

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ง
บทคัดย่อภาษาไทย	จ
ABSTRACT	ฉ
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญภาพ	ฎ
รายการอักษรย่อ/สัญลักษณ์/อภิธานศัพท์	ต
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของการศึกษา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	5
1.3 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
1.4 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	10
1.5 ขอบเขตของการวิจัย	11
1.6 ระเบียบวิธีการวิจัย	11
1.7 แผนดำเนินการ	13
1.8 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย เชิงทฤษฎี และ/หรือเชิงประยุกต์	13
บทที่ 2 การจัดการพลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง	14
2.1 ระบบแสงสว่าง	14
2.2 การจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง	22
2.3 การวัดการใช้พลังงาน	23
2.4 การจัดการพลังงานไฟฟ้า	28

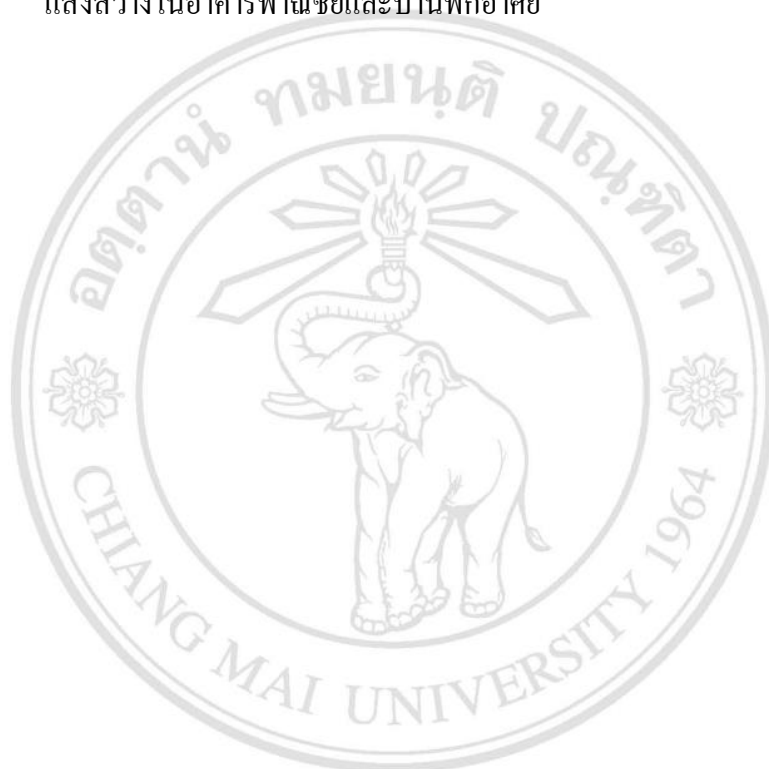
บทที่ 3 การออกแบบระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง	41
3.1 ฟังก์ชันหลักในการจัดการพลังงานที่ใช้ในระบบแสงสว่าง	41
3.2 ประเภทของอาคาร	55
3.3 ระบบควบคุมแสงสว่าง	56
3.4 โครงสร้างหรือส่วนประกอบของระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง	58
3.5 การพัฒนาระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างจาก 6 ฟังก์ชันการทำงาน	60
3.6 การออกแบบการทำงานของระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง จาก 6 ฟังก์ชันการทำงาน	67
บทที่ 4 การพัฒนาและสร้างระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง	69
4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการพัฒนาและสร้างระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง	69
4.2 โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการควบคุมระบบ	79
4.3 การพัฒนาและสร้างระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง	83
4.4 การพัฒนาและสร้างฟังก์ชันการทำงาน	104
บทที่ 5 วิธีดำเนินการทดลองและผลการทดลอง	111
5.1 ประเภทอาคารพาณิชย์	113
5.2 ประเภทบ้านพักอาศัย	132
5.3 ผลการสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อระบบจัดการพลังงานไฟฟ้า แสงสว่าง	151
บทที่ 6 บทนำ	155
6.1 สรุปผลการวิจัย	155
6.2 ข้อเสนอแนะ	160
เอกสารอ้างอิง	160
รายการสิ่งพิมพ์เผยแพร่	164

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก รายละเอียดประกอบการคำนวณด้วยวิธีลูเมนต์	165
ภาคผนวก ข รายละเอียดของอุปกรณ์	175
ภาคผนวก ค Wiring diagram	183
ภาคผนวก ง แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบจัดการพลังงานไฟฟ้า แสงสว่างในอาคารพาณิชย์และบ้านพักอาศัย	185

ประวัติผู้เขียน

198



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ค่าความส่องสว่างสำหรับพื้นที่และกิจกรรมต่าง ๆ ภายในอาคาร	19
ตารางที่ 2.2 ปริมาณที่สำคัญในการวัด สัญลักษณ์ และหน่วยที่ใช้ทางไฟฟ้า	24
ตารางที่ 5.1 รายละเอียดการทดลองในประเภทอาคารพาณิชย์	115
ตารางที่ 5.2 ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งระบบของแต่ละกรณีศึกษาในอาคารพาณิชย์	116
ตารางที่ 5.3 ผลการใช้พลังงานเฉลี่ยของวันในแต่ละกรณีศึกษาในอาคารพาณิชย์	118
ตารางที่ 5.4 ผลการประหยัดพลังงานของกรณีศึกษาที่ 2-7 เมื่อเทียบกับกรณีพื้นฐาน ในอาคารพาณิชย์	119
ตารางที่ 5.5 การวิเคราะห์การใช้พลังงานในเชิงเศรษฐศาสตร์ของหลอดฟลูออเรสเซนต์ ในอาคารพาณิชย์	129
ตารางที่ 5.6 การวิเคราะห์การใช้พลังงานในเชิงเศรษฐศาสตร์ของหลอด LED ในอาคารพาณิชย์	130
ตารางที่ 5.7 รายละเอียดการทดลองในอาคารบ้านพักอาศัย	135
ตารางที่ 5.8 ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งระบบของแต่ละกรณีศึกษาในอาคารบ้านพักอาศัย	136
ตารางที่ 5.9 ผลการใช้พลังงานเฉลี่ยของวันในแต่ละกรณีศึกษาในอาคารบ้านพักอาศัย	139
ตารางที่ 5.10 ผลการประหยัดพลังงานของกรณีศึกษาที่ 2-6 เมื่อเทียบกับกรณีพื้นฐาน ในอาคารบ้านพักอาศัย	139
ตารางที่ 5.11 การวิเคราะห์การใช้พลังงานในเชิงเศรษฐศาสตร์ของหลอดฟลูออเรสเซนต์ ในอาคารบ้านพักอาศัย	149
ตารางที่ 5.12 การวิเคราะห์การใช้พลังงานในเชิงเศรษฐศาสตร์ของหลอด LED ในอาคาร บ้านพักอาศัย	150
ตารางที่ 5.13 ความแตกต่างระหว่างการใช้งานหลอดฟลูออเรสเซนต์และหลอด LED	149
ตารางที่ 5.14 ผลการสำรวจความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อการติดตั้งระบบในแต่ละกรณีศึกษา	150
ตารางที่ 5.15 สรุปผลการสำรวจความพึงพอใจในแต่ละกรณีศึกษา	154

ตารางที่ 6.1	รายละเอียดอุปกรณ์หลักที่มีหน้าที่ควบคุมการทำงานของแต่ละฟังก์ชัน และ ข้อดี/ข้อเสียของแต่ละฟังก์ชัน	159
ตารางที่ ก.1	ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของอาคาร	166
ตารางที่ ก.2	ตารางแสดงค่าประสิทธิภาพการสะท้อน	167
ตารางที่ ก.3	ตารางแสดงค่าสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ของดวงโคมชนิดต่างๆ (CU) โดยวิธี Zonal Cavity Method	169
ตารางที่ ก.4	รายละเอียดประเภทของโคมแต่ละชนิด	172



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญภาพ

	หน้า
รูปที่ 1.1	สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบต่าง ๆ ของอาคาร 2
รูปที่ 1.2	ความต้องการใช้ไฟฟ้า ในกรุงเทพมหานคร วันที่ 28 มีนาคม 2558 ระหว่างเวลา 20.30-21.30 น. 3
รูปที่ 1.3	ฟังก์ชันการทำงานของระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง 5
รูปที่ 2.1	ตำแหน่งเซ็นเซอร์ที่ขึ้นสเกลหน้าปิดเครื่องวัดแบบเชิงเส้น 25
รูปที่ 2.2	จอแสดงผลของมิเตอร์วัดค่าอาร์มิเตอร์ 27
รูปที่ 2.3	รายละเอียดข้อมูลของโหลดไฟ 29
รูปที่ 2.4	ค่าปริมาณดับบนกราฟการโหลด 31
รูปที่ 2.5	ค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดบนกราฟของโหลดที่เกิดขึ้น ในช่วงเวลา 8.15 น.-8.30 น. 31
รูปที่ 2.6	กราฟของโหลดของอาคารแต่ละประเภทในเวลา 1 วัน 34
รูปที่ 2.7	ค่าต่าง ๆ บนกราฟของโหลดที่ใช้ประจำวัน 35
รูปที่ 2.8	กราฟโหลดเมื่อมีการปรับการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟ้อัตราปกติในเวลา 1 วัน 39
รูปที่ 2.9	กราฟโหลดการใช้ไฟฟ้าที่เหมาะสมของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทอัตรา TOU 39
รูปที่ 2.10	กราฟโหลดการใช้ไฟฟ้าที่เหมาะสมของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทอัตรา TOD 40
รูปที่ 3.1	ขั้นตอนการควบคุมด้วยฟังก์ชันการตรวจจับการเคลื่อนไหว 43
รูปที่ 3.2	วิธีควบคุมการใช้พลังงานแสงสว่างจากการตรวจจับการเคลื่อนไหวเป็นจุด ๆ 43
รูปที่ 3.3	ขั้นตอนการควบคุมด้วยฟังก์ชันการควบคุมการเปิด/ปิดไฟอย่างอัตโนมัติ ตามตารางเวลาทำงานที่กำหนดไว้ 44
รูปที่ 3.4	การออกแบบพื้นที่การใช้งานออกเป็นสามบริเวณตามระยะห่างจากหน้าต่าง 45
รูปที่ 3.5	ขั้นตอนการควบคุมด้วยฟังก์ชันการควบคุมแสงสว่างด้วยการใช้ประโยชน์ จากแสงสว่างภายนอกกรณีจากระบบไม่สามารถปรับระดับแสงสว่างได้ 47
รูปที่ 3.6	ขั้นตอนการควบคุมด้วยฟังก์ชันการควบคุมแสงสว่างด้วยการใช้ประโยชน์ จากแสงสว่างภายนอกกรณีจากระบบไม่สามารถปรับระดับแสงสว่างได้ 48

รูปที่ 3.7	การออกแบบพื้นที่การใช้งานออกเป็นสามบริเวณตามการใช้งาน	49
รูปที่ 3.8	ขั้นตอนการทำงานในส่วนการควบคุมการใช้พลังงานโดยรวมทั้งระบบ จากปริมาณค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดรูปแบบที่ 1	51
รูปที่ 3.9	ขั้นตอนการทำงานในส่วนการควบคุมการใช้พลังงานโดยรวมทั้งระบบ จากปริมาณค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดรูปแบบ $\bar{P}_{24hr}$ ที่ 2	53
รูปที่ 3.10	โครงสร้างระบบความคุมแสงสว่าง	56
รูปที่ 3.11	ขั้นตอนที่ 1 ในการพิจารณาเลือกฟังก์ชันการทำงาน	61
รูปที่ 3.12	ขั้นตอนที่ 2 ในการพิจารณาเลือกฟังก์ชันการทำงาน	62
รูปที่ 3.13	ขั้นตอนที่ 3 ในการพิจารณาเลือกฟังก์ชันการทำงาน	63
รูปที่ 3.14	ขั้นตอนที่ 4 ในการพิจารณาเลือกฟังก์ชันการทำงาน	64
รูปที่ 3.15	ลำดับความสำคัญในการทำงานของแต่ละฟังก์ชันการทำงาน	65
รูปที่ 3.16	ขั้นตอนสุดท้ายของการวิเคราะห์และออกแบบระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง	66
รูปที่ 3.17	การทำงานของระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างด้วยการทำงานร่วมกัน ของ 6 ฟังก์ชัน	68
รูปที่ 4.1	หลอดไฟชนิดหลอดฟลูออเรสเซนต์	70
รูปที่ 4.2	หลอดไฟชนิดหลอด LED	70
รูปที่ 4.3	บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Atmega 328 รุ่น UNO	70
รูปที่ 4.4	บอร์ดคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก (Raspberry Pi)	72
รูปที่ 4.5	จอแบบสัมผัส รุ่น TFT	72
รูปที่ 4.6	แหล่งจ่ายไฟให้ Raspberry Pi	72
รูปที่ 4.7	เซนเซอร์วัดความเข้มแสงค่า	73
รูปที่ 4.8	เซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว	73
รูปที่ 4.9	มิเตอร์วัดพลังงาน	74
รูปที่ 4.10	USB to RS-485 Converter	74
รูปที่ 4.11	แหล่งจ่ายไฟให้ไมโครคอนโทรลเลอร์	75
รูปที่ 4.12	รีเลย์ 5 โวลต์	75
รูปที่ 4.13	ทรานซิสเตอร์ ชนิด NPN เบอร์ BC54	75
รูปที่ 4.14	วงจรเปิด/ปิดหลอดไฟ	76
รูปที่ 4.15	สวิตช์ซึ่งเพาเวอร์สวอปหลาย	76

รูปที่ 4.16 บอร์ดเรกูเลเตอร์แบบลดแรงดัน	77
รูปที่ 4.17 USB Hub	77
รูปที่ 4.18 รีเลย์ 12 โวลต์	78
รูปที่ 4.19 MOSFET เบอร์ IRL 540 พร้อมแผ่นระบายความร้อน	78
รูปที่ 4.20 วงจรควบคุมการเปิด/ปิดและปรับหรี่แสงสว่าง	78
รูปที่ 4.21 โปรแกรม ArduinoIDE	79
รูปที่ 4.22 โปรแกรม phpMyAdmin	81
รูปที่ 4.23 โปรแกรม Gambas	82
รูปที่ 4.24 โปรแกรม AppServ	82
รูปที่ 4.25 โครงสร้างระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง	84
รูปที่ 4.26 โครงสร้างส่วนประกอบกล่องควบคุมระบบผ่านหน้าจอแบบสัมผัส	85
รูปที่ 4.27 หลักการทำงานของกล่องควบคุมระบบผ่านหน้าจอแบบสัมผัส	85
รูปที่ 4.28 โครงสร้างส่วนประกอบกล่องควบคุมการเปิด/ปิดไฟ	87
รูปที่ 4.29 หลักการทำงานของกล่องควบคุมการเปิด/ปิดไฟ	87
รูปที่ 4.30 โครงสร้างส่วนประกอบกล่องควบคุมการเปิด/ปิด และปรับหรี่หลอดไฟ	88
รูปที่ 4.31 หลักการทำงานของกล่องควบคุมการเปิด/ปิดและปรับหรี่หลอดไฟ	89
รูปที่ 4.32 โครงสร้างการพัฒนาด้าน Software	91
รูปที่ 4.33 ฐานข้อมูลที่ใช้เก็บตารางข้อมูล	93
รูปที่ 4.34 ตารางที่ใช้เก็บข้อมูลคำสั่งเปิด/ปิดหลอดไฟจากผู้ใช้ผ่านทางหน้า Webpage	95
รูปที่ 4.35 ตารางที่ใช้เก็บข้อมูลคำสั่งเปิด/ปิดหลอดไฟตามตารางเวลา	95
รูปที่ 4.36 ตารางที่ใช้เก็บข้อมูลสมาชิก	95
รูปที่ 4.37 ตารางที่ใช้เก็บข้อมูล แรงดัน กระแส และ กำลังไฟฟ้า	95
รูปที่ 4.38 การทำงานเมื่อมีการสั่งการผ่านทางหน้า Webpage	96
รูปที่ 4.39 หลักการทำงานของซอฟต์แวร์ของระบบ	97
รูปที่ 4.40 โครงสร้างการออกแบบโปรแกรมจัดการพลังงานในระบบแสงสว่าง	98
รูปที่ 4.41 ส่วนโปรแกรมที่ใช้ควบคุมการเปิด/ปิดระบบแสงสว่างผ่านหน้าจอแบบสัมผัส	99
รูปที่ 4.42 ส่วนโปรแกรมที่ใช้ควบคุมการเปิด/ปิดและปรับหรี่ระบบแสงสว่างผ่านหน้าจอแบบสัมผัส	99
รูปที่ 4.43 ส่วนโปรแกรมที่ใช้แจ้งเตือนให้ผู้ใช้ลดการใช้พลังงานลงผ่านหน้าจอแบบสัมผัส	99

รูปที่ 4.44	ส่วนโปรแกรมที่ใช้ควบคุมการเปิด/ปิดแสงสว่างตามตารางเวลา ผ่านหน้าจอแบบสัมผัส	100
รูปที่ 4.45	ส่วนโปรแกรมที่ใช้ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าผ่านหน้าจอแบบสัมผัส	100
รูปที่ 4.46	ส่วนโปรแกรมที่ใช้ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าในรูปแบบตารางผ่านจอแบบสัมผัส	101
รูปที่ 4.47	ส่วนโปรแกรมที่ใช้ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าในรูปแบบกราฟผ่านจอแบบสัมผัส	101
รูปที่ 4.48	ส่วนโปรแกรมที่ใช้ Login เข้าใช้งานผ่านหน้า Webpage	102
รูปที่ 4.49	ส่วนโปรแกรมที่ใช้เพื่อสมัครสมาชิกผ่านหน้า Webpage	102
รูปที่ 4.50	ส่วนโปรแกรมที่ใช้แสดงควบคุมการเปิด/ปิดระบบแสงสว่างผ่านหน้า Webpage	102
รูปที่ 4.51	ส่วนโปรแกรมที่ใช้ควบคุมการเปิด/ปิดแสงสว่างตามตารางเวลา ผ่านหน้า Webpage	103
รูปที่ 4.52	ส่วนโปรแกรมที่ใช้แจ้งเตือนให้ผู้จัดการใช้พลังงานลงผ่านหน้า Webpage	103
รูปที่ 4.53	ส่วนโปรแกรมที่ใช้ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าผ่าน Webpage	103
รูปที่ 4.54	ส่วนโปรแกรมที่ใช้ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าในรูปแบบตารางผ่าน Webpage	104
รูปที่ 4.55	ส่วนโปรแกรมที่ใช้ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าในรูปแบบกราฟผ่าน Webpage	104
รูปที่ 4.56	รูปแบบการทำงานของแต่ละฟังก์ชัน	104
รูปที่ 4.57	การทำงานของฟังก์ชันตรวจจับการเคลื่อนไหว	105
รูปที่ 4.58	การทำงานของฟังก์ชันการควบคุมการเปิด/ปิดไฟอย่างอัตโนมัติ ตามตารางเวลาทำงานที่กำหนดไว้	106
รูปที่ 4.59	การทำงานของฟังก์ชันการใช้ประโยชน์จากแสงสว่างภายนอกในการออกแบบ การทำงานของระบบนั้น	107
รูปที่ 4.60	การทำงานของฟังก์ชันการใช้แสงสว่างเฉพาะจุดหรือเฉพาะบริเวณที่มีผู้ใช้งาน	108
รูปที่ 4.61	การทำงานของฟังก์ชันการควบคุมความสว่างหลอดไฟด้วยผู้ใช้ไฟเอง	109
รูปที่ 4.62	การทำงานของฟังก์ชันการควบคุมการใช้พลังงานโดยรวมทั้งระบบจาก ปริมาณค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด	110
รูปที่ 5.1	การติดตั้งหลอดไฟในการทดลอง	112
รูปที่ 5.2	ลักษณะโครงสร้างพื้นฐานของห้องที่ใช้ทดสอบโดยหลอดไฟควบคุมผ่านสวิตช์ เปิด/ปิดด้วยมือโดยไม่มีการจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างในอาคารพาณิชย์ (ก) ระบบที่ใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ (ข) ระบบที่ใช้หลอด LED	114

รูปที่ 5.3	ลักษณะห้องที่ใช้ทดสอบที่มีการติดตั้งระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างในอาคารพาณิชย์ (ก) ระบบที่ใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ (ข) ระบบที่ใช้หลอด LED	114
รูปที่ 5.4	การติดตั้งใช้งานอุปกรณ์ในบริเวณสถานที่จริงภายในอาคารพาณิชย์	115
รูปที่ 5.5	ผลการใช้พลังงานในระบบแสงสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ในอาคารพาณิชย์	120
รูปที่ 5.6	ผลการใช้พลังงานในระบบแสงสว่างของหลอด LED ในอาคารพาณิชย์	120
รูปที่ 5.7	ผลการใช้พลังงานของระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างที่ไม่สามารถปรับระดับแสงสว่างได้ ของหลอดฟลูออเรสเซนต์ และ หลอด LED ในอาคารพาณิชย์ เมื่อเทียบกับกรณีพื้นฐาน (Baseline)	122
รูปที่ 5.8	ผลการใช้พลังงานของระบบที่สามารถปรับระดับแสงสว่างได้ของหลอด LED ในอาคารพาณิชย์เมื่อเทียบกับกรณีพื้นฐาน (Baseline)	123
รูปที่ 5.9	ผลการใช้พลังงานของระบบที่มีการใช้ฟังก์ชันการทำงานเหมือนกัน แต่มีความคุมในรูปแบบที่ไม่สามารถปรับระดับแสงสว่างและสามารถปรับระดับแสงสว่างได้ของหลอด LED ในอาคารพาณิชย์	123
รูปที่ 5.10	กราฟของโหลดของหลอดฟลูออเรสเซนต์ในอาคารพาณิชย์ที่ไม่มีการจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง และระบบที่มีการนำเอา 6 ฟังก์ชันให้ทำงานร่วมกันเป็นระบบเดียวซึ่งไม่สามารถปรับระดับแสงสว่างได้	125
รูปที่ 5.11	กราฟโหลดของหลอด LED ในอาคารพาณิชย์ที่ไม่มีการจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างและระบบที่มีการนำเอา 6 ฟังก์ชันให้ทำงานร่วมกันเป็นระบบเดียวทั้งระบบที่ไม่สามารถปรับระดับแสงสว่างได้และสามารถปรับได้	126
รูปที่ 5.12	กราฟโหลดของหลอดฟลูออเรสเซนต์แต่ละกรณีศึกษา กรณีละ 3 วัน ในอาคารพาณิชย์	126
รูปที่ 5.13	กราฟโหลดของหลอด LED แต่ละกรณีศึกษาที่ทำการทดลองกรณีละ 3 วัน ในอาคารพาณิชย์	127
รูปที่ 5.14	ลักษณะโครงสร้างพื้นฐานของห้องที่ใช้ทดสอบโดยหลอดไฟควบคุมผ่านสวิตช์เปิด/ปิดด้วยมือโดยไม่มีการจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างในบ้านพักอาศัย (ก) ระบบที่ใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ (ข) ระบบที่ใช้หลอด LED	133

รูปที่ 5.15	ลักษณะห้องที่ใช้ทดสอบที่มีการติดตั้งระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างในอาคารบ้านพักอาศัย (ก) ระบบที่ใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ (ข) ระบบที่ใช้หลอด LED	134
รูปที่ 5.16	การติดตั้งใช้งานอุปกรณ์จริงในระบบภายในบ้านพักอาศัย	135
รูปที่ 5.17	ผลการใช้พลังงานในระบบแสงสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ในอาคารบ้านพักอาศัย	140
รูปที่ 5.18	ผลการใช้พลังงานในระบบแสงสว่างของหลอด LED ในอาคารบ้านพักอาศัย	140
รูปที่ 5.19	ผลการใช้พลังงานของระบบจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างที่ไม่สามารถปรับระดับแสงสว่างได้ ของหลอดฟลูออเรสเซนต์ และ หลอด LED ในอาคารบ้านพักอาศัย เมื่อเทียบกับกรณีพื้นฐาน (Baseline)	142
รูปที่ 5.20	ผลการใช้พลังงานของระบบที่สามารถปรับระดับแสงสว่างได้ของหลอด LED ในอาคารบ้านพักอาศัย เมื่อเทียบกับระบบพื้นฐาน (Baseline)	142
รูปที่ 5.21	ผลการใช้พลังงานของระบบที่มีการใช้ฟังก์ชันการทำงานเหมือนกัน แต่มีการควบคุมในรูปแบบที่ไม่สามารถปรับระดับแสงสว่างและสามารถปรับระดับแสงสว่างได้ของหลอด LED ในอาคารบ้านพักอาศัย	143
รูปที่ 5.22	กราฟของโหลดของหลอดฟลูออเรสเซนต์ในอาคารบ้านพักอาศัย ที่ไม่มีการจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง และระบบที่มีการนำเอา 6 ฟังก์ชันให้ทำงานร่วมกันเป็นระบบเดียวซึ่งไม่สามารถปรับระดับแสงสว่างได้	145
รูปที่ 5.25	กราฟโหลดของหลอด LED ในอาคารบ้านพักอาศัย ที่ไม่มีการจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง และ ระบบที่มีการนำเอา 6 ฟังก์ชันให้ทำงานร่วมกันเป็นระบบเดียวทั้งระบบที่ไม่สามารถปรับระดับแสงสว่างได้และสามารถปรับระดับแสงสว่างได้	145
รูปที่ 5.26	กราฟโหลดของหลอดฟลูออเรสเซนต์แต่ละกรณีศึกษาที่ทำการทดลองกรณีละ 3 วันในบ้านพักอาศัย	145
รูปที่ 5.27	กราฟโหลดของหลอด LED แต่ละกรณีศึกษาที่ทำการทดลองกรณีละ 3 วันในบ้านพักอาศัย	146
รูปที่ ก.1	การแบ่งสัดส่วนห้อง	165
รูปที่ ก.2	การหาค่า ρ_{cc} และ ρ_{fc}	171
รูปที่ ก.3	การหาค่า CU	171
รูปที่ ก.4	กราฟค่าความเสื่อมจากความสกปรกของดวงโคม	173
รูปที่ ก.5	ค่า LDD ของโคมประเภทที่ 4	174

รายการอักษรย่อ

A	Ampare
AC	Alternating Current
CCR	Ceiling Cavity Ratio
CCT	Correlated Color Temperature
CIE	Commission International de l'Eclairage
CRI	Color Rendering Index
CT	Current Transformer
CU	Coefficient of Utilization
cd	Candela
DC	Direct Current
DCS	Dimming Control System
DCT	Daylight Control
FCR	Floor Cavity Ratio
Flu	Fluorescent lamp
GPIO	General Purpose Input Output
HCC	Ceiling Cavity Height
HFC	Floor Cavity Height
HRC	Room Cavity Height
IES	Illumination Engineering Society
Hz	hertz
I	Luminous Intensity
I ² C	Inter-Integrate Circuit
kWh	Kilowatt-Hours
LED	Light Emitting Diode
LF	Load Factor

LDD	Luminaire Dirt Depreciation
LLD	Lamp Lumen Depreciation
lm	Lumen
m	Meter
m ²	Square Meter
OCT	Occupancy Control
PF	Power Factor
PCT	Personal Control
PIR	Passive Infrared
PWM	Pulse Width Modulation
RCR	Room Cavity Ratio
SCS	Switching Control System
TCT	Task Control
TOD	Time of Day Rate
TOU	Time of Use Rate
TSD	Time Scheduling
VPS	Variable Power Shedding
V	Volt
VA	Volt-ampere
Vac	Alternating Voltage
Vdc	Direct voltage
WOCS	Without Control System
Wh	Watt-Hours

รายการสัญลักษณ์

Ω	Ohm
ϕ	Luminous Flux
ρ_c	Ceiling Reflectance
ρ_w	Wall Reflectance
ρ_f	Floor Reflectance
ρ_{cc}	Effective Ceiling Reflectance
ρ_{fc}	Effective Floor Reflectance
$Lumen_{Initial}$	Initial Lumen Output
$Lumen_{Mean}$	Mean Lumen Output
Lux_{lamp}	ปริมาณแสงสว่างที่หลอดไฟสามารถส่องสว่างต่อพื้นที่ใช้งาน
$Lux_{level\ 1}$	ปริมาณแสงสว่าง 25%
$Lux_{level\ 2}$	ปริมาณแสงสว่าง 50%
$Lux_{level\ 3}$	ปริมาณแสงสว่าง 75%
$Lux_{level\ 4}$	ปริมาณแสงสว่าง 100%
$Lux_{measure}$	ปริมาณแสงสว่างที่วัดได้ภายในห้องขณะนั้น
Lux_{std}	ปริมาณแสงสว่างที่ต้องการภายในห้องตามมาตรฐานแสงสว่าง
$Lux_{natural}$	ปริมาณแสงสว่างจากธรรมชาติ
$No.Lamp_{off(i)}$	จำนวนหลอดไฟที่ควรปิดประเภทที่ i
$\bar{P}_{24hr}$	ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 24 ชั่วโมง
$P_{area(i)}$	กำลังไฟฟ้าในบริเวณต่างๆตามความสำคัญอันดับที่ i
P_{av}, P_{mean}	กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยตลอดช่วงเวลาที่จะพิจารณา
P_{base}, P_{min}	กำลังไฟฟ้าน้อยสุดที่โหลดใช้ในช่วงเวลาที่พิจารณา
P_{exceed}	กำลังไฟฟ้าที่ถูกใช้เกินค่าที่ตั้งไว้
$P_{install}$	กำลังไฟฟ้าที่ติดตั้งจริงทั้งหมดในบริเวณนั้น
$P_{lamp(i)}$	กำลังไฟฟ้าของหลอดไฟรวมบัลลาสต์ในหลอดไฟประเภท i

$P_{\max}$	ค่าขีดจำกัดการใช้กำลังไฟฟ้าหรือค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ระบบสามารถใช้งานได้
P_{peak}	ผลต่างระหว่างกำลังไฟฟ้าสูงสุดกับกำลังไฟฟ้าต่ำสุดที่โหลดใช้งาน
P_{use}	กำลังไฟฟ้าที่กำลังใช้งานอยู่ในระบบ



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
 Copyright© by Chiang Mai University
 All rights reserved

อภิธานศัพท์

Actual Load	โหลดที่กำลังใช้งานอยู่ในขณะนั้น สามารถคำนวณจาก หลอดไฟที่มีการเปิดใช้งานอยู่ในช่วงเวลานั้น
Artificial Luminance	แสงที่ประดิษฐ์ขึ้น เช่น จากหลอดไฟ ปลาย เป็นต้น
Automatic Control	ระบบที่มีการควบคุมหรือสั่งการแบบอัตโนมัติตาม โปรแกรมที่ได้โปรแกรมไว้
Commercial Building	อาคารพาณิชย์หรืออาคารธุรกิจ
Connected Load	โหลดที่ติดตั้งทั้งหมดภายในอาคาร หรือโหลดทั้งหมดที่ติด ตั้งอยู่ในระบบ อาจจะกำลังถูกใช้งานอยู่หรือไม่มีการใช้ งานก็ได้
Database Server	ผู้ให้บริการเกี่ยวกับฐานข้อมูล
Daylight	แสงที่ปรากฏในช่วงเวลากลางวัน
Delay Time	ช่วงประวิง, การหน่วงเวลา หรือ ช่วงเวลาที่สัญญาณถูก หน่วงเหนี่ยวไว้
Demand	ค่าพลังไฟฟ้า, ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า หรือ ค่าดีมานด์ (kW)
Dimming Circuit	วงจรหรี่ไฟ หรือวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้สำหรับควบคุมให้ หลอดไฟเปิด/ปิดและสามารถปรับปริมาณแสงสว่างได้
Dimming Control	ระบบควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างที่ควบคุมด้วย วิธีเปิด/ปิดและปรับหรี่หลอดไฟโดยสามารถปรับระดับ ปริมาณแสงสว่างจากหลอดไฟได้
Dimming Control Box	กล่องควบคุมการเปิด/ปิดและปรับหรี่หลอดไฟ หรือ อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับระบบควบคุมการเปิด/ปิดและปรับ ระดับแสงสว่างของหลอดไฟ
Effectiveness	ประสิทธิผลการประหยัดพลังงาน
Efficiency	ประสิทธิภาพในการทำงาน

Electrical Current	กระแสไฟฟ้า
Electrical Energy	พลังงานไฟฟ้า (Wh)
Electrical Power	กำลังไฟฟ้า (Watt)
Electrical Power Meter	อุปกรณ์วัดค่ากำลังไฟฟ้า
Function Operating	รูปแบบหรือวิธีการทำงานของฟังก์ชัน
General Lighting	แสงสว่างทั่วไป หรือแสงที่มีการกระจายความสว่างโดยรวมทั่วบริเวณพื้นที่ใช้งาน
Hardware	ส่วนของอุปกรณ์
Illuminance	การส่องสว่าง, ปริมาณแสงสว่าง
Light Sensor	เซนเซอร์วัดความเข้มแสง
Lighting Control	ระบบควบคุมแสงสว่าง
Lighting Control Program	โปรแกรมที่ใช้ในการพัฒนาเพื่อสร้างโปรแกรมจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง
Lighting Program	ชื่อของโปรแกรมควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างที่สร้างขึ้นในงานวิจัยนี้
Load	ภาระทางไฟฟ้า, โหลดทางไฟฟ้าหรือโหลดไฟ
Load Curve	กราฟของโหลดหรือเส้นโค้งโหลด
Local Lighting	การให้แสงสว่างเสริมโดยมีการกำหนดตำแหน่งและทิศทางที่เหมาะสม
Localized Lighting	การให้แสงสว่างที่เหมาะสมตามพื้นที่หรือกิจกรรมที่ทำเฉพาะในบริเวณนั้น การให้แสงในรูปแบบนี้จะช่วยลดการใช้พลังงานแสงสว่างโดยไม่จำเป็นลง
Lumen Method	วิธีออกแบบแสงสว่าง
Luminosity	สภาพส่องสว่าง (lm/Watt)
Luminance	ความสว่าง (lux)
Manual Switch	สวิตช์ควบคุมด้วยมือ
Manual Switching Control	ระบบควบคุมผ่านสวิตช์เปิด/ปิดด้วยมือ
Microcontroller Program	โปรแกรมที่ใช้พัฒนาเพื่อให้ควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

Motion Sensor	เซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว
Natural Luminance	แสงจากธรรมชาติ
Operating Station	สถานีศูนย์กลางในการประมวลผลข้อมูลของระบบ
Personal Control	ระบบควบคุมที่รับคำสั่งจากผู้ใช้งานโดยตรง
Priority Sequence Methods	วิธีการจัดลำดับการทำงานตามความสำคัญของแต่ละฟังก์ชัน
Residential Building	อาคารบ้านพักอาศัย
Sensor	อุปกรณ์ตรวจจับ
Skylight	แสงจากท้องฟ้า
Software	ส่วนของโปรแกรม
Sources of Luminance	แหล่งกำเนิดแสงสว่าง
Sunlight	แสงจากดวงอาทิตย์หรือแสงแดด
Switching Circuit	วงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้สำหรับควบคุมให้หลอดไฟเปิด/ปิดไม่สามารถปรับปริมาณแสงสว่าง
Switching Control	ระบบควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างที่ควบคุมด้วยวิธีเปิด/ปิดหลอดไฟโดยไม่สามารถปรับระดับปริมาณแสงสว่างจากหลอดไฟได้
Switching Control Box	กล่องควบคุมการเปิด/ปิดหลอดไฟ หรืออุปกรณ์ที่ใช้สำหรับระบบควบคุมการเปิด/ปิดหลอดไฟไม่สามารถปรับระดับแสงสว่างได้
Touch Screen	จอแบบสัมผัส
Touch Screen Box	กล่องควบคุมระบบผ่านหน้าจอแบบสัมผัส
Touch Screen Lighting Program	โปรแกรมที่ใช้ในการพัฒนาเพื่อสร้างโปรแกรมควบคุมระบบไฟฟ้าแสงสว่างผ่านหน้าจอแบบสัมผัส
Unit	หน่วยที่ได้จากการอ่านมิเตอร์ (kWh)
Web Server	ผู้ให้บริการเกี่ยวกับ Webpage
Web Server Program	โปรแกรมที่ใช้ในการพัฒนาเพื่อสร้างโปรแกรมที่ใช้ในการสร้าง Web Server บน Raspberry Pi