดียว

เมื่อทำการเปรียบเทียบประสิทธิผลการประหยัดพลังงานของระบบที่มีการจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างจากการเลือกใช้เพียง 1 ฟังก์ชัน (กรณีที่ 2, 3, 4 และ 6) กับระบบที่นำเอา 6 ฟังก์ชันที่เหมาะสมให้ทำงานร่วมกันเป็นระบบเดียวตามจุดประสงค์ที่ได้นำเสนอ (กรณีที่ 5 และ 7) ที่ควบคุมด้วยระบบ SCS และ DCS โดยใช้ระบบ WOCS ของหลอดฟลูออเรสเซนต์ (กรณีที่ 1) เป็นค่าพลังงานไฟฟ้าพื้นฐานของระบบที่ใช้ในแต่ละวันหรือเทียบเท่ากับ 100% โดยจะมีค่าอยู่ที่ 3,027 Wh/day (Baseline)

- 2.1) ระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างที่ไม่สามารถปรับระดับแสงสว่างได้ (SCS)

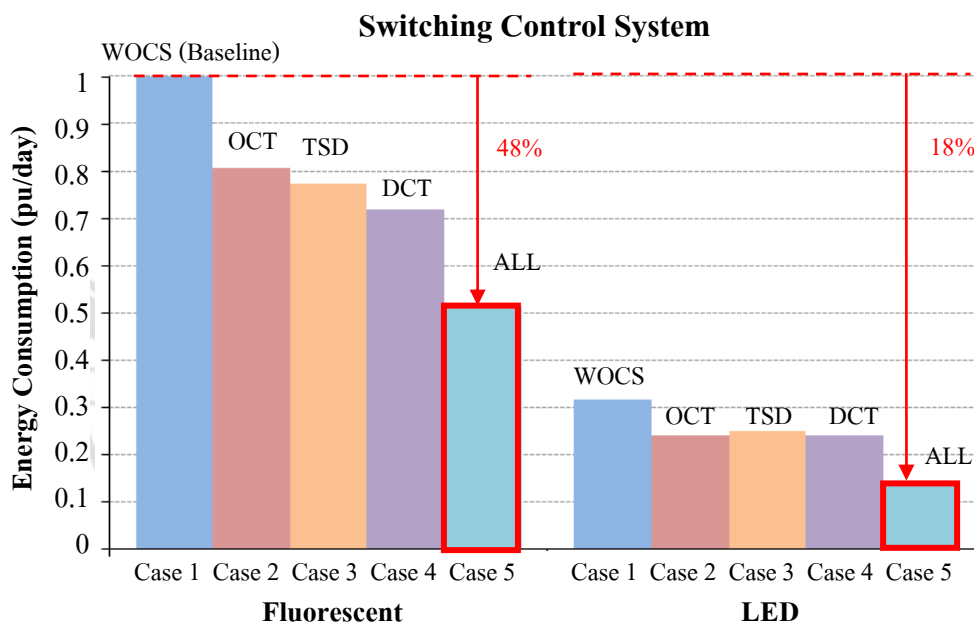
จากรูปที่ 5.7 จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่ากรณีที่ 5 ที่ควบคุมด้วยระบบ SCS ของทั้งหลอดฟลูออเรสเซนต์และหลอด LED สามารถประหยัดพลังงานได้มากที่สุด เมื่อเทียบกับกรณีที่ 2, 3 และ 4 ที่ใช้เพียง 1 ฟังก์ชัน โดยในหลอดฟลูออเรสเซนต์จะสามารถลดการใช้พลังงานลงไปได้ถึง 48% และหลอด LED จะลดลงเพิ่มอีก 86 %

แต่อย่างไรก็ตามการใช้พลังงานของหลอดไฟทั้ง 2 ชนิดที่แสดงในกรณีที่ 2, 3 และ 4 ไม่เหมือนกัน แม้จะมีการใช้ฟังก์ชันการทำงานเดียวกัน เนื่องจากการใช้งานของห้องและกิจกรรมที่ทำภายในห้องมีความแตกต่างกันในแต่ละวันที่ทำการทดลอง กล่าวคือ ในหลอดฟลูออเรสเซนต์ กรณีที่มีการใช้พลังงานน้อยที่สุด คือ กรณีที่ 4 ถัดมาคือกรณีที่ 3 และกรณีที่ 2 มีการใช้พลังงานมากที่สุด แต่ในหลอด LED กรณีที่ 2 และ 4 มีการใช้พลังงานน้อยกว่ากรณีที่ 3

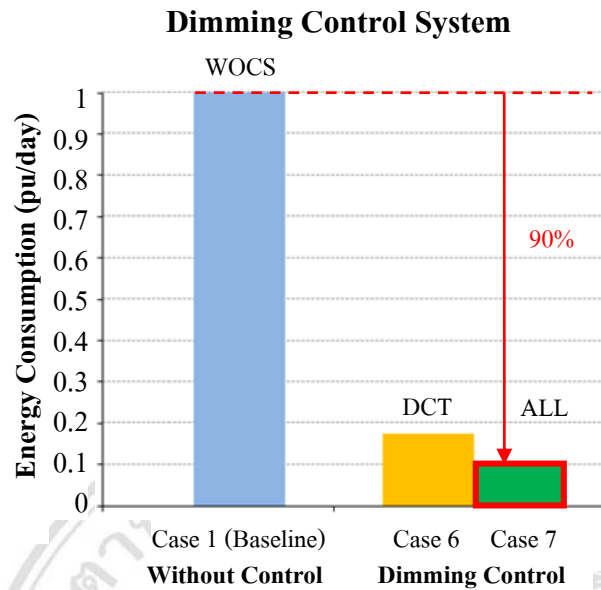
2.2) ระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างที่สามารถปรับระดับแสงสว่างได้ (DCS)

ในกรณีที่ 7 ซึ่งนำเอา 6 ฟังก์ชันที่เหมาะสมให้ทำงานร่วมกันเป็นระบบเดียวตามวัตถุประสงค์ประสงค์ที่นำเสนอ และควบคุมด้วยระบบ DCS ของหลอด LED สามารถประหยัดพลังงานได้มากกว่ากรณีที่ 6 ที่เลือกใช้เพียงฟังก์ชันเดียวมาใช้ในการจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง โดยสามารถลดการใช้พลังงานลงไปได้ถึง 90% เมื่อเทียบกับกรณีพื้นฐาน (Baseline) ดังแสดงในรูปที่ 5.8

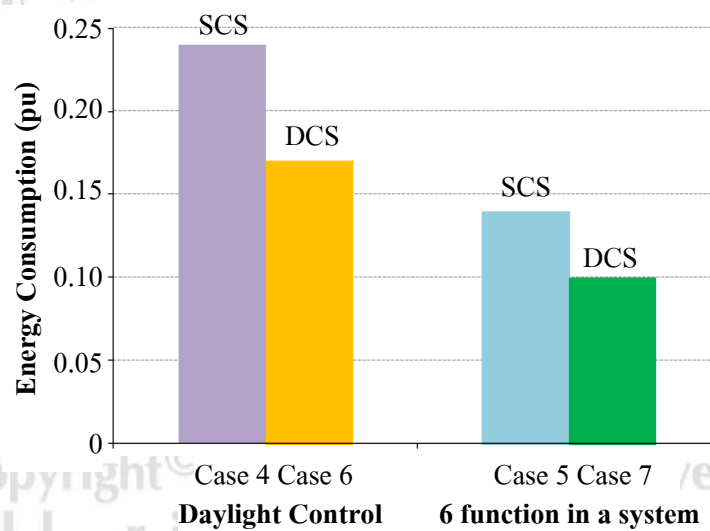
จึงสรุปได้ว่าในอาคารพาณิชย์เมื่อระบบมีการเลือกใช้ 6 ฟังก์ชันการทำงานที่เหมาะสมให้ทำงานร่วมกันเป็นระบบเดียวให้ได้มากที่สุดตามวัตถุประสงค์ที่ได้นำเสนอไว้ ไม่ว่าจะเป็นด้วยการควบคุมผ่านระบบ SCS หรือ DCS สามารถประหยัดพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลมากกว่าการใช้เพียงฟังก์ชันเดียวในการจัดการพลังงาน



รูปที่ 5.7 ผลการใช้พลังงานของระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างที่ไม่สามารถปรับระดับแสงสว่างได้ ของหลอดฟลูออเรสเซนต์ และ หลอด LED ในอาคารพาณิชย์ เมื่อเทียบกับกรณีพื้นฐาน (Baseline)



รูปที่ 5.8 ผลการใช้พลังงานของระบบที่สามารถปรับระดับแสงสว่างได้ของหลอด LED ในอาคารพาณิชย์เมื่อเทียบกับกรณีพื้นฐาน (Baseline)



รูปที่ 5.9 ผลการใช้พลังงานของระบบที่มีการใช้ฟังก์ชันการทำงานเหมือนกัน แต่มีการควบคุมในรูปแบบที่ไม่สามารถปรับระดับแสงสว่างและสามารถปรับระดับแสงสว่างได้ของหลอด LED ในอาคารพาณิชย์

- 3) เปรียบเทียบผลการประหยัดพลังงานระหว่างระบบที่ไม่สามารถปรับระดับแสงสว่างได้กับระบบที่สามารถปรับระดับแสงสว่างได้ในอาคารพาณิชย์

เมื่อทำการเปรียบเทียบผลการใช้พลังงานกรณีที่ 4, 5, 6 และ 7 ของหลอด LED ที่มีการเลือกใช้ฟังก์ชันในการประหยัดพลังงานเหมือนกันแต่มีการเพิ่มให้ระบบสามารถปรับระดับแสงสว่างได้ พบว่าในการติดตั้งระบบ DCS จะสามารถประหยัดพลังงานได้มากกว่าระบบ SCS โดยดูจากผลการใช้พลังงาน ซึ่งในกรณีที่ 6 สามารถประหยัดพลังงานเพิ่มขึ้นอีก 29 % เมื่อเทียบกับกรณีที่ 4 และกรณีที่ 7 สามารถประหยัดพลังงานเพิ่มได้อีก 28% เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่ 5 ดังแสดงในรูปที่ 5.9

- 4) เปรียบเทียบผลการใช้พลังงานของระบบจากกราฟของโหลดในอาคารพาณิชย์

เนื่องจากสิ่งที่แสดงถึงพฤติกรรมการใช้พลังงานในแต่ละวันได้ชัดเจนที่สุด คือ กราฟโหลดของวัน โดยแกน x แสดงค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ในหน่วยวัตต์ และแกน y คือ เวลา นอกจากนี้ยังสามารถเปรียบเทียบการใช้พลังงานของแต่ละวันได้ง่ายที่สุดจากพื้นที่ใต้กราฟของกราฟนั้น ๆ หรือการสังเกตจากความสูง/ต่ำของกราฟ โดยกราฟที่สูงกว่าหมายถึงมีการใช้กำลังไฟฟ้ามากกว่า ยังส่งผลให้มีพื้นที่ใต้กราฟมากกว่าหรือมีการใช้พลังงานมากกว่าตามไปด้วย

ซึ่งในการเปรียบเทียบการใช้พลังงานของระบบจากกราฟของโหลดในหลอดไฟทั้ง 2 ชนิด ได้แก่ หลอดฟลูออเรสเซนต์ และ หลอด LED ในช่วงเวลาที่บันทึกผลคือ 9.00น.-16.00น. มีรายละเอียดดังนี้

ลิขสิทธิ์ © วิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © Chiang Mai University
All rights reserved

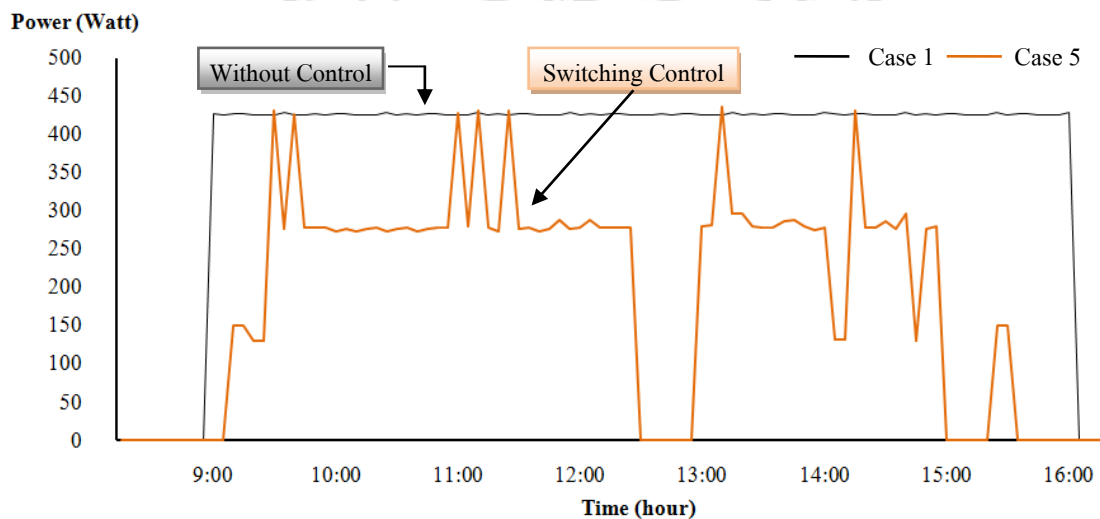
- 3.1) หลอดฟลูออเรสเซนต์

เมื่อเปรียบเทียบกราฟของโหลดที่ได้จากหลอดฟลูออเรสเซนต์จากการนำเอา 6 ฟังก์ชันให้ทำงานร่วมกันเป็นระบบเดียวด้วยการควบคุมผ่านระบบ SCS (กรณีที่ 5) กับระบบ WOCS (กรณีที่ 1) จากรูปที่ 5.10 จะเห็นว่าช่วงเวลาส่วนใหญ่ของกราฟกรณีที่ 1 เส้นกราฟส่วนมากจะอยู่ในระดับ

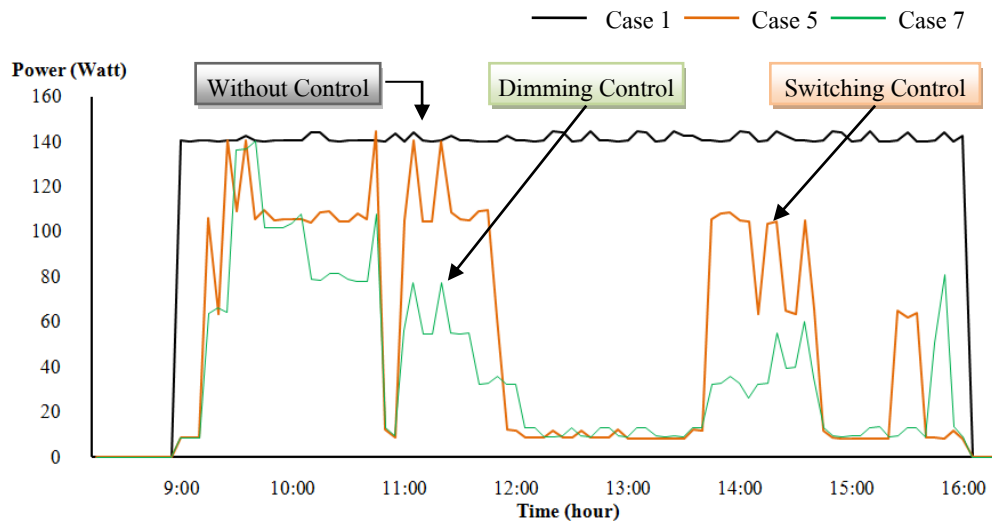
สูงกว่ากรณีที่ 5 จึงหมายความว่ามีการใช้กำลังไฟฟ้าที่มากกว่า ซึ่งแสดงให้เห็นได้ชัดเจนว่ากรณีที่ 5 ย่อมมีการใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยกว่า เนื่องจากผลของพื้นที่ใต้กราฟที่มีสัดส่วนน้อยกว่า และจะเห็นว่ากำลังไฟฟ้าในระหว่างช่วงเวลาการใช้งานจะเปลี่ยนแปลงตามการควบคุมใช้งานของหลอดไฟ

3.2) หลอด LED

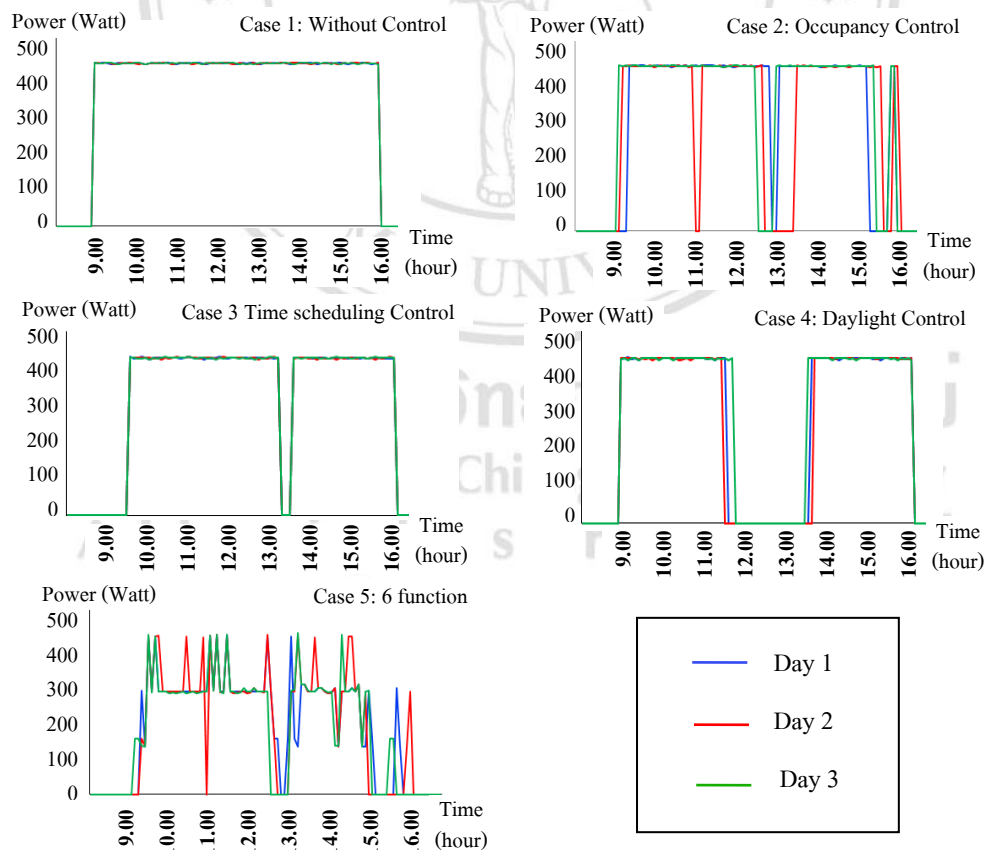
ในส่วนของหลอด LED จากรูปที่ 5.11 แสดงการเปรียบเทียบกราฟโหลดหลอด LED ระหว่าง 3 ระบบ ได้แก่ ระบบ WOCS (กรณีที่ 1) ระบบที่มีการนำเอา 6 ฟังก์ชันให้ทำงานร่วมกันเป็นระบบเดียวที่ควบคุมด้วย SCS (กรณีที่ 5) และ ระบบ DCS (กรณีที่ 7) จะเห็นว่ากราฟของกรณีที่ 1 และกรณีที่ 5 จะคล้ายกับโหลดฟลูออเรสเซนต์ด้วยเหตุผลเดียวกัน ส่วนในกรณีที่ 7 กราฟการใช้กำลังไฟฟ้าบางช่วงจะต่ำกว่ากรณีที่ 1 และ 5 ลงไปอีก เนื่องจากการปรับระดับแสงสว่างจะสามารถปรับลดการใช้กำลังไฟฟ้าของหลอดไฟลงได้อีก ทำให้กรณีที่ 7 สามารถประหยัดพลังงานได้มากที่สุด ซึ่งสังเกตได้จากสัดส่วนพื้นที่ใต้กราฟจะมีน้อยที่สุด



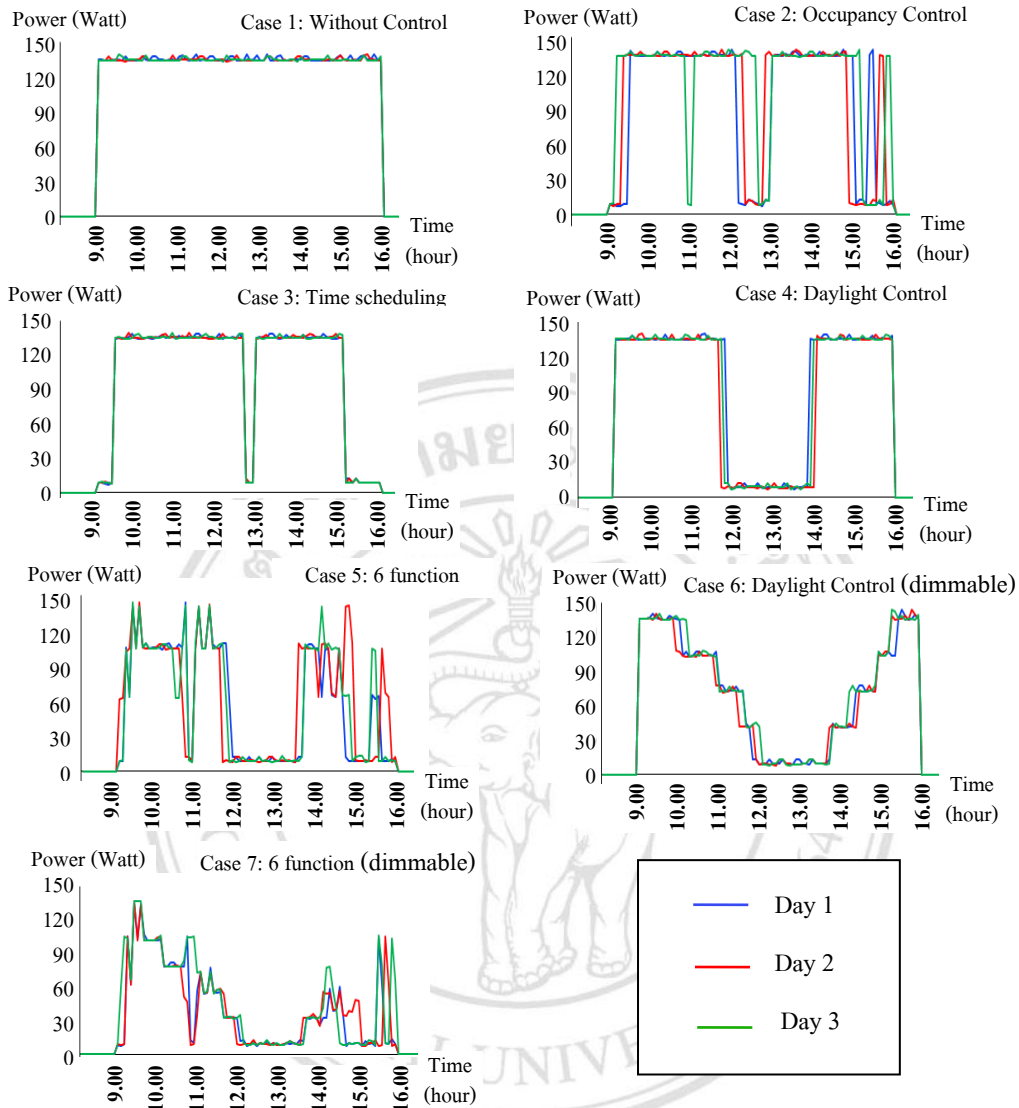
รูปที่ 5.10 กราฟของโหลดของหลอดฟลูออเรสเซนต์ในอาคารพาณิชย์ที่ไม่มีการจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง และระบบที่มีการนำเอา 6 ฟังก์ชันให้ทำงานร่วมกันเป็นระบบเดียว ซึ่งไม่สามารถปรับระดับแสงสว่างได้



รูปที่ 5.11 กราฟโหลดของหลอด LED ในอาคารพาณิชย์ที่ไม่มีการจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง และระบบที่มีการนำเอา 6 ฟังก์ชันให้ทำงานร่วมกันเป็นระบบเดียวทั้งระบบที่ไม่สามารถ ปรับระดับแสงสว่างได้และสามารถปรับได้



รูปที่ 5.12 กราฟโหลดของหลอดฟลูออเรสเซนต์แต่ละกรณีศึกษา กรณีละ 3 วันในอาคารพาณิชย์



รูปที่ 5.13 กราฟโหลดของหลอด LED แต่ละกรณีศึกษาที่ทำการทดลองกรณีละ 3 วัน
ในอาคารพาณิชย์

จากรูปที่ 5.12 และ 5.13 จะเห็นได้อย่างชัดเจนถึงการทำงานของแต่ละฟังก์ชัน โดยในระบบ SCS จะเป็นการจัดการด้านลดเวลาในการใช้งาน ซึ่งเห็นได้จากกราฟของกรณีที่ 2, 3 และ 4 ที่พื้นที่ใต้กราฟจะหายเป็นช่วงๆ โดยกรณีที่ 2 ฟังก์ชัน OCT จะทำงานตลอดทั้งวันในการตรวจจับผู้ใช้งาน ในกรณีที่ 3 ฟังก์ชัน DLC จะช่วยลดเวลาในการเปิดไฟเพียงช่วงกลางวันหรือเฉพาะช่วงที่มีแสงสว่างจากธรรมชาติเพียงพอ จึงมีประโยชน์เพียงช่วงเวลากลางวันเท่านั้น สังเกตจากเส้นกราฟที่จะต่ำในช่วงเวลาประมาณ 12.00 – 14.00 น. และฟังก์ชัน TSD จะทำงานเฉพาะช่วงเวลาที่ผู้ใช้งานกดค่าให้เปิด/ปิดไฟเท่านั้น ทำให้ไม่เหมาะสม

กับพื้นที่ ๆ ไม่มีตารางการใช้งานที่แน่นอน แต่อย่างไรก็ตามจากกราฟจะเห็นว่า
กรณีที่ 5 ทุกฟังก์ชันร่วมกันจัดการพลังงานทำให้ระบบ SCS สามารถลดการใช้
กำลังไฟฟ้าในระบบลงไปได้ด้วย โดยการสังเกตที่เส้นกราฟจะต่ำลง ซึ่งเป็นผล
จากการแบ่งพื้นที่ในการเปิดใช้หลอดไฟจากการทำงานของฟังก์ชัน TCT

นอกจากนั้นเมื่อสังเกตกราฟในกรณีที่ 6 จะเห็นได้ชัดเจนว่า ถึงแม้ฟังก์ชัน DCT
ที่ควบคุมแบบ SCS จะมีประโยชน์ในช่วงกลางวันแต่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพ
ในการลดการใช้พลังงานได้จากการทำให้ระบบปรับระดับแสงสว่างได้ ที่โดย
ระบบ DCS ช่วยลดการใช้กำลังไฟฟ้าจากหลอดไฟลง ดังนั้นทำให้กรณีที่ 7 มี
ประสิทธิภาพในการจัดการพลังงานไฟฟ้าในทุกช่วงเวลา ทั้งด้านการลดเวลาใน
การใช้งานและลดกำลังไฟฟ้าที่ใช้

5) วิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างจากผลการ
ประหยัดพลังงานทางเศรษฐศาสตร์ในอาคารพาณิชย์

จากการทดลองทั้ง 6 กรณีศึกษาเมื่อนำมาวิเคราะห์ถึงผลการประหยัดพลังงาน
แล้วพบว่า วิธีการนำเอาฟังก์ชันการทำงานให้ทำงานร่วมกันให้ได้มากที่สุดอย่าง
เหมาะสมตามที่ได้นำเสนอนั้น ทั้งในการควบคุมด้วยระบบ SCS และ DCS
สามารถช่วยลดการใช้พลังงานลงได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีประสิทธิผลมาก
ขึ้นกว่าการใช้เพียงฟังก์ชันเดียวเท่านั้น ซึ่งการลดพลังงานลงได้มากจะทำให้ผู้ใช้
ได้ประโยชน์ในด้านการลดค่าใช้จ่ายไฟฟ้างได้มากตามไปด้วย

โดยระบบที่ใช้หลากหลายฟังก์ชันการทำงานที่เหมาะสมให้ทำงานร่วมกันเป็น
ระบบเดียวตามวัตถุประสงค์ที่ได้นำเสนอ ซึ่งมีการควบคุมด้วยระบบ SCS
สามารถช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายไฟฟ้างได้มากที่สุดทั้งหลอดชนิดฟลูออเรสเซนต์ที่
สามารถช่วยให้ผู้ใช้ประหยัดค่าไฟฟ้าง 48% ต่อเดือน และ หลอด LED จะ
ประหยัดค่าไฟฟ้างถึง 86% ต่อเดือน นอกจากนั้นในหลอดไฟชนิดหลอด LED
ที่ใช้หลากหลายฟังก์ชัน ซึ่งควบคุมด้วยระบบ DCS สามารถประหยัดค่าใช้ไฟฟ้าง
ได้มากที่สุดถึง 90% ต่อเดือน ส่งผลให้ระยะเวลาการคืนทุนก็จะไม่นาน ดังแสดง
รายละเอียดในตารางที่ 5.5 และ 5.6

ตารางที่ 5.5 การวิเคราะห์การใช้พลังงานในเชิงเศรษฐศาสตร์ของหลอดฟลูออเรสเซนต์ในอาคารพาณิชย์

Description		Fluorescent (Commercial)				
		WOCS	SCS			
		Case 1 Baseline	Case 2 (OCT)	Case 3 (TSD)	Case 4 (DCT)	Case 5 (ALL)
Number of lamp		9				
Power of lamp and ballast (Watt)		46				
Time of used		9.00-16.00				
Day of used per week		Monday-Friday				
Tariff (Baht/Unit)		3.50				
Average energy (Wh/day)		3,027	2,440	2,346	2,180	1,559
Energy saving (Wh/day)*		-	587	681	847	1,468
Average unit per month (Unit/month)		61	49	47	44	31
Cost in lighting system per month (Baht/month)		211.88	170.80	164.22	152.60	109.13
Saving money per month *	Baht/month	0	41.08	47.66	59.28	102.75
	%	-	19%	22%	28%	48%
Investment cost (Baht)		0	860	1,900	1,000	2,360
Saving money per year (Bath/year)		-	493	572	711	1,233
Payback period (years)*		-	2	3	1	2

หมายเหตุ * เป็นการเปรียบเทียบกับระบบพื้นฐาน (กรณีที่ 1 ที่ไม่มีการจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์)

ตารางที่ 5.6 การวิเคราะห์การใช้พลังงานในเชิงเศรษฐศาสตร์ของหลอด LED ในอาคารพาณิชย์

Description		Baseline*	LED (Commercial)						
			WOCS	SCS				DCS	
			Case 1	Case 2 (OCT)	Case 3 (TSD)	Case 4 (DCT)	Case 5 (ALL)	Case 6 (DCT)	Case 7 (ALL)
Number of lamp		9							
Power of lamp and ballast (Watt)		46	14						
Time of used		9.00 - 16.00							
Day of used per week		Monday - Friday							
Tariff (Baht/Unit)		3.50							
Average energy (Wh/day)		3,027	961	736	760	729	422	529	308
Energy saving (Wh/day)*		-	2,066	2,291	2,267	2,298	2,605	2,498	2,719
Average unit per month (Unit/month)		61	19	15	15	15	8	11	6
Cost in lighting system per month (Baht/month)		211.88	67.27	51.52	53.20	51.03	29.54	37.03	21.56
Saving money per month*	Baht/month	-	144.61	160.36	158.68	160.85	182.34	174.85	190.32
	%	-	68%	76%	75%	76%	86%	83%	90%
Investment cost (Baht)		0	2,700	3,560	4,600	3,700	5,060	3,700	5,060
Saving money per year (Bath/year)		-	1,735	1,924	1,904	1,930	2,188	2,098	2,284
Payback period (years)*		-	1.6	1.9	2.4	1.9	2.3	1.8	2.2

หมายเหตุ * เป็นการเปรียบเทียบกับระบบพื้นฐาน (กรณีที่ 1 ที่ไม่มีการจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์)

จึงสรุปได้ว่าเมื่อมองในทางเศรษฐศาสตร์ด้านการประหยัดค่าใช้จ่ายไฟฟ้ากรณี ที่ 5 ซึ่งเป็นการนำเอาฟังก์ชันการทำงานให้ทำงานร่วมกันให้ได้มากที่สุดในระบบ SCS ของหลอดไฟทั้ง 2 ชนิด สามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายไฟฟ้าลงได้มากที่สุด และจาก ผลการทดลองของหลอด LED เมื่อระบบมีการปรับระดับแสงสว่างได้ก็จะช่วย ประหยัดค่าใช้จ่ายไฟฟ้าลงได้เพิ่มขึ้นอีก

แต่อย่างไรก็ตามระยะเวลาคืนทุนในการทดสอบนี้ค่อนข้างนาน เนื่องจากการ ทดสอบมีการทดลองใช้ภายในห้องเพียงห้องเดียวเท่านั้น ถ้าระบบมีการนำไปใช้ กับห้องภายในอาคารที่มากขึ้นจะทำให้สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้มากขึ้น อีกทั้งยังส่งผลให้ระยะเวลาคืนทุนลดลง ถึงแม้จะต้องติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มแต่ ค่าใช้จ่ายในการลงทุนจะเพิ่มแค่เพียงเล็กน้อย เนื่องจากค่าใช้จ่ายหลักในการ ลงทุนจะอยู่ที่ชุดควบคุมหลักซึ่งระบบมีการใช้งานร่วมกัน

นอกจากนั้นจากผลการทดสอบยังแสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนมาใช้หลอด LED แทนหลอดฟลูออเรสเซนต์สามารถลดการใช้พลังงานลงไปได้มากถึง 68% แต่ เมื่อทำให้การติดตั้งระบบจัดการพลังงานให้กับหลอด LED ผลการใช้พลังงานจะ ลดลงไม่มากนักหรือผู้ใช้จะประหยัดค่าใช้จ่ายได้เพิ่มขึ้นอีกเล็กน้อย ซึ่งระบบ อาจไม่คุ้มค่ากับค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง นั่นคือต้องใช้ระยะเวลาคืนทุนที่เพิ่มขึ้น แต่ การที่ระบบมีระยะเวลาคืนทุนที่นานเกินไป อาจไม่เป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้ เนื่องจากข้อจำกัดด้านอายุการใช้งานของอุปกรณ์ที่ไม่สามารถทำงานได้จนถึง ระยะเวลาคืนทุน อีกทั้งยังต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นในการบำรุงรักษาอุปกรณ์เพิ่ม อีก แต่อย่างไรก็ตามถ้าการใช้หลอด LED ในระบบไฟฟ้าแสงสว่างที่มีจำนวนการ ใช้มากก็จะสามารถประหยัดค่าไฟได้มาก ระบบก็จะคุ้มค่าในการลงทุน แต่ก็ ขึ้นกับความพึงพอใจของผู้ใช้ที่ต้องการความสะดวกสบายหรือความน่าสมมุติ เป็นปัจจัยทำให้ต้นทุนการติดตั้งระบบสูงขึ้น รวมถึงระยะเวลาคืนทุนยาวนาน มากขึ้นตามมา

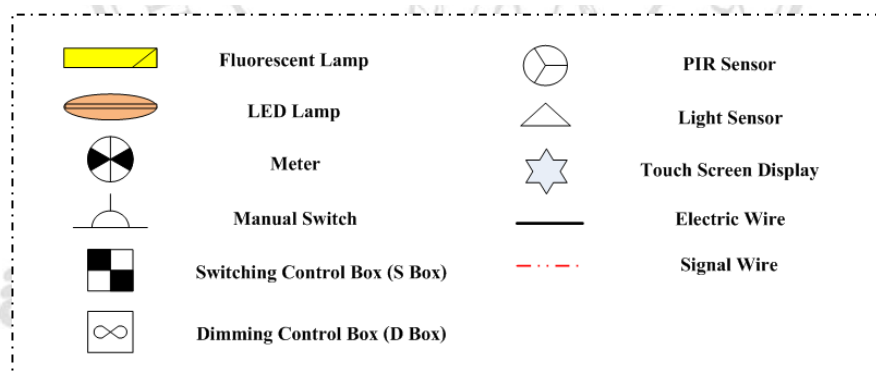
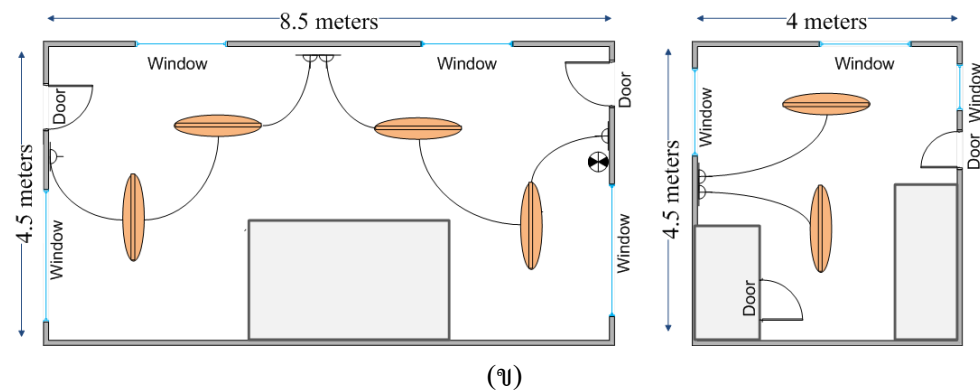
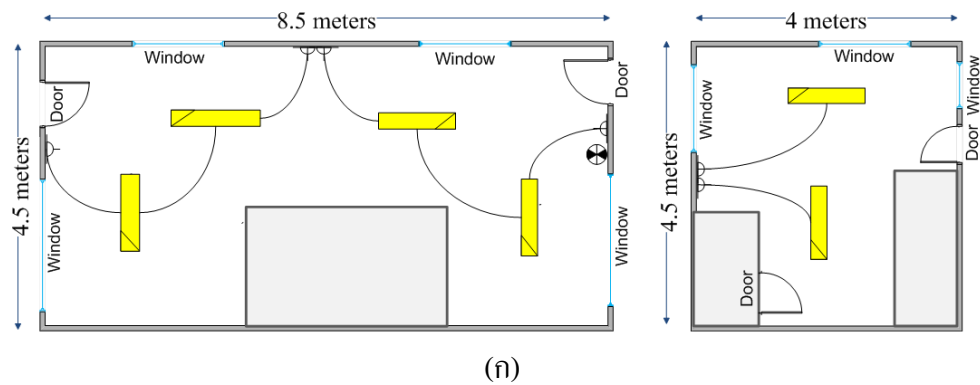
5.2 ประเภทบ้านพักอาศัย

5.2.1 วิธีดำเนินการทดลองในอาคารบ้านพักอาศัย

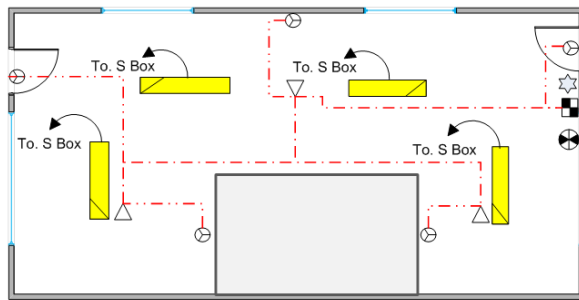
ได้จัดเตรียมสถานที่เพื่อทำการทดลองกับบริเวณ 2 บริเวณ โดยบริเวณแรกเป็นโถงกว้าง ใช้เป็นห้องครัวและห้องนั่งเล่นมีขนาด 4.5 x 8.5 เมตร (กว้าง x ยาว) ภายในห้อง ประกอบด้วยหน้าต่าง 4 บาน ซึ่งมีอยู่ 2 ขนาด ได้แก่ 0.75 x 2 เมตร และ 1 x 2 เมตร (กว้าง x สูง) ส่วนอีกบริเวณใช้เป็นห้องนอนมีขนาด 4 x 4.5 เมตร ประกอบด้วยหน้าต่าง 3 บาน ซึ่งมีอยู่ 2 ขนาด ได้แก่ 0.75 x 2 เมตร และ 1 x 2 เมตร และภายในห้องมีการติดตั้งชุดหลอดไฟดังแสดงในรูปที่ 5.14 และรูปที่ 5.15 แสดงรายละเอียดการติดตั้งระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง นอกจากนั้นรูปที่ 5.16 แสดงอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ติดตั้งในสถานที่จริง

โดยจะพบว่าในอาคารบ้านพักอาศัย มีการติดตั้งเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวและเซนเซอร์วัดความเข้มแสงในบริเวณหลากหลายจุด เนื่องจากในอาคารบ้านพักอาศัยการใช้งานในบริเวณส่วนต่าง ๆ ของห้องมีความหลากหลายแตกต่างกันไป เช่น ในบริเวณห้องเดียวกันมีการใช้ประกอบอาหาร รับประทานอาหาร หรือบริเวณนั่งเล่น เป็นต้น อีกทั้งการใช้งานอาจมีการปรับเปลี่ยนได้ตลอดเวลาขึ้นอยู่กับผู้อยู่อาศัยภายในบ้าน ทำให้ไม่สามารถเจาะจงเวลาได้แน่นอน ซึ่งแตกต่างจากการพาณิชย์ที่แต่ละห้องมักมีการใช้งานที่เฉพาะเจาะจง และมีช่วงเวลาในการใช้งานที่ค่อนข้างแน่นอน

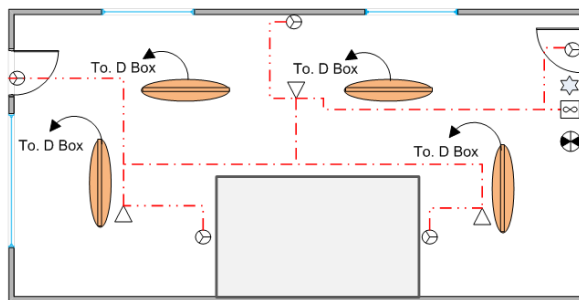
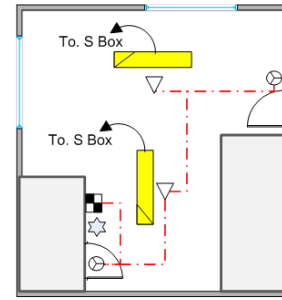
การทดลองได้มีการแบ่งเป็น 6 กรณีศึกษา โดยกรณีที่ 1 เป็นกรณีพื้นฐานที่ใช้ควบคุมด้วยสวิตช์เปิด/ปิดด้วยมือไม่มีการติดตั้งระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง ในกรณีที่ 2-4 มีการจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างด้วยระบบ SCS ซึ่งทำการทดลองทั้งหลอดฟลูออเรสเซนต์และหลอด LED ส่วนในกรณีที่ 5 และ 6 เป็นระบบควบคุมแบบ DCS ซึ่งทำการทดลองเฉพาะหลอด LED เท่านั้น โดยแสดงรายละเอียดการทดลองในตารางที่ 5.7 ซึ่งการทดลองทั้งหมดถูกเก็บบันทึกผลการทดลองในช่วงเวลา 16.00 น.-9.00 น. ของแต่ละวัน



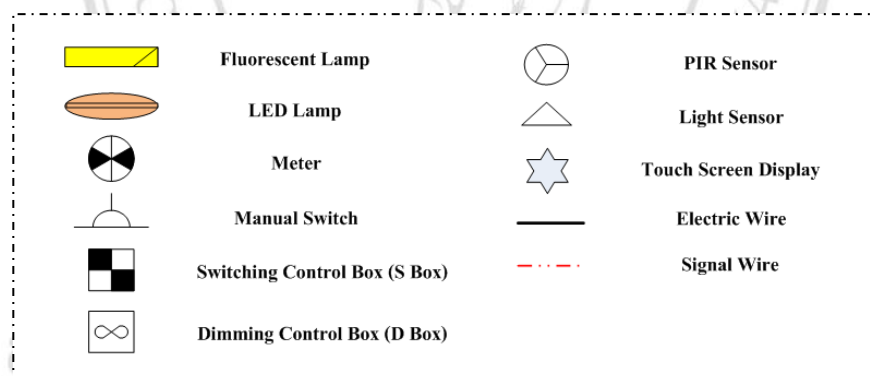
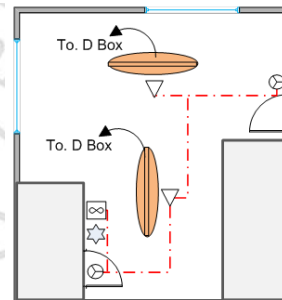
รูปที่ 5.14 ลักษณะ โครงสร้างพื้นฐานของห้องที่ใช้ทดสอบ โดยหลอดไฟควบคุมผ่านสวิตช์เปิด/ปิด ด้วยมือโดยไม่มีการจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างในบ้านพักอาศัย
(ก) ระบบที่ใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ (ข) ระบบที่ใช้หลอด LED



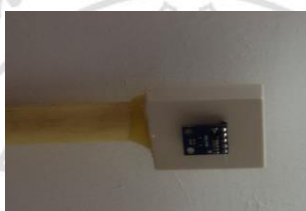
(ก)



(ง)



รูปที่ 5.15 ลักษณะห้องที่ใช้ทดสอบซึ่งมีการติดตั้งระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง
ในอาคารบ้านพักอาศัย (ก) ระบบที่ใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ (ข) ระบบที่ใช้หลอด LED



รูปที่ 5.16 การติดตั้งใช้งานอุปกรณ์จริงในระบบภายในอาคารบ้านพักอาศัย

ตารางที่ 5.7 รายละเอียดการทดลองในอาคารบ้านพักอาศัย

Case	Function						Remark
	1: OCT	2: TSD	3: DCT	4: TCT	5: PCT	6: VPS	
1							Flu and LED with WOCS
2	✓						Flu and LED with SCS
3			✓				
4	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
5			✓				LED with DCS
6	✓	✓	✓	✓	✓	✓	

หมายเหตุ Fluorescent Lamp (Flu) Without Control System (WOCS)

 Switching Control System (SCS) Dimming Control System (DCS)

 Function 1: Occupancy Control (OCT) Function 2: Time Scheduling (TSD)

 Function 3: Daylight Control (DCT) Function 4: Task Control (TCT)

 Function 5: Personal Control (PCT) Function 6: Variable Power Shedding (VPS)

ตารางที่ 5.8 ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งระบบของแต่ละกรณีศึกษาในอาคารบ้านพักอาศัย

Description	WOCS	SCS			DCS	
	Case 1	Case 2 (OCT)	Case 3 (DCT)	Case 4 (ALL)	Case 5 (DCT)	Case 6 (ALL)
Motion sensor (80 Bath/Piece)	-	560	-	560	-	560
Light meter (150 Bath/Piece)	-	-	750	750	750	750
Switching or Dimming circuit (200 Bath/Piece)	-	200	200	200	200	200
Set of microcontroller (500 Bath/Set)	-	500	500	500	500	500
Set of Raspberry Pi (1,200 Bath/Set)	-	-	-	1,200	-	1,200
Total cost of the system with fluorescent lamp (Bath)	0	1,260	1,450	3,210	1,450	3,210
LED lamp (300 Bath/Piece)	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800
Total cost of the system with LED lamp (Bath)	1,800	3,060	3,250	5,010	3,250	5,010

รายละเอียดการทดลอง

กรณีที่ 1: เป็นกรณีพื้นฐานหลอดไฟจะถูกควบคุมด้วยสวิตช์เปิด/ปิดด้วยมือไม่มีการจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง (WOCS)

กรณีที่ 2: มีการติดตั้งระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างโดยใช้งานเพียงฟังก์ชันที่ 1 (OCT) โดยทำการติดตั้ง PIR sensors ในส่วนต่าง ๆ เพื่อทำการเปิด/ปิดหลอดไฟแบบอัตโนมัติ เมื่อสามารถตรวจจับการได้ว่ามีคนเข้าใช้งานภายในบริเวณนั้น

กรณีที่ 3: มีการติดตั้งระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างที่ใช้งานเพียงฟังก์ชันที่ 3 (DCT) โดยระบบจะทำการปิดหลอดไฟแบบอัตโนมัติเมื่อค่าแสงสว่างเฉลี่ย

ภายในห้องเพียงพอตามค่ามาตรฐานแสงสว่างการใช้งาน (กำหนดค่าแสงสว่างเฉลี่ยภายในห้องที่ไม่ได้ใช้ทำงานแบบต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน ๆ ตามมาตรฐานอยู่ที่ 100-200 lux)

กรณีที่ 4: มีการติดตั้งระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างที่ใช้ทั้ง 6 ฟังก์ชันให้ทำงานร่วมกันเป็นระบบเดียว โดยในช่วงเวลากลางคืนหรือช่วงเวลากลางคืน (เวลา 23.00 น.-04.00 น.) ระบบจะถูกกำหนดค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดไม่เกิน 70% ของกำลังไฟฟ้าทั้งหมดในบริเวณนั้น นอกจากนี้เมื่อค่าแสงสว่างในบางบริเวณของห้องเกินที่กำหนด (กำหนดค่าแสงสว่างเฉลี่ยภายในห้องอยู่ที่ 100-200 lux) จะสั่งให้ลดปริมาณแสงจากหลอดไฟลง รวมถึงมีการตรวจจับการใช้งานของผู้ใช้แบบอัตโนมัติ และผู้ใช้สามารถควบคุมแสงสว่างภายในห้องด้วยโปรแกรมควบคุมแสงสว่างที่พัฒนาขึ้น

กรณีที่ 5: มีการติดตั้งระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างที่ทำงานเหมือนกรณีที่ 3 แต่ระบบจะทำงานเปิด/ปิดและปรับระดับแสงสว่างของหลอดไฟได้

กรณีที่ 6: มีการติดตั้งระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างที่ทำงานเหมือนกรณีที่ 4 แต่ระบบจะทำงานเปิด/ปิดและปรับระดับแสงสว่างของหลอดไฟได้

โดยค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานของแต่ละวันในกรณีศึกษาต่าง ๆ จะมาจากการบันทึกค่าการใช้พลังงานทุก ๆ 5 นาที โดยแต่ละกรณีจะถูกบันทึกกรณีละ 3 วัน ซึ่งมีค่าใช้จ่ายในการติดตั้งในแต่ละกรณีศึกษาดังแสดงในตารางที่ 5.8

5.2.2 ผลการทดลองในอาคารบ้านพักอาศัย

จากการทดลองในแต่ละกรณีศึกษาได้ทำการแสดงผลการทดลองโดยแบ่งออกเป็นรูปแบบต่าง ๆ ดังนี้

- ผลการทดลองที่แสดงถึงค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างโดยเฉลี่ยตลอด 1 วันของแต่ละกรณีศึกษา เพื่อเปรียบเทียบผลการใช้พลังงานของระบบ WOCS กับระบบที่มีการจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างด้วยการควบคุมแบบ SCS และ DCS
- ผลการประหยัดพลังงานของแต่ละกรณีศึกษาที่มีการติดตั้งระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานของระบบที่มี

การใช้ฟังก์ชันการทำงานเพียง 1 ฟังก์ชันกับการเลือกใช้หลากหลายฟังก์ชันที่เหมาะสมให้ทำงานเป็นระบบเดียว

- ผลการประหยัดพลังงานของกรณีศึกษาที่มีการติดตั้งระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างด้วยวิธีควบคุมแบบ SCS กับ DCS เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิผลการประหยัดพลังงานของระบบเมื่อระบบสามารถปรับระดับแสงสว่างได้
- แสดงผลการใช้พลังงานของระบบ WOCS, SCS และ DCS ด้วยกราฟของโหลดในระหว่างวัน เพื่อแสดงให้เห็นลักษณะการควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยระบบต่าง ๆ ในระหว่างวันได้ชัดเจนขึ้น
- แสดงประสิทธิภาพการทำงานของระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างในเชิงเศรษฐศาสตร์ จากประสิทธิผลการช่วยลดค่าใช้จ่ายไฟฟ้าภายในอาคารได้

ซึ่งใช้ผลการทดลองในกรณีที่ 1 ของหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ไม่มีการติดตั้งระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างเป็นค่าพื้นฐานการใช้พลังงานของระบบในอาคารบ้านพักอาศัย (Baseline) โดยจะมีค่า 7,084 Wh/day ซึ่งเทียบได้ว่าระบบมีการใช้พลังงาน 100%

- 1) ผลการใช้พลังงานในระบบแสงสว่างโดยเฉลี่ยตลอด 1 วันของกรณีศึกษาต่าง ๆ ในอาคารบ้านพักอาศัย

ในการทดลองของอาคารประเภทบ้านพักอาศัย ได้ทำการบันทึกผลในช่วงเวลา 16.00 น.-08.00 น. ของแต่ละวัน โดยทำการทดลองอยู่ 6 กรณีศึกษา ซึ่งผลของค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานตลอด 1 วันในกรณีศึกษาต่าง ๆ ที่ถูกใช้ในระบบแสงสว่างมาจากค่าเฉลี่ยของการบันทึกผลการทดลองกรณีศึกษาละ 3 วัน

ตารางที่ 5.9 แสดงผลการใช้พลังงานเฉลี่ยของวันในแต่ละกรณีศึกษา พบว่าเมื่อไม่มีการติดตั้งระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง ในหลอดฟลูออเรสเซนต์มีการใช้พลังงานเฉลี่ยของวันสูงถึง 7,084 Wh/day และในหลอด LED มีการใช้พลังงาน 2,945 Wh/day จากนั้นเมื่อมีการติดตั้งระบบ SCS (กรณีที่ 2, 3 และ 4) หลอดทั้ง 2 ชนิดมีการใช้พลังงานเฉลี่ยระหว่างวันลดลงดังแสดงในรูปที่ 5.17 และ 5.18 โดยหลอดฟลูออเรสเซนต์ลดลงได้สูงสุดถึง 43% และหลอด LED ลดลงได้สูงสุด 71% นอกจากนั้นการควบคุมด้วยระบบ DCS ในหลอด LED (กรณีที่ 5 และ 6) ค่าการใช้พลังงานโดยเฉลี่ยใน 1 วันก็ยังน้อยกว่ากรณีที่ 1 เช่นเดียวกัน โดยสามารถประหยัดพลังงานลงได้สูงสุดถึง 75% ซึ่งตารางที่ 5.10

แสดงรายละเอียดประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานในแต่ละกรณีศึกษาของหลอด
ทั้ง 2 ชนิดหลังจากติดตั้งระบบ SCS และ DCS

ตารางที่ 5.9 ผลการใช้พลังงานเฉลี่ยของวันในแต่ละกรณีศึกษาในอาคารบ้านพักอาศัย

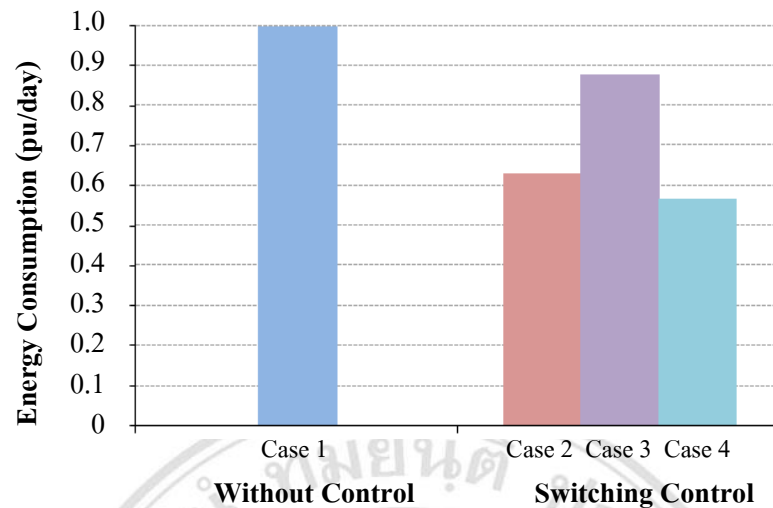
Type of lamp	Average Energy					
	WOCS	SCS			DCS	
	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5	Case 6
Fluorescent (Wh/day)	7,084	4,479	6,218	4,019	-	-
LED (Wh/day)	2,945	2,344	2,429	2,087	1,892	1,755

ตารางที่ 5.10 ผลการประหยัดพลังงานของกรณีศึกษาที่ 2-6 เมื่อเทียบกับกรณีพื้นฐานในอาคารบ้านพักอาศัย

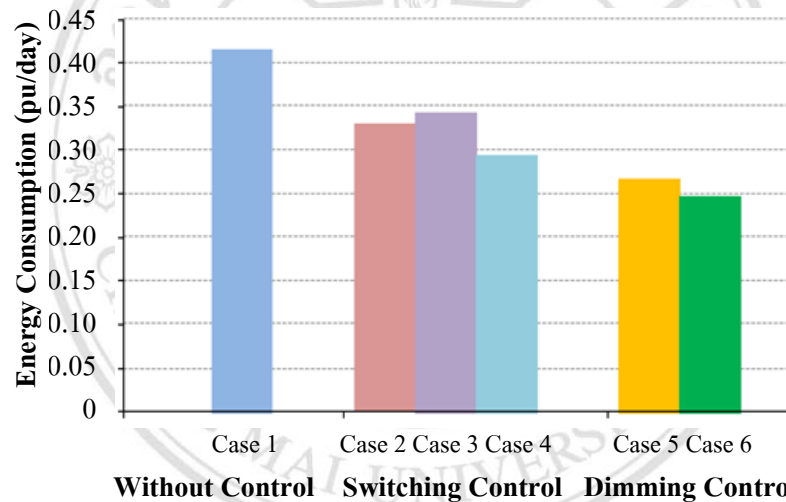
Description		Energy Consumption (pu)		Energy Saving (%)	
		Fluorescent	LED	Fluorescent	LED
WOCS	Case 1	1	0.42	-	58%
SCS	Case 2: OCT	0.63	0.33	37%	67%
	Case 3: DCT	0.88	0.34	12%	66%
	Case 4: ALL	0.57	0.29	43%	71%
DCS	Case 5: DCT	-	0.27	-	73%
	Case 6: ALL	-	0.25	-	75%

หมายเหตุ Without Control System (WOCS) Switching Control System (SCS)
Dimming Control System (DCS)

* Energy Consumption in pu on 7,084 Wh/day base



รูปที่ 5.17 ผลการใช้พลังงานในระบบแสงสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ในอาคารบ้านพักอาศัย



รูปที่ 5.18 ผลการใช้พลังงานในระบบแสงสว่างของหลอด LED ในอาคารบ้านพักอาศัย

จึงสรุปได้ว่าจากผลการทดลองในอาคารประเภทบ้านพักอาศัยของหลอดไฟทั้ง 2 ชนิด เมื่อมีการจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างในระบบด้วยการใช้ฟังก์ชันที่นำเสนอ 6 ฟังก์ชัน ทั้งระบบ SCS และ DCS สามารถช่วยจัดพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างได้จริง หรือมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการประหยัดพลังงานในระบบลง

- 2) เปรียบเทียบผลการประหยัดพลังงานในอาคารบ้านพักอาศัยระหว่างระบบที่มีการนำ 6 พลังงานมาเลือกใช้ร่วมกันให้ได้มากที่สุดเป็นระบบเดียวตามวัตถุประสงค์ที่นำเสนอกับระบบที่ใช้เพียงพลังงานเดียว

เมื่อทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานของระบบที่ได้นำเสนอ ซึ่งนำเอา 6 พลังงานที่เหมาะสมให้ทำงานร่วมกันเป็นระบบเดียว (กรณี 4 และ 6) กับระบบที่มีการจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างที่ใช้เพียง 1 พลังงาน (กรณี 2, 3 และ 5) ซึ่งถูกควบคุมด้วยระบบ SCS และ DCS โดยใช้ระบบ WOCS (กรณี 1) ในหลอดฟลูออเรสเซนต์เป็นค่ากำลังไฟฟ้าพื้นฐานของระบบที่ใช้ในแต่ละวัน หรือเทียบเท่ากับ 100% โดยจะมีค่าอยู่ที่ 7,084 Wh/day (Baseline)

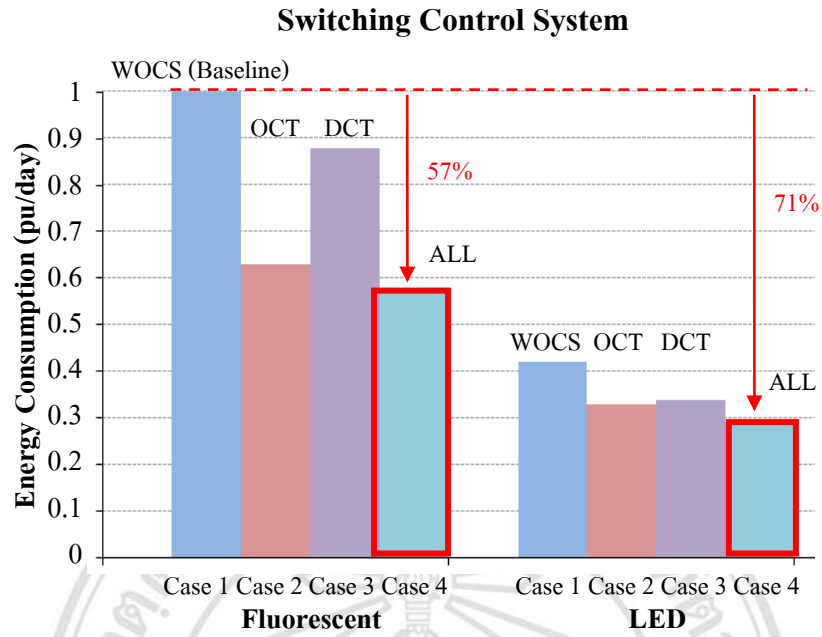
2.1) ระบบ Switching Control

จากรูปที่ 5.19 จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่ากรณีที่ 4 ที่ควบคุมด้วยระบบ SCS ของหลอดทั้ง 2 ชนิดไม่ว่าจะหลอดฟลูออเรสเซนต์ หรือ หลอด LED สามารถประหยัดพลังงานได้มากที่สุด เมื่อเทียบกับกรณีที่ 2 และ 3 ที่ใช้เพียง 1 พลังงาน ซึ่งสามารถประหยัดสูงสุดถึง 57% ในหลอดฟลูออเรสเซนต์ และ 71% ในหลอด LED

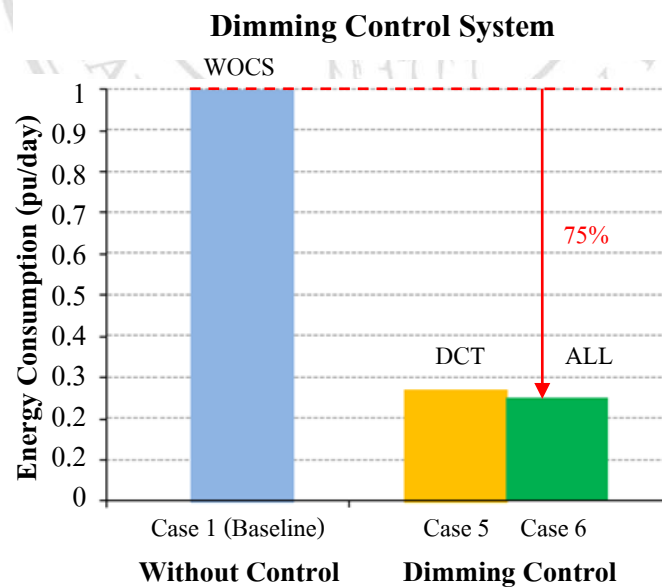
2.2) ระบบ Dimming Control

ในกรณีที่ 6 ของหลอด LED ที่ใช้ระบบ DCS และนำเอา 6 พลังงานที่เหมาะสมให้ทำงานร่วมกันเป็นระบบเดียวสามารถประหยัดพลังงานได้มากกว่ากรณีที่ 4 ที่ใช้เพียงพลังงานเดียวในการจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างเช่นกัน โดยสามารถลดการใช้พลังงานลง 75% ดังแสดงในรูปที่ 5.20

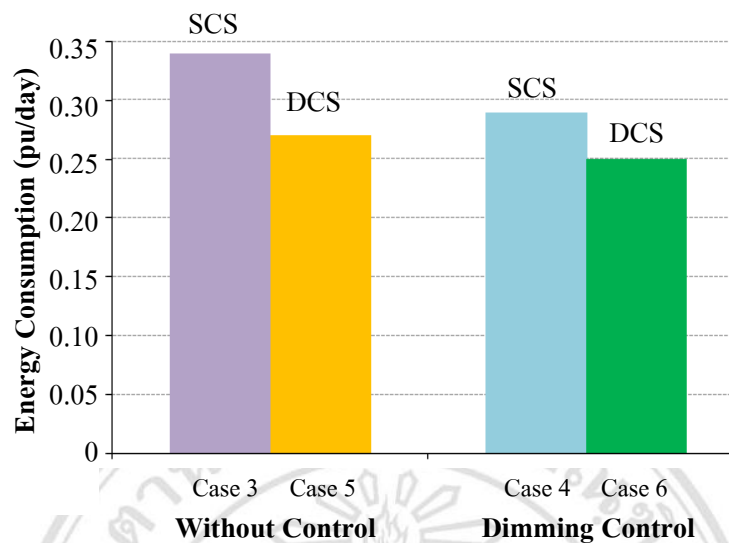
จึงสรุปได้ว่าในอาคารบ้านพักอาศัยเมื่อระบบมีการเลือกใช้พลังงานการทำงานทั้ง 6 พลังงานที่เหมาะสมให้ทำงานร่วมกันเป็นระบบเดียวให้ได้มากที่สุดตามที่ได้นำเสนอ สามารถประหยัดพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลมากที่สุด ทั้งการควบคุมผ่านระบบ SCS และ DCS



รูปที่ 5.19 ผลการใช้พลังงานของระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างที่ไม่สามารถปรับระดับแสงสว่างได้ของหลอดฟลูออเรสเซนต์ และ หลอด LED ในอาคารบ้านพักอาศัย เมื่อเทียบกับกรณีพื้นฐาน (Baseline)



รูปที่ 5.20 ผลการใช้พลังงานของระบบที่สามารถปรับระดับแสงสว่างได้ของหลอด LED ในอาคารบ้านพักอาศัย เมื่อเทียบกับระบบพื้นฐาน (Baseline)



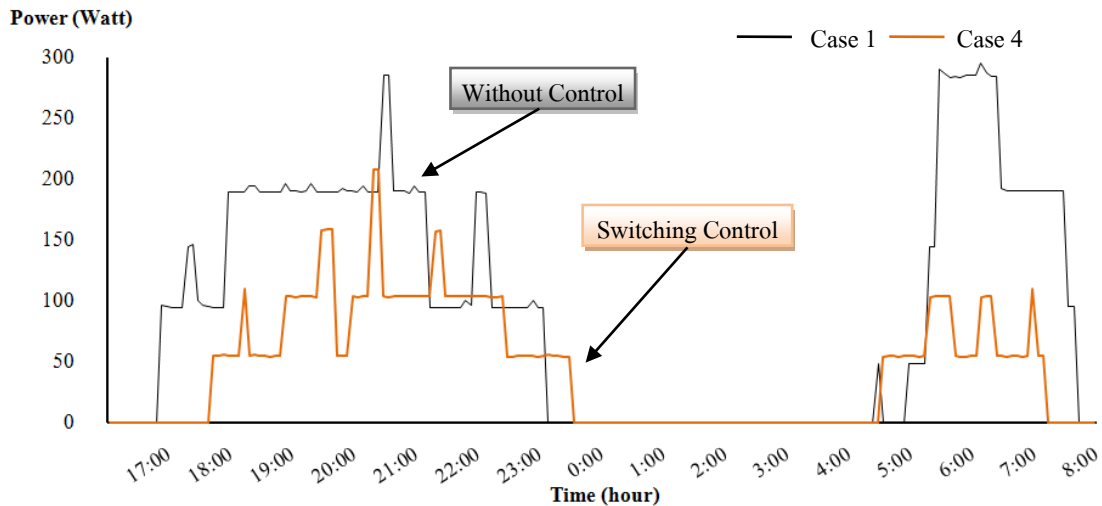
รูปที่ 5.21 ผลการใช้พลังงานของระบบที่มีการใช้ฟังก์ชันการทำงานเหมือนกัน แต่มีการควบคุมในรูปแบบที่ไม่สามารถปรับระดับแสงสว่างและสามารถปรับระดับแสงสว่างได้ของหลอด LED ในอาคารบ้านพักอาศัย

- 3) เปรียบเทียบผลการประหยัดพลังงานระหว่างระบบที่ไม่สามารถปรับระดับแสงสว่างได้กับระบบที่สามารถปรับระดับแสงสว่างได้ในอาคารบ้านพักอาศัย

เมื่อทำการเปรียบเทียบผลการประหยัดพลังงานของหลอด LED ที่มีการเลือกใช้ฟังก์ชันในการประหยัดพลังงานเหมือนกันแต่มีการเพิ่มให้ระบบสามารถปรับระดับแสงสว่างได้ พบว่าในระบบ DCS จะสามารถประหยัดพลังงานได้มากกว่าระบบ SCS โดยกรณีที่ 5 สามารถประหยัดพลังงานเพิ่มขึ้นได้อีก 12% เมื่อเทียบกับกรณีที่ 3 และ กรณีที่ 6 สามารถประหยัดพลังงานเพิ่มได้อีก 16% เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่ 4 ดังแสดงในรูปที่ 5.21

- 4) เปรียบเทียบผลการใช้พลังงานของระบบจากกราฟของโหลดในอาคารบ้านพักอาศัย

ในการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยกราฟโหลดของวัน ในโหลดทั้ง 2 ชนิด ได้แก่ หลอดฟลูออเรสเซนต์และหลอด LED ในช่วงเวลาที่บันทึกผล คือ 16.00 น.-8.00 น. โดยแกน x แสดงค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ในหน่วยวัตต์ (Watt) และแกน y คือ เวลา มีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 5.22 กราฟของโหลดของหลอดฟลูออเรสเซนต์ในอาคารบ้านพักอาศัยที่ไม่มีการจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง และระบบที่มีการนำเอา 6 ฟังก์ชันให้ทำงานร่วมกันเป็นระบบเดียวซึ่งไม่สามารถปรับระดับแสงสว่างได้

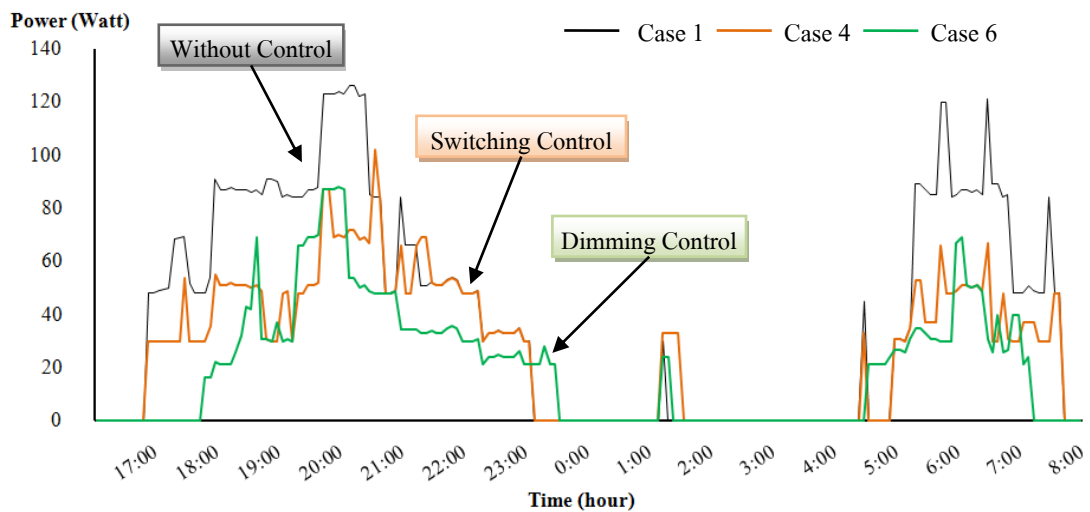
4.1) หลอดฟลูออเรสเซนต์

เมื่อเปรียบเทียบกราฟของโหลดในหลอดฟลูออเรสเซนต์ระหว่างระบบ WOCS กับระบบที่มีการนำเอา 6 ฟังก์ชันให้ทำงานร่วมกันเป็นระบบเดียวด้วยการควบคุมผ่านระบบ SCS จากรูปที่ 5.22 จะเห็นว่ากราฟของกรณีที่ 1 ช่วงเวลาส่วนใหญ่จะมีการใช้กำลังไฟฟ้าที่มากกว่า เนื่องจากเส้นกราฟจะอยู่ในระดับสูงกว่ากรณีที่ 4 ทำให้แสดงให้เห็นได้ชัดเจนว่ากรณีที่ 4 ย่อมมีการใช้พลังงานน้อยกว่า เนื่องจากพื้นที่ใต้กราฟที่มีสัดส่วนน้อยกว่า

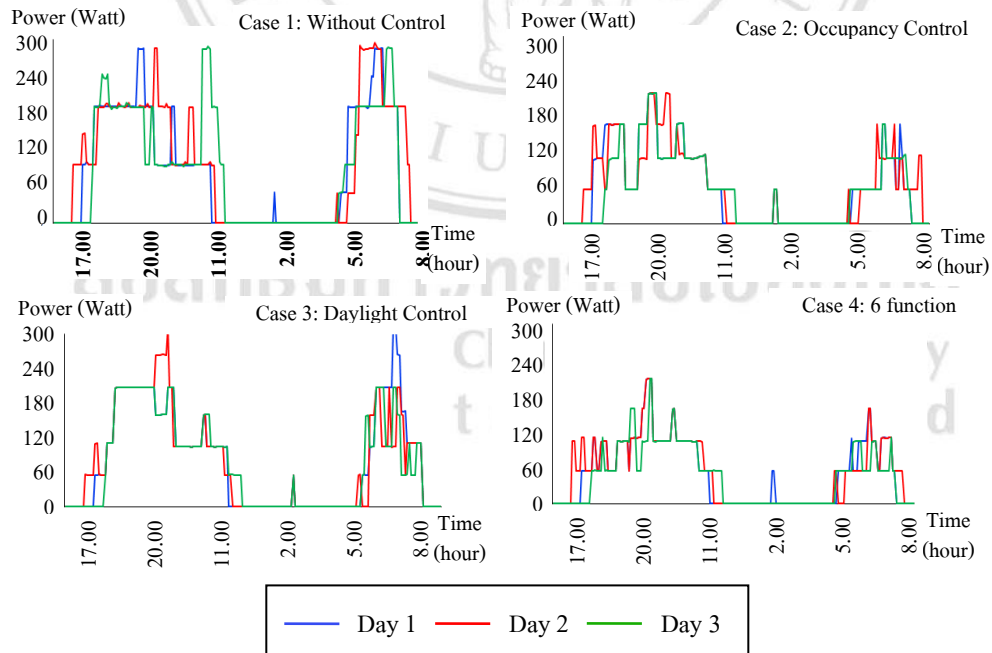
4.2) หลอด LED

ในส่วนของหลอด LED จากรูปที่ 5.23 แสดงการเปรียบเทียบกราฟโหลดของหลอด LED ระหว่าง 3 ระบบ ได้แก่ ระบบ WOCS และระบบที่มีการนำเอา 6 ฟังก์ชันให้ทำงานร่วมกันเป็นระบบเดียวที่ควบคุมด้วยระบบ SCS (กรณีที่ 4) และระบบ DCS (กรณีที่ 6) จะเห็นว่ากราฟของกรณีที่ 1 และกรณีที่ 4 จะคล้ายกับ หลอดฟลูออเรสเซนต์ด้วยเหตุผลเดียวกัน ส่วนในกรณีที่ 6 เส้นกราฟการใช้กำลังไฟฟ้าบางช่วงจะอยู่ในระดับต่ำกว่ากรณีที่ 1 และ 4 เนื่องจากมีการปรับระดับปริมาณแสงสว่างลง จึงส่งผลให้หลอดไฟ

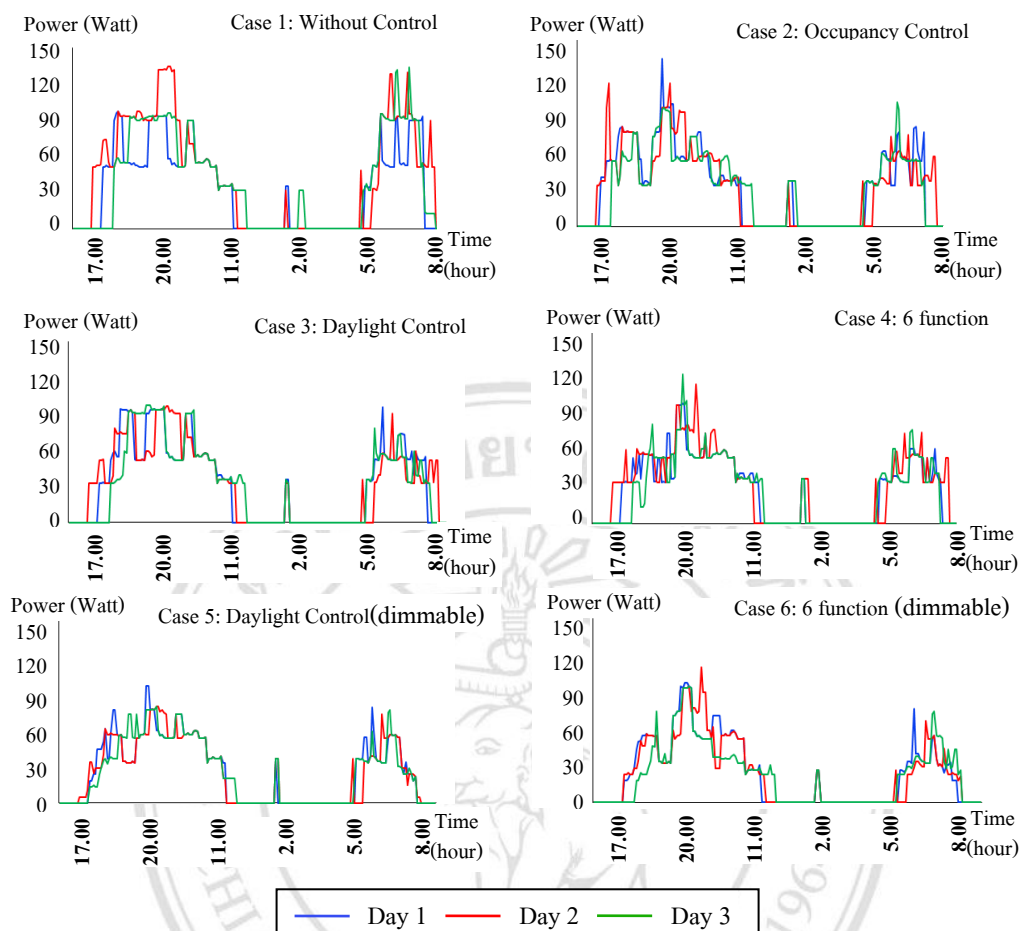
ลดการใช้กำลังไฟฟ้าลงไปด้วย ทำให้สัดส่วนพื้นที่ได้กราฟของกรณีที่ 6
 จิน้อยที่สุด นั่นคือ สามารถประหยัดพลังงานได้มากที่สุด



รูปที่ 5.23 กราฟโหลดของหลอด LED ในอาคารบ้านพักอาศัยที่ไม่มีการจัดการพลังงานไฟฟ้า
 แสงสว่าง และระบบที่มีการนำเอา 6 ฟังก์ชันให้ทำงานร่วมกันเป็นระบบเดียวทั้ง
 ระบบที่ไม่สามารถปรับระดับแสงสว่างได้และสามารถปรับระดับแสงสว่างได้



รูปที่ 5.24 กราฟโหลดของหลอดฟลูออเรสเซนต์แต่ละกรณีศึกษาที่ทำการทดลองกรณีละ 3 วัน
 ในบ้านพักอาศัย



รูปที่ 5.25 กราฟโหลดของหลอด LED แต่ละกรณีศึกษาที่ทำการทดลองกรณีละ 3 วัน
ในบ้านพักอาศัย

ในการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยกราฟโหลดในแต่ละกรณีศึกษาของหลอดทั้งสองชนิด จากรูปที่ 5.24 และ 5.25 จะเห็นว่าในอาคารบ้านพักอาศัย ลักษณะเส้นกราฟของแต่ละกรณีค่อนข้างคล้ายกัน นอกจากนั้นกิจกรรมของผู้ใช้จะเป็นในช่วงเวลาเย็นจนถึงเช้า ซึ่งช่วงเวลากลางคืนระบบจัดการพลังงานจะไม่มีประโยชน์มากนัก โดยเฉพาะฟังก์ชัน DCT ที่กราฟโหลดคล้ายกับระบบที่ไม่มี การจัดการพลังงานเป็นอย่างมาก ทำให้เห็นได้ว่าบ้านพักอาศัยที่มีขนาดเล็กหรือ ผู้ใช้ไม่ค่อยได้มีกิจกรรมภายในบ้านมากนัก อาจไม่จำเป็นต้องติดตั้งระบบ แต่อย่างไรก็ตามในอีกมุมมองหนึ่งการใช้ระบบจัดการพลังงานในหลายบ้านเรือนก็ จะทำให้การประหยัดพลังงานเพิ่มขึ้น นอกจากนั้นระบบส่วนใหญ่จะอำนวยความสะดวกต่อผู้ใช้ก็ยังยังทำให้ดูล้ำสมัย ซึ่งอยู่ที่ความพึงพอใจของผู้ใช้ในการ ติดตั้งระบบเป็นสำคัญที่สุด

5) วิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าจากผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้าทางเศรษฐศาสตร์ในอาคารบ้านพักอาศัย

จากการทดลองทั้ง 6 กรณีศึกษาเมื่อนำมาวิเคราะห์ถึงผลการประหยัดพลังงานแล้วพบว่าวิธีการนำฟังก์ชันให้ทำงานร่วมกันให้ได้มากที่สุดอย่างเหมาะสมที่ได้นำเสนอมานั้น สามารถช่วยลดการใช้พลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีประสิทธิผลมากขึ้นกว่าการใช้เพียงฟังก์ชันเดียวเท่านั้นทั้งในการควบคุมด้วยระบบ SCS และ DCS

โดยในหลอดชนิดฟลูออเรสเซนต์ที่ใช้หลากหลายฟังก์ชันควบคุมด้วยระบบ SCS สามารถช่วยประหยัดค่าใช้ไฟฟ้าได้มากที่สุดถึง 43% ต่อเดือน นอกจากนั้นในหลอดไฟชนิดหลอด LED ที่ใช้ระบบ SCS ควบคุมด้วยวิธีการใช้หลากหลายฟังก์ชันที่เหมาะสมให้ทำงานร่วมกันเป็นระบบเดียว สามารถช่วยประหยัดค่าไฟฟ้าลงได้ถึง 71% ต่อเดือน และระบบ DCS สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายลงได้มากขึ้นที่ 75% ต่อเดือน ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 5.11 และ 5.12

เมื่อมองในทางเศรษฐศาสตร์จึงสรุปได้ว่ากรณีที่ 4 ของหลอดไฟทั้ง 2 ชนิดในระบบ SCS ที่มีการใช้งานหลากหลายฟังก์ชันร่วมกันทำงานสามารถช่วยลดค่าใช้ไฟฟ้าลงได้มากที่สุด และจากผลการทดลองของหลอด LED เมื่อระบบมีการปรับระดับแสงสว่างได้ก็จะช่วยประหยัดค่าใช้ไฟฟ้าลงได้อีก (จากการเปรียบเทียบผลของกรณีที่ 3 กับ 5 และ 4 กับ 6)

เมื่อมองถึงการคืนทุนจะเห็นว่าต้นทุนการติดตั้งระบบของบ้านพักอาศัยจะมากกว่า เนื่องจากกิจกรรมที่ใช้ในบ้านไม่สามารถกำหนดได้แน่นอนและลักษณะโครงสร้างบ้านจะซับซ้อนกว่าอาคารพาณิชย์ ทำให้ต้องติดตั้งเซนเซอร์มากขึ้น นอกจากนั้นเมื่อพิจารณาการคืนทุนจะใช้เวลาน้อยกว่าในอาคารพาณิชย์เนื่องจากบ้านพักอาศัยมีการใช้ไฟฟ้าทุกวันใน 1 เดือนทำให้ระบบที่มีการจัดการพลังงานจะสามารถช่วยประหยัดค่าใช้ไฟฟ้าได้มากกว่า ทำให้ระยะเวลาคืนทุนจึงไม่นานนัก

แต่ถึงอย่างไรก็ตามการติดตั้งระบบขึ้นกับความพึงพอใจของผู้ใช้ เนื่องจากบ้านพักอาศัยผู้ใช้อาจต้องการความสะดวกสบายและความน่าสมัยเป็นสำคัญ

ระบบนี้จึงตอบสนองความต้องการได้เป็นอย่างมาก ซึ่งสองปัจจัยนี้เป็นสิ่งที่ทำให้
ต้นทุนการติดตั้งระบบเพิ่มขึ้น

แต่อย่างไรก็ตามระยะเวลาคืนทุนในการทดลองนี้ค่อนข้างยาวนาน เนื่องจากมี
การทดลองใช้เพียงบางส่วนของบ้านเท่านั้น ถ้าระบบมีการนำไปใช้กับห้อง
ภายในบ้านที่มากขึ้นจะทำให้สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้มากขึ้น และจะส่งผล
ให้ระยะเวลาคืนทุนลดลงถึงแม้จะต้องทำการติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มก็ตาม แต่ค่าใช้จ่าย
ในการลงทุนจะเพิ่มแค่เพียงเล็กน้อย เนื่องจากค่าใช้จ่ายหลักในการลงทุนจะอยู่ที่
ชุดควบคุมหลักซึ่งระบบมีการใช้งานร่วมกัน



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 5.11 การวิเคราะห์การใช้พลังงานในเชิงเศรษฐศาสตร์ของหลอดฟลูออเรสเซนต์ในอาคาร
บ้านพักอาศัย

Description		Fluorescent (Residential)			
		WOCS	SCS		
		Case 1 Baseline	Case 2 (OCT)	Case 3 (DCT)	Case 4 (ALL)
Number of lamp		6			
Power of lamp and ballast (Watt)		46			
Time of used		16.00 - 8.00			
Day of used per week		Monday - Sunday			
Tariff (Baht/Unit)		3.5			
Average energy (Wh/day)		7,084	4,479	6,218	4,019
Energy saving (Wh/day)*		-	2,605	866	3,065
Average unit per month (kWh/month)		213	134	187	121
Cost in lighting system per month (Baht/month)		744	470	653	422
Saving money per month*	Baht/month	-	274	91	322
	%	-	37%	12%	43%
Investment cost (Baht)		0	1,260	1,450	3,210
Saving money per year (Bath/year)		-	3,282	1,091	3,862
Payback period (years)*		-	0.4	1.3	0.8

หมายเหตุ * เป็นการเปรียบเทียบกับระบบที่ไม่มีการจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างหรือกรณีที่ 1

ตารางที่ 5.12 การวิเคราะห์การใช้พลังงานในเชิงเศรษฐศาสตร์ของหลอด LED ในอาคารบ้านพักอาศัย

Description		Baseline*	LED (Residential)					
			WOCS	SCS			DCS	
				Case 1	Case 2 (OCT)	Case 4 (DCT)	Case 5 (ALL)	Case 6 (DCT)
Number of lamp		6	6					
Power of lamp and ballast (Watt)		46	14					
Time of used		16.00 - 8.00						
Day of used per week		Monday - Sunday						
Tariff (Baht/Unit)		3.5						
Average energy (Wh/day)		7,084	2,945	2,344	2,429	2,087	1,892	1,755
Energy saving (Wh/day)*		-	-	601	516	858	1,053	1,190
Average unit per month (kWh/month)		213	88	70	73	63	57	53
Cost in lighting system per month (Baht/month)		744	309	246	255	219	199	184
Saving money per month*	Baht/month	-	435	498	489	525	545	560
	%	-	58%	67%	66%	71%	73%	75%
Investment cost (Baht)		0	1,800	3,060	3,250	5,010	3,250	5,010
Saving money per year (Bath/year)		-	5,215	5,972	5,865	6,296	6,542	6,715
Payback period (years)*		-	0.3	0.5	0.6	0.8	0.5	0.7

หมายเหตุ * เป็นการเปรียบเทียบกับระบบพื้นฐาน (กรณีที่ 1 ที่ไม่มีการจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์)

5.3 ผลการสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง

หลังจากการทดสอบใช้งานระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างในอาคารพาณิชย์ 7 กรณีศึกษา และบ้านพักอาศัย 6 กรณีศึกษา โดยทดลองกรณีศึกษาละ 3 วัน นอกจากนั้นได้ทำการทดสอบกับหลอดไฟทั้งสองชนิด คือ หลอดฟลูออเรสเซนต์ที่มีการควบคุมแบบ Switching Control และหลอด LED ที่มีการควบคุมทั้งแบบ Switching Control และ Dimming Control จากนั้นได้มีการสำรวจความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อการใช้งานของระบบในแต่ละกรณีศึกษา ในแบบสอบถามจะแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ข้อมูลผู้กรอกแบบสอบถามและความพึงพอใจของผู้ใช้บริการที่มีต่อระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง

ในผลการสำรวจจะมาจากผู้ใช้งานในอาคารพาณิชย์ 77% และบ้านพักอาศัย 23% โดยคิดเป็นเพศชาย 57% และเพศหญิง 43% ซึ่งมีผลการสำรวจความพึงพอใจของระบบในแต่ละกรณีศึกษาดังแสดงในตารางที่ 5.13 และ 5.14

ตารางที่ 5.13 ความแตกต่างระหว่างการใช้งานหลอดฟลูออเรสเซนต์และหลอด LED

รายการ	ไม่แตกต่าง	แตกต่าง
ความแตกต่างระหว่างการใช้งานหลอดฟลูออเรสเซนต์และหลอด LED	85%	15%

ตารางที่ 5.14 ผลการสำรวจความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อการติดตั้งระบบในแต่ละกรณีศึกษา

รายการ	ระดับความพึงพอใจ		
	มากที่สุด	ปานกลาง	น้อยที่สุด
1. ระบบที่มีการใช้งานเพียงฟังก์ชัน Occupancy Control			
1.1 ประสิทธิภาพการทำงานของระบบ	77%	23%	-
1.2 ผลกระทบต่อการทำงาน (ระบบส่งผลทำให้ผู้ใช้มีประสิทธิภาพการทำงานลดลง)	-	23%	77%
1.3 ระบบใช้งานง่าย	92%	8%	-
1.4 มีความทันสมัย	23%	77%	-
1.5 ผลการประหยัดพลังงาน	77%	23%	-
1.6 ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งระบบ	15%	77%	8%

รายการ	ระดับความพึงพอใจ		
	มากที่สุด	ปานกลาง	น้อยที่สุด
2. ระบบที่มีการใช้งานเพียงฟังก์ชัน Time Scheduling			
1.1 ประสิทธิภาพการทำงานของระบบ	70%	30%	-
1.2 ผลกระทบต่อการทำงาน (ระบบส่งผลทำให้ผู้ใช้มีประสิทธิภาพการทำงานลดลง)	-	-	100%
1.3 ระบบใช้งานง่าย	70%	10%	20%
1.4 มีความทันสมัย	90%	10%	-
1.5 ผลการประหยัดพลังงาน	80%	20%	-
1.6 ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งระบบ	60%	10%	30%
3. ระบบที่มีการใช้งานเพียงฟังก์ชัน Daylight Control			
1.1 ประสิทธิภาพการทำงานของระบบ	62%	31%	8%
1.2 ผลกระทบต่อการทำงาน (ระบบส่งผลทำให้ผู้ใช้มีประสิทธิภาพการทำงานลดลง)	8%	15%	77%
1.3 ระบบใช้งานง่าย	69%	31%	-
1.4 มีความทันสมัย	46%	54%	-
1.5 ผลการประหยัดพลังงาน	54%	46%	-
1.6 ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งระบบ	46%	38%	15%
4. ระบบที่มีการใช้ทุกฟังก์ชันที่เหมาะสมร่วมกันเป็นระบบเดียว			
1.1 ประสิทธิภาพการทำงานของระบบ	85%	15%	-
1.2 ผลกระทบต่อการทำงาน (ระบบส่งผลทำให้ผู้ใช้มีประสิทธิภาพการทำงานลดลง)	-	15%	85%
1.3 ระบบใช้งานง่าย	54%	38%	8%
1.4 มีความทันสมัย	92%	8%	-
1.5 ผลการประหยัดพลังงาน	85%	15%	-
1.6 ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งระบบ	62%	31%	8%

รายการ	ระดับความพึงพอใจ		
	มากที่สุด	ปานกลาง	น้อยที่สุด
5. ระบบที่มีการใช้งานเพียงฟังก์ชัน Daylight Control (สามารถปรับระดับแสงสว่างได้)			
5.1 ประสิทธิภาพการทำงานของระบบ	62%	38%	-
5.2 ผลกระทบต่อการทำงาน (ระบบส่งผลทำให้ผู้ใช้มีประสิทธิภาพการทำงานลดลง)	-	31%	69%
5.3 ระบบใช้งานง่าย	62%	38%	-
5.4 มีความทันสมัย	46%	54%	-
5.5 ผลการประหยัดพลังงาน	62%	38%	-
5.6 ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งระบบ	46%	38%	15%
6. ระบบที่มีการใช้ทุกฟังก์ชันที่เหมาะสมร่วมกันเป็นระบบเดียว (สามารถปรับระดับแสงสว่างได้)			
6.1 ประสิทธิภาพการทำงานของระบบ	92%	8%	-
6.2 ผลกระทบต่อการทำงาน (ระบบส่งผลทำให้ผู้ใช้มีประสิทธิภาพการทำงานลดลง)	-	15%	85%
6.3 ระบบใช้งานง่าย	69%	31%	-
6.4 มีความทันสมัย	100%	-	-
6.5 ผลการประหยัดพลังงาน	92%	8%	-
6.6 ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งระบบ	62%	38%	-

ดังนั้นจะเห็นได้ว่าจากผลการตอบแบบสอบถามความพึงพอใจพบว่า ผู้ใช้มีความพึงพอใจในทุกฟังก์ชันการทำงานในด้านประสิทธิภาพการทำงานของระบบ ระบบใช้งานง่าย มีความทันสมัย ผลการประหยัดพลังงาน ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งระบบ และระบบไม่ส่งผลทำให้ผู้ใช้มีประสิทธิภาพการทำงานลดลง

นอกจากนั้นในแต่ละกรณีศึกษาสามารถสรุปความพึงพอใจของระบบในแต่ละกรณีได้ดังแสดงในตารางที่ 5.13 และ 5.14

ตารางที่ 5.15 สรุปผลการสำรวจความพึงพอใจในแต่ละกรณีศึกษา

ฟังก์ชันที่ใช้ในระบบ	มากที่สุด	ปานกลาง	น้อยที่สุด
	พึงพอใจ		ไม่พึงพอใจ
1. Occupancy Control	86%		14%
2. Time Scheduling	83%		17%
3. Daylight Control	83%		17%
4. 6 ฟังก์ชันทำงานร่วมกันเป็นระบบเดียว	83%		17%
5. Daylight Control (สามารถปรับระดับแสงสว่างได้)	86%		14%
6. 6 ฟังก์ชันทำงานร่วมกันเป็นระบบเดียว (สามารถปรับระดับแสงสว่างได้)	86%		14%

จากตารางที่ 5.15 จะเห็นว่าผู้ใช้พึงพอใจในระบบที่ใช้เพียงฟังก์ชัน Occupancy control, Daylight Control (สามารถปรับระดับแสงสว่างได้) และฟังก์ชันทำงานร่วมกันเป็นระบบเดียว (สามารถปรับระดับแสงสว่างได้) คิดเป็น 86% ซึ่งมากกว่าระบบที่ใช้เพียงฟังก์ชัน Time Scheduling, Daylight Control และ 6 ฟังก์ชันทำงานร่วมกันเป็นระบบเดียวที่ไม่สามารถปรับระดับแสงสว่างได้คิดเป็น 83%

นอกจากนั้นผู้ใช้อยังมีข้อเสนอแนะเพิ่มเติมดังนี้

1. ระบบไม่มีผลต่อการทำงาน เพียงแต่รู้สึกแปลกในช่วงแรกกับการที่หลอดไฟมีการปิดไฟลงเอง
2. ทำให้คุ้นเคยมากขึ้นเข้ากับยุคสมัยปัจจุบัน
3. ผู้ใช้ไม่เคยใส่ใจเรื่องการปิดไฟมาก่อน เมื่อมีระบบนี้ก็ทำให้รู้สึกเป็นประโยชน์มาก
4. ทำให้รู้สึกอยากลดการใช้พลังงานลงมากขึ้น
5. ราคาการลงทุนอาจสูงแต่ก็เหมาะสมกับอุปกรณ์ที่นำสมัย